

DJF rapport



Husdyrbrug nr. 54 ♦ december 2003



Kvægets ernæring og fysiologi Bind 2 - Fodring og produktion

Finn Strudsholm, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret I Dansk Kvæg og
Kristen Sejrsen, Danmarks JordbrugsForskning (red.)

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks JordbrugsForskning

Forord

I 1983 udkom ”551. Beretning” fra Statens Husdyrbrugsforsøg på initiativ af professor i Kvægets Avl og Fodring A. Neimann-Sørensen og forsøgsleder ved Helårsforsøg med Kvæg Vagn Østergaard. Bogen omhandlede foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion, emner der danner grundlag for sammensætning af optimale rationer til malkekoen. Bogen har været flittigt brugt i både rådgivningstjenesten og i undervisningen på KVL og har på den måde haft en central betydning som leverandør af basisviden til dansk kvægfodring. Bogen er imidlertid på mange punkter ikke længere tidssvarende, da der er skabt mange nye forskningsresultater såvel nationalt som internationalt inden for dette forskningsområde og dermed skabt baggrund for ændringer af de principper og metoder, der anvendes i den moderne kvægfodring. Siden udgivelsen af beretning 551 er der desuden sket meget store ændringer i kvægbrugserhvervet med hensyn til besætningsstørrelse, teknologi, rammebetingelser m.v., som også betyder, at fodringen i dag sker under helt andre betingelser end i starten af 80’erne.

På denne baggrund blev det besluttet at opdatere ”551. Beretning” med den viden, der er skabt siden, i et tobindsværk med fælles-titlen ”Kvægets ernæring og fysiologi”. Bind 1 omhandler ”Næringsstofomsætning og fodervurdering”, og bind 2 omhandler ”Fodring og produktion”. Værket er således udvidet indholdsmæssigt i forhold til ”551. Beretning”. Det er redaktørernes håb, at disse bøger vil virke som en god afløser for ”551. Beretning” både som lærebøger og som opslagsbøger i spørgsmål vedrørende malkekøernes og ungdyrenes ernæring.

Medarbejdere ved DJF, KVL og Dansk Kvæg har bidraget til bøgernes kapitler med deres specialviden inden for de emner, bøgerne omhandler, og redaktørerne vil hermed bringe en tak til alle forfattere for deres store indsats under skriveprocessen. Samtidig vil vi bringe en særlig tak til overassistent Lotte Tind Pedersen, DJF for hendes store og samvittighedsfulde arbejde med opsætning og færdiggørelse af de enkelte kapitler til trykning.

Endelig takkes de involverede institutioner for opbakning til at få bogprojektet realiseret og en speciel tak til Dansk Kvæg for økonomisk støtte under skriveprocessen.

Foulum, december 2003

Torben Hvelplund & Peder Nørgaard, redaktører af bind 1
Finn Strudsholm & Kristen Sejrsen, redaktører af bind 2

Indhold

1	Introduktion og centrale problemstillinger i kvægets ernæring.....	1
	<i>Finn Strudsholm og Kristen Sejrsen</i>	
1.1	Indledning.....	2
1.2	Mål, rammer og udviklinger i dansk mælkeproduktion.....	2
1.3	Introduktion af de enkelte kapitler og centrale problemstillinger.....	6
1.4	Referencer.....	8
2	Spædkalvens fordøjelsesfysiologi og ernæring.....	9
	<i>Jakob Sehested, Rikke Engelbrecht Pedersen, Finn Strudsholm og John Foldager</i>	
2.1	Introduktion.....	10
2.2	Råmælk og passiv immunisering.....	10
2.3	Fordøjelseskanalens udvikling.....	16
2.4	Mælkefodring.....	22
2.5	Fodring med kraftfoder og grovfoder.....	26
2.6	Afslutning og perspektiver.....	30
2.7	Referencer.....	31
3	Betydning af foderniveau og kælvningsalder for kviers ydelseskapacitet...	39
	<i>Kristen Sejrsen og John Foldager</i>	
3.1	Indledning.....	40
3.2	Kan alderen ved første kælvning reduceres?.....	40
3.3	Mælkeydelsen i relation til alder ved første kælvning.....	41
3.4	Fodringsintensitetens indflydelse på ydelsen.....	44
3.5	Betydningen af fodringsintensiteten i forskellige stadier af opvæksten	45
3.6	Anvendelse af den gennemsnitlige daglige tilvækst som udtryk for fodringsintensiteten.....	47
3.7	Sammenhængen mellem foderniveauet i den kritiske periode og ydelseskapaciteten.....	48
3.8	Betydningen af den genetisk betingede tilvækstkapacitet for den forventede ydelse.....	50
3.9	Afslutning og perspektiver.....	53
3.10	Referencer.....	54
4	Fodring af kvier.....	57
	<i>Irene Fisker, Kristen Sejrsen og Finn Strudsholm</i>	
4.1	Indledning.....	58
4.2	Sammenhæng mellem næringsstoffordeling og tilvækst.....	58
4.3	Styring af tilvæksten ved fodring efter ædelyst.....	62
4.4	Styring af tilvæksten ved afgræsning.....	64
4.5	Variation i kviers tilvækst i praksis.....	65
4.6	Vurdering af kviers vækst i praksis.....	66
4.7	Afslutning og perspektiver.....	68
4.8	Referencer.....	69

5	Malkekoens energiforsyning og produktion.....	73
	<i>Verner Friis Kristensen, Martin Riis Weisbjerg, Christian Friis Børsing, Ole Aaes og Peder Nørgaard</i>	
5.1	Indledning.....	74
5.2	Energinormer til mælkeproduktion, vedligehold, fosterproduktion og vægtændringer.....	75
5.3	Årsager til faldende energiudnyttelse ved højt foderniveau.....	80
5.4	Fodereffektivitet ved stigende foderniveau.....	87
5.5	Mælkeproduktion og tilvækst ved stigende foderniveau.....	95
5.6	Funktionernes gyldighedsområder.....	102
5.7	Energiforsyningens indflydelse på mælkenes sammensætning.....	103
5.8	Optimal kulhydratsammensætning og foderstruktur.....	104
5.9	Afslutning.....	108
5.10	Referencer.....	108
6	Proteinforsyning til malkekøer.....	113
	<i>Jørgen Madsen, Lorenzo Misciattelli, Verner Friis Kristensen og Torben Hvelplund</i>	
6.1	Baggrund.....	114
6.2	Proteinbehov.....	114
6.3	Produktionsrespons ved stigende tildeling af fordøjeligt råprotein.....	116
6.4	Normer for AAT pr. kg mælk til vedligehold, vækst og fosterproduktion.....	116
6.5	Mælkeproduktionens afhængighed af rationens indhold af AAT.....	118
6.6	Mælkeproduktionens afhængighed af rationens indhold af PBV.....	119
6.7	Udenlandske resultater med stigende AAT-PBV.....	120
6.8	Mælkeydelsens afhængighed af forsyningen med individuelle aminosyrer.....	121
6.9	AAT-PBV-systemets anvendelighed og begrænsninger.....	128
6.10	Referencer.....	128
7	Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen.....	133
	<i>Christian Friis Børsing, John Erik Hermansen og Martin Riis Weisbjerg</i>	
7.1	Baggrund.....	134
7.2	Fedttyper og kvalitet.....	134
7.3	Fedtforsyningens betydning for foderoptagelsen.....	135
7.4	Fedtmængdens betydning for malkekoens produktion.....	138
7.5	Specielle fedttypers betydning for mælkeydelse og –sammensætning...	144
7.6	Vekselvirkninger mellem fedtforsyning og foderniveau samt rations sammensætning.....	148
7.7	Afslutning og perspektiver.....	149
7.8	Referencer.....	149

8	Malkekoens mineralbehov og –forsyning.....	153
	<i>Ole Aaes, Jakob Sehested og Torben Larsen</i>	
8.1	Indledning.....	154
8.2	Normer for mineraler.....	154
8.3	De danske normer.....	156
8.4	Udenlandske normer.....	158
8.5	Fodermidlernes mineralindhold.....	159
8.6	Forsyningen med mineraler i foderrationer til malkekøer.....	162
8.7	De enkelte makromineralers betydning og mangelsymptomer.....	163
8.8	De enkelte mikromineralers betydning og mangelsymptomer.....	168
8.9	Afslutning og perspektiver.....	173
8.10	Referencer.....	174
9	Malkekoens vitaminbehov og –forsyning.....	179
	<i>Søren Krogh Jensen</i>	
9.1	Indledning.....	180
9.2	Normer.....	180
9.3	Fodermidlernes indhold af vitaminer.....	182
9.4	Vitamin D.....	184
9.5	Vitamin E.....	184
9.6	Vandopløselige vitaminer.....	186
9.7	Afslutning.....	187
9.8	Referencer.....	187
10	Vand til malkekøer.....	189
	<i>Finn Strudsholm</i>	
10.1	Introduktion.....	190
10.2	Vands fordeling i kroppen.....	190
10.3	Vandoptagelse og vandudskillelse.....	191
10.4	Vandbehov i relation til temperatur og varmestress.....	194
10.5	Drikkeadfærd.....	196
10.6	Vandets temperatur.....	197
10.7	Vandets øvrige egenskaber og kvalitet.....	198
10.8	Afslutning og perspektiver.....	199
10.9	Referencer.....	199
11	Afgræsning med malkekvæg.....	201
	<i>Troels Kristensen, Rudolf Thøgersen og Hanne H. Hansen</i>	
11.1	Introduktion.....	202
11.2	Afgræsningssystemer.....	204
11.3	Bestemmelse af græsoptagelse.....	206
11.4	Faktorer af betydning for mælkeproduktion ved afgræsning.....	210
11.5	Planlægning og styring af afgræsningen.....	216
11.6	Ungdyr på græs.....	220
11.7	Konklusion.....	222
11.8	Referencer.....	222

12	Forebyggelse af fodringsbetingede sygdomme hos malkekvæg.....	227
	<i>Klaus Lønne Ingvarsen, Hans Houe og Peder Nørgaard</i>	
12.1	Indledning.....	228
12.2	Fysiologisk regulering og tilpasning omkring kælvning.....	231
12.3	Fedtlever.....	236
12.4	Ketose og hyperketonæmi.....	241
12.5	Mælkefeber og hypokalcæmi.....	249
12.6	Græstetani og hypomagnesæmi.....	253
12.7	Subklinisk og klinisk vomacidose.....	256
12.8	Leverbylder.....	261
12.9	Løbedrejning.....	263
12.10	Trommesyge.....	267
12.11	Laminitis.....	270
12.12	Diarre.....	274
12.13	Afslutning.....	277
12.14	Referencer.....	279
13	Fodring i goldperioden.....	295
	<i>Nic C. Friggens, Jens Bech Andersen, Torben Larsen, Richard J. Dewhurst og Ole Aaes</i>	
13.1	Indledning.....	296
13.2	Basis for fodringsstrategier i goldperioden.....	296
13.3	Generel goldko-management.....	298
13.4	Strategier til forberedelse af goldkoen til den kommende laktation.....	301
13.5	Normer og anbefalinger for goldkofodring.....	312
13.6	Sammendrag.....	316
13.7	Referencer.....	316
14	Kvægets miljøpåvirkning, med fokus på kvælstof, fosfor og metan.....	323
	<i>Ole Aaes, Christian Friis Børsting, Jakob Sehested og Torben Hvelplund</i>	
14.1	Introduktion.....	324
14.2	Vandmiljøplaner, harmoniregler og normtal for husdyrgødning.....	324
14.3	Kvælstof.....	326
14.4	Fosfor.....	331
14.5	Metan.....	334
14.6	Afslutning og perspektiver.....	338
14.7	Referencer.....	338
15	Mælkens sammensætning og kvalitet.....	341
	<i>John Erik Hermansen, Jacob Holm Nielsen, Lotte Bach Larsen og Kristen Sejrsen</i>	
15.1	Indledning.....	342
15.2	Mælkens hovedbestanddele.....	343
15.3	Mælkeproteinets sammensætning og kvalitet.....	351
15.4	Mælkefedtets sammensætning.....	355

15.5	Mælkens indhold af vitaminer og mineraler.....	362
15.6	Uønskede stoffer i mælk.....	363
15.7	Afslutning og perspektiver.....	365
15.8	Referencer.....	366
16	Planlægning af økonomisk optimal fodring af malkekøer.....	371
	<i>Søren Østergaard, Troels Kristensen, Ole Aaes, Verner Friis Kristensen, Merete Jensen og Susanne Clausen</i>	
16.1	Baggrund.....	372
16.2	Valg af fodringsprincip.....	372
16.3	Foderbudgettering.....	377
16.4	Optimeringsmetoder til foderplanlægning.....	380
16.5	Fodring i første del af laktationen.....	383
16.6	Fodring i senlaktationen.....	397
16.7	Afslutning.....	403
16.8	Referencer.....	403
17	Indeks.....	407

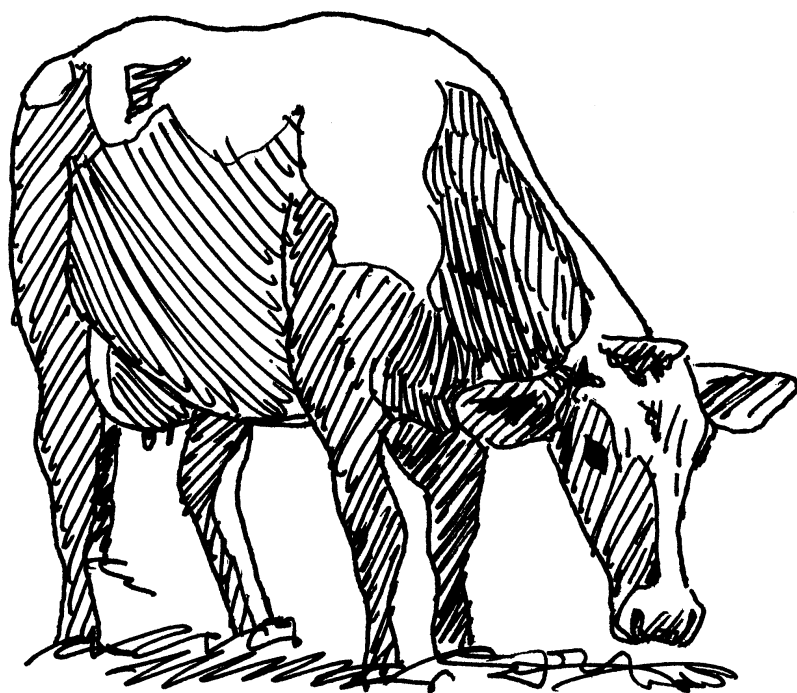
Introduktion og centrale problemstillinger i kvægets ernæring

1

af Finn Strudsholm ¹⁾ og Kristen Sejrsen ²⁾

¹⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg og

²⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

1.1 Indledning

Siden udgivelsen af ”551. Beretning” (Østergaard & Neimann-Sørensen, 1983) i starten af 1980’erne er der sket markante udviklinger for dansk kvægbrug og dermed også de betingelser, som kvægfodringen tilrettelægges under. I 20-års perioden er der desuden produceret meget ny viden om koens fysiologi, og der er sket store udviklinger vedrørende foderforsyning, foderremner, udfodringsmetoder, udfodrings teknik og edb til beregning og styring af fodringen. Samtidig er det genetiske niveau for mælkeydelse steget stærkt, og køernes opstaldning og forhold omkring daglig pasning, opsyn og management er ændret betydeligt. Endelig har også – sidst men ikke mindst – udefra givne rammebetingelser (EU-forhold, miljø, forbrugerkrav, m.v.) betydet markante ændringer for kvægproduktionen og dermed kvægfodringen i perioden.

De mange ændringer er ikke samlet systematisk til brug for rådgivning og undervisning og udløser derfor behov for en opdatering af ”551. Beretning”. Formålet er – som tilfældet med den oprindelige beretning – at samle eksisterende dansk viden om ernæring af malkekøer og dermed bidrage med et solidt biologisk fundament for dansk kvægfodring og den optimering, der sker på besætnings- og dyreniveau.

Bind 1 af ”Kvægets Ernæring og Fysiologi” (Hvelplund & Nørgaard, 2003) gennemgår de basale forhold i kvægets ernæring, mens nærværende bind 2 gennemgår det anvendte grundlag og aspekter knyttet til fodringen og herunder valg af foderniveau i besætningen.

Som indgang til bogens mange faglige kapitler redegør kapitel 1 kort for nogle af de vigtige ændringer i kvægbrugets muligheder og betingelser, som har indflydelse på den måde, danske malkekøer bliver fodret på. Desuden introducerer kapitlet nogle af de

centrale problemstillinger, som bogens øvrige 15 kapitler behandler.

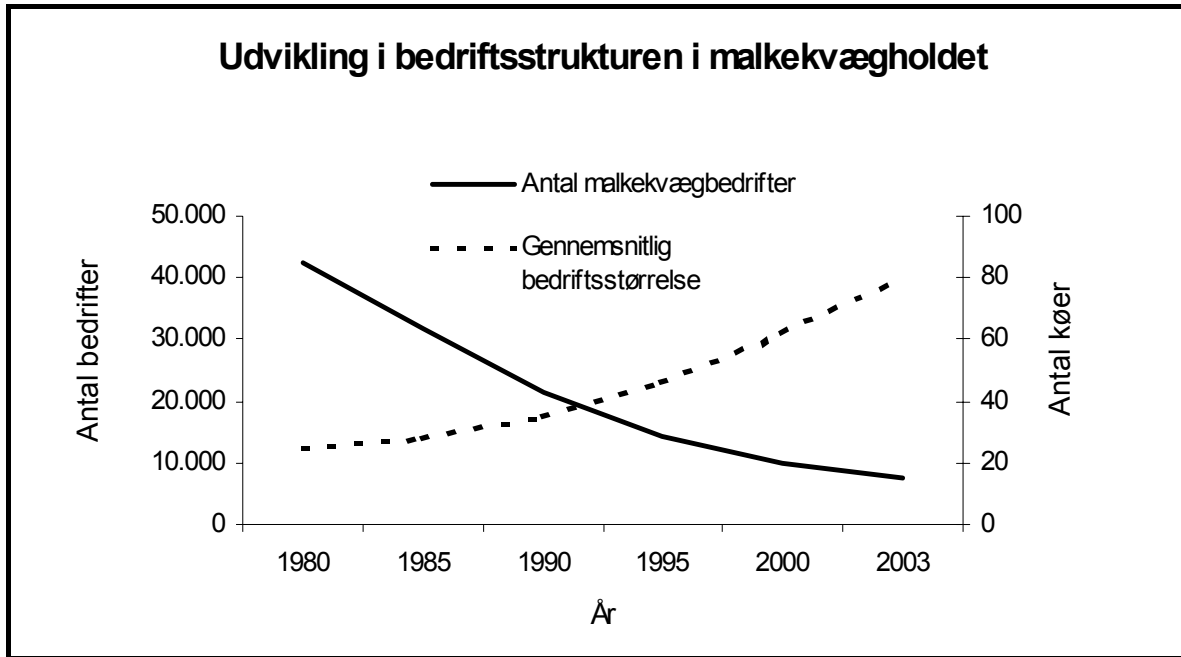
1.2 Mål, rammer og udviklinger i dansk mælkeproduktion

For de fleste producenter er det et vigtigt mål, at produktionen giver størst muligt økonomisk afkast inden for de rammer og vilkår, der gælder på ejendommen. Det omfatter dels variable forhold, som kan styres via driftslederens løbende beslutninger og management, men også om naturgivne og lokale forhold, som optimeringen må tage hensyn til. Det gælder i høj grad også udefra kommende forhold pålagt fra samfundet i form af love og reguleringer (for eksempel EU-regler, mælkekvoter eller miljø), forbrugerønsker, krav fra aftagerne af bedriftens produkter (mælk og kød) eller vilkår betinget af en given produktionsmåde (for eksempel økologi).

Foderforsyning og fodring er blot et par af de mange vigtige faktorer, som dagens mælkeproducent skal inddrage i den løbende optimering for at nå målene på sin bedrift. Regnskabsopgørelser viser imidlertid generelt, at forholdene vedrørende foderforsyning og fodring har meget stor økonomisk betydning på bedriften og typisk forklarer en stor del af de variationer, der findes mellem indtjeningen på malkekvægbedrifter (for eksempel Anonym, 2003).

Besætningsstørrelse

I 20-års perioden siden starten af 1980’erne er der sket en dramatisk strukturudvikling i den danske mælkeproduktion. Besætningsstørrelsen er steget fra knap 30 køer i 1983 til knap 90 køer pr. besætning i 2003 – en udvikling, som også betyder, at antallet af mælkeproducenter i samme periode er faldet fra cirka 35.000 bedrifter til cirka 7.000. I takt med stigende besætningsstørrelse sker der ikke tilsvarende øgning i arbejdskraften på bedrifterne.



Figur 1.1 Udviklingen i antal besætninger og besætningsstørrelsen siden 1980 (Dansk Kvæg, 2003).

Ændringerne mod større besætninger betyder derfor, at antallet af timer pr. ko er faldet stærkt i perioden. Inden for fodring kræver det arbejdslette løsninger, hvor mange køer kan fodres på kort tid med hjælp af tilgængelig teknik – ofte fuldfodervogne eller kraftfoderanlæg. At udgiften til arbejdskraft er stigende forstærker, at udviklingen trækkes i retning af det enkle og arbejdslette, og at manuelle arbejdsrutiner erstattes af tekniske løsninger, når det er muligt.

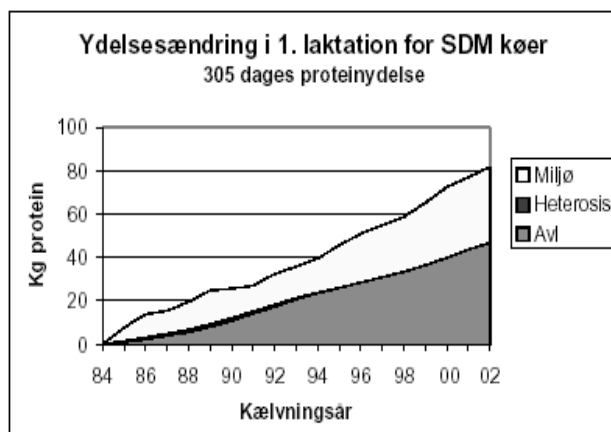
Opstaldning

Samtidig med ændringerne i besætningsstrukturen er der i 20-års perioden sket et stort skift i malkekøernes opstaldning. Mens hovedparten af køerne i starten af 1980'erne stod i bindestald, opstaldes cirka 2/3 af køerne i løsdriftsbesætninger i 2003 (Trinderup & Enemark, 2003). Staldtypen har stor betydning for, hvilket fodringsprincip der kan vælges for fodring af køerne. Muligheder for individuel fodring, som kan praktiseres i bindestalde, forsvinder typisk i første om-

gang, når køerne flytter til løsdrift, men genopstår i mange tilfælde delvist i form af kraftfoderautomater, som i malkestald eller i staldarealet kan dosere kraftfoder individuelt til den enkelte ko. I større løsdriftsbesætninger er det også muligt at gruppeopdele køerne og herigennem tage individuelle hensyn til grupper af køer.

Avlsmæssig fremgang

I 20-års perioden siden udgivelsen af "551. Beretning" er der sket en årlig stigning i mælkeydelsen på cirka 200 kg EKM. Proteinydelsen er i perioden steget med godt 80 kg hos førstekalvs SDM-køer (se Figur 1.2). Kurven i Figur 1.2 er vist for SDM, men der er sket næsten tilsvarende udvikling for de øvrige malkeracer, RDM, Jersey og DRH. I de første år af perioden var cirka halvdelen af ydelsesfremgangen genetisk. Denne andel udgør cirka 60 % af ydelsesstigningen de seneste år. Resten af ydelsesfremgangen kan relateres til management og miljøfaktorer – herunder fodringen.



Figur 1.2 Den genetiske og ydelsesmæssige udvikling i perioden 1980–2003 (Fogh, 2003).

Den genetiske udvikling i ydelseskapalet er sket uden samtidig tilsvarende udvikling af malkekøernes kapacitet for foderoptagelse. Det betyder, at kravene til fodring fortsat skærpes. Det gælder såvel foderets kvalitet og fordøjelighed, rationens sammensætning, udfodring og fodringsmanagement i øvrigt.

Økologisk mælkeproduktion

Udviklingen af økologisk mælkeproduktion tog for alvor fart fra midten af 1990'erne, og i 2003 produceres cirka 10 % af mælken økologisk. Siden 2002 har de økologiske mælkeproducenter krav om 100 % økologisk dyrkning og selvforsyning. En udvikling, som giver særlige udfordringer for fodring af økologiske køer. Især forhold vedrørende energioptagelse, fordøjelighed og kvalitet af grovfoderet, protein- (AAT) og fedtforsyning samt vitaminforsyning har særlig fokus i disse besætninger.

Forbrugerønsker og krav til råvarerne

En række krav i nutidens kvægfodring er knyttet op til stor bevidsthed om kvalitet og sikkerhed knyttet til de råvarer (mælk og kød), som afleveres fra kvægbedrifterne til videre forarbejdning på vej mod forbruger-

ne. Kvalitetsbegreberne er blevet meget konkrete op gennem 90'erne og frem til nu og drejer sig om både målbare og ikke-målbare egenskaber. En del af de målbare kan relateres til fodringen (f.eks. mælken og kødet indhold af fedt og fedtsyresammensætning, CLA, mikromineraler eller antioxidanter). Det samme gælder forhold knyttet til produkternes sikkerhed, hvor det er ønskeligt at søge helt tilbage i kæden til kilden for den uønskede forbindelse med henblik på begrænsninger her. Det gælder f.eks. via råvarevalget i indkøbt foder som i høj grad i dag er præget af krav om frihed for toksiner (f.eks. aflatoxin) eller uønskede mikroorganismer (f.eks. salmonella).

Ud over kravene til råvarenes sikkerhed og kvalitet er forbrugerne også i stigende grad blevet opmærksomme på produktionsformens indflydelse på dyrenes velfærd. Det øger kravene om, at fodring og pasning gennemføres på en etisk forsvarlig måde uden unødige ulemper for dyrene

Foderforsyning – hjemmedyrket og indkøbt foder

Billiggørelse af foderforsyningen (udbytte og pris pr. foderenhed) samt kravene til kvalitet (fordøjelighed) og gældende EU-tilskud er drivkræfterne bag den udvikling, der er set i den hjemmeavlede foderforsyning på kvægbedrifterne. I 20-års perioden har græsarealet til henholdsvis afgræsning og slætgræs ret konstant ligget på cirka 250.000 hektar. Roearalet er faldet fra 100.000 hektar til godt 10.000 hektar, mens arealet med majs til ensilering modsat er steget til knap 100.000 hektar. Arealet med helsædsafgrøder toppede i sidste halvdel af 1990'erne med cirka 125.000 hektar og er nu vigende til fordel for majs.

På tilskudsfordersiden er der ligeledes udviklinger i gang. Korn har grundet en lav pris fået en relativ større betydning, mens andre

ublandede foderstoffer som rapskage, pulpetter og sojaskrå får større anvendelse i takt med, at kvægbrugene bliver større, anskaffer fuldfoderblandere og i øvrigt har mulighed for lagermæssigt og udfodringsmæssigt at håndtere råvarerne. Denne udvikling forventes at fortsætte på bekostning af kvægbrugenes brug af pelleterede foderblandinger, som dog fortsat vil være interessante til brug i kraftfoderautomater og i AMS-anlæg.

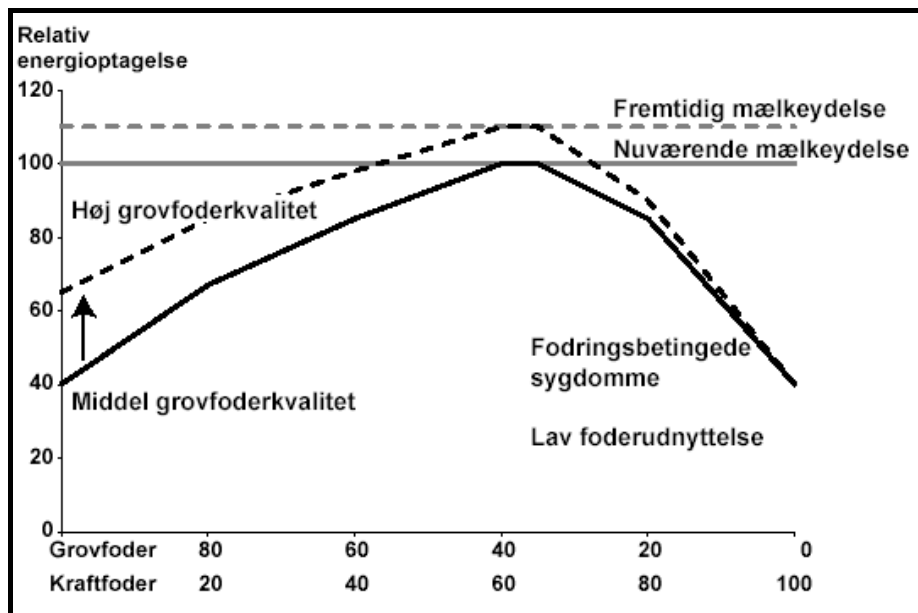
Kraftfoder/grovfoderforhold og grovfoderets fordøjelighed

I takt med en stigende ydelse skærpes kravene til grovfoderets fordøjelighed som én af de faktorer, der kan sikre en høj energioptagelse. Figur 1.3 viser skematisk, hvordan energioptagelsen kan øges via en højere energikoncentration. Energikoncentrationen kan øges gennem en bedre grovfoderkvalitet eller gennem en ombytning af grovfoder med kraftfoder (et højere kraftfoder/grovfoderforhold). Ombytningen til et højere kraftfoder/grovfoderforhold har sin begrænsning

og resulterer på høje niveauer i flere tilfælde af fordøjelsesbetingede lidelser.

Blande- og udfodrings teknik samt fodringsprincipper

De fleste større bedrifter med mælkeproduktion praktiserer fodring med fuldfoder enten som mobile fuldfodervogne eller som stationære blandere. Fodringsprincipperne afspejler de tekniske muligheder, og det foretrukne fodringsprincip med fuldfoder har været TMR1 (Total Mixed Ration 1) – altså sammenblanding af foderet til alle lakterende køer i besætningen. Et fodringsprincip, som har begrænsninger, når der fokuseres på foder- og næringsstoffeffektivitet – herunder mulighederne for at nedbringe overskuddet af N og P fra kvægbruget. Det har resulteret i en udvikling, hvor man bruger en TMR-basisration, som suppleres med kraftfoder i malkestald eller i kraftfoderautomater. I takt med større besætninger bliver mulighederne for gruppeopdeling desuden mere aktuelle til at differentiere fodringen.



Figur 1.3 Energikoncentrationens betydning for foderoptagelse, ydelse og risikoen for fodringsbetingede sygdomme.

Edb-styring af fodringen

Den biologiske viden om fodring af malkekøer udmøntes til praktisk brug blandt andet via edb-programmer til foderplanberegning og foderkontrol. I 20-års perioden er der sket en stor udvikling på dette område. Fra sidst i 1980'erne, hvor de første edb-baserede foderplan- og foderkontrolprogrammer afviklet på centrale computere (LEC) med fodertavler og udfodringsvejledninger (FTD-systemet) kom på markedet. De blev suppleret med de centralt afviklede kontrolsystemer EFK og PFK (henholdsvis endags- og periodefoderkontrol). Udviklingen hen mod de første pc-baserede programmer (pc-foder) tog fart sidst i 1980'erne, BEDRIFTS-LØSNINGS pc-baserede foderplanprogrammer fra midten af 1990'erne og frem til de Windows-baserede foderplan- og foderkontrolprogrammer (EFK), som BEDRIFTS-LØSNING baserer sig på fra slutningen af 1990'erne og frem til i dag. Samtidig med, at edb-teknologien har udviklet sig, har det faglige indhold i programmerne løbende implementeret ny biologisk viden i form af normer og optimeringsgrænser og omfatter i dag programmoduler for malkekøer, kvier, slagtekalve, småkalve og ammekøer.

1.3 Introduktion af de enkelte kapitler og centrale problemstillinger

Kalve og ungdyr

Grundlaget for mælkeproduktionen skabes gennem opdrættet af de kommende malkekøer – en opdrætning, som dækker en række vigtige delperioder helt fra kalvens fødsel og frem til 1. kælving. Målet er en kvie, der kælver ved en passende alder, og med en størrelse, der betyder, at den kan præstere den nødvendige foderoptagelse, som kræves for at matche det genetiske potentiale, den er udstyret med. Desuden kan større køer bedre klare sig i flokken af køer i løsdriftssystemer. Vigtige forhold omkring spædekalkens start og ernæringen de første levemåneder

samt grundlaget og praktiske anvisninger for fodring af kvieopdrættet i faserne frem til 1. kælving er gennemgået i kapitlerne 2-4. Kapitel 4 behandler specifikt årsagerne til stor variation i kviers tilvækst i praksis og omtaler nye værktøjer til kontrol af kvier på besætningsniveau.

Malkekøers energioptagelse og energinormer

Grundlaget for mælkeproduktion er foderoptagelse, som giver energi og næringsstoffer. Systemerne og grundlaget til forudsigelse af foderoptagelse hos malkekøer og ungdyr er beskrevet i "Kvægets Ernæring og Fysiologi", bind 1 (kapitel 7 og 18). Normer for energi til mælkeproduktion, vedligehold, tilvækst og fosterproduktion og forhold omkring udnyttelsen af den optagne energi er behandlet i kapitel 5 i nærværende bog. Kapitlet definerer desuden begrebet "foderefektivitet" og redegør for tab af energi i metan og gødning og giver dermed det biologiske grundlag for en faldende fodereffektivitet ved stigende foderniveau. Endelig belyser kapitel 5 vekselvirkningerne mellem besætningens ydelseskapacitet og opnåelig ydelse i forhold til optaget energi.

Forsyning med protein og fedt

Viden om malkekøernes proteinforsyning er af betydning for at kunne optimere protein- og produktionsniveau og for at kunne minimere udskillelsen af overskydende N i gødning og urin. Malkekøernes behov for protein og grundlaget herfor er præsenteret i kapitel 6, som også behandler de produktionsforsøg, som ligger til grund for danske normer for AAT og PBV til malkekøer. Kapitlet dokumenterer produktionsfunktioner for AAT og PBV og gennemgår de nyere forsøg, som er gennemført i Danmark og internationalt vedrørende behovet for forsyning med enkeltaminozyrer – specielt det biologiske optimum for metionin og lysin.

Fedtsyrer er fortsat ofte interessante som energikilde til højtydende malkekøer – primært som virkemiddel til at øge energikoncentrationen i foderet og dermed til at øge energioptagelsen. Køernes produktionsrespons på supplerende fedtmængder og forskellige fedtkvaliteter i foderrationen er belyst i kapitel 7, som også behandler vekselvirkningerne mellem fedtforsyning og rationens øvrige komponenter – specielt fordøjelsen af cellevægskulhydraterne og den mikrobielle proteinsyntese.

Mineraler og vitaminer

I kapitel 8 og 9 er malkekøernes forsyning med mineraler og vitaminer behandlet. Begge er grupper af grundstoffer, der indgår som livsnødvendige næringsstoffer til malkekøer. Området er generelt præget af stor usikkerhed omkring normer og store variationer i fodermidlernes indhold og stoffernes tilgængelighed. Baggrunden for normerne og de nødvendige sikkerhedsmarginer er beskrevet i de to kapitler, som også laver sammenligninger til udenlandske – især amerikanske – normer. Behov og mangelsymptomer er gennemgået for alle betydende makro- og mikromineraler. På vitaminområdet repræsenterer kapitel 9 blandt andet en ny og opdateret viden vedrørende E-vitamin, hvor der de senere år er gennemført ny forskning – både dansk og internationalt – vedrørende vitaminets rolle i koens immunforsvar samt vedrørende vigtige forskelle mellem syntetisk og naturligt E-vitamin.

Vand

En altafgørende del af koens ernæring er rigelig forsyning med vand – et forhold, som i øvrigt er behandlet i kapitel 10, hvor der også er givet en litteraturgennemgang vedrørende betydningen af drikkevandets temperatur og af andre kvalitetsparametre for vand. Desuden belyser kapitlet vandets rolle for koens temperaturregulering – specielt i situationer med varmemstress.

Afgræsning

Frisk græs udgør fortsat en meget betydende del af sommerens foder til de fleste danske malkekøer. Samtidig er det danske forsøgsgrundlag og viden om, hvordan afgræsning med malkekvæg optimeres, steget markant i perioden siden udgivelsen af ”551. Beretning”. I kapitel 11 er denne viden om samspillet mellem ko, mark, suppleringsfoder – specielt med fokus på, hvilke faktorer der kan påvirke græsmarkens udbytte, koens græsoptagelse og mælkeproduktion ved afgræsning – samlet. Kapitlet omhandler desuden afgræsningssystemer samt systemer til styring af afgræsningen.

Produktionsbetingede sygdomme og goldkofodring

Omkostningsmæssigt er udgifter og produktionstab ved sygdomme en stor post for mange kvægbrug. Det er velkendt, at tiden omkring kælvning og de første måneder i laktationen er den periode, hvor koen har størst risiko for at blive syg. I kapitel 12 og 13 er nogle af de komplekse problemstillinger vedrørende forebyggelse af produktionsbetingede sygdomme behandlet. Specifikt behandler kapitel 13, hvordan fodring i goldperioden kan forebygge problemer ved kælvning og først i laktationen, mens kapitel 12 – med afsæt i koens fysiologiske regulering og tilpasning omkring kælvning – giver en grundig og systematisk gennemgang af de enkelte sygdomskomplekser, som en malkeko kan rammes af. Kapitlerne tegner samlet et billede af de ofte subkliniske symptomer som konsekvens af meget komplekse årsagssammenhænge, hvor ernæringen kun er én af mange faktorer, der sammen med faktorer vedrørende miljø, staldsystem, management, genetik m.v. har stor betydning for forebyggelse af sygdomme, og hvor samspillet til det immunologiske system har større fokus end tidligere.

Miljøpåvirkning

Kvægets påvirkning af det omgivende miljø har været et stadigt mere vægtende punkt på dagsordenen for kvægets ernæring de sidste 20 år. Siden udgivelsen af ”551. Beretning” har vandmiljøplaner, harmoniregler, VVM-godkendelser og normtal for husdyrgødning i stigende grad sat fokus på problematikker som kvælstofbelastning og P-overskud på kvægbedrifter. Samtidig er der kommet fokus på kvægets bidrag til ammoniakfordampning fra stalde og marker og til drivhuseffekten i form af blandt andet udskillelse af metan fra forgæringen i vommen og tarmen. Forhold omkring kvægets miljøpåvirkning og mulighederne for at reducere dem er gennemgået i kapitel 14.

Påvirkning af mælkens sammensætning og kvalitet

Mælkens sammensætning og kvalitet er af vedblivende stor betydning for mælkens egnethed i mejeriindustrien og den ernæringsmæssige værdi hos forbrugeren i form af mælk og mejeriprodukter. Gennem årene er kvalitetsbegreberne for mælk på den måde blevet langt mere omfattende – ikke mindst i lyset af forbrugernes stigende bevidsthed omkring produkternes produktionsmåde. Herunder ”bløde” og etiske kvaliteter (for eksempel økologi og dyrevelfærd), som ikke nødvendigvis kan måles fysisk eller kemisk, men også en række nye målbare parametre (for eksempel fedtsammensætning, CLA eller uønskede stoffer), som har stigende betydning for den moderne forbruger. Aspekter vedrørende mælkens sammensætning og kvalitet er behandlet i kapitel 15.

Økonomisk optimal fodring af malkekøer – valg af foderniveau

Planlægning af den økonomisk optimale fodring involverer mange beslutninger på en kvægbedrift. Det drejer sig blandt andet om beslutninger om, hvad der skal dyrkes på markerne, hvad der skal købes ind, hvordan

foderet skal disponeres (foderbudget), foderationens sammensætning, og hvilket fodringsprincip der skal anvendes. Kapitel 16 giver status på og gennemgår principper og metoder til optimering af fodringen – herunder anvendelse af produktionsfunktioner som grundlag herfor samt valget af økonomisk optimalt foderniveau i forhold til produktpriser (mælk og tilvækst) og faktorpriser (grovfoder og tilskudsfoder).

1.4 Referencer

- Anonym 2003. Produktionsøkonomi Kvæg 2003. Dansk LandbrugsRådgivning, 56 pp.
- Dansk Kvæg 2003. Upublicerede resultater.
- Fogh, A. 2003. Upublicerede resultater.
- Thøgersen, R. 2003. Vi kan forenkle grovfoderforsyningen. Bilag til Dansk Kvægs Kongres, 78-79.
- Trinderup, M. & Enemark, P. 2003. Besætninger i løsdrift har i gennemsnit den højeste mælkeydelse. KvægInfo nr. 1112.
- Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. 1983. Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. 551. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Aaes, O. 2003. Fokus på vigtige aspekter vedrørende fodring, ernæring og management. Bilag til Dansk Kvægs Kongres, 86-87.

Spædkalvens fordøjelsesfysiologi og ernæring

2

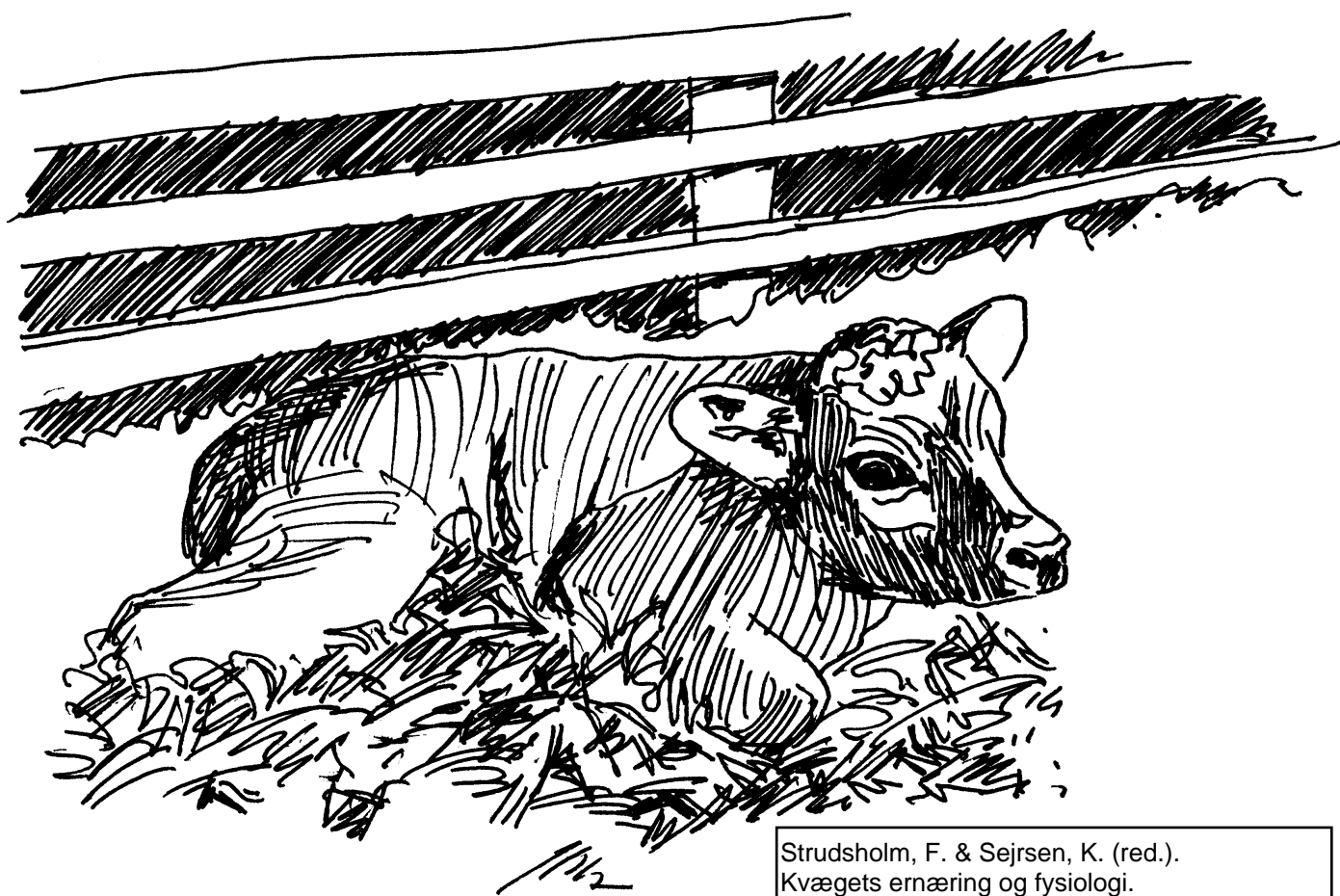
af Jakob Sehested ¹⁾, Rikke Engelbrecht Pedersen ²⁾,
Finn Strudsholm ³⁾ og John Foldager ⁴⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,

²⁾ Afd. for Husdyrsundhed og Velfærd,

⁴⁾ Afd. for Mark- og Stalldrif,
Danmarks JordbrugsForskning og

³⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

2.1 Introduktion

Kalvene er malkekvægbesætningens fremtidige produktionsgrundlag, og kalve, der kommer godt fra start, har det bedste grundlag for at udvikle sig til gode produktionsdyr. De første leveuger er kritiske, fordi kalven på mange måder er sårbar samtidig med, at den udsættes for store og pludselige ændringer i fodring og miljø. Kalven har kun små næringsstofdepoter, når den fødes, og dens fordøjelsessystem og immunforsvar er ikke færdigudviklet. En succesfuld tilpasning og udvikling af fordøjelsen, stofskiftet og immunforsvaret kræver imidlertid meget energi og mange næringsstoffer samt en effektiv passiv immunisering. Derfor er det vigtigt, at management og ernæring tilrettelægges i nøje overensstemmelse med kalvens behov og fordøjelsesmæssige kompetence.

Kalvens fordøjelsessystem er lige efter fødslen tilpasset absorption af antistoffer fra koens råmælk og derefter fordøjelse af koens mælk (sødmælk). I praksis er der dog ofte ønske om at fremskynde udviklingen af kalvens formave- og drøvtygningsfunktion, så den kan fodres med billigere og lettere håndterbare fodermidler end mælk. Men fremskyndelse af optagelsen af tørfoder kræver reduceret tildeling af mælk og vil medføre, at den spæde kalv optager mindre energi og færre næringsstoffer, end den kunne have gjort på sødmælk ad libitum. Dette dilemma er sammen med råmælkstildeling, infektionspres, mælkekvalitet, staldmiljø m.v. centralt for de betydelige problemer, som ofte ses i praksis med sygdom og dødelighed blandt kalvene i de første uger efter fødslen.

Dette kapitel fokuserer på den passive immunisering af kalven, på udviklingen af fordøjelsesfunktionen samt på fodring og ernæring i den tidlige periode, indtil kalven er funktionel drøvtygger. Det ligger uden for kapitlets rammer at gennemgå generelle,

praktiske, danske anvisninger for fodring af spædkalve. De kan findes i Håndbog i Kvæghold (Anonym, 2002).

2.2 Råmælk og passiv immunisering

Råmælken støtter kalvens adaptation til livet uden for livmoderen, og det er essentielt, at kalven hurtigt efter fødslen indtager en tilstrækkelig mængde råmælk. Råmælken indeholder energi, næringsstoffer, mineraler og vitaminer i højere koncentration end almindelig mælk, men den vigtigste komponent i råmælken er antistofferne.

Der overføres stort set ikke antistoffer fra moderen til fosteret under drægtigheden (se f.eks. Tizard, 1996). Derimod kan kalven inden for det første levedøgn effektivt absorbere antistoffer fra tarmkanalen. Kalvens eget immunsystem er i princippet færdigudviklet til at respondere på antigener ved fødslen, men efter opholdet i det stort set sterile miljø i livmoderen er kalvens eget immunsystem ikke forberedt på hurtigt og effektivt at beskytte den mod infektionspres i det miljø, den bliver født i (Tizard, 1996). Indtil kalvens eget specifikke immunforsvar er opbygget (få uger indtil flere måneder), afhænger en effektiv beskyttelse mod infektiøse agens derfor af antistoffer overført fra moderen via råmælken i det første levedøgn (passiv immunisering). Utilstrækkelig passiv immunisering øger risikoen for sygdom og dødelighed blandt småkalvene betragteligt (f.eks. Blom, 1982; Blom et al., 1984; Rea et al., 1996).

Råmælk

Råmælk (kolostrum) er den mælk, der er dannet i yveret før og omkring kælvning, og som har et højt indhold af immunglobuliner (Ig) (Barrington et al., 2001). Råmælkens sammensætning afviger væsentlig fra sammensætningen af normal sødmælk (se Tabel 2.1). Råmælkens sammensætning ændres imidlertid hurtigt efter første udmalkning,

uanset om denne foregår før kælvingen, og indholdet af antistoffer er lavt allerede ved 3. malkning. Først ved 6. til 8. malkning kan mælkens sammensætning dog defineres som normal (se f.eks. Stott et al., 1981; Kristiansen, 1984; Madsen, 2002).

Råmælk fra første malkning adskiller sig fra almindelig mælk ved et højere indhold af tørstof og proteiner (især Ig) samt af fedtopløselige vitaminer og mineraler – herunder mikromineraler som blandt andet jern og selen (Salih et al., 1987) (Tabel 2.1). Et højt indhold af karotin giver råmælk en kraftig gul farve. Råmælk indeholder desuden ”colostral trypsin inhibitor” (CTI), som beskytter råmælkens Ig mod de proteolytiske enzymer trypsin og chymotrypsin i kalvens tarm (Volovenko, 1974; Pineiro et al., 1975).

Koens blod indeholder mange forskellige proteiner og Ig-klasser, men det er hovedsageligt IgG-klassen – og i særdeleshed IgG₁ – der overføres fra blodet til råmælken (Larson et al., 1980; Tizard, 1996). IgA og IgM, som findes i mindre mængder i råmælken, er hovedsagelig produceret lokalt af plasmaceller i yveret. Råmælken indeholder normalt 50-150 g Ig pr. liter med følgende fordeling på hovedklasser: 85-90 % IgG (heraf udgør IgG₁ 80-90 %), ca. 7 % IgM og ca. 5 % IgA (Larson et al., 1980; Norcross, 1982). Råmælken indeholder cellulære bestanddele (leukocytter, makrofager, små og store lymfocytter, neutrofiler og plasmaceller), og yderligere en del faktorer (laktoferrin, laktoperoxidase, tiocyanat, hydrogenperoxidsystem og lysozym), som kan have betydning for kalvens uspecifikke immunitet (Reiter, 1978).

Tabel 2.1 Sammensætningen af råmælk og almindelig sødmælk (mod. e. Roy, 1980)

Bestanddele	Rå- mælk	Sød- mælk	Bestanddele	Rå- mælk	Sød- mælk
<i>Fedt, g/kg</i>	36	35	Co, µg/kg	5,0	0,5-0,6
<i>Fedtfrit tørstof, g/kg</i>	185	86	Mn, mg/kg	0,16	0,03
<i>Protein, g/kg</i>	143	32,5	<i>Vitaminer</i>		
Kasein, g/kg	52,0	26,0	Karotin, µg/g fedt	25-45	7
Albumin, g/kg	15,0	4,7	Vit. A, µg/g fedt	42-48	8
β-laktoglobulin, g/kg	8,0	3,0	Vit. D, ng/g fedt	23-45	15
α-laktalbumin, g/kg	2,7	1,3	Vit. E, µg/g fedt	100-150	20
Serum albumin, g/kg	1,3	0,4	Tiamin, mg/kg	0,6-1,0	0,4
Immunglobulin, g/kg	55-68	0,9	Riboflavin, mg/kg	4,5	1,5
<i>Laktose, g/kg</i>	13	46	Nikotinsyre, mg/kg	0,8-1,0	0,8
<i>Aske (mineralstoffer), g/kg</i>	9,7	7,5	Pantotensyre, mg/kg	2,0	3,5
Ca, g/kg	2,6	1,3	Vit. B ₆ , mg/kg		0,35
Mg, g/kg	0,4	0,1	Biotin, µg/kg	20-80	20
K, g/kg	1,4	1,5	Vit. B ₁₂ , µg/kg	10-50	5
Na, g/kg	0,7	0,4	Folinsyre, µg/kg	1-8	1
P, g/kg	2,4	1,1	Askorbinsyre, mg/kg	25	20
Cl, g/kg	1,2	0,7	Cholin, mg/kg	370-690	130
Fe, mg/kg	2,0	0,1-0,7			
Cu, mg/kg	0,6	0,1-0,3			

Overførslen af IgG til råmælk kan variere fra nogle hundrede gram til mere end 3 kg (især ældre køer). Det medfører, at IgG i køens blod falder drastisk, og at det tager flere uger, før den genvinder sin IgG-status (Anderson et al., 1985). Råmælksydelsen og Ig-ydelsen hos førstekalvskøer er ofte kun halvt så stor som hos køer i senere laktationer, men der er en stor individuel variation (Kruse, 1970a; Pritchett et al., 1991). Som vist i Tabel 2.2, påvirker intervallet mellem kælvning og første malkning ikke råmælksydelsen, mens råmælakens Ig-koncentration falder, når tidsintervallet øges (Kruse, 1970a; Logan et al., 1981; Stott et al., 1981; Pritchett et al., 1991).

Andre faktorer, der kan bidrage til variation i Ig-indholdet ved første malkning, er goldperiodens længde (Logan et al., 1981a) og køernes immunstatus (Takahashi et al., 1992), hvorimod hverken lavt protein- eller energiindhold i køernes foder i goldperioden påvirker råmælakens indhold af IgG, IgA og IgM (Olson et al., 1981). En afkortning af goldperiodens varighed fra 6-8 uger til ca. 2 uger medfører en mindre råmælmængde med et lavere Ig-indhold (Logan et al.,

1981). Mastitis reducerer mængden af råmælk og råmælakens Ig-indhold (Maunsell et al., 1998; Komine et al., 2000), mens en blandet vaccination 6 uger før kælvning kan øge Ig-koncentrationen i råmælken (Schmidt et al., 1982; Roy, 1990).

Passiv immunisering

Kalven er som alle nyfødte pattedyr stærkt afhængig af antistoffer overført fra moderens til dens eget blod. Processen kaldes passiv immunisering. Det primære immunoglobulin (Ig) i den passive immunisering er som nævnt ovenfor IgG, hvoraf IgG1 udgør 80-90 % (Larson et al., 1980; Norcross, 1982; White & Andrews, 1986;), men IgA, IgM og IgG2 spiller også en rolle for kalvens passive immunisering (Roy, 1990). Råmælken medfører også en øget cellemedieret immunitet (fagocytose) hos kalven, ligesom råmælken indeholder en række faktorer med uspecifik antimikrobiel aktivitet, f.eks. laktoperoxidasesystemet (Reiter, 1978; Roy, 1990). De uspecifikke faktorer har primært lokal effekt i tarmen. Men også Ig kan spille en rolle lokalt i tarmen, ud over den systemiske effekt via overførsel til blodbanen.

Tabel 2.2 Råmælksydelse og Ig-ydelse i forhold til tiden fra kælvning til første malkning (Kruse, 1970a)

	Malkning, timer efter kælvning				
	0-2	3-5	6-8	9-11	12-20
Råmælk, kg	6,1	5,5	5,8	5,9	7,6
Immunglobulinindhold, %	79	62	62	59	50
Immunglobulinydelse, g	455	350	350	330	390

Overførslen af Ig fra koens til kalvens blod sker via sekretion i mælkekirtlen til råmælken og absorption over kalvens tarmepitel (Larson et al., 1980). Tiden er en meget vigtig faktor for en succesfuld passiv immunisering af kalven. Det skyldes det hurtige fald i råmælksens indhold af Ig efter første malkning, samt at absorptionsmekanismen i kalvens tarm har begrænset kapacitet og er virksom i et begrænset tidsrum på ca. 24 timer efter fødslen. En anden væsentlig faktor er, at Ig-molekylerne kun er beskyttet mod normal proteinfordøjelse i mave-tarmkanalen i en kort periode hos den nyfødte kalv (Roy, 1990).

Bollerenderefleksen medfører, at råmælken ledes uden om vommen og direkte fra spiserøret til løben via bollerenden og bladmavekanalen (Titchen & Newhook, 1975). Hos den nyfødte kalv er antallet af parietalceller (secernerer H^+ og Cl^-) i løben lavt, og samtidig er der stort set ikke aktivt pepsin i løben (Brock et al., 1978; Merchen, 1988; Roy, 1990). Kombineret med råmælksens bufferkapacitet og fortynding af løbesekretterne medfører dette et relativt højt pH og en lav proteolytisk aktivitet i løben, hvorved Ig-molekylerne kan passere videre til tarmen med vallefraktionen uden at denaturere (Roy, 1980). Råmælken indeholder endvidere "colostral trypsin inhibitor" (CTI), der selektivt inaktiverer trypsin og chymotrypsin i tyndtarmen og dermed beskytter råmælksens Ig (Volovenko, 1974; Jensen, 1978; Pineiro et al., 1978).

Hos nyfødte kalve er tyndtarmens epitelceller i stand til at absorbere Ig og andre makromolekyler i et begrænset tidsrum efter fødslen via en ikke-selektiv proces (Bush & Staley, 1980). Absorptionen finder sted i hele tyndtarmens længde og foregår ved aktiv pinocytose (Logan & Pearson, 1978; James et al., 1981) samt måske via en selektiv

receptor-medieret transport i de første timer efter fødslen (Jochims et al., 1994).

Figur 2.1 viser, at hos kalve, der får råmælk lige efter fødslen, stiger Ig-koncentrationen i serum i løbet af 1-3 timer, og evnen til at absorbere Ig er størst i de første 4-6 timer (Kruse, 1970b; Stott et al., 1979b,c). Absorptionshastigheden for alle Ig-klasserne aftager med stigende alder ved første fodring, og hvis den tildelte Ig-mængde er lav, og det gælder formentlig uanset tildelingsmåden (Kruse, 1970b; Logan et al., 1978; Edwards & Broom, 1979; Stott et al., 1979b,c; Brignole & Stott, 1980; Besser et al., 1991). Absorptionseffektiviteten for Ig er ikke veldefineret, men forskellige studier estimerer den til mellem ca. 50 % og 90 % (Roy, 1990).

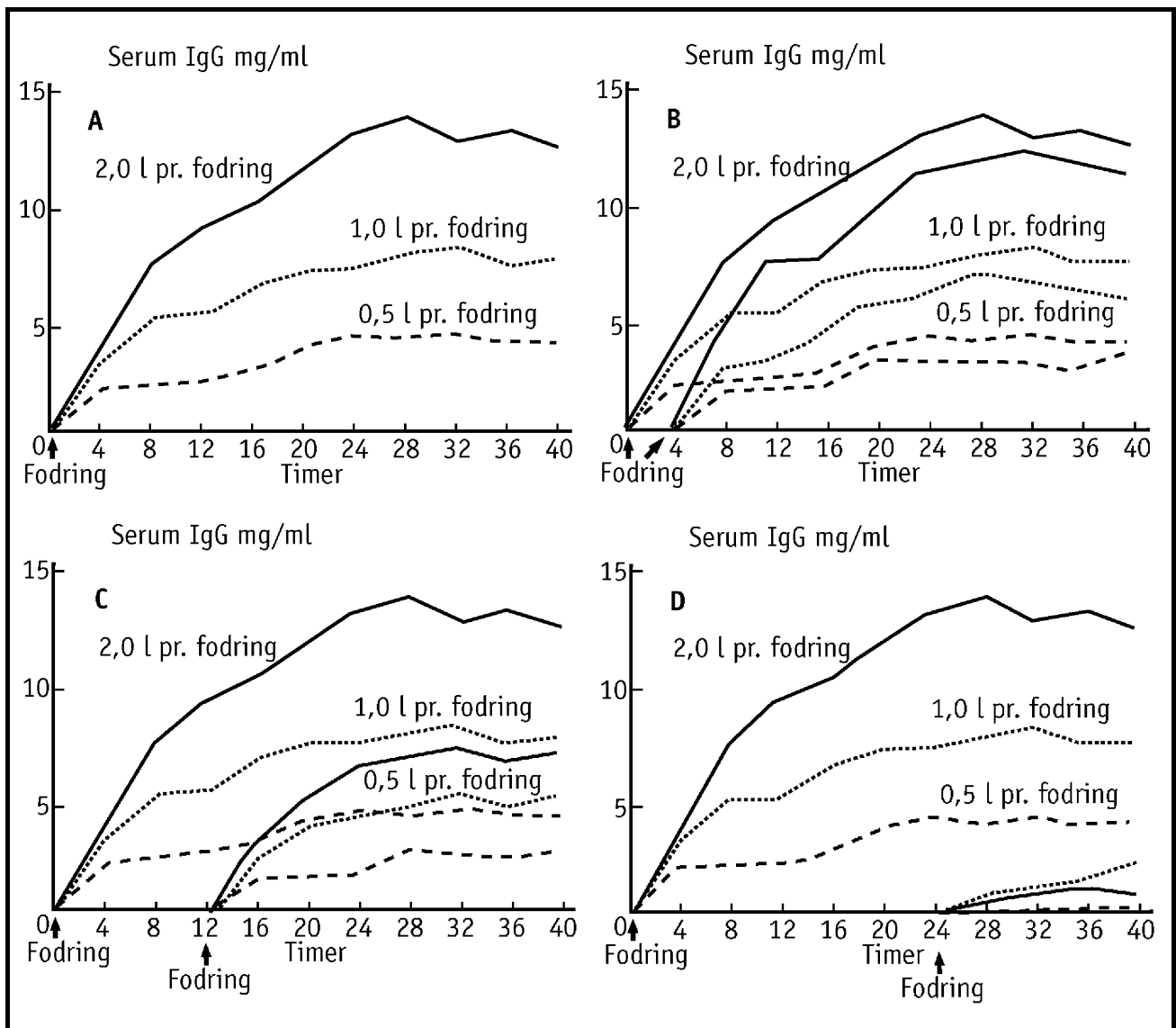
Konkurrence fra andre makromolekyler kan nedsætte effektiviteten af IgG-absorptionen. Cruywagen (1990) viste således, at plasma-koncentrationen af IgG var reduceret hos kalve, hvor koagulering af kasein i løben blev hæmmet. Besser & Osborn (1993) viste tilsvarende en reduceret absorptionseffektivitet for IgG1, når råmælken blev tilsat serumalbumin. Dertil kommer, at introduktion af bakterier i tarmen før eller sammen med råmælken giver øget risiko for bakteriel infektion og reduceret absorptionen af IgG i forhold til introduktion af bakterier efter tildeling af råmælk (Corley et al., 1977; James & Polan, 1978).

Den mest anvendte definition for absorptionens ophør er tidspunktet, hvor der ikke længere frigives Ig til blodet. I et omfattende forsøg (210 kalve) fandt Stott et al. (1979a), at absorptionen af alle Ig-klasser i gennemsnit ophørte 24 timer efter fødslen med en variation fra 12 til 36 timer som de ekstreme værdier. Kruse (1970b), Bush et al. (1971) og Logan et al. (1978) fandt tilsvarende

værdier, hvorimod Penhale et al. (1973) fandt, at absorptionen af IgG, IgA og IgM i gennemsnit ophørte henholdsvis 27, 21 og 16 timer efter fødslen.

Det er ikke endeligt klarlagt hvilke faktorer, der er bestemmende for "lukning" af pino-cytosemekanismen og dermed for absorptionsperiodens længde. Jochims et al. (1994) beskriver lukningen som en multifaktoriel

proces, der omfatter udskiftning af de føtale tarmepitelceller med mere modne celler, ophør af transporten (exocytosen) over den basale og laterale cellemembran i epitelcellerne og en øgning af lysosomernes proteolytiske aktivitet. Men også stigningen i HCl-produktionen i kalvens løbe og øget Ig-fordøjelse kan være medvirkende til at reducere Ig-absorptionen.



Figur 2.1 Effekt af råmæksmængde og alder ved første fodring med råmælk på absorptionen af IgG hos kalve. Tildeling af 0,5, 1,0 eller 2,0 liter råmælk ved fødsel eller 4, 12 eller 24 timer efter fødslen (data fra Stott et al. (1979b,c), figur fra Foldager (1993)). Det absolutte IgG-niveau i serum vil desuden afhænge af råmælkens IgG-indhold.

Koncentrationen af IgG i kalvens blod, der er nødvendig for at beskytte kalven, afhænger især af smittetrykket, men også en række andre faktorer kan have betydning. Derfor er det ikke muligt entydigt at fastsætte en grænse for tilstrækkelig immunisering af kalven (Roy, 1990). White & Andrews (1986) har på basis af en række undersøgelser fundet, at kalve med utilstrækkelig Ig-koncentration havde fire gange forhøjet risiko for at dø og dobbelt så høj risiko for at blive syge, som kalve med tilstrækkelig Ig-koncentration. White & Andrews (1986) definerede tilstrækkelig immunisering til ca. 20 g Ig, svarende til ca. 16 g IgG1 pr. liter serum. Roy (1990) vurderede på basis af et omfattende litteraturstudie, at målet bør være ca. 30 g Ig pr. liter serum for at opnå beskyttelse under ugunstige forhold, hvorimod ca. 10 g Ig pr. liter serum kan give god beskyttelse under gode forhold.

Efter absorptionens ophør aftager Ig-koncentrationen i kalvens blod på grund af katabolisme af Ig og transport fra serum til andre ekstracellulære puljer (Kruse, 1970b; Bush et al., 1971). IgG-koncentrationen i serum topper omkring 36 timer efter fødslen (Roy, 1990). Halveringstiden for IgG er normalt omkring 16-17 dage, men halveringstiden er varierende og afkortes f.eks. af infektioner (Roy, 1990). Hancock (1985) viste, at der var korrelation mellem IgG-koncentrationen i uge 1 og i ugerne 2-6, men korrelationen blev dårligere med tiden. Kalvens passive immunisering (Ig-status) bør derfor evalueres inden for kort tid, efter at absorptionen af Ig er ophørt, men efter at ligevægt mellem puljerne har indstillet sig, det vil sige inden for de første 24-72 levetimer.

De overførte antistoffer bliver efterhånden erstattet af kalvens egen produktion af antistoffer, men først i 1-2 måneders alderen når kalvens egen antistofproduktion et normalt niveau (Roy, 1990). Produktionen af Ig be-

gynder ved fødslen og påvirkes af infektionspresset, men når først et normalt niveau omkring 4 ugers alderen hos kalve med højt Ig-niveau efter fødslen, men tidligere hos kalve med dårlig passiv immunisering og lavt Ig-niveau efter fødslen (Roy, 1990).

Fodring med råmælk

Den maksimale Ig-koncentration i kalvens serum er lineært relateret til den optagne mængde af Ig og til alderen ved første fodring med råmælk, som vist i Figur 2.1. Jo hurtigere efter fødslen og jo større mængde Ig (råmælk), jo højere Ig-koncentration i serum (Kruse, 1970a,b; Stott et al., 1979b,c). På baggrund af dokumentationen i de foregående afsnit betyder det, at den optimale passive immunisering kan forventes ved at give kalven råmælk fra første udmalkning inden for de første 6 levetimer. Hvis målet er en serum Ig-koncentration på ca. 20 g pr. liter, skal en kalv på ca. 40 kg legemsvægt indtage i størrelsesordenen 150 til 250 g Ig, svarende til 3 til 5 liter råmælk med et Ig-indhold på 50 g pr. liter.

I praksis kan det være vanskeligt at overholde fristen på 6 timer for tildeling af råmælk, ligesom råmælksens Ig-indhold ofte vil være ukendt. Fleenor & Stott (1980) viste, at man kan opnå en hurtig og god vurdering af Ig-indholdet i råmælk fra første udmalkning ved hjælp af et kolostrometer (en flydevægt), idet der er ret nøje relation mellem råmælksens specifikke vægtylde og Ig-indholdet. Hvis kalven selv patter råmælk af koen, er det under alle omstændigheder nødvendigt at føre tilsyn med, at kalven patter inden for de første timer efter fødslen og sørge for at den tillige fodres (spand, patte, sonde) med råmælk fra 1. udmalkning (Brignole & Stott, 1980; Edwards, 1982; Besser et al., 1991). De nævnte studier viste, at 32 % og 42 % af kalvene, som gik hos koen efter fødslen, slet ikke pattede inden for 6 timer efter fødslen, og at op mod 60 % af

malkeracekalvene var utilstrækkeligt passivt immuniserede. En eventuel tvangsfodring af svage kalve med råmælk kan udføres med sonde (Naylor et al., 1999; Pedersen & Agerholm, 2003). Ved sondefodring afgives hovedparten af råmælken i vommen (Molla, 1978), hvilket kan medføre en reduceret absorptionseffektivitet og lavere serum Ig-koncentration, end når kalven optager mælken frivilligt (Zaremba, 1983). Et nyere dansk studie viste dog, at råmælk tildelt med sonde var passeret videre til løben inden for tre timer efter tildeling (Pedersen & Agerholm, 2003). Til gengæld kan muligheden for at tildele en større mængde råmælk med sonde kompensere for den lavere absorptionseffektivitet. Hos kalve, der pattede koen de første 12 timer efter fødslen, var koncentrationen af IgG i serum kun gennemsnitligt ca. 60 % af koncentrationen hos kalve, der havde fået 3,8 liter råmælk med sonde, og 60 % af kalvene, der pattede, havde en serum IgG-koncentration under 10 g pr. liter (Pedersen et al., 1999). Råmælk tildelt med sonde vil således forbedre den passive immunisering trods reduceret absorptionseffektivitet, hvis alternativet er en lav eller ingen optagelse af råmælk.

Råmælken bør ikke være kold ved udfodring, fordi koagulerings tiden øges væsentligt med faldende temperatur (Roy, 1980), og hæmning af råmælkens koagulering medfører reduceret optagelse af IgG (Cruywagen, 1990). Råmælken kan nedfryses og bevare aktiviteten af immunglobulinerne, men opvarmning af råmælken skal udføres med forsigtighed især på grund af risikoen for denaturering af immunglobulinerne (Roy, 1990). Tyler et al. (2000) fandt, at pasteurisering af råmælk ved 63°C ikke havde nogen væsentlig negativ effekt på IgG-indholdet i kalvenes serum, mens pasteurisering ved 76°C reducerede kalvenes serum IgG signifikant. Det er vigtigt at være opmærksom på, at såvel temperatur, tid og procedure påvirker ef-

fekten af pasteuriseringsprocessen væsentligt.

For at sikre kalven en effektiv passiv immunisering i de tilfælde, hvor der ikke er råmælk til rådighed fra moderen (mælkeløb inden kælvning, malket før kælvning, koen dør, utilstrækkelig goldperiode etc.), bør der oprettes en råmælksbank. Råmælksbanken bør bestå af råmælk udelukkende fra første udmalkning nedfrosset i en-liters portioner. Ig i nedfrosset råmælk kan bevare fuld specificitet, men netop på grund af Ig-specificiteten bør råmælken i "banken" aldrig blive flere år gammel (Roy, 1990).

Der findes en række laboratorie- og feltmetoder til at teste, om kalven er tilstrækkeligt passivt immuniseret, se f.eks. Blom (1982), Roy (1990), Tyler et al. (1996a,b; 1998) og Larsen et al. (2003).

Kalven bør fortsat fodres med råmælk de første tre døgn, selvom overførslen af Ig til kalvens blod kun finder sted inden for det første døgn. Det skyldes, at råmælken også beskytter mod patogener lokalt i tarmen, og at råmælkens næringsstofsammensætning passer bedre til spædkalvens behov end sødmælk.

2.3 Fordøjelseskanalets udvikling

Fordøjelsessystemets udvikling og funktion har stor betydning for kalvens tilpasning til livet uden for livmoderen. Ved kalvens fødsel er alle dele af fordøjelseskanalet dannet, men langt fra færdigudviklet i hverken struktur eller funktion (se f.eks. Lyford, 1988). Det betyder bl.a., at drøvtyggerfunktionen ikke er udviklet, og at kalvens fordøjelse derfor fungerer som hos et enmavet dyr ved fødslen – kalven siges at være funktionel enmavet. Vækst og udvikling af formaverne og drøvtyggerfunktionen er centrale processer for kalven. I perioden efter fødslen

undergår fordøjelseskanalen med tilhørende organer en betydelig vækst og udvikling, som i de første uger er relativt større end kalvens generelle vækst, og som styres af et komplekst samspil mellem kalvens genetik og endogene hormonsystemer samt af foderationens kemiske og strukturelle sammensætning (se f.eks. Tamate et al., 1962; Lyford, 1988; Alverdy, 1990; Souba, 1991; Guilloteau et al., 1995; Jesse et al., 1995; Zitnan et al., 1998). Råmælksens indhold af vækstfaktorer og andre stoffer med biologisk aktivitet påvirker også fordøjelseskanalens udvikling samt kalvens metabolisme og endokrine forhold (Hammon & Blum, 1997; 1998a,b), men forskningsområdet er forholdsvis nyt, og de specifikke effekter er ikke klarlagt.

Dette afsnit fokuserer på betydningen af fodring og ernæring for fordøjelseskanalens vækst og udvikling af den fysiologiske funktion i de første 8 til 12 uger af kalvens liv. Hovedvægten lægges på udvikling af formaverne og drøvtyggerfunktionen samt af det endogene enzymatiske apparat.

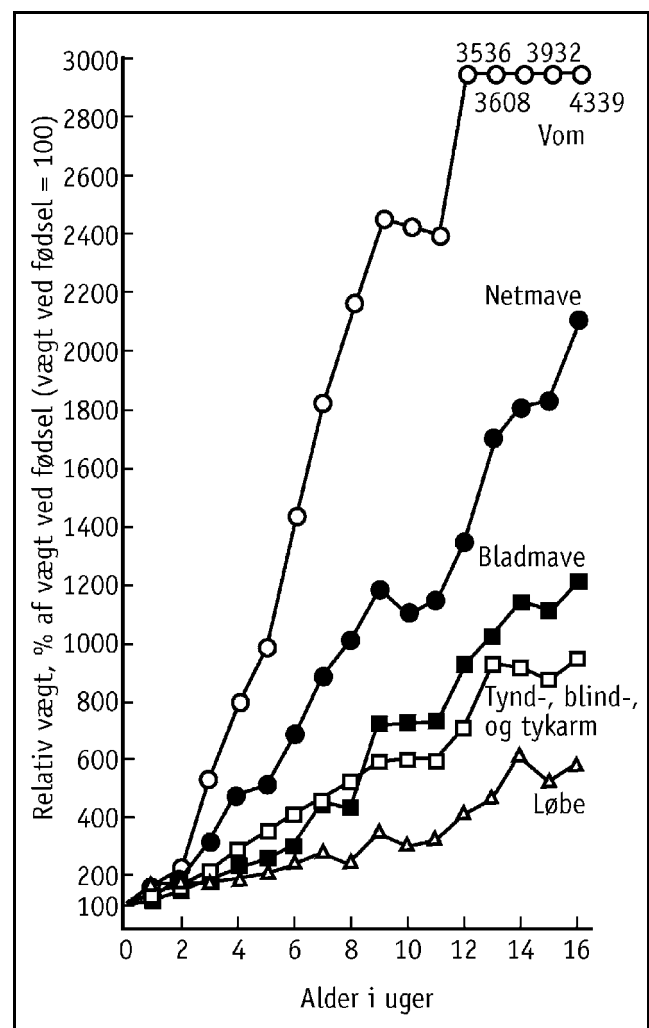
Anatomisk udvikling

Ved kalvens fødsel udgør tarmene ca. 70 % af hele mave-tarmkanalens vægt, mens vommen og netmaven kun udgør godt 10 % og løben ca. 15 % (Lyford, 1988). Vom, netmave og bladmave udgør ca. 50 % og løben andre 50 % af mavernes samlede vægt ved fødslen (Figur 2.3a).

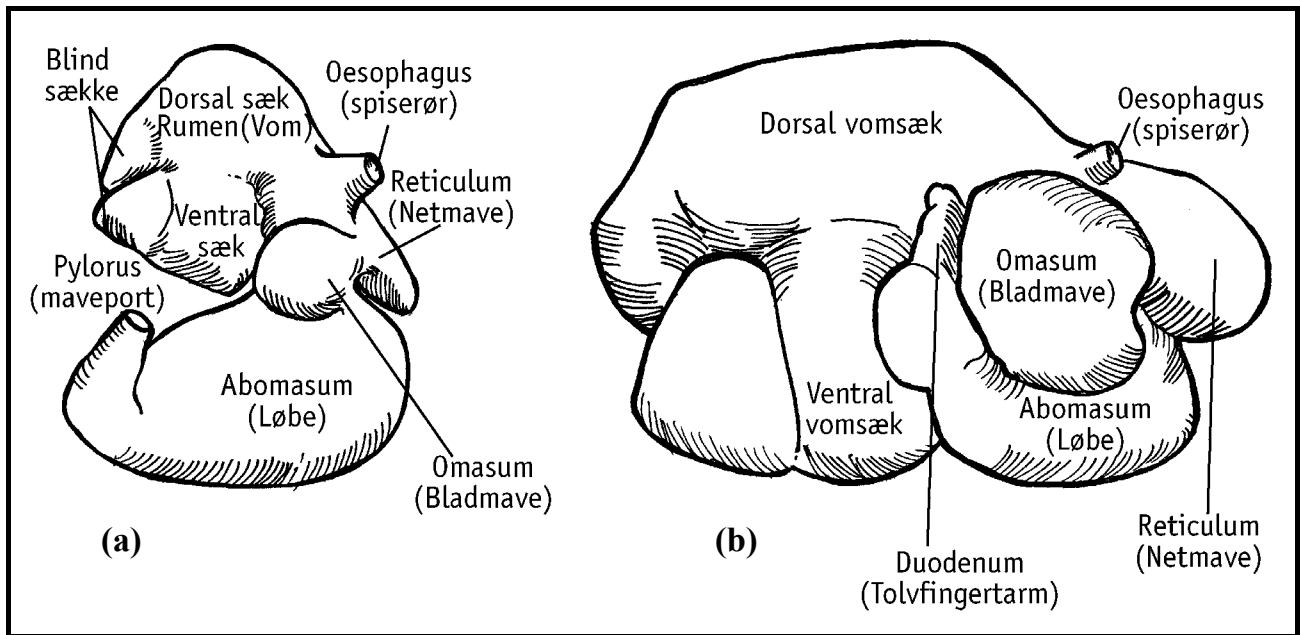
Vom og netmave har altså stort set samme kapacitet som løben ved fødslen, men de forbliver sammenklappede og ude af funktion, så længe kalven udelukkende ernæres med mælk. I løbet af de første leveuger ændres dette forhold mere eller mindre dramatisk afhængig af fodringen, idet fast, forgær-

bart og strukturrigt foder får formaverne til at vokse betydeligt hurtigere end løben (Figur 2.2).

Hos udvokset kvæg udgør tarmene kun ca. 35 % af hele mave-tarmkanalens vægt, mens løben udgør ca. 5 %. Vom, net- og bladmave udgør ca. 60 % af vægten, men mere end 90 % af mave-tarmkanalens samlede volumenkapacitet (Habel, 1975; Lyford, 1988; Herdt, 1997) (Figur 2.3b).



Figur 2.2 Vækst af fordøjelseskanalen hos lam i de første 16 uger efter fødslen (mod. e. Lyford, 1988; Wardrop & Coombe, 1960).



Figur 2.3 Formavernes anatomi og relative størrelse hos den nyfødte kalv (a) og den fuldt udviklede drøvtygger (b) (mod. e. Habel, 1975).

Bollerenden

Bollerenden er en fold i vævet fra spiserørets udmundning til åbningen mellem netmave og bladmave. Ved hjælp af muskelkontraktioner kan folden lukkes og forme et "rør", hvor mælken kan passere fra spiserøret direkte til løben. Bollerenden sammentrækkes reflektorisk ved patning, appetit for mælk samt ved tilstedeværelse af glukose og visse salte (især natrium hos kalve) i den væske, der drikkes. Der kan dog forekomme et mindre tilbageløb af mælk fra løben til vommen eller "spild" fra bollerenden, hvilket normalt er uden betydning. Under normale omstændigheder vil i gennemsnit kun omkring 3 % af mælken ende i formaverne (Toullec & Guilloteau, 1989). Manglende funktion af bollerenden (vomdrikkere) i perioden, før formavefunktionen er etableret, kan medføre delvis aerob omsætning af mælken i den inaktive vom, reduceret koagulering af kasein i løben, patologiske ændringer i vommens mucosa, oppustet vom (trommesyge), dårlig appetit og fordøjelse samt klistret afføring (Wise et al., 1984;

Breukink et al., 1988; Hanichen et al., 1992).

Formaverne

Så snart kalven begynder at æde kraftfoder og hø (forgærbart, fast foder), sker der en hurtig vækst af vom og netmave (Warner et al., 1956; Flatt et al., 1958; Tamate et al., 1962; Roy, 1970b). Hos ungtyre, der blev fodret udelukkende med mælk, var der kun meget ringe udvikling af formaverne inden 350 kg vægten (Roy et al., 1973). Formavernes rumfang udvikles ved en ren fysisk stimulering (Tamate et al., 1962), og vommens rumfang øges mere ved et højt end et lavt hø/kraftfoderforhold (Warner et al., 1956; Stobo et al., 1966; Lyford, 1988).

Vomvæggen kan opdeles i et slimhindelag og et muskellag, der udvikles uafhængigt af hinanden (Brownlee, 1956; Harrison et al., 1960; Tamate et al., 1962; Stobo et al., 1966; Hamada, 1975). Fysisk belastende og irriterende formaveindhold stimulerer vommotorikken, og det antages, at muskeludvik-

lingen sker som følge af den ”træning”, motorikken medfører.

Slimhinden er i større eller mindre grad foldet i fingerlignende udvækster – papiller. Papillernes størrelse, antal, form og farve afhænger i høj grad af fodringen (Tamate et al., 1962; Schwarz, 1987). Ved kalvens fødsel er papillerne i vommen meget små (ca. 1 mm lange), men ved fodring med kraftfoder og hø som tilskud til mælk kan vompapillerne nå en længde af 5-7 mm allerede i 8 ugers alderen (Tamate et al., 1962). Derimod reduceres papillernes størrelse og antal, hvis kalvene udelukkende fodres med mælk i de første 12 uger (Tamate et al., 1962). Hos udvokset kvæg er papillerne normalt 3-6 mm lange (maks. 13 mm), og antallet varierer mellem 10-60 pr. cm², med et maksimum på 121 (Hofmann & Schnorr, 1982). Papillernes vækst og tæthed stimuleres primært af forgæringsprodukterne (SCFA) fra den anaerobe vomomsætning, idet smørsyre stimulerer bedst, propionsyre næstbedst, eddikesyre mindst (Flatt et al., 1958; Sander et al., 1959; Tamate et al., 1962; Schwarz, 1987; Zitnan et al., 1998). Papiludviklingen er ikke endelig, idet der til stadighed foregår vækst eller regression afhængig af de stimuli, der gives fra forgæringsprodukterne (Schwarz, 1987).

Udvikling af fordøjelsesfunktionen

I den tidlige periode, hvor kalven ikke har udviklet den egentlige drøvtygning og vomforgæring, er kalven helt afhængig af sine egne fordøjelsessekreter for at fordøje foderet. De enzymer, som er involverede i fordøjelsen, stammer fra spytkirtlerne, løben, bugspytkirtlen og tyndtarmen. Spædkalvens fordøjelsessekreter er tilpasset fordøjelsen af koens mælk, og det er derfor vigtigt, at der er speciel fokus på foderets proteinkvalitet samt typen af kulhydrater og fedt i den tidlige periode. Senere udvides kalvens egen fordøjelsesmæssige kompetence, ligesom for-

gæringen i formaverne bliver en væsentlig del af fordøjelsen af foderet.

Spytkirtlerne

Spytkirtlerne og spytsekretionen udvikles i tæt koordination med formavefunktionen, idet spytsekretionen primært stimuleres af tygning, drøvtygning og struktur i formaverne (Church, 1988). Spytkirtlerne og spytsekretionen udvikler sig således langsommere hos mælkefodrede kalve end hos kalve, der fodres med mælk, hø og korn (Sasaki, 1969). Hos den mælkefodrede kalv indeholder spytet lipaser, som primært hydrolyserer kort- og mellemkædede fedtsyrer fra triglycerider (Moore & Noble, 1975; Sissons, 1981). Spytlipaserne er aktive allerede i mund og løbe og spiller en væsentlig rolle i fordøjelsen af mælkefedtet hos den nyfødte kalv, hvor lipaserne har lav aktivitet (Moore & Noble, 1975). Aktiviteten af spytlipaserne falder med kalvens alder og ved ophør af mælkefodring på grund af faldende sekretion og faldende pH i løben. (Roy, 1980; Church, 1988). Efterhånden som kalven udvikles til funktionel drøvtygger, bliver spytets primære rolle at bufre produktionen af SCFA i formaverne samt at fugte og smøre foderet i forbindelse med tygning og synkning.

Formaverne

Nyfødte kalve og kalve, der udelukkende fodres med mælk, drøvtygger ikke, men drøvtygning og vommotorik begynder, så snart kalvene begynder at æde tørfoder (Warner et al., 1956; Roy et al., 1973; Lyford, 1988). Kalven kan udvikle sig til at være funktionel drøvtygger i 6-8 ugers alderen, hvor fordøjelsesfunktionen i vom og netmave (mikrobiel forgæring) kan nå samme relative omfang som hos voksent kvæg, hvis kalven fodres med begrænsede mængder mælk plus kraftfoder og hø efter ædelyst (Godfrey, 1961). Det må antages, at bagtarmens fordøjelsesfunktion (forgæring) følger

udviklingen af formavernes fordøjelsesfunktion afhængigt af fodringen. Det daglige tidsforbrug til drøvtygning står i nøje relation til optagelsen af tørfoder. Kalve begynder at tygge drøv efter 5-8 dages forløb, og efter 6-8 uger kan de bruge 5 timer daglig (Swanson & Harris, 1958). En udvokset ko bruger 6-8 timer daglig til drøvtygning. Foderstrukturen påvirker også drøvtygningstiden hos kalve, idet den halveres, når hø formales og pelleteres (Hodgson, 1971).

I vommen hos nyfødte og mælkefodrede kalve er bakterierne aerobe (ilt-krævende), hvorimod normal gæring i vommen foregår under anaerobe (ilt-frie) forhold. Ved fodring med hø og kraftfoder starter ændringerne allerede i første leveuge, og antallet af aerobe bakterier er reduceret væsentligt allerede i 3 ugers alderen (Lengemann & Allen, 1959). Samtidig med faldet i antal af aerobe bakterier er der en stigning i det totale antal bakterier. Liebholz (1978) viste, at den mikrobielle omsætning i vommen hos kalve havde samme relative omfang som hos voksne kreaturer 3-4 uger efter pludselig fravæning på 35. dagen.

Løben

Løben (abomasum) er den eneste af kalvens maver, der indeholder sekretoriske kirtler. Løbets vækst, sekretion og motilitet påvirkes af fyldningsgrad, kemisk sammensætning af løbeindholdet og af foderoptagelsen (Merchen, 1988). Løbets kirtler secernerer væske og mucin (slim), H^+ og Cl^- samt de proteolytiske enzymer chymosin (rennin) og pepsin. Ved fødslen er antallet af parietalceller (secernerer H^+ og Cl^-) i løben lavt, og løbeseekretets pH er derfor relativt højt, men antallet af parietalceller forøges med en faktor 10 inden for de første 72 timer efter fødslen (Merchen, 1988). Før fodring er løbeindholdets pH i intervallet 2-2,8. 30 minutter efter mælkefodring er pH steget til mellem

4,5 og 6,2, men falder til niveauet før fodring inden for 3-5 timer (Mylrea, 1966). Det relativt høje pH umiddelbart efter fødslen medfører lav/manglende proteolytisk aktivitet i løben og er dermed essentielt for den passive immunisering af kalven.

Sekretionen af pepsinogen er lav ved fødslen, men øges svagt med alderen uafhængig af fodringen (Garnot et al., 1977; Guilloteau et al., 1984). Sekretionen af chymosin er derimod høj ved fødslen og uafhængig af alderen, men stærkt afhængig af mælkefodring og tilstedeværelsen af mælkeproteiner – primært kasein. Chymosin er specifikt over for kasein og medfører en koagulering af kasein og fedt (ostemasse) samt nedbrydning af kasein i samspil med pepsin (Roy, 1980). Ved fravæning reduceres produktionen af prochymosin væsentligt og sekretionen af aktivt chymosin ophører (Garnot et al., 1977; Andrén & Björck, 1986).

Tyndtarmen

I tyndtarmen foregår fordøjelsen ved hjælp af sekreter fra leveren (mucus og galde), pankreas (bugspytt med enzymer) og tarmens slimhinde (mucus og enzymer). Produktion og udskillelse af galde og bugspytt stiger stærkt de første leveuger hos mælkefodrede kalve (Thivend et al., 1980). Indtil formavefunktionen er etableret, er der en udtalt døgnvariation i forhold til fodringen, idet sekretionen er lavest 2-3 timer og højest 6-10 timer efter fodring (Ternout & Buttle, 1973). Efter etablering af formavefunktionen er sekretionen kontinuerlig med mindre fluktuationer stimuleret af flowet af chymus fra formaver og løbe. Sekretionen og aktiviteten af fordøjelsessekreter og -enzymer afhænger af bl.a. nervøse og hormonelle signaler udløst i forbindelse med foderoptagelsen, foderets ophold og fordøjelse i løben samt af tarmens fyldning og den kemiske sammensætning af tarmindeholdet (Herdt, 1997).

Proteinfordøjelse i tyndtarmen

Den proteinfraktion, som passerer fra løben til tyndtarmen, vil være mere eller mindre nedbrudt til peptider. Den endelige nedbrydning til absorberbare aminosyrer finder sted i tyndtarmen, ved hjælp af trypsin, chymotrypsin og carboxypeptidase, som udskilles fra bugspytkirtlen, og endelig ved hjælp af peptidaser på tarmepitelcellernes overflade og inde i tarmepitelcellerne. Som allerede omtalt indeholder råmælk "colostral trypsin inhibitor", som hæmmer trypsin og chymotrypsin i kalvens tarm (Volovento, 1974; Pineiro et al., 1975). Mængden af bugspytt og aktiviteten af især chymotrypsin stiger gennem de første leveuger (Ternouth et al., 1976). Varmebeskadiget skummetmælkspulver, soja- og fiskeprotein medfører såvel nedsat sekretion fra bugspytkirtlen som en lavere enzymaktivitet (Ternouth & Roy, 1978; Ternouth et al., 1975). Endvidere er enzymernes hydrolytiske effektivitet mindre over for vegetabiliske proteinkilder end over for mælkeprotein (Jenkins et al., 1980). Sekretion fra bugspytkirtlen reduceres, når mælkens temperatur sænkes fra 39 til 10°C, hvorimod der er tendens til højere sekretion, når kalven drikker mælken af patte frem for af spand (Ternouth & Roy, 1978). Desuden indeholder sojaskrå, som ikke er tilstrækkeligt varmebehandlet, en antitrypsin-faktor, som nedsætter aktiviteten af trypsin (Gorrill et al., 1966; 1967).

Kulhydratfordøjelse i tyndtarmen

Aktiviteten af laktase i tyndtarmen er ca. dobbelt så stor hos den nyfødte som i den 6 uger gamle kalv og er afhængig af tilførsel af laktose til tarmen. Af andre væsentlige disakkaridaser i tarmen kan nævnes maltase og isomaltase (Merchen, 1988). Sukrase forekommer derimod ikke i tyndtarmens sekret (Roy, 1980; Merchen, 1988). Hvis der anvendes roe- eller rørsukker i en komælks-erstatning, vil sukkeret derfor forgæres af mikroorganismene i tarmen, hvilket inden

for et par timer medfører en meget kraftig diarre. Der forekommer ikke amylase i spytet hos kalve, og aktiviteten af amylase fra bugspytkirtlen er lav hos spædkalven, men stiger med alderen (Ternouth et al., 1976; Toullec & Guilloteau, 1989), og afhænger senere af tilførslen af stivelse til tarmen (Kreikemeier et al., 1990). De yngste kalve vil altså have meget begrænsede muligheder for at fordøje andre kulhydrater end laktose (Roy, 1980).

Fordøjelse af fedt i tyndtarmen

Pankreaslipase er afgørende for fordøjelsen af glycerider med langkædede fedtsyrer, mens fordøjeligheden af mælkefedt, der har et højt indhold af kort- og mellemkædede fedtsyrer, i høj grad er afhængig af spytlipase. Spytlipasernes aktivitet i mund og løbe er meget høj hos den spæde kalv, mens pankreaslipaserne har en relativt lav aktivitet (Moore & Noble, 1975; Thivend et al., 1980). Det betyder, at spædkalven har en lidt mindre kapacitet til at fordøje og udnytte andet fedt end mælkefedt. De kortkædede fedtsyrer, som frigives af spytlipasen, er relativt vandopløselige og absorberes i høj grad uafhængigt af micel- og chylomikron-dannelsen.

Aktiviteten af pankreaslipaserne stiger med alderen (Ternouth et al., 1976; Guilloteau et al., 1984), mens aktiviteten af spytlipaserne falder med kalvens alder og ved ophør af mælkefodring på grund af faldende sekretion og faldende pH i løben (Roy, 1980; Church, 1988). I tyndtarmen emulgeres fedtet i mindre fedtdråber ved hjælp af galdesalte. Emulgering og miceldannelsen er central for fedtfordøjelsen, fordi den øger angrebsoverfladen for de vandopløselige pankreaslipaser væsentligt samt fremmer transporten og absorptionen af glycerider og fedtsyrer i tyndtarmen. Pankreaslipaserne hydrolyserer fedtet til bl.a. monoglycerider, fosfolipider, frie fedtsyrer og kolesterol.

Galdesaltene danner miceller sammen med slutprodukterne af fedtfordøjelsen og ved kontakt mellem miceller og tarmepitelet kan fordøjelsesprodukterne absorberes i epithelcellerne og indgå i dannelsen af chylomicroner.

2.4 Mælkefodring

Spædkalven har et relativt stort energi- og næringsstofbehov samt begrænsede kropsreserver, og samtidigt kan den kun optage og fordøje andet foder end mælk i et begrænset omfang. Foderet bør de første uger efter kolostrumfodringen optimalt set bestå af komælk eller mælkeerstatning.

Efter råmælksperioden de første 3 døgn følger en periode på 5-8 uger, som normalt betegnes mælkeperioden. Denne periode er karakteriseret ved, at spædkalvens relativt store energi- og næringsstofbehov primært skal dækkes af mælk og dermed næringsstoffer, som fordøjes i løbe- og tyndtarmsystemet. Når kalven optager tørfoder, betyder formaveudviklingen i den samme periode, at energi- og næringsstofbehovene i takt hermed dækkes med basis i den mikrobielle omsætning i formaverne. Det vil sige, at kalvens energibehov dækkes via SFCA absorberet fra vommen på bekostning af glukose fra tyndtarmen. Samtidig får vommens mikrobielle proteinsyntese og forsyningen af aminosyrer til tarmen fra den kilde stigende betydning.

Hovedparten af de fodringsmæssige ubalancer hos spædkalve, som kan resultere i diarre, forekommer i mælkeperioden og med en stærkt faldende frekvens, efterhånden som formaveudviklingen tager fart. De fodringsmæssige ubalancer forekommer primært, hvis der ikke i de første leveuger tages de nødvendige hensyn til spædkalvens fordøjelsesfunktion – herunder specielt det enzymatiske apparat, den er udstyret med.

Mælketyper

Tabel 2.3 viser på oversigtsniveau den kemiske sammensætning af aktuelle mælketyper til kalve i mælkeperioden. Som det fremgår af tabellen, er der meget stor variation i sammensætningen af mælkeerstatninger på det danske marked – se nærmere herom i f.eks. Håndbog i Kvæghold (Anonym, 2002).

Sødmælk

Sødmælk er kalvens naturlige mælkefoder, og det passer til kalvens fordøjelsesapparat. Fordøjelsen af alle næringsstofferne i sødmælk foregår normalt med en meget høj effektivitet (95-98 %) uafhængig af alder eller den tildelte mælkemængde (f.eks. Roy, 1990; Foldager, 1993). Et samtidig højt fedtindhold betyder, at sødmælk har en betydelig højere energiværdi pr. gram mælketørstof end mælkeerstatninger.

Sødmælk koagulerer i løben, hvilket indebærer, at størstedelen af mælkens kasein- og fedtfraktion tilbageholdes i løben og frigives langsomt til tyndtarmen i timerne frem mod næste fodring. Koaguleringen indebærer, at mælkens vallefraktion med laktose, valleproteiner og vandopløselige mineraler passerer hurtigt til tyndtarmen, hvor de normalt fordøjes hurtigt og meget effektivt (f.eks. Strudsholm, 1986). Koaguleringsprocessen i løben er meget afhængig af mælkens temperatur. Ved 38 grader foregår koaguleringen i løbet af 5 minutter, mens koaguleringsstiden gradvis øges ved faldende temperatur og er 6 timer, hvis mælken er 15 grader (Roy, 1980). Fodring med sødmælk, som er under 38 grader, indebærer en manglende koagulering, og at mælken løber direkte ud i tarmen, hvor tilførsel af ufordøjet kasein udgør en generel risiko for reduceret fordøjelighed og diarre (f.eks. Pedersen, 1993).

Tabel 2.3 Standardtal for kemisk sammensætning af forskellige mælketyper til spædkalve (Møller et al., 2000; Anonym, 2002)

Fraktion	Sødmælk		Syrnet råmælk	Mælke-erstatninger
	Stor race	Jersey		
Tørstof, %	13,5	15,5	15,0	97
% af tørstof				
- Råprotein	26,5	25,8	39,0	18-24
- Kasein	21,2	20,6	14,0	0-20
- Råfedt	31,0	41,0	32,0	13-23
- Laktose	36,5	27,2	21,0	50-53
- Stivelse	0	0	0	0-4
- Aske	6,0	6,0	8,0	6-11

Syrnet råmælk

Syrnet råmælk er ernæringsmæssigt fuldt på højde med sødmælk og har – som sødmælk – et højt indhold af ubeskadigede og letfordøjelige næringsstoffer for kalven. Samtidig har den et vist indhold af immunglobuliner, som kan give en lokal beskyttelse mod infektioner i tyndtarmen (Foldager, 1993). Foderværdien af syrnet råmælk er blandt andet undersøgt i danske, norske og svenske produktionsforsøg, som alle viste høj foderværdi både i forhold til sødmælk og til komælks-erstatninger (Olson et al., 1981; Skrovseth & Matre, 1981; Lykkeaa & Ingvarstsen, 1982).

Ud over ernæringsmæssige fordele i form af højt fordøjelige næringsstoffer er syrnet råmælk karakteriseret ved et meget lavt eget pH, og typisk er niveauet 4,5 (Lykkeaa & Ingvarstsen, 1982). Det betinger et markant lavere pH i kalvens løbe og i begyndelsen af tyndtarmen i timerne efter fodring, hvilket kan have betydning for løbens virkning som ”syrebad” for patogene organismer – f.eks. Salmonella. Strudsholm & Lykkeaa (1988) påviste, som vist i Figur 2.4, en markant forskel i pH i løbe og duodenum betinget af

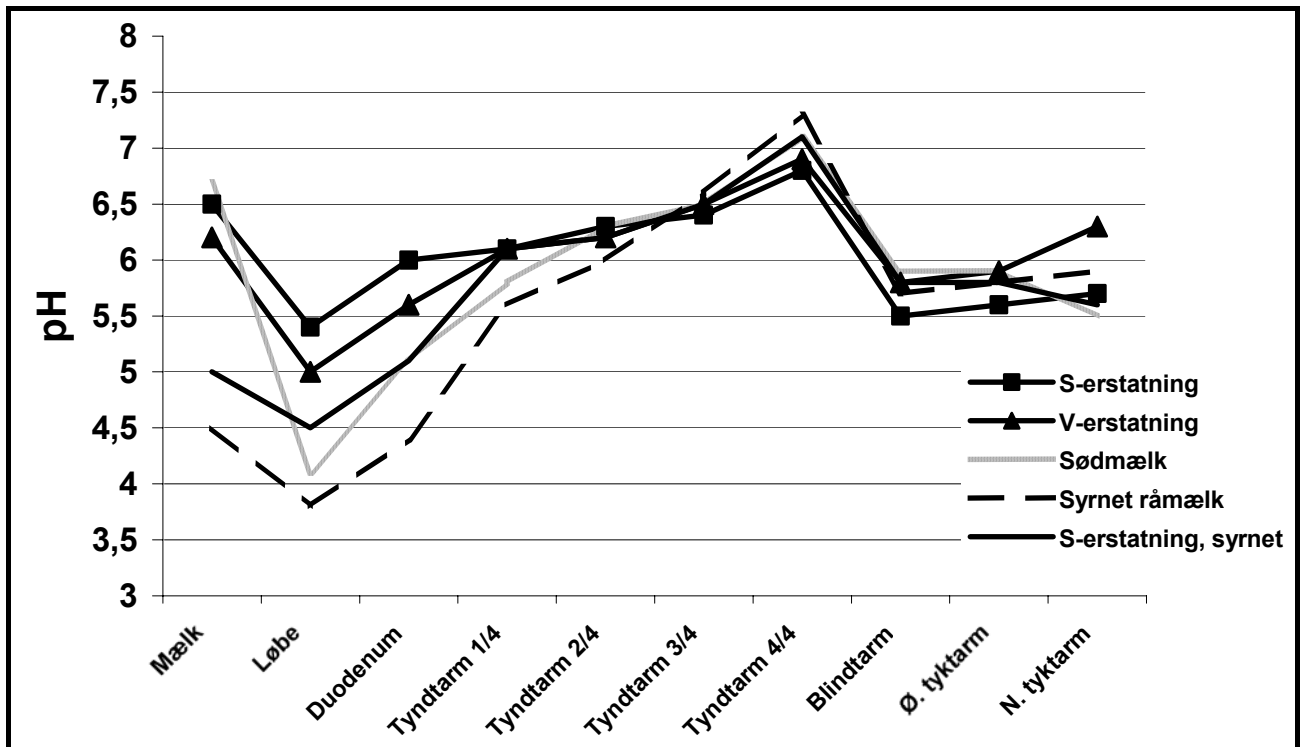
mælketypen helt frem til den forreste del af tyndtarmen – med syrnet råmælk på det laveste niveau.

Mælkeerstatninger

Mælkeerstatninger har, som navnet siger, til formål at erstatte sødmælk som mælkefoder til kalve frem til fravæning. For at få succes med mælkeerstatninger skal indholdet af protein, kulhydrater og fedt jf. afsnit 2.3 være tilpasset den unge kalvs fordøjelsesapparat og -fysiologi.

Proteinfraktionen bør i de første 3 leveuger være fra mælk, idet kun mælkeerstatninger, som indeholder kasein (skummetmælkspulver), kan danne koagel. Vallepulver har ligeledes generelt en høj fordøjelighed, men kan have nedsat værdi som råvare i mælkeerstatninger som følge af et højt indhold af aske og laktose eller et lavt proteinindhold.

Fedtkilden kan variere, så længe fedtet er emulgeret eller optimalt homogeniseret med en partikel størrelse, der er mindre end 10 nm (Edwards-Webb, 1983), men formentlig fordøjer spædkalven mælkefedt bedre end andet fedt.



Figur 2.4 pH i mave-tarmkanalen hos spædkalve 3 timer efter fodring med forskellige mælketyper, S- og V-erstatning henviser til erstatning baseret på hhv. skummetmælkspulver og vallepulver (mod. e. Strudsholm & Lykkeaa, 1988).

Eftersom kalven i den unge alder ikke kan nedbryde andre disakkarider og polysakkarider end laktose, bør de kulhydrater, der tildeles, være laktose eller monosakkarider såsom glukose eller galaktose (Siddons et al., 1969). Alle essentielle vitaminer og mineraler skal indgå i det flydende foder.

Frem til slutningen af 70'erne var næsten alle mælkeerstatninger baseret på skummetmælk, herefter er erstatninger baseret på valle og vegetabiliske proteinkilder af økonomiske årsager blevet de mest almindelige til især større kalve.

Protein i mælkeerstatning

Generelt kan proteinfraktionen i mælkeerstatninger opdeles i tre hovedkategorier afhængigt af, om den stammer fra mælk (skummetmælk og valle), fra vegetabiliske kilder (soja-, hvedeprotein m.v.) eller ani-

malske kilder. Animalsk protein som kød/benmel, blodmel og fiskemel er dog ikke tilladt til brug i mælkeerstatninger i EU og i Danmark og vil ikke blive kommenteret nærmere.

Proteinkoncentrationen i en mælkeerstatning ligger typisk mellem 18 og 24 %, mens kravet til aminosyresammensætningen – primært behovet for metionin og lysin – ikke er fyldestgørende undersøgt.

Vallepulver er på mange områder lige så god en proteinkilde i mælkeerstatninger som skummetmælkspulver. Strudsholm (1988) præsenterede resultater, som indikerede, at den lavere fordøjelighed af protein i ikke-koagulerende mælkeerstatninger var afhængig af andre faktorer end netop koaguleringsvnen. Problemer med de vallepulvere, som er økonomiske interessante som råvare

i komælkserstatninger, er dog fortsat, at de ofte har et relativt højt sukker- og askeindhold, og at proteinindholdet er for lavt.

Blandt de vegetabiliske proteinkilder er den største forskningsindsats lavet omkring sojaprodukter som også i dag er det mest brugte substitut for mælkeprotein. Det banebrydende arbejde omkring brugen af sojaprodukter har drejet sig om afdækning og metodeudvikling til at neutralisere sojaproteins indhold af antinutritionelle faktorer såsom protease inhibitorer, antigene proteiner, ufordøjelige kulhydrater (oligosakkarider), lectiner, tanniner etc. Før soja kan indgå i mælkeerstatninger, skal den derfor behandles, dels for at inaktivere den antigene virkning, og dels for at fjerne de ufordøjelige kulhydrater. Med hensyn til de antigene proteiner lavede blandt andet Pedersen (1986) og Pedersen (1993) forsøg med sojaprotein-koncentrater, hvor den antigene effekt af proteinerne glycinin og beta-conglycinin var nedsat gennem en speciel industriel proces. Generelt har moderne raffineringmetoder øget foderværdien af sojakoncentrater til mælkeerstatninger betydeligt, men har fortsat ikke kompenseret for, at kalvens enzymapparat de første leveuger passer bedst til mælkebaserede proteiner. Sojaproteinkoncentrat er grundet relativt gode resultater og produktets lave pris det mest fortrukne alternativ til mælkeprotein i mælkeerstatninger til lidt ældre kalve.

Hvedeprotein (gluten) kan delvis hydrolyseres, hvorved et mere opløseligt protein uden antigene egenskaber og ydermere med højere fordøjelighed opnås (De Laporte & Demersman, 1991). Terui et al. (1996) viste, at enzymatisk hydrolyseret hvedeprotein i mælk til kalve på 6 uger kunne erstatte op til 50 % af proteinet i en vallebaseret mælkeerstatning, uden at tilvæksten blev forringet.

Kulhydrat i mælkeerstatninger

Laktose, glukose og galaktose er reelt de eneste brugbare kulhydrater i mælkeerstatningen. En 45 kg kalv, som fodres restriktivt med sødmælk, (f.eks. 10 % af kropsvægten pr. dag), vil optage omkring henholdsvis 220 g laktose og omkring 190 g fedt pr. dag. Forsøg har vist, at ved ad libitum (9-29 måltider om dagen) fodring med syrnet mælk optog kalve i gennemsnit 700 g laktose pr. dag og visse individer op til 1056 gram pr. dag uden problemer med diarre (Tomkins & Jaster, 1991). Modsat introducerede Hof (1980) den såkaldte laktosetærskel, som udtrykker stigende risiko for udvikling af diarre som følge af fermentativ forgæring i kalvens tyktarm, når laktosetildelingen overskrider 10 g laktoseækvivalenter pr. kg kalv pr. dag, svarende til 450 gram laktose til en kalv på 45 kg.

Der er blevet forsket en del omkring, om og hvordan stivelse eventuelt kan indgå i mælkeerstatninger. Grundet yngre kalves lave amylase og maltaseaktivitet er rå ubehandlet stivelse et dårligt fodermiddel. Foderværdien kan dog øges ved kogning (pregelatinisering), som øger stivelsens tilgængelighed for kalvens enzymer, eller ved enzymatisk hydrolysering, hvilket øger indholdet af kortkædede glukosepolymerer (Toullec et al., 1980). Hos kalve, der op til tre ugers alderen blev fodret med mælkeerstatning, hvor 9 tørstofprocentenheder af laktoseindholdet var udskiftet til rå majsstivelse, fandt man ingen effekt på tilvæksten, hvorimod 18 og 27 % stivelse resulterede i markant reduceret tilvækst (Huber et al., 1968). Andre har dog vist, at delvist hydrolyseret og gelatineret majsstivelse kunne erstatte op til 50 % af laktosen i en skummetmælksbaseret mælkeerstatning, idet kalvene havde samme tilvækst og foderudnyttelse og ikke øget forekomst af diarre (Diaz-Castaneda & Brisson,

1987). Toullec et al. (1980) konkluderede, at omkring 2-3 % gelatineret eller delvist hydrolyseret stivelse kunne indgå i mælkeerstatninger for unge kviekalve, mens 5-7 % kunne accepteres i mælkeerstatninger til tyrekalve og ældre kviekalve.

Fedt i mælkeerstatninger

Ligesom for protein og kulhydrat er der økonomisk incitament for at erstatte mælkefedt med andet fedt i mælkeerstatninger. Mest afgørende for mængden af energi i mælkeerstatninger er netop fedtindholdet, som i en mælkeerstatning typisk vil variere mellem 13-23 % af tørstoffet, hvilket er mindre end fedtprocenten i mælk, som varierer mellem 26-34 % af tørstoffet. Fedtprocenten i mælkeerstatninger synes ikke at påvirke fordøjeligheden af fedt (Raven, 1970; Toullec et al., 1980). Mælkefedt har i ældre forsøg vist sig at være lidt mere fordøjeligt end andre animalske fedtkilder og vegetabiliske fedtkilder (Raven, 1970).

Den højere fordøjelighed af mælkefedtet skyldes et større indhold af kort- og mellemkædede fedtsyrer, de langkædede fedtsyrers position i triglyceriderne samt en bedre emulgeringsevne (Raven, 1970). Typisk vil fedt, som indeholder store dele frie fedtsyrer, udnyttes dårligere end fedt med større andel triglycerider (Jenkins et al., 1985). Fedtets fysiske form i den færdige mælkeerstatning er af afgørende betydning for graden af udnyttelse. Homogenisering til en partikelstørrelse < 3-4 μm øger fordøjeligheden af alt fedt i mælkeerstatninger. Emulgeringsmidler såsom monoglycerider, diglycerider og lecitin er almindelige tilsætningsstoffer i mælkeerstatninger (Tomkins & Jaster, 1991) og resulterer i en øget fordøjelighed sammenlignet med kun mekanisk bearbejdning (Raven, 1970; Toullec et al., 1980).

Kalve i udendørshytter ved lave temperaturer har en højere tilvækst ved tildeling af mælkeerstatning med højere fedtprocent (Jaster et al., 1992). Det tyder på, at mælkeerstatninger til kalve under lave temperaturer med fordel kan indeholde omkring de 20 procent fedt, mens det i varme omgivelser ikke synes at være en fordel med fedtprocenter over 10-15 % (Scibilia et al., 1987).

Vitaminer og mineraler

Mælkeerstatninger suppleres typisk med vitaminer og mineraler, så indholdet ligner eller er højere end i sødmælk. Magnesium og kalcium tilsættes i niveauer over indholdet i sødmælk for at erstatte kalcium i uopløselige forsæbninger af langkædede fedtsyrer (Toullec et al., 1980). Indholdet af jern vil også oftest overstige indholdet i mælk (Tomkins & Jaster, 1991). For at forhindre oxidation af essentielle fedtsyrer tilsættes vitamin E sådan, at forholdet er 1,5-2,5 mg vitamin E pr. gram linolsyre (Stobo, 1983). Øgede niveauer af vitamin E har i enkelte forsøg vist sig at kunne øge den daglige tilvækst og mindske forekomsten af diarre (Reddy et al., 1987; Luhman et al., 1993).

2.5 Fodring med kraftfoder og grovfoder

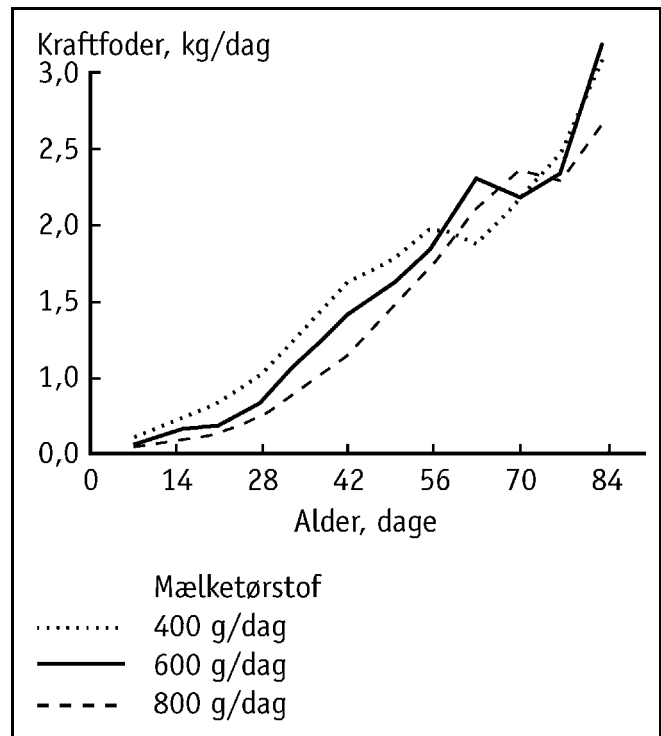
Hvis mælkefodringen begrænses, vil optagelsen af fast foder fremskyndes, men selv da vil kalven først omkring 2 ugers alderen optage kraftfoder/kalvestarter i betydende mængder, og først ved tre ugers alderen vil den andel af den totale mængde metaboliserbare energi, som kommer fra kraftfoder/kalvestarter, kunne udgøre omkring 45-50 %. Det er som regel en fordel at fremme optagelsen af kraftfoder, da tilvækst skabt på basis af kraftfoder er betydeligt billigere end tilvækst baseret på mælk. Derfor bør foderet de tre første uger efter kolostrumfodringen

optimalt set bestå af komælk eller mælkeerstatning suppleret med strukturgivende stråfoder og energigivende kraftfoder.

Mælkeniveau og kraftfoderoptagelse

Kalve skal således have adgang til kraftfoder ("kalvestarter") og grovfoder fra første leveuge med henblik på at opnå hurtig udvikling af formaverne og drøvtyggerfunktionen. Samtidig er det vigtigt, at fodermidlerne har en relativ høj energikoncentration, da vomkapaciteten er meget lille. Hvis kalven tildes fri adgang til sødmælk (ad libitum), vil de optage i størrelsesordenen 8 til 9 liter pr. døgn (Foldager, 1993). Hvis mælkefodringen begrænses, vil optagelsen af tørfoder fremskyndes, men selv da vil kalven som nævnt først ved tre ugers alderen kunne optage 45-50 % af den totale mængde energi fra kraftfoder/kalvestarter.

Figur 2.5 viser sammenhængen mellem tilført energi i sødmælk og optagelsen af kraftfoder fra et stort dansk forsøg med SDM-kalve gennemført af Foldager et al. (1986). I forsøget var kalvene fordelt på 3 niveauer af sødmælk svarende til 400, 600 og 800 gram mælketørstof pr. kalv pr. dag og med fri adgang til en velmagende kalveblanding fra dag 5. I de tidlige uger var der kun en lille effekt på kraftfoderoptagelsen af mælkeniveauet, mens der efter 2-3 ugers alderen var større forskel mellem holdene. Kalvene på 400 gram mælketørstof nåede således en kraftfoderoptagelse på 1,0 kg ved en alder på cirka 5 uger, mens kalvene på 800 gram nåede den samme optagelse kun ca. 10 dage senere. På basis af forsøget anbefales, at kalve kan fravænes mælk, når de æder 1,0 kg kraftfoder om dagen.



Figur 2.5 Kraftfoderoptagelse i forhold til alder hos SDM-spædkalve fodret med hhv. 400 (3,0), 600 (4,6) og 800 (6,0) gram mælketørstof (liter sødmælk) pr. dag (mod e. Foldager, 1993).

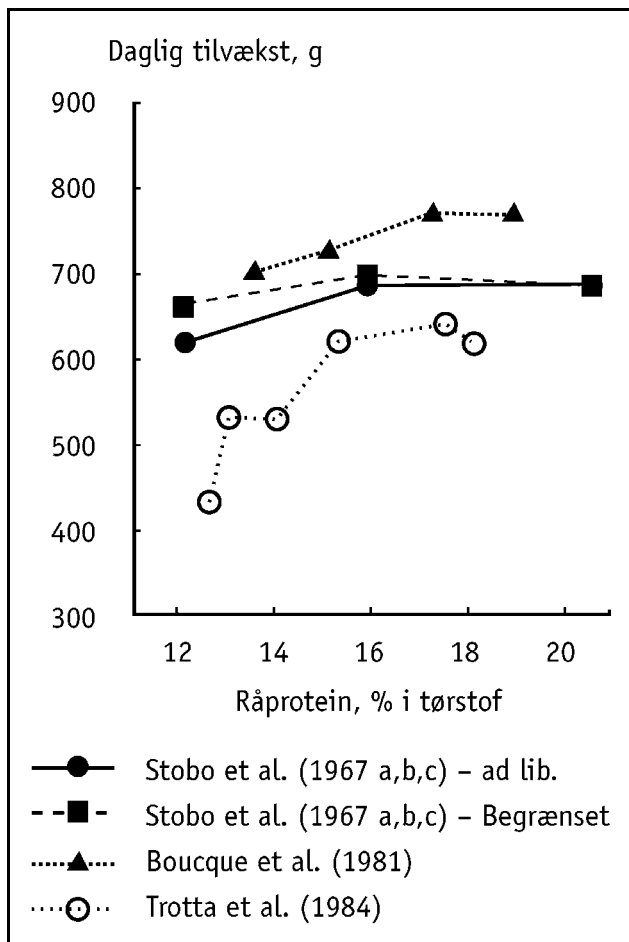
Kraftfoder - Kalvestarter

Kalvestarteren skal først og fremmest være velmagende og indeholde de nødvendige næringsstoffer, primært protein og energi. Foldager (1993) gennemgår en række danske og udenlandske forsøg med forskellige proteinniveauer og proteinkilder i kalvestarteren.

Protein i kalvestarteren

Virkingen af forskelligt proteinniveau op til 12 ugers alderen er ud fra en række forsøg illustreret i Figur 2.6. Konklusionen er, at råproteinindholdet bør være minimum 16

procent af tørstof. Generelt anbefales ofte et lidt højere indhold i niveauet 17-20 procent. De danske fodernormer for småkalve (Strudsholm et al., 1999) udtrykker normen for råprotein til småkalve som 140 g fordøjeligt råprotein pr. FE – svarende til 18-19 % råprotein i en typisk kalveblanding.



Figur 2.6 Daglig tilvækst i forhold til proteinindhold i kalveblandinger fra fødsel til 12 ugers alderen (mod e. Foldager, 1993).

Ud fra gennemgang af en række forsøg konkluderede Foldager (1993), at sojabønner og -skrå generelt klarede sig bedst som proteinkilde i kalvestartere. En klar forudsætning er, at sojaprodukterne er varmebehandlede for at inaktivere antitrypsinfaktoren, som findes i rå sojaprodukter. Andersen et al.

(1986) og Claypool et al. (1985) konkluderede, at rapsprodukter stammende fra dobbeltlave rapssorter fuldt ud kunne erstatte sojaskrå i kraftfoder til småkalve. Vedrørende øvrige proteinkilder i kalvestartere henvises til Foldager (1993).

Kulhydrat i kalvestarteren

Kornarterne er den væsentligste kulhydratkilde i kalveblandinger, og de udgør typisk 60-70 % af blandingen. Bush (1989) fandt ved anvendelse af et "cafeteria-system" i alderen 10-35 dage, at kalvenes præference for forskellige kornkilder var: byg > hvede > rug > majs > havre, og at der kunne opnås større ædelyst og tilvækst samt mulighed for en tidligere fravæning ved at tage hensyn til kalvenes præference med hensyn til smag. På grundlag af en gennemgang af en række forsøg konkluderede Foldager (1993) ligeledes, at byg og herefter hvede er de bedst egnede kornkilder til starterblandinger.

Fysisk form

Kvæg tygger meget lidt på hele kerner, og kornkernens botaniske opbygning gør stivelse, cellulose m.m. i lagerfast korn meget svært tilgængelig. For at øge tilgængeligheden er det nødvendigt at underkaste kornet en eller flere behandlinger. Kalve optager relativt mere kraftfoder end voksne drøvtyggere, og foderets fysiske struktur har derfor større betydning (Church & Pond, 1982). De mest oplagte behandlingsmetoder er valsen eller formaling med efterfølgende pelletering.

Flere danske forsøg har sammenlignet valset med pelleterede kalveblandinger og fundet tendens til, at pelleterede blandinger klarer sig bedst. I et forsøg med to hold af 43 SDM-kalve i perioden fra fødsel til 12 uger var tilvæksten hhv. 659 og 699 gram pr. dag hos kalve, som fik valset eller pelleteret blanding. På holdet, som fik pelleteret blanding, hang den lidt højere tilvækst sam-

men med en højere optagelse af kraftfoder (Foldager, 1993). I et forsøg med Jerseykalve, hvor en pelleteret blanding blev sammenlignet med en dampvalset blanding, fandt Andersen et al. (1986) ingen forskel i produktionsresultaterne afhængig af behandlingsmåde.

Grovfoder – herunder hø

Indtil omkring midt i 50'erne var den generelle mening, at stråfoder (hø) var den vigtigste faktor for vommens udvikling ved at stimulere tilvækst og udvikling af vompapillerne. Herefter fandt man bevis for, at kraftfoder – primært dets forgæringsprodukter – i langt højere grad stimulerede denne udvikling (Brownlee, 1956; Warner et al., 1956; Flatt et al., 1958; Sander et al., 1959; Harrison et al., 1960). Dog ved vi nu, at fodring med kun kraftfoder og derved meget begrænsede mængder fiber resulterer i en lavere foderoptagelse, hyperkeratinisering af vompapiller, unormal (ujævn) papilstruktur samt reduceret absorptionskapacitet (Bull et al., 1965; Fell et al., 1968; McGavin & Morrill, 1976; Nocek et al., 1984; Beharka et al., 1998). Et vist fiberindhold med reduceret partikelstørrelse er derfor nødvendigt (Miller et al., 1969; McGavin & Morrill, 1976; Nocek et al., 1984) og har vist sig at øge fo-

deroptagelsen og den daglige tilvækst sammenlignet med fodring af kalvestarter alene (Preston et al., 1961; Liebholz, 1978).

Nye amerikanske anbefalinger går på, at fodring med langt hø før fravæning ikke bør praktiseres (Quigley, 1996; Davis & Drackley, 1998), fordi drøvtygnings- og vomfunktionen endnu er umoden, (Anderson et al., 1987a,b), og kapaciteten til at nedbryde cellulose er lav (Williams & Frost, 1992). De amerikanske anvisninger skal ses i lyset af, at man her ofte anbefaler meget tidlig fravæning fra mælk (4-5 uger), og at kravet om tidlig vomudvikling derfor er meget mere markant.

Ensilage er oftest mindre egnet som strukturfoder til småkalve end hø, medmindre den er af meget høj kvalitet (Foldager, 1993). Er ensilagen af god kvalitet, kan den på samme måde, som det gælder for hø, reducere forekomsten af fordøjelsesforstyrrelser i de første leveuger. Det er illustreret i et forsøg, hvis resultater er vist i Tabel 2.4 (Laksesvela et al., 1978). Her fik spædkalve fodret på komælkserstatning i perioden op til 45 dage enten intet grovfoder, ensilage ad libitum eller hø ad libitum.

Tabel 2.4 Tilvækst og diarre hos spædkalve fodret med hø og ensilage i 45 dage (Laksesvela et al., 1978)

	Intet grovfoder	Ensilage	Hø
Grovfoderoptagelse, kg TS/dag	-	0,35	0,28
Tilvækst, g/dag	151	362	344
Diarre, dage/ kalv	14,3	3,5	3,0
pH i vom	6,14	6,75	6,60

2.6 Afslutning og perspektiver

Spædkalven fødes som funktionel enmavet, og dens fordøjelse er tilpasset koens mælk. Desuden afhænger kalvens beskyttelse mod infektioner af antistoffer overført fra koen med råmælk. Det er afgørende for kalven, at den tildeles en tilstrækkelig mængde råmælk hurtigt efter fødslen. En nyfødt kalv på ca. 40 kg legemsvægt bør tildeles ca. 3-4 liter råmælk fra første udmalkning inden for 6 timer efter fødslen for med rimelig sikkerhed at opnå en god passiv immunisering. Kalve, der går hos koen, patter ikke tilstrækkeligt i 60 % af tilfældene, og derfor bør der altid gives supplerende råmælk. Kalven bør fodres med råmælk de første 3 dage og med primært sødmælk eller -erstatning minimum de følgende 3 uger. Det er vigtigt, at der er speciel fokus på foderets proteinkvalitet samt typen af kulhydrater og fedt i den tidlige periode. Kalven kan udvikle sig til at være funktionel drøvtygger i 6-8 ugers alderen, hvis optagelsen af kraftfoder og grovfoder fremmes tidligt. Fravæning kan ske, når kalven optager ca. 1 kg kraftfoder om dagen. På det tidspunkt vil kalvens eget immunsystem være aktivt på normalt niveau, og udviklingen af drøvtygningsfunktionen har gjort kalven mere robust over for fordøjelsesmæssige forstyrrelser.

I mange år har sygdomsfrekvensen og dødeligheden blandt spædkalvene været høj i praksis. Omkring 7 % af kalvene dør ved kælvning, og i løbet af den første levemåned dør yderligere 6 % til 12 % afhængig af især race, kælvningsnummer og årstid (Nielsen et al., 2002). Den høje dødelighed og sygdomsfrekvens udgør et multifaktorielt problemkompleks, men er generelt et udtryk for, at kalvene er sårbare i den tidlige periode, samtidig med at de udsættes for store omvæltninger i fodring og miljø. En god

passiv immunisering og en tilstrækkelig ernæring tilpasset kalvens fordøjelsesmæssige kompetence og ernæringsmæssige behov er derfor centrale forudsætninger for, at kalven klarer sig godt igennem den tidlige periode. Den rigtige fodring i den tidlige periode er således relativt dyr og tidskrævende, men fravæning bør ikke foretages hurtigere, end kalven er klar til, selvom det kan være fristende at fremskynde en billigere og enklere fodring. Det er væsentlig, at strategien for kalvepasning og -fodring indeholder en målsætning om daglig tilvækst og et fravæningskriterium (f.eks. minimum kraftfoderoptagelse).

Kalvenes energi- og næringsstofbehov i forhold til optimal udvikling på kort og lang sigt er dog stadig dårligt belyst. Derfor er det med den nuværende viden vanskeligt at fastlægge den optimale fodrings- og pasningsstrategi. Der er således et fortsat behov for fokus på fodrings- og fravæningsstrategi hos spædkalve. Anvendelse af den tilgængelige viden, hvor problemerne findes i praksis, vil formentlig kunne løse mange problemer. Men på en række områder mangler der også viden. I relation til ernæring og fysiologi, som omhandles af dette kapitel, er vidensgrundlaget omkring kalvenes energi- og næringsstofbehov begrænset, ligesom der mangler viden om optimal ernæring af syge og svage kalve samt om de langsigtede konsekvenser af ernæring i den tidlige periode på kalvens senere udvikling og produktion. Endelig er der behov for at indpasse vores viden om spædkalvene i rationelle stald- og managementsystemer på store bedrifter, hvor der heller ikke i fremtiden bliver megen tid til pasning og overvågning af den enkelte kalv. På den baggrund er det vigtigt, at der fortsat er fokus på kalvene i såvel forskning, rådgivning som praksis.

2.7 Referencer

- Alverdy, J.C. 1990. Effects of glutamine-supplemented diets on immunology of the gut. *J. Parent. Enter. Nutr.* 14 (suppl. 4), 109S-113S.
- Andersen, B.B., Andersen, H.R., Madsen, P., Sørensens, S.E., Klastrup, S. 1986. Kalvekød på Jerseytyrekalve. Statens Husdyrbrugsforsøg. Meddelelse nr. 636, 4 pp.
- Anderson, K.L., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L. 1987a. Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. *J. Dairy Sci.* 70, 1000-1005.
- Anderson, K.L., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Avery, T.B., Galitzer, S.J., Boyer, J.E. 1987b. Ruminant microbial development in conventionally or early-weaned calves. *J. Anim. Sci.* 64, 1215-1226.
- Anderson, R.R., Collier, R.J., Guidry, A.J., Heald, C.W., Jenness, R., Larson, B.L., Tucker, H.A. 1985. Lactation, The Iowa State Uni. Press/Ames, 276 pp.
- Andrén, A., Björck, L. 1986. Milk-feeding maintains the prochymosin production in cells of bovine abomasal mucosa. *Acta Physiol. Scandi.* 126, 419-427.
- Anonym 2002. Håndbog i Kvæghold. Landbrugsforlaget, 199 pp.
- Baldwin, R.L., Jesse, B.W. 1992. Developmental changes in glucose and butyrate metabolism by isolated sheep ruminal cells. *J. Nutr.* 122, 1149-1153.
- Barrington, G.M., McFadden, T.B., Huyler, M.T., Besser, T.E. 2001. Regulation of colostrigenesis in cattle. *Livest. Prod. Sci.* 70, 95-104.
- Beharka, A.A., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Kennedy, G.A., Klemm, R.D. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.*, 81, 1946-1955.
- Besser, T.E., Gay, C.C., Pritchett, L. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 198, 419-422.
- Besser, T.E., Osborn, D., 1993. Effect of Bovine Serum Albumin on Passive Transfer of Immunoglobulin-G1 to Newborn Calves. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 37, 321-327.
- Blom, J.Y. 1982. The relationship between serum immunoglobulin values and incidence of respiratory disease and enteritis in calves. *Nordisk Veterinærmedicin*, 34, 276-284.
- Blom, J.Y., Thysen, I., Østergaard, V., Møller, F., 1984. Kalves tilvækst og sundhed i relation til staldklima, jern- og immunstatus samt sygdomsbehandling. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, No. 570, 108 pp.
- Boucque, C.V., Fiems, L.O., Cottyn, B.G., Buysse, F.X. 1981. The optimal crude protein-content in calf starters for early weaned bull calves. 1. Effect on the performances during the rearing period. *Revue de l'Agriculture* 34, 1545-1562.
- Breukink, H.J., Wensing, T., van Weeren Keverling Buisman, A., van Bruinessen Kapsenberg, E.G., de Visser, N.A.P.C. 1988. Consequences of failure of the reticular groove reflex in veal calves fed milk replacer. *Vet. Quart.* 10:2, 126-135.
- Brignole, T.J., Stott, G.H. 1980. Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. *J. Dairy Sci.* 63, 451-456.
- Brock, J.H., Pineiro, A., Lampreave, F. 1978. The effect of trypsin and chymotrypsin on the antibacterial activity of complement, antibodies, and laktoferrin and transferrin in bovine colostrum. *Ann. Rec. Vet.* 9:2, 287-294.
- Brownlee, A. 1956. The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *Brit. Vet. J.* 112, 369-375.
- Bull, L.S., Bush, L.J., Friend, J.D., Harris Jr., B., Jones, E.W. 1965. Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption. *J. Dairy Sci.* 48, 1449-1456.
- Bush, L.J., Aguilera, M.A., Adams, G.D., Jones, E.W. 1971. Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn dairy calves. *J. Dairy Sci.* 54, 1547-1549.
- Bush, L.J., Staley, T.E. 1980. Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63, 672-680.

- Bush, R.S. 1989. Preference among different grains expressed by young Holstein calves. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 1099-1103.
- Church, D.C. 1988. Salivary function and production. In: Church, D.C. (ed.). *The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition*, Prentice Hall, New Jersey, Chapter 6.
- Church D.C., Pond W.G. 1982. *Basic animal nutrition and feeding*. 2nd edition. John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 403 pp.
- Claypool, D.W., Hoffman, C.H., Oldfield, J.E., Adams, H.P. 1985. Canola meal, cottonseed, and soybean meals as protein supplements for calves. *J. Dairy Sci.* 68, 67-70.
- Corley, L.D., Staley, T.E., Bush, L.J., Jones, E.W. 1977. Influence of colostrum on transepithelial movement of *Escherichia coli* 055. *J. Dairy Sci.* 60, 1416-1421.
- Cruywagen, C.W. 1990. Effect of curd forming of colostrum on absorption of immunoglobulin G in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 73, 3287-3290.
- Davies, C.L., Drackley, J.K. 1998. *The development, nutrition, and management of the young calf*. Iowa State Uni. Press, Ames, 339 pp.
- De Laporte, A., Demeersman, M. 1991. Soluble wheat protein in milk replacer for veal calves. In: Metz, J.H.M. & Groenestein, C.M. (eds.). *New Trends in veal calf Production*, EAAP Publ. No. 52, Wageningen, Netherlands: Pudoc, 222-226.
- Diaz-Castaneda, M., Brisson, G.J. 1987. Replacement of skimmed milk with hydrolyzed fish protein and Nixtamel in milk substitutes for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 70, 130-140.
- Edwards, S.A. 1982. Factors affecting time to first suckling in dairy calves. *Animal Production*, 34, 339-346.
- Edwards, S.A., Broom, D.M. 1979. The period between birth and first suckling in dairy calves. *Res. Vet. Sci.* 26:2, 255-256.
- Edwards-Webb, J.D. 1983. Digestive lipolysis in the preruminant calf. The abomasal hydrolysis of butter oil, coconut oil, palm oil and tallow. *J. Sci. Food Agric.* 34, 930-936.
- Fell, B.F., Kay, M., Whitelaw, F.G., and Boyne, R. 1968. Observations on the development of ruminal lesions in calves fed on barley. *Res. Vet. Sci.* 9, 458-466.
- Flatt, W.P., Warner, R.G., Loosli, J.K. 1958. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J. Dairy Sci.* 41, 1593-1600.
- Fleener, W.A., Stott, G.H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 63, 973-977.
- Foldager, J. 1993. *Kalvens fodring og pasning. Noter til kursus i kvægproduktion på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Intern rapport nr. 1/1993 fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, 114 pp.
- Foldager, J., Gildbjerg, L.B., Andersen, H. 1986. Forskellige mælkemængder og fravænningskriterier til spædkalve. *Medd. nr. 615 fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, 4 pp.
- Garnot, P., Toullec, R., Thapon, J.L., Martin, P., Hoang, M.T., Mathieu, C.M., Dumas, B.R. 1977. Influence of age, dietary protein and weaning on calf abomasal enzymic secretion. *J. Dairy Res.* 44, 9-23.
- Godfrey, N.D. 1961. The functional development of the calf. I. Growth of the stomach of the calf. *J. Agr. Sci.* 57, 173-183.
- Gorrill, A.D.L., Thomas, J.W., Stewart, W.E., Morrill, J.L. 1966. Effect of soybean flour on pancreatic enzyme secretion by calves. *Federation Proceedings* 25(2P1), 676.
- Gorrill, A.D.L., Thomas, J.W., Stewart, W.E., Morrill, J.L. 1967. Exocrine pancreatic secretion by calves fed soybean and milk protein diets. *J. Nutr.* 92, 86-&.
- Guilloteau P., Corring T., Toullec R., Robelin J. 1984. Enzyme potentialities of the abomasum and pancreas of the calf. 1. Effect of age in the preruminant. *Reprod. Nutr. Dev.* 24 (3), 315-325.
- Guilloteau, P., Le Huërou-Luron, I., Toullec, R., Chayvialle, J.A., Blum, J.W. 1995. Regulatory peptides in young ruminants. In: Engelhardt, W.v., Leonhard-Marek, S., Breves, G. and Giesecke, D. (eds.). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Chapter 26.

- Habel, R.E. 1975. Ruminant Digestive System. In: Rosenbaum, C.E., Ghoshal, N.G. & Hilmann, D. (eds.). Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals, fifth edition, Volume 1, W.B. Saunders Company, Chapter 29.
- Hamada, T. 1975. Effect of 1,2-propanediol on the rumen mucosal growth of kids. *J. Dairy Sci.* 58:9, 1352-1359.
- Hammon, H.M., Blum, J.W. 1997. Prolonged colostrum feeding enhances xylose absorption in neonatal calves. *J. Anim. Sci.* 75, 2915-2919.
- Hammon, H.M., Blum, J.W. 1998a. Free amino acids in påasma of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or by feeding only milk replacer. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 82, 193-204.
- Hammon, H.M., Blum, J.W. 1998b. Metabolic and endocrines traits of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or only milk replacer. *J. Nutr.* 128, 624-632.
- Hancock, D.D. 1985. Assessing efficiency of passive immune transfer in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68:1, 163-183.
- Hanichen, T., Bettinelli, L., Dirksen, G., Hermanns, W. 1992. Hyperkeratosis and inflammation of forestomach mucosa in young suckler calves as a result of 'ruminal drinking', failure of the reticular groove reflex. *Tierärztliche-Umschau*, 47:8, 623-627.
- Harrison, H.N., Warner, R.G., Sander, E.G., Loosli, J.K. 1960. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed consumption of inert bulk. *J. Dairy Sci.* 43, 1301-1312.
- Herdt, T. 1997. Gastrointestinal Physiology and Metabolism. In: Cunningham, J.G. (ed.), *Textbook of Veterinary Physiology*, second edition, Section IV, W.B. Saunders Company, Philadelphia, Chapter 30.
- Hodgson, J. 1971. The development of solid food intake in calves. 3. The relation between solid food intake and the development of the alimentary tract. *Anim. Prod.* 13, 449-460.
- Hof, G. 1980. An investigation into the extent to which various dietary components, particularly lactose, are related to the incidence of diarrhoea in milk-fed calves. *Mededelingen Landbouw hogeschool Wageningen*, No. 80-10, 134 pp.
- Hofmann, R.R., Schnorr, B. 1982. Die funktionelle Morphologie des Wiederkäuer-Magens. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 170 pp.
- Huber, J.T., Natrajan, S., Polan, C.E. 1968. Varying levels of starch in calf milk replacers. *J. Dairy Sci.* 51, 1081-1084.
- James, R.E., Polan, C.E. 1978. Effect of orally administered duodenal fluid on serum proteins in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 61:10, 1444-1449.
- James, R.E., Polan, C.E., Cummins, K.A. 1981. Influence of administered indigenous microorganisms on uptake of [Iodine-125] γ -Globulin in vivo by intestinal segments of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 64, 52-61.
- Jaster, E.H., McCoy, G.C., Spanski, N.A., Tomkins, T. 1992. Effect of extra energy as fat or milk replacer solids in diets of young dairy calves on growth during cold weather. *J. Dairy Sci.* 75, 2524-2531.
- Jenkins, K.J., Kramer, J.K.G., Sauer, F.D., Emmons, D.B. 1985. Influence of triglycerides and free fatty acids in milk replacers on calf performance, blood plasma, and adipose lipids. *J. Dairy Sci.* 68, 669-680.
- Jenkins, K.J., Mahadevan, S., Emmons, D.B. 1980. Susceptibility of proteins used in calf milk replacers to hydrolysis by various proteolytic-enzymes. *Can. J. Anim. Sci.* 60, 907-914.
- Jensen, P.T. 1978. Trypsin-inhibitor in sow colostrum and its function. *Ann. Rech. Vet.* 9, 225-228.
- Jesse, B.W., Wang, L.-Q., Baldwin, R.L. 1995. Genetic regulation of postnatal sheep rumen metabolic development. In: Engelhardt, W.v., Leonhard-Marek, S., Breves, G. & Giesecke, D. (eds.). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Chapter 25.

- Jochims, K., Kaup, F.J., Drommer, W., Pickel, M. 1994. An immunoelectron microscopic investigation of colostrum IgG absorption across the intestine of newborn calves. *Res. Vet. Sci.* 57, 75-80.
- Komine, Y., Abe, S., Asai, K., Abe, S., Itagaki, M., Watanabe, D., Komine, K., Kumagai, K. 2000. Induction of infectious diarrhoea in newborn calves fed dysplasia colostrum of mother cows suffering from mastitis during dry period. *Anim. Sci. J.* 71:8, J279-J285.
- Kreikemeier, K.K., Harmon, D.L., Peters, J.P., Gross, K.L., Armendariz, C.K., Krehbiel, C.R. 1990. Influence of dietary forage and feed intake on carbohydrase activities and small intestinal morphology of calves. *J. Anim. Sci.* 68, 2916-2929.
- Kristiansen, J.R. 1984. Mælketeknologi I. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Mejeriafdelingen, 133 pp.
- Kruse, V. 1970a. Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition. *Anim. Prod.* 12, 619-626.
- Kruse, V. 1970b. Absorption of immunoglobulin from colostrum in newborn calves. *Anim. Prod.* 12, 627-638.
- Laksesvela, B., Ommundsen, A., Landsverk, T. 1978. Indigestion in Young calves .5. Influence of grass silage and fine hay. *Acta Vet. Scand.* 19, 543-548.
- Larsen, L.E., Pedersen, R.E., Lauridsen B.H., Steffensen, M., Trinderup, M., Jensen, A.M. 2003. Bestemmelse af immunoglobulin IgG-niveau i kalve med henblik på evaluering af råmælksoptagelse. *Dansk Veterinær Tidsskrift*, 22.
- Larson, B.L., Heary, H.L., Devery, J.E. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63, 665-671.
- Lengemann, F.W., Allen, N.N. 1959. Development of rumen function in the dairy calf. II. Effect of diet upon characteristics of the rumen flora and fauna of young calves. *J. Dairy Sci.* 42, 1171-1181.
- Liebold, J. 1978. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. *Anim. Prod.* 20, 93-100.
- Logan, E.F. 1978. Factors influencing the quantity and quality of colostrum in the cow. *Vet. Sci. Comm.* 2, 39-46.
- Logan, E.F., McMurray, C.H., O'Neill, D.G., McParland, P.J., McRory, F.J. 1978. Absorption of colostrum immunoglobulins by the neonatal calf. *Brit. Vet. J.* 134:3, 258-252.
- Logan, E.F., Meneely, D.J., Lindsay, A. 1981. Colostrum and serum immunoglobulin levels in Jersey Cattle. *Brit. Vet. J.* 137, 279-282.
- Logan, E.F., Pearson, G.R. 1978. Distribution of Immunoglobulins in Intestine of Neonatal Calf. *Ann. Rech. Vet.* 9(2), 319-326.
- Luhman, C.M., Miller, B.L., Perry, H.B., Fowler, M.A., DeGregorio, R.M. 1993. The effect of vitamin E addition on calves fed milk replacer. *Abstract. J. Dairy Sci.* 76 (suppl. 1), 220.
- Lyford, S.J. 1988. Growth and development of the ruminant digestive system. In: Church, D.C. (ed.). *The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition*, Prentice Hall, New Jersey, Chapter 3.
- Lykkeaa, J., Ingvarsen, K.L. 1982. Syrnet råmælk og skummetmælk til spædkalve. 448. *Medd. fra Statens Husdyrbrugsforsøg*, 4 pp.
- Madsen, B.M.D. 2002. Changes in bovine mammary gland secretion during transition from colostrum to milk. Master Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University & Danish Institute of Agricultural Sciences, 93 pp.
- Maunsell, F.P., Morin, D.E., Constable, P.D., Hurlley, W.L., McCoy, G.C., Kakoma, I., Isaacson, R.E. 1998. Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 81:5, 1291-1299.
- McGavin, M.D., Morrill, J.L. 1976. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. *Am. J. Vet. Res.* 36, 497-508.
- Merchen, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: Church, D.C. (ed.). *The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition*, Prentice Hall, New Jersey, Chapter 9.

- Miller, W.J., Martin, Y.G., Fowler, P.R. 1969. Effects of addition of fiber to simplified and complex starters fed to young dairy calves. *J. Dairy Sci.* 52, 662-666.
- Molla, A. 1978. Immunoglobulin levels in calves fed colostrum by stomach tube. *Vet. Rec.* 103:17, 377-380
- Moore, J.H., Noble, R.C. 1975. Foetal and neonatal lipid metabolism. In: McDonald, I.W. & Warner, A.C.I. (eds.). *Digestion and Metabolism in the Ruminant*, The University of New England Publishing Unit, 465-480.
- Mylrea, P.J. 1966. Digestion of milk in young calves. i. Flow and acidity of contents of small intestine. *Res. vet. Sci.* 7, 333-&.
- Møller, J., Thøgersen, R.I. Kjeldsen, A.M., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Hvelplund, T., Børsting, C.F. 2000. Fodermiddeltabel. Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Rapport nr 91, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 52 pp.
- Naylor, J.M., Smith, R.A., Roussel, A.J., Constable, P.D. 1999. Oral electrolyte therapy. Fluid and electrolyte therapy. *Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*, 15:3, 487-504.
- Nielsen, L.A.H., Glasius, A., Fogh, A., Skjøth, F. 2002. Dødelighed hos kalve af malkeracekalve. Rapport nr. 102, Dansk Kvæg.
- Nocek, J.E., Braund, D.G., Warner, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, and serum protein. *J. Dairy Sci.* 67, 319-333.
- Norcross, N.L. 1982. Secretion and composition of colostrum and milk. *Review. J. Amer. Vet. Med. Ass.* 181, 1057-1060.
- Olson, D.P., Bull, R.C., Woodard, L.F., Kelley, K.W. 1981. Effects of maternal nutritional restriction and cold stress on young calves: Absorption of colostrum immunoglobulins. *Am. J. Vet. Res.* 42, 876-880.
- Pedersen, A.Ø. 1993. Antigenic effects of soya protein in the preruminant calf. Ph.D.-Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 93 pp.
- Pedersen, H.C.E. 1986. Studies of soybean protein intolerance in the preruminant calf. PhD thesis accepted of the University of Reading, 323 pp.
- Pedersen, R.E. 2003. Udvikling af ny kalvesonde. TraceCompany Aps, info@tracecompany.com, 12 pp.
- Pedersen, R.E., Agerholm, J.S. 2003. Development of an oesophageal tube feeder for use in calves. Abstract at the 36'th Annual Conference of the American Ass. of Bovine Practitioners, Ohio, USA, September 18-20.
- Pedersen, R.E., Paulrud, C.O., Murphey, J., Moore, R., Fuquay, J.W., Tucker, W.B. 1999. Suckling versus oesophageal tube-feeding of colostrum for passive immunization of neonatal dairy calves. In: Pedersen, R.E. & Paulrud, C.O. (eds.). *Passive immunization of dairy calves, principles, practice and experiences*, Master Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 82-87.
- Penhale, W.J., Logan, E.F., Selman, I.E., Fisher, E.W., McEwan, A.D. 1973. Observations on the absorption of colostrum immunoglobulins by the neonatal calf and their significance in colibacillosis. *Ann. Rech. Vet.* 4, 223-233.
- Pineiro, A., Ortega, F., Uriel, J. 1975. Trypsin inhibitor from cow colostrum. Isolation, electrophoretic characterization and immunologic properties. *Biochimica et Biophysica Acta*, 379:1, 201-206.
- Preston, T.R., Whitelaw, F.G., Macdearmid, A., Macleod, N. A., Charleson, E.B., 1961. Preliminary experiments with roughage-free diet for beef cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 20:xlII-xliii.
- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., Hancock, D.D. 1991. Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74, 2336-2341.
- Quigley, J.D. 1996. Prediction of calf starter intake in dairy calves fed milk replacer and starter, Abstract. *J. Dairy Sci.* 74 (Suppl. 1), 43.
- Raven, A.M. 1970. Fat in milk replacers for calves. *J. Sci. Food Agric.* 21, 352-359.

- Rea, D.E., Tyler, J.W., Hancock, D.D., Besser, T.E., Wilson, L., Krytenberg, D.S., Sanders, S.G. 1996. Prediction of calf mortality by use of tests for passive transfer of colostral immunoglobulin. *JAVMA*. 208, 2047-2049.
- Reddy, P.G., Morrill, J.L., Frey, R.A. 1987. Vitamin E requirements of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 70, 123-129.
- Reiter, B. 1978. Review of nonspecific antimicrobial factors in colostrum. *Ann. Rec. Vet.* 9, 205-224.
- Roy, J.H.B. 1970a. *The Calf. Management and Feeding*. Volume 1, 3rd Edition, Iliffe Books, 183 pp.
- Roy, J.H.B. 1970b. *The Calf. Nutrition and Health*. Volume 2, 3rd Edition, Iliffe Books, 164 pp.
- Roy, J.H.B. 1980. *The Calf. Studies in the Agricultural and Food Sciences*. 4th Edition, Butterworths, 442 pp.
- Roy, J.H.B. 1990. *The Calf. Management and Health*. Volume 1, 5th Edition, Butterworths, 258 pp.
- Roy, J.H.B., Stobo, I.J.F., Ganderton, P., Shotton, S.M. 1973. The production of beef from pre-ruminant Friesian steers. *Anim. Prod.* 16:3, 215-222.
- Salih, Y., McDowell, L.R., Hentges, J.F., Mason, R.M., Jr., Wilcox, C.J. 1987. Mineral content of milk, colostrum and serum as affected by physiological state and mineral supplementation. *J. Dairy Sci.* 70, 608-612.
- Sander, E.G., Warner, R.G., Harrison, H.N., Loosli, J.K. 1959. The Stimulatory Effect of Sodium Butyrate and Sodium Propionate on the Development of Rumen Mucosa in the Young Calf. *J. Dairy Sci.* 42:2, 1600-1605.
- Sasaki, Y. 1969. Development of mixed saliva secretion in young calves. *Nutrition Abstracts and Reviews* 39, 1140.
- Schmidt, F.W., Kim, J.W., Derenbach, J., Langholz, H.J. 1982. Colostral immunity and growth performance of suckled calves. *Tierärztliche Umschau*, 37:7, 485-486.
- Schwarz, M. 1987. Morphologische untersuchungen zur fütterungsabhängigen regression und proliferation der pansenschleimhaut. Inaugural-Dissertation, Institut für Tieranatomie und der II. Medizinischen Tierklinik, der Tierärztlichen Fakultät der Universität München, 93 pp.
- Scibilia, L.S., Muller, L.D., Kensinger, R.S., Sweeney, T.F., Shellenberger, P.R. 1987. Effect of environmental temperature and dietary fat on growth and physiological responses of newborn calves. *J. Dairy Sci.* 70, 1426-1433.
- Siddons, R.C., Smith, R.H., Henscel, M.J., Hill, W.B., Porter, J.W.G. 1969. Carbohydrate utilization in the pre-ruminant calf. *Brit. J. Nutr.* 23, 333-341.
- Sissons, J.W. 1981. Digestive enzymes of cattle. *J. Sci. Food Agr.* 32, 105-114.
- Skrøevseth, O.I., Matre, T. 1981. Experiments with sour colostrum for young calves. *Meldinger fra Norges Landbrukshoegskole*, 60:3, 12 pp.
- Souba, W.W. 1991. Glutamine: A key substrate for the splanchnic bed. *Ann. Rev. Nutr.* 11, 285-308.
- Stobo, I.J.F. 1983. Milk replacers for calves. In: *Recent Advances in Anim. Nutr.* 113-140. London, Butterworths.
- Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B., Gaston, H.J. 1966. Rumen development in calf. 1. Effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. *Brit. J. Nutr.* 20, 171-188.
- Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B., Gaston, H.J. 1967a. Protein requirement of ruminant calf. 1. Effect of protein content of concentrate mixture on performance of calves weaned at an early age. *Anim. Prod.* 9, 7-&.
- Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B., Gaston, H.J. 1967b. Protein requirement of ruminant calf. 2. Further studies on effect of protein content of concentrate mixture on performance of calves weaned at an early age. *Anim. Prod.* 9, 23-&.
- Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B., Gaston, H.J., 1967c. Protein requirement of ruminant calf. 3. Ability of calf weaned at 5 weeks of age to utilise urea given as a supplement to a low-protein concentrate. *Anim. Prod.* 9, 155-&.

- Stott, G.H., Fleenor, W.A., Kleese, W.C. 1981. Colostral immunoglobulin concentration in two fractions of first milking post partum and five additional milkings. *J. Dairy Sci.* 64, 459-465.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979a. Colostral immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption. *J. Dairy Sci.* 62, 1632-1638.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979b. Colostral immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption. *J. Dairy Sci.* 62, 1766-1773.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979c. Colostral immunoglobulin transfer in calves III. Amount of absorption. *J. Dairy Sci.* 62, 1902-1907.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E., Nightengale, G.T. 1979d. Colostral immunoglobulin transfer in calves IV. Effect of suckling. *J. Dairy Sci.* 62, 1908-1913.
- Strudsholm, F. 1986. Studier over spædkalvens proteinfordøjelse, specielt med henblik på betydningen af koagledannelse i løben for mælkeerstatningers kvalitet. Licentiaatafhandling, Husdyrbrugsinstituttet, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 98 pp.
- Strudsholm, F. 1988. The effect of curd formation in the abomasum on the digestion of milk replacers in preruminant calves. *Acta Agric. Scand.* 38, 321-327.
- Strudsholm, F., Lykkeaa, J. 1988. Observations at slaughter in the gastrointestinal tract from preruminant calves. *Acta Agric. Scand.* 38, 321-327.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T., Østergaard, S. 1999. Danske Fodernormer til Kvæg. Rapport nr. 84, Landsudvalget for Kvæg, Skejby, Denmark, 47 pp.
- Swanson, E.W., Harris Jr., J.D. 1958. Development of rumination in the young calf. *J. Dairy Sci.* 41, 1768-1776.
- Takahashi, N., Eisenhuth, G., Lee, I., Laible, N., Binion, S., Schachtele, C. 1992. Immunoglobulins in milk from cows immunized with oral strains of *Actinomyces*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, and *Fysobacterium*. *J. Dent. Res.* 71, 1509-1515.
- Tamate, H., McGilliard, A.D., Jacobson, N.L., Getty, R. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45, 408-420.
- Ternouth, J.H., Buttle, H.L. 1973. Concurrent studies on the flow of digesta in the duodenum and of exocrine pancreatic secretion of calves. The collection of the exocrine pancreatic secretion from a duodenal cannula. *Brit. J. Nutr.* 29, 387-397
- Ternouth, J.H., Roy, J.H.B. 1978. Concurrent studies of the flow of digesta in the duodenum and of exocrine pancreatic secretion in calves. 6. The effect of feeding warm or cold milk by bucket or teat. *Brit. J. Nutr.* 40, 553-561.
- Ternouth, J.H., Roy, J.H.B., Shotton, S.M. 1976. Concurrent studies of the flow of digesta in the duodenum and of exocrine pancreatic secretion of calves. 4. The effect of age. *Brit. J. Nutr.* 36, 523-535.
- Ternouth, J.H., Roy, J.H.B., Thompson, S.Y., Tothill, J., Gillies, C.M., Edwards-Webb, J.D. 1975. Concurrent studies of the flow of digesta in the duodenum and of exocrine pancreatic secretion of calves. 3. Further studies on the addition of fat to skim milk and the use of non-milk proteins in milk-substitute diets. *Brit. J. Nutr.* 33, 181-196.
- Terui, H., Morrill, J.L., Higgans, J.J. 1996. Evaluation of wheat gluten in milk replacers and calf starters. *J. Dairy Sci.* 79, 1261-1266.
- Thivend, P., Toullec, R., Guilloteau, P. 1980. Digestive adaptation in the preruminant. In: Ruckebusch, Y. & Thivend, P. (eds.). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, MTP Press Limited, England Chapter 27.
- Titchen, D.A., Newhook, J.C. 1975. Physiological aspects of sucking and the passage of milk through the ruminant stomach. In: McDonald, I.W. & Warner, A.C.I. (eds.). *Digestion and metabolism in the ruminant*, The University of New England Publishing Unit, 15-29
- Tizard, I.R. 1996. *Veterinary Immunology, An introduction*. W.B. Saunders Company, Pennsylvania, 531 pp.
- Tomkins, T., Jaster, E.H. 1991. Preruminant calf nutrition. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Prac.* 7, 557-576.

- Toullec, R., Guilloteau, P. 1989. Research into the digestive physiology of the milk-fed calf. In: Weerden, E.J.van, & Huisman, J. (eds.). Nutrition and digestive physiology in monogastric farm animals, 37-55.
- Toullec, R., Theriez, M., Thivend, P. 1980. Milk replacers for calves and lambs. *World Anim. Rev.* 33, 32-42.
- Trotta, A.P., Kesler, E.M., Hargrove, G.L. 1984. Percent and solubility of protein in complete feeds for holstein calves to age 12 weeks. *J. Dairy Sci.* 67, 2560-2565.
- Tyler, J.W., Besser, T.E., Wilson, L., Hancock, D.D., Sanders, S., Rea, D.E. 1996a. Evaluation of a whole blood glutaraldehyde coagulation test for the detection of failure of passive transfer in calves. *J. Vet. Internal Med.* 10:2, 82-84.
- Tyler, J.W., Hancock, D.D., Parish, S.M., Rea, D.E., Besser, T.E., Sanders, S.G., Wilson, L.K. 1996b. Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves. *J. Vet. Internal. Med.* 10:5, 304-307.
- Tyler, J.W., Hancock, D.D., Wiksie, S.E., Holler S.L., Gay, J.M., Gay, C.C. 1998. Use of serum protein concentration to predict mortality in mixed-source dairy replacement heifers. *J. Vet. Internal. Med.*, 12:2, 79-83.
- Tyler, J.W., Lakritz, J., Hostetler, D.E., Douglas, V., Weaver, D.M., Steevens, B.J., Holle, J., Denbigh, J. 2000. Effect of pasteurization at 76 and 63°C on the absorption of colostrum IgG in calves. *J. Dairy Res.* 67, 619-623.
- Volovenko, M.A. 1974. Trypsin inhibitor in cows' colostrum and its role in assimilation of immunoglobulins by newborn calves. *Visnik-Sil's'-kogospodars'koi-Nauki*, 3:96-98, 124-&.
- Wardrop, I.D., Coombe, J.B. 1960. *J. Agr. Sci.* 54, 140-&.
- Warner, R.D., Flatt, W.P., Loosli, J.K. 1956. *J. Agr. Food Chem.* 4, 788-&.
- White, D.G., Andrews, A.H. 1986. Adequate concentration of circulating colostrum proteins for market calves. *Vet. Rec.* 119:5, 112-113.
- Williams, P.E.V., Frost, A.I. 1992. Feeding the young ruminant. In: Varley, M.A., Williams, P.E.V. and Lawrence, T.L.J. (eds.). *Neonatal Survival and Growth*, Occasional Publ. No. 15, Edingburgh, UK: Brit. Soc. Anim. Prod. 109-118.
- Wise, G.H., Anderson, G.W., Linnerud, A.C. 1984. Relationship of milk intake by sucking and by drinking to reticular-groove reactions and ingestion behavior in calves. *J. Dairy Sci.* 67:9, 1983-1992.
- Zaremba, W. 1983. Feeding technique and its importance for the health of newborn calves with reference to diarrhoea. *Praktische Tierarzt*, 64:11, 977-992
- Zitnan, R., Voigt, J., Schönhusen, U., Wegner, J., Kokardova, M., Hagemester, H., Levkut, M., Kuhla, S., Sommer, A. 1998. Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Arch. Anim. Nutr.* 51, 279-291.

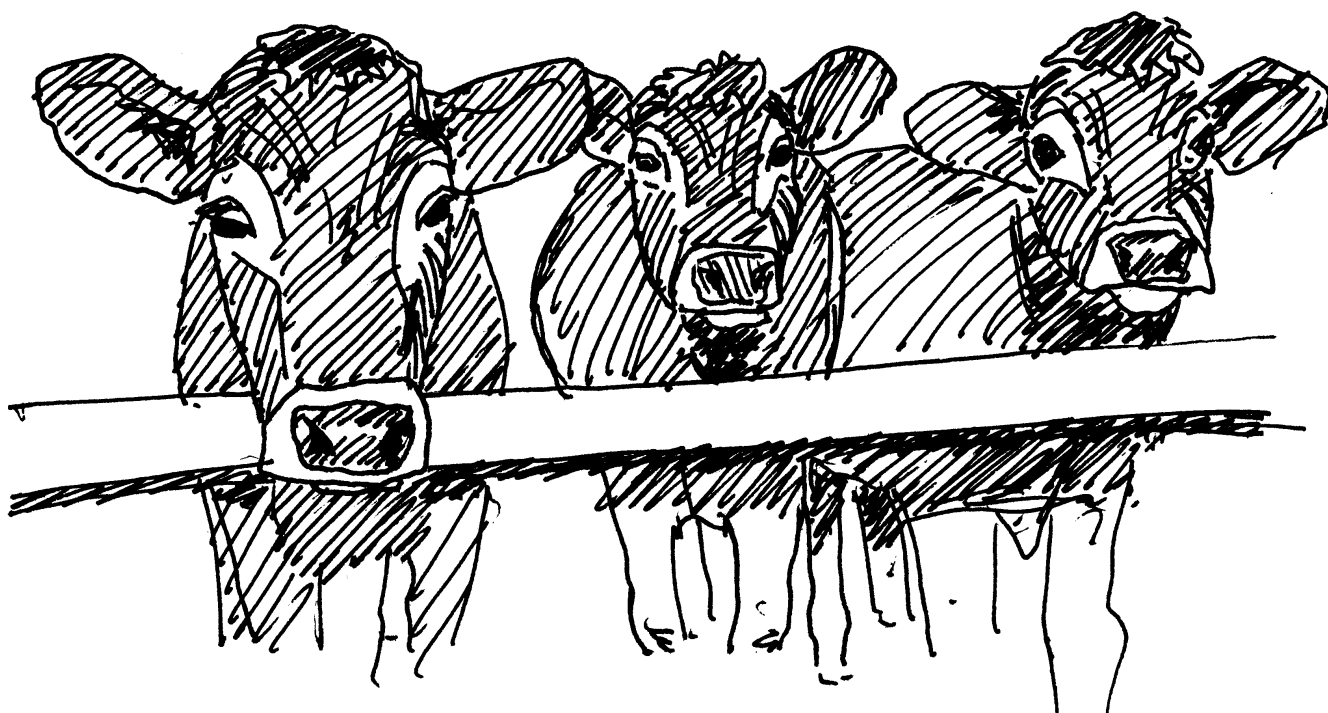
Betydning af foderniveau og kælvningsalder for kviers ydelseskapa- citet

3

af Kristen Sejrsen ¹⁾ og John Foldager ²⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi og

²⁾ Afd. for Mark- og Stalldrif, Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

3.1 Indledning

Omkostningerne til opdrætning af kvier udgør en stor post i malkekvægholdet. En reduktion af disse omkostninger vil derfor – alt andet lige – bidrage positivt til det samlede økonomiske resultat. Da udgifterne til foder udgør en stor andel af de samlede omkostninger, vil en minimering af foderforbruget bidrage positivt til det økonomiske resultat. Det samlede foderforbrug afhænger dels af den daglige fodertildeling, dels af alderen ved første kælvning. Foderforbruget kan derfor – i teorien – nedbringes både ved at reducere foderniveauet og ved at reducere alderen ved første kælvning.

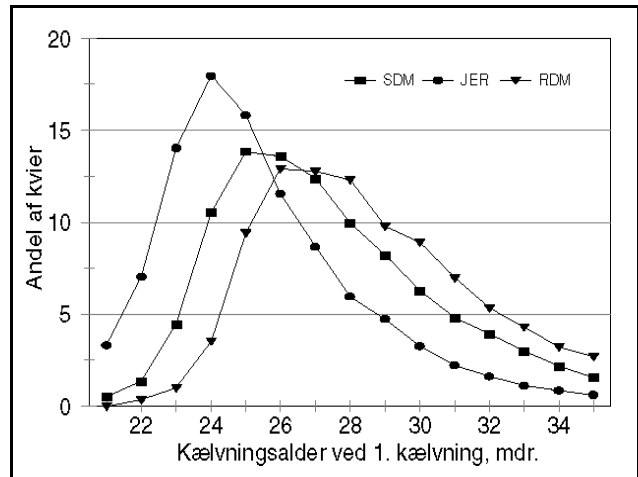
Valg af foderniveau og kælvningsalder kan imidlertid ikke foretages alene ud fra ønsket om at minimere omkostningerne. Både foderstyrke og kælvningsalder har nemlig betydning for kviers produktionskapacitet som ko. Betydningen af en given ændring i foderniveau og kælvningsalder må derfor omfatte en vurdering af konsekvenserne for kvierens ydelseskapalet som køer.

Det er formålet med dette kapitel at beskrive det forsøgsmæssige grundlag for de danske anbefalinger vedrørende foderniveau og kælvningsalder hos kvier. De praktiske anbefalinger er beskrevet i kapitel 4, og den fysiologiske baggrund for fodringens indflydelse på køernes ydelseskapalet er gennemgået i kapitel 16, bind 1.

3.2 Kan alderen ved første kælvning reduceres?

En nedsættelse af alderen ved første kælvning er den mest nærliggende metode til at reducere opdrætningsomkostningerne. I de fleste malkekvægspopulationer er den gennemsnitlige kælvningsalder mellem 24 og 30 måneder. Det gælder også de danske. For de store racer er den gennemsnitlige al-

der ved første kælvning mellem 27 og 28 måneder. Jerseykvier er 25 og 26 gamle måneder i gennemsnit (Fogh, 2002). Disse gennemsnit, der ikke har ændret sig væsentligt over årene, dækker over en meget stor variation (Figur 3.1). Således er en stor andel af kvierne af de store racer over 30 måneder gamle, når de kælver første gang.

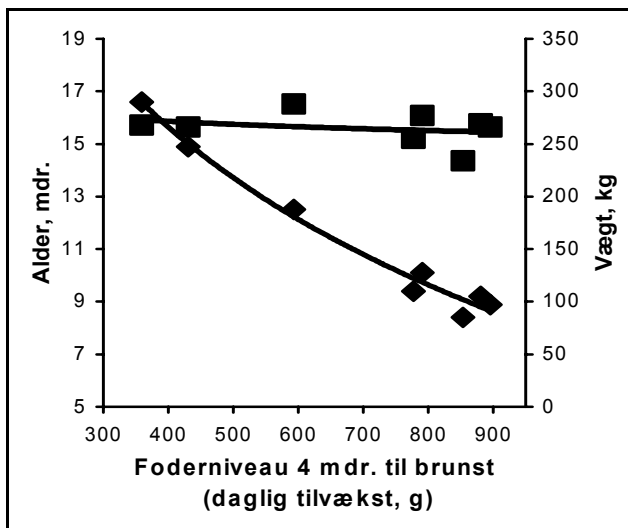


Figur 3.1 Variation i alder ved første kælvning i praksis (Fogh et al., 2002).

Hvor meget, det er muligt at nedsætte kælvningsalderen, er naturligt begrænset af tidspunktet for kønsmodenhedens indtræden. Normalt fodrede danske kvier viser sædvanligvis første brunst, når de er 9 til 11 måneder gamle og vejer mellem 250 og 300 kg. Der er dog en stor variation i både alder og vægt ved første brunst både inden for og mellem racer. I de danske forsøg med SDM og RDM er første brunst observeret allerede i 5 til 6 måneders alderen samtidig med, at der i de samme forsøg har været kvier, der ikke fik brunst, før de var 18 til 20 måneder gamle (Foldager et al., 1988). Vægten ved første brunst varierede fra 150 til 400 kg, dog således at mindre end 5 % af kvierne havde første brunst under 200 kg legemsvægt, og mindre en 10 % havde første brunst efter 300 kg. For Jersey er den gen-

nemsnitlige alder ved første brunst den samme som for de store racer, men den gennemsnitlige vægt er mellem 170 og 190 kg.

Den væsentligste årsag til variation i alderen ved første brunst inden for race er fodringsintensiteten. Den gennemsnitlige vægt ved første brunst er derimod stort set uafhængig af foderniveauet. Sammenhængen mellem fodringsintensiteten og den gennemsnitlige alder og vægt ved første brunst er illustreret i Figur 3.2, der viser resultaterne fra et af de danske forsøg (Foldager et al., 1988). En forøgelse af fodringsintensiteten, der øgede de gennemsnitlige daglige tilvækster fra 400 til 850 g pr. dag, medførte en reduktion i alderen ved første brunst fra 16,6 til 8,4 måneder samtidig med, at vægten ved første brunst (260-270 kg) stort set var upåvirket af fodringsintensiteten. En yderligere forøgelse af fodringsintensiteten vil nedsætte alderen ved første brunst yderligere.

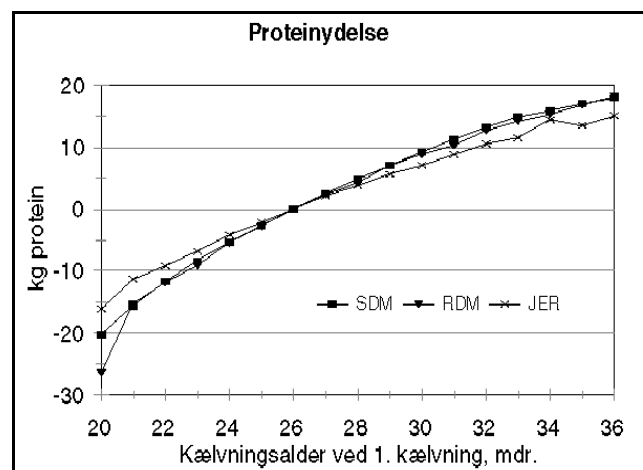


Figur 3.2 Effekt af foderniveau (angivet som den observerede gennemsnitlige daglige tilvækst) på alder og vægt ved første brunst (modificeret efter Foldager et al., 1988).

Det er vigtigt at understrege, at det er den gennemsnitlige alder og vægt, der er vist. Der vil stadig være stor genetisk betinget variation i både alder og vægt blandt dyr fodret på samme fodringsintensitet, men hvis fodringsintensiteten er tilstrækkelig høj, er det muligt at reducere den gennemsnitlige kælvningsalder meget væsentligt – helt ned til under 20 måneder.

3.3 Mælkeydelsen i relation til alder ved første kælvning

Opgørelser over sammenhængen mellem alderen ved første kælvning og mælkeydelsen i første laktation viser konsekvent, at ydelsen stiger med stigende alder. Dette gælder også den seneste opgørelse fra Dansk Kvæg, som viser, at mælkeydelsen i første laktation hos kvier, der kælder 30 måneder gamle, er knap 400 kg højere end hos kvier, der er 24 måneder gamle ved første kælvning (Fogh, 2002). Hos Jersey producerer kvier, der er 28 måneder gamle, når de kælder første gang, 300 kg mere mælk end kvier, der er 22 måneder gamle ved første kælvning. Figur 3.3 viser alderens indflydelse på proteinydelsen.



Figur 3.3 Alderens indflydelse på proteinydelse (Fogh, 2002).

Årsagen til den stigende ydelse med stigende alder ved kælvning er sandsynligvis, at de senere kælvende kvier er større og mere udviklede end de tidligt kælvende. I praksis fodres alle kvier i en besætning nemlig som oftest efter samme plan. Det indebærer, at de tidligt og de sent kælvende kvier har samme vækstforløb, og at de senest kælvende kvier har den største vægt ved kælvning. Det er derfor ikke muligt at afgøre, om forskellen i ydelsen mellem de tidligt og de sent kælvende kvier skyldes forskellen i alder eller forskellen i vægten ved kælvning, men undersøgelser baseret på afkomsprøvedata har vist, at ydelsen i første laktation er tættere korreleret til vægten ved kælvning end alderen (Nielsen, 1962). Dette indikerer, at den større vægt ved kælvning er den mest sandsynlige forklaring på, at ydelsen stiger med stigende alder.

Mulige årsager til vægtens positive betydning for ydelsen kan tænkes at være, at de store kvier har færre kælvningsproblemer,

større kropsreserver og større foderoptagelseskapacitet end de små. Det forhold, at dyr med høj genetisk ydelsespotentiale har større vækstkapacitet end dyr med lavere potentiale, bidrager også til den positive sammenhæng mellem vægt og ydelse (se afsnit 3.8). En yderligere forklaring kunne være, at de væv og organer, der bidrager til mælkeydelsen, er mere udviklede hos de sent kælvende kvier.

Den generelle sammenhæng mellem alder og ydelse er også bekræftet i kontrollerede forsøg med kvier på samme fodringsintensitet (Schwark & Lipmann, 1971; Witt et al., 1971). Dog var alderens indflydelse tilsyneladende mindre i forsøgene end i praksis, og mælkeydelsen var helt upåvirket af en sænkning af kælvningsalderen fra 30 til 24 måneder i et dansk forsøg (Tabel 3.1) (Larsen et al., 1982). I dette forsøg var fodringsintensiteten hos de tidligt kælvende kvier forøget med henblik på at opnå den samme vægt ved kælvning som de sent kælvende kvier.

Tabel 3.1 Effekt af alder ved første kælvning på mælkeydelsen i første og anden laktation hos køer opdrættet til samme vægt ved første kælvning (Larsen et al., 1982)

Alder ved første kælvning, mdr.	Kælvningsalder	
	30,2	24,3
Daglig tilvækst 150-300 kg, g	613	725
Daglig tilvækst til dagen efter kælvning, g ¹⁾	527	605
Vægt efter første kælvning, kg	516	474
Mælkeydelse i 1. laktation, kg	4453	4738
Mælkeydelse i 2. laktation, kg	5120	5577
Mælkeydelse i 3. laktation, kg	4916	4997

¹⁾ Tilvækst eksklusiv fostertilvækst.

Dette forsøg understøtter derfor hypotesen om, at vægten ved kælvning har større betydning for mælkeydelsen end kælvningsalderen, og at den lavere ydelse hos tidligt kælvende først og fremmest skyldes deres lavere vægt ved kælvning. Efterfølgende forsøg med RDM og Jersey viste imidlertid, at en reduktion af kælvningsalderen til 20-21 måneder resulterede i en meget drastisk reduktion af ydelsen i første laktation, selv om de tidligt kælvende kvier blev fodret med henblik på at opnå samme vægt ved kælvning som de sent kælvende (Tabel 3.2 og Tabel 3.3) (Sejrsen et al., 1976; Ingvartsen et al., 1988). Tilsvarende resultater blev fundet i forsøg gennemført i England, USA og Sverige (Little & Kay, 1979; Gardner et

al., 1977; Brännäng & Lindkvist, 1978). Resultaterne af disse forsøg viste således, at ydelsesnedgangen ved sænkning af kælvningsalderen til 20-21 måneder ikke kan elimineres ved at sikre samme vægt ved kælvning via en forøgelse af fodringsintensiteten i opdrætningsperioden. Faktisk medførte en forøgelse af fodringsintensiteten, at ydelsesnedgangen blev endnu større.

Man må derfor kalkulere med en vis nedgang i ydelsen, hvis man planlægger at reducere opdrætningsomkostningerne ved at sænke kælvningsalderen væsentlig under 24 måneder. En eventuel negativ effekt på kælvningsforløbet skal også tages i betragtning.

Tabel 3.2 Effekt af nedsat kælvningsalder på ydelsen i første laktation hos køer opdrættet til samme vægt ved første kælvning (Sejrsen et al., 1976)

Alder ved første kælvning, mdr.	Kælvningsalder	
	30,1	20,8
Daglig tilvækst fra 150 til 300 kg	752	965
Daglig tilvækst til dagen efter kælvning, g ¹⁾	569	726
Vægt efter første kælvning, kg	606	525
Mælkeydelse i 1. laktation, kg 4 % mælk	4925	3858
Mælkeydelse i 2. laktation, kg 4 % mælk	4993	4353

¹⁾ Tilvækst eksklusiv fostertilvækst.

Tabel 3.3 Effekt af nedsat kælvningsalder på ydelsen i første laktation hos køer opdrættet til samme vægt ved første kælvning (Ingvartsen et al., 1978)

Alder ved første kælvning, mdr.	Kælvningsalder	
	19,8	27,1
Daglig tilvækst fra 100 til 200 kg	665	525
Daglig tilvækst til dagen efter kælvning, g ¹⁾	545	459
Vægt efter første kælvning, kg	380	321
Mælkeydelse i 1. laktation, kg 4 % mælk	3966	5566

¹⁾ Tilvækst eksklusiv fostertilvækst.

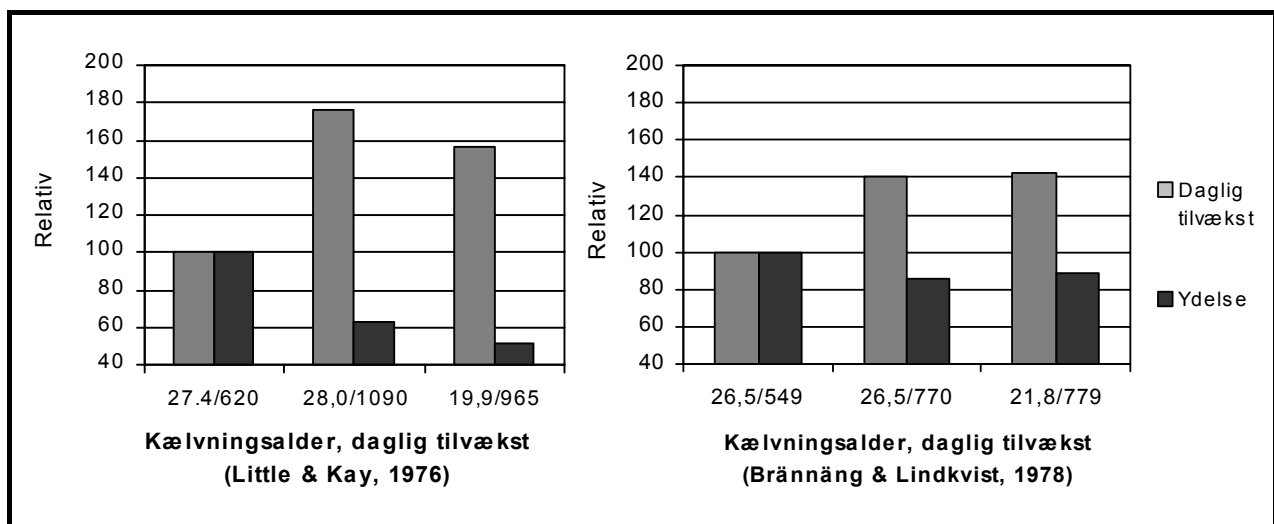
3.4 Fodringsintensitetens indflydelse på ydelsen

Som nævnt var den observerede nedgang i ydelsen ved nedsættelse af kælvningsalderen i de foran omtalte forsøg meget større end forventet, når fodringsintensiteten var forøget for at opnå samme vægt ved kælvning. Det antyder, at den forøgede fodringsintensitet havde en negativ effekt på ydelsen. Denne konklusion understøttes af resultaterne af det engelske (Little & Kay, 1979) og det svenske forsøg (Brännäng & Lindkvist, 1978), som var planlagt, så det er muligt at adskille effekten af fodringsintensitet fra effekten af kælvningsalderen (Figur 3.4). Fodringsintensitetens negative betydning for kviernes ydelseskapa-citet er også vist i adskillige ældre forsøg (Herman & Ragsdale, 1946; Eskedal & Klausen, 1958; Swanson, 1960; Hansson et al., 1967).

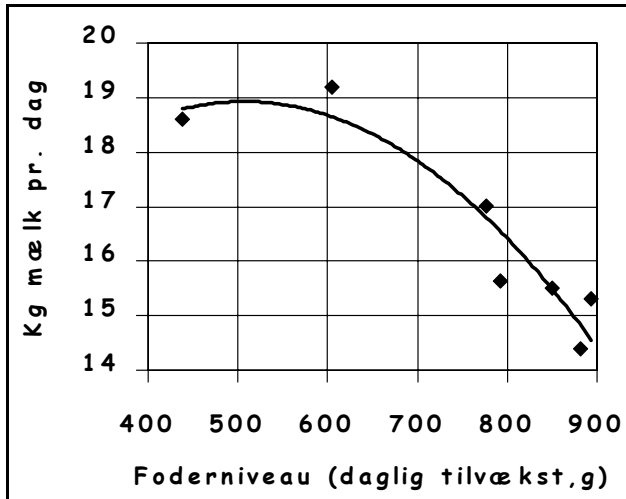
Et dansk forsøg gennemført i 1970'erne (Foldager & Sejrsen, 1978; Foldager & Sejrsen, 1991) bekræftede, at kvier på mo-

derat fodringsintensitet (daglig tilvækst 600-700 g) har højere ydelseskapa-citet end stærkt fodrede kvier (daglig tilvækst 900-1000 g). Forsøget viste imidlertid også, at svagt fodrede kvier (daglig tilvækst 400-500 g) har lavere ydelse end kvier fodret på moderat foderniveau. Resultaterne antyder således en kurvelineær sammenhæng mellem fodringsintensiteten og kviernes ydelseskapa-citet (Figur 3.5).

En sammenligning af laktationskurverne for kvierne opdrættet på svag, moderat og stærk fodringsintensitet tyder på, at årsagen til den lavere ydelse hos de svagt og de stærkt fodrede kvier er forskellig (Foldager & Sejrsen, 1978). Ydelsen hos de svagt fodrede kvier var kun reduceret i starten af laktationen – sandsynligvis som følge af lav foderoptagelse, små kropsreserver og stort vækstbehov. Hos de stærkt fodrede kvier var ydelsen reduceret i hele laktationsperioden i overensstemmelse med en reduktion i ydelsespotentialet – sandsynligvis som følge af en reduceret yverudvikling (se kapitel 16, bind 1).



Figur 3.4 Relative effekt af alder og vægt for fodringsintensitetens indflydelse på mælkeydelsen (Little & Kay, 1979; Brännäng & Lindkvist, 1978).

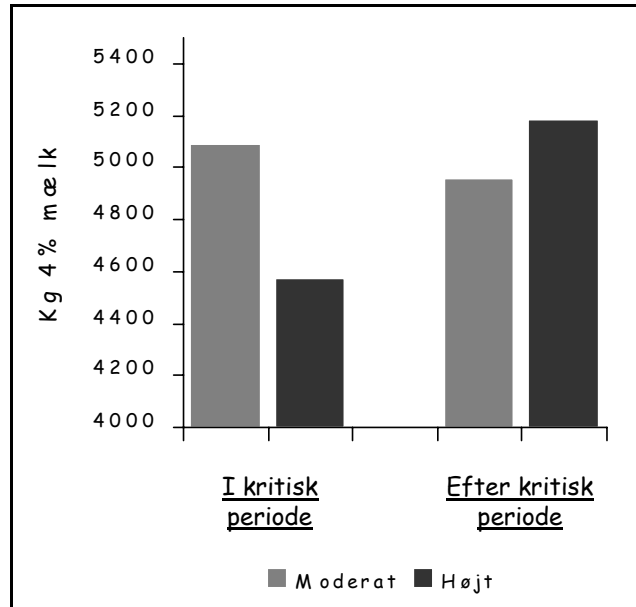


Figur 3.5 Effekt af foderniveau i hele opdrætningsperioden på den senere ydelse (Foldager & Sejrsen, 1991).

3.5 Betydningen af fodringsintensiteten i forskellige stadier af opvæksten

Den kritiske periode

I de forannævnte forsøg var de forskellige fodringsintensiteter opretholdt gennem hele opdrætningsperioden. Det var derfor ikke muligt at afgøre, om den negative effekt af høj fodringsintensitet på den senere ydelse var knyttet til et specielt afsnit af opdrætningsperioden. Sejrsen (1978) foreslog på basis af en gennemgang af litteraturen, analyser af danske forsøgsresultater og en gennemgang af en mulig sammenhæng mellem fodringsintensitet og yverudvikling, at den mest logiske baggrund for ydelsesnedgangen ville være en negativ effekt af højt foderniveau på yverudviklingen i en *kritisk periode* før første brunst. Yveret gennemgår nemlig i denne periode en hurtig vækstfase i forbindelse med puberteten (se kapitel 16, bind 1). Den opstillede hypotese blev først understøttet af en undersøgelse af fodringsintensitetens indflydelse på yverudviklingen før og efter kønsmodenhedens indtræden (Sejrsen et al., 1982) og senere verificeret i produktionsforsøg med både RDM, SDM (Figur 3.6) (Foldager & Sejrsen, 1991) og Jersey (Ingvarsten et al., 1988).



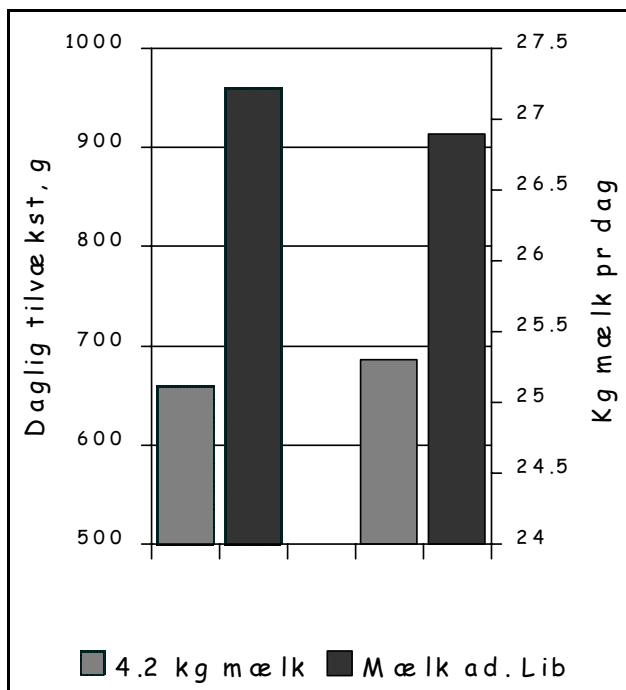
Figur 3.6 Effekt af foderniveau før og efter første brunst på kviernes mælkeydelse i første laktation (Foldager & Sejrsen, 1991).

Det er vanskeligt helt at afgøre, hvornår den kritiske periode begynder og slutter, men det bedste bud ud fra de gennemførte forsøg er, at den kritiske periode begynder ved 3 måneders alderen og slutter ved 12 måneder hos moderat fodrede kvier. Det falder sammen med den periode, hvor mælkekirtlerne udviser allometrisk vækst. At væksten er allometrisk vil sige, at den relative væksthastighed er større end væksthastigheden af resten af kroppen. Hos moderat fodrede kvier svarer dette aldersinterval til ca. 100-300 kg legemsvægt.

Det er vigtigt at være klar over, at disse generelle konklusioner relaterer til gennemsnittet af en gruppe. Der kan sagtens være kvier, hvor den kritiske periode slutter både tidligere og senere på grund af den generelle variation i alderen ved første brunst (se foran).

Kalveperioden

Umiddelbart skulle man ikke forvente, at perioden før den kritiske periode ville være af betydning for den senere mælkeydelse. Foldager & Krohn (1991) observerede imidlertid, at kalve, der fik adgang til at die moderen i perioden efter fødslen, ydede 3,1 kg mælk mere pr. dag i første laktation end normalt fodrede kalve. På grund af det lave antal dyr i denne undersøgelse var forskellen dog ikke statistisk signifikant. Resultatet er imidlertid bakket op i senere undersøgelser af Foldager et al. (1997) (Figur 3.7) og af Bar-Peled et al. (1997), men en foreløbig opgørelse af de seneste data fra DJF støtter ikke de tidligere resultater.



Figur 3.7 Effekt af foderniveau i kalveperioden (Foldager & Krohn, 1997).

Det er ikke umiddelbart klart, hvad der skulle være den biologiske baggrund for en positiv effekt på ydelsen, men Brown et al. (2002) fandt en positiv effekt på yverudviklingen af øget tildeling af energi og protein fra 2 til 8 ugers alderen (daglig tilvækst 379

vs. 666 g). Vi fandt derimod ingen signifikant positiv effekt på yverudviklingen af øget mælktildeling (daglig tilvækst 632 vs. 883 g) i kalveperioden op til 6 ugers alderen (Sejrsen et al., 1998).

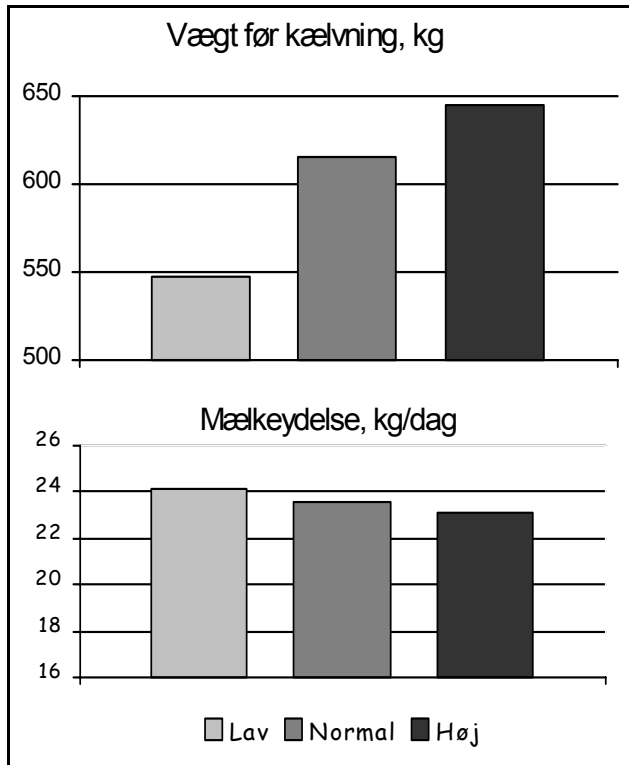
På baggrund af de foreliggende data er det således usikkert, om en øget fodertildeling i kalveperioden slår positivt igennem på kalvenes senere ydelse, men på den anden side er der heller ikke noget der tyder på en uheldig virkning af en forøgelse af tilvæksten i kalveperioden.

Drægtighedsperioden

Betydningen af foderniveauet i drægtighedsperioden er undersøgt i en lang række forsøg. I det foran omtalte forsøg til belysning af effekten af foderniveauet før og efter kønsmodenhedens indtræden (Foldager & Sejrsen, 1991) viste resultaterne, at en forøgelse af foderniveauet fra svag til moderat (400 vs. 600 tilvækst g/dag) i perioden fra 300 kg til 3 måneder før kælvning medførte en mindre forøgelse af ydelsen. Derimod var der ingen positiv effekt af at øge foderniveauet fra moderat til stærk (600 vs. 900 g tilvækst/dag). Ingvarsen et al. (1995) fandt, at en forøgelse af foderniveauet 24 måneder før kælvning medførte en forøgelse af vægten ved kælvning på næsten 100 kg, uden at ydelsen var forøget (Figur 3.8). Lacasse et al. (1993) fandt heller ingen effekt af foderniveauet i drægtighedsperioden på mælkeydelsen i første laktation. Foldager & Ingvarsen (1995) rapporterede et forsøg til belysning af betydningen af foderniveauet de sidste 12 uger før kælvning. Mælkeydelsen var ikke forøget, men der var en svag forøgelse af mælkenes fedtindhold hos kvierne på det højeste foderniveau.

Konklusionen på undersøgelserne til belysning af betydning af foderniveauet i drægtighedsperioden er således, at ydelsen er upåvirket af selv store ændringer i foderni-

veauet. Selv en forøgelse af vægten ved kælvning på 100 kg er uden betydning for ydelsen i første laktation. Det vigtigste hensyn at tage er derfor at sikre, at kvier er i tilpas huld ved kælvningen ud fra hensynet til risikoen for kælvningsbesvær og andre problemer knyttet til den tidlige laktationsperiode (se kapitel 13).



Figur 3.8 Effekt af foderniveau i drægtighedsperioden (Ingvarsen og Foldager, 1995).

3.6 Anvendelse af den gennemsnitlige daglige tilvækst som udtryk for fodringsintensiteten

Anvendelse af betegnelserne høj/stærk, moderat/normal eller lav/svag som udtryk for den anvendte fodringsintensitet er meget uspecifik. I de forskellige undersøgelser refererer betegnelserne som oftest kun til forskelle i foderniveauet inden for forsøg. Det, der betegnes som høj fodringsintensitet i et forsøg, kan derfor let være det samme, som

betegnes som lavt i et andet. Til tider refererer betegnelserne til den på det givne tidspunkt gældende fodernorm i et givet land.

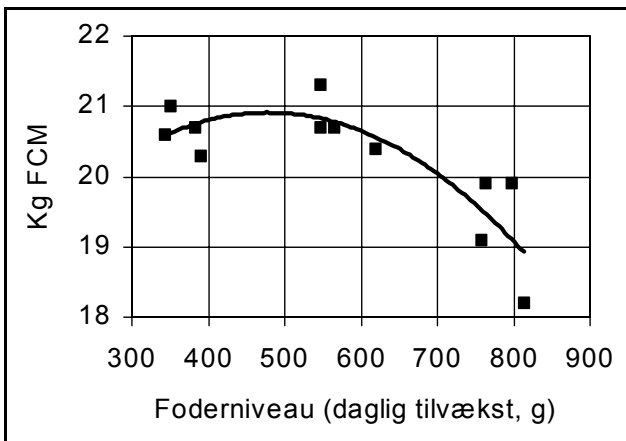
Det ville naturligvis være bedst, hvis det var muligt at sammenligne det tildelte/optagne foder. Det er imidlertid umuligt på grund af forskelle i fodermidler, fodervurderingssystemer, eller simpelthen fordi oplysninger ikke er opgivet. Dertil kommer, at en given fodermængde ikke er udtryk for den samme relative fodringsintensitet i forskellige racer og på forskellige udviklingstrin. For at være på nogenlunde fast grund er det derfor hensigtsmæssigt at anvende den gennemsnitlige daglige tilvækst som mål for fodringsintensiteten.

Det er dog vigtigt at huske på, at en given daglig tilvækst ikke angiver den samme fodringsintensitet i forskellige racer. Hos store, danske racer betegnes en fodringsintensitet, der resulterer i en gennemsnitlig daglig tilvækst på 600-700 g, som moderat. Hos Jersey er en moderat tilvækst ca. 30 % lavere.

Ved anvendelse af den daglige tilvækst som mål for fodringsintensitet er det også vigtigt at holde fast i, at der er tale om den gennemsnitlige daglige tilvækst opnået på en given fodring. Det er nemlig således, at dyr, der vokser hurtigere end gennemsnittet på en given fodring, må forventes at have højere ydelse end dyr, der har lavere tilvækst end gennemsnittet. Det hænger sammen med, at der er positiv sammenhæng mellem dyrs ydelsespotentiale og deres vækstkapa-citet (se afsnit 3.8). Det betyder, at den forventede ydelse af 2 kvier med samme tilvækst kan være helt forskellig afhængig af, om tilvæksten er opnået på basis af høj vækstkapa-citet kombineret med moderat fodring eller lav vækstkapa-citet kombineret med højt foderniveau.

3.7 Sammenhængen mellem foderniveauet i den kritiske periode og ydelseskapa- citeten

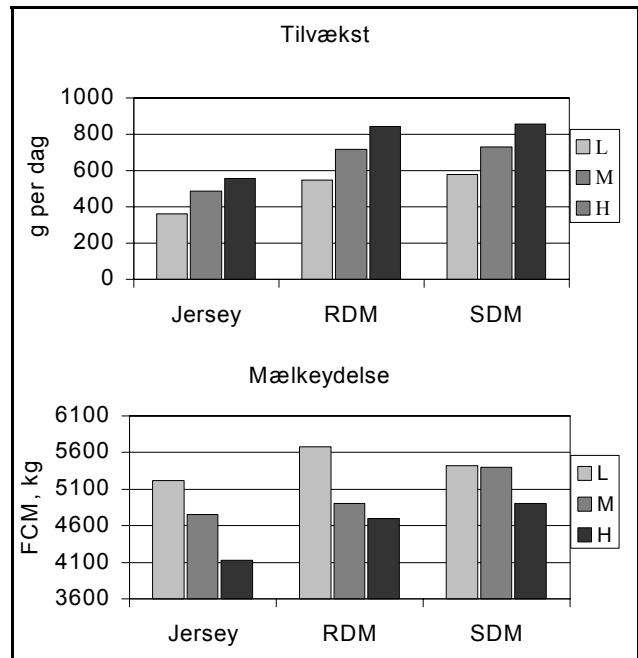
Den kurvelineære sammenhæng mellem foderniveau og ydelseskapa-
citet blev først observeret i det tidligere omtalte forsøg (afsnit
3.4) rapporteret af Foldager & Sejrsen (1991). Resultaterne viste, at den forvente-
de ydelse hos RDM-kvier er højest, når foderniveauet resulterer i en tilvækst mellem
500 og 600 g pr. dag. Dette blev bekræftet i et senere forsøg, der også er rapporteret i
samme beretning (Figur 3.9). I dette forsøg indgik både RDM- og SDM-kvier. Der var i
dette forsøg ingen forskel mellem racerne, hvilket antyder, at det ”optimale” foderni-
veau er det samme for RDM og SDM.



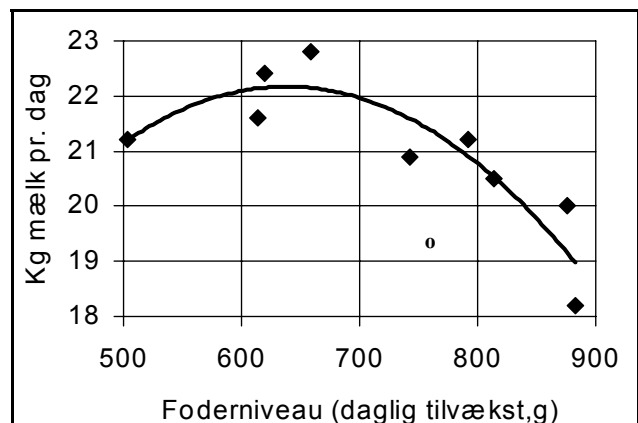
Figur 3.9 Sammenhængen mellem foderni-
veau i den kritiske periode og mælkeydelsen
i første laktation. Foderniveauet er angivet
som den gennemsnitlige daglige tilvækst.
(Foldager & Sejrsen, 1991).

Den negative effekt af høj fodringsintensitet
i den kritiske periode er dokumenteret for
alle racer i et stort forsøg med ca. 500 kvier
(Figur 3.10) gennemført på Ammitsbøl
Skovgaard (Foldager, upubliceret; Sejrsen
et al., 2000). Den kurvelineære sammen-
hæng mellem foderniveau og fodringsinten-
sitet blev også bekræftet af resultaterne, der

viste, at den maksimale ydelseskapa-
citet hos SDM opnås ved et foderniveau, der re-
sulterer i en gennemsnitlig tilvækst mellem
600 og 700 g daglig tilvækst (Figur 3.11).



Figur 3.10 Sammenhængen mellem foder-
niveau i den kritiske periode og mælkeydel-
sen i første laktation. Resultater fra Am-
mitsbøl Skovgaard (Foldager, upubliceret;
Sejrsen & Foldager, 1999).

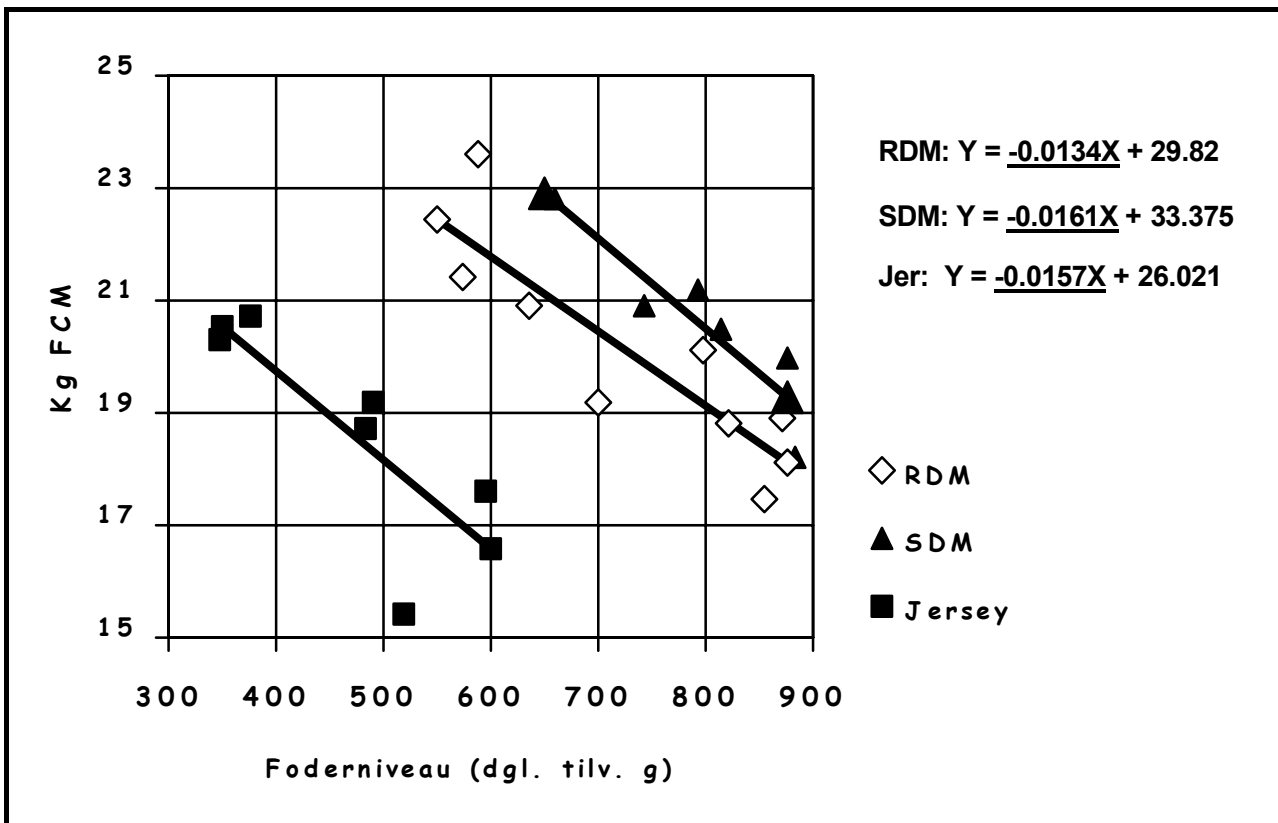


Figur 3.11 Kurvelineær sammenhæng mel-
lem foderniveau og mælkeydelse hos SDM-
Skovgaard-forsøget (Foldager, upubliceret;
Sejrsen & Foldager, 1999).

I dette forsøg er der intet ”optimum” for RDM. Ydelsen var lineært faldende med stigende foderniveau, men laveste foderniveau resulterede i tilvækster på mellem 500 og 600 g. Der er derfor ingen uoverensstemmelse mellem dette resultat og et ”optimalt” foderniveau på mellem 500 og 600 g daglig tilvækst for RDM observeret i det tidligere omtalte forsøg. Resultaterne for Jersey viste heller ikke en kurvelinær sammenhæng, men et lineært fald i ydelsen med stigende foderniveau fra et foderniveau, der giver en gennemsnitlig tilvækst på ca. 350 g pr. dag. Dette er baggrunden for at angive et optimalt foderniveau i den kritiske

periode mellem 300 og 400 g for Jersey, selvom det ”optimale” foderniveau strengt taget ikke er forsøgsmæssigt dokumenteret for Jersey. Der er dog meget, der taler for, at en reduktion på ca. 70 % i forhold til RDM er et fornuftigt gæt.

En analyse af nedgangen i mælkeydelse i relation til en forøgelse af foderniveauet viser, at ydelsen må forventes at falde med ca. 1,5 kg mælk for hver gang en forøgelse af foderniveauet medfører en tilvækststigning på 100 g pr. dag (Figur 3.12). Resultaterne viser, at nedgangen i ydelse er af samme størrelsesorden i alle racer.



Figur 3.12 Nedgang i ydelsen med stigende foderniveau over den optimale tilvækst for de forskellige racer. Baseret på data fra Skovgård-forsøget (Foldager, upubliceret; Sejrsen & Foldager, 1999).

Forsøget på Ammitsbøl Skovgård blev gennemført over 4 år med 500 kvier fra 4 forskellige racer og med 3 forskellige grovfodermidler (Foldager, upubliceret; Sejrsen et al., 1999). Derfor blev effekten af foderniveauet bestemt i ikke mindre end 16 forskellige undergrupper. De forskellige foderniveauer blev givet fra 3 måneders alderen, til kvierne vejede 300 kg. Selvom der var lidt variation fra gruppe til gruppe, var ydelser lavest hos de kvier, der blev fodret på det højeste foderniveau i alle 16 undergrupper. Den fundne sammenhæng mellem foderniveauet i den kritiske periode og den senere ydelse er derfor meget sikkert bestemt.

I overensstemmelse med resultaterne af de danske forsøg har de seneste amerikanske undersøgelser også vist, at den gennemsnitlige ydelse var lavest for de kvier, der var opdrættet på det højeste foderniveau i den kritiske periode (Van Amburgh et al., 1998; Lammers & Hendrichs, 2000; Radcliff et al., 1997). I forsøget af Van Amburgh et al. var effekten dog ikke statistisk signifikant, når der blev korrigeret for vægt ved kælvning. Denne korrektion medførte imidlertid en forøgelse af ydelser hos kvierne på det højeste foderniveau. Efter vores mening er denne korrektion forkert, da en forøgelse af tilvæksten ved et forøget foderniveau efter den kritiske periode ikke påvirker ydelser. En korrektion for vægt ved kælvning er kun korrekt, når variationen i vægten inden for hold er genetisk betinget (se nedenfor i 3.8).

Det har også været diskuteret, om den negative effekt af højt foderniveau kan undgås ved at øge rationens proteinindhold (Capuco et al., 1995; Radcliff et al., 1997). De undersøgelser, der er gennemført til belysning af proteinindholdets betydning, understøtter imidlertid ikke hypotesen. Således fandt både Mantysarii et al. (1995) og Whitlock et al. (1999) ingen positiv effekt af at

øge proteinindholdet i rationen på yverværets vækst. I overensstemmelse hermed fandt Dobos et al. (2000), at proteinniveauet ikke påvirkede den senere mælkeydelse (se kapitel 16, bind 1).

3.8 Betydningen af den genetisk betingede tilvækstkapacitet for den forventede ydelse

Ved anvendelsen af de anbefalede tilvækster som mål for opdrætningen er det vigtigt at erindre, at tilvæksterne er udtryk for det anbefalede foderniveau, og at de anbefalede tilvækster angiver målet for tilvæksten for en gruppe og ikke for enkelt-dyr. Der vil – selv blandt individuelt fodrede dyr – altid være variation i tilvæksten af mellem dyr inden for et givet foderniveau. Variationen er betinget, dels af genetiske forskelle i dyrenes tilvækstkapacitet, dels i en tilfældig variation i tilvæksten.

På basis af erfaringer fra opdrætningsforsøg forventes spredningen for individuelt fodrede dyr at være ca. 10 procent af den gennemsnitlige tilvækst for gruppen. Det betyder, at der i en gruppe dyr med en gennemsnitlig daglig tilvækst på 600 g, vil være en spredning på ca. 60 g. I en gruppe med en gennemsnitlig daglig tilvækst på 600 g vil der derfor være adskillige dyr, der vokser mindre end 500 g pr. dag, og nogle der vokser over 700 g, da 2 gange spredningen, der angiver 95 % konfidensintervallet, går fra 480 til 720 g. Spredningen i den daglige tilvækst er væsentlig større hos ad libitum fodrede dyr og ikke mindst hos dyr, der er opstaldet i grupper. Disse teoretiske overvejelser er bekræftet ved målinger af kviers vækst i praksis (Fisker et al., 2003) (se kapitel 4).

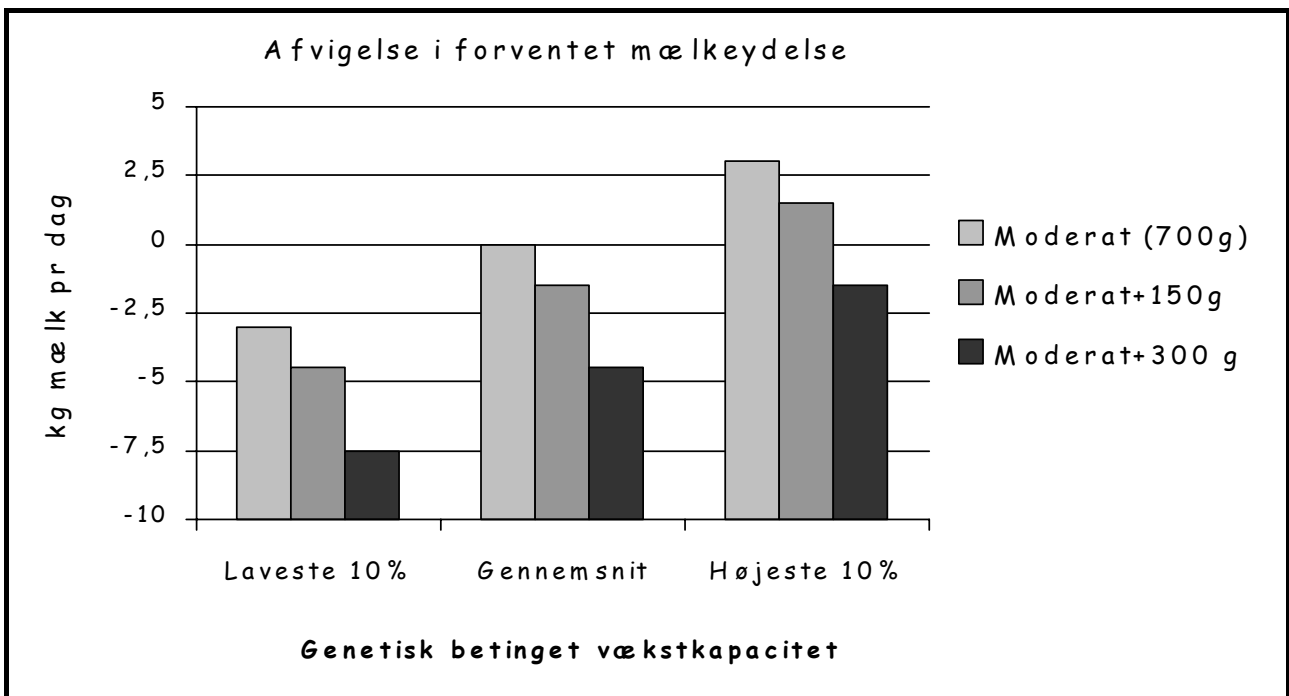
Forsøget på Ammitsbøl Skovgaard var planlagt, så det var muligt at beregne den genetiske spredning i kviernes tilvækst. Resultatet af beregningerne viste, at der var en

genetisk spredning i tilvæksten på 32 g (Foldager, 1993). Altså skyldes ca. halvde-
len af den forventede spredning inden for
foderniveau genetiske forskelle i dyrenes
vækstkapacitet. Resultaterne viser også, at
mælkeydelsen er meget tæt relateret til den
genetisk betingede tilvækstkapacitet.

På basis af den fundne sammenhæng kan
det beregnes, at en forskel i den genetisk
betingede tilvækstkapacitet på kun 10 g vil
være ensbetydende med en forventet forskel
i ydelsen på 0,61 kg pr. dag. Disse resulta-
ter betyder, at der inden for en gruppe kvier
opdrættet på samme fodringsintensitet må
forventes at være en forskel i tilvæksten
mellem de højeste og laveste 10 % af grup-
pen på ca. 100 g daglig tilvækst, 75 kg le-
gemsvægt ved kælvning og 6-7 kg mælk pr.

dag. Vel at mærke således, at de tungeste
kvier forventes at have den højeste ydelse.

Til sammenligning vil en forskel i den dag-
lige tilvækst i den kritiske periode på 100 g
– alt andet lige – maksimalt påvirke vægten
ved kælvning 15 kg og medføre en redukti-
on i den forventede ydelse på 1,5 kg pr.
dag. Der er derfor ingen tvivl om, at geneti-
ske forskelle i tilvækstkapacitet er en meget
væsentlig årsag til variation i kviers vægt
ved en given alder inden for en besætning,
og at genetiske forskelle i tilvækstkapacitet
har stor betydning for den observerede posi-
tive sammenhæng mellem ydelse og vægt
ved kælvning. Figur 3.13 viser de forvente-
de ændringer i dagsydelsen ved genetiske
og fodringsbetingede ændringer i den dag-
lige tilvækst.



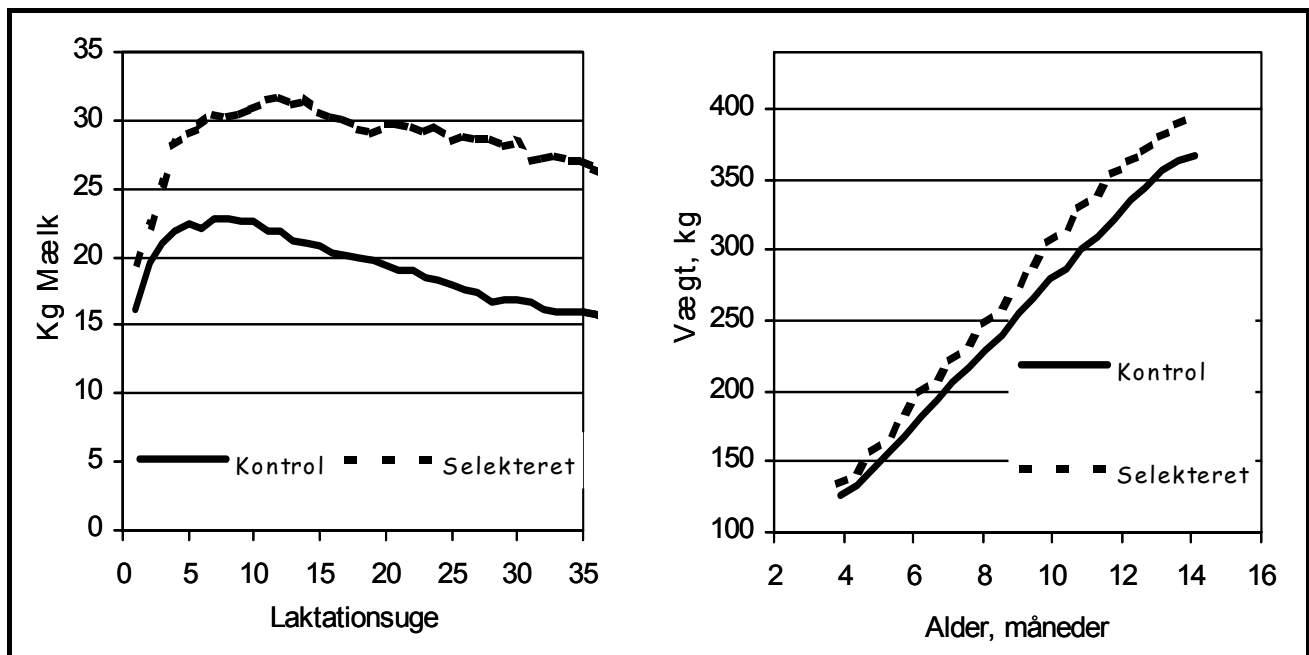
Figur 3.13 Forventet ydelse i relation til genetisk betinget vækstkapacitet og forøget fo-
derniveau.

De fundne sammenhænge mellem ydelse og tilvækstkapacitet er underbygget af resultaterne af uafhængige udenlandske undersøgelser. Således viser resultaterne af et selektionsforsøg gennemført på University of Minnesota i USA, at selektion for ydelse medfører en korreleret fremgang i dyrenes tilvækstkapacitet (Figur 3.14) (Crooker, 2000). I overensstemmelse med sammenhængen mellem ydelseskapa-citet og tilvækstkapacitet viser resultaterne af en netop offentliggjort genetisk undersøgelse, at en avlsmæssig begrænsning af vægten ved kælving vil reducere den genetiske ydelsesfremgang (Liinamo & Arendonk, 1999).

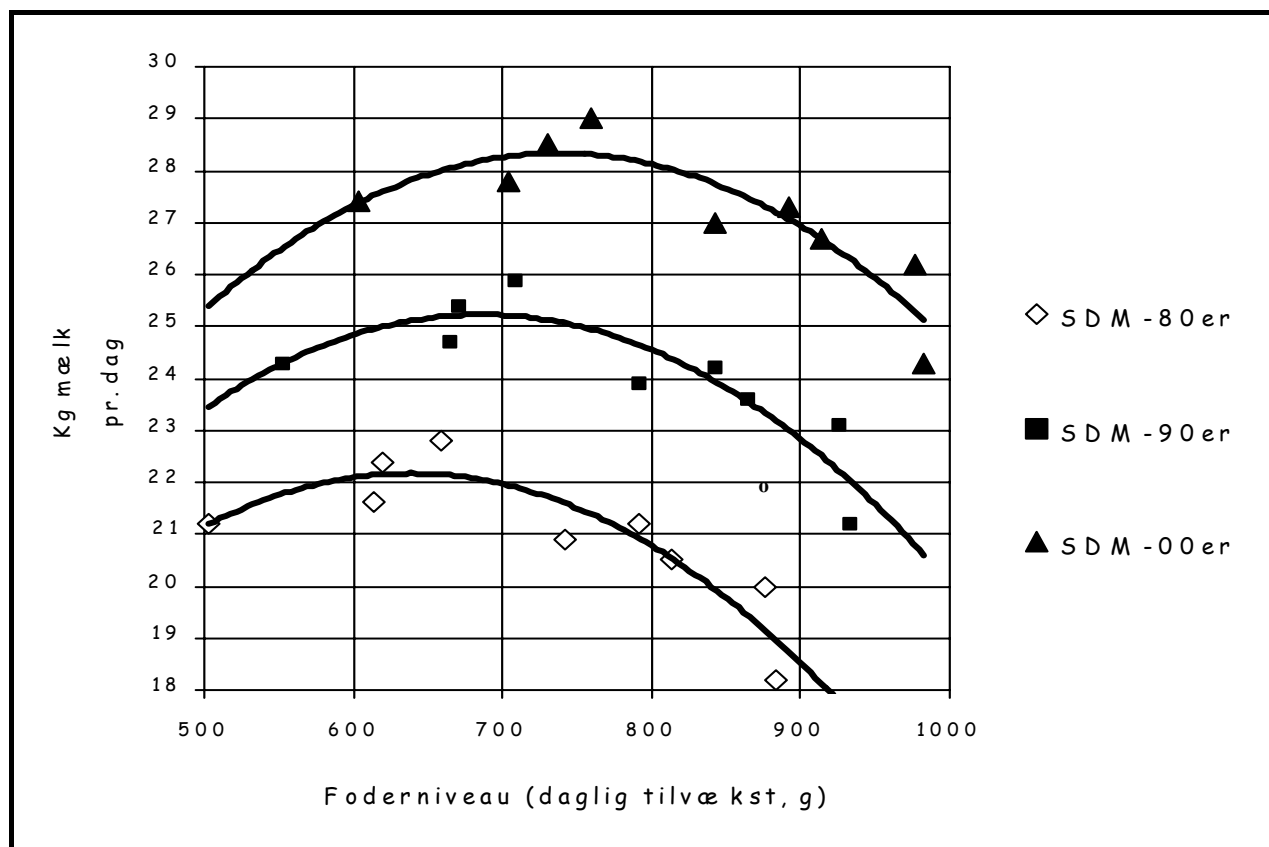
Sammenhængen mellem tilvækstkapacitet og mælkeydelse gælder dog kun for forskelle i tilvækstkapaciteten opstået som følge af selektion for mælkeydelse. Resultaterne af en anden del af selektionsforsøget i Minnesota viser nemlig, at selektion for tilvækst ikke påvirker køernes mælkeydelse (Hansen et al., 1999). Dette stemmer overens med, at der ikke er sammenhæng mellem forskelli-

ge kødracers vækst- og ydelsespotentiale, da disse er selekteret for tilvækst og ikke mælkeydelse.

Der er gået en hel del år siden dyrene i Skovgårdforsøget blev indsat. I dette tidsrum er køernes genetisk betingede ydelseskapa-citet steget væsentlig (Aamand Petersen, personlig meddelelse). Ud fra en beregning baseret på den observerede sammenhæng mellem tilvækst og ydelse og den opnåede genetiske ydelsesfremgang må det forventes, at tilvækstkapaciteten er steget med ca. 50 g pr. dag som følge af selektionen for mælkeydelse. Det betyder, at kvier af i dag må forventes at vokse ca. 50 g mere på det samme foderniveau. Eftersom der ikke var vekselvirkning mellem foderniveau og tilvækstkapacitet i forsøget, må det også forventes, at *det "optimale" tilvækstniveau* er 50 g pr. dag højere nu, end da forsøget blev gennemført, og at det stiger i takt med den genetiske fremgang for mælkeydelse (Figur 3.15) (Sejrsen et al., 2000).



Figur 3.14 Effekt af selektion for mælkeydelse på kviers tilvækstkapacitet (Crooker, personlig meddelelse).



Figur 3.15 Forventet ændring i den optimale fodringsintensitet i relation til stigningen i køernes genetisk betingede ydelseskapa-citet (Sejrsen et al., 2000).

3.9 Afslutning og perspektiver

Det kan konkluderes, at de danske anbefalinger vedr. det optimale foderniveau for kvier i den kritiske periode hviler på et meget solidt forskningsmæssigt fundament. De seneste undersøgelser har på den anden side vist, at det må forventes, at den optimale tilvækst forøges gradvist i takt med den genetiske fremgang i mælkeydelseskapa-citeten. I den forbindelse kan det være aktuelt at revurdere energinormen til tilvækst.

Det faktum, at det anbefalede foderniveau refererer til den gennemsnitlige daglige tilvækst for gruppen, gør det vanskeligt at vurdere den enkelte kviers status uden at kende gennemsnittet for hele gruppen. Det er baggrunden for, at der er udviklet et kon-

trolprogram til vurdering af opdrætningens kvalitet på besætningsniveau.

Selvom der i en meget lang periode har været meget fokus på foderniveauets indflydelse på kviernes senere ydelse, er der stadig en del uafklarede spørgsmål. F.eks. er det endnu uafklaret, hvornår den kritiske periode begynder, og der er også behov for en endelig afklaring af betydningen af foderniveauet i kalveperioden. Selvom faktorer relateret til fodringsintensitetens betydning for ydelsen er vigtige, bør man ikke glemme andre faktorer af betydning for succesfuld opdrætning af kvier. F.eks. kunne der være grund til at se på, hvordan opdrætningen tilrettelægges bedst muligt, når kvierne skal på græs om sommeren, uden at

kviens ydelsespotentiale kompromitteres. Hvordan tilrettelægges opdrætningen optimalt for kvier født på forskellige årstider? Er der specifikke næringsstoffer i foderet, der kan have direkte indflydelse på ydelseskapa-
citeten?

3.10 Referencer

- Bar-Peled, U., Robinzon, B., Maltz, E., Tagari, H., Folman, Y., Bruckental, I., Voet, H., Gacitua, H. & Lehrer, A.R. 1997. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *J. Dairy Sci.* 80, 2523-2528.
- Brown, E.G., VanderHaar, M.J., Daniels, K.M., Liesman, J.S., Chapin, L.T. & Weber Nielsen, M.S. 2002. Increasing energy and protein intake of Holstein heifer calves increases mammary development. *J. Dairy Sci.* 85, Suppl.1, 80.
- Brännäng, E. & Lindkvist, L.E. 1978. Uppfödningssintensitet, inkalvningsålder och mjölkavlastning – en serie tvillingstudier. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursförädling och sjuksdomsgenetik. Rapport nr. 24, 49 pp.
- Capuco, A.V, Smith, J.J., Waldo, D.R. & Rexroad, C.E. 1995. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 78, 2709-2725.
- Dobos, R.C, Nandra, K.S., Riley, K., Fulkerson, W.J., Lean I.J & Kellaway, R.C. 2000. The effect of dietary protein level during the pre-pubertal period of growth on mammary gland development and subsequent milk production in Friesian heifers. *Livest. Prod. Sci.* 63, 235-243.
- Foldager, J. 1993. Opdrætning af kvier. Intern rapport nr. 3 fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Foldager, J. & Ingvarsten, K.L. 1995. Betydning af rationens energikoncentration, foderniveau og forberedelsesperiodens længde hos kælvkvier for foderoptagelse, produktion, reproduktion og sundhed. I: Overgang til laktation. Malkekoens fodring og fysiologi under drægtighed og omkring kælvning. Intern rapport nr. 47 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 38-48.
- Foldager, J. & Krohn, C.C. 1991. Kviekalve opdrættet på meget høj eller normal fodringsintensitet fra fødsel til 6-10 ugers alderen og deres senere mælkeproduktion. Medd. nr. 794 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 6 pp.
- Foldager, J. & Sejrsen, K. 1991. Opdrætningsintensitetens indflydelse på den senere mælkeproduktion hos RDM og SDM kvier. 693. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 131 pp.
- Foldager, J., Sejrsen, K. & Larsen, J.B. 1978. Opdrætningsintensitetens indflydelse på yverets udvikling og mælkeproduktionen i første laktation. 226. Medd. Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Foldager, J., Sejrsen, K. & Sørensen, J.T. 1988. Fodringsintensitetens indflydelse på tilvækst og foderudnyttelse hos RDM og SDM kvier - Revision af energibehov til tilvækst. Beretning nr. 648 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København, 122 pp.
- Gardner, R.W., Schuh, J.D. & Vargus, L.G. 1977. Accelerated growth and early breeding of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60, 1941-1948. Herman HA and AC Ragsdale. 1946. The influence of quantity and quality of nutrients on the growth of dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 5, 398.
- Hansen L.B., Cole, J.B., Marx G.D. & Seykora, A.J. 1999. Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. Dairy Sci.* 82, 795-801.
- Hansson, A., Brännäng, E. & Liljedahl, L.E. 1967. Studies on monozygous twins. XIX. The interaction of heredity and intensity of rearing with regard to growth and milk yield in dairy cattle. *Lantbr. Høgsk. Ann.* 33, 643-693.
- Ingvarsten, K.L., Foldager, J., Brolund Larsen, J. & Østergaard, V. 1988. Vækst og mælkeydelse hos Jerseykøer opdrættet på forskellig fodringsintensitet. 645. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 72 pp.
- Ingvarsten, K.L., Foldager, J., Aaes, O. & Andersen, P.H. 1995. Effekt af foderniveau i 24 uger før kælvning på foderoptagelse, produktion og stofskifte hos kvier og køer. Intern rapport nr. 45 fra statens Husdyrbrugsforsøg, 60-73.

- Lacasse, P., Block, E., Guilbault, L.E. & Petitclerc, D. 1993. Effect of plane of nutrition of dairy heifers before and during gestation on milk production, reproduction and health. *J. Dairy Sci.* 76, 3420-3427.
- Lammers B.P, Heinrichs, A.J. & Kensinger, R.S. 1999. The effects of accelerated growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on estimates of mammary development and subsequent reproduction and milk production. *J. Dairy Sci.* 82, 1753-1764.
- Little, W. & Kay, R.M. 1979. The effect of rapid rearing and early calving on subsequent performance of dairy heifers. *Anim. Prod.* 29, 131-142.
- Liinamo, A.-E. & Van Arendonk J.A.M. 1999. Combining selection for carcass quality, body weight and milk traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82, 802-809.
- Mäntysaari, P., Ingvarsen, K.L., Toivonen, V. & Sejrsen, K. 1995. The effects of feeding level and nitrogen source of the diet on mammary development and plasma hormone concentrations of prepubertal heifers. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 45, 236-244.
- Radcliff, R.P., VandeHaar, M., Chapin, L.T., Pilbeam, T.E., Ashley, R.W., Poffenbarger, S.M., Stanisiewski, E.P. Beede, D.E. & Tucker, H.A. 1998. Effects of diet and exogenous bST on growth and lactation of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 81, Suppl. 1, 227.
- Schwark, H.J., Lipmann, E. 1971. Untersuchungen über den Einfluss eines herabgesetzten Erstkalbealters auf die Körperentwicklung und die Leistungen von Färsen des Deutschen Schwartbunten Rindes bis zum Abschluss der Erstlaktation. *Arch. Tierz.* 14, 163.
- Sejrsen, K. 1978. Mammary gland development and milk yield in relation to growth rate in the rearing period in dairy and dual purpose heifers. *Acta Agr. Scand.* 28, 41-46.
- Sejrsen, K. & Foldager, J. 1992. Mammary growth and milk production capacity of replacement heifers in relation to diet energy concentration and plasma hormone levels. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 99-105.
- Sejrsen, K. & Foldager, J. 1999. Kviers ydelseskapacitet i relation til variation i tilvæksten i opdrætningsperioden. Intern rapport nr. 118 fra DJF, 92-97.
- Sejrsen, K., Huber, J.T., Tucker, H.A. & Akers, R. M. 1982. Influence of plane of nutrition on mammary development in pre- and postpubertal heifers. *J. Dairy Sci.* 65, 793-800.
- Sejrsen, K., Larsen, J.B., Foldager, J., Agergaard, E. & Klausen, S. 1976. Kælvningsalderens indflydelse på foderforbrug, frugtbarhed, kælvningsforløb og mælkeydelse. 2,5 contra 1,5 års kælvningsalder hos RDM. 102. Medd. Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Sejrsen, K., Purup, S., Martinussen, H. & Vestergaard, M. 1998. Effect of feeding level on mammary growth in calves and prepubertal heifers. *J. Dairy Sci.* 81, Suppl. 1, 377.
- Swanson, E.W. 1960. Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.* 43, 377-387.
- Whitlock B.K., VanderHaar, M.J. & Tucker, H.A. 1999. Influence of dietary protein on prepubertal mammary gland development in rapidly-grown heifers. *J. Dairy Sci.* 82, Suppl.1, 51.
- Wickersham, E.W. & Schultz, L.H. 1963. Influence of age at first breeding on growth, reproduction and production of well-fed Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 46, 544-549.

Fodring af kvier

af Irene Fisker ¹⁾, Kristen Sejrsen ²⁾ og Finn Strudsholm ¹⁾

¹⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg og

²⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning

4



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

4.1 Indledning

Målet med kvieproduktionen er at producere kælvekvier af god kvalitet. Gode kælvekvier klarer kælvingen og overgangen til laktation uden problemer og bliver til sunde og holdbare køer med et stort potentiale til foderoptagelse og mælkeydelse. For at nå dette mål skal kvierne have en passende tilvækst i opdrætningsperioden, og de skal opnå en god størrelse ved kælving. Efter kælving skal kvierne kunne klare sig i koflokken, og de skal kunne optage og omsætte et stort produktionsfoder. Den forsøgs-mæssige baggrund for den optimale tilvækst i opdrætningsperioden er beskrevet i kapitel 3. Dette kapitel handler om, hvordan kvierne skal fodres, så man kan opnå den planlagte tilvækst i praksis.

Styring af kviernes tilvækst kræver først og fremmest kendskab til, hvor stort behov kvierne har for næringsstoffer til en given tilvækst. Da de fleste kvier opstaldes i systemer, hvor mindst et fodermiddel tildeles efter ædelyst, kræver det desuden kendskab til kviernes foderoptagelseskapacitet og fodermidlernes fylde. Man skal kunne sammensætte en foderration, som kvierne kan æde, men som de samtidig ikke æder for meget af. Når kvierne er på græs, kan det være vanskeligt at styre deres tilvækst. Det skyldes, at græsudbuddet og græskvaliteten i høj grad er påvirket af årsvariationer i vejr- og vækstforhold. Desuden skal afgræsningen planlægges, så dyrene ikke belastes af parasitter.

Kapitlet omtaler den sammenhæng mellem den optagne mængde energi og protein og kviernes tilvækst, som man har fundet i forsøg. Det er den sammenhæng, som ligger til grund for fastsættelsen af normerne for energi og protein til kvier. Desuden omtales normerne for mineraler og vitaminer. Kapitlet refererer også til nogle af de danske for-

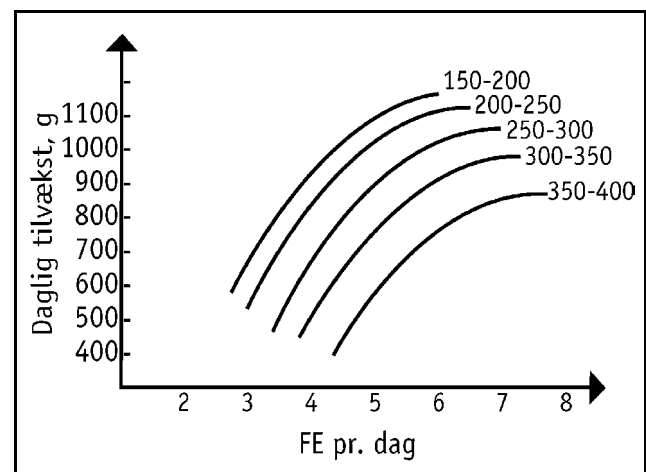
søg, hvor man har varieret kviernes optagelse af energi via rationens fylde og dermed opnået varierende tilvækstresultater. Disse forsøg indgår i systemet til forudsigelse af ungdyrs foderoptagelse. Desuden omtales mulighederne for at styre kviernes tilvækst på græs.

Normerne for energi og protein gælder for et gennemsnit af kvier. Ved tildeling af samme foderration til en gruppe kvier vil der altid være en betydelig variation i tilvæksten inden for gruppen. I kapitlet belyses årsagerne til denne variation. Sidst i kapitlet beskrives en metode til vurdering af kviernes vækst i den enkelte besætning.

4.2 Sammenhæng mellem næringsstoffdeling og tilvækst

Energi

Behovet for energi til en given tilvækst afhænger af kviernes vægt og af fodringstintensiteten. Sammenhængen er illustreret i Figur 4.1, som viser den daglige tilvækst ved stigende energitildeling for forskellige vægtintervaller.



Figur 4.1 Daglig tilvækst hos kvier (stor race) i relation til vægt og FE pr. dag (Sejrsen & Larsen, 1978).

Kurverne bøjer af, fordi foderforbruget pr. kg tilvækst stiger med stigende fodringsintensitet. Det skyldes, at fedtindholdet og dermed energiindholdet i tilvæksten øges, når fodringsintensiteten øges. Desuden falder fordøjeligheden af foderet, når fodringsintensiteten øges. Foderforbruget pr. kg tilvækst stiger ligeledes med stigende vægt af kvien. Det skyldes, at vedligeholdelsesbehovet og fedtindholdet i tilvæksten stiger med stigende vægt.

De nuværende normer for energi til kvier (Strudsholm et al., 1999) afspejler disse sammenhænge mellem energibehovet, kvienes vægt og fodringsintensiteten, se Tabel 4.1. Tabellen gælder kvier af racerne RDM, SDM og DRH. For Jersey afspejler normen, at der til en given tilvækst ved en given vægt skal bruges 25 % flere FE. Årsagen er, at Jerseykvier ved en given tilvækst og en given vægt er på et relativt højere foderniveau og udviklingstrin end kvier af de store racer. Normerne er baseret på resultater fra en række forsøg (Foldager et al., 1978; Foldager et al., 1988).

Der er lavet mange undersøgelser af betydningen af energiniveau/energikoncentrati-

onen i perioden før kælvning (Foldager et al., 1995; Ingvarstsen et al., 1995). Af resultaterne fremgår, at vægten ved kælvning i meget høj grad er påvirket af fodringsintensiteten i drægtighedsperioden. Ingvarstsen et al. (1995) fandt således, at ad libitum tildeling af foderrationer med 0,57, 0,75 og 0,93 FE/kg TS de sidste 24 uger før kælvning resulterede i en meget kraftig påvirkning af kviernes vægt ved kælvning. Vægten efter kælvning på de tre hold var 484, 539 og 569 kg, men ydelsen i første laktation var ikke påvirket (Ingvarstsen et al., 1995). Det er derfor meget vanskeligt at drage en entydig konklusion af resultaterne. I praksis anbefales det at begynde tilvæningen til køernes produktionsfoder senest 6 uger før kælvning (Blom, 1997). Tre uger før kælvning trappes op til 8-9 FE pr. dag (stor race). Forholdet mellem foderemnerne bør være omtrent det samme som i rationen efter kælvning. Fodrer man med fuldfoder, kan malkekøernes blanding i tidlig laktation typisk fodres ad libitum de sidste cirka 2 mdr. før kælvning. Et højere foderniveau i den periode må dog ikke resultere i fede kælvekvier. Vedr. principper for fodring i perioden frem mod kælvning se desuden kapitel 13.

Tabel 4.1 Normer for energi til vedligehold og tilvækst for kvier af stor malke race (Strudsholm et al., 1999)

Vægtinterval, kg	Egentilvækst, gram pr. dag							
	400	500	600	700	800	900	1000	1100
100-150	1,7	2,0	2,4	2,8	3,2	3,7	4,2	4,8
150-200	2,1	2,4	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0	5,7
200-250	2,4	2,8	3,2	3,8	4,3	5,0	5,7	6,5
250-300	2,6	3,1	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4	7,2
300-350	2,9	3,4	4,0	4,5	5,3	6,1	7,0	8,0
350-400	3,2	3,7	4,3	5,0	5,8	6,7		
400-450	3,4	4,0	4,7	5,4	6,3	7,2		
450-500	3,6	4,3	5,0	5,8	6,7	7,7		
500-550	3,9	4,6	5,3	6,2	7,1	8,2		

Protein

Arbejdet med fastlæggelse af normer for protein til kvier begyndte i 1940'erne (Steensberg, 1947). Gennem årene er normerne justeret flere gange (Jensen et al., 1949; Andersen et al., 1973; Andersen & Foldager, 1980; Strudsholm et al., 1999).

Normerne for protein angiver de mængder, som sikrer, at protein ikke er begrænsende for tilvæksten på et givent energiniveau. Proteinnormen angives som en fast mængde fordøjeligt råprotein pr. FE for hver vægtklasse, se Tabel 4.2. Det daglige behov for protein stiger kun forholdsvis svagt med en øget vægt af kvien, og derfor falder andelen af protein pr. FE. Ved stigende fodringsintensitet ved en given vægt øges den daglige tildeling af råprotein i takt med behovet for energi.

Tabel 4.2 Normer for protein til vedligehold og tilvækst for kvier (alle racer) (Strudsholm et al., 1999)

Vægt, kg		Gram fordøjeligt råprotein pr. FE
Stor race	Jersey	
< 100	< 60	140
100-150	60-95	140
150-200	95-130	125
200-250	130-165	110
250-300	165-200	100
300-350	200-235	90
350-400	235-270	85
400-450	270-305	80
450-500	305-340	80

Det anbefalede proteinniveau er understøttet af de seneste danske forsøg, som viste, at tilvæksten ikke øges ved tildeling af protein ud over normen (Andersen et al., 1986; Andersen & Foldager, 1994). Undersøgelserne

omfattede kvier op til 12 mdr. I to af forsøgene blev kvierne tildelt henholdsvis normen og normen + 200 gram fordøjeligt råprotein pr. dag. De kvier, der fik ekstra protein, voksede 40-100 gram mindre pr. dag end de kvier, der fik protein efter normen. Det skyldes sandsynligvis, at det koster energi at omsætte og udskille overskud af protein. Dermed falder foderudnyttelsen og tilvæksten. I forsøgene voksede kvier, der fik urea, mindst lige så godt som dem, der fik sojaskrå.

Disse undersøgelser bekræfter således, at ungvæg har et relativt lavt proteinbehov, og at de i meget stor udstrækning kan dække deres behov på grundlag af mikrobielt protein. Dog kan der forventes en mertilvækst ved tilskud af små mængder renprotein, hvis der fodres med meget lav energikoncentration, f.eks. meget halmrige rationer, eller med ensidige rationer med ensilage af middelmådig kvalitet (Andersen, 2003).

Der er ingen danske normer for AAT/PBV for ungdyr. I ovennævnte forsøg (Andersen & Foldager, 1994) gav en øget AAT-forsyning ingen positiv virkning på tilvæksten. Ved lav AAT-tilførsel er der tilsyneladende behov for en svag positiv PBV. Er AAT-forsyningen derimod højere end behovet, må der forventes en større recirkulering af kvælstof fra det overskydende AAT. Dermed kan der accepteres en lavere PBV. Der er altså ikke en entydig sammenhæng mellem PBV og dyrets tilvækst. Fastlæggelse af normer for AAT/PBV for ungdyr kræver større kendskab til sammenhængen mellem foderrationen, foderets passagehastighed og den mikrobielle proteinsyntese. Desuden er der behov for mere viden om den kvantitative recirkulering af kvælstof.

De danske proteinnormer for de største kvier er lave i forhold til en del udenlandske normer (Andersen & Foldager, 1994; Fisker &

Ancker, 1999). F.eks. ligger de amerikanske normer væsentlig højere end de danske, og i nogle lande er der krav til proteinkvaliteten, f.eks. via angivelse af mængden af aminosyrer optaget i tarmen og proteinbalancen i vommen (Holland) eller via en vis andel ikke-vomnedbrydeligt protein (USA). Igangværende danske forsøg med kvier over 12 mdr. kan belyse, om der er behov for at ændre proteinnormerne til de store kvier (Andersen, 2003). En eventuel øgning af proteinnormen vil få størst betydning for fodringen i vinterperioden, da de fleste kvier i Danmark kommer på græs i sommerhalvåret, hvor de får rigeligt protein.

Proteinforsyningens betydning for kviernes højdevækst er omdiskuteret. Det bygger på en opfattelse af, at højere dyr har en højere ydelseskapalet end mindre dyr. Den opfattelse er understøttet af en undersøgelse af kropsmålene hos højtydende dyr i praksis (Aeberhardt et al., 2001). Forskellen var imidlertid genetisk og ikke fodringsbetinget. I overensstemmelse hermed viser de fleste forsøg ikke nogen virkning af proteinniveau (Kertz et al., 1987; Pirlo et al., 1997; Bagg et al., 1985). Der er ikke fundet nogen virkning på højdevæksten af at øge andelen af vom-unedbrydeligt protein (Bethard et al., 1997; Casper et al., 1994; Mäntysaari, 1993; Van Amburgh et al., 1998).

En reduktion af højdevæksten er fundet i nogle enkelte forsøg, men kun i forsøg hvor proteinforsyningen var under den danske norm (Lammers et al., 2000; Murphy et al., 1991). Man kan altså ikke udelukke, at en meget lav proteinforsyning under normen i nogle tilfælde kan medføre en reduceret højdevækst. Det drejer sig dog højst om 2-3 cm.

Mineraler og vitaminer

Der er kun udført få forsøg med mineraler og vitaminer til ungdyr i Danmark. Normerne og anbefalingerne følger i vid udstrækning en indstilling fra en nordisk arbejdsgruppe (Pehrson et al., 1975) eller de amerikanske normer (NRC, 1988; NRC, 2001). Generelt kan kviernes behov for mineraler og vitaminer dækkes med et tilskud af 50-80 gram typemineralblanding (med E-vitamin) og evt. kridt. I dette afsnit gives kun nogle enkelte kommentarer til nogle af de undersøgelser, der er gennemført de seneste år. For nærmere beskrivelse af normerne for og betydningen af de enkelte mineraler og vitaminer henvises til Strudsholm et al. (1999) og kapitel 8 og 9 i bind 1.

Fra praksis er der ofte fokus på selenormen, som er 0,1 mg pr. kg tørstof. I en undersøgelse af selenstatus og selenforsyning i 39 jyske SDM-besætninger i 1997-98 var der ikke noget, der tydede på, at selenormen er for lav (Kristensen et al., 2000). Det fundne selenindhold i græsset var 0,05 mg/kg tørstof i gennemsnit, og det var for lavt til, at græsset alene kunne opfylde normen. Mere end halvdelen af kvierne fik ingen selentilskud, mens de var på græs. Trods den lave selenforsyning havde kvierne i 95 % af besætningerne dog en glutationperoxidase-aktivitet over den grænseværdi, som Statens Veterinære Serumlaboratorium (nu Danmarks Veterinær Institut) benyttede til angivelse af selenmangel. Der var ingen sammenhæng mellem selenstatus og forekomsten af tilbageholdt efterbyrd eller dødfødte/svagfødte kalve.

Baseret på data fra 15 helårsforsøgsbrug omfattende 365 kælvkvier på græs med og uden tilskud af selen fandt Sørensen et al.

(1983) ingen effekt af selentilskud eller kvierens selenstatus på en lang række parametre, bl.a. kælvningsbesvær, dødfødte kalve, tilbageholdt efterbyrd, kalves fødselsvægt, kalvenes tilvækst, diarre og luftvejslidelser.

På baggrund af disse resultater er der således ingen basis for at hæve den danske norm for selen, selvom den amerikanske norm for selen til kvier med 0,3 mg/kg tørstof er tre gange så høj som den danske (NRC, 2001). Begrundelsen for den høje amerikanske norm er, at man ønsker at tage højde for alle tænkelige interaktioner med andre stoffer i foderet.

Lige før og efter kælvning har kvierne et specifikt behov for betakarotin. I de fleste tilfælde kan A-vitamin og betakarotin erstatte hinanden, men man har fundet en særskilt virkning af betakarotin på ovariefunktionen. Derfor er der en norm for betakarotin til kvier og køer fra 1 måned før inseminering til 1 måned efter drægtighed. I et forsøg gav man kvier på en betakarotinfattig ration et tilskud af enten 150 mg betakarotin eller den tilsvarende mængde A-vitamin hver dag fra 13 måneders alderen og til drægtighed (Henriksen et al., 1985). Kvierne med betakarotin-underskud havde signifikant længere interval mellem 1. og 2. inseminering og mellem 1. inseminering og drægtighed. Der er ingen særskilt norm for betakarotin i NRC (2001).

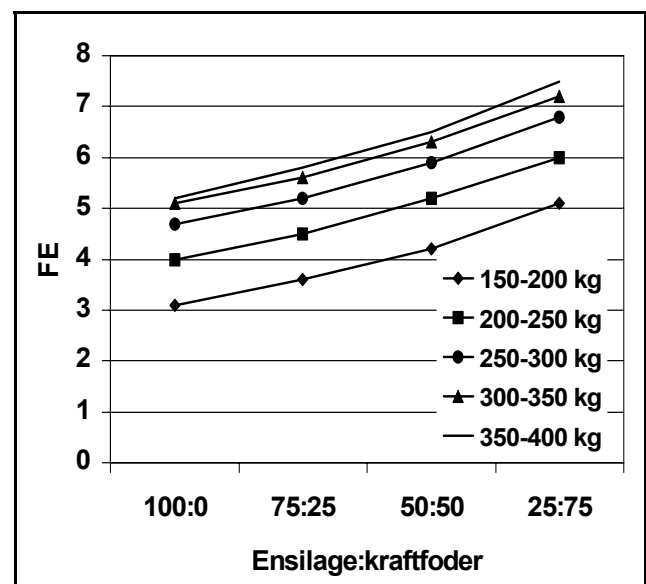
De sidste tre måneder før kælvning skal kvierne have mere E-vitamin. Normen er her 400-800 gram E-vitamin pr. dag, hvor det høje niveau blandt andet bør tilstræbes, hvis der er problemer med frugtbarhed eller mastitis.

Som nævnt er der normalt ingen problemer med at opfylde kvierens behov for mineraler og vitaminer. I den økologiske produktion kan der dog opstå problemer, hvis dispensa-

tionen fra det aktuelle forbud mod anvendelse af syntetiske vitaminer ophæves. Således kan efterårsfødte kvier, der tildeles D-vitaminfattige fodermidler i vinterperioden risikere at komme til at mangle D-vitamin, hvis de ikke får tilskud.

4.3 Styring af tilvæksten ved fodring efter ædelyst

Foderrationens energikoncentration er bestemmende for, hvor meget energi kvien optager. Virkningen af foderrationens energikoncentration er illustreret i Figur 4.2 på basis af et forsøg med forskellige ensilage/kraftfoderforhold (Sejrsen & Larsen, 1978). Det fremgår af resultaterne, at den daglige optagelse af foderenheder stiger med stigende mængder kraftfoder i rationen, og at foderenhedsoptagelsen stiger kurvelineært med stigende vægt.

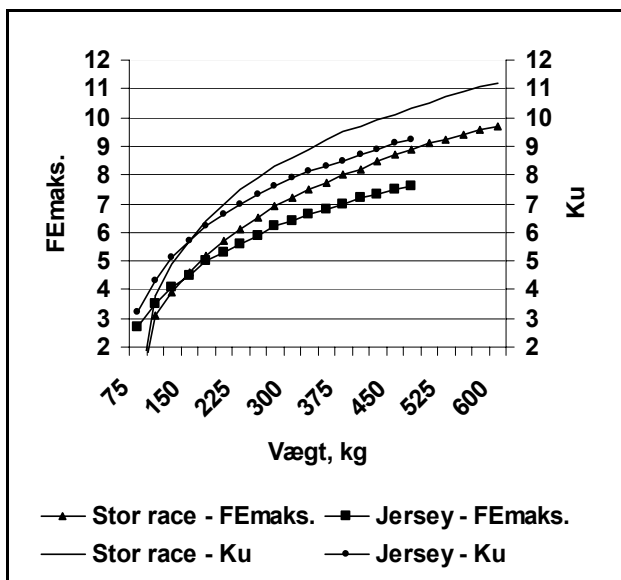


Figur 4.2 Daglig optagelse af FE ved forskellig vægt afhængig af ensilage/kraftfoderforholdet (Sejrsen & Larsen, 1978).

Der er udført flere andre forsøg, bl.a. på statens gårde i Hillerød og på Ammitsbøl Skovgaard, der har belyst ovennævnte sam-

menhæng, f.eks. (Foldager & Sejrsen, 1991; Foldager, 1993) Det er først og fremmest disse forsøg, der ligger til grund for udviklingen af foderoptagelsessystemet til ungdyr (Ingvarstsen et al., 1986; Ingvarstsen, 1994). Ved hjælp af dette system kan man forudsige dyrenes foderoptagelse, idet dyrene tilskrives en foderoptagelseskapa- citet for henholdsvis energi (FEmax) og fyldeenheder (Ku), mens fodermidlerne tilskrives en fyldeværdi (FFu). Se nærmere beskrivelse af systemet i kapitel 18, bind 1. Det er en forudsætning for, at systemet kan bruges, at der reelt fodres efter ædelyst. Kviernes foderoptagelseskapa- citet er illustreret i Figur 4.3.

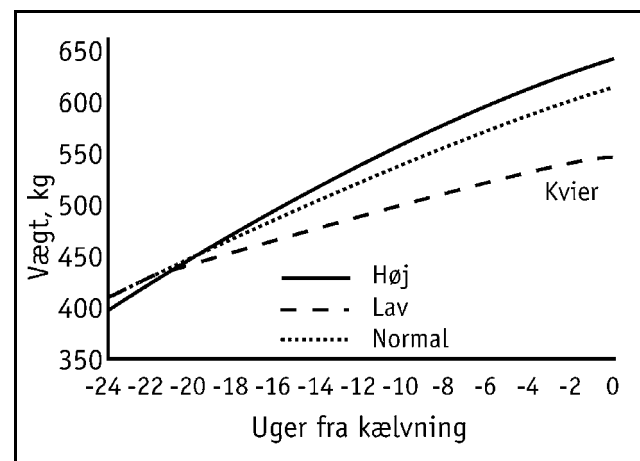
I praksis kan kviernes FE-optagelse styres via varieret kraftfodertildeling sammen med ad libitum tildeling af grovfoder. I løsdrifts- systemer uden mulighed for separat tildeling af kraftfoder kan FE-optagelsen styres ved at tildele et fuldfoder med en given fylde.



Figur 4.3 Kviernes foderoptagelseskapa- citet for energi (FE-maks) og fylde (Ku) afhængig af vægt for kvier af stor race og Jersey (Strudsholm et al., 1999).

Det er som oftest hensigtsmæssigt med to blandinger til kvierne i en besætning, da de større kvier har behov for et lidt mindre fyl- dende foder end de mindre kvier for at kunne optage den rette mængde energi. De to fuldfoderblandinger alene dækker imidlertid ikke behovet fuldt ud for kvier under 5 måneder, på grund af deres større proteinbehov pr. FE, og for kælvkvier de sidste måneder før kælvningen.

I de sidste måneder af drægtigheden er der et behov for energi til fosterproduktion. Samtidig reduceres kviens foderoptagelseskapa- citet på grund af det voksende foster. Hvis kvien skal opretholde en uændret egen- tilvækst sidst i drægtigheden, skal foderrati- onen være forholdsvis energirig. I praksis er kviernes ration i mange tilfælde ikke så kon- centreret, og kviernes egentilvækst kan der- for aftage i takt med, at fosterets tilvækst til- tager. Ved fodring med fuldfoder med uændret energikoncentration de sidste 24 uger af drægtigheden fandt Ingvarstsen et al. (1995) en let aftagende tilvækst for kvie inkl. foster frem til kælvning, se Figur 4.4.



Figur 4.4 Vægt for kælvning hos kvier fodret efter ædelyst med fuldfoder med tre forskellige energikoncentrationer (Høj: 0,93 FE/kg TS, Normal: 0,75 FE/kg TS, Lav: 0,57 FE/kg TS) (Ingvarstsen et al., 1995).

Da fordøjelseskanalens størrelse er påvirket af rationens aktuelle fylde, ville det være logisk at antage, at fordøjelseskanalens kapacitet – og dermed foderoptagelseskapa- citeten – efter kælvning kan påvirkes af ratio- nens fylde i opvækstperioden. Resultaterne af et gennemført forsøg afkræfter dog denne hypotese. Strudsholm et al. (1985) fandt så- ledes, at to grupper af kvier, der enten fik maksimale eller små mængder halm (2,0 kg/dag) i foderet i opdrætningsperioden helt frem til kælvning, alle havde en normalt ud- viklet mave-tarmkanal ved kælvning og uændret foderoptagelse og ydelse i første laktation. Foldager & Ingvarsten (1995) fandt tilsvarende i et forsøg med SDM- kvier, at foderets fyldningsgrad de sidste 12 uger af drægtigheden ikke påvirkede foder- optagelsen i laktationen.

4.4 Styring af tilvæksten ved afgræsning

De fleste kvier i Danmark kommer på græs om sommeren. Fordelene ved det er mindre staldarbejde, bedre sundhed for kvierne og billigt foder. Men da græsvæksten i høj grad påvirkes af vejret, kan det være vanskeligt at styre kviernes tilvækst i sommerhalvåret. Det kræver god planlægning og ikke mindst opfølgning.

Antal kvier pr. ha

Belægningsgraden planlægges ud fra kvier- nes foderbehov ved en given tilvækst samt en vurdering af græsudbuddet. Da græspro- duktionen aftager, og kviernes foderbehov stiger hen gennem sæsonen, må belæg- ningsgraden nødvendigvis reduceres, eller der må suppleres med andet foder. Når f.eks. 40 kvier med en gennemsnitsvægt på 200 kg bindes ud i forsommeren på vedvarende græsarealer med et udbytte på 3000 FE/ha/- år, skal der 4-5 ha til at dække kviernes fo- derbehov. Arealkravet stiger til 11-12 ha i august og til 17-18 ha i oktober. Græspro- duktionen kan variere meget, og derfor må man løbende vurdere græsvæksten og kvier-

nes huld og foretage de nødvendige juste- ringer. Se også kapitel 11.

Parasitbelastning

Kvier på græs har risiko for at blive smittet med parasitter, og et sådant angreb kan ned- sætte tilvæksten betydeligt. De mest almin- delige parasitter er løbetarmorm, lungeorm og coccidier. Førsteårsgræssende kvier er mest modtagelige, da de ikke har opbygget en immunitet ved udbinding. Det har i en år- række været fast rutine at behandle første- årsgræssende kvier med bolus indeholdende ormemediel for at forebygge infektion med løbetarmorm. I dag anbefaler man imidlertid at vurdere den overvintrede græssmitte i den enkelte besætning via gødningsprøver og kun behandle ved behov. Der opsamles gød- ningsprøver fra 5 kvier 4-6 uger efter udbin- ding, og antallet af æg pr. gram gødning an- vendes som udtryk for smitteniveauet. Stra- tegien er afprøvet i 46 malkekvægbesætnin- ger med et godt resultat (Jensen et al., 1999).

Der findes en række ikke-medicinske fore- byggelsesmetoder. Ved at flytte dyrene midt i juli til en ren mark undgår man, at dyrene optager de store mængder larver, som er i græsset på det tidspunkt. En ren mark er et areal, der ikke har været afgræsset af kreatu- rer i indeværende sæson. I en række forsøg fandt Foldager et al. (1981), at den daglige tilvækst i gennemsnit var 286 gram større hos flyttede end hos ikke-flyttede dyr. Et år med stort smittepres kan effekten af en flyt- ning til ny græsmark være meget stor (Sejr- sen et al., 1975).

En anden mulighed for at reducere smitten uden brug af medicin er at udsætte udbin- dingen. Udsættelse af udbinding til efter 1. slæt kan øge tilvæksten meget betydeligt. Tildeling af tilskudsfoder hen på sommeren kan også reducere græsoptagelsen og der- med optagelsen af smittefarlige larver fra græsset. F.eks. fandt Jørgensen et al. (1992)

en markant effekt på kviers tilvækst af at give supplerende tilskud af grønpiller fra 1. august og resten af afgræsningssæsonen.

Endelig kan det være en fordel, at små kalve bindes kortvarigt ud på moderat smittet græs om efteråret. Moderat smitte udvikler nemlig kalvenes modstandskraft, så de er godt beskyttet den følgende sæson.

For at forebygge coccidiose hos førstegangsgræssende småkalve er det meget vigtigt ikke at have en permanent kalvefold.

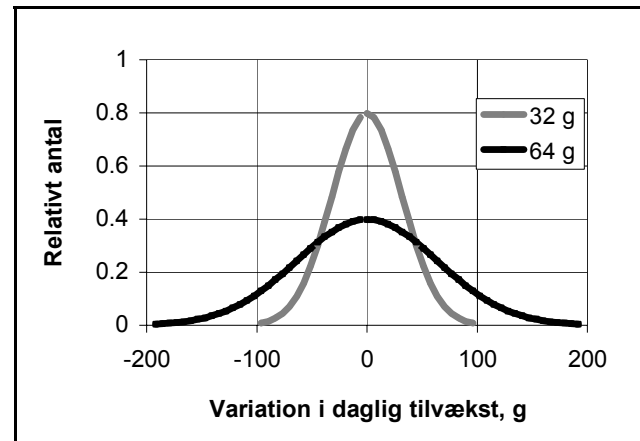
4.5 Variation i kviers tilvækst i praksis

Som omtalt i kapitel 3, er det vigtigt at holde sig for øje, at de anbefalede tilvækster for kvier angiver den forventede *gennemsnitlige* tilvækst ved anbefalede foderniveau, og at de anbefalede tilvækster angiver målet for tilvæksten for en gruppe og ikke for de enkelte dyr. Der vil nemlig altid være en variation i tilvæksten mellem dyr inden for foderniveau. At et dyr har en tilvækst under eller over det planlagte er derfor helt naturligt og ikke nødvendigvis et udtryk for, at opdrætningen ikke har fungeret efter planen.

På basis af opdrætningsforsøg forventes spredningen for individuelt fodrede dyr at være ca. 10 % af den gennemsnitlige tilvækst for gruppen. En 10 % spredning i tilvæksten hos kvier med en gennemsnitlig daglig tilvækst på 600 g betyder, at der i en gruppe på 100 dyr naturligt vil forventes at være 5 dyr, der vokser mindre end 480 g, og 5 der vokser over 720 g, jf. kapitel 3.

Baggrunden for variationen i tilvækst inden for en gruppe af individuelt fodrede dyr er dels genetiske forskelle i dyrenes tilvækstkapacitet, dels tilfældige forskelle mellem dyr betinget af forhold i miljøet. Variationen i tilvæksten hos individuelt fodrede dyr er vist i Figur 4.5 med en genetisk betinget variation på 32 g indsat. Den genetiske andel

af variationen er fundet på basis af resultaterne fra det tidligere omtalte forsøg på Ammitsbøl Skovgaard (Foldager, 1993). Det betyder, at ca. halvdelen af den observerede spredning inden for foderniveau skyldes genetiske forskelle i dyrenes vækstkapa-citet.



Figur 4.5 Genetisk og fænotypisk variation i tilvækst hos individuelt fodrede kvier.

I praksis kan der imidlertid være mange andre naturlige årsager til, at tilvæksten mellem dyr varierer over og under det ønskede gennemsnit. Derfor vil man ofte kunne observere endnu større variation mellem dyr i praksis. F.eks. vil man forvente, at der er større variation i tilvæksten for gruppefodrede dyr end for individuelt fodrede, og variationen vil naturligt være større, hvis gruppen af dyr er uhomogen mht. til størrelse, end hvis den er homogen. Hindhede et al. (1999) har i overensstemmelse hermed observeret spredninger på næsten 200 g/dag hos gruppefodrede dyr.

Det er vigtigt at erkende disse forhold, når man skal bedømme kvaliteten af opdrættets fodring i en besætning, og et kontrolprogram til vurdering af kviernes tilvækst bør tage højde for den naturligt forekommende variation i tilvæksten hos kvierne (Sejrsen & Foldager, 1999). Derfor skal et kontrolprogram

ideelt baseres på følgende hovedelementer:

1. Opstilling af et mål for den gennemsnitlige tilvækst for kvierne i de forskellige perioder af opdrætningen
2. Bestemmelse af alle kviernes vægt på vigtige tidspunkter i opdrætningsperioden
3. Løbende noteringer af vigtige hændelser, F.eks. skift i gruppe, opstaldning eller fodring
4. Vurdering af den opnåede gennemsnitlige tilvækst i forhold til det opstillede mål (afvigelsens størrelse vil give et mål for fodringens gennemførelse)
5. Vurdering af variationen i de enkelte kviernes tilvækster i forhold til det forventede (andelen af dyr inden for den "normale" spredning angiver i hvor høj grad, andre faktorer har påvirket enkeltdyr).

4.6 Vurdering af kviernes vækst i praksis

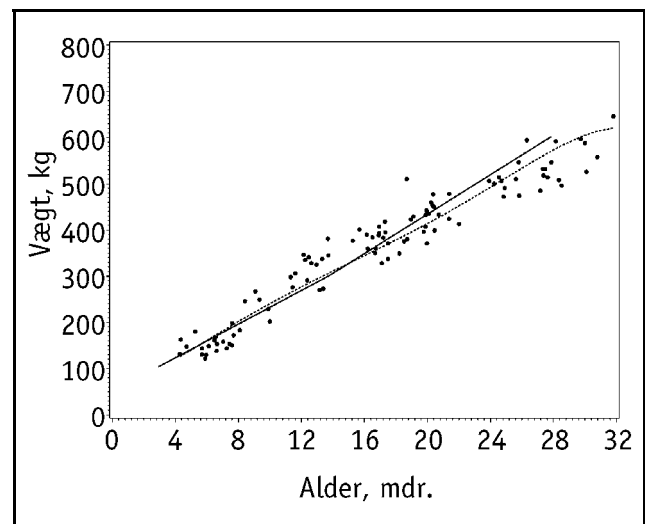
I det følgende beskrives en metode til vurdering af kviernes vækst i praksis, som er udviklet i henhold til foran omtalte principper samt et datamateriale omfattende gentagne registreringer af vægt, højde, brystomfang og huld for kvierne i 15 besætninger (Fisker et al., 2003). Redskabet er indarbejdet i edb-programmerne Dyreregistrering og BEDRIFTSLØSNING i 2002.

Der kan være forskellige begrundelser for at benytte sig af dette værktøj. Ved at måle eller veje kvierne kan man kontrollere, om de vokser, som planlagt. Det kan gøres i perioder, hvor man ønsker at sætte særligt fokus på kvierne i besætningen. Det kan f.eks. være fordi, man ikke er tilfreds med første-kalvskørerne, eller fordi man ønsker at optimere den del af bedriften. Konkrete målinger af kvierne synliggør den arbejdsindsats, der ydes hos kvierne, og er et godt udgangspunkt for en vurdering af eventuelle forbedringsmuligheder.

Vurderingen af kviernes vækst sker i fire trin

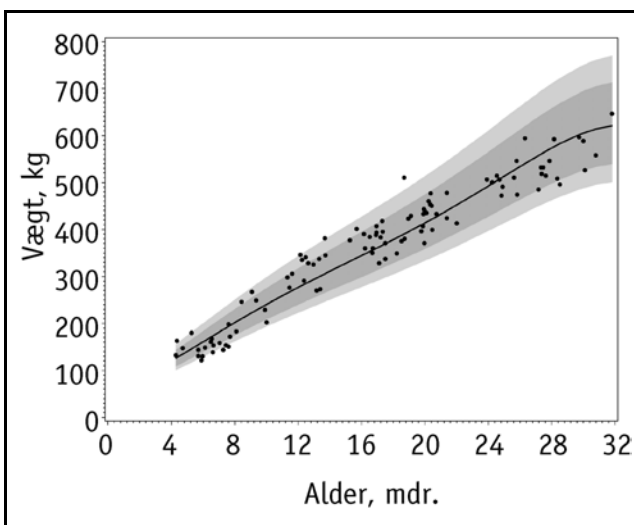
Vurderingen kan ske i op til 4 trin. Trin 1-3 kan foretages efter blot en enkelt registreringsdag, mens trin 4 kræver to målinger på de samme dyr med nogle måneders eller et halvt års mellemrum.

På trin 1 vurderer man, om kvierne som gennemsnit har opnået den planlagte vægt. Vægten kan bestemmes indirekte via en måling af brystomfanget eller ved direkte vejning. Vægtene for de målte kvier vises på et alder/vægt-diagram sammen med en kurve for den planlagte vægt. Kurven for den planlagte vægt afspejler de mål, som landmanden har sat for kvierne i besætningen, og som foderplanen er lavet efter. Målene er alder og vægt ved kælvning samt tilvækst i den kritiske periode. I diagrammet er der også indtegnet en middelkurve for de opnåede vægte. I eksemplet i Figur 4.6 har kvierne over ca. 14 mdr. ikke opnået den planlagte vægt. Der er også en gruppe kvier på 5-8 mdr., der er lettere end planlagt.



Figur 4.6 Alder/vægt-diagram til vurdering af niveauet for kviernes vægt. SDM-besætning med målene 26 mdr. og 600 kg ved kælvning samt 700 gram daglig tilvækst i den kritiske periode.

På trin 2 vurderer man variationen i kvierens vægt. Udgangspunktet er alder/vægt-diagrammet med de enkelte kviers vægte samt middelkurven for disse observationer. I diagrammet tegnes et konfidensinterval, hvor mindst 80 % af kvierne bør befinde sig. Størrelsen af konfidensintervallet er bestemt ud fra den variation, der blev fundet i de 15 besætninger i ovennævnte projekt (Fisker et al., 2003). I eksemplet i Figur 4.7 befinder 86 % af kvierne sig inden for intervallet.

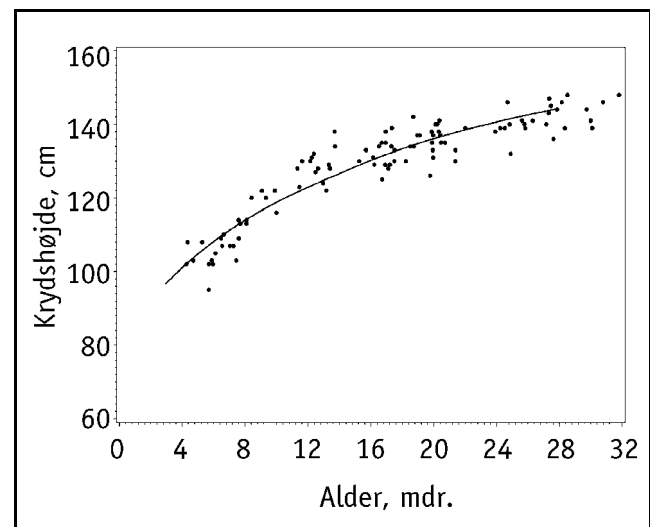


Figur 4.7 Alder/vægt-diagram til vurdering af variationen i kvierens vægt. 80 % af kvierne bør befinde sig inden for intervallet.

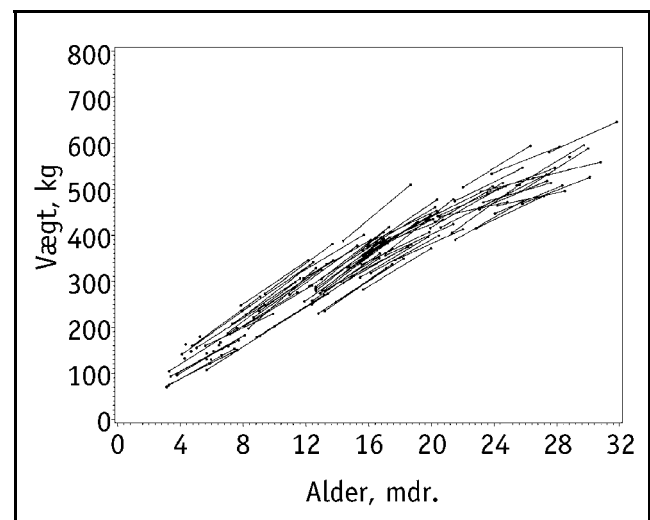
På trin 3 vurderer man, om kvierne som gennemsnit har opnået den planlagte højde. Den planlagte højde er fastsat ud fra den planlagte vægt og den relation mellem højde, vægt og alder, som blev fundet i projektet. I eksemplet i Figur 4.8 er de største kvier generelt lavere end forventet. Det samme gælder en gruppe kvier på 5-8 mdr. I dette eksempel følges vægt og højde altså stort set ad.

Diagrammerne i Figur 4.6-4.8 er statusbilleder for kvierne, og ikke vækstkurver. De fortæller ikke, hvordan de enkelte kviers vækstforløb har været. Gentager man målin-

gerne efter nogen tid, får man imidlertid kendskab til de enkelte kviers tilvækst. På dette trin indtegnes vægtene fra gentagne målinger på et alder/vægt-diagram, og observationer for samme kvie forbindes med en linie. Her kan man vurdere, om linierne ligger parallelt, og kvierne dermed har haft en ensartet tilvækst, eller om der er grupper, der skiller sig ud. Se eksemplet i Figur 4.9.



Figur 4.8 Alder/højde-diagram til vurdering af niveauet for kvierens højde.



Figur 4.9 Alder/vægt-diagram til vurdering af kvierens tilvækst. Observationer for samme dyr er forbundet med en linie.

Som supplement til diagrammet beregnes den gennemsnitlige daglige tilvækst for kvierne henholdsvis i og efter den kritiske periode. Den enkelte kvies tilvækst vægter med det antal dage, den befinder sig i den pågældende periode

Årsager til afvigelser fra det planlagte

Hvis kvierne i en besætning ikke har vokset nok, kan der være mange årsager. Den mest nærliggende er, at de ikke har fået tilstrækkelig energi. Staldforhold som f.eks. overbelægning eller dårligt klima virker dog også negativt på kviernes vækst, ligesom parasitter eller sygdom er en mulig grund. Man må også være opmærksom på, om småkalvene er kommet godt fra start, da det i modsat fald kan betyde, at kvierne er bagefter i forhold til deres alder. Hvis kvierne har opnået en større vægt end planlagt, skyldes det, at de har fået tildelt for meget energi. Det kan i enkelte tilfælde forekomme, at kviernes højdetilvækst er bagefter i forhold til alderen, mens vægten er som planlagt eller derover. Den mest sandsynlige årsag er, at kvierne har været sat tilbage som småkalve, og derefter er fodret stærkt.

Hvis niveauet for kviernes vægt er som planlagt, men variationen mellem dyrene er stor, er det som regel ikke foderniveauet eller foderrationens sammensætning, der er noget galt med. Derimod kan det skyldes forhold i systemet, som giver nogle dyr mulighed for en større foderoptagelse på bekostning af andre dyr, eller det kan skyldes sygdom eller parasitter, der ikke rammer alle dyr lige hårdt.

Højden er med til at beskrive kviernes størrelse

Højden bruges som supplement til vægten ved beskrivelse af kviernes størrelse. Højden er et udtryk for størrelsen af skelettet eller med andre ord for kviens rammer. En høj-

demåling er ikke ligesom en vejning påvirket af kviens fedningsgrad, eventuelle drægtighed eller af mave-tarmkanalens indhold. Generelt er der en tæt sammenhæng mellem vægt og højde. Når forholdet mellem vægt og højde afviger fra det normale for grupper af kvier, kan det give nogle ekstra informationer. Ved en høj vægt i forhold til højden vil kvierne typisk være fede. Omvendt vil en lav vægt i forhold til højden være tegn på magre kvier. Man skal dog huske, at vægt/højdeforholdet ikke kun afspejler fodringen af kvierne, men i høj grad også deres avlsmæssige type.

4.7 Afslutning og perspektiver

De gældende normer for energi er velunderbyggede. Det samme gælder proteinnormerne for de mindre kvier. For de større kvier er de danske proteinnormer lavere end i de fleste lande. Betydningen heraf undersøges i igangværende forsøg på Kvægbrugets Forsøgscenter. De gennemførte forsøg med ungdyr antyder, at dyrene i langt de fleste tilfælde kan tilfredsstille deres proteinbehov alene ud fra mikrobielt protein dannet i vommen. Der er derfor tilsyneladende ikke noget vundet ved at indføre AAT/PBV-systemet til fodring af ungdyr. Det er dog utilfredsstillende at ungdyrenes proteinbehov og forsyning ikke udtrykkes efter samme principper som proteinbehovet for malkekøer.

Baggrunden for normerne for vitaminer og mineraler er ikke alle sammen lige velunderbyggede. Det er svært at vurdere betydningen af dette, men med stor sikkerhedsmargin indbygget i normerne er det sandsynligt, at de fleste danske kvier er velforsynede med både mineraler og vitaminer, når de tildeles de anbefalede mineral- og vitamintilskud. En fintuning af mineralnormerne – f.eks. for fosfor – vil fortsat kunne have positive miljømæssige effekter.

På basis af resultater af forsøg gennemført over en meget lang årrække har det været muligt at udvikle et foderoptagelsessystem, der gør det muligt at styre kviernes gennemsnitlige tilvækst med rimelig sikkerhed ved ad libitum fodring. På trods heraf er der stadig en naturlig variation i tilvæksten mellem enkelt dyr i forhold til de opstillede tilvækstmål. Der kan være mange årsager til denne variation. Det er dog sådan, at den opnåede gennemsnitlige tilvækst i forhold til det planlagte og den observerede variation kan sige noget om kvaliteten af kviernes fodring og pasning. Det er derfor ønskeligt, at det nyligt udviklede styringsprogram for kviernes pasning vil blive flittigt brugt – ikke mindst fordi de opsamlede data er meget relevante til at forudsige kviens senere kvalitet som malkeko.

4.8 Referencer

- Aeberhardt, K., Bruckmaier, R.M & Blum, J.W. 2001. Milk yield and composition, nutrition, body conformation traits, body condition scores, fertility and diseases in high yielding dairy cows – part 1. *J. Vet. Med A.* 48, 97-110.
- Andersen, H.R. 2003. Personlig meddelelse.
- Andersen, H.R. & Foldager, J. 1980. Danish energy and protein feeding standards for growing and fattening cattle. *Ann. Zootech.* 29, 387-391.
- Andersen, H.R. & Foldager, J. 1994. Proteinbehov til kvier fra 3 til 12 mdrs. alderen. Forskningsrapport nr. 26 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 pp.
- Andersen, H.R., Foldager, J., Varnum, P.S. & Hvelplund, T. 1986. Forskellige proteinmængder og proteinkilder til kvieopdræt. Meddelelse nr. 645 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Andersen, P.E., Larsen, J.B., Sørensen, M. & Østergaard, V. 1973. Optimal proteinforsyning til kvæg. Meddelelse nr. 11 fra Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, 34 pp.
- Bagg, J.G., Grieve, D.G., Burton, J.H. & Stone, J. B. 1985. Effect of protein on growth of Holstein heifer calves from 2 to 10 Months. *J. Dairy Sci.* 68, 2929-2939.
- Bethard, G.L., James, R.E., McGilliard, M.L. 1997. Effect of rumen-undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 80, 2149-2155.
- Blom, J.Y. (ed.), 1997. Når Kvien K'ør. Kampagnemateriale fra Landskontoret for Kvæg, 155 pp.
- Casper, D.P., Schingoethe, D.J., Brouk, M.J., Maiga, H.A. 1994. Nonstructural carbohydrate and undegradable protein sources in the diet: Growth responses of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 77, 2595-2604.
- Fisker, I. & Ancker, M. 1999. Energi og protein til kvier på dansk, hollandsk og amerikansk. LK-meddelelse nr. 338 fra Landskontoret for Kvæg, 6 pp.
- Fisker, I., Skjøth, F., Sejrsen, K. & Kristensen, T. 2003. Vurdering af kviers vækst – resultater fra projekt ”Styring af kvieproduktionen”. Rapport nr. 107 fra Dansk Kvæg, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, 81 pp.
- Foldager, J. 1993. Upublicerede resultater. Se Sejrsen & Foldager: Intern Rapport nr. 118 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 92-97.
- Foldager, J. & Ingvarsen, K.L. 1995. Betydningen af rationens energikoncentration, foderniveau og forberedelsesperiodens længde hos kælvekvier for foderoptagelse, produktion, reproduktion og sundhed. Intern rapport nr. 47 fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 38-48.
- Foldager, J. & Sejrsen, K. 1991. Opdrætningsintensitet hos kvier og virkningen på ydelsen i efterfølgende laktation. Rapport nr. 693 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 131 pp.
- Foldager, J., Sejrsen, K. & Larsen, J.B. 1978. Opdrætningsintensitetens indflydelse på yverudvikling og mælkeproduktion i første laktation. Meddelelse nr. 226 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Foldager, J., Sejrsen, K., Larsen, J.L., Nansen, P., Jørgensen, R.J., Hansen, J.W. & Henriksen, S.A. 1981. Bekæmpelse af infektion med løbe-tarmorm hos kalve og kvier på græs. Beretning nr. 514 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 325 pp.
- Foldager, J., Sejrsen, K. & Sørensen, J.T. 1988. Fodringsintensitetens indflydelse på tilvækst og fodernyttelse hos RDM og SDM kvier - Revision af energibehov til tilvækst. Beretning nr. 648, Statens Husdyrbrugsforsøg, 121 pp.

- Henriksen, J., Strudsholm, F. & Foldager, J. 1985. Effekten af beta-karotintilskud på frugtbarhedsresultatet hos kvier og køer på en karotenfattig foderration. Meddelelse nr. 601 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hindhede, J., Mogensen, L & Sørensen, J.T. 1999. Opstaldningens indflydelse på kviers produktion. Bilag til Temamøde. Intern rapport nr. 118, 82-91.
- Ingvartsen, K.L. 1994. Foderoptagelse – ungdyr. Beretning nr. 724 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 41 pp.
- Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1986. Foderoptagelse hos voksende kvæg. Beretning nr. 614 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 115 pp.
- Ingvartsen, K.L., Foldager, J., Aaes, O. & Andersen, P.H. 1995. Effekt af foderniveau i 24 uger før kælvning på foderoptagelse, produktion og stofskifte hos kvier og køer. Intern rapport nr. 47 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 60-74.
- Jensen, A.M., Barrett, T., Enemark, H.L., Thøgersen, R., Strudsholm, F. & Bjørn, H. 1999. Erfaringer med strategi for bekæmpelse af infektion med løbetarmorm hos førstegangsgræssende kvier. LK-meddelelse nr. 434 fra Landskontoret for Kvæg, 14 pp.
- Jensen, K., Steensberg, V. & Winther, J.E. 1949. Proteinmængdens indflydelse på ungkvægets vækst. II. Kvælstofbalanceforsøg. Beretning nr. 237 fra Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, 190 pp.
- Jørgensen, R.J., Satrija, F., Monrad, J. & Nansen, P. 1992. Effect of feeding lucerne pellets on trichostongyle infection in grazing heifers. *Vet. Rec.* 131:6, 126-127.
- Kertz, A.F., Prewitt, L.R., Ballam, J.M. 1987. Increased weight gain and effects on growth parameters of Holstein heifers calves from 3 to 12 months of age. *J. Dairy Sci.* 70, 1612-1622.
- Kristensen, A., Kjeldsen, A.M., Aaes, O., Pedersen, J., Olesen, J.K. & Nørgaard, P. 2000. Selen til kvæg. Rapport nr. 87 fra Landskontoret for Kvæg, 59 pp.
- Lammers, B.P. & Heinrichs, A.J. 2000. The response of altering the ratio of dietary protein to energy on growth, feed efficiency, and mammary development in rapidly growing prepubertal heifers. *J. Dairy Sci.* 83, 977-983.
- Mäntysaari, P. 1993. The effects of feeding level and protein source of the diet on growth and development at slaughter of pre-pubertal heifers. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 43, 44-51.
- Murphy, K.D., Johnson, D.G., Appleman, R.D., Otterby, D.E. 1991. Effects of rearing diet, age at freshening, and lactation feeding system on performance. *J. Dairy Sci.* 74, 2708-2717.
- NRC 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Nat. Academy Press. Washington DC, 157 pp.
- NRC 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Nat. Academy Press. Washington DC, 381 pp.
- Pehrson, B., Kossila, V., Hanssen, J.T. & Enggaard-Hansen, N. 1975. Förslag til normer för makro- og mikromineraler til nötkreatur och svin. *Foderjournalen* 3-4, 54-106.
- Pirlo, G., Capelletti, M. & Marchetto, G. 1997. Effects of energy and protein allowances in the diets of prepubertal heifers on growth and milk production. *J. Dairy Sci.* 80, 730-739.
- Radcliff, R.P., VandeHaar, M.J., Chapin, L.T., Pilbeam, T.E., Beede, D.K., Stanisiewski, E.P. & Tucker, H.A. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holsteins cows. *J. Dairy Sci.* 83, 23-29.
- Sejrsen, K. & Foldager, J. 1999. Kviens ydelseskapacitet i relation til variation i tilvæksten i opdrætningsperioden. Intern Rapport nr 118 fra Danmarks JordbrugsForskning, 92-97.
- Sejrsen, K. & Larsen, J.B. 1978. Ensilage-kraftfoderforholdets indflydelse på kviers foderoptagelse og tilvækst samt mælkeydelse i første laktation. Beretning nr. 465 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 74 pp.
- Sejrsen, K., Larsen, J.B., Foldager, J., Agergaard, E. & Klausen, S. 1976. Kælvealderens indflydelse på foderforbrug, frugtbarhed, kælvningsforløb og mælkeydelse – 2,5 kontra 1,5 års kælvningsalder hos RDM. Medd. nr. 102 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Sejrsen, K., Larsen, J.B. Klausen, S., Henriksen, S.A., Nansen, P., Jørgensen, R.J. & Ludvigsen, J. 1975. Løbetarmparasitter hos kalve på græs. Medd. nr. 29, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.

Steensberg, V. 1947. Proteinmængdens indflydelse på ungvægets vækst. Beretning nr. 227 fra Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, 103 pp.

Strudsholm, F., Foldager, J. & Gildbjerg, L.B. 1985. Mave-tarmkanalens udvikling samt foderoptagelse og mælkeproduktion i første laktation hos kvier opdrættet på store og små mængder halm. Beretning nr. 589 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 69 pp.

Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 84 fra Landskontoret for Kvæg, 47 pp.

Sørensen, J.T., Blom, J.Y., Østergaard, V. & Jensen, P.Thode. 1983. Selen til kælvkvier på græs. Medd. nr. 518, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.

Van Amburgh, M.E., Fox, D.G., Galton, D.M., Bauman, D.E., Chase, L.E. 1998. Evaluation of national research council and cornell net carbohydrate and protein systems for predicting requirements of Holstein heifers. J. Dairy Sci. 81, 509-526.

Malkekoens energiforsyning og produktion

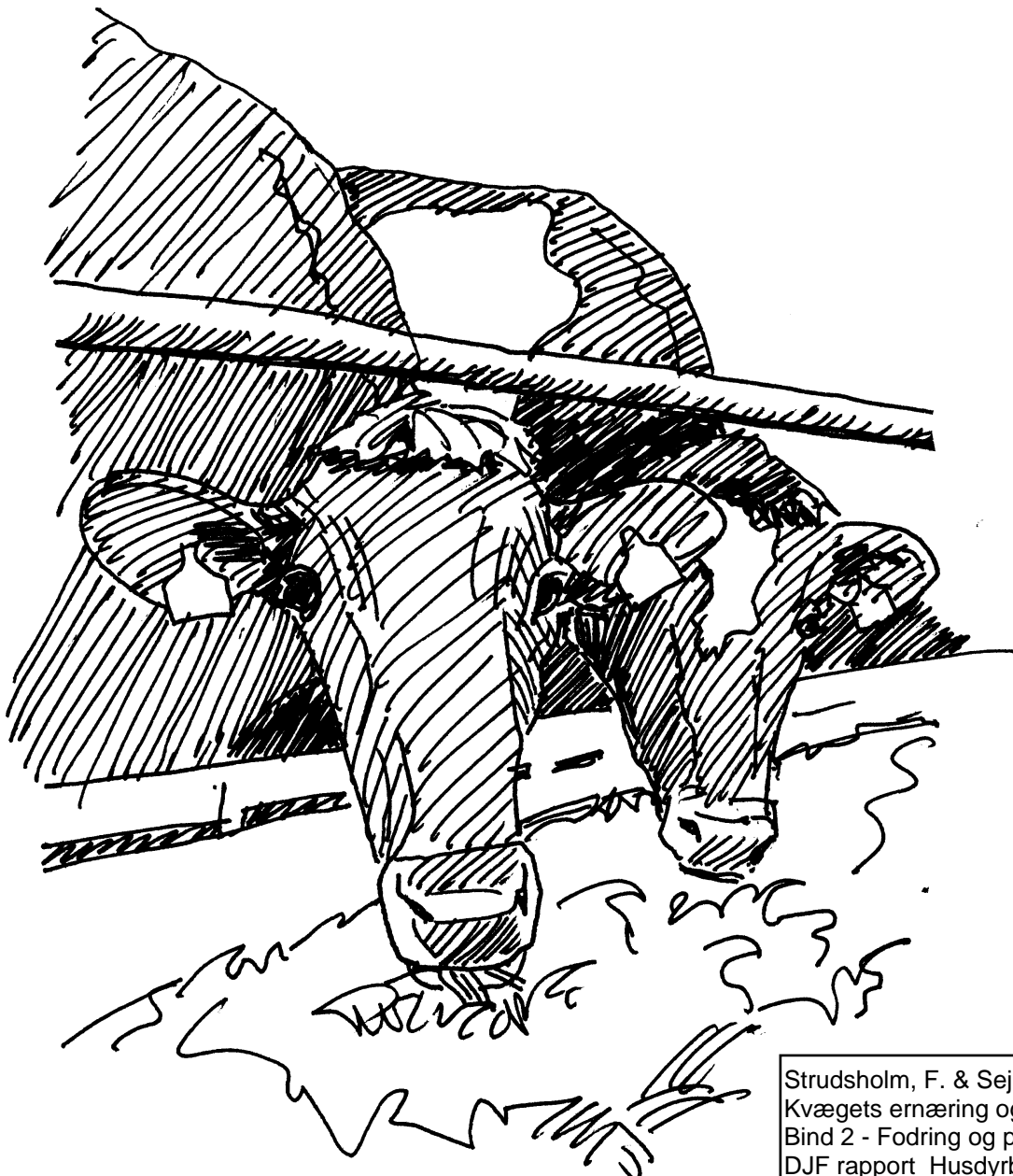
5

af Verner Friis Kristensen¹⁾, Martin Riis Weisbjerg¹⁾,
Christian Friis Børsting¹⁾, Ole Aaes²⁾ og Peder Nørgaard³⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning,

²⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg og

³⁾ Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed,
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

5.1 Indledning

I Danmark har fodermiddelvurderingen siden 1913 været baseret på begrebet nettoenergi, og måleenheden i det danske system blev den skandinaviske foderenhed (FE). I kapitel 19, bind 1 er det danske energivurderingssystem og begreberne bruttoenergi, fordøjelig energi, omsættelig energi og nettoenergi beskrevet. Den skandinaviske FE er i princippet fastholdt som energienhed, men der er sket store ændringer i den måde, energiværdien i praksis beregnes på. Definitionen af begrebet nettoenergi er, at det er den del af energien i det indtagne foder, der kan udnyttes af dyret til vedligeholdelse og produktion (livsytringer) efter fradrag af energitab i fæces, urin, metan og termisk energi. Der blev oprindeligt forudsat faste værdier for fodermidlerne og tilsvarende faste normer eller behovsangivelser, således at værdierne for de anvendte fodermidler umiddelbart kunne adderes, og summen svarede til det udregnede behov. Så enkle forudsætninger holder imidlertid ikke. For det første er energiudnyttelse til forskellige livsytringer ikke ens. Derfor kan en nettoenergiværdi kun være defineret i forhold til en bestemt livsytring. Konsekvenserne heraf kan illustreres ved de beskrivelser, der er givet i de efterfølgende afsnit. Hvis nettoenergiværdien en FE er fastsat til mælkeproduktion, svarer værdien til 7,85 MJ nettoenergi, idet det er den mængde energi, der er i produktet mælk, som produceres på basis af 1 FE. Når den samme energienhed bruges til angivelse af behovet til f.eks. fosterproduktion, er der fundet et behov på 150-160 FE til produktion af et foster på 40 kg. I livmoderen aflejres imidlertid kun energi svarende til ca. 36 FE, når der regnes med energiværdien til mælkeproduktion. Det skyldes den ringe udnyttelse af energien til denne produktion og det deraf følgende store tab ved varmeafgivelse.

Men en anden vigtig årsag til, at de faste værdier ikke holder, er, at udnyttelsen af energien er afhængig af foderniveauet, idet der sker en aftagende udnyttelse med stigende foderniveau. Denne aftagende udnyttelse kan teoretisk skyldes, 1) at foderet fordøjes, og næringsstoffer absorberes mindre effektivt med stigende foderniveau, 2) at der sker ændringer i tabene af energi i metan og urin, eller 3) at den partielle udnyttelse af den omsættelige energi til forskellige livsytringer bliver forringet. Forskelle i foderniveau hænger også sammen med forskelle i rationens sammensætning, som i sig selv kan have væsentlig indflydelse på foderets fordøjelse og omsætning. Det er baggrunden for, at der i de senere årtier er arbejdet med begrebet fodereffektivitet, som i Danmark er defineret som summen af energiforbrug til de registrerede livsytringer i procent af den beregnede energioptagelse. Energiforbruget til livsytringer bygger på de fastsatte energibehov (normer) til de respektive livsytringer.

Køernes mælkeydelse viser ligeledes en aftagende stigning med stigende foderniveau. Det skyldes både forringelsen af energiudnyttelsen og samtidig en relativ forskydning af fordelingen af den absorberede energi fra mælkeproduktion til fordel for kropsdepoter. Samtidig er mælkeproduktionens størrelse og mælkens indhold af næringsstoffer afhængig af rationens sammensætning, som desuden også kan påvirke fordelingen af den optagne energi mellem mælkeproduktion og kropsdepoter. Endelig er både fodereffektiviteten og produktionsresponsen for stigende energioptagelse afhængig af køernes genetisk betingede produktionskapacitet.

Kendskab til disse sammenhænge er særdeles afgørende for tilrettelæggelse af en optimal fodring af malkekøerne. I dette kapitel

beskrives først de energetiske behov til forskellige livsytringer (normer). Dernæst bliver årsagerne til og størrelsesordenen af variationerne i energiens udnyttelse gennemgået. Endelig beskrives de biologiske sammenhænge mellem foderniveauet og fodersammensætningen på den ene side, og responsen i form af fodereffektivitet, mælkeproduktion og tilvækst på den anden side. Det er i den forbindelse forudsat, at rationens indhold af specifikke næringsstoffer som AAT, PBV, mineralstoffer og vitaminer etc. er optimal. Nærværende kapitel omhandler desuden en beskrivelse af vejledende krav til rationens sammensætning, som dels skal bidrage til at sikre dyrenes sundhed, dels må anses som forudsætninger for, at de beskrevne sammenhænge kan forventes at have en rimelig gyldighed. Selve planlægningen og optimeringen af fodringen samt fodringsstrategier og fodringsprincipper er beskrevet her i kapitel 16.

5.2 Energinormer til mælkeproduktion, vedligehold, fosterproduktion og vægtændringer

I dette afsnit beskrives de energiomkostninger (energibehov), der er forbundet med forskellige livsytringer. Disse energibehov betegnes som normer i et fodervurderingssystem. De danske normer sammenlignes med normer anvendt i andre lande, specielt England, Holland, Frankrig og USA.

Mælkeproduktion

Mælkens sammensætning og dermed mælkens energiindhold varierer meget. Til brug for entydig beregning af produktion, energiudnyttelse, energibehov etc. omregnes mælkemængden derfor til en enhed, som ud fra indholdet af mælkebestanddele og disses energiværdi er korrigeret til samme energiindhold. I de nordiske lande bruges enheden ”kg energikorrigeret mælk” (kg EKM), som

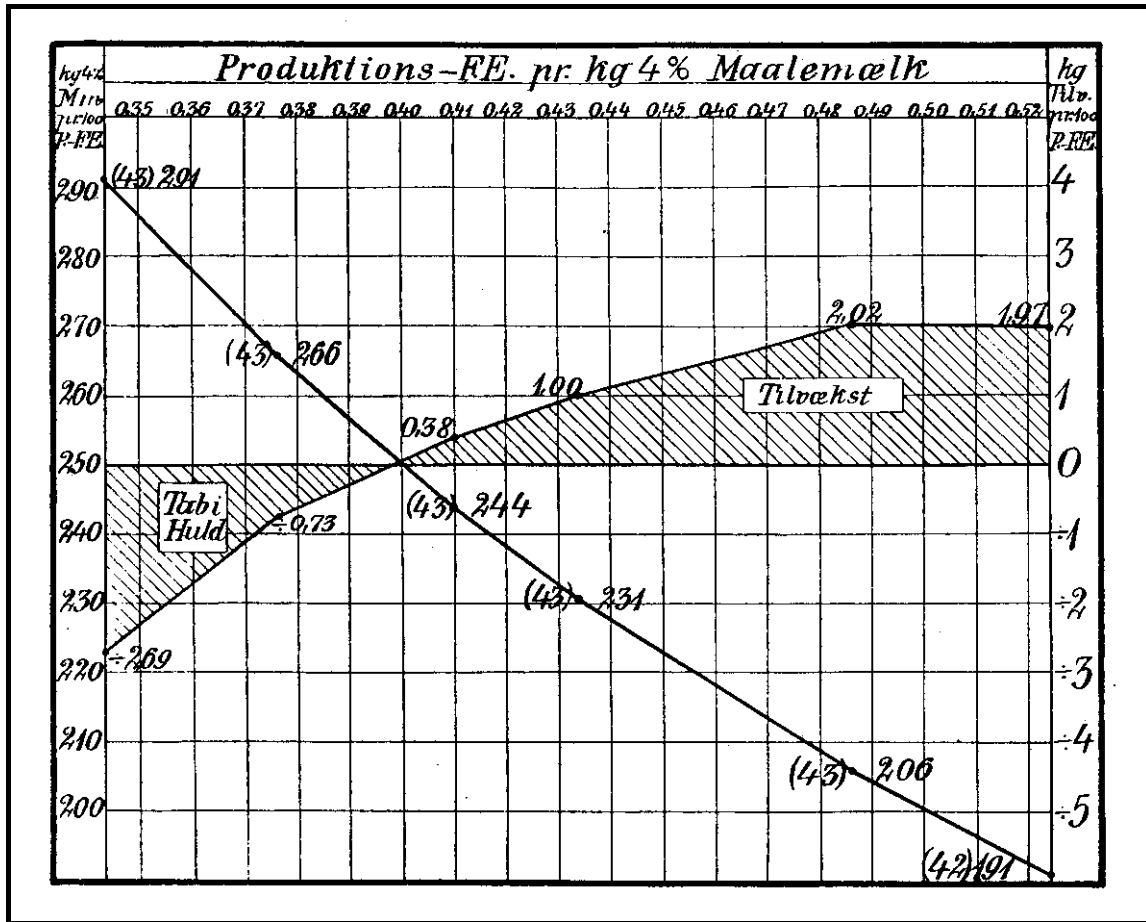
beregnes ved følgende ligning (Sjaunja et al., 1991):

$$\text{kg EKM} = \text{kg mælk} \cdot ((38,3 \cdot \text{g fedt kg}^{-1} + 24,2 \cdot \text{g protein kg}^{-1} + 16,54 \cdot \text{g laktose kg}^{-1} + 20,7)/3140) \quad (5.1)$$

Beregningen kan også foretages alene ud fra indholdet af fedt og protein. De to led $16,54 \cdot \text{g laktose pr. kg mælk}$ og $20,7$ erstattes da med konstanten 783,2.

Tidligere blev der kun korrigeret for indholdet af mælkefedt, og enheden kaldtes kg 4 % mælk eller oprindeligt 4 % målemælk. Der er efter overgangen til ny enhed fastholdt samme energiindhold i den korrigerede enhed. Energiindholdet i et kg 4 % mælk var i forskellige publikationer opgivet til mellem 3,05 og 3,22, i gennemsnit 3,145 MJ pr. kg (Sjaunja et al., 1991). I ligningen til beregning af EKM bruges 3,140.

Den danske norm for energibehov til mælkeproduktion blev fastsat af Frederiksen et al. (1931) ud fra omfattende fodringsforsøg udført i 1920'erne. Resultaterne af disse forsøg er sammenfattet i Figur 5.1. Fodringsintensiteten blev varieret i disse forsøg. Energimængden til kørerne blev reguleret individuelt i forhold til koens aktuelle ydelse, men mængden af energi (FE) tildelt pr. kg mælk var forskellig. Det ses af figuren, at kørerne opnåede energiligevægt, når energitildelingen var på 0,40 produktionsfoderenheder (PFE) pr. kg 4 % mælk svarende til 2,5 kg 4 % mælk pr. PFE. PFE er den energimængde, der gives ud over energi til vedligehold. Når energitildelingen pr. kg 4 % mælk var under dette niveau, var ydelsen pr. PFE tilsvarende større, men kørerne tabte i vægt. Når energitildelingen var over 0,40 FE pr. kg 4 % mælk, blev mælkeydelsen tilsvarende mindre end 2,5 kg 4 % mælk pr. PFE, og samtidig opnåede kørerne en tilvækst.



Figur 5.1 Mælkeydelse og tilvækst pr. produktionsfoderenhet ved forsøg med forskellig fodringsintensitet (Frederiksen et al., 1931).

På denne baggrund blev normen fastsat til: 0,40 FE pr. kg 4 % mælk. En FE svarer således til $2,5 \cdot 3140 = 7850$ kJ nettoenergi til laktation.

I andre systemer anvendes lignende funktioner til beregning af energiindholdet i mælk, og nettoenergiværdien og dermed nettoenergibehovet til mælkeproduktion målt i MJ er derfor af samme størrelsesorden.

Værdien 7,85 MJ pr. FE bruges i det følgende til at foretage sammenligninger til normer i andre fodervurderingssystemer. Det giver ikke præcise sammenligninger, idet energi-

værdierne beregnes på forskellige måder i de forskellige systemer, men det giver grundlag for en tilnærmet og brugbar vurdering af de danske normer i forhold til andre.

Vedligeholdelse

Vedligeholdsbehovet er defineret som koens energibehov til opretholdelse af energilignevægt, dvs. at den hverken taber eller tager på i vægt. Frederiksen et al. (1931) ansatte i de foran omtalte produktionsforsøg det daglige vedligeholdsbehov målt i FE til:

$$FE_{\text{vedligehold}} = \text{Legemsvægten}/200 + 1,5 \quad (5.2)$$

I det britiske system (AFRC, 1993) er behovet fastsat til $0,53 \cdot (W/1,08)^{0,67}$ MJ pr. dag, idet $W/1,08$ er vægten omregnet til fastet vægt. I det franske (Coulon et al., 1989), det hollandske (Van Es, 1978) og det tyske (Anon, 1986) system beregnes vedligeholdelsesbehovet i alle tilfælde som $0,293 \cdot W^{0,75}$ MJ pr. dag. Eksempler på resultater af de forskellige beregningsmetoder er vist i Tabel 5.1. I det hollandske system regnes med samme udnyttelse af omsættelig energi til vedligehold og til mælkeproduktion, og behovet er angivet i nettoenergi til laktation (NE_l). Derfor kan faktoren 7,85 for omregning til FE bruges. I det britiske system regnes med, at udnyttelsen af omsættelig energi til vedligehold er ca. 13 % højere end udnyttelsen til mælkeproduktion, og værdierne er opgivet som nettoenergi til vedligehold (NE_m). Derfor skal værdierne divideres med 1,13 for omregning til NE_l .

Beregnet på denne måde er der inden for de viste vægtgrænser ikke store forskelle mellem de hollandske og danske normer, mens de britiske ligger lidt lavere. På grundlag af nyere respirationsforsøg er det hævdet, at de hidtidige britiske normer for behov til vedligehold er ansat for lavt (Yan et al., 1997; Agnew et al., 1998). Som dansk norm er den simple retliniede funktion fastholdt.

Køernes fysiske aktivitet medfører et energiforbrug, der kommer til udtryk som øget varmeproduktion. Det indregnes derfor i fodervurderingssystemerne som tillæg til energibehovet til vedligehold. I de danske normer anføres et tillæg på 10 % til køer i løsdrift og til køer på græs (Strudsholm et al., 1999). I det britiske system tillægges generelt 0,0095 MJ pr. kg legemsvægt pr. dag (AFRC, 1993), idet det forudsættes, at kørerne går løse. Omregnet svarer det til ca. 0,6 FE. I det hollandske system (Van Es, 1978) tillægges 5 % i løsdrift og 33 % ved græsning. Van Es (1978) diskuterer dog muligheden for, at det ekstra behov ved græsning kan sættes betydeligt lavere, idet det ekstra energiforbrug til bevægelse ved græsning modvirkes af en relativ høj foderudnyttelse, fordi kørerne på græs ofte får en lille kraftfodermængde, og fordi foderoptagelsen er fordelt over mange små måltider. Denne formodning understøttes af, at der opnås en højere foderudnyttelse, jo højere grovfoderets foderværdi er og jo lavere kraftfodermængden dermed er (se de efterfølgende afsnit). I det franske system anføres, at der bør tillægges 10 % til køer i løsdrift og 20 % til køer på græs (Coulon et al., 1989).

Tabel 5.1 Nettoenergibehov til vedligehold beregnet ved forskellige systemer

Vægt, kg	Holland		UK		Danmark ³⁾
	MJ NE_l /dag	FE/dag ¹⁾	MJ NE_m /dag	FE/dag ²⁾	FE/dag
400	26,2	3,3	27,9	3,1	3,5
500	31,0	3,9	32,4	3,7	4,0
600	35,5	4,5	36,6	4,1	4,5
700	39,9	5,1	40,6	4,6	5,0

1) FE = MJ/7,85

2) FE = MJ/1,13/7,85

3) Frederiksen et al. (1931).

I beskrivelsen af det amerikanske system (BANR, 2001) anføres det, at det ekstra behov til græssende dyr er meget usikkert bestemt. Der regnes i dette system først generelt med en 10 % forøgelse af det målte behov til dyr, som går i løsdriftssystemer. Derudover formodes det ekstra behov hos græssende dyr at variere fra ca. 10 % for dyr græssende på flad mark tæt på malkestalden til over 50 % for dyr, som græsser på bakkede arealer med stor afstand til malkestalden. Sammenlignet med systemer i andre lande er behovet til græssende dyr i det danske system således sat lavt.

Miljøeffekter

Hos malkekøer er varmeproduktionen normalt så stor, at der kun forventes en minimal forøgelse af energibehovet til vedligehold i koldt klima, også i åbne løsdriftssystemer hvor køerne holdes tørre og uden direkte vindpåvirkning (BANR, 2001). Varmestress kan sandsynligvis øge energibehovet, men forfatterne, der beskriver det amerikanske system, finder ikke, at der findes tilstrækkeligt dokumenteret materiale til at fastlægge et sådant behov.

Vægtændringer

Hos malkekøer forekommer store vægtændringer, som forårsages af to faktorer, 1) vækst hos unge køer og 2) variationer i stør-

relsen af køernes kropsdepoter i løbet af laktationsperioden. Kvier er ikke udvoksede ved første kælvning. Igennem de første to laktationer skal vægten normalt forøges med ca. 100 kg. Køernes kropsdepoter varierer således, at køerne taber i vægt i begyndelsen af laktationsperioden og tager på igen i løbet af den sidste del af laktationsperioden og drægtigheden. I de danske normer regnes der med en energiaflejring svarende til 4,0 FE pr. kg tilvækst. Værdien gælder for lakterende køer med en huldkarakter på < 3,5.

Mobilisering af et kg kropsvægt svarer i det danske system til en nettoenergimængde på 3,3 FE, idet der regnes med en udnyttelse af den mobiliserede energi på 82 % (Strudsholm et al, 1999).

Energimængden i et kg ændring i kropsvægten kan imidlertid variere betydeligt, idet vægtændringen består af vand, mineraler, protein og fedt i varierende forhold. Den hænger derfor bl.a. sammen med køernes huld, idet der er relativt mere fedt i vægtændringen, jo højere fedningsgraden er. I det amerikanske system (BANR, 2001) har man valgt at forsøge at komme denne variation i møde ved at fastsætte en sammenhæng mellem huldkarakteren (skala fra 1 til 5) og nettoenergiværdien i vægtændringer (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Nettoenergibehov til tilvækst og udnyttelig energi mobiliseret ved vægttab (BANR, 2001)

Huldkarakter	Pr. kg tilvækst		Pr. kg vægttab	
	MJ NE _L	FE ¹⁾	MJ NE _L	FE ¹⁾
1,5	16,7	2,1	14,4	1,8
2,0	18,8	2,4	16,0	2,0
2,5	20,5	2,6	18,0	2,3
3,0	22,4	2,8	19,6	2,5
3,5	24,4	3,1	21,3	2,7
4,0	26,0	3,3	23,3	3,0
4,5	28,2	3,6	24,9	3,2

¹⁾ FE = MJ NE_L/7,85.

Tallene udtrykker den mængde energi, der skal til for at gå op til det næste trin (tilvækst) hhv. den mængde udnyttelig energi, der frigøres ved at gå et trin ned (mobilisering). De amerikanske tal er omregnet til nettoenergi til laktation (NE_L) og dermed korrigeret for forskelle i energiudnyttelse til forskellige livsytninger.

Tallene er noget lavere end den danske norm. Ved at gå fra huldkarakter 2 til 3,5 angiver tallene et forbrug på ca. 2,6 FE pr. kg tilvækst. De amerikanske tal er af samme størrelsesorden som britiske og hollandske. Det britiske system (AFRC, 1993) anfører på grundlag af en nyere undersøgelse med systematiske slagtninger og slagtekropsanalyser af lakterende Holstein/Friesian malkekøer et energibehov pr. kg tilvækst på 19 MJ nettoenergi. Det svarer til 2,5 FE ($19/7,85 \cdot 0,95$), idet der i det engelske system regnes med, at udnyttelsen af omsættelig energi til tilvækst er 95 % af udnyttelsen til mælkeproduktion. I det hollandske system anføres, at aflejringen er 20,9 MJ svarende til ca. 2,7 skandinaviske FE. pr. kg tilvækst, idet der i dette system forudsættes samme energiudnyttelse som ved mælkeproduktion. I det franske system er størrelsen af behovet mere lig den danske norm, idet der regnes med 31,4 MJ pr. kg fastet vægtændring (empty body weight) svarende til ca. 4,0 FE, hvis der forudsættes samme energiudnyttelse til

mælkeproduktion og tilvækst. I det engelske system blev der tidligere omregnet fra et behov pr. kg empty body weight gain til et behov pr. kg liveweight gain ved division med 1,09 (AFRC, 1993). Hvis det samme anvendes på den franske norm, bliver behovet her svarende til 3,7 FE pr. kg tilvækst.

Der regnes i alle systemer med en udnyttelse af mobiliseret energi fra kropsvæv på 80-84 %. I det danske system anføres 3,3 ($4 \cdot 0,82$) FE pr. kg vægttab. Forholdet kan dog kun udregnes så enkelt, hvis der forudsættes samme udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion og tilvækst. I det amerikanske system regnes der med en udnyttelse på 75 % ved kropsaflejring (tilvækst) hos lakterende køer mod ca. 64 % til mælkeproduktion. Det giver en udnyttelse på 96 % af den aflejrede NE_L ($0,75/0,64 \cdot 0,82$).

Fosterproduktion

Den danske norm for energibehov til fosterproduktion fastlægges ved følgende funktion (Østergaard et al., 1994):

$$FE_{\text{foster}} = V/242 \cdot e^{(-0,14 \cdot \text{ufk})} \quad (5.3)$$

hvor V er udvokset vægt for racen, og ufk er uger før kælvning. Normtallene er vist i Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Energibehov til fosterproduktion for stor race og Jersey, FE

Tidspunkt i drægtighed	Stor race	Jersey
5.-6. måned, FE/dag	0,3	0,2
6.-7. måned, -	0,5	0,3
7.-8. måned, -	0,9	0,6
8.-9. måned, -	1,6	1,1
Sidste 14 dage, -	2,2	1,4
Hele drægtighedstiden, FE	130	90

Jakobsen (1957) viste, at der totalt i børen hos den drægtige ko aflejres 209-251 MJ. AFRC (1993) angiver, at den totale energiflejring (E_t , MJ) i forbindelse med fosterudvikling, når kalvens fødselsvægt er 40 kg, bliver: $\log_{10}(E_t) = 151,665 - 151,64e^{-0,0000576t}$, hvor t er dage fra konception. Det giver ved en drægtighedstid på 280 dage 282,5 MJ. Mens udnyttelsen af omsættelig energi til mælkeproduktion er på 60-65 %, er den kun 13-14 % til fosterproduktion (AFRC, 1993; BANR, 2001) eller ca. 22 % af udnyttelsen til mælkeproduktion. Hvis det på den baggrund antages, at 1 FE til mælkeproduktion svarer til 1,73 MJ ($7,85 \times 0,22$) til fostertilvækst, bliver det samlede behov ca. 163 FE ($282,5/1,73$) ved en fødselsvægt på 40 kg. I det franske system er der ved en fødselsvægt på 40 kg anført daglige behov til drægtighed i 7., 8. og 9. måned på hhv. 0,9, 1,6 og 2,6 FE. Det giver et samlet behov i samme størrelsesorden som i det britiske system (AFRC, 1993). Den danske norm viser et samlet energiforbrug på 130 FE ved en fødselsvægt på 40 kg, hvilket er ret lavt i sammenligning med de britiske og franske, mens værdier i det amerikanske system (BANR, 2001) er på samme niveau som de danske.

5.3 Årsager til faldende energiudnyttelse ved højt foderniveau

Udnyttelsen af bruttoenergien i foderet falder gradvist, når foderniveauet øges fra vedligeholdsniveau og opefter. Dette fald har en væsentlig betydning for den produktion, der kan forventes opnået på et givet foderniveau. Faldet kan teoretisk skyldes en forringet fordøjelse og nedsat absorption af næringsstoffer fra fordøjelseskanalen. Andre muligheder er, at der sker en ændret udskillelse af energi i metan og urin, eller at der sker en forringelse af energiudnyttelsen i den intermediære omsætning.

Fald i fordøjelighed

Ved øgning af foderniveauet sker der et fald i fordøjeligheden af især cellevægskulhydraterne (Kristensen & Aaes, 1989). Som udtryk for cellevægssstoffer bruges ofte udtrykket NDF (neutral detergent fibre), der er betegnelsen for en fraktion, som er defineret ved en analysemetode (se kapitel 9, bind 1). Faldet i cellevægskulhydraternes fordøjelighed ved øget foderniveau skyldes en kombination af kortere tilbageholdelsestid i vommen og et mindre optimalt vommiljø. Det forringede vommiljø for cellevægskulhydrat-forgæring skyldes en lavere pH-værdi i vommen, der forårsages af det øgede foderniveau samt især det forhold, at et øget foderniveau som regel opnås ved et øget kraftfoder/grovfoderforhold. Desuden muliggør et højere kraftfoder/grovfoderforhold, at mikroberne kan udvise substratpræference (Weisbjerg et al., 1999). Man må derfor forvente, at effekten af øget foderniveau på fordøjeligheden vil afhænge af rationens sammensætning.

Faldet i fordøjelighed, der ses ved øgning af foderniveauet, varierer meget imellem forsøg. I det følgende refereres til undersøgelser, hvor forskelle i foderoptagelse er opnået såvel ved restriktiv fodring som ved ændring af rationssammensætningen, og også undersøgelser hvor fordøjeligheder målt hos får fodret på vedligeholdsniveau sammenlignes med malkekøer fodret efter ædelyst. Denne situation er aktuel i praksis, hvor energiværdien er baseret på fordøjelighed målt hos får på vedligeholdsniveau. Moe et al. (1965) samt Kristensen & Aaes (1989) fandt et fald på 3-6 procentenheder pr. multiplum af vedligehold for henholdsvis TDN (Total Digestible Nutrients) og organisk stof, mens Llano & DePeters (1985) og Colucci et al. (1982) kun fandt fald i tørstoffordøjeligheden i niveauet 0,5-2 procentenheder pr. multiplum af vedligehold. Yderligere fandt Bi-

nes et al. (1988), at foderniveauet ikke påvirkede fordøjeligheden ved øgning fra 2,26 til 3,07 x vedligehold, og Weisbjerg et al. (1992) fandt heller ingen fald i fordøjeligheden af organisk stof og NDF ved øgning af foderniveauet fra ca. 9 til ca. 13 kg tørstof/dag. Resultaterne tyder på, at alvorlige fald i fordøjeligheden ved øget foderniveau først optræder, når foderniveauet øges fra ca. 3 x vedligehold og opefter, hvor foderniveauet er opnået ved en betydelig kraftfoderandel. Således fandt Robinson et al. (1987) et fald i NDF-fordøjeligheden på 5,5 procentenheder ved øgning af foderniveauet fra 6 til 15 kg tørstof/dag, mens det faldt yderligere 8,5 procentenheder ved øgning fra 15 til 24 kg tørstof/dag.

Resultaterne af Kristensen & Aaes (1989) samt Colucci et al. (1982) tyder på, at faldet i fordøjeligheden som følge af øget foderniveau er større, jo højere andelen af kraftfoder i rationen er, men effekten er konfunderet med højere foderoptag ved de høje kraftfoder/grovfoderforhold.

I nogle forsøg (Kristensen & Aaes, 1989; Kristensen, 1999; Llano & DePeters, 1985) skyldes faldet i fordøjelighed overvejende et fald i cellevægskulhydraternes fordøjelighed, mens det i forsøget af Colucci et al. (1982) overvejende skyldes et fald i fordøjeligheden af celleindholdsstoffer. Dette skyldes sandsynligvis, at rationen hos Colucci et al. (1982) var majsbaseret. Den lavere for-gæringshastighed af stivelse i majs i forhold til andre kornarter kan have medført færre negative associative effekter (se kapitel 9, bind 1) på fordøjeligheden af cellevægskulhydrater samt passage og udskillelse af ufordøjet majsstivelse i gødningen. El Khidir & Thomsen (1983) fandt, at 70 % af nedgangen i organisk stof fordøjelighed ved øget foderniveau skyldtes fald i cellevægskulhydraternes fordøjelighed, mens de 30 % skyldtes celleindholdsstoffer. I dette tilfælde

skyldtes det sandsynligvis en øget udskillelse i gødningen af endogent stof ved øget foderniveau, idet endogent stof overvejende vil blive analyseret som celleindholdsstoffer.

I nogle forsøg er effekten af et øget foderniveau fundet ved sammenligning af resultater fra får fodret på vedligehold og køer fodret på produktionsniveau. Undersøgelser viser, at fordøjeligheden målt hos får og kvæg er på nogenlunde samme niveau, hvad angår organisk stof fordøjelighed, mens kvæg har en højere fordøjelighed af NDF og en lavere fordøjelighed af protein både på vedligeholdsniveau (Woods et al., 1999) og ved ad libitum fodring (Südekum et al., 1995). Faldet i fordøjelighed ved øgning af foderniveauet er større for kvæg end for får, især med hensyn til råprotein (Südekum et al., 1995). Den lavere fordøjelighed af råprotein hos kvæg sammenlignet med får skyldes sandsynligvis et større tab af endogent protein i gødningen, som stammer fra den mikrobielle omsætning i blind- og tyktarm (El Khidir & Thomsen, 1983; Kristensen et al., 1997). Det mikrobielle proteintab får sandsynligvis øget betydning med øget foderniveau, hvor en større mængde forgærbart stof kan nå blind- og tyktarm (El Khidir & Thomsen, 1983).

Når foderoptagelsen bliver øget som følge af en genetisk udvikling mod køer med højere ydelsespotentiale og dermed højere kapacitet for foderoptagelse, kan det dog forventes, at samme ration vil have samme fordøjelighed hos køer med anlæg for henholdsvis lav og høj foderoptagelse ved tildeling efter ædelyst (Agnew et al., 1998). Den fordøjelsesfysiologiske forklaring på, at foderniveauet kan øges ved et øget genetisk ydelsespotentiale, uden at det forringer fordøjeligheden, er ikke kendt, men den må i det mindste delvis skyldes en øgning i vommens kapacitet.

Konklusionen er, at der kan ske betydelige fald i fordøjeligheden ved øget foderniveau i forhold til den potentielle fordøjelighed fundet ved fodring omkring vedligeholdetsbehovet, og at det marginale fald i fordøjelighed øges med stigende foderniveau og kraftfoderandel i rationen. En øgning i foderoptagelsen betinget af en genetisk udvikling mod et højere ydelsespotentiale og dermed større foderoptagelseskapacitet resulterer dog ikke i et fald i fordøjeligheden.

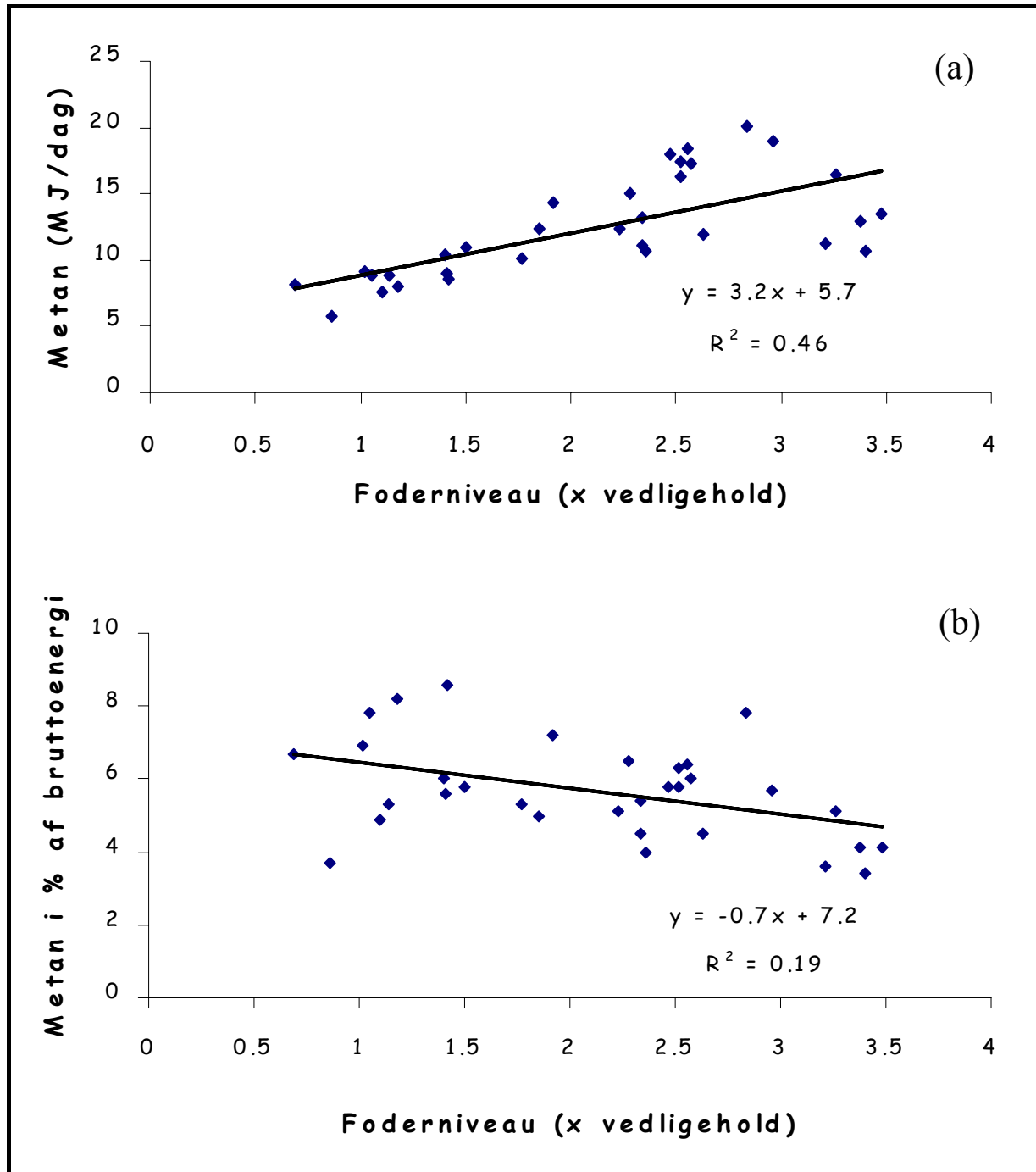
Energital i metan

Den mikrobielle forgæring i vommen medfører produktion af metan, der under drøvtygningen ræbes op sammen med blandt andet kuldioxid. Dannelsen af metan er en nødvendig og for de metanogene bakterier energigivende proces til bortskaffelse af overskydende brint ved forgæring til eddikesyre og smørsyre. Metan (naturgas) er energirig, og derfor medfører tabet af metan et energital. Pelchen et al. (1998) fandt, at energitabet i gennemsnit udgjorde 5,6 % af bruttoenergien baseret på 729 observationer fra litteraturen, og Yan et al. (2000) fandt baseret på 322 målinger et gennemsnitligt metantab på 6,8 % af bruttoenergien. Da metandannelsen er kædet sammen med først og fremmest eddikesyre og smørsyreproduktionen, vil metandannelsen følge mønstret for produktion af kortkædede syrer. En øgning i foderniveauet vil normalt forskubbe forgæringsmønstret i retning af større andel propionsyre og en lavere andel eddike- og smørsyre, både ved uændret rations sammensætning men især ved øget kraftfoder/grovfoderforhold (Sutton et al., 1988). Således kan det forventes, at andelen af bruttoenergi, der tabes i metan, falder ved øget foderniveau, og det kan forventes, at faldet

afhænger af rationens kraftfoder/grovfoderforhold og fordøjelighed. Desuden medfører et øget foderniveau også en større passagehastighed af foder og mikrober ud af vommen, og dermed en lavere fordøjelighed af foderet i vommen og en øget effektivitet af den mikrobielle syntese. Derved bliver lysen (nedbrydningen) af mikrober i vommen reduceret, hvorved forholdet mellem produceret mikrobielt stof og kortkædede syrer bliver forskubbet i retning af mikrobielt stof, hvilket også reducerer det afledte metantab.

Schiemann et al. (1971) fandt, at metantabet i % af bruttoenergi i gennemsnit faldt med 1,1 % pr. multiplum af vedligeholdsniveau, når foderniveauet blev øget op til 3,7 x vedligehold. I de senere år er der publiceret flere artikler, hvor der er samlet op på publicerede målinger af metanproduktion (Benchaar et al., 1997; Kirchgessner et al., 1995; Pelchen et al., 1998; Wilkerson et al., 1995). Litteraturværdier for metanproduktion samlet af Benchaar et al. (1998) er plottet i Figur 5.2. Figur 5.2 viser, at den absolutte metanproduktion stiger med øget foderniveau, men som % af bruttoenergien viser metantabet en faldende tendens ved stigende foderniveau på ca. 0,7 procent af bruttoenergien pr. multiplum af vedligehold. Yan et al. (2000) fandt tilsvarende, at den andel metan udgør af bruttoenergien blev reduceret med 0,78 % pr. multiplum af vedligehold.

Da effekten af øget foderniveau på omsætningen i vommen (fordøjelighed, VFA fordeling) progressivt med øgningen i foderniveau øges samtidig med, at vedligeholdsproduktionen fortyndes, kunne det forventes, at metanproduktion plottet mod foderniveau ville udvise en kurvelineær sammenhæng.



Figur 5.2 Energitabet i metan pr. dag (a) og som % af bruttoenergi-optaget (b) plottet mod foderniveau (x vedligehold). Ud fra resultater samlet af Benchaar et al. (1998).

Figur 5.2 tyder ikke på, at der er en afbøjning, men på en betydeligt større variation ved højt foderniveau. At visse studier ikke viser en afbøjning kan skyldes, at fortynding af vedligehold har størst effekt tæt på vedligeholdsniveauet, mens effekten på vomom-

sætningen er størst på høje foderniveauer, hvilket kan gøre den samlede effekt af foderniveau lineær. Visse studier tyder dog på en afbøjning, idet Pelchen et al. (1998) ved beregning på litteraturværdier for 729 observationer fandt, at metanproduktionen pr.

dyr pr. dag steg op til et foderniveau på ca. 2,7 x vedligehold, hvorefter det faldt svagt. Resultater af Kirchgessner et al. (1995) tyder ligeledes på afbøjning ved høje foderniveauer.

Der er de senere år publiceret adskillige modeller til forudsigelse af metantabet. Som eksempel gives her en model (formel 5.4) præsenteret af Kirchgessner et al. (1995) baseret på optagelsen af træstof, NFE, råprotein og råfedt. Formel 5.4 viser, at det især er rationens indhold af cellevægskulhydraterne (træstof), der betinger metanproduktionen, mens fedttilskud reducerer metanproduktionen.

$$\begin{aligned} \text{Metan (g/dag)} = & 63 + 79(\text{kg træstof/dag}) \\ & + 10(\text{kg NFE/dag}) + 26(\text{kg råprotein/dag}) \\ & - 212(\text{kg råfedt/dag}) \\ R^2 = 0,69 \text{ og } S_{y,x} = 22 \end{aligned} \quad (5.4)$$

Proteinniveau og energitab i urin

Der udskilles urinstof og andre stofskifteprodukter i urinen. Da disse stoffer er energiholdige, betyder det, at der sker et energitab via urinudskillelsen. I forsøg med malkøkøer i første del af laktationen fandt Saa- ma et al. (1993) således, at energitabet i urinen udgjorde 8,4 MJ pr. døgn eller 2,4 % af bruttoenergiindtaget ved et gennemsnitlig bruttoenergiindtag på 354 MJ/døgn og et ydelsesniveau på ca. 34 kg mælk/døgn.

Udskillelsen af urinstof afhænger altovervejende af dyrets proteinforsyning i forhold til behovet, idet overforsyning med N i form af PBV eller AAT må forventes at ende som urinstof i urinen (Hvelplund & Madsen, 1995; Weisbjerg, 1997). Tabet af stofskifteprodukter i urinen ud over urinstof må forventes at stige med stigende foderniveau, men langt fra proportionalt med fodernivea- uet. Derfor sker der en fortynding af dette tab ved øget foderniveau set i forhold til

bruttoenergiindtaget. I overensstemmelse hermed fandt Schiemann et al. (1971), at energitabet via urinen blev reduceret med 1 % af bruttoenergien pr. multiplum af vedligehold ved foderniveauer op til 3,7 x vedligehold. Hvis denne reduktion overvejende skyldes en fortynding af et tab, der skyldes basal-stofskiftet, kan reduktionen ikke forventes at være lineær, men stærkere pr. x øgning i vedligehold på lave foderniveauer i forhold til højere foderniveauer.

Ved fodring i henhold til de danske normer (Strudsholm et al., 1999) sker der et fald i "overskudsprotein" (optaget protein minus protein udskilt i mælk) pr. foderenhed optaget, når foderniveauet øges, og dermed må energitabet i urinstof forventes at falde ved øget foderniveau, når der fodres med protein efter norm.

Udnyttelse af omsættelig energi

Den partielle udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion (k_1) ligger omkring 0,60 - 0,65, uafhængigt af foderniveau (Agnew et al., 1998; Moe & Tyrrell, 1975) (se også kapitel 19, bind 1). Udnyttelsen k_1 er også uafhængig af køernes ydelsespotentiale (Agnew et al., 1998). Selv ved store ændringer i fordelingen af næringsstoffer mellem tilvækst og laktation, som kan opnås ved f.eks. tilskud af væksthormon, er det fundet, at udnyttelsen af omsættelig energi til livs- ytringer ikke blev ændret (Tyrrell et al., 1988).

Ved øget proteintildeling stiger udskillelsen og dermed syntesen af urinstof. Da denne proces er energikrævende, medfører øget urinstofudskillelse et fald i udnyttelsen af omsættelig energi. Danfær et al. (1980) be- regnede således, at omsætning og udskillelse af overskudsprotein koster ca. 0,8 FE pr. kg fordøjeligt protein. Heraf kan knap halvde- len forklares som øget energiudskillelse i urinen, hvis overskuddet udskilles som urin-

stof. Resten af energitabet må skyldes varmetab ved syntese og udskillelse af urinstof. Der må således forventes en lavere udnyttelse af omsættelig energi til produktion svarende til ca. 0,4-0,5 FE pr. kg fordøjeligt råprotein tildelt udover behovet, idet den ekstra energiudskillelse i urinen er fratrukket ved beregningen af omsættelig energi.

Sammenvejet effekt af øget foderniveau

De væsentligste af de beskrevne virkninger af foderniveau og rationssammensætning på energiudnyttelsen hos køer med givne egenskaber er illustreret i Tabel 5.4, som til gengæld ikke inkluderer virkninger af forskellige egenskaber hos køerne. Tabellen viser de teoretiske resultater baseret på den foran beskrevne omsætning samt på modeller, som forudsiger foderoptagelse og produktion, når tre rationer med forskellige kraftfoder/grovfoderforhold opfodres hhv. på vedligeholdsniveau og ad libitum. Jo højere kraftfoder/grovfoderforholdet er, jo højere bliver foderniveauet ved ad libitum fodring, således at virkninger af foderniveau og rationssammensætning er konfunderede. Forudsætningerne for tallene i tabellen er malkekøer af tung race med en vægt på 580 kg og en ydelseskapacitet på 8500 kg EKM pr. årsko. De dækker laktationsafsnittet 3-15 uger efter kælvning, og der er en fordeling på 35 % førstekalvskøer og 65 % ældre.

Ved et øget foderniveau må det forventes, at fordøjeligheden af især foderets cellevægs-

kulhydrater falder i forhold til potentiel fordøjelighed målt ved vedligeholdsniveau, og denne effekt øges, når det øgede foderniveau opnås ved et øget kraftfoder/grovfoderforhold. Faldet i fordøjelighed ved øget foderniveau er stærkere, jo højere udgangspunktet er. Hvis et øget foderniveau hos en ko er betinget af en øget genetisk foderoptagelseskapacitet, kan der forventes samme fordøjelighed af samme ration som hos en ko med lavere optagelseskapacitet, når de begge fodres efter ædelyst. Faldet i fordøjelighed ved øget foderniveau bliver delvist opvejet af en reduktion i det relative energitab i metan og urin. Reduktionen i energitabet i urin i forhold til bruttoenergien skyldes først og fremmest en fortynding af vedligeholdstab, mens reduktionen i metantabet både skyldes en fortynding af vedligeholdstab og en ændret vomomsætning. Reduktionen af tabene i urin og metan betyder, at omsættelig energi i procent af fordøjelig energi øges fra 81 op til 91 %, og stigningen er afhængig af både foderniveau og rationssammensætning. Den partielle udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion kan forventes at være uafhængig af foderniveau og køernes genetiske potentiale. De samlede virkninger på energiomsætningen betyder, at fodereffektiviteten (se definition i næste afsnit) falder fra omkring 100 % ved vedligeholdsniveau til hhv. 97, 93 og 88 % ved ad libitum fodring med de tre rationer med stigende kraftfoderandel.

Tabel 5.4 Vurdering af foderniveauets og rationssammensætningens betydning for fordelingen af bruttoenergien ved 3 rationer med forskellig kraftfoder/grovfoderforhold tildelt på vedligeholdsniveau og efter ædelyst

Ration	1		2		3	
Foderniveau (x vedligehold)	1	3,5	1	4	1	4,6
Rationssammensætning (% af tørstof)						
Rapskager	12,9	12,9	24,3	24,3	22,3	22,3
Byg	0,0	0,0	2,8	2,8	29,0	29,0
Kløvergræsensilage	87,1	87,1	72,9	72,9	48,7	48,7
Foderoptagelse (kg TS)	4,7	16,3	4,4	17,7	4,2	19,3
Foderoptagelse (FE)	4,4	15,4	4,4	17,6	4,4	20,3
Bruttoenergi (MJ/d) ¹	84,6	293,2	81,0	325,9	77,9	357,9
Fæces energi (MJ/d) ²	18,4	79,9	17,2	93,8	15,1	112,4
Fæces energi (% af bruttoenergi)	21,7	27,2	21,3	28,8	19,4	31,4
Fordøjelig energi (DE) (MJ/d)	66,2	213,4	63,8	232,1	62,8	245,5
Metan (g/d) ³	133,1	306,2	112,3	261,2	100,3	234,4
Metan energi (MJ/d)	7,4	17,0	6,2	14,5	5,6	13,0
Metan (% af bruttoenergi)	8,7	5,8	7,7	4,4	7,1	3,6
Urin energi (MJ/d) ⁴	5,2	10,6	4,9	10,1	4,8	8,9
Urin energi (% af bruttoenergi)	6,1	3,6	6,1	3,1	6,1	2,5
Omsættelig energi (ME) (MJ/d)	53,6	185,8	52,6	207,5	52,4	223,5
ME i % af DE	81,0	87,1	82,5	89,4	83,6	91,1
Nettoenergi i optaget foder (MJ/d) ⁵	34,8	120,8	34,3	138,1	34,6	159,1
Energi til vedligehold (MJ/d) ⁶	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5
Energi til vedligehold (% af bruttoenergi)	40,8	11,8	42,6	10,6	44,3	9,7
Mælk (kg/d) ⁷	0	27,3	0	29,0	0	30,3
Energi i mælk (MJ/d)	0	85,7	0	91,1	0	95,2
Energi i mælk (% af bruttoenergi)	0	29,2	0	28,0	0	26,6
Tilvækst (kg/d) ⁸	0	-0,1	0	0,1	0	0,3
Energi i tilvækst (MJ/d)	0	-2,6	0	3,1	0	10,4
Energi i tilvækst (% af bruttoenergi)	0	-0,9	0	1,0	0	2,9
Termisk energi (MJ/d) ⁹	19,1	68,8	18,0	78,7	17,9	83,5
Termisk energi (% af bruttoenergi)	22,6	23,4	22,3	24,1	23,0	23,3
Nettoenergi i livsytringer (MJ/d)	34,5	117,6	34,5	128,8	34,5	140,1
Fodereffektivitet (%) ¹⁰	99,2	97,4	100,6	93,3	99,8	88,0

Tabel 5.4 fortsættes

Tabel 5.4 fortsat

- ¹ Beregnet med energifaktorer som for fordøjelig energi ved beregning af $FE_{kvæg}$
- ² Udgangspunkt i potentiel fordøjelighed af organisk stof på vedligeholdsniveau, herefter indenfor ration reduktion på henholdsvis 5,5; 7,5 og 12,0 %-enheder i forhold til respektiv vedligehold
- ³ Beregnet ud fra formel 5.4
- ⁴ Urinenergi i % af bruttoenergi på ration 3 (4,6 x vedligehold) er estimeret ud fra Saama et al. (1993), for de andre rationer er energien som % af bruttoenergi øget med 1 %-enhed for hvert multiplum af vedligehold foderniveauet er lavere.
- ⁵ FE optaget gange 7,85 MJ nettoenergi
- ⁶ Beregnet ud fra formel 5.2
- ⁷ Beregnet ud fra formel 5.14
- ⁸ Vurdering, energi efter norm (4 FE ved tilvækst, 3,3 FE ved vægttab)
- ⁹ Beregnet som differens
- ¹⁰ Livsytringer (nettoenergi) i % af fodernettoenergi.

5.4 Fodereffektivitet ved stigende foderniveau

Definition af fodereffektivitet

Begrebet fodereffektivitet er blevet defineret forskelligt, specielt har der været forskel på definitionen mellem forskere beskæftiget med avl og ernæring (Blake & Custodio, 1984). Hvis fodereffektivitet måles som kg mælk produceret i forhold til total foderoptagelse, således som det er gjort i et stort antal undersøgelser, findes der altid en stigende effektivitet med stigende produktionsniveau (Lamb et al., 1977; Gibson, 1986). En væsentlig årsag hertil er en fortyndingseffekt, idet vedligeholdsfoderet udgør en mindre andel af det totale foder, jo højere produktionsniveauet er. En anden vigtig årsag er, at der ikke bliver taget hensyn til ændringer i kropsdepoter, som ved sammenligning af køer med forskelligt produktionsniveau er mere positiv hos lavtydende end hos højtydende køer, og en større mængde udnyttet energi derfor ikke tælles med hos de lavtydende. I Danmark defineres fodereffektivitet således, at energiudnyttelsen til samtlige livsytringer inkluderes:

Fodereffektivitet, % = (Summen af energi (FE beregnet ud fra normer) udnyttet i samtlige livsytringer) · 100/(målt energi (FE) i optaget foder).

De danske normer er beskrevet i afsnit 5.2 i dette kapitel. De aktuelle livsytringer er vedligeholdelse, bevægelse, mælkeproduktion, vægtændringer og fosterproduktion. Af disse kan vægtændringer give anledning til betydelige fejl, idet der er stor usikkerhed vedrørende sammenhængen mellem vægtændringer og ændringer i aflejret energi i kroppen. Det skyldes, at vægtændringer inkluderer variationer i mave-tarmsystemets indhold og i kroppens væskeindhold, og at forholdet mellem fedt og protein i den egentlige tilvækst eller i mobiliserede depoter kan variere betydeligt. Denne usikkerhed må antages at bidrage væsentligt til en stor spredning på den udnyttelse af energien, som beregnes på basis af fodringsforsøg.

Foderets energiværdi målt i skandinaviske FE (nævneren i ligningen) er oprindeligt fastlagt ved et lavt foderniveau og kan betegnes som den potentielle værdi af foderet. Den beregnes på basis af fordøjeligheden af foderets organiske stof bestemt ved fodring af får på vedligeholdsniveau.

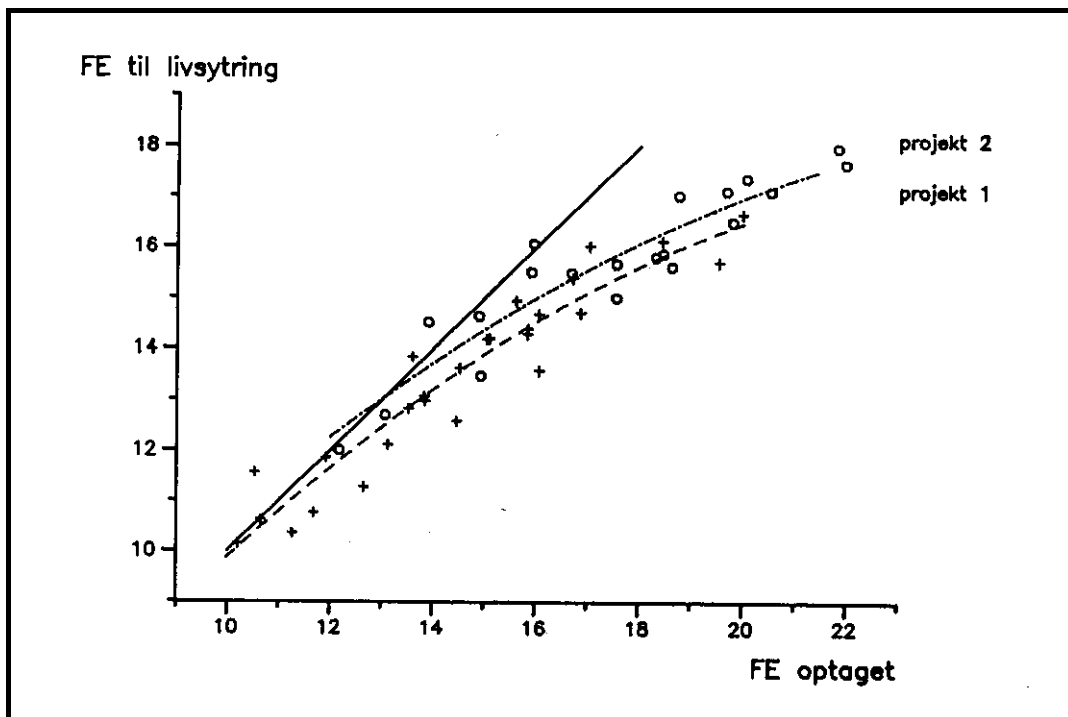
Faldende effektivitet med stigende foderniveau

Som beskrevet i afsnit 5.3 medfører et stigende foderniveau ændringer i fordøjelsen og i tabet af energi i urin og metan, som

samlet betyder en voksende reduktion i den andel af den potentielle mængde omsættelig energi, der bliver til rådighed for koen. Det har længe været kendt, at fodereffektiviteten aftager med stigende foderniveau, idet det er vist i mange publikationer begyndende så langt tilbage som i 1930 (ARC, 1980). Der har også gennem længere tid været indbygget korrektioner for den aftagende udnyttelse i energivurderingssystemer i mange lande. Der bliver således korrigeret for det "aftagende merudbytte" i Holland (van Es, 1978), Frankrig (Vermorel, 1989), UK (AFRC, 1993) og USA (BANR, 2001). I det franske system korrigeres energiudnyttelsen både for foderniveau og kraftfoderandel i rationen og i USA for foderniveauet og fordøjeligheden af den samlede ration (se senere under sammenligning af det danske system med udenlandske systemer). I det nu-

værende danske system bliver der ligeledes korrigeret for den aftagende energiudnyttelse (Strudsholm et al., 1992; Strudsholm et al., 1999).

Den aftagende udnyttelse af energien i foderet med stigende foderniveau kommer til udtryk i en kurvelineær sammenhæng mellem optaget energi og udnyttet energi. Danfær (1983) analyserede på grundlag af danske data sammenhængen mellem foderniveauet og fodereffektiviteten. Kristensen & Aaes (1989) analyserede emnet yderligere på basis af data fra to forsøgsprojekter, i hvilke foderniveauet dækkede et bredt interval fra 10-12 FE til 20-22 FE pr. ko pr. dag (Figur 5.3). Disse data stammede fra forsøg udført i slutningen af 1970'erne og begyndelsen af 1980'erne med køer med en ydelseskapalet svarende til ca. 7300 kg EKM pr. årsko.



Figur 5.3 Sammenhæng mellem optaget energi og udnyttet energi til livsytringer beregnet ud fra normer.

Ud fra dette materiale blev der fastsat en fælles ligning, som bedst muligt beskrev den observerede sammenhæng:

$$FE_{udnyttet} = -1,47 + 1,43 \cdot FE_{optaget} - 0,0261 \cdot (FE_{optaget})^2 \quad (5.5)$$

Denne sammenhæng har i en årrække været brugt i "Danske fodernormer til kvæg" som en del af grundlaget for at beregne den forventede fodereffektivitet og senest også det optimale foderniveau (Strudsholm et al., 1992; Strudsholm et al., 1999).

Virkning af ydelses- og foderoptagelseskapacitet på fodereffektiviteten

Det er imidlertid ikke nok kun at betragte foderniveauet. Fodereffektiviteten forbedres med stigende produktionskapacitet hos køerne (Østergaard et al., 1989; Kristensen, 1999). Den udnyttede andel af foderenergien på et givet foderniveau er således større hos køer med en højere ydelseskapacitet end hos køer med lavere ydelseskapacitet. Den sandsynlige årsag er køernes ændrede egenskaber mht. højere foderoptagelses- og produktionskapacitet. Det skyldes tilsyneladende ikke en mere effektiv fordøjelse eller energiomsætning af givne rationer hos højtydende køer sammenlignet med køer med lavere ydelseskapacitet. Som også beskrevet i afsnit 5.3 er der således ikke fundet forskel på fordøjelsen af givne rationer, der opfodres ad libitum til køer med forskellig ydelseskapacitet, ligesom der heller ikke er fundet forskel på den partielle udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion mellem køer med forskellig ydelsespotentiale (Davey et al., 1983; Blake & Custodio, 1984; Bauman, 1985; Gordon et al., 1995; Agnew et al., 1998). Forskel i ydelseskapacitet gav heller ingen forskel på den relative udskillelse af energi i urin eller metan eller på varmeproduktionen (Davey et al., 1983; Gordon et al., 1995). En forøgelse af produktionen på 16-22 % ved injektion af

væksthormon har heller ikke påvirket fordøjelsen af energi eller den partielle udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion (Tyrrell et al., 1988; Kirchgessner et al., 1989).

Den bedre fodereffektivitet hos køer med højere ydelse skyldes således udelukkende, at de højtydende køer optager en større mængde foder og dermed en større mængde energi end lavtydende køer, og at de udnytter energien i dette foder med samme effektivitet på trods af den større foderoptagelse. Tilsvarende gælder tilsyneladende for større, ældre køer sammenlignet med mindre, unge køer. Der fandtes således en forskel i fodereffektiviteten mellem to forsøgsprojekter, der på tilsvarende måde var relateret til en forskel på foderoptagelseskapaciteten, men hvor årsagen hertil var en forskel i andelen af førstekalvskøer (Kristensen & Aaes, 1989).

Fastlægnings af den aftagende energiudnyttelse med stigende foderniveau

På den beskrevne baggrund må der hos køer med en given foderoptagelseskapacitet forventes en aftagende udnyttelse af foderenergien og dermed et fald i fodereffektiviteten med stigende foderniveau som følge af en mindre effektiv fordøjelse. Forringelsen af fordøjelsen er afhængig af kraftfoder/grovfoderforholdet. Ved ad libitum fodring med ens rationer forventes samme fodereffektivitet hos køerne, selvom de er på forskelligt foderniveau på grund af forskellig størrelse eller ydelseskapacitet og dermed forskellig foderoptagelseskapacitet. Disse forudsætninger benyttes i det følgende til at beskrive sammenhænge mellem energiudnyttelsen på den ene side og foderoptagelseskapaciteten, foderniveauet og foderkvaliteten på den anden. Til dette formål benyttes resultaterne af de to projekter (projekt 1 og projekt 2), som blev analyseret af Kristensen & Aaes (1989) samt resultater af to nye forsøg udført i

1997-1999, hvoraf det første er beskrevet af Kristensen (1999). Det drejer sig om to gentagelser af et forsøg med sammenligning af kløvergræsensilage, helsædsensilage af byg samt bygalm behandlet med ammoniak, og hver af disse grovfoderremner blev givet i fuldfoderrationer med tre forskellige andele af kraftfoder (forsøgene 367 og 385).

Som udgangspunkt for beregning af energiudnyttelsen benyttes ligning (5.5), som beskriver en sammenhæng mellem foderniveauet og fodereffektiviteten ved en ydelseskapacitet, som var ca. 7300 kg EKM pr. årsko. Ydelseskapaciteten er for alle forsøg fastlagt på den måde, at den gennemsnitlige dagsydelse hos det eller de (hvis der var flere på samme niveau) højstydende hold køer i forsøget er betragtet som ydelseskapaciteten hos køerne, der er brugt i det pågældende forsøg. Det bygger på den forudsætning, at ydelsen hos de hold, der fik de største energimængder, var nær det gennemsnitlige ydelsespotentiale hos køerne i det pågældende forsøg. Ydelseskapaciteten er herefter omregnet til kg EKM pr. årsko ved at sammenholde dagsydelsen hos den/de højstydende hold med standardkurver fra praksis (Håndbog i Kvæghold 2001) for de tilsvarende laktationsafsnit og vejlet i forhold til forsøgskøernes fordeling på laktationsnummer. Ydelseskapaciteten fastsat på denne måde er ligeledes brugt i systemet til forudsigelse af foderoptagelsen (kapitel 18, bind 1). Det er gjort for at skabe den bedst mulige sammenhæng til styringen af fodringen i praksis, hvor ydelsesniveauet betegnes ved den forventede ydelse pr. årsko (se beskrivelse her i kapitel 16).

Dernæst er foderoptagelseskapaciteten (Kk) hos køerne i forsøgene bestemt ud fra den registrerede foderoptagelse i henhold til foderoptagelsessystemet beskrevet i kapitel 18 i bind 1. Det gav følgende resultater:

	Ydelses- kapacitet kg EKM pr. årsko	Kk	% første- kalvskøer
Projekt 1	7400	6,15	37
Projekt 2	7200	6,40	9
Forsøg 367	9900	7,10	43
Forsøg 385	10000	7,50	14

Forskellene i Kk mellem projekt 1 og projekt 2 hhv. forsøg 367 og forsøg 385 skyldes primært forskelle i andelen af førstekalvskøer.

Som foran beskrevet er det forudsat, at der forventes opnået samme udnyttelse af en given foderration uanset forskellig ydelses- og foderoptagelseskapacitet. Når der opnås samme procentiske udnyttelse af energien ved et højere foderniveau hos køer med større foderoptagelseskapacitet, skal kurven for udnyttet energi i relation til optaget energi forskydes opad for køer med højere ydelse. For at fastholde tilknytningen til foderniveauet beskrives en given foderration ved fyldeværdien (FFk) pr. FE. Ud fra den gennemsnitlige foderoptagelseskapacitet (Kk) i projekterne 1 og 2 (6,28) er det beregnet, hvor mange FE pr. dag køerne kan optage ved stigende fylde i intervallet fra 0,32 til 0,54 FFk/FE. Dernæst er ved hjælp af ligning (5.5) beregnet den tilsvarende mængde udnyttede FE ved stigende foderniveau i intervallet. Det gav følgende sammenhæng mellem fyldeværdien af rationen og fodereffektiviteten målt i % (Eff %):

$$\text{Eff \%} = 24 + 260 \cdot \text{FFk/FE} - 221 \cdot (\text{FFk/FE})^2 \quad (5.6)$$

Denne ligning udtrykker, at der altid forventes den samme procentiske udnyttelse af en given ration, her udtrykt ved en ration med en given fylde, uanset at køernes foderniveau er forskellig som følge af forskellig

foderoptagelseskapacitet. Ligning (5.6) kan omskrives til:

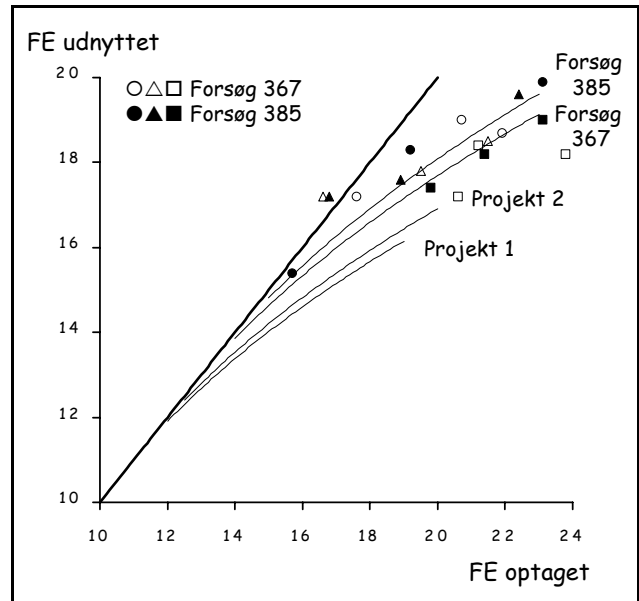
$$\frac{FE_{udnyttet}}{FE_{optaget}} = 0,24 + 2,60 \cdot \frac{Kk}{FE_{optaget}} - 2,21 \cdot \left(\frac{Kk}{FE_{optaget}}\right)^2 \quad (5.7)$$

og videre til:

$$FE_{udnyttet} = 0,24 \cdot FE_{optaget} + 2,60 \cdot Kk - 2,21 \cdot \frac{Kk^2}{FE_{optaget}} \quad (5.8)$$

Kk i denne ligning skal ikke korrigeres i området, hvor rationen har en fylde på 0,35 til 0,30 FF/FE, men FE_{optaget} beregnes derimod ved den korrigerede værdi af Kk i dette område (se kapitel 18, bind 1).

Ud fra ligning (5.8) er der indtegnet funktioner for de forskellige forsøg og forsøgsprojekter i Figur 5.4. Samtidig er indtegnet resultaterne for forsøgshold i forsøgene 367 og 385. Disse resultater viser som sædvanligt en stor spredning, men punkternes placering tyder på, at de fundne resultater er i overensstemmelse med de forudsætninger, som funktionen bygger på, idet punkterne ligger i det forventede niveau beskrevet ved de indtegnede funktioner. Det kan derfor konkluderes, at den større foderoptagelseskapacitet kombineret med evnen til, trods den større foderoptagelse, at opnå samme procentiske udnyttelse af et givet foder, tilsyneladende kan forklare forskydningen opad i udnyttet energi hos køer med højere ydelseskapacitet. Der er en tilsvarende forskydning mellem køer f.eks. af forskellig alder, hvilket kan forklare den forskel på fodereffektiviteten mellem førstekalvs- og ældre køer, som Danfær (1983) konstaterede.



Figur 5.4 Illustration af sammenhænge mellem optaget og udnyttet energi målt i FE hos køer med forskellig foderoptagelseskapacitet.

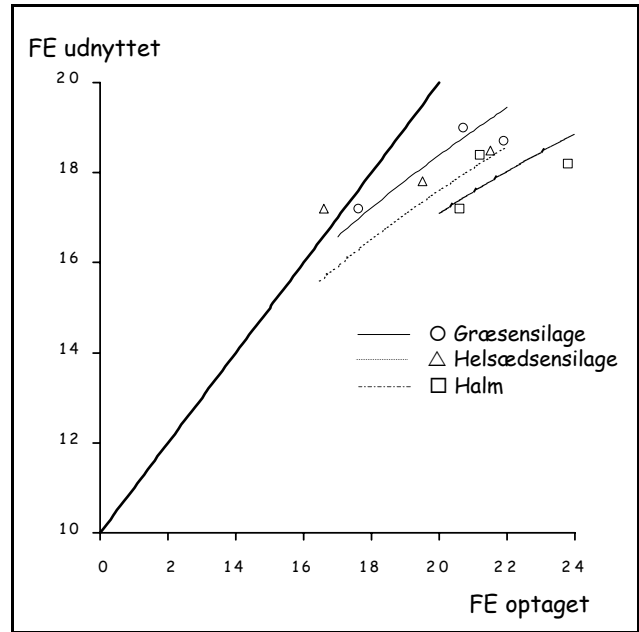
Grovfoderkvalitetens betydning for fodereffektiviteten

En del af spredningen på resultaterne forventes at kunne forklares ved, at kvaliteten af grovfoderet påvirker fodereffektiviteten. I afsnit 5.3 blev det fastslået, at forringelsen af fordøjelsen med stigende foderniveau er større, jo højere kraftfoder/grovfoderforholdet er. Idet en lavere fordøjelighed og foderværdi af grovfoderet kræver en større andel af kraftfoder i rationen, for at der kan opnås samme foderniveau, må der forventes et større fald i fodereffektiviteten med stigende foderniveau, når grovfoderet har lav foderværdi. Det underbygges tilsyneladende af, at de firkantede signaturer, der illustrerer resultaterne med halm, generelt ligger lavt i

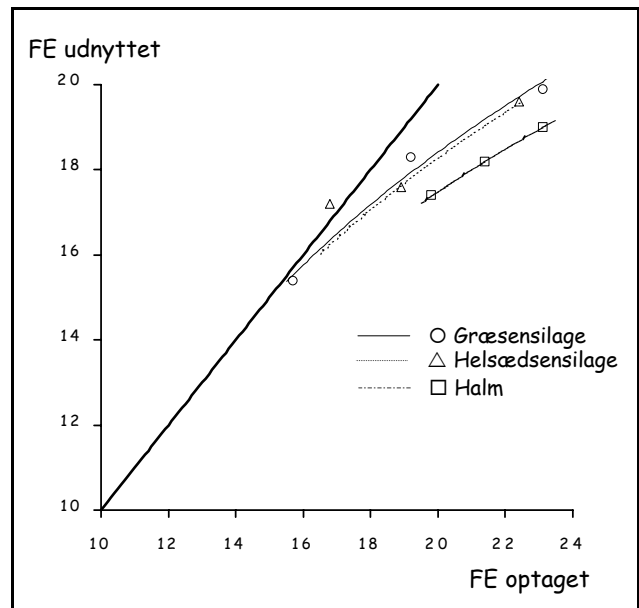
diagrammet. Denne virkning af grovfoderkvaliteten er beskrevet ved en tilføjelse til ligning (5.8), idet ligning (5.9) er fastlagt ved håndfitning af funktionen til de afvigelser i resultaterne, som skyldes forskellig grovfoderkvalitet i forsøgene 367 og 385. Det er forudsat, at afvigelserne skal være proportionale med foderniveauet. FK er fordøjelighedskoefficienten for organisk stof i grovfoderet. Ligning (5.9) er neutral i forhold til ligning (5.8) ved en FK værdi på 67,2 %.

$$\text{FEudnyttet} = 2,60 \cdot \text{Kk} - 2,21 \cdot \text{Kk}^2/\text{FEoptaget} + 0,003571 \cdot \text{FEoptaget} \cdot \text{FK} \quad (5.9)$$

Denne funktion er beskrevet for FK svarende til de anvendte grovfoderremner sammen med resultaterne fra forsøg 367 og 385 i Figurerne 5.5 og 5.6. Det skal understreges, at FK her står for fordøjeligheden af organisk stof i det egentlige og uformalede grovfoder eller strukturfoder i rationen. Generelt vil det i praksis primært dreje sig om ensilage, hø og halm. Der ses bort fra et særskilt tilskud af lang halm til en ration, hvor der er andet grovfoder efter ædelyst. Det drejer sig altså f.eks. ikke om FK for en ad libitum grundfoderblanding, hvis der er blandet kraftfoder eller formalet grovfoder i grundfoderet, men kun om det egentlige grovfoder i grundfoderet. Der beregnes et vejet gennemsnitligt FK, hvis der er mere end en slags grovfoder i rationen.



Figur 5.5 Energiudnyttelse i forsøg 367. Indtegnede funktioner for forskellig grovfoderkvalitet efter ligning (5.9).



Figur 5.6 Energiudnyttelse i forsøg 385. Indtegnede funktioner for forskellig grovfoderkvalitet efter ligning (5.9).

De viste sammenhænge med højere udnyttelse af en given ration hos køer med en højere ydelseskapa­citet betyder, at de tal for reduktion i fordøjeligheden pr. multiplum af vedligeholdsbehovet, der ofte bruges i litteraturen, ikke har generel gyldighed, idet faldet er mindre, jo større køernes produktions- og foderoptagelseskapa­citet er.

I tre af de projekter eller forsøg, der er brugt som grundlag for denne fremstilling af sammenhænge vedrørende fodereffektivitet, er der fodret med fuldfoder. Kun i projekt 1 (nederste kurve i Figur 5.4) blev der fodret separat. Aaes (1993) påviste i en direkte sammenligning, at fodringsprincipperne fuldfoder og separat tildeling af kraftfoder og grovfoder gav betydelig forskel på foderoptagelsen ved høj kraftfoderandel, men der fandtes ikke forskel på fodereffektiviteten. Gordon et al. (1995) fandt ingen forskel på den partielle udnyttelse af omsættelig energi til mælkeproduktion ved sammenligning af fuldfoder og separat tildeling af foder med 64 % kraftfoder på tørstofbasis. I samme undersøgelse fandtes en lidt højere fordøjelighed af tørstof og energi ved separat tilde-

ling, men det blev bemærket, at dette resultat afviger fra de resultater, der ellers findes i litteraturen.

I Tabel 5.5 vises modelbereg­nede resultater af fodereffektivitet i relation til forskellig ydelseskapa­citet og ved forskellig kvalitet af grovfoder. Resultaterne viser, at den marginale fodereffektivitet på de to ydelsesniveauer beregnes at være ens ved ca. to FE forskel i foderniveau, lidt mere ved lavt, lidt mindre ved højt foderniveau. Den marginale effektivitet varierer inden for de angivne grænser fra 71 % til 47 %.

Funktionerne er baseret på resultater ved fodring ad libitum. Der findes ikke data til beskrivelse af en restriktiv fodring. I de fleste tilfælde er fodertildelingen ved restriktiv fodring styret i forhold til produktionen, hvilket gør materialet uegnet til fastlægning af responsfunktioner for produktion og fodereffektivitet. Ved restriktiv fodring må fodereffektiviteten forventes i nogle tilfælde at gå i retning af en ringere udnyttelse end ved fodring ad libitum, fordi den restriktive fodring kan give en mere varierende surhedsgrad i vommen.

Tabel 5.5 Modelberegnet fodereffektivitet og marginal effektivitet ved forskellig ydelseskapa­citet og forskellig grovfoderkvalitet

FK grovfoder	Ydelseskapa­citet, kg EKM							
	7400				10000			
	70		80		70		80	
FE pr. dag	Effekti- vit, %	Margi- nal, %	Effekti- vit, %	Margi- nal, %	Effekti- vit, %	Margi- nal, %	Effekti- vit, %	Margi- nal, %
14	96,6	67,6	100,1	71,2				
16	92,3	57,7	95,9	61,2	96,4	67,3	100,0	70,9
18	88,0	50,8	91,6	54,4	92,7	58,4	96,3	62,0
20	84,1	46,9	87,6	49,5	88,9	52,1	92,5	55,6
22					85,4	47,4	88,9	50,9

I praksis findes betydelig lavere fodereffektiviteter, end dem der findes ved foranstående model. En analyse af data fra periode foderkontrol i kvægbrug viste ved et ydelsesniveau på ca. 7400 kg EKM pr. årsko og et gennemsnitligt foderniveau på godt 16 FE en fodereffektivitet på 82 % hos tunge racer (Kristensen et al., 1997). Det er, afhængig af grovfoderkvalitet, ca. 10-14 procentenheder lavere end modelberegnet ved samme foderniveau og samme ydelseskapa-citet (Tabel 5.5). De sandsynlige årsager hertil er dels foderspild, dels periodevis syge og ukurante dyr i besætningerne i praksis. I forsøgene begrænses spildet effektivt, og data fra syge dyr indgår normalt ikke i opgørelserne. Det antages, at marginale ændringer i fodereffektivitet for stigende foderniveau, som de beregnes ved foranstående modeller, også gælder i praksis.

Sammenligning med beregninger af fodereffektivitet i udenlandske systemer

Det franske system til foderoptimering indeholder også en korrektion af den estimerede fodereffektivitet både for virkningen af foderniveau (FE optaget) og for virkningen af forskel i grovfoderkvalitet. Sidstnævnte opnås ved, at der korrigeres for kraftfoderandel

i rationen, idet forskelle i grovfoderkvalitet som før nævnt betyder forskelle i kraftfoderandel ved et givet foderniveau. Korrektionen i det franske system foretages ved følgende ligning, idet ΔNE er forskellen mellem optagne FE og udnyttede FE, og PC er andelen af kraftfoder på tørstofbasis (Vermorel, 1989):

$$\Delta NE = 6,3 \cdot PC^2 + 0,002 \cdot (FE_{optaget})^2 - 0,017 \cdot FE_{optaget} \quad (5.10)$$

Ud over korrektionen for grovfoderkvalitet og foderniveau giver det franske system ligesom ligning (5.9) samtidig en korrektion for forskelle i ydelseskapa-citet, idet PC på et givet foderniveau bliver mindre ved højere ydelseskapa-citet og dermed større foderoptagelseskapa-citet, når foderkvaliteten er ens. I Tabel 5.6 er indsat beregnede fodereffektiviteter ved hhv. den franske og den foran beskrevne metode (dansk). Der er dels gjort sammenligning ved fodring på to forskellige niveauer med grovfoder af høj kvalitet, dels sammenligning af to rationer med forskellig grovfoderkvalitet men på samme foderniveau. Foderoptagelsen, grovfoderets værdi og fodersammensætningen er beregnet ved det danske system forudsat en ydelseskapa-citet på 8500 kg EKM pr. årsko og en Kk på 6,6.

Tabel 5.6 Beregning af fodereffektivitet ved det franske og det danske system for to foderniveauer med samme grovfoder og for to rationer med forskellig grovfoderkvalitet. Energi-værdi af grovfoder i skandinaviske FE

Ration	Grovfoder		% af tørstof		FE		Fodereffektivitet %	
	FE/kg TS	FK	Grov-foder	Kraft-foder	Fransk	Dansk	Fransk	Dansk
1	0,88	78	51,3	48,7	20,9	19,0	90,4	91,5
2	0,88	78	59,9	40,1	19,4	17,6	92,6	94,3
3	0,68	67	41,6	58,4	19,4	17,6	86,8	90,3

I det franske system er en FE lig med energiværdien af et kg byg ligesom i det skandinaviske FE-system, men energiværdien af en FE er kun sat til 7,11 MJ nettoenergi til laktation mod de 7,85 MJ, der tidligere i dette kapitel blev beregnet som nettoenergi-værdien af en skandinavisk FE. Til gengæld er energibehovet i det franske system sat 10 % højere. Derfor er energiniveauet i franske FE i Tabel 5.6 sat 10 % højere end i skandinaviske FE.

Resultatet viser lidt lavere effektivitet beregnet ved det franske end ved det danske system, og virkningerne af forskellig grovfoderkvalitet er størst i det franske system. Der må tages det forbehold, at gyldighedsområdet for ligning (5.10) er angivet at være op til 50 % kraftfoder, hvorfor værdien ved den lave grovfoderkvalitet for det franske system er mere usikkert.

I det amerikanske system blev der indtil for nylig brugt en korrektion for reduktion af fordøjeligheden med stigende foderniveau, som var fastlåst til et bestemt foderniveau, nemlig 3 gange vedligehold, uanset det faktiske foderniveau. Fordøjelig TDN (total digestible nutrients) i tørstof, som er et indirekte mål for foderets indhold af fordøjelig energi, blev reduceret med 4 procentenheder pr. multiplum af vedligeholdsbehovet, dvs. 8 % ($2 \cdot 4$) (NRC, 1989). I den nye version af amerikanske vejledninger (BANR, 2001) er dette ændret, således at der skal korrigeres i henhold til det faktiske foderniveau. Også her bliver korrektionen nu graderet efter foderets kvalitet, nemlig i forhold til den samlede rations fordøjelighed. For rationer, som ved fodring på vedligeholdsniveau har en TDN-værdi på hhv. 62, 67, 72 og 77 % af tørstof reduceres TDN således med 0,9, 1,8, 2,7 og 3,6 procentenheder pr. multiplum af vedligeholdsbehovet. Disse tal kan ikke direkte sammenlignes med de danske, idet det danske system til fastlægning af foderef-

ektivitet ikke beregner via fordøjeligheden af energien. En vurdering kan opnås ved sammenligning med de konstruerede eksempler i Tabel 5.4. De tre rationer har her beregnede TDN-værdier ved fodring på vedligeholdsniveau på 75, 76 og 79 % af tørstoffet. I eksemplerne er fordøjeligheden af energien reduceret med hhv. 2,2, 2,5 og 3,3 procentenheder pr. multiplum af vedligeholdsbehovet, hvilket skal sammenlignes med de 3,6 procentenheder ved en TDN-værdi på 77 % af tørstoffet i det amerikanske system.

I det hollandske system korrigeres fodereffektiviteten kun for foderniveau og ikke for grovfoderkvalitet/kraftfoderandel (Van Es, 1978). Korrektionen er på 1,8 % pr. multiplum af vedligeholdsbehovet. Præcis den samme korrektion anvendes i UK (AFRC, 1993). Det giver ved 4 x vedligehold (17,6 FE) en effektivitet på 94,6 %, hvilket er på niveau med den danske korrektion netop ved den valgte relativt høje grovfoderkvalitet og den givne ydelseskapa-citet (Tabel 5.6). Men for det første er effektiviteten i det danske system væsentlig afhængig af ydelseskapa-citeten og også i væsentlig grad af foderkvaliteten, og samtidig er marginalændringen langt mindre i det hollandske og det britiske system end i det danske. I det tyske energivurderingssystem foretages der ingen tilsvarende korrektioner, idet virkningerne af bl.a. foderniveauet på fodereffektiviteten anses for at være så små, at energiværdierne kan regnes som additive (Anon., 1986).

Det bemærkes af resultaterne i Tabel 5.5, at den marginale effektivitet falder til omkring 50 ved de viste, højeste foderniveauer.

5.5 Mælkeproduktion og tilvækst ved stigende foderniveau

Responserne i mælkeproduktion for stigende foderniveau følger et aftagende marginalud-

bytte (Moe & Tyrrell, 1975). Den faldende marginalrespons skyldes dels en faldende energiudnyttelse som beskrevet i foregående afsnit, men en anden vigtig årsag er, at en større og større andel af den optagne energi aflejres i kroppen, subsidiært en mindre mængde energi mobiliseres, med stigende foderniveau. Kristensen & Skovborg (1990) fastlagde en responsfunktion for produktion af kg EKM pr. ko pr. dag i forhold til den daglige FE-optagelse pr. ko:

$$\text{EKM (kg)} = -6,40 + 2,98 \cdot \text{FE} - 0,0669 \cdot \text{FE}^2 \quad (5.11)$$

Virkning af grovfoderets foderværdi

De danske fodringsforsøg (Kristensen & Skovborg, 1990) indikerede, at både fodereffektiviteten og mælkeproduktionen blev påvirket af grovfoderets fordøjelighed og energiværdi. En sådan indflydelse på produktionen er i overensstemmelse med, at der, som beskrevet i afsnit 5.3, er konstateret større nedgang i foderets fordøjelighed ved højt foderniveau jo højere andelen af kraftfoder i rationen er. Det er vanskeligt at sammenligne forsøgsresultater vedrørende virkninger af grovfoderkvalitet under forudsætning af i øvrigt sammenlignelige rationer, fordi forskel i grovfoderkvalitet medfører behov for flere forskellige ændringer i de samlede rationer, hvis forskellen i grovfoderkvalitet skal forsøges udlignet (Allen, 1993). Ofte er der i forsøgene givet tilskud, så rationerne ikke er sammenlignelige. Cleale & Bull (1986) fandt ingen forskel på ydelsen ved fodring med græsensilage med forskellig foderværdi, når der var tilstræbt samme energioptagelse ved hjælp af forskelligt kraftfoder/grovfoderforhold. I modsætning hertil havde fordøjeligheden af NDF i grovfoder eller udviklingstrinet ved høst betydning for produktionen på rationer med samme NDF-indhold og omtrent samme beregnede optagelse af nettoenergi (Beauchemin, 1990; Robinson & McQueen, 1997). I

et andet forsøg var produktionen ligeledes ved samme NDF-indhold højere for rationer med grovfoderremner med højeste NDF-fordøjelighed, men her var der samtidig nogen forskel på den målte energioptagelse (Ruiz et al., 1995). Resultaterne af forsøg 367, hvor der blev lavet en sammenligning mellem græsensilage med høj foderværdi, helsædsensilage med ret lav foderværdi samt ammoniakbehandlet halm, antyder til trods for den store spredning og for, at der ikke fandtes signifikante forskelle (Kristensen, 1999), at grovfoderkvaliteten spiller en rolle for ydelsen på et givet foderniveau. På basis af de samlede resultater indbygges en sådan virkning af grovfoderkvaliteten i modellen, idet der ved håndfitning til Kristensen & Skovborgs (1990) resultater foretages følgende tilføjelse til ligning 5.11:

$$\text{EKM (kg)} = -6,40 + (2,98 + (82 - \text{FK}) \cdot 0,006) \cdot \text{FE} - (0,0669 + (82 - \text{FK}) \cdot 0,0007) \cdot \text{FE}^2 \quad (5.12)$$

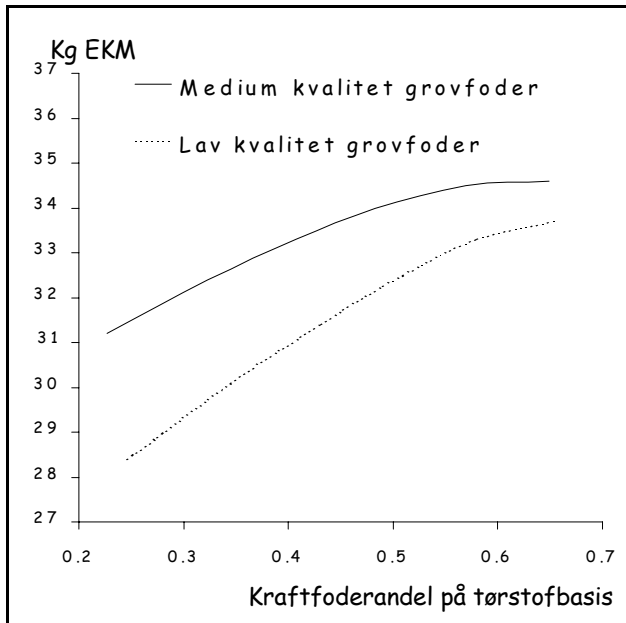
hvor FK som under beregningen af fodereffektivitet er fordøjeligheden (%) af organisk stof i grovfoderet/strukturfoderet, evt. et vejet gennemsnit for flere grovfoderremner, i rationen. Ligningen omskrives til:

$$\text{EKM (kg)} = -5,40 + (3,472 - 0,006 \cdot \text{FK}) \cdot \text{FE} - (0,1243 - 0,0007 \cdot \text{FK}) \cdot \text{FE}^2 \quad (5.13)$$

idet der samtidig er lagt 1,0 til konstanten, som er ændret fra -6,40 til -5,40. Ændringen af konstanten er gjort for at gøre resultaterne repræsentative for perioden 3-15 uger efter kælvning, idet funktionen i det efterfølgende udbygges med virkningen af øget ydelseskapacitet, og resultaterne, der ligger til grund for denne udbygning, stammer fra forsøg udført i perioden 3-15 uger efter kælvning.

Betydningen af grovfoderkvaliteten er illustreret i Figur 5.7, som er fremstillet ved

hjælp af den endelige model (ligning 5.14), som er beskrevet senere.



Figur 5.7 Modelberegnet respons i mælkeproduktion for stigende andel af kraftfoder i rationen ved to forskellige kvaliteter af grovfoder.

Ved lav andel af kraftfoder i rationen er der stor effekt på mælkeproduktionen af højere kvalitet af grovfoder, ved høj kraftfoderandel svinder denne forskel ind (Ferris et al., 1998). Men forskellen kan ikke udlignes fuldstændig ved at øge kraftfoderandelen (Kristensen & Skovborg, 1990). Eksemplet dækker køer med en ydelseskapaletet på 10000 kg EKM pr. årsko og sammenligning af ensilage med middel kvalitet (FK = 74 og FE/kg tørstof = 0,82) med ensilage af lav kvalitet (FK = 68 og FE/kg tørstof = 0,71). Forskellene er af samme størrelse som i estimer af Ferris et al. (1998).

Virkning af forskellig ydelseskapaletet

Ligning 5.13 gælder ved en ydelseskapaletet på 7400 kg EKM pr. årsko. Det er påvist, at

køer med et højere ydelsespotentiale giver et større ydelsesudslag for en øget energioptagelse på et givet energiniveau, f.eks. fra 17 til 18 FE, end køer med et lavere potentiale (Veerkamp et al., 1994; Ferris et al., 1998).

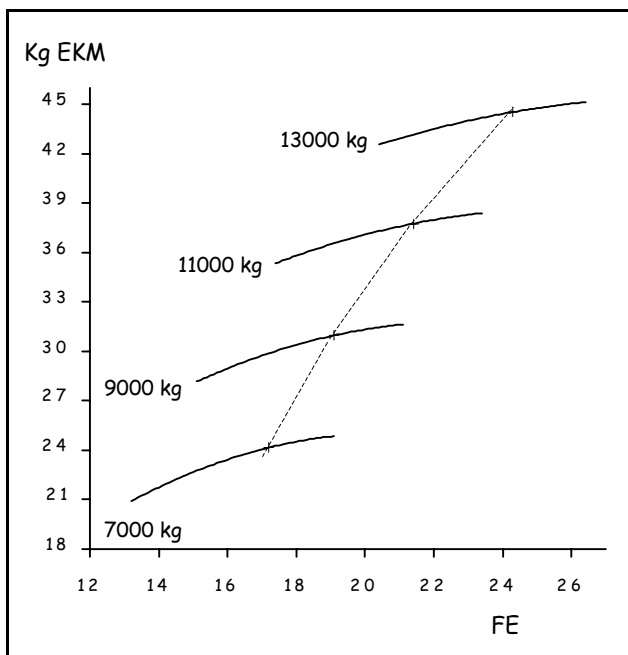
For at få denne vigtige forskel ind i en model til beskrivelse af ydelsesresponsen for øget energioptagelse udbygges modellen på grundlag af følgende hypotese. Det er tidligere i dette kapitel blevet vist, at fodereffektiviteten hos højtydende køer er den samme som hos lavtydende køer, selvom de højtydende køer æder mere foder, når de fodres med den samme foderration. På samme måde forventes den marginale ydelsesrespons for ekstra energi at være den samme hos højtydende og lavtydende køer, når køerne fodres med samme foderration, selvom de højtydende køer optager en større mængde foder. Dvs. at kurven for højtydende køer skal forskydes til højre i figuren svarende til forskellen i foderoptagelseskapaleteten. Det kan med god tilnærmelse gøres ved at bruge den forudsætning, at en forskel på ydelseskapaleteten (Y) på 1000 kg EKM pr. årsko betyder en forskel på foderoptagelseskapaleteten (Kk) på 0,3 eller 5 % (se kapitel 18, bind 1). Foderniveauet i ligningen skal derfor multipliceres med $(1 + (7400 - Y) \cdot 0,00005)$.

Foruden denne sideværts forskydning skal der indføres en niveauforskydning i forhold til ydelseskapaleteten. Det er gjort ved at indføre et led i ligningen, som får funktionen til at passe med niveauet for ydelsesresultaterne i forsøg 367. Dette led blev et tillæg på 0,0034 kg EKM pr. dag pr. kg forskel i ydelseskapaletet. Korrektionen er af samme størrelse som den forskel, der i praksis findes ud fra standard laktationskurver for det tilsvarende laktationsafsnit (0,0033 kg EKM i dagsydelse pr. kg forskel i ydelse pr. årsko (Håndbog i kvæghold 2001).

Efter indføjelse af disse faktorer i ligning (5.13) samt omskrivning ser funktionen således ud:

$$\text{EKM (kg)} = -30,56 + (3,472 - 0,006 \cdot \text{FK})(1,37 - 0,00005 \cdot Y) \cdot \text{FE} - (0,1243 - 0,0007 \cdot \text{FK})((1,37 - 0,00005 \cdot Y) \cdot \text{FE})^2 + 0,0034 \cdot Y \quad (5.14)$$

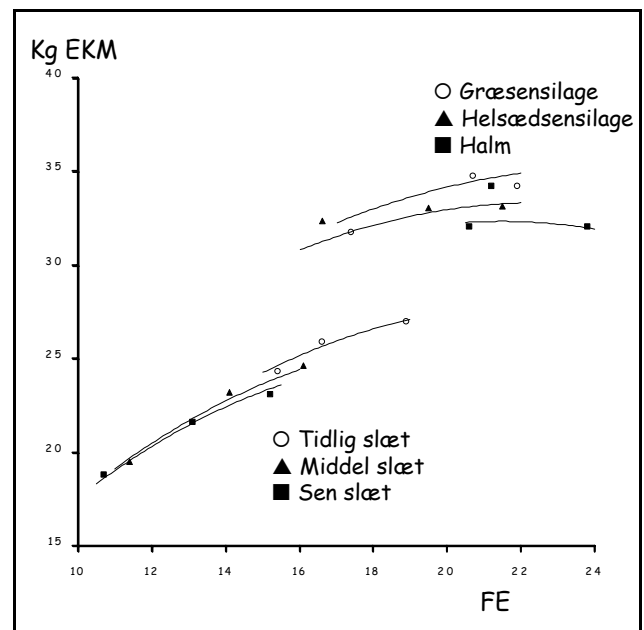
Effekten af ydelseskapa­citet på den forventede respons på øget energi­optagelse er illustreret i Figur 5.8, som er fremstillet ved hjælp af ligning (5.14). Figuren viser forventede produktions­responser for øget foderniveau hos køer med forskelligt ydelses­potentiale, fra 7000 til 13000 kg EKM pr. årsko. Illustrationen går dermed betydeligt ud over det niveau på ca. 10000 kg EKM pr. årsko, som var det maksimale i basis­materialet for modellerne og går dermed ud over modellens gyldigheds­område.



Figur 5.8 Køer med større ydelseskapa­citet forventes at have en given marginal ydelses­respons på et højere foderniveau end køer med en mindre kapa­citet.

Men det er gjort for at give et billede af, hvad der forventes ved højere ydelses­niveauer i praksis. I figuren er som grundlag brugt en FK for grovfoder på 75 %. Den punkterede linie passerer gennem punkter, hvor der er den samme marginalydelse på 0,5 kg EKM pr. FE på alle niveauer.

I Figur 5.9 er funktion 5.14 indtegnet sammen med resultaterne af Kristensen & Skovborg (1990) nederst og resultaterne af forsøg 367 øverst. Resultaterne af først­nævnte forsøg er i hvert punkt tillagt 1,0 kg EKM svarende til forannævnte ændring i konstanten i ligningen og dermed korrektion af ydelses­niveauet, så det svarer til perioden 3-15 uger efter kælvning.



Figur 5.9 Funktion til beskrivelse af ydelses­respons vist sammen med resultater af forsøg ved ydelseskapa­citeter på hhv. 9900 og 7400 kg EKM pr. årsko.

Beregning af forventet tilvækst

Efter fastlægning af fodereffektivitet og mælkeproduktion beregnes en forudsigelse

af tilvæksten ved en differenceberegning. Den restenergi, der er til rådighed, beregnes som differencen mellem FEudnyttet og energiforbruget beregnet ud fra standardnormer til vedligeholdelse, mælkeproduktion og fosterproduktion. Restenergien antages at blive udnyttet til tilvækst, og tilvækstens størrelse fastlægges efter standardnormer. Hvis differencen er negativ beregnes på tilsvarende måde et vægttab.

$$\text{Tilvækst, kg pr. dag} = (\text{FEudnyttet} - \text{FEvedligehold} - \text{FEmælk} - \text{FEfoster})/4,0 \quad (5.15)$$

$$\text{Vægttab, kg pr. dag} = (\text{FEudnyttet} - \text{FEvedligehold} - \text{FEmælk} - \text{FEfoster})/3,3 \quad (5.16)$$

Det skal bemærkes, at nogle nyreviderede systemer i andre lande kalkulerer med lavere

og graduerede energimængder i tilvækst hhv. mobilisering end det danske system (se afsnit 5.2). Ændres der på dette, skal der imidlertid også korrigeres på den beregnede fodereffektivitet, som er beskrevet i det foregående.

Illustration af modellens resultater og sammenligning med udenlandske systemer

Tabel 5.7 viser de estimerede resultater af at give stigende mængder kraftfoder som tilskud til græsensilage ad libitum til køer med forskellig ydelseskapaletet. Ved beregningerne er brugt alle funktioner vedrørende foderoptagelse, fodereffektivitet og produktionsrespons. Værdierne er kørt op til ca. det niveau, som er det øverste af gyldighedsområdet for modellen (minimum 0,30 FFk/FE). Forudsætningerne svarer til en besætning med ca. 35 % førstekalvskøer.

Tabel 5.7 Modelberegnet foderoptagelse, foderudnyttelse, produktion og tilvækst ved tilskud af stigende mængde kraftfoder til køer med forskellig ydelseskapaletet

Kraftfoder ¹⁾		Græsensilage ²⁾		Total FE	Foder-effektivitet	kg EKM	g tilvækst
kg tørstof	FE	kg tørstof	FE				
Ydelseskapaletet 10000 kg EKM, Kk = 7,00							
4	4,4	13,6	11,2	15,6	98,6	31,2	-454
6	6,6	12,6	10,4	17,0	96,0	32,4	-315
8	8,8	11,6	9,5	18,3	93,5	33,3	-185
10	11,0	10,7	8,7	19,7	90,9	34,0	-28
12	13,2	9,1	7,5	20,7	89,1	34,5	61
13,9	15,3	7,5	6,2	21,4	87,8	34,7	136
Ydelseskapaletet 7000 kg EKM, Kk = 6,15							
4	4,4	11,7	9,6	14,0	98,0	21,7	160
6	6,6	10,7	8,8	15,4	95,0	22,9	268
8	8,8	9,8	8,0	16,8	92,0	23,8	384
10	11,0	8,5	7,0	18,0	89,5	24,4	488
12	13,2	6,8	5,7	18,8	87,7	24,6	557

¹⁾ Kraftfoder: 1,10 FE/kg tørstof

²⁾ Græsensilage: 0,82 FE/kg tørstof, FK = 74, FF/kg tørstof = 0,45

Der er regnet med 4,4 FE til vedligehold.

For højtydende køer er grænsen nået ved 13,9 kg kraftfodertørstof med den anvendte kvalitet af grovfoder og ca. 65 % kraftfoder på tørstofbasis.

Resultaterne viser den højere marginale produktionsstigning på et givet foderniveau målt i total FE hos køer med høj ydelseskapa- citet. Den marginale ydelsesrespons kan beregnes ved differentiering af formel 5.14:

$$\text{EKM}' (\text{kg}) = ((3,472 - 0,006 \cdot \text{FK}) - 2 \cdot (0,1243 - 0,0007 \cdot \text{FK}) \cdot \text{FE} \cdot Y) (1,37 - 0,00005 \cdot Y) \quad (5.17)$$

Marginalydelsen ved 16 FE og en FK på 74 % er 0,66 og 1,01 kg EKM hos køer med hhv. lav og høj kapacitet, og ved 20 FE er den hhv. 0,07 og 0,51 kg. Det kan således beregnes, at ydelsen i kg EKM som følge af at øge foderniveauet fra 15 til 18 FE stiger med 2,5 kg EKM hos de højtydende køer og med 1,8 kg hos de lavtydende. På grund af at køer med højere ydelseskapa- citet ligger på et højere totalt foderniveau ved et givet kraftfodertilskud, er responsen for et givet tilskud af kraftfoder på et moderat niveau derimod næsten den samme. En øgning fra 4 til 10 kg tørstof i kraftfoder giver således hhv. 2,8 og 2,7 kg EKM. Ved højt kraftfo- derniveau bliver udslaget for øget kraftfo- dermængde større hos køer med høj end hos køer med lav ydelseskapa- citet, fordi køer med lav ydelseskapa- citet først nærmer sig området for maksimal produktion, hvor ydelsesudslaget formindskes væsentligt.

Ferris et al. (1998) diskuterer emnet om ud- slag for øget kraftfodertildeling og henviser til, at ældre britiske forsøg gav den konklusion, at der blev opnået samme ydelsesre- spons for øget kraftfodermængde uanset ydelseskapa- citet hos køerne. Dette var en af de væsentlige forudsætninger for det forenk- lede fodringsprincip, efter hvilket der bliver givet ens og konstant kraftfodertilskud til

alle køer sammen med et grovfoder ad libi- tum i en given periode i begyndelsen af lak- tationsperioden (Østergaard, 1979). Ferris et al. (1998) antager på basis af nyere forsøg, at højtydende køer viser større ydelsesre- spons end lavtydende for en given forøgelse af kraftfodertilskuddet. Sammenhænge be- regnet af Ferris et al. (1998) er imidlertid i god overensstemmelse med de forhold, der er beskrevet på basis af de danske systemer foran, som det ses af efterfølgende sammen- ligninger. Ferris et al. (1998) fastlagde på grundlag af nyere og ældre forsøg udført i Nordirland følgende enkle responsfunktio- ner, som giver et estimat af produktionen af mælk for stigende kraftfodertilskud til græs- ensilage ad libitum hos køer med forskellig genetisk betinget ydelseskapa- citet:

$$\text{Høj genetisk kapacitet: kg mælk} = 37,77 - (11,97(0,9065^x)) \quad (5.18)$$

$$\text{Lav genetisk kapacitet: kg mælk} = 25,76 - (12,56(0,7684^x)) \quad (5.19)$$

hvor x = kg kraftfodertørstof pr. dag.

Resultaterne beregnet ved disse funktioner viser ligeledes næsten samme udslag hos højt- og lavtydende køer ved at øge kraftfo- dertildelingen fra 4 til 10 kg tørstof, men omkring 10 kg tørstof begynder udslaget for de højtydende at blive størst. I Tabel 5.8 er der lavet en direkte sammenligning med det danske system. Sammenligningen kræver brug af forskellige forudsætninger og kan kun være tilnærmet. Ferris et al. (1998) ind- drager i denne sammenhæng ikke nogen effekt af forskellig grovfoderkvalitet, som har en væsentlig indflydelse både på energi- optagelsen og mælkeproduktionen (Figur 5.7). Ydelseskapa- citeterne i det nordiske og danske materiale kan heller ikke sammen- lignedes på grundlag af de foreliggende oplys- ninger. Og endelig opgiver Ferris et al. (1998) responsen i mælk, mens det danske system giver respons i EKM. I Tabel 5.8 er

de danske resultater beregnet under forudsætning af en FK på 71 % for ensilagen og en tilsvarende foderværdi på 0,76 FE/kg tørstof samt ydelseskapaciteter hos køerne på hhv. 10000 og 7400 kg EKM pr. årsko. Under disse forudsætninger opnås næsten identiske estimater i hhv. kg mælk (nordirsk funktion) og kg EKM (dansk system). For højtydende køer antydes det, at udslaget ved største kraftfodermængde bliver lavere i det danske system end efter de irske ligninger, hvilket skyldes en forventet ringe stigning i foderoptagelsen (total FE) pga. en forventet overgang til øget indflydelse af stofskifteregulering.

Det kan konkluderes, at en forøgelse af foderniveauet målt i totale FE giver større respons, jo højere ydelseskapacitet køerne har. Men den tidligere givne forudsætning for det forenkede fodringsprincip om, at et givet tilskud af kraftfoder giver samme udslag uanset køernes ydelseskapacitet, holder fortsat op til et niveau på ca. 10 kg kraftfodertørstof. Først når kraftfodermængden er så stor, at de lavereydende køer nærmer sig deres maksimale ydelsespotentiale, bliver udslaget mindre hos disse.

Ydelsesresponsen beregnet efter det beskrevne system kan også sammenlignes med en fransk analyse af data indsamlet fra litteraturen (Coulon & Rémond, 1991). Forfatterne har på dette materiale beregnet responsen i ydelsen (kg mælk), når energioptagelsen afviger fra det, der iflg. normerne i det franske system er lig med energibehovet (nulpunkt). Energioptagelsen er i denne sammenhæng beregnet som udnyttede FE ved ligning (5.10). For at sammenligne er der for det danske system valgt et nulpunkt, hvor der er samme respons umiddelbart over nulpunktet som i de franske beregninger, hvilket er tilfældet ved en FFk/FE på 0,34. Desuden er udslaget i det danske system ligeledes fremstillet i forhold til optagelsen af FE udnyttet, som beregnes ved ligning 5.9. Af yderligere forudsætninger skal der i det danske system gives en ydelseskapacitet og kvaliteten af grovfoder. Disse værdier er sat til hhv. 7000 kg EKM og en FK på 74 %. Disse størrelser betyder dog ikke ret meget for sammenligningen, når der bruges FE udnyttet som inputværdi. Resultaterne findes i Tabel 5.9. Coulon & Rémond har beregnet en ligning på grundlag af 33 korttidsforsøg udført efter toplaktation (kaldet midtlaktation) og en på grundlag af 21 langtidsforsøg (18–40 uger).

Tabel 5.8 Sammenligning af estimater af mælkeproduktion målt i kg EKM (dansk system med forudsætningerne: Ydelseskapaciteter hhv. 10000 og 7400 kg EKM/årsko, FK for grovfoder 71 %) og kg mælk (Ferris et al., 1998) hos køer med forskellig ydelseskapacitet

kg kraftfodertørstof	Høj genetisk kapacitet		Lav genetisk kapacitet	
	Dansk system	Ferris et al., 1998	Dansk system	Ferris et al., 1998
4	29,8	29,7	21,7	21,4
6	31,2	31,1	23,2	23,2
8	32,4	32,3	24,3	24,2
10	33,3	33,3	25,1	24,9
12	33,9	34,1	25,4	25,2
14	34,2	34,7		

Tabel 5.9 Sammenligning af beregnet ydelsesudslag, når optagelse af FEudnyttet afviger fra beregnet behovsdækning i det franske system og fra energioptagelsen ved en FFk/FE på 0,34 i det danske system. Ydelseskapa­citet i det danske system 7000 kg EKM

Afvigelse i foderoptagelse	Dansk system, kg EKM	Coulon & Rémond, 1991; kg mælk	
		Midtlaktation	Langtidsforsøg
-3	-3,9	-3,2	-5,0
-2	-2,4	-1,9	-2,7
-1	-1,1	-0,8	-1,1
0	0	0	0
+1	0,7	0,7	0,8

Resultaterne antyder, at der kan være større udslag for øget energiforsyning i langtidsforsøg end i korttidsforsøg. Det kan forklares ved, at køerne i højere grad kan udnytte energimobilisering i korttidsforsøg, måske oven i købet i relativ tidlig laktation, end i langtidsforsøg. Udslagene baseret på det danske system ligger ind imellem de to sæt fastsat af Coulon & Rémond. Den tidligere beskrevne forskel på franske og skandinaviske FE har kun ringe betydning inden for det begrænsede interval, der her er tale om.

Selvom de forskellige beskrevne sammenhænge er vanskelige at sammenligne på grund af forskellige baggrunde, og fordi de ikke inkluderer de samme parametre til bestemmelse af ydelsesudslaget, så tyder sammenligningerne på, at der er en høj grad af overensstemmelse med hensyn til udslagernes størrelsesorden.

Høj ydelseskapa­citet betyder større mobilisering

Det er karakteristisk, at foderoptagelseskapa­citeten hos køer med højere ydelsespotentiale ikke er forøget stærkt nok til, at de kan dække deres større energibehov direkte ved større foderoptagelse. Derfor bliver fordelingen af den optagne energi forskudt med mere til mælkeproduktion og mindre til kropsreserver. Køer med høj ydelseskapa­citet dækker derfor i tidlig laktation en del af

det forøgede energibehov til mælkeproduktion ved større mobilisering af kropsreserver (Lamb et al., 1977; Davey et al., 1983; Grainger et al., 1985; Gibson, 1986; Andersen, 1989; Gordon et al., 1995). Forholdet bliver demonstreret af estimerne for ydelse og tilvækst i Tabel 5.7.

5.6 Funktionernes gyldighedsområder

Der gælder følgende grænser for funktionernes gyldighedsområde. I materialet, der ligger til grund for ydelsesfunktionen, indgik der ca. 35 % førstekalvskøer. Der kan laves estimer for førstekalvskøer og øvrige køer hver for sig og dermed også for andre aldersfordelinger end de 35 % førstekalvs- og 65 % ældre køer, som ligningerne her repræsenterer (se kapitel 16). Funktionerne for både fodereffektivitet og mælkeproduktion er fastlagt i området fra ca. 12 til ca. 19 FE ved en ydelseskapa­citet på ca. 7400 kg EKM pr. årsko og fra ca. 15 til 22,5 FE ved 10000 kg EKM. Den nedre grænse for FFk/FE er 0,30, hvilket betyder, at den øverste grænse for foderniveau er afhængig af ydelses- og foderoptagelseskapa­citeten. Forsøgsresultaterne repræsenterer perioden 3-15 uger efter kælvning. Mælkeproduktionsfunktionen bør kun bruges til optimeringsprocedurer for perioder i starten af laktationen på op til 24 uger fra kælvning, og for perioder, der afviger fra 3-15 uger fra kælv-

ning, bør der korrigeres ud fra standard laktationskurver. I kapitel 16 er der givet anvisning på korrektion af estimeret mælkeproduktion og tilvækst, når optimeringsperioden, også kaldet strategiperioden, er 3-24 uger efter kælvning i stedet for 3-15 uger efter kælvning. Fodereffektivitetsfunktionen antages at gælde i et hvilket som helst tidsrum i laktationsperioden.

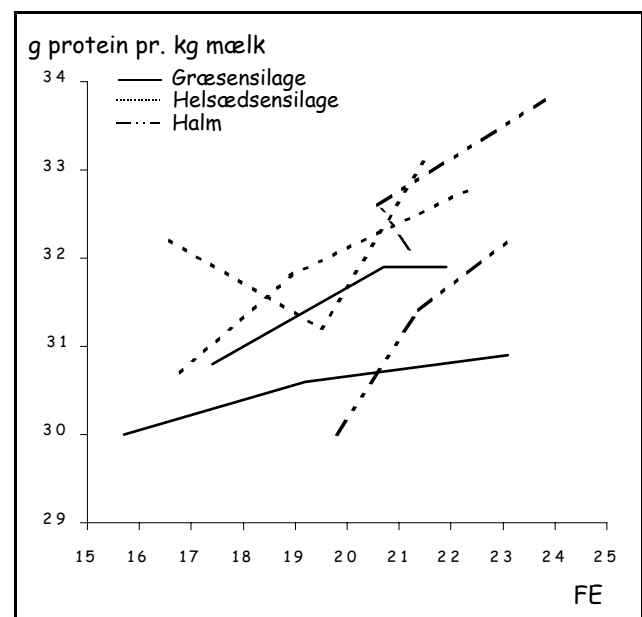
Fodringen efter strategiperioden tager udgangspunkt i de enkelte køers status og baseres på deres aktuelle mælkeproduktion og huld. I den sammenhæng spiller forberedelsen til næste laktation en vigtig rolle. Målsætningen er, at koen når det ønskede huld før goldningen. Fodringen i senlaktationen er beskrevet i kapitel 16, hvor der ligeledes er en beskrivelse af fodringen af udsætterkøer. Fodringen af goldkøer er beskrevet i kapitel 13.

Hvis andelen af kraftfoder i rationen bliver over 50-55 % på tørstofbasis, bliver mælkeproduktionen afhængig af fodringsprincippet, mens det ikke betyder noget for effektivitetsfunktionen. Funktionerne bygger på, at der er fodret med fuldfoder, hvor der har været mere end ca. 55 % kraftfoder på tørstofbasis i rationen. Derfor fastsættes den forudsætning for funktionens gyldighed, at hvis kraftfoderandelen er over 55 % af tørstoffet, så skal enten 1) en del af kraftfoderet blandes i en grundfoderblanding, 2) kraftfoderet tildeles ad flere gange om dagen og med højst 3 kg ad gangen eller også 3) skal der fodres med fuldfoder.

5.7 Energiforsyningens indflydelse på mælkens sammensætning

Stigende energiniveau forøger mælkens proteinindhold. Coulon & Rémond (1991) analyserede en stor mængde data fra litteraturen og fandt, at proteinindholdet steg med 0,3 g/kg mælk pr. ekstra FEudnyttet i tidlig laktation og med 0,6 g/kg pr. ekstra FEudnyttet

i midtlaktationen eller i langtidsforsøg. Størrelsen af disse regressionskoefficienter skal være relativ stor, fordi udslaget er sat i relation til FEudnyttet. I danske fodringsforsøg, som tidligere er benævnt projekt 1 samt forsøgene 367 og 385 steg proteinindholdet med 0,32-0,33 g/kg mælk pr. ekstra FE (ukorrigerede FE). Resultaterne med stigende andele kraftfoder i rationer med græsensilage, helsædsensilage eller ammoniakbehandlet halm er vist i Figur 5.10. Figuren viser samtidig, at der er stor variation i mælkens proteinindhold, som ikke har noget at gøre med energiniveauet. Energiniveauets påvirkning af proteinprocenten er så lille, at den næppe ret ofte kan spille nogen væsentlig rolle for optimeringen af foderniveauet.



Figur 5.10 Foderniveauets indflydelse på mælkens proteinindhold ved fodring med rationer baseret på forskelligt grovfoder.

Det stigende kraftfoder/grovfoderforhold, der er den væsentligste forudsætning for et stigende energiniveau, sænker også ofte mælkens fedtindhold som følge af, at det ændrer forgæringen i vommen i retning af lavere (acetat + butyrat)/propionat forhold.

Det medfører en forskydning i protein/fedt forholdet i mælken. Et eksempel på fodringens indflydelse på protein/fedt forholdet er vist i Tabel 5.10 ved gennemsnitsresultater fra forsøgene 367 og 385.

For yderligere information om påvirkning af mælkekvaliteten henvises til kapitel 15 .

5.8 Optimal kulhydratsammensætning og foderstruktur

Til brugen af de modeller for fastlægning af optimalt foderniveau, som er beskrevet i dette kapitel, hører et sæt værdier, som har til formål at beskrive grænser for en optimal sammensætning af rationen, specielt på et højt foderniveau. Værdierne skal angive grænser, uden for hvilke der er mindre sandsynlighed for, at beskrevne modeller gælder, og hvor der er forøget risiko for, at der kan opstå ernæringsbetingede sygdomsproblemer. Disse grænser er på forskellige måder knyttet til foderets kulhydratfraktion.

Kulhydrater udgør normalt 70 % eller mere af tørstoffet i malkekøernes foderration og udgør køernes væsentligste energikilde. Kulhydrater udgør en gruppe af stoffer med meget store forskelle i fysiske og kemiske egenskaber. De har derfor afgørende indflydelse på malkekøernes fordøjelse, stofskifte, produktion og sundhed. I kapitel 9 i bind 1 er der gjort rede for kulhydraternes omsætning i mave-tarmkanalen (Weisbjerg et al., 2003), og i tidligere afsnit i nærværende kapitel er det beskrevet, hvordan kulhydratomsætningen påvirker fodereffektiviteten og

produktionen. Kulhydraterne har derudover en så stor betydning for dyrenes sundhed og trivsel, at det er nødvendigt i fodervejledningen at inddrage dyrenes krav til kulhydraternes sammensætning og fysiske egenskaber.

Kulhydraterne kan ernæringsmæssigt opdeles i to afgørende forskellige fraktioner: Strukturkulhydrater (også kaldet fiberkulhydrater eller cellevægsstoffer) og ikke-struktur kulhydrater. Den førstnævnte fraktion kan kun fordøjes ved mikrobielle forgæringsprocesser, en del kan være uforgærlig, og forgæringen af den forgærbare del foregår ofte langsomt. Den anden fraktion, hvis væsentligste bestanddele er stivelse og sukker, forgæres ofte let og hurtigt. Cellevægsstofferne kan endvidere have en fysisk grov struktur og forefindes i store partikler. Det medfører tyggeaktivitet både i forbindelse med optagelse af foder og ved drøvtygning, hvilket stimulerer produktion af spyt. Spytet indeholder stødpudesystemer, som kan stabilisere pH i vomvæsken (se kapitlerne 6 og 17 i bind 1). En grov fysisk struktur stimulerer desuden vommens bevægelser og er grundlaget for dannelse af flydelaget i vommen. Den fysiske struktur har dermed en kraftig indflydelse på processerne og miljøet i vommen. Modsat kan den hurtige forgæring af sukker og stivelse give anledning til stor produktion af kortkædede fedtsyrer, hvilket fører til lave og ustabile pH-værdier i vomvæsken. For ringe fysisk struktur og/eller for stor en optagelse af let og hurtigt forgærbare kulhydrater, og dermed et surt miljø i vommen, kan føre til sygdomsproblemer af forskellig art og grad.

Tabel 5.10 Virkning af grovfoderemne og kraftfoder/grovfoderforhold på protein/fedtforholdet i mælk

Grovfoder	Græsensilage			Helsædsensilage			NH ₃ -behandlet halm		
% kraftfoder	35,3	51,4	66,8	42,1	56,3	69,9	72,7	79,8	85,9
Protein/fedt	0,77	0,78	0,81	0,82	0,85	0,92	0,81	0,83	0,91

De kan omfatte akut acidose, evt. med dødsfald, og alle grader af subklinisk acidose, som giver problemer i form af laminitis (Nocek, 1997) og manglende trivsel og ofte fører til generelt forringet modstandskraft og en lang række følgesygdomme. Brug af store andele letomsætteligt foder med manglende fysiske virkninger, enten for at nå en høj foderoptagelse eller på grund af prisforhold, der begunstiger brugen af letomsætteligt foder, er i mange tilfælde årsag til seriøse sygdomsproblemer af denne karakter. Der er mere om forebyggelse af fodringsbetingede sygdomme her i kapitel 12. Produktionsmæssigt kan for ringe struktur og for store mængder let forgærbare kulhydrater føre til et lavt indhold af fedt i mælken og til en uacceptabel reduktion i produktionen af mælkefedt.

I den danske fodringsvejledning er der indført rettesnore for at tilstræbe en optimal kulhydratsammensætning og krav til fysisk struktur (Østergaard, 1983; Nørgaard, 1983). Disse vejledninger er senere blevet tilrettede (Strudsholm et al., 1992; Strudsholm et al., 1999). Der er i dag givet vejledende grænser for foderrationens indhold af sukker, stivelse, fordøjelige cellevægsstoffer samt standard tyggetid (Tabel 5.11).

Det er vanskeligt at fastsætte bare nogenlunde præcise krav til kulhydratsammensæt-

ning og fysisk struktur. Kravene er også afhængige af bl.a. foderets hygiejniske og sundhedsmæssige kvalitet og af management og miljø, hvor kvægbrugerens evner til at sikre en god trivsel og sundhed spiller en stor rolle.

Grænseværdierne skal betragtes som vejledende. De eksisterende grænseværdier er delvist blevet fastlagt ud fra vurderinger af en række fodringsforsøg, i hvilke der blev givet relativt ekstreme rationer. Vurderingsgrundlaget var primært virkningerne af rationssammensætningen på mælkens fedt% og til dels produktionens størrelse. Det gælder specielt hvad angår virkningerne af indholdet af sukker og stivelse (Krohn & Andersen, 1978; Krohn et al., 1985; Aaes, 1987; Aaes, 1988; Aaes, 1990; Kristensen & Hindhede, 1987; Kristensen & Skovborg, 1991; Kristensen & Skovborg, 1993). Strukturkravene er specielt behandlet i kapitel 17, bind 1. I forbindelse med udvikling og indkøring af nye edb-baserede foderplanlægningssystemer i 1980'erne blev værdierne tilrettede, således at systemerne i størst mulig udstrækning udelukkede det, der blev betragtet som uacceptable foderrationer. Der blev i den forbindelse taget hensyn til forventninger om både sundheds- og produktionsmæssige virkninger af fodringen.

Tabel 5.11 Vejledende grænser for foderrationens standard tyggetid (minutter FE^{-1}) og indhold af kulhydrater (g FE^{-1})

Sukker, maksimum	280
Stivelse, maksimum	280
Sukker + stivelse, maksimum	360
Fordøjelige cellevægsstoffer, minimum	260 ^{*)}
Standard tyggetid, minimum	33 ^{*)}

^{*)} Ved brug af fodringsprincipper, der tilgodeser et optimalt vommiljø, (hyppig udfodring af let fordøjelige fodermidler; fodring med fuldfoder) kan indholdet af fordøjelige cellevægsstoffer og standard tyggetiden nedsættes til hhv. 220 g og 27 minutter FE^{-1} .

Det største problem er at sætte grænser, som sikrer en rimelig beskyttelse mod sundhedsmæssige problemer, fordi der ikke eksisterer data, som sådanne grænser kan baseres på.

Systemerne skulle så godt som muligt kunne håndtere alle typer rationer, fra de mest enkle omfattende et grovfoder af god kvalitet og et alsidigt sammensat tilskudsfoder, til de ofte mere problematiske foderplaner baseret hovedsagelig på biprodukter. Kravet til fordøjelige cellevægsstoffer blev specielt indført, fordi det modvirker brugen af store mængder tungt fordøjeligt foder, der som beskrevet i de foregående afsnit forringer fodereffektivitet og produktion. Efter at disse virkninger indgår i produktionsfunktionerne, er der ikke samme behov for denne grænseværdi.

Specielt i USA har der været arbejdet meget med at løse den samme opgave ved at stille krav til foderrationens fiberindhold. Der blev opsat værdier for optimalt indhold af total NDF i rationen, som skulle sikre et optimalt forhold mellem kraftfoder og grovfoder, der både sikrede en optimal vomfunktion og maksimerede foderoptagelsen og mælkeproduktionen (Mertens, 1983; Colenbrander et al., 1986). Grænseværdier for NDF-indhold og til dels -kilde er angivet i fodervejledninger af NRC (1989). Men senere er det erkendt, at det ikke er nok at bruge så enkle forudsætninger. Der er f.eks. meget stor forskel på både de fysiske indvirkninger og de mere generelle virkninger af NDF på vommiljøet afhængigt af foderets fysiske struktur (langt eller formalet foder) eller af de store forskelle, der er på nedbrydelighed og passagehastighed af NDF fra forskellige kilder. NDF er et udtryk for kemiske karakteristika, men giver ikke udtryk for de fysiske som partikelstørrelse, funktionel vægtfylde eller fordøjeligheden og fordøjelseshastigheden.

Der er nu foreslået et nyt system til optimering af rationens sammensætning og sikring af den ønskede fysiske virkning (Mertens, 1997; Armentano & Pereira, 1997), som beskrives kort i det følgende. Det opererer med udtryk for effektive fibre. Det var hensigten at lave et system, som blev baseret på 1) foderkarakteristika, som kan defineres og helst blive bestemt kvantitativt ved rutinemæssige laboratoriemetoder, og 2) behov hos dyrene, som også kan kvantificeres.

Forslaget bruger to begreber: Fysisk effektiv NDF (peNDF) og effektiv NDF (eNDF). peNDF er relateret til fibrenes fysiske egenskaber, primært partikelstørrelsen, som er afgørende for fibrenes evne til at stimulere tyggeaktivitet og for dannelse af flydelag i vommen. Udtrykket er således relateret til dyresundhed og mælkefedt depression, fordi det har sammenhæng med pH og forgærmingsmønstret i vommen. peNDF er også beskrevet i kapitel 17, bind 1. eNDF er relateret til den totale sum af egenskaber ved et foder, som gør, at det effektivt kan opretholde en ønsket fedtprocent i mælken.

peNDF er beregnet som produktet af det kemisk bestemte indhold af NDF i foderet og foderets fysiske effektivitetsfaktor (pef), som går fra 0 til 1 ($pef \times NDF$). Som målbar respons på den fysiske effektivitet (peNDF) bruges dyrenes tyggeaktivitet. Den fysiske effektivitetsfaktor (pef) for NDF blev fastlagt ved en multipel regression, som primært indeholdt regressionen af minutters tyggetid pr. dag mod NDF-optagelsen. Værdien udtrykkes relativt som den totale tyggetid målt i forhold til tyggetiden for langt græshø, der har værdien 1,00. Analysen blev lavet på litteraturværdier fra 45 forsøg (274 kombinationer af køer og behandlinger). Værdierne blev udjævnet og standardiseret for fodermiddelgrupper, som er karakteriseret ved foderemne og foderets fysiske form. Værdierne er konstante og betragtes som additive.

Eksempler på sådanne standardiserede pefværdier er anført i Tabel 5.12.

Mertens (1997) giver beskrivelser af, hvordan peNDF kan estimeres ved laboratoriemetoder.

Tabel 5.12 Standardiseret fysisk effektivitetsfaktor (pef) for NDF i foder klassificeret ved forskellig fysisk form (Mertens, 1997)

Græshø, langt	1,00
do. groft snittet, 4,8-8,0 cm	0,95
do. formalet og pelleteret, 0,15-0,25 cm	0,40
Græsensilage, medium snittet, 2,4-4,0 cm	0,90
Majsensilage, medium snittet, 1,2-2,0 cm	0,85
Lucernehø, langt	0,95
Valset byg	0,70
Groft formalet, valset majs	0,60
Kraftfoderblandinger, formalet	0,40
do. pelleteret	0,30

Mertens (1997) har på grundlag af data fra litteraturen beregnet sammenhænge mellem peNDF og mælkens fedtindhold (36 referencer med 213 observationer) samt mellem peNDF og pH i vomindholdet, sidstnævnte udtrykt som gennemsnittet af mindst 5 målinger over en periode på mindst 8 timer efter fodring (26 referencer med 114 observationer). Disse sammenhænge er udtrykt ved reciprokke regressioner:

$$\text{Fedt \%} = 4,32 - 17,1/\text{peNDF};$$

$$r^2 = 0,63; \text{SE} = 0,17 \quad (5.20)$$

$$\text{Vom pH} = 6,67 - 14,3/\text{peNDF};$$

$$r^2 = 0,71; \text{SE} = 0,10 \quad (5.21)$$

hvor peNDF er udtrykt i % af tørstof i rationen.

På basis af disse sammenhænge bliver kravet en peNDF på mindst 22 % af tørstoffet for at opretholde et pH i vommen på minimum 6,0 og mindst 20 % peNDF for at holde en fedt% på 3,4 i tidlig til midtlaktation.

På det samme materiale blev det beregnet, at rationens totale tyggetid skulle være ca. 28 minutter pr. kg tørstof for at holde 3,4 % fedt.

Brug af disse ligninger på data fra forsøgene 367 og 385, der også tidligere i dette kapitel er brugt som datagrundlag, viser, at ved højeste kraftfoderandel sammen med både hølæsæd og halm kan de foran nævnte grænser ikke overholdes hverken med hensyn til vom-pH eller fedt%. For græsensilagens vedkommende var peNDF lige på grænsen ved højeste kraftfoderandel. Ved brug af de danske grænser for optimale rationer fandtes standard tyggetiden at være under den vejledende minimumsværdi ved højeste niveau af kraftfoder sammen med alle grovfoderemner (Kristensen, 1999).

Begrebet eNDF er endnu ikke beskrevet og analyseret på tilsvarende måde. Den animalske respons, som er knyttet til eNDF, er mælkens fedtprocent. eNDF beregnes som produktet af NDF og effektivitetsfaktoren

(ef) (ef x NDF). eNDF skal tage højde for de faktorer, som påvirker peNDF, men derudover også andre faktorer, som påvirker syreproduktionen i vommen og stofskiftet således, at det afspejler sig i fedtproduktionen. Sådanne faktorer er f.eks. foderets bufferkapacitet eller neutraliserende kapacitet, indhold af let forgærbare kulhydrater og mængde og sammensætning af fedt i foderet.

Problemet med at visse kulhydrater, primært let forgærbare fraktioner som sukker samt stivelse fra byg og hvede, kan influere på vommens pH og dermed have stor betydning både for dyrenes sundhed og for mælkenes sammensætning, er i det danske system angrebet ved at indlægge vejledende maksimumsgrænser for rationens indhold af sukker og stivelse.

5.9 Afslutning

Det er i dette kapitel vist, at foderudnyttelse og produktionsudslag er krumlinjet aftagende med stigende foderniveau. Fodereffektiviteten falder, primært fordi fordøjelsen af foderets cellevægsstoffer bliver mindre effektiv, og denne forringelse af fordøjelsen kompenseres kun delvist af mindre energitab i metan og urin. Udslaget i mælkeproduktion for stigende foderniveau aftager, dels på grund af den faldende fodereffektivitet, dels på grund af en forskydning af fordelingen af den absorberede energi til fordel for kropsdepoter frem for mælk. Faldet i fodereffektivitet og produktion er afhængig af grovfoderkvaliteten. Fodereffektiviteten og det marginale produktionsudslag på et givet foderniveau er stigende med stigende ydelseskapacitet hos køerne. Forøgelsen af dyrenes foderoptagelseskapacitet med øget ydelseskapacitet er ikke stor nok til, at det øgede energibehov kan dækkes direkte af større energioptagelse i foder, men må i tidlig laktation delvist dækkes af mobilisering fra kropsdepoterne.

Brug af kendskabet til sådanne sammenhænge er af afgørende betydning for at kunne planlægge en optimal fodring af malkekøerne. I dette kapitel er de beskrevne sammenhænge vedrørende fodereffektivitet og produktion i relation til energiniveauet og under indflydelse af rationens sammensætning og køernes ydelsespotentiale indbygget i modeller, som kan anvendes til optimering af energiforsyningen i den første halvdel af laktationsperioden. I anden halvdel af laktationen forudsættes det, at energiforsyningen skal styres individuelt i forhold til dyrets produktion og huld. Fodringen i goldperioden er beskrevet i kapitel 13 og foderplanlægning og -optimering generelt er beskrevet i kapitel 16.

Fremstillingen viser, at de faktorer, der påvirker foderoptagelse, fodereffektivitet og produktion, hænger sammen på en systematisk måde, som gør den samlede model troværdig. Det gælder f.eks. sammenfald mellem ændring i produktionsudslag og overgang til øget indflydelse af stofskiftereguleringen på foderoptagelsen. Og det gælder den fundne forbedring af fodereffektiviteten med stigende ydelseskapacitet, som hænger sammen med, at det i basale undersøgelser er vist, at større foderoptagelse som følge af øget appetit hos højtydende køer kan opnås uden forringelse af udnyttelsen af en given ration. Endelig synes de estimer, der findes ved hjælp af modellen, at være i overensstemmelse med lignende sammenhænge, som er beskrevet i litteraturen.

5.10 Referencer

AFRC (Agricultural and Food Research Council) 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK, xxiv + 159 pp.

Agnew, R.E., Yan, T. & Gordon, F.J. 1998. Nutrition of the high genetic merit dairy cow – Energy metabolism studies. In: Garnsworthy, P.C. & Wiseman, J. (eds.). Recent advances in animal nutrition 1998. Nottingham University Press, 181-208.

- Allen, M. 1993. Relationships between forage quality and dairy cattle performance. Paper presented at Pacific Northwest Anim. Nutr. Conf., Boise, Idaho, October 27-28, 13 pp.
- Andersen, B.B. 1989. Genetiske og avlsmæssige aspekter vedrørende foderoptagelse, foderudnyttelse og kødproduktionsegenskaber. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). Grundlag for valg af avlsmål og tilhørende produktionssystem i mælkeproduktionen. 660. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 45-63.
- Andersen, P.E. 1983. Produktionsniveauets afhængighed af energioptagelsen. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. 551. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 13.1-13.32.
- Anon, 1986. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztier, Nr. 3. Milchkühe und Aufzuchtsrinder, DLG Verlag, Frankfurt (Main), 92 pp.
- ARC (Agricultural Research Council) 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, UK, 351 pp.
- Armentano, L. & Pereira, M. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J. Dairy Sci.* 80, 1416-1425.
- BANR (Board on Agriculture and Natural Resources) 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2. Energy, 13-27. Nat. Academies Press.
- Bauman, D., McCutcheon, S.N., Steinhour, W.D., Eppard, P.J. & Sechen, S.J. 1985. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow: A review. *J. Anim. Sci.* 60, 583-592.
- Beauchemin, K.A. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 3140-3151.
- Benchaar, C., Rivest, J., Pomar, C. & Chiquette, J. 1998. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. *J. Anim. Sci.* 76, 617-627.
- Bines, J.A., Broster, W.H., Sutton, J.D., Broster, V.J., Napper, D.J., Smith, T. & Siviter, J.W. 1988. Effect of amount consumed and diet composition on the apparent digestibility of feed in cattle and sheep. *J. Agr. Sci., Camb.* 110, 249-259.
- Blake, R.W. & Custodio, A.A. 1984. Feed efficiency: A composite trait of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 67, 2075-2083.
- Cleale, R.M. & Bull, L.S. 1986. Effect of forage maturity on ration digestibility and production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 1587-1594.
- Colenbrander, V.F. Hill, D.L., Eastridge, M.L. & Mertens, D.R., 1986. Formulating dairy rations with neutral detergent fiber. 1. Effect of silage source. *J. Dairy Sci.* 69, 2718-2722.
- Colucci, P.E., Chase, L.E. & Van Soest, P.J. 1982. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65, 1445-1456.
- Coulon, J.-B., Hoden, A., Faverdin, P. & Journet, M. 1989. Dairy cows. In: Jarrige, R. (ed.). Ruminant Nutrition. Recommended allowances and feed tables. INRA and John Libbey Eurotext, Paris, 73-91.
- Coulon, J.B. & Rémond, B. 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.* 29, 31-47.
- Danfær, A. 1983. Energiværdien af malkekøers foder falder med stigende foderoptagelse. *Ugeskrift for Jordbrug* 128:27, 515-519.
- Danfær, A., Thyssen, I. & Østergård, V. 1980. Proteiniveauets indflydelse på malkekøernes produktion. I. Mælkeydelse, tilvækst og sundhed. 492. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg. 165 pp.
- Davey, A.W.F., Grainger, C., MacKenzie, D.D.S., Flux, D.S., Wilson, G.F., Brookes, I.M. & Holmes, C.W. 1983. Nutritional and physiological studies of differences between Friesian cows of high and low genetic merit. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 43, 67-70.
- El Khidir, O.A. & Thomsen, K.V. 1983. Effect of intake on digestibility of plant cell walls and cell contents of complete diets for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 9, 197-204.

- Ferris, C.P., Patterson, D.C. & Mayne, C. 1998. Nutrition of the high genetic merit cow – Practical considerations. In: Garnsworthy, P.C. & Wiseman, J. (eds.). Recent advances in animal nutrition 1998, Nottingham University Press, UK, 209-234.
- Frederiksen, L. 1931. Foderenheder og protein til mælkeproduktion. 136te beretning fra Forsøgslaboratoriet, 256 pp.
- Gibson, J.P. 1986. Efficiency and performance of genetically high and low milk-producing British Friesian and Jersey cattle. *Anim. Prod.* 42, 161-182.
- Gordon, F.J., Patterson, D.C., Yan, T., Porter, M.G., Mayne, C.S. & Unsworth, E.F. 1995. The influence of genetic index for milk production on the response to complete diet feeding and the utilization of energy and nitrogen. *Anim. Sci.* 61, 199-210.
- Grainger, C., Davey, A.W.F. & Holmes, C.W. 1985. Performance of Friesian cows with high and low breeding indexes. *Anim. Prod.* 40, 379-388.
- Hvelplund, T. & Madsen, J. 1995. Protein utilization in ruminants. In: Nunes, A.F., Portugal, A.F., Costa, J.P. & Ribeiro, J.R (eds.). Protein metabolism and nutrition. Proceedings of the 7th International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Vale de Santarém, Portugal, 24-27 May 1995. 83-93.
- Håndbog i kvæghold 2001. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Uddannelse.
- Ingvarsen, K.L., Friggens, N. & Faverdin, P. 1999. Food intake regulation in late pregnancy and early lactation. Occasional Publication No. 24, BSAS, 37-53.
- Jakobsen, P.E. 1957. Proteinbehov og proteinsyntese ved fosterdannelse hos drøvtyggere. 229. beretn. fra Forsøgslaboratoriet, 190 pp.
- Kirchgeßner, M., Schwab, W. & Müller, H.L. 1989. Effect of bovine growth hormone on energy metabolism of lactating cows in long-term administration. EAAP Publication No. 43, 143-146.
- Kirchgeßner, M., Windisch, W. & Müller, H.L. 2000. Nutritional factors for the quantification of methane production. In: Engelhardt, W.v., Leonhard-Marek, S., Breves, G. & Giesecke, D. (eds.). Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and reproduction. Proceedings VIII International symp. on Ruminant Physiology, 333-348.
- Kristensen, T. & Hindhede, J. 1987. Malkekoens sundhed og produktion ved fodring med store mængder bederoer. Beretn. nr. 628, Statens Husdyrbrugsforsøg, 52-68.
- Kristensen, V.F. 1999. Grovfoderkildens betydning for malkekoens produktion og fodereffektivitet. Intern Rapport nr. 118, Danmarks JordbrugsForskning. 18-33.
- Kristensen, V.F. & Skovborg, E.B. 1990. Betydningen af tidspunktet for 1. slæt i græs for græsudbytte og -kvalitet og for ensilageoptagelse og produktion hos køer. Fællesberetning nr. 15, Statens Planteavl-forsøg og Statens Husdyrbrugsforsøg, 37 pp.
- Kristensen, V.F. & Skovborg, E.B. 1991. Høsttid for helsæd af vinterhvede. 783. og 784. medd. Statens Husdyrbrugsforsøg, 8 pp.
- Kristensen, V.F. & Skovborg, E.B. 1993. Forskelligt tilskudsfoder til helsædsensilage af kortstrået og langstrået vinterhvede. 843. medd., Statens Husdyrbrugsforsøg, 6 pp.
- Kristensen, V.F., Kristensen, T., Aaes, O. & Hansen, O.K. 1997. Mængde og sammensætning af fæces og urin samt udskillelse af N, P og K i fæces og urin hos kvæg. In: Damgaard, H.P. & Kristensen, V.F. (eds.). Normtal for husdyrgødning. Beretning nr. 736, Danmarks JordbrugsForskning. 113-148.
- Kristensen, V.F. & Aaes, O. 1989. Foderniveauets betydning for fodereffektiviteten. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). Grundlag for valg af avlsmål og tilhørende produktionssystem i mælkeproduktionen. 660. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 10-44.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1978. Forskellig energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. Beretn. nr. 475, Statens Husdyrbrugsforsøg, 72 pp.
- Krohn, C.C., Andersen, P.E. & Hvelplund, T. 1985. Stigende mængde roemelasse i fuldfoder til malkekøer. Medd. nr. 568, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Lamb, R.C., Walters, J.L., Anderson, M.J., Plowman, R.D., Mickelsen, C.H. & Miller, R.H. 1977. Effects of sire and interaction of sire with ration on efficiency of feed utilization by Holsteins. *J. Dairy Sci.* 60, 1755-1767.

- Llano, C.A. & DePeters, E.J. 1985. Apparent digestibilities of diets varying in ratios of forage to concentrate and quality of forage at two intakes by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68, 1189-1197.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- Mertens, D.R. 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* 60-68.
- Moe, P.W., Reid, J.T. & Tyrrell, H.F. 1965. Effect of level of intake on digestibility of dietary energy by high-producing cows. *J. Dairy Sci.* 48, 1053-1061.
- Moe, P.W. & Tyrrell, H.F. 1975. Efficiency of conversion of digested energy to milk. *J. Dairy Sci.* 58, 602-610.
- Nocek, J.E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005-1028.
- Nørgaard, P. 1983. Fysisk struktur. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). *Optimale foderationer til malkekoen*. 551. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 3.37- 3.45.
- NRC (National Research Council) 1989. *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Academy Press, Washington, D.C., 158 pp.
- Pelchen, A., Peters, K.J. & Holter, J.B. 1998. Prediction of methane emissions from lactating dairy cows. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 41, 553-563.
- Robinson, P.H. & McQueen, R.E. 1997. Influence of level of concentrate allocation and fermentability of forage fiber on chewing behaviour and production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 681-691.
- Robinson, P., Tamminga, S. & Van Vuuren, A.M. 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity, composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 17, 37-62.
- Ruiz, T.M. Bernal, E., Staples, C.R., Sollenberger, L. E. & Gallaher, R.N. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 78, 305-319.
- Saama, P.M., Mao, I.L. & Holter, J.B. 1993. Sources of variation in partitioning of intake energy for lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76, 134-1341.
- Schiemann, R., Jentsch, W. & Wittenburg, H. 1971. Zur Abhängigkeit der Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe von der Höhe der Futteraufnahme und der Rationssammensetzung bei Milchkühen. *Arch. Tierernährung*, 21, 223-240.
- Sjaunja, L.O., Bævre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J. 1991. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. In: *EAAP publication 50*. Wageningen; Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PU-DOC). *Performance recording of animals: state of the art 1990*: 156-157.
- Strudsholm, F., Nielsen, E.S., Madsen, J., Foldager, J., Hermansen, J.E., Kristensen, V.F., Aaes, O. & Hvelplund, T. 1992. *Danske fodernormer til kvæg 1992*. Rapport nr. 18, Landsudvalget for Kvæg, 51 pp.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V. F., Andersen, H. R., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. *Danske fodernormer til kvæg*. Rapport nr. 84, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 47 pp.
- Südekum, K.-H., Röh, H., Brandt, M., Gave, G. & Stangassinger, M. 1995. Comparative digestion in cattle and sheep fed wheat silage diets at low and high intakes. *J. Dairy Sci.* 78, 1498-1511.
- Sutton, J.D., Broster, W.H., Schuller, E., Napper, D.J., Broster, V.J. & Bines, J.A. 1988. Influence of plane of nutrition and diet composition on rumen fermentation and energy utilization by dairy cows. *J. Agr. Sci., Camb.* 110, 261-270.
- Tyrrell, H.F. Brown, A.C.G., Reynolds, P.J., Haaland, G.L., Baumann, D.E., Peel, C.J. & Steinhour, W.D. 1988. Effect of bovine somatotropin on metabolism of lactating dairy cows: Energy and nitrogen utilization as determined by respiration calorimetry. *J. Nutr.* 118, 1024-1030.
- Van Es, A.J.H. 1978. Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in The Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 5, 331-345.

- Veerkamp R.F., Simm, G. & Oldham, J.D. 1994. Effects of interaction between genotype and feeding system on milk production, feed intake, efficiency and body tissue mobilization in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 39, 229-241.
- Vermorel, M. 1989. Energy: The feed unit system. In: Jarrige, R., (ed.). *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables.* INRA and John Libbey Eurotext, Paris, 23-32.
- Weisbjerg, M.R. 1997. Recirkulering af kvælstof til vommen. Intern Rapport Nr. 88, Statens Husdyrbrugsforsøg. 18-29.
- Weisbjerg, M.R., Børsting, C.F. & Hvelplund, T. 1992. The influence of tallow on rumen metabolism, microbial biomass synthesis and fatty acid composition of bacteria and protozoa. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 138-147.
- Weisbjerg, M.R., Gado, H., Hvelplund, T. & Jensen, B.B. 1999. The effect of easily fermentable carbohydrates and pH on fibre digestibility and VFA pattern in an in vitro continuous culture system. *S. Afr. J. Anim. Sci. (ISRP)*, 29, 112-113.
- Wilkerson, V.A., Casper, D.P. & Mertens, D.R. 1995. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *J. Dairy Sci.* 78, 2402-2414.
- Woods, V.B., Moloney, A.P., Mulligan, F.J. Kenny, M.J. & O'Mara, F.P. 1999. The effect of animal species (cattle or sheep) and level of intake (cattle) on in vivo digestibility of concentrate ingredients. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 135-150.
- Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J. & Porter, M.G. 2000. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livest. Prod. Sci.* 64, 253-263.
- Yan, T., Gordon, F.J., Agnew, R.E., Porter, M.G. & Patterson, D.C. 1997. The metabolisable energy requirement for maintenance and the efficiency of utilisation of metabolisable energy for lactation by dairy cows offered grass silage-based diets. *Livest. Prod. Sci.* 51, 141-150.
- Østergaard, S., Sørensen, J.T., Kristensen, V.F. & Kristensen, T. 1994. Modellering af malkekoens produktion ud fra nettoenergisystemet (FE). Præsentation og dokumentation af PC-modellen SIMCOW. Forskningsrapport nr. 24, Statens Husdyrbrugsforsøg, 32 pp.
- Østergaard, V. 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. 482. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 138 pp.
- Østergaard, V. 1983. Optimale foderrationer til malkekoen under forskellige forudsætninger. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). *Optimale foderrationer til malkekoen.* 551. beretn., Statens Husdyrbrugsforsøg, 18.1-18.49.
- Østergaard, V., Christensen, L.G. & Thyssen, I. 1989. Malkekøernes fodereffektivitet ved forskelligt avlsmateriale, driftsvalg og foderstyrke. Helårsforsøgsbesætninger i årene 1967 til 1986. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A., (eds.). *Grundlag for valg af avlsmål og tilhørende produktionssystem i mælkeproduktionen.* 660. beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, 101-125.
- Aaes, O. 1987. Foderoptagelse og mælkeproduktion ved varierende mængder af byg og melasse. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde 1987, 12-17.
- Aaes, O. 1988. Ketose hos roefodrede malkekøer. Meddelelse nr. 719, Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Aaes, O. 1990. Fodringsprincipper for malkekøer. Betydning for foderomsætning og produktion. Bilag til Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde 1990, 11-14.
- Aaes, O. 1993. Fuldfoder contra separat tildeling af energirige foderrationer udfodret efter ædelyst eller restriktivt til malkekøer. Forskningsrapport nr. 16, Statens Husdyrbrugsforsøg, 23 pp.

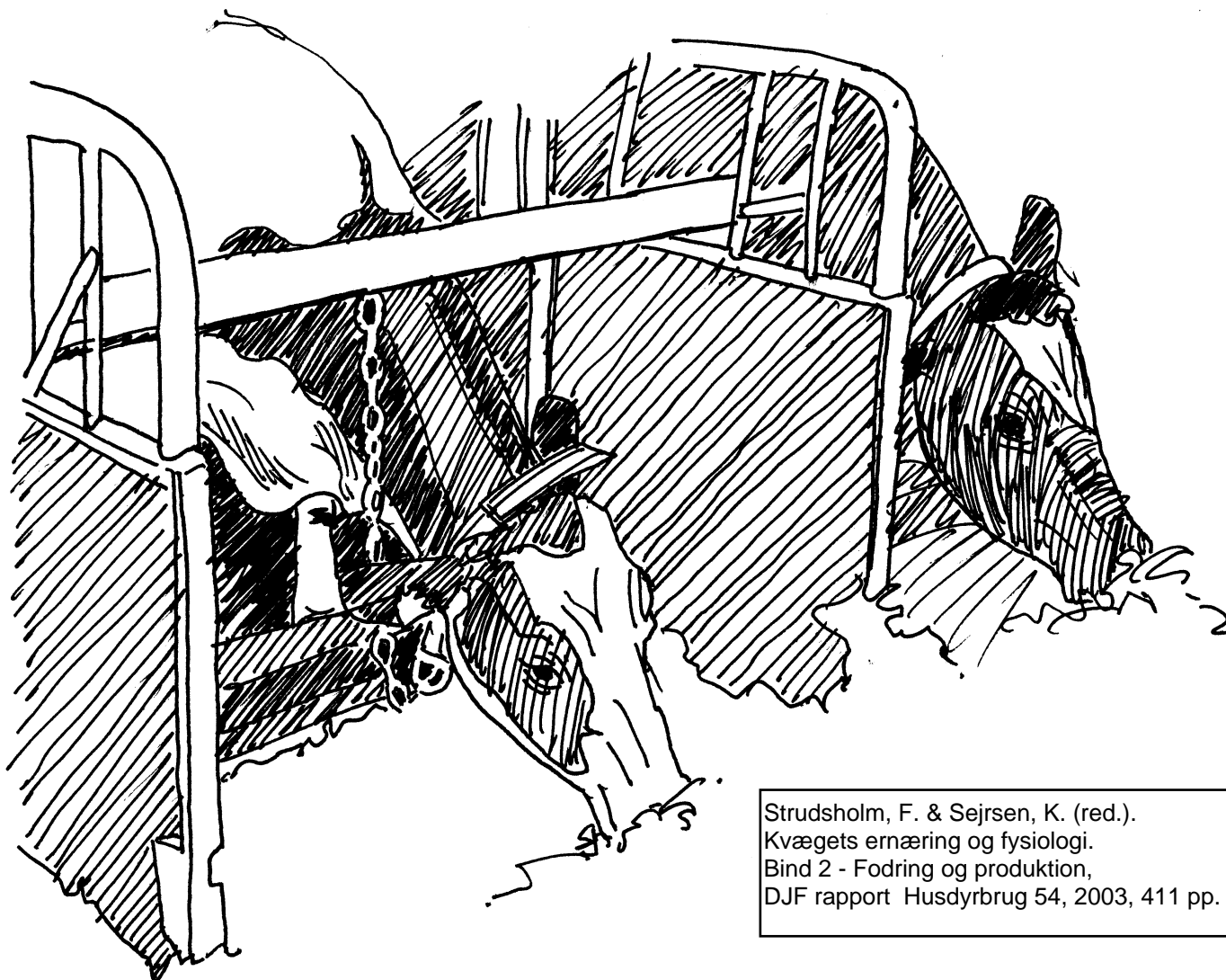
Proteinforsyning til malkekøer

af Jørgen Madsen ¹⁾, Lorenzo Misciattelli ¹⁾,
Verner Friis Kristensen ²⁾ og Torben Hvelplund ²⁾

¹⁾ Inst. for Husdyrbrug og Husdyrsundhed,
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og

²⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning

6



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

6.1 Baggrund

Viden om malkekøernes proteinforsyning er af betydning både for at kunne optimere produktionsniveauet og -økonomien og for at kunne reducere udskillelsen af kvælstof med gødning og urin, som er en potentiel forurener af miljøet.

Malkekøernes proteinbehov og produktionsafhængighed af proteinforsyningen var indtil ca. 1990 udtrykt i fordøjeligt råprotein. Da der er udført et meget stort antal produktionsforsøg til at belyse mælkeproduktionens afhængighed af optagelsen af fordøjeligt råprotein og derved indhøstet stor erfaring, vil en opsummering af, hvad der blev opnået med dette system, blive præsenteret.

I 1970'erne og 1980'erne blev der udført en række forsøg til at belyse proteinets omsætning og fordøjelse i mave-tarmkanalen, og der blev udviklet et nyt proteinvurderingssystem med beskrivelse og måling af fodermidlernes proteinværdi i AAT-PBV-systemet, som er detaljeret omtalt i kapitel 20, bind 1. Forsøgene, der er grundlaget for systemet, er beskrevet af Hvelplund & Madsen (1990). En præsentation og opdatering af vor viden om proteinomsætningen er endvidere givet i kapitel 10, bind 1.

Dette kapitel bygger hovedsageligt på et betydeligt antal produktionsforsøg med malkekøer, der blev udført i Danmark i 1980'erne og 1990'erne, hvor mælkeproduktionens afhængighed af AAT- og PBV-forsyningen er blevet undersøgt. Der indrages ligeledes resultater fra produktionsforsøg i de øvrige nordiske lande og Frankrig. Yderligere er der udført enkelte forsøg, hvor effekten af enkelte aminosyrer er undersøgt.

6.2 Proteinbehov

Malkekøernes behov for protein er betinget af et behov for aminosyrer til proteinsyntese i koens forskellige væv og af et behov for protein (kvælstof) til vommikroorganismernes proteinsyntese i vommen.

Vommikroorganismene har et behov, der står i forhold til deres vækst, der igen er bestemt af mængden af forgærbart stof, de omsætter i vommen, og hvor effektivt de vokser i forbindelse med forgæringen. Omsætning af mikroorganismene i vommen medfører, at der, samtidig med væksten og proteinsyntesen, også sker en nedbrydning af mikroorganismene, således at mængden af mikrobielt protein, der passerer videre til tyndtarmen, er afhængig af passagehastigheden og vil være mindre end den syntetiserede mængde.

Vommikroorganismernes proteinbehov dækkes først og fremmest af det protein fra foderet, som nedbrydes i vommen, men da der hele tiden sker en passage af urea til vommen gennem vomvæggen, og der tilføres urea til vommen med spyttet, dækker denne kvælstofforsyning også en del af vommikroorganismernes behov. Modsat sker der også en passage af ammoniak fra vommen over vomvæggen til blodet. Denne ammoniak er således ikke til rådighed for vommikroorganismene. Hvor stor en mængde protein, der er behov for at tilføre med foderet for at dække vommikroorganismernes behov, afhænger således af disse forhold, der hver især kan variere fra en situation til en anden. Recirkulering af kvælstof er yderligere omtalt i kapitel 10, bind 1.

I AAT-PBV-systemet regnes der med, at vommikroorganismernes omsætning af foderet resulterer i en produktion af mikrobielt

protein, der passerer til tyndtarmen, på 179 g råprotein (N*6,25) pr. kg kulhydrat, der kan fordøjes i hele fordøjelseskanalen. I praksis er det fordøjeligheden hos får fodret på vedligeholdelsesniveau. Det er ikke forudsat, at mikroorganismene har behov for specielle N-kilder. Den beregnede mængde nedbrudt protein minus det beregnede behov for mikroorganismene kaldes Protein Balancen i Vommen (PBV) (Madsen, 1982, 1985).

Koens evne til at recirkulere kvælstof til vommen over vomvæggen og gennem spyttet samt tabet af kvælstof fra vommen i form af ammoniak indgår i behovsangivelsen på den måde, at behovet er ansat til en negativ PBV-værdi, når der forekommer en netto recirkulering af kvælstof til vommen og behovet for PBV er positivt, når tabet fra vommen er større end tilførslen, altså en negativ recirkulering.

Malkekoens forskellige væv har et behov for enkelte aminosyrer i forskelligt forhold. En del af aminosyrerne kan vævene selv syntetisere, men andre, de essentielle, skal optages fra tarmkanalen. På trods af at malkekøerne har behov for at absorbere en række specifikke aminosyrer, er fodermidlernes proteinværdi i AAT-PBV-systemet angivet ved den samlede Absorption af Aminosyrer i Tarmen (AAT). At dette har mening skyldes, at proteinindholdet i de vommikroorganismer, som skylles til tarmen, har en ret ensartet aminosyresammensætning med en høj aminosyrefordøjelighed, og at de normalt udgør en stor andel af koens samlede aminosyreabsorption. Ved en yderligere præcisering af fodermidlernes proteinværdi og køernes behov vil der dog blive taget hensyn til de enkelte aminosyrer.

De absorberede aminosyrer anvendes i koens væv til flere formål. Den største mængde anvendes til mælkeproteinsyntese, men en ikke ubetydelig andel anvendes til pro-

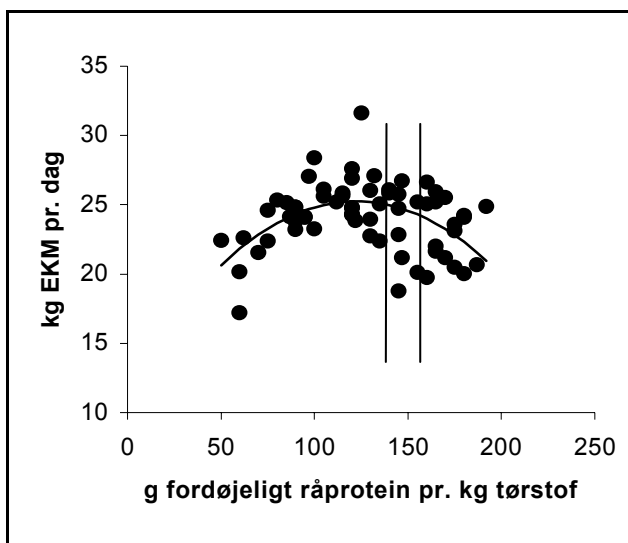
duktion af fordøjelsesenzymer, der delvist absorberes igen, og til erstatningssyntese i vævene (vedligehold) og en mindre del til vækst og fosterproduktion. Yderligere kan en variabel del af aminosyrerne anvendes til dannelse af glukose (glukoneogenese). Endelig kan enkelte aminosyrer have specifikke virkninger. Dette gælder f.eks. metionin, der bl.a. er af betydning ved transport af det mobiliserede fedt fra leveren.

Det er således ikke en enkel sag at angive malkekøernes proteinbehov, da der er mange variable. Malkekøernes evne til at recirkulere kvælstof til vommen, udtrykt ved PBV, kan angives enten pr. dag eller pr. energienhed (FE), pr. kg fodertørstof eller som en andel af det optagne foderprotein. AAT-behovet kan angives faktorielt, som det gøres i de øvrige nordiske lande og Storbritannien, hvor der angives et behov pr. kg mælk, pr. kg 4 % mælk, pr. kg EKM eller pr. kg mælkeprotein, der produceres, samt et behov til vedligehold, vækst og fosterproduktion. Det kan også som for PBV angives pr. dag, pr. energienhed eller pr. kg fodertørstof.

Det er af stor betydning, hvorledes køerne blev fodret i forsøgene, der ligger til grund for opstilling af proteinanbefalingerne, da der ofte skal ekstrapoleres fra forsøgsbehandlinger til de mange måder, der fodres på i praksis, som f.eks. ens ration til alle malkekøer eller konstant foderniveau i kortere eller længere tid efter kælvning efterfulgt af normfodring, og om det er restriktiv eller ad libitum fodring. Endelig vil forskellige fodereffektiviteter påvirke den optimale proteintildeling forskelligt afhængig af, hvorledes anbefalingerne udtrykkes. De danske produktionsforsøg har vist, at der er den største sammenhæng i resultaterne, når proteinniveauet for både AAT og PBV angives pr. FE.

6.3 Produktionsrespons ved stigende tildeling af fordøjeligt råprotein

Ved tildeling af stigende mængde fordøjeligt råprotein i rationen bliver flere forhold påvirket. Både AAT- og PBV-optagelsen vil som regel stige. Samtidig vil der være mindre stivelse eller sukker i rationen, da dette erstattes af råprotein. Energiværdien af rationen vil sikkert blive overvurderet, da protein er fastsat til en høj energiværdi i FE-systemet, og ved ad libitum fodring ses som regel en forøget foderoptagelse. Uden at komme nærmere ind på tallene og hvilke rationsændringer, der er foretaget i de enkelte forsøg, er resultaterne af de seneste store danske produktionsforsøg (Krohn & Andersen, 1978; Danfær et al., 1980) samt nogle litteraturværdier fra udenlandske forsøg med fordøjeligt råprotein (Danfær et al., 1980) samlet i Figur 6.1.



Figur 6.1 Mælkeproduktionens afhængighed af foderets indhold af fordøjeligt råprotein. Data fra: Krohn & Andersen, 1978; Danfær et al., 1980 samt udenlandske forsøg refereret af Danfær et al., 1980. I figuren er angivet hvilke grænser, Landskontoret for Kvægs foderplanlægningssystem anvendte inden overgangen til AAT-PBV-systemet.

Figuren viser, at med stigende tildeling af fordøjeligt råprotein stiger ydelsen op til et vist niveau, hvorefter ydelsen er faldende ved yderligere tildeling. Ved underforsyning med protein gik det specielt ud over foderoptagelsen, og ved overforsyning reduceres energiudnyttelsen på grund af den for høje energiværdi, der tillægges protein, når det ikke anvendes til proteinsyntese. Det specielle ved kurven er den meget store spredning, hvilket antyder, at fordøjeligt råprotein ikke er nogen god enhed til at udtrykke køernes proteinforsyning.

I forbindelse med de tidligere anbefalinger for tildeling af fordøjeligt råprotein var der endvidere anbefalinger for hvor høj en andel, NPN kunne udgøre af det fordøjelige råprotein, og der var specifikke anbefalinger for anvendelse af urea. Disse anbefalinger er nu inkluderet i anbefalingerne for AAT og PBV. Dog gælder den tidligere anbefaling med maksimalt 150 g urea pr. ko pr. dag stadig ved tildeling af foder 2 gange dagligt. Begrundelsen er, at en stor indtagelse af urea på een gang kan være farligt for køerne, da der kan opstå akut ammoniakforgiftning. Ved indgivelse af 250 g urea direkte i vommen vil foderoptagelsen ophøre i nogle timer, og endnu større mængder kan være dødelig.

6.4 Normer for AAT pr. kg mælk til vedligehold, vækst og fosterproduktion

I Danmark er der ikke opstillet produktionsfunktioner, der bygger på angivelse af AAT-behov pr. kg syntetiseret protein i mælk og væv. Det er dog muligt med nogen nøjagtighed at angive et behov ud fra indholdet af protein i produkterne og til vedligehold, (nettobehovene, Tabel 6.1) og gange dette med en udnyttelsesprocent. Uanset at der er forskel i indholdet af protein pr. kg EKM for de forskellige racer, anvendes der samme behovsangivelse, da der ikke findes forsøg

til belysning af eventuelle forskelle. Jersey pr. kg EKM, men dette bør undersøges kunne tænkes at have et lavere AAT-behov nærmere.

Tabel 6.1 Nettobehovet for protein til forskellige produkter, der produceres eller mobiliseres af malkekøer

	g protein/kg mælk	g protein/kg EKM	Referencer
RDM	35,7	34,4	a
SDM	33,5	33,1	a
DRK	34,3	33,2	a
Jersey	40,6	31,4	a
Tilvækst, malkekøer	150 g råprotein/kg tilvækst		b
Vægttab, malkekøer	-125 g råprotein/kg vægttab		b
	-112 g råprotein/kg vægttab		c
Ren muskel	200 g råprotein/kg muskel		c
Vedligehold	vægt i kg ^{0,75} * 2,2 g/dag		c

a) Dansk kvæg (2002)

b) Gibb et al. (1992)

c) ARC (1984).

Behovene for tilvækst og vægttab afhænger af tilvækstens og vægttabets indhold af henholdsvis fedt og protein. Hvis eksempelvis det maksimale vægttab efter kælvning sættes til 100 kg, og proteinindholdet sættes til 112 g protein/kg (ARC, 1984), vil det give en mobilisering på 11,2 kg protein, hvilket svarer til behovet til produktion af kun 300 kg mælk. I en sammenligning af en række balance- og slagteforsøg med malkekøer i tidlig laktation, blev det fundet, at mobilisering finder sted indtil ca. 8 uger inde i laktationen, og at der i gennemsnit blev mobiliseret ca. 100 g protein pr. dag (Misciattelli, 2001), eller nøjagtigt det halve af ovenstående regneeksempel.

I de øvrige nordiske lande er behovet angivet til de enkelte livsyttringer, og det samlede behov er summen af de enkelte behov til

livsyttringerne. Dette kaldes også at beregne behovene faktorielt. Behovene er dog i en vis udstrækning udregnet og korrigeret ud fra gennemførte produktionsforsøg. Tabel 6.2 sammenligner de opstillede AAT-behov i de nordiske lande.

I den praktiske foderplanlægning i Danmark anvendes den angivne anbefaling for AAT pr. kg mælk så at sige ikke, da køerne først i laktationen ikke fodres efter ydelse, og køerne senere i laktationen og i goldperioden altid får tilstrækkeligt med AAT, hvis PBV-forsyningen er tilstrækkelig. Dette skyldes, at fodring senere i laktationen ofte er forbundet med tilvækst for at genvinde huld, og AAT-behovet til tilvækst og fedning er mindre end behovet til mælkeproduktion, udtrykt pr. energienhed.

Tabel 6.2 Sammenligning af de nordiske anbefalinger for AAT og PBV til malkekøer, når disse udtrykkes faktorielt (Madsen et al., 1995; Jarrige, 1989)

	Danmark	Norge	Sverige	Finland	Frankrig ¹⁾
<i>AAT-behov</i>					
Mælkeproduktion					
g/kg EKM	37	42 til 50	40	45	48
<i>Vedligehold²⁾</i>					
g/(lvgt. i kg ^{0,75})	3,0	3,25	3,25	3,25	3,25
<i>Vægtændring</i>					
Tilvækst, g/kg	188	-	250	233	150 til 200
Vægttab, g/kg	-112	-	-185	-138	-
<i>Drægtighed, stor race</i>					
7. måned, g/dag	95	100	59	75	80
8. måned, g/dag	160	160	98	135	140
9. måned, g/dag	215	230	168	205	210
<i>PBV-behov, g/ko/dag</i>					
Tidlig laktation	0	0	0	0	0
Gold	-200	-300	-300	-200	-100 til -150

1) AAT-angivelser er taget direkte som de franske PDI (protein fordøjet i tyndtarmen) (Jarrige, 1989)

1) PBV-angivelserne er beregnet som (PDIN-PDIE)/0,70). Se kapitel 20, bind 1

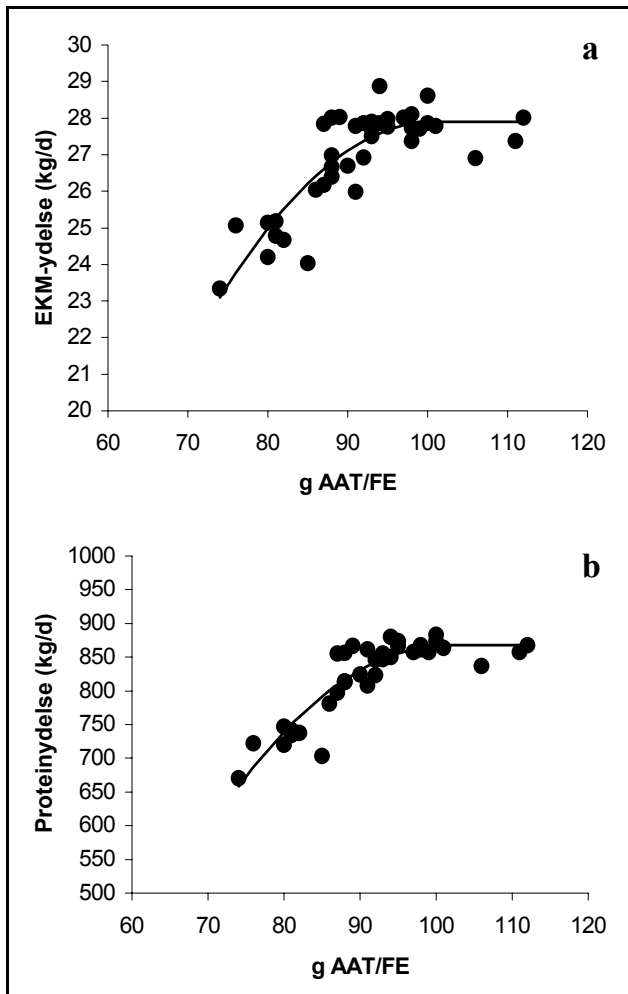
2) udtrykkes i g pr. kg metabolisk legemsvægt (kg^{0,75}). lvgt = levende vægt.

6.5 Mælkeproduktionens afhængighed af rationens indhold af AAT

Der er udført en del danske produktionsforsøg med varierende mængde AAT og PBV pr. FE. De fleste forsøg er udført i den første halvdel af laktationen, men enkelte dækker også den senere del af laktationen. I alle forsøgene er der fodret ad libitum med grovfoder eller med en fuldfoderration og tildelingen, inkl. kraftfoder, har været konstant og uafhængig af ydelsen igennem hele forsøget, (Kristensen, 1997). Resultaterne er vist i Figur 6.2.

Forsøgene viser en udmærket sammenhæng mellem indholdet af AAT pr. FE og både

ydelsen i EKM og mælkeproteinydelsen. Sammenhængen er betydeligt bedre end den tidligere beskrevne sammenhæng mellem tildelingen af fordøjeligt råprotein og ydelsen af EKM, og dette var grundlaget for at indføre det nye proteinvurderingssystem. Ydelsen stiger jævnt med et aftagende merudbytte op til 90 g AAT/FE. Der opnås ikke nogen ydelsesstigning ved at hæve AAT-niveauet over 90 g/FE (ved et PBV-niveau over 0). Der er et ret ensartet fald i ydelsen, når AAT-niveauet sænkes under 90 g/FE. Faldet er imellem 0,3 og 0,5 kg EKM pr. g AAT, foderrationen indeholder under 90 g pr. FE.

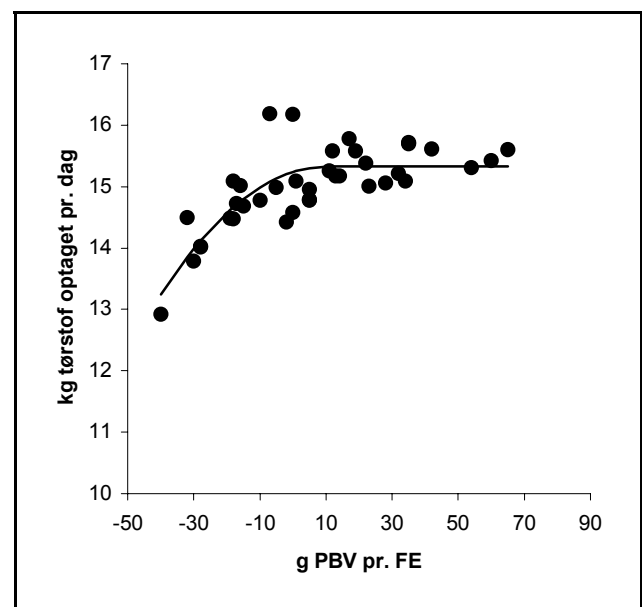


Figur 6.2 a og b. Mælkeydelsens afhængighed af rationens indhold af AAT. Data fra Kristensen (1997) efterfølgende behandlet således, at forsøgene er indbyrdes sammenlignelige.

6.6 Mælkeproduktionens afhængighed af rationens indhold af PBV

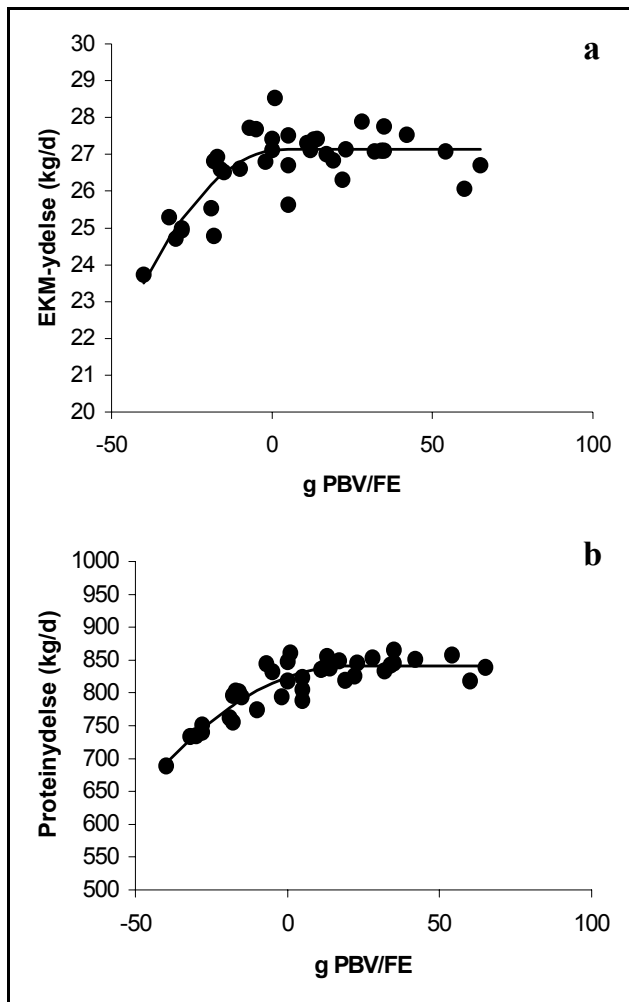
Foderrationernes indhold af PBV er betydeligt mere varierende end indholdet af AAT, og i visse situationer kan det være vanskeligt at begrænse et stort overskud af PBV. Det gælder f.eks., når køerne afgræsser en proteinrig afgrøde. Det er imidlertid også ved sænkning af PBV, at de største muligheder ligger for at reducere proteintildelingen og kvælstofudskillelsen.

Hvilket PBV-niveau, der er nødvendigt for at opretholde en optimal mælkeproduktion, afhænger af malkekøernes evne til at recirkulere kvælstof til vommen. Teoretisk er der en stor kvælstofmængde at recirkulere fra blodet til vommen hos køer fodret på et højt niveau først i laktationen, hvilket kan ses af den store udskillelse af urea med urinen. Uanset dette har forsøgene vist, at det specielt er først i laktationen, at man skal være opmærksom på, at PBV ikke bliver for lav. En negativ PBV-værdi vil specielt nedsætte foderoptagelsen (Figur 6.3). Dette kan både skyldes, at der reelt mangler kvælstof i vommen, men det kan også skyldes, at rationer med lavt PBV som regel indeholder store mængder let fordøjeligt kulhydrat i form af stivelse eller sukker, hvilket kan nedsætte omsætningshastigheden af de fyldende cellevægsstoffer. Dette er specielt et problem først i laktationen.



Figur 6.3 Foderoptagelsens afhængighed af PBV-tildelingen. Data fra Kristensen (1997) efterfølgende behandlet statistisk således, at forsøgene er indbyrdes sammenlignelige.

Resultater af produktionsforsøgene med varieret mængde PBV i rationen er vist i Figur 6.4 a og b.



Figur 6.4 a og b Mælkeproduktionens afhængighed af rationens indhold af PBV. Data fra Kristensen (1997) efterfølgende behandlet statistisk således, at forsøgene er indbyrdes sammenlignelige.

Forsøgene viser også med hensyn til PBV pr. FE en meget fin sammenhæng til EKM og proteinydelsen. Der kan opnås en optimal mælkeproduktion, hvis rationen indeholder 0 eller mere end 0 g PBV pr. FE i den første halvdel af laktationen. En for lav PBV-tildeling vil påvirke foderoptagelsen negativt og derigennem reducere mælkeydelsen.

Sænkes PBV under 0, vil mælkeproduktionen falde med 0,10-0,12 kg EKM pr. g negativ PBV pr. FE.

Det er sandsynligt, at det optimale PBV-niveau kan variere afhængig af, hvor godt den tidsmæssige frigivelse af energi og protein i vommen er synkroniseret. Ved afgræsning, hvor PBV-optagelsen er meget høj i dagtimerne, kan det tænkes, at der ske et tab af N, så det er nødvendigt at afbalancere rationen med en PBV over 0. Det er dog fundet, at suppleringsfoderet, selvom det tildes tidsforskudt, kan have en negativ PBV på ned til 200 g/dag uden negativ indflydelse på ydelsen. (Bossen et al., 2000; Nielsen, 2000).

Senere i laktationen kan PBV være under 0, og til goldkøer kan PBV sandsynligvis være ned til minus 40 g/FE uden negative konsekvenser. Der er ikke direkte lavet forsøg for at fastlægge denne værdi, men de minus 40 g/FE svarer til, hvad køer ville have, hvis de blev fodret efter de gamle normer for fordøjeligt råprotein til vedligehold. Yderligere har forsøg med ungtyre (Andersen et al., 1993a, 1993b og 1994) og kvier (Andersen & Foldager, 1994) vist, at PBV kan være så lav som henholdsvis minus 40 og minus 80 g/FE, uden at det påvirker tilvæksten.

6.7 Udenlandske resultater med stigende AAT-PBV

I Frankrig er der udført en række forsøg med deres PDI-system, der er sammenligneligt med AAT. Niveaulet af aminosyrer set på foderrationsbasis er det samme for PDI og AAT, dog regnes i Frankrig med en mindre mikrobiel proteinsyntese i vommen og en større mængde unedbrudt foderprotein. Det betyder, at det beregnede PDI-indhold i fodermidler med et højt proteinindhold er højere end AAT-indholdet i Danmark og omvendt for proteinfattige fodermidler. De franske resultater (Verité et al., 1982) viser,

at effekten af stigende proteintildeling (PDI) er forskellig afhængig af, om der fodres ad libitum eller restriktivt. Ved ad libitum fodring opnås den ekstra gevinst, at foderoptagelsen stiger ved øget proteinindhold i rationen. Verité et al. (1982) viste således, at ved restriktiv fodring vil et øget AAT-indhold i rationen bevirke en øget mælkeproduktion med en øget mobilisering til følge. Ved ad libitum fodring steg foderoptagelsen ved øget PDI-tildeling så meget, at der samtidig med en stigende ydelse blev opnået en reduceret mobilisering.

Vérité og Geay (1987) viste ligeledes, at PBV-behovet afhænger af AAT-forsyningen. Når der er en overforsyning med AAT, kan PBV-behovet således sænkes (Tabel 6.3), da et højere AAT-indhold giver mere urea til recirkulering.

6.8 Mælkeydelsens afhængighed af forsyningen med individuelle aminosyrer

Selvom malkekøens proteinbehov i dag er angivet som g AAT pr. FE, er det dog mere fysiologisk korrekt at betragte malkekøens proteinbehov som behov for en række individuelle aminosyrer. Mængden af individuelle aminosyrer, der absorberes i tarmen, er tabelleret for de fleste typer af kraftfoder og grovfoder, der anvendes i Danmark (Misciattelli et al., 2002a), hvilket gør det muligt

at vurdere malkekøens forsyning med de individuelle aminosyrer.

Hvorvidt en foderration opfylder kravet med hensyn til optimal forsyning med individuelle aminosyrer kræver også kendskab til behovet for individuelle aminosyrer. Fastlæggelse af behovet for individuelle aminosyrer til mælkeproduktion er imidlertid langtfra afsluttet. De aminosyrer, der anses for oftest at være begrænsende, er metionin og lysin, men også histidin, leucin og fenylalanin er i nogle undersøgelser fundet at være blandt de begrænsende aminosyrer. I den seneste udgave af aminosyretabellen er ovennævnte 5 aminosyrer opgivet med deres procentandel af AAT. Det er den værdi, der bruges i behovsangivelserne. Der er udført en række forsøg i Danmark til belysning af malkekøens behov for individuelle aminosyrer (Misciattelli, 2001; Vestergaard & Børsting, 2001), og der er i et dansk produktionsforsøg observeret respons på produktionen af mælkeprotein ved supplerings med vombeskyttet metionin, men ikke med lysin (Misciattelli et al., 2003). Et andet produktionsforsøg kunne ikke påvise effekter af forøget metionintildeling (Børsting & Weisbjerg, upubliceret). Der er ligeledes udført meta-undersøgelser af publicerede resultater fra forsøg med postruminal infusion af forskellige aminosyrer til lakterende køer for at fastlægge de biologisk samt økonomisk optimale niveauer for lysin og metionin (Misciattelli et al., 2002c).

Tabel 6.3 Ydelsesforskel mellem kontrolhold og mangelhold (kg EKM/ko/dag) (Vérité & Geay, 1987). ^{a)}

AAT-forsyning i forhold til behov	PBV/FE under -30	PBV/FE -15 til -30	PBV/FE 0 til -10
100-110 %	-2,3	-0,4	-0,4
90-100 %		-1,4	-0,5
80-90 %		-3,8	-2,4

^{a)} AAT er sat lig det franske PDI. PBV er sat lig med (PDIN-PDIE)/0,70.

Potentielt begrænsende aminosyrer

Hvilken aminosyre, der bliver den først begrænsende, vil afhænge af foderproteinets aminosyresammensætning, dets nedbrydningsgrad og omfanget af den mikrobielle proteinsyntese. Disse faktorer vil tilsammen være bestemmende for aminosyresammensætningen af det protein, der tilføres tyndtarmen. Infusionsforsøg har vist, at kasein har en væsentlig højere udnyttelsesgrad til mælkeproteinetsyntese end andre proteinkilder (Choung & Chamberlain, 1993; Rogers et al., 1984; Rulquin, 1986). Kasein må derfor betragtes som havende en aminosyresammensætning tæt på den, som kræves for

en optimal mælkeproteinetsyntese. Forsøg med malkekøer fuldstændigt ernæret ved infusion af næringsstoffer, – en SCFA blanding i vom og kasein i abomasum, – viste dog, at de først begrænsende aminosyrer var metionin, lysin og histidin, og at disse nærmest kunne betragtes som samtidigt begrænsende (Fraser et al., 1991). En såkaldt mælkeprotein-score kan udregnes for de enkelte fodermidler, idet de enkelte fodermidler tildeles en værdi i forhold til koncentrationen af den aminosyre, der bliver først begrænsende, set i forhold til aminosyresammensætningen af mælkeprotein (Tabel 6.4).

Tabel 6.4 Proteinkvalitet (mælkeprotein-score, MPS)^{a)} for forskellige foderemner før og efter 24 timers inkubation i vommen, beregnet relativt i forhold til mælkeprotein. Baseret udelukkende på indholdet af essentielle aminosyrer, dog er tryptofan udeladt. (Misciattelli et al., 2001)

	MPS ^{a)}		1. begrænsende		2. begrænsende	
	Originalt	Inkuberet	Originalt	Inkuberet	Originalt	Inkuberet
Majsbærme	0,21	0,31	Lys	Lys	Ile	Ile
Sesamkage	0,47	0,44	Lys	Lys	Leu	Leu
Kokoskrå	0,55	0,56	Lys	Lys	Leu	Met
Grønpiller	0,70	0,70	Lys	Lys	Met	Met
Mask, lav råfrugt	0,58	0,68	Lys	Lys	Met	Leu
Majsgluten	0,23	0,23	Lys	Lys	Val	Leu
Rapskage	0,82	0,88	Met	Lys	Lys	Leu
Solsikkeskrå, afskallet	0,60	0,56	Lys	Lys	Leu	Leu
Byg	0,49	0,62	Lys	Lys	Met	Met
Sojaskrå	0,68	0,59	Met	Lys	Lys	Met
Ærter	0,54	0,47	Met	Met	Leu	Leu
Majsensilage	0,80	0,37	His	Lys	Lys	His
Græsensilage	0,81	0,51	His	Lys	Leu	His
Kløvergræshø	0,70	0,70	His	Lys	Lys	His
Mikrobielt protein	0,73	-	His	-	Leu	-

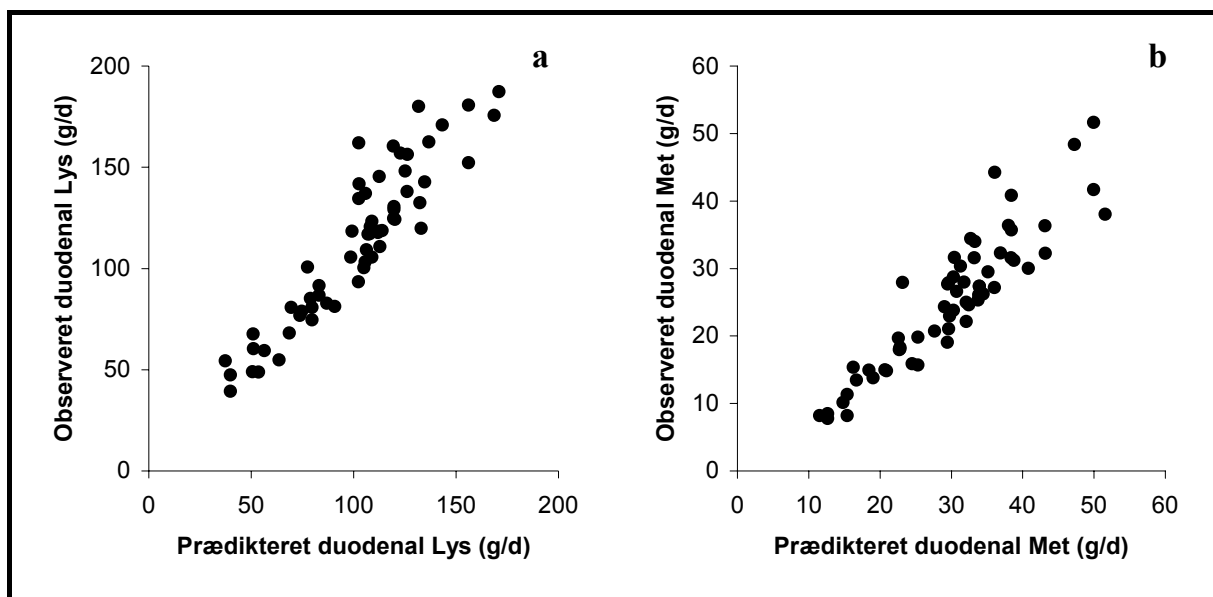
^{a)} indholdet af den først begrænsende aminosyre i forhold til indholdet i mælkeprotein.

Som det ses i Tabel 6.4 og i overensstemmelse med lignende beregninger (Schingoethe & Blair, 1996), har mikrobielt protein en relativt god aminosyresammensætning. Der er ikke nogen videre systematik i hvilke aminosyrer, der er først begrænsende, men lysin eller metionin optræder altid blandt de først begrænsende aminosyrer i alle fodermidler, undtagen i mikrobielt protein. Tryptofan er ofte den først begrænsende aminosyre i protein fra forskellige typer ensilage (Misciattelli & Hvelplund, 2001), men da der ikke er anvendt data for tryptofan i udregningerne her, vil MPS for ensilagerne være for høje. Det kan ligeledes ses, at foderproteinets aminosyresammensætning ændres under nedbrydningen i vommen, og det unedbrudte protein har således ikke samme aminosyresammensætning som det oprindelige foderprotein (Hvelplund & Madsen, 1985, 1989; Misciattelli, 2001) og dermed heller ikke samme MPS eller rækkefølge af begrænsende aminosyrer. Anvendeligheden af mælkeprotein-score for individuelle fodermidler er dog begrænset, da disse værdier ikke er additive, og da det er sammensætningen af det samlede protein,

der tilføres tyndtarmen, som er afgørende for hvilke aminosyrer, der bliver begrænsende for mælkeproduktionen.

Prædiktion af malkekøens forsyning med individuelle aminosyrer

På grund af den mikrobielle omsætning i vommen på malkekøen er det vanskeligt præcist at forudsige forsyningen med individuelle aminosyrer, der kan absorberes i tyndtarmen. Det nuværende AAT-PBV-system (Madsen et al., 1995) er baseret på en beregning af unedbrudt foderprotein og mikrobielt protein syntetiseret i vommen på baggrund af en bestemmelse af mængden af fordøjelige kulhydrater og in sacco undersøgelser af proteinets nedbrydningsgrad. Det er en relativt enkel procedure at hæfte aminosyreprofiler på de to fraktioner. Det er dog mere problematisk at finde de korrekte profiler, som skal anvendes. I kapitel 20, bind 1 er vist, hvorledes beregningerne af forsyning med individuelle aminosyrer udføres. Metoden er efterfølgende valideret mod data fra forsøg med tyndtarmsfistulerede køer (Misciattelli et al., 2002b), se Figur 6.5 a og b.



Figur 6.5 a og b Prædikterede duodenum flow af lysin og metionin beregnet med AAT-PBV-systemet efter korrektion for endogene bidrag (Misciattelli et al., 2002b).

Der er en rimelig overensstemmelse mellem de observerede flow af individuelle aminosyrer og de prædikterede flow på trods af, at korrektionen for endogent aminosyre-flow ved duodenum er lavere, end nyere eksperimentelle bestemmelser af det endogene protein-flow ved duodenum angiver (Lammers-Wienhoven et al., 1998; Larsen et al., 2000). Da undersøgelser af den mobile nylonpose-teknik, som bruges til at estimere tarmfordøjeligheden af unedbrudt protein (Hvelplund et al., 1992), ligeledes har vist at give resultater, der er i god overensstemmelse med aminosyrefordøjeligheder målt in vivo (Hvelplund et al., 2001), regner vi med, at de beregnede størrelser for mængden af individuelle aminosyrer absorberet i tarmen afspejler virkeligheden.

Faktorielt bestemt behov for individuelle aminosyrer

Malkekoens behov for individuelle aminosyrer kan, ligesom behovet for totale aminosyrer, beregnes faktorielt som et behov til vedligehold samt behov til mælkeprotein-syntese, tilvækst og foster. Behovsansættelser for aminosyrer til vedligehold og produktion kompliceres af det faktum, at aminosyrer også forbruges i leverens og nyrenes glukoneogenese (Heitmann & Bergman, 1978; Reynolds et al., 1994; Wolff & Bergman, 1972) samt af, at en betragtelig andel af de fordøjede aminosyrer forbruges i tarmepitelet (Berthiaume et al., 2001; MacRae et al., 1997a; MacRae et al., 1997b; Tagari & Bergman, 1978). Det er derfor meget svært at forudsige mælkekirtlens forsyning med individuelle aminosyrer. Suboptimal forsyning med alternative glukogene substrater som propionsyre, mælkesyre og stivelse, der fordøjes i tyndtarmen, vil formodes at kunne bidrage til øget forbrug af aminosyrer i glukoneogenesis. Vaskulær og postruminal infusion af glukogene substrater til får på kvælstoffri ration eller under faste har begge

vist sig at kunne resultere i en formindsket kvælstofudskillelse via urinen (Asplund et al., 1985; Hovell et al., 1984; Matras & Preston, 1989), hvilket indikerer en reduceret aminosyrekatabolisme. Det er ligeledes sandsynligt, at de markante ændringer i størrelse, som de enkelte organer undergår (Gibb et al., 1992), og de ændrede omsætningshastigheder i de forskellige væv (Lobley, 1993; Lobley, 1994), der finder sted gennem goldperiode og laktation, resulterer i varierende behov til "vedligehold". Specielt ændringer i leveren og mave-tarmkanalen må formodes at have en markant indvirkning. På trods af det ovenfor skitserede, er der i Tabel 6.5, ud fra litteraturværdier på aminosyresammensætningen af de forskellige produkter og udnyttelsesgrader for individuelle aminosyrer til de forskellige livsyttringer, angivet anbefalinger for tilførsel af histidin, leucin, lysin, metionin og fenylalanin.

I Tabel 6.6 er aminosyresammensætningen af duodenum chymus sammenlignet med to idealproteiner beregnet for malkekøer. Det første idealprotein er beregnet ved hjælp af de faktorielle estimater over behovet for individuelle aminosyrer, angivet i Tabel 6.5, for en malkeko på 600 kg med en daglig ydelse på 40 kg mælk og et proteinindhold på 3,4 %. Det andet idealprotein er beregnet, ud fra Tabel 6.5, men der er her regnet med, at potentielt begrænsende aminosyrer udnyttes med 100 % effektivitet til mælkeprotein-syntese. Det ses i Tabel 6.6, at leucin, lysin og metionin meget ofte er de begrænsende aminosyrer, desuden er fenylalanin, isoleucin og histidin relativt hyppigt i underskud. Der er dog store forskelle alt efter, hvorledes idealproteinet udregnes, og andelen af underforsynede rationer er også mindre end fundet i tidligere lignende udregninger (Misciattelli & Hvelplund, 2001).

Tabel 6.5 Behov for tilførsel af lysin, metionin, histidin, leucin og fenylalanin til forskellig produktion og bidrag fra mobilisering hos malkekøer af stor race (Misciattelli et al., 2001)

	AAT-Lys	AAT-Met	AAT-His	AAT-Leu	AAT-Phe
Vedligehold, g/kg vægt ^{0,75}	0,26	0,11	0,07	0,22	0,24
Fosterproduktion, g/dag					
5-6. måned	2,0	0,5	0,8	2,4	1,3
6-7. måned	3,1	0,8	1,2	3,6	2,0
7-8. måned	4,5	1,2	1,8	5,2	2,9
8-9. måned	6,3	1,6	2,5	7,4	4,1
sidste 14 dage	7,8	2,0	3,1	9,2	5,1
Mælkeproduktion, g/kg EKM	3,35	0,85	1,00	3,74	1,60
Vægtændring, g/kg					
Tilvækst	9,6	3,0	3,8	10,1	5,3
Vægttab	7,2	2,2	2,8	7,5	3,9

Tabel 6.6 Sammenligning af aminosyreindholdet i idealprotein og duodenum chymus samt procentdelen af rationer, hvor indholdet i duodenum chymus af den pågældende aminosyre var i relativ underforsyning ved sammenligning med et estimeret idealprotein (Misciattelli et al., 2001)

(g AA/100g EAA) ^{a)}	Ideal-protein ¹⁾	Ideal-protein ²⁾	Duodenum flow		relativ underforsyning	
			Gennem-snit	SD	(% af rationer) ¹⁾	(% af rationer) ²⁾
Histidin	5,5	6,3	6,4	0,8	7	23
Isoleucin	14,4	12,1	13,2	0,6	58	2
Leucin	20,5	21,1	19,3	0,8	54	54
Lysin	19,1	18,2	16,5	0,9	58	57
Metionin	5,5	6,2	4,5	0,4	57	58
Fenylalanin	10,8	12,4	12,0	0,7	2	43
Treonin	9,0	9,5	12,9	0,5	0	0
Valin	15,4	14,1	15,3	0,6	36	0

¹⁾ beregnet på grundlag af estimater for vedligehold og mælkeproduktion for en 600 kg ko ydende 40 kg EKM, som angivet i Tabel 6.5 (udnyttelsesgrader som gennemsnit af litteraturværdier)

²⁾ beregnet på grundlag af estimater for vedligehold og mælkeproduktion for en 600 kg ko ydende 40 kg EKM, som angivet i Tabel 6.5, dog med udnyttelsesgrader til mælkeproduktion på 100 %

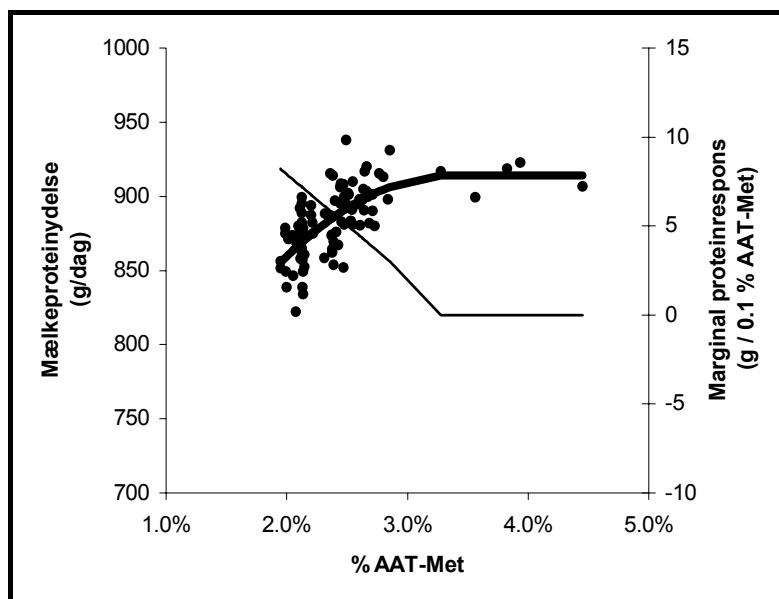
^{a)} alle beregninger er i aminosyrer inkl. H₂O fra peptidbindinger, udtrykt som andel af essentielle aminosyrer (EAA) (n=8), tryptofan er ikke medtaget pga. manglende data.

Responser ved tildeling af stigende mængder af individuelle aminosyrer

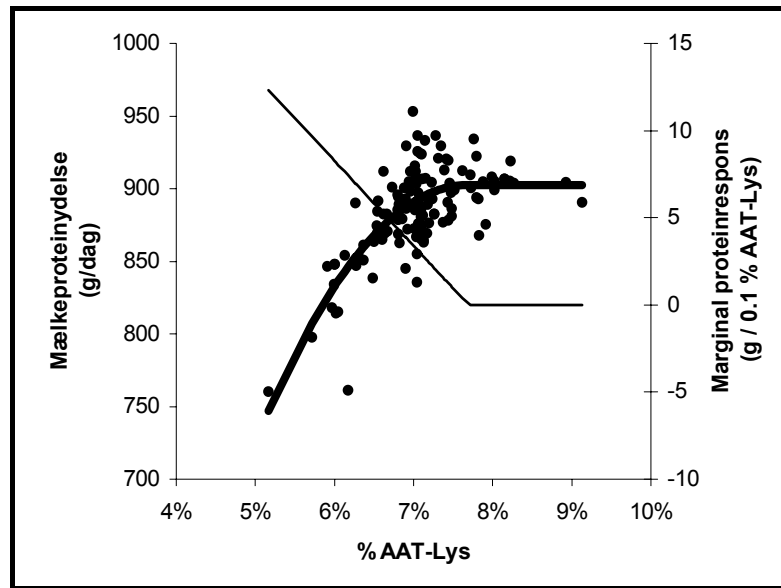
Der foreligger i dag resultater fra en lang række produktionsforsøg, hvor effekten af beskyttet metionin og lysin er blevet undersøgt. Hvis produktionsforsøg lægges til grund for estimeringen af malkekoens behov for individuelle aminosyrer, kræver det et præcist kendskab til mængden af aminosyrer, der absorberes i tyndtarmen, da en upræcis bestemmelse af dette vil influere alvorligt på det estimerede behov. Yderligere er data fra produktionsforsøg begrænset til metionin alene samt metionin og lysin tildelt sammen. Der er til gengæld i dag publiceret resultater fra en række forsøg med infusion af aminosyrer i løben eller duodenum. Denne type forsøg giver basis for direkte at estimere behovet for individuelle aminosyrer. Data fra disse forsøg er i det følgende korrigeret således, at forsøgene er indbyrdes sammenlignelige, og dermed viser responset ved øget tildeling af en enkelt aminosyre under forudsætning af, at alt andet er uændret.

Sammenhængen mellem mælkeproteinydelse og andelen af metionin i AAT (% AAT-Met) er vist i Figur 6.6 og den tilsvarende sammenhæng for lysin i Figur 6.7. Til at bestemme det optimale niveau af metionin er der kun brugt data, hvor lysin udgjorde mindst 7 % og histidin 2 % af AAT, ligeledes er der kun brugt data til bestemmelse af det optimale niveau af lysin, hvor metionin- og histidinkoncentrationen var på mindst 2 % af AAT.

Det biologiske maksimum for metionin er beregnet på grundlag af den afledte funktion for proteinydelse og kan bestemmes til 3,37 % AAT-Met og 7,69 for AAT-Lys. Et lidt lavere maksimum er fundet for mælken protein-%, der topper ved henholdsvis 2,91 % AAT-Met og 7,30 % AAT-Lys. Som det kan ses af Figur 6.6 og 6.7, er der et aftagende merudbytte ved stigende AAT-Met og AAT-Lys indtil det biologiske maksimum. Det økonomiske optimum er betragteligt lavere end det biologiske optimum og er for metionin fundet til at ligge omkring 2,45 % AAT-Met (Misciattelli et al., 2002c).



Figur 6.6 Sammenhængen mellem mælkeproteinydelse — (g/dag), marginal mælkeproteinydelse — (g/0,1 % AAT-Met) og den procentiske andel af metionin i AAT (% AAT-Met) (Misciattelli et al., 2002c).



Figur 6.7 Sammenhængen mellem mælkeproteinydelse — (g/dag), marginal mælkeproteinydelse — g/0,1 % AAT-Lys) og den procentiske andel af lysin i AAT (% AAT-Lys) (Misciattelli et al., 2002c).

Tabel 6.7 Estimer over behov for individuelle aminosyrer angivet i % af aminosyrer absorberet i tarmen opgivet i de respektive landes proteinvurderingssystemer. Estimerne angiver behovene for at opnå maksimum for proteinydelse. De økonomisk optimale niveauer er væsentligt lavere

	Rulquin et al., 1993	NRC, 2001	Schwab, 1996	Rulquin & Pisulewski, 2000a,b,c	Misciattelli et al., 2001
Lys	7,3	7,3	7,0-8,0		7,4
Met	2,5	2,5	2,5-2,7		2,5-3,1
Leu				8,9-11,1	8,5
His				3,4-5,6	2,5
Phe				4,6-5,8	5,1

I Tabel 6.7 er vist forskellige estimer fra litteraturen over de koncentrationer af lysin, metionin, leucin, histidin og fenylalanin i protein til malkekøer, der giver maksimal mælkeproteinydelse. En række af disse estimer er fremkommet ved så-

kaldte faktorielle beregninger, hvor behovet til de enkelte livsytringer samt vedligehold er beregnet. En gennemgang af denne metode samt estimer over behov kan findes i Misciattelli et al. (2001).

6.9 AAT-PBV-systemets anvendelighed og begrænsninger

Alle dyr har et behov for at absorbere aminosyrer fra tyndtarmen. Den samlede absorption af aminosyrer hos kvæg angives i de nordiske lande ved AAT. De essentielle aminosyrer, der er en del af AAT, skal optages i et vist forhold for at kunne udnyttes optimalt. De resterende aminosyrer kan dyrene syntetisere selv, men dyrene har behov for at absorbere en vis mængde N-holdige forbindelser for, at denne syntese kan finde sted. Drøvtyggere har derudover vommikroorganismer, som har behov for protein eller N-holdige forbindelser til deres omsætning.

Hvorvidt der i praksis kan angives et behov, eller opstilles, hvorledes produktionen afhænger af proteintildelingen, er betinget af, om der optræder situationer, hvor protein, AAT, PBV eller de enkelte aminosyrer er begrænsende for produktionen. Ydermere er det bedste udtryk at anvende for proteinbehovet, det udtryk, der giver den bedste sammenhæng mellem tildeling og produktion. For malkekøernes vedkommende viser Figur 6.1 sammenlignet med Figur 6.2, at AAT giver en bedre beskrivelse af mælkeydelsen end det tidligere anvendte udtryk fordøjeligt råprotein. AAT-PBV-systemet er derfor taget i anvendelse for malkekøer. Ungdyrene har også behov for AAT, men da de i praksis sjældent kommer i underskud for AAT, er denne størrelse ikke taget i anvendelse til at udtrykke ungdynens proteinbehov.

AAT-behovet er angivet til 90 g/FE i perioden efter kælvning og så lang tid, der fodres med den samme ration. I den efterfølgende periode med lavere ydelse og lavere fodertildeling angives behovet som 37 g/kg EKM. En meget lang periode med konstant fodertildeling vil på grund af det høje proteinniveau give en større udskil-

lelse af N med urinen end en fodringsstrategi, hvor der nedtrappes tidligere. PBV-behovet er i perioden efter kælvning sat til 0. Senere i laktationen kan PBV være negativ, så også på grund af PBV vil en lang periode med konstant fodring give en større udskillelse af N.

En for lav PBV-tildeling vil påvirke foderoptagelsen negativt og derigennem reducere mælkeydelsen. Ved afgræsning, hvor proteinoptagelsen og derved PBV-optagelsen er meget høj i dagtimerne, kan dette ikke fuldt udnyttes til afbalancering af tilskudsfoderet. Det er dog fundet, at suppleringsfoderet, selvom det tildeles tidsforskudt, kan have en negativ PBV på ned til 200 g/dag uden negativ indflydelse på ydelsen.

AAT-PBV-systemets evne til at beregne forsyningen med individuelle aminosyrer synes at være acceptabel, og det er sandsynligt, at såvel totalproduktionen af mælkeprotein som mælakens proteinprocent i mange tilfælde kan øges ved at øge andelen af AAT-Met eller AAT-Lys, men det vil ofte være forbundet med betydelige omkostninger. Det biologisk optimale niveau for AAT-Met er således fundet at være 3,1 % af AAT, hvorimod det økonomisk optimale niveau kun er 2,5 % med den nuværende pris på beskyttet metionin. Det er uafklaret, om den måde, aminosyrebehovene angives på for nærværende, som % af total AAT, er den bedste måde, eller det burde angives i g pr. dag eller en anden enhed.

6.10 Referencer

Andersen, H.R., Andersen, B. Bech, Madsen, P., Var-num, P.S. & Jensen, L. Ramsgaard. 1993b. Majsensilage suppleret med urea eller sojaskrå sammenlignet med kraftfoder til ungtyre. Forskningsrapport nr. 5, Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 17 pp.

Andersen, H.R. & Foldager, J. 1994. Proteinbehov til kvier fra 3 til 12 mdrs. alderen. SH Forskningsrapport 26, 28 pp.

- Andersen, H.R., Foldager, J. & Klastrup, S. 1994. Betydning af proteinmængde og proteinkilde på tilvækst, foderforbrug, slagte- og kødkvalitet hos ungtyre fodret med overvejende kraftfoder. SH Forskningsrapport 18, 17 pp.
- Andersen, H.R., Foldager, J., Varnum, P., Stisen & Klastrup, S. 1993a. Urea kontra sojaskrå i forskellige mængder til ungtyre fodret med store mængder byghelsædsensilage. Forskningsrapport nr. 4, Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 15 pp.
- ARC 1984. Report of the protein group of the agricultural research council working party on the nutrient requirements of ruminants. Commonwealth Agricultural Bureaux, 45 pp.
- Asplund, J.M., Ørskov, E.R., Hovell, F.D. & Macleod, N.A. 1985. The effect of intragastric infusion of glucose, lipids or acetate on fasting nitrogen excretion and blood metabolites in sheep. *Brit. J. Nutr.* 54, 189-195.
- Berthiaume, R., Dubreuil, P., Stevenson, M., McBride, B.W. & Lapierre, H. 2001. Intestinal disappearance and mesenteric and portal appearance of amino acids in dairy cows fed ruminally protected methionine. *J. Dairy Sci.* 84, 194-203.
- Bossen, D., Aaes, O. & Thøgersen, R. 2000. Tilpasning af PBV i rationer til køer på græs. LK-meddelelse 502. Landskontoret for Kvæg, 3 pp.
- Choung, J.J. & Chamberlain, D.G. 1993. Effects on milk yield and composition of intra-abomasal infusions of sodium caseinate, an enzymic hydrolysate of casein or soya-protein isolate in dairy cows. *J. Dairy Res.* 60, 133-138.
- Danfær, A., Thyssen, I. & Østergaard, V. 1980. Proteinniveaues indflydelse på malkekøernes produktion. I. Mælkeydelse, tilvækst og sundhed. 492. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg. København, 165 pp.
- Dansk Kvæg, 2002. Årsrapport 2001 Dansk kvæg [Flye, J.C & Stendal, M., redaktører] Landbrugets rådgivningscenter. Dansk Kvæg, Århus. 48 pp.
- Fraser, D.L., Ørskov, E.R., Whitelaw, F.G. & Franklin, M.F. 1991. Limiting amino acids in dairy cows given casein as the sole source of protein. *Livest. Prod. Sci.* 28, 235-252.
- Gibb, M.J., Ivings, W.E., Dhanoa, M.S. & Sutton, J.D. 1992. Changes in body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the first 29 weeks of lactation. *Anim. Prod.* 55.3, 339-360.
- Heitmann, R.N. & Bergman, E.N. 1978. Glutamine metabolism, interorgan transport, and glucogenicity in the sheep. *Amer. J. Physiol.* 234.2, E197-E203.
- Hovell, F.D. DeB, Asplund, J.M., Ørskov, E.R., Vera, J.K. & Macleod, N.A. 1984. Basal and fasting N losses, and endogenous flow of nitrogen of ruminants nourished by intragastric infusion. *Can. J. Anim. Sci.* 64 Suppl., 142-43.
- Hvelplund, T. & Madsen, J. 1985. Amino acid passage to the small intestine in dairy cows compared with estimates of microbial protein and undegraded dietary protein from analysis on the feed. *Acta Agr. Scand. Suppl.* 25, 21-36.
- Hvelplund, T. & Madsen, J. 1989. Prediction of individual amino acid passage to the small intestine of dairy cows from characteristics of the feed. *Acta Agr. Scand.* 39. 65-78.
- Hvelplund, T. & Madsen, J. 1990. A study of the quantitative nitrogen metabolism in the gastro-intestinal tract, and the resultant new protein evaluation system. The AAT-PBV-system. DSc.-thesis. Institute of Animal Science, KVL, Copenhagen, 215 pp.
- Hvelplund, T., Misciattelli, L., & Weisbjerg, M.R. 2001. Supply of the dairy cow with amino acids from dietary protein. *J. Anim. Feed Sci.* 10, 69-85.
- Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R. & Andersen, L.S. 1992. Estimation of the true digestibility of rumen undegraded dietary protein in the small intestine of ruminants by the mobile bag technique. *Acta Agr. Scand.* 42, 34-39.
- Jarrige, R. 1989. Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, France, 389 pp.
- Kristensen, V.F. 1997. Optimal proteinforsyning. I: Malkekøernes ernæring. aktuel forskning vedrørende protein- og kulhydratomsætningen. Intern rapport 88, 46-55.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1978. Forskellige energi- og proteinmængde til malkekøer i tidlig laktation. 475. beretning fra Statens husdyrbrugsforsøg. København, 72 pp.

- Lammers-Wienhoven, S.C.W., Voigt, J., Ram, L., Bruchem, J.v., Ketelaars, J., Tamminga, S. & Van Bruchem, J. 1998. Effect of cell walls, dry matter and protein supply on endogenous nitrogen flow in the small intestine of sheep. *J. Anim. Physiol Anim. Nutr.* 79, 225-236.
- Larsen, M., Madsen, T.G., Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. & Madsen, J. 2000. Endogenous amino acid flow in the duodenum of dairy cows. *Acta Agr. Scand.* 50, 161-173.
- Lobley, G.E. 1993. Protein Metabolism and Turnover. *Forbes, J.M. & France, J. (eds.)*, 313-319.
- Lobley, G.E. 1994. Amino Acid and Protein Metabolism in the Whole Body and Individual Tissues of Ruminants. Ed. *Asplund, J.M.*, Boca Raton: CRC Press, 147-178.
- MacRae, J.C., Bruce, L.A., Brown, D.S. & Calder, A.G. 1997b. Amino acid use by the gastrointestinal tract of sheep given lucerne forage. *Amer. J. Physiol.* 273, G1200-G1207.
- MacRae, J.C., Bruce, L.A., Brown, D.S., Farningham, D.A.H. & Franklin, M. 1997a. Absorption of amino acids from the intestine and their net flux across the mesenteric- and portal-drained viscera of lambs. *J. Anim. Sci.* 75, 3307-3314.
- Madsen, J. 1982. Grundlag for et nyt proteinvurderingssystem og dets anvendelse. Bilag ved Statens Husdyrbrugsforsøgs årsmøde 1982, 7 pp.
- Madsen, J. 1985. The basis for the proposed Nordic protein evaluation system for ruminants. The AAT-PBV-system. *Acta Agr. Scand. Suppl.* 25, 9-20.
- Madsen, J., Hvelplund, T., Bertilsson, J., Spröndly, R., Olsson, I., Harstad, O.M., Volden, H., Tuori, M., Varvikko, T., Olufsson, B.R. 1995. The AAT/PBV protein evaluation system for ruminants. A revision. *Noregian. J. Agr. Res. Suppl.* 19, 1-37.
- Matras, J. & Preston, R.L. 1989. The role of glucose infusion on the metabolism of nitrogen in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67.6, 1642-47.
- Misciattelli, L. 2001. Amino acid digestion and metabolism in the lactating dairy cow. Ph.d.-afhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 265 pp.
- Misciattelli, L. & Hvelplund, T. 2001. Optimering af koens aminosyre-forsyning i relation til mælkeproduktion og N-udskillelse. Temadag vedrørende kvægernæring. Intern rapport, 142. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum, Denmark. 15-31.
- Misciattelli, L., Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R., Madsen, J., Møller, J., Thøgersen, R. & Kjeldsen, A.M. 2002a. Fodermidlernes indhold af aminosyrer og aminosyrenes andel af AAT. Rapport nr. 98. Landbrugets Rådgivningscenter, 56 pp.
- Misciattelli, L., Hvelplund, T., Weisbjerg, M.R., Børsting, C.F., Madsen, T.G., Madsen, J., Møller, J., Thøgersen, R. & Kjeldsen, A.M. 2002c. Malkekoens lysin og metionin behov. LR Kvæginform nr. 971 af 30. april 2002, 11 pp.
- Misciattelli, L., Kristensen, V.F., Vestergaard, M., Weisbjerg, M.R., Sejrsen, K. & Hvelplund, T. 2003. Milk production, nutrient utilization, and endocrine responses to increased postruminal lysine and methionine supply in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 275-286.
- Misciattelli, L., Madsen, J., Hvelplund, T. 2002b. Prediction of Intestinal supply of individual amino acids with the AAT-PBV-system. Paper presented at the 53rd Annual Meeting of the EAAP, Cairo 2002, 13 pp.
- Misciattelli, L., Madsen, T.G., Madsen, J. & Hvelplund, T. 2001. Enkeltaminosyrer til køer - behov og forsyning. Temadag om aktuelle fodringsproblemer. The Danish Agricultural Advisory Centre, The National Committee on Cattle Husbandry, Skejby, Denmark, 1-34.
- Nielsen, N.M. 2000. Malkekøernes kvælstofudskillelse og proteinbehov i suppleringsfoderet ved afgræsning et halvdøgn. M.Sc. Speciale i Kvægproduktion. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 93 pp.
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington. 7 ed., 381 pp.
- Reynolds, C.K., Harmon, D.L. & Cecava, M.J. 1994. Absorption and delivery of nutrients for milk protein synthesis by portal-drained viscera. *J. Dairy Sci.* 77.9, 2787-2808.
- Rogers, J.A., Clark, J.H., Drendel, T.R. & Fahey, G.C. J. 1984. Milk production and nitrogen utilization by dairy cows infused postruminally with sodium caseinate, soybean meal, or cottonseed meal. *J. Dairy Sci.* 67, 1928-1935.

- Rulquin, H. 1986. Effect of the amino-acid balance of 3 proteins infused into the small intestine on the milk production of cows. *Reprod. Nutr. Develop.* 26, 347-348.
- Rulquin, H. & Pisulewski, P.M. 2000a. Effects of duodenal infusion of graded amounts of His on mammary uptake and metabolism in dairy cows. (Abstract). *J. Dairy Sci.* 83, 164.
- Rulquin, H. & Pisulewski, P.M. 2000b. Effects of duodenal infusion of graded amounts of Leu on mammary uptake and metabolism in dairy cows. (Abstract). *J. Dairy Sci.* 83, 164.
- Rulquin, H. & Pisulewski, P.M. 2000c. Effects of duodenal infusion of graded amounts of Phe on mammary uptake and metabolism in dairy cows. (Abstract). *J. Dairy Sci.* 83, 267-268.
- Rulquin, H., Pisulewski, P.M., Verite, R. & Guinard, J. 1993. Milk production and composition as a function of post-ruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach. *Livest. Prod. Sci.* 37, 69-90.
- Schingoethe, D.J. & Blair, R. 1996. Balancing the amino acid needs of the dairy cow. *Anim. Feed Sci. Tech.* 60, 153-160.
- Schwab, C.G. 1996. Rumen-protected amino acids for dairy cattle: progress towards determining lysine and methionine requirements. *Anim. Feed Sci. Tech.* 59, 87-101.
- Tagari, H. & Bergman, E.N. 1978. Intestinal disappearance and portal blood appearance of amino acids in sheep. *J. Nutr.* 108.5, 790-803.
- Vérité, R., Dulphy, J.P., Journet, M. 1982. Protein supplementation of silage diets for dairy cows. In: Griffiths T.W., Maguire M.F. (eds.). *Forage protein conservation and utilization. Proc. CEC Seminar, Dublin, Ireland, 13-15 September 1982, 175-190.*
- Vérité, R. & Geay, Y. 1987. Testing and implementing the PDI system in France. In: Jarrige R.G. (ed.). *Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Proc. Of a CEC Seminar, 25-27 June 1986, Brussels, 249-261.*
- Vestergaard, M. & Børsting, C.F. 2001. Har aminosyrenes intermediære omsætning betydning for koens produktion og N-udnyttelse? Intern rapport 142, Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum, Denmark, 32-41.
- Wolff, J.E. & Bergman, E.N. 1972. Gluconeogenesis from plasma amino acids in fed sheep. *Amer. J. Physiol.* 223.2, 455-60.

Fedtforsyningens betydning for mælkeproduktionen

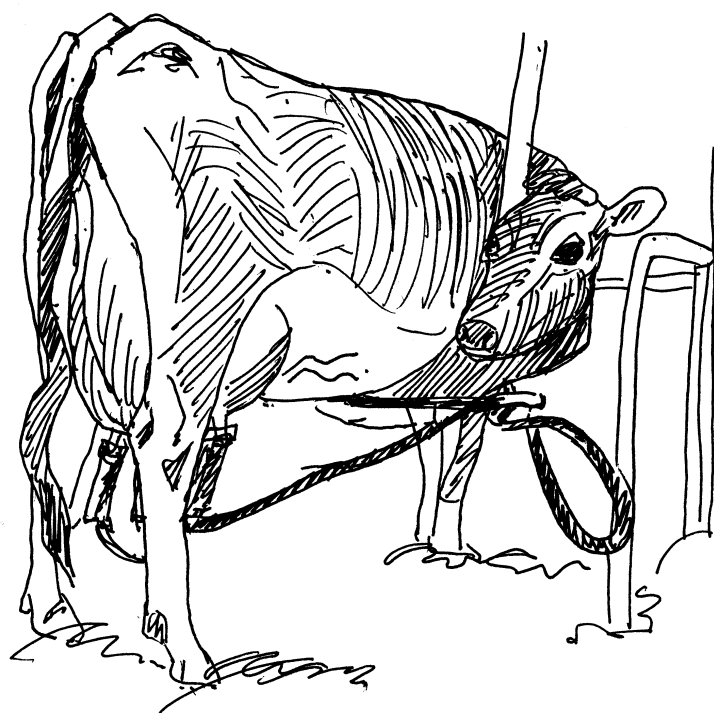
7

af Christian Friis Børsting ¹⁾, John Erik Hermansen ²⁾
og Martin Riis Weisbjerg ³⁾

¹⁾ Kvægbrugets Forsøgscenter og

²⁾ Afd. for Jordbrugsproduktion og Miljø,

³⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

7.1 Baggrund

Tilskudsfedt til højtydende malkekøer er interessant, fordi det muliggør en høj energikoncentration i foderet, så køerne bedre kan opnå en tilstrækkelig energioptagelse. Historisk set er der anvendt større mængder tilskudsfedt til malkekøer i Danmark end i de fleste andre lande. Det kan der være mange årsager til, herunder et stort udbud af relativt billigt animalsk fedt, og at mange danske forsøg har vist tilskudsfedtets positive effekter på køernes produktion. En grund kan være brugen af fedtfattigt grovfoder som roer i disse forsøg. Den forsøgmæssige baggrund fik et stort løft, da Østergaard et al. (1981) publicerede en række resultater samt produktionsfunktioner, der fastlagde ydelsesresponsen ved stigende fedttildeling. I løbet af firserne blev der arbejdet videre med betydningen af specielle fedttyper, herunder vegetabilsk fedt, mættet fedt og Casæber på mælkeydelse og sammensætning (Hermansen, 1989a,b; Hermansen, 1995a; Hermansen & Østergaard, 1988; Hermansen et al., 1984). I slutningen af firserne blev der især fokuseret på forskellige fedttypers indvirkning på vomomsætningen, fedtsyrefordøjelsen og mælkens sammensætning (Børsting & Weisbjerg, 1989; Børsting et al., 1992; Weisbjerg et al., 1992a; Weisbjerg et al., 1992b).

Hovedformålet med dette kapitel er at beskrive effekten af stigende fedtmængde og effekten af specielle fedttyper på produktionen af mælk, mælkefedt og mælkeprotein.

7.2 Fedttyper og kvalitet

Animalsk fedt har tidligere været brugt meget som tilskudsfedt i kvægfoder, idet mængderne dog har varieret en del i relation til prisforhold. Som et af tiltagene i forbindelse med BSE-problematikken er der i 1995 indgået en frivillig aftale mellem kvægbrugserhvervet og foderstofindustrien

om ikke længere at anvende animalsk fedt i foderet til drøvtyggere i Danmark (Møller & Fisker, 2002). I stedet anvendes forskellige handelsprodukter under betegnelsen blandingsfedt, som den væsentligste andel af tilskudsfedt i foderblandinger til kvæg (Møller & Fisker, 2002). I fremtiden forventes ren ekstraheret plantefedt, f.eks. PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) og andre fedtkilder deklareret med oprindelse at være de eneste tilladte fedtkilder til kvæg i EU (Møller & Fisker, 2002).

Råfedt (eller HCl-fedt) defineres som, det der kan ekstraheres efter hydrolyse med saltsyre med et givet opløsningsmiddel. I den officielle EU-metode anvendes petroleumsefter. Fedtsyrerne er den eneste del af fedtfraktionen, der reelt har en højere energiværdi end de andre næringsstofgrupper, protein og kulhydrater. Analyse af fedtsyresammensætningen anvendes derfor foruden til beskrivelse af indholdet af de enkelte fedtsyrer også til at beskrive den totale fedtsyreandel i råfedt og dermed også til vurdering af energiværdien.

Fedtsyreandelen i råfedt varierer imellem forskellige typer af fodermidler. I en del ældre litteratur opgives mængden af korrigeret råfedt beregnet som 50 % af råfedt i grovfoderet + alt råfedt i de øvrige fodermidler, hvilket er en tilnærmet beregning af en rations fedtsyreindhold. Fedtsyreandelen i grovfoder er typisk 65 %, i kornprodukter 70 %, i skrå af oliefrø ca. 70 %, i kager af oliefrø ca. 80 %, mens den i de rene triglycerider som planteolier er oppe på 90 % (Møller et al., 2000). Fedtsyresammensætningen i kager og skrå svarer i store træk til sammensætningen i olierne fra de samme råvarer.

Fedtsyresammensætningen varierer i øvrigt væsentligt imellem råvarer, som det fremgår af Tabel 11.1 i bind 1. Svinefedt og oksetalg er fedtkilder med et lavt indhold af poly-

umættede fedtsyrer, men benævnes ikke 'mættet fedt', da jodtallet er på ca. 50. PFAD-fedt, der nu ofte anvendes som erstatning for animalsk fedt, har et jodtal på samme niveau, men et lidt højere indhold af C16:0, palmitinsyre og C18:2, linolsyre, men et lavere indhold af C18:1, oliesyre. Handelsprodukter, der indkøbes som 'mættet fedt', indeholder hovedsageligt palmitinsyre og stearinsyre (C18:0) og har et jodtal på under 10. Disse produkter findes enten som udelukkende frie fedtsyrer, som blandinger af frie fedtsyrer, mono-, di- og triglycerider eller som rene triglycerider.

Kommercielle produkter med Ca-sæber er typisk baseret på frie fedtsyrer fra palmeolie eller andre fedtkilder med tilsvarende jodtal, dvs. jodtal på niveau med traditionel animalsk fedt. I litteraturen findes en del informationer vedr. anvendelse af beskyttet (coated) fedt, dvs. produkter hvor fedtpartikler er omkranset af en proteinkapsel, som er behandlet (typisk med formalin), så proteinet, og dermed fedtet, er beskyttet mod nedbrydning i vommen.

De såkaldte dobbeltlave rapsprodukter, der nu anvendes i store mængder til kvæg, har et meget lavt indhold af erucasyre, hvorimod de ældre rapssorter havde et højt indhold af denne fedtsyre. Selvom korn og græsmarksafgrøder kun indeholder 2-3 % fedtsyrer i tørstof, bidrager de med en del fedtsyrer, hvoraf en stor andel er umættede. I kornprodukter udgøres ca. halvdelen af fedtsyrerne af linolsyre, medens mindst halvdelen af fedtsyrerne i græsmarksafgrøder er C18:3, linolensyre.

7.3 Fedtforsyningens betydning for foeroptagelsen

Der ses ofte et fald i tørstofoptagelsen ved øget fedtindhold i rationen. Dermed reduceres den effekt, der kan opnås på energioptagelsen ved øget energikoncentration vha. fedttilskud. På tværs af 86 forsøgshold fandt Chilliard (1993; Tabel 7.1) for alle fedttyper (på nær mættet fedt) et fald i tørstofoptagelsen på ca. 0,20 kg pr. dag pr. procent ekstra fedt i fodertørstof. Reduktionen var mindre i de første 7 uger af laktationen (-0,07 kg) end i perioden 4-16 uger efter kælvning (-0,22 kg). Dette tyder på, at kørerne opnår den største stigning i energioptagelsen ved øget fedttilskud lige i begyndelsen af laktationen, hvor kørerne er i det største energiunderskud.

Østergaard et al. (1981) fandt et fald i den samlede tørstofoptagelse på i gennemsnit 0,27 kg tørstof pr. dag pr. procent ekstra fedt i rationens tørstof. I disse forsøg blev tørstoffordelingen fra kraftfoder imidlertid reduceret med vilje, så antal FE fra kraftfoder var uændret (iso-energetisk) ved stigende fedttildeling. Hermansen (1989b) fandt et fald i tørstofoptagelsen på 0,54 kg tørstof pr. procent ekstra animalske fedtsyrer, når tildelingen blev øget fra 28 til 55 g pr. kg tørstof ved en iso-energetisk mængde kraftfoder. I dette forsøg faldt også energioptagelsen, nemlig med 0,1 FE pr. dag pr. procent ekstra fedt.

I de 3 eksempler med Ca-sæber i Tabel 7.1 var der et væsentligt fald i tørstofoptagelsen (0,22-0,50 kg tørstof pr. dag pr. procent ekstra fedt i rationens tørstof), når der blev givet et tilskud af Ca-sæber.

Tabel 7.1 Ændringer i tørstofoptagelsen, mælkeydelsen og mælkens sammensætning ved tilskud af forskellige fedttyper i varierende mængde og i forskellige dele af laktationen

Fedttype	Laktations- stadium (u. e. kælv.)	% fedt i tørstof	Ændring pr. procent forøgelse af fedt i tørstof (TS)						Reference
			Kg TS-optag	Kg FKM ¹⁾	Fedt- procent	Protein- procent	g fedt pr. dag	g protein pr. dag	
Animalsk	1 - 12	3,3 - 6,2	- 0,26	+ 0,92	-	-	+ 49	-	Østergaard et al., 1981
Animalsk	11 - 27	3,1 - 6,3	- 0,27	+ 0,56	-	-	+ 24	-	Østergaard et al., 1981
Forskellige	< 7	2,6 - 7,1	- 0,07	+ 0,07	+ 0,01	- 0,015	-	-	Chilliard, 1993
Forskellige	4 - 16	3,2 - 6,8	- 0,22	+ 0,20	+ 0,01	- 0,030	-	-	Chilliard, 1993
Forskellige	13 - 22	3,4 - 5,9	- 0,12	+ 0,19	+ 0,01	- 0,015	-	-	Chilliard, 1993
Anim. og blan- dinger	10 - 16	Basal + 4,1	- 0,17	- 0,05	- 0,03	- 0,015	-	-	Chilliard, 1993
Beskyttet anim.	5 - 13	Basal + 6,5	- 0,18	+ 0,38	+ 0,07	- 0,030	-	-	Chilliard, 1993
Mættet	8 - 16	Basal + 3,2	0	+ 0,56	+ 0,015	- 0,020	-	-	Chilliard, 1993
Ca-sæber	7 - 16	Basal + 3,2	- 0,22	+ 0,28	+ 0,015	- 0,030	-	-	Chilliard, 1993
Veg. olier	13 - 17	Basal + 4,5	- 0,24	- 0,33	- 0,06	- 0,020	-	-	Chilliard, 1993
Oliefrø	8 - 17	Basal + 2,8	- 0,18	- 0,07	- 0,03	- 0,015	-	-	Chilliard, 1993
Animalsk	6 - 42	2,8 - 4,8	-	+ 0,46	-	-	+ 18	+ 5	Hermansen, 1989a
Animalsk	-	2,8 - 5,5	- 0,54	+ 0,02	- 0,08	- 0,04	- 6	0	Hermansen, 1989b
Mættet	-	2,9 - 5,5	- 0,23	+ 0,77	+ 0,05	- 0,04	+ 36	+ 8	Hermansen, 1989b

Tabel 7.1 fortsættes

Tabel 7.1 fortsat

Blandingsfedt, 21 % ADF ²⁾ i TS	5 - 17	2,8 - 8,4	- 0,48	- 0,29	- 0,09	- 0,04	- 26	- 5	Tackett et al., 1996
Blandingsfedt, 28 % ADF i TS	5 - 17	2,7 - 7,8	- 0,43	+ 0,26	- 0,06	- 0,06	0	0	Tackett et al., 1996
Ca-sæber (Holstein)	8 - 20	2,4 - 5,1	- 0,50	+ 0,38	- 0,08	- 0,07	+ 3	+ 1	Rodriguez et al., 1997
Ca-sæber (Jersey)	8 - 20	2,4 - 5,1	- 0,41	+ 0,70	0,00	-0,11	+ 30	- 3	Rodriguez et al., 1997
Animalsk fedt jodtal 45	4 - 19	2,9 - 6,1	- 0,06	+ 0,62	- 0,14	- 0,06	+ 7	+ 22	Pantoja et al., 1996
Mættet animalsk jodtal 16,	4 - 19	2,9 - 6,5	+ 0,44	+ 0,74	+ 0,04	- 0,01	+ 33	+ 16	Pantoja et al., 1996

¹⁾ FKM: Fedtkorrigeret mælk

²⁾ ADF: Acid Detergent Fibre.

Wrenn et al. (1978) fandt en svag stigning i optagelsen af hø givet som eneste ædelystfoder, når fedtindholdet i rationen blev øget fra 28 til 79 g råfedt pr. kg tørstof. Tackett et al. (1996, Tabel 7.1) fandt en reduktion i tørstofoptagelsen på 0,48 kg tørstof pr. procent ekstra fedt i en fuldfoderration med et lavt indhold af cellevægge (21 % Acid Detergent Fibre, ADF i tørstof) – men en lidt lavere reduktion ved en ration med 28 % ADF. Dette kunne tyde på, at ekstra fedttildeling har størst effekt på den samlede energioptagelse, når ad libitum foderet har en lav energikoncentration, fordi køerne ved lav energikoncentration har sværere ved at opfylde deres energibehov pga. foderets fysiske fylde.

Ligesom i reviewet af Chilliard (1993) er der i de nyeste amerikanske fodernormer (NRC, 2001) omtalt forsøg, der viser, at mættet fedt ikke reducerer tørstofoptagelsen. Pantoja et al. (1996) refererer tilsvarende, at der som gennemsnit af mange studier ikke er fundet nogen effekt af mættet fedt på tørstofoptagelsen, mens der i deres egne forsøg (Tabel 7.1) var en stigning på 0,44 kg tørstof pr. procent tilskudsfedt. Hermansen (1989b, Tabel 7.1) fandt derimod i et dansk forsøg, at også mættet fedt reducerede tørstofoptagelsen (-0,23 kg pr. procent tilskudsfedt).

Fedtets betydning for energioptagelsen afhænger både af den øgede energikoncentration og af fedtets indflydelse gennem virkningen på vomomsætningen. Den mindre negative eller manglende effekt af mættet fedt på tørstofoptagelsen må antages at hænge sammen med, at mættet fedt ikke reducerer NDF-fordøjeligheden i vommen (Børsting & Weisbjerg, 1989).

Ud fra disse undersøgelser kan det samlet konkluderes, at energioptagelsen i de fleste tilfælde øges med øget fedtindhold i rationen, selvom tørstofoptagelsen reduceres.

Ved 20 kg tørstofoptagelse pr. dag svarer +1 procent fedt til +200 g fedt eller ca. +0,5 FE, mens tørstofoptagelsen typisk går ned med ca. 0,2 kg i alt eller ca. -0,2 FE som et groft estimat på tværs af de mange undersøgelser refereret af Chilliard (1993) i Tabel 7.1.

7.4 Fedtmængdens betydning for malkekoens produktion

Mælkeproduktionens respons på øget fedttildeling kan påvirkes af mange faktorer, så som køernes energibalance, laktationsstadium samt rationens sammensætning, fedtets fedtsyresammensætning og den samlede tørstofoptagelse.

Mælkeydelsen

Destruktionsfedt af animalsk oprindelse udgør en væsentlig del af det forsøgsmæssige grundlag i Danmark for vurdering af fedtets betydning for malkekøernes produktion. De generelle effekter af fedttilskud til malkekøer behandles derfor i dette afsnit ud fra effekten af at anvende fedt med en fedtsyresammensætning og et jodtal som i animalsk fedt, dvs. et jodtal på ca. 50-60. Specielle virkninger af andre fedttyper med væsentligt anderledes fedtsyresammensætning eller anderledes omsætning i mave-tarmkanalen, som f.eks. umættet plantefedt, Ca-sæber og mættet fedt, omtales hovedsageligt i afsnit 7.5.

Østergaard et al. (1981) gennemførte en omfattende undersøgelse med tre niveauer af animalsk fedt svarende til et fedtindhold i totalrationen på ca. 35, 45 og 55 g råfedt pr. kg tørstof. Mælkeydelsen udtrykt som kg 4 % mælk (fedt korrigeret mælk, FKM) steg i de første 12 uger af laktationen ind til et indhold på 54 g korrigeret råfedt pr. kg tørstof i rationen. I perioden fra 11. til 27. laktationsuge fandtes den maksimale FKM-ydelse ved 47 g korrigeret råfedt pr. kg tørstof. Ifølge disse forsøg var ydelsesresponsen

på fedttildelingen størst i de første 12 uger af laktationen, hvor ydelsen steg med 0,92 kg FKM, når fedtindholdet blev øget med 1 procent i tørstof, hvorimod stigningen kun var 0,56 kg FKM i uge 11-27 (Tabel 7.1). Det er disse resultater, der ligger til grund for de danske anbefalinger vedr. malkekøernes fedtforsyning (Strudsholm et al., 1999), og derfor er disse resultater i det følgende diskuteret i forhold til andre litteraturværdier.

Det relativt store respons i FKM hos Østergaard et al. (1981) stemmer ikke umiddelbart overens med resultaterne i et review af Chilliard (1993), der har lavet en opgørelse på tværs af fedttyper for forskellige dele af laktationen baseret på værdier fra 86 forsøgshold refereret i litteraturen (Tabel 7.1). På tværs af de mange forsøg var der en stigning på kun 0,07-0,20 kg FKM pr. procent ekstra fedt i tørstof i de forskellige perioder.

En væsentlig årsag til det lavere respons i FKM af øget fedttilskud hos Chilliard (1993) var, at der blandt forsøgene var en del observationer med vegetabilsk olie og oliefrø, der begge har en negativ indflydelse på FKM-ydelsen, især pga. depression i fedtprocenten ved fodring med disse umættede fedtkilder (Tabel 7.1). I mange af de refererede forsøg var det højeste fedtniveau desuden betydeligt over det niveau, hvor den maksimale ydelse kan forventes.

Østergaard et al. (1981) undersøgte, om der var et aftagende merudbytte ved stigende fedttildeling, dvs. en kurvelineær sammenhæng. Dette var imidlertid ikke tilfældet inden for det anvendte variationsområde mellem 35 og 55 g råfedt pr. kg tørstof. Derimod fandt de ud fra litteraturværdier med op til 70-80 g råfedt pr. kg tørstof, at der må forventes et aftagende merudbytte ved sti-

gende tildeling. Der er også i en senere undersøgelse fundet en kurvelineær sammenhæng mellem fedttildelingen og mælkeydelsen (Palmquist, 1983).

Denne kurvelineære sammenhæng er endnu en væsentlig årsag til, at de marginale responser i FKM-ydelsen beregnet som et lineært respons (Tabel 7.1) ud fra Chilliard (1993) og andre forsøg var lavere end responserne fundet af Østergaard et al. (1981), hvor der i modsætning til andre forsøg blev fundet et lineært respons.

Moderat tildeling af animalsk fedt eller tilsvarende fedttyper som erstatning for andre energikilder, som hos Østergaard et al. (1981), giver grundlag for højere ydelse af mælk, laktose, mælkefedt og til tider mælkeprotein. De væsentligste årsager hertil er en højere energieffektivitet og en energimæssig 'billigere' mælkefedtsyntese i yveret pga. forskydningen fra acetat til langkædede fedtsyrer som substrat, dvs. at det reelle indhold af FE til mælkeproduktion er undervurderet i tilskudsfedt. Der kan være forskellige årsager til det fald, man får i mælkefedtsyntesen ved høj fedttildeling. Det kan være en kombination af, at der produceres mindre acetat i vommen samtidigt med, at absorptionen af langkædede fedtsyrer ikke forøges ret meget ved stigende tildeling pga. lav marginal fordøjelighed. Det kan også skyldes, at der selv ved brug af fedtkilder med moderat jodtal dannes en del transfedtsyrer i vommen, og at disse hæmmer de *nov*o mælkefedtsyntesen i yveret (NRC, 2001). Endelig kan der være tale om en ændring i den hormonale regulering udløst af den øgede propionsyreforgæring ved høj fedttildeling, hvorved der anvendes mere acetat til fedtaflejring i kropsvævene, og dermed er der en reduceret mængde acetat til rådighed for mælkefedtsyntesen.

Mælkens sammensætning

Ifølge Chilliard (1993) var der i alle de undersøgte laktationsafsnit et lille positivt respons af fedttilskud på tværs af fedttyper på fedtprocenten (Tabel 7.1). Der var derimod en negativ effekt på proteinprocenten i alle 3 laktationsafsnit og for alle de undersøgte fedttyper. Det er især kaseinindholdet i mælken, der reduceres (NRC, 2001). Den daglige mælkeproteinydelse er derimod i de fleste forsøg stort set upåvirket af rationens fedtindhold (NRC, 2001), idet den lavere proteinprocent skyldes en fortyndingseffekt grundet en højere ydelse ved tildeling af ekstra fedt.

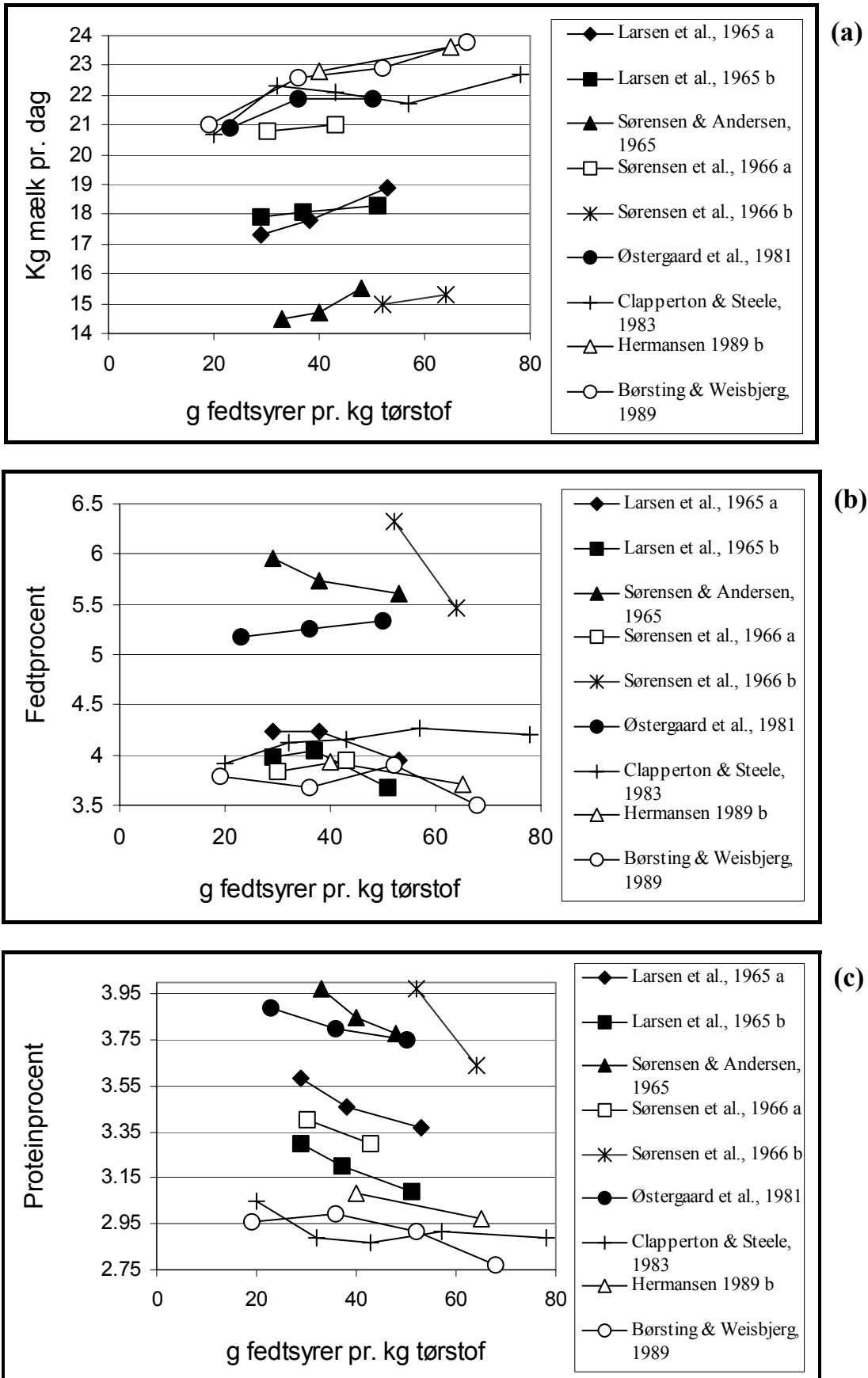
Mens responset i FKM og EKM ved tildeling af fedttilskud må anses for relativt stabilt, er virkningen på mælkens bestanddele mere varierende især ved høje fedttilskud. Figur 7.1 viser sammenhængen mellem fedttildelingen og a) mælkeydelsen, b) fedtprocenten og c) proteinprocenten i en række forsøg med animalsk fedt. I undersøgelsen af Børsting & Weisbjerg (1989) blev animalsk fedt givet som ekstra tilskud ved restriktiv fodring, mens fedtet i de andre forsøg blev tildelt som erstatning for anden energi, dvs. iso-energetisk på rationsniveau.

Fedtprocentens afhængighed af fedtindholdet (Figur 7.1b) udviste en betydelig variation, men der var dog i de fleste tilfælde en stigning ved moderate tilskud og et fald ved yderligere tilskud. I de forsøg, hvor fedtprocenten faldt mest, var der samtidigt ofte en stimulering af mælkeydelsen. Proteinprocenten var vigende (Figur 7.1c) med stigende fedtindhold i foderet, idet reduktionen var større, jo mere mælkeydelsen blev øget.

På grundlag af resultaterne vist i Figur 7.1 har vi beregnet 2. grads funktioner for kg

mælk, samt g mælkefedt og g mælkeprotein pr. dag i relation til rationens indhold af fedtsyrer (g pr. kg TS). Ved den statistiske analyse blev der korrigeret for ydelsesniveauet i det enkelte forsøg ved inddragelse af forsøg som klassevariabel. Desuden er resultaterne fra de enkelte forsøg ved regressionsanalysen vægtet med kvadratroden af antallet af observationer i de respektive forsøg for at tage hensyn til sikkerheden af de enkelte resultater.

De relative effekter af øget tildeling af fedtsyrer i Tabel 7.2 er beregnet ud fra disse 2. grads funktioner. Effekterne er i udgangspunktet beregnet som de absolutte stigninger i kg mælk, smørfedt og mælkeprotein ved et ydelsesniveau på omkring 20 kg mælk, som det fremgår af Figur 7.1. Herefter er de relative tal fundet ved at sætte ændringerne opnået ved ændret fedttildeling i forhold til ydelsen ved 20 g fedtsyrer pr. kg tørstof. Det er derfor en afgørende forudsætning for disse værdier, at der kan opnås den samme procentvise ændring i ydelserne også ved nutidens højere ydelsesniveauer. Umiddelbart forventes dette at være tilfældet. Køer, der yder mere, æder mere og derfor vil samme procentvise ændring i tørstoffets fedtindhold også kunne føre til nogenlunde samme relative ændring i ydelsen. Da vedligeholdsbehovet imidlertid ikke stiger ved stigende ydelse, vil der dog være en procentuel mindre stigning i den daglige tørstoffoptagelse og dermed også i fedtoptagelsen, end der er i ydelsen. Dette kan i princippet have to effekter, nemlig for det første at den procentuelle stigning i ydelsen knap er så høj, som angivet, når ydelsen i forvejen er høj, og for det andet at det kræver en højere fedtkoncentration i tørstof at opnå den maksimale ydelse.



Figur 7.1 Mælkeydelse (a), fedtprocent (b) og proteinprocent (c) i relation til indholdet af fedtsyrer i tørstof i 9 forsøg med animalsk fedt.

Der findes i øjeblikket ingen forsøgsresultater, der kan afgøre, om de relative effekter i Tabel 7.2 holder stik også ved en ydelse på f.eks. 40 kg mælk, men responserne vurderes at være i overkanten. Da de gamle produktionsforsøg blev lavet ved et ydelsesniveau på under 25 kg mælk, vil det være relevant med nye undersøgelser til at belyse effekten af fedttilskud ved nutidens højere ydelser.

Vægtændringer

Østergaard et al. (1981) kunne ikke påvise forskelle i køernes vægtændringer, når fedtindholdet blev varieret mellem 27 og 63 g råfedt pr. kg tørstof, hverken i Jerseybesætninger eller i besætninger af tunge racer. I modsætning hertil fandt Chilliard (1993) på tværs af mange forsøg og varierende laktationsstadier, at køernes vægttab blev øget, eller tilvæksten blev reduceret som følge af ekstra fedttildeling grundet højere FKM-ydelse og reduceret tørstofoptagelse. I nogle af de refererede undersøgelser var der dog en tendens til, at et fedttilskud førte til øget vægttab i perioden før toplaktationen, hvorimod det gav øget tilvækst, hvis det blev givet efter toplaktationen. Med disse få og modstridende iagttagelser må dette emne konkluderes at være mangelfuldt belyst.

Reproduktion

Der er tæt sammenhæng mellem koens energibalance, koens reproduktionscyklus og de reproduktionsresultater, som opnås. I det omfang fedttilskud kan have en indflydelse på koens energibalance først i laktationen, kan det muligvis også have en effekt på reproduktionen. Overordnet er der dog sandsynligvis tale om meget marginale effekter.

I 3 Jerseybesætninger fandt Østergaard et al. (1981) således ingen effekt af at variere fedtindholdet mellem 27 og 63 g råfedt pr. kg tørstof hverken på antal dage til første

inseminering eller på procent drægtige efter første inseminering.

I et review over 20 undersøgelser fandtes en stigning i køernes drægtighedsprocent på 17 enheder ved anvendelse af fedttilskud, og der var en positiv effekt i 11 af disse undersøgelser og kun negativ effekt i 3 undersøgelser (NRC, 2001).

Effekt af ydelsespotentiale og laktationsstadium

Hermansen (1989a) fandt endvidere i et forsøg udført i 5 besætninger, at responset i FKM- og smørfedydelsen hos førstekalvs-køer var større, jo større ydelse de havde ved forsøgets start. FKM-ydelsen steg med ekstra 0,10 kg pr. procent fedttilskud for hver kg FKM de gav mere forud for forsøget. Der var derimod hverken hos førstekalvs- eller ældre køer nogen betydning af ydelsespotentialet for effekten af tilskudsfedt.

Hermansen (1989a) fandt, at et tilskud på 20 g animalsk fedt pr. kg tørstof havde samme effekt på ydelsen af FKM, mælkefedt og mælkeprotein, uanset hvornår i intervallet fra uge 6 til uge 38 i laktationen den otte uger lange forsøgsperiode blev påbegyndt.

Chilliard (1993) har lavet en opgørelse på tværs af fedtkilder for perioden indtil 7 uger efter kælvning (19 forsøgshold), uge 4-16 (54 forsøgshold) og uge 13-22 (13 forsøgshold) baseret på værdier fra mange forsøg refereret i litteraturen (Tabel 7.1). På tværs af de mange forsøg var der i den første periode en stigning på 0,07 kg FKM pr. procent ekstra fedt i tørstof, mens stigningen var 0,20 kg FKM i uge 4-16 og 0,19 kg FKM i uge 13-22. I modsætning hertil fandt Østergaard et al. (1981), som tidligere omtalt, et respons på 0,92 kg FKM i de første 12 uger af laktationen, når fedtindholdet blev øget med 1 procent i tørstof, hvorimod stigningen kun var 0,56 kg FKM i uge 11-27.

Tabel 7.2 Relativ respons i mælkeydelse og dens bestanddele ved stigende indhold af fedtsyrer (FS) pr. kg tørstof (TS)

g FS/kg TS	20	25	35	45	50	55	65	75
Strudsholm et al., 1999								
EKM ¹⁾ , ved animalsk fedt	100	102	104	106	106			
EKM, ved ekstra mættet fedt	100					107	108	110
Data vedr. animalsk fedt fra Figur 7.1								
Kg mælk	100	102	105	107	108	108	109	110
g smørfedt	100	103	108	110	111	111	109	105
g protein	100	101	102	102	102	102	102	101

¹⁾ EKM: Energikorrigeret mælk.

Der findes stort set kun opgørelser af fedtforsynings betydning for mælkeproduktionen i den første halvdel af laktationen. Inden for denne periode er det uklart, om effekten er større eller mindre i de første uger end i resten af perioden, men for brug i praksis må der regnes med samme respons og samme optimum for fedttildeling, som det er omtalt ovenfor. Det må forventes, at responset i mælke- og smørfedtydelse er lavere i den sidste halvdel af laktationen, fordi yverets de novo syntese af fedtsyrer i denne periode kan udgøre en større andel af mælkefedtet, idet de novo syntesen kan forventes nogenlunde konstant forudsat uændret foderoptagelse, hvorimod smørfedtydelsen falder.

Effekt af race

Østergaard et al. (1981) viste, at der – i modsætning til den daværende opfattelse – kan anvendes samme funktion mellem foderets fedtindhold og produktionen af FKM hos Jersey som hos de tunge racer, selvom Jersey udskiller mere fedt pr. kg FKM. Hindhede (1983) forklarede dette med, at Jerseykøer optager mere acetat i yveret, således at de kan præstere en større de novo fedtsyresyntese, og de er dermed mindre afhængige af

fedtsyrerne optaget med foderet. Ved samme jodtal i tilskudsfedtet vil dette føre til et lavere jodtal i mælkefedtet fra Jersey. Hermansen (1989a) har dog senere fundet, at et tilskud på ca. 20 g animalsk fedt pr. kg tørstof i uge 6-42 af laktationen gav et positivt respons i 3 Jerseybesætninger (0,38-0,55 kg FKM pr. procent ekstra fedt i TS) og i en RDM-besætning (0,59 kg FKM) men intet repons i en SDM-besætning. Også Rodriguez et al. (1997) fandt, at Holstein køer gav et mindre respons i FKM-ydelsen, nemlig 0,38 kg pr. procent ekstra Megalac (Ca-sæber) i tørstof sammenlignet med 0,70 kg FKM hos Jersey, pga. større stigning i smørfedtydelsen hos Jersey end hos Holstein. Alt i alt er der måske noget, der tyder på, at de relative effekter angivet i Tabel 7.2 er i overkanten, når det gælder SDM/Holstein.

Optimal fedttildeling

Da det optimale fedtniveau mht. ydelse både hos Østergaard et al. (1981) og Chilliard (1993) var næsten ens i hele perioden indtil 24 uger efter kælvning, er det ikke relevant i praksis at anvende forskelligt fedtindhold i tørstof i forskellige dele af perioden indtil 24 uger efter kælvning. På denne baggrund er

der beregnet en fælles funktion for hele perioden 1-24 uger efter kælvning (Hindhede, 1983). Ved en ydelse på 26,5 kg FKM i de første 24 uger af laktationen fandtes efterfølgende kurvelineære sammenhæng (ligning 7.1) ud fra resultaterne fra Østergaard et al. (1981).

Ved at omregne mængden af korrigeret råfedt opgivet af Østergaard et al. (1981) til fedtsyrer (90 % af korrigeret råfedt) og samtidigt antage, at indflydelsen af fedt på energikorrigeret mælk (EKM) er den samme som på FKM, er der senere opstillet efterfølgende funktion (ligning 7.2), der ligger til grund for de danske anbefalinger (Strudsholm et al., 1999):

$$\text{FKM (kg)} = 19,6 + 0,264 * Z - 0,00258 * Z^2, \quad \text{for } 23 \leq Z \leq 54 \quad (7.1)$$

hvor $Z = \text{g korrigeret råfedt pr. kg tørstof}$.

$$\text{EKM (kg)} = 19,6 + 0,293 * X - 0,00319 * X^2, \quad \text{for } 21 \leq X \leq 49 \quad (7.2)$$

hvor $X = \text{g fedtsyrer pr. kg tørstof}$.

Funktionen giver maksimal EKM-ydelse ved 46 g fedtsyrer pr. kg tørstof og har gyldighed for animalsk fedt og fedtkilder med tilsvarende fedtsyresammensætning og jodtal, dvs. et jodtal på ca. 50. Som det fremgår af afsnit 7.5, er det optimale fedtniveau anderledes for andre fedtkilder.

Jenkins (1997) har ved en litteraturgennemgang konkluderet, at den maksimale ydelse nås ved ca. 700 g tilskudsfedt, og at responset sjældent overstiger 3,5 kg EKM/dag. De 700 g tilskudsfedt svarede til ca. 30 g tilskudsfedt pr. kg tørstof. Da fedtsyreindholdet i grundfodermidlerne typisk er 15-20 g pr. kg tørstof, svarer dette niveau af tilskudsfedt til de 46 g fedtsyrer pr. kg tørstof, der giver maksimal ydelse iflg. ligning 7.2.

Vi anbefaler derfor, at værdierne i Tabel 7.2 fra Strudsholm et al. (1999) for effekten af fedt på EKM-ydelsen opretholdes som grundlag for fodringsrådgivningen. Værdierne i Tabel 7.2 for selve mælkeydelsen og dens bestanddele baseret på litteraturværdierne i Figur 7.1 kan anvendes som supplerende oplysninger om, hvordan de enkelte bestanddele typisk påvirkes.

7.5 Specielle fedttypers betydning for mælkeydelse og -sammensætning

Selvom der historisk set er fokuseret mest på animalsk fedt, findes der også en del undersøgelser vedr. effekten af andre fedttyper på mælkeproduktionen og dens sammensætning. I dette afsnit omtales effekterne på mælk, protein og fedt, medens betydningen for mælkens fedtsyresammensætning omtales i kapitel 15.

Vegetabilsk fedt

Olieholdige frø er relevante alternative fedtkilder til malkekøer til erstatning for animalsk fedt, specielt hvis der som i økologiske besætninger ønskes hjemmeavlet foder. Oliefrø indeholder typisk store andele af umættede fedtsyrer, som vist i kapitel 11, bind 1. Stærkt umættet fedt er normalt uønsket i foderet pga. negative effekter i vommen og/eller i yveret, som allerede omtalt ovenfor. En del resultater tyder imidlertid på, at tildeling af umættet fedt i form af formalede eller valsede frø giver færre negative virkninger end rene olier. Årsagen er sandsynligvis, at de umættede fedtsyrer i vommen frigøres relativt langsomt fra frøene og bliver

hydrogeneret sideløbende med frigørelsen (Hermansen & Østergaard, 1988).

Virksomheden af fedttilskud på FKM-ydelsen og mælkenes fedtprocent afhænger helt af fedttypen. Ved et højt indhold af umættede fedtsyrer kan tilskudsfedt resultere i mælkefedtdepression (NRC, 2001) grundet dannelse af transfedtsyrer og CLA i vommen, idet disse efter optagelse i yveret reducerer yverets egen de novo fedtsyresyntese. Når der sker ufuldstændig hydrogenering i vommen, dannes dels C18:1 trans-11, dels en gruppe af isomere af linolsyre med konjugerede dobbeltbindinger (CLA), idet det i vommen fortrinsvis er C18:2 cis-9, trans-11, der dannes (se kapitel 11, bind 1). En anden CLA, nemlig C18:2, trans-10, cis-12 har en negativ effekt på fedtsyresyntesen i yveret. Det er sandsynligt, at dannelse af CLA i vommen er en væsentlig forklaring på lave fedtprocenter i mælken hos malkekøer, som æder store mængder friskt græs.

Denne negative effekt på smørfedtydelsen og dermed på FKM-ydelsen konkurrerer derfor med de generelle positive effekter af fedttilskud, som beskrevet i foregående afsnit. Generelt er de negative effekter større jo mere umættede fedttyperne er, og jo mindre fedtsyrerne er beskyttede. Det skyldes, at de så dels kan undergå delvis hydrogenering i vommen, og dels kan påvirke kulhydratomsætningen i vommen i negativ retning.

I det omfattende materiale indsamlet af Chilliard (1993) gav vegetabiliske olier (8 forsøgshold) de største negative effekter på både tørstofoptagelsen, FKM-ydelsen og mælkenes fedtprocent (Tabel 7.1). FKM-ydelsen faldt med 0,33 kg pr. procent ekstra fedt i tørstof, medens fedtprocenten faldt med 0,06 procentenheder.

Anvendelse af 28 g fedttilskud pr. kg tørstof i form af oliefrø gav en lidt mindre negativ effekt på foderoptagelsen sammenlignet med vegetabiliske olier, en væsentlig mindre effekt på FKM-ydelsen og kun en halv så stor reduktion i fedtprocenten (Tabel 7.1; Chilliard, 1993).

Hermansen & Østergaard (1988) har i omfattende studier undersøgt effekten på mælkeproduktionen af forskellige oliefrø, nemlig rapsfrø, toastede sojabønner og hørfrø. De hele frø blev formalet før anvendelsen. Undersøgelserne viste, at de tre typer oliefrø i mange tilfælde var lige så egnede som fedttilskud til malkekøer som traditionelt animalsk fedt. Især fandtes gode og stabile resultater med rapsfrø, medens effekten af de andre to typer af oliefrø var afhængige af mængden og rationens sammensætning, idet dette har betydning for effektiviteten af hydrogeneringen i vommen. Der blev fundet en tendens til negativ virkning af sojabønner og hørfrø, når rationen var strukturfattig, eller indholdet af umættede fedtsyrer i grundrationen var høj. På basis af disse forsøg konkluderede Hermansen & Østergaard (1988), at oliefrø kan indgå i foderrationen uden negativ effekt på FKM-ydelsen sammenlignet med animalsk fedt, forudsat at jodtalsproduktet (hg fedt x jodtal) i den samlede ration ikke overstiger 75 pr. kg tørstof. Ud fra denne forudsætning er der i Tabel 7.3 givet anbefalinger til, hvor stor en andel de tre typer af oliefrø maksimalt må udgøre af tilskudsfedtet, forudsat at resten udgøres af animalsk fedt (eller fedt med tilsvarende sammensætning og form). Anvendes sojabønner i de maksimale mængder, der er angivet i Tabel 7.3, reduceres mælkenes protein- og fedtindhold, medens rapsfrø ikke forventes at påvirke protein- og fedtindhold.

Tabel 7.3 Anbefalinger til maksimal procentandel af tilskudsfedt fra rapsfrø, sojabønner og hørfrø ved forskelle i fedtniveau og rationstyper, forudsat at der opretholdes et jodtalsprodukt (hg fedt x jodtal) på max. 75 pr. kg tørstof (TS) i hele rationen. (Hermansen & Østergaard, 1988)

Rationstype	Fedttype	g fedtsyrer pr. kg TS i hele rationen		
		35	45	55
Normal struktur. Max. 20 % stivelse i TS. Max. 200 g fedtsyrer i grundfoder.	Rapsfrø	100	100	100
	Sojabønner	100	80	60
	Hørfrø	100	70	40
Stukturfattig og/eller stivelsesrig ration, eller stor andel af frisk græs (>200 g fedtsyrer fra græs).	Rapsfrø	100	90	80
	Sojabønner	100	60	20
	Hørfrø	100	40	0

Beskyttet fedt

Som omtalt betragtes det aftagende respons for animalsk fedt og tilsvarende fedttyper på mælkefedtydelsen som et resultat af en balance mellem en positiv virkning på koens energiomsætning og en negativ virkning på den mikrobielle omsætning i vommen. Med henblik på at undgå sidstnævnte blev der i 70'erne gennemført en række undersøgelser, hvor foderfedtet blev indkapslet – ofte ved hjælp af formalinbehandlet protein (f.eks. kasein), se f.eks. Storry et al. (1980) og senere undersøgelser af Børsting & Weisbjerg (1989). Ved denne fysiske beskyttelse er foderfedtet isoleret fra mikroorganismene i vommen og bliver først frigivet i tarmen efter opløsning af proteinkappen.

Ved fodring med proteinbeskyttet animalsk fedt har Storry et al. (1980) fundet, at der i de fleste tilfælde opnås en stigende mælkeydelse op til ca. 1000 g tilskud pr. dag. I de samme forsøg fandtes, at smørfedtydelsen blev øget helt op til ca. 1500 g tilskud pr. dag. Mælkeproteinydelsen var i gennemsnit uændret indtil et tilskud på ca. 1000 g pr. dag, men ved tildeling derover faldt proteinydelsen. Chilliard (1993) viste en stor stigning i fedtprocenten (Tabel 7.1) ved brug af beskyttet animalsk fedt (+0,07 procentenhe-

der pr. procent tilskudsfedt i tørstof). Beskyttet animalsk fedt gav desuden en stigning i FKM-ydelsen på 0,38 kg pr. procent ekstra fedt i tørstof.

Forsæbet fedt

En anden måde at tildele fedtet på uden at påvirke vommens mikroorganismer er at lade fedtsyrerne forsæbe med calcium. Ca-sæber er kun lidt opløselige (dissocierede) i vommen ved et normalt pH, hvorved der opnås en væsentlig mindre negativ påvirkning af mikroorganismene.

Hermansen (1985c) sammenlignede et tilskud på ca. 1000 g forsæbet animalsk fedt med samme mængde traditionel animalsk fedt og fandt, at fedtprocenten var 0,20 procentenheder og FKM-ydelsen 2,0 kg højere ved fodring med Ca-sæberne. I et andet forsøg fandt Hermansen (1985c) ingen forskel imellem fedttyper, hverken mht. smørfedt eller FKM-ydelsen, når der blev anvendt 800-900 g af forsæbet, mættet eller traditionel animalsk fedt. I et tredje forsøg fandt Hermansen (1987a) en stigning i både mælkeydelsen og fedtprocenten ved at give et tilskud på 600-700 g Ca-forsæbede palme-fedtsyrer.

Chilliard (1993) fandt også en stigning i fedtprocenten (Tabel 7.1) ved brug af Ca-sæber. Ca-sæber gav desuden stigninger i FKM-ydelsen på 0,28 kg pr. procent ekstra fedt i tørstof. Ca-sæber giver således ofte en positiv effekt på fedtprocenten og på FKM-ydelsen.

Mættet fedt

Endelig er der undersøgt betydningen af at vælge blandinger af mættede fedtsyrer, der i det væsentligste er 'inaktive' i vommen. Mættede langkædede fedtsyrer påvirker kun den mikrobielle aktivitet i ringe grad, sandsynligvis fordi de binder sig stærkt til foderpartiklerne, og derfor har de en begrænset opløselighed og aktivitet i væskefasen.

På tværs af 50 forsøgshold med mættet fedt, beskyttet animalsk fedt og Ca-sæber fandt Chilliard (1993), at mættet fedt gav det største respons i FKM-ydelsen (0,56 kg pr. procent ekstra fedt i tørstof), og at dette var den eneste fedttype, der ikke reducerede tørstofoptagelsen (Tabel 7.1). Chilliard (1993) viste en stigning i fedtprocenten ved tilskud af mættet fedt på +0,015 procentenheder pr. procent ekstra fedt i tørstof.

De kommercielt tilgængelige mættede fedtblandinger består stort set af palmitin- og stearinsyre i forskellige forhold. Steele & Moore (1968) fandt ingen signifikante forskelle i mælke- og smørfedydelsen ved ombytning af ca. 500 g stearinsyre med palmitinsyre. Weisbjerg et al. (1991, 1992c) fandt i et forsøg med SDM-køer heller ikke signifikante forskelle i mælke- og smørfedydelsen ved anvendelse af 500 g af en palmitinsyrerig blanding sammenlignet med en stearinsyrerig blanding eller animalsk fedt. Fedtprocenten var dog ca. 5,20 ved de mættede fedttyper mod kun 4,92 ved animalsk fedt. Ved tilskud af henholdsvis 500 og

1000 g mættet fedt var EKM-ydelsen henholdsvis 1,5 og 0,9 kg højere for palmitinsyrerigt fedt end for stearinsyrerigt fedt. Selvom disse forskelle ikke var signifikante, afspejlede de den væsentligt højere fordøjelighed af palmitinsyreproduktet, hvilket tyder på en bedre udnyttelse og mælkeproduktion for mættet fedt med en høj andel af palmitinsyre.

Hermansen (1985b, 1989b) sammenlignede tilskud af henholdsvis 500 og 1000 g mættet fedt (23 % palmitinsyre og 60 % stearinsyre) og animalsk fedt. Det høje niveau af mættet fedt reducerede ikke tørstofoptagelsen i modsætning til det høje niveau af animalsk fedt. Fedtprocenten var 4,10 % ved begge niveauer af animalsk fedt, men 4,49 % for det lave niveau af mættet fedt og hele 4,71 % ved det høje niveau af mættet fedt. Proteinydelsen var upåvirket af fedttildelingen, hvorimod FKM-ydelsen steg med stigende tildeling, især ved mættet fedt.

Pantoja et al. (1996, Tabel 7.1) fandt meget positive effekter af at give et tilskud (36 g pr. kg tørstof) af animalsk fedt, der var hærdet til jodtal 16, således at stearinsyre udgjorde halvdelen af fedtsyrerne. Tilskuddet af mættet fedt medførte en stigning i tørstofoptagelsen, hvilket er en del af forklaringen på, at ikke bare FKM- og smørfedydelsen, men også proteinydelsen steg markant i dette forsøg.

Som det fremgår af Tabel 7.2, kan der regnes med stigende EKM-ydelse helt op til 75 g fedtsyrer pr. kg TS, når den mængde, der ligger ud over 50 g pr. kg TS er mættede fedtsyrer. Hvis de øvrige fedtsyrer i rationen er meget umættede, som f.eks. ved stor græsoptagelse under afgræsning, vil det være relevant at anvende mættet fedt fra et lavere niveau.

7.6 Vekselvirkninger mellem fedtforsyning og foderniveau samt rations-sammensætning

Generelt

Som omtalt i afsnit 7.3, kan det forventes, at den negative effekt af fedttilskud på den samlede tørstofoptagelse øges med øget energikoncentration i den øvrige ration. Dette kan skyldes, at køernes foderoptagelse ved energirige foderrationer ikke kun er begrænset af foderets fylde, men også af energiindtaget (se kapitel 7, bind 1). Men det kan også skyldes, at fedtsyrer kan have en betydelig effekt på omsætningen af kulhydrater i vommen og omvendt, som beskrevet i kapitel 11, bind 1.

Fedttilskud giver således:

- Reduceret fordøjelighed af cellevægskulhydrater (afhængig af fedtsyresammensætning og evt. ombytning med letfordøjelige kulhydrater)
- Reduceret eddikesyre/propionsyreforhold (og evt. reduceret smørsyreandel)
- I nogle tilfælde øget effektivitet af mikrobiel proteinsyntese.

Øget struktur i rationen giver:

- Mere effektiv hydrogenering af umættede fedtsyrer.

På den baggrund kan det forventes, at den negative effekt, som fedttilskud har på tørstofoptagelsen (med undtagelse af mættet fedt), delvist skyldes en hæmning af omsætningen af cellevægskulhydrater i vommen. Hvorvidt denne effekt kan forventes at være større eller mindre ved strukturrige foderrationer er ikke klart. Således er der ved strukturrige rationer på den ene side en større andel af cellevægskulhydrater, der kan påvirkes. På den anden side er hydrogeneringen mere effektivt i strukturrige rationer,

hvilket reducerer den negative effekt af de umættede fedtsyrer.

Effekten af fedttilskud på ydelsen og mælkenes sammensætning kan ligeledes forventes at afhænge af den øvrige rations sammensætning, idet bl.a. effekten af fedt på sammensætningen af kortkædede fedtsyrer i vommen vil afhænge af rationens kulhydratsammensætning.

Kulhydratsammensætning

Der er kun en begrænset eksperimentel baggrund for at kunne udtale sig om vekselvirkning mellem kulhydratsammensætning og fedttilskud på mælkeproduktion og mælkenes sammensætning. Der er fundet en lidt større positiv effekt af øget tilskud af Ca-forsæbet fedt på produktionen af EKM ved stivelsesrigt kraftfoder end ved fiberrigt kraftfoder som tilskud til afgræsning (Garnsworthy, 1990). Casper et al. (1990) fandt en større negativ effekt af fedttilskud (sojabønner) på tørstofoptagelsen på rationer, hvor kraftfodertilskuddet var baseret på majs, end hvor kraftfoderet var baseret på tørret valle. Elliot et al. (1995) fandt ingen vekselvirkning mellem fedttilskud og kulhydratkilde (majs vs. sojaskaller) på mælkeproduktionen, men en tendens til at tørstofoptagelsen steg med øget fedttildeling med rationer baseret på sojaskaller, hvorimod den faldt med rationer baseret på majs. Dette er i modstrid med undersøgelsen af Casper et al. (1990), hvor det var på de lettest tilgængelige rationer, der var den mindste negative effekt af fedttilskud på tørstofoptagelse. Tackett et al. (1996) fandt ingen signifikant vekselvirkning mellem fedtniveau (0 eller 6 % tilsat blandingsfedt med jodtal 70) og grovfoder/strukturniveau (21 eller 28 % ADF) på produktionen af FKM. Både FKM-ydelsen og fedtprocenten faldt imidlertid, når der blev givet 6 % fedt til en ration med et lavt strukturindhold (21 % ADF i tørstof). Når

der blev givet et tilsvarende fedttilskud til en ration med et større strukturindhold (28 % ADF i tørstof) faldt fedtprocenten stadigvæk, men mælkeydelsen steg så meget, at FKM-ydelsen blev øget pga. fedttilskuddet. Effekterne kunne antyde, at der alligevel kan forekomme en vekselvirkning.

På basis af disse undersøgelser er det ikke klart, om den positive effekt af fedttilskud er større ved rationer med højt indhold af stivelse eller sukker (kraftfoderrige) end ved grovfoderrige rationer. Denne uklarhed skyldes, at effekten afhænger af, hvorvidt fedttilskuddet gives som topdressing, ved vægt til vægt ombytning, eller ved isoenergetisk ombytning med letfordøjelige kulhydrater. Således fjernes der ved isoenergetisk ombytning normalt en stor mængde letfordøjeligt kulhydrat fra rationen ved en øgning i fedtniveauet (se kapitel 11, bind 1).

AAT-forsyning

Da fedtsyrer ikke giver anledning til syntese af mikrobielt protein, har man antaget, at høj fedttilskud kræver ekstra forsyning af unedbrudt foderprotein. I produktionsforsøg med specielt udvalgte højtydende køer fandt Palmquist & Weiss (1994) ingen positiv effekt af ekstra forsyning med foderprotein med lav vomnedbrydningsgrad ved høj fedtforsyning. Tilsvarende resultater blev fundet i et dansk fordøjelighedsforsøg (Palmquist et al., 1993) med et ydelsesniveau omkring 29 kg EKM. Det tyder dog på, at et tilskud af beskyttet lysin og metionin kan eliminere den negative effekt af fedt på kaseinandelen i mælkeprotein (Coppock & Wilcks, 1991). Da det danske system til proteinvurdering angiver AAT-behovet pr. FE, er der her taget højde for den manglende mikrobielle syntese ud fra energien i foderfedt.

7.7 Afslutning og perspektiver

Tilskud af fedt til en basisration op til et samlet niveau på ca. 45 g fedtsyrer pr. kg tørstof vil øge EKM-ydelsen, selvom tørstofoptagelsen samtidigt reduceres. Dette skyldes, at der selv ved en reduceret tørstofoptagelse kan være en øget energioptagelse samt en mere effektiv energiomsætning, når fedtindholdet øges. Mælkeydelsen i kg, fedtprocenten og smørfedydelsen øges ved et sådant fedttilskud, mens proteinydelsen er uændret og mælkens proteinprocent falder. Foderets fedtsyresammensætning er afgørende for virkningen på fedtprocenten, idet mættet fedt vil stimulere fedtprocenten yderligere, hvorimod meget umættede vegetabiliske kilder kan have negativ effekt på fedtprocenten. På det foreliggende grundlag kan de relative effekter af fedttilskud, der i mange år har været anvendt i Danmark, fastholdes. Det vil dog være relevant med nye undersøgelser på dette område, da det er usikkert, om den procentuelle stigning i ydelsen ved brug af tilskudsfedt er lige så høj ved nutidens ydelser, som fundet ved de lavere ydelser i de gamle forsøg. Også spørgsmål vedr. effekten af fedttilskud på forskellige stadier i laktationen, samt om der er forskelle mellem store racer og Jersey vedr. respons på fedttilskud, er relevante for fremtidige undersøgelser.

7.8 Referencer

- Børsting, C.F. & Weisbjerg, M.R. 1989. Fatty acid metabolism in the digestive tract of ruminants. Ph.D. thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 249 pp.
- Børsting, C.F., Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 1992. Fatty acid digestibility in lactating cows fed increasing amounts of protected vegetable oil, fish oil or saturated fat. Acta Agr. Scand. 42, 148-156.

- Casper, D.P., Schingoethe, D.J. & Eisenbeisz, W.A., 1990. Response of early lactation cows to diets that vary in ruminal degradability of carbohydrates and amount of fat. *J. Dairy Sci.* 73, 425-444.
- Chilliard, Y. 1993. J. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76, 3897-3931.
- Clapperton, J.L. & Steele, W. 1983. Effects of concentrates with beef tallow on feed intake and milk production of cows fed grass silage. *J. Dairy Sci.* 66, 1032-1038.
- Coppock, C.E. & Wilcks, C.E. 1991. Supplemental fat in high energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *J. Anim. Sci.* 69, 3826-3837.
- Elliot, J.P., Drackley, J.K., Fahey, G.C. & R.D. Shanks. 1995. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in contents of nonstructural carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 78, 1512-1525.
- Garnsworthy, P.C. 1990. Feeding calcium salts of fatty acids in high-starch or high-fibre compound supplements to lactating cows at grass. *Anim. Prod.* 51, 441-447.
- Hermansen, J.E. 1987a. Mælke kvalitet og ydelse ved tilskud af Ca-forsæbede palmefedtsyrer til malkekøer. Medd. 662 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J.E. 1987b. Betydningen af forskelligt fedttilskud til malkekøer ved produktion under mælkekvota. In: Østergaard, V. & Hindhede, J. (eds.). *Studier i mælkeproduktionssystemer* 628. Beretning Statens Husdyrbrugsforsøg, 71-86.
- Hermansen, J.E. 1989a. Effect of dietary fat in relation to milk yield and stage of lactation in dairy cows. *Acta Agr. Scand.* 39, 389-396.
- Hermansen, J.E. 1989b. Feed intake and milk yield at increasing supplement of a palmitic and stearic-rich type of fat in comparison with animal fat. *Anim. Feed Sci. & Technol.* 22, 179-191.
- Hermansen, J.E. 1995a. Prediction of milk fatty acid profile in dairy cows fed dietary fat differing in fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 78, 872-879.
- Hermansen, J.E. 1995b. Foderfedt til malkekøer: Traditionel animalsk eller mættet fedt sammen med beskyttet protein. Medd. 589 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J.E. 1995c. Foderfedt til malkekøer: Traditionel animalsk eller forsæbet animalsk foderfedt. Medd. 590 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J. & Østergård, V. 1988. Oliefrø som fedttilskud til malkekøer - rapsfrø, soyabønner, hørfrø. 636 Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 44 pp.
- Hermansen, J.E., Østergaard, V., Jensen, F. & Lund, P. 1984. Foderfedt til malkekøer - mælkeydelse, sammensætning og kvalitet af mælk og smør. 3. Beretning fra Fællesudvalget for Statens Mejeri- og Husdyrbrugsforsøg, 107 pp.
- Hindhede, J. 1983. Mælkeproduktionens afhængighed af foderrationens fedtindhold. Kap. 15 i Beretning nr. 551, Statens Husdyrbrugsforsøg, 15.1-15.21.
- Jenkins, T.C. 1997. Success of fat in dairy rations depends on the amount. *Feedsstuffs* 69 (2), 11-12.
- Larsen, J.B., Klausen, J., Frederiksen, J.H., Agergaard, E. & Svendsgaard, C. 1965a. Fedtbehov til mælkeproduktion - forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 509 - Favrholt. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. Årbog 1965, 344-347.
- Larsen, J.B., Klausen, J., Frederiksen, J.H. & Svendsgaard, C. 1965b. Fedtbehov til mælkeproduktion - forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 510 - Trollesminde. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. Årbog 1965, 347-352.
- Møller, J. & Fisker, I. 2002. Frivillige aftaler på Kvægområdet. *KvægInfo* nr. 1001. www.lr.dk.
- Møller, J., Thøgersen, R., Kjeldsen, A.M., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Hvelplund, T. & Børsting, C.F. 2000. Fodermiddeltabel. Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Landsudvalget for Kvæg. Rap. Nr. 91, 52 pp.
- NRC 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Rev. Ed. 2001, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, 28-33.

- Palmquist, D.L. 1983. Use of fats in diets for lactating dairy cows. Proc. from 37th Easter School in Agriculture, (Wiseman, V. (ed.). London, Butterworth, 357-381.
- Palmquist, D.L., Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 1993. Ruminant, intestinal and total digestibilities of carbohydrate, nitrogen and fatty acids in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 76, 1353-1364.
- Palmquist, D.L. & Weiss, W.P. 1994. Blood and hydrolysed feather meal as sources of undegradable protein in high fat diets for cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 77, 1630-1643.
- Pantoja, J., Firkins, J.L. & Eastridge, M.L. 1996. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. *J. Dairy Sci.*, 79, 429-437.
- Rodriguez, L.A., Stallings, C.C., Herbein, J.H. & McGilliard, M.L. 1997. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80, 353-363.
- Steele, W. & Moore, J. H. 1968. The effects of a series of saturated fatty acids in the diet on milk fat secretion in the cow. *J. Dairy Res.* 35, 361-370.
- Story, J.E., Brumby, P.E. & Dunkley, W.L. 1980. Influence of nutritional factors on the yield and content of milk fat: Protected non-polyunsaturated fat in the diet. *Bull. Int. Dairy Fed.* 125, 105-125.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J. Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske Fodernormer til Kvæg. Landsudvalget for Kvæg. Rapport Nr. 84, 47 pp.
- Sørensen, M. & Andersen, P.E. 1965. Fedtbehov til mælkeproduktion - forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 648 - Linderumgaard. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. Årbog 1965, 352-356.
- Sørensen, M., Lykkeaa, J. & Kofoed-Dam, H. 1966a. Fedtbehov til mælkeproduktion - forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 658 - Dronninglund Hovedgaard. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. Årbog 1966, 264-268.
- Sørensen, M., Lykkeaa, J. & Kofoed-dam, H. 1966b. Fedtbehov til mælkeproduktion - forskelligt fedtindhold i kraftfoderet. K. 659 - Linderumgaard. Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums efterårsmøde. Årbog 1966, 268-272.
- Tackett, V.L., Bertrand, J.A., Jenkins, T.C., Pardue, F.E. & Grimmes, L.W. 1996. Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 270-275.
- Weisbjerg, M.R., Børsting, C.F. & Hvelplund, T. 1992a. Fatty acid metabolism in the digestive tract of cows when tallow is fed in increasing amounts at two feed levels. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 106-114.
- Weisbjerg, M.R., Børsting, C.F. & Hvelplund, T. 1992b. The influence of tallow on rumen metabolism, microbial biomass synthesis and fatty acid composition of bacteria and protozoa. *Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci.* 42, 138-147.
- Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. & Børsting, C.F. 1991. Fedtsyrers fordøjelighed. Fordøjelighed af stearinsyrerigt og palmitinsyrerigt mættet fedt hos malkekøer. Medd. nr. 787 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Weisbjerg, M.R., Hvelplund, T. & Børsting, C.F. 1992c. Digestibility of fatty acids in the gastrointestinal tract of dairy cows fed with tallow or saturated fats rich in stearic acid or palmitic acid. *Acta Agr. Scand.* 42. 115-120.
- Wrenn, T.R., Bitman, J., Waterman, R.A., Weyant, J.R., Wood, D.L., Strozinski, L.L., & Hooven Jr., N.W. 1978. Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 61, 49-58.
- Østergaard, V., Danfær, A., Daugaard, J., Hindhede, J. & Thyssen, I. 1981. Foderfedtets indflydelse på malkekøernes produktion. Beretning 508 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 140 pp.

Malkekoens mineralbehov og -forsyning

8

af Ole Aes ¹⁾, Jakob Sehested ²⁾ og Torben Larsen ³⁾

¹⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg,

²⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi og

³⁾ Afd. for Husdyrsundhed og Velfærd,
Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

8.1 Indledning

En række grundstoffer indgår på lige fod med protein, fedtsyrer og vitaminer i rækken af livsnødvendige næringsstoffer. Normalt benævnes disse grundstoffer som mineraler. Disse deles igen i daglig tale i to grupper, nemlig makromineraler og mikromineraler. Der er ingen naturlig grænse mellem de mineraler, vi benævner makromineraler, og dem, vi benævner mikromineraler. Definitionen går hovedsageligt på dyrenes behov, idet vi regner makromineraler i gram og mikromineraler i milligram. I udenlandsk litteratur benævnes mikromineraler som spor-elementer (trace elements).

For en del mineralers vedkommende er der tilgængelige reserver i forskellige organer eller i knoglerne. Det gælder f.eks. jern i leveren og calcium i knoglerne. Derfor er opfyldelse af det daglige behov ikke så vigtig for disse mineraler, mens balancen over længere tid er mere væsentlig. Modsat er der mineraler, der ikke lagres i kroppen eller ikke kan mobiliseres, når behovet er der. Det gælder f.eks. jod, der ikke oplagres nævneværdigt og magnesium, der lagres i knoglerne, men som ikke er tilgængeligt, når magnesiummangel indtræder. Derfor kan kortvarig underforsyning med jod eller magnesium være katastrofal for især ældre dyr.

Der kan derfor være stor forskel på betydningen af den daglige mineralforsyning. For nogle mineralers vedkommende kan mangel være fatal, for andre mineraler vil det kunne have en betydning for sundheden på længere sigt, på reproduktionsforholdene og endelig for produktionen af mælk og kød. I de seneste år har der også været meget fokus på, om overforsyning i forhold til gældende anbefalinger kan have en mærkbar virkning på især sundheds- og reproduktionsforhold.

8.2 Normer for mineraler

Dyrenes behov for mineraler kan angives som et nettobehov, et bruttobehov og en norm eller anbefaling. Nettobehovet er den mængde af mineralet, som dyret skal absorbere for at dække behovet til livsytringer og til endogen udskillelse. Dyrenes nettobehov for mineraler kan defineres som nettobehovet til vedligehold, mælkeproduktion, vækst og til fosterproduktion. Det kaldes den faktorielle metode. Nettobehovet bestemmes faktorielt for de fleste mineralers vedkommende.

Nettobehovet til vedligehold er det uundgåelige tab i urin og gødning i forbindelse med omsætningen i mave-tarmkanalen, organer og væv. Det kaldes også det endogene tab, men udtrykket vedligeholdsbehov er brugt i kapitlet. Nettobehovet til mælkeproduktion er den mængde, der findes i den producerede mælk. Nettobehovet til vækst er den mængde, der indlejres i tilvæksten. Endelig er nettobehovet til fosterproduktionen den mængde, der indlejres i foster og fosterhinder. Nettobehovet er for de fleste mineralers vedkommende relativt sikkert bestemt, selvom der i en del tilfælde er usikkerhed vedrørende størrelsen af det endogene tab.

Bruttobehovet er den mængde mineraler, dyret skal have tilført med foderet for at dække nettobehovet. Forskellen skyldes forskellig udnyttelse af det tilførte mineral. Udnyttelsen af et element er den fraktion, der optages over tarmen og derved stilles til rådighed for de nævnte livsytringer. Bruttobehovet findes ved at dividere udnyttelsen af det tilførte element op i nettobehovet.

Det er vigtigt, at dyrets behov ikke forveksles med den anbefalede norm for tildeling af mineraler. Normen forsøger nemlig at ta-

ge højde for variation i foderets mineralindhold, variation i udnyttelsen af mineralerne samt forskelle i genetik hos dyrene, foderets beskaffenhed og varierende management eller pasningskvalitet i besætningen. For at sikre, at det individuelle dyr ikke kommer i en mangelsituation, er der indlagt en passende sikkerhedsmargin i normerne for mineraltildeling i relation til dyrenes behov.

Faktorer der påvirker mineralbehovet

Udnyttelsen af mineraler er påvirket af mange faktorer, og der er stor forskel på, hvor effektiv absorptionen sker i fordøjelsessystemet. Forskelle i tilgængeligheden af uorganiske forbindelser kan f.eks. skyldes forskelle i reaktivitet (hastigheden hvormed mineralet går i opløsning i fordøjelsessystemet), eller at der kan ske udfældninger med andre mineraler i tarmsystemet. Andre foderkomponenter kan binde mineralerne (se kapitel 12, bind 1), eller fordøjelsesprocesserne har ikke gjort mineralet tilgængeligt for absorption. Kalium og natrium absorberes f.eks. uhyre effektivt, mens absorptionen af magnesium ofte er nede på omkring en fjerdedel af den mængde, der faktisk skulle være tilgængeligt for absorption.

Der er gennem tiden nævnt mange interaktioner mellem forskellige mineraler. Desværre er kun meget få, måske kun en enkelt, kvantificeret. Derfor kan ubalance i tildelingen ofte få skyld for mange udiagnosticerede mangler, men overforsyning kan også være skyld i mangler, som ikke erkendes, fordi forsyningen følger anbefalingerne.

Nogle af de interaktioner, der har haft de mest fatale følger, er de, der reducerer absorptionen af magnesium. Store mængder fedtsyrer, nedbrydeligt protein (NH_3), kalium samt især magnesiumoxyd, der ikke har tilstrækkelig høj reaktivitet i vommen, har forårsaget hypomagnesæmi og græstetani hos mange køer (Aaes, 1986).

Kalcium er et mineral, hvor en stor overforsyning ikke har direkte konsekvenser for dyret (NRC, 2001). Imidlertid kan overskud af Ca påvirke foderoptagelsen og fordøjelsen, men Ca kan også reducere absorptionen af Zn, Cu, Se og P. Det er vanskeligt at sætte nøjagtige niveauer på, men tildeling af dobbelt mængde Ca vil næppe have den store negative virkning på udnyttelsen af andre mineraler.

Svovl (sulfat) kan reducere optagelsen af Cu og selen og jern. I reduktionen af Cu-udnyttelsen spiller vekselvirkningen med Mo også ind. Interaktionen mellem Cu, S, og Mo er den eneste, der er kvantificeret (Suttle & McLaughlin, 1976).

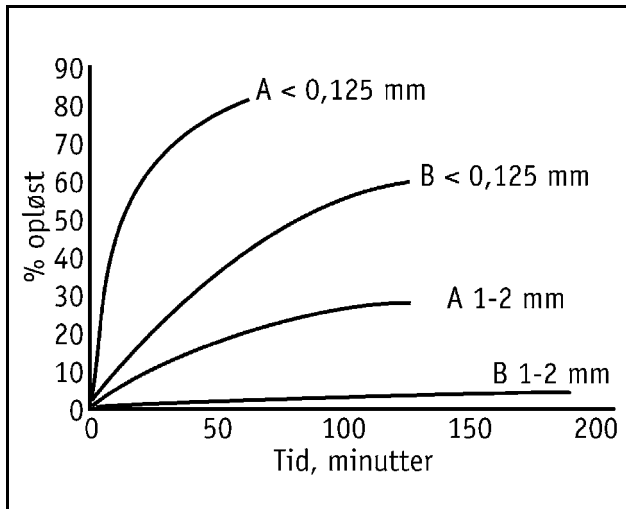
Jern, der sjældent selv kommer i underskud, kan imidlertid reducere optagelsen af andre mineraler. Det er især Zn og Cu, der kan påvirkes. Der er rapporteret negativ virkning på niveauer, der er almindelige i vore grovfoderafgrøder (NRC, 2001).

Tilgængeligheden af uorganiske mineralblandinger

Der kan være stor forskel i mineralernes virkning. Den forskel kan ligge i reaktiviteten (hastigheden hvormed mineralet opløses). Hvis ikke et mineral kan opløses tilstrækkeligt hurtigt i det miljø, der er, hvor det skal absorberes, så vil udnyttelsen ikke være optimal.

Magnesium er et af de mineraler, hvor opløseligheden eller reaktiviteten kan variere meget.

I Figur 8.1 er vist forskellen i reaktiviteten mellem to typer MgO og mellem to partikelstørrelser. Det fremgår klart, at begge dele har stor betydning.



Figur 8.1 Betydning af partikelstørrelse og MgO-type (A og B) på reaktiviteten ved pH-stat-målinger ved pH 6,84. (mod. efter Aaes, 1986).

Magnesium er det mineral, der er størst interesse for med hensyn til opløselighed, men fosfortilgængeligheden er også vigtig af miljøhensyn. Natriumforbindelser er normalt meget tilgængelige, hvilket også normalt er tilfældet med foderkridt.

Med hensyn til mikromineraler anvendes ofte sulfatforbindelser eller oxider. Sulfatforbindelser er normalt opløselige. Der anvendes ofte kobbersulfat. Derimod anvendes oxidforbindelse ofte til Mn- og Zn-forsyningen. Anvendelsen af oxider er ikke problematisk med hensyn til forsyning af dyret, da det er et surt miljø, mineralerne skal optages i. Derimod kan der være problemer, hvis mineralet er den begrænsende faktor for mikroorganismene, idet oxiderne ikke opløses i vommen. Begge oxider bliver dog benævnt at have høj biotilgængelighed (NRC, 2001).

Når der anvendes flydende mineraler er disse opløste. Ofte tilføres lavere mængder, med den begrundelse, at opløseligheden er høj. Det er selvfølgelig rigtigt, da de er opløste, men det betyder ikke, at de udnyttes bedre end andre opløselige mineraler.

8.3 De danske normer

Baggrunden for de nuværende danske normer er et arbejde af en NJF-arbejdsgruppe, der i 1975 kom med et forslag til fælles nordiske normer for makro- og mikromineraler. Resultatet er offentliggjort i Foderjournalen 3-4, (1975) og Hansen (1976). Disse normer danner stadig grundlag for de anvendte danske normer, men der er sket tilpasninger til ny viden, senest i forbindelse med opdatering af "Danske Fodernormer for Kvæg" i 1999 (Strudsholm et al., 1999). Baggrunden for en del af normerne var oprindeligt ARC (1965) og NRC (1971), men de seneste ændringer baserer sig hovedsageligt på NRC (1988).

Tabel 8.1 viser normerne for makromineraler til malkekøer, og Tabel 8.2 viser normerne for de mikromineraler, der findes normer for.

Normerne angiver den samlede anbefalede tildeling pr. dag eller en koncentration af foder tørstoffet. Det vil sige, at det er summen af mineraler i foderet og supplerende uorganiske mineralforbindelser.

Selvom dyrene har et behov pr. dag til de forskellige livsytringer, så er mange normer af praktiske grunde angivet som en koncentration af tørstof. Det gælder mikromineraler til kvæg i Danmark (se Tabel 8.2). I udfod-

ringssystemer kan normerne yderligere være omsat til den enhed, foderet tildeles i. Derfor er normerne i BEDRIFTSLØSNING – som er det edb-redskab, der formulerer og planlægger foderrationerne i de fleste danske

malkekvægsbesætninger – også omregnet til gram eller milligram pr. foderenhed, så køernes behov dækkes ved en normal foderoptagelse for laktationsstadiet.

Tabel 8.1 Malkekøernes normer for makromineraler (Strudsholm et al., 1999)

		Malkekøernes norm for makromineraler (gram pr. dag)					
		Ca	P*	Mg ²	Na	Cl	K ¹⁾
Vedligehold	400 kg	12	12	7	7	9	45
	500 kg	15	15	9	9	11	55
	600 kg	18	18	11	11	12	65
Mælkeproduktion	Pr. EKM	2,8	1,6 ^{*)}	0,6-0,9 ²⁾	0,7	1,2	1,6
Fosterproduktion	6 mdr.	2	1	2	0,5	0,4	3
	7 mdr.	4	3	3	0,6	0,5	3
	8 mdr.	6	5	4	1,3	1,0	3
	9 mdr.	15	12	5	2,2	1,8	3

*) Normerne for fosfor er ændret maj 2003 til 3,8 gram pr. FE til lakterende og 4,0 gram pr. FE til goldkøer. Det svarer ca. til 1,6 g pr. kg EKM (Aaes & Sehested, 2003)

1) Store mængder K i foderet hæmmer Mg-absorptionen. Fra 2,5 % K til 4,5 % K i foderstoffet kan Mg-absorptionen være sænket med 25-75 %

2) 0,6 gram gælder ved begrænset mængde græsmarksfoder, men 0,9 gram gælder ved stort græsmarksfoder. Ved risiko for græstetani kan det være nødvendigt med ekstra tilskud af 20-30 gram Mg pr. dag.

Svovl
Malkekøernes behov for svovl er ikke fastlagt med sikkerhed. Til sikring af optimal vomomsætning angives 0,2 % af rationens tørstof som niveau, men dyrets behov er sikkert lavere og altid dækket af de svovlholdige aminosyrer. Generelt tilstræbes et forhold mellem N og S på højst 13:1 af hensyn til mikroorganismernes forsyning med S til aminosyresyntese i vommen.

Tabel 8.2 Malkekøernes normer for mikromineraler (Strudsholm et al., 1999)

		Malkekøernes norm for mikromineraler (mg pr. kg tørstof)							
		Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Se	I	Mo
Norm		100	10 ¹⁾	50	40	0,1	0,1	2,0 ²⁾	0,1-0,5
Maks.-grænse		1000	80	500	1000	10	2	10	6

1) Gælder, hvis foderrationens indhold af Mo er < 1 mg pr. kg tørstof og at S < 2.000 mg pr. kg tørstof

2) 0,8-1,0 hvis goitrogenfrit (goitrogen = strumafremkaldende stof) foder. 2,0 hvis goitrogenholdigt foder (f.eks. raps).

For mikromineralerne er der angivet en maksimumgrænse. Det betyder ikke, at normerne ligger mellem den angivne norm og maksimumgrænsen. Maksimumgrænsen angiver de koncentrationer, hvor litteraturen angiver rapporterede tegn på begyndende forgiftninger. For de fleste mikromineraler er der en stor forskel mellem den angivne norm og de mængder, der betragtes som skadelige. Mange af skadevirkninger er dog fra kortvarige undersøgelser, hvorfor det ikke kan udelukkes, at væsentligt lavere mængder kan have negative virkninger ved langvarig overforsyning.

8.4 Udenlandske normer

I USA har National Research Council udført en omfattende revidering af normerne og baggrunden for normerne i 2001 (NRC, 2001). Sammenligningen af normerne er ikke umiddelbart mulig for alle mineraler, fordi der nu tages hensyn til varierende udnyttelse af mineralerne samt det aktuelle foder-niveau. Derfor er sammenligningerne sket på rationsbasis, med udgangspunkt i bogens standardration. Tabel 8.3 viser normerne til en ko, der yder 35 kg EKM i NRC (2001), NRC (1988) og danske normer. Desuden er bogens standardration til samme ko vist med og uden tildeling af uorganiske tilskudsmi-neraler.

Tabel 8.3 Normer for mineraler til en malkeko af stor race efter NRC (2001), NRC (1988), Dansk fodernorm (Strudsholm et al., 1999) samt mineralforsyningen til bogens standardko med og uden mineraltilskud

	NRC, 2001	NRC, 1988	DK-norm	Standard Ration*	
				Ingen mineraler	+ 100 g type 0 +30 g fodersalt
g/dag					
Ca	160	150	116	108	129
P	89	95	92	93	93
Mg	50	50	32-42	42	49
Na	56	45	36	21	42
Cl	68	63	54	178	209
K	262	225	121	475	475
S	50	50	40	48	48
mg/kg tørstof (ppm)					
Cu	11	10	10	6	11
Zn	50	40	50	55	78
Mn	14	40	40	58	78
Co	0,11	0,10	0,10	0,36	0,49
Se	0,3	0,3	0,1	0,05	0,16

*) Bogens gennemgående standardration til standardkoen, se kapitel 2, bind 1.

Nettobehovene for calcium (Ca) til de forskellige livsyringer er ikke væsentligt forskellig fra de danske. Dog har NRC (2001) et behov til vedligehold hos lakterende køer, som er det dobbelte af behovet hos goldkøer. Årsagen er større endogent tab ved høj foderoptagelse. Derudover har NRC (2001) forskellige udnyttelsesprocenter. Udnyttelsen af Ca i grovfoder sættes så lavt som 30 % af indtaget, hvilket skyldes stor brug af lucerne i USA. Så lav en udnyttelse i grovfoder er ikke aktuel i Danmark, med undtagelse af rationer med overvægt af lucerne og roetop. NRC (2001) sætter udnyttelsen af Ca fra tilskudsfoder til ca. 60 %, mens foderkridt udnyttes 70 %. Da danske køer optager færre kg tørstof til samme produktion som i USA, og da der indgår grovfoder med større tilgængelighed af Ca, er der en tilfredsstillende forklaring på forskellene i normerne.

De danske normer for fosfor (P) blev reduceret i 1997. Det skete med udgangspunkt i en vurdering af vedligeholdsbehovet som funktion af foderoptagelsen frem for en funktion af legemsvægten. Tilpasningen skete uden ændring af P til højtydende køer. Derfor var de ændrede danske P-normer til mælkeproduktion stadig højere end NRC (2001). P er et af de mineraler, hvor der findes mange undersøgelser af stigende forsyning i relation til sundhed, reproduktion og mælkeproduktion. Da ingen af disse faktorer er påvirket ved niveauer omkring og over normerne, blev P-normerne yderligere sænket i Danmark i maj 2003 (Aaes & Sehested, 2003).

Natriumnormen er lavere i Danmark end NRC. Den danske norm er dog i overens-

stemmelse med andre europæiske normer. Hollandske normer angiver mellem 1 og 1,5 % af tørstof (Tabellenboek, 2000), og Frankrig (INRA, 1989) angiver samme niveau som Danmark.

De danske normer for mikromineraler er i god overensstemmelse med NRC (1988). Selen er dog en undtagelse. I NRC (2001) er der den væsentlige ændring, at normen er afhængig af foderniveauet. Forskellene er dog ubetydelige i forhold til usikkerheden på foderets indhold. Den danske selenorm er ligeledes i god overensstemmelse med andre europæiske selenormer, f.eks. Holland, Frankrig og England.

8.5 Fodermidlernes mineralindhold

Der er stor variation mellem forskellige fodermidlers indhold af de enkelte mineraler. Men også for det enkelte fodermiddel kan der være betydelig variation i indholdet af mineralstoffer. Det kan være årsvariation eller forskelle mellem slæt.

Tabel 8.4 og 8.5 viser mineralanalyserne for dansk grovfoder i 2001. Niveaue er meget dækkende for det nuværende niveau i danske fodermidler.

Der er ikke større forskel mellem konventionelt dyrket grovfoder og økologisk dyrket grovfoder. Forskellene ligger i afgrødevalg. Derfor afviger kløvergræs og byg/ærtehelsæd, da der er højere kløverandel i økologisk kløvergræs og højere ærteandel i byg/ærtehelsæden.

Tabel 8.4 Gennemsnitligt indhold af mineraler i konventionelt dyrkede grovfoderafgrøder i 2001 (Bossen & Aaes, 2001a)

	Antal prøver <i>s</i> = spredning	gram pr. kg tørstof						mg pr. kg tørstof		
		Ca	P	Mg	K	Na	S	Mn	Zn	Cu
<i>Kløvergræsensilage</i>										
1. slæt	105	5,8	3,4	1,7	28,1	1,4	1,5	68	46	7
	<i>s</i>	1,5	0,6	0,3	6,2	0,7	0,3	34	13	3
2. slæt	32	6,7	3,7	2,2	30,8	1,8	1,9	75	49	8
	<i>s</i>	1,5	0,6	0,4	5,7	0,8	0,4	37	17	3
3. slæt	11	7,7	4,1	2,7	31,6	2,3	2,4	91	55	11
	<i>s</i>	2,5	0,4	0,7	7,8	1,3	0,3	55	16	6
<i>Græsensilage</i>										
1. slæt	38	5,2	3,4	1,7	27,1	1,5	1,5	68	47	7
	<i>s</i>	1,2	0,7	0,3	7,4	0,9	0,4	33	18	3
2. slæt	22	5,9	3,6	2,0	28,6	1,5	1,8	81	54	8
	<i>s</i>	1,5	0,7	0,4	7,6	0,8	0,4	38	25	2
3. slæt	14	5,6	4,2	2,2	33,9	1,6	2,5	81	57	11
	<i>s</i>	1,0	0,5	0,3	6,5	0,8	0,6	36	18	5
<i>Helsæd</i>										
Byg-	167	3,4	2,9	1,4	17,7	0,5	1,1	28	43	6
	<i>s</i>	1,0	0,4	0,3	4,2	0,3	0,3	19	16	3
Bygært-	141	6,0	3,0	1,7	19,1	0,4	1,0	30	45	7
	<i>s</i>	1,7	0,4	0,3	4,2	0,3	0,3	14	17	3
Hvede-	38	2,2	2,6	1,2	11,8	0,2	0,7	30	41	6
	<i>s</i>	1,0	0,4	0,2	3,9		0,3	17	19	2
Ærte-	40	9,3	3,3	2,2	23,8	0,5	1,3	38	51	9
	<i>s</i>	3,0	0,6	0,4	6,3	0,4	0,4	21	17	2
Majs- ensilage	139	1,9	2,5	1,3	11,5	0,2	0,4	18	54	7
	<i>s</i>	0,5	0,4	0,2	1,8	0,2	0,1	7	26	20

Tabel 8.5 Gennemsnitligt indhold af mineraler i økologisk dyrkede grovfoderafgrøder i 2001 (Bossen & Aaes, 2001b)

	Antal prøver <i>s</i> = spredning	gram pr. kg tørstof					mg pr. kg tørstof			
		Ca	P	Mg	K	Na	S	Mn	Zn	Cu
<i>Kløvergræsensilage</i>										
1. slæt	39	8,1	3,5	2,0	27,1	1,4	1,1	60	40	8,0
	<i>s</i>	2,3	0,5	0,5	4,0	1,3	0,3	20	10	4,7
2. slæt	17	9,1	3,7	2,4	26,9	1,2	1,4	67	42	8,4
	<i>s</i>	2,0	0,6	0,4	5,4	0,6	0,4	25	11	1,8
3. slæt	7	9,5	4,3	2,8	28,6	1,2	1,6	59	59	11,7
	<i>s</i>	2,4	0,4	0,4	6,0	0,7	0,4	11	22	3,3
<i>Helsæd</i>										
Byg-	11	4,3	3,3	1,6	16,1	0,4	0,8	28	55	7
	<i>s</i>	2,0	0,4	0,4	4,9	0,2	0,3	12	21	2
Bygært-	21	7,4	3,2	2,0	16,8	0,5	0,9	45	52	7
	<i>s</i>	1,4	0,3	0,3	3,7	0,6	0,3	23	15	2
Ærte-	8	9,6	3,5	2,4	22,8	0,6	1,1	35	49	8
	<i>s</i>	2,0	0,5	0,4	6,5	0,4	0,3	11	10	3
Majs-ensilage	5	2,4	2,5	1,4	10,3	0,2	0,4	25	89	23
	<i>s</i>	0,7	0,4	0,6	0,6	0,2	0,1	18	33	19

Indhold i kraftfodermidler

Indholdet i korn og kraftfodermidler kan ses i Fodermiddeltabellen (Møller et al., 2000).

Generelt er korn og oliekgær rig på P, Mg, K og mikromineraler med undtagelse af Cu. Derimod er korn og oliekgær dårlige kilder til forsyning med Ca og Na og som nævnt Cu.

Indhold i mineraltilskud

Der er normalt behov for mineraltilskud. Tilskuddet gives oftest i form af en såkaldt typeblanding, der indeholder alle de mineraler, som normalt kan være aktuelt at supplere med. Typeblandingers sammensætning følger en frivillig aftale mellem landbruget og foderstofindustrien. Der findes for tiden 7

typeblandinger, hvor forholdet mellem indhold af Ca, P og Mg er tilpasset forskellige fodringssituationer. Indhold og sammensætningen af mikromineraler er samtidig sådan, at 100 g normalt dækker behovet for supplerende mikromineraler og vitaminer.

Mineralbehovet kan også dækkes ved at bruge forskellige enkeltmineraler, som f.eks. foderkridt, magnesiumoxyd eller fodersalt. Det er ofte nødvendigt at anvende salt (NaCl), da typemineralerne ikke tager hensyn til de ekstra behov, der ofte er for salt, f.eks. i forbindelse med græsning.

En oversigt over sammensætningen af de forskellige typemineralblandinger er vist i Tabel 8.6.

Tabel 8.6 Indhold af mineraler i typemineralblandinger (Håndbog i Kvæghold 2002)

<i>Makromineraler</i>		gram pr. 100 gram blanding				
Navn	Situation	Ca	P	Mg	Na	
Type 0	Uden P	21	0	8	8	
Type 1		22	5,5	4	5	
Type 2		17	8,5	6	5	
Type 3		6	10	12	5	
Type U	Udbinding	5	10	16	5	
Type G	Goldko	2	10	14	8	
Type K	Kødprod.	24	4	4	4	
<i>Mikromineraler</i>		Tilsat indhold angivet som mg pr. kg				
	Kobber	Zink	Mangan	Kobolt	Jod	Selen
Type 0, 1, 2, 3, U og G	900	4500	4000	25	225	20
Type K	600	3000	4000	25	150	10

Firmaerne tilbyder individuelt sammensatte blandinger. Når der foreligger præcise mineralanalyser på foderet, kan disse blandinger tage højde for den aktuelle situation på ejendommen. Oftest vil en typeblanding dog ramme næsten lige så præcist.

8.6 Forsyningen med mineraler i foderationer til malkekøer

Tabel 8.3 viser, hvordan forsyningen i standardrationen opfylder normerne med og uden tilskud af mineraler. I standardrationen er det forsyningen med Ca, Na, Cu og Se, der er i underskud, hvis fodermidlernes indhold skal klare forsyningen. Derimod er P-forsyningen tilstrækkelig uden tilskud af mineraler, hvilket ofte vil være situationen. Som tilskud er derfor valgt en type 0, som netop ingen P indeholder, samt fodersalt. Typemineralblandingerne forsyner kørerne med mikromineraler og efter type et udvalg af makromineraler. Na er dog lavt i alle blandinger. De 100 gram mineralblanding sikrer sammen med fodersalt, at der ikke er forsyning under normen for noget mineral.

Indholdet af Co, Mn og Zn er højt i danske afgrøder, derfor er forsyningen af disse ofte sikret uden mineraltilskud. Derimod er seleniveauet i danske afgrøder generelt lavt. Det er derfor altid nødvendigt med mineraltilskud, hvis der ikke bliver tilført selen med tilskudsfoderet.

Specifikke virkninger af mineraler

En lang række engelske forsøg har vist en positiv virkning af at gødske græs med Na, til trods for at græsset ikke har brug for Na. Det er et eksempel på, at mineraler anvendes for at give en specifik virkning, som ikke kun er at forsyne dyrene med tilstrækkelig mængde af mineralet (eks. Chiy & Phillips, 1991, 1999). Na-gødskning af græs skulle angiveligt ændre mineralsammensætningen, øge græssets sukkerindhold, øge fordøjeligheden af græsset og øge dyrenes græsoptagelse. Virkningerne er ikke bekræftet i andre undersøgelser (Cushnahan et al., 1996; Mikkelsen & Nielsen, 2000). Kørerne har i danske forsøg ikke vist øget præference for Na-gødet græs, og fordøjeligheden er ikke øget (Mikkelsen & Nielsen, 2000). Med bag-

grund i danske forhold er det således ikke anbefalet generelt at gødske græsset med Na. Køernes Na-forsyning kan ske gennem tilskud af salt, men ønskes en større forsyning gennem græsset, er gødskning en mulighed. Dog skal det være i diploid rajgræs på sandede jorder og kun til de første afgræsningsrunder om foråret, hvor Na-indholdet er lavest, hvis man vil opnå en virkning.

8.7 De enkelte makromineralers betydning og mangelsymptomer

Kalcium

Kalciums funktion i organismen

Kalcium indgår kvantitativt i meget store mængder i organismen. Totalt udgør kalcium omkring 1 % af kropsvægten. 99 % af denne kalcium er indlejret i skelettet, overvejende som mineralet hydroxyapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$. Skelettet har en strukturel funktion i kroppen som fæste for muskler og organer, men knoglerne har også en meget betydningsfuld rolle som depot for kalcium.

Kalcium i skelettet er en meget synlig funktion, men kalciumioner indgår talrige andre steder i organismen: Kalcium medvirker ved at overføre impulser mellem nervecellernes synapser; kalciumioner udløser muskelkontraktioner og afspændinger, herunder hjertets funktion; kalcium er en uundværlig bestanddel af blodets koaguleringsmekanisme. Kalciumioner medvirker ved signalering internt mellem kroppens celler (Carofoli, 1991) og menes i visse tilfælde at mediere immunresponset i organismen (Nonnecke et al., 1993). Kalciumioner har desuden betydning som aktivator og stabilisator af talrige enzymer, der medvirker i kroppens generelle omsætning.

Mangel

Negativ kalciumbalance kan opstå, fordi kalciumforsyningen med foderet er for lav,

eller fordi dyret er i underskud med vitamin D (se kapitel 12, bind 1). Vedvarende negativ kalciumbalance vil medføre en varig tæring på knoglernes reserver. Det fører til nedsat knoglemasse, hvilket igen vil resultere i fysisk svagere knogler. Knoglerne fremtræder ufuldstændigt mineraliseret (endog "bløde" i voksende dyr), knogleleddene kan svulme op og blive ømme, og koen kan antage et "svajrygget" udseende (McDowell, 1992). Ikke alle knogler angribes ensartet ved Ca-manglen: Porøse knogler som ribben, ryghvirvler osv. resorberes kraftigst, mens rørknoglerne (de bærende!) synes at blive sparet mere i mobiliseringsprocessen.

Fremskredet, langvarig kalciummangel kan også manifestere sig ved nedgang i mælkeydelsen (Becker et al., 1953).

Symptomer på akut kalciummangel, som indtræder ved mælkefeber, hypokalcæmi, er nedsat appetit, nedstemthed, nedsat overfladetemperatur (reduceret blodcirkulation i de perifere væv), muskelsitringer, nedsat vommotorik, nedsat "hjertelyd" (systolisk tryk), koen "går ned", overgår til koma og dør til sidst, hvis behandling ikke sættes ind.

Problemer i kalciumstofskiftet, såsom mælkefebersyndromet umiddelbart omkring kælvning og hypokalcæmi efter kælvning, er dybest set ikke en regulær mangel på elementet kalcium, men rettere en manglende acceleration af den interne kalciumomsætning, idet Ca-absorption fra tarm eller resorption fra knoglevævet i en omstillingsfase ikke kan følge med.

Diagnostik af kalciumstatus

Akut kalciummangel diagnosticeres ved de ovennævnte symptomer. Da kalcium i organismen er underlagt regulering, hvor blodniveauet er prioriteret meget højt, er blodkalcium en uovertruffen indikator på status, idet normalt blodniveau indikerer, at koen

stadig kan optage kalcium fra tarmen eller mobilisere fra depoterne. Total kalcium er i ”raske dyr” 2,20-2,80 mmol/l, mens niveauet er mellem cirka 2,0-1,5 mmol/l må siges at være marginale og niveauer under 1,5 mmol/l kritiske hypokalcemiske. Ioniseret kalcium i blodet kan også benyttes som statusparameter, den ioniserede fraktion udgør ca. 45-50 % af blodets totalkalcium og er i ligevægt med denne (Larsen et al., 2001).

Fosfor

Fosfors funktion

Fosfor (P) har en lang række funktioner i organismen hos kvæg. Af de væsentligste kan nævnes, at P indgår som byggesten i skelet, tænder, DNA og RNA og er involveret i cellernes energiomsætning og kroppens buffersystemer (se også kapitel 12, bind 1). P er desuden vigtig for ernæring og vækst af formavernes mikrobielle population (Yano et al., 1991), som kræver en P-koncentration i vomvæsken på mellem 0,7 og 2,6 mmol/l (Breves & Schröder, 1991) eller minimum 5 g pr. kg fordøjeligt organisk stof (Komisaruk-Bony & Durand, 1991), inklusive det væsentlige endogene bidrag fra spyt.

Mangel

Underforsyning af mikroorganismene nedsætter omsætningen af foder i formaverne og dermed fordøjeligheden af organisk stof og foderoptagelsen. Derfor medfører P-mangel hos kvæg uspecifikke symptomer, som ligner symptomer på for lav energioptagelse (NRC, 2001). Ved mere ekstrem underforsyning påvirkes yderligere knogler og tænder, reproduktion og afvigende ædeadfærd (pica) kan observeres (Kincaid, 1988). En række forsøg viser, at der ikke er sammenhæng mellem P-tildeling over det kendte behov og reproduktion (NRC, 2001).

Normalt plasmaniveau

Niveauet i plasma hos kvæg er normalt i intervallet 1,5 til 2 mmol/l, og niveauer under 1,2 mmol/l kan være tegn på fosformangel. Ved vurdering af plasmaniveauet for P i et konkret tilfælde skal man være specielt opmærksom på faktorer som koens alder og fysiologiske stadie (tilvækst, mælkeproduktion), foderets indhold af Ca og P og indholdet af Ca i serum.

Fosforbehov

En række forsøg viser, at symptomer på P-mangel optræder, når der er omkring eller under 3 g P pr. kg fodertørstof. Langt de fleste foderrationer til malkekøer vil have et naturligt P-indhold over dette niveau. Ved fodring i praksis er det dog vigtigt at være opmærksom på, at der kan være betydelige forskelle på tilgængeligheden af P i fodermidler og mineralske P-kilder. Der mangler dog viden om tilgængeligheden af P i fodermidlerne, ligesom fodermidlernes aktuelle P-indhold i praksis ofte er ukendt. Nye studier ved hjælp af nylonposemetoden indikerede en signifikant variation i P-tilgængeligheden i mineralske P-kilder og grovfodermidler (Sehested & Weisbjerg, 2001). Forsøgene viste, at tilgængeligheden af P fra almindelige fodermidler i vommen hos køer varierede mellem 69 % og 97 %. Den totale tilgængelighed af P varierede mellem 29 % og 100 % for de mineralske P-kilder og 88 % og 99 % for fodermidlerne (Sehested & Weisbjerg, 2001). Bravo et al. (2000) fandt, at tilgængeligheden af P varierede mellem 64 og 89 % for almindelige kraftfodermidler, og mellem 33 og 77 % for formaldehydbehandlede kraftfodermidler. Det høje indhold af fytat-P i kraftfodermidlerne (f.eks. korn og raps) har indtil nu ikke været anset for et problem hos kvæg i relation til tilgængeligheden af P på grund af aktiviteten af mikrobiel fytase i formaverne

(Morse et al., 1992). Nye resultater indikerer imidlertid stærkt, at den totale fordøjelighed af fytat-P i kraftfodermidlerne bliver signifikant reduceret ved varme- eller formaldehydbehandling (Bravo et al., 2000; Park et al., 2000; Sehested & Weisbjerg, 2001). Såvel de eksisterende danske normer (Strudsholm et al., 1999), som AFRC (1991) og NRC (2001) baseres på total P i foderet. Der tages således kun begrænset hensyn til fodermidlernes forskellige P-tilgængelighed og -fordøjelighed. NRC (2001) anvender to udnyttelseskoefficienter for P på 0,64 og 0,70 for henholdsvis grovfoder og kraftfoder. Holland og Frankrig anvender begge 0,60. I Danmark er der hidtil anvendt en udnyttelseskoefficient på 0,55 på grundlag af ARC (1965). Størrelsen af denne faktor har stor betydning for normen.

Fodringsnormerne fastlægges faktorielt, men angives og anvendes ofte som en koncentration af P i foderet. En række forsøg viser, at symptomer på P-mangel først optræder, når der er omkring 3 g P pr. kg fodertørstof (NRC, 2001). I et hollandsk forsøg med højtydende malkekøer (9000 kg mælk pr. laktation) over 2 laktationer (Valk & Sebek, 1999) blev der givet henholdsvis 3,3, 2,8 og 2,4 g P pr. kg fodertørstof, hvor de to højeste niveauer blev opnået ved at supplere med en meget lettilgængelig P-kilde (mononatriumfosfat). Reproduktionen blev ikke påvirket af behandlingerne, men 2,4 g P medførte en reduceret tørstofoptagelse, mælkeydelse og kropsvægt. Wu & Satter (2000a,b, 2001) gennemførte et forsøg over tre år med et ydelsesniveau omkring 11000 kg mælk, hvor der blev givet mellem 3,1 og 4,9 g P pr. kg fodertørstof, og hvor de høje niveauer blev opnået ved at supplere med en meget lettilgængelig P-kilde (mononatriumfosfat). Den generelle konklusion var, at køerne, der fik 3,1 % P var på grænsen til at være i P-mangel, idet de i det ene år havde signifikant reduceret ydelse i sidste tredjedel af laktati-

onen, og idet køerne havde tendens til at lave P-indhold i knoglerne. Der blev ikke observeret nogen effekt af P-tildeling på reproduktionen.

Magnesium

Magnesiums funktion

Magnesium er væsentlig for en lang række processer i organismen. Mg indgår i skelettet i betydelige mængder, er essentiel for syntesen af protein og DNA og indgår som co-faktor på forskellige niveauer i omsætningen af kulhydrater, fedtstoffer og proteiner. Magnesium spiller desuden en rolle for membranpotentialet og den neuromuskulære transmission. Den funktion er central ved den mest almindelige og akutte form for hypomagnesæmi (lav serum Mg): græstetani. Udløsningen af græstetani er kompleks, men græstetani kan udløses, når der er en kombination af lavt Mg-indhold i foderet og en reduceret absorption, som tilsammen medfører et akut fald i serum Mg til under ca. 0,5 mmol/l, afhængig af individuelle forhold. Symptomerne på akut græstetani er i første omgang stiv gang, strakt hals og stirrende øjne, som efter nogle timer går over i kramper og senere koma, hvis der ikke behandles. Symptomerne på subklinisk og kronisk Mg-mangel er uspecifikke, men kan være reduceret produktion af mælk og især mælkefedt. Mg-forgiftning er yderst sjælden, da kvæg kan udskille betydelige mængder Mg gennem urinen. Derimod kan der ved niveauer over ca. 4 g Mg pr. kg fodertørstof være negative effekter på foderoptagelsen (smagbarhed), irritation af tarmslimhinden og diarre, ligesom et højt indhold af Mg i urinen øger risikoen for urinsten.

Græstetani

Behovet for Mg er omkring 1,5 til 2 g pr. kg fodertørstof (Strudsholm, 1999; NRC, 2001), men ved fodring i praksis er det dog vigtigt at være opmærksom på, at der er be-

tydelig variation i tilgængeligheden af Mg i fodermidler og mineralske Mg-kilder (Aaes, 1986). Et højt indhold af kalium og ammonium i vommen kombineret med et lavt indhold af Mg kan reducere absorptionen af Mg og medføre et akut fald i blodets Mg-indhold og dermed græstetani (Aaes, 1986). Det skyldes, at Mg optages i formaverne gennem to absorptionsprocesser. Den proces, som er dominerende ved lav Mg koncentration i vommen, hæmmes af høj K-koncentration (Leonhard-Marek et al., 1998). NRC (2001) anfører, at behovet for Mg øges til mellem 3 og 3,5 g pr. kg foder-tørstof ved højt indhold af K og ammonium i foderet. Bladrige græs- og kornafgrøder i stærk vækst vil ofte have en uheldig kombination af højt K-indhold og lavt Mg- og Na-indhold, deraf navnet græstetani for akut lavt Mg-indhold i blodet. Et lavt Na-indhold kan forstærke K-effekten i de tilfælde, hvor koen kommer i Na-underskud, idet spyttets indhold af K i denne situation øges væsentligt. Græstetani er registreret at ramme ca. 0,1 % af malkekøerne.

Natrium, kalium og klor

Betydning af ionerne

Natrium, kalium og klor forefindes i relativt store mængder i organismen. Natrium udgør ca. 0,12 %, mens kalium udgør cirka 0,3 % af kropsvægten (Underwood & Suttle, 1999). En del natrium er bundet i knoglerne, men langt hovedparten findes opløst i kropsvæskerne, dels intracellulært, men hovedsageligt ekstracellulært. Blodplasma indeholder omkring 140 mmol Na og 100 mmol Cl pr. liter, hvilket samlet er ca. 7 g natriumklorid (NaCl) pr. liter. Kalium er relativt sparsomt repræsenteret i plasmaet (4,3 mmol/l), men kalium er kvantitativt dominerende inden i cellerne (100-160 mmol/l) (Carlsson, 1989).

Natrium, kalium og klor forefindes hovedsageligt som opløste ioner, og funktionen i organismen har mest karakter af elektrolytter, der varetager opretholdelse af organismens væskebalance i cellerne og i kropsvæskerne mellem cellerne, dvs. organismens osmotiske balance. Cirka én tredjedel af kropsvæsken er ekstracellulær, mens resten befinder sig inden i cellerne. Det osmotiske tryk er ens inden i cellerne og i de omgivende væsker, men forskellen i sammensætning af ioner forårsager en konstant diffusion af ioner og vand over cellemembranerne (Carlson, 1997). Natrium og kalium opretholder det elektriske potentiale, der er basis i nerveimpulser og muskelkontraktioner, herunder funktionen af hjertet.

Klorid indgår i løbens saltsyreproduktion. Kaliumioner er også essentielle som aktivatorer i et stort antal enzymer (co-faktor) i bl.a. kulhydratomsætningen, i proteinsyntesen og i processer, der overfører energi.

Mangelsituationer

Kalium-, natrium- og kloridmangel kan forekomme i kølvandet på voldsomme og langvarige diarreanfald eller ekstremt stor svedproduktion i perioder med stort forbrug af elektrolytterne (mælkeproduktion). Dyr, der mangler salte (elektrolytter) vil ofte virke opsøgende, slikke pelsen på andre dyr, jord, træværk, bygninger etc. (pica).

Deciderede mangelsymptomer er ret uspecifikke og omfatter bl.a. appetitløshed, dårlig trivsel, nedsat vækst eller vægttab.

Sved indeholder betydelige mængder af de pågældende elektrolytter. Hos drøvtyggere er den dominerende kation i sved kalium, pga. det forholdsmæssige større indtag (Bell, 1995). Under danske forhold vil mælkepro-

duktion forårsage det største tab af elektrolytterne, idet mælk indeholder ca. 0,45 g Na, 1,5 g K og 1,09 g klorid pr. liter (Renner, 1974). Kalium er rigt repræsenteret i alle vegetabiliske afgrøder, og klorid er sædvanligvis rigt repræsenteret i almindeligt foder (majs og soja er dog lave i Cl), hvorfor mangelsituationer på disse ioner ikke er konstateret. Natriumindtaget er mere afhængigt af tildelingen af fodersalt, idet plantemateriale ikke indeholder specielt meget Na. Mastitis fører ofte til større koncentration af natriumioner i mælken (ledningsevnen stiger i mælken). Denne situation kan udnyttes til detektion af mastitis.

CAB-forhold (eng. Cation-Anion-Balance)

Kalium, natrium og klorid er sammen med sulfationer involveret i organismens syre-basebalance, idet Na- og K-ionerne let substituerer for syregrupper (protoner, H⁺), og klorid og sulfat kan afbalancere med basegrupper, bl.a. hydrogencarbonationen (HCO₃⁻). Dette bevirker, at også *foderets* indhold af natrium, kalium, klorid og svovl vil påvirke kroppens syre-baseforhold. En systemisk forsyning af organismen menes at øge kroppens evne til at mobilisere Ca-ioner fra knoglerne, derfor kan foderets CAB-forhold i goldperioden benyttes til at imødegå mælkefeber ved kælvning (fysiologien bag CAB-effekten er beskrevet i kapitel 12, bind 1 samt Larsen, 1999).

Kationerne kalium og natrium virker efter teorierne som basedannere i organismen. Klorid og svovl virker forsurende. CAB-forholdet defineres som summen af Na og K minus summen af Cl og S, dvs. kationer minus anioner:

$$(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$$

Fysiologien foregår på ”molbasis”. Når ionerne betragtes i foderet (fodermiddelanaly-

ser) er det oftest på vægtbasis, dvs. CAB-forholdet i foderet skal ses i forhold til ionernes masse (g/mol):

$$\text{CAB} = (\text{g Na}/23 + \text{g K}/39) - (\text{g Cl}/35 + 2 * \text{g S}/32)$$

Svovl er desuden ”divalent”, derfor vejer S tungere i beregningen. Ovenstående udtryk er foderets CAB-værdi (milliækvivalenter/kg tørstof), der angives i fodermiddelta-beller.

De fleste fodermidler og dermed rationer vil have et overskud af kationer i forhold til anioner, dvs. en basisk virkning på organismen. Specielt er fodermidler som lucerne, kløvergræs og melasse meget rige på især kalium, der således påvirker forholdet meget kraftigt i basisk retning. Kun meget få fodermidler vil have overskud af anioner, men rapskage er et eksempel pga. et stort indhold af S. Hovedparten af den mængde S, der fremgår af en totalanalyse, er dog bundet i protein og vil blive anvendt direkte som aminosyrer, derfor medvirker denne fraktion S ikke som aktiv anion (Larsen, 1999).

Hvis rationen skal nedbringes til negative CAB-værdier (have forsurende effekt i dyret), skal et overskud af anioner altså tilføres som uorganiske salte, uden samtidig at tilføre de virksomme kationer. Det kan ske ved forbindelser som f.eks. NH₄⁺-klorid, Mg-klorid, Mg-sulfat etc.

Svovl

Funktion i organismen

Svovl indgår i organismen i meget store mængder. Svovl indgår dels som bestanddel af strukturelle væv som muskler, bindevæv, brusk og knogler, desuden indgår svovl i strukturen af alle enzymer. Herudover har svovl en funktion, der mere har karakter af

elektrolyt, dvs. indgår i organismens væskebalance og -regulering, og elektro-kemiske balance.

Svovl er en essentiel bestanddel af aminosyrene metionin og cystein, derfor indgår S de steder, hvor proteiner er repræsenteret. S indgår i –SH-grupper, der i proteinstrukturer danner svovlbindinger mellem proteinkæder, desuden er –SH-grupper i enzymer meget ofte netop de aktive områder, hvor de katalytiske reaktioner sker. En gruppe proteiner (tioneiner), der besidder mange –SH-grupper, har beskyttende funktion i organismen over for en række tungmetaller, og virker desuden som selen-transportør. S indgår i forbindelsen chondroitin sulfat, der er en bestanddel af brusk, desuden indgår S i kulhydratet heparin, der har antikoagulerende virkning i blod og væv. B-vitaminerne tiamin og biotin er S-holdige.

Udskillelse

Der er ikke deciderede depoter for svovl i organismen. Overskud af S udskilles let via urinen som sulfat og medvirker i denne henseende i organismens syre-basebalance, se afsnittet vedrørende CAB-forhold. Relativt store mængder svovl udskilles med mælken som protein, der indeholder aminosyrene metionin og cystein (ca. 284 mg S pr. liter, Paul & Southgate, 1978) og i mindre omfang taurine og som sulfat. Gennemsnitligt indeholder mælken 0,3 g S pr. liter, kolostrium lidt mere (Flynn & Paul, 1985).

Mangelsituationer

Decideret S-mangel i organismen kan næppe erkendes, mens en utilstrækkelig forsyning af den essentielle aminosyre metionin og cystein vil have alvorlige følger for alle livsyringer og produktionsforhold.

Vommen har en meget central funktion i næringsstoffernes omsætning. Syntesen af mikrobielt protein i vommen vil være af-

hængig af et vist niveau af svovl. Både N og S kan være begrænsende faktorer for væksten af mikroorganismene, derfor er et ”optimalt” forhold i foderet mellem disse elementer defineret ud fra det faktiske indhold i mikroorganismer. Rationer, der er uharmoniske, hvad angår N og S, kan i praksis være rationer lave i renprotein på grund af et højt NPN-indhold, dvs. rationer der er suppleret med urea (lavt S-indhold, højt N-indhold). Danske fodernormer til kvæg (1999) anbefaler et N:S-forhold på maksimum 13:1 til malkekqvæg.

8.8 De enkelte mikromineralers betydning og mangelsymptomer

Kobber

Funktion i organismen

Kobber indgår bl.a. i cellernes energiproduktion, knogledannelse, hjerteudviklingen, dannelse af bindevæv, dannelse af myelinsker (“isolatorer”) i nervevæv, dannelse af keratin (horn og hår) og dannelse af pigmenter i pelsen. Kobberioner indgår i et meget stort antal enzymer, der fungerer på alle niveauer i kroppen.

Kobber indgår i proteinet caeruloplasmin, der ud over at være transportør for Cu i kroppen er nødvendig for jernomsætningen (ferroxidase), idet enzymet hjælper med til inkorporering af jernionen i hæmoglobin i de røde blodlegemer.

Kobber nævnes også ofte i forbindelse med reproduktionsegenskaber, immunsystemet og fedtstofskiftet, hvilket ikke er overraskende, da elementet virker som co-faktor for enzymer alle steder i organismen.

Mangelsituationer

Alvorlig, langvarig kobbermangel kan resultere i anæmi, dvs. for lav produktion af røde blodlegemer samt læsioner i hjertet (degeneration af myokardiet) med døden til følge

(”the falling disease”). Mindre udprægede mangelsituationer kan give misdannelser i knoglevæv og i dannelsen af bindevæv med en abnorm gangart til følge. En af de symptomer, der viser sig tidligst i kvæg, er affarvning af hårlaget (acromotrichia), specielt omkring øjnene (”briller”). Pelsen kan ved kobbermangel virke tynd, strid og ”vokset” (utriveligt udseende). Kobbermangel kan desuden forårsage diarre.

På verdensplan er kobbermangel hos drøvtyggere kendt fra dyr, der hovedsageligt ernæres på græs. Fænomenet er ikke kobbermangel i jordbunden *som sådan*, men oftest forbundet med antagonisme fra andre metaller i jorden, f.eks. jorde med højt indhold af letopløselige jernforbindelser eller jorde med højt indhold af molybdæn (se kapitel 12, bind 1). Kobbermangel er ikke almindeligt forekommende i Danmark. Der har imidlertid været mistanke om nedsat tilgængelighed hos dyr på udvaskede sandjorde eller på vandmættede strandenge, men tilfældene har ikke kunnet verificeres.

Indikationer og diagnose på kobberstatus

Fastsættelse af kobberstatus kan typisk være opbygget af 3 trin: Diagnostisk vurdering af dyret, biokemiske undersøgelser (klinisk kemi) samt undersøgelse af virkning af tilskud af kobber. Serum eller plasmaindholdet af kobber bestemt ved total analyse er hyppigt anvendte parametre, ligesom indholdet i fuldblod har været brugt (Suttle, 1993). Mængden eller aktiviteten af caeruloplasmin anses generelt for en god og anvendelig indikator på status. Enzymet superoxiddismutase i de røde blodlegemer (ESOD) har også været anvendt som Cu-markør.

Zink

Funktion i organismen

Zinkioner er livsnødvendige talrige steder i organismen, idet funktionen af mere end 200 enzymer er direkte afhængige af tilstedevæ-

relsen af zink. Zinkionen forbindes med reprodutiv forhold, herunder dannelsen af sædceller og udvikling af primære og sekundære køns karakterer. Bugspytkirtlens produktion og sekretion af hormonet insulin er også afhængig af zink.

Zink har en virkning på dyrets immunforsvar i forhold til hormonproduktion i skjoldbruskkirtel (thymus) og aktivitet; funktionen af lymfocytter; immunologisk udvikling samt andre immunologiske funktioner (Hambridge et al., 1986).

Zinkioner stabiliserer desuden proteiner associeret til DNA-strengene (”zinc-fingers”) og påvirker således produktionen af proteiner og af cellens kromosommateriale (Chesters, 1992).

Mangelsituationer

Zinkmangel er karakteriseret af nedsat appetit, stor spytksekretion, nedsat vækst, ”dårlig trivsel”, hudlæsioner, lokalt tab af pels og nedsat fertilitet (specielt hos hanner). En del af symptomerne er givetvis en følge af nedsat foderindtag.

Fortykket og hærde hud med revnedannelser er en del af symptomerne, der optræder ved Zn-mangel (parakeratose). Hos kalve er det ofte på ører, hals, testikler og bagben; hos køer oftest på bagben og patter. Huden heler ligeledes dårligt i dyr med zinkmangel.

Deciderede mangelsituationer, som beskrevet ovenfor, er yderst sjældne i Danmark og er i givet fald relateret til genetiske defekter i optagelsen eller omsætningen af zink, eller relateret til decideret svigtende pleje og dyremishandling.

Behovet for zink er, som for de øvrige elementer, størst ved stærk vækst og stor mælkeydelse. Foderets indhold af zink følger i hovedtrækkene proteinet. Afskallede mølle-

riprodukter og stivelsesprodukter er derfor forholdsvis lave i zinkindhold.

Indikationer og diagnose på zinkstatus

Alvorlig zinkmangel kan diagnosticeres ved hjælp af ovenstående kliniske og patologiske observationer. Metoder til bestemmelse af tidlige, subkliniske situationer er mere mangelfulde. Indholdet i blodplasma er den mest anvendte parameter; niveauer mellem 6 og 9 $\mu\text{mol/l}$ rapporteres at være forbundet med alvorlige kliniske mangelsymptomer (Spais & Papasteriadis, 1974), mens niveauer mellem 9 og 12 $\mu\text{mol/l}$ må rubriceres som subkliniske til kritiske; normalniveauet er ca. 12-18 $\mu\text{mol/l}$ plasma. Aktiviteten af enzymet alkalisk fosfatase (et zinkafhængigt enzym) anvendes undertiden som indikator, men den diagnostiske værdi er sikrest ved udpræget zinkmangel. Andre blodparametre har været forsøgt, ligesom analyser af knogler og lever har været anvendt på slagtekroppen. Hår indeholder målelige zinkmængder og har været anvendt; metoden må dog anses for upålidelige pga. afhængigheden af hårets vækst.

Mangan

Funktion

Mangan har en række funktioner i organismen, herunder i dannelsen af brusk, i blodkoagulering, i fedt og kulhydratmetabolismen og gennem Mn-superoxiddismutase i beskyttelsen mod oxidanter. Hos rotter er den tilsyneladende absorption kun 1 % til 2 % af foderets Mn, men absorptionen kan øges til 29 % ved meget lav Mn-forsyning (Weigand et al., 1986). Hos kalve rapporteres den tilsyneladende optagelse af mangan at være betydeligt større (Howes & Dyer, 1971; Carter et al., 1974). Højt indhold af fosfor samt forekomst af fytat har vist sig at hæmme Mn-optagelsen, formentlig gennem henholdsvis udfældning og kovalent binding. Hos kvæg nedbrydes fytat dog i formaverne ved hjælp af mikrobiel fytase i det

omfang, fytaten er tilgængelig for mikrobiel omsætning.

Mangel

Fodringsbetinget manganmangel forekommer sjældent, og symptomer på manganmangel er overvejende opnået under eksperimentelle forhold: Deformede knogledannelser, nedsat knoglestyrke, ophobning af kropsfedt og ataksi (dårlig koordinering af bevægelser). Spredte undersøgelser melder tillige om nedsat reproduktionsevne ved Mn-mangel. Kalve af Mn-deficitte mødre kan have opsvulmede knogleled, stivhed i leddene og "akavet benstilling", herunder forkortede humerusknogler (Rojas et al., 1965). Mangan anses ikke for at være særligt toksisk, og afstanden mellem naturligt forekommende Mn-niveauer og mængder, der kan fremkalde negative effekter, er stor. Kvæg uden appetitproblemer kan indtage foder med et indhold over 1000 mg Mn pr. kg. Overforsyning med Mn kan dog hæmme absorptionen af jern i tarmen (Ho et al., 1984).

Selen

Funktion og optagelse

Selen har væsentlig betydning for organismens forsvar mod oxidanter gennem selenafhængige glutathionperoxidaser og for den indbyrdes omsætning af thyroïdhormonerne gennem selenafhængige enzymer. Den antioxidative funktion af Se medfører, at behovet for Se er korreleret til behovet for vitamin E, sådan at behovet for Se stiger, når E-vitaminforsyningen falder og omvendt. Forholdet er dog ikke kvantificeret. Absorption af selen hos drøvtyggere er i størrelsesordenen 30 % til 60 %, men generelt lavere end hos enmavede dyr, formentlig fordi selenforbindelserne reduceres kemisk i vommen og fælder ud som utilgængelige forbindelser eller bindes i ufordøjeligt mikrobielt stof. Absorptionen foregår hovedsageligt fra duodenum og tyndtarm. Tilsynela-

dende påvirkes absorptionseffektiviteten af Se negativt af stigende mængder svovl (sulfat), Zn, Ca og Se, ligesom der er indikationer af interaktion med Cu i stofskiftet.

Mangel

Foderets indhold varierer meget afhængig af jordens Se-indhold, sæson og plantens udviklingstrin. Danmarks landbrugsjord har generelt et lavt Se-indhold, og de hjemmedyrkede fodermidlers indhold vil ofte være lavt. Hos kalve ses klinisk Se-mangel i form af muskeldystrofi - "white muscle disease", og generelt kan ændret immunkompetence ved lav selenstatus være baggrunden for mistrivsel. Kristensen (2000) konkluderede på baggrund af en omfattende litteraturgennemgang, at dyrenes selenstatus kan øges ved at give fodertilskud eller injektion af selen, effekten af fodertilskud er dog afhængig af selenkilden. Selentilskud til dyr, der fodres med selenfattigt foder (< ca. 0,1 mg pr. kg tørstof) og har lav selenstatus kan have positiv effekt på forekomst af tilbageholdt efterbyrd og mastitis. Men der er ikke fundet sammenhæng mellem selen i blod og plasma og forekomst af dødfødte eller svagfødte kalve, ligesom der ikke er effekt på disse parametre af selentilskud til moderen (Kristensen, 2000). Endvidere blev det konkluderet, at litteraturgennemgangen ikke kan bekræfte teorien om, at der er en generel sammenhæng mellem selenstatus og forekomst af henholdsvis mastitis og tilbageholdt efterbyrd (Kristensen, 2000). Dette synes således ikke at give grundlag for at ændre den danske norm på 0,1 mg Se pr. kg fodertørstof.

Bestemmelse af selenstatus

Dyrenes selenstatus kan vurderes på glutathionperoxidase (GSH-Px) i fuldblod, eller Se-indhold i plasma, som er tæt korreleret til selenindholdet i vævene (Kristensen, 2000). Respons på selenindtagelse ses hurtigt i serum og plasma, hvorimod GSH-Px i fuld-

blod følger levetiden af erythrocytterne (Kristensen, 2000). På grundlag af egne undersøgelser og en omfattende litteraturgennemgang konkluderer Kristensen (2000), at en grænseværdi for selenmangel hos kvæg på 500 μ kat (GSH-Px-aktivitet) pr. liter fuldblod er passende. Analyser af GSH-Px kan imidlertid ikke sammenlignes imellem laboratorier på grund af variationen i kalibrering og metode (Kristensen, 2000).

Overforsyning med selen

Akutte Se-forgiftninger er oftest forbundet med uheld med mineraldoseringer og opstår ved tildelingsniveauer omkring 10 til 20 mg Se pr. kg kropsvægt (NRC, 2001). Kroniske forgiftninger opstår ved tildelingsniveauer omkring 5 til 40 mg Se pr. kg kropsvægt (NRC, 2001) og er oftest baseret på fejl dosering eller stort indtag af selenakkumulerende planter, hvilket på verdensplan er et stort problem men ikke har betydning i Danmark.

Jod

Funktion i organismen

Den eneste essentielle funktion, der er beskrevet for jod i organismen, er dets rolle i dannelsen af hormonerne thyroxin (T_4) og triiodotyronin (T_3) i skjoldbruskkirtlen (thymus). Til gengæld har disse hormoner en generel effekt på udvikling og funktion af den dyriske organisme. Thyroidhormonerne påvirker det basale energistofskifte i cellerne. Thyroidhormonerne regulerer Na-K-pumperne i cellernes membraner og styrer hermed sammenlagt hele organismens energiomsætning.

T_3 stimulerer proteinsyntesen i cellerne (Kaneke, 1989). Thyroidhormonerne influerer på udvikling af andre endokrine kirtler, herunder hypofyse og kønskirtler. Triiodotyronin stimulerer celledifferentiering, vækst og ud-

vikling af fosteret, herunder også udviklingen af hjernen. Hormonet påvirker også dannelsen af overhud og hårlag.

Mangelsymptomer og jod-statusparametre

Jodmangel kan resultere i blinde, nøgne, svækkede eller endog døde kalve ved fødslen. Jodmangel kan hæmme udviklingen af hjernevævet i (lamme-) fostre (Potter et al., 1981). Jodmangel påvirker reproduktionscyklen i udvoksede dyr. Forstyrrelserne resulterer i bl.a. nedsat fertilitet, men også stop i fosterets vækst med efterfølgende resorption eller abort af fosteret. Mangel på jod nedsætter den hanlige *libido* foruden kvaliteten af sædceller.

Det alvorlige, fremskredne kliniske tegn på jodmangel er *goiter* – en stærkt forstørret skjoldbruskkirtel. Kirtlen kan vokse uhæmmet ved alvorlig mangel (i et ”forsøg” på at ekstrahere blodet mere effektivt for jod), det absolutte og relative indhold af jod er dog reduceret stærkt i kirtlen.

Jodmangel er på verdensplan et meget stort problem. Men mangel hos drøvtyggere er ikke almindeligt forekommende i Danmark. Dette hænger sammen med, at alle områder i Danmark er ”kystnære”, desuden er jordbunden meget ung i geologisk målestok, to forhold, der sikrer en solid jodforsyning, idet havvand er meget rig på jod. Visse planter indeholder stoffer (goitrogene forbindelser, eks. raps), der hæmmer udnyttelsen af jod. Imidlertid er der taget højde for en øget indblanding af raps i rationerne i mineralblandingerne.

Jern

Forekomst og funktion i organismen

En ko indeholder i størrelsesordenen 20-30 g Fe. Jern er således det ”mikromineral”, der indgår i størst mængde i organismen. Fe er involveret i elektronoverførsler overalt i or-

ganismen, herunder kroppens optagelse af ilt.

Jern indgår i de røde blodlegemers hæmoglobin, og cirka 60 % af organismens Fe er bundet på denne måde. Tilsvarende er en mindre mængde jern bundet i musklernes myoglobin. Hæmoglobin transporterer atmosfærisk oxygen (oxyhæmoglobin) fra lunger til musklerne (vævene), hvor ilten afgives til myoglobin. Hæmoglobinen transporterer også kuldioxid (carboxyhæmoglobin) fra vævene til lungerne, hvor det frigøres.

Et stort antal enzymer er afhængig af Fe i deres omsætning.

Mangelsituationer

Jernmangel i voksne drøvtyggere hører absolut til sjældenhederne. Foderet indeholder oftest tilstrækkeligt med jern, og det lave iltindhold i tarmsystemet favoriserer optagelsen af jern. Selv en meget betydelig mælkeproduktion tapper ikke organismen væsentligt for jern pga. mælkenes lave jernindhold. Enkelte tilfælde af jernmangel er dog konstateret i forbindelse med kraftige angreb af parasitter og heraf følgende blødninger.

Kalvenes jerndepoter efter fødslen er begrænsede. Kalve kan udvikle anæmi, hvis de (kunstigt) holdes på meget jernfattige foderemner såsom mælk i en forlænget periode, inden komplet drøvtyggerfunktion sætter i gang.

Molybdæn

Forekomst og funktion i organismen

Molybdæn er et livsnødvendigt element, der indgår i dyrenes stofomsætning i ekstremt små mængder; en ko indeholder skønsmæssigt i alt 50 mg Mo. Elementet vides at være nødvendigt for mindst tre forskellige enzymer (se evt. kapitel 12, bind 1).

Mangel og Mo-statusparametre

Der er ikke med sikkerhed konstateret molybdæn-mangel i græssende kvæg. Enkelte rapporter nævner dog positiv effekt af Mo på mikrofloraens omsætning af cellulose (Ellis et al., 1958; Shariff et al., 1990) eller evne til at omdanne nitrit til nitrat i vommen (Geurink et al., 1982). Egentlige, værdifulde måleparametre for dyrenes Mo-status findes ikke.

Kobolt*Funktion i organismen*

Totalt indeholder en ko skønsmæssigt 10-15 mg elementært kobolt.

Kobolt vides kun med sikkerhed at være bestanddel af B₁₂-vitaminet, cyanocobalamin, denne forbindelse gør kobolt livsnødvendig! Forbindelsen syntetiseres kun af visse alger og bakterier, hvorfor dyr nødvendigvis må forsynes udefra med denne forbindelse (et vitamin!). Udviklede drøvtyggere kan klare sig med uorganisk kobolt, der herefter inkorporeres i cobalamin-molekylet af vommens mikroorganismer.

Vitamin B₁₂ er en nødvendig del af adskillige enzymsystemer, der udfører meget basale funktioner i stofomsætningen. Vitamin-B₁₂ er involveret i dannelsen af røde blodlegemer (*erythropoiesis*) samt i dannelsen og opretholdelsen af nerveskeder (myelinceller). Cobalamin indgår desuden i omsætningen af folinsyre, vitamin B₉ (Grusse & Watier, 1993).

I drøvtyggere er vitamin-B₁₂ desuden ekstremt betydningsfuldt i kulhydratomsætningen og -homeostasen (se evt. kapitel 12, bind 1).

Mangelsymptomer og Co-statusparametre

Symptomer på koboltmangel hos drøvtyggere er udpræget appetitløshed, stagnerende vækst og vægttab. Mere fremskredne tegn

er ekstrem mangel på appetit, blege slimhinder, henfald af muskulatur (marasmus), pica (opsøgning af ekstreme foderemner) og eventuelt alvorlig anæmi. Milde former for Co-mangel er ikke mulige at skelne fra andre lignende mangelsituationer, der udløser ”dårlig trivsel”.

En relativt ukompliceret metode til diagnosticering er at supplere med kobolt i foderet eller injicere B₁₂-vitaminpræparater og herefter studere dyrets adfærd, appetit og vækst/produktion.

Kalve

Vomfunktionen udvikler sig typisk inden for de første 6-8 uger i kalvens liv, således at drøvtyggeren herefter kan forsyne sig med mikrofloraens B₁₂-produktion. Før den udviklede vomfunktion er kalven afhængig af B₁₂-vitamin, tilført foderet. Det estimerede vitamin-B₁₂-behov er i denne periode ca. 0,34-0,68 µg pr. kg kropsvægt (NCR, 1989). Mælk indeholder ca. 4,5 µg B₁₂-vitamin pr. liter (Cremin & Power, 1985) og vil i ”normale situationer” kunne forsyne kalven, inden vomproduktionen træder i kraft.

8.9 Afslutning og perspektiver

På trods af risikoen for interaktioner har der i de seneste år været en stigende interesse og et stigende antal undersøgelser, som antyder, at der kan være en positiv virkning på sundhed, reproduktion og produktion af en overdosering af visse mineraler – især mikromineraler – i forhold til de generelt accepterede behov. Sådanne mængder indgår ikke i de normale normer, idet der ikke er videnskabeligt bevis for en positiv virkning af at overdosere.

Det betyder imidlertid, at det er vigtigt, at de faktorielt bestemte behov også angiver de behov, der er for at få den bedste sundhed, reproduktion og produktion. Da det imidlertid er uhyre vanskeligt at fastsætte normer

for mikromineraler, der optimerer de nævnte egenskaber, er der plads for dårligt dokumenterede afprøvninger.

Det er derfor vigtigt at tage interaktionerne mellem mineralerne i betragtning, idet en konstant opnormering af tildelingen af mineraler let kan have modsat virkning af det, der var hensigten.

Det er også vigtigt at have for øje, at overskydende mineraler ender i gødning og urin, og derefter på marken. Det behøver ikke være et problem, da nogle mineraler beriger jorden. Imidlertid har mange kvægbrug så stor en belægning af dyr pr. ha, at visse mineraler tilføres i overskud, der på længere sigt kan være negativt for miljøet.

Med større opmærksomhed på miljøet bliver kravet til nøjagtigere tildeling større. Derfor vil det blive nødvendigt med større kendskab til foderets mineralindhold og især variationen inden for fodermidler i fremtiden.

8.10 Referencer

AFRC 1991. AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorous requirements of sheep and cattle. *Nutr. Abstr. Rev. (Ser. B)* 61, 573-612.

ARC 1965. The Nutrient Requirements of Farm Livestock: No. 1 Ruminants. Agricultural Research Council. HMSO, London, 14-85.

ARC 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Slough, UK.

Becker, R.B., Arnold, P.T.D., Kirk, W.G., Davis, G.K. & Kidder, R.W. 1953. Minerals for dairy beef and cattle. Bulletin 153, Florida Agricultural Experimental Station. cf. Suttle and Underwood.

Bell, F.R. 1995. Perception of sodium and sodium appetite in farm animals. In: Philips, C.J.C. & Chiy, P.C. (eds.). Sodium in agriculture. Chalcombe publications, Canterbury, UK, Cf. Underwood and Suttle, 82-90.

Bossen, D. & Aaes, O. 2001a. Mineralindhold i grovfoder fra konventionelle kvægbrug i 2001. LK-medd nr 932. Landskontoret for Kvæg.

Bossen, D. & Aaes, O. 2001b. Mineralindhold i økologisk grovfoder 2001. LK-medd nr 931. Landskontoret for Kvæg.

Bravo, D., Meschy, F., Bogaert, C., Sauvant, D. 2000. Ruminant phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique. *Reprod. Nutr. Dev.* 40, 149-162.

Breves, G. & Schröder, B. 1991. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.* 4, 125-140.

Carlson, G.P. 1989. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: Kaneko, J.J. (ed). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 4. Edition. Academic Press.

Carlson, G.P. 1997. Fluids, Electrolyte, and Acid-Base Balance. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W. & Bruss, M.L (eds.). Chapter 18 in *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th Academic Press.

Carofoli, E. 1991. Calcium pump of the plasma membrane. *Physiol. Rev.* 71, 129-149.

Carter, J.C., Miller, W.J., Neathery, M.W., Gentry, R.P., Stake, P.E. & Blackmon, D.M. 1974. Manganese metabolism with oral and intravenous ⁵⁴Mn in young calves as influenced by supplemental manganese. *J. Anim. Sci.* 380, 1284-1290.

Chesters, J.K. 1992. Trace element-gene interactions. *Nutr. Rev.* 50, 217-223.

Chiy, C.P., Avezinius, J.A. & Phillips, C.J.C. 1999. Sodium fertilizer application to pasture. 9. The effects of combined or separate applications of sodium and sulphur fertilizers on herbage composition and dairy cow production. *Grass Forage Sci.* 54, 312-321.

Chiy, C. P. & Phillips, C.J.C. 1991. The effects of sodium chloride application to pasture, or its direct supplementation, on dairy cow production and grazing preference. *Grass Forage Sci.* 46, 325-331.

Cremin, F.M. & Power, P. 1985. Vitamins in bovine and human milks. In: Fox, P.F. (ed.). *Developments in Dairy chemistry-3*. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.

- Cushnahan, A., Gordon, F.J., Bailey, J.S. & Mayne, C.S. 1996. A note on the effect of sodium fertilisation of pasture on the performance of lactating dairy cows. *Irish J. Agr. Food Res.* 35, 1, 43-47.
- Ellis, W.G., Pfander, W.H., Muhrer, M.E., & Pickett, E.E. 1958. Molybdenum as a dietary essential for lambs. *J. Anim. Sci.* 17, 180-188.
- Flynn, A. & Paul, P. 1985. Nutritional aspects of minerals in milk. In: Fox, P.F. (ed.). *Developments in dairy chemistry – 3.* Elsevier Applied Science Publ. London and New York.
- Foderjournalen 1975. Tidsskrift for mineralämnen och utfodringsfrågor nr 3-4. Boliden Aktiebolag Helsingborg. 106 pp
- Geurink, J.H., Malestein, A., Kemp, A., Korzeniowski, A. & Vant'Klooster, A.T. 1982. Nitrate poisoning in cattle. 7. Prevention. *Neth. J. Agric. Sci.* 30, 105-113.
- Grusse, J. Le & Watier, B. 1993. *Les Vitamines. Données Biochimiques, Nutritionnelles et Cliniques.* Centre d'étude et d'information sur les vitamines. 92521 Neuilly-sur-Seine Cedex.
- Hambidge, K.M., Casey, C.E., & Krebs, N.F. 1986. In "Trace Elements in Humans and Animal Nutrition", Vol. 2, Ed. Mertz, W. Academic Press, New York.
- Hansen, N.E. 1976. Normer for makro- og mikrominerale til kvæg og svin. *Ugeskrift for Agron. Hort. Forst. og Lic.* nr. 7.
- Ho, S.Y., Miller, W.J., Gentry, R.P., Neathery, M.W. & Blackmon, D.M. 1984. Effects of high but nontoxic dietary manganese and iron on their metabolism by calves. *J. Dairy Sci.* 67, 1489-1495.
- Howes, A.D. & Dyer, I.A. 1971. Diet and supplemental mineral effects on manganese metabolism in newborn calves. *J. Anim. Sci.* 32, 141-145.
- Håndbog i Kvæghold, 2002. Landbrugsforlaget, Landbrugets Rådgivningscenter
- INRA 1989. Mineral requirements. IN. Jarrige, R. (ed.). *Ruminal Nutrition.*
- Kaneko, J.J. 1989. *Clinical biochemistry of domestic animals.* 4th edition. Academic Press, Inc. San Diego, California 92101.
- Kincaid, R. 1988. Macro elements for ruminants. In: Church, D.C. (ed.). *The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition*, chapter 17. Prentice Hall, New Jersey.
- Komisarczuk-Bony, S. & Durand, M. 1991. Effects of minerals on microbial metabolism. In: Jouany, J.P. (ed.). *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion*, INRA Editions, Paris, 179-198.
- Kristensen, A. 2000. Selen til kvæg. Rapport nr. 87, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 59 pp.
- Larsen, T. 1999. Mælkefebermanagement i dag og i fremtiden. Kation-anion princippet. Dansk Bologisk Selskab. Seminar 16. og 17. september, 68-73.
- Larsen, T., Møller, G. & Bellio, R. 2001. Evaluation of Clinical and Clinical Chemical Parameters in Periparturient Cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1749-1758.
- Leonhard-Marek, S., Marek, M. & Martens, H. 1998. Effect of transmural potential difference on Mg transport across rumen epithelium from four different breeds of sheep. *J. Agr. Sci.* 130, 241-247.
- McDowell, L.R. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition.* Academic Press, Inc.
- Mikkelsen, M. & Nielsen, K.A. 2000. Grovfoderproduktion. I: Pedersen, C.Å. (ed.). *Oversigt over Landsforsøg.* Landsudvalget for planteavl.
- Morse, D., Head, H.H., Wilcox, C.J. 1992. Disappearance of phosphorus in phytate from concentrates in vitro and from rations fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1979.
- Møller, J., Thøgersen, R. & Kjeldsen, A.M., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Hvelplund T. & Børsting, C.F. 2000. Fodermiddeltabel. Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Landsudvalget for kvæg. Rapport nr. 91, 52 pp.
- Nonnecke, B.J., Franklin, S.T., Reinhardt, T.A. & Horst, R.L. 1993. In vitro modulation of proliferation and phenotype of resting and mitogen stimulated bovine mononuclear leucocytes by 1,25 hydroxyvitamin D3. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 38, 75-89.
- NRC (National Research Council) 1971. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*, 4th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

- NRC (National Research Council) 1988 Nutrient Requirement of Domestic Animals, Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th edition. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, DC.
- NRC (National Research Council) 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, chapter 6. National Research Council. National Academy Press, USA, 105-161.
- Park, W.-Y., Matsui, T., Yano, F. & Yano, H. 2000. Heta treatment of rapeseed meal increases phytate flow into the duodenum of sheep. *Anim. Feed Sci. Tech.* 88, 31-37.
- Paul, A.A. & Southgate, D.A.T. 1978. *McCance and Widdowson's The Composition of Food*, HMSO, London.
- Potter, B.J., Mano, M.T., Belling, G.B., Rogers, P.F., Martin, D.M. & Hetzel, B.S. 1981. In Mc.C.Howell, J., Gawthorne, J.H. & White, C.L. (eds.). *Proceedings of the fourth Symposium – Trace element metabolism in man and animals*. Australian Academy of Sciences, Wembley, West Australia, 313.
- Renner, E. 1974. *Milch und Milchprodukte in der Ernährung des Menschen*. Arbeitsgemeinschaft für das Milchwirtschaftliche Fachbuch. Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH, Kempten Verlag, Hildesheim.
- Rojas, M.A., Dyer, I.A. & Cassat, W.A. 1965. Manganese deficiency in the bovine. *J. Anim. Sci.* 24, 664-667.
- Sehested, J. Weisbjerg, M. 2001. Availability of dietary phosphorus in cattle. Handout and Book of abstracts no. 7, the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 26-29 August, Budapest, Hungary.
- Shariff, M.A. Boila, R.J. & Wittenberg, K.M. 1990. Effects of dietary molybdenum on rumen dry matter disappearance in cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 70, 319-323.
- Spais, A.G. & Papasteriadis, A.A. 1974. Trace Element and Metabolism in Animal Proc. Int. Symp. 2nd. Cf. Lee Russell McDowell, *Minerals in Animal and Human Nutrition*, Academic Press, Inc. 1992, 628.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 84, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 47.
- Suttle, N.F. 1993. Overestimation of copper deficiency. *Vet. Rec.* 133, 123-124.
- Suttle, N.F. & McLaughlin, M. 1976. Prediction of the effect of dietary molybdenum and sulphur on the availability of copper to ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 35, 22A-23A.
- Tabellenboek, V. 2000. *Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoeders*. Centraal veevoederbureau. Lelystad.
- Underwood, E.J. & Suttle, N.F. 1999. *The mineral nutrition of livestock*. 3rd Edition. CAB Publishing.
- Valk, H. & Sebek, L.B.J. 1999. Influence of long-term feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production, and body weight of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 2157-2163.
- Weigand, E., Kirchgessner, M., Helbig, V. 1986. True absorption and endogenous faecal excretion of manganese in relation to its dietary supply in growing rats. *Biol. Tr. Elem. Res.* 10, 265-279.
- Wu, Z. & Satter, L.D. 2000. Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus for two years. *J. Dairy Sci.* 83, 1052-1063.
- Wu, Z., Satter, L.D. Blohowiak, A.J. Stauffacher, R.H. & Wilson, J.H. 2001. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *J. Dairy Sci.* 84, 1738-1748.
- Wu, Z., Satter, L.D. & Sojo, R. 2000. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J. Dairy Sci.* 83, 1028-1041.
- Yano, F., Yano, H., Breves, G., Tsuda, T., Sasaki, Y. & Kawashima, R. 1991. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. In: Tsuda, T., Sasaki, Y. & Kawashima, R. (eds.). *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, chapter 13. Academic Press, Inc., London.

Aaes, O. 1986. Fodersammensætningens betydning for magnesiumabsorptionen hos kvæg. Licentafhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 113 pp.

Aaes, O. & Sehested, J. 2003. Reduktion af de danske normer for fosfor til kvæg. Kvæginform nr. 1134, Dansk Kvæg.

Malkekoens vitaminbehov og -forsyning

af Søren Krogh Jensen

Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning

9



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

9.1 Indledning

Vitaminer er organiske molekyler, som indgår i rækken af livsnødvendige næringsstoffer på lige fod med protein, fedtsyrer og mineraler. Vitaminer indgår i mange biologiske processer, og uden deres tilstedeværelse kan de biologiske processer ikke forløbe korrekt, og dyrene vil udvikle forskellige mangelsymptomer, typisk begyndende med nedsat immunforsvar og trivsel. Svære og langvarige mangelsituationer kan medføre døden.

Vitaminer opdeles efter deres opløselighed i enten vandopløselige, som omfatter B-vitaminerne og C-vitamin, eller fedtopløselige vitaminer, som omfatter vitamin A, D, E og K. Generelt gælder det, at drøvtyggere via vommens mikroorganismer normalt syntetiserer tilstrækkeligt med B- og K-vitaminer til at dække dyrenes behov.

Definitionen på vitaminer er, at de ikke kan syntetiseres af dyrene selv, men skal tilføres via foderet enten som det intakte vitamin eller som et forstadium (precursor). Med denne definition på vitaminer følger, at ikke alle vitaminer kan betragtes som vitaminer for alle dyrearter. Således syntetiserer drøvtyggers mikroorganismer i vommen normalt tilstrækkeligt med B-vitaminer til at sikre forsyningen. Tilsvarende anses det også for givet, at mikroorganismene i tarmen syntetiserer tilstrækkeligt med vitamin K til, at behovet for dette vitamin er opfyldt. Vitamin C er slet ikke et vitamin for drøvtyggere, idet de har enzymaktivitet i leveren, der sikrer omdannelsen af glukose til vitamin C. Endelig dannes vitamin D₃ i huden ved bestråling af 7-dehydrokolesterol, hvorfor udegående køer ikke har noget D-vitaminbehov om sommeren.

Den praktiske forsyning af vitaminer til malkekøer kan derfor indsnævres til vitamin A,

D og E, hvoraf vitamin A og D kan opbygge betydelige lagre i organismen, primært leveren. Vitamin E er derimod ikke noget særlig godt depotstof, idet den kun lagres i mindre grad i dyrenes fedtvæv, muskler og blod.

For de betydende vitaminer gennemgår kapitlet forhold omkring behov og normer samt vigtige kilder og aspekter omkring vitaminforsyningen i den praktiske fodringssituation. Desuden omtales på overordnet niveau vitaminets vigtigste funktioner og mulige mangelsituationer i praksis. For en dybere gennemgang af virkningsmekanismer, absorption og omsætning af vitaminer henvises til kapitel 13 i bind 1.

9.2. Normer

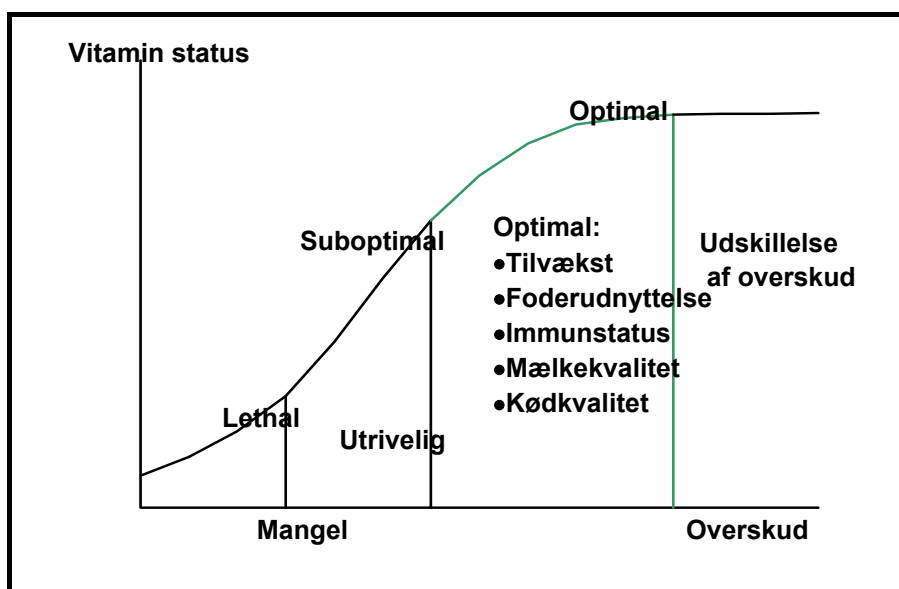
Drøvtyggers behov for supplerende vitamintilskud afhænger meget af foderets naturlige indhold, dyrenes alder, sundheds- og ernæringsmæssige tilstand og stress samt funktion. Behovet varierer således alt afhængig af, om drøvtyggeren skal producere mælk, kød, befinder sig i reproduktionsstadiet eller selv skal vokse. Figur 9.1 viser en generel beskrivelse af sammenhæng mellem vitaminforsyningen og dyrenes respons. Et af problemerne ved at fastlægge gode normer for vitaminer til produktionsdyr er dyrenes varierende behov ud over behovet til optimal foderudnyttelse under gunstige produktionsforhold. Det nødvendige behov for at sikre et optimalt immunforsvar, høj reproduktionsevne og en god mælkekvalitet afhænger i høj grad af det miljø og det smittepres, dyrene er udsat for. Dertil kommer, at grovfodermidlerne, som udgør omkring halvdelen af køernes foder, har et meget varierende indhold og tilgængelighed af vitaminer. Det kan derfor være svært at vurdere en given foderration i forhold til den vejledende norm. For D-vitamin varierer behovet desuden meget af, om dyrene er på stald eller er udegående, og om soltørrede foder-

midler indgår i foderrationen. Til hjælp for vurderingen kan analyse af såvel foder som blod eller mælk være en god støtte.

Den vejledende danske vitaminnorm til malkekøer fremgår af Tabel 9.1. Til sammenligning angiver NRC det daglige behov for vitamin A, D og E til malkekøer i midtlaktation af Holstein racen til henholdsvis 75000 IE, 21000 IE og 500 mg. For Jersey angives det daglige behov til 49500, 13500 og 330 mg for henholdsvis vitamin A, D og E. For goldkøer angiver NRC behovet for

vitaminerne A, D og E til henholdsvis 80-100000, 21-25000 og 1100-1650 mg pr. dag.

NRC's angivelser af vitaminbehovet er således højere end de danske normer. Dette er begrundet i, at den danske fodringsstrategi traditionelt har inkluderet en betydelig mængde græsbaseeret grovfoder, mens fodringen af amerikanske køer igennem mange år har inkluderet store mængder vitaminfattig majsensilage. Dette forhold er det imidlertid vigtigt at være opmærksom på, da majsensilage er blevet meget udbredt til danske malkekøer igennem de senere år.



Figur 9.1 Generel sammenhæng mellem vitaminforsyning og dyrenes respons.

Tabel 9.1 Vejledende normer for dagligt vitaminbehov til malkekøer^{a)}

		A-vitamin		β -karotin	D-vitamin	E-vitamin ^{b)}
		IE		Mg	IE	mg
Kvier	enten	30-50000	og	90-150	2-5000	250-800
		Eller		165-275		
Malkekøer		32-56000	og	120-210	12000	400-800
		eller		200-350		
Goldkøer		80-140000	eller	200-350	6000	400-800

^{a)} Strudsholm et al. (1999)

^{b)} Normen for E-vitamin er angivet for syntetisk E-vitamin (all-rac- α -tocoperyl-acetat).

9.3. Fodermidlernes indhold af vitaminer

Den største naturlige kilde til køernes vitaminforsyning er grovfoderet, især grønne, bladrige afgrøder som frisk græs og bælgeplanter er rige på karotinoide og E-vitamin. Det naturlige vitaminindhold varierer meget i de forskellige fodermidler (Tabel 9.2).

Denne variation skyldes flere forhold, hvoraf de væsentligste er relateret til udviklingsstrin, høstforhold, konserveringsmetode og opbevaringsforhold. Til at vurdere vitaminindholdet i grovfoderet kan følgende forhold tjene som grove tommelfingerregler: Et højt vitaminindhold i grovfoder fremmes af

- stor bladmasse hos planterne
- høj fordøjelighed
- gode vejrforhold ved høst
- god og hurtig konservering
- gode opbevaringsforhold.

Generelt er indholdet af vitaminer faldende med plantens udviklingsstrin. Derudover øges vitamin D₂-indholdet i grovfoderet ved soltørring (f.eks. hø), men den samme soltørring ødelægger en del af karotinoide samt vitamin E. Konserveringsmetoder, der inkluderer tilsætning af syre eller base, vil have en ødelæggende virkning på grovfoderets vitaminindhold.

Tabel 9.2 Indhold af fedtopløselige vitaminer i kvægfodermidler (pr. kg tørstof)^{a)}

Fodermiddel	β-karotin, mg		D ₂ -vitamin IE		E-vitamin, mg	
	Variation	Gns.	Variation	Gns.	Variation	Gns.
Kløvergræs	100-300	200	30-1800	300	100-200	150
Rajgræs	50-150	100			80-150	115
Lucerne	75-200				80-200	
Kløvergræsensilage	30-150	50			10-150	62
Græsensilage	15-100	50			25-125	50
Hø	0-90	25	30-5000	1500	15-65	30
Helsød, bygært	1-20	10			10-40	20
Helsød, hvede						53
Helsød, byg	1-20	8			10-35	17
Majsensilage	0,5-15				5-55	
Byghalm				500		5
Lucerne/græspiller	45-300	150			30-100	50
Korn, byg					5-15	12
Korn, havre					5-15	10
Korn, hvede					10-16	13
Rapskage, 12% fedt					15-25	18
Sojaskrå					5-12	8
Hvedeklid					10-50	25

^{a)} Kilde: Upubliceret samt Carlsson (2000).

Uanset kvaliteten af konserveringen vil indholdet af vitaminer falde over tid under lagring. Således anfører Christensen et al. (1978), at lagringstab i vellykket ensilage er i størrelsesordenen 20-30 % over vinteren, mens tabet i ensilage af dårlig kvalitet kan nærme sig 100 %. Lagringstab i hø er ofte 60-90 %, da meget karotin og E-vitamin ødelægges under soltørringen. Disse ældre undersøgelser er ikke fulgt op af nye systematiske undersøgelser, men nyere analyse af vitaminindholdet i diverse grovfoderprøver (Tabel 9.2) synes at bekræfte tendensen i disse ældre undersøgelser, specielt synes længden af forvejrings- og vejrliget under denne at have stor betydning for vitamintabet. Det største tab sker under skiftende fugtighedsforhold, og tabet forstærkes, når fugtighedsforhold forlænger forvejringsstiden.

Vitamin A

Aktiviteten af vitamin A er defineret i retinol ækvivalenter, og 1 international enhed (IE) af vitamin A svarer til 0,3 µg all-trans-retinol. Hovedkilden til vitamin A i kvægfoder er imidlertid β-karotin, og 1 mg β-karotin kan omdannes til 400 IU vitamin A.

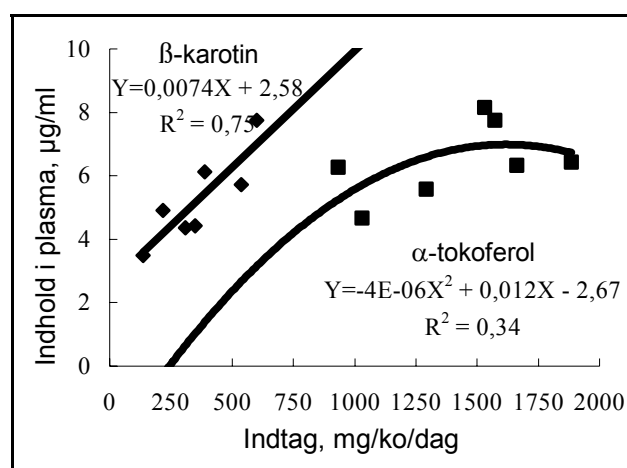
Ud over vitamin A's betydning for synet har vitamin A stor betydning for normal cellemembranstruktur, normal mitokondrieaktivitet og dermed for dannelse af energirige bindinger, f.eks. ATP. Vitamin A indgår endvidere i syntesen af mukopolysakkarider, som er en vigtig bestanddel af slim. Vitamin A har derfor stor betydning for den normale funktion af slimhinder, og dermed også på dyrenes reproduktionsegenskaber og deres modstandskraft over for infektioner (Christensen et al., 1978). Endvidere anfører Lotthammer et al. (1976), at β-karotin har specifik funktion for normal ovariefunktion og derfor er essentielt for hundyr.

Af Tabel 9.1 og 9.2 fremgår det, at malkekøers behov for vitamin A kan sikres, blot der

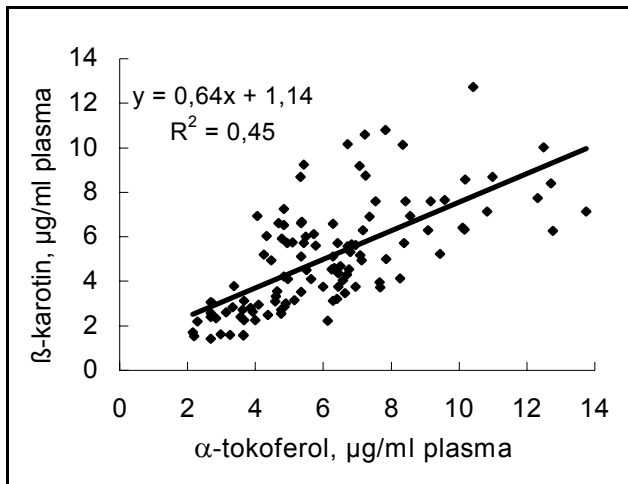
indgår 2-3 FE græs eller kløvergræs i foderationen, eller 4-5 FE græs- eller kløvergræsensilage. Det vil derimod være svært at sikre køernes vitamin A-forsyning alene med majsensilage eller helsædsensilage, idet 10 FE majsensilage ikke tilfører kørne mere end omkring 70 mg β-karotin, svarende til omkring 30000 IE vitamin A.

Generelt er der en god sammenhæng mellem foderets indhold af vitaminer og dyrenes status, og som det fremgår af Figur 9.2, er der en god lineær sammenhæng mellem køernes β-karotinindtag og deres β-karotinstatus i plasma. For vitamin E (α-tokoferol) er sammenhængen mere kurveformet.

Da fodermidlernes indhold af β-karotin og α-tokoferol ofte følges ad, er der ligeledes ofte en god sammenhæng mellem køernes β-karotin- og α-tokoferolstatus, som det fremgår af Figur 9.3. Dog skal man huske på, at køer af Jerseyracen ikke er helt så effektive til at omdanne β-karotin til A-vitamin, hvorfor indholdet af β-karotin i mælk og talg (gulfarvning) fra Jerseykøer ofte er højere end hos køer af stor race (Christensen et al., 1978; Hermansen et al., 1999).



Figur 9.2 Sammenhæng mellem det daglige indtag af β-karotin og vitamin E og danske Holstein malkekøers plasma status.



Figur 9.3 Sammenhæng mellem E-vitamin (α -tokoferol) status og β -karotinstatus hos danske Holstein køer.

9.4 Vitamin D

Betydningen og problemstillingerne omkring vitamin D er beskrevet indgående i kapitel 13 i bind 1, hvorfor omtalen her skal begrænses til at konstatere, at udegående køer får dækket deres D-vitaminbehov i sommerhalvåret via solens UV-stråling, men at køer på stald er afhængige af ekstra tilførsel, idet det ikke kan påregnes, at foderets indhold kan dække køernes behov. Derfor bør vitamin D altid være tilsat foderet i vinterhalvåret og tilsat foderet til dyr, som udelukkende går på stald.

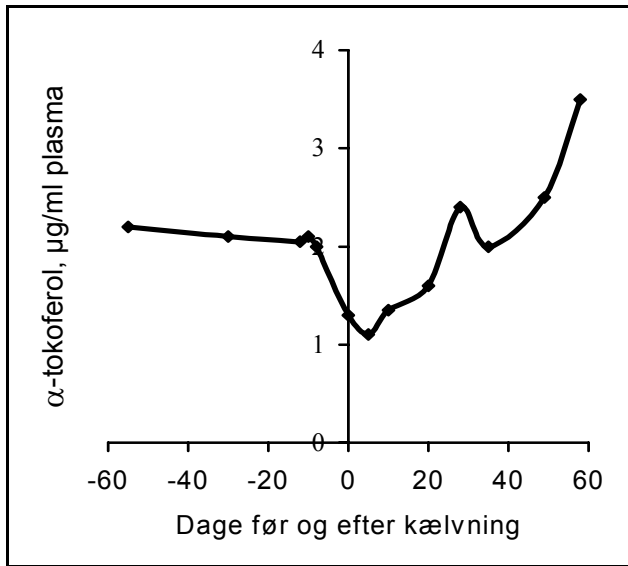
Vitamin D's hovedfunktion er regulering af plasmaets indhold af kalcium og fosfor via parathyroidhormonet (PTH). Reguleringen af kalcium og fosfor omfatter både absorptionen over tyndtarmen og inkorporeringen i eller mineraliseringen fra knoglerne. Mælkefeber skyldes således ofte en dårlig regulering af vitamin D hos ældre køer.

9.5 Vitamin E

Af ovenstående fremgår det, at det er forholdsvist let at sikre køernes behov for vitamin A via grovfoderet, mens det vil være meget vanskeligt at sikre køernes forsyning med vitamin D.

For E-vitamin er forholdene imidlertid mere komplicerede, idet dette vitamin ikke er noget decideret depotstof, og dyrene er derfor mere følsomme over for selv kortere perioder (2 uger) med lavt indtag af dette vitamin. Da E-vitamin endvidere er af stor betydning for dyrenes immunforsvar, og en del forsøg har vist, at køer kvitterer for tildeling af store mængder E-vitamin omkring kælvning (op til 1500-3000 mg syntetisk E-vitamin/dag), hvis besætningen har problemer med tilbageholdt efterbyrd, forhøjet celletal, dårligt immunsystem, oxidationsproblemer i mælken eller yverødemer (Politis et al., 1995; Smith et al., 1984; Weiss et al., 1997). Det er vigtigt at understrege, at ovenstående problemer ikke alene skyldes vitamin E- eller selenmangel for den sags skyld, men ifølge NRC (2001) skal plasmaniveauet af α -tokoferol dog tilstræbes at være minimum 3 mg/l blodplasma for at opnå optimal beskyttelse mod infektioner. I praksis er det vanskeligt at opretholde dette niveau i plasma i perioden omkring kælvning, selvom køerne tildeles store mængder E-vitamintilskud (Politis et al., 1995; Smith et al., 1984; Weiss et al., 1997).

I Figur 9.4 er den typiske E-vitaminprofil i plasma hos malkekøer af Holstein racen vist omkring kælvning. Det fremgår tydeligt, at der sker et betydeligt fald i køernes E-vitaminstatus i den sidste uge før kælvning, og at dette niveau ikke opbygges før 3-4 uger efter kælvning. Samme forløb er set hos danske køer.

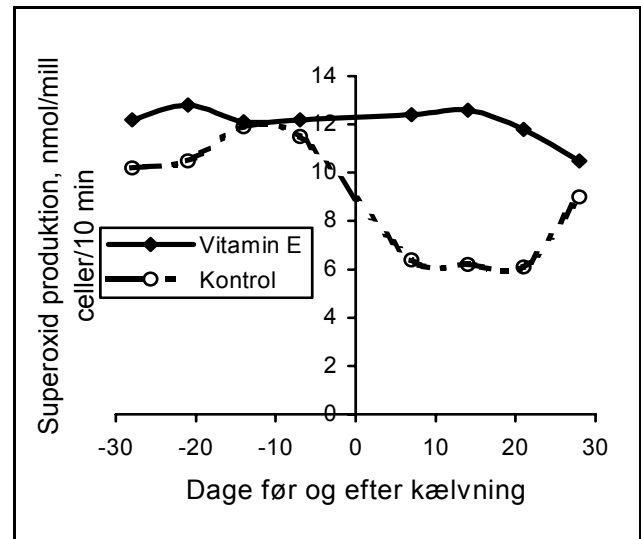


Figur 9.4 Ændring i E-vitaminkoncentrationen i plasma hos Holstein køer omkring kælvning (Weiss et al., 1997).

Undersøgelser af Politis et al. (1995) samt Weiss et al. (1997) har vist, at tilskud af 3000 mg syntetisk E-vitamin i de sidste 2 uger før kælvning har været i stand til at reducere faldet i køernes E-vitaminstatus omkring kælvning samt reducere antallet af infektioner i yveret, herunder klinisk mastitis samt forekomsten af tilbageholdt efterbyrd. Af Figur 9.5 fremgår det, hvordan superoxidproduktionen fra neutrofiler fra blodet påvirkes hos køer med og uden tilskud af 3000 mg syntetisk E-vitamin/dag i de sidste 2 uger før kælvning (Politis et al., 1995). Superoxidproduktionen er et godt udtryk for neutrofilers evne til at bekæmpe infektioner via det såkaldte oxidative burst.

I en stor, canadisk undersøgelse, omfattende 21 forskellige besætninger med i alt 1142 køer, fandtes en positiv effekt ved en enkelt subkutan injektion af 3000 IE RRR- α -tokoferyl acetat 7 dage før forventet kælvning og tilbageholdt efterbyrd hos køer med initial lav E-vitaminstatus i serum ($< 2 \mu\text{g/ml}$). Derimod fandtes ingen effekt på forekomsten af mastitis eller andre produktionssyg-

domme. Den ene injektion med E-vitamin hævede E-vitaminindholdet i serum fra $2,43 \mu\text{g/ml}$ til $3,13 \mu\text{g/ml}$ dagen efter kælvning ($P = 0,01$) (Leblanc et al., 2002).

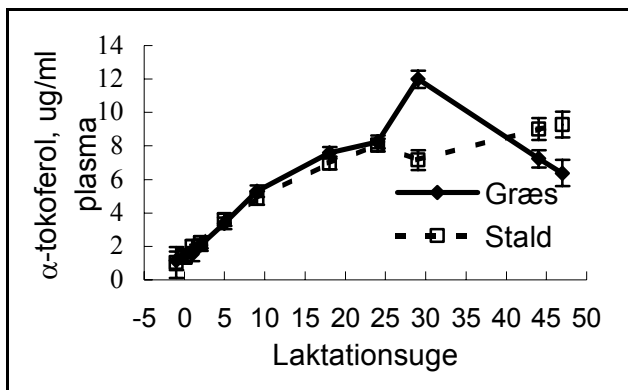


Figur 9.5 Effekt af tilskud af 3000 mg E-vitamin/dag til køer de sidste to uger før kælvning på neutrofilers evne til at producere superoxid (Politis et al., 1995).

Det fremgår af ovenstående gennemgang af E-vitamins betydning for køerne, at de i perioden omkring kælvning har vanskeligt ved at opretholde en optimal E-vitaminstatus, og at de i denne periode kvitterer for tilskud af ekstra E-vitamin, men som det fremgår af Figur 9.6, så er malkekøer, som fodres med grovfoder indeholdende omkring 1000 mg naturligt E-vitamin, ganske gode til at opbygge en god E-vitaminstatus senere i laktationen. Således er køerne, hvis E-vitaminstatus er fulgt i Figur 9.6, fodret med en blanding af græs- og helsædsensilage, samt rent græs for halvdelen vedkommende fra 24 til ca. 35 uger efter kælvning (Jensen et al., 1999).

Traditionelt gives tilskud af E-vitamin i form af all-*rac*- α -tokoferol acetat. Denne syntetiske form for E-vitamin består af 8

isomere af α -tokoferol, hvoraf kun en (RRR- α -tokoferol) er naturlig. Det er velkendt, at den biologiske aktivitet af syntetisk E-vitamin er lavere end den biologiske aktivitet af naturligt RRR- α -tokoferol. I forsøg med rotter er den syntetiske form fundet at have 2/3 af vitaminværdien af den naturlige form (Weiser et al., 1982). I de senere år er der imidlertid rejst en del tvivl om, hvorvidt disse resultater gælder for køer.



Figur 9.6 Udvikling i E-vitaminstatus gennem laktationen hos Holstein køer (Jensen et al., 1999).

Et forsøg gennemført ved Danmarks JordbrugsForskning i samarbejde med Sveriges Vererinäranstalt har undersøgt effekten af ingen, 1000 IE all-*rac*- α -tokoferol acetat, eller 1000 IE RRR- α -tokoferol pr. dag fra 3 uger før kælvning til 2 uger efter kælvning. Den foreløbige opgørelse af forsøget (Waller & Jensen, 2003) viser, at tildeling af 1000 IE RRR- α -tokoferol giver signifikant øget indhold af E-vitamin i blod og mælk sammenlignet med kontrolholdet, mens tildeling af 1000 IE all-*rac*- α -tokoferol acetat ikke signifikant øger indholdet af E-vitamin i blod eller mælk. Analyse af den stereokemiske sammensætning af α -tokoferol i plasma og mælk fra disse køer viser i gennemsnit, at køer fodret med all-*rac*- α -tokoferol acetat, hvor RRR- α -tokoferol udgør 30 % af

total α -tokoferol (ca. 75 % tilsat all-*rac*- α -tokoferol acetat og 25 % RRR- α -tokoferol fra foderets naturlige indhold), men 92 % af tokoferolerne i køernes plasma og 94 % af α -tokoferol i mælken. Dette antyder en endnu større diskrimination mellem naturligt og syntetisk E-vitamin hos kvæg end hos enmavede dyr.

De største problemer vedrørende forsyningen med E-vitamin til malkekøer knytter sig, som det fremgår af ovenstående, til perioden omkring kælvning, hvor indtaget af grovfoder er lavt og behovet for E-vitamin højt, men man skal være opmærksom på, at grovfodervalget har afgørende betydning for køernes E-vitaminforsyning. Græs- og græsen-silagerige foderrationer kan således tilføre køerne 1000 til 2000 IE E-vitamin, mens en foderration baseret på majsensilage eller syrebehandlet grovfoder (f.eks. tilsat myresyre ved ensilering) ikke vil tilføre køerne mere end 100 til 300 IE E-vitamin.

9.6 Vandopløselige vitaminer

Fra tid til anden dukker der forsøg op, som godtgør en effekt af tildeling af vandopløselige vitaminer til malkekøer, først og fremmest tiamin og niacin. Den generelle opfattelse er imidlertid, at drøvtyggere via fordøjelsessystemets mikrober bliver forsynet med tilstrækkelige mængder af de vandopløselige vitaminer (NRC, 2001).

Både tiamin og niacin har stor betydning for energiomsætningen i organismen, da de indgår som cofaktorer i mange enzymer, blandt andet i Krebs' cyklus og i mitokondriernes respiration. Niacin er således tillagt en betydning for at mindske fedtmobiliseringen og dermed mindske risikoen for ketose. En kritisk gennemgang af litteraturen har imidlertid ikke kunnet eftervise den tilsigtede effekt (Nielsen & Ingvarsen, 2000; NRC, 2001). Med hensyn til tiamin kan tiaminaser fra foder eller mikroorganismer samt høje sul-

fatkoncentrationer i foderet i specielle tilfælde hindre tiamins aktivitet og dermed generere tiaminmangel hos selv voksne drøvtyggere (NRC, 2001).

9.7 Afslutning

Til brug for den praktiske fodringsplanlægning er det en stor fordel at have et normsæt, der kan bruges som rettesnor. Imidlertid bør man, som det er skitseret ovenfor, gøre sig klart, at det aktuelle behov for at supplere en given foderration med vitaminer kan variere meget, enten som følge af køernes individuelle variation i behovet (lakterende, goldko, kvie) eller variation i vitaminindholdet i foderblandingerne.

De store variationer er et stort dilemma, når normerne skal fastsættes og grunden til, at normerne angives som vejledende. Det er hverken fysiologisk eller økonomisk forsvarligt at fastlægge normer, der er så høje, at de dækker dyrenes behov under alle tænkelige fodrings- og management-forhold. Normernes formål er derfor at give en rettesnor for behovet for tilskud af de enkelte vitaminer under de mest udbredte fodringsforhold i besætninger med god management. Det er derfor vigtigt at have kendskab til de forhold, der påvirker dyrenes vitaminbehov, når de enkelte rationer optimeres. Da pålidelige analyser af vitaminindholdet i de forskellige foderblandinger er dyre og tidskrævende, vil de sjældent være relevante for den enkelte bedrift, hvorimod analyse af dyrenes status med hensyn til bestemte vitaminer kan være en god rettesnor. Heri ligger en stor udfordring de kommende år, da en større spredning i fodermiddelvalg kan forventes, hvilket alt andet lige vil medføre en stor forskel i tilførslen af vitaminer med foderet.

Inden for fodring i økologiske besætninger må man forvente et stort pres for at finde løsninger, der kan sikre, at dyrene kun tilfø-

res naturlige vitaminer, hvilket for D- og E-vitamins vedkommende vil kræve en del forskning. For E-vitamins vedkommende kan man formentlig dække behovene ved et fornuftigt valg af grovfoder og tilskud af naturligt E-vitamin udvundet af planteolier, mens behovet for D-vitamin for nuværende kun kan dækkes via sollyset.

9.8 Referencer

- Carlsson, J. 2000. Vitaminer til nötkreatur i økologisk produktion. Jordbruksinformation 6, Jordbruksverket, Jönköping, Sverige, 10 pp.
- Christensen, K., Daugaard, J., Hennebjerg, U., Hjarde, W., Jensen, K. & Aalund, O. 1978. A-vitamin og β -caroten til kvæg. 470. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 77 pp.
- Hermansen, J.E., Jensen, S.K. & Ostensen, S. 1999. Variation i mælkekvalitet mellem økologiske brug i relation til produktkvalitet. Bilag til temadag: Kvalitet og forarbejdning af økologisk mælk. 26 oktober 1999 FØJO, DJF Foulum, 9-14.
- Jensen, S.K., Johannsen, A.K.B. & Hermansen, J.E. 1999. Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, β -carotene and α -tocopherol into cow's milk. *J. Dairy Res.* 66, 511-522.
- LeBlanc, S.J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Bateman, K.G., TenHag, J., Walton, J.S. & Johnson, W.H. 2002. The effect of prepartum injection of vitamin E on health in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 1416-1426.
- Lotthammer, K.H., Ahlswede, L. & Meyer, H. 1976. Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin A unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. 2. Mitteilung: Weitere klinische Befunde und Befruchtungsergebnisse. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 83, 351-390.
- Nielsen, N. & Ingvarsen, K.L. 2000. Niacin til malkekøer: Virkningsmekanismer og effekt på foderoptagelse, forgærmingsmønster i vommen, blodparametre, produktion og risiko for fedtlever og ketose. DJF Rapport nr. 20.
- NRC 2001. Nutrient requirement of dairy cattle, seventh revised edition. National Academy Press, Washington DC.

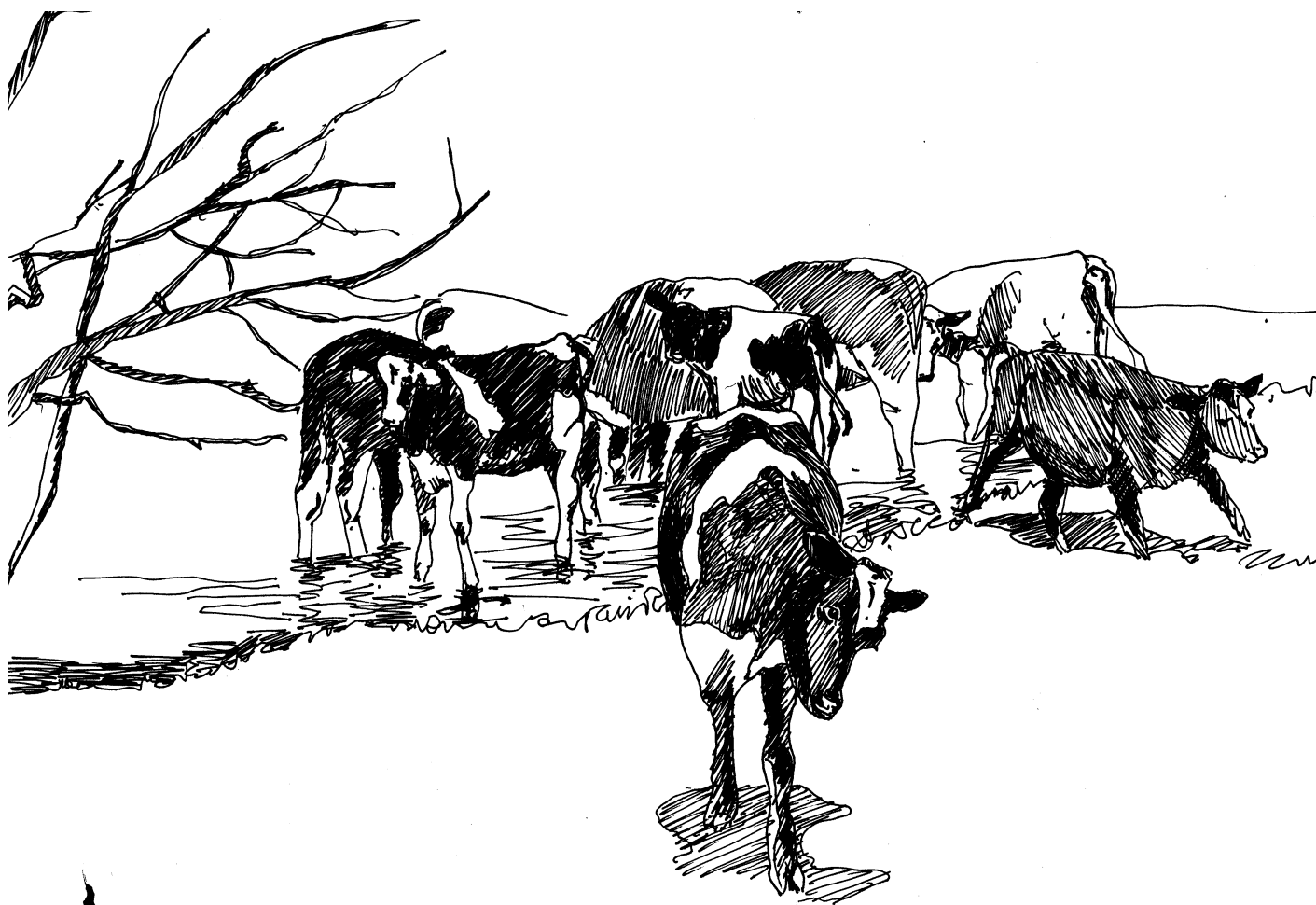
- Politis, I., Hidirouglou, M., Batra, T.R., Gilmore, A., Gorewit, R.C. & Scherf, H. 1995 Effects of vitamin E on immune function of dairy cows. *Amer. J. Vet. Res.* 56, 179-184.
- Smith, K.L., Hogan, J.S. & Weiss, W.P. 1997 Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality *J. Anim. Sci.* 75, 1659-1665.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. og Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 84, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 47 pp.
- Waller, K & Jensen, S.K. 2003. Upublicerede resultater.
- Weiser, H. & Vecchi, M. 1982. Stereoisomers of alpha-tocopheryl acetate. II. Biopotencies of all eight stereoisomers, individually or in mixtures, as determined by rat resorption-gestation tests. *Internat. J. Vitam. Nutr. Res.* 52, 351-370.
- Weiss, W.P., Hogan, J.S., Todhunter, D.A. & Smith, K.L. 1997. Effect of vitamin E supplementation in diets with a low concentration of selenium on mammary gland health of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1728-1737.

Vand til malkekøer

af Finn Strudsholm

Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg

10



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

10.1 Introduktion

Vand udgør 98 % af kroppens molekyler og er nødvendigt for de fleste fysiologiske processer hos en malkeko. Vand er derfor på alle niveauer essentielt som grundlag for høj produktion og god sundhed og derfor basalt det mest nødvendige stof i koens ration. Selvom koen ligesom andre drøvtyggere har et reservoir af vand i fordøjelseskanalen – primært vommen – er den meget afhængig af balance i kroppens vandforsyning. Allerede mindre restriktioner i vandforsyningen vil sænke foderoptagelsen, og tab af cirka 20 % af kroppens vand er fatalt (NRC, 2001). Restriktioner i vandforsyningen vil ligeledes sænke koens mulighed for at regulere temperaturen under varme forhold. Koens høje og konstante behov for vand underbygges da også af dansk lovgivning, som foreskriver, at alle husdyr har adgang til frisk drikkevand døgnet rundt.

Vand er afgørende for foderindtag, drøvtygning, transport i fordøjelseskanal, fordøjelse og absorption af næringsstoffer, for kredsløbet og for transport til og fra cellerne i kroppen. Desuden er vand essentielt for hele stofomsætningen i form af kemiske og biokemiske processer, som overalt foregår i et vandigt miljø, hvori næringsstofferne er opløst. Desuden spiller vand en vigtig rolle for udskillelse af affaldsprodukter i urin, fæces og gennem respiration. Endelig spiller vand en central rolle i temperaturreguleringen – herunder i afleveringen af overskydende varme fra kroppen til omgivelserne.

På samme måde som energi, kvælstof og øvrige næringsstoffer i koens ration repræsenterer vand en ressource, hvis brug skal optimeres. Samtidig med, at vand altid skal være frit tilgængeligt i ernæringen, er det derfor vigtigt, at forhold, som øger vandforbruget unødigt, overvejes og inddrages i planlægning af fodringen. Den absolut største komponent i gylle og gødning er vand. Set fra

miljø- og transportmæssig side er forhold i ernæringen, som kan påvirke vandindholdet i gylle, derfor af stor betydning.

Dette kapitel gennemgår vigtige aspekter vedrørende vands rolle i malkekøers ernæring. Desuden bliver der gennemgået forhold, som påvirker vandindtaget i den praktiske fodringssituation. Endelig bliver vands rolle i forbindelse med varmetress omtalt, mens kvægets drikkeadfærd og de centrale anvisninger for kvægets vandforsyning og vandkvalitet bliver opsummeret.

10.2 Vands fordeling i kroppen

Vand er ikke underlagt aktive transportmekanismer, og vandmolekylerne passerer derfor passivt rundt i kroppen og over cellemembraner ved osmosedirigeret diffusion. Passagen foregår generelt hurtigt og frit mellem fordøjelseskanal, blodkredsløb/lymfe, organer og væv.

Vand i kroppen findes intracellulært og ekstracellulært. Det intracellulære vand udgør med cirka 2/3 den største andel af kroppens vand (NRC, 2001). Det ekstracellulære vand udgør vandet rundt om cellerne i organer og kropsvæv, vand i blodkredsløb/lymfe samt vand i fordøjelseskanalen. Vandindholdet i de forskellige væv er meget forskelligt. Muskelvæv og organer indeholder generelt mellem 70-80 % vand, mens fedt- og knoglevæv kun indeholder cirka 20 % vand (Murphy, 1992).

Total vand i fordøjelseskanalen udgør fra 15-35 % af kropsvægten med det største indhold, når der fodres med grovfoderrige rationer, som binder relativt mere vand. Der er typisk også bundet mere vand i fordøjelseskanalen først i laktationen (NRC, 2001).

Kvægets indhold af vand i kroppen varierer med dets udviklingsmæssige og fysiologiske stade. Murphy (1992) angiver således, at

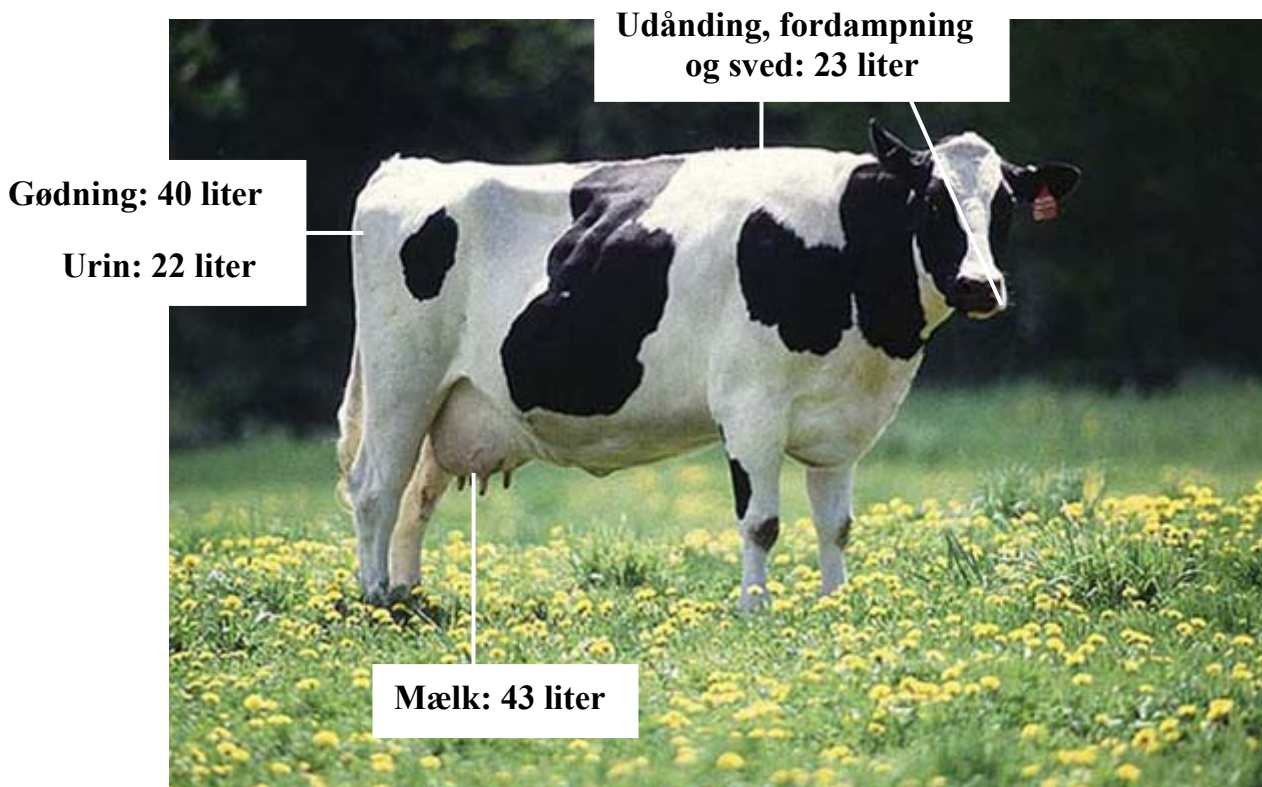
vandindholdet i kroppen hos malkekøer kan variere fra 56-81 % af kropsvægten afhængig af dyrets situation. For eksempel fandt Andrew et al. (1995), at vand hos køer i tidlig laktation udgør 69 % af kropsvægten mod 62 % hos køer i senlaktation. I samme undersøgelse fandt man, at køer i højt huld og med et højt fedtindhold i kroppen samlet har et lavere vandindhold i kroppen end tynde lakterende køer.

10.3 Vandoptagelse og vandudskillelse

Vandbalancen hos en malkeko kan betragtes som et input-output-system. Input sker i

form af frit drikkevand, vand bundet i rationens foderemner samt vand dannet ved metabolisme i kroppen. Output af vand afspejler de forbrug og tab af vand, som kroppen har via mælk, urin, fæces, sved og udånding.

Typetal for dagligt tab af væske fra kroppen kan hos en malkeko, der har et samlet vandforbrug på 130 liter og yder 50 kg mælk, være: mælk: 43 liter; urin: 22 liter; fæces: 40 liter; sved og udånding: 23 liter. Jf. nedenstående afsnit dækker typetallene over meget stor variation.



Figur 10.1 Skematisk illustration af vandudskillelsen for en malkeko, der yder 50 kg mælk.

Faktorer, som påvirker vandoptagelsen

En malkekøs forbrug af vand i kroppen påvirkes primært af dens mælkeproduktion og foderomsætning. Indtaget af frit vand påvirkes imidlertid samtidig af en række andre faktorer. Det er derfor svært helt entydigt at lave en præcis norm for, hvor meget frit vand malkekøer drikker.

Optagelsen af frit vand er således påvirket af tørstofoptagelsen (TS/dag), men herudover i høj grad også af tørstofindholdet i foderet, foderets fordøjelighed og temperaturen i det omgivende miljø. Desuden er indtaget af vand afhængigt af foderets indhold af salte – specielt natrium og kalium – og kvælstof. Vandindtag styres af koens tørst, hvis mekanismer reguleres via nervesystemet, som får signaler baseret på elektrolytkoncentrationen og dermed det osmotiske tryk i kroppens væskerum og celler.

NRC (2001) angiver en række alternative beregningsudtryk for koens behov for indtagelse af frit vand. Udtrykkene inkluderer typisk faktorer som mælkeydelse, tørstofindtag, vand i fodermidler, natriumindtag og temperaturen i koens miljø.

Som et eksempel til forudsigelse af optagelsen af frit vand beregnede Murphy et al. (1983) på baggrund af data fra forsøg med malkekøer følgende generelle udtryk:

$$\text{Vandindtag, liter/dag} = 15,99 + 1,58 \cdot \text{TS-indtag} + 0,9 \cdot \text{kg mælk} + 0,05 \cdot \text{g natrium/dag} + 1,20 \cdot \text{min-temp } C.$$

En ko, der yder 40 kg mælk og optager 25 kg tørstof af en ration med 45 % tørstof og i alt 50 gram natrium, har således ved en temperatur på 20°C behov for en optagelse af frit vand på 80 liter pr. dag. Udtrykket er baseret på en statistisk model, som forklarer 59 % af variationen i datasættet, som ligger

til grund. Et mere enkelt udtryk baseret på samme datamateriale, men som kun forklarer 42 % af variationen, er som følger:

$$\text{Vandindtag, liter/dag} = 22,96 + 2,38 \cdot \text{TS-indtag} + 0,64 \cdot \text{kg mælk}.$$

Vandindholdet i fodermidlerne varierer stærkt og påvirker fordelingen af, hvor meget frit vand henholdsvis vand bundet i fodermidlerne, der indtages. NRC (2001) refererer en række forsøg, som viser, at i gennemsnit 83 % (variation 70-97) af væskeindtaget skete i form af frit drikkevand. Holter & Urban (1992) fandt stor sammenhæng mellem vandindholdet bundet i rationen og indtaget af frit vand. De angiver, at indtaget af frit vand faldt med 33 kg/dag ved at sænke rationens tørstofindhold fra 50 til 30 %. NRC (2001) angiver, at kvæg, som optager store mængder friskt græs, kun optager 38 % af deres totale væskebehov fra drikkevand. Der er dog ikke fuld substitution mellem vand i fodermidlerne og optagelsen af frit vand. Murphy (1992) angiver, at optagelsen af frit vand stiger med stigende tørstofindhold i rationen, mens det samlede vandforbrug (vand i foder + frit vand) falder med stigende tørstofindhold i rationen.

Dewhurst et al. (1998) sammenlignede vandoptagelsen først i laktationen hos Holstein-køer i forhold til kvaliteten af det ensilage, der blev fodret med. Forsøget blev gennemført med 3 ugers perioder og med 16 forskellige partier af ensilage varierende i tørstofindhold og ensileringsmæssig kvalitet. Optagelsen af frit vand varierede på tværs af ensilage typer og køer fra 20-90 liter pr. dag. Ved at inkludere vandet i ensilagen varierede væskeindtaget fra 48-124 liter pr. dag. Vandindtaget steg med stigende tørstof i ensilagen, men erstattede – jf. Murphy (1992) ovenfor – ikke fuldt ud den mindre mængde vand i ensilagen. Der var ingen af

de enkelte kvalitetsparametre for ensilagen, som bidrog sikkert til at beskrive variationen i vandoptagelsen.

Dahlborn et al. (1998) studerede vandoptagelsen hos 24 malkekøer i et 2 x 2 faktorielt forsøg, hvor kørerne fik enten hø eller græsensilage i en ration med et grovfoder/kraftfoderforhold på enten 50:50 eller 30:70. De høbaserede rationer (50 og 30 % grovfoder) betød 8-14 liter højere daglig vandoptagelse end de tilsvarende ensilagebaserede rationer, mens grovfoder/kraftfoderforholdet kun påvirkede vandoptagelsen marginalt i dette forsøg. Køerne, der fik ensilage som 50 % af rationen, havde det højeste samlede vandindtag (foder + frit vand) og havde en udskillelse af vand i urin, som var 24 % højere end de øvrige hold.

Weisbjerg & Hvelplund (2001) målte vandoptagelsen hos højtydende Holstein-køer i forhold til blandt andet indholdet af salt og dermed natrium i rationen. Ved at øge tildeelingen af salt svarende til 36 gram natrium ekstra pr. dag steg vandoptagelsen med 6,5 liter pr. dag – svarende til 0,18 liter vand pr. gram ekstra natrium.

I et forsøg med NaOH-behandlet halm til malkekøer fandt Kristensen et al. (1978), at vandoptagelsen steg fra 35 til 51 liter pr. dag ved fodring med NaOH-behandlet halm i forhold til ubehandlet halm. Optagelsen af halm (henholdsvis ubehandlet og NaOH-behandlet) svarede i forsøget til 8 kg tørstof eller 400 gram NaOH. Omregnet svarer den øgede vandoptagelse til knap 0,22 liter vand pr. gram natrium, hvilket er på samme niveau som fundet i forsøget med salt ovenfor.

I forsøget med NaOH halm (Kristensen et al., 1978) tillægges Na alene årsagen til det forøgede væskeindtag. NaOH-behandling af halm har aktuelt ingen udbredelse, mens

anvendelse af NaOH-behandlet hvede (3 % NaOH) har et vist omfang. Stiger vandindtaget med samme effekt som i forsøget med NaOH-behandlet halm, svarer det til 4 liter vand ekstra pr. 100 gram NaOH – et øget indtag, som vil genfindes i form af øget urinudskillelse til gyllen. Øvrige typiske kilder til ekstra natrium i malkekøernes ration er fodersalt og natriumbikarbonat.

Dannelse af vand ved metabolisme

Vand dannet fra metabolismen varierer og er højest på basis af letfordøjelige foderremner, som giver stor stofomsætning, men udgør under alle omstændigheder langt den mindste kilde. Som hovedkilde skal væskebeho- vet derfor dækkes via indtaget af vand – frit eller bundet i rationens foderremner. Omfanget af vand dannet fra metabolisme kan illustreres ved vandmængden dannet ved fuldstændig oxidation af kulhydrat, hvor dannelsen af vand er på 1,3 gram pr. gram kulhydrat oxideret (Nørgaard, 2003). Omsat til større skala betyder det, at en ko, der oxiderer for eksempel 5 kg kulhydrater pr. dag, har en dannelse af vand i metabolismen på 6,5 liter.

Vandudskillelse i mælk

Tørstofindholdet i mælk er typisk 13-15 % – resten af mælken er vand. En ko, der producerer 50 kg mælk, afleverer således – jf. Figur 10.1 – omkring 43 liter vand pr. dag i mælken. Vandindholdet i mælken er osmotisk betinget og styres af laktose, som er langt den væsentligste osmotisk aktive komponent i mælk. Laktoseindholdet i mælk er på den baggrund ret konstant, og produktionen af laktose i yveret er dermed bestemmende for mælkemængden. Ud over laktose udøver en gruppe af mineral-ioner bidrag til den osmotiske aktivitet i mælken, men kun i begrænset omfang med effekt på mælkemængden.

Vandudskillelse i urin og gødning

Hos malkekøer udgør udskillelsen af vand i fæces omkring 30-35 % af væskeindtaget og i samme niveau som udskillelsen i mælk, mens vandudskillelsen i urin typisk ligger på det halve niveau af det, som udskilles i fæces (NRC, 2001). For begge områder er der dog tale om meget store variationer.

Murphy (1992) angiver store variationer i daglig urinproduktion, men at 25 liter urin pr. dag er et typisk gennemsnit for højtproducerende malkekøer.

Holter & Urban (1992) fandt ligeledes meget stor variation mellem enkeltkøer med hensyn til udskillelse af urin. Urinudskillelsen hos køer med en gennemsnitlig ydelse på 34,6 kg mælk varierede således helt fra 4,5-35,4 liter pr. dag, mens udskillelsen hos goldkøer varierede fra 5,6-27,9 liter pr. dag.

Vandudskillelsen via nyrerne i urinen stiger naturligt med mængden af vand, som optages fra mave-tarmkanalen (vandindtag - vand i fæces), med overskydende N i stofskiftet, som skal udskilles i form af urinstof, samt med kroppens overskud af Na og K, som skal udskilles i urinen.

Urinudskillelsen pr. kg fodertørstof falder generelt med stigende grovfoderandel, som betyder en højere vandudskillelse i fæces og dermed større udskillelse den vej (jf. ovenfor i afsnit 10.2). Vandindholdet i fæces ligger generelt fra 70-85 % svarende til, at tørstof i gødning varierer fra 15-30 % (NRC, 2001).

Vandudskillelsen i gødning stiger med en faldende fordøjelighed af rationen og dermed en stigende udskillelse af tørstof i gødningen. Ved udskillelse af vand i fæces på for eksempel 40 liter (jf. eksemplet i Figur 10.1) vil det med henholdsvis 30 og 15 % tørstof i gødning resultere i en forholdsvis

beskeden variation i gødningsmængder fra 52-46 kg pr. ko pr. dag.

Det er interessant at kende sammenhængene mellem næringsstoffer i foderrationen og udskillelsen af vand i fæces og urin, idet det i den sidste ende kan have betydning for tørstofindholdet og dermed – på tværs af udskillelsen af næringsstoffer (N og P) – den mængde gylle (kg), der udskilles af ko pr. dag. Murphy (1992) angiver dog, at der er stor uklarhed vedrørende kvægets evne til at opkoncentrere urin og dermed mængden af vand, som er nødvendig for at udskille en given mængde stof.

Vandudskillelse via udånding, fordampning og sved

Udånding, sved og fordampning udgør samlet 18 % af tabet af vand fra kroppen hos en ko (NRC, 2001). Udskillelsen er relativt konstant inden for den termoneutrale zone, dvs. det temperaturinterval, hvor kvægets varmeproduktion og foderoptagelse er upåvirket af omgivelsernes temperatur (Madsen, 1983).

10.4 Vandbehov i relation til temperatur og varmestress

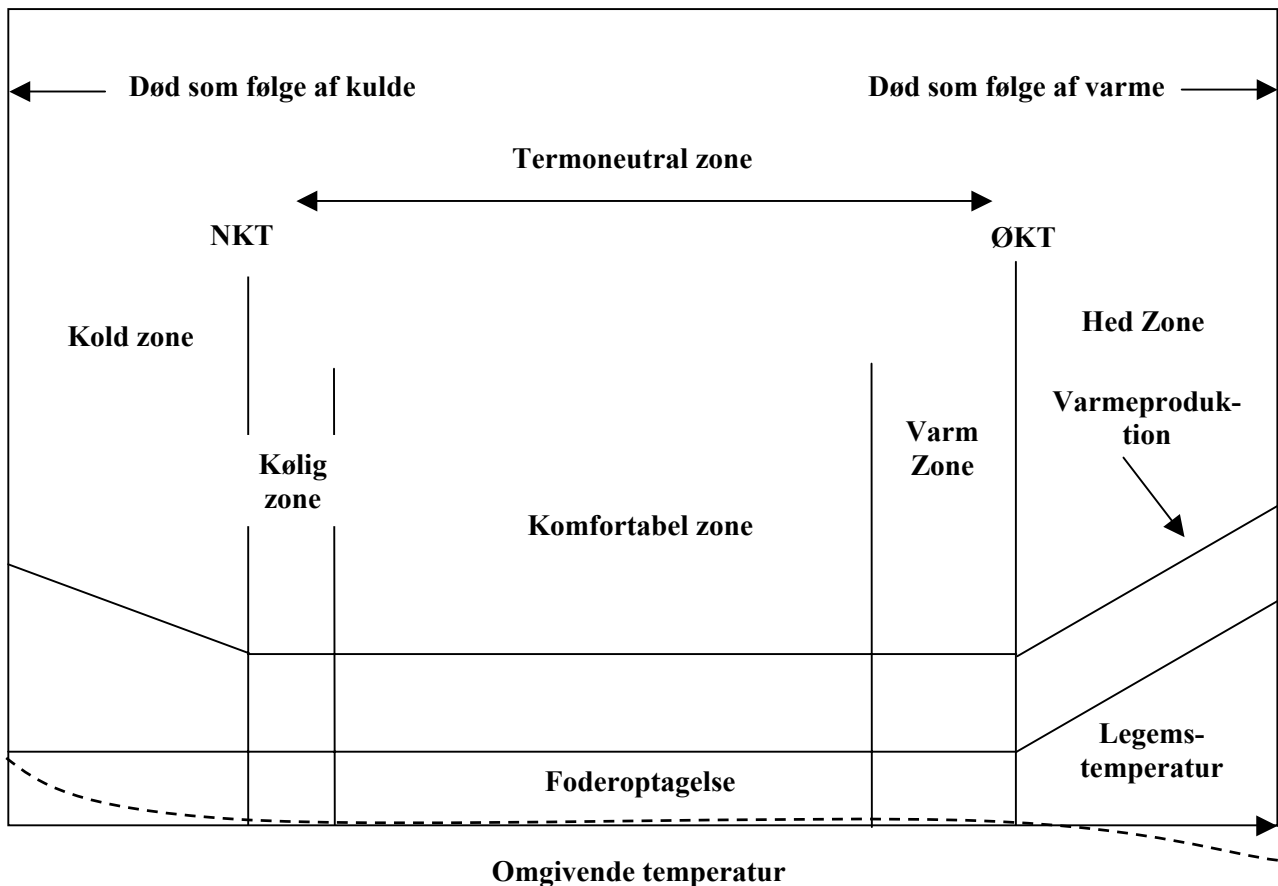
Vand spiller en helt central rolle hos dyr, der er under høje temperaturer og dermed udsat for varmestress. Vandets fysiske egenskaber som varmeleder og som kilden til varmeafgivelse gennem fordampning/udånding er vigtige for transporten af varme væk fra kroppen og ud til omgivelserne. Mekanismen virker relativt bedre, jo mere tør luften er, og kun ved luftfugtigheder på 100 % sættes den ud af kraft.

Efterhånden som lufttemperaturen stiger over den termoneutrale zone, stiger koens indtagelse af vand samtidig med, at der sker et stærkt skift i, hvordan vand udskilles fra kroppen igen. McDowell (1967) viste, at når temperaturen steg fra 18-30°C, steg vand-

optagelsen med 29 %, mens udskillelsen af vand i fæces faldt med 33 %, og udskillelsen med urin, sved og udånding steg med henholdsvis 15, 59 og 50 %.

Den termoneutral zone er det temperaturinterval mellem en nedre kritisk temperatur og en øvre kritisk temperatur, i hvilken koens kropstemperatur er konstant, og varmeregulering sker gennem fordampning, sved, ån-

dedræt og vandoptagelse. Se principperne i Figur 10.2. Når temperaturen kommer ned på den nedre kritiske temperatur, stiger koens muskelaktivitet og foderoptagelse, mens foderoptagelse og aktivitet falder, når temperaturen overstiger den øvre kritiske temperatur, hvor også dyrets egentemperatur og varmeproduktion stiger (Madsen, 1983; Kadzera, 2002).



Figur 10.2 Skematisk illustration af sammenhængen mellem omgivelsernes temperatur og kvægets varmeproduktion. NKT = Nedre kritisk temperatur; ØKT = Øvre kritisk temperatur (mod e. Kadzere et al., 2002).

Kadzere et al. (2002) angiver sved og fordampning som den mest betydende termoregulerende mekanisme hos malkekøer – en mekanisme, som får stærkt stigende betydning, efterhånden som temperaturen i omgivelserne stiger. Vand har som grundstof en høj fordampningsvarme, og det giver dyret mulighed for at aflevere en stor mængde varme til omgivelserne med et begrænset tab af vand. Fordampning af 1 ml vand kræver således 2,43 Joule, som således svarer til den varme, som afgives, når 1 ml sved fordampes fra huden. Energiafgivelse ved vands fordampning giver med andre ord køen mulighed for at aflevere varme til omgivelserne med et begrænset tab af væske i kroppen (væskevolumen). Kadzere et al. (2002) angiver, at den maksimale mængde vand, som kan fordampes fra kroppen hos en malkende ko, er omkring 1,5 liter pr. time.

Især når temperaturen overstiger den termoneutrale zone, stiger vandindtaget betydeligt, og tabet af vand og dermed varmeafgivelse fra kroppen accelereres. Den øvre grænse for den termoneutrale zone angives til 25-26°C for malkekøer. Over denne grænse kan koens udskillelse af varme ikke længere følge med, og foderoptagelsen og dermed mælkeproduktionen påvirkes negativt (Kadzere et al., 2002).

Udskillelse af varme via vand i udåndingen accelereres ligeledes stærkt med stigende temperatur. Kadzere et al. (2002) angiver, at respirationsraten stiger fra cirka 20 åndedrag pr. minut til over 100 pr. minut, når temperaturen kommer over 32°C. I samme kilde angives, at indtagelse af køligt vand sænker respirationsraten markant allerede 20 minutter efter indtag.

Vand har en stor varmekapacitet, hvilket betyder, at det kan virke som varme-reservoir. I varme døgn bruger køerne vandet i fordø-

jelseskanalen til opsamling af overskydende varme i dagtimerne ved at øge væskemængden. Når det bliver køligt gennem natten, kan den overskydende varme afgives og den overskydende væske udskilles. Under varme betingelser stiger den samlede mængde vand i fordøjelseskanalen – primært vommen (Kadzera, 2002).

I en varmestress-situation påvirkes vandoptaget også af køernes chance for skygge. Muller (1994) viste, at køer, der under stærk sol ikke kunne gå i skygge, drak 18 % mere vand end køer, der ikke havde adgang til skygge.

Gennem kolde perioder virker den høje varmekapacitet af kroppens vand som isolering og reservoir for kroppens varme. Kadzere et al. (2002) angiver den nedre kritiske temperatur (svarende til temperaturen, hvor kroppen ikke længere har overskudsvarme) fra +16 til +37°C hos en malkeko, der producerer 30 kg mælk.

10.5 Drikkeadfærd

Ved indretning af stalde, drikkesteder og indretning af drikkekopper og drikkekar er det af stor betydning at tage hensyn til kvægets normale drikkeadfærd. Køer foretrækker at drikke af fri overflade, og deres naturlige adfærd gør, at de helst drikker i forbindelse med foderindtag eller umiddelbart efter malkning.

Dette er blandt andet eftervist i en tysk undersøgelse (Beck et al., 2000), som viste, at køerne drak størstedelen af deres daglige vandindtag i forbindelse med ædeperioder umiddelbart efter malkning. Tilsvarende beskriver Langhans et al. (2000), at vandoptagelsen næsten udelukkende fandt sted i forbindelse med foderindtag, og at vandoptagelse er tæt stimuleret af indtagelse af tørfoeder.

I en undersøgelse af Dado & Allen (1984) drak køer i bindestald i gennemsnit 14 gange pr. dag – typisk i forlængelse af måltider og med flere drikkeperioder med stigende tørstofindtag. I løsdriftssystemer fandt Andersson (1985), at køerne drak 6,6 gange pr. dag – de fleste gange i dagtimerne og ligeledes tæt på foderindtag.

Køers drikkehastighed kan variere meget. NRC (2001) angiver, at den typisk varierer 4-15 liter pr. minut med den langsomste drikkehastighed, når vandet er koldt. Rapporten ”Danske anbefalinger – Indretning af stalde til kvæg” (Anonym, 2000) angiver, at køer drikker 10-20 liter pr. minut, når der drikkes af fri overflade.

Vedrørende optimal staldindretning og placering af vandkopper i løsdriftssystemer med hensyntagen til køers foretrukne drikkeadfærd og -mønster henvises til ”Danske anbefalinger – Indretning af stalde til kvæg” (Anonym, 2000).

10.6 Vandets temperatur

Flere forskere har interesseret sig for betydningen af vandets temperatur til malkekøer.

Andersson (1985) målte vandoptagelsen under termoneutrale betingelser på stald, når vandet var henholdsvis 3, 10, 17 eller 23°C. Forsøget var et overkrydsningsforsøg med 8 køer i midtlaktationen (ydelse 26 kg/dag) og fandt, at vandoptagelsen var næsten upåvirket af temperaturen. Dog var vandoptagelsen (l/dag) lidt lavere, når køerne fik 24°C (71,5 l) varmt vand sammenlignet med 3°C (75,6 l), 10°C (76,7 l) og 17°C (76,9 l). Vandtemperaturen påvirkede ikke køernes tørstofoptagelse, mens der var en lidt højere mælkeydelse (+ 0,5-0,7 kg/dag), når køerne fik vand, som var 17°C varmt.

I modstrid med forsøget af Anderson (1985) fandt en tysk forskergruppe (Bech et al.,

2000) ingen sikker effekt på foderoptagelse og mælkeproduktion i en sammenligning af vandtemperaturer på 3°C, 17°C og 24°C til malkekøer. Drikkehastigheden var markant lavere, når køerne fik koldt vand, men alligevel var vandoptagelsen højest, når der blev tildelt koldt vand. I en del af forsøget havde køerne valgfrihed mellem varmt (24°C kontra 3°C) og valgte næsten konsekvent det varme vand. Kun i 5,5 % af alle tilfælde valgte køerne det kolde vand. Forsøget viste ingen sikker effekt på mælkeydelsen i forhold til vandets temperatur, men tendens til stigende mælkeydelse hos køer, der fik det kolde vand. Forsøget konkluderer, at den væsentligste fordel ved at opvarme vandet er, at det ikke fryser om vinteren, og at opvarmning af vandet ikke kan tillægges produktionsmæssig betydning. Modsat anbefaler Bech et al. (2000) dog at undlade opvarmning af vand til højtydende køer med en stor foderomsætning og egen varmeproduktion.

Under varme forhold har flere fundet en positiv effekt af at give afkølet vand. Bhattacharya & Warner (1968) viste, at foderoptagelsen hos malkekøer steg væsentligt ved at sænke drikkevandets temperatur fra 30 til 5°C med den største virkning ved højeste lufttemperaturer. Osborne et al. (2002) sammenlignede i et forsøg med Jersey- og Holstein-køer gennem et år effekten af at tildele køligt vand (7-15°) i forhold til opvarmet vand (30-33°). Vandoptagelsen var generelt højest hos køerne, der fik det opvarmede vand, men uden at det påvirkede mælkeydelsen, som modsat var svagt højere i de varmeste perioder af året (gennemsnitlige dagtemperaturer i stalden henholdsvis 24,4°C og 21,1°C), når køerne fik det kølige vand.

Forsøgsresultaterne vedrørende betydningen af vandets temperatur falder forskelligt ud, men viser gennemgående, at malkekøer fo-

retrækker varmt vand, og at koldt vand drikkes langsommere. Produktionsmæssigt er der dog igen entydige fordele af at tildele køer varmt vand – selv i kolde perioder, og i lyset af, at en malkeko sædvanligvis har et stort varmeoverskud, er der næppe produktions- og energimæssige fordele ved at tildele vand med forhøjet temperatur. Omkostninger forbundet med opvarmning af vand til malkekøer er derfor generelt sjældent betalt. I varme perioder viser flere undersøgelser en positiv effekt af at tildele afkølet vand, men det er dog tilsvarende uafklaret, om det er økonomisk at afkøle vandet i disse perioder.

10.7 Vandets øvrige egenskaber og kvalitet

Generelt kan vandkvaliteten til malkekøer vurderes ud fra følgende 5 egenskaber:

1. Lugt og smag
2. Fysisk/kemiske egenskaber (pH, salte, O₂ og hårdhed)
3. Toksiske forbindelser
4. Overindhold af salte
5. Bakterier og mikroorganismer.

Forskningen på områderne er generelt sparsom i relation til kvægmætning og afspejler desuden typisk problemstillinger, som ikke kendes eller ikke har betydende variationer under danske forhold, hvor vandets kvalitet ”ab vandhane” generelt svarer til den kvalitet, som anvendes til human konsumtion.

NRC (2001) angiver, at vandets hårdhed, som primært påvirkes af indholdet af calcium og eventuelt magnesium, er uden betydning for malkekøers vandoptagelse og mælkeproduktion. Op til niveauer på 44 mg nitrat/liter angiver NRC (2001) desuden, at vand er helt sikkert for drøvtyggere, og at

niveauet op til 132 mg/liter ligeledes er uden problemer, hvis blot resten af rationen ikke indeholder betydende mængder nitrat.

Med hensyn til pH angiver litteraturen ingen anvisninger, og med de variationer, som normalt ses i de foderemner, som kvæg indtager, er det usandsynligt, at pH inden for drikkevands normale område (6,5-8,5) har nogen ernæringsmæssig betydning hos kvæg – både med hensyn til drikkelyst, vommens miljø samt dyrets sundhed og produktion generelt.

NRC (2001) giver desuden en grundig gennemgang af virkningen af vandets saltindhold og kvægets reaktion på saltkoncentrationer i vand, som imidlertid kun meget sjældent er aktuelle under danske forhold.

Den bakteriologiske kvalitet er primært interessant i lyset af den påvirkning via hygiejne, som findes i vandkarrene og drikkekopperne i stalden. En amerikansk undersøgelse (LeJeune et al., 2001) har interesseret sig for den bakteriologiske kvalitet i vandprøver udtaget fra 473 drikkekar og trug fra 99 forskellige kvægbrug med malkekøer i løsdrift. Vandprøverne viste i nogen grad fækal forurening, og for eksempel blev der fundet *E. Coli* i 1,3 % af prøverne og *Salmonella* i 0,8 % af prøverne. Der var stigende forekomst af uønskede bakterier, når temperaturen var høj, og når vandforsyningen var udsat for direkte sollys. Undersøgelsen viste desuden, at graden af kontaminering i høj grad relaterer til de hygiejniske faktorer i stalden. At vandtrug kan være kilde til tarmbakterier, understreger behovet for regelmæssigt at gøre vandkar og drikkekopper rene for foder, urin- og gødningsrester som en fast management-rutine. Placeringen af drikkestederne sker ligeledes optimalt på en forhøjning,

hvor køerne ikke vil stå med bagbenene. Alternativt kan drikkekar forsynes med afstandsør.

Vedrørende indretning og placering af vandkar og vandkopper henvises til ”Danske anbefalinger – Indretning af stalde til kvæg” (Anonym, 2000).

10.8 Afslutning og perspektiver

Gennemgangen af litteraturen understreger kravet om, at malkekøer altid har fri adgang til vand af høj kvalitet, idet det har afgørende betydning for dyrets stofomsætning, produktion, varmeregulering og velfærd. Det er vanskeligt at fastsætte helt nøjagtige normer for indtag af vand, da indtaget påvirkes af en række faktorer, som ikke alle på en let måde kan inddrages i en normfastsættelse.

Vandkvaliteten er under danske forhold generelt høj, og der er sjældent produktions- eller sundhedsmæssige problemer relateret til køernes vandforsyning. Dog er fækal forurening en faktor, som skal have stor opmærksomhed i løsdriftssystemer, hvor det ligeledes er vigtigt, at placeringen af vandkopperne er optimal i forhold til køernes fortrukne drikkeadfærd.

Sammenhængen mellem køernes vandoptagelse og udskillelse af væske i urin og gødning – og dermed den samlede gyllemængde – er interessant, og mere viden om faktorer, som påvirker det forhold, har interessante perspektiver for mængden af vand og dermed totalmængden af gylle.

Optimering af brugen af vand som ressource og dermed yderligere fokus på de forhold i ernæringen og på bedriften, som kan påvirke vandforbruget, vil ligeledes i fremtiden afhænge af regeligheden og prisen på vand.

10.9 Referencer

- Andersson, M. 1985. Effects of drinking water temperatures on water intake and milk yield of tied-up dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* 12, 329-338.
- Andrew, S.M., Erdman, R.A. & Waldo, D.R. 1995. Prediction of body composition of dairy cows at three physiological stages from deuterium oxide and urea dilution. *J. Dairy Sci.* 78, 1083-1095.
- Anonym 2000. Danske anbefalinger for indretning af stalde til kvæg. 3. udgave Landbrugets Rådgivningscenter, 122 pp.
- Beck, J.D., Katzschke, T., Jungbluth, T. & Steingass, H. 2000. Warm versus cold drinking water for dairy cows – influence on water and feed intake, performance and behaviour. *Eur. Ag. Eng. Warwick. Paper No. 00-AP-016*, 8 pp.
- Bhattacharya, A.N. & Warner, R.G. 1968. Influence of varying temperature on central cooling or warming and on regulation of voluntary feed intake in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 51, 1481-1489.
- Dado, R.G. & Allen, M.S. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 77, 132-144.
- Dahlborn, K., Akerlind, M. & Gustafson, G. 1998. Water intake by dairy cows selected for high or low milk-fat percentage when fed two forage to concentrate ratios with hay or silage. *Swe. J. Agr. Res.* 28 (4), 167-176.
- Dewhurst, R.J., Offer, N.W. & Thomas, C. 1998. Factors affecting water intakes of lactating dairy cows offered grass silages differing in fermentation and intake characteristics. *Anim. Sci.* 66 (3), 543-550.
- Holter, J.B. & Urban, W.E. 1992. Water partitioning and intake in dry and lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1472-1479.
- Kadzere, T., Murphy, M.R., Silanikove, N. & E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 77, 59-91.

- Kristensen, V.F., Andersen, P.E., Stigsen, P., Vestergaard Thomsen, K., Refsgaard Andersen, H., Sørensen, M., Ali, C.S., Mason, V.C., Rexen, F., Israelsen, M. & Wolstrup, J. 1978. Natriumhydroxyd-behandlet halm som foder til kvæg og får. Beretning nummer 464 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 218 pp.
- Langhans, W., Rossi, R. & Scharrer (eds.). 1995. Relationships Between Feed and Water Intake in Ruminants. In: Proceedings of the 8. International Symposium on Ruminant Physiology. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 199-216.
- LeJeune, L.T., Besser, T.E, Merrill, N.L, Rice, D.H. & Hancock, D.D. 2001. Livestock drinking water microbiology and the factors influencing the quality of drinking water offered to cattle. *J. Dairy Sci.* 84 (8), 1856-1862.
- Madsen, J. 1983. Foderoptagelsens regulering. Kapitel 6 i: Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. Beretning nr. 551 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 6.1-6.23.
- McDowell, R.E. 1967. Water exchange of cattle under heat stress. *Biometreology* 2, 414.
- Murphy, M.R. 1992. Water metabolism of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75, 326-333
- Murphy, M.R., Davis, D.L. & McCoy, G.D. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66, 35-38.
- Muller, C.J.C., Botha, J.A. & Smith, W.A. 1994. Effect of shade on various parameters of Frisian cows in a Mediterranean climate in South Africa. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 24(2), 49-55.
- NRC 2001. Water. Chapter 8. in: Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 178-183.
- Nørgaard, P. 2003. Personlig meddelelse.
- Osborne, V., Hacker, R. & McBride, B. 2002. Effects of heated drinking water on the production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *Can. J. Anim. Sci.* 82(3), 267-273.
- Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 2001. Experiment with AKZO-salt-Lick. Internal Report. Danish Institute of Agricultural Sciences, 13 pp.

Afgræsning med malkekvæg

11

af Troels Kristensen ¹⁾, Rudolf Thøgersen ²⁾ og
Hanne H. Hansen ³⁾

¹⁾ Afd. for Jordbrugsproduktion og Miljø,
Danmarks JordbrugsForskning

²⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg og

³⁾ Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed,
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

11.1 Introduktion

”Et lønnende kvæghold er i høj grad betinget af, at der til enhver tid af sommeren står rigeligt af saftigt og letfordøjeligt græs til besætningens rådighed” skrev Petersen-Dalum i 1949 (Petersen-Dalum, 1949). I sommerfodringen er denne målsætning stadig aktuell. Vores viden om og muligheder for at sikre denne målsætning er dog væsentligt udvidet siden.

Andelen af besætninger med kørne på græs i sommerhalvåret er øget siden midten af 80'erne og i løbet af 90'erne. Undersøgelser i de ydelseskонтроllerede besætninger viser, at andelen af besætninger med kørne på græs faldt i første halvdel af 80'erne, hvor prisen på korn og dermed det alternative dækningsbidrag var højt. Vendepunktet indtraf i midten af 80'erne efter indførelsen af mælkekvote, hvorefter det gjaldt om at opfylde mælkekvote billigt muligt. Den seneste undersøgelse blandt de ydelseskontrolerede besætninger, der blev gennemført i 2000, viste, at 86 % af besætningerne havde kørne på græs svarende til 84 % af kørne (Trinderup et al., 2001). Andelen af besætninger med kørne på græs var lige stor i besætninger med binstalde og løsdriftstalde. Til gengæld var de besætninger, der ikke havde kørne på græs, i gennemsnit cirka 25 % større end de besætninger, hvor kørne var på græs i sommerhalvåret (Trinderup et al., 2001).

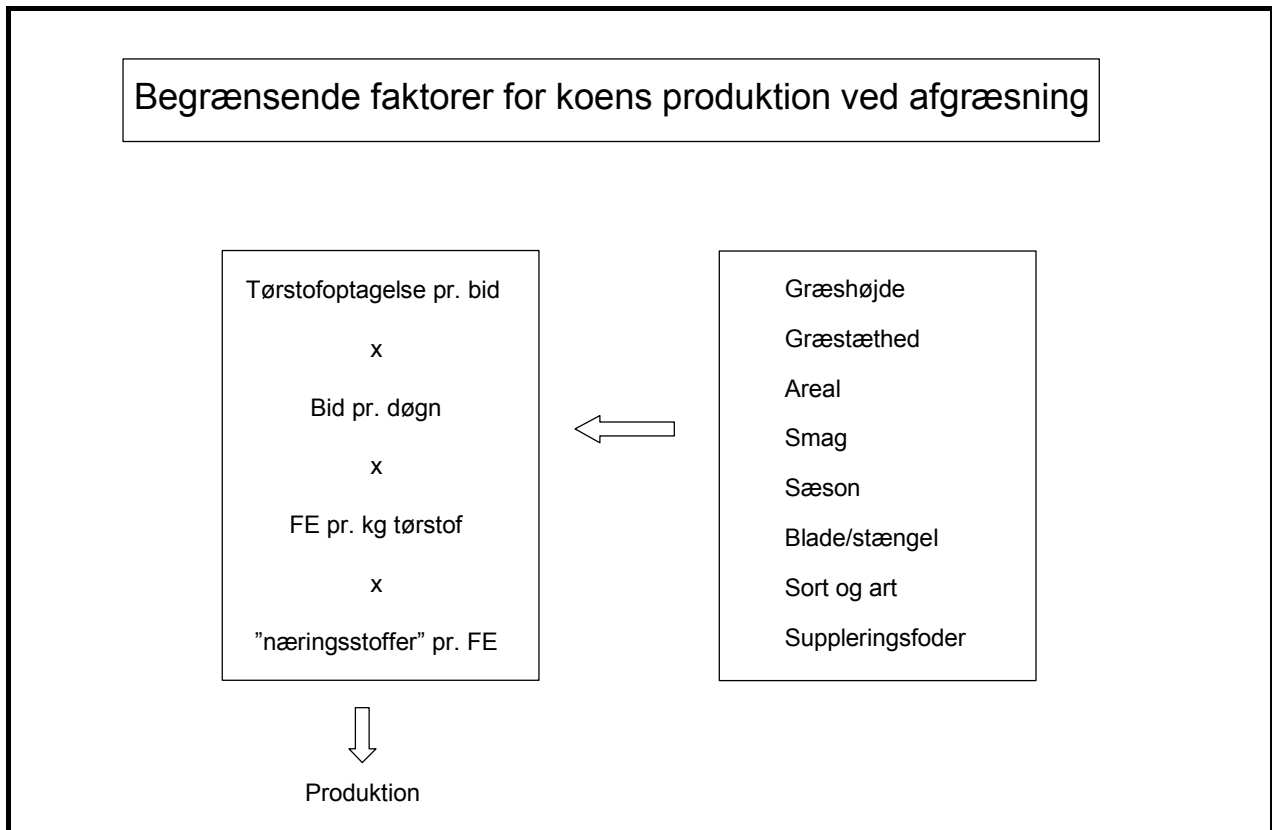
Kvægets adgang til afgræsning opfattes generelt som positivt for såvel dyrene som kvægbrugeren. Desuden giver kvæg i landskabet et positivt indtryk af landbruget over for det omgivende samfund. Disse forhold er medvirkende til, at afgræsning indgår som et led i udviklingen af et bæredygtigt landbrug,

som formuleret i ”Godt Landmandskab år 2005” (Anonym, 2000). En højere udskillelse af næringsstoffer af dyr, primært kvælstof, ved afgræsning sammenlignet med staldfodring betyder dog, at der kan være en øget miljømæssig belastning i forbindelse med afgræsning (Nielsen & Kristensen, 2001). Ligeledes må den betydeligt højere incidens af parasitære lidelser, f.eks. lungorm, og problemer med sommermastitis under afgræsning anses for at være et negativt element.

Kørnes produktion påvirkes svagt negativt af afgræsning. Kristensen et al. (1986) fandt et ydelsesfald på 2 % ved afgræsning i forhold til staldfodring, primært pga. et stærkere ydelsesfald gennem laktationen. Kristensen & Hindhede (1993) fandt inden for gård den samme relative produktion i sommer- og vinterhalvåret, men med en variation fra 95 til 103 % i sommerhalvåret i forhold til vinterperioden.

Tilrettelæggelsen og styringen af kørnes fodring i forbindelse med afgræsning indeholder en række faktorer, som adskiller sommerfodringen fra fodringen på stald i vinterperioden. I Figur 11.1 er vist nogle af de betydende elementer, der påvirker koens produktion under afgræsning.

I forbindelse med afgræsning skal der være en balance mellem græsvæksten og kørnes græsoptagelse, hvilket kræver, at styringen tager udgangspunkt i både markens og koens produktion. Et væsentligt komplicerende forhold er, at græsvæksten er underlagt de klimatiske variationer, hvorfor den på såvel kort som langt sigt er vanskelig at forudsige. Hertil kommer, at det under praktiske forhold er vanskeligt at registrere såvel græsvæksten som kørnes optagelse af græs.



Figur 11.1 Elementer der påvirker koens produktion under afgræsning.

Tablet 11.1 Mælkeydelse og græsoptagelse pr. ko og græsproduktion pr. ha afhængig af græsningsintensitet (mod. e. Aaes & Kristensen, 1994)

Intensitet (køer pr. ha)	Mælk, kg dagligt		Græs, FE årligt	
	pr. ko	pr. ha	pr. ko	pr. ha
Lav (4,8)	23,9	115	1600	7700
Høj (6,8)	21,9	150	1400	9500

I Tabel 11.1 er vist resultater fra et forsøg med to belægningsgrader og dermed en forskel i afgræsningsintensiteten. Græshøjden ved lav intensitet var ca. 6-7 cm og ved høj intensitet ca. 4-5 cm. Køerne afgræssede i regulerede storfolde og blev tildelt den samme mængde foder på stald. Produktionen pr. ko og den beregnede græsoptagelse pr. ko er højest ved den laveste belægning, mens produktionen pr. ha er størst ved den højeste belægning. Som det fremgår, er pro-

duktionsniveauet pr. dyr omvendt proportional med produktionen pr. ha, og græsoptagelsen pr. dyr er omvendt proportional med markens samlede produktion. Inden for begrænsede udsving i græsningsintensiteten påvirkes koens mælkeproduktion således med 10 %.

Effekten af den intensitet, hvormed køerne afgræsser, skal vurderes over den samlede græsningsperiode. Hård afgræsning i for-

sommeren efterfulgt af mere moderat afgræsning giver således en højere energioptagelse og mælkeydelse i den efterfølgende periode end moderat afgræsning i hele perioden (Kristensen, 1988a; Fisher et al., 1995; Hoogendoorn et al., 1992). Hoogendoorn et al. (1992) fandt endvidere, at mængden af grønne blade i afgrøden gav et bedre udtryk for energioptagelsen end græstilbuddet, hvilket kan forklares ud fra køernes evne til at selektere de mest fordøjelige dele af græstilbuddet (Kristensen, 1988a). Herudover fandt McGilloway & Mayne (1996), at tørstofoptagelse ved lave græshøjder blev mere end fordoblet ved en fordobling af græstætheden ved samme græshøjde.

Den direkte sammenhæng mellem græsmarkens produktion og køernes græsoptagelse betyder, at der må søges en balance mellem en høj produktion pr. ha og en høj produktion pr. ko, idet der typisk vil være en modsætning mellem disse to resultatmål (Aaes & Kristensen, 1994; Peyraud & Gonzales-Rodríguez, 2000). Det er en betydelig udfordring at udvikle systemer til udnyttelse af græsmarken, der uden væsentlige ekstra omkostninger kan "bryde" denne sammenhæng. Under danske produktionsforhold vil en høj produktion pr. ko typisk have højere prioritet end i mere ekstensive mælkeproduktionssystemer, hvor omkostninger pr. ko er betydeligt lavere. Disse væsentlige anderledes produktionsbetingelser er afgørende at have i erindring ved vurdering af den internationale litteratur på området.

Det er sigtet med dette kapitel at tilvejebringe en forståelse af de grundlæggende forhold, der påvirker køernes græsoptagelse og mælkeproduktion. Der præsenteres desuden en afprøvet metode til at håndtere planlægning og styring af den strategiske og operationelle græsmarksdrift.

11.2 Afgræsningssystemer

Afgræsningen kan organiseres efter forskellige systemer, der hver har deres fordele og ulemper. Hvilket afgræsningssystem, der giver det bedste resultat på det enkelte kvægbrug, vil afhænge af en række forudsætninger vedrørende arbejdsbehov, besætningsstørrelse, staldforhold, jordtype, arrondering, m.v. Forskellen mellem afgræsningssystemer kan udtrykkes dels i hviletiden mellem to afgræsninger og dels i opholdstiden i samme fold (Kristensen, 1988b). Overordnet skelnes der mellem storfoldsafgræsning og rotationsafgræsning. De to afgræsningssystemer har vidt forskellig virkning på græssets vækst. Storfoldsgræsning stimulerer udviklingen af bladskud til at give en meget tæt græsmark med op til 40.000 skud pr. m², mens rotationsgræsning især ved længere hviletid vil give en meget mere åben græsmark med 10.000-15.000 skud pr. m² (Mayne et al., 2000).

Storfoldsafgræsning

Afgræsningssystemer med ingen eller meget kort hviletid (højst syv dage) betegnes som storfoldsgræsning. Herunder hører reguleret storfold, der er det normalt praktiserede storfoldssystem ved malkekøer. Reguleret betyder, at afgræsningsarealet reguleres i forhold til dyrenes behov og græsvæksten gennem sæsonen. Der tilstræbes kontinuerlig afgræsning af kort græs på 6-8 cm, og opholdstiden i den enkelte fold kan være hele afgræsningssæsonen. Dog kan systemet også praktiseres ved at rotere hurtigt mellem 2-4 folde, hvor opholdstiden kun er 1-2 dage i hver fold. På grund af den lave græshøjde er græsmængden til rådighed over afgræsningshøjde kun på 100-500 kg tørstof pr. ha (Søgaard, 2001).

Fordelen ved reguleret storfold er først og fremmest, at der er mindre arbejde forbundet

med hegning og flytning af hegn. Desuden er den normale erfaring, at køerne er mere rolige end ved rotationsgræsning, hvor køerne er samlede på et langt mindre areal. Ulemperne ved systemet er blandt andet, at det er mere følsomt over for tørke, idet der er en meget lille buffer af græs til rådighed. Desuden kan systemet være vanskeligere at styre, fordi det er vanskeligt at erkende, om græstilbuddet er på vej op eller ned.

Rotationsgræsning

Afgræsningssystemer med længere hviletid (3-5 uger) kan sammenfattes under betegnelsen rotationsgræsning. Herunder hører f.eks. rationsgræsning (stribegræsning), hvor dyrene dagligt får tildelt den planlagte græsmængde ved hjælp af et flytbart fronthegn. Græsarealet er normalt inddelt i 6-8 folde, der afgræsses over 4-5 dage ved dagligt at tildele et nyt stykke af folden, således at køerne den sidste dag har hele folden til rådighed. En anden form for rotationsgræsning er foldafgræsning, hvor dyrene får en hel fold tildelt. Opholdstiden i den enkelte fold er typisk 1-5 dage afhængigt af antallet af folde, men for at undgå større svingninger i græsoptagelse og mælkeproduktion er det en fordel, at opholdstiden er så kort som mulig. Ved rotationsgræsning tilstræbes normalt en græshøjde før afgræsning på 12-15 cm svarende til cirka 1.000 kg tørstof pr. ha over afgræsningshøjde. Efter afgræsning tilstræbes en græshøjde på 6-8 cm.

Én af fordelene ved rotationsgræsning er, at det er let at erkende, om der er over- eller underskud af græs. Og er der et overskud af græs, er det let at sætte én eller flere folde af til slæt og tage dem ind i afgræsningen igen i næste runde.

Hviletidens betydning for mælkeydelsen pr. ko og nettoudbyttet pr. ha

Adskillige sammenlignende forsøg mellem storfolds- og rotationsgræsning har vist, at

der ved samme belægningsgrad ikke er væsentlig forskel, hverken i mælkeydelsen pr. ko eller nettoudbyttet pr. ha (Kristensen, 1988b; Kristensen & Jensen, 1989; Pulido, 1999). Der er imidlertid kun få sammenlignende forsøg med varierende belægningsgrader. Ved høj belægningsgrad er der fundet lavere mælkeydelse pr. ko ved storfoldsgræsning end ved rotationsgræsning, måske fordi græsvæksten bliver mere hæmmet ved storfoldsgræsning, når belægningsgraden er høj (Peyraud & González-Rodríguez, 2000).

Hviletiden har således ikke betydning for nettoudbyttet pr. ha ved afgræsning, når belægningsgraden er lav eller moderat. Det er modsat forholdene ved slæt, hvor årsudbyttet normalt stiger med færre antal slæt dvs. stigende hviletid (Søegaard, 1994).

Forklaringen på denne forskel skal findes i samspillet mellem koens græsoptagelse, græsmængde og kvalitet (Kristensen, 1988b). Køer græsser selektivt, dvs. de foretrækker de øverste blade, der har høj fordøjelighed, frem for de grovere stængler og dødt plantemateriale i bunden af afgrøden, der har lavere fordøjelighed. Men graden af selektion afhænger af græsmængden, der er til rådighed. En lille græsmængde giver en lav græsoptagelse, men samtidig er muligheden for selektion også mindre. Derved bliver det optagne græs af en mere ensartet kvalitet over sæsonen, og udnyttelsen af markens græsproduktion bliver højere. Modsat vil en stor græsmængde til rådighed give en stor selektion og dermed en høj græsoptagelse pr. ko på kort sigt. Men den kraftige selektion vil bevirke, at græssets fordøjelighed senere i sæsonen vil falde. Derfor vil græsoptagelsen pr. ko og græsmarkens nettoudbytte også falde (Kristensen, 1988a).

Opholdstidens betydning for græsoptagelse og mælkeydelse

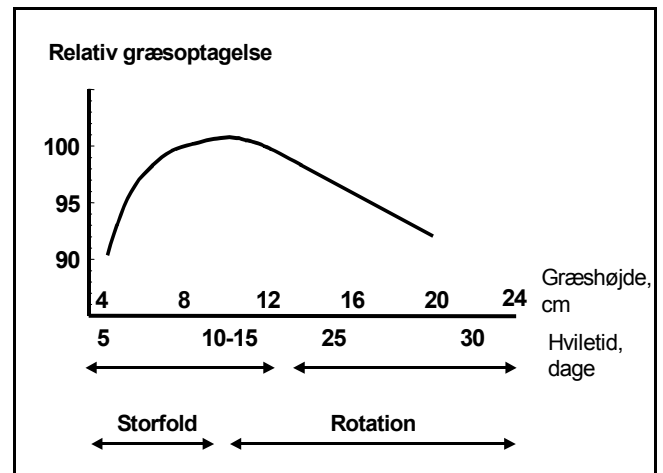
Ved rotationsgræsning er køernes mælke-

ydelse ved samme græstilbud upåvirket af, om græsset tildeles som en ny stribe dagligt, eller køerne har adgang til en hel fold i fem dage (Peyraud et al., 1989). Dog er der store cykliske svingninger i græsoptagelsen og mælkeydelsen i det sidste tilfælde. Årsagen til, at opholdstiden ikke har nævneværdig betydning for den gennemsnitlige mælkeydelse, må være, at køerne tilpasser deres græsningsadfærd, så de f.eks. øger ædetiden i takt med den faldende græsmængde pr. ha. Der er dog en grænse for koens tilpasnings-evne. Hvis græsset er højt, og belægningsgraden er høj, må man forvente, at stigende opholdstid har en negativ virkning på græsoptagelsen og mælkeydelsen.

Virksomheden af græshøjde og -tæthed

Ved reguleret storfold stiger græsoptagelsen asymptotisk med græsmængden eller -højden, således at den maksimale græsoptagelse opnås ved en græshøjde på 8-9 cm (Peyraud et al., 2000). Problemet ved at tilstræbe en så stor græshøjde er, at mængden af buskgræs stiger, fordi køerne græsser mindre tæt på gødningsklatterne. Derfor må der enten tilstræbes en lidt mindre græshøjde eller en kombination af afgræsning og slæt for at sikre en acceptabel udnyttelse af græsvæksten.

Ved rotationsgræsning stiger dyrenes græsoptagelse pr. bid lineært i området fra 8-20 cm. Bidstørrelsen er også større i en tæt græsmark end i en mere åben græsmark. Men ved en stor græshøjde vil græsarealet pr. ko i praksis normalt blive reduceret, hvorved køerne tvinges til at græsse dybere og dermed selektere mindre. Derfor stiger græsoptagelsen ikke nødvendigvis med stigende græshøjde, og græsoptagelsen vil være maksimal ved en græshøjde før afgræsning i området 12-13 cm (Peyraud et al., 2000). Disse principper er illustreret i Figur 11.2.



Figur 11.2 Illustration af den relative græsoptagelse, afhængig af græshøjde for afgræsning.

11.3 Bestemmelse af græsoptagelse

Optagelse hos græssende dyr er i princippet kontrolleret af de samme faktorer, som styrer optagelsen hos staldfodrede dyr. Græssende dyr har dog i langt højere grad mulighed for at selektere i deres foder, og desuden reguleres optagelsen i betydeligt omfang af forhold knyttet til græsset (Minson, 1990). Foderoptagelse under græsning er svær at måle og har været genstand for megen forskning (Cherney et al., 1998; Dove, 1996; Dynes, 1996). Der findes metoder, som estimerer dyrets optagelse ud fra planternes vækst, ud fra dyrets produktion, og metoder, som måler direkte på dyret, herunder registrering af vægt og tyggebevægelser samt fæcesmålinger. Nogle af metoderne egner sig til estimering af foderoptagelse over kort tid, andre over en længere periode.

I det følgende præsenteres modeller, der i praksis kan anvendes til at estimere græsoptagelse. Dernæst omtales en del af de metoder, som man i forsøg benytter til at måle græsoptagelse.

Beregning af græsoptagelse i praksis

Energioptagelse på besætningsniveau kan estimeres ud fra behovet til mælkeproduktion, vedligeholdelse, tilvækst og fosterproduktion under antagelse af et givet effektivitetsniveau for udnyttelsen af energien. Denne metode forudsætter, at koens energiomkostning til de enkelte livsytringer er entydig og uafhængig. En diskussion heraf samt fastlæggelsen af energibehovet til de enkelte livsytringer fremgår af kapitel 5. Udnyttelsen af den optagne energi falder med stigende produktionsniveau samt en række andre forhold knyttet til koen, foderrationen og den daglige driftsledelse. Principielt burde disse forhold anvendes til at fastsætte effektiviteten på besætningsniveau, men med den nuværende viden er det ikke muligt at gøre med tilstrækkelig sikkerhed. Derfor anvendes en generel fodereffektivitet på 87 %, i

overensstemmelse med den gennemsnitlige effektivitet, der er fundet ved analyser på vinterfodringsrationer (Kristensen, 1997a).

Caird & Holmes (1986) udviklede modeller til forudsigelse af foderoptagelsen hos græssende kvæg. Modellerne inkluderer flere faktorer: Mælkeydelse, vægt, laktationsstadium, mængde af tilskudsfoder, græshøjde og sæson. Disse modeller gav tilfredsstillende forudsigelser efter sammenligning med ”kendte” optagelser og gav en fejlmargen, som var lig med eller mindre end modeller, som bruges i staldfodring.

Koefficienterne til den bedste model til forudsigelse af organisk tørstofoptagelse for malkekøer, der afgræsser i reguleret storfold, er vist i Tabel 11.2.

Tabel 11.2 Eksempel på regressionsligning til beregning af græsoptagelsen ud fra faktorer på besætnings- og markniveau, afgræsning i reguleret storfold (Caird & Holmes, 1986)

Variabel	Enhed	Afgræsningshøjde, cm			
		over 5	under 5		
Konstant		8,228	-9,791		
Mælkeydelse	kg pr. dag	0,208	0,323		
Vægt	kg	0,004	-0,006		
Afstand fra kælvning	uger	0,069	0,113		
Staldfoder	kg tørstof pr. dag	-0,118	3,142		
Græshøjde	cm	-0,289	3,613		
Sæson	uge i året (nr.)	-0,011	0,019		
Staldfoder x græshøjde		0,133	-0,543		
Beregning ud fra ovenstående (over 5 cm græs)					
Græshøjde, cm		6		8	
Staldfoder, kg tørstof		4	8	4	8
Græsoptagelse	kg tørstof	14,0	11,7	14,5	13,3
	relativt	100	84	104	95

Græshøjder under 5 cm udtrykker en græsningsintensitet over det, der er hensigtsmæssig for opretholdelse af en rimelig mælkeproduktion (Kristensen & Jensen, 1989). Nederst i tabellen er angivet den beregnede tørstofoptagelse ved standardforhold samt den relative optagelse i forhold til 4 kg tørstof i staldfoder og afgræsning med en græshøjde på 6 cm. Det ses f.eks., at græsoptagelsen stiger fra 14,0 til 14,5 kg tørstof, når græshøjden øges fra 6 til 8 cm, og der tildeles 4 kg tørstof i suppleringsfoder.

Beregning af græsoptagelse i forsøg

Vegetationsmålinger taget før og efter afgræsning kan anvendes til estimering af foderoptagelsen, idet det forudsættes, at den vegetation, som mangler, er blevet ædt af de græssende dyr. Prøverne kan udtages ved at klippe felter før og efter græsning eller ved brug af små indhegninger (Meijs, 1986). Med indhegningen beskytter man en del af prøvearealet mod græsning, og derefter kan man sammenligne målinger taget inden for og uden for indhegningerne.

Ved registrering af dyrets vægt før og efter græsning udtrykker vægtændringen græsoptagelsen. Ved denne metode skal vægtforandringer som følge af defækation, uriner, ræben, varmestråling, fordampning samt optaget vand så vidt muligt medregnes. For denne metode er tidshorizonten meget kort (under 12 timer). Forsøg med måling af korttidsvægtændring ved hjælp af digitale vægtmålere på klove og radiosendere har vist sig at være en brugbar, men relativt kostbar metode (Penning & Hooper, 1985).

Græs- og grovfoderoptagelsen kan måles gennem iagttagelser af bidstørrelse (BS), antal bid (AB) pr. tidsenhed og græsningstid (T), hvor optagelse derefter beregnes som $BS \times AS \times T$. Bidstørrelsen afhænger af græshøjden og græstætheden (Ungar, 1996). Antal bid og græsningstiden kan registreres

automatisk via en grime, som registrerer tyggebevægelsen (Schleissner et al., 1999), eller ved hjælp af mikrochips (Anonymous, 2000). Der er udviklet computerprogrammer til at differentiere kæbebevægelser i forbindelse med ædning fra drøvtygningens kæbebevægelser til disse målinger (Schleissner et al., 1999; Anon., 2000). Derudover er lydoptagelser blevet brugt til formålet (Laca & Wallis de Vries, 2000).

Foderoptagelsen kan også bestemmes ud fra opsamling af fækalier, ved montering af opsamlingsposer på dyrene. Når græssets fordøjelighed er kendt, kan foderoptagelsen bestemmes ved total fækaliemængde/(1-tørstoffordøjelighed). Total fækalieopsamling kræver opsamlingsposer på dyret, og hvis poserne generer dyret, kan græsningsadfærden forstyrres, og dermed bliver optagelsesresultaterne ikke repræsentative. Beregning af optagelse ved total fækalieopsamling kræver et estimat for det optagne foders fordøjelighed. Udtagelse af repræsentative græsprøver kan ved heterogene græsarealer eller stor selektion ved optagelse være vanskelig. Herudover skal man være forsigtig med at bruge fordøjelighedskoefficienter fra forsøg med dyr af anden race, alder, køn eller fysiologisk status, end dem, der anvendes i forsøget. Disse usikkerheder er generelt gældende for alle de omtalte metoder, hvor bestemmelsen af optagelsen er baseret på målinger af indholdet i fæces.

Fuldstændig opsamling af fækalier er besværlig, og der er derfor udviklet indirekte metoder med brug af markører til estimering af fækaliemængden og fordøjeligheden. Markørerne bør være ufordøjelige og have en passagehastighed gennem mave-tarmsystemet, som svarer til det aktuelle foder (Dove & Mayes, 1991). En kendt mængde af den valgte markør gives til dyret og herefter tages repræsentative fækalioprøver. Mange markører er blevet afprøvet, men

kromoxid (Cr_2O_3) er den mest anvendte. Stoffet kan enten gives dyrene dagligt via foderet eller gives som en bolus, der afgiver en kendt mængde dagligt i ca. 3 uger.

Siden starten af 1980'erne er der udviklet en alternativ metode til estimering af foderoptagelsen ved brug af fækaliemålinger og – meget væsentligt – individuelle fordøjelighedsbestemmelser. Denne metode gør brug af syntetiske n-alkaner (Mayes & Lamb, 1984). N-alkaner er mættede, uforgrenede kulbrinte forbindelser med enkeltbindinger mellem kulstofatomerne og med den generelle kemiske formel $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, hvor n angiver antallet af kulstofatomer.

N-alkaner forekommer naturligt i planternes kutikulære vokslag (Tulloch, 1976). Fokus har været på n-alkaner, fordi koncentrationen af alkanerne synes at være jævnt fordelt i vokslaget, og de kan identificeres med gaskromatografi. Desuden passerer n-alkaner forholdsvist upåvirket gennem mave-tarmsystemet (Dove & Mayes, 1991).

Metoden går ud på at tildele dyret en kendt mængde syntetisk fremstillede alkaner og dernæst måle restkoncentrationen i fæces. De tildelte alkaner må ikke forveksles med de naturligt forekommende, hvorfor der anvendes ligekædede n-alkaner, der kun findes i små mængder i planternes vokslag. De syntetiske ligekædede alkaner skal doseres, så man opnår samme genfinding, som den nærmeste naturligt forekommende alkan. Forsøg har nemlig vist, at n-alkanerne ikke har 100 % genfindelse i fæces, hvilket der kan korrigeres som vist af Mayes et al. (1986). Ved beregningen tages der højde for fordøjeligheden af foderet hos det individuelle dyr, hvilket er en betydelig fordel ved denne metode. Flere resultater viser signifikante forskelle mellem alkan- og kromoxid-metoderne (Piasentier et al., 1995; Malossini et al., 1996; Breinhild, 1999), med mængden

bestemt ved alkan-metoden nærmest den faktiske optagelse. Alkan-metoden kan også anvendes til bestemmelse af optaget tilskudsfoder for græssende kvæg, mens kromoxid-metoden kun kan bestemme total optagelse (Hameleers & Mayes, 1998).

Botanisk sammensætning af det optagne foder

Bestemmelse af den botaniske sammensætning (arter og plantedele) af det optagne foder hos græssende dyr er meget vanskelig, men nødvendig for at bestemme den samlede næringsstofoptagelse, såfremt der ved afgræsningen sker en selektion. Selektionen ændrer på sammensætningen af næringsoptagelsen sammenlignet med gennemsnitsvegetation. Generelt vil græssende kvæg f.eks. foretrække blade frem for stængler og vedagtig vegetation, og en blanding af græs og bælgeplanter frem for ren græsvegetation. Årsager til græssende drøvtyggers selektion kan være kemiske komponenter i vegetationen (kvælstof, polyfenoler), fordøjeligheden, optagelseshastigheden, smag og oplæring samt andre ukendte forhold (Jensen et al., 1990; Cosgrove et al., 1996; Hannigan & McNeill, 1998; Morley, 1981; Popp et al., 1999; Poppi, 1996; Provenza, 1996).

Vom- og spiserørsfistulering er blevet brugt i over 30 år til bestemmelse af den botaniske sammensætning af optagne planter hos græssende dyr (Hakkila et al., 1987; Harniss et al., 1975; Holechek et al., 1982). Ekstrusa fra disse fistulae kan identificeres makro- eller mikroskopisk. Mikroskopisk identifikation af planter og plantedele gøres oftest efter den teknik, som er beskrevet af Sparks & Malachek (1968). Metoden er baseret på, at plantepartikler er artsspecifikke og kan identificeres fra vom- og spiserørsekstrusa eller fækalier. Forholdet mellem optagne planter reflekteres i optællingen af partikler på et objektglas. Plantepartikler, som kan identificeres, befinder sig i det øverste celle-

lag (epidermis). Et referenceatlas med identifikationsnøgle er lavet til plantepartikler i gødning og ekstrusa fra drøvtyggere, som græssede i Senegal (Mandret, 1989) og i arktiske områder (Carrière, 2000). Et referenceatlas til danske planter fra et lavbundsområde er under opbygning (Hansen, 2000).

N-alkan-teknikken kan også bruges til bestemmelse af botanisk sammensætning af optagne planter (Dove & Mayes, 1996). Planter og plantedele har en karakteristisk sammensætning og koncentration af n-alkaner i det kutikulære vokslag, således at man kan estimere den botaniske sammensætning ud fra alkan-mønstret i den naturligt forekommende vegetation og fækalier. N-alkaner har begrænsninger i antal diætkomponenter (arter eller plantedele), der kan analyseres for (Newman et al., 1995). I tilfælde, hvor mange arter kan græsses, eller hvor der forventes store forskelle i fragmentering eller fordøjeligheden af de optagne plantedele, kan det være en fordel at anvende mikrohistologi til at identificere de vigtigste arter i rationen efterfulgt af en nøjagtigere kvantificering af disse arter med n-alkan-metoden (Cuartas & Garcia Gonzalez, 1996).

11.4 Faktorer af betydning for mælkeproduktion ved afgræsning

Ved fodring udelukkende baseret på afgræsning kan der ikke opnås en dagsydelse, som modsvarer malkekøernes genetiske kapacitet for mælkeproduktion (Edwards & Parker, 1994; McGilloway & Mayne, 1996), hvilket skyldes, at foderoptagelseskapaciteten kun delvis øges med ydelseskapacitet. Buckley et al. (2000) fandt en øget græsoptagelse på 1,2 kg tørstof dagligt for køer med en genetisk ydelsesforskel på ca. 1000 kg mælk pr. laktation.

Edwards & Parker (1994) har beregnet, at der under de mest gunstige betingelser for græsoptagelse kan opnås en dagsydelse på ca. 27 kg EKM ved udelukkende afgræsning, når koens daglige behov til produktion og vedligehold skal dækkes via energiindholdet i det optagne græs. Betingelser, der kun kan forventes at være til stede i en begrænset periode af afgræsningssæsonen, såfremt der skal sikres en hensigtsmæssig udnyttelse af afgræsningsarealet.

På besætningsniveau fandt Jensen & Kristensen (1998), at køer i gennemsnit af hele sommerhalvåret kan optage op til 1.800 FE græs. Periodevis kan optagelsen være op til 14 FE græs pr. ko dagligt ved en samtidig tildeling af ca. 4 FE tilskudsfoder. Der er således behov for at supplere energioptagelsen fra græs med andet foder ved de produktionsniveauer, der typisk tilstræbes under danske forhold. Herudover kan der være behov for at tildele suppleringsfoder med det formål at sikre koen en mere hensigtsmæssig totalforsyning med næringsstoffer, end der kan opnås ved udelukkende afgræsning (McGilloway & Mayne, 1996).

For at optimere tildelingen af suppleringsfoder er det afgørende at kunne forudsige indflydelse af vekselvirkningerne mellem forhold knyttet til græsset, koen og suppleringsfoderet på den samlede tørstof- og næringsstofoptagelse.

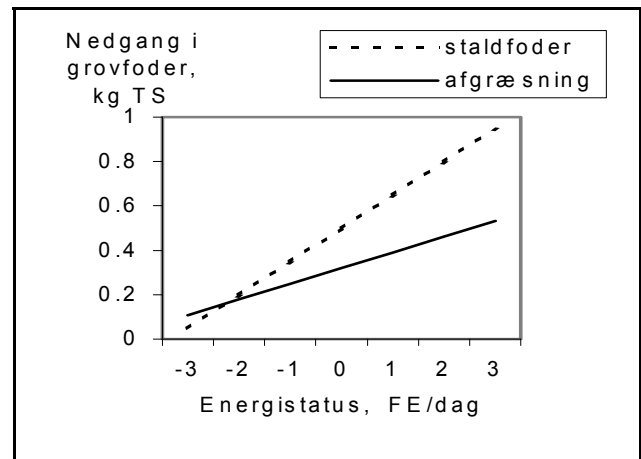
Generel effekt af suppleringsfoder

I litteraturen findes meget varierende resultater på mælkeproduktionen af suppleringsfoder til afgræsning. Peyraud & Gonzales-Rodríguez (2000) finder en effektivitet, kg mælk pr. kg tilskudsfoder, på gennemsnitlig 0,5 med en spredning på 0,4, beregnet på 91 undersøgelser. Årsagerne til de varierende udslag for suppleringsfoder med tilskudsfoder under af-

græsning kan, ud over besætningens genetiske og management betingede produktionsniveau og græsmarkens produktion og kvalitet, være knyttet til forskelle i typen af tilskudsfoder og næringsstofindholdet (Meijs, 1986; Søegaard & Aaes, 1996) græsningsadfærd (Rook et al., 1994a), mængden af tilskudsfoder (Davidson & Elliott, 1993), tidspunktet i sæsonen (Kristensen & Aaes, 1999) og køernes laktationsstadium (Stockdale et al., 1987).

Peyraud & Gonzales-Rodriguez (2000) diskuterer effekten af suppleringsfoder i relation til køernes energistatus uden suppleringsfoder og finder, at det giver en betydelig bedre forklaring på de fundne variationer i effekten af tilskudsfoder end mængden af suppleringsfoder. På tilsvarende vis har Faverdin et al. (1991) udledt en sammenhæng baseret på staldfodring. I Figur 11.3 er vist de to relationer mellem køernes energistatus, før suppleringsfoder, og substitutionsforholdet mellem grovfoder og tilskudsfoder. Substitutionsforholdet er defineret som reduktionen i tørstofoptagelsen af grovfoder ved tildeling af et kg tørstof i tilskudsfoder.

Under afgræsning vil der ved samme energistatus være en mindre reduktion i grovfoderoptagelsen ved afgræsning end ved staldfodring, og variationen i substitutionen er betydeligt mindre ved den viste forskel i energistatus. Det skyldes sandsynligvis, at græsset har en højere og mere ensartet fordøjelighed end traditionelt ædelystfoder i vinterfodringen. Det er af afgørende betydning for substitutionen, når foderoptagelsen er fysisk reguleret. Under afgræsning vil der dog også være situationer, hvor foderoptagelsen er reguleret enten af dyrenes ædæd-færd eller en fysiologisk regulering af køens optagelse pga. et højt næringsstofoptag.



Figur 11.3 Illustration af sammenhæng mellem koens energibalance før suppleringsfoder og den forventede nedgang i optagelsen af grovfoder ved tilskud af kraftfoder under hhv. afgræsning (Peyraud & Gonzales-Rodriguez, 2000) og staldfodring (Faverdin, et al., 1991).

I Tabel 11.3 er opsummeret en oversigt over de mest betydende faktorer, der påvirker effekten på ydelsen, kg mælk pr. kg tilskudsfoder, ved suppleringsfoder til afgræsning. Faktorerne i tabellen er ikke additive, og de angivne værdier skal opfattes som et bud på variationen i effekten, når værdien varierer inden for det angivne variationsområde, f.eks. antages det, at et kg tilskudsfoder vil øge ydelsen med 0,9 kg mælk ved en græshøjde på 6 cm, men kun 0,3 kg mælk, når græshøjden er 9 cm. Faktorerne kan opdeles i forhold knyttet til græsset/marken, køen eller suppleringsfoderet, og det gælder generelt, at effekten er størst, når der er mest behov for øget energioptagelse. Inden for de angivne variationsområder kan det antages, at ændringen i effekten er retlinjet.

Tabel 11.3 Forhold der påvirker effekten af suppleringsfoder under afgræsning, kg mælk pr. kg tørstof i tilskudsfoder

Faktor	Enhed	Variations- bredde	Effekt, kg mælk pr. kg TS-tilskud
Græstilbud	græshøjde, cm – storfold	6 - 9 4 - 6	0,9 - 0,3 0,4 - 0,8
Sæson	måned	maj-oktober	0,4 - 0,7
Græskvalitet			
- blade/stængel	% grønne blade	50 - 80	0,7 - 0,3
- energikoncentration	% ford. org. stof	65 - 85	0,9 - 0,3
Græsoptagelse	FE pr. ko dagligt	2 - 14	0,7 - 0,3
Energibalance	FE pr. ko dagligt	-2 - +2	0,8 - 0,5
Mælkeydelse	kg EKM pr. ko dagligt ved udb.	20 - 40	0,2 - 1,2
Tilskudsfoder			
- niveau	FE tilskud pr. ko dagligt	2 - 10	0,8 - -0,2
- energikoncentration	% ford. org. stof	65 - 90	-0,4 - 1,0

De viste effekter skyldes primært, at tilskuddet påvirker optagelsen af græsset, enten via koens foderoptagelsesregulering eller via en indflydelse på koens ædeadfærd/-motivation. Herudover vil der kunne forekomme situationer, hvor udnyttelsen af det optagne foder påvirkes pga. en u hensigtsmæssig sammensætning af foderrationen, f.eks. et lavt strukturindhold eller overskud af protein.

Type af suppleringsfoder

Suppleringsfoderet kan opdeles i to hovedgrupper; dels koncentreret foder som korn og kraftfoder, dels strukturigt foder som ensilage og hø. En væsentlig forskel på de to hovedgrupper er deres indflydelse på den samlede tørstofoptagelse. I næsten alle forsøg med strukturigt suppleringsfoder tildelt ved afgræsning er der fundet en lavere total energioptagelse end med afgræsning alene (Phillips, 1988), dog har anvendelse af majsensilage i nogle forsøg øget den samlede

energioptagelse (Valk, 1994). Ved anvendelse af koncentreret foder som supplerings ses typisk en forøgelse af den samlede energioptagelse.

Niveau af tilskud

Effekten af tilskud aftager generelt med stigende mængde (Stockdale, 1987; Reeves, et al., 1996; Kristensen & Aaes, 1999). Peyraud & Gonzales-Rodriguez (2000) angiver et typisk niveau på 1 kg mælk pr. kg tilskud op til ca. 3 kg tørstof faldende til 0,35 kg mælk pr. kg tilskud fra 5 til 6 kg tørstof. I danske forsøg er der typisk fundet lidt højere udslag (Aaes & Kristensen, 1994; Kristensen & Aaes, 1999), som vist i Tabel 11.4, hvor tilskuddet blev øget fra 4,5 til 7,6 kg tørstof (tilskudsfoder og ensilage) ved stigende tildeling af korn. De større udslag skyldes sandsynligvis et generelt højere produktionsniveau i stalden end i de fleste udenlandske undersøgelser.

Table 11.4 Mælkeproduktion ved afgræsning i reguleret storfold med stigende mængde suppleringsfoder (Kristensen & Aaes, 1999)

Suppleringsfoder, kg TS		Mælk, kg	EKM, kg	fedt, %	protein, %	urea, mmol/l	tilvækst, g
Konc.	Ensilage						
3,3	1,2	22,2	22,0	4,02	3,34	5,15	108
5,1	1,2	23,6	23,1	3,90	3,30	4,88	160
6,4	1,2	23,4	22,4	3,75	3,34	4,44	204

Energikilde

Græssets høje proteinindhold betyder, at suppleringsfoderet ofte vælges således, at det har et højt indhold af sukker/stivelse og fordøjelige cellevægsstoffer. Cellevægsholdige fodermidler kan have en bedre effekt end stivelsesholdige fodermidler, når de indgår i større mængder, over 4 kg tørstof (Kristensen, 1983; Søgaard & Aaes, 1996), hvilket sandsynligvis skyldes, at det samlede niveau af sukker fra græsset og stivelse fra tilskudsfoderet har en negativ indflydelse på vomomsætningen. Udviklingen i mælkens fedtindhold i Tabel 11.4 er typisk for forsøg med stigende mængder af stivelsesholdige fodermidler.

Proteinforsyning

I rationer, hvor græs udgør over halvdelen af den samlede tørstofoptagelse, vil der ofte være en beregnet underforsyning med AAT i et omfang, der normalt forventes at påvirke produktionen negativt (Kristensen, 1997b). Det lave indhold af AAT i rationen skyldes græssets høje indhold af protein kombineret med en høj proteinnedbrydning i vommen. Samtidig er indholdet af fordøjelige kulhydrater lavt, og en høj fordøjelighed af det organiske stof betyder få kg tørstof pr. FE.

I produktionsforsøg under afgræsning er der imidlertid ofte ikke fundet nogen effekt af at give tilskudsfoder med et stigende indhold

af AAT (Kristensen, 1983; Søgaard & Aaes, 1996). Ved tildeling af små mængder tilskudsfoder, under 2 kg tørstof, fandt O'Mara et al. (2000) dog et positivt udslag for at tildele fiskemel i forhold til roepiller. Dette tyder på, at der i nogle situationer er behov for en vis mængde unedbrudt protein. I situationer, hvor øget AAT-indhold er opnået ved at erstatte stivelsesrige fodermidler med mere proteinrige fodermidler, er der i nogle forsøg fundet en tendens til øget mælkeproduktion ved det høje niveau af AAT (Kristensen, 1983; Aaes & Kristensen, 1994; Aaes & Kristensen, 1997). Aaes & Kristensen (1994) fandt, at denne effekt var mest udtalt i forsommeren, hvor køerne samtidig var kortest fra kælvning. Kristensen (1983) fandt ikke nogen sæsonvirkning, hvilket kan skyldes, at dette forsøg først startede efter første slæt græs, og at køerne i gennemsnit var længere fra kælvning. I en omfattende forsøgsrække på fem gårde, med i alt 536 køer, fandt Kristensen & Aaes (1998), at sæson var uden betydning for ydelsesresponsen ved forskellige AAT-niveauer, men en tendens til, at køerne i tidlig laktation havde et højere respons end senere i laktationen. De generelle udslag for niveau af AAT i suppleringsfoderet i undersøgelsen af Kristensen & Aaes (1998), hvor tildeling af suppleringsfoder på de fem gårde varierede fra 5 til 9 kg tørstof, er vist i Tabel 11.5.

Tabel 11.5 Mælkeproduktion, mælkens sammensætning og reproduktionsresultater ved til-delning af suppleringsfoder med højt eller lavt indhold af AAT ved afgræsning i reguleret storfold, gns. fra fem gårde. (Kristensen & Aaes, 1998)

Variabel	AAT-niveau i suppleringsfoderet		
	Højt (90-107g AAT/FE)	Lavt (82-90g AAT/FE)	Høj-Lav
Mælk, kg	21,5	21,2	0,3
Fedt, g	926	897	29
Protein, g	743	742	1
EKM, kg	22,4	21,9	0,5
Fedt, %	4,41	4,33	0,08
Protein, %	3,52	3,55	-0,03
Urea, ml mol/l	5,94	5,91	0,03
Dage til 1. ins	67	53	14
Kælvningsinterval	385	365	20

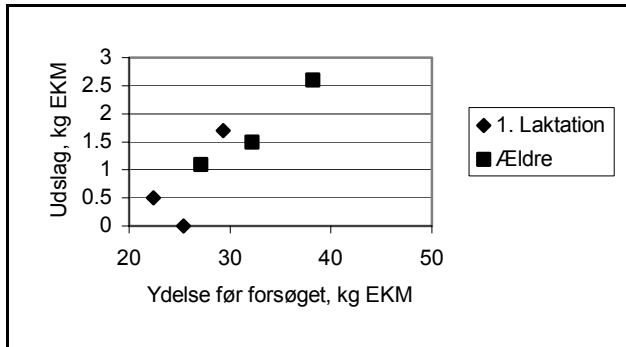
Årsagen til de bedre reproduktionsresultater ved det lave indhold af AAT kan skyldes en forskel i mobiliseringen. Netop i perioden umiddelbart efter kælvning var der en tendens til lavere ydelse for køerne på det lave AAT-niveau, hvilket kan have medvirket til en lavere mobilisering og dermed påvirket køernes reproduktion positivt.

På basis af forsøgene konkluderes det, at ved valg af tilskudsfoder til køer, er der vide rammer for tilskudsfoderets indhold af AAT/PBV, mens der skal tages hensyn til den samlede rations indhold af let omsættelige kulhydrater for at undgå negativ indflydelse på køernes mælkeproduktion. Såfremt det er praktisk muligt, skal det dog tilstræbes at sikre køerne i tidlig laktation en forsyning med AAT fra tilskudsfoderet svarende til mindst normen pr. FE til mælkeproduktion (Kristensen & Aaes, 1998).

Synkronisering af protein- og kulhydratforsyningen

Den betydelige forskel i næringsstofindholdet mellem græsset og suppleringsfoderet

betyder, at køerne er nødsaget til at recirkulere overskudskvælstof fra afgræsningsperioden til staldfodringsperioden for at sikre en optimal protein- og kulhydratudnyttelse. Såfremt der udelukkende afgræsses et halvdøgn og staldfodres det andet halvdøgn, vil det være betydelige mængder af N, der via leveren skal recirkuleres til vommen i stalddperioden. Hvelplund et al. (1999) har vist, at selv ved ekstreme forskelle i staldfoderets indhold af N faldt ammoniakkoncentrationen ikke under et kritisk niveau (10mg/100 ml) hos lavtydende køer. Nielsen et al. (2003) fandt en lavere mælkeydelse, 2,1 kg EKM i gennemsnit for køer i de første 36 uger efter kælvning, ved suppleringsfoder med et lavt indhold af N, i forhold til en ration, hvor staldfoderet var selvstændigt afstemt. Som det fremgår af Figur 11.4, var det specielt køerne med en høj ydelse ved starten af forsøget, som ydelsesmæssigt blev påvirket ved det lave niveau af protein i suppleringsfoderet.



Figur 11.4 Forskel i mælkeydelse ved suppleringsmed normalt niveau af protein (7 g PBV pr. FE) og et lavt niveau (-49 g PBV pr. FE) ved afgræsning i et halvdøgn, kg EKM.

Koen

Effekten af tilskud på den daglige ydelse øges med køernes ydelsesniveau. Hoden et al. (1991) fandt, at effekten af 3,2 kg kraftfoder blev øget med 0,21 kg mælk, for hvert kg ydelsen oversteg 22 kg mælk ved udbinding. Lean et al. (1996) angiver, at den største effekt ved tilskud ofte ses i midt- og senlaktationen, hvilket dog kan forklares med et sammenfald mellem sen afgræsningsæson og sen laktation. Kristensen & Aaes (1999) fandt således, at $\frac{3}{4}$ af ydelsesforskellen gennem afgræsningsperioden mellem højt og lavt niveau af suppleringsfoder kunne forklares ud fra forskelle i sæsonen.

Græsmarken

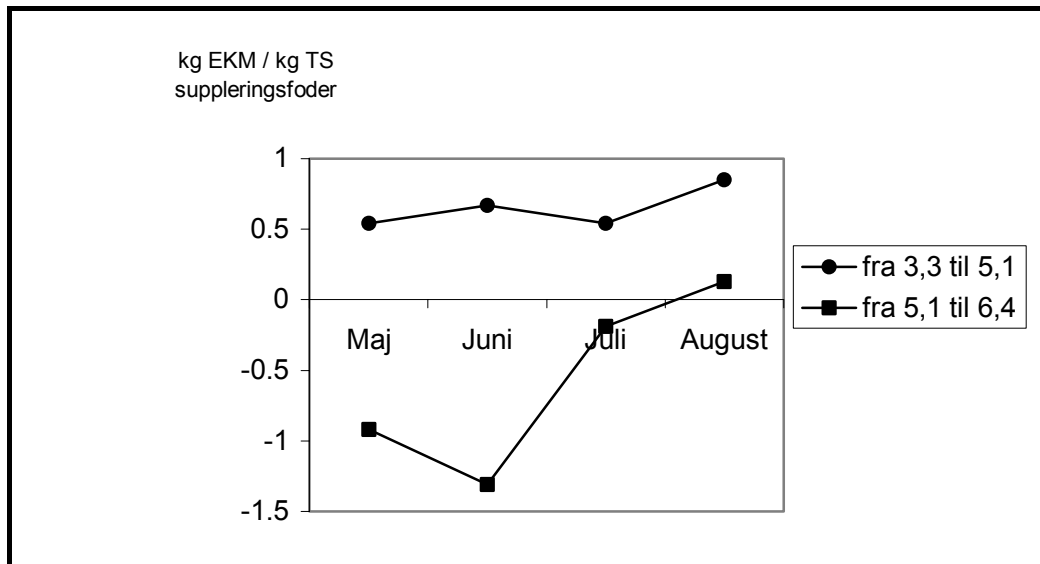
I situationer med restriktiv adgang til græs via et nedsat tilbud eller begrænset opholdstid på græsarealet kan der forventes en øget positiv effekt af såvel strukturfoder som koncentreret foder på den totale optagelse. Meijs & Hoekstra (1984) fandt således, at marginalproduktionen ved tildeling af kraftfoder blev fordoblet, når koens daglige

græstilbud ved rotationsgræsning blev reduceret fra 30 til 20 kg tørstof. I forsøg, hvor køerne afgræssede i storfolde med varierende græshøjde, fandt Rook et al. (1994b) imidlertid, at marginaleffekten af tilskudsfoeder var lavere ved lavt græstilbud, 4 cm græshøjde, end ved højt tilbud, 6 og 8 cm. Tilsvarende effekt af suppleringsfoder ved reduceret græstilbud i storfolde kan udledes fra Caird & Holmes (1986). Disse effekter er sandsynligvis knyttet til dyrenes adfærd, idet græsningstiden faldt markant ved suppleringsmed det lave græstilbud.

Sæsoneffekt

Tidspunktet i året påvirker generelt køernes produktionsniveau, og udsvingene er mest markante ved afgræsning (Eskesen, 1996; Kristensen et al., 1986). Køernes produktion i efteråret er selv under velstyrede afgræsningsforhold ca. 2 kg EKM lavere end i forsommeren. Ligeledes er der et betydeligt udsving i køernes vægt gennem afgræsnings-sæsonen. Ved udbinding ses typisk et vægttab på ca. 5 %, hvilket primært kan tilskrives ændringer i vomfylde, hvorfor vægttabet langsomt genvindes i løbet af afgræsnings-sæsonen (Kristensen et al., 1986; Søegaard & Aaes, 1996). I Figur 11.5 er vist effekten gennem sæsonen ved to forskellige niveauer af tilskudsfoeder tildelt til køer, der afgræssede i storfold med et ensartet græstilbud i hele perioden (Kristensen & Aaes, 1999).

Effekten af suppleringsfoder øges gennem sæsonen, således at der kan forventes ca. samme marginaleffekt, når tilskuddet øges med 1 kg tørstof pr. måned fra maj til oktober (Leaver, 1982; Kristensen & Aaes, 1999).



Figur 11.5 Marginal mælkeproduktion gennem sæsonen ved stigende andel af suppleringsfoder til afgræsning (Kristensen & Aaes, 1999).

11.5 Planlægning og styring af afgræsningen

I de foregående afsnit er grundlaget for planlægningen beskrevet. Hensigten med dette afsnit er at beskrive en metode, der er afprøvet i praksis til at overføre denne viden til et samlet koncept for planlægning, kontrol og styring af malkekøernes afgræsning. Det forudsættes, at arealet til afgræsning, afgræsningssystem og køernes ønskede produktionsniveau er fastlagt ved en mere driftsorienteret optimering.

En hensigtsmæssig udnyttelse af græsmarken ved afgræsning må baseres på et styringssystem, hvor planlægning, måling og kontrol tilgodeser de væsentligste problemområder. Græsvæksten og -arealet varierer typisk over sæsonen, og der er betydelige, årlige variationer i vækstbetingelserne. Ved afgræsning er markens og koens produktion afhængige bl.a. via afgræsningsintensiteten. Samtidig kan markens nettoudbytte kun måles indirekte via koens produktion. Det er således nødvendigt at inddrage såvel græsmarken som koen i et system for at undgå fejlagtige beslutninger.

Planlægning

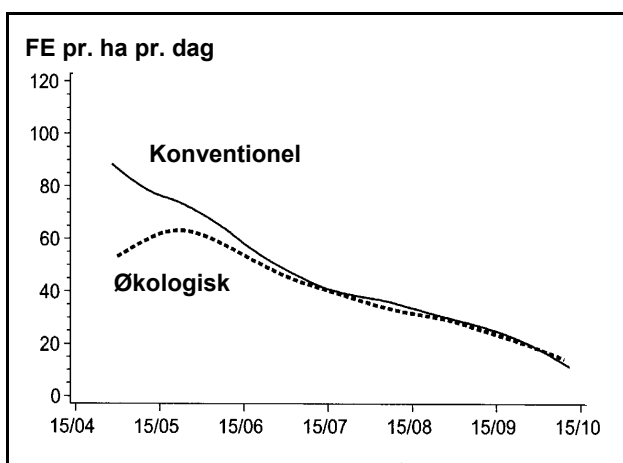
Den sæsonmæssige variation i den daglige græsvækst samt størrelsen af græsarealet på bedriften indgår i den taktiske planlægning ved, at afgræsningsperioden opdeles i perioder, hvor den daglige græsvækst er nogenlunde konstant. Det endelige antal og længden af de enkelte perioder afstemmes efter forventede muligheder for naturlige arealjusteringer på den enkelte bedrift. Det er væsentligt at understrege, at den taktiske planlægning er underlagt de betydelige, årlige variationer i græsvæksten og derfor ikke må laves unødvendigt detaljeret. Planlægningens formål er at sikre en fornuftig opstart af afgræsningen og støtte driftslederens planlægning af sæsonens forløb før opstart på udnyttelsen.

Et væsentligt element i planlægningen er at opstille alternative planer for arealbenyttelse, og ikke mindst tilskudsfoder, når græsvæksten afviger fra det planlagte. Disse planer danner grundlag for, at driftslederen kan foretage daglige justeringer i græsudnyttelse i løbet af vækstperioden, uden at mælkeproduktionen påvirkes negativt.

Græsmarkens produktion

De sæson- og årsmæssige variationer i græsvæksten medfører, at den daglige græsvækst kun kan forudsiges med betydelig usikkerhed. Græsvæksten varierer betydeligt over sæsonen blandt andet som følge af variation i solindstråling, temperatur og nedbør. Græsvæksten er høj i foråret og falder jævnt hen gennem sæsonen. Vækstprofilen kan påvirkes via kvælstofgødsning, tidlighed af græssorter og kløverandel. Til afgræsning på sædskiftearealer benyttes hovedsageligt blandinger af almindelig rajgræs og hvidkløver. Middeltidlige og sildige sorter af almindeligt rajgræs er mest velegnede til afgræsning, fordi de giver en mere jævn vækstprofil og reducerer tendensen til stængelsætning. Hvidkløver medvirker ligeledes til at udjævne vækstprofilen.

Figur 11.6 viser den gennemsnitlige udnyttede græsvækst pr. ha pr. dag på konventionelle og økologiske bedrifter i årene 1996-2000. Generelt falder udbyttet pr. ha fra 70-80 FE dagligt i maj til under 20 FE i efteråret.



Figur 11.6 Gennemsnitlig udnyttet græsvækst på henholdsvis konventionelle og økologiske kvægbrug i årene 1996-2000.

Målingerne er foretaget på kvægbrug, hvor køerne hovedsageligt har græsset på sædskiftearealer. Forskellen mellem de konventionelle og økologiske kvægbrug kommer især til udtryk i starten af afgræsningssæsonen.

Skema til planlægning

I Figur 11.7 er vist et skema til planlægning baseret på ideer fra Kristensen & Jensen (1989) og Kristensen (1994).

Ud fra viden omkring græsmarken fastlægges den forventede tilvækstprofil gennem sæsonen som grundlag for en beregning af den samlede forventede daglige græsvækst i de fire planlægningsperioder. Det forventede antal køer noteres, og den forventede græsoptagelse pr. ko fastlægges dagligt. Der foretages herefter en afstemning mellem græsbehov (antal køer x forventet FE græs pr. ko dagligt) og areal til afgræsning. Areal til afgræsning skal typisk afstemmes efter de praktiske muligheder på den enkelte bedrift. Det resterende græsareal angives til slæt med et forventet udbytte.

Foderrationen afstemmes med supplerende staldfoder. I Tabel 11.6 er angivet forslag til foderrationer til køer i strategiperioden. Det optimale foderniveau fastlægges som angivet i kapitel 16, dog således, at der desuden skal tages hensyn til de omtalte sammenhænge mellem markens og staldens produktivitet. Det er vigtigt, at mængden af suppleringsfoder reguleres over sæsonen, i overensstemmelse med det stigende marginale udbytte af tilskudsfoder gennem sæsonen, som fremgik af Figur 11.3. Forslaget til regulering, vist i Figur 11.8, er baseret på ens græstilbud i hele sæsonen.

Sommerfoderplan til malkekøer

Ydelseskapacitet 8000 Kg EKM Race SDM Niveau strategiperiode 17.8 FE

Græssystem reg.storfold Græstype Økologisk kl. græs Jordtype vandet sand

Græsproduktion

Periode	maj- 10/6	11/6 - 25/7	26/7 - 25/8	26/8 - 15/10	Forventet udbytte FE pr. ha
Græsmark, ha	Udnyttet græsvækst, FE pr. ha daglig				
1 års kl. græs 12 ha	70 / slæt	50 / køer	25 / køer	15 / køer	6000
2 års kl. græs 18 ha	60 / køer	50 /køer og slæt	20 / køer	15 / køer	5400
Byg/ært helsæd 12 ha				20 / køer	1000

Kons. Ha á FE/ha	Græs	12 ha a 2800	10 ha a 2500			58600
	Helsæd			12 ha a 4500		54000
Afgræs FE/dag	Til rådighed	1080	1000	660	690	
	Behov	1080	990	680	680	

Fodermiddel	Foderplan FE pr. ko daglig				Pr. årsko
Antal køer	90	90	85	85	
Græs	12	11	8	8	1600
Ensilage			3	2	190
Koncentreret	5.8	6,8	6,8	7,8	

Mælkeproduktion forventet kg/dag					
	2150	1950	1800	1775	

Regulering ved afvigende græstilbud, FE pr. ko daglig

Fodermiddel	roepiller	roepiller	ensilage	korn	
Overskud	- 1 FE	- 1 FE	- 1 til 2 FE	- 1 FE	
Mangel	+ 1 FE	+ 1 FE	+ 1 FE	+ 1 FE	

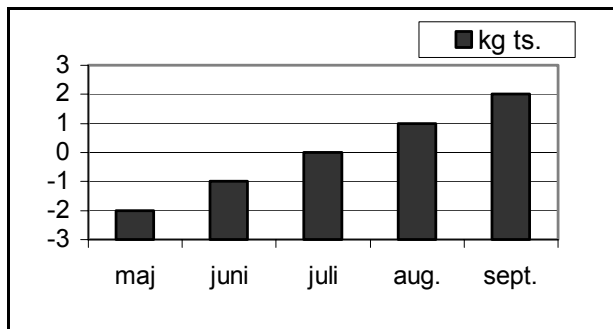
Bemærkninger:

Figur 11.7 Eksempler på sommerfoderplan til malkekøer.

Tabel 11.6 Forslag til foderrationer i strategiperioden (1-24 u.e.k.) afhængig af den forventede græsoptagelse, FE pr. ko dagligt

Fodermiddel	FE pr. ko dagligt									
Kløvergræs	12	12	12	12	9	9	9	5	5	5
Rapskage			1			1	2	2	1	2
Byg	3,5	1,5	3,5	3,5	3,5	1,5	4	3		3
Sojaskaller	3	2			3	2		1	3,5	1
Roepiller		3	2	2	2	3	2,5	3,5	2	3,5
Græspiller				1	1	2			3	
Helsædsensilage								4	4	4
I alt	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5

Forudsætninger: Tunge racer, 8500 kg EKM pr. årsko; ved 5 FE afgræsning kun halvdøgnsafgræsning.



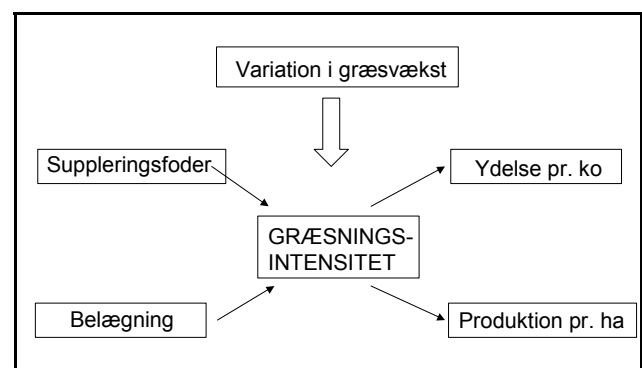
Figur 11.8 Illustration af regulering i tilskudsfodermængden over sæsonen, ved ens græstilbud, til sikring af samme totale foderoptagelse.

Et vigtigt element i planlægningen er at angive ændringer i fodringen, når græsvæksten afviger fra det planlagte. Der bør laves planer, som dækker en afvigelse på +/-20 procent i den daglige græsvækst (Kristensen, 1994). I praksis er det fundet, at løbende justeringer i arealet sjældent benyttes til at tilpasse udnyttelsen, mens reguleringer i fodertildelingen blev foretaget som gns. 4,6 gange i løbet af sæsonen (Kristensen, 1994). Endelig angives den forventede mælkeproduktion i løbet af sommeren. Et systematisk udarbejdet planlægningskema giver et sær-

deles godt grundlag for den løbende styring af græsmarkerne.

Styring

Målsætningen med græsmarksstyringen er at styre græsningsintensiteten således, at den planlagte mælkeproduktion opnås ved det størst mulige græsmarksudbytte. Græsningsintensiteten er krumtappen i systemet, idet den kan styres via mængden af suppleringsfoder og arealet, der afgræsses, og samtidig påvirker græsningsintensiteten, dels mælkeproduktionen pr. ko, dels græsmarkens nettoudbytte pr. ha, se Figur 11.9.



Figur 11.9 Illustration af styringsprincippet ved afgræsning.

Kontrol

Kontrol af den daglige græsvækst kan foretages ved at registrere tilskudsfoder og anvendt areal samt mælkeproduktion. Under antagelse af en given foderudnyttelse kan det samlede foderbehov beregnes, hvorefter udnyttet græsvækst beregnes som forskellen mellem foderbehov og tildelt tilskudsfoder (Kristensen & Jensen, 1989). Denne kontrol udtrykker udelukkende udnyttet græsvækst i relation til det planlagte, men intet om effektiviteten af græsmarksudnyttelsen under de givne forhold. Værdien af kontrollen skal derfor ses i relation til at forbedre de kommende års sæsonafhængige planlægning, idet der opnås en bedre viden om niveauet af græsvækst over sæsonen.

Kontrol af græsmarksudnyttelsens effektivitet tager udgangspunkt i græsningsintensiteten. Græsningsintensiteten måles ved hyppige registreringer af græsmarkens tilstand, afgræsningshøjde og andel buskgræs, således at græsningsintensiteten kan justeres ved selv små afvigelser fra det planlagte.

De normalt anbefalede græshøjder ved storfolds- og rotationsafgræsning og den maksimale mængde buskgræs ved reguleret storfold er vist i Tabel 11.7.

11.6 Ungdyr på græs

En meget stor andel af ungdyrene fra mælkekækvæget er på græs en større eller mindre del af deres opvækstperiode. Afgræsningen foregår typisk på mere marginale arealer, med meget varierende vækstbetingelser.

Målsætning

Som i staldperioden er målsætningen med ungdyrproduktionen under afgræsning at ”producere kælvekvier, der er sunde, og sikre at deres genetisk betingede ydelsespotentiale kan udnyttes fuldt ud” (Foldager et al., 1999). Det sikres ved, at tilvæksten styres

efter de retningslinjer, der er beskrevet af Sejrsen & Foldager (1999), som anbefaler en gennemsnitlig tilvækst for SDM-kvier på 700 g fra fødsel til kælvning. I forbindelse med afgræsning er forebyggelse af parasitære angreb og sommermastitis to væsentlige faktorer, ud over en styring af græstilbuddet til at sikre opfyldelse af denne målsætning.

Resultater

Potentialet for ungdyrenes tilvækst på græs overstiger de opstillede målsætninger. I forsøg med stude på kløvergræs er der således opnået tilvækster hos dyr i alderen 6 til 12 måneder på gennemsnitlig 850 g for SDM (Andersen et al., 2003). På engarealer er der for dyr i den tilsvarende aldersgruppe opnået tilvækster for SDM-kvier på gennemsnitlig 500 g og for stude på 450 g.

Resultaterne indikerer således, at det kan være nødvendigt med en restriktiv afgræsning på gode græsningsarealer for at undgå en for høj tilvækst. Resultater registreret på private bedrifter viser, at tilvæksten som gennemsnit for 10 gårde med SDM-kvier er på det planlagte niveau, 681 g daglig tilvækst, men at tilvæksten i afgræsningsperioden er væsentlig lavere, 561 g (Kristensen & Hindhede, 1993). Tilsvarende forskelle mellem afgræsnings- og staldperioden er fundet af Sørensen (1983). Vaarst, (1995) finder en tilvækst på 635 g dagligt hos ungdyr af tunge racer i økologiske besætninger, men med en betydelig variation inden for besætning. De 10 % af dyrene med den laveste tilvækst voksede således under 400 g dagligt, og de 10 % med højest tilvækst voksede over 950 g dagligt. I disse undersøgelser er græsningsbetingelserne ikke nærmere beskrevet.

De opnåede gennemsnitlige resultater og ikke mindst den betydelige variation mellem dyrene kan skyldes manglende styring af

græstilbuddet og kvaliteten, men også parasitære angreb og andre tilvækstnedsættende sygdomme.

Planlægning og styring

Arealbehovet til ungdyrene gennem sæsonen kan beregnes på tilsvarende vis, som beskrevet for køerne.

I Tabel 11.8 er vist eksempler på det nødvendige areal gennem afgræsningssæsonen ved forskellige typer af afgræsningsarealer og aldersgrupper af dyr. Der er forudsat en tilvækst på 400 g for jersey og 700 g for tunge racer. Disse oplysninger kan danne grundlaget for en overordnet planlægning af ungdyrenes afgræsning, men det er væsentligt, at den følges op af et løbende tilsyn og justeringer gennem afgræsningssæsonen.

Tabel 11.7 Anbefalede udvikling i græshøjder og buskgræs ved storfoldsgræsning, og græstilbud før og efter afgræsning i et rotationssystem

System	Reguleret storfold			Rotationsgræsning	
	Tæt græsmark, cm	Åben græsmark, cm	Max. buskgræs, %	Før afgræsning, cm	Efter afgræsning, cm
0-8	6	8	5	10-18	6
8-16	5	7	15	12-15	7
Ved indbinding	6	6	15	-	6

Tabel 11.8 Arealkrav til ungdyr gennem afgræsningssæsonen ved afhængig af jordtype, dyrenes race og vægt ved udbinding

Race (g daglig tilvækst.)		Jersey (500)			Tunge (700)		
Vægt ved udbinding, kg		100	250	400	100	300	500
Jordtype	Måned	Arealbehov, ha pr. 10 dyr			Arealbehov, ha pr. 10 dyr		
eng (1800 FE) ²⁾	maj (25) ¹⁾	0,70	1,12	1,47	1,34	2,00	2,69
	juli (20)	1,10	1,47	1,89	1,66	2,67	3,53
	sept (5)	4,20	6,16	7,84	7,62	11,45	14,81
overdrev (2500 FE)	maj (35)	0,50	0,80	1,05	0,81	1,42	1,92
	juli (15)	1,50	1,96	2,52	2,22	3,56	4,70
	sept (10)	2,10	3,08	3,92	3,81	5,73	7,41
sædskifte (6500 FE)	maj (70)	0,25	0,40	0,52	0,41	0,71	0,96
	juli (40)	0,48	0,73	0,95	0,83	1,34	1,76
	sept (20)	1,16	1,54	1,96	1,90	2,86	3,70

Forudsætninger: Foderbehov beregnet ud fra Strudsholm et al. (1999) med et tillæg på 10 pct. Udbinding; eng 20/5, overdrev 10/5, sædskifte 1/5.

¹⁾ daglig udnyttet græsvækst FE pr. ha

²⁾ årlig udnyttet græsvækst FE pr. ha.

Ved afgræsning går dyrene ofte i flokke med en stor aldersspredning, hvilket kan påvirke tilvæksten. Hindhede et al. (1999) finder dog i undersøgelser på stald, at tilvæksten kan styres i grupper, der tildeles fuldfoder. Ud fra en vurdering af foderbehovet er der således ikke behov for at opdele dyrene i mindre, mere homogene aldersgrupper.

11.7 Konklusion

Kvægets adgang til afgræsning opfattes generelt som positivt for såvel dyrene som kvægbrugeren, men det kræver en forståelse af de grundlæggende forhold, der påvirker samspillet mellem dyrenes græsoptagelse og produktion samt udnyttelsen af græsvæksten over sæsonen.

Afgræsningen kan foregå enten ved storfoldsafgræsning eller rotationsafgræsning. Forskellen mellem afgræsningssystemer kan udtrykkes, dels i hviletiden mellem to afgræsninger og dels i opholdstiden i samme fold. I forsøg er det dokumenteret, at produktionen pr. ko eller pr. ha generelt ikke er afhængig af afgræsningssystem. Derimod har planlægningen og styringen af afgræsningen betydelig indflydelse på den opnåede produktion inden for et givet system. Der præsenteres derfor en afprøvet metode til at håndtere planlægning og styring af den strategiske og operationelle græsmarksdrift.

Under afgræsning er det vanskeligt at måle dyrenes optagelse af græs, hvorfor den daglige styring tager udgangspunkt i græsmarkens tilstand og dyrenes produktion. Ved en samtidig vurdering af disse to faktorer kan det sikres, at der opnås den mest hensigtsmæssige udnyttelse af den potentielle græsvækst i forhold til den forventede animalske produktion.

Til forsøgsformål er der udviklet en række metoder, som estimerer græsoptagelsen ud fra planternes vækst, ud fra dyrets produktion eller målinger direkte på dyret, herunder registrering af vægt og tyggebevægelser samt fæcesmålinger. Nogle af metoderne egner sig til estimering af foderoptagelse over kort tid, andre over en længere periode.

Under praktiske forhold er det vist, at højtydende malkekøer kan optage op til ca. 14 FE græs dagligt under gunstige afgræsningsbetingelser. Set over en hel sæson kan der regnes med maksimalt 10 FE græs dagligt. Derfor er der behov for at tildele suppleringsfoder for at tilgodese den højtydende malkekøens energi- og næringsstofbehov. Produktion under afgræsning påvirkes af en række forhold, specielt dyrets produktionsniveau, græstilbuddet, tidspunktet på sæsonen og mængden af suppleringsfoderet.

11.8 Referencer

- Andersen, H.R., Kristensen, T., Bligaard, H.B., Madsen, N.T. & Nielsen, B. 2003. Produktionssystemer for kontinuert produktion af efterårsfødte stude. DJF-rapport nr. 48, Husdyrbrug, 90 pp.
- Anonym, 2000. Godt Landmandskab 2005. De Danske Landboforeninger - Dansk Familielandbrug, 30 pp.
- Anonymous, 2000. IGER Behaviour Recorder 2000. <http://www.ultrasoundadvice.co.uk/logger.html>.
- Breinhil, K.K. 1999. Estimering af optagelse, fordøjelighed og sammensætning af græsmarksafgrøder hos græssende svin og kvæg ved anvendelse af n-alkananalyse. M.Sc. Speciale, KVL 1999.
- Buckley, F., Dillon, P., Crosse, S., Flynn, F. & Rath, M. 2000. The performance of Holstein Frisian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding system. *Livest. Prod. Sci.* 64, 107-119.
- Caird, L. & Holmes, W. 1986. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *J. Agr. Sci., Camb.* 107, 43-54.

- Carrière, S. 2000. Photographic key for the micro-histological identification of some arctic vascular plants. Personlig medd.
- Cherney, D.J.R., Mertens, D.R., Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. 1998. Modelling grass utilization by dairy cattle. *Grass for dairy cattle* 351-371.
- Cosgrove, G.P., Anderson, C.B., Fletcher, R.H. & Woodfield, D.R. 1996. Do cattle exhibit a preference for white clover? White clover: New Zealand's competitive edge. Joint symposium, Lincoln University, New Zealand, 21-22 November, 1995. 1996, 83-88; Agronomy Society of New Zealand Special Publication No. 11, Grassland Research and Practice Series no. 6, also published by the New Zealand Grassland Association, Palmerston North, New Zealand.
- Cuartas, P. & Gonzalez, G.R. 1996. Review of available techniques for determining the diet of large herbivores from their faeces. *Oecologia Montana*. 5, 47-50.
- Davidson, T.M. & Elliott, R. 1993. Response of lactating cows to grain-based concentrates in northern Australia. *Tropical Grassland* 27, 229-237.
- Dove, H. 1996. Constraints to the modelling of diet selection and intake in the grazing ruminant. *Aust. J. Agr. Res.* 47, 257-275.
- Dove, H. & Mayes, R.W. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Aust. J. Agr. Res.* 42, 913-952.
- Dove, H. & Mayes, R.W. 1996. Plant wax components: A new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *J. Nutr.* 126, 13-26.
- Dynes, R.A. 1996. The animal: options for managing intake. *Aust. J. Agr. Res.* 47, 277-287.
- Edwards, N.J. & Parker, W.J. 1994. Increasing pr. cow milk solids production in a pasture-based dairy system by manipulation the diet: A review. *N. Z. Soc. Anim. Prod.* 54, 267-273.
- Eskesen, P. 1996. Sæsonvariation i mælkemængden og mælkens sammensætning under afgræsningsforhold. M.SC. Speciale, KVL, 103 pp.
- Faverdin, P., Dulphy, J.P., Coulun, J.P., Verité, R., Garel, J.P., Rouel, J. & Marquis B. 1991. Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 27, 137-156.
- Fischer, G.E.J., Roberts, D.J. & Dowdeswell, A.M. 1995. The manipulation of grass swards for summer-calving dairy cows. *Grass and Forage Sci.* Vol. 50, 424-438.
- Foldager, J., Fisker, I., Andersen, H.R. & Sejersen, K. 1999. Energi- og proteinforsyningens betydning for kviers vækst og udvikling. Intern rapport, DJF nr. 118, 75-81.
- Hakkila, M.D., Holechek, J.L., Wallace, J.D., Anderson, D.M., & Cardenas, M. 1987. Diet and forage intake of cattle on desert grassland range. *J. Range Manage.* 40, 339-342.
- Hameleers, A. & Mayes, R.W. 1998. The use of n-alkanes to estimate supplementary grass silage intake in grazing dairy cows. *J. Agr. Sci.* 131 Part 2, 205-209.
- Hannigan, N.A. & McNeill, D.M. 1998. Cattle preference for two genotypes of fresh leucaena following the manipulation of their tannin content with polyethylene glycol. 22nd Biennial Conference, University of New England, Armidale, New South Wales, Australia, 20-24 April 1998. *Animal Production in Australia. Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* 1998, 22, 401.
- Hansen, H.H. 2000. Diets of steers grazing riparian meadows in Denmark (unpublished).
- Harniss, R.O., Price, D.A. & Tomlin, D.C. 1975. Number of fistula samples needed for determination of sheep diet on sagebrush-grass range. *J. Range Manag.* 28, 417-419.
- Hindhede, J., Mogensen, L. & Sørensen, J.T. 1999. Opstaldningens indflydelse på kviers produktion. Intern rapport, DJF nr. 118, 82-91.
- Hoden, A., Peyraud, J.L., Muller, A., Delaby, L., Faverdin, P. with the collaboration of Peccatte, J.R. & Fargetton, M. 1991. Simplified rotational grazing management of dairy cows: Effects of rates of stocking and concentrate. *J. Agr. Sci. Camb.* 116, 417-428

- Holechek, J.L., Vavra, M. & Pieper, R.D. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: a review. *J. Range Manage.* 35, 309-315.
- Hoogendoorn, C.J., Holmes, C.W. & CHU, C.P. 1992. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 2. Milk production in late spring/summer: effects of grazing intensity during the preceding spring period. *Grass Forage Sci.* 47, 316-325.
- Hvelplund, T., Beck, H. & Weisbjerg, M.R. 1999. Proteinudnyttelse under afgræsning. Intern Rapport nr. 118, DJF, 41-48.
- Jensen, C.H. & Kristensen, T. 1998. Økologisk mælkeproduktion. Teknisk-økonomiske gærdresultater 1996-97. DJF Rapport-Husdyrbrug nr. 1, kap. 1, 5-94.
- Jensen, H.P., Gillen, R.L., & McCollum, F.T. 1990. Effects of herbage allowance on defoliation patterns of tall-grass prairie. *J. Range Manage.* 43, 401-406.
- Kristensen, E.S. 1983. Tilskudsfoder til malkekøer på græs. Beretning 552.. Statens Husdyrbrugsforsøg, kap. 6, 78-109.
- Kristensen, E.S. 1988a. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristics of intake by dairy cows as affected by grazing intensity. *Grass Forage Sci.* 43, 239-251.
- Kristensen, E.S. 1988b. Afgræsningsmetoder for malkekøer. In: Østergaard, V. & Hindhede, J. (eds.). Studier i kvægproduktionssystemer, Beretning 649, Statens Husdyrbrugsforsøg, 136-149.
- Kristensen, E.S., Henneberg, U. & Hindhede, J. 1986. Sommerfodringsystemets indflydelse på malkekøernes produktion og økonomi. Beretning 615. Statens Husdyrbrugsforsøg, kap 3, 26-51.
- Kristensen, E.S. & Jensen, M. 1989. Græsmarkens udnyttelse til mælkeproduktion - styring og produktionsresultater. I: Studier i kvægproduktionssystemer, Beretning 661, 15-53.
- Kristensen, T. 1994. Styring af afgræsningsarealet og køernes suppleringsfoder ved afgræsning i reguleret storfold. Statens Husdyrbrugsforsøg. Intern rapport nr. 27, 61-70.
- Kristensen, T. 1997a. Effektivitet og intensitet i malkekævbæbesætningen. Intern Rapport nr. 91, Statens Husdyrbrugsforsøg, 3-18.
- Kristensen, T. & Hindhede, J. 1993. Lavomkostnings-systemer i konventionel mælkeproduktion, teknisk-økonomiske gærdresultater 1992-93. 722. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg (red. T. Kristensen). Kap. 2, 12-73.
- Kristensen, T. & Aaes, O. 1998. Suppleringsfoder til malkekøer ved afgræsning i reguleret storfold. DJF Rapport Husdyrbrug, nr. 3, 39 pp.
- Kristensen, T. & Aaes, O. 1999. Interaction between level of concentrate supplement, season and stage of lactation on performance of dairy cows on pasture. *Acta Agr. Scand. Sect A.* 49, 1-11.
- Kristensen, V.F. 1997b. Optimal proteinforsyning. Intern Rapport nr. 88. Statens Husdyrbrugsforsøg, 46-55.
- Laca, E.A. & Wallis de Vries, M.F. 2000. Acoustic measurement of intake and grazing behavior of cattle. *Grass Forage Sci.* 55, 97-104.
- Lean, I.J., Parker, W.J. & Kellaway, R.C. 1996. Improving the efficiency of pasture-based dairy production. *Proc. New Zealand Society og Anim, Prod.* 56, 270-275.
- Leaver, J.D. 1982. Grass height as an indicator for supplementary feeding of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 37, 285-290.
- Malossini, F., Bovolenta, S., Piasentier, E., Piras, C. & Martillotti, F. 1996. Comparison of n-alkanes and chromium oxide methods for estimating herbage intake by grazing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 61, 155-165.
- Mandret, G. 1989. Regime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. III. Caracteres epidermiques des principales especes vegetales consommées au paturage : constitution d'un atlas de référence en vue de l' etude du regime alimentaire. *Revue d'Elevage et de Medecine Veterinaire des Pays Tropicaux (France).* 42, 237-243.
- Mayes, R.W. & Lamb, C.S. 1984. The possible use of n-alkanes in herbage as indigestible faecal markers. *Proceedings of the Nutrition Society.* 43, 39A.

- Mayes, R.W., Lamb, C.S. & Colgrove, P.M. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *J. Agr. Sci.* 107, 161-170.
- Mayne, C.S., Wriqth, I.A. & Fisher, G.E.J. 2000. Grassland Management under Grazing and Animal Response. In: *Grass Its Production and Utilization*, 247-291.
- Mcgilloway, D.A. & Mayne, C.S. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. In: *Recent advances in animal nutrition 1996*, 135-169.
- Meijs, J.A.C. 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass Forage Sci.* 41, 229-235.
- Meijs, J.A.C. & Hoekstra, J.A. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass Forage Sci.* 39, 59-66.
- Morley, F.H.W. (ed.) 1981. *Grazing animals*. 1981, xv + 411 pp.; *World Anim. Sci.*. Volume B1. Disciplinary approach.
- Newman, J.A., Thompson, W.A., Penning, P.D. & Mayes, R.W. 1995. Least-squares estimation of diet composition from n-alkanes in herbage and faeces using matrix mathematics. *Aust. J. Agr. Res.* 46, 793-805.
- Nielsen, N.M. & Kristensen, T. 2001. Malkekøernes kvælstof udskillelse og udnyttelse på private kvægbedrifter. *DJF Rapport Husdyr nr. 33*, 34 pp.
- Nielsen, N.M., Kristensen, T., Nørgaard, P. & Hansen, H. 2003. The effect of low protein supplementation to dairy cows grazing clover grass during half of the day. *Livest. Prod. Sci.* 81, 293-306.
- O'Mara, F.P., Murphly, J.J. & Rath, M. 2000. The effect of concentrate supplements differing in animal protein degradability on milk production and blood metabolic concentrates of dairy cows grazing perennial ryegrass pasture. *Livest. Prod. Sci.* 64, 183-191.
- Penning, P.D. & Hooper, G.E. 1985. An evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass Forage Sci.* 40, 79-84.
- Petersen-Dalum, J. 1949. *Fodringslære*. Det Danske Forlag, 311 pp.
- Peyraud, J.L., Comeron, E.A. & Wade, M.H. 1989. Some factors affecting herbage intake of high yielding dairy cows at grazing. XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1151-1152.
- Peyraud, J.P., Gonzalez-Rodriguez, A. 2000. Relations between grassproduction, supplementation and intake in grazing dairy cows. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Denmark, 22-25 may 2000, 269-282.
- Phillips, C.J.C. 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass Forage Sci.* 43, 215-230.
- Piasentier E., Bovolenta S., Malossini F., & Susmel P. 1995. Comparison of n-alkanes or chromium oxide methods for estimation of herbage intake by sheep. *Small Ruminant Res.* 18, 27-32.
- Popp, J.D., McCaughey, W.P., Thomas, L.R. & Cohen, R.D.H. 1999. Nutrient selection by cattle from grass and grass/legume pastures. *Can. J. Anim. Sci.* 79, 391-395.
- Poppi, D.P. 1996. Predictions of food intake in ruminants from analyses of food composition. *Aust. J. Agr. Res.* 47, 489-504.
- Provenza, F. 1996. A functional explanation for palatability. *Rangelands in a sustainable biosphere*. Salt Lake City, Utah, USA, 23-28 July, 1995. 5th. International Rangeland Congress 2, 123-125.
- Pulido, R. 1997. Interaction of Pasture Conditions, Concentrate Supplementation and Milk Yield Level in Relation to Dairy Cow Performance and Behaviour. Ph.D. Thesis, Wye College, University of London.
- Reeves, M., Fulkerson, W.J., Kellaway, R.C. & Dove, H. 1996. A comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture. *Aust. J. Exp. Agr.* 36, 23-30.
- Rook, A.J., Huckle, C.A. & Penning, P.D. 1994a. Effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 40, 101-112.

- Rook, A.J., Huckle, C.A. & Wilkins, R.J. 1994b. Effects of sward height and concentrate supplementation on the performance of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Anim. Prod.* 58, 167-172.
- Schleissner, C., Nørgaard, P., & Hansen, H.H. 1999. Discriminant analysis of patterns of jaw movement during rumination and eating in a cow. *Acta Agr. Scand.* 49, 251-259.
- Sejrsen, K. & Foldager, J. 1999. Kviens ydelseskapacitet i relation til variation i tilvæksten i opdrætningsperioden. Intern rapport, DJF nr. 118, 92-97.
- Sparks, D.R. & Malechek, J.C. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *J. Range Manage.* 21, 264-265.
- Stockdale, C.R., Callaghan, A. & Trigg, T.E. 1987. Feeding high energy supplements to pasture-fed dairy cows. Effects of stage of lactation and level of supplement. *Aust. J. Agr. Res.* 38, 927-940.
- Søgaard, K. 1994. Kombinationer af slæt og afgræsning i græs og kløvergræs. Kvalitet og kvalitetsstyring. Statens Planteavlsvforsøg, Rapport nr. 4, 71 pp.
- Søgaard, K. 2001. Personlig meddelelse. (Storfolksafgræsning - belyst ud fra forsøg og registreringer i praksis, Grovfoderseminar 2001, Landbrugets Rådgivningscenter).
- Søgaard, K. & Aaes, O. 1996. Afgræsning med malkekøer. Statens Planteavlsvforsøg. SP Rapport nr. 19, 13-24.
- Sørensen, J.T. 1983. Kviens vækstforløb, kælvningsalder og -vægt. Tunge racer 1978-1983. Beretning 552. Statens Husdyrbrugs Forsøg, Kap. 4, 64-73.
- Trinderup, M., Nielsen, L.A.H. & Lauritzen, U. 2001. Flere køer i løsdrift end i bindestalde. LK-meddelelse nr. 629, Landskontoret for Kvæg.
- Tulloch, A.P. 1976. "Chemistry of waxes of higher plants." In Kolattukudy PE, editor, *Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes*. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, 235-287.
- Ungar, E.D. 1996. Ingestive behavior. In: Hodgson & Illius (eds.). *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, 185-218.
- Valk, H. 1994. Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N-utilisation and milk production of dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 40, 241-250.
- Vaarst, M. 1995. Sundhed og sygdomshåndtering i danske økologiske malkekvægsbesætninger. Ph.D. afhandling, KVL, 152 pp.
- Aaes, O. & Kristensen, E.S. 1994. Virkning af N-gødning, græsningsintensitet og kraftfodertype og -mængde ved afgræsning i reguleret storfold. Intern rapport nr. 27. Statens Husdyrbrugsforsøg. 49-59.
- Aaes, O. & Kristensen, T. 1997. Proteinverdi af græs. Intern rapport nr. 88. Statens Husdyrbrugsforsøg. 30-45.

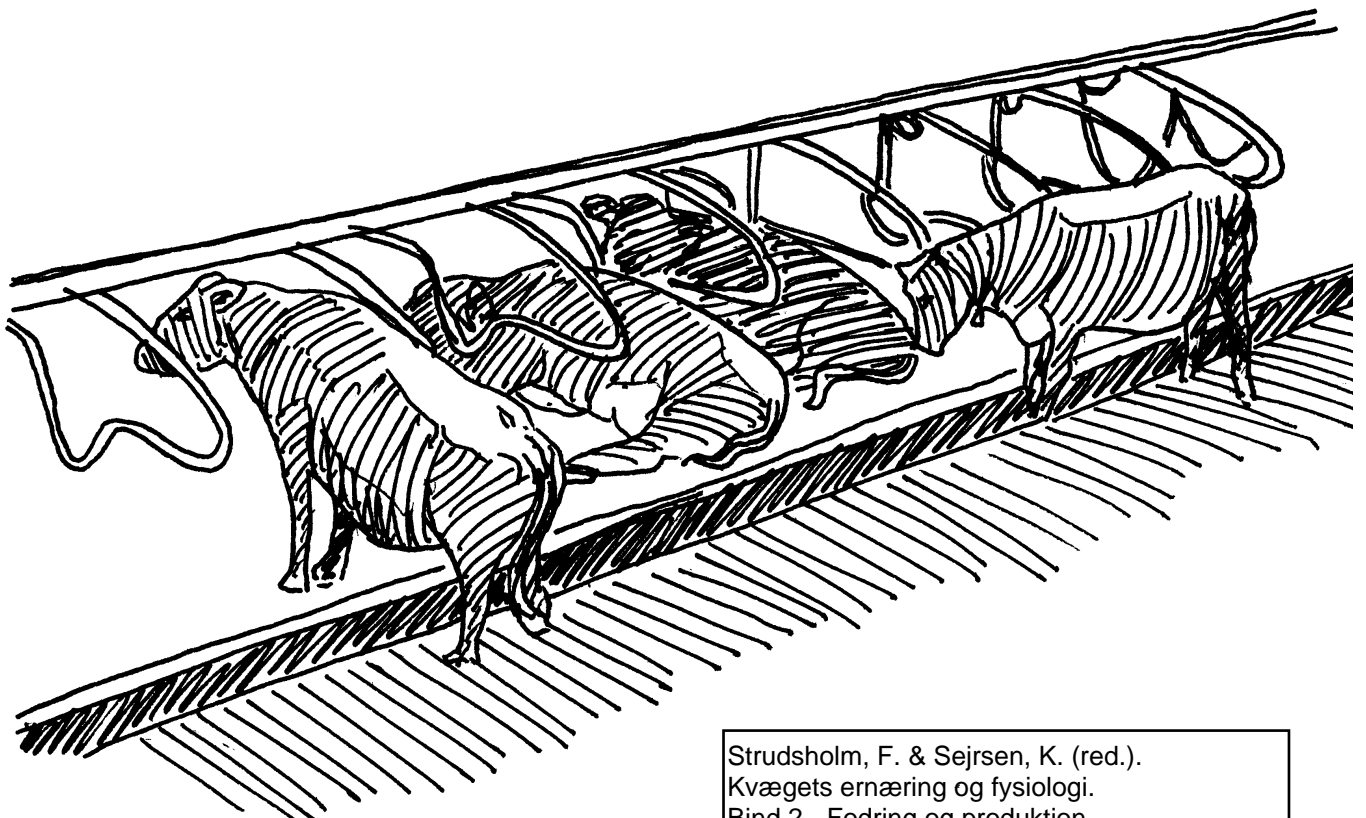
Forebyggelse af fodringsbetingede sygdomme hos malkekvæg

12

af Klaus Lønne Ingvarsten¹⁾, Hans Houe²⁾
og Peder Nørgaard²⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrsundhed og Velfærd,
Danmarks JordbrugsForskning og

²⁾ Inst. for Husdyrbrug og Husdyrsundhed,
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

12.1 Indledning

Sygdomsforekomst

I Danmark, som i det øvrige Skandinavien, registreres sygdomsbehandlinger af dyrlægerne i en national database. På basis af disse registreringer er det muligt at estimere sygdomsforekomsten målt som behandlingshyppigheden, som vist i Tabel 12.1 for de vigtigste sygdomme hos køer. Sammenlignet med tidligere opgørelser (Jørgensen & Nielsen, 1977; Andersen, 1991) synes der at være en reduktion i frekvensen af ketose,

fordøjelseslidelser og reproduktionslidelser. Imidlertid er sammenligninger over tid vanskelige, da der vil være forskelle i såvel definitioner, registreringer og opgørelsesmetoder. Behandlingsfrekvensen afhænger f.eks. af staldsystemet (Tabel 12.1). Det er dog næppe sandsynligt, at reproduktionsproblemerne er blevet mindre (Friggens, 2003). Den reducerede frekvens af f.eks. kælvningsfeber og ketose kan givetvis skyldes, at landmændene i højere grad end tidligere selv foretager forebyggende behandlinger.

Tabel 12.1 Sygdomsforekomst målt som behandlingsfrekvens af køer i bindestald og løsdrift (mod. e. Trinderup et al., 2001).

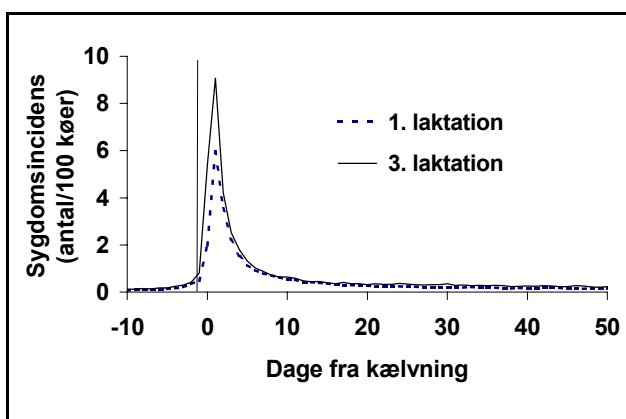
Sygdom	Behandlingsfrekvens, % af årskøer	
	Bindestald	Sengebåse
Kælvningsfeber	5,0 ^a	3,6 ^b
Ketose	1,7 ^a	0,9 ^b
Fordøjelseslidelser ¹⁾	4,6 ^a	3,5 ^b
Klov-/benlidelser ²⁾	5,7 ^a	8,2 ^b
Kælvningsassistance	1,3 ^a	1,0 ^b
Tilbageholdt efterbyrd	6,7	6,4
Reproduktionslidelser ³⁾	2,2 ^a	3,4 ^b
Klinisk mastitis	37,1 ^a	33,9 ^b

1) Løbedrejning, vomacidose, fremmedlegemer, tarmbetændelse, trommesyge, græsforgiftning, løbekatar, tarmbetændelse

2) Laminitis, såleknusning, klovspaltebetændelse, balleforrådnelse, klovbrandbylder, o.a.

3) Børbetændelse, cyster, inaktive æggestokke

a,b) Behandlingsfrekvenser inden for samme række markeret med forskelligt bogstav er signifikant forskellige ($P < 0,05$).



Langt størstedelen af sygdommene forekommer i perioden omkring kælvning, hvilket ses af Figur 12.1.

Figur 12.1 Sygdomsincidensen ift. kælvning for 1. og 3. kalvskøer. Den samlede sygdomsincidens omfatter summen af mastitis, ketose, fordøjelseslidelser og klov-/benlidelser og er opgjort på basis af køer i kvægdatabasen, der kælvende i 1998 ($n=93347$ og 58459 for 1. og 3. laktation (Ingvarsen et al., 2003a).

Stor variation i sygelighed mellem besætninger og dyr

Der er generelt stor variation i sygeligheden målt i forskellige undersøgelser eller besætninger. I Tabel 12.2 er den gennemsnitlige incidensrisiko på tværs af forskellige opgørelser og variationen (laveste og højeste incidens) vist. Dataene i tabellen stammer fra oversigtsartikler baseret på den internationale litteratur, der fokuserer på registrering og beregning af sygdomsforekomst (Kelton et al., 1998), sammenhænge mellem ydelse og risikoen for produktionssygdomme (Ingvarstsen et al., 2003a) samt sygdomsforekomst i meget højtydende besætninger (Jordan & Fourdraine, 1993).

Af Tabel 12.2 fremgår det, at der er en meget stor variation i sygdomsrisikoen for forskellige sygdomme, herunder lidelser i forbindelse med overgang til ny laktation (mælkefeber, ketose, løbedrejning, tilbageholdt efterbyrd, børbetændelse). Hvis der ses bort fra enkelte meget høje incidensrisikoer for mælkefeber rapporteret af Kelton et al. (1998) og incidensrisikoen på 60 % for klov-/benlidelser rapporteret af Van-Dorp et al. (1998), er de gennemsnitlige incidensrisikoer og variationer for de enkelte produktionssygdomme rapporteret af Ingvarstsen et al. (2003a; 2003b) og Kelton et al. (1998) på nogenlunde samme niveau.

Tabel 12.2 Gennemsnit og variation i incidensrisikoen af produktionssygdomme hos malkekøer i normalt ydende besætninger (Kelton et al., 1998; Ingvarstsen et al., 2003a) og i meget højtydende besætninger (gns. 11000 kg mælk pr. ko årligt) (Jordan & Fourdraine, 1993)

Sygdom	Ingvarstsen et al., 2003*	Kelton et al., 1998	Jordan & Fourdraine, 1993
Mælkefeber	4,6 % (0,2-8,9 %), n=17	6,5 % (0,03-22,3 %), n=33	7,2 % (0-44,1 %), n=61
Ketose	4,1 % (1,6-10,0 %), n=17	4,8 % (1,3-18,3 %), n=36	3,7 % (0-20 %), n=61
Løbedrejning	2,1 % (0,6-6,3 %), n=10	1,7 % (0,3-6,3 %), n=22	3,3 % (0-14 %), n=61
Klov-/benlidelser	14,7 % (1,8-60 %), n=7	7,0 % (1,8-30 %), n=39	
Tilbageholdt efterbyrd	7,8 % (3,1-13 %), n=13	8,6 % (1,3-39,2 %), n=50	9,0 % (0-22,6 %), n=61
Ovariecyster	8,9 % (3,1-12,4 %), n=14	8,0 % (1,0-16,1 %), n=44	13,5 % (0-58,8 %), n=61
Børbetændelse	10,8 % (2,2-43,8 %), n=17	10,1 % (2,2-37,3 %), n=43	12,8 % (0-66 %), n=61
Mastitis	17,6 % (2,8-39 %), n=25	14,2 % (1,7-54,6 %), n=62	

*) Studier udvalgt til undersøgelse af sammenhæng mellem ydelse og incidensen af produktionssygdomme.

Der har ofte været spekuleret på, om højtydende køer har en større risiko for produktions sygdomme, og om det kunne være en del af forklaringen på variationen i sygdomsfrekvens. Dette er dog ikke nødvendigvis tilfældet. For det første viser litteraturen kun, at der er en øget risiko for mastitis med øget fænotypisk og genetisk mælkeydelse, samt at selektion for øget mælkeydelse muligvis er positivt korreleret med risikoen for ketose og klov-/benlidelser (Ingvarstsen et al., 2000; Ingvarstsen et al., 2003a). For det andet forekommer den højeste risiko for produktions sygdomme, før køerne har nået deres maksimale dagsydelse. Ingvarstsen et al. (2003) har derfor konkluderet, at det næppe er ydelsen som sådan, der er årsagen til den høje incidensrisiko af produktions sygdomme omkring kælvning. En undersøgelse af sygdomsincidensen i 61 af de højestydende besætninger i USA i 1991 (Jordan & Fourdraine, 1993) synes at bekræfte dette, idet de havde tilsvarende incidensrisikoer, som rapporteret af Ingvarstsen et al. (2003) og Kelton et al. (1998) (Tabel 12.2). Interessant er det ligeledes, at variationen også var meget stor blandt de meget højtydende besætninger (Tabel 12.2). Ovennævnte repræsenterer besætningsvariationen, der jo er central i forebyggelsesmæssig sammenhæng. Mere interessant er dog den store variation mellem køer for visse fysiologiske indikatorer som f.eks. frie fedtsyrer, β -hydroxybutyrat og glukose, som også er afgørende indikatorer for visse produktions sygdomme så som f.eks. ketose (Ingvarstsen et al., 2000; Ingvarstsen et al., 2003a; Ingvarstsen et al., 2003c). Variationen mellem køer inden for en besætning kan bl.a. skyldes manglende evne hos køerne til at opretholde homeostasen for centrale fysiologiske og immunologiske parametre, hvilket kan være relateret til accelerationen i ydelsen i tidlig laktation (Ingvarstsen et al., 2000; Ingvarstsen et al., 2003a).

I de ovenstående afsnit er der fokuseret på behandlingshyppigheden. Det er dog ikke blot behandlingsfrekvensen af produktions sygdommene, der er vigtig – behandlingerne reflekterer blot ”toppen af isbjerget”. For mange af sygdommene kan der nemlig også være tale om subkliniske stadier. Subkliniske produktions sygdomme er karakteristiske ved, at dyrene ikke viser kliniske sygdomstegn, men produktionen kan være reduceret, ligesom dyrene har en større risiko for at udvikle kliniske symptomer.

Definitioner og fokus

Alle sygdomme nævnt ovenfor kan betegnes produktionsbetingede sygdomme, idet *produktions sygdomme* defineres som sygdomme, der er associeret til produktions system og produktionsniveau, og som har risikofaktorer, der relaterer til fodring, management, staldforhold eller selektion af avlsdyr. Alle produktions sygdomme er multifaktorielle, hvilket vil sige, at mange årsags- og risikofaktorer kan bidrage til, at sygdommen udvikles. Oftest vil risikofaktorer relaterende til både ernæring, management, genotype og staldsystem bidrage til sygdomsudviklingen. Dette gør det kompliceret at forstå og beskrive produktions sygdommens ætiologi, men til gengæld giver det også flere muligheder for forebyggelse af produktions sygdommene.

En væsentlig del af de produktionsbetingede sygdomme udgøres af de *fodringsbetingede eller ernæringsbetingede sygdomme*, der, som navnet siger, er sygdomme, der især er betinget af fodringen eller ernæringsstatus. De fodringsbetingede lidelser kan yderligere opdeles i to primære grupper, nemlig fordøjelseslidelser og stofskiftelidelser, herunder visse mangelsygdomme. *Fordøjelseslidelserne* omfatter en række lidelser, der relaterer til mave-tarmsystemet, bl.a. acidose, løbedrejning, leverbylder, trommesyge, diar-

re og fremmedlegemer. Blandt vore husdyr spiller stofskiftelidelser langt den største rolle hos drøvtyggere, mens disse lidelser kun forekommer sporadisk hos øvrige husdyr. De vigtigste *stofskiftelidelser* hos kvæg relaterer til fedt- og kulhydratstofskiftet samt mineralstofskiftet. Blandt de lidelser, der relaterer til fedt- og kulhydratstofskiftet, er fedtlever og ketose (hyperketonæmi), mens de hyppigste lidelser relaterende til mineralstofskiftet er mælkefeber (hypokalcæmi) og græstetani (græsforgiftning eller hypomagnesæmi).

Dette kapitel beskriver de fodringsbetingede lidelser, med fokus på vigtigste fordøjelselidelser og stofskiftelidelser, og hvorledes disse kan forebygges fodringsmæssigt. Da disse lidelser især forekommer omkring kælvning, gives der en kort gennemgang af den fysiologiske regulering og tilpasning omkring kælvning, der er afgørende for dyrenes fysiologiske status. *Fysiologisk status* defineres som de tilstande, dyrene er i til en given tid, f.eks. gold og 230 dage drægtig samt i positiv energibalace eller lakterende 7 dage efter kælvning og i negativ energibalace. Tidsfaktoren er vigtig, idet der f.eks. i sen drægtighed og tidlig laktation sker store ændringer i dyrenes fysiologiske status. Hensigten er at illustrere de betydelige omstillingsprocesser, der forekommer i forskellige organer og væv samt den altafgørende koordinering af disse processer. Herefter vil definition og symptomer, forekomst og risikofaktorer, *ætiologi* (læren om årsagen til sygdomme) og *patofysiologi* (læren om de processer, der foregår i forbindelse med sygdomme) samt muligheder for forebyggelse af udvalgte sygdomme blive gennemgået. Desværre er dokumentationen af forskellige metoder til forebyggelse af produktionssygdomme begrænset. Forslagene til

forebyggelse af de enkelte sygdomme er derfor især baseret på kendskab til sygdommenes risikofaktorer, ætiologi og patofysiologi.

12.2 Fysiologisk regulering og tilpasning omkring kælvning

Centrale processer og væv

Sidst i drægtigheden og i tidlig laktation ændres næringsstofbehovet ganske betydeligt. Næringsstofbehovet øges sidst i drægtigheden som følge af en stærk øgning i fosterproduktion, dvs. fosteret, fosterhinder og supplerende væv (Jakobsen, 1957; Bell et al., 1995). Energibehovet til fosterproduktion sidst i drægtigheden (dag 250; fostervægt på 35 kg) er beregnet til 2,3 Mcal NE₁/dag hos Holstein køer (Bell, 1995) svarende til ca. 1,2 FE/dag. Det er især glukose og aminosyrer, der anvendes til fosterproduktion, idet glukose og aminosyrer udgør henholdsvis 35-40 % og 55 % af energibehovet, mens de resterende 5-10 % især udgøres af acetat (Bell et al., 1995; Bell & Ehrhardt, 2000).

I forbindelse med laktationens igangsættelse øges næringsstofbehovet dramatisk. En ko med en topydelse på 50 kg mælk udskiller således dagligt ca. 2 kg mælkefedt, 1,6 kg mælkeprotein, 2,5 kg laktose, 65 g Ca, 50 g P og 8 g Mg, hvilket naturligvis øger behovet for energi, protein og mineraler. Såvel næringsstofforbruget sidst i drægtigheden, men især næringsstofbehovet til laktation, kræver koordinering af de biologiske processer i forskellige væv (se Tabel 12.3). Dette medfører stofskifteændringer (se Tabel 12.4), der søger at sikre, at koens genetiske potentiale for mælkeydelse udnyttes samtidig med, at homeostasen for vigtige fysiologiske parametre opretholdes.

Tabel 12.3 En liste over de vigtigste biologiske processer eller stofskifteændringer associeret med overgang til laktation hos drøvtyggere, der reguleres af dyrene (Mod. e. Bauman & Currie, 1980; Bauman, 2000)

Proces eller stofskifte	Respons	Involveret væv
Mælkesyntese	<ul style="list-style-type: none"> ↑ antal sekretoriske celler ↑ blodgennemstrømning ↑ næringsstofforbrug 	Yver
Fedtstofskifte	<ul style="list-style-type: none"> ↓ de novo fedtsyntese ↓ optagelse af fedtsyrer ↓ esterificering af frie fedtsyrer ↑ lipolyse ↑ brug af fedt som energi 	Fedtvæv Andre kropsvæv
Glukosestofskifte	<ul style="list-style-type: none"> ↑ størrelse af leveren ↑ blodgennemstrømning ↑ glukoneogenesehastighed* ↓ brug af glukose som energi 	Lever Andre kropsvæv
Proteinstofskifte	<ul style="list-style-type: none"> ↓ proteinsyntese ↑ proteolyse ↑ proteinsyntese 	Muskelvæv Andre kropsvæv
Mineralstofskifte	<ul style="list-style-type: none"> ↑ absorption ↑ mobilisering 	Tarm Knogler
Foderoptagelse	<ul style="list-style-type: none"> ↑ optagelse af foder 	Centralnervesystemet
Fordøjelse	<ul style="list-style-type: none"> ↑ hypertrofi af fordøjelseskanalen ↑ absorptionshastighed og -kapacitet ↑ metabolisk aktivitet 	Fordøjelseskanalen
Blodgennemstrømning	<ul style="list-style-type: none"> ↑ output af blod fra hjertet ↑ andel til yveret ↑ andel til mave-tarmkanalen, herunder også leveren 	Hjertet

* Hastighed hvormed glukose dannes i glukoneogenesen.

Hormonel regulering

Det endokrine system spiller en afgørende rolle i reguleringen af stofskiftet og næringsstoffordelingen, men det nervøse system og immunsystemet er ligeledes invol-

veret. Den endokrine regulering omfatter både homeostase og homeorhese. Bauman & Currie (1980) definerede *homeorhese* som "the orchestrated or coordinated changes in the metabolism necessary to support a phy-

siological state”, en tilpasning til en ny ligevægt, der foregår over dage eller uger. *Homeostasen* kan defineres som den regulering, der opretholder organismens ligevægt med omgivelserne; en regulering, der foregår fra minut til minut gennem døgnet. Den homeorhetiske tilpasning og køernes evne til at opretholde homeostasen menes at være af afgørende betydning for køernes resistens mod især de stofskifterelaterede produktions sygdomme.

Reguleringen af de biologiske processer i Tabel 12.3 er meget kompleks og involverer en lang række hormoner, nervøse mekanismer samt det centrale nervesystem. En række oversigtsartikler har i detaljer behandlet reguleringen af stofskifte og foderoptagelse omkring kælvning (Bauman & Elliot, 1983; Bell, 1995; McNamara, 1995; Bell & Bauman, 1997; Vernon & Pond, 1997; Chilliard, 1999; Ingvarsten & Andersen, 2000; Herdt, 2000; Ingvarsten & Boisclair, 2001), og der henvises til disse samt til kapitel 15, bind 1 for yderligere information om reguleringen af adaptationen til ny laktation. I Tabel 12.4 er der givet en summarisk oversigt over ændringer i udvalgte homeorhetiske og homeostatiskke hormoner og deres formodede virkning på vævssensitivitet og -respons samt ændringer i lever-, fedt- og muskelvæv.

Individuel variation i fysiologiske parametre

Allerede før kælvning medfører de homeorhetiske ændringer (Tabel 12.4) store ændrin-

ger i yvervævet via mammogenesen (udviklingen af yvervævet), laktogenesen (laktationens igangsætning) og galaktopoesen (mælkesyntesen). Mammogenesen, laktogenesen og galaktopoesen udvikler det alveolære system, øger yvercellernes syntesekapacitet, blodgennemstrømningen, næringsstofoptagelsen, igangsætter laktationen og vedligeholder mælkesyntesen (se kapitel 16 for detaljer).

Det store næringsstofbehov til galaktopoesen koordineres med ændringer i de perifere væv og resulterer i, at der mobiliseres eller dannes næringsstoffer i disse væv til sikring af dannelsen af mælk i yveret. Denne mobilisering af næringsstoffer betyder, at dyrene er i negativ næringsstofbalance i tidlig laktation, herunder også negativ energibalance. Negativ næringsstofbalance i forbindelse med fødsel og laktation er ganske normalt for både drøvtyggere og enmavede, og er et resultat af den homeorhetiske regulering. Denne regulering omfatter ændringer i plasmakoncentrationen af homeorhetiske hormoner, ændret vævsfølsomhed og -respons på homeostatiskke hormoner, som f.eks. insulin og katekolaminerne, i bl.a. fedtvæv, muskelvæv og levervævet (Tabel 12.4). Endvidere sker der ændringer i en række fysiologiske processer i lever-, fedt-, muskel- og knoglevæv. I fedtvævet reduceres energiforbruget til de novo fedtsyresyntesen og esterificeringen til triglycerider, mens lipolysen øges betydeligt (Tabel 12.4).

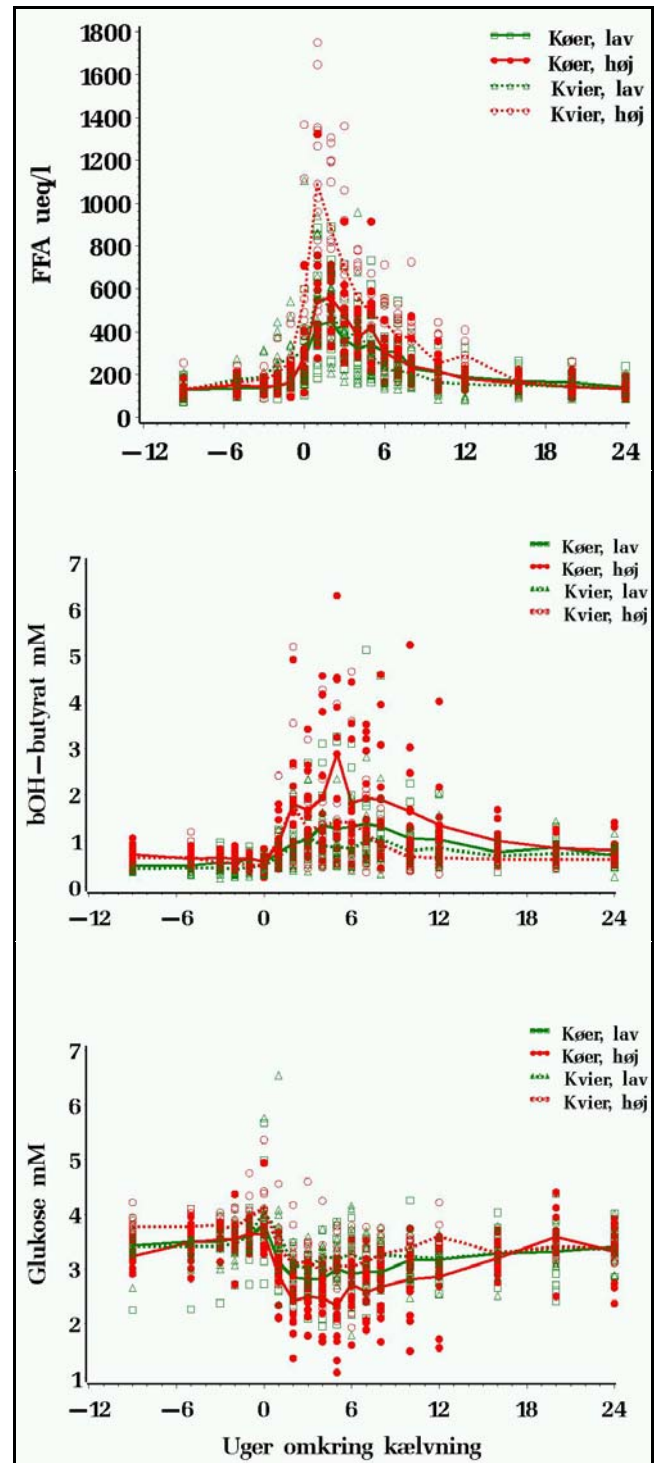
Tabel 12.4 Ændringer i udvalgte homeorhetiske og homeostatiske hormoner, vævsfølsomhed og vævsrespons og effekt på udvalgte væv og organer under drægtighed og i tidlig laktation (Mod. e. Ingvarstsen & Andersen, 2000)

	Midt drægtighed	Sen drægtighed	Laktogenese [*] , Tidlig laktation
Homeorhetiske hormoner			
Progesteron	↑	(↓)	↓
Placental laktogen		↑	↓
Østrogen		↑	↓
Prolactin	-	(↑)	↑
Somatotropin	-	(↑)	↑
Glukokortikoider (kortisol)	-	-↑	↑↓
Leptin	↑	↑↓	↓
Homeostatiske hormoner			
Insulin		↑↓	↓
Glukagon	-	-	↑?
CCK og somatostatin	?	?	?
Paratyroideahormon	-	-/↑	↑
1,25-dihydroxyvitamin D ₃	-	-/↑	↑↓
Calcitonin	-	-/↓	↓
Vævsfølsomhed (undt. yvervæv)			
Insulin	↑	↓	↓
Katekolaminer		↑	↑
Vævsrespons (undt. yvervæv)			
Insulin		↓	↓
Katekolaminer	↓	↑	↑
Yvervæv			
Laktosesyntese			↑
Mælkefedtsyntese			↑
Mælkeproteinsyntese			↑
Levervæv			
Glukoneogenese (glukosedannelse)		(↑)	↑
Ketogenese (ketonstoffdannelse)		(↑)	↑
Fedtvæv			
De novo fedtsyntese	↑	↓	↓
Fedtsyreesterificering (lipogenese)	↑	↓	↓
Lipolyse		↑	↑
Muskelvæv			
Proteinsyntese	-	↓	↓
Proteolyse	-	↑	↑
Glukoseforbrug	-	↓	↓
Fedtsyre- og ketonstofforbrug	-	↑	↑
Knoglevæv			
Osteogenese (opbygning af knogler)	-	-	?
Osteolyse (nedbrydning af knogler)			↑

* Laktogenese er laktationens igangsætning.

Konsekvensen heraf er en mobilisering af fedt, som er deponeret i drægtighedsperioden, hvilket medfører en øgning af frie fedtsyrer (NEFA) og glycerol i plasma – dvs. køerne kommer i negativ energibalance. Et eksempel på ændring i NEFA er vist i Figur 12.2. I muskelvæv sker der tilsvarende ændringer i proteinsyntese og proteolyse (Tabel 12.4), og de mobiliserede aminosyrer kan bidrage som substrater i glukoneogenesen samt i mælkeproteinsyntesen. Måling af 3-methylhistidin i plasma antyder dog, at proteolysen kun er øget betydeligt i de første 1-2 uger efter kælvning (Blum et al., 1985; Ndibualonji et al., 1997; Plaizier et al., 2000; Doepel et al., 2002). I såvel fedtvæv som muskelvæv reduceres glukoseforbruget, og i stedet øges forbruget af fedtsyrer og ketonstoffer. På trods af det reducerede glukoseforbrug i disse væv og en ganske betydelig øgning af glukoneogenesen i lever- og nyrevæv (Tabel 12.4), falder glukosekoncentrationen dog normalt efter kælvning (se Figur 12.2), især hos 2. kalvs- og ældre køer. Den øgede ketogenese i levervæv øger generelt ketonstofniveauet, men især hos 2. kalvs- og ældre køer (Figur 12.2). For alle de nævnte metabolitter er der dog en ikke ubetydelig individuel variation mellem køer (Ingvartsen, 1999; Ingvartsen et al., 2000; Ingvartsen et al., 2003a; Ingvartsen et al., 2003c), der illustrerer, at nogle køer har større risiko for at udvikle produktionssygdomme som f.eks. fedtlever og ketose.

Der udskilles ganske betydelige mængder mineraler i mælken, især Ca og P som tidligere anført. For at tilgodese behovet til laktation sker der generelt en øget absorption af mineraler fra tarmen (Van't-Klooster, 1976), ligesom der reabsorberes mineraler fra knoglerne, osteolyse (Horst et al., 1994), processer der er centrale for opretholdelse af f.eks. kalciumhomeostasen.



Figur 12.2 Forløb og variation i koncentrationen af frie fedtsyrer (NEFA), β -hydroxybutyrat (BOHB) og glukose i plasma hos køer omkring kælvning fodret efter ædelyst med fuldfoder med lav (lav) eller høj (høj) energikoncentration før kælvning. Alle køer er fodret med den samme (høj) energikoncentration efter kælvning (Ingvartsen et al., 2003c).

Resorptionen af mineraler fra knoglerne er under nøje hormonal regulering via hormonerne paratyroideahormon, 1,25-dihydroxyvitamin D₃ og calcitonin (Tabel 12.4) (Goff, 2000; kapitel 12, bind 1).

Sidst i drægtigheden reduceres foderoptagelsen hos drøvtyggere (Ingvarsen et al., 1992) på trods af et øget næringsstofbehov til fosterproduktion og mammogenese/laktogenese. Denne nedregulering af appetitten skyldes formentlig en øget koncentration af kønshormoner, en begyndende mobilisering af fedt fra kropsdepoterne samt muligvis også en reduceret vomkapacitet som følge af den voksende bør og foster ved tildeling af fyldende foder (Ingvarsen et al., 1999; Ingvarsen & Andersen, 2000) I tidlig laktation øges foderoptagelsen betydeligt hos køerne (Ingvarsen et al., 1999; Ingvarsen & Andersen, 2000) som følge af en større sultfølelse forårsaget af det kraftigt stigende næringsstofbehov. Sultfølelsen registreres også i centralnervesystemet på basis af signaler fra næringsstoffer, metabolitter, peptider og hormoner samt cytokiner og integreres herved med stofskiftet og næringsstofstatus i dyrene (Ingvarsen & Andersen, 2000; Ingvarsen & Boisclair, 2001). Den større appetit og foderomsætning stimulerer imidlertid også vævet i fordøjelseskanalen, og der sker en tilpasning af fordøjelseskanalen (hypertrofi, absorptionskapacitet) (se kapitel 7 i bind 1).

Sammendrag

Hovedbudskabet fra den eksisterende litteratur og nærværende afsnit er, at den fysiologiske regulering er meget kompleks, og at der især sker store ændringer og tilpasninger omkring kælvning i foderoptagelse, fordøjelse og stofskifte. Disse ændringer er normale og forekommer såvel hos enmavede som drøvtyggere og medfører, at relativt store mængder næringsstoffer og mineraler mo-

biliseres omkring fødslen og især i tidlig laktation. Perioden omkring kælvning er dog samtidig den periode, hvor produktionssygdommenes incidensrisiko er højest. Dette skyldes delvist, at nogle køer har vanskeligt ved at tilpasse sig til laktationen og derved kommer i fysiologisk ubalance – en situation hvor de homeorhetiske og homeostatiske reguleringsmekanismer er utilstrækkelige til, at dyrene kan fungere optimalt. Køer i *fysiologisk ubalance* defineres derfor som køer, hvis parametre (afspejlende fordøjelseskanalens funktion, stofskiftestatus og immunstatus) afviger fra normalområdet, og som derfor har øget risiko for udvikling af produktionssygdomme (klinisk eller subklinisk) og reduceret produktion og/eller reproduktion. Den fysiologiske ubalance kan være forårsaget af f.eks. en mangelfuld forsyning af næringsstoffer, stress eller sygdom.

12.3 Fedtlever

Definition og symptomer

Fedtlever (også kaldet ”fat cow syndrome”) er en stofskiftelidelse, der er karakteriseret ved et højt indhold af fedt og triglycerid (TG) i leveren. Lidelsen forekommer især subklinisk, men hos nogle køer med moderat fedtlever og hos køer med svær fedtlever forekommer lidelsen også klinisk. De kliniske symptomer omfatter nedstemthed, manglende appetit og vægttab, og køerne kan virke svage og apatiske (Radostits et al., 2000b). De fleste køer vil have uspecifikke kliniske tegn såsom nedsat vommotilitet og nedsat mælkeydelse. Andre kliniske tegn kan relatere til samtidigt forekommende produktionssygdomme, der kan udløse fedtleversituationen, f.eks. via cytokiner der nedregulerer appetitten og stimulerer mobiliseringen af fedt fra kropsdepoter (Ingvarsen & Andersen, 2000). Disse produktionssygdomme omfatter især tilbageholdt efterbyrd, børbetændelse, mælkefeber, løbedrejning og mastitis.

Tolkning af litteraturen vedrørende fedtlever er vanskeliggjort af de forskellige metoder, hvorpå leverens fedtindhold kan bestemmes. I denne sammenhæng er det af betydning, at sammensætningen af fedtet ændres med stigende fedtinfiltration af levervævet som vist i Tabel 12.5.

Som vist i Tabel 12.5 fandt Bogin et al. (1988), at fedtindholdet i levervævet var blot 3 % hos raske køer mod 14 % hos køer med fedtlever. Hos raske køer udgør triglycerid en lille andel af fedtet, men andelen af triglycerid stiger med øget fedtindhold i leveren (Collins & Reid, 1980). Således vil andelen af triglycerider øges betydeligt, mens andelen af fosfolipider og kolesterol falder tilsvarende (Bogin et al., 1988). Dette har betydning for, hvorledes graden af fedtlever fastlægges, som det fremgår af det følgende.

Især tre metoder har været anvendt til bestemmelse af leverens fedtindhold hos drøvtyggere, nemlig histologisk vurdering, ke-

misk bestemmelse af triglycerid samt ekstraktion af totalfedt. Tidligere var histologisk vurdering den hyppigst anvendte metode til fastlæggelse af fedtindholdet i levervæv (Reid et al., 1979; Roberts et al., 1981; Rayssiguier et al., 1988; West, 1989). En anden metode er bestemmelse af totalfedtet ved ekstraktion, hvor alle former for fedt måles (Gaal et al., 1983a; Bogin et al., 1988). Da ændringerne i fedtindholdet primært skyldes et øget indhold af triglycerid, har mange prioriteret måling af triglycerid i levervævet (Drackley et al., 1991; Bertics et al., 1992). Senest er der udviklet en metode, der kvantificerer triglycerid i levervæv uden forudgående ekstraktion (Andersen et al., 2000; Andersen et al., 2002a). Til anvendelse i felten er der endvidere udviklet en vægtfyldemetode, der er baseret på relationen mellem vægtfylden og det totale fedtindhold bestemt ved ekstraktion (Herdt et al., 1983).

På basis af forskellige metoder er der opstillet definitioner for graden af fedtlever som vist i Tabel 12.6.

Tabel 12.5 Forskelle i fedtsammensætningen i levervæv hos raske køer og køer med fedtlever (Bogin et al., 1988)

Fedtsammensætning	Raske køer	Køer med fedtlever
Fedtindhold, mg/g levervæv	30	140
Fedtsammensætning, %:		
Fosfolipider	45	5
Kolesterol	43	7
Triglycerid	5,5	78
Frie fedtsyrer (NEFA)	3	2,5
Kolesterolestre	3,5	7,5

Tabel 12.6 Eksempler på definitioner af forskellige grader af fedtlever hos køer omkring kælvning afhængig af analysemetode

Grad af fedtlever	Analysemetode				Vægtfylde ^{d)} % af lever
	Histologisk ^{a)} % af lever	Ekstraktion ^{b)} % af lever	Triglycerid ^{c)} % af lever mmol/g lever*		
Normal					<13
Mild (subklinisk)	<20	<12	<5	<4,4	13 - 25
Moderat (± klinisk)	20 – 30 (40)	12-18	5-10	4,4-8,8	26 - 35
Svær (klinisk)	>30 (40)	>18	>10	>8,8	>35

a) Volumenandel målt som ($\mu\text{m}^3/100\mu\text{m}^3$) (Reid et al., 1979; Reid & Collins, 1980; Gaal et al., 1983a)

b) Totalfedt efter fedtekstraktion målt som mg/g levervæv (Gaal et al., 1983a)

c) Triglycerid i ekstraheret fedt målt som mg/g lever eller mmol/g levervæv (Gaal et al., 1983a; Gerloff et al., 1986)

d) Det totale fedtindhold bestemt ved ekstraktion er relateret til vægtfylden (Herdt et al., 1983)

* i omregningen fra mg/g til mmol/g er der anvendt en molvægt på 885 for triglycerid.

Der skelnes ikke nødvendigvis mellem en normal tilstand og mild fedtlever i litteraturen, og mange har anvendt grænserne angivet af Reid & Collins (1980), der skelner mellem moderat og svær ved 30 % fedt i leveren. Gaal et al. (1983) derimod har foreslået en grænse mellem moderat og svær fedtlever på 40 % (Tabel 12.6). Som det fremgår af Tabel 12.6, kan histologiske målinger udtrykt i % ikke direkte sammenlignes med kemisk målt totalfedt udtrykt i % – generelt viser de histologiske målinger ca. dobbelt så høje fedtniveauer i leveren som de kemiske (Gaal et al., 1983a). I forhold til totalfedtindholdet målt på basis af ekstraktion er triglyceridindholdet noget lavere og foreslået estimeret ved følgende ligning: $Y = 0,85X + 58$, hvor $Y =$ total fedt (mg/g levervæv) og $X =$ triglycerid (mg/g levervæv) (Gaal et al., 1983a). Nyere litteratur angiver ofte resultater på molbasis, hvorfor en omregning er vist. De grænseværdier, der er angivet af Herdt et al. (1983) for vægtfyldemetoden for de forskellige grader af fedtlever, virker dog høje for moderat og svær fedtlever sammenlignet med værdier angivet for kemisk bestemt fedtindhold beregnet efter ekstraktion af totalfedt. Fordelen ved

vægtfyldemetoden er, at den kan gennemføres i stalden, og at man derved straks får resultatet og evt. kan handle derefter. Metoden er yderligere udviklet og anvendt til kvantificering af fedtindholdet (Ingvarsen et al., 1995) og er i øvrigt fundet meget nem at anvende. Der er i høj grad behov for en harmonisering af metoder og klassificering af fedtlever for at undgå fejltolkninger.

Forekomst og risikofaktorer

Fedtlever er en multifaktoriel stofskiftelidelse, der optræder omkring kælvning og som en sekundær lidelse til andre produktionssygdomme, der nedsætter appetitten eller øger mobiliseringen af kropsfedt. Da leverens fedtindhold kun kan fastlægges med rimelig sikkerhed ved udtagning af leverbiopsier (Gerloff et al., 1986; Young et al., 1991), er kendskabet til lidelsens omfang i praksis meget begrænset. Derimod er der en del undersøgelser, der viser ændringer i leverens fedtindhold omkring kælvning (Reid, 1980; Gaal et al., 1983b) i Holland (Vanden-Top et al., 1996; Jorritsma et al., 2001), USA (Bertics et al., 1992; Studer et al., 1993; Vazques-Añon et al., 1994; Grum et al., 2002) samt i Danmark (Ingvarsen et al.,

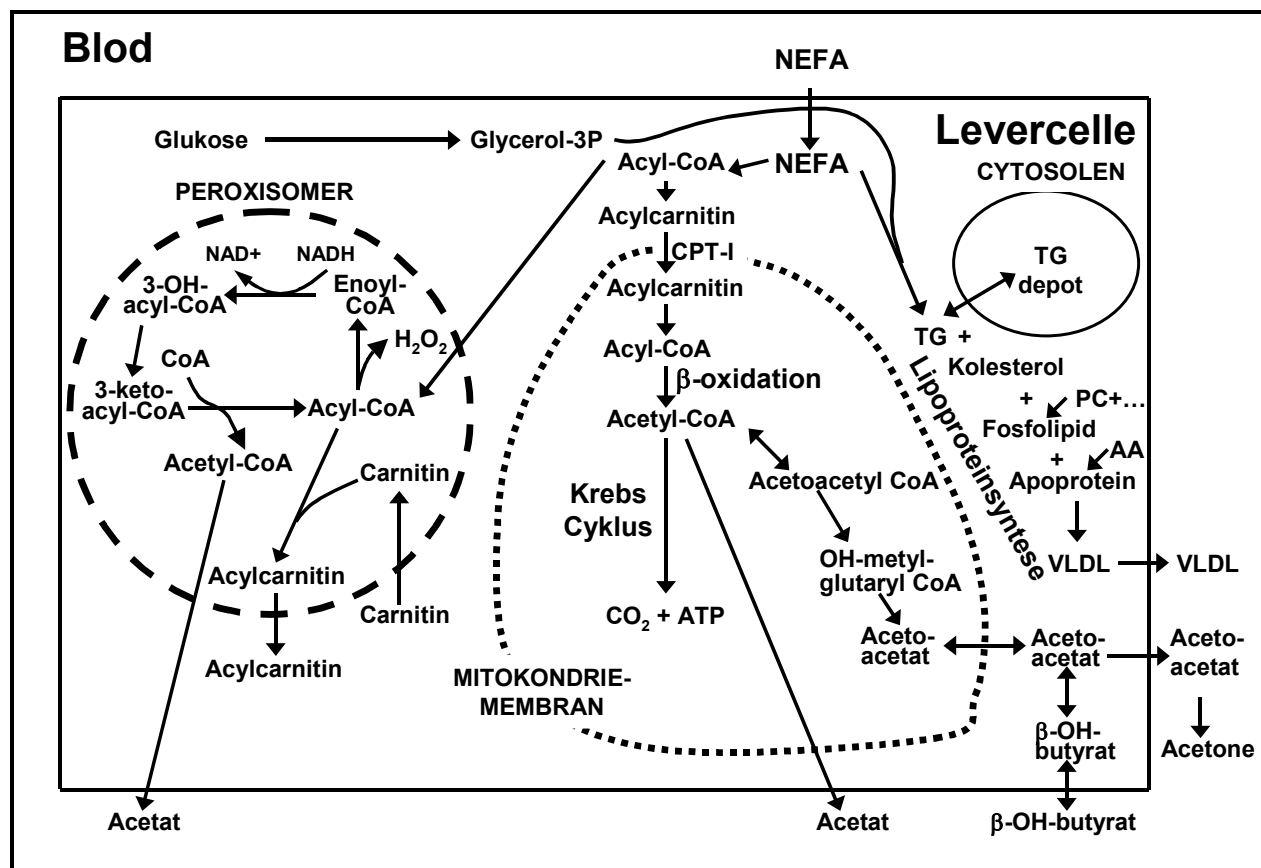
1995; Andersen et al., 2002b). I såvel engelske som hollandske undersøgelser har det dog været antydnet, at subklinisk fedtlever kan være et væsentligt problem for op til 50 % af køerne i tidlig laktation (Reid, 1980; Jorritsma et al., 2001).

Blandt risikofaktorerne for fedtlever er stærk mobilisering af kropsfedt omkring kælvning som følge af høj fedningsgrad (højt huld) forårsaget af overfodring i senlaktation og i goldperioden (Fronk et al., 1980; Reid, 1980; Reid et al., 1986; Ingvarsen et al., 1995; Van-den-Top et al., 1996) eller lav foderoptagelse omkring kælvning (Gerloff & Herdt, 1984; Bertics et al., 1992). Køer fodret med rationer, der har et lavt proteinindhold, har større risiko for at udvikle fedt-

lever sammenlignet med køer, der tildeles rigeligt protein, uafhængigt af foderets energiindhold (Holtenius & Hjort, 1990; Van-Saun & Sniffen, 1996). Der er formodentlig andre risikofaktorer, men på grund af mangel på non-invasive metoder til kvantificering af leverens fedtindhold er den eksisterende viden om risikofaktorer begrænset.

Ætiologi og patofysiologi

Fedtleverens ætiologi og patofysiologi er diskuteret i en række reviews (Emery et al., 1992; Grummer, 1993; Bauchart et al., 1996; Drackley, 1999; Hocquette & Bauchart, 1999; Drackley et al., 2001), hvortil der henvises for detaljer. De biologiske processer, der er af betydning for udviklingen af fedtlever, er vist i Figur 12.3.



Figur 12.3 Oversigt over vigtige intermediære processer i leveren af betydning for udviklingen af fedtlever. Forkortelser: AA = aminosyrer; CPT-I = carnitin palmityl transferase I; PC+... = Fosfatidylcholin og andre komponenter til dannelse af fosfolipid; TG = Triglycerid; VLDL = "very low density lipoproteins".

I korthed udvikles fedtlever, når triglycerid-syntesen overstiger eksporten af triglycerid. De centrale elementer i udviklingen er høje NEFA-koncentrationer i plasma, omsætning af fedtsyrer i peroxisomer og mitokondrier samt dannelse og eksport af lipoproteiner.

Den mest dramatiske øgning af NEFA sker omkring kælvning (se f.eks. Ingvarsen et al., 1995; Andersen et al., 2003; Ingvarsen et al., 2003c) som følge af homeorhetiske tilpasninger til det øgede næringsstofbehov i laktationen (se Tabel 12.4). Da NEFA optages i leveren proportionalt med plasmakoncentrationen (Bell, 1979), øges leverens optagelse af NEFA ligeledes dramatisk omkring kælvning. Mobiliseringen af kropsdepoterne reguleres af hormoner som f.eks. illustreret i Tabel 12.4. Især plasmakoncentrationen af insulin er meget afgørende for fluxen af NEFA fra de perifere fedtpoter (Mashek et al., 2001) og dermed den mængde fedtsyrer, der kommer til leveren. Blodgennemstrømningen af leveren er rapporteret at være proportional med den optagne omsættelig energi og er derfor betydeligt større i tidlig laktation sammenlignet med goldperioden (Lomax & Baird, 1983), hvilket muligvis også øger optagelsen af NEFA.

En del af de fedtsyrer, der er optaget i leveren, oxideres enten i mitokondrierne eller i peroxisomerne, der er subcellulære organeller, der er til stede i de fleste celler i organismen (Figur 12.3). Oxidationen i peroxisomerne er som vist i Figur 12.3 ufuldstændig. I sidste trin omdannes 3-ketoacyl-CoA til acetyl-CoA, og et molekyle acyl-CoA regenereres. Carnitin acyltransferaser gør det sandsynligvis muligt, at der eksporteres acyl-CoA eller acetyl-CoA ud af peroxisomerne med henblik på videre omsætning i f.eks. mitokondrier. Processerne i peroxisomerne afviger fra processerne i mitokondrierne ved ikke at være reguleret i forhold til cellernes energistatus. Det skyldes, at

der i første trin dannes peroxid i stedet for reduceret NAD, samt at peroxisomerne mangler respirationskæden og evnen til at danne ATP. Peroxisomerne oxiderer således kun substraterne delvist og opfanger mindre energi i co-faktorer, og mere energi afgives i form af varme sammenlignet med mitokondrierne. Peroxisomerne er tilpasset til at oxidere fedtsyrer og fremmede stoffer, der vanskeligt kan omsættes i mitokondrierne. β -oxidation i peroxisomerne spiller muligvis en rolle som en "overflow" rute for oxidation af fedtsyrer i situationer, hvor tilgængeligheden af fedtsyrer er meget stor. Der er i in vitro studier rapporteret om en betydelig kapacitet til β -oxidation i peroxisomer i levervæv fra køer (Grum et al., 1994; Grum et al., 1996b; Drackley et al., 2001), og at β -oxidation i peroxisomer muligvis kan induceres ved fedtfodring (Grum et al., 1996a). Vor kvantitative viden om β -oxidation i peroxisomer in vivo, og hvorledes denne kan manipuleres, er dog meget begrænset.

Oxidationen af fedtsyrer i mitokondrierne foregår enten fuldstændig (CO_2 + energi-ækvivalenter) eller ufuldstændig til ketonstoffer. Før en oxidation skal fedtsyrerne transporteres over mitokondriemembranen. Dette kræver, at de frie fedtsyrer i cytosolen aktiveres til acyl-CoA, der kan transporteres over den ydre membran, hvorefter CPT-I omdanner acyl-CoA til acylcarnitin, der kan transporteres over den indre mitokondriemembran. CPT-II i den indre membran omdanner derefter acylcarnitin til acyl-CoA, der oxideres til acetyl-CoA i β -oxidationen. Acetyl-CoA oxideres enten fuldstændigt i Krebs' cyklus eller ufuldstændigt til acetoacetyl-CoA i ketogenesen (se Figur 12.4). Reguleringen af aktiviteten af CPT-I og andre forhold af betydning for oxidationen og fordelingen mellem fuldstændig oxidation i TCA-cyklen og ufuldstændig oxidation til ketonstoffer omtales under afsnittet vedrø-

rende ketose (Afsnit 12.4). Her skal blot nævnes, at CPT-I hæmmes af malonyl-CoA, og at denne, som følge af hormonelle og metaboliske ændringer, er reduceret op til kælving og i tidlig laktation. Som følge heraf optages og oxideres der en stigende mængde fedtsyrer omkring kælving og i tidlig laktation.

Den del af fedtsyrerne, der ikke oxideres fuldstændigt eller ufuldstændigt til ketonstoffer og eksporteres ud af leveren, esterificeres til triglycerid. Hastigheden af triglyceriddannelsen i levervæv fra drøvtyggere er tilsvarende hastigheden fundet hos andre dyrearter (Pullen et al., 1990; Emmison et al., 1991). En del af den dannede triglycerid eksporteres ud af cellerne i form af lipoproteiner, hvoraf VLDL udgør den største del. Lipoproteinsyntesen spiller sammen med oxidationen af fedtsyrer en central rolle i udviklingen af fedtlever. Sekretionen af VLDL er meget beskedne hos drøvtyggere sammenlignet med andre dyrearter (Kleppe et al., 1988; Rayssiguier et al., 1988; Pullen et al., 1990), hvilket formodentlig er en del af forklaringen på, at der generelt oplagres triglycerid i leveren omkring kælving. Det er fundet, at apolipoprotein B og apolipoprotein A er reduceret omkring kælving og i tidlig laktation (Marcos et al., 1990b), og at køer med de højeste koncentrationer af fedt i leveren har de laveste koncentrationer af lipoprotein i plasmaet (Rayssiguier et al., 1988; Marcos et al., 1990a).

Triglycerid, der ikke eksporteres som VLDL, oplagres i cytosolen som fedtdråber. Af betydning for graden af fedtlever omkring kælving er således mobiliseringen af frie fedtsyrer fra kropsdepoterne, hvor stor en del af de fedtsyrer, der optages af leveren, der oxideres fuldstændigt, hvor stor en del af de frie fedtsyrer, der indgår i ketogenesen eller lipoproteinsyntesen og eksporteres som henholdsvis ketonstoffer eller

VLDL. Det skal endelig også nævnes, at der udskilles fedtsyrer via galdesalte. Det er imidlertid uklart, hvorfor en given grad af negativ energibalance eller plasmakoncentration af NEFA resulterer i fedtlever i nogle køer men ikke i andre. På grund af den beskedne sekretion af triglycerid via VLDL fra leveren tager det tid, før en etableret fedtlever forsvinder igen. Fedtlever forårsager ikke varige patologiske forandringer og er således en reversibel tilstand. Fedtlever disponerer dog for en nedsat leverfunktion og en række andre produktionssygdomme (Grummer, 1993; Bruss, 1993; Drackley, 1999; Rukkwamsuk et al., 1999; Drackley et al., 2001).

Forebyggelse

Da fedtlever og ketose er lidelser med stort overlap i ætiologi og risikofaktorer, behandles forebyggelsen af disse lidelser samlet i afsnittet vedrørende ketose.

12.4 Ketose og hyperketonæmi

Definition og symptomer

Ketose er en stofskiftelidelse, der er karakteriseret ved relativt høje koncentrationer af ketonstofferne acetoacetat, β -hydroxybutyrat og acetone og en lav til normal koncentration af glukose i blodet. Lidelsen forekommer både i en subklinisk og en klinisk form. For at lidelsen kommer til udtryk klinisk, skal køerne have et lavt glukoseniveau (hypoglukosæmi).

Klinisk ketose er, ud over høje ketonstofkoncentrationer og lav glukosekoncentration i blodet, karakteriseret ved en række kliniske symptomer, som bl.a. omfatter en gradvis reduceret appetit og mælkeproduktion over flere dage (Fleming, 1996; Radostits et al., 2000b). I besætninger, hvor fodermidlerne tildeles separat, vrager ketotiske køer først kraftfoderet, herefter ensilagen, men æder normalt gerne hø. Foderoptagelsen reduce-

res relativt mere end ydelsen (Østergaard & Gröhn, 1999; Østergaard & Gröhn, 2000). Vommutiliteten kan være nedsat, hvis koen har haft nedsat appetit i nogle dage. Mælkeydelsen falder givetvis på grund af mangel på glukose til laktoseproduktionen, og fedtprocenten stiger på grund af den mindre mælkemængde og givetvis også som følge af en øget mobilisering af fedtsyrer fra fedtvævet. Køerne taber i vægt – mere end forventet i forbindelse med tab af appetit (Østergaard & Gröhn, 1999). Køerne får et ”indtørret” udseende og har reduceret kutan (overflade) elasticitet, givetvis som følge af, at det subkutane fedt er mobiliseret. Gødning er fast og tør, men alvorlig forstoppelse forekommer ikke. Køerne virker nedstemte og har nedsat lyst til at bevæge sig og til at æde. Temperaturen er normal eller let nedsat. Vombevægelserne, amplitude og antal kontraktioner kan være reduceret efter flere dages reduceret foderoptagelse, men vil normalt være inden for normalvariationen.

Køerne udskiller acetone i urin, ånde og mælk, hvilket giver en karakteristisk lugt, som dog ikke alle kan lugte.

Ved den nervøse form for ketose (”hjernebetændelse”), der dog ikke er så hyppig, forekommer der akutte neurologiske forstyrrelser, der omfatter: at gå i cirkler, skræven eller krydsede ben, hovedpressen eller lænen sig op af inventar, tilsyneladende blindhed, reduceret appetit og overdreven slytsekretion. Køerne kan udvise moderat skælven og tetani eller lammelser samt brøle (Fleming, 1996).

Køer, der har subklinisk ketose, har ligeledes forhøjede koncentrationer af ketonstoffer i blod, mælk og urin, men ingen synlige kliniske symptomer – og der tages ej heller hensyn til glukosekoncentrationen. Forskellige definitioner baseret på koncentrationen af ketonstoffer i blod, mælk eller urin er foreslået, hvilket fremgår af Tabel 12.7.

Tabel 12.7 Foreslåede koncentrationer af metabolitter i blod, mælk og urin hos malkekøer ved subklinisk eller klinisk ketose

	Subklinisk	Klinisk
<i>Plasma/serum</i>		
Acetoacetat, mM	>0,13 ^l ; 0,2 ⁱ ; >0,36 ^h ;	0,3 ^p ; 0,7 ^o ; 0,8 ⁱ ; >1,05 ^h
β-hydroxybutyrat, mM	>1,0 ^{eh} ; >1,2 ^{fn} ; 1,3 ⁱ ; >1,4 ^{gl}	1,9 ^p ; >2,0 ^h ; 2,2 ^o ; 3,3 ⁱ
Acetone, mM	0,4 ⁱ	5,2 ⁱ
Glukose, mM	<3,0 ^h	1,6 ^q ; 1,7 ^o ; <2,2 ^k ; 2,7 ^p ; <2,0 ^h
NEFA, mEq/L	0,7 ⁱ	>0,6 ^k ; 0,8 ^p ; 1,0 ^o ; 1,2 ^q ; 1,9 ⁱ
<i>Mælk</i>		
Acetoacetat, mM	>0,05 ^l	0,1 ^o
β-hydroxybutyrat, mM	>0,07 ^l ; >0,2 ⁿ ;	0,3 ^o
Acetone, mM	>0,05 ^b ; >0,25 ^{dm} ; >0,4 ^a ; >0,7 ^c	>1,0 ^a ; >1,4 ^c ; >2,0 ^m
<i>Urin</i>		
Acetoacetat, mM	>1,5 ^j	16,7 ^o
β-hydroxybutyrat, mM	-	0,9 ^o

a: Andersson (1984); b: Miettinen (1994); c: Gustafsson (1993); d: Steen et al. (1996); e: Whitaker et al. (1983); f: Nielen et al. (1994); g: Whitaker et al. (1993); h: Kauppinen (1983); i: Filar (1979); j: Markusfeld et al. (1984); k: Bergman (1971); l: Enjalbert et al. (2001); m: Hünninger et al. (1999); n: Geishauer et al. (2000); o: von Horber et al. (1980); p: Itoh et al. (1998); q: Schultz (1971)
Referencerne i, o, p og q er gennemsnitsværdier for klinisk ketotiske køer og altså ikke grænseværdier.

Forekomst, risikofaktorer og ketosetyper

Forekomst

Klinisk ketose forekommer hos ca. 1-5 % af køerne (Andersen, 1991; Trinderup et al., 2001), men i opgørelser fra Europa og Nordamerika varierer incidensrisikoen fra 2-20 % (Baird, 1982; Lean et al., 1991; Jordan & Fourdraine, 1993; Kelton et al., 1998; Ingvarsen et al., 2003a). Lidelsen forekommer især den første måned af laktationen, mindre hyppigt i 2. laktationsmåned og kun sjældent senere i laktationen (Lean et al., 1991; Bigras-Poulin et al., 1992). Ketose optræder ofte som et besætningsproblem, og incidensrisikoen i besætninger kan være helt op til 70 % (Simensen et al., 1988).

Forekomsten af subklinisk ketose afhænger af, hvilke grænseværdier der er anvendt (se Tabel 12.7) for de forskellige ketonstoffer, men subklinisk ketose forekommer langt hyppigere end klinisk ketose og kan forekomme hos op til 34 % af køerne – primært i perioden 2-7 uger efter kælvning (Dohoo & Martin, 1984; Andersson & Emanuelson, 1985; Mills et al., 1986; Nielen et al., 1994; Duffield et al., 1997).

Risikofaktorer

Incidensrisikoen for ketose stiger med paritet op til 5. til 6. laktation (Kauppinen, 1983a; Gröhn et al., 1984). Køer, der har haft ketose, har større risiko for at få ketose i den efterfølgende laktation (Andersson & Emanuelson, 1985; Bendixen et al., 1987b; Erb & Gröhn, 1988). Huldværdier på 3,5 ved kælvning eller derover øger risikoen for ketose væsentligt (Markusfeld & Adler, 1986; Gillund et al., 2001).

Ketosetyper

Med udgangspunkt i forskellige risikofaktorer for udviklingen af ketose har Lean et al. (1992) foreslået følgende klassifikation af ketose: primær ketose (også kaldet spontan

eller produktionsketose), sekundær ketose, smørsyreketose og endelig sultketose.

Primær ketose optræder hovedsageligt 3-6 uger efter kælvning. Det formodes, at primær ketose normalt opstår, når glukosebehovet overstiger leverens glukoneogenese-kapacitet. I sådanne situationer er glukose- og insulinkoncentrationerne generelt lave, hvilket medfører et lavt insulin/glukagonforhold, der muligvis resulterer i en høj aktivitet af CPT-1 i leverens mitokondriemembraner (se Figur 12.4). Dette vil stimulere mobiliseringen af fedt fra kroppens fedtdepoter og optagelsen af fedtsyrer i levercellernes mitokondrier. Fordi tilgængeligheden af glukogene substrater er lav, er resultatet en forøget ketogenese og dermed høje koncentrationer af ketonstoffer i blod, mælk og urin. Ovenstående er i øvrigt i god overensstemmelse med, at lidelsen især forekommer hos fede køer og køer, der har haft en lang goldperiode (Markusfeld et al., 1997).

Sekundær ketose defineres som ketose opstået som følge af en anden sygdom. Ætiologien vil typisk være, at en sygdom forårsager en nedsat foderoptagelse og en øget mobilisering, der reducerer plasmakoncentrationen af glukose og øger koncentrationen af NEFA og ketonstoffer. Hos køer er der fundet en øget risiko for ketose i forbindelse med mælkefeber og græstetani (Curtis et al., 1985; Bendixen et al., 1987b; Gröhn et al., 1989; Bigras-Poulin et al., 1992), løbedrejning (Curtis et al., 1985; Gröhn et al., 1989), tilbageholdt efterbyrd og børbetændelse (Dohoo et al., 1984; Markusfeld, 1985; Bendixen et al., 1987b; Correa et al., 1993), klov-/benlidelser (Gröhn et al., 1989) og mastitis (Dohoo et al., 1984; Syvajarvi et al., 1986; Gröhn et al., 1989; Rajala & Gröhn, 1998). Der er dog andre epidemiologiske undersøgelser, der ingen effekt finder af en given produktionssygdom på risikoen for ketose – eksempelvis er der i nogle undersø-

gelses ikke fundet en effekt af mastitis på ketose (Bigras-Poulin et al., 1990; van Dorp et al., 1999).

Smørsyreketose skyldes især store mængder butyrat i foderet og sandsynligvis også en reduceret foderoptagelse som følge heraf. Ensilage indeholdende høje koncentrationer af butyrat medfører således en øget koncentration af β -hydroxybutyrat i blodet (Adler et al., 1958; Andersson & Lundstrom, 1985; Tveit et al., 1987; Tveit et al., 1992). Denne stigning i ketonstofniveauerne kan dels skyldes en øget absorption af butyrat fra formerne men nok især en reduceret foderoptagelse (se kapitel 18, bind 1). Ketonstofniveauet i blod og mælk kan ligeledes øges ved fodring med store mængder ketogene fodermidler som sukkerroer og melasse, der øger butyratkoncentrationen i vommen (Aaes, 1988). I vurderingen af graden af ketose skal man være opmærksom på en evt. døgnvariation i ketonstoffer (Mashek et al., 2001), og at ketonstofniveauet er højest 3-4 timer efter fodring ved 2 gange daglig udfodring af kraftfoder (Andersson & Lundstrom, 1984). Døgnvariationen er dog meget afhængig af fodringsprincippet, idet nye undersøgelser med fuldfoder ikke viser nogen signifikant døgnvariation (Nielsen et al., 2003b).

Sultketose forekommer især hos køer i dårligt huld, som fodres utilstrækkeligt eller med foderrationer med høj fylde. Årsagen til sultketose menes at være, at den lave foderoptagelse resulterer i en mangel på propionat og glukogene aminosyrer, der er de kvantitativt mest betydende substrater i glukoneogenesen (Danfær et al., 1995), der medfører øget ketogenese.

Type I og type II ketose Et alternativ til de ovennævnte opdelinger af ketosetyper er foreslået i 1996, nemlig Type I og Type II ketose (Holtenius & Holtenius, 1996). Beteg-

nelserne er parallelle til dem, der anvendes for sukkersyge (Type I = insulin-afhængig diabetes mellitus; Type II = insulin-uafhængig diabetes mellitus). Type I ketose er karakteriseret ved lav plasmakoncentration af glukose og insulin samt høje NEFA- og ketonstofkoncentrationer. Type I køer responderer kun meget beskedent i glukose og insulin på en glukagoninjektion (Holtenius, 1992). Type I ketose passer til den klassiske beskrivelse af primær ketose. Det store forbrug af NEFA i ketonstofdannelsen menes at betyde, at kun relativt beskedne mængder esterificeres til triglycerider, og at risikoen for fedtlever derfor er beskedent.

Ifølge Holtenius & Holtenius (1996) forekommer Type II primært tidligt i laktationen og i langt de fleste situationer i kombination med andre lidelser som børbetændelse, mastitis, laminitis osv. Disse køer har relativt høje koncentrationer af glukose (hyperglukosæmi) og insulin (hyperinsulinemia), og responset til glukagon er kraftigt. Køerne har tegn på insulinresistens, glukoseintolerans og i særlige tilfælde non-insulin afhængig diabetes. Der har været en del uenighed om, hvorvidt ketotiske køer kan have høje koncentrationer af glukose og insulin samt den ætiologiske baggrund og respons på forskellige behandlingsformer.

Ætiologi og patofysiologi

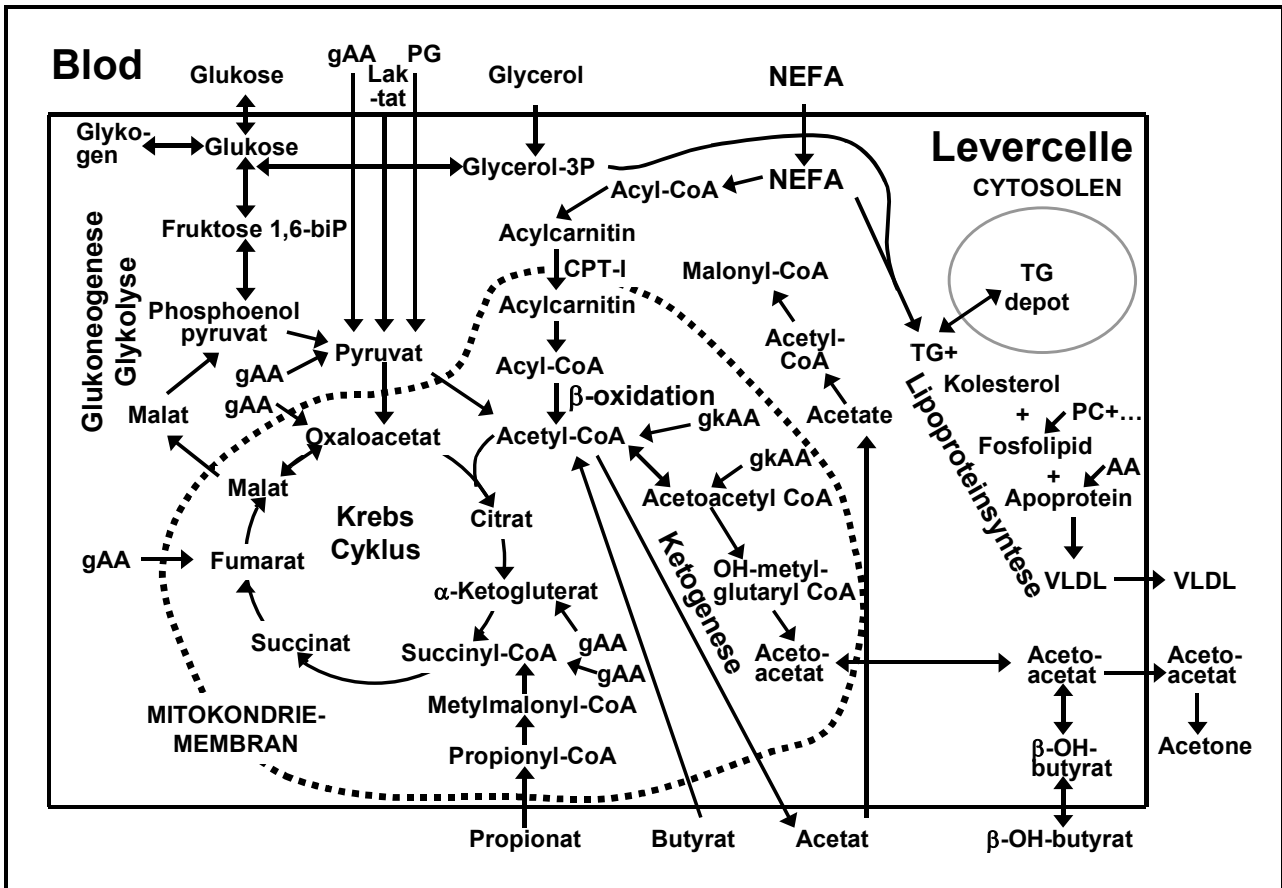
Ketose og fedtlever er sygdomme, der er associeret til en overdreven negativ energibalance i længere perioder. En øget ketogenese er imidlertid også en stofskiftemæssig tilpasning til en sultsituation – en tilstand, der er sammenlignelig med den negative energibalance i tidlig laktation. Den primære funktion af ketogenesen er således at omdanne overskydende fedtsyrekulstof fra leveren til en form, der er let oxiderbar i ekstrahepatisk væv, og som kan anvendes i stedet for glukose. Leveren spiller en meget central rolle her, og der er da også publiceret omfattende

reviews omhandlende energistofskiftet med fokus på leverens stofskifte og relationerne til ketose og fedtlever (Zammit, 1990; Emery et al., 1992; Grummer, 1993; Bauchart et al., 1996; Holtenius & Holtenius, 1996; Drackley, 1999; Hocquette & Bauchart, 1999; Herdt, 2000; Drackley et al., 2001), hvortil der henvises for detaljer. I forbindelse med ketosens ætiologi er det centralt at forstå den fysiologiske regulering og tilpasning af stofskiftet omkring kælvning og i tidlig laktation (se afsnit 12.2), der forklarer den forhøjede ketonstofkoncentration og den lave glukosekoncentration, der i situationer med fysiologisk ubalance er den primære årsag til ketose.

Ketose opstår, hvis der ikke er tilstrækkelig glukogene substrater til stede i forhold til fedt, da en stigende del af det mobiliserede fedt så omdannes til ketonstoffer. I tidlig laktation ved stærk mobilisering, bl.a. som følge af fede køer ved kælvning, dårlig foderkvalitet, nedsat appetit m.m., er der derfor en stærkt øget ketogenese med risiko for ketose. I afsnittet vedrørende fedtlever (12.3) blev betydningen af CPT-I for transporten af fedtsyrerne over mitokondriemembranen kort omtalt (se også Figur 12.4). Vigtig for reguleringen af CPT-I aktiviteten er de 2 inhibitorer malonyl-CoA og metylmalonyl-CoA. Det er således fundet, at CPT-I aktiviteten hæmmes af malonyl-CoA (Reid & Husbands, 1985; Brindle et al., 1985b; Jesse et al., 1986a) og metylmalonyl-CoA (Brindle et al., 1985b; Knapp & Baldwin, 1990) i mitokondrier isoleret fra drøvtyggerlever. Metylmalonyl-CoA's regulerende virkning på CPT-I kan være en link, der koordinerer tilgængeligheden af propionat fra vommen med behovet for frie fedtsyrer som substrat i ketogenesen (se Figur

12.4). Det er vist, at glukagon reducerede, og insulin øgede levercellernes koncentration af malonyl-CoA (Brindle et al., 1985a; Brindle et al., 1985b), hvilket antyder en koordineret regulering mellem leveren og de perifere væv. I f.eks. senlaktationen eller i goldperioden, hvor energiforsyningen er rigelig, er koncentrationen af insulin og næringsstoffer normalt relativ høj, hvilket resulterer i en relativ høj koncentration af malonyl-CoA (se Figur 12.4), hvilket vil medføre en beskedent optagelse af NEFA til oxidation i leverens mitokondrier.

Tiden lige omkring kælvning og tidlig laktation er karakteriseret ved, at køerne er i negativ energibalace og har en lav glukose- og insulinkoncentration, men høje glukagonkoncentrationer, især ved høj mælkeproduktion. I sådanne situationer er koncentrationen af malonyl-CoA i cytosolen lav. En lav koncentration af malonyl-CoA medfører en høj aktivitet af CPT-I, der stimulerer transporten af NEFA over den ydre mitokondriemembran. Dette er i overensstemmelse med in vitro studier med levervæv, hvor det er vist, at høje koncentrationer af propionat, acetat og insulin hæmmer fedtsyreoxidationen (Jesse et al., 1986a; Jesse et al., 1986b). Den hæmmende virkning af propionat og acetat på oxidationen skyldes formodentlig en øget koncentration af metylmalonyl-CoA og malonyl-CoA, der så hæmmer CPT-1 og dermed transporten af fedtsyrer over mitokondriemembranen. Insulin inhiberer transskriptionen af CPT-1 og modificerer CPT-1 sensitivitet over for malonyl-CoA (Zammit, 1983; Chow & Jesse, 1992; Beylot, 1996) Det er endvidere vist, at NEFA hæmmer acetyl-CoA carboxylaseaktiviteten og dermed malonyl-CoA aktiviteten.



Figur 12.4 Oversigt over substrater til og produkter fra vigtige intermediære processer i leveren af betydning for udviklingen af ketose og fedtlever. Forkortelser: AA = aminosyrer, gAA = glukogene aminosyrer, CPT-I = carnitin palmityl transferase I; kAA = ketogene aminosyrer, PC+... = Fosfatidylcholin og andre komponenter til dannelse af fosfolipid; PG = propylenglykol; TG = triglycerid; VLDL = "very low density lipoproteins". De glukogene aminosyrer indgår via pyruvat (Ala, Cys, Gly, Hyp, Ser, Thr), α-ketoglutarat (Arg, His, Gln, Pro), Succinyl-CoA (Ile, Met, Val), Fumarate (Tyr, Phe) og oxaloacetat (Asp). Aminosyrer, der både er ketogene og glukogene, indgår via acetoacetyl-CoA (Leu, Lys, Phe, Trp, Tyr) og via Acetyl-CoA (Ile, Trp), hvor også den eneste rent ketogene aminosyre (Leu) indgår.

Men når NEFA er optaget i mitokondrierne, hvad bestemmer så, om fedtsyrerne oxideres fuldstændigt til CO₂ og vand for dannelse af ATP eller kun delvis oxideres i ketogenesen under dannelse af ATP og ketonstoffer? I 1970'erne var den mest udbredte hypotese, at acetyl-CoA blev dirigeret i retning af den ufuldstændige oxidation (ketogenesen) som følge af lav tilgængelighed af oxaloacetat i mitokondrierne (Krebs, 1966). Denne teori blev allerede kritiseret i 1969, idet der var

dokumentation for, at aktiviteten af fosfoenolpyruvat carboxykinase i mitokondrier og cytosol var uændret i ketogene situationer, og at fluxen i glukoneogenesen var reduceret hos fastede dyr (Kronfeld, 1969). Zammit (1990) konkluderer, at Krebs' teori om at vedligeholde et lavt niveau af oxaloacetat formodentlig er korrekt – men årsagen hertil er forkert. Den lave oxaloacetatkoncentration er opnået ved et meget højere NADH/NAD⁺ forhold i mitokondrierne. En-

zymet β -hydroxybutyratdehydrogenase findes ikke i mitokondrierne, og koncentrationen er lav i cytosolen, hvilket begrænser omdannelsen af β -hydroxybutyrat til acetoacetat (Zammit, 1990).

I tidlig laktation øges laktoseproduktionen dramatisk, hvilket øger glukosebehovet meget betydeligt. For at tilgodese dette behov øges glukoneogenesisen (se Tabel 12.3 og Figur 12.4), og glukoseforbruget i andre væv end yveret nedsættes som følge af hormonelle tilpasninger (Tabel 12.4), men på trods heraf falder glukosekoncentrationen, især hos ældre højtydende køer (Ingvarsen et al., 1995). Som det ses af Figur 12.4, er substraterne til glukoneogenesisen propionat, glukogene aminosyrer (der indgår via pyruvat eller via Krebs' cyklus), laktat og glycerol. De kvantitativt mest betydende substrater er propionat og glukogene aminosyrer (Danfær et al., 1995). Suboptimal forsyning af glukogene substrater vil bidrage til hypoglukosæmi og øge risikoen for ketose.

Generelt øges koncentrationen af ketonstoffer i cirkulationen som en tilpasning til laktationen i tidlig laktation, som f.eks. illustreret i Figur 12.2. Ketonstofferne stammer fra to kilder, en exogen (fra fodringen) og en endogen (fra mobiliseringen af kropsfedt). *Den endogene kilde af ketogene substrater* hos drøvtyggere udgøres i al væsentlighed af langkædede fedtsyrer. Som følge af det øgede næringsstofbehov og den hormonelle regulering reduceres glukosekoncentrationen og dermed insulinkoncentrationen. Fedtsyrer mobiliseres i denne situation, bl.a. som følge af et lavt insulin/glukagonforhold samt et højt væksthormonniveau (Tabel 12.4). I situationer, hvor hepatocytternes energiforsyning er lav, dvs. hvor cytosolens koncentration af malonyl-CoA formodes at være lav, vil optagelsen af frie fedtsyrer være høj og som følge af, at koncentrationen af oxaloacetat vil være relativ lav pga. trækket af sub-

strater i glukoneogenesisen, så vil ketogenesisen være stimuleret (se Figur 12.4). Faktorer, der stimulerer mobiliseringen af frie fedtsyrer og den deraf følgende ketogenese i tidlig laktation, er fede køer, høj ydelse, fodring med lav energikoncentration eller rationer, der resulterer i lav absorption af glukogene næringsstoffer (Markusfeld et al., 1984; Andersson & Emanuelson, 1985; Riemann et al., 1985; Bendixen et al., 1987b).

Exogene kilder af ketogene substrater stammer fra foderet, herunder butyrat (smørsyre) i ensilage eller butyrat dannet mikrobielt i formaverne (se kapitel 8). Halvdelen eller mere af den butyrat, der optages fra vommen, omdannes til β -hydroxybutyrat i vompepitelet (Hird & Symons, 1961). Den resterende del optages og omdannes effektivt i leveren, hvor butyrat enten kan oxideres i Krebs' cyklus eller indgå i ketonstofdannelsen (se Figur 12.4). Køer fodret med ensilage med høje koncentrationer af butyrat har således en øget koncentration af β -hydroxybutyrat i blodet (Adler et al., 1958; Andersson & Lundstrom, 1985; Tveit et al., 1987; Tveit et al., 1992). Effekten kan dog også være indirekte via en reduceret foderoptagelse (se kapitel 7 og 18, bind 1), der i tidlig laktation kan øge mobiliseringen af depotfedt. Foderoptagelsen er nemlig negativt korreleret med ensilagens indhold af butyrat, hvilket muligvis skyldes et forhøjet indhold af biogene aminer så som putrescin, tryptamin, cadaverin og histamin (Ingvarsen, 1992; Lingaas & Tveit, 1992; Tveit et al., 1992). Andre ketogene fodermidler som sukkerroer og melasse kan ligeledes øge koncentrationen af butyrat i vommen og dermed ketonstofniveauet i blod og mælk (Aaes, 1988).

Forebyggelse af fedtlever og ketose

Der er meget stort overlap i risikofaktorer for fedtlever og ketose, hvorfor forebyggelsen af disse to stofskiftelidelser er behandlet

under et. Forebyggelse af fedtlever og ketose omkring kælvning bør derfor ske gennem ernæring og management i senlaktationen, goldperioden og i tidlig laktation. Såvel fodring og management bør sikre, at mobiliseringen af fedt fra kropsdepoterne holdes inden for normalområdet, således at optagelsen af fedt i leveren ikke overstiger leverens kapacitet for oxidation og eksport i form af VLDL i væsentligt omfang. Endvidere bør fodringen også sikre, at summen af cirkulerende ketonstoffer med exogen (fra foderet) og endogen (via ketogenesen) oprindelse ikke overstiger de subkliniske niveauer.

Fodring

Ernæringen bør sikre, at køerne ikke er for fede (huld på mellem 3,25 og 3,75) ved kælvning. Køer, der er fede ved kælvning, vil alt andet lige mobilisere mere fedt fra kropsdepoterne og derved få en reduceret appetit (Ingvartsen et al., 1995; Ingvartsen & Andersen, 2000), der øger risikoen for fedtlever. Vedrørende fodring generelt henvises der til kapitel 13 og 5 for henholdsvis goldperioden og laktationsperioden. Med henblik på forebyggelse af fedtlever og ketose bør fodringen generelt sikre en tilstrækkelig foderoptagelse i forhold til produktionen og en normal mobilisering af kropsreserver. Med henblik på forebyggelse af fedtlever og ketose omkring kælvning gennem fodringen bør der især fokuseres på følgende forhold:

- Tilvæn køerne til laktationsfoderet i goldperioden
- Øg foderets energikoncentration de sidste 2 uger af goldperioden for at imødegå overdreven mobilisering af kropsdepoter
- Optimer næringsstofforsyning i forhold til dyrenes behov (balanceret ration i forhold til fysiologisk status)
- Anvend fuldfoder (Østergaard & Gröhn, 2000; Ingvartsen et al., 2001a). Hvis foderemnerne tildeles separat, bør optrap-

ning af kraftfoder ikke overstige 0,3 kg pr. dag (Ingvartsen et al., 2001a). Ved udfodring af større kraftfodermængder bør dette ske ved hyppige udfodringer af kraftfoder

- Anvend appetitligt foder og undgå ringe ensilagekvalitet (lavt tørstofindhold, lav gæringskvalitet og forurening) og/eller ketogen fodring (højt smørsyreindhold, roer, melasse) (se kapitel 7 og 18, bind 1)
- Undgå større ændringer i foderrationen.

I forebyggelse af ketose på lang sigt bør det især tilstræbes, at køerne fodres således, at de ikke bliver for fede. På kort sigt, f.eks. i situationer, hvor køerne er blevet for fede, bør der tildeles substrater, der har en glukogen virkning som derved nedregulerer fedtmobiliseringen. I problembesætninger kan der evt. anvendes propylenglycol.

Foderadditiver

Det har været foreslået, at adskillige foderadditiver kan bidrage til forebyggelsen af fedtlever, herunder propylenglykol, niacin, cholin, inositol og metionin). Monensin er også foreslået (Jonker et al., 1998; Duffield et al., 2003) men er ikke tilladt til malkekøer i Danmark.

Der er gennemført en detaljeret gennemgang af litteraturen vedrørende propylenglykol til malkekøer (Nielsen & Ingvartsen, 2000). Der blev konkluderet, at anvendt strategisk kan propylenglykol mindske risikoen for fedtlever og ketose. I en nylig publikation er der ud over en summering af de forskellige gunstige effekter af propylenglykol også gennemgået de fundne bivirkninger (Nielsen et al., 2003a). Disse bør indgå i overvejelserne, før man anvender propylenglykol.

Litteraturen er endvidere gennemgået med henblik på at vurdere effekten af at supplere malkekøer med niacin på risikoen for bl.a. fedtlever og ketose, men der kunne ikke do-

kumenteres nogen positive effekter (Nielsen & Ingvarsen, 2000). Hos enmavede er der fundet gunstige virkninger af cholin, inositol og metionin på fedtlever. Der er imidlertid utilstrækkelig dokumentation for, at disse stoffer kan reducere risikoen for fedtlever og ketose hos drøvtyggere.

Management- og staldforhold

Managementforhold kan også bidrage til udviklingen af fedtlever og ketose. Adskillige stald- og managementforhold kan påføre individuelle køer stress og reducere deres foderoptagelse og derigennem potentielt øge mobiliseringen af fedt og risikoen for fedtlever og ketose. Følgende faktorer er af betydning:

- Utilstrækkeligt æde- og hvileareal
- Stress ved f.eks. gruppeskift og overbelægning
- Dårlig klov-/benstatus og manglende klovpleje
- Manglende tilvænning til stald og malkestald før kælvning.

12.5 Mælkefeber og hypokalcæmi

Definition og symptomer

Hypokalcæmi defineres som blodkalciumniveauer under normalgrænsen, som for ioniseret kalcium ligger omkring 1 mmol/l og for totalkalcium omkring 2 mmol/l (Larsen et al., 2001; Houe et al., 2001). Afhængig af graden af hypokalcæmi forekommer denne i to former, dels i form af *subklinisk hypokalcæmi*, hvor der ikke er umiddelbart synlige symptomer og dels i form af *mælkefeber*, hvor der er tydelige kliniske symptomer. Ioniseret kalcium udgør ca. 45-50 % af totalkalcium (Larsen et al., 2001). Normalværdier og forskellige grader af hypokalcæmi er foreslået for ioniseret kalcium i plasma: normal, >1,06 mmol/l; mild hypokalcæmi, 1,05-0,8 mmol/l; moderat hypokalcæmi med lette kliniske tegn, 0,79-0,5 mmol/l; svær hypokalcæmi med tydelige kliniske tegn

(mælkefeber) 0,5 mmol/l (Larsson et al., 1983). Senere undersøgelser har rapporteret tilsvarende grænseværdier for overgang til hypokalcæmi (Lincoln & Lane, 1990; Larsen et al., 2001) og koncentrationen af kalcium, hvor mælkefeber opstår som klinisk lidelse (Desmecht et al., 1995; Larsen et al., 2001; Mellau et al., 2001).

Køer med subklinisk hypokalcæmi udviser, som navnet siger, ikke kliniske symptomer. Grænsen mellem subklinisk og klinisk hypokalcæmi er dog lidt flydende, og ved en grundig klinisk undersøgelse vil der kunne findes lette kliniske tegn, selvom man traditionelt vil betegne tilfældet som subklinisk. Eksempelvis vil der kunne ses let nedsat vommotorik og appetit. Marquardt et al. (1977) observerede således en lavere foderoptagelse hos køer, der udviklede mælkefeber. Sænkning af blodets indhold af ioniserbart kalcium (iCa) til 0,5 mM ved kontinuert infusion af EDTA har medført et gradvist ophør af ensilageoptagelsen, ligesom drøvtygningen gradvist aftog imod nul hos malkekøer (Hansen et al., 2003). Ingen af de tre køer viste kliniske tegn på mælkefeber.

De kliniske symptomer på mælkefeber afhænger af graden af mælkefeber, hvorfor det er foreslået, at symptomerne deles i tre stadier (Radostits et al., 2000b). I de indledende stadier af mælkefeber (stadium 1, dvs. på grænsen mellem subklinisk hypokalcæmi og mælkefeber) ses ud over både nedsat appetit og vommotilitet også tør mule, døsigthed og reduceret rektaltemperatur (0,5 °C). På dette stadium kan diagnosen kun stilles med usikkerhed. Når hypokalcæmien udvikler sig yderligere (stadium 2), bliver symptomerne mere tydelige (Larsson et al., 1983). Køen bliver mere urolig og ængstelig, og der kan ses sitren i muskulaturen. Den står med skrævende ben og gangen bliver mere slingrende. Der ses ingen gødningsafgang, og i rektum vil der være tør sammenpakket gød-

ning. Hudtemperaturen vil være kold, og rektaltemperaturen falder yderligere under forløbet. Slingerheden bliver mere og mere udtalt, indtil koen falder eller lægger sig ned. Intensiteten af hjertelyden er nedsat, og pulsen er øget til 80 slag pr. minut. I det videre forløb (stadie 3) kan koen ligge i brystleje og evt. rejse sig, hvis den hjælpes op. Generelt er faldet i temperaturen og svækelse af det kardiovaskulære system mere udtalt – pulsen kan være øget op til 120 slag pr. minut. Ubehandlet vil koen til sidst ligge i fladt sideleje og blive mere døsig, indtil den bliver bevidstløs, hvorefter koen hurtigt vil dø af tilstanden.

Forekomst og risikofaktorer

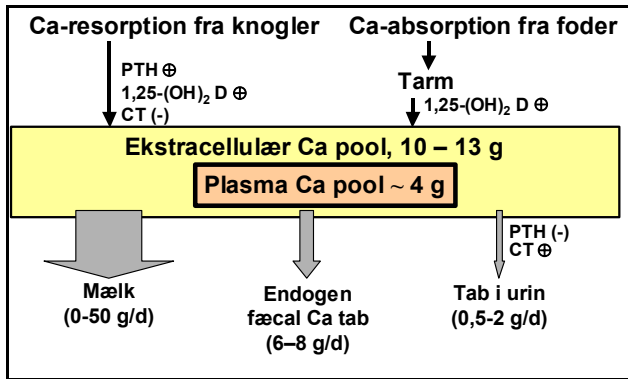
Hypokalcæmi forekommer typisk lige omkring kælvning. Ca. 5 % af de danske køer behandles årligt for mælkefeber (se Tabel 12.1). Dette niveau svarer til, hvad der er fundet som gennemsnit i opgørelser fra Europa og Nordamerika (se Tabel 12.2). Gennemsnittene dækker dog over en stor variation mellem besætninger – Jordan & Fourdraine (1993) fandt f.eks. en incidensrisiko af mælkefeber på 44 % i en meget højtydende amerikansk besætning. I Danmark forekommer sygdommen formodentligt hyppigere end behandlingsfrekvenserne i Kvæg-databasen angiver, idet en undersøgelse baseret på kliniske undersøgelser viste, at 26 % af køerne havde subklinisk mælkefeber (Larsen et al., 2001).

De væsentligste risikofaktorer omfatter: paritet (alder), huld, tidligere forekomst af mælkefeber hos koen og fodring. Kælvekvi-er får meget sjældent mælkefeber, risikoen for mælkefeber er lav (omkring 2 %) i 2. laktation og stiger betydeligt med laktationsnummer i de senere laktationer (Curtis et al., 1984; Gröhn et al., 1995; Horst et al., 1997; Gröhn et al., 1998). Køer, der tidligere har haft mælkefeber, har stor risiko for at få

det igen i den efterfølgende laktation (Bendixen et al., 1987a; Erb & Gröhn, 1988; Calavas et al., 1996). Køer med højt huld har større risiko for at få mælkefeber (Heuer et al., 1999; Østergaard & Gröhn, 1999). Det er uklart, om mælkeydelsen er en risikofaktor, idet varierende resultater er opnået i forskellige undersøgelser (Ingvarsen et al., 2003a). I en omfattende oversigtsartikel af fodringens effekt på risikoen for mælkefeber blev der konkluderet, at lave kalciumniveauer (<20 g/dag) i goldperioden kan forebygge mælkefeber (Houe et al., 2001). Dette har imidlertid mindre praktisk betydning, da det er vanskeligt at blande rationer med tilstrækkeligt lave koncentrationer af kalcium. Eftersom metabolisk surtvirkende fodermidler (lav kation-anionbalance) har en forebyggende effekt på mælkefeber, kan ikke-surtvirkende fodermidler siges at udgøre en risikofaktor. Betydningen af kation-anionbalancen er beskrevet nærmere under afsnittet forebyggelse.

Ætiologi og patofysiologi

En række reviews har behandlet hypokalcæmi og mælkefeberens ætiologi og patofysiologi (Reinhardt et al., 1988; Horst et al., 1994; Horst et al., 1997; Goff, 2000; Houe et al., 2001), hvortil der henvises for detaljer. Hypokalcæmi skyldes forstyrrelse i kalciumhomeostasen (kalciumbalancen) omkring kælvning. Kalciumhomeostasen består på den ene side af input via absorption af kalcium via tarmvæggen og resorption af kalcium fra knoglerne og på den anden side af output via tab med gødning, tab via urin, tab til fosterproduktion, kalcium deponeret til eget skelet og tab til mælkeproduktion (Allen & Sansom, 1985). Problemstillingen vedrørende hypokalcæmi og mælkefeber er illustreret i nedenstående figur, der viser input-output relationer i forhold til plasmapoolen af kalcium.



Figur 12.5 Kalciumhomeostasen hos en 600 kg malkeko. PTH = paratyroideahormon; 1,25-(OH)₂D = 1,25-dihydroxyvitamin D; CT = calcitonin. ⊕ = stimulering af flux i pilens retning; (-) = hæmning af flux i pilens retning (mod. e. Reinhardt et al. (1988)).

Hypokalcæmi opstår som følge af, at Ca-output til mælkeproduktion m.v. er større end absorptionen af Ca i fordøjelseskanalen og mobilisering fra knoglerne. Plasmapoolen af Ca er meget beskeden sammenlignet med det daglige Ca-behov hos højtydende køer (se Figur 12.5), der udskiller 1,0-1,2 g Ca pr. kg mælk (ca. dobbelt så høj koncentration i kolostrum) ud over det uundgåelige endogene tab og tab i urin, hvorfor der stilles store krav til de regulerende faktorer, der opretholder homeostasen. Kalciumhomeostasen reguleres af komplicerede hormonale mekanismer omfattende paratyroideahormon (PTH), 1,25-dihydroxyvitamin D₃ og calcitonin (se Tabel 12.4; (Ramberg-CF et al., 1984; Horst et al., 1997)). PTH-sekretionen øges normalt betydeligt ved selv små fald i Ca-koncentrationen, hvilket stimulerer Ca-resorptionen fra knoglerne og reducerer tabet via urin. PTH stimulerer endvidere syntesen af et andet centralt hormon i kalciumhomeostasen, 1,25-dihydroxyvitamin D₃, i nyrerne. 1,25-dihydroxyvitamin D₃ stimulerer tarmepitelets evne til at absorbere Ca fra foderet. Hos nogle køer, især ældre, er adaptationen i bl.a. ovennævnte meka-

nismer omkring kælvning imidlertid ikke effektiv nok til at opretholde kalciumhomeostasen, og disse dyr udvikler hypokalcæmi og evt. mælkefeber. En række forhold kan påvirke risikoen for hypokalcæmi og mælkefeber via effekter på PTH-sekretionen og dennes virkning på vævene, produktionen af 1,25-dihydroxyvitamin D₃, resorptionen af mineraler fra knoglerne og absorption af Ca fra foderet. Calcitonin virker antagonistisk i forhold til PTH. Således regulerer calcitonin indbygningen af Ca i knogler og nedsætter absorptionen af Ca fra tarmvævet. Vedrørende den generelle omsætning af Ca henvises til kapitel 12 i bind 1.

Forebyggelse

Kalciumtildeling

En lav kalciumtildeling i goldperioden vil aktivere de kalciumhomeostatiske mekanismer, således at koen lettere kan mobilisere den nødvendige kalcium, når laktationen påbegyndes. Der er lavet adskillige eksperimentelle forsøg over den forebyggende effekt af at tildele foder med lavt kalciumindhold i goldperioden. De resulterende anbefalinger varierer fra 20-25 g kalcium pr. dag til over 100 g kalcium pr. dag. De fleste anbefaler dog et maksimalt dagligt indtag på 20-25 g Ca i mindst 2 uger før kælvning mhp. at opnå forebyggende virkning (Houe et al., 2001; Thilsing-Hansen et al., 2002). Et så lavt kalciumniveau er meget vanskeligt at opnå med de sædvanlige fodermidler. En mulig løsning på dette kan være tildeling af kalciumbindere til foderet (Thilsing-Hansen et al., 2002). Tildeling af zinkoxid intraruminalt har således vist at kunne sænke serumkalcium betydeligt. Denne sænkning af kalciumniveauet efterfulgtes af en stigning i serumkalcium til over niveauet før tildeling af zinkoxid (Thilsing-Hansen & Jørgensen (2001a). Tildeling af zeolit har vist at have forebyggende effekt på mælkefeber (Thilsing-Hansen & Jørgensen (2001b).

Indgift af calciumstøddosis omkring kælvning

Der findes forskellige calciumprodukter til peroral indgift omkring kælvning. Metoden har veldokumenteret forebyggende effekt, også på forekomsten af subklinisk hypokalcaemi (Goff et al., 1996). Metoden kan evt. kombineres med lav calciumtildeling i goldperioden. Man skal dog være opmærksom på, at en del mælkefeberforebyggende præparater indeholder calciumklorid i koncentreret form. De kan give ætsninger i formaverne og løs gødning, især hos køer med nedsat appetit. Selvom der er beskrevet tilfælde af voldsomme og dybtgående ætsninger, har erfaringen vist, at langt de fleste køer tilsyneladende er upåvirkede, således at fordelene ved at anvende disse præparater overstiger eventuelle ulemper.

Kation-anionbalance

Det er dokumenteret, at fodring med surtvirkende fodermidler har en forebyggende effekt på mælkefeber. Som mål for foderets surhedsgrad har man opstillet kation-anionbalancen. Der findes flere forskellige formler for denne, men den mest anvendte er: $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ (Horst et al., 1997). Kation-anionbalancen beskriver ikke den kemiske surhedsgrad af foderet, men ionerne i foderet påvirker stofskifteprocesser i organismen og derved den systemiske syrebasebalance. Adskillige undersøgelser har vist, at en kation-aniondifference i området fra -100 til -200 meq pr. kg fodertørstof effektivt kan forebygge mælkefeber (Goff & Horst, 1994). Dette er dog svært at opnå med eksisterende fodermidler, og der er derfor fremstillet tilskudspræparater indeholdende overskud af de relevante anioniske salte, som kan tilsættes goldfoderrationen. Anioniske salte er generelt ikke smagfulde for koen. Hvis foderrationen har en høj kation-aniondifference (> 250 meq/kg) vil det derfor være vanskeligt at tilsætte tilstrækkeligt med anion for at nå under de anbefalede

-100 meq/kg, uden at det giver problemer med smagbarheden (Horst et al., 1997).

Kation-anionbalancen kan også påvirkes i gunstig retning gennem valg af fodermidler med et lavt indhold af kalium. F.eks. hører majs til en af de fodermidler, der har et lavt indhold af kalium, og som er foreslået som et praktisk fodermiddel til at reducere kation-anionbalancen (Beede et al., 1992).

De tre forannævnte forebyggelsesprincipper (lav calciumtildeling, indgift af calciumstøddosis og tildeling af surtvirkende fodermidler) er de hyppigst anvendte. Herudover anbefales en række generelle managementtiltag. Besætningens magnesiumstatus bør undersøges, eftersom kronisk hypomagnesaemi kan disponere for mælkefeber. Endvidere bør man undgå, at køernes huld omkring kælvningen kommer over 3,75. En huldværdi på 4 og højere øger risikoen for mælkefeber betydeligt – muligvis som følge af en nedsat appetit. Af samme grund anbefales nogle at undgå energirige fodermidler omkring kælvning, men undersøgelserne på dette område er mere usikre. Ligeledes har afkortning af goldperiode, udmalkning før kælvning samt reduceret udmalkning efter kælvning været anbefalet som forebyggelse, men undersøgelserne synes lidt for usikre til generelt at kunne anbefales som forebyggelsesprincip (Thilsing-Hansen et al., 2002).

Den tidligere anvendelse af store doser vitamin D til forebyggelse af mælkefeber er meget kontroversiel, idet den nødvendige dosis er meget tæt på den toksiske dosis. Metoden kan generelt ikke anbefales og beskrives derfor ikke nærmere.

Det er vanskeligt at give generelle anbefalinger for, hvorledes de ovennævnte principper kan sammensættes i en detaljeret forebyggelsesstrategi. En sådan strategi afhænger af besætningsspecifikke forhold så-

som besætningsejerens evne til huldstyring og af de økonomiske konsekvenser af en bestemt strategi. En ekspertundersøgelse blandt husdyrbrugskonsulenter og agronomer identificerede 12 forskellige kontrolstrategier, hvorimellem især kalciumgel anvendt alene eller i kombination med en af de øvrige principper fandtes relevant (Sørensen et al., 2002). En simulering af de økonomiske konsekvenser af en given kontrolstrategi viste, at disse i høj grad er besætningsspecifikke, idet de eksempelvis afhænger af reproduktionseffektiviteten i besætningen (Østergaard et al., 2003; Østergaard et al., in press). De udviklede simuleringermodeller er stadig så komplicerede at anvende, at de ikke har fundet større anvendelse blandt rådgivere. Det forsøges på grundlag af de komplicerede modeller at udvikle mere brugervenlige regneark, således at man i fremtiden vil kunne beregne den økonomisk optimale kontrolstrategi i den konkrete besætning.

12.6 Græstetani og hypomagnesæmi

Definition og symptomer

Hypomagnesæmi er en lidelse, der som navnet siger, skyldes lave koncentrationer af magnesiumioner i blodet. Hypomagnesæmi er specifik for drøvtyggere, hvor lidelsen kan medføre muskelskramper (tetani), der kan være dødelige, hvis ikke sygdommen behandles. Afhængig af årsagsfaktorerne er sygdommen kendt under forskellige navne: græstetani, laktationstetani, vintertetani og transporttetani. Normalkoncentrationen af Mg i plasma hos kvæg er mellem 0,8-1,2 mmol/l, mens moderat hypomagnesæmi (subklinisk) optræder ved koncentrationer mellem 0,5-0,8 mmol/l (Radostits et al., 2000a). Ved koncentrationer på under 0,5 mmol/l har dyrene normalt tetani eller er i meget stor risiko for at få det.

Moderat hypomagnesæmi eller subklinisk magnesiummangel kan medføre nedsat foderoptagelse og nedsat mælkeydelse og

mælkefedtproduktion (Smith & Edwards, 1988). Malkekøer, der har klinisk græstetani, mister appetitten. De virker årvågne, utilpasse og nervøse. Tidlige kliniske symptomer på græstetani er strittende ører, muskelsitren og en meget følsom hud (hyperæstesi) samt brølen. Dyrenes gang bliver vaklende, og dyrene falder med tydelige kramper i lemmerne. I forbindelse med krampeanfaldene skærer dyrene tænder og får fråde om munden. Kramperne øger kropstemperaturen til mellem 40 og 40,5 °C, ligesom puls og respiration øges (Smith & Edwards, 1988). Dyrene kan dø som følge af åndedrætssvigt under en af de kraftige krampeanfald – ofte inden for 0,5 til 1 time efter, at kramperne er begyndt.

Forekomst og risikofaktorer

Lidelsen forekommer både subklinisk og klinisk. Hypomagnesæmi forekommer hyppigst hos malkekøer og fortrinsvis hos ældre og fede køer (Wilcox & Hoff, 1974; Harris et al., 1983), men forekommer også i kødkvægsbesætninger, der tildeles meget lidt tilskudsfoder (Harris et al., 1983) samt hos kalve og ungdyr, der tildeles rationer med lavt indhold af Mg f.eks. NH₃⁺-behandlet halm (Foldager, 1985). Incidensen er størst hos højtydende køer i 3. til 5. laktation (Harris et al., 1983). Hyppigheden af hypomagnesæmi er dog lav – formodentlig får omkring 0,5 % af Danmarks malkekøer tetani.

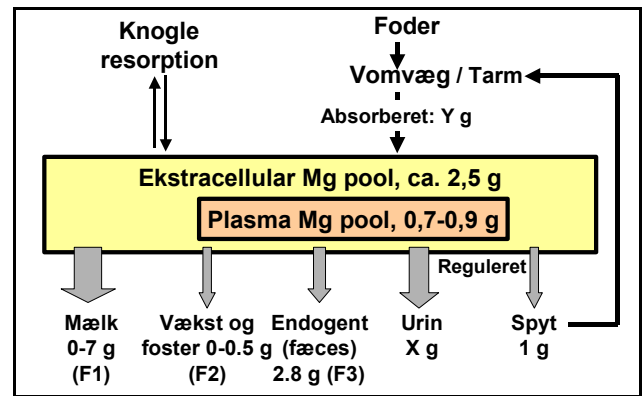
Græsafgrøder kan have en uheldig sammensætning, med et højt indhold af K⁺, lavt indhold af Na⁺ og Mg⁺⁺ og et højt indhold af råprotein, der øger risikoen for hypomagnesæmi og tetani. Der er således en øget risiko for disse lidelser, hvis græsafgrøden indeholder over 30 g K og 40 g N pr. kg tørstof (Wilkinson et al., 1987). Hypomagnesæmi og tetani kan også optræde om efteråret især i forbindelse med afgræsning af stærkt gødede efterafgrøder. Der er fundet sammen-

hænge mellem vejret og hypomagnesæmi og tetani. Således er koncentrationen af Mg i plasma lavere hos dyr, der udsættes for kulde, regn og vind, uden at de har adgang til læ/stald eller suppleringsfoder. Det er således rimeligt at antage, at det reducerede niveau af Mg hovedsageligt skyldes reduceret foderoptagelse og dermed Mg-optagelse. Mælk indeholder tilstrækkeligt magnesium til at tilgodese kalvenes vækst op til ca. 50 kg, men kalve, der herefter fodres ensidigt med mælk, har en øget risiko for at udvikle tetani (Radostits et al., 2000b).

Hurtige foderskift, der medfører brat stigning i pH- og NH_4^+ -koncentrationen i vommen, medfører øget risiko for hypomagnesæmi eller græstetani (Underwood & Suttle, 1999).

Ætiologi og patofysiologi

Magnesium forekommer i alle kropsvæv og er den kvantitativt vigtigste intracellulære divalente ion. Magnesium er essentiel i mere end 300 essentielle metaboliske reaktioner og indgår bl.a. i proteinsyntesen og som cofaktor i en lang række enzymer (f.eks. ATP-aser, kinaser, fosfataser) og er dermed essentiel for opretholdelse af kroppens normale funktioner (Shils, 1999). På grund af de specielle absorptionsmekanismer i drøvtygernes formaver og anvendelse af fodermidler med et lavt Mg-indhold kan der opstå mangelsituationer. Magnesiumstofskiftet og hypomagnesæmi er behandlet i oversigtsartikler (Reinhardt et al., 1988; Smith & Edwards, 1988; Fontenot et al., 1989; McCaughan, 1992; Dua & Care, 1995; Martens & Schweigel, 2000), og der henvises til disse for detaljer. I det følgende gives et kort sammendrag af ætiologien af hypomagnesæmi i forbindelse med laktation, herunder græstetani.



Figur 12.6 Magnesiumhomeostasen hos en 600 kg malkeko. Y er den absorberede mængde Mg inklusive Mg, der recirkuleres via spyt. Mængden, der udskilles i urin (X), kan beregnes ved følgende ligning: $X = Y - F1 - F2 - F3$. I situationer, hvor Y er mindre end summen af $F1$, $F2$ og $F3$, opstår der hypomagnesæmi og potentielt tetani.

Kroppen har store Mg-reserver, især i knoglerne. Disse reserver kan udnyttes af kalve, idet ca. 40 % af Mg i knoglerne kan mobiliseres, men med alderen reduceres denne evne, og hos udvoksede dyr er der kun en beskedent mobilisering ved lave Mg-koncentrationer i cirkulationen (Ritter et al., 1984). Mg-optagelsen via mave-tarmkanalen synes ikke at være reguleret af hormonelle faktorer (Martens & Schweigel, 2000), som tilfældet er for Ca. Der formodes at være 5 mekanismer involveret i transcullær magnesiumoptagelse (Martens & Schweigel, 2000): 1) K-afhængig optagelse, hvor Mg optages via kanaler ved hjælp af forskelle i det elektriske potentiale i den apicale membran; 2) K-uaafhængig optagelse, hvor ladninger af Mg^{2+} ombyttes med H^+ ; 3) Co-transport med andre anioner; 4) Udskillelse af Mg på serosiden foregår under samtidig optagelse af natrium – en proces der er afhængig af Na/K-pumpen. De enkelte mekanismers re-

lative betydning afhænger formodentlig af koncentrationen af forskellige relevante ioner i vommen. Ovennævnte mekanismer menes ikke hormonelt reguleret, men er påvirket af ionkoncentrationen på lumensiden, i cellerne og på serosasiden af cellerne. Ekskretionen af Mg i urin er ikke reguleret af en række stofskifte- og hormonelle faktorer. Som følge heraf er der således ikke nogen effektiv homeostatisk regulering. Organismen er i stand til at udskille overskydende Mg via urinen, men kan ikke opretholde tilstrækkelige koncentrationer i situationer, hvor optagelsen af Mg er mindre end Mg-forbruget (se Figur 12.6). I sidstnævnte situation opstår der hypomagnesæmi og tetani. Udskillelsen af Mg i mælk er 0,12-0,15 g/l, og plasmapoolen forbruges således ved produktion af blot 5-6 kg mælk. Det er derfor ikke overraskende, at højtydende køer, alt andet lige, har størst risiko for hypomagnesæmi og tetani. Ca. 1 g Mg recirkuleres via spyttet (Figur 12.6).

Manglende absorption skyldes enten lave koncentrationer af Mg i fodermidlerne eller malabsorption af Mg. Mg absorberes i formaverne især fra vom men også bladmave (Axford et al., 1975; Tomas & Potter, 1976; Aaes, 1986), men absorptionen af Mg i formaverne kan reduceres ved høje koncentrationer af K og NH_4^+ eller lav Na-koncentration. Mg-absorptionen reduceres således ved stigende koncentrationer af kalium i vommen (Tomas & Potter, 1976; Greene et al., 1983; Martens & Blume, 1986) og reducerer Mg-koncentrationen i plasma (Dalley et al., 1997b). Virkningen af K på Mg-absorptionen afhænger imidlertid af Mg-koncentrationen i vommen. Ved lave koncentrationer af Mg i vommen er Mg-absorptionen meget følsom over for K-koncentrationen (Schonewille et al., 2000). Derimod er K's negative virkning på Mg-absorptionen næsten ubetydelig, når koncentrationen af Mg i vommen er høj (Schonewille et al., 1999) og synes

ikke at påvirke den tilsyneladende fordøjelighed af Mg ved koncentrationer af Mg i rationen på over 3 % (Schonewille et al., 1997). Det bør dog tilstræbes at øge absorptionen af Mg fra foderet end at øge Mg-koncentrationen i rationen, idet høj Mg-optagelse i foderet kan reducere næringsstofudnyttelsen (Chester-Jones et al., 1989).

Meget lave natriumkoncentrationer, der ikke tilgodeser Na-behovet, hvilket ofte kan være tilfældet i græs i det tidlige forår (Morris, 1980), synes ligeledes at øge risikoen for græstetani (Butler, 1963). Na-mangel øger aldosteronsekretionen, der reducerer Na og øger K-koncentrationen i spyt og dermed i vomvæsken (LeonhardMarek & Martens, 1996). Na-mangel medfører således en øget koncentration i vommen, hvilket hæmmer Mg-absorptionen (Martens et al., 1987). NH_4^+ -koncentrationen i vommen er også sat i relation til absorptionen af Mg, mekanismen er dog ikke kendt, og varierende resultater er fundet. Høje koncentrationer af NH_4^+ hæmmer Mg-absorptionen i nogle forsøg (f.eks. Martens et al., 1988), men ikke i andre (f.eks. Moore et al., 1972). Tilsyneladende forekommer den negative virkning af NH_4^+ på Mg-absorptionen primært i forbindelse med akut høje koncentrationer af NH_4^+ og ikke, hvis dyrene tilvænnes langsomt (Martens et al., 1988). Større mængder stivelse og sukker er fundet at øge absorptionen af Mg fra formaverne og koncentrationen af Mg i blodet (Giduck et al., 1988; Schonewille et al., 2000). Dette skyldes formentlig, at stivelse og sukker resulterer i en høj koncentration af flygtige fedtsyrer i vommen, der reducerer pH i vommen (Giduck & Fontenot, 1987). Dette øger Mg-opløseligheden (Dalley et al., 1997a), hvilket spiller en betydelig rolle for Mg-optagelsen fra formaverne (Aaes, 1986).

Mælk er kun i stand til at forsyne kalven med tilstrækkeligt Mg de første ca. 3 leve-

måneder. Hos den unge kalv optages Mg primært i tarmen, men absorptionseffektiviteten falder væsentligt op til 3 måneders alderen (Radostits et al., 2000b).

Forebyggelse

McCaughan (1992) påpeger, at der er ganske betydelige forskelle i de enkelte dyrs modtagelighed over for hypomagnesæmi og tetani. Forekommer der dyr med hypomagnesæmi eller tetani, er det dog tegn på et problem for den gruppe af dyr, der fodres som dyret/dyrene, der udviser symptomer, og eventuelt et besætningsproblem. Problemet omfang kan klarlægges ved analyse af blod eller urinprøver. Hypomagnesæmi og tetani er forholdsvis nemt at forebygge, men forebyggelsesstrategien afhænger naturligvis af situationen.

Staldfodrede dyr

Hvor der er mistanke om risiko for hypomagnesæmi og tetani, skal dyrene tildeles et tilskud af et letopløseligt Mg-salt. Tilskudet kan afbalanceres i forhold til behov til produktion, indhold i foderet samt uhenigtsmæssigt høje koncentrationer af K^+ . Det bør ligeledes sikres, at Na^+ -forsyningen er tilstrækkelig.

Dyr på græs

Ved forebyggelse af hypomagnesæmi og græstetani hos græssende dyr bør følgende overvejes:

- Køer og ungdyr, der skal på græs, tildeles ekstra magnesiumtilskud fra 1 uge før til 3 uger efter udbinding. Der kan anvendes magnesiumsalte eller de særlige ”udbindingsminerale”.
- Sørg for at mildne overgangen fra staldfodring til afgræsning ved at staldfodre i

overgangsperioden – dette vil give en tilvænnning til den friske græs, der ofte har et højt indhold af K og PBV (der resulterer i høje koncentrationer af NH_4^+ i vommen) og et meget lavt indhold af Na. Begræns evt. tiden på græs i overgangsperioden.

- Sørg for at dyrenes Na^+ -behov er dækket. Na-mangel vil nemlig øge den negative virkning af K^+ .
- Ved høje PBV-værdier bør man være ekstra opmærksom på tilstrækkelig Mg^{++} forsyning.
- Undgå unødigt belastning (stress, kulde, vind) af køerne i den første tid efter udbinding.

12.7 Subklinisk og klinisk vomacidose

Definition og symptomer

Acidose er en ubalance i organismens syrebasesystem. Acidose tilstande kan forekomme i blod (metabolisk acidose), vom (vomacidose) eller både i vom og blod som vist i Tabel 12.8.

I blodet kan acidose tillige fremkaldes ved hyperventilation (respiratorisk acidose). *Metabolisk og respiratorisk acidose* defineres som en tilstand, hvor baseoverskuddet i legemsvæskerne er lavt i forhold til syreindholdet (H^+). pH i legemsvæskerne kan, men behøver nødvendigvis ikke, at falde ved acidose, da legemsvæskerne bufferes af bikarbonat, som helt eller delvist kan modvirke et fald i pH (Owens et al., 1998). Metabolisk acidose kan forekomme ved fodring med metabolisk surtvirkende foder som eksempelvis fodring med anioner (Gjerulff & Nørgaard, 1991), eller det kan forekomme som en sideeffekt af vomacidose. Respiratorisk acidose omtales ikke yderligere i nærværende kapitel.

Tabel 12.8 En oversigt over definitioner og symptomer på acidose hos kvæg

Definitioner på acidose		
Blod	Vom	Symptomer
	Subklinisk vomacidose (sur vom) pH ≤ 6,0	Evt. nedsat foderoptagelse Evt. nedsat mælkeydelse og fedtprocent Evt. nedsat vomfunktionalitet
	Vomacidose* (klinisk) pH ≤ 5,5	Fodervægning Svag eller ophørt motorik Udskillelse af sur urin Diarre Nedsat mælkeydelse og fedtprocent
Metabolisk acidose ↓[HCO ₃ ⁻] (bufferkapacitet) evt. ↑[H ⁺] (dvs. lavere pH)		Som for sur vom og vomacidose; Forekommer også sekundært til diarre
Respiratorisk acidose ↓[PO ₂] (ilttryk) evt. ↑[H ⁺] (dvs. lavere pH)		Hyperventilering – oftest sekundært til luftvejslidelser

* Forekommer både akut (f.eks. grutforgiftning) og kronisk (ad libitum fodring med store mængder stivelse eller sukker).

Blodets pH ligger normalt omkring 7,4 og varierer relativt lidt, hvorimod vomvæskens pH kan variere betydeligt (4,8-7). *Subklinisk vomacidose (sur vom)* er defineret som en tilstand, hvor vomvæskens pH er under 6 (Tabel 12.8 og Figur 12.7). *Vomacidose* er defineret som tilstande, hvor vomvæskens pH < 5,5, og hvor vommotorikken er svag eller ophørt. Vomacidose og metabolisk acidose kan være akut og kortvarig (< få timer), længerevarende (> få timer) eller kronisk (uger og måneder). Længerevarende vomacidose vil også påvirke blodets syrebasebalance og forårsage metabolisk acidose.

I de fleste besætninger er problemet ikke så meget den akutte acidose, men derimod den subkliniske (sur vom). *Akut* og *kronisk* sur vom kan være vanskelig at diagnosticere. Kronisk sur vom kan medføre nedsat mælkeydelse, nedsat fedtindhold i mælken, ned-

sat grovfoderoptagelse, nedsat drøvtygning samt laminitis, som ofte vil være det tydeligste symptom på kronisk sur vom. De kliniske symptomer på vomacidose i det meget fremskredne stade, er fodervægning, svag eller ophørt vommotorik, udskillelse af sur urin og diarre. Klinisk vomacidose diagnosticeres ved forekomst af ”plaskelyde i vommen”, ophørt eller stærkt nedsat vommotilitet (Galyean & Rivera, 2003). Østergaard & Gröhn (2000) fandt en gennemsnitlig nedgang i foderoptagelsen på 2-4 kg i ugen før diagnosticering af klinisk vomacidose efterfulgt af en ydelsesnedgang på 3-4 kg efter diagnosticering af vomacidose. Sur vom og vomacidose kan ligeledes medføre et dramatisk fald i mælkenes fedtindhold på 1-2 procentenheder. Der er imidlertid en væsentlig interaktion med rationens indhold af umættede fedtsyrer, stivelse og sukker samt mobiliseringen af store mængder fedtsyrer fra

kroppens fedtdepoter i tidlig laktation (NRC, 2001), hvorfor graden af sur vom og vomacidose kan være vanskelig at forudsige ud fra mælkens fedtindhold.

Pludselige dødsfald ved intensiv kornfodring af ungtyre kan skyldes vomacidose (Glock & DeGroot, 1998).

Forekomst og risikofaktorer

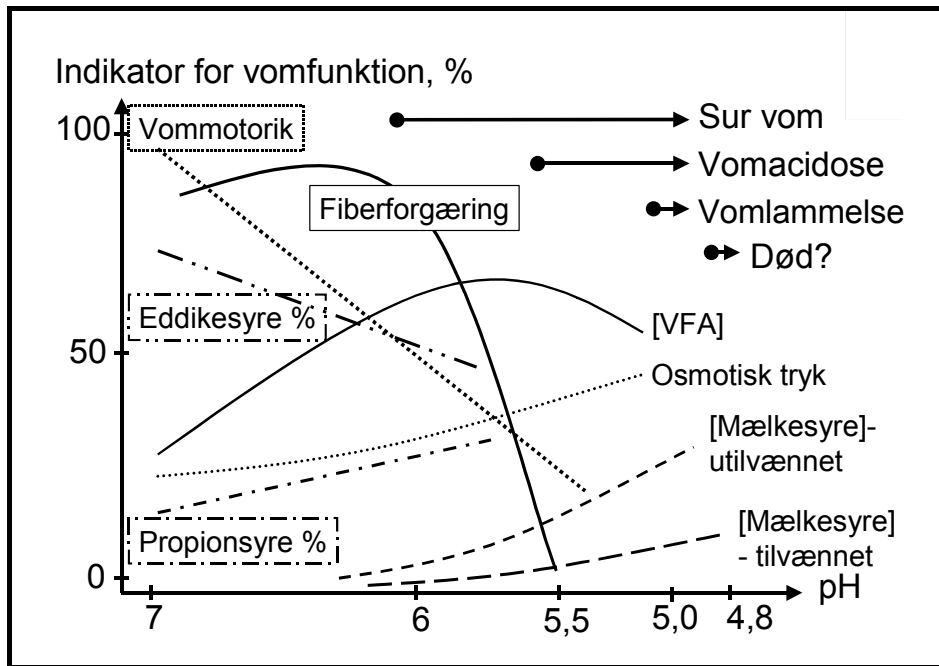
Hyppigheden, hvormed vomacidose forekommer i danske besætninger, er ikke kendt. Det skyldes, at lidelsen som nævnt tidligere er vanskelig at diagnosticere og oftest optræder subklinisk. I et studie af subklinisk vomacidose hos >61.000 Finsk Ayrshire malkekøer er incidensen bestemt til blot 0,3 % (Gröhn & Bruss, 1990), men desværre er ingen informationer givet om, hvorledes vomacidosen var diagnosticeret, ligesom der ingen information var om sværhedsgraden af lidelsen. Frekvensen af acidose er størst i den første måned efter kælvning, mens lidelsen stort set ikke forekommer mere end 3 måneder efter kælvning .

Akut sur vom og akut vomacidose optræder i timerne efter indtagelse af store mængder stivelsesholdigt foder (kraftfoderforgiftning) (Dawson & Allison, 1988) eller sukkerholdigt foder (roeforgiftning) (Møller et al., 1973) samt ved intensiv kornfodring af ungtyre (Bartley et al., 1975; Johnson, 1991). Kronisk vomacidose, vomparakeratose og metabolisk acidose forekommer ved ad libitum fodring af fedekvæg med stivelsesholdigt og strukturfattigt foder med lavt tyggetidsindeks set i forhold til danske normer (Strudsholm et al., 1999). Akut sur vom og akut vomacidose forekommer i forbindelse med for brat optrapning af fodring med roer, stivelsesholdigt kraftfoder eller udfodring af stivelsesholdigt og strukturfattigt fuldfoder

med et lavt tyggetidsindeks til malkekøer i starten af laktationen (Nørgaard, 1996).

Ætiologi og patofysiologi

Som tidligere nævnt er acidose en ubalance i dyrenes syre-basesystem. Hos malkekvæg og ungtyre skyldes lidelsen normalt vomacidose. Stigende indtagelse af fordøjeligt kulhydrat medfører stigende syreproduktion og stigende ophobning af eddike-, propion- og smørsyre samt en aftagende pH i vomvæsken (Nørgaard, 1987). Brat overfodring med stivelsesrigt kraftfoder medfører akkumulering af VFA og mælkesyre i vommen fulgt af et drastisk fald i pH til 5,5-4,8, ophør af foderoptagelse, ændret biomassesammensætning og forgæringsaktivitet i vommen (Slyter, 1976) samt lammelse af vommotorikken (akut vomacidose) (Crichlow & Chaplin, 1985; Gregory, 1987; Cherbut, 1995) (se kapitel 8, bind 1). Akkumulering af VFA og mælkesyre samt frigjort glukose fra hydrolyse af stivelse medfører ofte et forhøjet osmotisk tryk i vommen, der trækker væske fra blodet over i vommen (se Figur 12.6), hvorved kroppen dehydreres (Owens et al., 1998). Absorption af store mængder mælkesyre kan belaste blodets syrebasebalance i adskillige timer. Dunlop (1972) angiver, at leveren har en begrænset kapacitet til at omsætte D-mælkesyre, og at koncentrationen af mælkesyre forbliver høj i blodet i flere timer, indtil den er udskilt via urinen. Syretilstanden og det høje osmotiske tryk i vommen kan forplante sig til hele organismen via blodet og medføre metabolisk acidose med faldende pH, bikarbonat og stigende osmotisk tryk i blodet (dehydrering) og udskillelse af sur urin med pH<7 (Uhart & Carroll, 1967; Randhawa et al., 1981). Vom pH <5,2-5,6 bruges ofte som indikator for vomacidose (Owens et al., 1998).



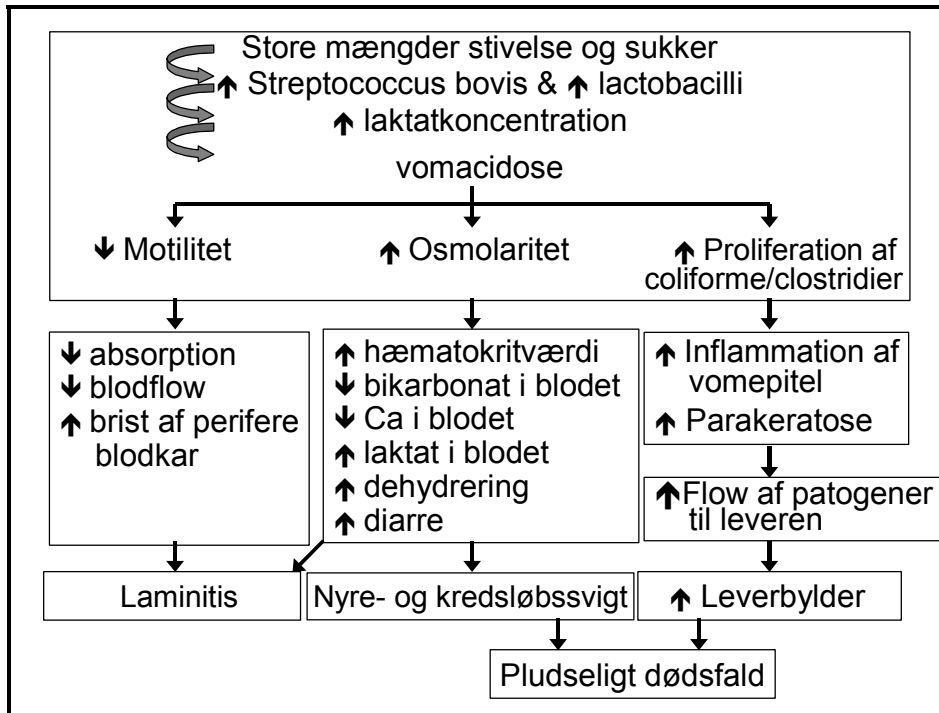
Figur 12.7 Indikatorer for vomfunktion med fokus på vomacidose.

Hos kødkvæg er det vist, at pH på $\geq 5,6$ minimerer nedgang i foderoptagelsen som følge af sur vom (Fulton et al., 1979). Hvorvidt samme grænseværdi gælder for højtydende malkekøer vides ikke.

Længerevarende gentagne vomacidosestilstande kan medføre beskadigelse af vomslimhinden, der medfører betændelsestilstande på vomslimhinden, hvorved bakterier, endotoksiner samt andre mikrobielle produkter kan passere til blodet, og via portåren til leveren, hvor de kan forårsage leverbylder og beskadigelse af leveren (Nagaraja & Chengappa, 1998; Oetzel, 2001). Vomslimhinden og vompapillernes morfologiske struktur og størrelse ændres over tid i forbindelse med syrebelastningen i vommen,

f.eks. via fodring med stivelsesholdigt kraftfoder (Dirksen, 1970; Kaufmann et al., 1980; Dirksen, 1989). Dette kan føre til en stor vompapilvækst og ændringer i vomepitelets struktur i form af en patofysiologisk keratinisering af papillerne og sammenklæbning af papillerne (vomparakeratose) (Radostits et al., 2000b).

Kronisk sur vom og vomacidose vil normalt medføre en stor risiko for udvikling af leverbylder og laminitis via mekanismer illustreret i Figur 12.8. Akut vomacidose og sur vom som følge af en lav optagelse af strukturrigt grovfoder i en lang fysisk form kan medføre udvikling af løbedrejning (Geishauser, 1995; Shaver, 1997).



Figur 12.8 Fysiologiske ændringer, der gør vomacidose til en risikofaktor for laminitis og leverbylder og pludselig død (Mod. e. Nocek, 1997).

Forebyggelse

Vomacidose kan forebygges ved følgende forhold:

- En gradvis tilvænnning til foderet. F.eks. bør køer tilvænnnes laktationsfoderet i de sidste knap 2 uger før kælvning – det gælder såvel grovfoder som kraftfoder
- Skånsom kraftfoderfodring i tidlig laktation. Hvis ikke der anvendes fuldfoder, bør kraftfoderet i tidlig laktation optrappes gradvist med maks. 0,3 kg kraftfoder pr. dag. (Ingvarsen et al., 2001a). Anvendes der mere end 3 kg kraftfoder pr. tildeling, bør antallet af daglige tildelinger øges
- Minimer optagelsen af stivelse og sukker gennem en reduktion af andelen af stivelse og sukker til fordel for fordøjelige cellevægge
- Sikring af en tilstrækkelig optagelse af strukturfoder (tyggetidsindeks > 33 min/FE) (Nørgaard, 1989b). Suppler evt. med

godt halm eller hø for at sikre tilstrækkelig struktur til dyrene

- Sikring af en jævn forgæringsaktivitet i løbet af døgnet f.eks. fodring med fuldfoder eller ved hyppig tildeling af kraftfoder eller ved tilsætning af buffer til kraftfoderet (Nørgaard, 1996).

Resultaterne fra Steg et al. (1988) viser, at forekomst af vomacidose kan forebygges 100 % selv ved fodring af malkekøer med 6-7 kg kraftfoder 2 gange dagligt, hvis stivelse og sukker tilsammen udgør mindre end 20 % af kraftfodertørstoffet. Sur vom kan forebygges ved daglig tilsætning af 200-300 g natriumbikarbonat til kraftfoderet (Erdman, 1988). Nørgaard (1989b) har introduceret konceptet "Syretræning" som en metode til at tilvænne vomepitel hos goldkøer på lavt foderniveau til at kunne modstå en stor syrebelastning i forbindelse med optrapningen af foderniveauet efter kælvning. Syretræning gav det forventede dyk i pH i vommen efter

fodringen, men ændrede ikke vomepitelets status (Andersen et al., 1999), ligesom syretræning ikke har påvirket foderoptagelsen (Ingvartsen et al., 2001a).

12.8 Leverbylder

Definition og symptomer

Leverbylder defineres som en lidelse, hvor der forekommer en eller flere bylder i levervævet, der er pusfyldte og omgivet af kapsler af varierende tykkelse. Størrelsen af leverbylderne varierer fra omkring 1 mm til over 15 cm i diameter. Leverbylder kan forekomme hos alle dyrearter, men forekommer hyppigst hos drøvtyggere, især kvæg.

Leverbylder udtrykker sig kun sjældent klinisk, forudsat at bylderne ikke brister. Selv hos dyr med mange små (hundredvis) eller adskillige store leverbylder optræder lidelsen normalt subklinisk. Store bylder kan dog resultere i akut eller kronisk sygdom (Nagaraja & Chengappa, 1998). I akutte tilfælde kan leverbylder resultere i feber, manglende appetit, nedstemthed og fald i tilvækst eller mælkeydelse, mens kroniske tilfælde kan resultere i nedsat appetit, afmagring og periodisk diarre (Radostits et al., 2000a). Nu og da kan dyr med leverbylder udvise tegn på bughulesmerter (Deem, 1980).

Generelt er kemiske analyser på plasma eller serum samt leverfunktionstests ikke pålidelige indikatorer for leverbylder (El Sabban et al., 1971; Liberg & Jonsson, 1993) og har således en meget begrænset diagnostisk værdi i prædiktion af leverbylder. I den akutte fase af udviklingen af leverbylder (målt ved eksperimentel infektion) kan der dog forekomme kliniske stigninger i blodets koncentration af f.eks. serumproteiner, bilirubin og enzymer som f.eks. γ -glutamyltransferase og sorbitol dehydrogenase (Scanlan et al., 1986; Lechtenberg & Nagaraja, 1991).

Blandt symptomerne hos ungtyre/stude med alvorlig grad af leverbylder (en eller flere store leverbylder eller flere/mange små og aktive leverbylder) er nedsat foderoptagelse, tilvækst og fodereffektivitet. I en amerikansk rapport baseret på data fra 12 forsøg, der evaluerede sammenhæng mellem graden af leverbylder og produktion, er der gennemsnitligt rapporteret en 5,1 % lavere foderoptagelse, en 9,4 % lavere daglig tilvækst og en 13,9 % lavere tilvækst pr. kg tørstof (Brink et al., 1990). I en analyse på danske slagtekalve er det fundet, at leverbylder i gennemsnit kun hæmmer nettotilvæksten med 9 g pr. dag (Kjeldsen et al., 2002). Tilvækstreduktionen menes dog at være undervurderet, idet der i de statistiske analyser ikke er korrigeret for, at kalve med en stor appetit og tilvækstpotentiale formodentlig er mere tilbøjelige til at få leverbylder end andre kalve (Kjeldsen et al., 2002). I hvor høj grad leverbylder kan reducere mælkeydelsen hos malkekøer vides ikke.

Klinisk-kemiske parametre i blodet er som nævnt ikke særlig specifikke i diagnostisering af leverbylder, men ultralyd har været testet som en lovende metode til identificering af leverbylder in vivo (Liberg & Jonsson, 1993; Itabisashi et al., 1987). Der er begrænsninger i, hvor nøjagtigt ultralyd kan estimere leverbylder, da ikke hele leveren kan skannes, da den er dækket af andre organer.

Forekomst og risikofaktorer

Hos kvæg forekommer lidelsen både hos køer, ungdyr og kalve. Lidelsen forekommer dog hyppigst hos de stærkt fodrede ungtyre og stude. I den udenlandske litteratur er det vanskeligt at finde opgørelser på incidensrisikoen af leverbylder hos malkekøer. I amerikanske feedlots kan hyppigheden af leverbylder i enkeltgrupper variere fra under 2 % op til 90-95 %. Generelt varierer den gennemsnitlige frekvens mellem 12 % og 32 %

(Brink et al., 1990). Hos stærktfodrede slagtekalve på ca. 400 kg, der kun optog små mængder stråfoder, var frekvensen af leverbylder 33 % (Normann, 1982). Forekomsten af leverbylder ved afkomsprøverne på Egtved i perioden 1977 til 1985 var i gennemsnit 5,8 %, men varierede fra 3 % til 10 % (Andersen, 2000). I Danmark påbegyndtes en systematisk registrering af leverbylder fra alt slagtet kvæg i år 2000. Baseret på slagtedata fra udvalgte store danske slagtekalvebesætninger var frekvensen af leverbylder hos slagtekalve 11,3 % (Kjeldsen et al., 2002). Variationen mellem besætninger er dog betydelig. Således havde under 1,6 % af kalvene leverbylder i de 10 % besætninger med den laveste frekvens, mens frekvensen var over 18,2 % i de 10 % af besætningerne, der havde den højeste frekvens. I en opgørelse på slagtede køer, lette kalve (slagtevægt <200 kg) samt ungtyre havde Jersey og kødkvæg en frekvens af leverbylder på lidt over 2 % (Kjeldsen, 2002). Frekvensen hos tunge malkeracer er betydeligt højere end hos Jersey og kødkvæg (Nagaraja et al., 1996), men afhænger af kategori af dyr (Kjeldsen, 2002). Hos lette kalve og ungtyre var frekvensen henholdsvis 11,8 % og 6,3 %, mens frekvensen var 5,1 % hos køer stigende fra 4,5 % hos førstekalvskøer til 5,6 % hos 3. kalvs- og ældre køer (Kjeldsen, 2002). Frekvensen af leverbylder er registreret højere i økologiske besætninger end i konventionelle. Hos Jersey er frekvenserne henholdsvis 3,2 % og 2,1 %, mens den for tunge malkeracer er henholdsvis 7,7 % og 4,9 % (Kjeldsen, 2002).

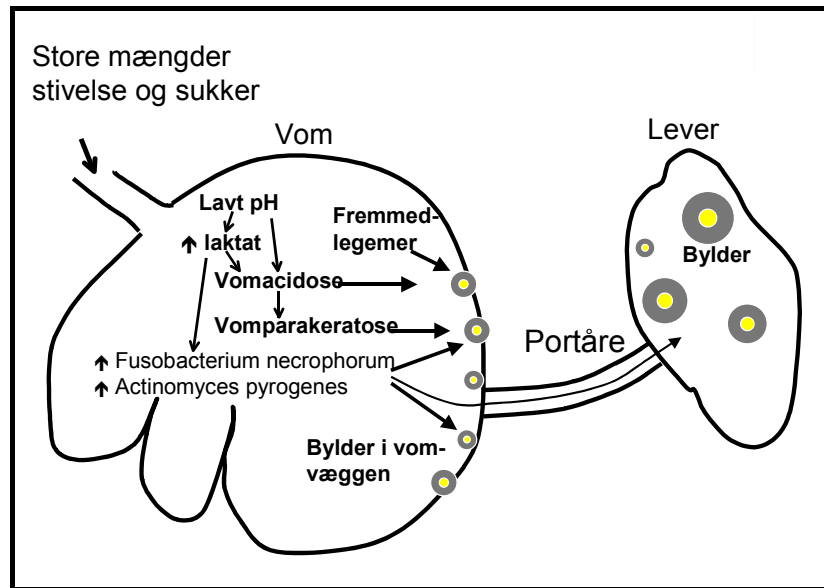
Ætiologi og patofysiologi

Nagaraja & Chengappa (1998) har i en litteraturoversigt fundet, at *Fusobacterium necrophorum* er langt det hyppigst forekommende patogen ved dyrkning af materie fra leverbylder, og i mange tilfælde er *Actinomyces pyogenes* den næsthyppigste. I nogle tilfælde forekommer *Fusobacterium necro-*

phorum som det eneste patogen, men ofte findes også en række andre anaerobe og fakultative bakterier (Nagaraja et al., 1999). Undersøgelser har således identificeret andre bakterier såsom *Bacterioides spp.*, *Clostridium spp.*, *Pasteurella spp.*, *Peptostreptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.* og *Streptococcus spp.*

Fusobacterium necrophorum er en gram-negativ, ikke-mobil, ikke-sporulerende, stavformet bakterie. Bakterien er anaerob og forekommer normalt i mave-tarmkanalen, herunder vommen, hvor den findes i vomvæsken og associeret til vomvæggen (Lechtenberg et al., 1988). Disse bakteriers primære forgæringssubstrat er ikke kulhydrater men laktat (Lechtenberg et al., 1988), hvilket falder sammen med, at laktat forekommer i relativt høje koncentrationer hos stærkt fodrede dyr med en potentiel link til acidose. Den præcise patogenese for leverbylder er endnu ikke kendt, men det er almindeligt accepteret, at læsioner i vommen forårsaget af acidose disponerer for leverbylder, som det er vist i Figur 12.9.

I Figur 12.9 er det illustreret, at fodring med foder indeholdende store mængder stivelse og sukker vil medføre lavt pH og vomacidose, der kan resultere i beskadigelse og forhorning af vomepitelet (vomparakeratose). Ud over at påvirke absorptionen af de flygtige fedtsyrer disponerer vomparakeratose for andre skader i vomepitelet. Et epitel med parakeratose får lettere fysiske skader (sår) på vomucosaen (slimhinden), der sammen med sår forårsaget af syren i forbindelse med acidose eller sår forårsaget af fremmedlegemer er grundlaget for, at bakterier kan kolonisere sårene med bylder i vomepitelet til følge (Nagaraja & Chengappa, 1998). Bakterierne kan endvidere få adgang til blodbanen via sårene på vomepitelet. Bakterierne føres via det venøse system til portåren, der forsyner leveren med blod.



Figur 12.9 Patogenesen af leverbylder hos kvæg fodret med store mængder stivelse og sukker (Mod. efter Nagaraja & Chengappa, 1998).

Leveren filtrerer bakterier fra portåreblodet, hvilket kan forårsage dannelse af bylder. At bylterne hovedsageligt er forårsaget af *Fusobacterium necrophorum* relateres givetvis til bakteriens virulens (Nagaraja & Chengappa, 1998).

Leverbylder kan også opstå hos nyfødte via infektioner gennem navlen (Radostits et al., 2000a).

Forebyggelse

Leverbylder er en del af acidose-vomparakeratose-leverbyldekomplekset. Forebyggelse af leverbylder skal derfor primært foregå gennem forebyggelse af vomacidose (se afsnit 12.7). En anden risikofaktor for leverbylder er fremmedlegemer, der naturligvis bør undgås i foderet.

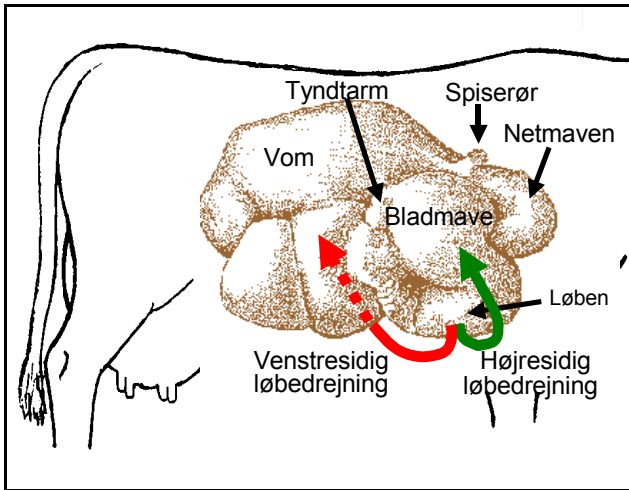
12.9 Løbedrejning

Definition og Symptomer

Løbedrejning er en multifaktoriel lidelse, hvor løben er dilateret som følge af gas og forskubbet til venstre (venstresidig løbedrejning, VSL) eller til højre (højresidig løbe-

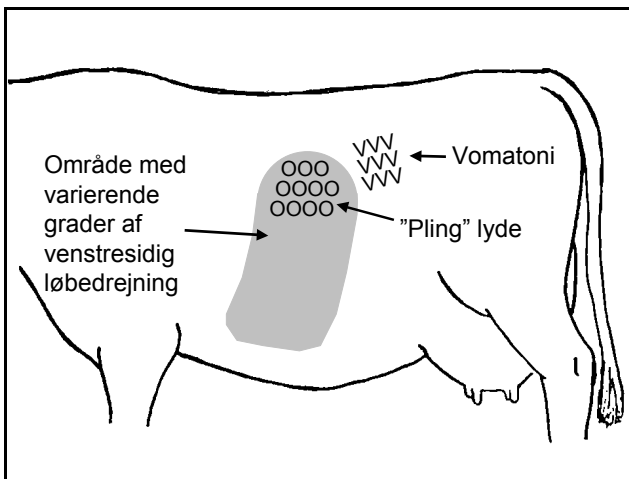
drejning, HSL) i bugen i forhold til den normale placering i højre side af bughulen lidt under vommen. Ved løbedrejning er foderets passage til tarmen delvist eller helt blokeret. Ca. 85 % af løbedrejningerne er venstresidige (Geishauser, 1995). I Norge er det fundet, at 88 % er venstresidige, mens 12 % er højresidige løbedrejninger (Citeret fra Radostits et al., 2000b). I en amerikansk undersøgelse er der tilsvarende fundet 86 % venstresidige og 14 % højresidige løbedrejninger (Constable et al., 1992). Venstre- og højresidig løbedrejning er illustreret i Figur 12.10.

Symptomerne på venstresidig løbedrejning er detaljeret beskrevet af Guard (1996) og Radostits et al. (2000b). VSL har et snigende forløb og giver ikke akutte symptomer. Symptomerne på løbedrejning er nedsat eller ophørt foderoptagelse, nedsat eller ophørt drøvtygning, nedsat gødningsafsætning, og gødningen er ofte mere tør end normalt og evt. fedtet og med olieret overflade, reduceret frekvens af vomkontraktioner og nedsat mælkeydelse.



Figur 12.10 Illustration af venstre- og højresidig løbedrejning i forhold til vom, netmave og bladmave hos kvæg.

Dyrene er ofte huløjede i varierende grad, og en let trippen kan antyde bughulesmerter. Pulsen kan være lettere øget til 85-90 pr. minut. Samtidig auskultation (lytten til indre organer med stetoskop) og knipsning på huden afslører den gasfyldte del af løben ved høje "steel-band" lyde ("pling"). Området, hvor VSL kan afsløres, ses i Figur 12.11.



Figur 12.11 Illustration af området, hvor forskellige grader af venstresidig løbedrejning optræder, samt hvor "steel-band" lyde forekommer i forhold til vom, netmave og bladmave hos kvæg.

Højresidet løbedrejning forekommer mere akut og kræver hurtig indgriben, da koen ellers kan dø. Symptomerne på HSL er tilsvarende eller mere markante end de for VSL. Lydene fra perkussionen forekommer i området under de sidste 5 ribben i den øvre halvdel af bugen. Smerter i bughulen kan få dyrene til at sparke mod bugen.

Forekomst og risikofaktorer

Løbedrejning kan forekomme hos alle former for kvæg. Lidelsen ses oftest hos højtydende malkekøer i tidlig laktation og især hos køer mellem 4 og 7 år (Constable et al., 1992). Sygdommen kan forekomme før kælvning, men 80-90 % af tilfældene forekommer de første 4 uger efter kælvning (Erb et al., 1984; Pehrson & Shaver, 1992; Constable et al., 1992). I en ældre dansk undersøgelse er der fundet en incidensrisiko for VSL på 0,6 % med en variation fra 0,2 til 1,6 % (Hesselholt & Grymer, 1979). Senere er der rapporteret en incidensrisiko på 1,3 % på basis af resultater fra Kvægdata-basen (Blom, 1993). I intensivt fodrede systemer i Nordamerika er incidensrisikoen rapporteret noget højere. Således er der fundet en incidensrisiko på 2 % i et canadisk studie (Geishauser et al., 1997), mens der for meget højtydende besætninger i USA er rapporteret en gennemsnitlig incidensrisiko på 3,3 % (Jordan & Fourdraine, 1993) og 5 % (Pehrson & Shaver, 1992). Variationen i incidensrisikoen mellem besætninger kan være meget stor og har i 2 amerikanske undersøgelser været 0-14 % (Jordan & Fourdraine, 1993) og 0-21,7 % (Pehrson & Shaver, 1992), hvilket illustrerer, at løbedrejning i høj grad er et besætningsproblem.

Løbedrejning forekommer hyppigere hos køer af malke race sammenlignet med kødkvæg (Constable et al., 1992), og der synes at være raceforskelle, idet risikoen hos Guernsey > Holstein > Brunkvæg (Constable et al., 1992; Geishauser, 1995). Ydelsens

virkning på risikoen for løbedrejning er uklar, idet varierende resultater er fundet i forskellige studier (Geishauser, 1995).

Blandt de vigtigste risikofaktorer er en række ernærings- og managementforhold (Geishauser, 1995; Shaver, 1997). Omkring kælvning er der et dyk i foderoptagelsen (Ingvartsen & Andersen, 2000). Dette er naturligt, men en lav foderoptagelse op til kælvning er fundet at øge risikoen for løbedrejning (Constable et al., 1992). Større negativ energibalance før kælvning, udtrykt ved øget plasma NEFA-koncentration, øger risikoen for VSL (Cameron et al., 1998). Cameron et al. (1998) fandt, at højt huld, dårlig management af foderbord, goldkorationer med høj energikoncentration ($>1,65$ Mcal NE_l/kg tørstof $\sim 0,89$ FE/kg tørstof og høj genetisk potentiale for mælkeydelse var væsentlige risikofaktorer for løbedrejning.

Øgning af kraftfoder/grovfoderforholdet i foderet sidst i drægtigheden og i tidlig laktation øger risikoen for løbedrejning betydeligt (Coppock et al., 1972). I studiet af Coppock et al. (1972) skiftede kørerne brat til et fuldfoder indeholdende en højere andel kraftfoder 4 uger før kælvning. Det bratte skift til en mere energirig ration kan formodentlig ligeledes være en risikofaktor for løbedrejning.

Optrapning af næringsstofforsyningen de sidste 2-3 uger før kælvning anbefales generelt for at sikre køernes næringsstofbehov og for at tilvænne dyrene til laktationsfoder (se kapitel 13). Optrapning af energi og protein reducerede risikoen for VSL væsentligt i et studie af Curtis et al. (1985), mens en øget kraftfodertildeling øgede risikoen for løbedrejning i et andet studie (Correa et al., 1990). Forskelle i risikoen kan muligvis forklares med optrapning til forskelligt foder-niveau samt forskellig næringsstofforsyning. Da foderoptagelsen er relativt lav omkring

kælvning (Ingvartsen & Andersen, 2000), kan kraftfoder/grovfoderforholdet blive relativt højt i besætninger, hvor der ikke fodres med fuldfoder. Stærk optrapning af kraftfoder i tidlig laktation kan reducere grovfoderoptagelsen u hensigtsmæssigt meget (Ingvartsen et al., 2001b).

Nogle fodermidler giver øget risiko for løbedrejning sammenlignet med andre. Således er der fundet en 2-3 gange højere incidensrisiko for ensilage sammenlignet med hø (Zamet et al., 1979; Nocek et al., 1983). Årsagen til forskellene mellem ensilage og hø er formodentlig delvist, at ensilagen er fintsnittet. Betydningen af ensilagens snitlængde for risikoen for løbedrejning er ikke undersøgt, men stærk findeling (formaling) af lucernehø øger risikoen for løbedrejning signifikant (Dawson et al., 1992). Der er i Danmark erfaring for, at fodring med stærkt fintsnittet majsensilage som eneste struktur-foder til køer i tidlig laktation udgør en betydelig risiko for forekomst af løbedrejning, og at denne risiko stort set kan elimineres ved, at hver ko dagligt æder et kg halm.

Uhensigtsmæssige forhold ved foderbordet er ligeledes en risikofaktor for løbedrejning. Manglende plads ved foderbordet og dermed stor konkurrence vil reducere grovfoderoptagelsen (se kapitel 7, bind 1) og formodentlig give en uhensigtsmæssig variabel foderoptagelse hos lavt rangerende køer og derved være en risikofaktor for løbedrejning (Constable et al., 1992). Ovennævnte forhold er givetvis især et problem omkring kælvning og tidlig laktation, hvor dyrene ofte flytter fra en gruppe til en anden.

Andre produktionssygdomme er ligeledes rapporteret som risikofaktor for løbedrejning (Geishauser, 1995; Guard, 1996; Radostits et al., 2000b). Løbedrejning forekommer samtidig med fedtlever (Herdt et al., 1982; Holtenius & Niskanen, 1985; Taguchi et al.,

1992), men sammenhængen mellem sygdommene er uklar. Løbedrejning forekommer ligeledes samtidig med ketose (Pehrson & Shaver, 1992; Constable et al., 1992), der er rapporteret som en risikofaktor for løbedrejning (Curtis et al., 1985; Markusfeld, 1987; Erb & Gröhn, 1988; Gröhn et al., 1995). Løbedrejning ses ligeledes i forbindelse med kælvningsfeber, der ligeledes formodes at være en risikofaktor for løbedrejning (Willeberg et al., 1982; Markusfeld, 1986; Pehrson & Shaver, 1992; Massey et al., 1993). Det er endvidere rapporteret, at forebyggende behandling med calciumkloridgeler reducerer risikoen for løbedrejning (Oetzel, 1996).

Ætiologi og patofysiologi

Den præcise årsag til venstre- og højresidig løbedrejning er stadig uklar på trods af bestræbelser på at klarlægge ætiologien og patofysiologien i oversigtsartikler (Svendsen, 1969; Geishauser, 1995). Forskellige faktorer menes at være forudsætninger for udviklingen af løbedrejning. En faktor er nedsat kontraktilitet og atoni (slaphed) og udspiling af løben med gas (Constable et al., 1992). Gassen dannes delvist i løben ved, at bikarbonat fra vommen reagerer med HCl, men gassen stammer også delvist fra vommen (Sarashina et al., 1990). En anden faktor er, at tarmkrøset skal have strakt sig, for at løben kan dislokere. En tredje faktor er pladsforhold i bughulen. Pladsforholdene ændres betydeligt omkring kælvning som følge af foster og ændringer i foderoptagelsen (Ingvarsen & Andersen, 2000). Hvis vommen efter fødsel ikke indtager sin normale plads på det venstre bughulegulv, vil løben kunne glide under vommen og resultere i en løbedrejning. Gassen og en udspilet løbe, hvor tarmkrøset har strakt sig i kombination med ændrede pladsforhold i bughulen, formodes

således at være en forudsætning for udvikling af en venstre- eller højresidet løbedrejning.

Forholdene, der leder til atoni og nedsat motilitet, er stadig uklare. Hypokalcæmi omkring kælvning er en mulig faktor. Reduktionen i calciumkoncentrationen omkring kælvning medfører en reduktion i løbens kontraktilitet, der formodes at lede til atoni og udspiling af løben (Daniel, 1983; Massey et al., 1993). Flygtige fedtsyrer (VFA) i løben er ligeledes rapporteret at reducere løbens motilitet (Breukink, 2003). Der er dog normalt en svag sammenhæng mellem koncentrationen af VFA i vommen og løben (Breukink & Deruyter, 1976), når vommen har et velfungerende flydelag. Høje andele kraftfoder og stærk findeling af grovfoderet reducerer flydelaget (Nørgaard, 1989a; Shaver, 1997). Shaver (1997) angiver følgende mekanisme i udviklingen af løbedrejning: Hos køer med et utilstrækkeligt flydelag falder kraftfoderpartiklerne ned i den ventrale del af vommen og netmaven, hvor de forgæres eller passerer videre til løben. VFA, der er produceret i den ventrale del af vommen, kan passere til løben, inden de absorberes af vommen og dermed hæmme løbens motilitet.

Der er fundet overraskende gode muligheder for at forudsige løbedrejning på basis af analyse af plasma for høj aktivitet af aspartat aminotransferase, høj koncentration af β -hydroxybutyrat og et højt fedt/proteinforhold i mælken (Geishauser et al., 2000), hvilket mekanistisk skyldes, at dyr med løbedrejning har nedsat appetit og øget mobilisering.

Forebyggelse

Baseret på risikofaktorer for løbedrejning og det begrænsede kendskab til løbedrejningens ætiologi bør følgende overvejes i forbindelse

med forebyggelse af dette multifaktorielle besætningsproblem:

- Undgå fede køer ved kælvning
- Undgå overfodring med kraftfoder i goldperioden
- Undgå bratte foderskift omkring kælvning og sørg for stabil tildeling af foder
- Sørg for tilstrækkelig plads ved foderbordet, således at lavt rangerende køer også får en stabil og tilstrækkelig mængde foder
- Optrapningen af kraftfoder i tidlig laktation bør ikke overstige 0,3 kg pr. dag
- Sørg for, at kørerne optager tilstrækkeligt strukturfoder. Ensilage bør ikke findeles for meget, og tyggetiden bør være på 33 min/FE eller derover. Ved fodring med fuldfoder skal man være opmærksom på, at grovfoderpartiklernes struktur ikke ødelægges ved for lang blandetid
- Forebyg hypokalcaemi (se under mælkefeber), fedtlever og ketose (se under fedtlever og ketose) og vomacidose (se under vomacidose).

12.10 Trommesyge

Definition og forekomst

Trommesyge er defineret som en tilstand med et unormalt højt gastrisk tryk som følge af indespæret gas i vommen, der medfører udspilning af vommen, sammenpresning af lungerne og dermed hæmning af vejrtrækningen med risiko for akut død (Bartley et al., 1975; Dawson & Allison, 1988).

Symptomerne på trommesyge er en hård udspilning af vommen som en bold, der er elastisk, når man med hånden trykker på den øverste del af venstre flanke (se Figur 12.13). I de tidlige stadier kan vomkontraktionerne være hyppige og kraftige. I de senere stadier vil vommotorikken typisk være svag eller ophørt, dyrene har vanskeligt ved at trække vejret og kan have en forhøjet puls. I denne tilstand har dyrene store smer-

ter, hvorfor de skærer tænder, og de kan sparke ud til siderne. Hvis dyrene ikke behandles, kan de dø i løbet af en time. I det sene stadie lægger dyrene sig ned, og døden kan herefter hurtigt indtræde på grund af manglende åndedræt (Kronfeld, 1969; Bartley et al., 1975; Dawson & Allison, 1988).

Pludselige dødsfald blandt græssende dyr eller kornfodrede dyr kan være indikatorer på trommesyge, men det kan efterfølgende være vanskeligt at diagnosticere i hvilken udstrækning dødsfaldene er udløst af trommesyge eller af vomacidose (Glock & DeGroot, 1998).

Forekomst og risikofaktorer

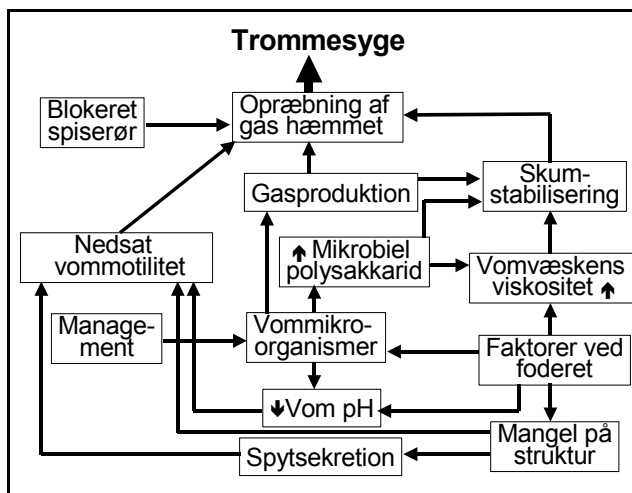
Trommesyge kan klassificeres i to former: Skumfri trommesyge og skumtrommesyge. *Skumfri trommesyge* kan forekomme i forbindelse med fodring med hele eller svagt snittede roer eller kartofler, der kan blokere spiserøret. Skumfri trommesyge kan forekomme ved nedsat vommotilitet på grund af vomacidose eller hypokalcaemi (Cheng et al., 1998). *Skumtrommesyge* kan forekomme akut eller være en kronisk tilstand ved afgræsning af bælgplanteafgrøder eller ved intensiv kornfodring kombineret med lav indtagelse af fiberrigt strukturfoder.

Trommesyge kan være et stort problem i økologiske malkekvægsbesætninger i forbindelse med afgræsning af kløverrige græsmarker samt ved intensiv kornfodring af ungtyre. Trommesyge ved græssende kvæg ses ofte i forbindelse med græsning af tanninfattige bælgplanteafgrøder (Underwood & Suttle, 1999). Risikoen synes at være størst ved sultne dyr, om morgenen på en dugvåd, tæt udlægskløvermark, men forudgående fodring med tilskudsfoder synes at reducere risikoen. Skumtrommesyge ved græsning af kløverrige græsmarker samt skumfri trommesyge i forbindelse med roefodring må antages at udgøre de største risici

for trommesyge blandt malkekøer og kvier. Skumtrommesyge optræder typisk ved foderskift fra grovfoderrige rationer med lav foderoptagelse til intensiv fodring med letfordøjelige foderemner som kløverrigt græs eller store mængder stivelsesrigt kraftfoder (Kronfeld, 1969). Trommesyge i forbindelse med kornfodring er ofte tæt koblet med vomacidose.

Ætiologi og patofysiologi

Trommesyge er unormal vomfunktion med akkumulering af gas i vommen, hæmning af vejrtrækningen og med risiko for kvælning. Trommesyge er forårsaget af adskillige faktorer omfattende såvel foderfaktorer, management, faktorer ved dyrene og mikrobielle faktorer som illustreret i Figur 12.12.



Figur 12.12 Foderfaktorer, faktorer ved dyrene, management, og mikrobielle faktorer involveret i ætiologien af trommesyge (Mod. e. Cheng et al., 1998).

Skumfri trommesyge er typisk forårsaget af blokering af spiserøret med eksempelvis en stor roepartikel.

Ved normal vomfunktion er der tre karakteristiske faser i vommen: vomgas, flydelag og vomvæske. Ved skumtrommesyge er

vomgasfasen erstattet af en skumfase, der enten kan ligge oven på flydelaget eller også være integreret med både flydelags- og vomvæskefasen. Flydelaget er ofte meget lille, og forgæringsaktiviteten meget høj ved dyr med skumtrommesyge. Græsning af letfordøjeligt kløvergræs med en andel kløver eller indtagelse af en stor mængde stivelsesholdigt kraftfoder medfører en stor mikrobiel forgæringsaktivitet og en stor gasproduktion ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$), idet der ved pH over 6 typisk dannes ca. 50 l vomgas pr. FE. Ved den mikrobielle forgæring dannes 0,2-2 l vomgas pr. minut, som ved normal vomfunktion bobler op gennem flydelaget til vomgasfasen, hvorfra gassen opræbes gennem spiserøret i forbindelse med de sekundære vomkontraktionsserier initieret af dannelse af en vomgaslomme i den dorsale del af vommen. Ved skumtrommesyge bindes vomgassen til skumfasen og hæmmes dermed i at kunne blive opræbet (Underwood & Suttle, 1999).

Dannelsen af det stabile skum kan skyldes en stor bakteriel produktion af mucopolysakkarider (slim) i forbindelse med overføring med stivelsesholdigt kraftfoder eller frigørelse af store mængder vandopløselige proteinstoffer ved indtagelse af store mængder proteinholdige bælgplanteafgrøder som eksempelvis kløver eller lucerne. Bælgplanterne indeholder tillige store mængder saponiner, der er overfladeaktive stoffer, som i ældre litteratur blev anset for at være den væsentligste årsag til skumdannelsen hos dyr på græs (Underwood & Suttle, 1999). Dannelsen af mucopolysakkarider og fodring med fint formalet foder øger vomvæskens viskositet, og dermed hæmmes de små gasboblens opstigen gennem vomvæsken og flydelaget til vomgasfasen. En stor spytksekretion menes at forebygge skumdannelse i vommen (Kronfeld, 1969).

Vomvæsken i kvæg med græsningstrommesyge har ofte et lavt Na/K-forhold, et højt

kalций- og et højt magnesiumindhold (NRC, 2001), men hverken ekstra tilskud af natrium- eller kaliumsalte synes at påvirke forekomsten af trommesyge ved græssende dyr. Det er karakteristisk, at den mikrobielle biomasse i vommen har en meget høj forgæringsaktivitet i forbindelse med trommesyge på grund af en høj koncentration af letfordærbart sukker og stivelse.

Forebyggelse og brug af olie, vomsonde eller vomspyd

Skumfri trommesyge i forbindelse med roefodring kan forebygges ved finsnitning af roerne. Skumtrommesyge kan forebygges ved en fodring, der både sikrer et stort stabilt flydelag, der begrænser den mikrobielle gasproduktion, og som forebygger skumdannelse i vommen. Et stort stabilt flydelag og en hyppig vommotorik kan sikres ved en tilstrækkelig optagelse af fiberrigt struktur-foder (se kapitel 6 i bind 1). Den mikrobielle gasproduktion kan begrænses via en mindre tilførsel af stivelse, sukker og let fordøjelige cellevægge. I ungtyreproduktionen kan dette sikres ved at overholde normer for maksimalt indhold af stivelse og sukker samt minimalt indhold af fordøjelige cellevægge pr. foderenhed (se kapitel 5). Trommesyge ved intensiv fodring af ungtyre kan således forebygges ved:

- Tildeling af struktur-foder, der sikrer et funktionelt flydelag i vommen
- Gradvis optrapning af fodring med stivelsesrigt kraftfoder
- At undgå fodring med fint formalede, stivelsesrige kraftfodermidler.

I USA anbefales tillige tilsætning af ionophorer til kraftfoder for at hæmme væksten af gram-positive bakterier i vommen (Kronfeld, 1969), som dog ikke anvendes i Danmark.

Forebyggelse af græsningstrommesyge kan gennemføres ved følgende forholdsregler:

- Undgå pludselige foderskift fra staldfodring til græsning af kløverrige græsmarker – optrap gradvis græsning af kløverrige græsmarker over flere dage, start f.eks. med 1 time den første dag og tilse dyrene mindst hver anden time
- Forebyg sult og sørg for en god vomfyldning ved fodring med ensilage og tilskudsfoder, inden dyrene lukkes ud på kløverrige græsmarker i tilvænningsperioden
- Dyr med hyppig forekomst af trommesyge fjernes fra de kløverrige græsningsarealer
- Undgå høje andele kløver i græsmarken, suppler græsblending med tanninholdige planter
- Anvend evt. tilskudsfoder iblandet fedt.

Brug af olie

Hos køer, hvis almentilstand ikke er voldsomt påvirket af trommesyge, kan lidelsen behandles med olie, ½-1 l paraffinolie eller madolie (oliven, soja eller raps). På New Zealand er der blevet anvendt udsprøjtning af olier (inkl. emulgator) på markerne inden græsning.

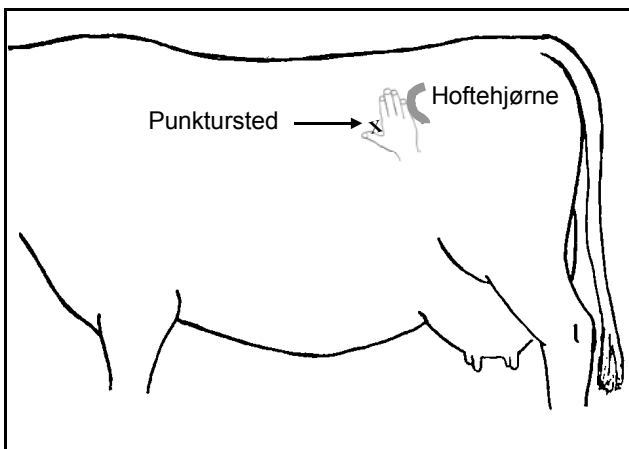
Brug af vomsonde eller vomspyd

Behandling af sygdommene ligger ud over nærværende kapitel, men da trommesyge kan være en livstruende sygdom, omtales brug af vomsonde eller trommespyd kort. Behandling af trommesyge er omtalt i detaljer af Poulsen (1990), hvortil interesserede henvises.

Er det trommesygeramte dyrs almentilstand god (ikke kritisk), kan der anvendes vomsonde. Vomsonden skal indfedtes. Dyrets hoved drejes til højre i en position, der gør,

at spiserøret rettes ud. Derefter føres vomsonden igennem svælget ned i halsrøret og videre ned i vommen. Der må ikke anvendes vold i forbindelse med indføring og udtagning af vomsonden, idet det kan forårsage spiserørsperforering. Pas især på hvis dyret drejer halsen mod venstre side.

Hvis ikke gassen kan fjernes med vomsonde, eller der ikke er tid til dette på grund af, at dyrets tilstand er kritisk, anvendes vomtrokar. Indstiksstedet er illustreret i Figur 12.13. Indstiksstedet vaskes og desinficeres, hvis dyrets tilstand tillader dette. Vomspyddet indsættes jf. Figur 12.12. Vomspyddets spids trækkes ud, men trokaret skal sidde, indtil alt luft er ude. Dyret skal efterfølgende behandles med antibiotika, så sårinfektioner i indstiksstedet og bughulebetændelse i forbindelse med vompunkturen kan forhindres.



Figur 12.13 Ved vomstik i forbindelse med trommesyge er det vigtigt, at indstikket foretages på det rette sted på koens venstre flanke en håndsbredde fra hoftehjørnet og med fingrene placeret på lumbalvirvlernes tværudvækster (markeret med X).

12.11 Laminitis

Definition og symptomer

Laminitis, hvis videnskabelige navn er pododermatitis aseptic diffusa, defineres som

en aseptisk inflammation (ikke bakteriel betændelsestilstand) i klovens læderhud (se skematisk illustration af klovens tværsnit i Figur 12.15 I) (Mortensen, 1993; Singh et al., 1993; Linford, 1996; Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). Sygdommen kaldes også forfangenhed, og der er mange lighedspunkter mellem lidelsen hos hest og drøvtyggere, men også væsentlige forskelle. Tre former for laminitis forekommer, nemlig subklinisk laminitis, akut laminitis og kronisk laminitis (Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). *Subklinisk laminitis* defineres som laminitis uden kliniske tegn. Subklinisk laminitis, der oprindeligt er beskrevet af Touissant Raven (1973) og Peterse (1976), kan imidlertid erkendes ved kendskab til lidelsen og ved grundig observation ses, at dyrene f.eks. tripper. Endvidere kan lidelsen erkendes retrospektivt ved de tilstande subklinisk laminitis medfører, herunder blødt horn i sål og klovvæg og en øget forekomst af klovlidelser. *Akut laminitis* defineres som en hurtigt udviklet sygdom, hvor der er en inflammation i klovens læderhud. Lidelsen omfatter udsivning af væske og ødem i læderhuden som følge af ødelæggelse af blodkarrene samt arterie-venøse anastomoser. *Kronisk laminitis* defineres som laminitis, der er udviklet over længere tid, og som har forårsaget karakteristiske deformationer af klovene omfattende sabelklov, dvs. store flade klove indeholdende en del blødt horn, og klovens væg er furet og har tydelige rande. Dyrene er normalt gangbesværede.

De kliniske symptomer på laminitis er beskrevet i detaljer af Nilsson (1963) og omtalt i oversigtsartikler (Mortensen, 1993; Singh et al., 1993; Linford, 1996; Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). Subklinisk laminitis udviser pr. definition ingen tydelige kliniske symptomer. Dette er dog kontroversielt, da dygtige klinikere straks kan erkende tilstedeværelsen af den subkliniske form, men mindre rutinerede vil ofte overse lidelsen.

Varer den subkliniske tilstand over længere tid, kan lidelsen dog afsløres retrospektivt, idet disse køer ofte har følgelidelser som f.eks. blødere horn i klovene, blødninger i sålen og en øget hyppighed af f.eks. såleknusninger, dobbeltsål og lidelser i den hvide linie, dvs. lidelsen er blevet kronisk. Køerne har rande i klovhornet, og de har oftere tykke haser og flere trykninger, fordi de ligger mere ned. Ved subklinisk laminitis trænger serum ud i læderhuden, hvilket medfører en gulfarvning af hornsålen. Der opstår endvidere blødninger, der misfarver hornet i sålen, især ved den hvide linie, og hvor trykket på sålen er størst samt i overgangen fra sål til hæl.

Ved akut laminitis er dyrene halte, nedstemte og har nedsat appetit. Deres stående stilling kan være påvirket af, hvilke klovede der giver dyrene smerte. Dyr med akut laminitis kan som følge af smerte have anormal benstilling (krydsede forben, står med spredte baglemmer). Ofte er bagbenene understillede, hvilket giver dyrene en opadkrummet ryg. På grund af smerterne i klovene bevæger dyrene sig forsigtigt og mindre end normalt og har en længere hviletid. Det væsentligste symptom er dyrenes reaktion på den stærke smerte, som akut laminitis forårsager. Derudover kan der forekomme hævelse og lettere forhøjede temperaturer i det bløde væv over kronranden.

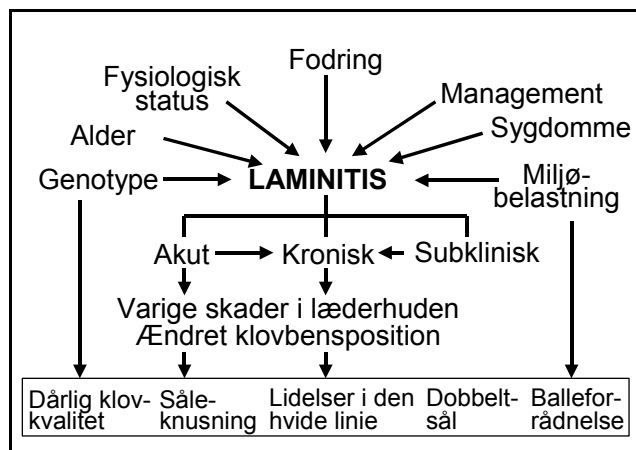
Kronisk laminitis medfører varige forandringer af klovenes form som følge af forandringer i væksten af det keratiniserede horn. Klovkapslen er furet og har tydelige rande. Klovene er som regel også længere, fladere og bredere end normalt (sabelklov), og ofte er den laterale klov (yderklov) højere end den mediale (inderklov). Køerne er ofte halte som følge af tilstanden. Som regel har dyrene såleknusninger. Dobbeltsål bestående af gulligt misfarvet horn er også et væ-

sentligt klinisk symptom. Kronisk laminitis medfører som regel også en nedsat foderoptagelse, afmagring og nedsat ydelse.

Forekomst og risikofaktorer

Incidensen for laminitis er generelt usikkert bestemt. Det skyldes bl.a., at lidelsen har været karakteriseret forskelligt over tid, og at det er vanskeligt at gennemføre undersøgelser på subklinisk laminitis, hvor gang og stilling ikke er væsentligt ændret, men hvor der sker forandringer i klovene (Singh et al., 1993; Linford, 1996; Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). Udbredelsen af laminitis hos kalve, ungtyre og køer i Danmark er derfor dårligt kendt, men lidelsen formodes at være meget udbredt såvel i den intensive kødproduktion som hos malkekøer. Normalt er det forskellige klov-/benlidelser eller halthed, der er rapporteret, som vist i Tabel 12.1 og 12.2. Ud over resultaterne i Tabel 12.1 og 12.2 har Nocek (1997) rapporteret, at incidensrisikoen i en række undersøgelser varierede fra 5,5 % til 30 %. Der var dog store forskelle i incidensrisikoen mellem besætninger inden for de enkelte undersøgelser, der varierede fra 0 % til 55 %. En betragtelig del af disse klov-/benlidelser relaterer givetvis til laminitis, idet lidelser relaterende til laminitis (abscesdannelse i den hvide linie, såleknusninger, dobbeltsål, aseptisk laminitis, løsning af klovhornet fra den hvide linie, balleforrådnelse, perforeret klovsål) udgjorde 62 % (Russell et al., 1982). Incidensrisikoen for akut laminitis hos malkekøer varierer fra 0,6 % til 1,2 % (Rowlands et al., 1983; Choquette-Levey et al., 1985). I danske undersøgelser med systematisk undersøgelse af køer er det fundet, at 60 % af køerne havde varierende grader af såleknusning og/eller balleforrådnelse (Thysen et al., 1982). I en senere opgørelse er der rapporteret 29 % og 25 % såleknusninger i henholdsvis første og senere laktationer (Enevoldsen et al., 1991).

Laminitis er i høj grad en multifaktoriel lidelse, og der er foreslået en række forskellige risikofaktorer som vist i figur 12.14.



Figur 12.14 Potentielle risikofaktorer og lidelser involveret i laminitis hos kvæg.

De tunge racer har en væsentlig større behandlingsrate for klov-/benlidelser end Jersey (Alban, 1995), hvilket formodentligt også gælder laminitis. Blandt malkeracerne synes Holstein at være mest disponeret for halthed og laminitis (Ossent et al., 1997). Subklinisk laminitis forekommer hos kalve fra en alder på ca. 4 måneder (Bradley et al., 1989), og incidensrisikoen øges med alderen (Frankena et al., 1992) og er højere hos kvier, der har haft en tilvækst i opdrætningsperioden på mere end 750 g pr. dag i alderen fra 3 til 15 måneder (Greenough & Vermunt, 1991). Subklinisk laminitis ses dog især ved 1. kalvskøer i tidlig laktation i forbindelse med fodring med stivelsesrige rationer med lavt tyggetidsindeks samt ved intensivt kornfodrede ungtyre (Mortensen, 1993; Vermunt & Greenough, 1994). Hos køer forekommer ca. halvdelen af halthederne de første 3-4 måneder efter kælvning, og incidensrisikoen for akut eller kronisk laminitis er 4 gange større hos ældre køer (10 år) sammenlignet med yngre køer (3 år) (Singh et al., 1993; Vermunt & Greenough,

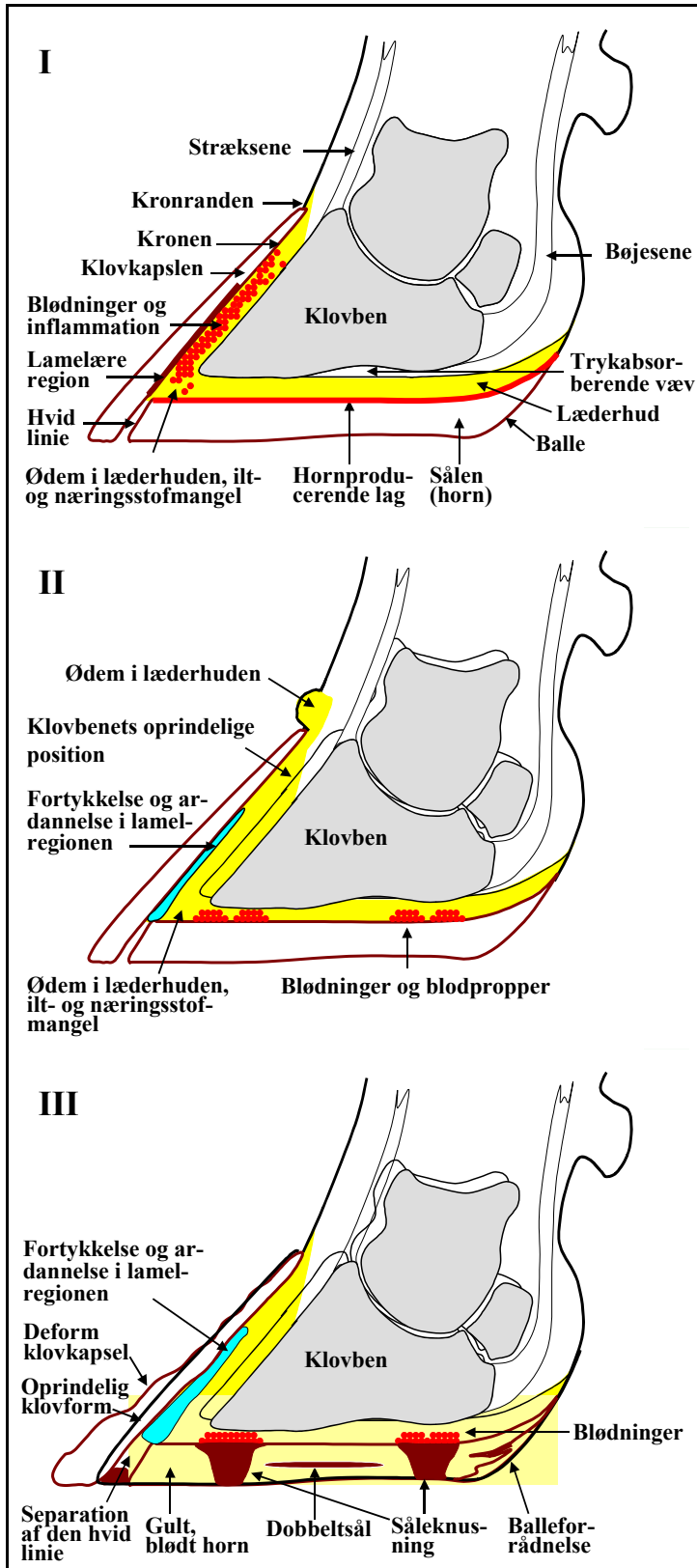
1994; Nocek, 1997). Kælvkvier, der overfodres med kraftfoder omkring kælvning og i tidlig laktation, har større risiko for at udvikle laminitis (Moser & Divers, 1987) og lidelser, der formodes affødt af laminitis (Bergsten & Frank, 1996; Livesey et al., 1998).

Fodringsforhold er identificeret som en af de vigtigste risikofaktorer for udviklingen af laminitis (Mortensen, 1993; Singh et al., 1993; Vermunt & Greenough, 1994; Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). Det er især faktorer, der kan forårsage vomacidose, der formodes at udgøre en primær risiko (se beskrivelse af vomacidose i afsnit 12.7). Faktisk anvendes forekomsten af laminitis ofte som en indikator for subklinisk vomacidose. Det er imidlertid kun få, der har undersøgt den direkte sammenhæng mellem forskellige kulhydrater på incidensrisikoen for laminitis (Nocek, 1997). Overforsyning med protein er også angivet som en risikofaktor for laminitis, men undersøgelser af protein som risikofaktor er modstridende (Vermunt & Greenough, 1994; Nocek, 1997).

Andre produktionssygdomme som svær børbetændelse og mastitis, der kan forårsage endotoxicose, menes også at være en risikofaktor for laminitis (Singh et al., 1993; Vermunt & Greenough, 1994; Ossent et al., 1997).

Ætiologi og patofysiologi

På trods af intensive eksperimentelle og observationsstudier af laminitis er lidelsens ætiologi fortsat kun delvist klarlagt. Sygdommens ætiologi er tidligere behandlet i en række oversigtsartikler, hvortil der henvises for detaljer (Boosman et al., 1989; Mortensen, 1993; Singh et al., 1993; Mortensen, 1994; Nocek, 1997; Ossent et al., 1997). Forløbet af laminitis er foreslået opdelt i 3 mekanistiske faser som illustreret i Figur 12.15.



Kronranden producerer kløvens glasurlag. Hornpapillerne i kronen producerer klovkapslen, der består af horntråde og bindehorn. I kronens distale del produceres hornlamellerne. Lameldelen øger højden af hornlamellerne ved dannelse af forbindelseshorn. Fra midten af lameldelen og ned produceres endvidere kappehorn, der sammenflettes med hornlamellerne. Sålen producerer horntråde og bindehorn tilsvarende kronen (Mortensen, 1993). I det tidlige forløb af laminitis sker der en aktivering af vasoaktive mekanismer, der forårsager blødninger og aseptisk inflammation m.v. Konsekvensen heraf er nedsat hornproduktion og forringet hornkvalitet, herunder bl.a. degenerering af forbindelseshornet. I fase II er der fortykkelse og ardannelse i lameldelen, og klovbenet er sunket ned og øger trykket i læderhuden med blødninger m.v. til følge. I fase 3 af laminitis er der sket deformationer af kløven, separation af den hvide linie og en række kliniske forandringer, og lidelser i sål og balle er udviklet.

Figur 12.15 Figur der viser kløvens opbygning og trinvis forandringer som følge af laminitis. I: Aktivering af vasoaktive mekanismer, der medfører nedsat hornproduktion herunder degenerering af forbindelseshornet (dermal-epidermal junction). II: Sænkning af klovbenet og tryk på den underliggende læderhud. III: Udvikling af lidelser i hornkapslen.

I fase 1 sker der en aktivering af vasoaktive mekanismer, der bl.a. menes forårsaget af vomacidose og dernæst et fald i det systemiske pH, som øger puls og blodflow i klovene. Afhængig af hvilke udløsende faktorer, der er tale om, kan der udskilles endotoksiner og histaminer, der yderligere påvirker de vasoaktive mekanismer i karrene i læderhuden. Der sker standsning af blodstrømmen (hæmostase) og blod/serum presses ud i læderhuden og forårsager rødme (erythem) og ødemer og deraf følgende stærke smerter. Der dannes ufysiologisk arterievenøse anastomoser i læderhuden. Som følge af cirkulationsforstyrrelserne opstår der lokal anæmi (ischæmia) og iltmangel (hypoxi) hos cellerne i epiderma. Ischemia kan yderligere stimulere dannelsen af arterievenøse forbindelser, hvilket forværrer ødem og lokal anæmi. Mangel på ilt og næringsstoffer til cellerne i læderhuden vil forstyrre hornproduktionen i det hornproducerende lag (stratum germinativum), der kan resultere i afbrydelse af hornets kontinuitet, ændret hornkvalitet og evt. væskeudtrædning. Dette medfører en degenerering af den laminære region mellem huden med overhuden (dermal/epidermal junctions). I fase 2 sænkes klovbenet (distal phalanges) som følge af degenerering i den laminære del i læderhuden. Som følge heraf ændrer klovbenet (distal phalanges) sin position i forhold til læderhuden (corium) og klovvæggen (Figur 12.15 II). Herved øges trykket på det bløde væv mellem klovbenet og klovsålen, hvilket medfører blødninger og stimulering af ødem og iltmangel. Der kan dannes arvæv i forbindelse med de nekrotiske processer, der hæmmer dannelsen og integriteten af et nyt hornlag. Der sker en fortykkelse og ardannelse i lameldelen som vist i Figur 12.15 II. Det er vigtigt at erkende, at der ikke nødvendigvis er tydelige kliniske tegn på dette stadie, selvom lidelsen har stået på i nogle uger. I fase III bliver de kliniske tegn meget tydelige. Konsekvensen af langvarig subklinisk eller akut laminitis er

en række alvorlige lidelser i kloven som illustreret i Figur 12.15 III. Lidelserne omfatter bl.a. blødninger, såleknusninger, dobbeltsål, separation af den hvide linie, deform klovkapsel og balleforrådnelse. I den kliniske fase, hvor skader fra klovbenet kan erkendes, er prognoserne for helbredelse af dyrene dårlig.

Forebyggelse

Laminitis er en del af vomacidose-vomparakeratose-laminitis-komplekset (se Figur 12.7). Den fodringsmæssige forebyggelse af laminitis skal derfor primært foregå gennem forebyggelse af vomacidose (se afsnit 12.7). Desuden skal det undgås at dyrene tildeles muggent foder, da det kan indeholde giftstoffer, der forårsager laminitis.

Ud over de fodringsmæssige forhold er der en række andre betydende forhold som regelmæssig klovbeskæring og miljømæssige aspekter, der sammen med en hensigtsmæssig fodring bør indgå i forebyggelsen af laminitis. Der henvises til andre kilder for yderligere information (Greenough & Weaver, 1997; Blowey, 1998).

12.12 Diarre

I en oversigt over fodringsbetingede sygdomme falder omtalen af diarre ikke helt logisk ind i sammenhængen. Modsat de foregående afsnit, som omhandler forholdsvis veldefinerede sygdomme, er diarre et klinisk symptom. Derfor vil beskrivelse af diarre være at finde under sygdomme, som har diarre som et af symptomerne (se eksempelvis vomacidose). En tilbundsgående gennemgang af diarre (eller et andet symptom) vil derfor skulle inddrage en lang række af sygdomme, hvoraf mange vil lægge uden for denne bogs rammer. Når det alligevel vælges at medtage et særskilt afsnit vedrørende symptomet diarre skyldes det, at det dels er et meget vigtigt symptom, samt at det er et

meget åbenlyst symptom, som kan danne udgangspunkt for videregående undersøgelser. I det følgende gives derfor en meget summarisk gennemgang af symptomet diarre med angivelse af symptomer, årsager patofysiologi og forebyggelse på helt overordnet niveau ledsaget med nogle eksempler på relation til fodring og til andre fodringsrelaterede lidelser. For en grundigere gennemgang af de forskellige elementer, der relaterer sig til diarre, henvises til lærebøger inden for fysiologi, patologi, farmakologi, medicin m.fl.

Definition, symptomer og forekomst

Diarre er et symptom, som kan defineres som en nedsættelse af konsistensen, forøgelse af volumen samt forøget bevægelse af tarmindeholdet (Smith, 1996). Diarre sættes hyppigst i forbindelse med mave-tarmbetændelse og parasitære lidelser, men kan dog også ses, uden at der er tale om en betændelsestilstand. Det er vanskeligt at angive værdier for forekomsten af diarre. Forekomsten af diarreer er meget sparsomt belyst i litteraturen. Hos kalve har der ofte været tale om en flokdiagnose, hvor antallet af individuelt behandlede dyr ikke er registreret. Hos køer vil et diarretilfælde ofte blive registreret under en anden diagnose (f.eks. forgiftning). Endvidere vil mange diarretilfælde være af mildere karakter og derfor kun blive behandlet af landmanden. Sådanne tilfælde er derfor ofte ikke registreret i databaser over sygdomme.

I en dansk undersøgelse blev der blandt 794 kalve foretaget elektrolytbehandling af 25 % af kalvene, mens 4 % af kalvene blev behandlet mod diarre af en dyrlæge (Sørensen et al., 1985). Diarre er en af de vigtigste årsager til dødsfald blandt kalve under en måned.

Normal gødning er brunlig eller grønlig afhængigt af fodringen. Hos voksent kvæg er gødningens farve angivet som mørk olivengrøn ved fodring med grønfoder, brun oliven ved fodring med hø og mere grålig oliven ved fodring med store mængder kornprodukter (Poulsen, 1990). Ved diarre ses oftere en lysere gullig farve som følge af en fortynding af det brune galdepigment, men gødningens farve kan variere meget. Man kan i reglen ikke ud fra farven sige noget om årsagen til diarre. Ved blødning fortil i tarmkanalen vil ses en mørkebrun eller sort farve som følge af tilblanding af koaguleret blod såkaldt melæna. Ligeledes ses alle mulige grader i konsistensen fra grødet, lind til vandig diarre.

Ved væsketab på ca. 5 % af legemsvægten ses kliniske tegn på dehydrering i form af stram og uelastisk hud. Øges tabet til 5-10 %, vil der ses indsunke øjne, og tab over 10 % er livstruende bl.a. med choksymptomer. Kronisk diarre kan medføre vægttab, og proteintabende diarre kan medføre ødemer.

De diætetisk betingede diarreer er i reglen mildt forløbende, men diætetisk disponerede faktorer vil være med til at forstærke symptomerne ved infektiøst betingede diarreer. Endvidere er forekomsten af diarre ved de diætetisk betingede diarreer mere vekslende. Ved vomacidose kan ophørt gødningsafgang efterfølges af profus diarre.

Undersøgelse af gødningen i en besætning bør altid være et væsentligt element ved vurdering af fodringen. Selvom der ikke kan stilles præcise diagnoser på grundlag af gødningens udseende, kan det give væsentlige fingerpeg. Mange dyr med fast gødning kan indikere et for højt fiberindhold i foderet eller vandmangel. Løs gødning kan indikere

for lidt fiber, som eksempelvis ved fodring med for meget letfordøjeligt kulhydrat. Hele kerner i gødningen kan tyde på manglende flydelag i vommen til at holde på kornet indtil forgæring. Fedtet gødning tyder på for meget vomnedbrydeligt protein.

Ætiologi

Årsagerne til diarree kan opdeles i følgende hovedgrupper: 1) Infektiøse: Bakterier, virus, svampe og parasitter; 2) Non-infektiøse: Fodringsbetingede, forgiftninger og mangelsygdomme. Endvidere kan diarree ses sekundært til en række organsygdomme (nyre- hjerte- leverlidelser m.fl.). Ofte vil der være et samspil mellem de nævnte komponenter, idet diarree i høj grad er en multifaktoriel lidelse.

Udvikling af diarree kan beskrives ved følgende hovedmekanismer (Smith, 1996):

1. nedsættelse eller ødelæggelse af den absorptive overflade førende til malabsorption
2. øget antal osmotisk aktive partikler i tarmkanalen
3. øget sekretion til tarmkanalen
4. abnorm tarmmotorik og
5. stase i tarmkanalen ved hjertelidelser.

I denne sammenhæng skal der kun fokuseres på de fodringsbetingede diarreeer, men der skal huskes på, at disse vil forstærke virkningen af andre årsager og omvendt.

Blandt de fodringsbetingede årsager til diarree kan nævnes: Manglende eller forkert råmælkstildeling, ernæringsmæssigt dårligt sammensatte mælkeerstatningsprodukter, overfodring med protein eller kulhydrat, bratte foderskift og fodring med fordærvet eller snavset foder. Overfodring med proteinrigt foder kan bl.a. ses hos kalve ved etablering af vomfunktionen og hos dyr, som om foråret sættes på græs med højt sukker og

proteinindhold. Vomfloraen kan her have vanskeligt ved den pludselig ændring i fodersammensætningen. Ligeledes vil en pludselig ændring til foder med store mængder stivelse og sukker (korn, sukkerroer, melasse m.fl.) bevirke en manglende tilpasning af vomfloraen til den nye fodersammensætning. Tilstanden medfører forskellige grader af vomacidose, som i visse tilfælde er ledsaget af diarree (se afsnittet vedrørende vomacidose). En undersøgelse, der sammenlignede tildeling af et foder med en kraftfoder/grovfoder ratio på 65/35 med et foder med en ratio på 35/65 viste, at køer på det høje kraftfoderniveau havde signifikant flere diarreetilfælde (Olsson et al., 1997).

Ved bratte foderskift i det hele taget vil der let kunne ske en forskydning af den normale tarmflora, som er med til at holde den sygdomsfremkaldende flora nede. Hos ældre dyr kan der ses mangelfuld fordøjelse (indigestion) i forbindelse med fodringsskift.

Fodring med fordærvet foder (eksempelvis dårligt opbevaret, muggent hø, kraftfoder, roer eller ensilage) vil bevirke fremvækst af gram-negativ flora, og der vil opstå en vomalkalose. Der kan dannes toksiske nedbrydningsprodukter fra den gram-negative flora.

Behandling og forebyggelse

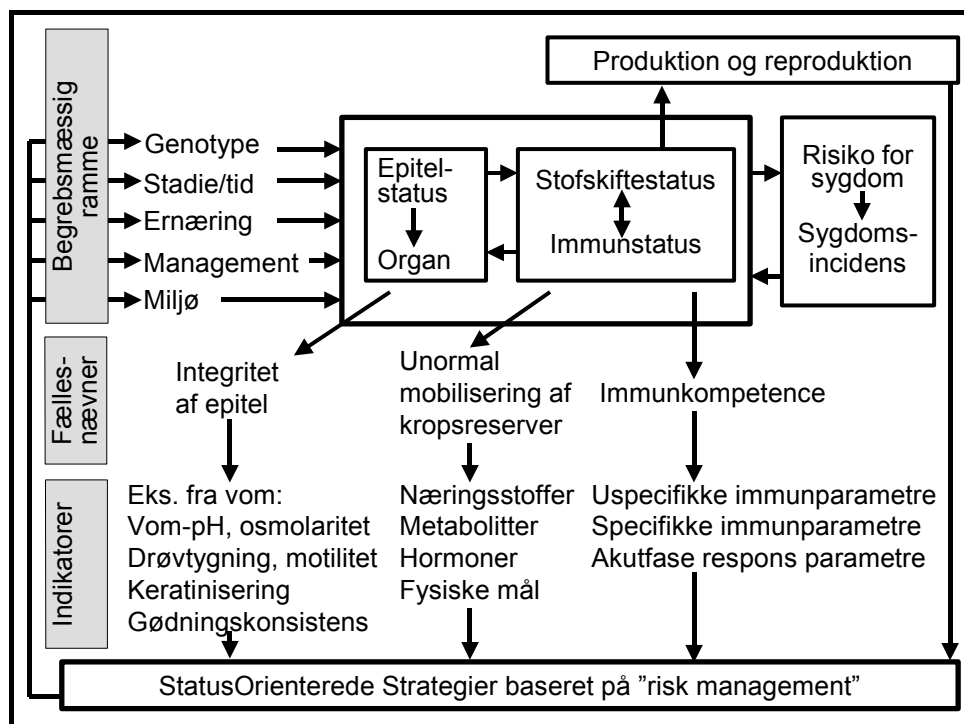
Akut diarree kræver intensiv terapi dels rettet mod etablering af normal væske, salt og syrebasebalance og dels rettet mod primærlidelsen. Behandling af enkeltdyr vil dog ikke blive beskrevet her, idet der henvises til lærebøger i farmakologi og medicin vedrørende behandling af specifikke tilstande. Som følge af de multifaktorielle årsagsforhold er det vanskeligt at betragte forebyggelse ud fra en isoleret fodringsbetragtning. Diarree som følge af fodring med sukker og proteinrigt græs kan forebygges ved at øge tildelingen af stråfoder. Dette vil reducere optagelsen af det proteinrige græs. Endvidere skal

overgangen til græsfodring foregå gradvist. Ved diarreproblemer i forbindelse med vomacidose skal det sikres, at foderoptrappingen de sidste uger før kælvnings og navnlig efter kælvnings ikke går for hurtig. Endvidere kan tilstanden forebygges ved hyppigere udfodring, tildeling af strå- og grovfoder før kraftfoderet samt sikring af højt strukturindhold (tyggeindeks >33 min/FE) i foderet. Overgang til fuldfodring kan bedre problemet (se også vomacidose).

12.13 Afslutning

Der har været fokuseret på forebyggelse af produktionssygdomme igennem mange årter, og alligevel er incidensrisikoen for de fodringsbetingede produktionssygdomme fortsat betydelig (se Tabel 12.1 og 12.2). Det skyldes ikke, at forebyggelsesarbejdet gennemført hidtil har været nytteløst, men at

der formodentlig er en dynamisk udvikling i risikoen for udvikling af produktionssygdomme som følge af bl.a. selektion for højere produktion og ændrede produktionsbetingelser. Tidligere har forebyggelsesarbejdet endvidere fokuseret på at gennemføre ændringer på besætningsniveau i f.eks. fodringen. Dette har oplagt forbedret sundheden i mange problembesætninger. Men det er næppe vejen frem for at reducere sygeligheden i almindelige besætninger med en "gennemsnitlig" sygelighed. Der er behov for større fokus på mindre, mere homogene, grupper af dyr, eventuelt individuelle dyr med henblik på at identificere "risikodyr", der har øget risiko for sygdom og suboptimal produktion som følge af deres status for ydre og indre epiteler (f.eks. indre i vom, tarm, lunger, yver; ydre i pattekanal, klove), stofskifte- eller immunsystemet som illustreret i Figur 12.16.



Figur 12.16 StatusOrienterede strategier (SOS) til optimering af sundhed, produktion og reproduktion. SOS sikrer hensigtsmæssig status for organernes epitel, stofskifte- og immunstatus gennem overvågning og sundheds- og produktionsstyring på basis af indikatorer. Under integritet af epitel er der som eksempel anvendt indikatorer for vommen, der er central i flere produktionssygdomme (Mod. e. Ingvarthsen et al., 2003a).

Figur 12.16 illustrerer, hvorledes genotype, drægtigheds- og laktationsstadiet, ernæring, management og miljø påvirker risikoen for sygdom via virkninger på epitelstatus, stofskiftestatus og immunstatus. Ved epitelstatus tænkes her på epitelierne evne til at modstå f.eks. fysiske belastninger (f.eks. ødelægges ekstern epitelie ved såleknusning), patogenbelastning og overførsel af f.eks. endotoksiner fra vom til cirkulationen (se f.eks. under vomacidose). Ingvarsen et al. (2003a) argumenterede bl.a. for, at risikoen for sygdom kunne reduceres ved reduktion af fysiologisk ubalance, og at en sådan reduktion samtidig ville forbedre køernes produktion og reproduktion. Figur 12.16 illustrerer, at epitelstatus i vommen som følge af vommiljø m.m. har betydning for stofskifte- og immunstatus, men også at stofskifte- og immunstatus har betydning for organfunktionen, f.eks. fordøjelseskanalets funktion. Figuren illustrerer endvidere, at stofskiftet og immunsystemet kommunikerer, og at dyrenes immunstatus spiller en central rolle i dyrenes sygdomsresistens. Der er mange eksempler på samspillet mellem det fysiologiske og immunologiske system, og at bl.a. ernæringsfaktorer spiller en vigtig rolle for immunkompetencen (Ingvarsen et al., 2003a). En række produktionssygdomme, herunder de fodringsbetingede, har ”fællesnævner”, og disse kan erkendes ved måling af indikatorer. Gennem den hidtidige forskning er der opnået nogen indsigt i sygdommens ætiologi, men for mange lidelser er kendskabet til sygdommens ætiologi og patofysiologi fortsat mangelfuldt belyst. En fortsat indsats her er meget vigtig for at afdekke sygdommens multifaktorielle kompleksitet og identificere indikatorer, der kan anvendes i årsagserkendelse og til tidlig identifikation af produktionssygdomme, dvs. i den subkliniske fase.

Forebyggelsen af visse sygdomme er problematisk som følge af, at det er vanskeligt

at diagnosticere lidelserne, hvilket naturligvis især gælder de subkliniske lidelser. Er erkendelse af subkliniske lidelser vanskelig, kan tilstanden erkendes ved analyse af blod, mælk eller urin (f.eks. hypoketonæmi, hypokalcæmi, hypomagnæsemi), mens andre subkliniske lidelser er vanskeligere at diagnosticere i praksis (f.eks. vomacidose, fedtlever og laminitis). Udvikling af on-line systemer til analyse af parametre på mælk forventes at kunne anvendes i diagnosticeringen af f.eks. subklinisk ketose. Andre non-invasive metoder, f.eks. ultralyd, vil formodentlig kunne forbedre indsigten i fedtlevers omfang og yderligere gøre det muligt at erkende og dokumentere risikofaktorer. For laminitis er situationen den samme – i de tidlige faser udviser lidelsen ikke klare kliniske tegn, men det er centralt at erkende problemerne tidligt, inden lidelsen, f.eks. vomacidose og laminitis, udvikler varige skader og giver sig tydeligt til kende klinisk. På grund af, at der er færre personer til at passe et stadigt stigende antal dyr, er der behov for ny teknologi, der kan bidrage med overvågning og tidlig udpegning af ”risikodyr”, der har øget risiko for at udvikle produktionssygdomme og reproduktionsproblemer.

Det er meget centralt at forstå samspillet mellem forskellige faktorer involveret i risikoen for sygdomme. Et eksempel er samspillet mellem det fysiologiske og det immunologiske system, samt hvorledes disse systemer påvirkes af fodring, management og miljø hos forskellige genotyper. Det ville være ønskeligt, om den fremtidige forskning kunne bidrage med at fastsætte en risiko (værdi mellem 0 og 1) for, at et dyr udvikler en bestemt lidelse på en given tid, og at dette anvendes i sundhedsstyringsværktøjer i stedet for rask, subklinisk og klinisk. I Figur 12.16 foreslås det, at forebyggelse af produktionssygdomme i fremtiden foregår ved statusorienterede strategier (SOS), d.v.s.

fodring og management, der tager hensyn til dyrets tilstand og ikke blot produktion. SOS, baseret på "risk management", der kontinuerligt justerer fodring og management på basis af individuelle køer eller en gruppe af køers status (indikatorer, produktion og reproduktion) samt besætningsoplysninger om produktionssystemet, økonomiske forudsætninger (priser, cost/benefit) m.v., forventes at kunne reducere sygeligheden og samtidig forbedre produktion og reproduktion. Udvikling af sådanne systemer til forebyggelse af produktionssygdomme kræver et betydeligt kendskab til, hvilke symptomer sygdommene udviser, deres forekomst og risikofaktorer, sygdommens ætiologi og patofysiologier samt værdien af forskellige indikatorer til forudsigelse af sygdomsrisikoen.

12.14 Referencer

- Adler, J.H., Roberts, S.J. & Dye, J.A. 1958. Further observations on silage as a possible etiological factor in bovine ketosis. *Am. J. Vet. Res.* 19, 314-318.
- Alban, L. 1995. Lameness in Danish dairy cows - frequency and possible risk factors. *Prev. Vet. Med.* 22, 213-225.
- Allen, W.M. & Sansom, B.F. 1985. Milk fever and calcium-metabolism. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 8, 19-29.
- Andersen, H.R. 2000. Hvordan undgås vomacidose, leverbylder m.v. ved intensiv fodring af slagtekalve, ungtyre og stude. DJF rapport Nr. 16, 32 pp.
- Andersen, J.B., Friggens, N.C., Larsen, T., Vestergaard, M. & Ingvarsen, K.L. 2003. Effect of energy density in the diet and milking frequency on plasma metabolites and hormones in early lactating dairy cows. *J. Vet. Med. A* 49, 177-183.
- Andersen, J.B., Larsen, T., Nielsen, M.O. & Ingvarsen, K.L. 2002a. Effect of energy density in the diet and milking frequency on hepatic long chain fatty acid oxidation in early lactating dairy cows. *J. Vet. Med. A* 49, 177-183.
- Andersen, J.B., Larsen, T., Nielsen, M.O. & Ingvarsen, K.L. 2002b. Effekten af energikoncentration i foderet og malkningsfrekvens på fedtstofskifte i leveren hos malkekøer i tidlig laktation - Fokus på subklinisk fedtlever. DJF rapport nr. 41, Husdyrbrug, 29 pp.
- Andersen, J.B., Mashek, D.G., Larsen, T., Friggens, N.C. & Ingvarsen, K.L. 2000. Effects of hyperinsulinemic-euglycemic clamps on liver status and palmitate oxidation from high yielding dairy cows. In: *Book of Abstracts of the 51st Annual Meeting of the EAAP, The Hague, the Netherlands*, 129.
- Andersen, J.B., Sehested, J. & Ingvarsen, K.L. 1999. Effect of dry cow feeding strategy on rumen pH, concentration of VFA and rumen epithelium development. *Acta Agr. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 49, 149-155.
- Andersen, O. 1991. Health control. Annual Report, National Committee on Danish Cattle Husbandry, 9-17.
- Andersson, L. 1984. Concentrations of blood and milk ketone bodies, blood isopropanol and plasma glucose in dairy cows in relation to the degree of hyperketonaemia and clinical signs. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 31, 683-693.
- Andersson, L. & Emanuelson, U. 1985. An epidemiological study of hyperketonaemia in Swedish dairy cows; determinants and the relation to fertility. *Prev. Vet. Med.* 3, 449-462.
- Andersson, L. & Lundstrom, K. 1984. Milk and blood ketone bodies, blood isopropanol and plasma glucose in dairy cows; methodological studies and diurnal variations. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 31, 340-349.
- Andersson, L. & Lundstrom, K. 1985. Effect of feeding silage with high butyric acid content on ketone body formation and milk yield in postparturient dairy cows. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 32, 15-23.
- Axford, R.F.E., Tas, M.V., Evans, R.A. & Offer, N.W. 1975. The absorption of magnesium from the forestomachs, stomach and the small intestine of sheepgastrointestinal. *Res. Vet. Sci.* 19, 333-334.
- Baird, G.D. 1982. Primary ketosis in the high-producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook. *J. Dairy Sci.* 65, 1-10.

- Bartley, E.E., Meyer, R.M. & Fina, L.R. 1975. Feedlot or grain bloat. In: *Digestion and Metabolism in the Ruminant*, 551-562.
- Bauchart, D., Gruffat, D. & Durand, D. 1996. Lipid absorption and hepatic metabolism in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 55, 39-47.
- Bauman, D.E. 2000. Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: Cronjé, P.B. (eds.). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, CABI Publishing, 311-328.
- Bauman, D.E. & Currie, W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529.
- Bauman, D.E. & Elliot, J.M. 1983. Control of nutrient partitioning in lactating ruminants. In: Mepham, T.B. (ed.). *Biochemistry of Lactation*, Elsevier Science Publishers, 437-468.
- Beede, D.K., Sanchez, W.K. & Wang, C. 1992. Macrominerals. In: Van Horn, H.H. & Wilcox, C.J. (eds.). *Large Dairy Herd Management*, Am. Dairy Sci. Assoc. 272-286.
- Bell, A.W. 1979. Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. *Prog. Lipid Res.* 18, 117-164.
- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73, 2804-2819.
- Bell, A.W. & Bauman, D.E. 1997. Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J. Mammary Gland Biol. Neopl.* 2, 265-278.
- Bell, A.W. & Ehrhardt, R.A. 2000. Regulation of macronutrient partitioning between maternal and conceptus tissues in the pregnant ruminant. In: Cronjé, P.B. (ed.). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, CABI Publishing, 275-293.
- Bell, A.W., Slepatis, R. & Ehrhardt, R.A. 1995. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1954-1961.
- Bendixen, P.H., Vilson, B., Ekesbo, I. & Astrand, D.B. 1987a. Disease frequencies in dairy-cows in Sweden. 3. Parturient Paresis. *Prev. Vet. Med.* 5, 87-97.
- Bendixen, P.H., Vilson, B., Ekesbo, I. & Astrand, D.B. 1987b. Disease frequencies in dairy-cows in Sweden. 4. Ketosis. *Prev. Vet. Med.* 5, 99-109.
- Bergman, E.N. 1971. Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. *J. Dairy Sci.* 54, 936-948.
- Bergsten, C. & Frank, B. 1996. Sole haemorrhages in tied primiparous cows as an indicator of periparturient laminitis: Effects of diet, flooring and season. *Acta Vet. Scand.* 37, 383-394.
- Bertics, S.J., Grummer, R.R., Cadorniga-Valino, C. & Stoddard, E.E. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914-1922.
- Beylot, M. 1996. Regulation of in vivo ketogenesis: Role of free fatty acids and control by epinephrine, thyroid hormones, insulin and glucagon. *Diabetes & Metabolism* 22, 299-304.
- Bigras-Poulin, M., Meek, A.H. & Martin, S.W. 1990. Interrelationships among health problems and milk production from consecutive lactations in selected Ontario Holstein cows. *Prev. Vet. Med.* 8, 15-24.
- Bigras-Poulin, M., Meek, A.H., Martin, S.W. & McMillan, I. 1992. Health problems in selected Ontario Holstein cows: frequency of occurrences, time to first diagnosis and associations. *Prev. Vet. Med.* 10, 79-89.
- Blom, J.Y. 1993. Disease and feeding in Danish dairy herds. *Acta Vet. Scand. Suppl* 89, 17-22.
- Blowey, R.W. 1998. *Cattle lameness and hoof care*. Farming Press, Ipswich, UK, 86 pp.
- Blum, J.W., Reding, T., Jans, F., Wanner, M., Zemp, M. & Bachmann, K. 1985. Variations of 3-methylhistidine in blood of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68, 2580-2587.
- Bogin, E., Avidar, Y., Merom, M., Soback, S. & Brenner, G. 1988. Biochemical changes associated with the fatty liver syndrome in cows. *J. Comp. Pathol.* 98, 337-347.

- Boosman, R., Koeman, J. & Nap, R. 1989. Histopathology of the bovine pododerma in relation to age and chronic laminitis. *Zentralbl. Veterinärmed.* A 36, 438-446.
- Bradley, H.K., Shannon, D. & Neilson, D.R. 1989. Subclinical laminitis in dairy heifers. *Vet. Rec.* 125, 177-179.
- Breukink, H.J. 2003. Abomasal displacement, etiology, pathogenesis, treatment and prevention. *Bov. Pract.* 26, 148-153.
- Breukink, H.J. & Deruyter, T. 1976. Abomasal displacement in cattle - influence of concentrates in ration on fatty-acid concentrations in ruminal, abomasal, and duodenal contents. *Am. J. Vet. Res.* 37, 1181-1184.
- Brindle, N.P., Zammit, V.A. & Pogson, C.I. 1985a. Inhibition of sheep liver carnitine palmitoyltransferase by methylmalonyl-CoA. *Biochem. Soc. Trans.* 13, 880-881.
- Brindle, N.P.J., Zammit, V.A. & Pogson, C.I. 1985b. Regulation of carnitine palmitoyltransferase activity by malonyl-CoA in mitochondria from sheep liver, a tissue with a low capacity for fatty acid synthesis. *Biochem. J.* 232, 177-182.
- Brink, D.R., Lowry, S.R., Stock, R.A. & Parrott, J.C. 1990. Severity of liver-abscesses and efficiency of feed-utilization of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 1201-1207.
- Bruss, M.L. 1993. Metabolic fatty liver of ruminants. *Adv. Vet. Sci Comp. Med.* 37, 417-449.
- Butler, E.J. 1963. Mineral element content of spring pasture in relation to occurrence of grass tetany and hypomagnesaemia in dairy cows. *J. Agr. Sci.* 60, 329-339.
- Calavas, D., Faye, B., Bugnard, F., Ducrot, C. & Raymond, F. 1996. Analysis of associations among diseases in French dairy cows in two consecutive lactations. *Prev. Vet. Med.* 27, 43-55.
- Cameron, R.E.B., Dyk, P.B., Herdt, T.H., Kaneene, J.B., Miller, R., Bucholtz, H.F., Liesman, J.S., Vandehaar, M.J. & Emery, R.S. 1998. Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasum in high producing dairy herds. *J. Dairy Sci.* 81, 132-139.
- Cheng, K.J., McAllister, T.A., Popp, J.D., Hristov, A.N., Mir, Z. & Shin, H.T. 1998. A review of bloat in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76, 299-308.
- Cherbut, C. 1995. Effect of short-chain fatty acids on gastrointestinal motility. Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids, Cummings, J.H.R.J.L.S.T. Cambridge, Cambridge University Press, 191-207.
- Chester-Jones, H., Fontenot, J.P., Veit, H.P. & Webb, K.E. 1989. Physiological effects of feeding high levels of magnesium to sheep. *J. Anim. Sci.* 67, 1070-1081.
- Chilliard, Y. 1999. Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. In: Martinet, J., Houdebine, L.M., & Head, H.H. (eds.). *Biology of Lactation*, INRA, 503-552.
- Choquette-Levey, L., Baril, J., Levey, M. & StPierre, H. 1985. A Study of foot disease of dairy cattle in Quebec. *Can. Vet. J.* 26, 278-281.
- Chow, J.C. & Jesse, B.W. 1992. Interactions between gluconeogenesis and fatty acid oxidation in isolated sheep hepatocytes. *J. Dairy Sci.* 75, 2142-2148.
- Collins, R.A. & Reid, I.M. 1980. A correlated biochemical and stereological study of periparturient fatty liver in the dairy cow. *Res. Vet. Sci.* 28, 373-376.
- Constable, P.D., Miller, G.Y., Hoffsis, G.F., Hull, B.L. & Rings, D.M. 1992. Risk factors for abomasal volvulus and left abomasal displacement in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 53, 1184-1192.
- Coppock, C.E., Noller, C.H., Wolfe, S.A., Callahan, C.J. & Baker, J.S. 1972. Effect of forage concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on feed intake prepartum and the occurrence of abomasal displacement in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 55, 783-793.
- Correa, M.T., Curtis, C.R., Erb, H.N., Scarlett, J.M. & Smith, R.D. 1990. An ecological analysis of risk factors for postpartum disorders of Holstein-Friesian cows from thirty-two New York farms. *J. Dairy Sci.* 73, 1515-1524.
- Correa, M.T., Erb, H. & Scarlett, J. 1993. Path analysis for seven postpartum disorders of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76, 1305-1312.

- Crichlow, E.C. & Chaplin, R.K. 1985. Ruminal lactic-acidosis - relationship of forestomach motility to nondissociated volatile fatty-acid levels. *Am. J. Vet. Res.* 46, 1908-1911.
- Curtis, C.R., Erb, H.N., Sniffen, C.J. & Smith, R.D. 1984. Epidemiology of parturient paresis: predisposing factors with emphasis on dry cow feeding and management. *J. Dairy Sci.* 67, 817-825.
- Curtis, C.R., Erb, H.N., Sniffen, C.J., Smith, R.D. & Kronfeld, D.S. 1985. Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 68, 2347-2360.
- Dalley, D.E., Isherwood, P., Sykes, A.R. & Robson, A.B. 1997a. Effect of in vitro manipulation of pH on magnesium solubility in ruminal and caecal digesta in sheep. *J. Agr. Sci.* 129, 107-111.
- Dalley, D.E., Isherwood, P., Sykes, A.R. & Robson, A.B. 1997b. Effect of intraruminal infusion of potassium on the site of magnesium absorption within the digestive tract in sheep. *J. Agr. Sci.* 129, 99-105.
- Danfær, A., Tetens, V. & Agergaard, N. 1995. Review and an experimental study on the physiological and quantitative aspects of gluconeogenesis in lactating ruminants. *Comp. Biochem. Physiol.* 111B, 201-210.
- Daniel, R.C. 1983. Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Can. J. Comp. Med.* 47, 276-280.
- Dawson, K.A. & Allison, M.J. 1988. Digestive disorders and nutritional toxicity. The rumen microbial ecosystem, Hobson, P.N., Elsevier Applied Science, London, 445-459.
- Dawson, L.J., Aalseth, E.P., Rice, L.E. & Adams, G.D. 1992. Influence of fiber form in a complete mixed ration on incidence of left displaced abomasum in postpartum dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 200, 1989-1992.
- Deem, D.A. 1980. Liver abscesses in cattle. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 2, S268-S273.
- Desmecht, D.J., Linden, A.S., Godeau, J.M. & Lekeux, P.M. 1995. Experimental production of hypocalcemia by EDTA infusion in calves: a critical appraisal assessed from the profile of blood chemicals and enzymes. *Comp. Biochem. Physiol A Physiol* 110, 115-130.
- Dirksen, G., 1970. Acidosis. In: *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*, Philpson, A.T. Newcastle, England, Orie Press, 612-625.
- Dirksen, G. 1989. Rumen function and disorders related to production disease. *Proc. VIIIth Intern. Conf. Prod. Dis. in Farm Anim.*, Held in Ithaca, USA, 350-361.
- Doepel, L., Lapierre, H. & Kennelly, J.J. 2002. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *J. Dairy Sci.* 85, 2315-2334.
- Dohoo, I.R. & Martin, S.W. 1984. Subclinical ketosis: prevalence and associations with production and disease. *Can. J. Comp. Med.* 48, 1-5.
- Dohoo, I.R., Martin, S.W., Meek, A.H. & Sandals, W.C.D. 1984. Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows III. Disease and production as determinants. *Prev. Vet. Med.* 2, 671-690.
- Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.* 82, 2259-2273.
- Drackley, J.K., Overton, T.R. & Douglas, G.N. 2001. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 84, E100-E112.
- Drackley, J.K., Veenhuizen, J.J., Richard, M.J. & Young, J.W. 1991. Metabolic changes in blood and liver of dairy cows during either feed restriction or administration of 1,3-butanediol. *J. Dairy Sci.* 74, 4254-4264.
- Dua, K. & Care, A.D. 1995. Impaired absorption of magnesium in the etiology of grass tetany. *Brit. Vet. J.* 151, 413-426.
- Duffield, T.F., Kelton, D.F., Leslie, K.E., Lissemore, K.D. & Lumsden, J.H. 1997. Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can. Vet. J.* 38, 713-718.
- Duffield, T.F., LeBlanc, S., Bagg, R., Leslie, K., Ten Hag, J. & Dick, P. 2003. Effect of a monensin controlled release capsule on metabolic parameters in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 1171-1176.
- Dunlop, R. 1972. Pathogenesis of ruminant lactic acidosis. *Adv. Vet. Sci. Comp. Med.* 16, 259-302.

- El Sabban, F.F., Rothenbacher, H., Long, T.A. & Baumgardt, B.R. 1971. Certain blood constituents and serum transaminases in hereford steers fed high-energy rations. *Am. J. Vet. Res.* 32, 1027-1032.
- Emery, R.S., Liesman, J.S. & Herdt, T.H. 1992. Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. *J. Nutr.* 122, 832-837.
- Emmison, N., Agius, L. & Zammit, V.A. 1991. Regulation of fatty acid metabolism and gluconeogenesis by growth hormone and insulin in sheep hepatocyte cultures. Effects of lactation and pregnancy. *Biochem. J.* 274, 21-26.
- Enevoldsen, C., Gröhn, Y.T. & Thysen, I. 1991. Sole ulcers in dairy cattle: associations with season, cow characteristics, disease, and production. *J. Dairy Sci.* 74, 1284-1298.
- Enjalbert, F., Nicot, M.C., Baourthe, C. & Moncoulon, R. 2001. Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: Relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 84, 583-589.
- Erb, H.N. & Gröhn, Y.T. 1988. Epidemiology of metabolic disorders in the periparturient dairy cow. *J. Dairy Sci.* 71, 2557-2571.
- Erb, H.N., Smith, R.D., Hillman, R.B., Powers, P.A., Smith, M.C., White, M.E. & Pearson, E.G. 1984. Rates of diagnosis of six diseases of Holstein cows during 15-day and 21-day intervals. *Am. J. Vet. Res.* 45, 333-335.
- Filar, J. 1979. Contents of beta -hydroxybutyrate, acetoacetate and acetone in the blood of healthy cows and of cows with ketosis. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 66, 377-380.
- Fleming, S.A. 1996. Metabolic disorders. In: Smith, B.P. (ed.). *Large Animal Internal Medicine*, Mosby, 1455-1463.
- Foldager, J. 1985. Halmrige rationer kan medføre magnesiummangel hos kvier. *Dansk Vet. Tidsskrift* 68, 19.
- Fontenot, J.P., Allen, V.G., Bunce, G.E. & Goff, J.P. 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67, 3445-3455.
- Frankena, K., Vankeulen, K.A.S., Noordhuizen, J.P., NoordhuizenStassen, E.N., Gundelach, J., Dejong, D.J. & Saedt, I. 1992. A cross-sectional study into prevalence and risk indicators of digital hemorrhages in female dairy calves. *Prev. Vet. Med.* 14, 1-12.
- Friggens, N.C. 2003. Body lipid reserves and the reproductive cycle: towards a better understanding. *Livest. Prod. Sci.* 83, 219-236.
- Fronk, T.J., Schultz, L.H. & Hardie, A.R. 1980. Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63, 1080-1090.
- Fulton, W., Klopfenstein, T.J. & Britton, R.A. 1979. Adaptation to high concentrate diets in beef cattle. I Adaptation to corn and wheat diets. *J. Anim. Sci.* 49, 775-784.
- Gaal, T., Reid, I.M., Collins, R.A., Roberts, C.J. & Pike, B.V. 1983a. Comparison of biochemical and histological methods of estimating fat content of liver of dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 34, 245-248.
- Gaal, T., Roberts, C.J., Reid, I.M., Dew, A.M. & Copp, C.M. 1983b. Blood composition and liver fat in post parturient dairy cows. *Vet. Rec.* 113, 53-54.
- Galyean, M.L. & Rivera, J.D. 2003. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 83, 13-20.
- Geishauser, T. 1995. Abomasal displacement in the bovine - a review on character, occurrence, aetiology and pathogenesis. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 42, 229-251.
- Geishauser, T., Leslie, K. & Duffield, T. 2000. Metabolic aspects in the etiology of displaced abomasum. *Vet. Clinics North Am., Food Anim. Pract.* 16, 255-265.
- Geishauser, T., Leslie, K., Duffield, T. & Edge, V. 1997. An evaluation of milk ketone tests for the prediction of left displaced abomasum in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 3188-3192.
- Geishauser, T., Leslie, K., Tenhag, J. & Bashiri, A. 2000. Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 296-299.
- Gerloff, B.J. & Herdt, T.H. 1984. Hepatic lipidosis from dietary restriction in nonlactating cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 223-224.

- Gerloff, B.J., Herdt, T.H. & Emery, R.S. 1986. Relationship of hepatic lipidosis to health and performance in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc* 188, 845-850.
- Giduck, S.A. & Fontenot, J.P. 1987. Utilization of magnesium and other macrominerals in sheep supplemented with different readily-fermentable carbohydrates. *J. Anim. Sci.* 65, 1667-1673.
- Giduck, S.A., Fontenot, J.P. & Rahnema, S. 1988. Effect of ruminal infusion of glucose, volatile fatty acids and hydrochloric acid on mineral metabolism in sheep. *J. Anim. Sci.* 66, 532-542.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y.T. & Karlberg, K. 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1390-1396.
- Gjerulff, L. & Nørgaard, P. 1991. Makromineraler til malkekøer. Nye aspekter vedrørende ernæring med natrium (Na), kalium (K) og klorid (Cl). Et nyt redskab i foderplanlægningen og til at forebygge kælvningsfeber. I: Rapport nr. 74, 130-132.
- Glock, R.D. & DeGroot, B.D. 1998. Sudden death of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76, 315-319.
- Goff, J.P. 2000. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet. Clinics North Am., Food Anim. Pract.* 16, 319-337.
- Goff, J.P. & Horst, R.L. 1994. Calcium salts for treating hypocalcemia: carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration. *J. Dairy Sci.* 77, 1451-1456.
- Goff, J.P., Horst, R.L., Jardon, P.W., Borelli, C. & Wedam, J. 1996. Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 378-383.
- Greene, L.W., Fontenot, J.P. & Webb, K.E. 1983. Site of magnesium and other macromineral absorption in steers fed high-levels of potassium. *J. Anim. Sci.* 57, 503-510.
- Greenough, P.R. & Vermunt, J.J. 1991. Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Vet. Rec.* 128, 11-17.
- Greenough, P.R. & Weaver, A.D. (eds.). 1997. Lameness in cattle. W.B. Saunders Company, 336 pp.
- Gregory, P. 1987. Inhibition of reticulo-ruminal motility by volatile fatty acids and lactic acid in sheep. *J. Phys.* 382, 355-371.
- Gröhn, Y.T. & Bruss, M.L. 1990. Effect of diseases, production, and season on traumatic reticuloperitonitis and ruminal acidosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 2355-2363.
- Gröhn, Y.T., Eicker, S.W., Ducrocq, V. & Hertl, J.A. 1998. Effect of diseases on the culling of Holstein dairy cows in New York State. *J. Dairy Sci.* 81, 966-978.
- Grum, D.E., Drackley, J.K. & Clark, J.H. 2002. Fatty Acid Metabolism in Liver of Dairy Cows Fed Supplemental Fat and Nicotinic Acid During an Entire Lactation. *J. Dairy Sci.* 85, 3026.
- Grum, D.E., Drackley, J.K., Hansen, L.R. & Cremen-JD, J. 1996a. Production, digestion, and hepatic lipid metabolism of dairy cows fed increased energy from fat or concentrate. *J. Dairy Sci.* 79, 1836-1849.
- Grum, D.E., Drackley, J.K., Younker, R.S., LaCount, D.W. & Veenhuizen, J.J. 1996b. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 1850-1864.
- Grum, D.E., Hansen, L.R. & Drackley, J.K. 1994. Peroxisomal beta-oxidation of fatty acids in bovine and rat liver. *Comparative Biochemistry And Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology* 109, 281-292.
- Grummer, R.R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896.
- Gröhn, Y., Thompson, J.R. & Bruss, M.L. 1984. Epidemiology and genetic basis of ketosis in Finish Ayrshire. *Prev. Vet. Med.* 3, 65-77.
- Gröhn, Y.T., Eicker, S.W. & Hertl, J.A. 1995. The association between previous 305-day milk yield and disease in New York State dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1693-1702.
- Gröhn, Y.T., Erb, H.N., McCulloch, C.E. & Saloniemi, H.S. 1989. Epidemiology of metabolic disorders in dairy cattle: association among host characteristics, disease, and production. *J. Dairy Sci.* 72, 1876-1885.

- Guard, C. 1996. Abomasal displacement and volvulus. In: Smith, B.P. (ed.). Large Animal Internal Medicine, Mosby, 868-874.
- Gustafsson, A.H. 1993. Acetone and urea concentration in milk as indicators of the nutritional status and the composition of the diet of dairy cows. Report 222 (Thesis Dissertation), Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Animal Nutrition and Management.
- Hansen, S.S., Nørgaard, P., Pedersen, C., Jørgensen, R.J., Mellau, L.S.B. & Enemark, J.D. 2003. Effect of Subclinical Hypocalcemia Induced by Na₂ EDTA on feed intake and chewing activity in dairy cows. Vet. Res. Com. 27, 193-205.
- Harris, D.J., Lambell, R.G. & Oliver, C.J. 1983. Factors predisposing dairy and beef cows to grass tetany. Aust. Vet. J. 60, 230-234.
- Herd, T.H. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance - Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. Vet. Clinics North Am., Food Anim. Pract. 16, 215-230.
- Herd, T.H., Gerloff, B.J., Liesman, J.S. & Emery, R.S. 1982. Hepatic lipidosis and liver function in 49 cows with displaced abomasums. World Congress on Diseases of Cattle 12th World Association for Buiatrics 522-525.
- Herd, T.H., Goeders, L., Liesman, J.S. & Emery, R.S. 1983. Test for estimation of bovine hepatic lipid content. J. Am. Vet. Med. Assoc. 182, 953-955.
- Hesselholt, M. & Grymer, J. 1979. Linksseitigen Labmagenverlagerung: Vorkommen in Dänemark. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 86, 490-494.
- Heuer, C., Schukken, Y.H. & Dobbelaar, P. 1999. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. J. Dairy Sci. 82, 295-304.
- Hird, F.J.R. & Symons, R.H. 1961. The mode of formation of ketone bodies from butyrate by tissue from the rumen and omasum of the sheep. Biochim. Biophys. Acta 46, 457-467.
- Hocquette, J.F. & Bauchart, D. 1999. Intestinal absorption, blood transport and hepatic and muscle metabolism of fatty acids in preruminant and ruminant animals. Reprod. Nutr. Dev. 39, 27-48.
- Holtenius, P. 1992. Disturbed insulin and glucagon functions - etiologic factors in ketosis. Eighth Int. Conf. Prod. Diseases in Farm Animals, Abstract O40.
- Holtenius, P. & Hjort, M. 1990. Studies on the pathogenesis of fatty liver in cows. Bov. Pract. 25, 91-94.
- Holtenius, P. & Holtenius, K. 1996. New aspects of ketone bodies in energy metabolism of dairy cows: A review. J. Vet. Med. A, Physiol. Pathol. Clin. Med. 43, 579-587.
- Holtenius, P. & Niskanen, R. 1985. Leberzellverfettung bei Kuhen mit Labmagenverlagerung. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 92, 398-400.
- Horst, R.L., Goff, J.P. & Reinhardt, T.A. 1994. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. J. Dairy Sci. 77, 1936-1951.
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A. & Buxton, D.R. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. J. Dairy Sci. 80, 1269-1280.
- Houe, H., Østergaard, S., Thilsing-Hansen, T., Jørgensen, R.J., Larsen, T., Sørensen, J.T., Agger, J.F. & Blom, J.Y. 2001. Milk fever and subclinical hypocalcemia - An evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. Acta Vet. Scand. 42, 1-29.
- Hünniger, F., Staufienbiel, R. & Pabst, K. 1999. Application of milk acetone determination in the monitoring of cattle herds. Praktische Tierarzt 80, 880-892.
- Ingvarsen, K.L. 1992. Virkning af græsmarksafgrøders konservering og tørstofindhold på ungdyrs foderoptagelse, tilvækst og foderudnyttelse: En oversigt. Beretning 711, Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 44 pp.
- Ingvarsen, K.L. 1999. Variationer i fysiologiske parametre omkring kælvning med fokus på appetit og produktionssygdomme. I: Bilag fra Bologisk Selskabs Seminar, Hotel Pejsegården, Brædstrup, Danmark, 36-45.
- Ingvarsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1992. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. Acta Agr. Scand., Sect. A, Anim. Sci. 42, 40-46.

- Ingvartsen, K.L. & Andersen, J.B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597.
- Ingvartsen, K.L. & Boisclair, Y. 2001. Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Dom. Anim. Endoc.* 21, 215-250.
- Ingvartsen, K.L., Dewhurst, R.J. & Friggens, N.C. 2003a. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest. Prod. Sci.* 73, 277-308.
- Ingvartsen, K.L., Dewhurst, R.J. & Friggens, N.C. 2003b. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest. Prod. Sci.* 83, 277-308.
- Ingvartsen, K.L., Foldager, J., Aaes, O. & Andersen, P.H. 1995. Effekt af foderniveau i 24 uger før kælvning på foderoptagelse, produktion og stofskifte hos kvier og køer. I: Overgang til laktation. Malkekoens fodring og fysiologi under drægtighed og omkring kælvning. Intern Rapport nr. 47, Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 60-74.
- Ingvartsen, K.L., Friggens, N.C. & Dewhurst, R.J. 2000. Er det ydelsen eller ubalance der forårsager produktionssygdomme. I: Bilag til Temadag Kvæg, Intern rapport nr. 137, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum, 9-26.
- Ingvartsen, K.L., Friggens, N.C. & Faverdin, P. 1999. Food intake regulation in late pregnancy and early lactation. *Brit. Soc. Anim. Sci. Occ. Publ. No.* 24, 37-54.
- Ingvartsen, K.L., Larsen, T. & Berg, P. 2003c. Ændringer og variation i stofskifteparametre - hvad er årsagsfaktorerne? I: Bilag til temamøde den 8. maj 2003, Intern rapport nr. 176, 71-92.
- Ingvartsen, K.L., Aaes, O. & Andersen, J.B. 2001a. Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 71, 207-221.
- Ingvartsen, K.L., Aaes, O. & Andersen, J.B., 2001b. Virkning af syretræning i goldperioden og fodringsprincip i tidlig laktation på foderoptagelse og mælkeydelse hos SDM malkekøer. DJF Rapport nr. 29, Husdyrbrug, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum, 38 pp.
- Itoh, N., Koiwa, M., Hatsugaya, A., Yokota, H., Taniyama, H., Okada, H. & Kudo, K. 1998. Comparative analysis of blood chemical values in primary ketosis and abomasal displacement in cows. *J. Vet. Med.* 45, 293-298.
- Jakobsen, P.E. 1957. Proteinbehov og proteinsyntese ved fosterdannelse hos drøvtyggere. I: Beretning fra Forsøgslaboratoriet 229, Statens Husdyrbrugsforsøg, 190 pp.
- Jesse, B.W., Emery, R.S. & Thomas, J.W. 1986a. Aspects of the regulation of long-chain fatty acid oxidation in bovine liver. *J. Dairy Sci.* 69, 2298-2303.
- Jesse, B.W., Emery, R.S. & Thomas, J.W. 1986b. Control of bovine hepatic fatty acid oxidation. *J. Dairy Sci.* 69, 2290-2297.
- Johnson, B. 1991. Nutritional and dietary interrelationships with diseases of feedlot cattle. *Vet. Clinics North Am. Food Anim. Pract.*, 133-142.
- Jonker, L.J., Wilkinson, J.I.D. & Tarrant, M. 1998. Alleviated nutrient imbalance by monensin premix (Romensin R, Rumensin R); reduced risk of ketonaemia in dairy cows. *Bov. Pract.* 32, 31-33.
- Jordan, E.R. & Fourdraine, R.H. 1993. Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *J. Dairy Sci.* 76, 3247-3256.
- Jorritsma, R., Jorritsma, H., Schukken, Y.H., Bartlett, P.C., Wensing, T. & Wentink, G.H. 2001. Prevalence and indicators of post partum fatty infiltration of the liver in nine commercial dairy herds in The Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 68, 53-60.
- Jørgensen, M. & Nielsen, S.M. 1977. Sygdoms- og miljøregistrering hos malkekøer. In: Annual Meeting Memeograph, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 1-7.

- Kaufmann, W., Hagemester, H. & Dirksen, G. 1980. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding (Ruminants). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, Westport, Conn. (USA), 587-602.
- Kauppinen, K. 1983a. Correlation of whole blood concentrations of acetoacetate, beta-hydroxybutyrate, glucose and milk yield in dairy cows as studied under field conditions. *Acta Vet. Scand.* 24, 337-348.
- Kauppinen, K. 1983b. Prevalence of bovine ketosis in relation to number and stage of lactation. *Acta Vet. Scand.* 24, 349-361.
- Kelton, D.F., Lissemore, K.D. & Martin, R.E. 1998. Recommendations for recording and calculating the incidence of selected clinical diseases of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81, 2502-2509.
- Kjeldsen, A.M., Bossen, D. & Fisker, I. 2002. Leverbylder hos slagtekalve. Rapport nr. 96, Dansk Kvæg, 75 pp.
- Kjeldsen, A.M. & Fisker I. 2002. Leverbylder, aktuelle tal 2002. Kvæginfo 1056, 3 pp.
- Kleppe, B.B., Aiello, R.J., Grummer, R.R. & Armentano, L.E. 1988. Triglyceride accumulation and very low density lipoprotein secretion by rat and goat hepatocytes in vitro. *J. Dairy Sci.* 71, 1813-1822.
- Knapp, J.R. & Baldwin, R.L. 1990. Regulation of ketogenesis in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 68, Suppl., p. 522.
- Krebs, H.A. 1966. Bovine ketosis. *Vet. Rec.* 78, 187-192.
- Kronfeld, D.S. 1969. Excess gluconeogenesis and oxaloacetate depletion in bovine ketosis. *Nutr. Rev.* 27, 131-133.
- Larsen, T., Møller, G. & Bellio, R. 2001. Evaluation of clinical and clinical chemical parameters in periparturient cows. *J. Dairy Sci.* 84, 1749-1758.
- Larsson, L., Bjorsell, K.A., Kvart, C. & Ohman, S. 1983. Clinical signs and serum ionized calcium in parturient paretic cows. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 30, 401-409.
- Lean, I.J., Bruss, M.L., Baldwin, R.L. & Troutt, H.F. 1991. Bovine ketosis: a review. I. Epidemiology and pathogenesis. *Vet. Bul.* 61, 1209-1218.
- Lean, I.J., Bruss, M.L., Baldwin, R.L. & Troutt, H.F. 1992. Bovine ketosis: a review. II. Biochemistry and prevention. *Vet. Bul.* 62, 1-14.
- Lechtenberg, K.F. & Nagaraja, T.G. 1991. Hepatic ultrasonography and blood changes in cattle with experimentally induced hepatic-abscesses. *Am. J. Vet. Res.* 52, 803-809.
- Lechtenberg, K.F., Nagaraja, T.G., Leipold, H.W. & Chengappa, M.M. 1988. Bacteriologic and histologic-studies of hepatic-abscesses in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 49, 58-62.
- LeonhardMarek, S. & Martens, H. 1996. Effects of potassium on magnesium transport across rumen epithelium. *Am. J. Physiol., Gastrointest. Liver Physiol.* 34, G1034-G1038.
- Liberg, P. & Jonsson, G. 1993. Ultrasonography and determination of proteins and enzymes in blood for the diagnosis of liver-abscesses in intensively fed beef cattle. *Acta Vet. Scand.* 34, 21-28.
- Linford, R.L. 1996. Laminitis (founder). In: Smith, B.P. (ed.). *Large Animal Internal Medicine*, Mosby, 1300-1309.
- Lincoln, S.D. & Lane, V.M. 1990. Serum ionized calcium concentration in clinically normal dairy cattle, and changes associated with calcium abnormalities. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 197, 1471-1474.
- Lingaas, F. & Tveit, B. 1992. Etiology of acetone-mia in Norwegian cattle. 2. Effect of butyric acid, valeric acid, and putrescine. *J. Dairy Sci.* 75, 2433-2439.
- Livesey, C.T., Harrington, T., Johnston, A.M., May, S.A. & Metcalf, J.A. 1998. The effect of diet and housing on the development of sole haemorrhages, white line haemorrhages and heel erosions in Holstein heifers. *Anim. Sci.* 67, 9-16.
- Lomax, M.A. & Baird, G.D. 1983. Blood flow and nutrient exchange across the liver and gut of the dairy cow. *Brit. J. Nutr.* 49, 481-496.
- Marcos, E., Mazur, A., Cardot, P. & Rayssiguier, Y. 1990a. Serum apolipoproteins B and A-I and naturally occurring fatty liver in dairy cows. *Lipids* 25, 575-577.

- Marcos, E., Mazur, A., Cardot, P. & Rayssiguier, Y. 1990b. The effect of pregnancy and lactation on serum lipid and apolipoprotein B and A-I levels in dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 64, 133-138.
- Markusfeld, O. 1985. Relationship between overfeeding, metritis and ketosis in high yielding dairy cows. *Vet. Rec.* 116, 489-491.
- Markusfeld, O. 1986. The association of displaced abomasum with various periparturient factors in dairy-cows - a retrospective study. *Prev. Vet. Med.* 4, 173-183.
- Markusfeld, O. 1987. Periparturient traits in seven high dairy herds. Incidence rates, association with parity, and interrelationships among traits. *J. Dairy Sci.* 70, 158-166.
- Markusfeld, O. & Adler, H. 1986. Evaluation of routine testing for ketonuria and aciduria in the detection of sub-clinical and clinical ketosis associated with overfeeding in dairy cattle. *Isr. J. Vet. Med.* 42, 58.
- Markusfeld, O., Galon, N. & Ezra, E. 1997. Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 141, 67-72.
- Markusfeld, O., Nahari, N., Adler, H. & Markusfeld, N. 1984. Evaluation of a routine testing for ketonuria and aciduria in the detection of sub and clinical ketosis associated with overfeeding in dairy cattle. *Bov. Pract. No.19*, 219-222.
- Marquardt, J.P., Horst, R.L. & Jørgensen, N.A. 1977. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 60, 929-934.
- Martens, H. & Blume, I. 1986. Effect of intraruminal sodium and potassium concentrations and of the transmural potential difference on magnesium absorption from the temporarily isolated rumen of sheep. *Qrtl. J. Exp. Physiol. Cogn. Med. Sci.* 71, 409-415.
- Martens, H., Heggemann, G. & Regier, K. 1988. Studies on the effect of K, Na, NH_4^+ , VFA and CO_2 on the net absorption of magnesium from the temporarily isolated rumen of heifers. *J. Vet. Med. A* 35, 73-80.
- Martens, H., Kubel, O.W., Gabel, G. & Honig, H. 1987. Effects of low sodium intake on magnesium metabolism of sheep. *J. Agr. Sci.* 108, 237-243.
- Martens, H. & Schweigel, M. 2000. Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesemias - Implications for clinical management. *Vet. Clinics North Am., Food Anim. Pract.* 16, 339-368.
- Mashek, D.G., Ingvarstsen, K.L., Andersen, J.B., Vestergaard, M. & Larsen, T. 2001. Effects of a four-day hyperinsulinemic-euglycemic clamp in early and mid-lactation dairy cows on plasma concentrations of metabolites, hormones, and binding proteins. *Dom. Anim. Endoc.* 21, 169-185.
- Massey, C.D., Wang, C., Donovan, G.A. & Beede, D.K. 1993. Hypocalcemia at parturition as a risk factor for left displacement of the abomasum in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203, 852-853.
- McCaughan, C.J. 1992. Treatment of mineral disorders in cattle. *Vet. Clinics North Am., Food Anim. Pract.* 8, 107-145.
- McNamara, J. 1995. Role and regulation of metabolism in adipose tissue during lactation. *J. Nutr. Biochem.* 6, 120-129.
- Mellau, L.S.B., Jørgensen, R.J. & Enemark, J.M.D. 2001. Plasma calcium, inorganic phosphate and magnesium during hypocalcaemia induced by a standardized EDTA infusion in cows. *Acta Vet. Scand.* 42, 251-260.
- Miettinen, P.V.A. 1994. Relationship between milk acetone and milk yield in individual cows. *J. Vet. Med.* 41, 102-109.
- Mills, S.E., Beitz, D.C. & Young, J.W. 1986. Evidence for impaired metabolism in liver during induced lactation ketosis of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 362-370.
- Moore, W.F., Fontenot, J.P. & Webb, K.E. 1972. Effect of form and level of nitrogen on magnesium utilisation. *J. Anim. Sci.* 35, 1046-1052.
- Morris, J.G. 1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef-cattle - review. *J. Anim. Sci.* 50, 145-152.
- Mortensen, K. 1994. Bovine laminitis (diffuse aseptic pododermatitis): clinical and pathological findings. In: *Proc. 8th Int. Symp. on Disorders of the Ruminant Digesta*, 210-226.
- Mortensen, K.M. 1993. Laminitis hos kvæg. Ph.D. afhandling, Klinisk Institut, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 253 pp.

- Moser, E.A. & Divers, T.J. 1987. Laminitis and decreased milk production in first-lactation cows improperly fed a dairy ration. *J. Am. Vet. Med. Assoc* 190, 1575-1576.
- Møller, P.D., Larsen, J.B. & Madsen, J. 1973. Undersøgelser over fodring med maksimale mængder fodersukkerroer til malkekøer. Forsøgslaboratoriet's Efterårsmøde, Forsøgslaboratoriet, Frederiksberg, Danmark, 454-461.
- Nagaraja, T.G., Beharka, A.B., Chengappa, M.M., Carroll, L.H., Raun, A.P., Laudert, S.B. & Parrott, J.C. 1999. Bacterial flora of liver abscesses in feedlot cattle fed tylosin or no tylosin. *J. Anim. Sci.* 77, 973-978.
- Nagaraja, T.G. & Chengappa, M.M. 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76, 287-298.
- Nagaraja, T.G., Laudert, S.B. & Parrott, J.C. 1996. Liver abscesses in feedlot cattle. 2. Incidence, economic importance, and prevention. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 18, S264-&.
- Ndibualonji, B.B., Dehareng, D., Beckers, F., VanEenaeme, C. & Godeau, J.M. 1997. Continuous profiles and within-day variations of metabolites and hormones in cows fed diets varying in alimentary supplies before short-term feed deprivation. *J. Anim. Sci.* 75, 3262-3277.
- Nielen, M., Aarts, M.G.A., Jonkers, A.G.M., Wensing, T. & Schukken, Y.H. 1994. Evaluation of two cow-side tests for the detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Can. Vet. J.* 35, 229-232.
- Nielsen, N.I., Andersen, J.B. & Ingvarsten, K.L. 2003a. Propylenglykol til malkekøer. *Grøn Viden Husdyrbrug* nr. 32, 1-6.
- Nielsen, N.I. & Ingvarsten, K.L. 2000. Effekt af propylenglykol og niacin på stofskifte, mælkeproduktion og risikoen for ketose. I: Bilag til Temadag Kvæg, Intern rapport nr. 137, Forskningscenter Foulum, 33-49.
- Nielsen, N.I., Ingvarsten, K.L. & Larsen, T. 2003b. Diurnal variation and the effect of feed restriction on plasma and milk metabolites in TMR-fed dairy cows. *J. Vet. Med. A* 50, 88-97.
- Nielsson, S. 1963. Clinical, morphological, and experimental studies of laminitis in cattle. *Afhandling, Stockholm. Acta Vet Scand.* 4, Suppl. 1.
- Nocek, J.E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005-1028.
- Nocek, J.E., English, J.E. & Braund, D.G. 1983. Effects of various forage feeding programs during dry period on body condition and subsequent lactation health, production, and reproduction. *J. Dairy Sci.* 66, 1108-1118.
- Normann, E. 1982. Leverbylder hos ungnöt. *Husdyrmeddelande. II Besättningsstudie, Sveriges Landbruksuniversitet* nr. 14.
- NRC (eds.). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academic Press, 1-381.
- Nørgaard, P. 1987. The influence of level of feeding and physical form of the feed on the reticulorumen fermentation in dairy-cows fed 12 times daily. *Acta Agr. Scand.* 37, 353-365.
- Nørgaard, P. 1989a. Influence of physical form of the ration on ruminal ingesta and ruminal fermentation in lactating cows fed 12 times daily. *Acta Agr. Scand.* 39, 441-448.
- Nørgaard, P. 1989b. Syretræning af goldkøer. *Bovilogisk Tidsskrift Kvæget* 12, 16-17.
- Nørgaard, P. 1996. Dietary prevention of low rumen pH in cattle. In: *Problems of digestive physiology and pathology in animals and birds*, 175-179.
- Oetzel, G.R. 1996. Effect of calcium chloride gel treatment in dairy cows on incidence of periparturient diseases. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209, 958-961.
- Oetzel, G.R. 2001. Introduction to ruminal acidosis in dairy cattle. In: *Preconvention seminar 8: Dairy herd problem investigations. American Association of Bovine Practitioners. 34th Annual Convention*, 10 pp.
- Olsson, G., Emanuelson, M. & Wiktorsson, H. 1997. Effects on milk production and health of dairy cows by feeding different ratios of concentrate/forage and additional fat before calving. *Acta Agr. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 47, 91-105.

- Ossent, P., Greenough, P.R. & Vermunt, J.J. 1997. Laminitis. In: Greenough, P.R. & Weaver, A.D. (eds.). Lameness in cattle, W.B. Saunders Company, 277-292.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. & Gill, D.R. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76, 275-286.
- Peterse, D.J. 1976. De beoordeling van de runderklauw op basis van het optreden van zoollaesis. Afhandling, Utrecht, Holland.
- Pehrson, B.G. & Shaver, R.D. 1992. Displaced abomasum: clinical data and effects of periparturient feeding and management on incidence. In: XVII World Buiatrics Congress. Proc. XXV American Association of Bovine Practitioners Conference, St. Paul, Minnesota, USA, 116-121.
- Plaizier, J.C., Walton, J.P., Martin, A., Duffield, T., Bagg, R., Dick, P. & McBride, B.W. 2000. Short communication: Effects of monensin on 3-methylhistidine excretion in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 2810-2812.
- Poulsen, J.S.D. 1990. Kvægets abdominale sygdomme. In: Bujatrik I DSR forlag KVL København, 484 pp.
- Pullen, D.L., Liesman, J.S. & Emery, R.S. 1990. A species comparison of liver slice synthesis and secretion of triacylglycerol from nonesterified fatty acids in media. *J. Anim. Sci.* 68, 1395-1399.
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C. & Hinchcliff, K.W. (eds.) 2000a. A Textbook of Diseases of Cattle, Pigs, Sheep, Pigs, Goats and Horses. Ninth ed., W.B. Saunders Company Ltd., 1-1875.
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C. & Hinchcliff, K.W. (eds.) 2000b. Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses. 9th ed. W.B. Saunders, 1-1877.
- Rajala, P.J. & Gröhn, Y.T. 1998. Disease occurrence and risk factor analysis in Finnish Ayrshire cows. *Acta Vet. Scand.* 39, 1-13.
- Ramberg-CF, J., Johnson, E.K., Fargo, R.D. & Kronfeld, D.S. 1984. Calcium homeostasis in cows, with special reference to parturient hypocalcemia. *Am. J. Physiol.* 246, R698-R704.
- Randhawa, S.S., Setia, M.S., Choudhuri, P.C. & Misra, S.K. 1981. Effect of peracute lactic-acidosis on the physicochemical changes in parotid-saliva of cross-bred calves. *Zeitschr. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.* 45, 60-65.
- Rayssiguier, Y., Mazur, A., Gueux, E., Reid, I.M. & Roberts, C.J. 1988. Plasma lipoproteins and fatty liver in dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 45, 389-393.
- Reid, I.M. 1980. Incidence and severity of fatty liver in dairy cows. *Vet. Rec.* 107, 281-284.
- Reid, I.M. & Collins, R.A. 1980. The pathology of post-parturient fatty liver in high-yielding dairy cows. *Invest. Cell Pathol.* 3, 237-249.
- Reid, I.M., Roberts, C.J. & Manston, R. 1979. Fatty liver and infertility in high-yielding dairy cows. *Vet. Rec.* 104, 75-76.
- Reid, I.M., Roberts, C.J., Treacher, R.J. & Williams, L.A. 1986. Effect of body condition at calving on tissue mobilization, development of fatty liver and blood chemistry of dairy cows. *Anim. Prod.* 43, 7-15.
- Reid, J.C.W. & Husbands, D.R. 1985. Oxidative metabolism of long-chain fatty acids in mitochondria from sheep and rat liver. *Biochem. J.* 225, 233-237.
- Reinhardt, T.A., Horst, R.L. & Goff, J.P. 1988. Calcium, Phosphorous, and magnesium homeostasis in ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 4, 331-350.
- Riemann, H.P., Larssen, R.B. & Simensen, E. 1985. Ketosis in Norwegian dairy herds - some epidemiological associations. *Acta Vet. Scand.* 26, 482-492.
- Ritter, R.J., Boling, J.A. & Gay, N. 1984. Labile magnesium reserves in beef cows subjected to different preparturient supplementation regimens. *J. Anim. Sci.* 59, 197-203.
- Roberts, C.J., Reid, I.M., Rowlands, G.J. & Patterson, A. 1981. A fat mobilisation syndrome in dairy cows in early lactation. *Vet. Rec.* 108, 7-9.
- Rowlands, G.J., Russell, A.M. & Williams, L.A. 1983. Effects of season, herd size, management system and veterinary practice on the lameness incidence in dairy cattle. *Vet. Rec.* 113, 441-445.

- Rukkwamsuk, T., Kruip, T.A.M. & Wensing, T. 1999. Relationship between overfeeding and over-conditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period. *Vet. Quartl.* 21, 71-77.
- Russell, A.M., Rowlands, G.J., Shaw, S.R. & Weaver, A.D. 1982. Survey of lameness in British dairy cattle. *Vet. Rec.* 111, 155-160.
- Sarashina, T., Ichijo, S., Takahashi, J. & Osame, S. 1990. Origin of abomasum gas in the cows with displaced abomasum. *Jap. J. Vet. Sci.* 52, 371-378.
- Scanlan, C.M., Berg, J.N. & Campbell, F.F. 1986. Biochemical-characterization of the leukotoxins of 3 bovine strains of fusobacterium-necrophorum. *Am. J. Vet. Res.* 47, 1422-1425.
- Schonewille, J.T., Beynen, A.C., Van't Klooster, A.T., Wouterse, H. & Ram, L. 1999. Dietary potassium bicarbonate and potassium citrate have a greater inhibitory effect than does potassium chloride on magnesium absorption in wethers. *J. Nutr.* 129, 2043-2047.
- Schonewille, J.T., Ram, L., VantKlooster, A.T., Wouterse, H. & Beynen, A.C. 1997. Intrinsic potassium in grass silage and magnesium absorption in dry cows. *Livest. Prod. Sci.* 48, 99-110.
- Schonewille, J.T., Van't Klooster, A.T., Cone, J.W., Kalsbeek-Van der Valk, H., Wouterse, H. & Beynen, A.C. 2000. Neither native nor popped cornmeal in the ration of dry cows affects magnesium absorption. *Livest. Prod. Sci.* 63, 17-26.
- Schultz, L.H. 1971. Management and nutritional aspects of ketosis. *J. Dairy Sci.* 54, 962-973.
- Shaver, R.D. 1997. Nutritional risk factors in the etiology of left displaced abomasum in dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 80, 2449-2453.
- Shils, M.E. 1999. Magnesium. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., & Ross, A.C. (eds.). *Modern nutrition in health and disease*, Lippincott Williams & Wilkins, 169-192.
- Simensen, E., Gillund, P., Lutnaes, B., Alstad, O. & Halse, K. 1988. Factors related to dairy herds with a high and low incidence of ketosis. *Acta Vet. Scand.* 29, 377-383.
- Singh, S.S., Ward, W.R. & Murray, R.D. 1993. Aetiology and pathogenesis of sole lesions causing lameness in cattle. *Vet. Bull.* 63, 303-315.
- Slyter, L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43, 910-929.
- Smith, B.P. 1996. Alterations in alimentary and hepatic function. In: Smith, B.P. (ed.). *Large Animal Internal Medicine*, Mosby, 118-141.
- Smith, R.A. & Edwards, W.C. 1988. Hypomagnesemic tetany of ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 4, 365-377.
- Steen, A., Osteras, O. & Gronstol, H. 1996. Evaluation of additional acetone and urea analyses, and of the fat-lactose-quotient in cow milk samples in the herd recording system in Norway. *J. Vet. Med.* 43, 181-191.
- Steg, A., Vanderhoning, Y. & Devisser, H., 1988. Effect of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. In: Haresign, W. & Cole, D.J.A.B. (eds.). *Recent developments in ruminant nutrition 2*, Butterworth, 142-158.
- Steger, H., Girschewski, H., Piatkowski, B. & Voigt, J. 1972. Die Beurteilung des Ketosisstatus laktierender Rinder aus der Konzentration der Ketokörper im Blut und des Azetons in der Milch. *Arch. Tierernähr.* 22, 162.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Kristensen, V.F., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 84, Landsudvalget for kvæg, Skejby, Denmark, 1-47.
- Studer, V.A., Grummer, R.R., Bertics, S.J. & Reynolds, C.K. 1993. Effect of prepartum propylene glycol administration on periparturient fatty liver in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2931-2939.
- Svendsen, P. 1969. Etiology and pathogenesis of abomasal displacement in cattle. *Nord. Vet. Med.* 21, 1-60.
- Syvajarvi, J., Saloniemi, H. & Gröhn, Y. 1986. An epidemiological and genetic study on registered diseases in Finnish Airshire cattle. *Acta Vet Scand.* 27, 223-234.

- Sørensen, J.T., Blom, J.Y. & Østergaard, V. 1985. Handlingsprogram til opdrætning af småkalve. Udvikling og analyse. Beretning 583, Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum, 1-172.
- Sørensen, J.T., Østergaard, S., Houe, H. & Hindhede, J. 2002. Expert opinions of strategies for milk fever control. *Prev. Vet. Med.* 55, 69-78.
- Taguchi, K., Satoh, T. & Hirota, K. 1992. Relationship between half-time for sulfobromophthalein clearance and postsurgical prognosis in cows with abomasal displacement. *J. Vet. Med. Sci.* 54, 425-428.
- Thilising-Hansen, T. & Jørgensen, R.J. 2001a. Serum calcium response following oral zinc oxide administrations in dairy cows. *Acta vet. Scand.*, 42, 271-278.
- Thilising-Hansen, T. & Jørgensen, R.J. 2001b. Prevention of parturient paresis and subclinical hypocalcemia in dairy cows by zeolite A administration in the dry period. *J. Dairy Sci.* 84, 691-693.
- Thilising-Hansen, T., Jørgensen, R.J. & Østergaard, S. 2002. Milk fever control principles: A review. *Acta Vet. Scand.* 43, 1-19.
- Thyssen, I., Buchwald, E., Blom, J.Y. & Smedegaard, H.H. 1982. Staldtypens og staldindretningens betydning for klov sundheden hos malkekoen. I: Østergaard, V. & Hindhede, J. (eds.). Beretning nr. 532, Statens Husdyrbrugsforsøg, 37-38.
- Tomas, F.M. & Potter, B.J. 1976. Effect and site of action of potassium upon magnesium absorption in sheep. *Austr. J. Agr. Res.* 27, 873-880.
- Toussaint Raven, E. 1973. Lameness in cattle and foot care. *Neth. J. Vet. Sci.* 5, 105-111.
- Trinderup, M., Kjeldsen, A.M. & Andersen, O. 2001. Forskellige behandlingsfrekvenser af malkekøer i forskellige staldsystemer. I: LK-meddelelse 905, 1-8.
- Tveit, B., Lingaas, F., Sakshaug, J. & Halse, K. 1987. Acetone and acetoacetate determinations in blood and milk for the diagnosis of ketosis. *Norsk Veterinærtidsskr.* 99, 879-882.
- Tveit, B., Lingaas, F., Svendsen, M. & Sjaastad, O.V. 1992. Etiology of acetonemia in Norwegian cattle 1. Effect of ketogenic silage, season, energy level, and genetic factors. *J. Dairy Sci.* 75, 2421-2432.
- Uhart, B.A. & Carroll, F.D. 1967. Acidosis in beef steers. *J. Anim. Sci.* 26, 1195-&.
- Underwood, E.J. & Suttle, N.F. (eds.) 1999. The mineral nutrition of livestock. 3. CAB Publishing,
- Van't-Klooster, A.T. 1976. Adaptation of calcium absorption from the small intestine of dairy cows to changes in the dairy calcium intake and at onset of lactation. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.* 37, 169-182.
- Van-den-Top, A.M., Geelen, M.J., Wensing, T., Wentink, G.H., Van't-Klooster, A.T. & Beynen, A.C. 1996. Higher postpartum hepatic triacylglycerol concentrations in dairy cows with free rather than restricted access to feed during the dry period are associated with lower activities of hepatic glycerolphosphate acyltransferase. *J. Nutr.* 126, 76-85.
- van Dorp, T.E., Dekkers, J.C., Martin, S.W. & Noordhuizen, J.P. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 81, 2264-2270.
- van Dorp, R.T.E., Martin, S.W., Shoukri, M.M., Noordhuizen, J.P.T.M. & Dekkers, J.C.M. 1999. An epidemiologic study of disease in 32 registered Holstein dairy herds in British Columbia. *Can. J. Vet. Res.* 63, 185-192.
- VanSaun, R.J. & Sniffen, C.J. 1996. Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimize health, lactation and reproductive performance. *Anim. Feed Sci. Tech.* 59, 13-26.
- Vazques-Añon, M., Bertics, S., Luck, M., Grummer, R.R. & Pinheiro, J. 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1521-1528.
- Vermunt, J.J. & Greenough, P.R. 1994. Predisposing factors of laminitis in cattle. *Brit. Vet. J.* 150, 151-164.
- Vernon, R.G. & Pond, C.M. 1997. Adaptations of maternal adipose tissue to lactation. *J. Mammary Gland Biol. Neopl.* 2, 231-241.

- von Horber, H., Mäder, F. & Jucker, H. 1980. Ketonkörperkonzentration in Blut, Milch und Urin bei gesunden und an primärer Ketose erkrankten Milchkühen. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 127, 553-564.
- West, H.J. 1989. Liver-function of dairy cows in late pregnancy and early lactation. *Res. Vet. Sci.* 46, 231-237.
- Whitaker, D.A., Kelly, J.M. & Smith, E.J. 1983. Subclinical ketosis and serum beta-hydroxybutyrate levels in dairy cattle. *Brit. Vet. J.* 139, 462-463.
- Whitaker, D.A., Smith, E.J., Darosa, G.O. & Kelly, J.M. 1993. Some effects of nutrition and management on the fertility of dairy-cattle. *Vet. Rec.* 133, 61-64.
- Wilcox, G.E. & Hoff, J.E. 1974. Grass tetany: an hypothesis concerning its relationship with ammonium nutrition in spring grass. *J. Dairy Sci.* 57, 1085-1088.
- Wilkinson, S.R., Stuedemann, J.A., Grunes, D.L. & Devine, O.J. 1987. Relation of soil and plant magnesium to nutrition of animals and man. *Magnesium* 6, 74-90.
- Willeberg, P., Grymer, J. & Hesselholt, M. 1982. Left displacement of the abomasum - relationship to age and medical history. *Nord. Vet. Med.* 34, 404-411.
- Young, J.W., Veenhuizen, J.J., Drackley, J.K. & Smith, T.R. 1991. New insights into lactation ketosis and fatty liver. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* 60-67.
- Zamet, C.N., Colenbrander, V.F., Erb, R.E., Callahan, C.J., Chew, B.P. & Moeller, N.J. 1979. Variables associated with peripartum traits in dairy cows. II. Interrelationships among disorders and their effects on intake of feed and on reproductive efficiency. *Theriogenol.* 11, 245-260.
- Zammit, V.A. 1983. Regulation of hepatic fatty-acid oxidation and ketogenesis. *Proc. Nutr. Soc.* 42, 289-302.
- Zammit, V.A. 1990. Ketogenesis in the liver of ruminants - adaptations to a challenge. *J. Agr. Sci.* 115, 155-162.
- Østergaard, S. & Gröhn, Y.T. 1999. Effects of diseases on test day milk yield and body weight of dairy cows from Danish research herds. *J. Dairy Sci.* 82, 1188-1201.
- Østergaard, S. & Gröhn, Y.T. 2000. Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 65, 107-118.
- Østergaard, S., Sørensen, J.T., Hindhede, J. & Houe, H. Control strategies against milk fever in dairy herds evaluated by stochastic simulation (in press).
- Østergaard, S., Sørensen, J.T. & Houe, H. 2003 A stochastic model simulating milk fever in a dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 58: 125-143.
- Aaes, O. 1986. Fodersammensætningens betydning for magnesiumabsorptionens hos kvæg. Ph.D. afhandling, KVL, 113 pp.
- Aaes, O. 1988. Ketose hos roefodrede malkekøer. Meddelelse fra Statens Husdyrbrugsforsøg 719, 1-4.

Fodring i goldperioden

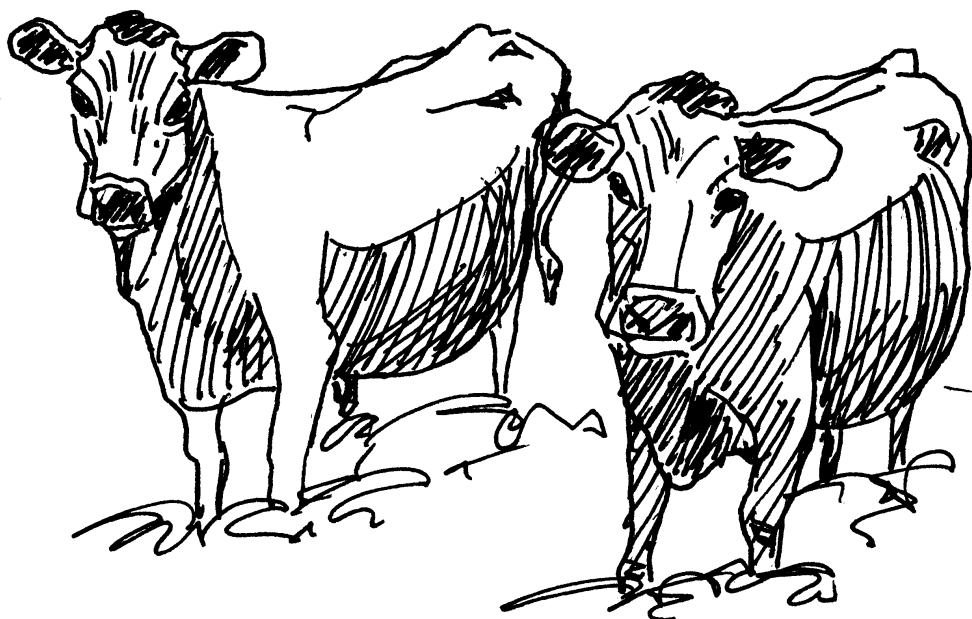
13

af Nic C. Friggens ¹⁾, Jens Bech Andersen ¹⁾,
Torben Larsen ¹⁾, Richard J. Dewhurst ²⁾ og Ole Aaes ³⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrsundhed og Velfærd,
Danmarks JordbrugsForskning,

²⁾ Inst. of Grassland and Environmental Research, UK og

³⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

13.1 Indledning

Danske normer til goldkøer er baseret på dyrets behov til livsytringer i goldperioden (vedligehold, fosterproduktion og tilvækst). Igennem en længere årrække har det ligeledes været generelt accepteret, at god goldko-management er en forudsætning for en god start på den efterfølgende laktation. I de sidste 30 år har der været en stigende videnskabelig og erhvervsmæssig interesse for tilpasninger/tilvænninger i vommiljøer, mineralomsætning og stofskiftet. Men allerede fra 1930'erne findes litteratur, som foreslår "steaming up" i slutningen af goldperioden (Boutflour, 1967).

Problemet med den tilgængelige litteratur om fodringsstrategier i goldperioden er i midlertid, at der ofte er meget modstridende synspunkter. I dette kapitel vil vi forsøge at give en oversigt over vigtige problemstillinger i relation til goldko-management samt en kritisk gennemgang af tilgængelig viden om forskellige fodringsstrategiers biologiske betydning og bevis for disse strategiers effektivitet. Som afslutning giver vi et bud på anbefalingerne til goldkofodring.

En mere detaljeret behandling af litteraturen, ofte med vægt på specielle emner, behandles i reviews af Drackley (1999), Grummer (1995), Remond et al. (1997a) og Goff & Horst (1997).

13.2 Basis for fodringsstrategier i goldperioden

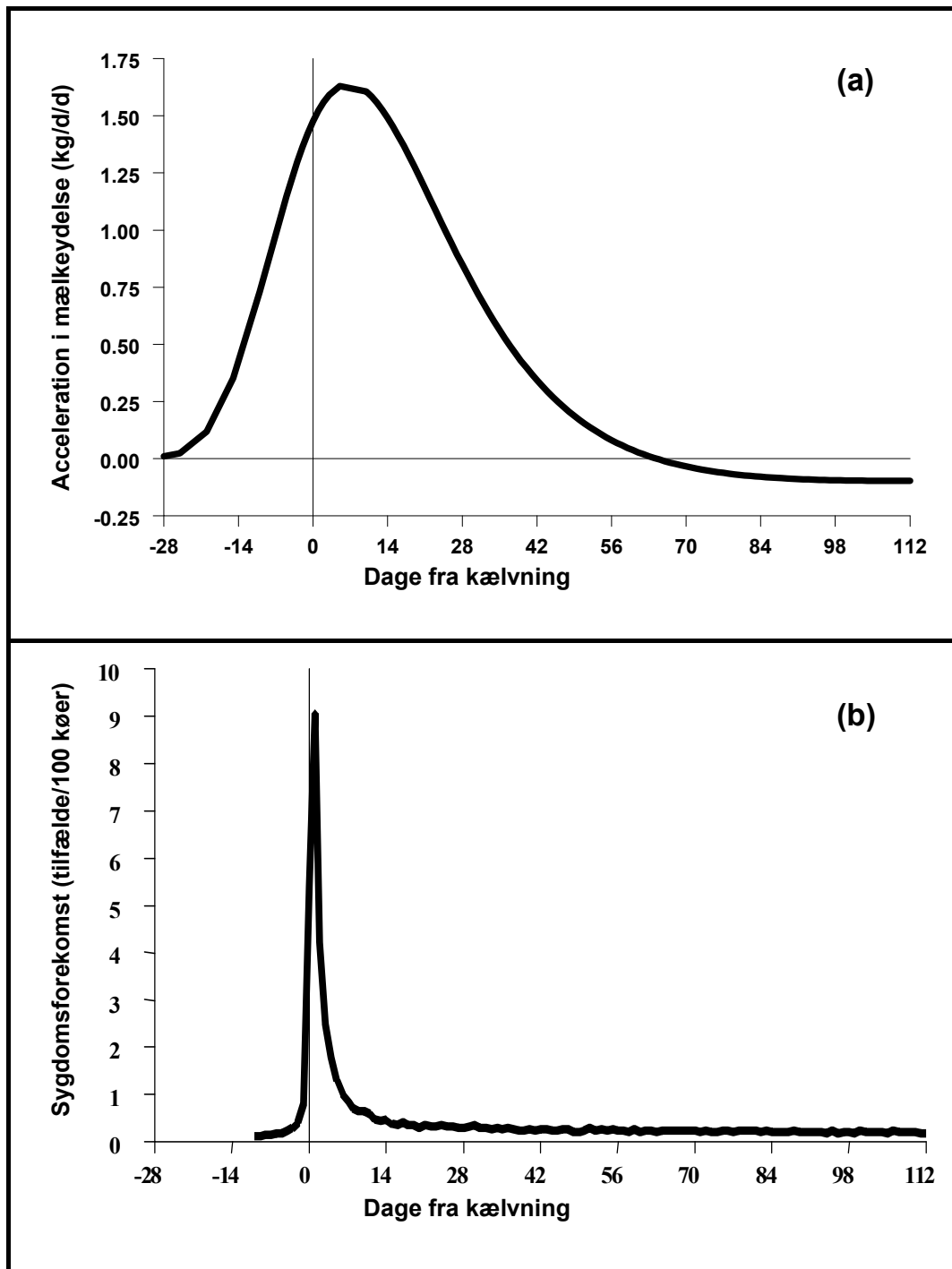
Det vigtigste formål med fodringen i goldperioden er at forberede koen til den kommende laktation. Det er den sidste del af

goldperioden, som der er størst fokus på i relation til fodringsstrategier. Selvom koen skal udvikle både foster og mælkekirtler i goldperioden, er dens næringsbehov lavt i forhold til laktationen og opfyldes nemt gennem en moderat god foderration (Van Saun, 1991).

Tiden omkring kælvning er den periode, hvor koen har størst risiko for at blive syg. Sygdomsfrekvens i forhold til dage efter kælvning beregnet ud fra data i det danske sundhedsregistreringsprogram (Landskontoret for Kvæg) fremgår af Figur 13.1. Figur 13.1 viser også ændringen i mælkeydelse i perioden omkring kælvning og først i laktationen. Selv vist på så simpel en måde fremgår det tydeligt, at koens fysiologiske maskineri udsættes for en kraftig acceleration i tidlig laktation. Overensstemmelsen mellem denne acceleration og sygdomsfrekvens er slående. Det er også værd at bemærke, at denne proces starter før kælvning (Figur 13.1). En acceleration er årsag til stress i ethvert system, koen er ingen undtagelse. Goldko-management, som forbereder koen eller præparerer det fysiologiske system til denne acceleration, kan derfor være en vigtig del af en problemfri mælkeproduktion.

I den forbindelse er der nogle generelle goldko-managementfaktorer og nogle bestemte fodringsstrategier, der skal tages i betragtning, når koen forberedes til den kommende laktation. De vigtigste, altovervejende goldko-managementfaktorer er:

- goldperiodens længde
- kropsreserver ved kælvning
- paritet.



Figur 13.1 Sammenhæng mellem acceleration i mælkeydelse (a) og sygdomsfrekvens (b) i tidlig laktation. Sygdomsdata er fra tredjekalvskøer ($n = 58459$; Landskontoret for Kvæg).

Disse faktorer behandles individuelt i afsnit 13.3. De foreslåede goldkofodringsstrategier er stort set designet til at præparere koens fysiologi og kan kategoriseres som strategier til at:

- nedsætte kropsmobilisering
- forberede til kropsmobilisering
- træne vommen til øget foderoptagelse
- forberede til produktion af mælkeprotein
- forberede til mobilisering og optagelse af kalcium.

Disse strategier behandles individuelt i afsnit 13.4. Normer og anbefalinger for goldkofodring behandles i afsnit 13.5.

13.3 Generel goldko-management

Goldperiodens længde

Rapporter vedrørende virkningen af goldperiodens længde på produktionen i den efterfølgende laktation findes helt tilbage til 1928 (Saunders, 1928). Størstedelen af disse forsøg har været baseret på observationsdata og konkluderer, at goldperiodens optimale længde er 60 til 70 dage, hvor kortere eller længere goldperioder resulterer i nedsat produktion i den efterfølgende laktation. De fleste af disse forsøg har dog alvorlige mangler, idet der anvendes observationsdata. Køer med lav ydelse (i alle laktationer) har f.eks. en tendens til at goldes tidligere, hvilket viser en sammenhæng mellem lav ydelse i den efterfølgende laktation og lang goldperiode, der ikke nødvendigvis skyldes en direkte effekt af goldperiodens længde (Dias & Allaire, 1982). Den bedste måde at undgå sådanne problemer på er at undgå at bruge observationsdata og i stedet bevidst manipulere med goldperiodens længde på forsøgsbasis, som gjort af Sørensen & Enevoldsen (1991). Dette forsøg, der blev udført i danske besætninger, er til dato det mest pålidelige.

Sørensen & Enevoldsen (1991) fandt ikke bevis for en ydelsesnedgang i den efterfølgende laktation, når goldperiodens længde blev øget fra 7 til 10 uger. En reduktion af goldperiodens længde fra 7 til 4 uger resulterede dog i en væsentlig nedgang (-2,8 kg fedt korrigeret mælk/d i de første 84 d) i den efterfølgende laktationsydelse. Baseret på dette forsøg med besætninger, der ydede mellem 6000 og 9000 kg/308 d (laktation 2+), lader det ikke til, at en reduktion i goldperiodens længde på under 7 uger er ønskelig. Disse resultater er for nylig blevet be-

kræftet i danske kommercielle besætninger med sammenlignelige ydelser (Enevoldsen, 2000). Der er en god begrundelse for denne effekt af goldperiodens længde. Når en ko er holdt op med at malke, behøver mælkekirtlerne tid til involution og efterfølgende regenerering (Capuco & Akers, 1999).

Der findes dog veldokumenterede tilfælde af særdeles succesrige kommercielle besætninger, hvor køer overhovedet ikke goldes før kælvning (f.eks. Rémond & Bonnefoy, 1997). Det påfaldende ved disse besætninger er, at de er meget højtydende. Det kan meget vel være, at det med det traditionelle 365-dages kælvningsinterval er mere stressende at golde højtydende køer, når de måske stadig giver 25 kg mælk pr. dag eller mere, end det er at fortsætte med at malke dem indtil kælvning. Det er også blevet fremført, at kontinuerlig malkning ikke skal ses som en ekstrem afkortelse af goldperioden. Da mælkeproduktionen ikke afbrydes, er der principielt heller ingen involutionsproces eller efterfølgende regenerering. Forsøg på at genskabe ovenstående i højtydende, kommercielle besætninger under forsøgsbetingelser har dog ikke været nogen succes. Remond et al. (1997b) forsøgte at undlade goldperioden i tre på hinanden følgende laktationer begyndende med den første laktation. Ud af de 27 køer, der var med i forsøget fra starten, var det kun 15, der blev malket igennem fra første til anden laktation, og kun 2 (ud af 21 drægtige) blev malket igennem fra anden til tredje laktation. I dette og andre forsøg (Swanson, 1965) fandt man en negativ effekt af at undlade goldperioden på den efterfølgende laktation, hvilket var i tråd med resultater af Sørensen & Enevoldsen (1991). Alle disse forsøg anvendte køer med en betydeligt lavere ydelse end de kommercielle besætninger, som med held har undladt goldperioden (Rémond et al., 1997a). Det er fristende at forklare de forskellige

resultater med forskelle i ydelsen, selvom der kan være andre forskelle i f.eks. management, som kan være vigtige.

Alt i alt er der ikke grund til at ændre den generelle anbefaling af en 7-ugers goldperiode til køer i 2. og højere laktationer (førstekalvskøer er behandlet senere i dette kapitel), men denne anbefaling skal kunne tilpasses den enkelte ko. At golde meget højt-ydende køer eller fortsætte med at malke dem blot for at opnå en bestemt længde på goldperioden er simpelthen at stressе køerne unødigt. At golde meget højt-ydende køer er desuden forbundet med en væsentlig højere risiko for mastitis (Enevoldsen & Sørensen, 1992), som der skal tages hensyn til.

Kropsreserver ved kælvning

Fedtdepoter (huld)

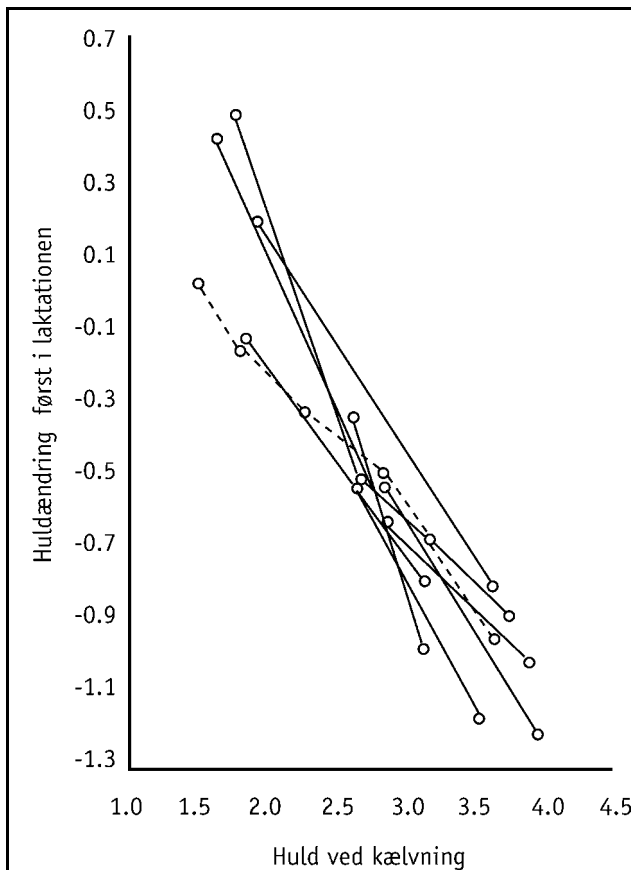
En traditionel holdning i praksis er, at hvis koen ved kælvning er i for god foderstand, vil dette resultere i en vanskelig kælvning. Forsøgsresultater (Maree, 1986; Hameleers upubliceret) antyder, at dette kun er tilfældet ved ekstremt højt huld, dvs. huld højere end 4,5 (på en skala på 5). Ud over koens huld er kalvens størrelse også en vigtig faktor ved kælvningsvanskeligheder. Et nyere engelsk forsøg (R.J. Dewhurst, upubliceret) viste en stigning på 6 kg i kalvenes vægt hos køer, der var blevet fodret med græsensilage af høj kvalitet i goldperioden i modsætning til de køer, der blev fodret med tungere fordøjeligt ensilage i goldperioden. I denne sammenhæng er det også sandsynligt, at foder, der kan tænkes at resultere i en ekstremt høj huld karakter, også vil resultere i en større kalv. Overfodring og for høj huld karakter bør tydeligvis undgås hos goldkøer. Hos nutidens malkekøer, der fødes efter moderne standarder, vil man sjældent opleve så ekstremt høje huld karakterer.

Forholdet mellem huld ved kælvning og den efterfølgende kropsmobilisering i begyndel-

sen af laktationen er af meget stor betydning. For høj huld karakter ved kælvning resulterer i efterfølgende høj grad af kropsmobilisering (Figur 13.2). Yderligere er høj kropsmobilisering ofte blevet kædet sammen med øgede problemer med sundhed og reproduktion. Udtrykket "negativ energibalance" anvendes ofte i denne forbindelse, men negativ energibalance er blot en beregning af den mængde energi, der mobiliseres fra kroppens lagre. Butler & Smith (1989) fandt, at antal dage fra kælvning til ægløsning steg med 0,7 for hver ekstra MJ energi, der blev mobiliseret fra kroppen pr. dag. Forbindelse mellem øget huldtab i tidlig laktation og øgede sundhedsproblemer er ligeledes blevet påvist (Gearhart et al., 1990; Ruegg & Milton, 1995). Under hensyntagen til sammenhængen mellem huld ved kælvning og den efterfølgende mobiliseringsgrad er det tydeligvis vigtigt, at koen kælder ved det optimale huldniveau. Der er generel enighed om (Garnsworthy, 1988), at optimal huld karakter ved kælvning er ca. 3 på en skala fra 0 til 5. På en skala fra 1 til 5 (f.eks. Krogh & Thrane, 2001) svarer det til en huld karakter ved kælvning på 3,5. I resten af dette kapitel er huld karakterer givet på en skala fra 1 til 5. Dette huldniveau giver koen tilstrækkelige reserver til at imødegå eventuelle kostmangler uden at udsætte sig for overdreven mobilisering efter kælvning. Ligesom med optimal længde af goldperioden må der dog forventes individuel variation mellem køer med hensyn til optimal huld karakter ved kælvning.

Opfattelsen af, at fodring i goldperioden kan anvendes til *markant* at ændre huld, er meget overfortolket. I praksis er der en stærk sammenhæng mellem huld ved goldning og ved kælvning: For flertallet af køer er forskellen mellem huld ved goldning og kælvning inden for $\pm 0,5$ enheder (Markusfeld, 1997). Længden på standard goldperioden (6 til 8 uger) er således, at der for at opnå

store ændringer i huld ved hjælp af fodring skal fodres med ekstreme foderblandinger. Specielt forsøg på at reducere overfodrede køers huld drastisk ved at begrænse foderoptagelsen kraftigt er farlige og kan måske hindre udviklingen af mælkekirtler og ultimativt af fosteret, og vil uden tvivl forårsage overdreven kropsmobilisering. Hvis goldkofoder er meget fiberrigt, f.eks. ensilagebaseret med 40 % indhold af byghalm (i TS), fører det til mobilisering af koens kropsprotein og nedsat mælkeydelse i den efterfølgende laktation (Dewhurst et al., 2000; Moorby et al., 2000; R.J. Dewhurst, upubliceret), hvilket absolut ikke kan anbefales.



Figur 13.2 Sammenhæng mellem huld ved kælvning og huldtab i den første del af laktationen. Gengivet fra Broster & Broster (1998; med tilladelse).

Styring af foderniveauet for at opnå et ønsket huldniveau ved kælvning skal overvejes i god tid før goldperiodens start. Køer har vist sig at være uimodtagelige for fodermanipulation af kropsreserver i senlaktationen (Ingvarsen et al., 1996), hvorfor huldstyring skal være en proces, som starter allerede i midtlaktationen. Problemer med for høj huldkarakter kan således undgås, før de starter. Hvad angår for ringe huld, dvs. køer med huld under 3, er det en god idé at golde dem en uge eller to før tiden (Bar, 2001). De tynde køer undgår derved den energikrævende mælkeproduktion og får mere tid til at komme sig før næste laktation. I praksis vil størstedelen af køerne nå kælvningsmålet for huld, i gennemsnit score 3,25 til 3,75, uden behov for særlig næringsmæssig indblanding (Friggens, 1999). Under normal goldkofodring har man vist, at køer, som har den huldkarakter, der er optimal til kælvning allerede ved goldning, ikke ændrer huldkarakter igennem goldperioden. Køer, som er tynde ved goldning, har således tendens til at tage lidt på, hvorimod de fede køer taber sig lidt (Bar, 2001).

Proteindepoter

Rationer til goldkøer med et meget lavt indhold af råprotein (mindre end 12 % af tørstof) resulterer i mobilisering af protein til støtte for udviklingen af fosteret (Moorby et al., 2000), og ved disse niveauer forringes ydelsen i næste laktation (Chew et al., 1984; Dewhurst et al., 2000). Som med de fleste forsøg med drøvtyggere er det vanskeligt at skelne mellem effekten af 'energi' og 'protein', men sandsynligvis er en del af den negative effekt af at fodre goldkøer med generelt dårligt foder forårsaget af proteinunderskud. Modsat er det vist, at goldkøer kan ophobe ekstra protein i kroppen, hvis de bliver fodret med proteinrigt foder (Moorby et al., 2000).

Mindst 25 % af kroppens protein kan mobiliseres til understøttelse af laktationen (Botts et al., 1979). Laktationsfoder, som ikke gør det muligt for koen at opfylde opbrugte proteinreserver efter endt mobilisering, kan også tænkes at blive et problem for koen i den efterfølgende goldperiode. Egne forsøg (R. J. Dewhurst, upubliceret) med moderat ydende køer viste betydelig mobilisering af protein i kroppen i tidlig laktation. Selv ved en høj grovfoderandel havde køerne genopbygget en positiv proteinbalance i midtlaktationen. Derfor er størrelsen af proteinreserverne sandsynligvis ikke af særlig stor betydning for de fleste køer, når først laktationen er i gang. Dette forsøg viste dog, at køer med en højere ydelse mobiliserede mere protein, så det må forudses, at forekomsten af problemer med reducerede kropsproteinreserver vokser, efterhånden som potentialet for mælkeproduktion stiger.

Paritet

Der er øget bevis for, at goldperioden mellem første og anden laktation bør betragtes som speciel, især hvis kvien har kælvnet i en ung alder. Høje opdrætningsudgifter og kort levetid i malkebesætningen har ført til en nedsættelse af alderen ved første kælvning. Selvom der nu findes klare retningslinier for hurtigt opdræt af kvier og således undgå skadelige virkninger på udviklingen af mælkekirtler (Sejrsen, 1994), er disse dyr stadig langt fra fuldvoksne i den første laktation. Disse dyrs stadige behov for vækst vil påvirke næringsstofbehovet i goldperioden efter første laktation.

Berg & Ekern (1993) udførte et forsøg i de to første laktationer hos Norsk Rød Malke-race. Forsøget blev udført som et 2 x 2 faktorielt forsøg og omfattede fire forsøgshold på 'lavt' eller 'højt' kraftfoderniveau i henholdsvis første og anden laktation. På trods

af at køerne kom på græs mellem laktationerne og således havde lejlighed til at kompensere, sås en signifikant effekt af underfodring af førstekalvskøerne, der resulterede i lavere mælkeydelse og mælkeprotein-koncentrationer i anden laktation.

Egne forsøg (Dewhurst et al., 2002) har sammenlignet førstegangskælvende, der kælvvede omkring 2-års alderen med dem, der kælvvede omkring 3-års alderen, eller med ældre køer. Unge kvier, der blev underfodret i anden drægtighedsperiode, havde nedsat mælkeydelse i anden laktation. Rigeligt foder til 2-årige førstekalvskøer i senlaktationen er almindeligt brugt for at øge disse dyrs vækst. Moderne genotyper skiller dog en stor del af den ekstra energi fra til mælkeproduktionen, selv i senlaktationen (se også Ingvarsen et al., 1996). Goldperioden er den eneste periode, hvor dette kan undgås, så dyrene kan vokse færdig og fylde reserverne op. For at undgå problemer med den første goldperiode anbefales det derfor at starte tidligt, dvs. i midtlaktationen, med at kontrollere førstekalvskøernes huld og vækst samtidig med rigelige fodertildelinger, hvor det er nødvendigt. Hvis der stadigvæk er problemer, kan goldperioden forlænges, f.eks. fra 7 til 8 uger.

13.4 Strategier til forberedelse af goldkoen til den kommende laktation

Dette afsnit behandler de forskellige strategier, som er foreslået til forbedring af mælkeydelse eller reducere sundhedsproblemer i den efterfølgende laktation. Derudover findes mindst to strategier, som på grund af manglen på underbyggende litteratur, ikke er nævnt her. Disse er før-malkning af goldkøer (se Grummer et al., 2000) og manipulering af lysprogrammer (se Miller et al., 2000).

Strategier til reduktion af kropsmobilisering

Disse strategier er baseret på den observation, at køer normalt begynder at mobilisere kropsreserver hen imod slutningen af goldperioden. Samtidig falder foderoptagelsen gennem goldperioden (Andersen et al., 2001; Grummer et al., 1995; Vandehaar et al., 1999). Denne nedgang i foderoptagelse fortsætter i den første uge efter kælvning (Bertics et al., 1992; Greenfield et al., 2000). Sådan et fald kan forekomme besynderligt set i forhold til de stigende energi- og næringsstofbehov gennem goldperioden og tidlig laktation (Bell, 1995). Det er derfor blevet fremført, at energiindholdet i foderet til malkekøer skulle øges i slutningen af goldperioden for at imødegå faldet i foderoptagelsen og således nedsætte kropsmobiliseringen (Grummer, 1998). Dette omtales undertiden som ”steaming up” og betyder typisk en forøgelse af foderets ikke-fiberholdige kulhydratindhold. Som vist i Tabel 13.1, har der været flere forsøg, som har undersøgt denne fodringsstrategi (Dann et al., 1999; Grum et al., 1996; Holcomb et al., 2001; f.eks. Kunz et al., 1985; Minor et al., 1998; Rabelo et al., 2001; Vandehaar et al., 1999). Disse forsøg beretter alle om en positiv effekt af en forøgelse af foderets

energiindhold på energioptagelsen, men kun i goldperioden (Tabel 13.1).

En af fordelene ved at anvende foder med højt stivelsesindhold i goldperioden skulle være, at det kunne reducere fedtmobiliseringen i henhold til følgende postulat: Et højt stivelsesindhold, eller mere generelt ikke-fiberholdigt kulhydrat, i foderet forventes at resultere i en øget produktion af propionat i vommen. Denne øgede mængde af propionat absorberes og metaboliseres af leveren til glukose, som starter en insulinrespons. Den klassiske effekt af insulin på fedtstofskiftet er at hæmme frigivelsen af fedtsyrer fra fedtvævet. Det hævdes således, at foder med højt energiindhold vil fungere som en bremse på mobiliseringen af kropsfedt (Minor et al., 1998). Minor et al. fandt gennemsnitligt et signifikant fald i blodets fedtsyreindhold, når der blev fodret med højt stivelsesindhold i perioden fra -19 til +60 dage fra kælvning. Umiddelbart efter kælvning var der dog næsten ingen forskel mellem behandlinger på blodfedtsyreindhold og ingen signifikant forskel i energibalance på noget tidspunkt. I Tabel 13.1 ses en samlet oversigt over effekter af stivelsesrig fodring på blodets fedtsyreindhold samt fedtindhold af leveren.

Tabel 13.1 Overblik over resultater omkring virkninger af stivelsesrig fodring i goldperioden. Hvert bogstav angiver et forsøg[#], understregning indikerer en stærk effekt

Effekt	Ja	Nej	Uklar*
Energioptagelse i goldperioden	<u>abcdefg</u>		
↑Mælk og optagelse i laktation		<u>bcdef</u>	ag
↑Blod insulin i laktation	<u>bf</u>	a	cdeg
↓Blod NEFA i laktation	<u>acf</u>	<u>de</u>	bg
↓Leverfedt i laktation	e	<u>b</u>	acdfg

* Uklar eller ikke målt

[#] Forsøg, med antal køer og dage før kælvning ved behandlingens start i parentes, er: a = Kunz et al., 1995 (25, 70); b = Grum et al., 1996 (30, 60); c = Minor et al., 1998 (75, 19); d = Dann et al., 1999 (65, 28); e = Vandehaar et al., 1999 (80, 25); f = Holcomb et al., 2001 (41, 28); g = Rabelo et al., 2001 (9, 97).

Nogle forsøg viste, at foder med højt stivelsesindhold før kælvning gav et lavere fedtsyre niveau i blodet efter kælvning sammenlignet med kontrolhold, der fik foder med lavt stivelsesindhold (Holcomb et al., 2001; Kunz et al., 1985; Minor et al., 1998). Andre fandt ingen effekt (Dann et al., 1999; Vandehaar et al., 1999). Den samme uoverensstemmelse synes at være tilfældet for fedtindholdet i leveren (Grum et al., 1996; Vandehaar et al., 1999).

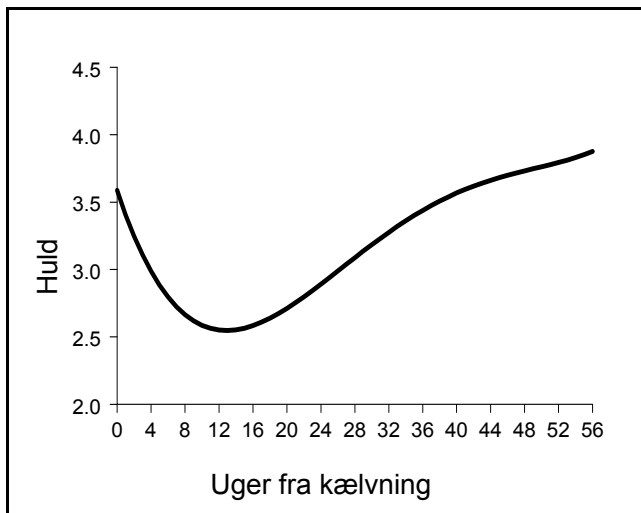
I perioden omkring kælvning er der koordinerede ændringer i den endokrine kontrol af køernes fysiologi, hvilket indbefatter en nedregulering af insulinfølsomheden (se Ingvarsen & Andersen, 2000). I denne periode er de klassiske virkninger af insulin sandsynligvis af langt mindre vigtighed. Ny forskning i Foulum har ydermere vist, at insulininfusion hos lakterende malkekøer nedsætter leverens kapacitet til at nedbryde fedtsyrer (Andersen et al., 2002). Derfor synes der ikke at være klare beviser for en positiv effekt af at fodre med højt stivelsesindhold i goldperioden med det formål at reducere kropsmobilisering umiddelbart efter kælvning.

Det er slående, at hovedparten af disse forsøg ikke finder nogen effekt af foderets energiindhold før kælvning på foderoptagelse og mælkeproduktion efter kælvning (Tabel 13.1). I de forsøg, hvor gennemsnitsniveauet af foderoptagelse i goldperioden ydermere er blevet sat op med succes, forekommer der stadig et efterfølgende fald i foderoptagelse i dagene umiddelbart før kælvning. Dette fald er ofte mere markant for køer på højenergifoder, således at deres foderoptagelse ved kælvning er den samme som hos de lavenergifodrede kontrolkøer (Grummer et al., 1995; Holcomb et al., 2001). Dette er en kraftig indikation af, at nedgangen i foderoptagelse og den ledsa-

gende kropsmobilisering ikke skyldes dårlig foderstyring. Tvangsfodring af køer (gennem en vomfistel) for at undgå nedgangen i foderoptagelsen i goldperioden forværrer faktisk faldet i foderoptagelsen, da tvangsfodringen var afsluttet (Bertics et al., 1992).

Meget tyder på, at nedgangen i foderoptagelsen omkring kælvning er et naturligt fænomen, som er fælles for de fleste pattedyr, og som skyldes, at koen har et behov for at mobilisere kropsreserver på dette tidspunkt (Ingvarsen et al., 1999). Ideen om, at en ko har et behov for at mobilisere på et bestemt tidspunkt i sin reproduktionscyklus, stammer fra overvejelser omkring genetisk potentiale. Det er fastslået, at mælkeydelsen hos en ko, som fodres optimalt, er en konsekvens af hendes genetiske potentiale for at producere mælk, og at den ydelse ændrer sig gennem laktationen (Oldham & Emmans, 1989). Der er også gode evolutionære grunde (Vernon & Pond, 1997) til at antage, at køer har et potentiale for eller behov for et bestemt kropsfedtniveau, som ændrer sig gennem laktationen (Friggens, 2003). Ud fra disse overvejelser er det relativt let at opbygge et billede af det optimale niveau af kropsreserver/fedtdepoter, som ændrer sig gennem reproduktionscyklen (se Figur 13.3). Dette billede går igen hos de fleste pattedyr, også malkekøer.

Den praktiske konsekvens af alt dette er, at kropsmobilisering i et *normalt* omfang i perioden omkring kælvning er helt naturligt og ikke bør give anledning til bekymring. Selvom koen prioriterer mobilisering højt i perioden omkring kælvning, vil øget energiindhold i foderrationen i goldperioden ikke forhindre denne mobilisering. Der findes faktisk intet tilfredsstillende bevis for nogen *direkte* fordel ved at give ekstra energi eller protein ud over indholdet i en standard goldkofoderration (Aaes et al., 1994).



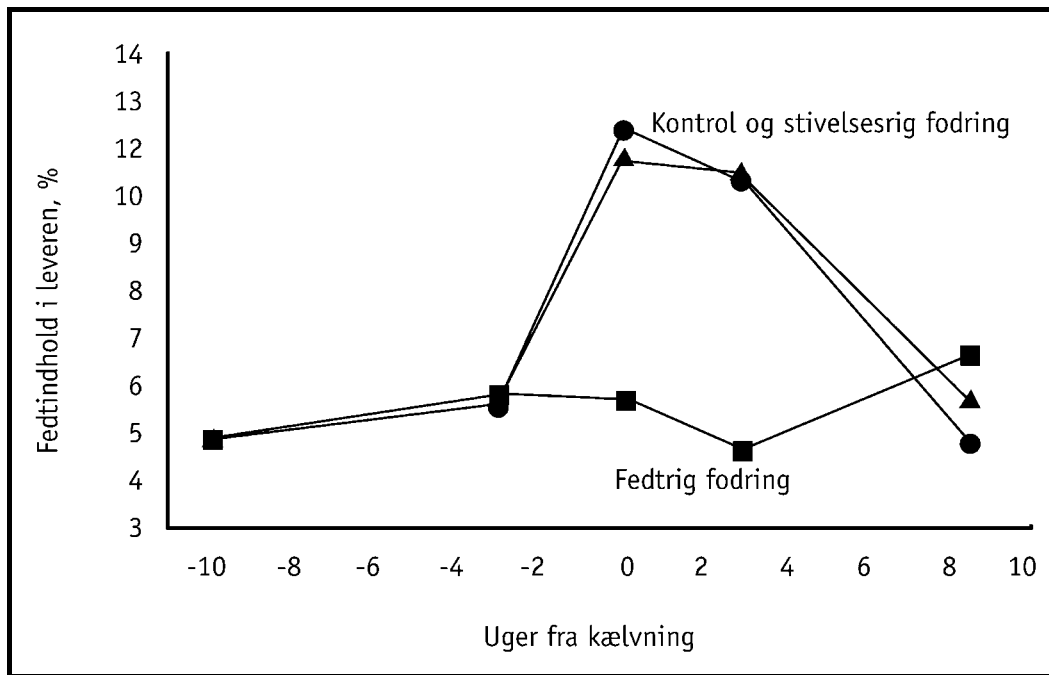
Figur 13.3 Laktationscyklus i kropsfedt hos malkekøer. Data er fra MEMO-projektet (Nielsen et al., 2003).

Strategier til at forberede til kropsmobilisering

Accepten af, at køer er programmeret til at mobilisere kropsreserver omkring kælvning, har resulteret i en strategi baseret på fysiologisk viden, men som har en helt anden indfaldsvinkel end det ovenfor beskrevne. Denne strategi er baseret på at provokere en stigning i fedtsyrecirkulationen sidst i goldperioden, således at koen bedre kan håndtere de øgede fedtsyrekoncentrationer i blodet, som følger accelerationen i mobilisering efter kælvning.

Når leverens optagelse af fedt overstiger leverens kapacitet til at nedbryde det, lagres disse fedtsyrer som fedt i leveren. Et højt niveau af fedt i leveren, også kaldet fedtleversyndrom, er blevet sat i forbindelse med nedsat leverfunktion og øget risiko for ketose (Grummer, 1993). Det er dog vist, at leverens kapacitet til at nedbryde fedtsyrer forbedres ved at blive udsat for øgede koncentrationer af fedtsyrer i blodet. Drackley's (1999) review forklarer dette i detaljer og anbefales, hvis man er specielt interesseret i dette emne.

Foder med højt fedtindhold i goldperioden er en mulig strategi til at øge fedtsyrekoncentrationen i blodet før kælvning og således forsøge at forberede koens lever til en større mængde af fedtsyrer. Det har været afprøvet i et forsøg (Grum et al., 1996), hvor køer fik tildelt et foder med højt fedtindhold (6,5 % tilsat fedt) i goldperioden (indtil 7 dage før forventet kælvning). Inkluderet i forsøget var også højt stivelsesindhold og en kontrolbehandling. Højt fedtindhold fik indholdet af fedtsyrer i blodet til at stige markant i goldperioden. Umiddelbart efter kælvning, som vist i Figur 13.4, var leverens fedtindhold i gruppen på foder med højt fedtindhold mindre end halvdelen sammenlignet med de to andre behandlinger. Det lader til, at højt fedtsyreniveau i blodet i goldperioden forberedte leveren til den øgede mobilisering i tidlig laktation. Hvad angår foderoptagelse efter kælvning, mælkeproduktion og huld var der ingen signifikante forskelle mellem kontrolgruppen og grupperne på fedtholdigt foder. På basis af disse resultater er det fristende at konkludere, at tildeling af ekstra fedt i goldperioden er en anbefalelsesværdig strategi. Tildeling af ekstra fedt i goldperioden resulterede dog også i et signifikant fald i foderoptagelsen i goldperioden i forhold til kontrolgruppen, og en 10 % lavere energioptagelse. Dette forsøg viser derfor ikke tydeligt, hvad der var årsag til det forhøjede niveau af fedtsyrer i blodet før kælvning, foderets høje fedtindhold eller den reducerede energioptagelse. Heldigvis gennemførte denne gruppe (Douglas et al., 1998) et opfølgende forsøg for at skelne mellem disse to mulige effektorer. Både en nedsættelse af foderoptagelsen (til 80 % af behovet) og øget fedtindhold i foderet fik niveauet af fedtsyrer i blodet til at stige før kælvning og resulterede i et lavere fedtindhold i leveren efter kælvning. Effekten af fedttildeling var mindre men forstærkede effekten af nedsat foderoptagelse.



Figur 13.4 Effekten af fedrig goldkofodring på fedtindhold i leveren (efter Grum et al., 1996).

Sammenfattende kan det siges, at en fodringsstrategi i goldperioden, som får fedtsyreniveauet i blodet til at stige, synes at have en gavnlig effekt på leverens evne til at omsætte de øgede mængder af fedtsyrer, der forårsages af kropsmobiliseringen i tidlig laktation. Dette kan gennemføres på flere forskellige måder. At begrænse adgang til foderets energirige komponenter eller at give foder med et relativt højt fiberindhold, det vil sige lavt energiindhold, vil få koen til at mobilisere fra egne fedtreserver. Man skal naturligvis sikre, at det kun resulterer i en moderat stigning i mobilisering. At supplere goldkofoderet med fedt vil også få fedtsyreniveauet til at stige. At supplere standard goldkofoder med foder med højt stivelsesindhold vil derimod snarere forhindre dette. Interessant nok anvendte den oprindelige fortaler for “steaming up”, som beskrev formålet med steaming up som “ideen er ikke at fede kørerne op men at få dem i topform”, palmekage som energikilde (Boutflour, 1967). Palmekage har et højt

fedtindhold, og størstedelen af kulhydraterne er fibre snarere end stivelse.

Strategier til forberedelse af vommen til øget foderoptagelse

Man har igennem flere år været vidende om, at mave-tarmsystemet kan tilpasse sig ændringer i dyrets alder, fysiologisk stade, foderniveau, sammensætningen af foderrationen og til dels udfodringsmanagement. I dette afsnit vil vi beskæftige os med strategier i goldperioden, som potentielt skal øge vommens optagelseskapacitet i den efterfølgende laktation. Fokus vil specielt være på tilvænninger af vomepitelet samt en kort diskussion om træning af vommens volumen og tilvænning af den mikrobielle omsætning.

Vomepitel

Absorption af flygtige fedtsyrer (VFA) foregår over vomepitelet, og tilvænninger i vomepitelet har været undersøgt igennem mange år. At det er muligt at påvirke væksten af

vompapillerne (udvækster af vomepitelet) er primært vist i forsøg med kalve (Flatt et al., 1958; Flatt et al., 1959; Gálfi et al., 1991), får (Hinders & Owen, 1965; Sakata & Tamata, 1979), ikke lakterende køer (Kauffold et al., 1977), og in vitro undersøgelser på vomepitel (Gálfi et al., 1991; Neogrady et al., 1989; Sakata & Tamata, 1978). Ud fra ovenstående litteratur kan det overordnet konkluderes, at det specielt er propionat og butyrat i vomvæsken, der påvirker de fodringsinducerede tilvænninger i væksten af vomepitelet. I 1980'erne publicerede tyske og israelske forskere (Dirksen et al., 1984; Liebich et al., 1982; Mayer et al., 1986) resultater, som synliggjorde, at der sker en reduktion i vompapilarealet igennem en goldperiode på lavt foderniveau, og at denne reduktion delvist kunne forebygges med et energirigt laktationsfoder igennem hele goldperioden. Et øget vompapilareal bevirker en øget VFA-absorptionskapacitet over vomvæggen (Fell & Weekes, 1975; Hinders & Owen, 1965; Mayer et al., 1986), hvilket i princippet skulle bevirke en nedsat risiko for akkumulering af VFA i vommen og derved mindske risikoen for vomacidose.

Med baggrund i ovenstående er det ofte blevet diskuteret, at en manglende VFA-absorptionskapacitet i vommen i tidlig laktation var en medvirkende forklaring på den mindre foderoptagelseskapacitet i perioden omkring kælvning (Nørgaard, 1993). For at forbedre absorptionskapaciteten af VFA i vommen i tidlig laktation blev der i Danmark foreslået en speciel goldkofodring kaldet "syretræning". "Syretræning" blev præsenteret som 4 FE valset byg (eller andet stivelsesfoder) til morgenfodring og 3-4 FE ensilage til eftermiddagsfodringen i de sidste 4 uger af goldperioden. Denne fodringsstrategi skulle bevirke en øget produktion af propionat og butyrat i vommen, med efterfølgende vækst af vompapillerne og øget

VFA-absorptionskapacitet i vommen. Danske undersøgelser har vist, at "syretræning" klart bevirkede en øget forekomst af propionat og butyrat i vomvæsken, uden dog at bevirke et øget vompapilareal eller andre tegn på øget vækst i vomepitelet ved kælvning (Andersen et al., 1999). Imidlertid fandt Sehested et al. (2000), at "syretrænede" køer havde en øget in vitro kapacitet til transport af butyrat over vomepitelet, hvilket tydede på, at "syretræning" kunne bevirke en øget vomkapacitet for VFA-absorption. Andersen et al. (1999) viste dog, at "syretrænede" køer på dag 8 og 28 efter kælvning havde et hurtigere og mere kraftigt fald i vom pH efter en udfodring. Det er derfor konkluderet, at "syretræning" ikke bidrager signifikant til et bedre vommiljø eller øget foderoptagelseskapacitet i tidlig laktation. Ydermere har Ingvarsen et al. (2001) konkluderet efter undersøgelser med samlet 160 køer, at det ikke har været muligt at finde nogen klar effekt af "syretræning" på foderoptagelse eller produktion i efterfølgende laktation. Samlet konkluderer vi, at "syretræning" i goldperioden som beskrevet ovenfor ikke vil forbedre koens situation i den efterfølgende tidlige laktation. Disse konklusioner understøttes i øvrigt af nye amerikanske resultater (Rabelo et al., 2001).

Som beskrevet tidligere vil der ske tilvænninger i mave-tarmsystemet afhængig af laktationsstatus og fodring. Umiddelbart synes der ikke at være fundet nogen sikker goldko- eller tidlig laktationsstrategi, som kan forbedre vommens absorptionskapacitet for VFA. Den samlede viden inden for dette emne er dog langt fra komplet, og der vil forhåbentligt komme mere viden i nær fremtid, som måske kan bidrage til strategier for at forbedre vommens VFA-absorptionskapacitet og derved hjælpe til at adaptere koen til tidlig laktation.

Mikrobiel tilpasning

Tilpasninger i den mikrobielle omsætning i vommen har ligeledes været genstand for stor opmærksomhed i litteraturen. Det er en generel antagelse, at vommens mikroorganismer skal bruge op til flere uger for at adaptere til et laktationsfoder ved opstart af ny laktation (Goff & Horst, 1997; Noeck, 1997), og disse antagelser er primært fremkommet ved evaluering af undersøgelser med ekstreme fodringer på stude. I undersøgelser på får er det dog vist, at gradvis foderskift fra lidt til meget kraftfoder ikke væsentligt påvirker den mikrobielle flora 1 og 7 dage efter et foderskift (Mackie & Gilchrist, 1979). Umiddelbart synes det ikke muligt at finde undersøgelser, som direkte underbygger dette hos malkekøer. Friggens et al. (1998) og Andersen et al. (2001) har imidlertid vist, at store ændringer i kraftfoder/grovfoderforhold, både i midtlaktation og ved kælvning, kun bevirkede nedgang i foderoptagelsen i 2 døgn eller slet ingen nedgang. Den kvantitative betydning af mikroorganismernes tilvænning til foderskift i perioden omkring kælvning synes således at have mindre betydning end tidligere antaget, men der mangler videnskabelige beviser, før det er muligt at drage en endelig konklusion. Det er ikke kun vommens mikroorganismer, der skal adaptere ændringer i perioden omkring kælvning (Ingvarsen & Andersen, 2000). Pludselige foderskift med væsentlige ændringer af foderkomponenter (f.eks. græsensilage til majsensilage) tæt på kælvningstidspunktet (specielt i tidlig laktation) må dog stadigvæk antages for ikke at være hensigtsmæssig hverken for koens fordøjelse eller stofskiftet.

Vommens volumen

Det har været diskuteret i litteraturen, om det var muligt at træne vommens volumen til en øget optagelseskapacitet i perioden omkring kælvning. Der er få undersøgelser publiceret om dette emne. Dog synes det

muligt at konkludere med baggrund i resultater og diskussioner fra Strudsholm et al. (1985) og Dewhurst et al. (1999), at mulighederne for at træne vommens rumfang for at opnå en øget foderoptagelse er meget mere begrænsede end tidligere troet. Fysisk regulering af foderoptagelsen i tidlig laktation, hvor vommens rumfang indgår som faktor, anses da også for at have mindre betydning end tidligere antaget (Ingvarsen & Andersen, 2000).

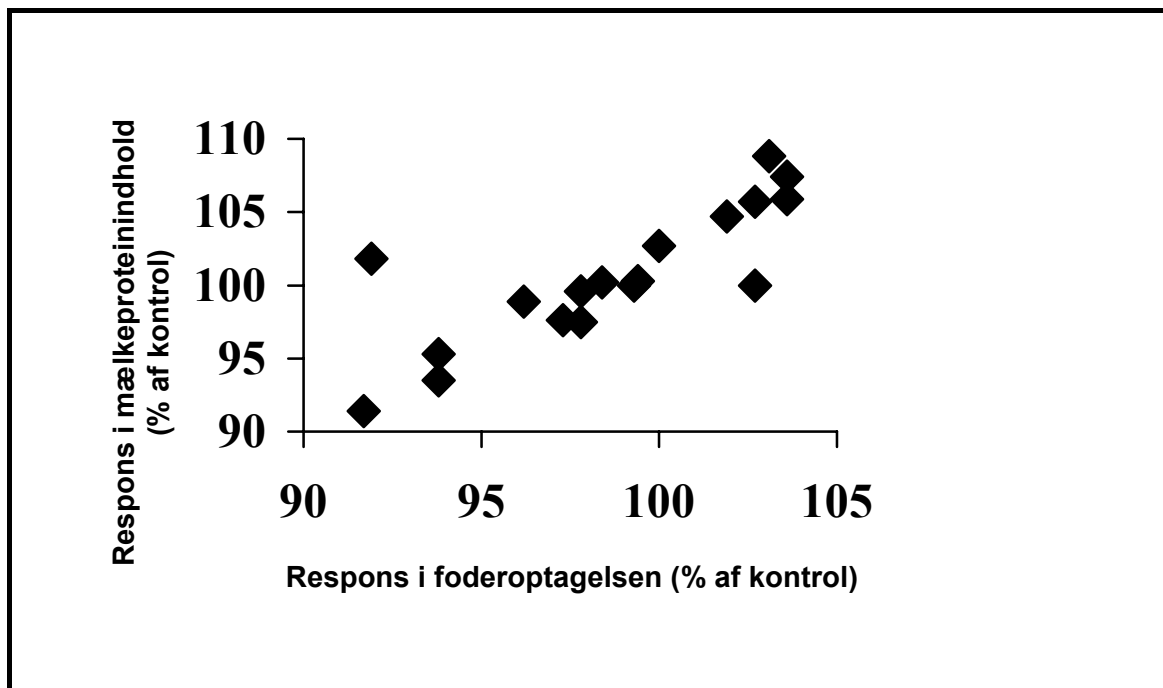
Strategier til forberedelse af mælkeproteinproduktion

Tilskud af protein i goldperioden er blevet anbefalet som et middel til at øge mælkeproteinproduktionen i den efterfølgende laktation. Et antal potentielle mekanismer, som kan igangsætte dette, er blevet foreslået. Disse inkluderer at forhøje eller spare på koens proteinreserver, forbedre vomfunktionen samt endokrine og stofskifteændringer. Nogle forsøg (Moorby et al., 1996; Murphy, 1999; Tesfa et al., 1999; Van Saun et al., 1993) har vist øget mælkeydelse eller mælkeproteinprocent som respons på fodertilskud af ikke nedbrydeligt protein i goldperioden. I andre forsøg er der ikke fundet nogen effekter (Dewhurst et al., 2000; R. J. Dewhurst, upubliceret; Putnam et al., 1999; Vandenaar et al., 1999; Wu et al., 1997) eller en negativ effekt på mælkeproduktion og mælkeproteinprocent (Greenfield et al., 2000). Betragtet udelukkende ud fra responsniveauet i mælk er det vanskeligt at finde mening i den tilgængelige litteratur. Disse tilsyneladende modstridende resultater antyder kraftigt, at proteintilskud kan have indirekte såvel som direkte effekter, og at disse effekters relative størrelse afhænger af andre faktorer.

Uanset hvilke direkte effekter, der måtte være, så vil en sandsynlig indirekte effekt være effekten af proteintilskud på foderoptagelsen. Der synes faktisk at være en sammen-

hæng på tværs af forsøg mellem respons efter kælvning på mælkeproteinprocent og responsen efter kælvning på foderoptagelsen (Figur 13.5). Det er veldokumenteret, at proteintilskud forbedrer fordøjeligheden af dårligt foder, hvilket dog ikke er tilstrækkelig forklaring på, at effekten af at supplere goldkorationen med protein fortsætter indtil 7 uger ind i laktationen (Greenfield et al., 2000). Sandsynligvis hænger denne effekt sammen med effekten på huld karakter ved kælvning og således energimobilisering i tidlig laktation (Figur 13.2). Den forbedrede fordøjelighed af goldkofoder med højt proteinindhold gør det muligt for køerne at æde mere og således have et bedre huld ved kælvning (f.eks. Dewhurst et al., 2000). Alt andet lige har køer med en høj fedningsgrad ved kælvning en lavere foderoptagelse (Broster & Broster, 1998) og derfor en tilsvarende lavere mælkeproteinkoncentration (Figur 13.5).

Respons i foderoptagelse tager ikke højde for hele variationen i mælkeproteinrespons (Figur 13.5), hvilket tyder på, at en direkte effekt finder sted i nogle tilfælde. Det er muligt, at størrelsen af proteinreserverne har en direkte effekt på indholdet af mælkeprotein, fordi en stor andel af kulstofskelletter i mælkeprotein kommer fra kropsreserver snarere end direkte fra foderet (Wilson et al., 1988). Set i lyset af mangelen på endegyldige resultater kan det derfor ikke anbefales at give proteintilskud i goldperioden ud over den anbefalede mængde (se afsnit 13.5). Mens der kan forekomme en positiv effekt på mælkeprotein, er der mulighed for at forårsage en stigning i antallet af fede køer ved kælvning og dermed større helbreds- og reproduktionsproblemer (se tidligere afsnit om ”kropsreserver ved kælvning”).



Figur 13.5 Effekt af forskellige niveauer af proteinfodring i goldperioden på mælkeprotein og foderoptagelse. Resultater er vist som respons i forhold til kontrolfodring. Data af Dewhurst et al. (upubliceret).

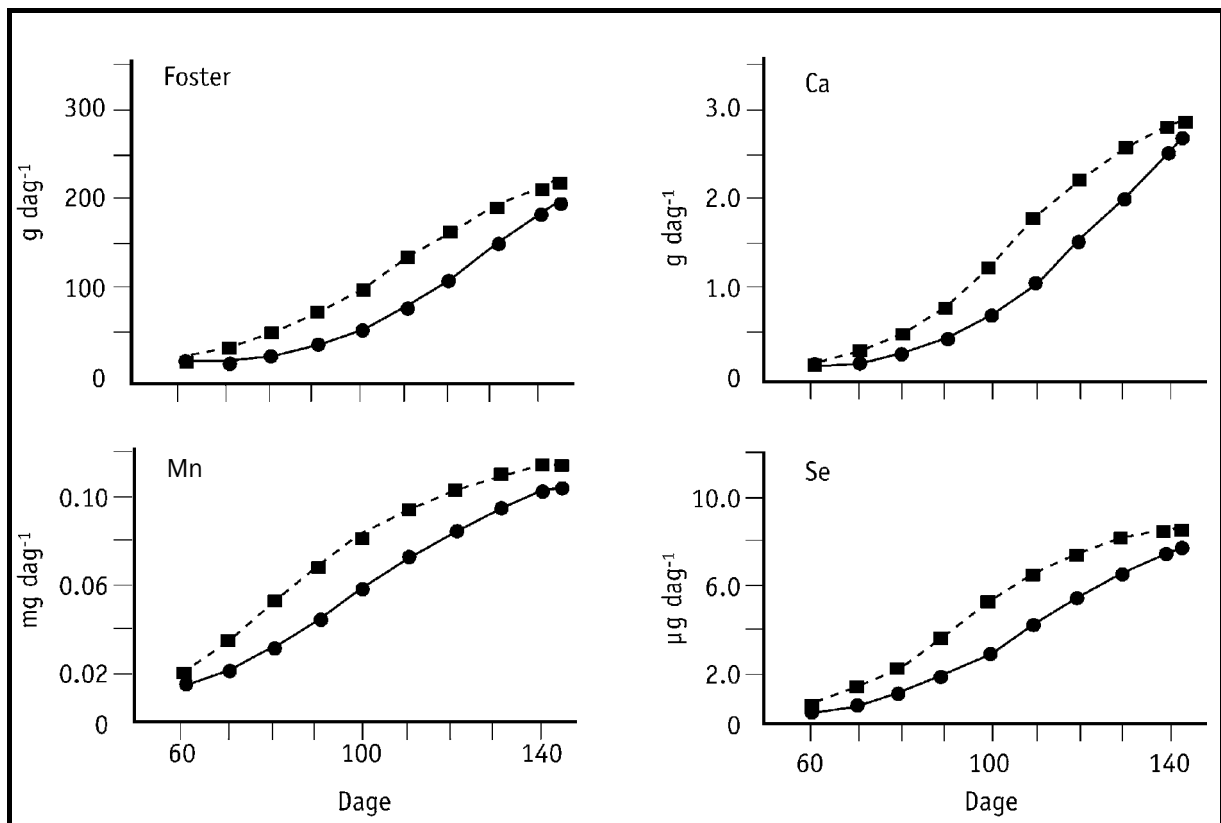
Strategier til at forberede til mobilisering og optagelse af calcium

Omsætningen af mineraler og sporelementer er nøje knyttet til proteinomsætningen. Behovet for mineraler og sporelementer er afhængigt af kropsstørrelse (vedligehold) samt produktion. Dette vil for koen i goldperioden og perioden omkring kælvning sige reproduktion og mælkedannelse. For malkekøers vedkommende er mælkeproduktionen og fosterdannelsen derfor perioder, der er karakteriseret ved stort behov for mineraltilførsel. Selve goldperioden er karakteriseret ved ophørt mælkeproduktion, men hvor udviklingen af foster, uterus (livmoder, bør), placenta (moderkage) og fostervæsker går ind i sidste hastige fase. Figur 13.6 viser den sammenfaldende tendens mellem fostertil-

vækst og akkumulering af udvalgte mineraler.

Umiddelbart op til kælvning indledes tillige kolostrumproduktionen, der pga. sit specielt høje indhold af visse mineraler, sætter store krav til mobilisering.

Størrelsen af den daglige mineralindtagelse er som helhed oftest sammenfaldende med indtaget af fodertørstof, idet almindelige foderkomponenter naturligt indeholder et bredt spektrum af livsnødvendige mineraler og sporelementer. Koen mineralbehov kan i store træk dækkes af foderets naturlige indhold af mineraler, eventuelt suppleret med mindre mængder uorganiske (handels-) mineraler. Som hovedregel gælder også i fodringen, at mineralindholdet følger proteinet.



Figur 13.6 Mineralakkumulering i lammefostre, enkelt (●) og tvilling (■), reflekterer fostrets tilvækst (efter Grace et al., 1986).

Ved anvendelse af ekstreme foderrationer, som f.eks. meget store andele halm (lavt proteinindhold), kan det være hensigtsmæssigt med speciel opmærksomhed på mineralernæringen. Goldningens strategi vedrørende mindre fodertildeling medfører således mindre mineraltildeling via foderet.

Ved kælvningen ophører enhver deponering af mineraler og sporelementer i foster, bør, fostervæsker og placenta. Til gengæld påbegyndes produktionen af råmælk (kolostrum), hvilket er en stor udfordring for moderdyrets mineralbalance. Foderindtaget stiger efter kælvning, hermed stiger også indtaget af mineraler. Desuden vil det store ”dræn” af mineraler til mælken bevirke, at mineralerne optages mere effektivt fra foderet (regulering af mineralabsorption, se kapitel 12, bind 1). Kolostrum- og mælkeproduktionens forbrug af mineraler kan også delvist hentes fra depoter i koen. Således kan leveren deponere betydelige mængder jern, kobber, zink og mangan, der kan mobiliseres ved den indtrædende produktion.

Kalcium indtager en markant særstilling i goldperiode samt i perioden umiddelbart omkring kælvning. Denne særstilling skyldes delvist, at den mængde kalcium, der er nødvendig ved den begyndende mælkeproduktion, er meget betydelig (kolostrum indeholder ca. 2,3 g Ca pr. liter (Horst et al., 1997)) i forhold til det daglige indtag. Desuden vil akut mangel på kalcium ved kælvning forårsage mælkefeber (parturient hypocalcæmi), en tilstand, der har store konsekvenser for koens sundhed og kan være fatal.

Den tilgængelige kalciumpulje i koens organisme – og dermed den mængde, der benyttes til mælkeproduktionen – er summen af absorptionen af kalcium fra tarmen og en vis mobilisering fra knogledepoterne. For at

forebygge problemer med kalciumforsyningen ved overgang til laktation og med hensyn til sygdommen mælkefeber har der været praktiseret to strategier i goldperioden, der involverer fodring:

I) ”Anion-kationprincippet” tilstræber, via en ændret balance mellem anioner og kationer i foderet, at bevirke en systemisk forsurening af organismen for derved at øge resorptionen af kalcium fra knoglerne (se kapitel 12, bind 1).

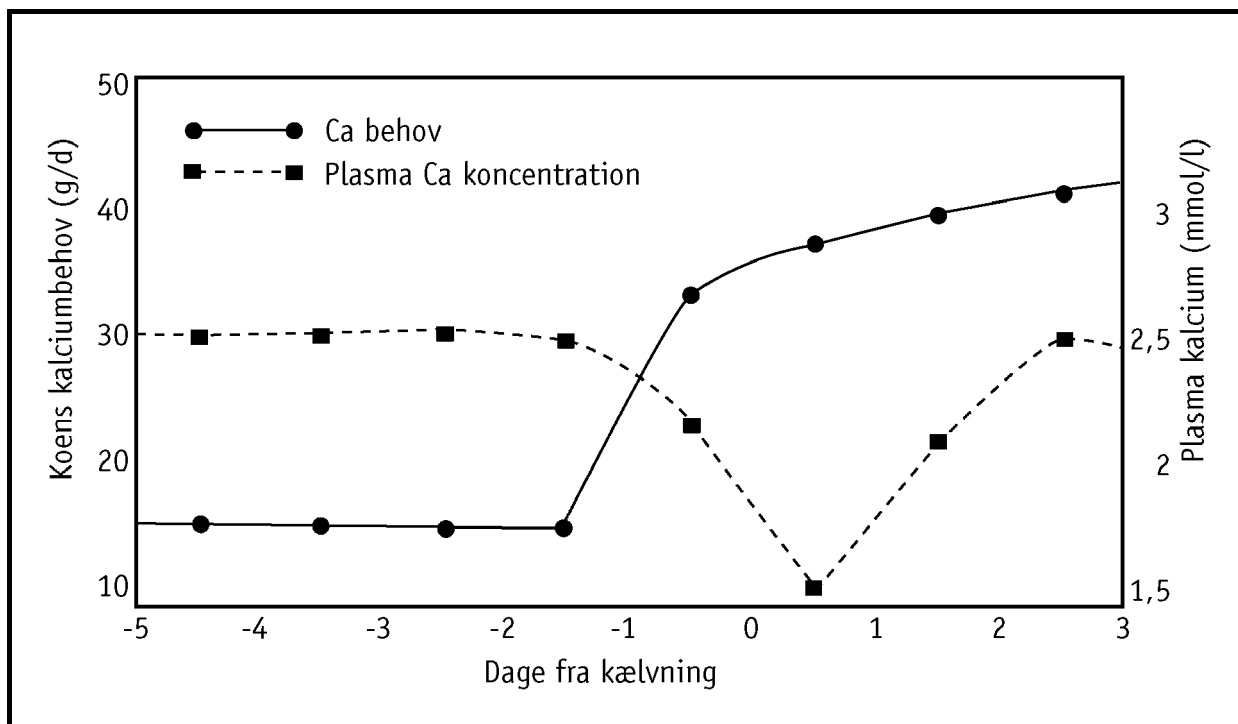
II) ”Lav-kalcium-princippet” (lavt kalciumindtag via foderet) tilstræber tilsvarende at påvirke optagelsen af kalcium i tarmen og mobiliseringsmekanismen ved at underforsyne organismen i en periode.

Filosofien bag ”lav-kalcium-princippet” bygger på det faktum, at der er en homeostatisk regulering af kalciumoptagelsen ”på tarmniveau” (se kapitel 12, bind 1). Det vil sige: Når der er rigeligt kalcium i foderet (i forhold til koens fysiologiske behov), vil kun en mindre andel af denne kalcium blive optaget gennem tarmvævet. Omvendt vil koen – når der kun er en lille mængde kalcium i foderet – optage en relativt større andel af denne kalcium. De virksomme agenter i denne regulering er hormonet PTH (parathyroidea hormon), metabolitter af vitamin D (hovedsageligt $1,25(\text{OH})_2\text{D}$) samt kalciumbindende proteiner i tarmcellerne (CaBP). Ved lavt kalciumniveau i blodbanen produceres PTH, $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ samt CaBP i organismen, disse fremmer i samarbejde optagelsen af kalcium fra tarmen, mobiliserer kalcium fra knoglerne og reducerer kalciumtabet via urinen, dvs. øger kalciumniveauet i kroppen. Modsat vil et ”tilstrækkeligt” niveau af kalcium nedtone produktionen af de regulerende faktorer, således at niveauet af disse er lavere, og følgelig nedtones de kalciummobiliserende mekanismer.

Produktionen af kolostrum begynder 1-2 døgn før kælvning. Dette betyder et større behov for calcium – et dræn fra koens krop til mælken i yveret – i denne periode. Denne begyndende mælkeproduktion afspejler sig normalt i koens pulje af tilgængeligt calcium, idet blodcalcium falder i perioden umiddelbart omkring kælvning. Disse to forhold er afbildet i Figur 13.7.

I praksis foreskriver ”lav-kalcium-princippet” lavt calciumindtag i goldperioden (så lavt som muligt) og en optrapning 1-2 dage før kælvning. Det lave niveau i goldperioden skal sikre en forøget produktion af PTH, $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ samt CaBP, dvs. et forøget ”absorptionsberedskab”, mens optrapningen i fodercalcium umiddelbart før kælvning skal sikre dyrets øgede behov for calcium i denne periode (se Figur 13.7), inden kroppens nedjustering af PTH, $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ og CaBP indtræder (Pickard, 1981).

Danske normer anbefaler ca. 24 g Ca dagligt i første del af goldperioden (600 kg's ko) og en optrapning til ca. 33 g Ca dagligt de sidste 3 uger. Mens der ikke er så stor uenighed om ”lav-kalcium-princippets” teoretiske værdi, er der mere usikkerhed om, hvorvidt princippet er praktisk anvendeligt. Det er nemlig i praksis meget vanskeligt at begrænse calciumindtaget til niveauer, der anses for at være fysiologisk aktive. Selv en meget bevidst tildeling af foderremner (baseret på calciumindhold) – i en i øvrigt sund og nærende goldfoderblanding – vil ofte indeholde 40-50 g calcium dagligt. Spørgsmålet kan således være, om det har en vis værdi at fodre ”så lavt calcium som muligt”, eller om alle calciumniveauer over en vis værdi ”er lige gode”. Begge synspunkter har varme fortalere, men en egentlig, éntydig dokumentation kan ikke siges at foreligge. De fleste undersøgelser peger dog i retning af, at lav calciumtildeling i goldperioden reducerer mælkefeberhyppigheden (Houe et al., 1999).



Figur 13.7 Koens behov for calcium samt blodets indhold af calcium lige omkring kælvning (efter Pickard, 1981).

I erkendelse af at det er vanskeligt at praktisere ”lav-kalcium-princippet”, har en dansk forskergruppe introduceret ideen om tilsætning af (kemiske) kalciumbindere i foderet i goldperioden. Foreløbige resultater ser lovende ud, idet dyrenes blodkalcium ikke falder drastisk ved kælvning (Thilsing-Hansen & Jørgensen, 2001). Alle positive tiltag op til laktation peger altså i retning af separat goldkofoder – ikke laktationsrationer!

Begge strategier, ”anion-kationprincippet” og ”lav-kalcium-princippet”, kræver en bevidst og vedvarende indsats omkring goldkofodringen. Mælkeproduktionen er en meget stor udfordring for koens kalciumstofskifte. Principperne i de nævnte strategier er imidlertid ikke via goldkofodringen at ”ruste” koen til udfordringen ved at opbygge kalciumlagrene – men derimod at sætte koen i bedre stand til at regulere optagelsen og mobiliseringen af organismens kalcium.

For malkekøer fastsættes anbefalinger for daglige mineralindtag – for makromineralernes vedkommende – under hensyntagen til koens vægt, mælkeproduktion og stadium i drægtigheden. Anbefalingerne er i disse tilfælde givet som absolutte mængder, dvs. g pr. dag. For mikromineralernes vedkommende har man valgt at anbefale en norm pr. kg fodertørstof, med en angivelse af en øvre acceptabel grænse for indhold af mikromineraler (Strudsholm et al., 1999). Principielt er der ikke forskel i den måde makro- og mikromineraler indgår i mælk, foster og vedligeholdelse af organismen; forskellen i normerne for de to grupper er mere traditionelt og praktisk betingede.

13.5 Normer og anbefalinger for goldkofodring

Under normale forhold er det umiddelbare behov for energi- og næringsstoffer for goldkoen ikke svære at tilfredsstille med typiske fodermidler. Derfor bliver fodertildeling og rationssammensætning normalt styret af muligheden for, og ønsket om, at tilpasse / adaptere goldkoen til den efterfølgende laktation, som beskrevet i de indledende afsnit. I ”Danske fodernormer til kvæg” (Strudsholm et al., 1999) er goldkøers behov til vedligehold, fosterproduktion og tilvækst beskrevet. Disse normer er, i hovedtræk, ikke anderledes beregnet for goldperioden end for laktationsperioden.

I dette afsnit vil vi fremlægge de eksisterende danske normer for goldkofodring. Ligeledes vil vi, ud fra diskussionerne i de foregående afsnit, give vores bud på generelle anbefalinger til en optimal goldkofodring og management.

Goldkøernes behov

Normer for energi og næringsstoffer til goldkøer er, som tidligere nævnt, beskrevet som behov til vedligehold, fosterproduktion og tilvækst. Decideret behov til tilvækst er kun aktuelt, så længe dyret ikke er fuldt udviklet, altså en ko mellem 1. og 2. laktation. På basis af normer fra ”Danske fodernormer til kvæg” (Strudsholm et al., 1999) er der i Tabel 13.2 beregnet behovet for en goldko af stor race med et ydelsepotentiale på ca. 9000 kg EKM og en kropsvægt på ca. 600 kg. I tabellen er inkluderet, at vi anser det for vigtigt, at goldperioden deles op i 2 faser (mere herom senere).

Tabel 13.2 Estimerede behov til goldkøer i første del af goldperioden og de sidste tre uger før kælvning (ydelsesniveau på 9000 kg EKM, 600 kg kropsvægt og løsdrift)

Estimeret norm	Golde til tre uger før kælvning	Højdrægtige fra tre uger før kælvning til kælvning
Vedligehold FE/dag	5,0	5,0
Foster FE/dag (gns. for perioden)	1,3	2,0
AAT, g/dag	500	590
AAT, g/FE	80	84
PBV, g/FE (min.)	-40	-20
Råprotein, % af TS *	10	13
Ford. cellevægge, g / FE	260	260
Tyggetid, minutter/ FE	33	33
K-Faktor, 1. goldperiode	6,05	5,55
K-Faktor, 1. og senere goldperiode	6,55	6,05
Ca, g/dag	23	35
P, g/dag	22	28
Mg, g/dag	15	16
A-vit, i.e./dag	80000	80000
D-vit, i.e./dag	6000	6000
E-vit, i.e./dag	400	800

Beregnet på baggrund af Strudsholm et al. (1999)

* Baseret på NRC (2001).

Energibehovet for en standard dansk goldko er ca. 6 til 7 FE, hvilket er 10-15 % lavere end typiske anbefalinger fra USA (NRC, 2001). Behovet for protein til goldkøer er i Danmark beskrevet som normer for AAT og PBV. Danske AAT-normer til vedligehold og foster har udgangspunkt i franske normer. Derimod er behovet for PBV sat således, at kravet til recirkulering af N til vommen ikke overskrider, hvad der svarer til 200 g PBV pr. døgn. De beregnede normer er ca. 80 til 85 g AAT/FE og ca. -40 til -20 g PBV/FE, hvilket svarer til ca. 10 % fordøjeligt råprotein i den samlede ration (10 % af tørstoffet). Disse normer svarer omtrent til anbefalinger fra USA (NRC, 2001), og forskellige amerikanske universiteter angiver, at 12-13 % totalprotein er optimalt for goldperioden.

Som omtalt i andre kapitler (kapitel 8 og 17, bind 1 samt kapitel 5, bind 2) er et godt vommiljø essentielt for køernes sundhed. Dette sikres ved, at foderrationen har en tilstrækkelig tyggetid og et tilstrækkeligt indhold af fordøjelige cellevægge. Normer for tyggetid til goldkøer er 33 min/FE (31 for Jersey), hvilket er samme norm, som bruges til lakterende malkekøer. I USA bruges dels minimumsindhold af NDF fra total foderration og NDF fra grovfoder som sikkerhed for struktur i foderrationen.

I dette afsnit vil behov og normer for mineraler og vitaminer ikke blive diskuteret yderligere, idet der tidligere i dette kapitel samt kapitel 8 er en udførlig gennemgang af problemstillingen, også i relation til brugbare

anbefalinger for optimal mineral- og vitaminforsyning.

Anbefalinger til fodring og management af goldkøerne

For at opnå en hensigtsmæssig/optimal fodring og management af goldkøerne er det vigtigt at opdele goldperioden i 3 forskellige faser. Første fase kan beskrives som den periode, hvor mælkesekretionen i yveret skal ophøre (indtil ca. en uge efter goldning). Anden fase kan betragtes som en hvilefase og løber frem til 3 til 2 uger før kælvning. Tredje fase går frem til kælvning, og i denne periode skal koen træne/forberede sig til efterfølgende laktationsperiode. Udgangspunktet for disse anbefalinger er dog, at goldkøer tildeles et balanceret foder af god kvalitet, og at normerne for energi og næringsstoffer følges.

Fodring omkring goldning

I forbindelse med goldning er det anbefalet at reducere energitildelingen drastisk. Det kan ske ved at fjerne kraftfoderet fra koen en uge før goldning. Hvis der fodres med fuldfoder med høj energikoncentration, hvis ydelsen er over ca. 20 kg mælk, må det anbefales at fjerne koen fra gruppen og fodre med en halmrig blanding.

I forbindelse med selve goldningen kan koen sættes på halm og vand i ca. 3 dage. Af hensyn til koens mulighed for at fordøje halmen bør der dog tildeles lidt protein i form af tilskudsfoder eller en enkelt foderenhed græsensilage, ellers kan gødningen blive så tør, at koen kan have besvær med afføringen. Selve goldningen kan ske ved at standse malkningen brat eller at malke en gang dagligt i et par døgn. Begge metoder har sine tilhængere, og man skal i særdeleshed være opmærksom på risikoen for mastitis (Berry & Hillerton, 2002; Dodd, 1992; Natzke et al., 1974).

Fodring fra goldning til 2 til 3 uger før kælvning

Det overordnede formål med denne periode er, at køerne får dækket deres behov for livsyringer. Det er blevet fremhævet i litteraturen og i faglige diskussioner, at køerne ikke må tabe i huld i goldperioden. Dette afhænger selvfølgelig af huldet ved goldning og må betragtes som en gennemsnitlig regel. Som tidligere nævnt er det normalt, at tynde goldkøer vil tage lidt på i goldperioden, og at for fede køer har en tendens til at tabe sig lidt i goldperioden. Hvis køer generelt er for tynde ved goldning, anses det ikke for et problem at skulle prøve at øge huldet i goldperioden. Flere kilder anbefaler dog højst en forøgelse af huldet med 0,25 enheder maksimalt 0,5, hvilket kan opnås ved at øge foderstyrken med 2 til 4 FE pr. dag (Aaes et al., 1994).

Fodrationen kan sammensættes med stort set de fodermidler, der normalt er til rådighed, så længe fodrationen er balanceret med hensyn til energi, næringsstoffer og fylde. Græs eller græsensilage af god kvalitet opfylder kravene til goldkøer indtil 2 til 3 uger før kælvning. Det betyder, at goldkøer sagtens kan være på græs. Kløverrigt græs eller græs med højt proteinindhold bør dog undgås. Af hensyn til regelmæssig kontrol af goldkøerne bør der dog tages nødvendige forholdsregler for nødvendigt opsyn.

Visse fodermidler kan det dog være en god ide at undgå. Det gælder roetop og rene bælgplanter med meget højt kalciumniveau. Foder med meget højt kaliumindhold bør også undgås. Det anbefales at undgå højere optagelse af kalcium end danske anbefalinger (Tabel 13.2), men som diskuteret tidligere i kapitlet kan det være svært at få foderets kalciumindhold ned til det optimale niveau. En anden, eller supplerende, mulighed

er at reducere CAB-forhold i rationen. Vi henviser til kapitel 12, bind 1 for en nærmere gennemgang af denne problemstilling.

Fodring de sidste 2 til 3 uger før kælvning

Som vist tidligere ligger der en hel række af forskellige konklusioner om optimal strategi for denne periode. Disse konklusioner og deres basis har vi taget hensyn til ved sammenskrivning af dette afsnit. Alle er enige om, at der bør være en tilvænnning til laktationsfoderet, og at goldkoen, på en eller anden måde, skal forberedes til den efterfølgende laktation.

Det primære formål for denne periode er at have fokus på tilvænnning af de foderemner, som bruges i laktationsfoderet, og at foderskift i særdeleshed ikke må forekomme i ugerne efter kælvning.

Traditionelt har det været foreslået, at den sidste del af goldperioden skulle starte 3 til 4 uger før forventet kælvning. Begrundelsen for dette var, dels at man anså tilpasninger til laktationsfoderet for at vare ca. 3 uger, dels at det tit kan være vanskeligt at estimere eksakt kælvningstidspunkt. Som tidligere diskuteret vil tilstrækkelige tilvænninger i vommiljøet ske betydeligt hurtigere end efter 3 uger. Forudsat en god reproduktionskontrol (her: viden om kælvningstidspunkt) kan kælvningstidspunktet estimeres nogenlunde præcist (± 1 uge), og tilvænningsperioden behøver ikke at være længere end 2 til 3 uger for at sikre, at alle køer når at få en tilvænnning. En tilvænningsperiode på ikke længere end 2 til 3 uger har endvidere den fordel, at goldkøerne kan fodres med en mere optimal mineralforsyning (diskuteret og forklaret tidligere), samt at køerne bedre kan "trænes" til at vænne sig til mobilisering af kropsreserver.

I de sidste 2 til 3 uger før kælvning er behovet til fosterproduktion væsentligt forøget (Tabel 13.2), og tildeling af laktationslignende foder gør det muligt for koen at dække sit næringstofbehov i den periode. Den tidligere foreslåede strategi om at bruge meget stivelsesrigt foder i stor mængde til at holde energibalancen positiv anser vi for at være ufornuftig ud fra et biologisk standpunkt. Der findes også rapporter fra praksis, hvor stivelsesrigt goldkofoder har negativ indflydelse på blandt andet frekvensen af yverødem. Nyligt rapporterede resultater tyder på, at den anden strategi, med let begrænset fodertildeling op til kælvning for at vænne koen til mobilisering, kan være den mest hensigtsmæssige strategi (Grummer et al., 2002).

Det at forberede koen til en mobilisering anser vi for at være fornuftigt ud fra et biologisk standpunkt, idet koen naturligt ned sætter foderoptagelsen tæt på kælvning og mobiliserer af kropsreserverne i tidlig laktation. Strategier for goldkofodring i tilvænningsperioden, som vil "træne" koen til en mobilisering, kan være at tildele en laktationsfoderration iblandet ekstra grovfoder (f.eks. halm) eller ved restriktiv tildeling af et laktationsfoder. Dette forudsætter, at goldkoen kan optage nok foder til at dække sit behov til vedligehold og fosterproduktion (se Tabel 13.2). Ydermere er det foreslået at tildele en relativt fedtrig foderblanding i goldperioden (se tidligere afsnit), men denne strategi har ikke været afprøvet i stor udstrækning, og vi forventer, at denne problemstilling skal undersøges yderligere, før der kan gives endelige anbefalinger om en fedtrig goldkofodring.

Fodringsforhold i praksis

Hvor staldforholdene tillader individuel fodring eller opstaldning efter tidspunkt i gold-

perioden, kan rationen sammensættes, så den tilgodeser koens behov gennem goldperioden. Ved fodring med fuldfoder vil der dog i de fleste tilfælde opstå et dilemma mellem det ønskede antal blandinger og det praktisk mulige.

Hvis der blandes en selvstændig goldkoration, er der to muligheder: 1) at sammensætte den så den tilgodeser køerne i første del af goldperioden, hvilket betyder, at tilvænningsfasen da må ske ved individuelt tilskud af kraftfoder, 2) omvendt at sammensætte goldkorationen til at tilgodese køerne ved fodring efter ædelyst i de sidste 2 til 3 uger af goldperioden, dvs. en laktationslignende blanding. Det betyder, at køer i den første del af goldperioden skal fodres restriktivt. Man burde undgå brug af laktationsmineraller i goldkorationer, hvilket vil have stor betydning i besætninger med en høj forekomst af mælkefeber. I disse besætninger bør reduktion af goldkorationens calciumindhold og CAB prioriteres højere.

Hvis staldforholdene ikke tillader gruppeopdeling af goldkøerne, kan det være nødvendigt at fodre alle goldkøer efter ædelyst med en fuldfoderration. I dette tilfælde skal fuldfoderet indeholde de foderemner, som skal bruges i laktationsfoderet (undtagen mineraller), men energiindholdet skal samtidig ligge imellem de normer, der gælder for de to perioder af goldperioden. Det præcise energiindhold bør afpasses goldkøernes huldkarakter. Brug af for højt energiindhold i goldkofoder til lidt magre køer betyder næppe meget, men hvis køerne er fede ved goldning, kan det give store problemer med stofskiftesygdomme efter kælvning.

13.6 Sammendrag

Det vigtigste formål med fodringen i goldperioden er at forberede koen til den kommende laktation. Under normale forhold er

de umiddelbare energi- og næringsstofbehov for goldkoens livsytringer ikke svære at tilfredsstille med typiske fodermidler. Ud over specifikke fodringsstrategier har også goldperiodens længde og huldkarakter ved kælvning en væsentlig betydning for problemfri mælkeproduktion i den efterfølgende laktation. I de sidste par år har der været foreslået diverse goldkofodringsstrategier, som var designet til at præparere koen til den kommende laktation. Følgende strategier blev diskuteret i dette kapitel: reduktion af kropsmobilisering, forberedelse til kropsmobilisering, træning af vommen til øget foderoptagelse, forberedelse til produktion af mælkeprotein, og forberedelse til mobilisering og optagelse af calcium. Ud af disse synes den mest biologisk fornuftige at være forberedelse af koen til kropsmobilisering. Til sidst blev de danske goldkonormer diskuteret ud fra praktiske forhold. Vi anbefaler en 2- til 3-ugers tilvænningsfase i slutningen af goldperioden med fokus på at tilpasse koen til de foderemner, som bruges i laktationsfoder, samt forberede koen ved ikke at overfodre med hensyn til energi og mineraller (specielt calcium).

13.7 Referencer

Andersen, J.B., Friggens, N.C., Larsen, T. & Ingvarsten, K.L. 2001. Effekten af energikoncentration i foderet og malkningsfrekvens hos malkekøer i tidlig laktation: Foderoptagelse, mælkeproduktion og mobilisering. DJF rapport nr. 22, 38 pp. Forskningscenter Foulum, Danmarks JordbrugsForskning.

Andersen, J.B., Mashek, D.G., Larsen, T., Nielsen, M.O. & Ingvarsten, K.L. 2002. Effects of hyperinsulinaemia under euglycemic condition on liver fat metabolism in dairy cows in early and mid-lactation. *J. Vet. Med. A* 49, 65-71.

Andersen, J.B., Sehested, J. & Ingvarsten, K.L. 1999. Effect of dry cow feeding strategy on rumen pH, concentration of VFA and rumen epithelium development. *Acta Agr. Scand., Animal Sci.* 49, 149-155.

- Bar, D. 2001. Implementation of a body condition scoring program. Pages 4.1-4.6 in Dansk Kvæg-fagdyrlægers Årsmøde 25. Oktober 2001, Dansk Kvæg-fagdyrlægers Forening.
- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73, 2804-2819.
- Berg, J. & Ekern, A. 1993. Long-term effects of concentrate level in dairy cows. *Acta Agr. Scand., Animal Sci.* 43, 35-43.
- Berry, E.A. & Hillerton, J.E. 2002. The effect of selective dry cow treatment on new intramammary infections. *J. Dairy Sci.* 85, 112-121.
- Bertics, S.J., Grummer, R.R., Cadorniga-Valino, C. & Stoddard, E.E. 1992. Effects of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914-1922.
- Botts, R.L., Hemken, R.W. & Bull, L.S. 1979. Protein reserves in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 62, 433-440.
- Boutflour, R. 1967. The high yielding dairy cow. 1-160. London, Crosby Lockwood & Son Ltd.
- Broster, W.H. & Broster, V.J. 1998. Body score of dairy cows. *J. Dairy Res.* 65, 155-173.
- Butler, W.R. & Smith, R.D. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72, 767-783.
- Capuco, A.V. & Akers, R.M. 1999. Mammary involution in dairy animals. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia* 4, 137-144.
- Chew, B.P., Murdock, R.R., Riley, R.E. & Hillers, J.K. 1984. Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone, insulin, reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.* 67, 270-275.
- Dann, H.M., Varga, G.A. & Putnam, D.E. 1999. Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 1765-1778.
- Dewhurst, R.J., Aston, K., Fisher, W.J., Evans, R.T., Dhanoa, M.S. & McAllan, A.B. 1999. Comparison of energy and protein sources offered at low levels in grass-silage-based diets for dairy cows. *Anim. Sci.* 68, 789-799.
- Dewhurst, R.J., Moorby, J.M., Dhanoa, M.S., Evans, R.T. & Fisher, W.J. 2000. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition, and milk production. *J. Dairy Sci.* 83, 1782-1794.
- Dewhurst, R.J., Moorby, J.M., Dhanoa, M.S. & Fisher, W.J. 2002. Effects of level of concentrate feeding during the second gestation of Holstein-Friesian dairy cows. 1. Feed intake and milk production. *J. Dairy Sci.* 85, 169-177.
- Dias, F.M. & Allaire, F.R. 1982. Dry period to maximize milk production over two consecutive lactations. *J. Dairy Sci.* 65, 136-145.
- Dirksen, G., Liebich, H.G., Brosi, G., Hagemester, H. & Mayer, E. 1984. Resorption von Kurzkettigen Fettsäuren aus dem Pansen des Rindes in Abhängigkeit von der Schleimhautstruktur: II. Funktionelle Befunde. Pages 629-633 in Proc. XIII World Buiatrics Congress, Durban.
- Dodd, F.H. 1992. Pages 448-456 in Large Dairy Herd Management. Van Horn, H.H. & Wilcox, C.J., (eds.). American Dairy Science Association, Champaign, IL.
- Douglas, G.N., Drackley, J.K., Overton, T.R. & Bateman, H.G. 1998. Lipid metabolism and production by Holstein cows fed control or high fat diets at restricted or ad libitum. *J. Dairy Sci.* 81 Suppl. 1, 295.
- Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82, 2259-2273.
- Enevoldsen, C. 2000. Sammenhænge mellem goldperiode og sundhed samt produktion efter kælvning med udgangspunkt i danske og israelske data. Pages 1-29 in Danske Kvæg-fagdyrlægers Årsmøde 2000, Hotel Munkebjerg, Vejle.
- Enevoldsen, C. & Sørensen, J.T. 1992. Effects of dry period length on clinical mastitis and other major clinical health disorders. *J. Dairy Sci.* 75, 1007-1014.
- Fell, B.F. & Weekes, T.E.C. 1975. Pages 101-118 in Digestion and metabolism in the ruminant. McDonald, I.W. & Warner, A.C.I., (eds.). The University of New England Publishing Unit.

- Flatt, W.P., Warner, R.G. & Loosli, J.K. 1958. Influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J. Dairy Sci.* 41, 1593-1600.
- Flatt, W.P., Warner, R.G. & Loosli, J.K. 1959. Evaluation of several techniques used in the study of developing rumen function. Cornell University, Memoir 361, 3-31.
- Friggens, N.C. 1999. Huldets betydning for produktion og reproduction. Pages 55-62 in *Boologisk Selskabs Seminar 16. og 17. September 1999*, Dansk Boologisk Selskab.
- Friggens, N.C. 2003. Body lipid reserves and the reproductive cycle: towards a better understanding. *Livest. Prod. Sci.* 83, 219-236.
- Friggens, N.C., Emmans, G.C., Kyriazakis, I., Oldham, J.D. & Lewis, M. 1998. Feed intake relative to stage of lactation for dairy cows consuming total mixed diets with a high or low ration of concentrate to forage. *J. Dairy Sci.* 81, 2228-2239.
- Gálfi, P., Neogrady, S. & Sakata, T. 1991. Effects of volatile fatty acids on the epithelial cell proliferation of the digestive tract and its hormonal mediation. Pages 49-59 in *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. Proc. Seventh Int. Symp. on Ruminant Physiology*,
- Garnsworthy, P.C. 1988. Pages 157-170 in *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Garnsworthy, P.C., (eds.). Butterworths, London, UK.
- Gearhart, M.A., Curtis, C.R., Erb, H.N., Smith, R.D., Sniffen, C.J., Chase, L.E. & Cooper, M.D. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 73, 3132-3140.
- Goff, J.P. & Horst, R.L. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268.
- Greenfield, R.B., Cecava, M.J., Johnson, T.R. & Donkin, S.S. 2000. Impact of dietary protein amount and rumen undegradability on intake, peripartum liver triglyceride, plasma metabolites, and milk production in transition dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 703-710.
- Grum, D.E., Drackley, J.K., Younker, R.S., LaCount, D.W. & Veenhuizen, J.J. 1996. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79, 1850-1864.
- Grummer, R.R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896.
- Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 73, 2820-2833.
- Grummer, R.R. 1998. Transition cow energy, protein nutrition examined. *Feedstuffs* 14th Sept., 11-23.
- Grummer, R.R., Bertics, S.J. & Hackbart, R.A. 2000. Effects of prepartum milking on dry matter intake, liver triglyceride, and plasma constituents. *J. Dairy Sci.* 83, 60-61.
- Grummer, R.R., Hoffman, P.C., Luck, M.L. & Bertics, S.J. 1995. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *J. Dairy Sci.* 78, 172-180.
- Grummer, R.R., Rabelo, E. & Mashek, D.G. 2002. New findings suggest new transition strategies. *Hoards Dairyman* 147, 618.
- Hinders, R.G. & Owen, F.G. 1965. Relation of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid absorption. *J. Dairy Sci.* 48, 1069-1073.
- Holcomb, C.S., Van Horn, H.H., Head, H.H., Hall, M.B. & Wilcox, C.J. 2001. Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2051-2058.
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A. & Buxton, D.R. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80, 1269-1280.
- Houe, H., Jørgensen, R.J., Larsen, T., Østergaard, S., Sørensen, J.T., Agger, J.F., Thilsing-Hansen, T. & Blom, J.Y. 1999. Milk fever and subclinical hypocalcaemia. A review of pathogenesis, diagnosis, risk factors and biological effects as input for economical modelling. *Cepros-report no. 4*.

- Ingvarsten, K.L. & Andersen, J.B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597.
- Ingvarsten, K.L., Danfær, A., Andersen, P.H. & Foldager, J. 1996. Prepartum feeding of dairy cattle: a review of the effect on periparturient metabolism, feed intake, production and health. *Stocarstvo* 50, 401-409.
- Ingvarsten, K.L., Friggens, N.C. & Faverdin, P. 1999. Food intake regulation in late pregnancy and early lactation. In: *Metabolic stress in dairy cows*, *Brit. Soc. Anim. Sci. Occ. Publ.* 24, 37-53.
- Ingvarsten, K.L., Aaes, O. & Andersen, J.B. 2001. Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 71, 207-221.
- Kauffold, P., Voigt, J. & Herrendörfer, G. 1977. Untersuchungen über den Einfluss von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. *Archiv für Tierernährung* 27, 201-211.
- Krogh, K. & Thrane, E.T. 2001. Huldvurdering af malkekøer. 1-4. Skejby, Landbrugets Rådgivningscenter.
- Kunz, P.L., Blum, J.W., Hart, I.C., Bickell, H. & Landis, J. 1985. Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40, 219-232.
- Liebich, H.G., Mayer, E., Arbitman, R. & Von Dirksen, G. 1982. Strukturelle Veränderungen der Pansenschleimhaut hochproduzierender Milchkühe von Beginn der Trockenperiode bis acht Wochen Post Partum. Pages 404-410 in *Proc. 12th World Buiatrics Congress*, Amsterdam.
- Mackie, R.I. & Gilchrist, F.C. 1979. Changes in lactate-producing and lactate utilizing bacteria in regulation to pH in the rumen of sheep during step-wise adaptation to a high-concentrate diet. *Appl. Environmen. Microbiol.* 38, 422-430.
- Maree, C. 1986. The influence of high level feeding on the duration of parturition and the incidence of dystocia in dairy cows. *J. S. Afr. Vet. Assn.* 57, 151-153.
- Markusfeld, O.N. 1997. Implementation of BCS in integrated herd health and production management. Pages II.4.1.-II.4.10 in *Boologisk Selskabs Seminar* 17. og 18. April 1997, Dansk Boologisk Selskab.
- Mayer, E., Liebich, H.G., Arbitman, R., Hagemeister, H. & Dirksen, G. 1986. Nutritionally induced changes in the rumenal papillae and in their capacity to absorb short chain fatty acids in high producing dairy cows. Pages 806-817 in *XIV World Congr. on diseases of cattle*.
- Miller, A.R.E., Erdman, R.A., Douglass, L.W. & Dahl, G.E. 2000. Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 962-967.
- Minor, D.J., Trower, S.L., Strang, B.D., Shaver, R.D. & Grummer, R.R. 1998. Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 189-200.
- Moorby, J.M., Dewhurst, R. J. & Marsden, S. 1996. Effect of increasing digestible undegradable protein supply to dairy cows in late gestation on the yield and composition of milk during the subsequent lactation. *Anim.Sci.* 63, 201-213.
- Moorby, J.M., Dewhurst, R.J., Tweed, J.K.S., Dhanoa, M.S. & Beck, N.F.G. 2000. Effects of altering the energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 83, 1795-1805.
- Murphy, J.J. 1999. Effect of dry period protein feeding on post/partum milk production and composition. *Livest. Prod. Sci.* 57, 169-179.
- Natzke, R.P., Everett, R.W. & Bray, D.R. 1974. Effect of drying off practises on mastitis infection. *J. Dairy Sci.* 58, 1828-1835.
- Neogrady, S., Gálfi, P. & Kutas, F. 1989. Effects of butyrate and insulin and their interaction on the DNA synthesis of rumen epithelial cells in culture. *Experientia* 45, 94-96.
- Nielsen, H.M., Friggens, N.C., Løvendahl, P., Jensen, J. & Ingvarsten, K.L. 2003. The influence of breed, parity and stage of lactation on lactational performance and the relationship between body fatness and live weight. *Livest. Prod. Sci.* 79, 119-133.

- Noeck, J.E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005-1028.
- Nørgaard, P. 1993. Saliva secretion and acid-base status of ruminants. A review. *Acta Agr. Scand., Animal Sci. Suppl.* 89, 93-100.
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7, 1-363. Washington D.C., National Academy Press.
- Oldham, J.D. & Emmans, G.C. 1989. Prediction of responses to required nutrients in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 3212-3229.
- Pickard, D.W. 1981. Pages 248-257 in *Recent Developments in Ruminant Nutrition*, Haresign and Cole, (eds.). Butterworths.
- Putnam, D.E., Varga, G.A. & Dann, H.M. 1999. Metabolic and production responses to dietary protein and exogenous somatotropin in late gestation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 982-995.
- Rabelo, E., Bertics, S.J., Mackovic, J. & Grummer, R.R. 2001. Strategies for increasing energy density of dry cow diets. *J. Dairy Sci.* 84, 2240-2249.
- Rémond, B. & Bonnefoy, J.C. 1997. Performance of a herd of Holstein cows managed without the dry period. *Annals de Zootechnie* 46, 3-12.
- Rémond, B., Kérouanton, J. & Brocard, V. 1997a. Effets de la réduction de la durée de la période sèche ou de son omission sur les performances des vaches laitières. *INRA Production Animales* 10, 301-315.
- Rémond, B., Rouel, J., Pinson, N. & Jabet, S. 1997b. An attempt to omit the dry period over three consecutive lactations in dairy cows. *Annals de Zootechnie* 46, 399-408.
- Ruegg, P.L. & Milton, R.L. 1995. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease. *J. Dairy Sci.* 78, 552-564.
- Sakata, T. & Tamata, H. 1978. Rumen epithelium cell proliferation accelerated by rapid increase in inter-ruminal butyrate. *J. Dairy Sci.* 61, 1109-1113.
- Sakata, T. & Tamata, H. 1979. Rumen epithelium cell proliferation accelerated by propionate and acetate. *J. Dairy Sci.* 62, 49-52.
- Saunders, H.G. 1928. The variations in milk yields caused by season of the year, service, age and dry period, and their elimination. Part IV. dry period, and standardisation of yields. *J. Agr. Sci., Cambridge* 18, 209-251.
- Sehested, J., Andersen, J.B., Aaes, O., Kristensen, N.B., Diernæs, L., Møller, P.D. & Skadhauge, E. 2000. Feed-induced changes in the transport of butyrate, sodium and chloride ions across the isolated bovine rumen epithelium. *Acta Agr. Scand., Animal Sci.* 50, 47-55.
- Sejrsen, K. 1994. Relationship between nutrition, puberty and mammary development. *Proc. Nutrition Society* 53, 103-111.
- Sørensen, J.T. & Enevoldsen, C. 1991. Effect of dry period length on milk production in subsequent lactation. *J. Dairy Sci.* 74, 1277-1283.
- Strudsholm, F., Foldager, J. & Gildbjerg, L.B. 1985. Mave-tarmkanalens udvikling samt foderoptagelse og mælkeproduktion i første laktation hos kvier opdrættet på store og små mængder halm. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg nr. 589, 69 pp.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. 84, 1-47. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, Denmark, Landsudvalget for Kvæg.
- Swanson, E.W. 1965. Comparing continuous milking with sixty day dry periods in successive lactations. *J. Dairy Sci.* 48, 1205-1209.
- Tesfä, A.T., Tuori, M., Syrjälä-Qvist, L., Pösö, R., Saloniemi, H., Heikonen, K., Kivilahti, K., Saukko, T. & Lindberg, L.-A. 1999. The influence of dry period feeding on liver fat and postpartum performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 76, 275-295.
- Thilsing-Hansen, T. & Jørgensen, R.J. 2001. Prevention of parturient paresis and subclinical hypocalcemia in dairy cows by zeolite A administration in the dry period. *J. Dairy Sci.* 84, 691-693.
- Van Saun, R.J. 1991. Pages 599-620 in *Dairy Nutrition Management*. The Vet. Clin. of North. Amer.: Food. Anim. Pract. Sniffen, C.J. and Herdt, T.H., (eds.).

- Van Saun, R.J., Idleman, S. C. & Sniffen, C. J. 1993. Effect of undegradable protein amount fed prepartum on postpartum production in first lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76, 236-244.
- Vandehaar, M.J., Yousif, G., Sharma, B.K., Herdt, T.H., Emery, R.S., Allen, M.S. & Liesman, J.S. 1999. Effect of energy and protein density of prepartum diets on fat and protein metabolism of dairy cattle in the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 82, 1282-1295.
- Vernon, R.G. & Pond, C.M. 1997. Adaptations of maternal adipose tissue to lactation. *J. Mammary Gland Biol.* 2, 231-241.
- Wilson, G.F., Mackenzie, D.D.S. & Brookes, I.M. 1988. Importance of body tissues as sources of nutrients for milk synthesis in the cows, using ¹³C as a marker. *Brit. J. Nutr.* 60, 605-617.
- Wu, Z., Fisher, R.J., Polan, C.E. & Schwab, C.G. 1997. Lactational performance of cows fed low or high ruminally undegradable protein prepartum and supplemental methionine and lysine postpartum. *J. Dairy Sci.* 80, 722-729.
- Aaes, O., Andersen, J.B. & Ingvarsten, K.L. 1994. Energiniveau og fodringsstrategi til køer i goldperioden 1. Virkning på mælkeproduktion, foderoptagelse, tilvækst og sundhed i tidlig laktation. 22, 1-22. Denmark, Federiksberg Bogtrykkeri.

Kvægets miljøpåvirkning, med fokus på kvælstof, fosfor og metan

14

af Ole Aes ¹⁾, Christian Friis Børsting ²⁾, Jakob Sehested ³⁾
og Torben Hvelplund ³⁾

¹⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg,

²⁾ Kvægbrugets Forsøgscenter og

³⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

14.1 Introduktion

Kvæghold påvirker det omgivende miljø gennem udskillelse af næringsstoffer og stofskifteprodukter fra foderets omsætning i fordøjelseskanalen og intermediært. Der er stigende fokus på, hvordan kvægbruget kan minimere de negative virkninger på miljøet, samtidig med at der kommer flere regulerende indgreb. Det er især kvælstof, fosfor og drivhusgassen metan, der er fokus på, men andre miljøfremmede stoffer kan også komme i betragtning på et tidspunkt. Som eksempel kan nævnes kobber og zink.

Der er lovmæssige tiltag for at reducere nitratudvaskningen og ammoniakfordampningen fra landbruget, og der er megen bevågenhed omkring P-balancen på husdyrbrugene. Men også i forbindelse med diskussionen om drivhuseffekten, som formodes at bidrage til den globale opvarmning, er metanudledningen fra kvæg yderligere kommet i fokus.

14.2 Vandmiljøplaner, harmoniregler og normtal for husdyrgødning

Siden midten af 1980'erne, da landbrugets påvirkning af miljøet for alvor fik offentlighedens og politikernes bevågenhed, er der udarbejdet en række handlingsplaner til begrænsning af landbrugets udledning af kvælstof til vandmiljøet. Senere er der også kommet fokus på overskud af fosfor i landbruget.

Den første handlingsplan var NPo-handlingsplanen (N, P og organisk stof), der blev vedtaget i 1985. De væsentligste virkemidler var forbud mod direkte udledning fra gårde og krav om harmoni mellem areal og antal husdyr.

To år senere i 1987 blev NPo-handlingsplanen afløst af Vandmiljøplan I (VMP-I).

Af en samlet udledning på 290.000 tons N pr. år blev landbruget tillagt de 260.000 tons fordelt på et gårdbidrag på 30.000 tons og et bidrag fra marken på 230.000 tons N. Gårdbidraget stammede fra direkte udledning fra møddingspladser, ensilagepladser og lignende. For P vurderedes udledningen fra marken at udgøre 400 tons P og gårdbidraget 4.000 tons P. I VMP-I blev der stillet konkrete krav til en reduktion af udledningen af N og P. N-udledningen skulle halveres, og P-udledningen reduceres med 80 %.

I 1991 blev EU's Nitratdirektiv vedtaget. Formålet med dette direktiv var at reducere forureningen af vandmiljøet med nitrat fra landbruget. Det betød et generelt loft på udbringningen af husdyrgødning pr. arealenhed. I nitratfølsomme områder måtte der fra december 1998 kun tilføres 170 kg N ab lager i husdyrgødning pr. ha. Da hele Danmark blev udlagt som nitratfølsomt område, gælder det generelt. Nitratdirektivet gav dog muligheder for fravigelse fra de 170 kg N, hvis fravigelsen ikke reducerede virkningen af tiltagene.

Efter VMP-I fulgte Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug, også i 1991. Her blev det præciseret, at kravet til reduktion af udledningen fra marken var 100.000 tons N. Der blev i den forbindelse iværksat nogle foranstaltninger for at nå målet. Nogle af de vigtigste virkemidler var krav om udbringning af hovedparten af den flydende husdyrgødning om foråret, krav om minimum udnyttelse af husdyrgødningen, maksimale kvælstofnormer til afgrøderne og lovpligtig udarbejdelse af gødningsregnskaber.

For at sikre reduktionen af udvaskningen på 100.000 tons N blev Vandmiljøplan II (VMP-II) vedtaget i 1998. Ud over en skærpelse af visse af de allerede iværksatte virkemidler blev der som noget nyt desuden

iværksat såkaldte arealrelaterede virkemidler, såsom vådområder, skovrejsning mv.

I tilknytning til en evaluering af VMP-II i 2000 blev der iværksat yderligere stramninger, og der blev taget fat på en reduktion af ammoniakfordampningen, via en ammoniakhandlingsplan, der krævede en reduktion af NH₃-fordampningen, og i 2004 forventes en VMP-III, hvor der ligeledes vil blive indgreb i forhold til fosforudledningen.

Med klimastrategien Klima 2012 har den danske regering lagt op til en indsats, som skal sikre, at Danmark kan ratificere Kyoto-protokollen, der omfatter tiltag, som skal reducere udledningen af drivhusgasser, bl.a. metan. Metanproduktionen fra husdyrenes fordøjelsesprocesser udgør ca. 20 % af landbrugets emission af drivhusgasser fra henholdsvis metan og lattergas, opgjort i CO₂-ækvivalenter. Hovedparten af metanudledningen stammer fra omsætningen i vommen hos kvæg.

Generelle harmoniregler

For at sikre, at der er harmoni mellem antallet af husdyr og arealet til rådighed for tilførsel af husdyrgødning, er der defineret krav til belægningsgrad. Disse kaldes harmoniregler. Harmonireglerne definerer, hvor mange dyreenheder (DE), der må tilføres husdyrgødning fra pr. ha. En DE defineres

som det antal dyr af en given kategori, der udskiller 100 kg N i husdyrgødning ab lager. Det vil sige, at stald- og lagertab fratrækkes dyrenes udskillelse med gødning og urin.

Ifølge den nuværende Bekendtgørelse nr. 604 fra 2002 om Erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. er den tilladte belægningsgrad for kvæg højere end de 1,4 DE/ha, som er tilladt for alle andre husdyr. De generelle harmonikrav for kvægbruget er 1,7 DE pr. ha. For kvægbrug, hvor DE fra kvæg udgør mere end 2/3 af det samlede antal DE, er der mulighed for at fravige kravene. Det gælder, hvis mere end 70 % af arealet til rådighed dyrkes med roer, græs eller græsefterafgrøder. I de tilfælde er harmonikravet 2,3 DE pr. ha. For økologiske kvægbedrifter gælder dog uden undtagelse 1,4 DE pr. ha.

Normtal for N i husdyrgødning

Som udgangspunkt for beregning af antal dyr pr. DE anvendes udskillelsen af N med gødning og urin. Normtallene for N, P og K i husdyrgødning opdateres jævnligt i forbindelser med evalueringer af forskellige tiltag. Baggrunden for beregningerne er givet af Poulsen & Kristensen (1997) og senere opdateret af Poulsen et al. (2001; 2003). De nye normer for udskillelse af N er vist i Tabel 14.1 (malkekøer) og Tabel 14.2 (ungdyr). Antal dyr til en DE er vist i Tabel 14.3.

Tabel 14.1 Normtal for gødnings- og næringsstofudskillelse ab dyr hos køer i 2003 (Poulsen et al., 2003)

	Tunge racer		Jersey	
	kg	%	kg	%
N optaget i foder	175,5	100	145,3	100
N i mælk	43,8	25	37,2	26
N i tilvækst+foster	1,7	1	1	1
N i fæces	66,4	38	54,7	38
N i urin	63,5	36	52,4	36
N i fæces+urin	129,9	74	107,0	74

Tabel 14.2 Normtal for gødnings- og næringsstofudskillelse af dyr hos opdræt og ungtyre (Poulsen et al., 2003)

	Opdræt (kg pr. årsdyr)		Ungtyre (kg pr. produceret tyr)	
	Tung race	Jersey	Tunge (440 kg)	Jersey (328 kg)
Foder	42,0	30,7	44,4	30,8
N i fæces	13,3	9,5	12,5	9,4
N i urin	23,3	17,4	23,4	17,6
N i alt	36,6	26,9	35,9	27,0

Tabel 14.3 Antal dyr pr. dyreenhed (DE) – Husdyrgødningsbekendtgørelsen

Kategori	Enhed	Antal til en dyreenhed	
		Tung race	Jersey
Malkekøer	1 årsko	0,85	1,00
Kvier og stude	1 årsdyr	2,9	4
Ungtyre op til 250 kg	1 produceret dyr	7,5	7,5
Ungtyre op til 350 kg	1 produceret dyr	4,4	4,4
Ungtyre op til 450 kg	1 produceret dyr	2,9	2,9

14.3 Kvælstof

Kvælstof (N) er essentielt for alle livsformer på jorden, primært fordi det er en bestanddel af nukleinsyrerne samt i aminosyrerne, som er byggestenene for protein. Men en overskydende mængde N i økosystemet skaber problemer gennem forurening af grundvandet med nitrat, tilførsel af N til overfladevandet og lattergas og NH₃ til luften.

Malkekøer i Danmark udnytter kun 25 % af foderets N til produktion af mælk og kød, og i produktionen af slagtesvin er udnyttelsen til kødaflejring ca. 38 %. Gødning og urin fra den animalske produktion indeholder således betydelige mængder N, som udgør en potentiel risiko for miljøet, hvis ikke det bliver opbevaret uden tab af ammoniak og udnyttet som plantegødningsstof med en høj udnyttelse.

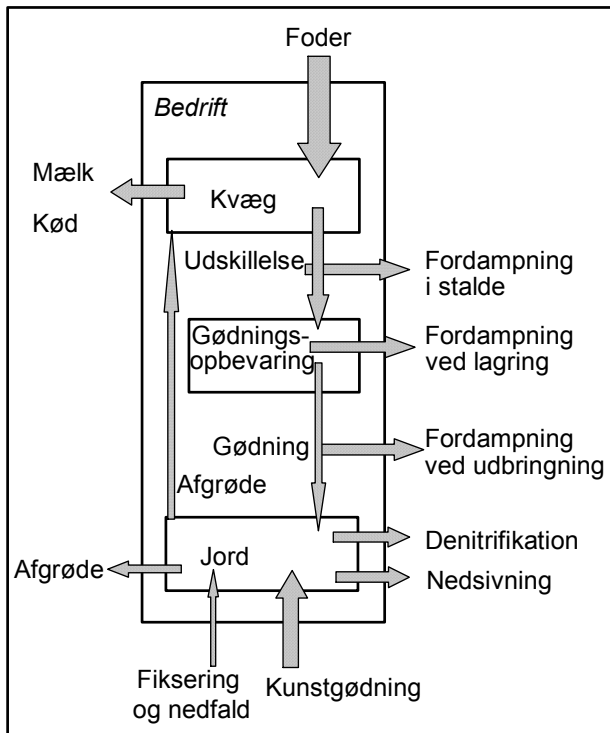
Kvælstofoverskud

Der vil altid være et N-overskud fra alt dyrket jord. På kvægbedrifter er kvælstofover-

skuddet typisk på 150-250 kg N pr. ha, når overskuddet defineres som forskellen mellem det, der tilføres bedriften (indkøb i foder og gødning, nedfald fra atmosfæren og fiksering i bælgplanter) og det, der sælges i produkter (Nielsen, 2000). På en kvægbedrift vil der være flere potentielle tabskilder som vist i Figur 14.1.

Grunden til, at husdyrproduktionen giver anledning til tab af kvælstof, er, at kun en mindre del af foderproteinet aflejres i produkterne, og resten udskilles som N i gødning og urin. Hos malkekøer er der typisk en udnyttelse af det tildelte N på 24-27 % (Poulsen et al., 2001). Denne udnyttelse er væsentligt lavere end hos enmavede dyr, idet svin har en N-udnyttelse på ca. 35 %, når hele produktionen inklusive soholdet regnes under et, mens udnyttelsen er oppe på 48 % for ungsvin fra 7-30 kg (Poulsen et al., 2003). Den lavere udnyttelse hos kvæg skyldes nedbrydning og omsætning i vommen af foderproteinet, og intermediær nedbrydning

af aminosyrer som substrat for glukosesyntesen.

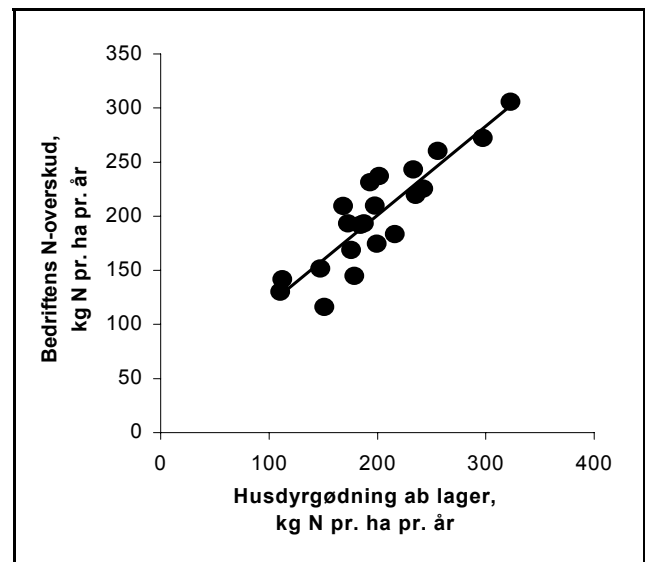


Figur 14.1 Kvælstofstrømmen i en kvægbedrift.

N-overskuddet på bedriftsniveau er beregnet på en række konventionelle Studielandbrug med malkekvæg. Som det fremgår af Figur 14.2, stiger overskuddet generelt med dyretætheden, her udtrykt ved kg N ab lager pr. ha, men det er også tydeligt, at der er en betydelig variation i N-overskuddet ved samme dyretæthed.

Ved modelberegninger på en række Studielandbrug er det undersøgt hvilke muligheder og barrierer, der er for en forbedret N-udnyttelse på typiske kvægbedrifter (Børsting et al., 2003; Nielsen & Kristensen, 2002). I stalden kan der opnås forbedringer via bedre foderstyring og deraf følgende forbedret fo-

derudnyttelse. Rationens indhold af N kan i nogle tilfælde reduceres via mindre N i det indkøbte tilskudsfoeder, men ofte kan rationens N kun reduceres via en samtidig ændring af tilskudsfoeder og det hjemmeavlede foeder. Det skyldes, at foedermidlerne bidrager med forskellige komponenter til rationen (N, fedt, stivelse, energi, osv.), hvorfor N ikke selvstændigt kan reduceres uden at påvirke nogle af de andre komponenter i foederationen. På marksiden kan der ofte opnås forbedringer i N-udnyttelsen ved at reducere N-gødskning af kløvergræsmarker samt ved en bedre udnyttelse af forfrugtsværdien primært efter kløvergræs. Derved kan indkøbet af handelsgødning reduceres (Kristensen, 1997). Højere udbytter i de hjemmeavlede afgrøder via ændret afgrødevalg vil også ofte bidrage positivt via et reduceret indkøb af tilskudsfoeder. Endelig medfører rettidig udbringning af næringsstofferne i forhold til planternes behov en stor forbedring af næringsstofudnyttelsen.



Figur 14.2 Kg N-overskud på bedriftsniveau pr. ha pr. år som funktion af belægningsgrad udtrykt som kg N ab lager fra husdyrgødning. (Mod. e. Nielsen, 2000).

På alle de undersøgte bedrifter var det teoretisk muligt af reducere N-overskuddet med i størrelsesordenen 10 til 40 kg pr. ha, uden en reduceret animalsk produktion. Begrænsningerne for, at disse forbedringer kan opnås, er knyttet til bedrifternes struktur og driftsledernes prioritering. Ønsker om, at køerne afgræsser, betyder ofte, at rationens N-indhold forøges i forhold til en afstemt staldration, herudover betyder afgræsning ofte, at det er vanskeligt at opnå en optimal udnyttelse af kløvergræssets forfrugtsværdi. Det skyldes, at det pga. af arealernes arrondering er nødvendigt med størst andel af græs tæt på bygningerne og mindst på de fjerne marker.

Modelberegningerne har dog tydeligt illustreret, at der på den konkrete bedrift er en række veje til forbedret N-udnyttelse, men også at det kun kan opnås ved en samtidig vurdering af alle de forhold, der indgår i bedriftens N-omsætning.

Luftformige tab

Langt hovedparten af de luftformige N-tab sker i form af ammoniak, mens en lille del sker i form af lattergas. Ammoniakfordampningen er uønsket, fordi gødningens værdi reduceres gennem tab af kvælstof, fordi ammoniak giver en ubehagelig lugt i stalde og ved udbringning, og fordi en del af ammoniakken falder ned igen med nedbøren på naturområder, hvor der er risiko for, at den vil påvirke den naturlige flora.

Selvom de største N-tab sker i marken, er det ikke uvæsentligt, hvor meget protein køerne tildeles, og hvor stor en andel af foderets protein, der kommer ud i mælken. For det første udskilles ethvert overskud af protein i foderet enten i gødningen eller urinen, og for det andet udskilles ekstra tildeling ud over behovet stort set udelukkende som urea

i urinen. Da det er urin N, der medfører ammoniakfordampning, vil proteinoverskud i foderet øge ammoniakfordampningen både i stalden og fra marken under afgræsning. Ved udbringningen af gylle med et højt kvælstofindhold vil der sandsynligvis også være et højt indhold af ammoniak N, der udgør den største risiko for fordampning.

Den samlede ammoniakfordampning fra kvægbruget afhænger derfor af foderets proteinindhold. Derefter afhænger den af staldtypen. Fordampningen af N fra stalde varierer fra 3 % af det totale N-indhold i bindestalde med riste til 10 % i sengestalde med fast gulv (Poulsen et al., 2001). Fordampningen fra løsdriftsstalde er desuden påvirket af gyllesystemet, idet der er en betydelig højere fordampning fra stalde med ringkanaler og hyppig pumpning af gyllen end i systemer med skrabere på og under spalterne. Under lagringen er der også store forskelle i N-fordampningen. Gylletanke med kvæggylle giver et N-tab på kun 2 %, når flydelaget holdes intakt, medens N-tabet fra f.eks. udækket dybstrøelse er oppe på 30 %, hvoraf størstedelen er ammoniak (Poulsen et al., 2001). Når gødningen udbringes, er både gødningstypen, udbringningsmetoden og tiden, der går, indtil gødningen harves eller pløjes ned i jorden, vigtig for ammoniaktabet.

Tallene i Tabel 14.4 viser udviklingen i N-udskillelsen af dyr og ammoniakfordampningen fra det samlede kvægbrug tilbage fra midten af firserne, som situationen så ud før den første vandmiljøplan. I den forløbne periode på ca. 15 år er den samlede N-udskillelse af dyr fra husdyrproduktionen på landsplan reduceret med ca. 26 %, mens ammoniakfordampningen fra kvægbruget er reduceret med hele 45 %.

Tabel 14.4 Total udskillelse af kvælstof (N) i kvæggødning (tons ab dyr) og ammoniakfordampning (tons N) fra det samlede kvægbrug. Desuden er vist reduktionen i N-udskillelsen pr. kg fedtkorrigeret mælk (EKM) for malkekøer i forhold til 1985-udskillelsen (Kyllingsbæk et al., 2000; Ammoniakfordampning modificeret efter Andersen et al., 2001)

	1985	1990	1996	1999
Total N-udskillelse ab dyr (tons N/år)	175.000	153.000	139.000	129.000
Total ammoniakfordampning (tons N/år)	36.700	30.200	22.200	20.400
Reduktion i N-udskillelsen ab dyr pr. kg EKM	-	~ 6 %	~ 14 %	~ 20 %

Den væsentligste reduktion i det samlede ammoniaktab er sket i tabet under og efter udbringningen, der er reduceret med 13.600 tons fra 1984 til 1999, dels pga. lavere N-mængder ab lager og især pga. bedre udbringningsteknik. Andelen af N ab dyr, der tabes som ammoniak i stald, lager og fra marken, er reduceret fra 21 % i 1984 til 16 % i 1999 (Andersen et al., 2001).

Under omsætning af husdyrgødning i lagre og efter udbringning kan der ved denitrifikation dannes frit kvælstof (N₂) samt små mængder af lattergas, N₂O. Denitrifikationen har tre forudsætninger: (1) Adgang til letnedbrydelige kulstofforbindelser, (2) adgang til nitrat og (3) fravær af ilt (Poulsen et al., 2001). Der findes ingen nitrat i husdyrgødning, så denitrifikation kan kun finde sted, hvis der først dannes nitrat ved den aerobe nitrifikationsproces. Denne proces kan ikke finde sted i ajle og gylle pga. mangel på ilt, så i disse gødningstyper er der ingen denitrifikationstab under lagring. I stakke af fast gødning og dybstrøelse er der umiddelbart efter lagring ilt til stede, så der kan dannes frit kvælstof og lattergas. Under selve komposteringen dannes der ikke frit kvælstof og lattergas, fordi de involverede mikroorganismer er varmfølsomme. Efter afkøling kan processen imidlertid starte igen. Denitrifikationstab kan variere meget, men

i fast kvæggødning regnes der med et tab på ca. 10 % af N, mens der for dybstrøelse regnes med ca. 5 % (Poulsen et al., 2001).

Lattergas fra stalde og gødningslagre bidrager kun med ca. 1 % af den totale drivhusgasemission i Danmark, mens lattergas fra udbragt gødning bidrager med 2 % (Sommer et al., 2001).

Tab ved udvaskning

For den organisk bundne del af N, der især stammer fra fæces, foderrester og strøelse, er det umuligt at undgå et tab, især fordi organisk bunden N først kan optages af planterne efter, at den er omsat til uorganisk N i jorden. Af denne grund vil en væsentlig del af den organiske bundne N først være til rådighed sidst i vækstsæsonen, når planternes behov er lille. Der regnes med, at gennemsnitlig 35 % af den organiske bundne N udvaskes (Grant et al., 2000).

Muligheder for at reducere N-udskillelsen fra malkekøer

Indførelsen af AAT-PBV-systemet til vurdering af kvægets proteinbehov samt stigende ydelse pr. ko – og dermed mindre proteintab til vedligehold pr. kg mælk – har været væsentlige årsager til den reducerede udskillelse af N pr. kg mælk.

Opgørelse af køernes kvælstofudskillelse baseret på data fra 25 Studielandbrug med kvæg i årene 1996 til 1998 viser en kvælstofudskillelse i besætninger med stor race på 135 ± 12 kg pr. årsko, fordelt med 62 ± 6 kg i vinterhalvåret og 73 ± 10 kg pr. ko i sommerhalvåret (Nielsen & Kristensen, 2001). Kvælstofudskillelsen er 15 kg mindre pr. årsko for besætningerne med Jerseykøer end besætningerne med stor race. Ved modelberegninger og analyser blev det klarlagt, at mælkeydelsen, racen, foderrationens indhold af kvælstof og køernes foderudnyttelse kunne forklare 86 % af variationen mellem besætningernes kvælstofudskillelse pr. ko og 80 % af variationen i udskillelsen udtrykt pr. kg EKM.

Analysen viste, at kvælstofudskillelsen reduceres med 5 kg N pr. årsko ved en reduktion af foderets N-indhold med et gram pr. FE, som det fremgår af Tabel 14.5. Kvæ-

stofudskillelsen reduceres med 1 kg pr. årsko ved en forbedring af foderudnyttelsen med 1 procentenhed. Kvælstofudskillelsen stiger med 7 kg N pr. årsko, når besættningens ydelsesniveau stiger 1000 kg EKM pr. årsko, uanset race. En tilsvarende analyse på data fra periodefoderkontrollen (Poulsen et al., 1997) viste 5 kg ekstra N-udskillelse pr. ko pr. g ekstra N pr. FE samt 1,5 kg N mindre pr. ko ved en stigning i fodereffektiviteten på 1 procentenhed og 9 kg N pr. ekstra 1000 kg EKM. Effekten af disse faktorer var altså af samme størrelsesorden i disse to datasæt fra praktiske landbrug.

Kvælstofudskillelsen pr. kg EKM reduceres med 0,1 gram, når foderudnyttelsen øges med en procentenhed og reduceres med 0,6 g ved en reduktion i foderets N-indhold med 1 gram/FE (Nielsen & Kristensen, 2001). Kvælstofudskillelsen pr. kg EKM falder med 1,1 g, når ydelsen stiger 1000 kg EKM.

Tabel 14.5 Kvælstofudskillelsen pr. årsko og pr. kg EKM for stor race som funktion af ydelsen, fodereffektiviteten og foderrationens kvælstofindhold på 15 Studielandbrug (Nielsen & Kristensen, 2001)

		Kvælstofudskillelse, kg N pr. årsko	Kvælstofudskillelse, gram N pr. kg EKM
Ydelse, kg EKM	7000	116	17,2
	8000	123	16,1
	9000	130	15,0
Foderudnyttelse, %	80	128	16,7
	85	123	16,1
	90	118	15,6
N i foder, g N pr. FE	27	118	15,6
	28	123	16,1
	29	128	16,7

14.4. Fosfor

Fosfor er et livsnødvendigt næringsstof. Det er derfor nødvendigt, at foderet til husdyr indeholder fosfor. Hovedparten af det fosfor, der findes i dyrekroppen, er aflejret i knoglerne sammen med kalcium. Resten findes i en lang række stoffer, som har betydning for energiomsætning, celledeling, cellestruktur m.v. Fosfor spiller derfor både produktions- og sundhedsmæssigt en vigtig rolle, og det er vigtigt, at husdyrene får tilstrækkeligt med fosfor til dækning af deres fysiologisk betingede behov. Derfor har der hidtil været fokuseret meget på, at vore husdyr ikke skulle mangle fosfor. Med stigende husdyrbelægning pr. ha er der en øget opmærksomhed på, at overskydende fosfor fra husdyrproduktionen har negativ betydning for især vandmiljøet, og der er derfor fokus på at begrænse fosforindholdet i husdyrgødning.

Fosforudskillelsen

Fosforudskillelsen afhænger af balancen mellem tilførsel af fosfor (P) med foderet og aflejringen af P i dyr og produkter. Aflejringen pr. produceret enhed er stort set kon-

stant, og derfor spiller indhold og fordøjelighed af P i foderet en stor rolle for udskillelsen. Tabel 14.6 viser, at den gennemsnitlige udskillelse af fosfor pr. årsko af tung race er faldet fra 1996 frem til 2003, idet den dog er steget lidt fra 2000 til 2003. Faldet efter 1996 skyldes en reduktion i normen for fosfortildeling i 1997. Stigningen i P-udskillelsen med gødning de seneste år skyldes en samtidig ydelsesfremgang. Samme stigning af mælkeydelsen betyder imidlertid, at fosforudskillelsen pr. kg produceret mælk er faldet i perioden. Udskillelsen af fosfor fra opdræt og ungtyre er derimod konstant over hele perioden, da der ikke er sket ændringer af normen eller produktionsform. Som nævnt i kapitel 8, er P-normen til malkekøer igen reduceret i 2003.

Hvis fosforudskillelsen for de enkelte dyregrupper standardiseres til dyreenheder (DE) (Plantedirektoratet, 2002) og sættes i forhold til de gældende harmonikrav, så er den aktuelle (2003-niveau), gennemsnitlige udskillelse af fosfor med husdyrgødningen pr. ha som vist i Tabel 14.7.

Tabel 14.6 Beregnet gennemsnitligt fosforindhold i gødningen fra kvæg i perioden 1996 til 2003

	1996	2000	2003
Årsmalkeko, kg/dyr/år	23,0	20,2	20,8
Kg P pr. DE, tung race	19,6	17,2	17,7
Kg mælk pr. årsko, tung race	7500	7659	8243
Pr. kg produceret mælk, g	3,1	2,6	2,5
Opdræt (0-28 mdr.), kg/dyr/år	5,9	5,9	5,9

Tabel 14.7 Fosforudskillelse fra kvæg (gns. af tung race og Jersey i 2003) pr. ha ved henholdsvis 1,7 og 2,3 DE pr. ha

		Malkekøer og kvier	Ungtyre
Beregnet fosforudskillelse ved:	1,7 DE/ha	30 kg/ha	38 kg/ha
	2,3 DE/ha	41 kg/ha	52 ka/ha

Bortførslen af P med afgrøderne på et kvægbrug er i størrelsesordenen 20 til 27 kg P pr. ha og afhænger af sædskiftet, jordens bonitet og en række andre faktorer (Knudsen, 1998). Ifølge Danmarks Statistik (2002) var den gennemsnitlige husdyrtæthed på alle kvægbrug 1,5 DE pr. ha i 2001. Clausen (upubl.) fandt på baggrund af oplysninger fra driftsregnskaber fra 38 % af kvægbrugene i 2000, at 54,7 % af bedrifterne havde mindre end 1,7 DE pr. ha, mens 31 % havde mellem 1,7 og 2,3 DE pr. ha, og 14,3 % havde mere end 2,3 DE pr. ha. Det viser, at på hovedparten af alle kvægbrug vil der være et fosforoverskud på bedriften med det nuværende tildelingsniveau.

Fosforudnyttelse

Kvægets udnyttelse af foderets fosfor til aflejrning i tilvækst og mælk er relativt lav med et gennemsnitligt udnyttelsesniveau i intervallet 15 % til 30 %. De resterende 70 % til 85 % udskilles med gødningen (urin plus fæces), se Tabel 14.6 og 14.7. På basis af den nuværende viden er en udnyttelsesgrad på 40 % formentlig det maksimalt opnåelige

hos malkekøerne, og 35 % udnyttelse vil være et realistisk mål i praksis. Den lave potentielle udnyttelse skyldes primært drøvtyggernes specielle fysiologi, hvor fosfor recirkuleres til mave-tarmkanalen i stort omfang.

Danske malkekøer udnytter med det nuværende ydelsesniveau (2001/2002) gennemsnitligt ca. 28 % af det tildelte fosfor til aflejrning i mælk og tilvækst og udskiller ca. 18 kg P i gødningen pr. DE svarende til 18-21 kg P pr. årsko (Tabel 14.8, midterste to kolonner). Tabel 14.8 viser yderligere fosforudskillelsens følsomhed for udsving i mælkeydelse og foderets P-indhold. En stigning i ydelsesniveauet på ca. 7 % vil ved uændret P-koncentration i foderet medføre øget udskillelse på ca. 3 % pr. DE og en reduceret udnyttelse af P. De to sidste søjler i Tabel 14.8 viser beregningernes følsomhed over for foderets fosforkoncentration. Hvis indholdet af P i foderet kan reduceres til ca. 3,8 g pr. FE, kan udskillelsen af P reduceres betydeligt (Tabel 14.8), og udnyttelsen kan nå ca. 35 %.

Tabel 14.8 Malkekøernes fosforudskillelse og -udnyttelse ved varierende ydelsesniveau og fosforindhold i foderet. Baseret på Poulsen et al. (2001), Barret & Stendal (2003) samt opgørelser fra periodefoderkontrol i kvægbesætninger i perioden 1995-1998 (Kjeldsen & Aaes, 1999)

	”Ydelse før” ¹⁾		”Ydelse nu” ²⁾		”Ny P-norm” ³⁾	
	Tung	Jersey	Tung	Jersey	Tung	Jersey
Ydelse (kg pr. årsko)	7659	5460	8243	5824	8243	5824
P (g pr. FE)	4,6		4,6		3,8	
P-udnyttelse (%)	28	27	29	27	35	33
P i gødning (kg pr. årskyr/enhed)	20,2	17,1	20,8	17,6	15,7	13,4
P i gødning (kg pr. DE) ⁴⁾	17,2	17,1	17,7	17,6	13,3	13,4
P i gødning (g pr. kg prod. mælk)	2,6	3,1	2,5	3,0	1,9	2,3

1) Som i Poulsen et al. (2001): Ydelse på 1998/1999-niveau, P-niveau i foder baseret på PFK 1996-1998

2) Ydelse på 2001/2002-niveau, P-niveau baseret på PFK 1996-1998

3) Ydelse på 2001/2002-niveau, P-niveau ny norm på 3,8 gram pr. FE

4) Dyreenhed (DE), beregnet efter Plantedirektoratet (2002).

Tabel 14.9 Udskillelse og udnyttelse af fosfor hos kvier (opdræt) og ungtyre. Baseret på Poulsen et al. (2001) samt opgørelser fra periodefoderkontrol i kvægbesætninger i perioden 1995-1998 (Kjeldsen & Aaes, 1999)

Enhed Race	Kvier		Ungtyre	
	Tung	Jersey	Tung	Jersey
P (g pr. FE)		4,5		5,2
P-udnyttelse (%)		13		22
P i gødning (kg pr. årsdyr/enhed) ¹⁾	5,9	4,5	7,3	5,5
P i gødning (kg pr. DE)	17,1	18,0	21,4	24,7

¹⁾ Opgjort pr. årsdyr for kvier og pr. produceret enhed for ungtyre.

Tabel 14.9 viser, at kvierne udnytter ca. 13 % af det tildelte fosfor og udskiller 17 til 18 kg P pr. DE, mens ungtyrerne udnytter ca. 22 % af det tildelte fosfor, men udskiller 21 til 25 kg P pr. DE.

Muligheder for at forbedre fosforudnyttelsen

En øget udnyttelse forudsætter, at der fodres mere præcist og tættere på dyrenes individuelle fysiologiske behov. Det stiller krav til viden om dyrenes behov samt fodermidlernes indhold og fordøjelighed af P samt til den praktiske fodring af det enkelte dyr. Mulighederne for en forbedring af fosforudnyttelsen ligger således inden for følgende fire punkter:

1. at dyrenes fysiologiske behov er veldefinerede
2. at foderets P-indhold er veldefineret og har en høj "fordøjelighed"
3. at fodringsnormerne afspejler behov og fordøjelighed
4. at dyrenes i praksis tildeles P efter deres aktuelle behov.

Aflejringen af P ved forskellige livsytringer (f.eks. tilvækst og mælkeproduktion) er forholdsvis veldefineret, mens der er nogen usikkerhed om behovet til vedligehold og om absorptionseffektiviteten. Behovet til vedligehold udgør en væsentlig del af dyrets samlede P-behov, men er reelt et tab af P

med gødningen, og det er hovedårsagen til, at det med den nuværende viden næppe er realistisk at opnå en udnyttelsesgrad af foderets fosfor på over 40 %. Der kan således på lang sigt ligge et væsentligt forbedringspotentiale i ny viden om vedligeholdelsesbehovet og den underliggende fysiologi, specielt absorptionseffektiviteten for P.

Normerne i Danmark og de lande, vi normalt sammenligner os med, er faktorielle og fremkommer ved at summere behovet for absorberet P til vedligehold, vækst, laktation og drægtighed og dividere denne sum med udnyttelseskoefficienten for P i foderet. Udnyttelseskoefficienten er et produkt af tilgængelighed og absorptionseffektivitet, men indeholder også en sikkerhedsmargin for de usikkerheder, der måtte være. Det kan f.eks. være usikkerhed om tilgængelighed og absorptionseffektivitet, men også om variation i fodermidlernes P-indhold og om validiteten af det beregnede P-behov. Disse usikkerheder medfører, at udnyttelseskoefficienterne generelt har været lave, samt at normerne generelt har været relativt høje i forhold til koens behov.

Der er en betydelig variation i fodermidlernes P-indhold, især mellem forskellige typer (Møller et al., 2000), men også inden for de enkelte fodermiddeltyper (Kertz, 1998; Bosson et al., 2000). Men adgang til billige foderanalyser giver mulighed for at planlægge

tildelingen af P mere præcist og reducere sikkerhedsmargin i normerne. Fodermidlernes naturligt høje indhold af P vil imidlertid i mange tilfælde begrænse muligheden for at nedregulere fosfortildelingen i praksis. P-indholdet i græs og kløvergræs ligger tæt på eller over normen, og de proteinrige tilskudsfodermidler har et meget højt P-indhold. Korn (undtagen havre) og helsædsensilagerne (inkl. majsensilage) har derimod et generelt lavere P-indhold, hvorfor disse kan anvendes til at skabe balance i rationen.

Der mangler derimod viden om tilgængeligheden af P i fodermidler, der anvendes til kvæg, og derfor er såvel de eksisterende danske normer (Strudsholm et al., 1999) som AFRC (1991) baseret på total P i foderet, og normerne inkluderer en sikkerhedsmargin, som tager hensyn hertil. Det er dog en oplagt mulighed for forbedring af kvægets fosforudnyttelse at skabe ny viden om tilgængeligheden af P i fodermidlerne og om de faktorer, som påvirker denne. Omkring to tredjedele eller mere af fosforindholdet i korn, produkter af oliefrø, og biprodukter af korn er organisk bundet i fytat, hvorimod blade og stængler indeholder meget lidt fytatbundet fosfor (Nelson et al., 1976). Det høje indhold af fytat P i kraftfodermidlerne (f.eks. korn og raps) har indtil nu ikke været anset for et problem hos kvæg i relation til tilgængeligheden af P på grund af aktiviteten af mikrobiel fytase i formaverne (Morse et al., 1992). Nye studier indikerer imidlertid, at den totale fordøjelighed af fytat P i kraftfodermidlerne bliver signifikant reduceret ved varme- eller formaldehydbehandling (Bravo et al., 2000; Park et al., 2000; Sehested & Weisbjerg, 2001). Sehested & Weisbjerg (2001) viste, at tilgængeligheden af P fra almindelige fodermidler i vommen hos køer varierede mellem 69 % og 97 %, mens den totale tilgængelighed af P i vom og tarm varierede mellem 29 % og 100 % for de mi-

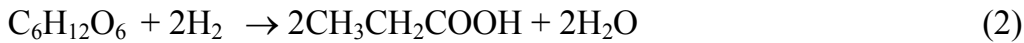
neralske P-kilder og mellem 88 % og 99 % for de organiske P-kilder. Bravo et al. (2000) viste, at vomtilgængeligheden varierede mellem 64 og 89 % for almindelige kraftfodermidler og mellem 33 og 77 % for formaldehydbehandlede kraftfodermidler. Der er således et potentiale for en øget P-udnyttelse i at bestemme tilgængeligheden af P i foderet og derigennem at få mulighed for at angive normen som tilgængeligt P og vælge fodermidler med høj tilgængelighed.

I Danmark er det sjældent muligt at fodre dyrene individuelt i henhold til den faktorielle norm. I praksis fodres grupper af dyr sammen, og den praktiske anvendelse af normerne i de fleste fodringsplanlægningsværktøjer er et koncentrationsinterval i foderet afhængig af dyregruppe. Afhængigt af hvor inhomogene grupperne er, kan dette medføre større eller mindre afvigelser for det enkelte dyr og dermed en reduceret P-udnyttelse.

En væsentlig diskussion er, om P-behovet og -tildelingen kan anskues over en reproduktionscyklus som helhed (pr. årsko), dvs. om koen kan mobilisere P fra kropspuljerne (knogler) i nogle perioder og oplagre P i andre, uden at det påvirker livsyttringerne i væsentlig grad? De hidtidige forsøg på dette område viser, at dette er muligt i begrænset omfang, idet mobilisering og deponering af knoglepuljen styres af calciumhomeostasen (NRC, 2001). Anvendelse af denne model vil i givet fald kræve, at Ca og P anskues som en enhed i fodringen.

14.5 Metan

Drøvtyggenes metanproduktion i vommen samt i mindre udstrækning i blindtarm og tyktarm er en naturlig følge af den anaerobe mikrobielle omsætning, der foregår i disse afsnit af fordøjelseskanalen.



Figur 14.3 Støkiometriske ligninger for omsætningen af foderets kulhydrater i vommen.

Da metandannelse i fordøjelseskanalen – ud over de miljømæssige aspekter – medfører et betydeligt energitab, er det af stor interesse at begrænse dette tab mest muligt.

Metandannelsen i vommen

Metan dannes i forbindelse med den mikrobielle omsætning af foderets kulhydrater i drøvtyggerens fordøjelseskanal. Dette er skitseret i Figur 14.3, der viser de støkiometriske ligninger for omsætningen af foderets kulhydrater i vommen. Metandannelse forekommer ved, at frit brint og kuldioxid omdannes til metan og vand (ligning 4). I forbindelse med forgæringen i vommen er produktion af eddikesyre og smørsyre forbundet med dannelse af frit brint (ligning 1 og 3), hvorimod produktion af propionsyre er forbundet med et forbrug af brint (ligning 2). Fordelingen mellem disse syrer i vommen vil følgelig have indflydelse på hvor meget brint, der er til rådighed for produktion af metan i vommen.

Forgæringsprocesser i vommen, der medfører en stor produktion af propionsyre, er følgelig forbundet med en lav produktion af metan, hvorimod produktion af eddikesyre og smørsyre er forbundet med en høj produktion af metan, da forgæring til disse slutprodukter er ledsaget af produktion af brint, hvorimod dannelsen af propionsyre er brintforbrugende.

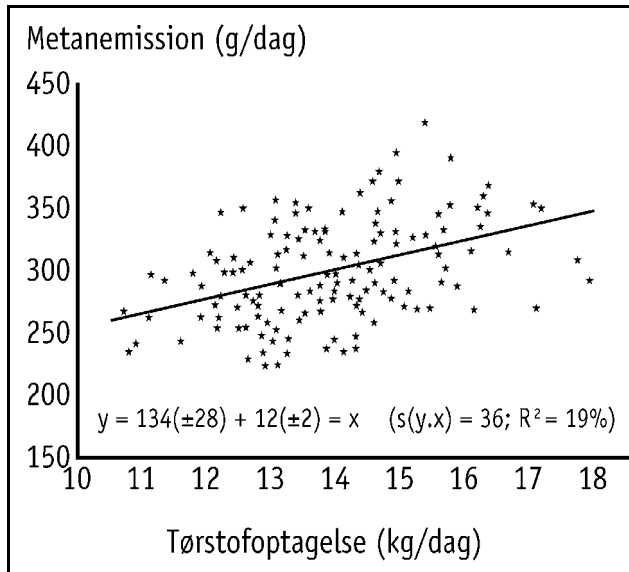
Kvantificering af metanemission

Metan er energirig, og derfor medfører dannelsen af metan i fordøjelseskanalen et

energitab, som afhænger af forgæringsmønsteret. Som gennemsnit af en roe- og ensilagegeneration med et normalt forgæringsmønster og ved et foderniveau på ca. 18 kg tørstof beregnede Hvelplund (1983) en metanproduktion i vommen på ca. 540 l pr. døgn og i blind- og tyktarm på ca. 65 l. Udtrykt som % af bruttoenergien i det optagne foder androg metanproduktionen 6,5 %. Det er i god overensstemmelse med andre undersøgelser som f.eks. Pelchen et al. (1998) og Yan et al. (2000), der fandt, at metanproduktionen udgjorde 5,6 % henholdsvis 6,8 % af bruttoenergien.

Da metandannelsen er kædet sammen med først og fremmest eddikesyre- og smørsyreproduktionen, som vist i Figur 14.3, vil metandannelsen følge mønstret for produktion af kortkædede syrer. En øgning i foderniveauet vil normalt forskubbe forgæringsmønstret i retning af større andel propionsyre og en lavere andel eddike- og smørsyre, både ved uændret rations sammensætning men især ved øget kraftfoder/grovfoderforhold (Sutton et al., 1988). Således kan det forventes, at andelen af bruttoenergi, der tabes i metan, falder ved øget foderniveau, og det kan forventes, at faldet afhænger af rationens kraftfoder/grovfoderforhold og fordøjelighed. Desuden medfører et øget foderniveau også en større passagehastighed af foder og mikrober ud af vommen og dermed en lavere fordøjelighed af foderet i vommen og en øget effektivitet af den mikrobielle syntese, der betinger, at forholdet mellem produceret mikrobielt stof og kortkædede

syrer bliver forskubbet i retning af mikrobielt stof, hvilket reducerer det afledte metantab. Metanproduktionen hos malkekøer er dog påvirket af mange andre faktorer end foderoptagelsen, hvorfor der er en betydelig variation i den målte metanemission som funktion af foderoptagelsen. Det fremgår af Figur 14.4.



Figur 14.4 Metanemissionen fra lakterende køer som funktion af tørstofoptagelsen (Kirchgessner et al., 1995).

En model præsenteret af Kirchgessner et al. (1995) baseret på optagelsen af træstof, NFE, råprotein og råfedt viser, at det især er rationens indhold af cellevægskulhydrater (træstof), der betinger metanproduktionen, mens fedttilskud reducerer metanproduktionen. Det er vist i nedenstående formel.

$$\begin{aligned} \text{Metan (g/dag)} = & 63 + 79(\text{kg træstof/dag}) + \\ & 10(\text{kg NFE/dag}) + 26(\text{kg råprotein/dag}) - \\ & 212(\text{kg råfedt/dag}) \\ R^2 = & 0,69 \text{ og } S_{y,x} = 22 \end{aligned}$$

Metoder til begrænsning af metanproduktionen

Da metanproduktionen i vommen medfører et betydeligt energitab, har der været stor interesse for at begrænse metanproduktionen gennem manipulation med vomomsætningen. En lang række tiltag har været afprøvet med hensyn til foderets sammensætning, formalingsgrad af foderet, foderniveau, kraftfoder/grovfoderforhold etc. En lang række kemiske stoffer har ligeledes været afprøvet. Disse spænder fra forskellige klorbrinter, ionophorer til forskellige antibiotika. Desuden har langkædede fedtsyrer, der er en naturlig del af foderet, en betydelig effekt på metanproduktionen i vommen.

De faktorer ved foderet, der medfører forskellig metandannelse, er primært relateret til, hvor stor del af foderet der forgæres i forhold til den mængde, der fordøjes enzymatisk i tyndtarmen. Dette har både relation til fordøjeshastighed af kulhydratfraktionen, men også i stor udstrækning til passagehastigheden af materiale ud af vommen, da en høj passagehastighed vil medføre en lavere fordøjelighed i vommen. En høj passage vil være positiv for kulhydrater, der kan fordøjes i tarmen. Derimod er det mere kompliceret for cellevægskulhydrater, da en forøget passage af cellevægskulhydrater ud af vommen i bedste fald blot vil medføre en forskydning af fordøjelsen fra vommen til tyktarmen uden indflydelse på metanproduktionen, og i værste fald en reduktion af cellevægskulhydraternes fordøjelighed og dermed en lavere foderudnyttelse og selvfølgelig også en reduktion i metandannelsen. Med hensyn til metandannelse er det således kun de kulhydrater, der kan fordøjes i tarmen, som det giver mening at manipulere, da en fuld udnyttelse af potentialet i cellevægskulhydrater kræver fermentering og følgelig også er forbundet med metandannelse. Passagehastighedens indflydelse på

metandannelsen er bl.a. vist af Okine et al. (1989), der fandt en 30 % reduktion i metandannelsen, når passagehastigheden blev fordoblet.

En anden og vigtig egenskab ved foderet er fordelingen mellem de forskellige kulhydratfraktioner, der vil have en markant effekt på forgæringsmønstret og dermed på metandannelsen, som vist i Figur 14.3. Rationer med et højt indhold af stivelse, som forgæres i vommen, favoriserer dannelse af propionsyre og dermed en lav metandannelse. Grovfoderrige rationer derimod favoriserer dannelsen af eddikesyre, som betinger en stor metanproduktion. Dette er vist i en lang række undersøgelser af bl.a. Johnson & Johnson (1995), der fandt, at metanproduktionen på grovfoderrige rationer androg 6-7 %, og på kraftfoderrige rationer 2-3 % af bruttoenergien i foderet.

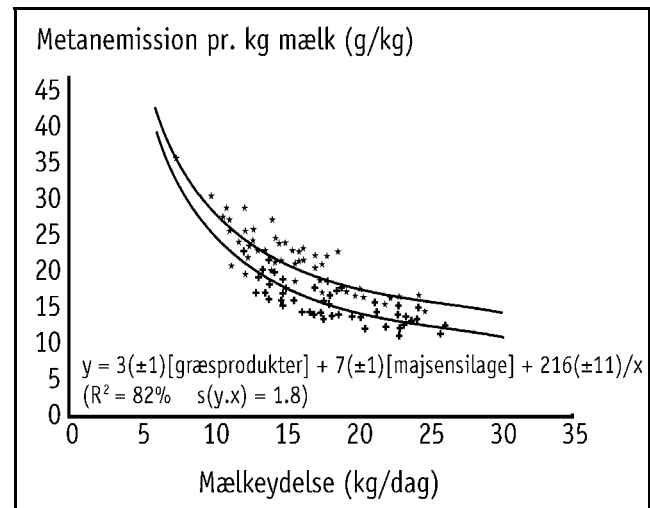
En tredje faktor af betydning er foderets indhold af fedt, som det fremgår af ovennævnte formel til beregning af metanemissionen, hvor fedt bidrager negativt til metandannelsen. Oprindeligt blev det antaget, at effekten alene skyldtes, at brint blev forbrugt under mætningen af de umættede fedtsyrer, men senere forsøg har vist, at også mættede langkædede fedtsyrer inhiberer metanproduktionen (van Nevel, 1991; McAllister et al., 1996). Baggrunden for fedtsyrernes effekt på metanproduktionen synes nu at kunne sammenfattes i, at langkædede fedtsyrer er direkte toksiske for metanogene bakterier, protozoer og gram-positive cellulolytiske bakterier (McAllister et al., 1996), og at det er denne kombinerede effekt af langkædede fedtsyrer, der betinger effekten på metanproduktionen i vommen.

Ved brug af høje fedtniveauer i rationen anbefales, at en del af fedtet skal være beskyttet fedt som f.eks. kalciumforsæbede fedtsy-

rer for at undgå et fald i cellevægskulhydraternes fordøjelse i vommen. Hvorvidt denne forsæbning af fedtsyrerne medfører en reduceret effekt af fedtsyrernes evne til at reducere metanproduktionen er ikke klarlagt, men det er vist, at forsæbede fedtsyrer stadig kan hydrogeneres i vommen (Fotouhi & Jenkins, 1992), men brintforbruget i denne proces vil være minimal og ikke have nævneværdig indflydelse på mængden, der er til rådighed for produktion af metan.

Forøget produktivitet

En mulighed for at reducere metanudskillelsen er at øge produktiviteten pr. dyr. Selvom dette medfører en øget udskillelse pr. dyr, vil det medføre en lavere metanudskillelse pr. enhed af produkt (mælk eller kød), der produceres. En reduktion i den totale metanemission vil således kun opnås, hvis produktionens omfang holdes konstant (total mælk eller kød), men fra færre dyr. Udviklingen går i denne retning og der er intet, der tyder på, at den vil stoppe.



Figur 14.5 Metanemissionen pr. kg produceret mælk som funktion af mælkeydelsen (★: grovfoder baseret på græsprodukter; +: grovfoder baseret på majsensilage) (Kirchgeßner et al., 1995).

Produktionsniveauets betydning for metanemissionens størrelse er vist i Figur 14.5, der klart illustrerer den faldende metanproduktion pr. kg mælk, når ydelsen af mælk stiger. Figuren viser også, at majsensilage har lavere metandannelse end græsensilage.

14.6 Afslutning og perspektiver

Kravene om reduceret belastning af det omgivende miljø vil givet forstærkes i fremtiden. Kvægbruget vil have gode muligheder for at kunne imødekomme disse krav, da der er potentiale for en miljøvenlig drift. Det vil dog kræve god styring af både input og output. En af de gennemgående muligheder for reduceret belastning pr. produceret enhed ligger i øget produktion på det enkelte dyr, men der er også store muligheder i en bedre styring og præcision i tildelingen af næringsstoffer i forhold til dyrenes fysiologiske behov.

Der vil imidlertid aldrig kunne opnås en N-balance på 0 på et kvægbrug, men der er muligheder for at øge N-udnyttelsen og derved reducere N-overskuddet. Det gælder i dyrene, men også på bedriften som helhed. Anvendelse af ny teknologi kan reducere N-emissionen væsentligt, og forbedret dyrkningsteknik kan øge N-udnyttelsen i marken.

Anderledes forholder det sig med fosfor. Her kan der skabes P-balance på bedriftsniveau. Kvægets fosforudnyttelse kan formentlig ikke øges over et niveau på 35 % til 40 %, svarende til en fosforudskillelse pr. årsko (tung race) på mellem 12 og 15 kg P, men fosforudnyttelsen kan optimeres ved at fodre præcist i forhold til dyrets fysiologiske behov med lettilgængelige fosforkilder. Muligheden for at gennemføre dette begrænses dog af utilstrækkelig viden om tilgængeligheden af P i fodermidlerne, at fodermidlerne generelt har et relativt højt niveau af P, samt

af at det sjældent er muligt at fodre dyrene individuelt.

Metandannelsen i drøvtyggernes fordøjelseskanal repræsenterer et betydeligt energitab, som i gennemsnit andrager ca. 6 % af foderets bruttoenergi hos malkekøerne. En lang række faktorer med relation til foderet øver indflydelse på dannelsen af metan, og det kan udnyttes med reduktion for øje. Fremtidige perspektiver kunne være en ændring af populationen af mikroorganismer i vommen. Det kunne f.eks. være, at de acetogene bakteriers konkurrence i vommen øges ved at reducere antallet af metanogene bakterier ved brug af bakteriofager eller bakteriociner, der er specifikke mod metanogene bakterier. Dette vil kunne ændre forgæringsmønstret fra produktion af metan og dermed øge energiudnyttelsen.

En større sikkerhed på behov og normer vil også spille en rolle for de forskellige miljøpåvirkninger i den udstrækning, at kvægbrugeren er motiveret for at anvende normerne. Den motivation kan evt. styrkes, hvis de regler, der skal regulere kvægbrugets miljøpåvirkninger, får en udformning, så den enkelte landmand kan opnå en miljøeffekt af sine tiltag samtidig med, at der er et økonomisk incitament for den enkelte til at reducere miljøpåvirkningen.

14.7 Referencer

AFRC 1991. AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorous requirements of sheep and cattle. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B), 61, 573-612.

Andersen, J.M., Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B., Sommer, S.G. & Hutchings, N.J. 2001. Ammoniakemission fra landbruget siden midten af 80'erne. Faglig Rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 353, 48 pp.

- Barret, T., Stendal, M. (eds.) 2003. Årsrapport 2002, Dansk Kvæg. Landbrugets Rådgivningscenter, 56 pp.
- Bossen, D., Kjeldsen, A.M., Aaes, O. 2000. Mineralindhold i grovfoder fra høsten år 2000. LK-meddelelse nr. 566. Landskontoret for Kvæg, 2 pp.
- Bravo, D., Meschy, F., Bogaert, C., Sauvant, D. 2000. Ruminant phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique. *Reprod. Nutr. Develop.* 40, 149-162.
- Børsting, C.F., Kristensen, T., Misciattelli, L., Hvelplund, T. & Weisbjerg, M.R. 2003. Reducing nitrogen surplus from dairy farms. Effects of feeding and management. *Livest. Prod. Sci.* 83, 165-178.
- Clausen, S. (upubl.). En vurdering af hvilke konsekvenser strammere harmonikrav får for kvægbruget. Landbrugets Rådgivningscenter, 5 pp.
- Danmarks Statistik 2002. Landbrug 2001, Statistik om landbrug, gartneri og skovbrug, 274 pp.
- Fotouhi, N. & Jenkins, T.C. 1992. Ruminant biohydrogenation of linoleoyl methionine and calcium linolate in sheep. *J. Anim. Sci.* 70, 3607-3614.
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, V., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H.D., Børsting C.F., Jørgensen, J.O., Schou, J.S., Kristensen, E.S., Waagepetersen, J. & Mikkelsen, H.E. 2000. Vandmiljøplan II – midtvejsevaluering. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser. ISBN: 87-7772-582-4, 65 pp.
- Husdyrgødningsbekendtgørelsen, 2002. Bekendtgørelse om erhvervsmæssig dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. BEK. nr 604.
- Hvelplund, T. 1983. Kvantitative aspekter af fordøjelsen hos malkekoen. 551. Ber., 11.1-11.23.
- Johnson, K.A. & Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 2483-2492.
- Kertz, A.F. 1998. Variability in delivery of nutrients to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:11, 3075-3084.
- Kirchgesner, M., Windisch, W. & Müller, H.L. 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In: Engelhardt, W.v., Leonhard-Marek, S., Breves, G. & Giesecke, D. (eds.). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings VIII International Symp. on Ruminant Physiology*, 333-348.
- Kjeldsen, A.M. & Aaes, O. 1999. Produktionsresultater i besætninger med periodefoderkontrol (PFK). Temadag om aktuelle fodringsspørgsmål, mandag den 30. august 1999. Landbrugets Rådgivningscenter, 31-41.
- Knudsen, L. 1998. Pas på Fosfor. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, 19 pp.
- Kristensen, I.S. 1997. N-overskud på kvægbedriften – afgrødevalg, belægning, produktionsniveau og udnyttelse af husdyrgødning. I: Intern rapport nr. 91. Bilag til temamøde 29. maj 1997, Forskningscenter Foulum.
- Kyllingsbæk, A., Børgesen, C.D., Andersen, J.M., Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Vinther, F., Heidmann, T., Jørgensen, V., Simmelsgaard, S.E., Nielsen, J., Christensen, B.T., Grant, R., & Blicher-Machiesen, G. 2000. Kvælstofbalancer i dansk landbrug. Mark- og staldbalancer. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning, 74 pp.
- McAllister, T.A., Okine, E.K. Mathison, G.W. & Cheng, K.J. 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 76, 231-243.
- Morse, D., Head, H.H., Wilcox, C.J. 1992. Disappearance of phosphorus in phytate from concentrates in vitro and from rations fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1979.
- Møller, J., Thøgersen, R., Kjeldsen, A.M., Weisbjerg, M., Søgaard, K., Hvelplund, T. og Børsting, C.F. 2000. Fodermiddeltabel, sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Rapport nr. 91, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 52 pp.
- Nelson, A.B., Daniels, L.B., Hall, J.R., Shields, L.G. 1976. Hydrolysis of natural phytate phosphorus in the digestive tract of calves. *J. Anim. Sci.* 42, 1509-1512.

- Nielsen, A.H. 1999. Næringsstoffer, produktion og penge. Næringsstofbalancer i 1998; Studielandbrug Årsrapport 1999, Landbrugets Rådgivningscenter, 11-18.
- Nielsen, A.H. 2000. Aktiv brug af næringsstofbalancer. Studielandbrug Årsrapport 2000, Landbrugets Rådgivningscenter, 17-21.
- Nielsen, A.H. & Kristensen, T. 2002. N overskuddet og kvægbedriftens tilpasningsmuligheder. Intern rapport nr. 157 (kvælstofbalancer på landbrugsbedriften – status og perspektiver, Danmarks JordbrugsForskning, 67-82.
- Nielsen, N.M. & Kristensen, T. 2001. Malkekøernes kvælstofudskillelse og udnyttelse på private kvægbedrifter. DJF rapport, Husdyrbrug nr. 33, 34 pp.
- NRC 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, chapter 6. National Research Council. National Academy Press, USA, 105-161.
- Okine, E.K., Mathison, G.W. & Hardin, R.T. 1989. Effect of changes in frequency og reticular concentrations on fluid and particulate passage rates in cattle. *J Anim. Sci.* 67, 3388-3396.
- Park, W.-Y., Matsui, T., Yano, F., & Yano, H. 2000. Heat treatment of rapeseed meal increases phytate flow into the duodenum of sheep. *Anim. Sci. Tech.* 88, 31-37.
- Pelchen, A., Peters, K.J. & Holter, J.B. 1998. Prediction of methane emissions from lactating dairy cows. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 41, 553-563.
- Plantedirektoratet 2002. Vejledning og skemaer, mark og gødningsplan, gødningsregnskab, plantedække, harmoniregler, ændringer i ejer- og brugerforhold, 2002/03. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 99 pp.
- Poulsen, H.D., Børsting, C.F., Rom, H.B. & Sommer, S.G. 2001. Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning – normtal 2000. DJF rapport, Husdyrbrug nr. 36, 152 pp.
- Poulsen, H.D. & Kristensen, V.F. 1997. Normtal for husdyrgødning. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium. Beretning nr. 736 fra Danmarks JordbrugsForskning, 165 pp.
- Poulsen, H.D., Lund, P., Fernandéz, J.A. og Holm, P.B. 2003. Notat vedr. muligheder for at reducere husdyrgødningens indhold af kvælstof via fodringen, Danmarks JordbrugsForskning, 40 pp.
- Sehested, J. & Weisbjerg, M.R. 2001. Availability of dietary phosphorus in cattle. In: Book of abstracts no 7, 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Budapest, Hungary, 26-29 August 2001, 121.
- Sommer, S.G., Møller, H.B. & Petersen, S.O. 2001. Reduktion af drivhusgas-emission fra gylle og organisk affald ved biogasbehandling. DJF Rapport, Husdyrbrug nr. 31, 53 pp.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hvelplund, T. og Østergaard, S. 1999. Danske fodernormer til kvæg. Rapport nr. 84, Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg, 47 pp.
- Sutton, J.D., Broster, W.H., Schuller, E., Napper, D.J., Broster, V.J. & Bines, J.A. 1988. Influence of plane of nutrition and diet composition on rumen fermentation and energy utilization by dairy cows. *J. Agric. Sci., Camb.* 110, 261-270.
- Van Nevel, C.J. 1991. Modification of rumen fermentation by the use of additives. In: Jouany, J.P. (ed.). Rumen microbial metabolism and ruminant digestion, INRA Editions, Paris, 263-280.
- Yan, T., Agnew, R.E., Gordon, F.J. & Porter, M.G. 2000. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livest. Prod. Sci.* 64, 253-263.

Mælkens sammensætning og kvalitet

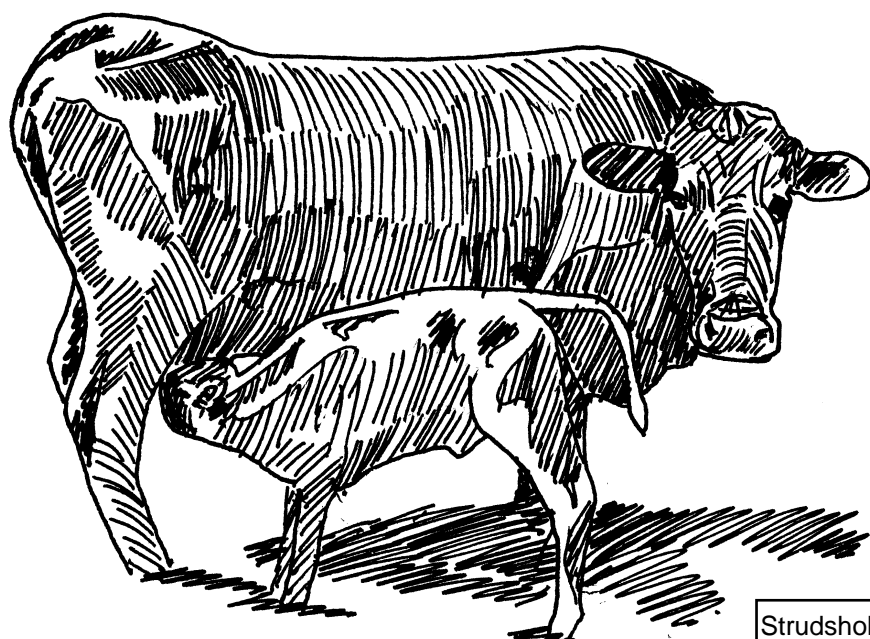
af John Erik Hermansen ¹⁾, Jacob Holm Nielsen ²⁾,
Lotte Bach Larsen ²⁾ og Kristen Sejrsen ³⁾

15

¹⁾ Afd. for Jordbrugsproduktion og Miljø,

²⁾ Afd. for Råvarekvalitet og

³⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

15.1 Indledning

Mælkens sammensætning og kvalitet er af stor betydning for mælkens ernæringsværdi og egnethed til fremstilling af mejeriprodukter og dermed for mælkens værdi. Betydningen af begrebet mælkekvalitet er mangeartet. Tidligere defineredes mælkekvalitet ofte som de egenskaber ved mælken, der havde betydning for afregning til landmanden som protein og fedtprocent. I dag er kvalitetsbegrebet langt mere omfattende og resultatet af ændrede markedsforhold for forarbejdningsindustrien. Forbrugerkrav om sikre og sunde produkter samt forbrugerinteresse for, at

produkterne er fremstillet ud fra etiske principper, er med til at udvide kvalitetsbegrebet. Samtidig må detailmarkedet i dag betragtes som et globalt marked med talrige nicheproduktioner, der stiller krav om specifikke kvaliteter. Figur 15.1 viser således en række parametre, der indgår i begrebet mælkekvalitet. Spise-/drikkekvalitet, ernæringsmæssig kvalitet og den teknologiske kvalitet er betinget af mælkens sammensætning og indhold, mens etisk kvalitet er en ”blød” kvalitetsparameter, der ikke nødvendigvis kan måles rent fysisk eller kemisk.

Kvalitetsparametre	Kvalitetsegenskaber	Bemærkninger
Spise/drikke kvalitet	Udseende Smag Konsistens Mouth filling	Oxidation, tættet smag
Ernæringsmæssig kvalitet	Proteinindhold/sammensætning Lipidindhold/sammensætning Vitaminer etc. Mineraler	Umættethed, indhold af transfedtsyrer, konjugeret linolsyre, kolesterol og derivater heraf Karotenoider, A-vitamin, tokoferoler Kalcium, selen, zink
Teknologisk kvalitet	Proteinindhold/sammensætning Lipidindhold/sammensætning Antioxidativ status	Kaseinsammensætning og indhold, sammensætning og indhold af val-leproteiner og andre N-holdige forbindelser Umættethed Karotenoider, tokoferoler, ascorbinsyre, urinsyre, overgangsmetalioner etc.
Etisk kvalitet	Økologi Oprindelse af foder Dyrevelfærd	Foder af animalsk herkomst

Figur 15.1 Oversigt over kvalitetsparametre for mælk.

Udseendet af produkterne er naturligvis vigtig for forbrugeren. Indholdet af protein, fedt og calcium har stor betydning for mælkens udseende, og om skummetmælk optræder hvidt eller gennemsigtigt. Ligeledes kan nævnes, at man til nogle oste ønsker et hvidt udseende (feta og udenlandske højkvalitetsoste), og man derfor ønsker at begrænse mængden af karotenoider i mælken. Derfor er der i det sydlige Europa krav om, at man til nogle ostetyper kun anvender mælk fra køer, der har fået hø, idet dette indeholder ringe mængder af Karotenoider.

Smagen af mælk og mejeriprodukter er relateret til aromakomponenter, der overføres fra foderet til mælken eller dannes ud fra specifikke foderkomponenter, men også til sammensætningen af proteiner og lipider i mælken. Endvidere har tilstedeværelse af proteolytiske og oxidative enzymer og enzymaktivatorer i mælken indflydelse på mælkens smag.

Formålet med nærværende kapitel er at give en status over de vigtigste relationer mellem mælkens indholdsstoffer og kvaliteten af mejeriprodukter, og hvordan indholdsstoffer og kvalitet kan påvirkes, primært gennem

malkekøernes fodring. Indledningsvis gives en kort beskrivelse af variationsårsager for mælkens hovedbestanddele.

15.2 Mælkens hovedbestanddele

Race, laktationsstadium og sæson

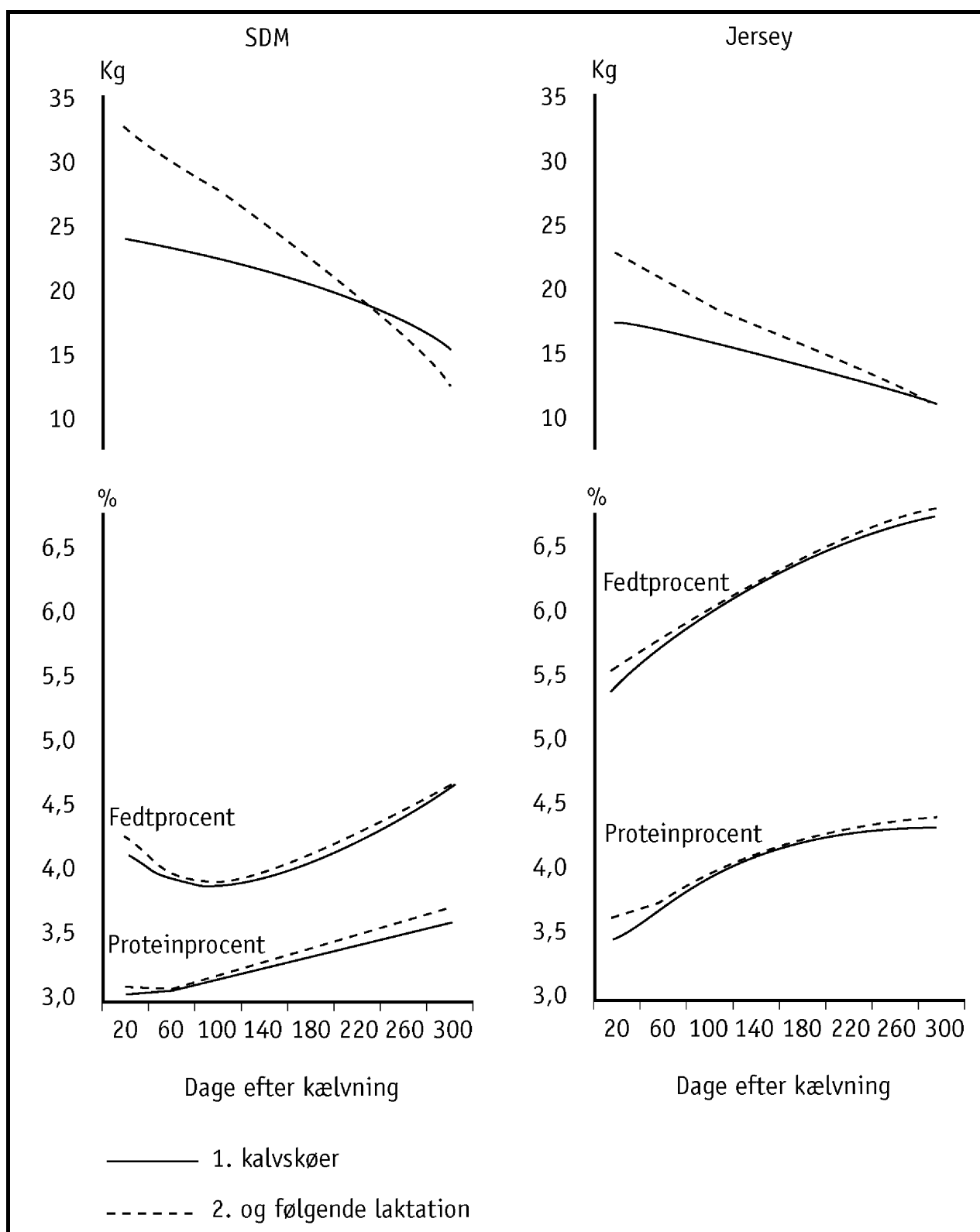
Der er betydelige variationer i mælkens fedt- og proteinindhold mellem racer, gennem laktationen og over sæsonen. Betydningen af race er vist i Tabel 15.1. Jersey har den mest koncentrerede mælk. RDM har en lidt højere fedtprocent (0,1 %) og noget højere proteinprocent (0,2 %) end SDM. Endvidere er ældre køers mælk generelt lidt federe end førstekalvskøers mælk. Der er generelt ikke racebetingede forskelle i mælkens laktoseindhold.

Fedt- og proteinprocenten varierer betydeligt gennem laktationen, hvilket er illustreret i Figur 15.2. Korrigeret for forskelle i laktationsstadium udviser mælkens sammensætning endvidere en betydelig sæsonvariation. Baseret på data fra 12 malkekvægbesætninger over en 3-årig periode fandt Eskesen (1994) en systematisk variation, der kunne beskrives ved et sinusforløb, som vist i Figur 15.3.

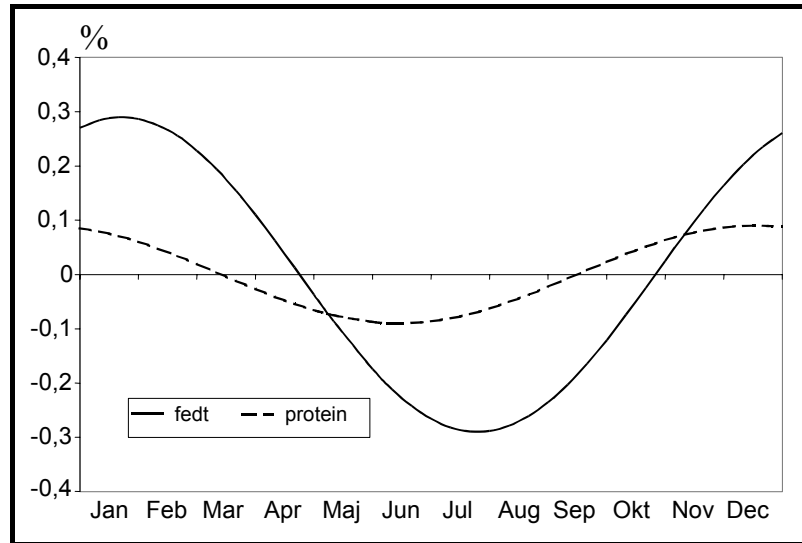
Tabel 15.1 Betydning af race og laktationsnummer for mælkens sammensætning

Race	SDM		RDM		Jersey		
	Laktationsnr.	1	Senere	1	Senere	1	Senere
% fedt ¹⁾		4,10	4,17	4,20	4,28	5,95	6,10
% protein ¹⁾		3,34	3,34	3,55	3,55	4,04	4,14
Kasein i protein, % ²⁾		77,6		79,0		79,5	
% laktose ³⁾		4,70		4,80		4,70	
Ca, mg/kg ³⁾		1106		1126		1271	
P, mg/kg ³⁾		926		978		1036	
Mg, mg/kg ³⁾		98		102		110	
Zn, mg/kg ³⁾		3,3		3,5		3,9	

¹⁾ Håndbog for kvæghold (2002), ²⁾ Larsen et al. (2002), ³⁾ Hermansen et al. (1999).



Figur 15.2 Typisk forløb for ændring i mælkeydelse og mælkens sammensætning gennem laktationen for SDM og Jersey.



Figur 15.3 Sæsonvariation i mælkens sammensætning (efter Eskesen, 1994), afvigelse i forhold til gennemsnittet.

Fedtprocenten varierede med 0,58 procentenheder fra minimum midt i juli måned til maksimum i januar måned. Proteinprocenten varierede 0,18 % med henholdsvis minimum og maksimum 1 måned tidligere end fedtprocenten.

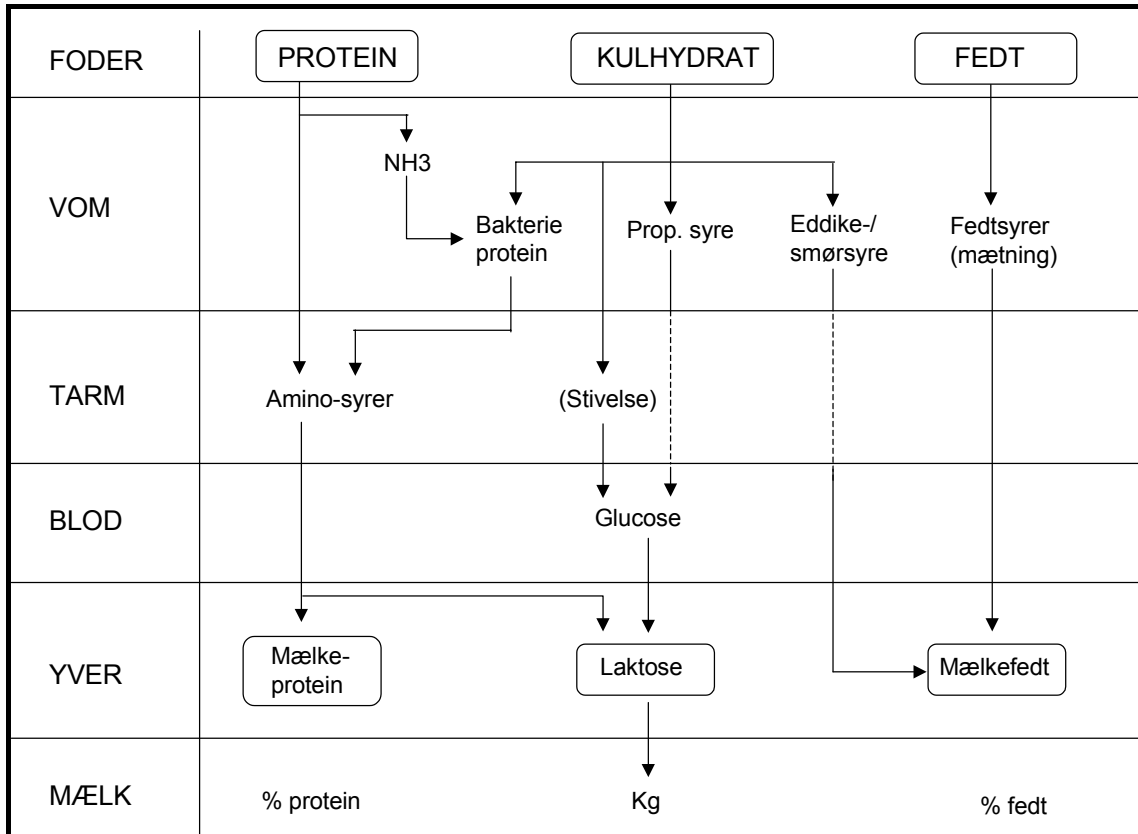
Sæsonvariationen er senere undersøgt på besætningsmælk fra økologiske mælkeleverandører (Hermansen et al., 1999). Der blev fundet stort set samme latitude som vist i Figur 15.3, mens minimum- og maksimumværdierne optrådte ca. 1 måned tidligere. Her blev også undersøgt sæsonvariationerne i laktoseindholdet. Laktoseprocenten varierede med 0,12 procentenheder fra minimum i november til maksimum i maj.

Fodringens påvirkning af mælkens hovedbestanddele

Fodringens indflydelse på mælkens sammensætning afhænger i høj grad af, hvorledes fodringen påvirker yverets forsyning med de næringsstoffer (precursors), der er af betydning for dannelsen af de enkelte mælkebestanddele. Mange af disse forhold er beskrevet indgående i de øvrige kapitler.

Med henblik på at give et overblik, der kan være nyttigt i tolkningen af, hvorledes fodringen kan påvirke mælkens sammensætning, viser Figur 15.4 en forenklet oversigt.

Idet laktosekoncentrationen er den vigtigste osmotiske komponent i mælk, og derfor er temmelig konstant i mælk, kan det groft sagt siges, at laktoseproduktionen i yveret bestemmer mælkemængden (volumen). Mælkens koncentrationsgrad af protein og fedt afhænger da af yverets dannelse af mælkeproteiner og mælkefedt i forhold til laktose. Aminosyrer er udgangspunkt for mælkeproteinsyntesen og i varierende grad for laktosedannelsen. Der er således en vis samvariation i dannelse af mælkeprotein og laktose, og i praksis ses også en relativ begrænset variation i mælkens proteinprocent. Omvendt varierer yverets forsyning med precursors (byggestene) til mælkefedtdannelsen mere uafhængigt eller endda omvendt af precursors af betydning for dannelsen af laktose, og det er velkendt, at der kan observeres endog meget store forskelle i mælkens fedtprocent.



Figur 15.4 Skematisk oversigt over tilgængelighed af precursors for mælkesyntese og mælkes sammensætning.

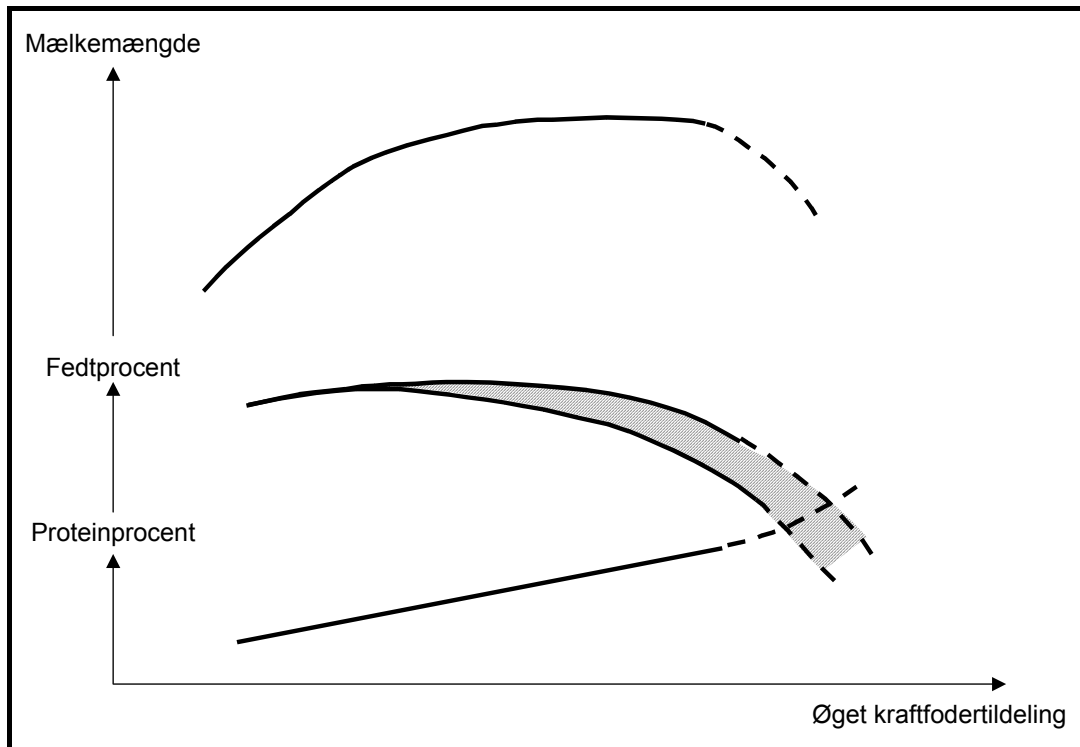
I det følgende er beskrevet, hvorledes mælkes sammensætning er relateret til fodringen, herunder foderets kulhydrat-, protein- og fedtindhold.

Kulhydrat- og energitildelingens betydning
Kulhydraterne fra foderet forgæres i vommen til propionsyre, eddikesyre og smørsyre, der er precursors for henholdsvis glukose (laktose) og de novo syntetiserede fedtsyrer (Figur 15.4). Forgæringsmønsteret og derved betydningen for mælkes sammensætning påvirkes af et komplekst samspil mellem typen og mængden af kulhydrat, foderationens fysiske struktur og den konkrete udfodring.

Hyppigt bruges et øget kraftfodertilskud til at øge foderniveauet med. Herved øges foderationens indhold af letforgærbare kulhydrater, andelen af cellevægskulhydrater fal-

der, og rationens fysiske struktur reduceres. Dette medfører typisk et ændret forgæringsmønster i vommen med en højere andel af propionsyre på bekostning af eddikesyre.

I Figur 15.5 er betydningen for mælkeproduktionen angivet skematisk. Med øget foderniveau/kraftfodertildeling fås normalt et højere proteinindhold i mælken, mens fedtindholdet har tendens til at blive lavere. Virkningen på proteinprocenten er meget konsistent og relativt uafhængig af foderration og udfodringsbetingelser (Hermansen & Pedersen, 1987; Spörndly, 1989; Sutton, 1989). Coulon & Remond (1991) har estimeret effekten til at være henholdsvis 0,18 g/kg og 0,35 g/kg for hver ekstra megakalorie tildelt i henholdsvis første del af laktationen og midt i laktationen. Det svarer til henholdsvis 0,2 og 0,4 procentenheder protein ved tildeling af ekstra 4-5 FE/dag.



Figur 15.5 Skematisk virkning af øget kraftfodertildeling på mælkens sammensætning.

Effekten på fedtprocenten varierer derimod meget fra forsøg til forsøg afhængig af aktuell foderration og udfodringsbetingelser. F.eks. fandt Krohn & Andersen (1978) i et forsøg, hvor energitildelingen blev øget med 33 % med enten primært byg eller en sojaskråblanding, at fedtprocenten faldt meget betydeligt ved bygtilskud, mens den var uændret ved tildeling af sojaskråblanding. Derimod steg proteinprocenten uafhængigt af tilskudsfordertype.

Ved en "for høj" kraftfodertildeling i forhold til rationens totale fysiske struktur og de aktuelle udfodringsbetingelser kan propionsyrekoncentrationen blive så høj, at der via den hormonale regulering af næringsstofomsætningen i koen sker et forøget forbrug af glukose og eddikesyre (precursors til henholdsvis mælk og mælkefedt) til aflejring af fedt i koen, hvorved mælkeproduktionen og mælkefedtdannelsen reduceres. I forbindelse

hermed ses ofte en forhøjet proteinprocent i mælken.

Betydningen af kraftfoderandel og udfodringsprincip for mælkens sammensætning i et konkret forsøg, hvor der blev tildelt stigende mængde kraftfoder enten separat eller i en fuldfoderblanding, er vist i Tabel 15.2. Det fremgår heraf, at når kraftfoderandelen oversteg 62 % ved separat udfodring, blev fedtprocenten så lav, at protein:fedtforholdet blev over 1.

De ovenfor omtalte effekter er primært baseret på, at foderniveauet blev øget ved tilskud af stivelse. Alternativer hertil er sukkerholdige fodermidler som roer og melasse. Ved forgæringen heraf forventes primært - i forhold til forgæring af stivelse - en reduceret produktion af propionsyre og en øget produktion af smørsyre (Hvelplund, 1983).

Tabel 15.2 Betydning af kraftfoderandel og udfodringsprincip for mælkens sammensætning (efter Aaes, 1993)

Udfodringsprincip	Fuldfoder			Separat		
Kraftfoder %	62	70	78	66	76	79
I alt FE pr. ko dagligt	17,7	19,3	20,0	15,8	16,9	17,6
Tyggetid min./FE	37	30	22	32	24	21
<i>Produktion</i>						
Mælk, kg.	27,1	28,8	28,8	28,6	29,6	28,7
Fedt, %	4,10	4,09	3,71	3,17	2,71	2,85
Protein, %	3,18	3,24	3,26	3,01	3,09	3,23
Protein: fedt	0,78	0,79	0,88	0,95	1,14	1,13

Det betyder alt andet lige, at de novo fedtsyntesen stimuleres i forhold til laktoseproduktion, således at der må forventes et højere fedtindhold i mælken. Dette er også bekræftet i en række forsøg, hvor anvendelse af roer/melasse frem for byg øgede mælkens fedtindhold med 0,1-0,4 enheder og proteinindholdet med 0,05-0,10 enheder, mens mælkemængden blev reduceret (Andersen & Sørensen, 1963; Krohn & Andersen, 1979; Krohn et al., 1985). Tilsvarende virkning er fundet ved at anvende roer frem for roeafald, der er rigt på meget letomsættelige cellevægskulhydrater i form af pektiner (Hermansen, 1987).

I forsøg på at optimere betingelserne for den mikrobielle omsætning i vommen er undersøgt betydningen af at erstatte kraftfoder med grøncobs fremstillet af letfordøjeligt græs (Hvelplund et al., 1991). Ved ombytning på tørstofbasis opnåedes ca. samme mælkeydelse i energikorrigeret mælk, mens der var stor forskel på mælkens sammensætning, idet kraftfoderet medførte en højere proteinprocent (0,1 enheder), men en lavere fedtprocent (0,4 enheder).

Proteintildelingen

I flere undersøgelser, hvor proteintildelingen udtrykt ved råprotein blev varieret inden for 15-23 % af total tørstof, blev der ikke fundet

noget effekt i mælkens sammensætning (Danfær et al., 1980; Kristensen et al., 1986), og N-indholdet i rationerne kan ikke generelt antages at påvirke mælkens sammensætning, når det varierer inden for normalområdet.

Tilsvarende er der ikke generelt fundet en sammenhæng mellem AAT-niveau og mælkens sammensætning, når køernes proteinforsyning udtrykkes ved AAT. Der er en god sammenhæng mellem øget AAT-tildeling og produktionen af mælkeprotein op til et givet niveau (Kristensen et al., 1986), men dette er tilsyneladende et udslag af en generelt højere mælkeproduktion end af et højere proteinindhold. Tilsvarende viste Santos & Huber (1995) i et review af 60 forsøg med beskyttet protein, at der kun i 5 ud af 85 sammenligninger blev fundet en højere proteinprocent i mælken.

Hvis den samlede N-tildeling bliver for lav (<14 % total råprotein i tørstoffet), eller hvis foderrationen giver anledning til en "skæv" aminosyrefordeling i det mikrobielt syntetiserede protein, kan mælkens proteinindhold blive reduceret. F.eks. fandt Hermansen et al. (1999), at mælkens proteinindhold (kaseinindhold) blev 0,25 % lavere, når proteinfattigt græs blev suppleret med kraftfoder med lavt N-indhold. I forsøget blev der målt

et ureaindhold i mælken på ca. 1,2 mM/l, hvilket er væsentligt under det niveau på 3-5 mM/l, der antages at være optimalt for den mikrobielle proteinsyntese i vommen. Det antages, at en lavere mikrobiel proteinsyntese har forringet koens forsyning med lysin og herigennem hæmmet mælkeproteinindholdet.

Rulquin et al. (1993) har generelt fundet et fald i mælkens proteinprocent, når lysin- og metioninkoncentrationen i det absorberede protein var mindre end henholdsvis 7 og 2 %. Nyere danske forsøg (Misciattelli et al., 2001) understøtter dette, hvilket er yderligere uddybet i kapitel 6. Det er dog ikke almindeligt, at en sådan aminosyrefordeling forekommer, men f.eks. fodring med betydelige mængder majs gluten antages at kunne medføre en lav lysinkoncentration i AAT.

Fedttildelingen

Fedt i fodrationen påvirker mængden af mellem- og langkædede fedtsyrer, der kan absorberes fra tarmen, og påvirker også forgæringsmønsteret i vommen. Påvirkningen af forgæringsmønsteret og dermed mælkens sammensætning afhænger af fedtsyrefordelingen i foderfedtet. Typisk er det således, at langkædede mættede fedtsyrer (C16:0 og C18:0) kun påvirker propionsyre:eddikesyreforholdet i vommen i ringe grad, mens umættede fedtsyrer (C18:1, C18:2 og C18:3) samt de mellemkædede (C12:0 og C14:0) medfører et forøget propionsyre:eddikesyreforhold. Det skyldes fedtsyrenes hæmning af de cellulolytiske bakterier i vommen.

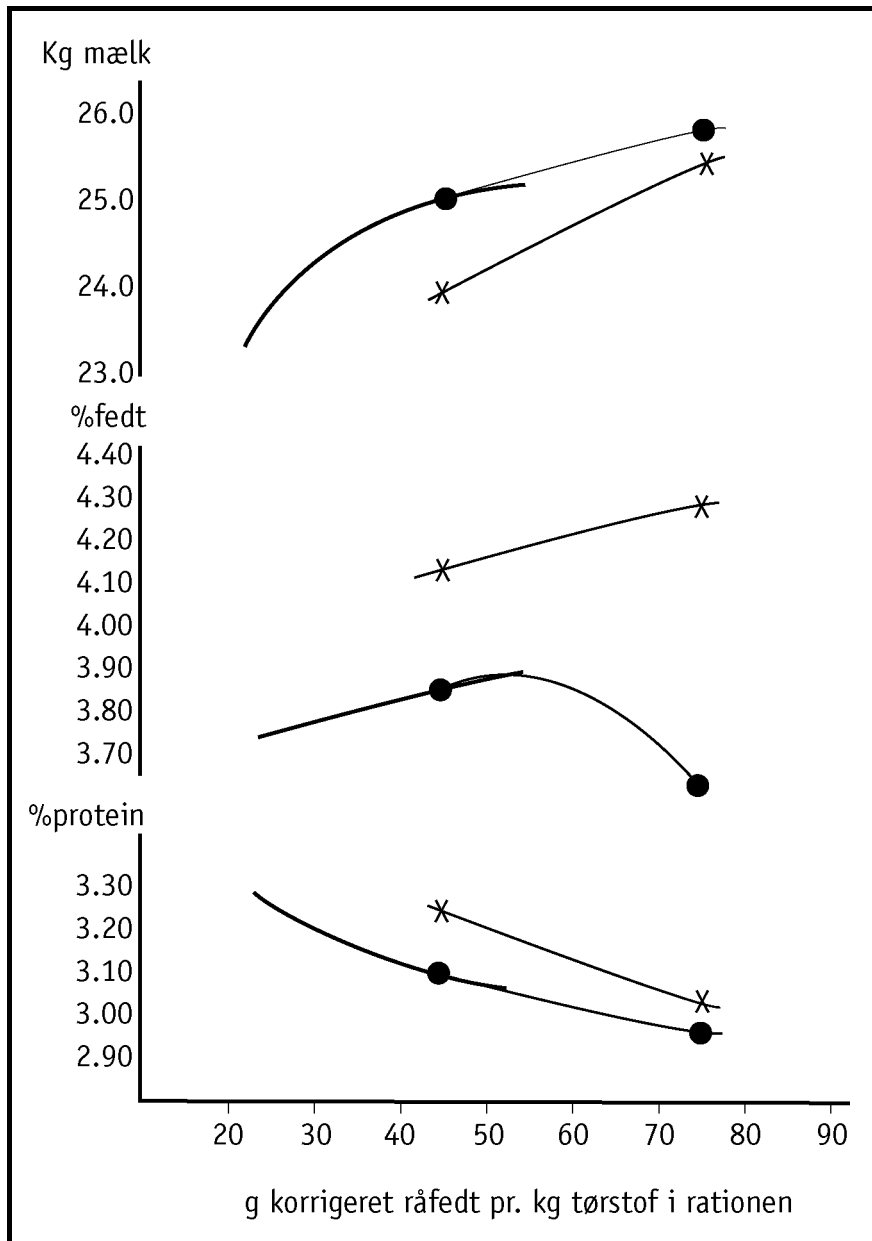
I Figur 15.6 er skematisk vist virkningerne af øget fedttilskud på mælkeydelsen og mælkens sammensætning baseret på data fra Østergård et al. (1981) og Hermansen (1989a). I forsøgene blev dels anvendt animalsk fedt, der er en blanding af mættede og umættede fedtsyrer, og dels mættede fedtsy-

rer (C16:0 og C18:0). Rød palmeolie eller frie fedtsyrer heraf, der er et almindeligt forekommende foderfedt, har samme virkning som animalsk fedt.

Det fremgår af figuren, at øget mængde animalsk fedt medfører først en svag stigning i mælkens fedtprocent og derefter et kraftigt fald, når mængden overstiger ca. 5 % i tørstoffet. Omvendt ses et generelt højere fedtindhold i mælken ved anvendelse af mættet fedt, også når mængden øges til 7-8 % af tørstoffet. Dette udslag forklares ofte med, at øget fedtindhold øger mængden af precursors for mælkefedtsyntesen, men hvis fedtet er umættet (som animalsk fedt), påvirkes den mikrobielle omsætning i vommen så meget, at der sker et større fald i eddikesyredannelsen, hvorved den samlede mængde precursors til fedtdannelsen reduceres. Der er dog også andre forhold, der spiller ind. Således sker der kun en delvis hydrogenering af de umættede fedtsyrer i vommen ved høj tildeling. Herved dannes transfedtsyrer, der antages direkte at hæmme dannelsen af mælkefedt (Griinari et al., 1998).

Mælkens proteinprocent falder helt systematisk med en øget fedttildeling. I langt de fleste undersøgelser er mælkeproteinydelsen stort set uafhængig af fedttildelingen, og den illustrerede virkning kan derfor betragtes primært som en fortyndingseffekt grundet den højere mælkeydelse.

Hvis forskellige fedtsyrer betragtes, vil det typisk være således, at jo mere umættet fedtet er, jo mere stimuleres mælkeydelsen ved lavere niveau af tildeling, og jo tidligere optræder den negative virkning på mælkens fedtprocent. Dette er illustreret med tilskud af fedt i rapsfrø, sojabønner og hørfrø, der i stigende grad er umættet (Hermansen, 1988).



Figur 15.6 Fedttildelingens betydning for mælkeydelse og mælkens sammensætning. Fed kurve er typisk forløb for tilskudsfedt med et jodtal på højst 80. Markerede kurver er data fra Hermansen (1989a) vedrørende tilskud af enten animalsk fedt (●) eller mættede fedtsyrer (X) Hermansen, 1987).

Forsæbet fedt er ofte baseret på vegetabilsk fedt med en fedtsyresammensætning, der "ligner" animalsk fedt. Forsæbningen betyder, at fedtsyrerne er mindre giftige over for de cellulolytiske bakterier i vommen, og

virkningerne på mælkens sammensætning af at inkludere forsæbet fedt vil ofte være intermediært mellem animalsk fedt og mættet fedt (Hermansen, 1989b).

15.3 Mælkeproteinets sammensætning og kvalitet

Tidligere blev mælkefedtet samlet betragtet som mælkens økonomisk vigtigste bestanddel, hvilket også blev afspejlet i de tidligere afregningsmetoder, men i de afregningsmodeller, der anvendes i dag, er proteinet mælkens væsentligste værdistof.

Som omtalt i det foregående og reviewet af Erasmus et al. (2001), er det generelt svært at påvirke indholdet af mælkeprotein væsentligt gennem fodringen. Typisk vil fodringsbetingede ændringer i mælkeprotein være i størrelsesordenen 0,1-0,2 procentpoint. I modsætning til fodringsbetingede påvirkninger af mælkefedtet er ændringer i mælkeprotein generelt mere stabile og sker langsomt over en periode på dage til uger.

Klassificering og analyser

Det rene mælkeprotein inddeles traditionelt i kaseiner og valleproteiner. Valleproteiner er de proteiner, der er tilbage, når kaseinerne er fjernet. Dette kan f.eks. ske ved at sænke mælkens pH til 4,6 (isoelektrisk fældning), hvorved kaseinerne udfælder og kan separeres fra vallefraktionen ved centrifugering eller filtrering. En anden metode til adskillelse af kasein og valleprotein er ved tilsætning af enzymet chymosin (osteløbe) fra kalvemaver, hvilket udnyttes i ostefremstillingen.

Mælken indeholder desuden en række andre N-holdige forbindelser, der ikke er protein. Disse forbindelser kaldes NPN (Non-Protein-Nitrogen) og består ud over urea bl.a. af frie aminosyrer og ammoniumforbindelser.

Indholdet af protein i mælk i forbindelse med afregning og ydelseskontrol bestemmes normalt ved IR (infrarød) metoden, f.eks. ved brug af et Milko Scan apparat. IR-instrumenter bestemmer ikke absolutte koncentrationer, men relative værdier i forhold

til referencer. Som referencer anvendes mælk med kendt total N-indhold bestemt ved Kjeldahl metoden.

Referencen omfatter således ikke kun renprotein ("true" protein eller total protein), men også NPN. Det totale N-indhold i mælk bestemt ved Kjeldahl fordeler sig normalt med 77,9 % kasein N, 17,2 % valleprotein N og 4,9 % NPN. Dvs. at kalibreringen sker i forhold til mælk med en gennemsnitlig fordeling af N.

Afregningen sker herhjemme indtil videre efter råprotein. Andre steder i Europa (f.eks. Frankrig) er der indført afregning efter kasein. Dette kræver naturligvis, at man har en hurtig og pålidelig metode at bestemme renprotein eller kasein i mælk på. Der er nu IR-apparatur tilgængeligt med en såkaldt kaseinkanale, som er ved at blive testet i praksis. Det er derfor sandsynligt, at der på et tidspunkt også i Danmark vil blive indført afregning efter mælkens kaseinindhold, hvilket vil være ekstra motiverende for en mælkeproduktion med maksimal hensyntagen til kaseinindholdet.

Kaseiner

Ca. 80 % af mælkens renprotein består af kasein. Mælkens kaseiner udgøres af fire forskellige individuelle proteiner: α_{s1} -, α_{s2} -, β - og κ -kasein (Eigel et al., 1984). Desuden findes der i kaseinfraktionen et variabelt indhold af forskellige nedbrydningsprodukter af kaseinerne, f.eks. γ -kasein, dannet ved enzymatisk spaltning (proteolyse) af β -kasein.

Kaseinerne er overvejende hydrofobe, og over 95 % af mælkens kasein er organiseret i miceller, der tillige indeholder calciumfosfat (Fox & McSweeney, 1998). κ -kasein er meget vigtig for micellernes struktur og stabilitet, og κ -kasein findes på micellernes overflade, hvorfra den hydrofile hale stikker

ud og stabiliserer de calcium-sensitive kaseiner (α_{s1} -, α_{s2} , og af β -kasein), som ellers ikke ville være opløselige i mælken. Mælkens indhold af κ -kasein er afgørende for micelstørrelsen, således at mælk med et relativt lavere indhold af κ -kasein vil indeholde større miceller.

Kaseinandelen i mælkeproteinet er normalt ret konstant indtil ca. 10. laktationsmåned, hvorefter andelen ofte falder (Ng-Kwai-Hang et al., 1982; Ostensen et al., 1997). Der er endvidere en tendens til, at andelen af α -kasein reduceres, og andelen af β -kasein øges gennem laktationen, mens κ -kasein ikke ændres systematisk (Ostensen et al., 1997).

Indholdet af de enkelte kaseiner i mælken er altovervejende bestemt af køernes genotype, idet der er forskellige genetiske varianter for kaseinerne. Frekvensen af disse for de forskellige racer er vist i Hermansen & Pedersen (1987). Af særlig interesse er den genetiske variant for κ -kasein, idet BB-varianten har et højere indhold af κ -kasein end AA-varianten, hvilket generelt forbedrer ostningsegenskaberne (Ostensen et al., 1997).

Der er kun begrænset viden om fodringens indflydelse på mælkens indhold af de enkelte mælkeproteiner. Der er observeret et lavere proteinindhold om sommeren samt en lavere kaseinandel (kasein/total protein) og dårligere løbeegenskaber om sensommeren ved græsningsforhold. I denne sammenhæng blev det undersøgt, om den lavere kaseinandel skyldtes aminosyreforsyningen eller øget proteolyse (protein nedbrydning) (Hermansen et al., 1999). Man fandt, at ingen af delene var tilfældet. Derimod pegede resultaterne på, at koens energiforsyning kunne være forklaringen, således at en lav energiforsyning resulterer i en lavere kaseinsyntese og lavere kaseinandel. I overensstemmelse hermed fandt De Peters & Kant (1992), at

rationer med højt indhold af kraftfoder øgede kaseinandelen.

Valleproteiner

Valleprotein, der udgør ca. 20 % af mælkens renprotein, består af både proteiner syntetiseret i mælkekirtlen, som f.eks. β -laktoglobulin og α -laktalbumin, og af proteiner overført fra blodet, som f.eks. bovin serum albumin (BSA) og immunoglobuliner (Fox & McSweeney, 1998). Desuden findes der i vallen forskellige proteinfragmenter fremkommet ved proteolyse.

β -laktoglobulin udgør omkring 50 % af det totale valleprotein. Proteinet indeholder tre cysteiner pr. molekyle, hvoraf de to danner en intramolekylær disulfidbro, mens den tredje er fri. Denne frie cystein-rest er vigtig for teknologiske egenskaber af mælk og mejeriprodukter, da den frie cysteinrest i β -laktoglobulin efter varmebehandling reagerer med disulfider i κ -kasein og derved påvirker både mælkens løbeegenskaber og varmestabilitet samt giver opvarmet mælk en ”kogt” smag.

Der findes fire genetiske varianter af β -laktoglobulin (A, B, C, D). Det er vist, at der kan opnås en markant forbedring i syrnede mælkegelers konsistens, hvis de fremstilles ud fra mælk, der kun indeholder B-varianten af β -laktoglobulin (Allmere et al., 1998), idet denne variant reagerer bedst med κ -kasein, hvorved en større del af β -laktoglobulin associeres til kaseinmicellerne under varmebehandlingen. Anvendelse af mælk med B-varianten af κ -kasein kan i øvrigt nedsætte valleudskillelsen i yoghurt (Muir et al., 1997).

α -laktalbumin udgør ca. 20 % af valleproteinet. α -laktalbumin er knyttet til laktosedannelsen i yveret, og koncentrationen falder gennem laktationen (Ostensen et al., 1997).

Bovin serum albumin (BSA) forekommer i en koncentration på omkring 0,1-0,4 g/l i normal mælk, men niveauet stiger f.eks. ved mastitis, sandsynligvis pga. forøget overførsel fra blodet. BSA kan binde metaller og fedtsyrer, og kan, igennem denne affinitet for fedtsyrer, stimulere lipaseaktiviteten.

Valleproteinerne omfatter tillige immunoglobuliner (Ig). Koncentrationen i mælk er omkring 0,6-1 g/l mælk, mens niveauet i kolostrum kan være op til 100 g/l (Fox & McSweeney, 1998). Desuden findes der i valle en lang række andre proteiner og enzymer med forskellig biologisk aktivitet, der også kan udnyttes i produktsammenhæng, f.eks. laktoferrin (jernbindende protein), laktoperoxidase, folatbindende protein, lipoprotein lipase, fosfataser, proteaser og vækstfaktorer.

Fordelingen af valleprotein ændres markant over laktationen, idet andelen af α -laktalbumin reduceres, mens andelen af β -laktoglobulin øges (Ostersen et al., 1997). Fodringsmæssige effekter antages generelt at være små. Det er dog fundet, at en markant underfodring kan reducere indholdet af α -laktalbumin og øge indholdet af BSA (Gray & Mackenzie, 1987).

Proteinnedbrydende enzymer

Forekomsten af proteolytiske enzymer i mælk er vigtige for mælkens teknologiske egenskaber. De proteolytiske enzymer kan have både bovin oprindelse (blod, mælkekirtel, mælkeceller) og mikrobiologisk oprindelse. I det følgende fokuseres på proteolytiske enzymer af bovin oprindelse.

Det mest velbeskrevne og formodentlig vigtigste proteolytiske enzym i bovin mælk er plasmin (Grufferty & Fox, 1988). Mælkens indhold af plasmin stammer fra koens blod, hvorfra enzymet overføres til mælk i form af plasminogen, der er plasmins proenzym (in-

aktivt forstadie). Der findes ca. otte gange mere plasminogen end plasmin i mælk. Plasmin i mælk kan nedbryde mælkens proteiner ved spaltning efter lysin og arginin aminosyrerester flere steder i polypeptidkæderne. Især β -kasein er følsom for plasmin, men også α_{s1} - og α_{s2} -kasein nedbrydes. Plasmin kan spalte flere steder i β -kasein, hvorved der kan dannes forskellige γ -kaseiner (γ^1 -, γ^2 - og γ^3 -kaseiner stammende fra β -kaseins carboxy terminale del) og proteose pepton fragmenter (PP5 og PP8 fra β -kaseins fosforylerede amino terminale del). Disse proteose pepton fragmenter er opløselige ved pH 4,6 og følger vallen. Proteose pepton (de proteiner og proteinfragmenter, der er opløselige efter fældning af kogt skummetmælk ved pH 4,6) indholdet i mælk er traditionelt blevet brugt som mål for omfanget af proteolyse i mælk.

Både plasminogen og plasmin er associeret med mælkens kasein og følger kaseinmicellerne over i osten ved tilsætning af osteløbe (Fox, 1992). I rå mælk er en høj plasminaktivitet normalt uønsket, da det medfører lavere indhold af intakt protein og bl.a. vil medføre et ringere osteudbytte, mens plasminaktivitet i ost bidrager til ostemodningsprocessen gennem initial proteolyse af kaseinerne og kan have indflydelse på både smag og konsistens af mange ostetyper. Desuden kan plasminaktivitet reducere viskositeten af forskellige mejeriprodukter, som f.eks. kaseinater. Der kan desuden opstå forøget nedbrydning af β -kasein ved kølig opbevaring af mælk, idet der er en forøget dissociering af β -kasein fra kaseinmicellerne ved lav temperatur, hvorved proteinet er mere tilgængeligt for plasminnedbrydning (Fox, 1992).

Det gennemsnitlige niveau af plasminogen i tankmælk er 1-2 mg/l (Benfeldt et al., 1995). Koncentrationen af plasmin stiger i senlakta-

tionen, særlig hos ældre køer. Desuden stiger plasminaktiviteten med laktationsnummeret. Niveaueet af plasminogen i mælk stiger ved mastitis, sandsynligvis på grund af en dårligere blod-mælk barriere, hvilket fører til en øget influx af blodkomponenter til mælken. Desuden er en af plasminogen aktivatorerne i mælk bundet til mælkens celler, og medvirker her til en øget plasminaktivitet i mælk med forhøjet celletal.

Der er lavet meget få undersøgelser om de fodringsmæssige effekter på plasminogen-systemet og på proteolysen i mælk. En undersøgelse (Prosser et al., 1995) har vist, at en kraftig foderrestriktion (8 kg DM/dag i modsætning til 15 kg DM/dag) medførte en stigning i både plasminaktiviteten og i forholdet γ/β -kasein. Desuden har man fundet, at en øget andel af kraftfoder medførte et lavere γ -kaseinindhold (Yousef et al., 1970). Proteinnedbrydningen målt som proteose pepton syntes at være mere påvirket af laktationsstadium og yversundhed end af fodring og sæson (Phelan et al., 1982).

Ud over plasmin findes der i mælk en række andre proteolytiske enzymer, blandt andre cathepsin D, der er et enzym i familie med chymosin, og som, i lighed med chymosin, er i stand til at koagulere mælk (Larsen et al., 1996). Cathepsin D i mælk findes primært som det inaktive forstadium procathepsin D, der kan aktiveres ved lavt pH. Cathepsin D aktivitet i mælk er korreleret med celletallet (O'Driscoll et al., 1999), og i lighed med plasmin kan cathepsin D nedbryde kaseiner.

Hormoner og vækstfaktorer

Ud over næringsstoffer, immunstoffer, enzymer og de førømtalte vallepoteiner inde-

holder mælk og kolostrum et stort antal hormoner og vækstfaktorer. Deres forekomst i mælk blev påvist for mere end 50 år siden (Koldovsky, 1996). Siden da er listen over hormoner og vækstfaktorer påvist i mælk blevet meget lang (Grosvenor et al., 1993), og listen vokser stadig. Det er således for nylig vist, at mælken også indeholder et bindingsprotein for FGF - Fibroblast Growth factor (Lametsch et al., 2000). I Tabel 15.3 er vist nogle vigtige hormoner og vækstfaktorer i mælk.

Den biologiske betydning af deres forekomst i mælk er meget ringe belyst, men rent logisk må det forventes, at de kan spille en rolle for reguleringen af de nyfødtes vækst og udvikling, ligesom det er sandsynligt, at de har betydning for mælkekirtlernes udvikling og funktion (Grosvenor et al., 1993). Endelig foreslår Grosvenor et al., at mælken evt. kan fungere som udskillelsesvej for hormoner og vækstfaktorer.

Mange af de vækstfaktorer, der findes i mælk, stimulerer cellers vækst. Det passer med, at både human og bovin mælk stimulerer væksten af mange forskellige celletyper (Klagburn, 1978) inklusive yverceller og forskellige cellelinier fra mave-tarmkanalen (Purup et al., 2000). Den relative betydning af de forskellige vækstfaktorer for den vækststimulerende effekt af mælk er ikke kendt, men der ingen tvivl om, at en stor del af effekten kan tilskrives IGF-I (Sejrsen et al., 2001). IGF-I findes i både human og bovin mælk i høje koncentrationer – specielt i kolostrum, og der er stort sammenfald mellem mælkens indhold af IGF-I og mælkens stimulerende effekt på cellers vækst in vitro (Sejrsen et al., 2001).

Tabel 15.3 *Hormoner og vækstfaktorer i mælk*¹⁾

<i>Proteinhormoner fra hypothalamus</i>	<i>Steroid hormoner</i>
GnRH - Gonadotropin Releasing Hormone	Østrogen
GRF - Growth Hormone Releasing Factor	Progesteron
SRIF - SS - somatostatin	Testosteron
TRH - Thyrotropin Releasing Factor	Kortisol
<i>Proteinhormoner fra hypofysen</i>	D-vitamin
GH - Væksthormon -somatotropin - ST	<i>Vækstfaktorer (proteiner)</i>
FSH - Follikel Stimulerende Hormon	IGF-I - Insulin-like Growth Factor-I
LH - Luteiniserende Hormon	IGF-II - Insulin-like Growth Factor-II
TSH - Thyroidea Stimulerende Hormon Oxytocin	IGFBP - IGF-bindingsproteiner
ACTH - Adreno-Cortico-Tropic Hormone	EGF - Epidermal Growth Factor
<i>Thyroidea- og parathyroidea-hormoner</i>	TGF-a - Transforming Growth Factor-a
T3-Tri-iodo-tyronin	TGF-b - Transforming Growth Factor-b
T4-Tyroxin	PDGF - Platelet Derived Growth Factor
rT3-reverse T3	NGF - Neural Growth Factor
Calcitonin	
PTH -Parathormon	

¹⁾ Efter Grovenor et al. (1993) og Koldovsky (1996).

Urea

Mælkens indhold af urea varierer med laktationsstadium og stiger fra kolostrum til ”moden” mælk. Ureaindholdet stiger desuden gennem laktationen. Værdierne ligger normalt inden for 3-6,5 mM/l. Der er en korrelation mellem blodets og mælkens urea, og ubalanceret fodring (højt protein/lavt kulhydrat i foder eller lavt energiindtag) vil i lighed med en stigning i blodets urea medføre en stigning i mælkens ureaindhold. Mælkens urea stiger desuden nogle timer efter fodring. Disse forhold er yderligere beskrevet i kapitel 6, bind 1. Urea udgør en stor del af mælkens indhold af NPN. Ureamængden påvirker mælkeproteinernes stabilitet, og højt urea i mælken har negativ indflydelse på ostefremstillingen.

15.4 Mælkefedtets sammensætning

Mælkefedt består af en række forskellige fedtsyrer. Tabel 15.4 viser en typisk sammensætning af mælkefedt produceret under danske forhold.

Det ses, at der er forskel i fedtsyresammensætning i mælkefedt fra forskellige racer. Således er der et lidt højere niveau af kortkædede fedtsyrer og palmitinsyre (C16:0) i mælkefedt fra Jersey køer på bekostning af oliesyre (C18:1). Disse forskelle skyldes sandsynligvis, at Jersey køer har en højere optagelse af acetat end de øvrige racer (Bickerstaffe et al., 1974). Som omtalt i det følgende har fedtsyresammensætningen stor betydning for en række produktkvalitets egenskaber, og der er store muligheder for at påvirke sammensætningen gennem malkekøernes fodring. Forekomsten af de enkelte fedtsyrer inkl. isomere er mere detaljeret beskrevet i Hermansen & Pedersen (1987).

Tabel 15.4 Typisk fedtsyresammensætning ved forskellig race

Fedtsyre/Race	Dansk Jersey	RDM	Holstein/SDM
C4:0	3,3	3,4	3,4
C6:0	2,3	2,0	2,1
C8:0	1,5	1,1	1,2
C10:0	3,3	2,3	2,6
C12:0	3,6	2,6	2,9
C14:0	10,1	9,0	9,5
C15:0	1,0	1,0	1,0
C16:0	29,1	25,9	25,3
C16:1	2,0	1,8	1,6
C18:0	11,3	12,0	12,5
C18:1	19,5	24,5	22,8
TrC18:1	4,3	4,5	4,7
C18:2	2,5	2,9	3,3
C18:3	0,6	0,7	0,6
Andre	5,6	6,3	6,5

Fedtsyresammensætningens betydning for mælkeprodukternes kvalitet

Mælkens fedtsyresammensætning har en afgørende indflydelse på såvel den ernæringsmæssige kvalitet som mejeriprodukternes funktionelle egenskaber og holdbarhed.

Ernæringsmæssig kvalitet

Mælkefedt har igennem de seneste år været i ernæringseksperternes søgelys, idet det indeholder mættede fedtsyrer. Især indholdet af C12:0 og C14:0 samt i mindre udstrækning C16:0 virker kolesterolhævede og øger specielt LDL-kolesterolniveauet i blodplasma hos konsumenten, hvilket øger risikoen for at udvikle hjerte-kar-sygdomme. Endvidere findes der i mælkefedt monoumættede transfedtsyrer (trC18:1), der ligeledes sættes i forbindelse med udvikling af hjerte-kar-sygdomme. Transfedtsyrer kan også dannes ved industriel hærkning (hydrogenering) af planteolier. Idet en række undersøgelser har vist en forøget risiko for hjerte-kar-sygdomme ved indtagelse af monoumættede transfedtsyrer, der er fremstillet

ved industriel hærkning, er der nu begrænsninger på, hvor højt indholdet af transfedtsyrer må være i fedtstoffer til fødevarer (Justitsministeriet, 2003). Grænseværdien gælder ikke for naturligt forekommende transfedtsyrer, som f.eks. indholdet i mælkefedt. De naturligt forekommende monoumættede transfedtsyrer, der fremkommer ved biohydrogenering, har en anden konfiguration og metabolisme end de industrielt fremstillede transfedtsyrer, og derfor kan der forventes forskellig effekt på risikoen for udvikling af hjerte-kar-sygdomme. Der er dog en betydelig usikkerhed om dette.

Omvendt er der inden for de seneste år kommet fokus på, at mælkefedt også indeholder konjugeret linolsyre (CLA), der eksperimentelt har vist sig at kunne inhibere tumorvækst, og i andre studier har vist sig prooxidativt og opregulerende på fedtmetabolismen.

For at give mejeriprodukterne en mere ernæringskorrekt sammensætning har man i nog-

le tilfælde tilsat olier til produkterne, der giver disse et højere niveau af monoumættede og polyumættede fedtsyrer. Disse fedtsyrer menes at være gunstige i relation til human ernæring og mindske risikoen for udvikling af åreforkalkning og hjerte-kar-sygdomme. Som yderligere uddybet senere i afsnittet er det gennem fodringen muligt at ændre mælkens fedtsyresammensætning således, at man kan opnå et højt indhold af oliesyre. Samtidig er der dog en risiko for dannelse af transfedtsyrer, eller at mælkefedtet kan blive oxidativt ustabil.

Mælkefedtets funktionelle egenskaber

Ved introduktion af blandingsprodukter på det danske marked blev der samtidig introduceret kvalitetsparameteren kaldet ”smørbarhed”. Dette at man kan tage sit ”smør” direkte ud fra køleskabet, og det øjeblikkeligt er anvendeligt til at smøre på brød. Gennem fodring, der tilgodeser et øget niveau af umættede fedtsyrer i mælkefedtet, vil man ligeledes kunne opnå en forbedret smørbarhed, hvis der bliver fremstillet smør af mælkefedtet.

Mælkefedtets indflydelse på mejeriprodukternes holdbarhed

Mælkefedtets sammensætning er af afgørende betydning for mælkens og mejeriprodukternes holdbarhed, idet mælkefedtet kan blive udsat for lipolyse og oxidation, hvilket forringer mælkens aroma og smag, ligesom det nedsætter mælkens egnethed til videre forarbejdning.

Lipolyse omhandler spontane eller enzymatiske processer, der giver ophav til hydrolyse af fedtsyrer fra mælkens triglycerider og fosfolipider. De frigivne fedtsyrer vil efterfølgende direkte give ophav til fejlsmag (gælder kun kortkædede fedtsyrer) eller oxideres til typiske ketoner, som giver fejlsmag. Så længe fedtkuglemembranen er intakt, kan mælkens lipaser ikke komme i

kontakt med de forestrede fedtsyrer, men udsættes mælken for temperaturfluktationer eller mekanisk belastning ødelægges fedtkuglemembranen, og lipaserne kan lettere hydrolysere triglycerider og fosfolipider.

Lipolyse i mælk udgør et tiltagende problem efter introduktion af automatiske malkesystemer. Mælken fra disse systemer har ofte et så højt niveau af frie fedtsyrer, at det umiddelbart kan registreres sensorisk. Den væsentligste årsag til forhøjet niveau af frie fedtsyrer i forbindelse med automatiske malkesystemer skyldes øget mekanisk belastning af mælkens fedtkugler under pumpning og lagring. Gennem fodring kan man medvirke til at gøre mælkens fedtkugler mere stabile over for mekaniske belastninger. Således er det velkendt, at mælk med mange store fedtkugler er mere ustabil end mælk med små fedtkugler. Nye resultater (Wiking et al., 2003) viser, at fedtkuglestørrelsen relaterer sig til mælkens fedtprocent, og såfremt man fodrer med henblik på at øge fedtprocenten i mælken, så vil fedtkuglernes gennemsnitlige diameter forøges. Derved forringes mælkens stabilitet under pumpning.

Nye forsøg viser endvidere, at fodringen har stor betydning for den lipolytiske aktivitet i den rå mælk. Fodres der med et højt niveau af mættet fedt (f.eks. fedt indeholdende høje koncentrationer af palmitinsyre), således at mælken efterfølgende indeholder et højt niveau af mættede lipider, vil der forekomme et højere niveau af frie fedtsyrer i mælken efter køling (Hedegaard et al., 2003). Dette skyldes sandsynligvis, at det mættede fedt omlægges fra en flydende fase til krystallinsk fedt ved en relativ høj temperatur, hvor lipaserne stadig har en høj aktivitet, og at overfladespændingen på fedtkuglen ændres ved faseovergang fra flydende til en krystallinsk fase, således at lipasen bedre kan komme i kontakt med substratet. De frie fedtsyrer vil

efterfølgende undergå β -oxidation, hvorved der dannes ketoner, der giver fejlsmag, som minder om aromaen i blåskimmeloste.

Endvidere må man forvente flere smagsfejl ved mælk fra køer, der er fodret, således at koen har en høj de novo syntese af kortkædede fedtsyrer, idet disse giver direkte ophav til fejlsmag ved lipolytisk aktivitet. Omvendt er det vist, at fodring med store doser Zn kan mindske risikoen for lipolyse (Hermansen et al., 1995a).

Ved oxidation af mælkefedtet dannes en række sekundære oxidationsprodukter (aldehyder og ketoner), der har indflydelse på mælkens smag og aroma. En række undersøgelser peger mod, at mælk med et højt indhold af flerumættede fedtsyrer har større tilbøjelighed til at oxidere end mælk, hvor indholdet af flerumættede fedtsyrer er lavt. Eksempelvis er der fundet en positiv korrelation mellem indholdet af flerumættede fedtsyrer i leverandørmælk fra forskellige gårde og indholdet af hexanal i den rå mælk. En række udenlandske studier viser lignende resultater. Højt indhold af umættede fedtsyrer i kombination med et højt indhold af eksempelvis kobber er ligeledes med til at fremme oxidation af lipid. Ofte vil de umættede fedtsyrer ikke oxidere i en sådan grad, at det kan smages i drikkemælken, men de vil påvirke holdbarheden af højt forarbejdede produkter, som eksempelvis mælkepulver, oste, gammeldags kærnemælk etc. De flerumættede fedtsyrer i mælken stammer hovedsageligt fra fedtkilder, hvor fedtet er beskyttet, og derfor ikke undergår hydrogenering i vommen, men også hos køer på græs rapporteres om en øget frekvens af mælk med fejlsmag. Der har igennem årene været rapporteret om, at oxidationen i mælk

kan minimeres ved øget tildeling af vitamin E, men da overførslen af vitamin fra blodbanen til mælken synes at være en begrænsende faktor er denne løsning ikke altid tilstrækkelig til at hindre oxidativ forringelse (Jensen, 1995).

I nogle lande, f.eks. Sverige, rapporteres der jævnligt om spontan oxidation i mælk. I Danmark er dette ikke et kendt fænomen, idet man ikke længere gennemfører sensorisk test af den rå mælk. Spontan oxidation kan ikke henføres til nogle entydige parametre, men forekommer ofte i besætninger fra bestemte brug. Mælkens fedtsyresammensætning og indhold af vitamin E har ofte været nævnt som faktorer af betydning for udvikling af spontan oxidation, men indtil videre har det ikke været muligt at udpege enkeltfaktorer af betydning for, at noget mælk er oxidationslabilt. Det formodes snarere, at ydelse, enzymatisk aktivitet og subklinisk mastitis kan have betydning for den øgede oxidation.

Fodringens betydning for mælkens fedtsyresammensætning

Hovedgrupper af fedtsyrer

Som det fremgår af Figur 15.4, er byggestenene til mælkefedtet dels acetat og butyrat, og dels fedtsyrer, der stammer fra foderet. Hertil kommer fedtsyrer, der stammer fra mobiliseret fedtvæv og fra vommens mikroorganismer. Mælkens fedtsyresammensætning afhænger af forholdet mellem mængden af fedtsyrer, der dannes ud fra henholdsvis acetat/butytrat og ud fra foderfedt, samt af fedtsyresammensætningen i det anvendte foder.

Dette er skitseret skematisk i nedenstående:

Precursors	Fedtsyrer i mælkefedt
Eddikesyre & β -hydroxysmørsyre fra kulhydratforgæringen i vommen	C4:0 - C10:0 C12:0 - C16:0
Fedtsyrer tilført med foderet (eller mobiliseret fra fedtvævet)	C18:0, C18:1, C18:2, C18:3
Fedtsyrer dannet af mikroorganismene i vommen	C15 og C17

De kortkædede, mættede fedtsyrer stammer udelukkende fra foderets kulhydratfraktion ved de novo syntese. De mellemkædede fedtsyrer med lige antal kulstofatomer stammer dels fra de novo syntesen, dels fra fedtsyrer tilført foderet. Fedtsyrer med 18 kulstofatomer eller mere stammer udelukkende fra foderfedtsyrer. Graden af umættethed afhænger af graden af hydrogenisering i vommen samt graden af dehydrogenerering i yvervævet.

Fedtsyrer med 15 og 17 kulstofatomer har sin oprindelse i mikrobielt syntetiserede fedtsyrer i vommen.

Der kan være en meget stor variation i mælkefedtets fedtsyresammensætning, især afhængig af mængden og type af foderfedt i rationen. Ved en gennemgang af 35 forsøg (med 108 forsøgsbehandlinger) fandt Hermansen (1995) således den i Tabel 15.5 viste variationsbredde for nogle af de kvantitativt mest betydende fedtsyrer. På grundlag af de nævnte forsøg blev der fundet en god sammenhæng mellem typer og mængde af foderfedt i foderrationen og mælkens fedtsyresammensætning. Generelt var det således,

at jo større tildelingen af foderfedt var udtrykt i g pr. kg tørstof, jo lavere var koncentrationen af kortkædede fedtsyrer samt fedtsyrer med 12, 14 og 16 kulstofatomer. Ved en given fedtdeling afhang andelen af laurinsyre (C12:0), myristinsyre (C14:0) og palmitinsyre (C16:0) af den relative andel heraf i foderfedtet. Jo større andel foderfedt i rationen, jo større var indholdet i mælkefedtet af stearinsyre (18:0) og oliesyre (C18:1), mens mængden af polyumættede fedtsyrer ikke var væsentlig påvirket.

Den praktiske betydning heraf er, at fodring med f.eks. kokoskager, der har et højt indhold af C12:0 og C14:0, øger indholdet af disse mættede fedtsyrer i mælkefedtet. Anvendelse af palmefedt øger indholdet af den mættede C16:0 i mælkefedtet. Fodring med rapskager øger indholdet af oliesyre (C18:1) og stearinsyre (C18:0). I appendiks A er vist et ligningssystem, der kan benyttes til at beregne den forventede fedtsyresammensætning ved forskellig fodring. Nedenstående eksempel viser den variation, der typisk kan opnås ved tilskud af to forskellige typer foderfedt.

Tabel 15.5 Variation i mælkens fedtsyresammensætning i en række forsøg, vægtprocent (Hermansen, 1995)

	Type af foderfedt			
	Fedt og olie		Oliefrø	
	Gns	Min/Max	Gns	Min/Max
< C12	9	4 - 15	9	5 - 15
< C12:0	4	1 - 14	3	2 - 6
< C14:0	12	6 - 32	10	9 - 15
< C16:0	34	23 - 61	26	16 - 39
< C18:0	9	3 - 9	12	3 - 19
< C18:1	24	12 - 40	28	12 - 38
< C18:2 + 3	2	1 - 4	4	1 - 7

Eksempel:

Fedtsyre i mælkefedt	Fodring		
	Ingen tilskud 25 g/kg tørstof ²⁾	Mættet fedt ¹⁾ + 30 g/kg tørstof	Rapskager + 30 g/kg tørstof
< C12:0	10,0	8,2	8,3
C12:0	4,0	2,8	2,6
C14:0	12,7	9,4	10,0
C16:0	33,3	35,7	25,0
C18:0	8,6	9,5	13,0
C18:1	20,9	24,2	31,3
C18:2+3	3,1	2,7	3,2

¹⁾ Lige dele C16:0 + C18:0

²⁾ Basal ration.

Ved tilskud af mættet fedt ændres fedtsyresammensætningen kun lidt bortset fra, at andelen af de kortkædede fedtsyrer falder. Ved tilskud af f.eks. rapsfedt sker der en markant reduktion af de mættede mellemkædede fedtsyrer til fordel for et markant højere indhold af oliesyre. I eksemplet ovenfor reduceres indholdet af den mættede fedtsyre C16:0 med mere end 10 procentenheder, mens indholdet af den monoumættede C18:1 øges med 7 procentenheder. En sådan sammensætning antages almindeligvis at

være væsentlig mere ernæringsrigtig i forhold til udvikling af hjerte-kar-sygdomme. Virkningen af en ændret fodring slår hurtigt igennem, dvs. fra 1-2 uger efter ændringen.

Generelt ser det ud til at være således, at sammenhængen for C12:0, C14:0, C16:0 og C18:1 gælder på tværs af racer, grundfoder og ydelsesniveau, mens indholdet af kortkædede fedtsyrer (< C12:0), C18:0, C18:2 og C18:3 er mere afhængigt af de aktuelle fodringsforhold.

Flerumættede fedtsyrer

Som omtalt tidligere afhænger mælkens indhold af flerumættede fedtsyrer især af, hvor stor en del af de umættede fedtsyrer, der hydrogenes i vommen.

Under normale fodringsforhold hydrogeneres langt størstedelen af de umættede fedtsyrer i vommen fuldstændig, dvs. oliesyre (C18:1), linolsyre (C18:2) og linolensyre (C18:3) hydrogenes til C18:0. I yvervævet sker der herefter en vis dehydrogenering, der især omfatter dehydrogenering af C18:0 til C18:1. Det er en udbredt opfattelse, at dehydrogeneringen er et middel til at sikre en passende viskositet af mælkefedtet, og der ses ofte et ret konstant forhold mellem mængden af C18:0 og C18:1.

En vis del af de polyumættede fedtsyrer undgår dehydrogenering og kan udskilles i mælken som C18:2 og C18:3. Som det fremgår af Tabel 15.4 og Tabel 15.5 er indholdet dog normalt meget lavt, 2-4 % af mælkefedtet. Generelt er det fundet, at anvendelse af oliefrø frem for rene fedtstoffer som tilskudsfedt medfører et forøget indhold af de polyumættede fedtsyrer (op til 4-5 %; Tabel 15.5).

I bestræbelserne på at forbedre mælkefedtets ernæringsmæssige sammensætning er det undersøgt, om det var muligt at undgå dehydrogeneringen af umættet tilskudsfedt i vommen og herigennem sikre en overførsel til mælken. Undersøgelserne har især omfattet planteolier (linolsyre og linolensyre) og de stærkt umættede fiskeolier (C20:5 og C22:6), der ligesom linolensyre er omega 3 fedtsyrer. Princippet har været at lade olierne "beskytte" af en kappe af formalinbehandlede proteiner – ofte kaseiner – der ikke nedbrydes af mikroorganismene i vommen. Herved beskyttes også fedtsyrerne mod den mikrobielle dehydrogenering og absorberes som umættede fedtsyrer, der kan indgå i mælkefedtsyresyntesen.

Således gennemførte Børsting & Weisbjerg (1989) en forsøgsserie, hvis resultater er typiske også for den øvrige litteratur på området. Hovedresultaterne af denne undersøgelse fremgår af Tabel 15.6. Det fremgår heraf, at der klart er mulighed for at øge mælkens indhold af polyumættede fedtsyrer, men det ses også, at mælkens holdbarhed udtrykt ved mælkens smag var endog meget stærkt forringet.

Tabel 15.6 Mælkens indhold af polyumættede fedtsyrer samt mælkens smag ved fodring med beskyttede flerumættede fedtsyrer (Børsting & Weisbjerg, 1989)

Total tildelt fedtsyrer, g	Vegetabilsk olie			Mættede fedtsyrer			Fiskeolie		
	530	850	1.120	530	850	1.120	530	850	1.120
ω -6 i mælk ¹⁾	7	11	14	1	1	1	0	0	0
ω -3 i mælk ¹⁾	1	2	3	0	0	0	4	6	6
Smag, dag 1 ²⁾	10,9	10,6	8,8	12,0	11,5	11,9	2,5	1,6	1,2
Smag, dag 5 ²⁾	5,7	5,0	3,6	10,8	9,0	9,0	0	0	0

¹⁾ Sum af hhv. omega 6 og omega 3 umættede fedtsyrer, vægtprocent af metylestre

²⁾ Karakter over 10 fejlfri, jo lavere karakter, jo dårligere smag.

Konjugeret linolsyre CLA

Som nævnt knytter der sig en særlig ernæringsmæssig interesse til den polyumættede fedtsyre CLA. CLA forekommer altovervejende i kød og mælk fra drøvtyggere, idet det dannes, når der ikke sker en fuldstændig hydrogenering af umættede fedtsyrer i vommen. Ved ikke fuldstændig hydrogenering kan der dannes flere isomere af C18:2 fedtsyrer, herunder CLA, der er en cis-trans C18:2 fedtsyre. Det normale indhold i mælkefedt i Danmark er fundet af størrelsesordenen 0,5-1,0 % (Hermansen & Pedersen, 1987), men ofte højere i den tidlige græsningssæson (Lock & Garnsworthy, 2003).

Indholdet i mælken påvirkes således af, om fodringen medfører gode eller dårlige betingelser for biohydrogenering i vommen (se kapitel 7). Jiang et al. (1996) har således vist, at ved at øge kraftfoderandelen i en restriktivt udfodret foderration blev CLA-indholdet øget fra 0,5 til 1,1 %, mens den samme kraftfoderrige ration udfodret efter ædelyst ikke medførte et forøget indhold af CLA.

I tidligere danske undersøgelser med tilskud af formalede hørfrø blev indholdet af CLA signifikant forøget fra 0,7 til 1,0 % (Hermansen et al., 1984). Nyere forsøg med tilskud af sojabønner har vist, at indholdet kan øges til 2,0-2,5 % (Sejrsen et al., 2003).

Der er således klart muligheder for at påvirke mælakens indhold af CLA, men den samlede effekt på koens/vommens/yverets stofskifte og dermed mælakens overordnede kvalitet er vanskelig at forudsige med det nuværende videngrundlag. Studier af mere end 2.000 mælkeprøver fra Europa viste således en høj korrelation mellem CLA og monoumættede transfedtsyrer ($r=0.97$) i mælkefedtet, og det konkluderes, at ønsker man at

øge mængden af CLA ud fra et ønske om at forbedre mælkefedtets ernæringsmæssige kvalitet, vil det samtidig indebære et øget indhold af monoumættede transfedtsyrer (Precht & Molketin, 2000). Samme studier viste endvidere, at der er et klart højere indhold af CLA og monoumættede transfedtsyrer i mælk fra køer, mens disse er på græs, hvorfor man må forvente, at produktionssystemer, hvor man prioriterer, at en stor andel af græsning vil give ophav til høje niveauer af CLA og monoumættede transfedtsyrer.

15.5 Mælakens indhold af vitaminer og mineraler

Vitaminernes betydning for produktkvaliteten

Mælk indeholder såvel tokoferoler som karotenoider, der er betydende for mælakens og de afledte produkters kvalitet. Tokoferoler og karotenoider virker som antioxidanter og er med til at sikre holdbare og velsmagende mejeriprodukter, idet de minimerer oxidation af fedtet. Ved fremstilling af ost er den lysmængde, som osten bliver eksponeret for i produktionslokalet, tilstrækkelig til at initiere oxidation i en sådan grad, at det kan smages i produktet. Her spiller navnlig indholdet af karotenoider i mælken en betydelig rolle for at hindre oxidation. Karotenoiderne absorberer dels lyset, men kan også reagere direkte med de reaktive oxygen species, der dannes ved belysning. Tokoferolerne kan ligeledes reagere med radikaler og hindre oxidation. Fodringen af køer har i denne forbindelse stor betydning for indholdet af disse antioxidanter. Således medfører f.eks. øget anvendelse af majsensilage på bekostning af græsensilage et betydeligt fald i indholdet af tokoferoler og karotenoider (Tabel 15.7; Havemose et al., 2003), hvilket må formodes at reducere mælakens antioxidante kapacitet i en sådan grad, at produktkvaliteten påvirkes.

Tabel 15.7 Indhold af antioxidanter i mælk, hvor køer er fodret med henholdsvis græs- og majsensilage

Fodertype	Græs	Majs
α -tokoferol (mg/L)	1,00	0,44
γ -tokoferol (mg/L)	0,04	0,02
β -karotin (μ g/L)	634,3	276,3
Zeaxantin (μ g/L)	3,4	1,1
Lutein (μ g/L)	19,8	3

Typetal

Der foreligger kun få undersøgelser, hvor mælkens mineral- og vitaminindhold systematisk er analyseret. I Tabel 15.8 er vist mælkens sammensætning målt over 1 år på besætningsmælk på 18 økologiske mælkeleverandører i forhold til race, og i Tabel 15.9 er vist den sæsonmæssige variation (Hermansen et al., 1999).

Jerseybesætningerne havde generelt et højere indhold af E-vitamin og β -karotin i mælken end de tunge racer, men et lavere indhold af A-vitamin. Dette er sandsynligvis et resultat af Jerseykøernes bedre evne til at omdanne vitamin A til β -karotin.

Der var desuden signifikante raceforskelle i indholdet af makromineralerne Ca, P, Mg og Zn, hvor Jersey havde det højeste indhold, og SDM det laveste indhold. Det er velkendt, at disse mineraler i betydeligt omfang er knyttet til proteinindholdet. Størrelsesordenen af de racemæssige forskelle er da også i overensstemmelse med forskellene i proteinindhold.

Mælkens indhold af vitaminer viste en klar sæsonvariation med en amplitude på henholdsvis 8, 17 og 58 % for A-vitamin, E-

vitamin og β -karotin og med maksimumværdier i oktober måned. Indholdet af Ca, Mg og Zn viste også en systematisk sæsonvariation med en amplitude på 4-5 % af middelværdien. Mens Ca og Mg havde maksimumværdi omkring 1. december, var indholdet af Zn højest i forsommeren. Indholdet af fosfor viste ingen systematisk sæsonvariation, hvilket godt kan forekomme overraskende i betragtning af, at P-indholdet normalt anses for at variere med proteinindholdet. Mikromineralerne mangan og kobber udviser en betydelig sæsonvariation (med en amplitude på ca. 15 %) og med maksimumværdier i henholdsvis maj og juli.

15.6 Uønskede stoffer i mælk

Ud over de førnævnte og mere generelle sammenhænge mellem fodring og mælkekvalitet er der nogle forhold, der er relateret til specifikke fodermidler eller kontaminering af foderstoffer. For tungmetaller, mykotoxiner og pesticider er der i EU-rådsdirektiv 1999/29 givet en oversigt over de højst tilladte grænseværdier for indholdet i mælk. En række af disse forhold er uddybende beskrevet af Frederiksen (1983) og i kapitel 5, bind 1. Her omtales alene nogle nyere undersøgelser over sammenhængen til fodringen.

Tabel 15.8 Mælkens indhold af vitaminer og mineraler (efter Hermansen et al., 1999)

Race	Jersey	RDM	SDM
<i>Vitaminer, mg/kg</i>			
A	0,35	0,40	0,44
E	1,3	0,8	0,9
β-karotin	0,23	0,14	0,12
<i>Mineraler, mg/kg</i>			
Ca	1271	1126	1106
P	1036	978	926
Mg	110	102	98
Zn	3,90	3,50	3,30
Mn	0,075	0,068	0,067
Fe	1,0	0,7	0,8
Cu	0,11	0,10	0,10

Tabel 15.9 Variation i vitaminer og mineralindhold gennem året (Efter Hermansen et al., 1999)

	Middelværdi	Minimum		Maksimum	
		Måned	Niveau	Måned	Niveau
<i>Mineraler</i>					
Ca, g/kg	1,15	maj	1,11	november	1,19
Mg, g/kg	0,101	maj	0,096	december	0,106
Zn, mg/kg	3,49	januar	3,31	juni	3,67
Mn, mg/kg	0,069	oktober	0,059	maj	0,079
Cu, mg/kg	0,103	januar	0,098	juli	0,118
<i>Vitaminer</i>					
A, mg/kg	0,487	april	0,446	oktober	0,528
E, mg/kg	0,95	april	0,78	oktober	1,12
β-karotin, mg/kg	0,148	april	0,063	oktober	0,233

Fodring med rapsprodukter

Rapsprodukter indeholder intakte glukosinolater eller nedbrydningsprodukter heraf. Der er fremavlet sorter af raps, hvor glukosinolatindholdet er ret lavt, hvilket har muliggjort anvendelse i betydelig omfang i fodringen. I nogle undersøgelser har der været rapporteret om smagsfejl i mælk ved anvendelse af rapsprodukter, ligesom koens jodstofskifte påvirkes. I en omfattende undersøgelse af Hermansen et al. (1995b) med nye typer af rapsprodukter blev det dog konkluderet, at der kan anvendes rapsprodukter med lavt glukosinolatindhold i et omfang op til 4,5 kg tørstof pr. ko daglig uden risiko for smagsfejl i mælken.

delse af rapsprodukter, ligesom koens jodstofskifte påvirkes. I en omfattende undersøgelse af Hermansen et al. (1995b) med nye typer af rapsprodukter blev det dog konkluderet, at der kan anvendes rapsprodukter med lavt glukosinolatindhold i et omfang op til 4,5 kg tørstof pr. ko daglig uden risiko for smagsfejl i mælken.

Mælkens jodindhold påvirkes imidlertid drastisk, ligesom indholdet af tiocyanat (der er en metabolit fra glukosinaterne) påvirkes. Ved tildeling af såvel 2 som 4 kg tørstof i rapsprodukter pr. ko daglig blev indholdet af jod reduceret til under 50 % (gns. 195 ug/l mod kontrolhold 522 ug/l). Samtidig blev indholdet af tiocyanat generelt tredoblet. Betydningen af de målte forskelle er yderligere diskuteret i Hermansen et al. (1995b).

Fodring med aflatoksinholdige oliekager

Under uhensigtsmæssige lagringsbetingelser for oliekager dannes bl.a. svampegiften aflatoksin. Aflatoksin B₁ fra foderet optages via fordøjelseskanalen i blodet og omdannes i leveren til bl.a. aflatoksin M₁, der kan udskilles i urin, galde og mælk. Udskillelsen i urin og galde anses for at være den kvantitativt langt mest dominerende.

Overførselsraten til mælk er for naturligt kontamineret foder fra 1-3%, højest for højt-ydende køer. Det kan groft estimeres, at tildeling af ét mikrogram aflatoksin B₁ medfører ét nanogram aflatoksin M₁ pr. kg mælk (Hermansen, 1995). Der er forskellige tekniske muligheder for at detoksificere foderet, men det har vist sig, at ”overførselsraten” for detoksificeret foder er væsentlig højere end for naturlig kontamineret foder.

Indholdet af aflatoksin B₁ i foderet reguleres gennem lovgivningen, og fra erhvervets side gennemføres en løbende kontrol af mælken. Generelt viser resultaterne af denne kontrol, at mælkens indhold ligger langt under lovgivningens krav (Mejeriforeningen, 2000).

15.7 Afslutning og perspektiver

Mælk er på mange måder en unik fødevarer, den er så alsidig sammensat, at en lang række af menneskets ernæringsmæssige behov i forhold til energi, protein, fedt og mineraler kan dækkes gennem mælk. Samtidig har

udviklingen inden for mejeriindustrien medført, at mælk eller mælkebestanddele kan danne grundlag for mange produkter, der er markant forskellige med hensyn til sammensætning, smag, konsistens og andre teknologiske egenskaber. Kvaliteten af de fremstillede mejeriprodukter er imidlertid i høj grad afhængig af kvalitet og egenskaber (indholdsstoffer, enzymsystemer m.v.) ved den rå mælk. Som det er illustreret i det foregående, er det i høj grad muligt at påvirke mælkens sammensætning og kvalitet gennem fodringen og gennem andre forhold i primærproduktionen. Nogle påvirkninger kan være målrettede i forhold til at opnå et højere proteinindhold og kaseinindhold for at forbedre ostningsegenskaberne. Andre påvirkninger kan være utilsigtede, f.eks. at mælkens indhold af jod falder kraftigt, når der anvendes rapsprodukter i fodringen.

Det er vigtigt at være opmærksom på såvel de udviklingsmuligheder, der ligger i at producere mælk med specifikke egenskaber, som de risici, der ligger i utilsigtet at ændre vigtige egenskaber ved mælken.

Der er i dag en øget opmærksomhed på sammenhængen mellem produktionsforholdene på malkekvægsbedriften, den afledte mælkekvalitet og kvaliteten af de producerede mejeriprodukter. Specielt på de mindre økologiske mejerier er der fokus på denne sammenhæng, dels fordi der er færre muligheder for at ”korrigere” i det senere produktfremstillingsforløb, og dels fordi der er et behov for at profilere de fremstillede mejeriprodukter med særlige egenskaber. Det må imidlertid forudses, at der også for andre og større mejerier bliver øget fokus på disse muligheder som følge af en generel øget viden om, hvorledes mælkens sammensætning og kvalitetsegenskaber kan påvirkes/styres, større malkekvægsbesætninger med større volumen af ”ensartet” mælk samt

bedre analytiske og sporbarhedsmæssige muligheder. Herigennem bliver det muligt at opnå en merværdi af primærproduktionen.

15.8 Referencer

- Allmere, T., Andren, A., Lunden, A. & Björck, L. 1998. Interactions in heated skim milk between genetic variants of beta-lactoglobulin and kappa-casein. *J. Agr. Food Chem.* 46, 3004-3008.
- Andersen, P.E. & Sørensen, M. 1963. Roer og roetopensilage contra kløvergræsensilage. Annual Report. Forsøgslaboratoriet, Copenhagen, 11-16.
- Barrefors, P. & Everitt, B. 1995. The increased problem of oxidation taste in milk: experiences from a field study in Sweden NJF/NMR-seminar 252, Turku. Finland.
- Benfeldt, C., Larsen, L.B., Rasmussen, J.T., Andreasen, P.A. & Petersen, T. E. 1995. Isolation and characterization of plasminogen and plasmin from bovine milk. *Int. Dairy J.* 5, 577-592.
- Bickerstaffe, R., Annison, E.F. & Linzuell, J.L. 1974. The metabolism of glucose, acetate, lipids and amino acids in lactating dairy cows. *J. Agr. Sci. Camb.* 82, 71-85.
- Børsting, C.F. & Weisbjerg, M.R. 1989. Fatty acid metabolism in the digestive tract of ruminants. Ph.D. thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 249 pp.
- Coulon, J.B. & Remond, B. 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow. A review. *Livest. Prod. Sci.* 29, 39.
- Danfær, A., Thyssen, I. & Østergaard, V. 1980. The effect of the level of dietary protein on milk production. Rep. 492, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 165 pp.
- DePeters, E.J. & Kant, J.P. 1992. Nutritional factors influencing the Nitrogen composition of bovine milk: A review. *J. Dairy Sci.* 75, 2043-2070.
- Eigel, W.N., Butler, J.E., Ernstrom, C.A., Farrell, H.M., Harwalkar, V.R., Jenness, R. & Whitney, R.M. 1984. Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision. *J. Dairy Sci.* 67, 1599-1631.
- Erasmus, L.J., Hermansen, J.E. & Rulquin, H. 2001. Nutritional and management factors affecting milk protein content and composition. Bulletin of the International Dairy Federation no. 366, 49-61.
- Eskesen, P. 1994. Sæsonvariation i mælkemængden og mælkenes sammensætning under afgræsningsforhold. MSc-speciale. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed, KVL, 103 pp.
- Fox, P.F. 1992. "Indigenous enzymes in milk: Proteinases" in *Advanced dairy chemistry vol. 1*, ed. P.F. Fox, Elsevier applied science, 310-320.
- Fox, P.F. & McSweeney, P.L.H. 1998. *Dairy chemistry and biochemistry*. Blackie academic & Professional.
- Frederiksen, J.H. 1983. Foderkvalitet med henblik på sundhed og mælkekvalitet. 551. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kapitel 5, 5.1-5.39.
- Gray, R.M. & Mackenzie, D.S. 1987. Effect of plane of nutrition on the concentration and yield of whey proteins in bovine milk. *N. Z. J. Dairy Sci. & Techn.* 22, 157-165.
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Palmquist, D.L. & Nurmela, K.V.V. 1998. Trans-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in lactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 81, 1251-1261.
- Grosvenor, C.E., Picciano, M.F. & Baumrucker, C.R. 1993. Hormones and growth factors in milk. *Endocrine Rev.* 14, 710-728.
- Grufferty, M.B. & Fox, P.F. 1988. Review article: Milk alkaline proteinase. *J. Dairy Res.* 55, 609-630.
- Havemose, M.S., Weisbjerg, M.R., Bredie, W.L.P., Nielsen, J.H. 2003. The influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk (In manuscript).
- Hedegaard, R.V., Kristensen, D., Nielsen, J.H., Frøst, M.B., Østdal, H., Hermansen, J.E., Kröger-Ohlsen, M. & Skibsted, L.H. 2003. Early events in the oxidation and lipolysis of milk as influenced by manipulation of the fatty acid composition through feeding (In manuscript).

- Hermansen, J.E. 1987. Foderoptagelse, ydelse og tilvækst ved anvendelse af roeffald eller bederoer til malkekøer. Medd. nr. 679 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Hermansen, J.E. 1989a. Feed intake and milk yield at increasing supplement of a palmitic and stearic acid rich type of fat in comparison with animal fat. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 22, 179-191.
- Hermansen, J.E. 1989b. Feed intake, milk yield and milk composition by replacing unprotected fat by Ca-soaps for dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 22, 193-202.
- Hermansen, J.E. 1995. Overførsel af aflatoxin fra foder til mælk. Intern Rapport nr. 54 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 1-16.
- Hermansen, J.E. 1995. Prediction of milk fatty acid profile in dairy cows fed dietary fat differing in fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 78, 872-879.
- Hermansen, J.E., Jensen, S.K. & Ostersen, S. 1999. Variation i mælkekvalitet mellem økologiske brug i relation til produktkvalitet. I: Kvalitet og forarbejdning af økologisk mælk. Temadag på Forskningscenter Foulum den 26. oktober 1999. p. 9-14.
- Hermansen, J.E., Larsen, T. & Andersen, J.O. 1995. a) Does Zinc Play a Role in the Resistance of Milk to Spontaneous Lipolysis? *Int. Dairy J.* 5, 473-481.
- Hermansen, J.E., Ostersen, S., Justesen, N.C. & Aaes, O. 1999. Effects of dietary protein supply on caseins, whey proteins, proteolysis and renneting properties in milk from cows grazing clover or N-fertilized grass. *J. Dairy Res.* 66, 193-205.
- Hermansen, J.E. & Pedersen, J. 1987. Milk composition in relation to breeding and feeding. In: *Research in Cattle Production Danish Status and Perspectives*, 140-154.
- Hermansen, J.E., Østergaard, V. 1988. Oliefrø som fedttilskud til malkekøer – rapsfrø, sojabønner, hørfrø. 636. Beretning fra Statens husdyrbrugsforsøg, 44 pp.
- Hermansen, J.E., Østergaard, V., Jensen, F. & Lund, P. 1984. Foderfedt til malkekøer – mælkeydelse, sammensætning og kvalitet af mælk og smør. Fællesudvalget for Statens Mejeri- og Husdyrbrugsforsøg. 3. beretning, 107.
- Hermansen, J.E., Aaes, O., Ostersen, S. & Vestergaard, M. 1995. b) Rapsprodukter til malkekøer – mælkeydelse og mælkekvalitet. Forskningsrapport nr. 29 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 31.
- Hvelplund, T. 1983. Quantitative aspects of the digestion in the dairy cow. In: Østergaard, V. & Neimann-Sørensen, A. (eds.). *Optimum Feeding of the Dairy Cow*. Rep. 551, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 11.1 - 11.23.
- Hvelplund, T., Aaes, O. & Kristensen, V.F. 1991. Foderværdi og anvendelse af kunsttørret grønfoder til malkekøer. Bilag til seminar i Herning, 29 pp.
- Jensen, S.K. 1995. Transfer of A and E vitamins and beta-carotene from feed to milk at various stages of lactation, and its importance for milk stability. NJF/NMR-seminar 252, Turku, Finland.
- Jiang, J., Bjoerck, L., Fondén, R. & Emanuelson, M. 1996. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: Effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.* 79, 438-445.
- Justitsministeriet, 2003. Bekendtgørelse om indhold af transfedtsyrer i olier og fedtstoffer m.v. nr. 160 af 11/3-03.
- Klagburn, M. 1978. Human milk stimulates DNA synthesis and cellular proliferation in cultured fibroblasts. *Proceedings National Academy of Science, USA.* 75, 5057-5061.
- Koldovsky, O. 1996. The potential physiological significance of milk-borne hormonally active substances for the neonate. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 1, 317-323.
- Kristensen, V.F., Munksgaard, L. & Andersen, P.E. 1986. Protein value of grass silage for dairy cows. *Acta Agr. Scand. Suppl.* 25, 145-154.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1978. Different level of energy and protein to dairy cows in early lact. Rep. 475, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 72 pp.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1979. Rations with beet or barley fed separately or in complete ration for dairy cows. Rep. 480, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 28 pp.

- Krohn, C.C., Andersen, P.E. & Hvelplund, T. 1985. Stigende mængder roemelasse i fuldfoder til malkekøer. Short communication No. 568, Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen, 4 pp.
- Lametsch, R., Rasmussen, J.T., Johnsen, L.B., Purup, S., Sejrsen, K., Petersen, T.E. & Heegaard, C.W. 2000. Structural characterisation of the Fibroblast Growth Factor Binding Protein purified from bovine mammary gland secretion. *J. Biol. Chem.* 275, 19469-19474.
- Larsen, L.B., Benfeldt, C., Rasmussen, L.K. & Petersen, T.E. 1996. Bovine milk procathepsin D and cathepsin D: coagulation and milk protein degradation. *J. Dairy Res.* 63, 119-130.
- Larsen, L.B., Rasmussen, M.D. & Bjerring, M. 2002. Protein i mælk – resultater fra analyser på enkeltkøer. I: Leverandør-mælkens indhold af kasein. Bilag til rapport, Mejeriforeningen.
- Lock, A.L. & Garnsworthy, P.C. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79, 47-59.
- Misciattelli, L., Kristensen, V.F., Hvelplund, T. & Weisbjerg, MR. 2001. Milk production, amino acids and energy utilization in response to increased post ruminal lysine and methionine supply in dairy cows. In: Chwalibog, A. & Jakobsen, K. (eds.). *Energy Metabolism in farm Animals. Proceedings of the 15th symposium on energy metabolism in animals*, Snekkersten, Denmark. EAAP publication No. 103. Wageningen Pers. 389-392.
- Muir, D.D., Horne, D.S., & West, I.G. 1997. Genetic polymorphism of bovine kappa-casein: effects on textural properties and acceptability of plain, set yoghurt. *Milk Protein Polymorphism*, International Dairy Federation, Brussels, 182-184.
- Ng-Kwai-Hang, K.F., Hayes, J.F., Moxley, J.E. & Monardes, H.G. 1982. Environmental influences on protein content and composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 65, 1993.
- O'Driscoll, B.M.O., Rattray, F.P., McSweeney, P.L.H. & Kelly, A.L. 1999. Protease activities in raw milk determined using a synthetic heptapeptide substrate. *J. Food Sci.* 64, 606-611.
- Oldham, J.D. 1984. Protein-energy interrelationship in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67, 1090.
- Oldham, J.D. 1991. Magnitude and implications of changes in milk composition through manipulation of nutrition, management and physiology. Proc. 23rd Int. Dairy Congress, 8-12 Oct. Montreal. IDF Agriculture Canada, Ottawa, Canada. Vol f1:714.
- Oliveira, J.S. 1991. Effect of sorghum grain processing on the performance and metabolism of lactation cows. PhD Diss., Univ. Arizona, Tucson.
- Ostensen, S., Foldager, J. & Hermansen, J.E. 1997. Effect of stage of lactation, milk protein genotype and body condition at calving on protein composition and renneting properties of bovine milk. *J. Dairy Res.* 64, 207-219.
- Phelan, J.A., O'Keefe, A.M., Keogh, M.K. & Kelly, P.M. 1982. Studies of milk composition and its relationship to some processing criteria. *Ir. J. Food Sci. Technol.* 6, 1-11.
- Precht, D & J. Molkentin, 2000. *Milchwissenschaft.* 55, 687-691.
- Prosser, C.G., Nicholas, G., Stelwagen, N.K., Lacy-Hulbert, S.J., Woolford, M.W. & McFadden, T.B. 1995. Influence of milking frequency and feeding level on plasmin activity and casein degradation in milk. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 55, 9-11.
- Purup, S., Vestergaard, M. & Sejrsen, K. 2000. Involvement of growth factors in the regulation of pubertal mammary growth. *Adv. Exp. Med. Biol.* 480, 27-43.
- Rulquin, H., Pisulewski, P.M., Vérité, R. & Guinard, J. 1993. Milk production and composition as function of post-ruminal lysine and methionine supply: a nutrient response approach. *Livest. Prod. Sci.* 37, 69.
- Santos, F. & Huber, J.T. 1995. Effect of rumen undegradable protein on dairy cow performance. A 10 year literature review. *J. Dairy Sci. (Suppl. 1)*, 293.
- Sejrsen, K., Pedersen, L.O., Vestergaard, M. Purup, S. 2001. Biological activity of bovine milk – contribution of IGF-I and IGF binding proteins. *Livest. Prod. Sci.* 70, 79-85.

Spörndly, E. 1989. Effects of diet on milk composition and yield of dairy cows with special emphasis on milk protein content. *Swedish J. agr. Res.* 19, 99-106.

Sutton, J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.* 72, 2801.

Wiking, L., Björck L. & Nielsen, J.H. 2003. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk (*Int. Dairy J.*, Accepted).

Yousef, I.M., Huber, J.T. & Emery, R.S. 1970. Milk protein synthesis as affected by high-grain, low-fiber rations. *J. Dairy Sci.* 53 6, 734-739.

Østergaard, V., Danfærd, A., Daugaard, I., Hindhede, J. & Thysen, I., 1981. The effect of dietary lipids on milk production in dairy cows. Rep. 508, *Natl. Inst. Anim. Sci., Copenhagen*, 140 pp.

Aaes, O. 1993. Fuldfoder kontra separat tildeling af energirige foderrationer udfodret efter ædelyst eller restriktivt til malkekøer. *Forskningsrapport nr. 16. Statens Husdyrbrugsforsøg.*

Appendiks A. Sammenhæng mellem foderfedttildeling og mælkens fedtsyresammensætning¹⁾.

Fedtsyreandel i mælkefedt, vægtpct. (y)	Inter- cept (a)	Samlet fedtsyretil- deling g/kg tørstof (x ₁)	Andel i foderfedtet, %			S (Y/X)
			C12:0 (x ₂)	C14:0 (x ₃)	C16:0 (x ₄)	
< C12:0	11,5	- 0,057*	- 0,007	- 0,003	- 0,005	1,0
C12:0	4,8	- 0,042*	+0,23*	+0,009	+0,002	0,5
C14:0	14,6	- 0,093*	+0,07	+0,30*	- 0,011	1,0
C16:0	26,9	- 0,131*	+0,03	+0,07	+0,43*	2,7
C18:0	9,8	+0,098*	- 0,10*	- 0,14*	- 0,15*	1,5
C18:1	21,9	+0,245*	- 0,18*	- 0,27*	- 0,29*	2,4
C18:2 + 3	3,6	- 0,002*	- 0,02	- 0,01	- 0,02*	0,5

¹⁾ Model $y = a + b x_1 + c x_2 + d x_3 + e x_4$.

Planlægning af økonomisk optimal fodring af malkekøer

16

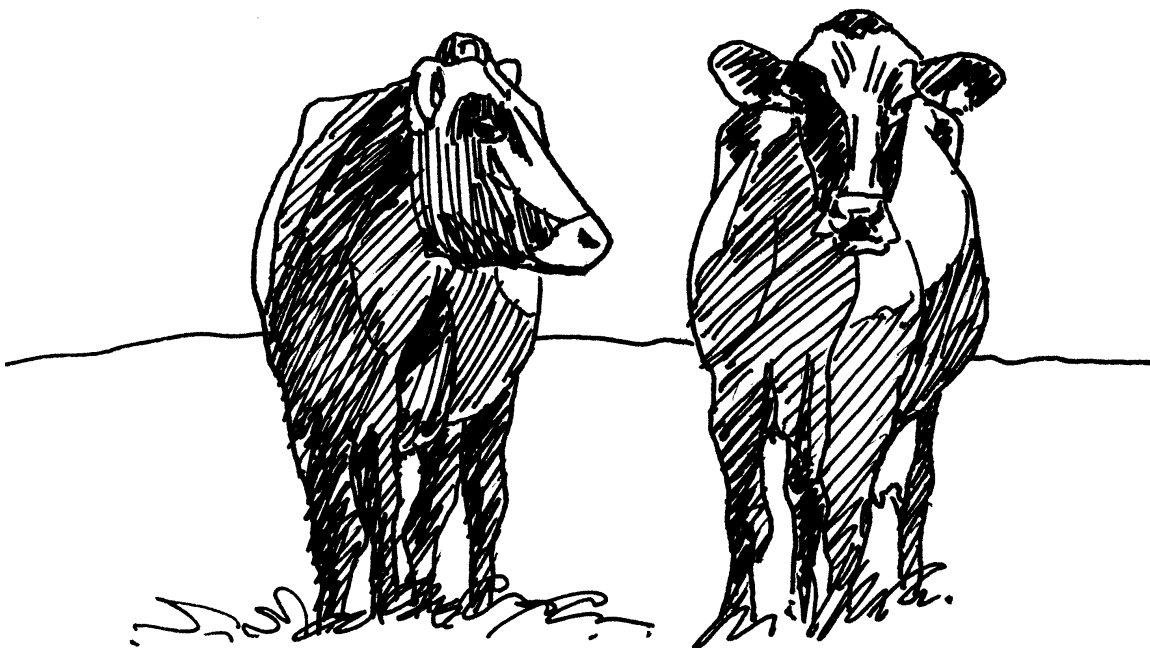
af Søren Østergaard ¹⁾, Troels Kristensen ²⁾, Ole Aaes ⁴⁾,
Verner Friis Kristensen ³⁾, Merete Jensen ⁴⁾
og Susanne Clausen ⁴⁾

¹⁾ Afd. for Husdyrsundhed og Velfærd,

²⁾ Afd. for Jordbrugsproduktion og Miljø

³⁾ Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi,
Danmarks JordbrugsForskning og

⁴⁾ Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret|Dansk Kvæg



Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.).
Kvægets ernæring og fysiologi.
Bind 2 - Fodring og produktion,
DJF rapport Husdyrbrug 54, 2003, 411 pp.

16.1 Baggrund

Hensyn og kriterier i planlægningen

Planlægning af økonomisk optimal fodring af malkekøer involverer mange beslutninger på en kvægbedrift. Før vækstsæsonen i mårken skal det besluttes, hvad der skal dyrkes og hvor meget. Her må blandt andet tages hensyn til dyrenes 'behov' på det ønskede produktionsniveau, markernes beskaffenhed, arbejdsbelastning, pris på salgsafgrøder, pris på alternative fodermidler, variable omkostninger ved dyrkning, dyrkningssikkerhed, lagerforhold, maskinpark og sædskifte. Kriteriet for beslutningerne vedrørende foderforsyningen er den interne produktionspris (produktionsomkostningerne + mistet dækningsbidrag fra en salgsafgrøde) med hensyntagen til de øvrige forhold. I vækstsæsonen skal der træffes beslutninger om, hvorvidt græsmarksprodukter skal konserveres eller anvendes friske, og om korn skal tages som helsæd eller høstes ved modenhed. De vigtigste hensyn her er vækstforhold og beholdninger. Kriteriet for beslutninger er som før vækstsæsonen, dog med den forskel, at omkostninger indtil nu ikke medregnes. Efter høst skal der træffes beslutninger om opfodring eller salg, og om hvilke dyrekategorier/grupper, der skal have foderet. Der skal nu besluttes under hensyntagen til fodermidlernes alternative værdi og priser på andre fodermidler. Kriteriet for beslutningerne er nu, at fodermidlerne allokeres derhen, hvor marginaludbyttet er størst.

Hierarkisk beslutningsproces

På grund af klimaets og andre ukendte forholdes indvirken i vækstsæsonen, samt usikkerhed om priser på andre fodermidler adskillige måneder forud, gøres kun en begrænset indsats mht. detaljeringsgraden af den foderplan, som først skal bruges efter vækstsæsonen. Derfor udarbejdes først et foderbudget, som umiddelbart før den pågældende fodringssæson afløses af en detal-

jeret foderplan. Som grundlag for foderbudgettet kan det være relevant også at træffe beslutning om fodringsprincip, da det vil kunne påvirke behovet for grovfoder. Der er tale om en hierarkisk beslutningsproces, hvor ukendte faktorer og beslutninger truffet på ét tidspunkt fastsætter nogle af rammerne for de følgende beslutninger, som til sidst fører til detailfoderplanen og den praktiske udfodring.

Dette kapitel indledes med en beskrivelse af forskellige fodringsprincipper. Dernæst præsenteres metoder til foderbudgettering og foderplanlægning. Der bliver taget udgangspunkt i velkendte metoder, som tilpasses de nye produktionsfunktioner, der er beskrevet i tidligere kapitler.

16.2 Valg af fodringsprincip

Produktionsfunktioner for protein, fedt og energi var de første tiltag for fastlæggelse af en økonomisk optimal fodring, men fodringsprincippet blev også et vigtigt element. Ved fodringsprincip forstås den organisatoriske måde at tildele rationen på. Det vil sige:

- Restriktiv tildeling eller fodring efter ædelyst
- Individuel fodring eller gruppefodring
- Separat tildelt foder eller fuldfoder.

Der er især 3 hovedprincipper, som efterfølgende vil blive nærmere beskrevet, nemlig:

1. *Normfodring*, hvor både kraftfoder og grovfoder tildeles restriktivt, individuelt og separat
2. *Strategifodring med kraftfoder*, hvor kraftfoder tildeles restriktivt, individuelt og separat, mens grovfoder tildeles efter ædelyst, i grupper eller separat
3. *Fodring med fuldfoder*, hvor kraftfoder og grovfoder fodres efter ædelyst i en blanding.

Normfodring

Ved normfodring afpasses foderniveauet løbende til livsytringerne. Disse livsytringer er mælkeydelse, fosterproduktion og tilvækst. Grundlaget for normfodringen stammer fra 1920'erne, hvor man så på forskellige energiniveauer i forhold til den daglige ydelse (produktionsfoderenheder pr. kg 4 % mælk). Resultaterne er beskrevet af Lars Frederiksen i 1931 i beretning nr. 136 fra Forsøgslaboratoriet. Normfodringen er baseret på regelmæssig ydelseskontrol, hvilket gør det vanskeligt at tilpasse rationen de første uger af laktationen, hvor ydelsen er stærkt stigende. Fodertildelingen vil derfor halte bagefter ydelsesstigningen. Tilfældige ydelsesudsving kan også medføre, at koen bliver sat i foderklasse efter en ydelse, som er væsentlig lavere, end hendes genetiske potentiale betinger. Det modsatte, at køerne tildeles en meget høj kraftfoderandel i forsøg på at dække energibehovet til topydelsen, har også været medvirkende til at give mange køer fordøjelsesforstyrrelser. Normfodringen er skitseret i Figur 16.1 (Østergaard, 1983). I dag anvendes typisk andre fodringsstrategier end normfodring i den første del af laktationen.

Strategifodring med kraftfoder

Strategifodring med kraftfoder betyder, at et forud planlagt niveau og forløb for tildeling af kraftfoder gennem laktationen på besætningsniveau følges, uanset individuelle forskelle i daglig ydelse. Samtidig forudsættes, at grovfoderet (græs, hø eller ensilage) tildeles efter ædelyst (Østergaard, 1979). En strategifodring med kraftfoder, som nu er den mest anvendte i Danmark, kaldes "*det forenkede fodringsprincip*". I Figur 16.2 er det forenkede fodringsprincip vist skematisk. "*Det forenkede*" refererer til det konstante daglige niveau pr. ko af kraftfoder til alle

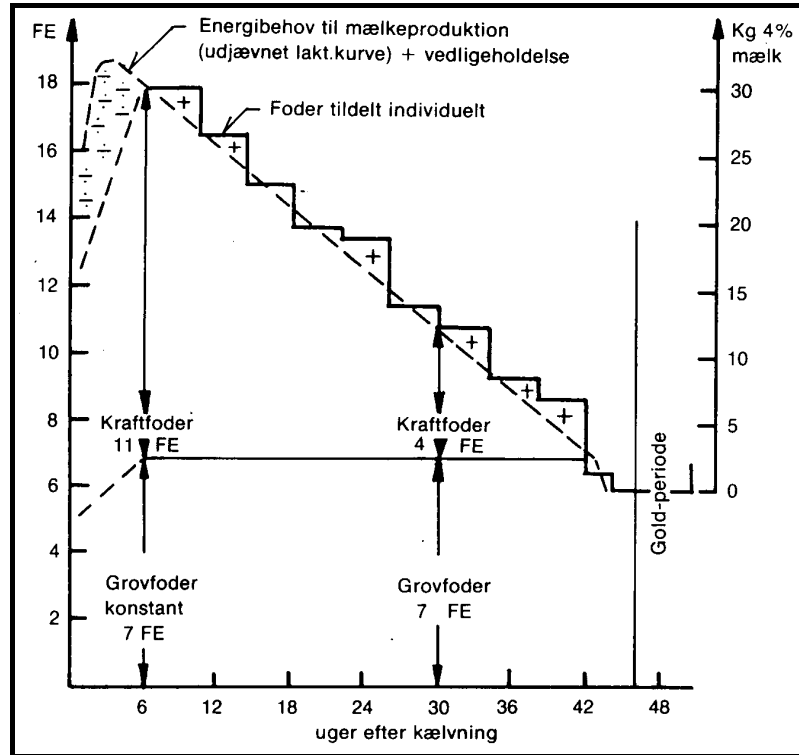
besætningens køer i første halvdel af laktationen. Udviklingen af det forenkede fodringsprincip og forsøgene bag blev udført i midten af 1970'erne og begyndelsen af 80'erne.

Økonomiske forudsætninger

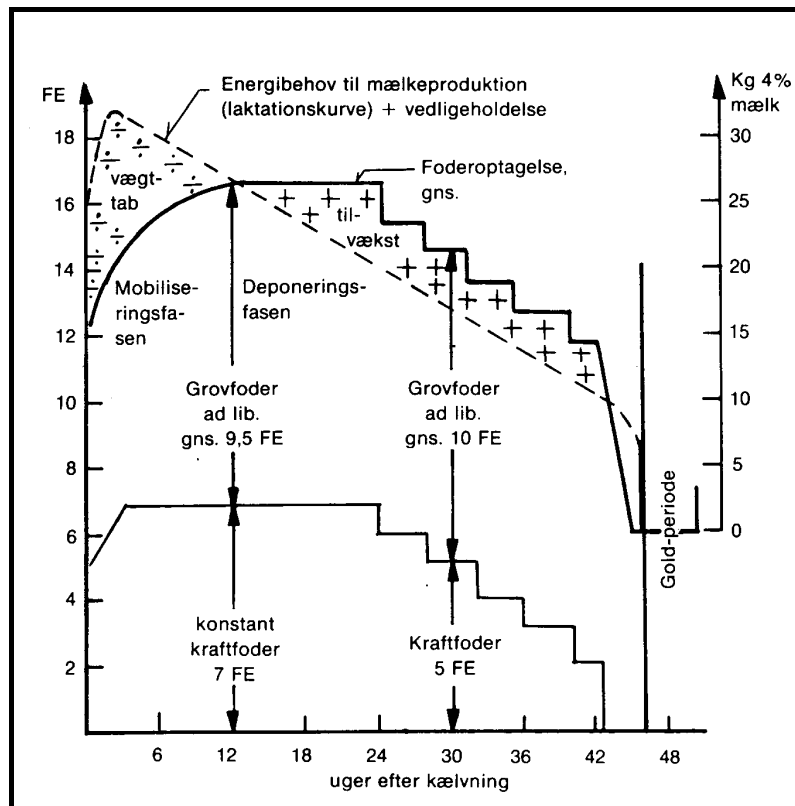
Med hensyn til de økonomiske forudsætninger blev det fundet, at strategierne baseret på konstant daglig tildeling af kraftfoder over det meste af laktationen (0 til 36 uger efter kælvning), det forenkede fodringsprincip, gav tilsvarende eller bedre resultat end andre strategier for tildeling af samme mængde kraftfoder. Og kun under ekstreme forhold med meget høje foderpriser i forhold til mælkeprisen blev normfodring fundet fordelagtig i forhold til det forenkede fodringsprincip. Det forenkede fodringsprincip blev yderligere styrket i sammenligningen, når der blev taget hensyn til færre mandtimer pr. ko. Disse resultater er nærmere beskrevet af Østergaard (1979).

Forudsætninger til anvendte funktioner

Til anvendelse af funktionerne, der leder frem til det optimale foderniveau ved anvendelse af strategifodring med kraftfoder, blev det forudsat, at marginaludbytte for øget tilskud af energi, protein og fedt kan antages ens inden for samme type af det grovfoder, der tildeles efter ædelyst (Østergaard, 1983). Baseret på nyere forsøgsresultater er det i kapitel 5 fundet, at forudsætningen fortsat gælder med hensyn til ens marginaludbytte (mælk plus tilvækst) ved stigende energiniveau for forskellige ydelseskapaciteter. Ved sammenligning med udenlandske forsøgsresultater er det i kapitel 5 desuden fundet, at marginalydelsen var uafhængig af ydelseskapacitet, når den daglige kraftfodertildeling ikke oversteg 8 til 10 kg kraftfodertørstof.



Figur 16.1 Principskitse for normfodring på basis af ydelse hver 4. uge (Østergaard, 1983).



Figur 16.2 Princippet i strategifodring (det forenklede fodringsprincip) (Østergaard, 1983).

Ved højere mængde kraftfoder blev der fundet en højere marginalydelse hos køer med høj ydelseskapa­citet i forhold til køer med lav ydelseskapa­citet. Denne sammenligning er knyttet alene til marginalydelse og inkluderer således ikke en sammenligning af marginaltilvæksten, og dermed hvordan det samlede marginaludbytte afhænger af ydelseskapa­citet.

Til det grovfoder, der tildeles efter ædelyst, blev der stillet forudsætning om høj fordøjelighed, helst mellem 70 og 80 % af organisk stof. Det skyldes, at en høj kvalitet af grovfoderet gør det lettere for de højtydende køer inden for besætningen at dække energibehovet gennem en øget grovfoderoptagelse. Hvis der ikke er grovfoder til rådighed af passende kvalitet, kan der dog laves en blanding, som tilgodeser kravet til ædelystfoderet. Er dette heller ikke muligt, er grundlaget for strategifodring med kraftfoder ikke til stede. Grovfoderet skal samtidig kunne tilgodesse mælkeproduktionen med hensyn til andre næringsstoffer og fysisk struktur (tyggetid og fylde). Derfor er f.eks. majsensilage og byg/hvedehelsæd ikke et ideelt foder som eneste grovfoder, da det ikke indeholder tilstrækkeligt protein. Østergaard (1983) opsummerer forudsætningerne således:

- Fordøjelseskoefficient af organisk stof: min. 67 (70–80)
- Energikoncentration: min. 0,63 FE pr. kg tørstof (0,7–0,8)
- Råprotein i tørstof: min. 13 % (15–18)
- Fylde: max. 0,87 FF pr. FE (0,7–0,5); (græs: min. ca. 0,4)
- Tyggetid: ca. 70–140 min. pr. FE (80 – 100); (græs: min. ca. 50).

Med den genetiske udvikling i køernes ydelseskapa­citet og foderoptagelseskapa­citet er kravene til fordøjelseskoefficient af organisk stof blevet højere, min. 75 (80–90), og til-

svarende bør fylden ikke overstige 0,65 (0,6–0,4).

Tilpasning af det forenk­lede fodringsprincip
På baggrund af vekselvirkningen mellem genotype og kraftfoderniveau ved store kraftfodermængder og en nominelt stigende ydelsesforskel mellem køerne inden for besætningen kan der være grunde til at overveje, om der er situationer, hvor det forenk­lede fodringsprincip med fordel kan modificeres. Det skal også ses i sammenhæng med, at sammenligningen i sin tid var til en normfodring, som tydeligt har en lang række svagheder. Leaver (1986) fandt imidlertid, at det forenk­lede fodringsprincip, hvor alle køer blev tildelt samme mængde kraftfoder og fik grovfoder efter ædelyst, ikke adskilte sig fra et fodringsprincip, hvor køerne blev tildelt en fast kraftfodermængde efter ydelse i begyndelsen af laktationen.

I de tilfælde, hvor forskellen mellem køerne inden for besætningen er stor, grovfoderkvaliteten ikke er tilstrækkelig høj, eller at kvægbrugeren ønsker, at alle køer yder deres maksimale, kan der udarbejdes to eller flere strategigrupper, hvor køerne indplaceres efter ydelsesindeks eller andre styringsparametre. Det er dog meget vanskeligt at indplacere køerne korrekt i begyndelsen af laktationen (Hindhede, 1981). Ny viden og nye teknologier til hyppige dataregistreringer for den enkelte ko vil imidlertid kunne forbedre dette.

Fuldfoder

Fuldfoder er defineret som en foderblanding indeholdende samtlige fodermidler i en foderration, og som dækker dyrenes behov for energi, næringsstoffer og fysisk struktur. Drikkevand er dog undtaget. Ved fodring med fuldfoder vil energikoncentrationen og kraftfoder/grovfoderforholdet være ens for alle dyr. Det er i modsætning til strategifodring med fast kraftfodertildeling og grovfo-

der efter ædelyst, hvor de kører med højest foderoptagelseskapacitet kun kan øge grovfoderoptagelsen og dermed reducere energikoncentrationen.

Fuldfoders betydning for foderoptagelsen

Der er tilsyneladende en vekselvirkning mellem tildelingsmåde og andelen af letomsætteligt foder i foderrationen (kraftfoder-/grovfoderforholdet) på virkningen på foderoptagelsen. I sammenlignende forsøg med fuldfoder og separat tildeling af kraftfoder er der kun fundet små eller ingen virkninger på foderoptagelsen, når rationen var sammensat med omkring 50 % letomsætteligt foder (Krohn & Andersen, 1979; Nocek et al., 1986). Derimod er der fundet mellem 13 % og 17 % større foderoptagelse på fuldfoderholdene, når rationerne er sammensat med en andel af letomsætteligt foder på 65-75 % (Aaes, 1993; Istasse et al., 1986; Phipps et al., 1984).

Fuldfoders betydning for mælkeydelsen og mælkens sammensætning

Som tilfældet med foderoptagelsen er ydelsen af energikorrigeret mælk (EKM) heller ikke påvirket af fodringsprincippet, når kraftfoderandelen er lav i rationen. Derimod er der stor virkning på ydelsen ved høj kraftfoderandel (Aaes, 1993; Istasse, 1986). Det er især mælkens sammensætning, der påvirkes af fodringsprincippet ved høj kraftfoderandel. Hvor der normalt kan forventes et fald i fedtprocenten ved stigende kraftfoderandel i rationen, er fodring med fuldfoder i stand til at fjerne eller reducere denne virkning (Aaes, 1993; Phipps, 1984).

Der er derimod mindre virkning af fodringsprincippet på proteinprocenten i mælken. Det højere foderniveau ved fodring med fuldfoder i forhold til separat fodring, når rationen er sammensat med stor andel af letomsætteligt foder, betyder imidlertid, at proteinprocenten stiger i mælken. Det er en

velkendt virkning af energiniveau på proteinindholdet (Spörndly, 1989).

Fodringsstrategi med fuldfoder gennem laktationen

I forbindelse med udbredelsen af fuldfoderprincippet opstod ønsket om en forenklet fodring med fuldfoder, uden gruppeopdeling af køerne. Der skal således kun fremstilles én blanding til samtlige køer. Fodring restriktivt med fuldfoder til køer i første halvdel af laktationen har imidlertid en negativ virkning på mælkeydelsen og mælkens sammensætning (Aaes, 1993). Derfor blev det meget brugt at fodre med samme fuldfoderration til alle køer efter ædelyst. Metoden, der kaldes TMR 1, betyder, at køerne ikke kan udnytte billigere foderemner i sidste del af laktationen, og at rationens sammensætning primært skal afpasses efter køerne i tidlig laktation. Derfor kan indholdet af fedt og protein samt eventuelle andre hjælpestoffer ikke reduceres til de lavere ydende køer. TMR 1 betyder **Total Mixed Ration**, og tallet bag angiver, hvor mange forskellige blandinger, der anvendes til besætningen.

For at undgå at køerne bliver for fede ved den følgende kælvning, eller at foderudnyttelsen bliver alt for lav, er det oftest nødvendigt at holde energikoncentrationen i rationen lavere end det økonomisk optimale foderniveau i første del af laktationen. Derved sænkes topydelsen. Til gengæld øges ydelsespersistensen, således at ydelsen holdes på et relativt højere niveau i sidste del af laktationen.

Grundblanding og kraftfoderautomater

I de tilfælde, hvor TMR 1 ikke virker hensigtsmæssigt, og det ikke er muligt at lave gruppeopdeling af køerne, kan kraftfoderautomater i stalden eller i malkestalden være en løsning. I så fald fodres med en grundration efter ædelyst. Denne ration er sammen-

sat, så den dækker behovet for energi og protein i en stor del af laktationen. I den resterende del af laktationen suppleres kørerne med kraftfoder, således at der opnås en højere topydelse i begyndelsen af laktationen.

Betydning af fodringsstrategi lige efter kælvning

Mens mælkeydelsen stiger hurtigt efter kælvning, så stiger foderoptagelseskapaciteten væsentligt langsommere. Det bør imidlertid ikke give anledning til at øge energikoncentrationen i rationen ved at optrappe kraftfoderet hurtigt efter kælvning ved separat fodring af kraftfoder og grovfoder. Det skyldes, at substitutionsforholdet mellem kraftfoder og ensilage er meget højt på dette tidspunkt (Ingvarsen et al., 2001). Det betyder, at en hurtig optrapning af kraftfoderet medfører en dramatisk ændring af kraftfoder/grovfoderforholdet i rationen, men ikke en øgning af energiniveauet af betydning. Den hurtige optrapning af kraftfoderet havde ingen virkning på mælkeydelsen, men fedtprocenten i mælken var sænket indtil 2 til 4 uger efter kælvning ved den hurtige optrapning. Den hurtige optrapning var 0,5 kg (0,43 kg tørstof) pr. dag fra 2,5 kg (2,15 kg tørstof) over 15 dage, mens den langsomme optrapning var en stigning på 0,3 kg (0,26 kg tørstof) pr. dag over 26 dage. (Ingvarsen et al., 2001).

De køer, der blev fodret med fuldfoder efter ædelyst fra kælvning, havde derimod en meget højere foderoptagelse i sammenligning med de separat fodrede køer i de første uger af laktationen. Forskellen var mellem 12 og 24 %. Mælkeydelsen var også markant øget (11 %), selvom andelen af kraftfoder i fuldfoderrationen kun var 50 % (Ingvarsen et al., 2001).

Fodringsprincippet i de første uger af laktationen har tilsyneladende større virkning på køernes foderoptagelse og ydelse end senere

i laktationen. Det kan skyldes virkningen i vomomsætningen, da den langsomme optrapning og fuldfoder samtidig har givet lavere frekvens af stofskiftesygdomme (Ingvarsen et al., 2001).

16.3 Foderbudgettering

I dette afsnit behandles en række af de forhold, der skal afklares, før der kan foretages en økonomisk optimering af foderrationen til kørerne.

Formålet med budgetteringen er at få et overblik over bedriftens forsyningssituation samt at sikre, at foderet fordeles mellem de enkelte besætningsgrupper, således at de samlede foderomkostninger på bedriften minimeres til en given produktion.

Ideelt set er foderbudgetteringen en opfølgning på en mere strategisk planlægning af bedriftens foderforsyning. Hansen (1992) har beskrevet en model til optimering af kvægbedriftens foderforsyning og afgrødevalg. De realiserede foderbeholdninger vil dog ofte i mængde og kvalitet afvige fra det planlagte, da afgrødeproduktionen er underlagt de klimatiske variationer. Mogensen et al. (1999) har beregnet en spredning i afgrødeudbytte over årene inden for den enkelte bedrift på 12 % for det gennemsnitlige afgrødeudbytte, men højere for de enkelte afgrøder, f.eks. helsæd 21 % og græs 14 %. Driftslederen har dog mulighed for i løbet af vækstsæsonen at tilpasse foderforsyning, f.eks. via justeringer i arealet med helsæd i forhold til mængden og kvaliteten af græs høstet til ensilage. Det er samtidigt muligt ved foderbudgettering at inddrage ændringer i prisforudsætningerne og opgøre produktionsmuligheder i forhold til, f.eks. kvote og salgsaftaler i øvrigt, mere eksakt end ved den strategiske planlægning.

Det forudsættes, at mængden og kvaliteten af grovfoderet kan opgøres for perioden,

samt at der er et grundlag for at beregne foderbehovet ud fra forventninger til antal dyr og deres produktion. Budgetteringen vil derfor typisk dække en periode på 3 til 9 måneder afhængig af tidspunktet på året, og hvilke typer af afgrøder, der dyrkes på bedriften. Emnet er tidligere uddybende behandlet af Henneberg & Thysen (1983), Østergård (1983) og Kristensen et al. (1984).

Foderbeholdning

Foderbeholdningen opgøres ved opmåling af rumfanget, hvorefter mængden af tørstof kan beregnes ud fra sammenhænge mellem fodertype, tørstofindhold i foderet og for ensilage desuden ensilagestakkens højde (Stendal et al., 2002). Foderværdien beregnes ud fra en analyse af næringsstofindholdet og fordøjeligheden bestemt ud fra en repræsentativ prøve af beholdningen (Strudsholm et al., 1997). Stendal et al. (2002) angiver hvilke analyser, der anbefales til bestemmelse af grovfoderets foderværdi.

For konserverede afgrøder regnes der normalt ikke med et tab i oplagringsperioden, forudsat, at der er foretaget en omhyggelig tildækning. Rodfrugter, der ved opbevaringen stadigvæk er "levende", har derimod et tab i opbevaringsperioden. I vinterperioden er tabet for foderroer ca. 2 % organisk stof pr. måned indtil april, hvorefter tabet stiger betragteligt i de følgende måneder (Kristensen & Hermansen, 1986). Hindhede et al. (1987) diskuterer tabets størrelse og indflydelsen heraf på den optimale anvendelse af roer i fodringen. Marginalværdier, kr. pr. FE, falder med ca. 20 procentenheder, når mængden til rådighed opgjort i starten af vinterperioden stiger fra 1000 til 2000 FE pr. årsko.

Foderbudgetteringen i afgræsningsperioden foretages ud fra forventninger til græsvæksten som beskrevet i kapitel 11.

Foderbehov

Ved foderbudgetteringen skal der beregnes et forventet foderbehov fordelt på de enkelte dyregrupper. Ud over behovet for energi er det hensigtsmæssigt at beregne dyrenes optagelseskapacitet, således at der kan ske en vurdering af grovfoderets foderværdi i forhold til dyrenes energibehov og optagelseskapacitet. Det forudsættes, at det er muligt at indkøbe fodermidler, der kan afstemme rationen med protein, fedt og kulhydrater. I Tabel 16.1 er angivet nøgletal for foderbehovet til malkekvæg afhængig af race og ydelsesniveau, beregnet ud fra Østergaard (1989) og Strudsholm et al. (1999).

For opdræt kan energibehovet og foderoptagelseskapaciteten pr. årsdyr beregnes til henholdsvis 1650 FE og 3100 FF (ungdyr) for dyr af tunge racer (700 g daglig tilvækst) og 1240 FE og 2650 FF (ungdyr) for Jersey (500 g daglig tilvækst) ud fra fodernormtabellen (Strudsholm et al., 1999).

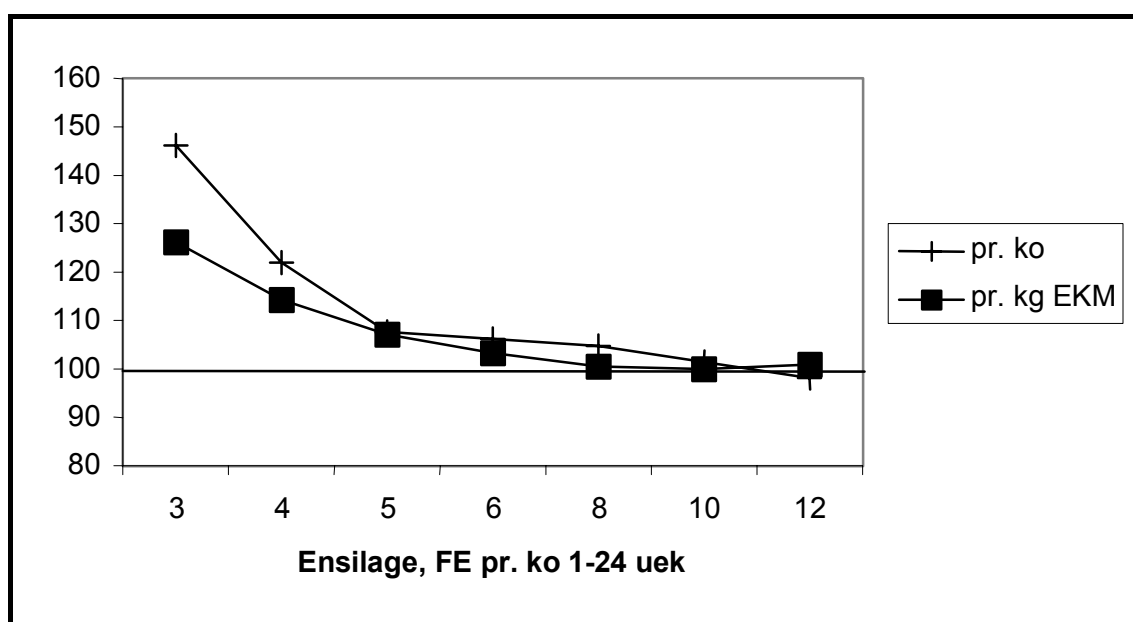
Foder og produktpriser

Priserne på det indkøbte foder og mælk fastsættes ud fra forventninger til markedspriserne. For det hjemmeavlede foder er prisen bestemt af værdien ved bedste alternative anvendelse, hvilket typisk er opfodring på egen bedrift, enten i næste periode eller til andre dyregrupper.

I en mangelsituation vil grovfoderet kunne have en merværdi i forhold til andet foder, hvis en højere andel grovfoder øger foderudnyttelsen. Det er typisk gældende for køer i tidlig laktation, hvor værdien af ensilage varierer med mængden og produktionssituationen, som illustreret i Figur 16.3.

Tabel 16.1 Foderbehov (FE) og foderoptagelseskapacitet (FF) afhængig af besætningsrace og årsydelse, kg EKM

Årsydelse Kg EKM	Tunge Racer			Jersey		
	FE	FF	FF/FE	FE	FF	FF/FE
5500				4115	1677	0,41
6500	5166	2250	0,44	4716	1761	0,37
7500	5799	2349	0,41	5349	1845	0,34
8500	6467	2447	0,38	6017	1929	0,32
9500	7167	2546	0,36	6717	2013	0,30
10500	7901	2644	0,33			

**Figur 16.3** Ensilagens relative værdi pr. FE afhængig af mængde pr. ko og produktionssituation.

Figuren viser den relative værdi af ensilagen udfodret efter ædelyst, suppleret med tilskudsfoder til samme totale foderniveau til køer i første halvdel af laktationen, beregnet ud fra Hermansen & Østergård (1992). Der er taget udgangspunkt i, at en ration med 10 FE ensilage giver maksimal ydelse. Ved f.eks. 6 FE ensilage forventes i strategiperioden (1 til 24 uger efter kælvning) en ydelse, der er 4 % lavere, mens ydelsen i senlaktationen er 2 % lavere.

Under antagelse af at der uanset niveau af ensilage i rationen ønskes det samme dækningsbidrag dagligt, enten pr. ko eller pr. kg EKM, er den relative værdi pr. FE ensilage beregnet ved en mælkepris på 2,40 kr. pr. kg. Som det ses, øges værdien af ensilage, når der er knaphed og specielt, når det optimeres pr. ko.

I normale forsyningssituationer og ved overskud kan grovfoderet værdisættes ud fra indkøbsprisen på koncentreret foder med samme indhold af protein, dvs. byg for helsædsensilage og proteinfattigt kraftfoder for græsensilage. Prisen på grovfoderet reduceres med omkostninger til forrentning af foderet og evt. tab på grund af længere opbevaring. Det betyder, at grovfoderet typisk kan prisfastsættes 10 til 20 % lavere end det indkøbte foder.

Fordeling af foderet

En vigtig del af budgettering er at sikre en fordeling af foderet mellem de enkelte besætningsgrupper, således at de samlede foderomkostninger på bedriften minimeres, samtidig med at de respektive dyregrupper sikres en hensigtsmæssig forsyning med næringsstoffer. Thysen (1985) har beskrevet en optimeringsmodel til dette formål. Det konkluderes, at modellen principielt kan anvendes, men der er behov for yderligere udvikling, før den er praktisk anvendelig. I programmet til foderplanlægning, beskrevet af Kristensen & Hansen (1989), foretages der samtidigt med fordelingen af foderet til dyregrupperne en summering af besættningens forbrug og en opgørelse af energioptagelsen i forhold til behovet inden for de enkelte dyregrupper samt en beregning af den forventede mælkeproduktion. Fordelingen er dog udelukkende manuel styret, hvorfor programmet principielt blot fungerer som en regnemaskine. Denne metode har dog den fordel, at der kan indlægges en række praktiske og biologiske overvejelser, som ikke indgår i den økonomiske optimering beskrevet af Thysen (1985).

Ved fordelingen indgår der overvejelser bl.a. i relation til:

- Foderkvalitet
- Foderbehov
- Overgemning til næste periode

- Udfodringsystem
- Lagerforhold
- Arbejde.

Der er typisk tale om en iterativ proces, hvor konsekvenserne i relation til de nævnte forhold overvejes, før den endelige fordeling kan laves.

16.4 Optimeringsmetoder til foderplanlægning

Ved foderplanlægning på kort sigt er det muligt at øge detaljeringsgraden ved optimering af rationen i forhold til foderbudgetteringssituationen, idet der her kan opnås en større sikkerhed for prisforudsætninger samt foderbeholdningernes mængde og kvalitet. I det følgende beskrives optimeringsmetoder vedr. detailfoderplanen til malkekøerne, hvor fodermidler skal, som nævnt i afsnit 16.3, allokeres hen, hvor marginaludbyttet er størst under hensyntagen til bl.a. fodermidlernes alternative værdi og priser på andre fodermidler.

Ved optimering af foderplanen for en besætningsgruppe beregnes den foderration, som giver det største økonomiske udbytte. Grundlaget for optimeringen er:

- Funktioner for køers optagelse af foder og produktion af mælk og kød afhængig af rationens indhold af næringsfaktorer
- De til rådighed værende fodermidlers indhold af næringsfaktorer
- Fodermiddel- og produktpriser.

Et givet indhold af næringsfaktorer i rationen opnås ved at sammensætte rationen af fodermidler med forskelligt indhold af næringsfaktorer i passende indbyrdes forhold. Da der normalt er et stort udvalg af fodermidler, kan dette gøres på mange måder, og det er derfor en af opgaverne i optimeringen at finde den billigste rations sammensætning.

Produktionsfunktionen for mælk og tilvækst viser et aftagende merudbytte ved stigende indsats af typiske næringsfaktorer (Thysen, 1983). Den optimale indsats findes, hvor omkostningerne ved at indsætte en ekstra enhed af næringsfaktorer er lig med det herved opnåede økonomiske merudbytte. Indsats ud over dette punkt vil give stadig mindre merudbytte og dermed faldende totalt overskud. Det er derfor også en opgave i optimeringen at finde det punkt, hvor indsatsen af næringsfaktorer er optimal.

Ved løsning af den første opgave (billigste rations sammensætning) må rationens indhold af næringsfaktorer være kendt, og ved løsning af den anden opgave (indsats af næringsfaktorer) må det være kendt hvilke fodermidler, der indgår i foderrationen, idet disse er bestemmende for omkostningerne ved at ændre på indsatsen på næringsfaktorerne. Det følger heraf, at den ideelle optimeringsmetode må indeholde løsning af begge opgaver samtidig (Thysen, 1983). Thysen (1985) beskriver forskellige metoders anvendelse og egnethed til denne problemstilling, herunder lineær programmering (LP) og generaliserer modellerne fra den neoklassiske produktionsteori. De gode egenskaber fra disse to økonomiske teorier kan kombineres på forskellig vis. Kvadratisk programmering (KP) er et eksempel herpå. Metoden muliggør en simultan udvælgelse af de mest fordelagtige fodermidler og fastlæggelse af optimal indsats af næringsstoffer. Thysen (1985) viser KP-metoden til simultan optimering af energi, protein og fedt. Andre begrænsninger for rationens indhold af sukker, stivelse, struktur m.v. for at sikre en fysiologisk hensigtsmæssig ration blev håndteret vha. maksimums- og minimumsgrænser. Disse faktorer blev således ikke reelt optimeret. Thysen (1983) beskriver forenklede metoder, der vha. standardrationer og forenklede iterative beregninger sig-

ter mod optimale foderrationer ud fra samme principper. I forhold til de metoder, der giver den optimale løsning direkte, er det de forenklede metoders styrke, at den absolutte størrelse af den forventede økonomiske gevinst ved ét alternativ frem for et andet altid er kendt. Det gør det muligt at inddrage andre mindre generelt definerbare forhold i beslutningsprocessen. Derimod synes fordelene ved de beregningstekniske forenklinger i mindre grad gældende i dag, eftersom aktuelle standardprogrammer, som f.eks. regneark, indeholder algoritmer til løsning af f.eks. KP-problemer.

Afprøvningen af KP-modellen af Thysen (1985) viste, at modellen er meget følsom over for mangel på strukturrigt foder, idet kravet om en given fylde i rationerne kunne fremtvinge uacceptable løsninger. Desuden viste afprøvningen, at det optimale foderniveau 1 til 24 uger efter kælvning er meget lidt påvirket af foderbeholdningerne ved et givet prisforhold og en given ydelseskapacitet, når der ses bort fra de situationer, hvor der er mangel på fylde. Det blev også fundet, at ved store lagerbeholdninger, og dermed lav alternativ værdi af hjemmeavlet foder, reduceredes det optimale protein- og fedtniveau i perioden 1 til 24 uger efter kælvning.

Den forenklede KP-metode baseret på standardrationer og iterative beregninger / tabelopslag er afprøvet af Kristensen et al. (1984). Analysen viste, at det ikke var økonomisk relevant at justere i energiniveauet, når den optimale plan er fastlagt for en given periode selv inden for ret store prisudsving (10-15 % på mælkepris, protein- og fedtpris samt energipris) og forskelle i ad libitum foderets fylde. Derimod viste det sig relevant at ombytte fodermidler, primært tilskudsfodermidler, ved ændringer i prisen på fedt og protein.

Erfaringer med optimering

Erfaringerne fra brug af ovennævnte metoder førte senere til programmet "HF-foder" (Kristensen & Hansen, 1989), som hverken har en model for optimalt foderniveau eller nogen form for indbygget optimeringsberegning. Den er alene baseret på konsekvensberegning. Som begrundelse for det metodemæssige skift væk fra den indbyggede optimeringsberegning nævner Kristensen & Hansen (1989):

- Det er vanskeligt at tilgodese praktiske forhold, der ikke direkte indgår i optimeringen, som f.eks. ønsker om en bestemt udfodring
- Optimeringsproceduren hæmmer dialogen mellem landmand og rådgiver, og det er vanskeligt at opnå forståelse for et givet resultat
- De biologiske sammenhænge og næringsstofgrænser er ikke tilstrækkeligt nuancerede til at beskrive virkeligheden i alle fodringssituationer
- Den økonomiske betydning af en finjustering i en aktuel typefoderplan ved hjælp af den nuværende optimeringsmetode (Baseret på 551. beretning fra SH) er ofte begrænset i forhold til betydningen af faktorer, der ikke inddrages i optimeringen.

Til afløsning af optimeringen bliver brugen af HF-foder som nævnt støttet i foderplanlægningen ved, at konsekvenserne mht. produktion (mælk og tilvækst) og rationens næringsstofindhold i forhold til normtal bliver vist, mens foderplanen tilpasses interaktivt og iterativt.

Opblødning af næringsstofgrænserne

Lara & Romero (1994) behandler også problemstillingerne med flere vanskeligt sammenlignelige optimeringskriterier og utilstrækkeligheden af gældende næringsstofgrænser. En opblødning af næringsstofgræn-

serne i et LP-problem vil udvide de mulige løsninger med mulighed for øget indtjening. En sådan opblødning af næringsstofgrænserne kan for eksempel foretages vha. straffunktioner, som er anvendt ved andre optimeringsproblemer. Problemet her er at skaffe det empiriske grundlag for at fastlægge disse straffunktioner. Lara & Romero (1992) foreslog en LP baseret metode, hvor næringsstofgrænserne omdefineres til næringsstofmål med individuelle vægte, som beslutningstageren afvejer mod hinanden i en iterativ proces, indtil en tilfredsstillende foderplan er fundet. Som alternativ til at skulle angive denne afvejning af vægte, foreslår Lara & Romero (1994) en beslægtet metode, hvor beslutningstageren i en iterativ proces løser det relativt mindst betydende næringsstofmål vurderet på resultatet af den foregående beregnede plan.

Et ofte fremført argument for brug af en model er muligheden for en konsistent sammenkædning af mange forskellige informationer og herunder især en direkte repræsentation af usikkerheden i systemet. Usikkerheden er typisk helt udeladt i de ovenfor nævnte tilgange. Man får således ikke noget udtryk for, med hvilken sikkerhed det optimale foderniveau er bestemt, og udeladelsen af usikkerheden i sig selv kan betyde, at fodringens betydning for produktionen fejlvurderes (Kristensen & Jørgensen, 1999). Udelades usikkerheden i en model, må konsekvensen heraf inddrages ved vurdering af modellens resultater.

Forslag til optimering baseret på nye produktionsfunktioner

De i kapitel 18, bind 1 og kapitel 5 beskrevne funktioner for køers optagelse af foder og produktion af mælk og tilvækst afhænger ikke af andre næringsfaktorer end nettoenergiindhold (FE) og grovfoderets fordøjelighed. Anvendes disse funktioner som grundlag, kan optimal indsats af nettoenergi med

det foreliggende grovfoder og dernæst optimering af rationssammensætningen mht. billigste ration derfor løses særskilt. Funktionerne er baseret på grupper af forsøgs køer i tidlig laktation med en aldersfordeling med 35 til 40 % førstekalvskøer. På baggrund heraf, samt af de beskrevne resultater fra metodeudviklingen, beskrives her en metode til planlægning af økonomisk optimal fodring af malkekøer i første del af laktationen. Metoden kan opdeles i følgende delopgaver:

1. Beregning af foreløbigt optimalt foderniveau for køer i første del af laktationen vha. model, der profitmaksimerer ud fra foreliggende produktionsfunktioner samt få øvrige generelt vigtige faktorer.
 - Korrektion af det beregnede foderniveau til ønsket foderniveau, hvis der er eksterne faktorer, der taler for det.
2. Sammensætning af foreløbige rationer vha. LP-model, der omkostningsminimerer under bibetingelser af det foreløbige optimale foderniveau, næringsstoffaktorer og generelle og operationelle praktiske forudsætninger.
 - Bibetingelserne for rationerne gøres minimalt restriktive og strammes eventuelt iterativt (det mindst tungtvejende af de begrænsende grænseværdier), idet konsekvenserne for rations-sammensætningerne vurderes. Strudsholm et al. (1999) giver et samlet normsæt af næringsstofgrænser. Desuden henvises til tidligere kapitler. Specielt til fastsættelse af grænserne for fedt og protein henvises til Kristensen et al. (1984) for inddragelse af økonomi. Af praktiske forudsætninger kan f.eks. nævnes restriktioner på daglige totale mængder af visse fodermidler.
3. Iterativ tilpasning af de foreløbige rationer til endelige rationer ud fra andre mindre generelt definerbare forhold og med støtte fra beregnede konsekvenser

mht. profit, produktion (mælk og tilvækst) og rationens næringsstofindhold evt. i forhold til normalt. For en nærmere beskrivelse henvises til Kristensen & Hansen (1989).

Ideen med den skitserede metode er at sammenknytte opgaverne med optimal indsats af næringsfaktorer og billigste rationer under hensyntagen til praktiske forhold. Med hensyn til fodringsprincip bygger den skitserede metode på strategifodring med kraftfoder eller fuldfoder, jf. afsnit 16.2. De anvendte produktionsfunktioner er baseret på forsøg gennemført i første del af laktationen. Fodringen i sidste del af laktationen har relativt større betydning for produktionen i efterfølgende laktation. Derfor beregnes optimalt foderniveau kun for køer i første del af laktationen, som beskrives efterfølgende. Punkterne 2 og 3 beskrives ikke nærmere her. For køer i sidste del af laktationen beskrives en speciel metode for foderplanlægning i senlaktation.

16.5 Fodring i første del af laktationen

I det følgende beskrives ”Beregning af foreløbigt optimalt foderniveau til køer i første del af laktationen”. Det økonomisk optimale foderniveau er defineret som det antal FE pr. ko dagligt, der maksimerer dækningsbidraget (DB) pr. ko. Det findes som det foderniveau, hvor det marginale økonomiske udbytte af produceret mælk og tilvækst er lig med de marginale omkostninger fra foderforbrug.

Produktpriser

Marginalværdien af daglig mælkeydelse findes ved hjælp af en produktionsfunktion samt afregningsprisen. Den anvendte mælkeproduktionsfunktion beskrevet i kapitel 5 udtrykker ydelsesresponsen i kg EKM dagligt. Ved en typisk planlægningsperiode på 3 til 6 måneder anvendes hensigtsmæssigt mejeriets forventede gennemsnitlige afregning

for den betragtede periode. Afregningsprisen skal være inkl. evt. efterbetaling fra mejeriet, og afregningsprisen skal endelig omregnes til kr. pr. kg EKM. Den forenkling, der finder sted i forhold til afregningssystemet baseret på mælkenes indhold af fedt og protein, vil ikke være af væsentlig betydning. For det første ændres mælkenes sammensætning ikke væsentligt inden for aktuelle foderniveauer (Henneberg & Thyssen, 1983). Desuden vil selv betydelige forskelle i mælkenes sammensætning ikke påvirke afregningsprisen pr. kg EKM væsentligt med det nuværende typiske afregningssystem.

Tilvækstværdien skønnes efter principperne beskrevet af Henneberg & Thyssen (1983). Prisen for slagtekøer ligger aktuelt omkring 5 til 6 kr. pr. kg levende vægt. Det svarer til mellem 2 og $2\frac{1}{2}$ gange mælkeprisen pr. kg, idet mælkeprisen ligger på omkring 2,5 kr. pr. kg EKM. Dette prisforhold gælder dog kun for de køer, som går til slagting. For de køer, der forbliver i besætningen, forudsættes, at de skal bringes i et passende huld inden næste kælvning. Værdien af disse køers tilvækst i optimeringsperioden (den første del af laktationen) kan derfor sættes lig med omkostningen til tilvækst på det tidspunkt i laktationen, hvor denne omkostning er lavest. Det vil sige i sidste halvdel af laktationen, hvor tilvæksten ellers skulle opnås. Omkostningen til tilvækst kan da sættes til nettoenergiindholdet pr. kg tilvækst gange den marginale udnyttelse af øget energitildeling. Begge disse værdier vil variere betydeligt, men normværdien for FE pr. kg tilvækst er 4 FE og et typisk niveau for den marginale udnyttelse i senlaktation er 0,65. Det vil sige, at værdien af tilvækst i optimeringsperioden (den første del af laktationen) kan sættes til $4/0,65 = 6,2$ FE gange marginalprisen pr. FE. Marginalprisen pr. FE kan også variere betydeligt (se efterfølgende afsnit), men vil oftest ligge mellem 1,0 til 2,5 kr. En

typisk værdi vil være 1,5 kr., hvilket svarer til 0,6 gange mælkeprisen pr. kg EKM. Omkostningen til tilvækst bliver derved $6,2 \times 0,6 = 3,7$ gange mælkeprisen. Yderligere er værdien af ekstra tilvækst som følge af et højere foderniveau også en større ydelse i sidste halvdel af laktationen, såfremt maksimumsydelsen ikke er nået. Den beregnede nettoværdi heraf afhænger af dels de forventede priser på foder og mælk samt renten (knap $\frac{1}{2}$ års forskydning), og dels hvor stor den marginale ydelse er på det foderniveau, der bliver en følge af en optimering ved højere pris på tilvækst. Virkningen af dette komplicerede samspil imellem de nævnte forhold fandt Henneberg & Thyssen (1983) – under typiske prisforhold – at værdien af ekstra tilvækst for køer, der bliver i besætningen (overvejende unge køer med stort behov for tilvækst), kan ansættes til ca. 1,0 gange mælkeprisen højere. Dette skal lægges til de 3,7, hvorved værdien i alt bliver 4,7 gange mælkeprisen. Omfanget af udskiftningen i besætningen vil således påvirke værdien af 1 kg tilvækst i laktationens første halvdel, idet værdien er 2 til 2,5 gange mælkeprisen for køer, der udsættes og 4,7 for køer, der bliver i besætningen. Som nævnt er der tale om en meget usikker beregning og en præcis beregning er meget kompliceret. Ligesom Henneberg & Thyssen (1983), så vælger vi at gå videre med en given værdi, idet usikkerheden knyttet til denne værdi i den enkelte besætning understreges. Efterfølgende regnes her med en værdi af tilvækst i optimeringsperioden (den første del af laktationen) på 4 gange mælkeprisen pr. kg EKM.

Faktorpriser

Når der fodres ad libitum med grovfoder (græsensilage eller lignende), styres det totale energiniveau over tilskudsfoederet. Ved fodring med fuldfoder efter ædelyst styres foderoptagelsen over rationens samlede

energikoncentration. Som det fremgår af kapitel 18, bind 1, kan foderoptagelsen beskrives ved funktionen:

$$\sum FE_i \times FF_i = k$$

hvor

i	er det i 'te fodermiddel
FE_i	er antal FE af det i 'te fodermiddel
FF_i	er fylden pr. FE af det i 'te fodermiddel
k	er foderoptagelseskapa- citeten.

Foderoptagelseskapa-
citeten kan afhængig af
rationens samlede fylde pr. FE (FF_R) beregnes som:

$$k = k_0 \quad \text{når } FF_R \geq 0,35$$

$$k = k_0 \times (0,68 + 8,3 \times FF_R - 10 \times FF_R^2)$$

$$\text{når } 0,35 \geq FF_R > 0,30$$

hvor

k_0 er en konstant, der udtrykker den fysiske foderoptagelseskapa-
citet.

Funktionerne udtrykker, at rationens samlede fylde er konstant ved fodring efter ædelyst, når FF_R er større end 0,35. Når FF_R aftager fra 0,35 til 0,30, så aftager samtidig foderoptagelseskapa-
citeten. I det pågældende interval, FF_R fra 0,35 til 0,30, hvor korrektionen af foderoptagelseskapa-
citeten foretages, gælder tilnærmelsesvis følgende forenkling:

$$0,68 + 8,3 \times FF_R - 10 \times FF_R^2$$

$$\approx 0,44 + 1,6 \times FF_R$$

Denne tilnærmelse anvendes derfor efterfølgende, hvorefter foderoptagelseskapa-
citeten beregnes som:

$$k = k_0 \quad \text{når } FF_R \geq 0,35$$

$$k = k_0 \times (0,44 + 1,6 \times FF_R)$$

$$\text{når } 0,35 \geq FF_R > 0,30.$$

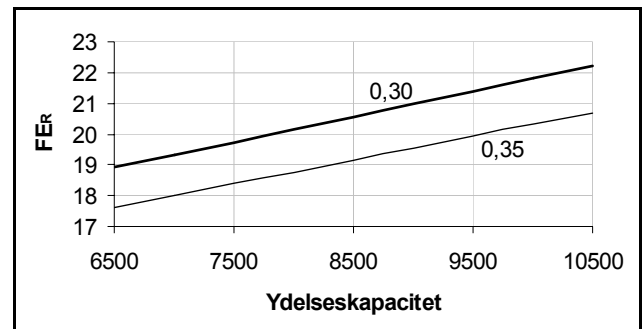
FF_R kan afhængig af k_0 , og det samlede antal FE i rationen (FE_R) beregnes som:

$$FF_R = k_0/FE_R \quad \text{når } k_0/FE_R \geq 0,35$$

$$FF_R = 0,44/(FE_R/k_0 - 1,6)$$

$$\text{når } k_0/FE_R < 0,35.$$

I Figur 16.4 er vist det foderniveau, der giver FF_R på hhv. 0,35 og 0,30 ved forskellige niveauer for besætningens ydelseskapa-
citet (Se efterfølgende afsnit om mælkeproduktionsfunktionen vedr. besætningens ydelseskapa-
citet).



Figur 16.4 Det samlede antal FE i rationen (FE_R) afhængig af ydelseskapa-
citet når rati-
onens samlede fylde pr. FE er 0,35 og 0,30.

For at øge energiniveauet må der gives flere FE af et fodermiddel med lav fyldefaktor (tilskudsfoder) og færre FE af et fodermid-
del med en høj fyldefaktor (ad libitum fode-
ret). Når tilskudsfoderet øges med 1 FE, og FE_R er større end 0,35, vil formindskelsen af ad libitum foderet være lig med forholdet mellem fyldefaktorerne, idet den samlede fylde forbliver konstant. Når FF_R er mellem 0,35 til 0,30 bliver formindskelsen af ad libi-
tum foderet større, da foderoptagelseskapa-
citeten gradvis bliver mindre. Marginalopta-
gelsen af ad libitum foderet kan beregnes som:

$$-\frac{FF_T - k'}{FF_A - k'} FE_A \text{ pr. } FE_T$$

hvor

FE_A er FE ad libitum foder
 FE_T er FE tilskudsfoder
 FF_T er fylden pr. FE af tilskudsfoderet
 FF_A er fylden pr. FE af ad libitum foderet
 k' er den marginale foderoptagelseskapa-
 citet ved stigende foderniveau, som afhængig af rationens samlede fylde kan beregnes ved:

$$k' = 0 \quad \text{når } FF_R \geq 0,35$$

$$k' = dk/dFE_R = -1,6/0,44 \times FF_R^2 = -1,6/0,44 \times (0,44/(FE_R/k_0 - 1,6))^2$$

når $0,35 \geq FF_R > 0,30$.

k' udtrykker marginalvirkningen på foderoptagelseskapa-
 citeten ved stigende antal FE i rationen. I intervallet $0,35 \geq FF_R > 0,30$ er k' tilnærmelsesvis en ret linie gående fra $k' = -0,45$ til $k' = -0,33$. Derfor gælder tilnærmelsesvis:

$$k' = 0,383 - 2,363 \times FF_R = 0,383 - 2,363 \times 0,44/(FE_R/k_0 - 1,6).$$

Ved anvendelse af tilnærmelsen $k' = -0,385$, bliver fejlen på maksimalt $\pm 6\%$.

Marginalvirkningen af at øge FE i tilskudsfoder (FE_T) på den samlede energioptagelse (tilskud + ad libitum) FE_R er

$$1 - \frac{FF_T - k'}{FF_A - k'} FE_R \text{ pr. } FE_T$$

Når priserne på ad libitum foderet (alternativ værdi) og tilskudsfoderet betegnes henholdsvis Kr_A og Kr_T , bliver prisen for 1 FE ekstra i rationen (marginal-FE):

$$\frac{Kr_T - \frac{FF_T - k'}{FF_A - k'} Kr_A}{1 - \frac{FF_T - k'}{FF_A - k'}} \text{ kr. pr. marginal FE.}$$

Se afsnit 16.2 for beskrivelse af prisfastsættelse af tilskudsfoderet og ad libitum foderet. Når rationens samlede fylde pr. FE er mindre end 0,35, bliver marginalfoderenhedsprisen højere, medmindre prisen pr. FE for tilskudsfoderet er lavere end prisen pr. FE af ad libitum foderet. Tilskudsfoderet vil typisk være dyrere end ad libitum foderet.

Når tilskudsfoderet ikke er væsentligt billigere end ad libitum foderet, vil tilnærmelsen $k' = -0,385$ kun medføre små afvigelser i forhold til den eksakt beregnede k' . Er tilskudsfoderet væsentligt billigere end ad libitum foderet, vil det optimale foderniveau typisk være bestemt af krav til rationens struktur. Tilnærmelsen for k' kan derfor anvendes ved beregningen af det optimale foderniveau. I Tabel 16.2 er vist eksempler på marginalfoderenhedsprisen ved forskellige fylder og priser.

Mælkeproduktionsfunktionen

I det følgende gennemgås de biologiske sammenhænge for mælk og tilvækst, som modellen for optimalt foderniveau bygger på. Grundlaget er beskrevet i detaljer i kapitel 5. Gyldighedsområdet for funktionerne afhænger lineært af ydelseskapa-
 citeten. Ved ydelseskapa-
 citet 7500 og 9500 kg EKM er gyldighedsområdet fra 12 til 20 FE hhv. fra 14,5 til 22,5 FE. Den øvre grænse er givet ved rationens samlede fylde pr. FE på 0,30.

Tabel 16.2 Marginalfoderenhedspris (Kr_{FE}) ved forskellig fylde af ad libitum foderet (FF_A), pris på tilskudsfoderet (Kr_T), og pris på ad libitum foderet (Kr_A) beregnet for rationer med samlet fylde pr. FE (FF_R) over og under 0,35

FF_A	Kr_T	Kr_A	Kr_{FE}^1		Afvigelse, % ³	
			($FF_R \geq 0,35$)	($FF_R < 0,35$) ²		
0,7	0,90	1,00	0,86	0,79	1,5	
		0,60	1,01	1,24	2,9	
	1,20	1,00	1,27	1,43	1,7	
		0,60	1,42	1,88	3,8	
	1,50	1,40	1,54	1,61	0,7	
		1,00	1,69	2,06	2,9	
		0,60	1,84	2,51	4,2	
		1,80	1,40	1,95	2,25	2,1
	0,5	0,90	1,00	0,84	0,71	2,7
			0,60	1,08	1,46	4,0
1,20		1,00	1,32	1,57	2,5	
		0,60	1,57	2,31	5,0	
1,50		1,40	1,56	1,69	1,1	
		1,00	1,81	2,43	4,0	
		0,60	2,05	3,17	5,5	
		1,80	1,40	2,05	2,54	3,0
		1,00	2,29	3,28	4,7	
		0,60	2,54	4,03	5,8	

¹⁾ Tilskudsfoderets fylde pr. FE (FF_T) er sat til 0,19

²⁾ Marginalfoderenhedspris beregnet med tilnærmelsen $k' = -0,385$

³⁾ Maksimal afvigelse til eksakt beregnet marginalfoderenhedspris.

Som udtryk for ydelsesresponsen i optimeringsperioden bruges følgende mælkeproduktionsfunktion (se kapitel 5):

$$EKM = -30,56 + (3,472 - 0,006 FK) \alpha FE_R - (0,1243 - 0,0007 FK) (\alpha FE_R)^2 + 0,0034 Y$$

hvor:

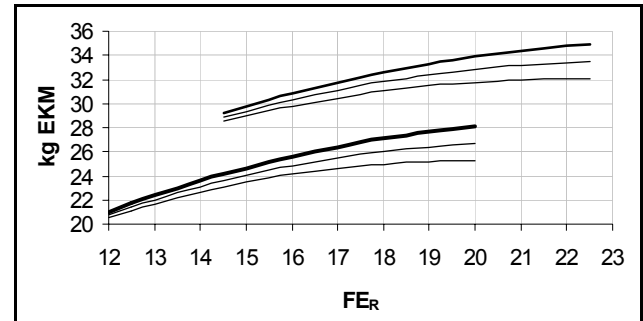
α = (1,37 - 0,00005 Y)
 FK er procent fordøjelighed af organisk stof i det egentlige og uformalede grovfoder eller strukturfoder i rationen
 Y er besætningens ydelseskapa-
 tet udtrykt som korrigeret årsydelse i kg EKM
 FE_R er foderniveauet i antal FE pr. ko dagligt.

Denne mælkeproduktionsfunktion er dannet ud fra data hovedsageligt fra perioden 3-15 uger efter kælvning for en gruppe af køer, hvoraf 35 % er førstekalvskøer. Foderniveauet (FE_R) er således nærmere bestemt som det gennemsnitligt daglige antal optagne FE i denne periode og vægtet med 35 % førstekalvskøer.

Det skal understreges, at FK skal være for det egentlige og uformalede grovfoder eller strukturfoder i rationen. Det vil primært sige ensilage, hø og snittet halm, når sidstnævnte er blandet i en grundfoderblanding eller i et fuldfoder. Der ses bort fra et særskilt tilskud af halm til en ration, hvor der er andet grovfoder efter ædelyst. Der regnes et vejet gennemsnitligt FK ud, hvis der er mere end en slags grovfoder i rationen.

Besætningens ydelseskapalet skal skønnes ud fra de forhold, hvorunder den er fastlagt ved dannelsen af ovennævnte mælkeproduktionsfunktion. Det vil sige, ud fra et kompleks af miljø og genetik, i praksis ofte den foregående sæsons ydelse korrigeret for bl.a. fodring, sundhedsniveau, reproduktions- og udskiftningsstrategi samt andre ændringer i forhold til den kommende sæson. I de viste funktioner er besætningens ydelseskapalet (Y) anført som besætningens 305-dages ydelse. I praksis kan der tages udgangspunkt i gennemsnitsydelsen i EKM for besætningens raske tredjekalvskøer fra 1 til 24 uger efter kælvning (Y_{24}), idet ydelseskapalet anvendt i funktionerne da kan beregnes som $Y = 250 \times Y_{24}$ (Østergaard et al., 1994). Det er vigtigt, at ydelseskapalet fastlægges som besætningens *kapalet* og ikke som besætningens mål eller resultat. Når der alligevel tages udgangspunkt i historiske tal, er det vigtigt at korrigere disse for eventuelle betydelige afvigende forhold knyttet bl.a. til foderniveau og foderkvalitet.

I Figur 16.5 er mælkeproduktionsfunktionen vist ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM og FK på 66, 75 og 84 %.

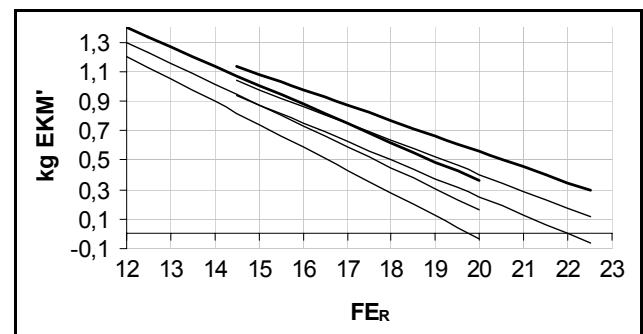


Figur 16.5 Mælkeproduktionsfunktionen (kg EKM dagligt 3-15 uger efter kælvning) ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM (øverst) og FK på 66, 75 og 84 % (fed).

Marginalmælkeproduktionsfunktionen bliver da:

$$EKM'_{FE} = (3,472 - 0,006 FK) \alpha - 2 (0,1243 - 0,0007 FK) FE_R \alpha^2.$$

I Figur 16.6 er marginalmælkeproduktionsfunktionen vist ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM og FK på 66, 75 og 84 %.



Figur 16.6 Marginalmælkeproduktionsfunktionen ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM (øverst) og FK på 66, 75 og 84 % (fed).

Tilvækstfunktionen

Daglig tilvækst i kg for perioden 3-15 uger efter kælvning (DTV) beregnes ved residualberegning (se kapitel 5):

$$DTV = (FE_{R,udn} - FE_{EKM} EKM - FE_{vedl}) / FE_{DTV}$$

hvor

$FE_{R,udn}$ er den del af det optagne nettoenergi, som udnyttes til livsytringer fundet vha. fodereffektivitetsfunktionen (se kapitel 5)

FE_{EKM} er nettoenergiindholdet pr. kg EKM, som jf. norm er 0,40 FE pr. kg EKM (Strudsholm et al., 1999)

EKM er gennemsnitlig daglig mælkeproduktion i kg EKM fundet vha. mælkeproduktionsfunktionen (se kapitel 5)

FE_{vedl} er nettoenergibehovet til vedligehold, som jf. norm er koens vægt/200+1,5 (Strudsholm et al., 1999)

FE_{DTV} er nettoenergibehovet til tilvækst, som jf. norm er 4,0 FE pr. kg tilvækst ved huld > 3,5 og -3,3 FE pr. kg væggtab (Strudsholm et al., 1999).

Marginaltilvæksten ved stigende foderniveau (FE_R) kan beregnes som:

$$DTV' = (FE_{R,udn}' - FE_{EKM} EKM') / FE_{DTV}$$

hvor

$FE_{R,udn}'$ er marginaludnyttelsen af energi ved stigende energiniveau

EKM' er marginarydelsen ved stigende energiniveau.

For at bestemme marginaltilvæksten skal marginalfoderudnyttelsen altså bestemmes. I kapitel 5 angives følgende fodereffektivitetsfunktion:

$$FE_{udnyttet} = 2,60 k_0 - 2,21 k_0^2 / FE_R + 0,003571 FE_R FK.$$

Foderoptagelseskapaleten skal vægtes som 35 % førstekalvs og 65 % øvrige, begge regnet for perioden 3-15 uger efter kælvning. I kapitel 18, bind 1 angives følgende foderoptagelseskapaletetsfunktioner:

$$1. \text{ laktation: } k_{0,1} = 0,784 (7,08 + z) - (0,314 (7,08 + z)) e^{-0,04 x}$$

$$\text{Ældre: } k_{0,0} = (7,08 + z) - (0,4 (7,08 + z)) e^{-0,047 x} - 0,0033 x$$

hvor

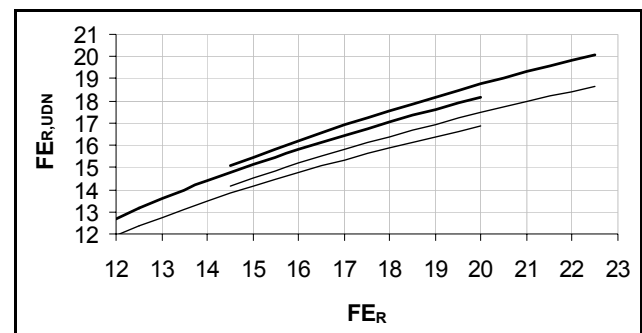
x = antal dage efter kælvning

z = $(Y - 6500) \times 0,0003$.

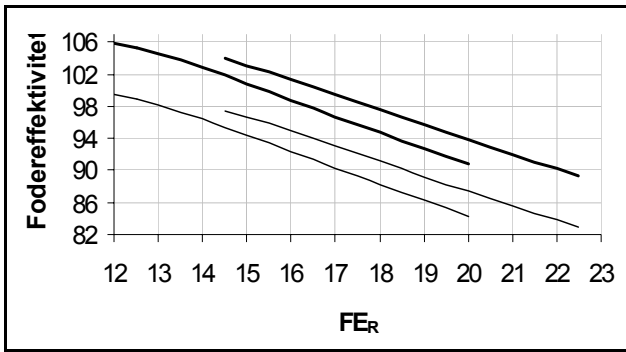
Vægtes disse med 35 % førstekalvs og 65 % øvrige, begge regnet for perioden 3-15 uger efter kælvning, findes k_0 til:

$$k_0 = 0,35 \times (0,00022 \times Y + 3,82) + 0,65 \times (0,00029 \times Y + 4,72) = 0,00027 \times Y + 4,41$$

Ovenstående omskrivning af fodereffektivitetsfunktion forudsætter ad libitum-fodring. I Figur 16.7 er fodereffektivitetsfunktionen vist ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM og FK på 66 og 84 %. I Figur 16.8 er fodereffektiviteten vist i procent.



Figur 16.7 Fodereffektivitet ved ydelseskapalet på 7500 og 9500 kg EKM (øverst) og FK på 66 og 84 % (fed).

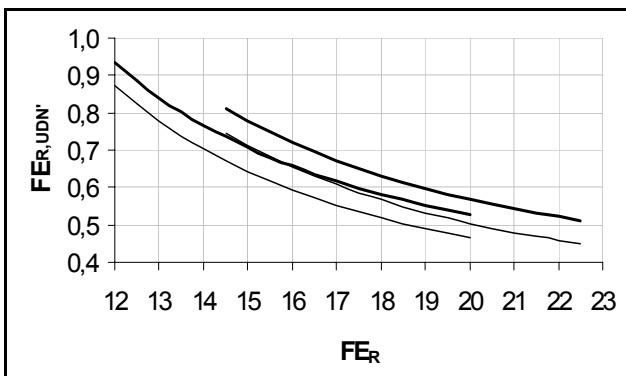


Figur 16.8 Fodereffektivitet i % ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 kg EKM (øverst) og FK på 66 og 84 % (fed).

Marginalfoderudnyttelsen kan beregnes som:

$$FE_{\text{udnyttet}}'_{FE} = 2,21 Kk^2/FE^2 + 0,003571 FK$$

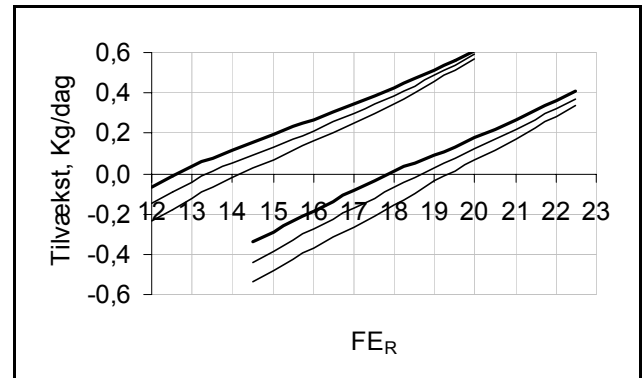
I Figur 16.9 er marginalfodereffektivitets- funktionen vist ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 kg EKM og FK på hhv. 66 og 84 %.



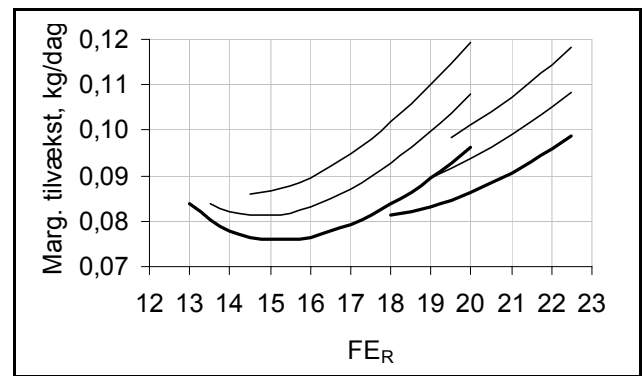
Figur 16.9 Marginalfodereffektivitet ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 (øverst) kg EKM og FK på 66 og 84 % (fed).

Nu kan tilvæksten beregnes. I Figur 16.10 og 16.11 er tilvækstfunktionen og marginal- tilvækstfunktionen vist ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 kg EKM og FK på 66, 75 og 84 %. Der er anvendt FE_{EKM} = 0,4 og FE_{vedl} = 4,5. Hovedparten af forsøgene, der

danner grundlag for funktionen, er gennem- ført et stykke inde i laktationen, således havde vægtkurven sjældent kurveform. Der- for er anvendt FE_{DTV} = 4,0 ved tilvækst og 3,3 ved vægttab. I Figuren for marginal til- vækst er energiområdet med vægttab fra start til slut i perioden ikke medtaget.



Figur 16.10 Tilvækstfunktionen (kg pr. dag) ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 kg EKM (nederst) og FK på 66, 75 og 84 % (fed).



Figur 16.11 Marginaltilvækstfunktionen (kg pr. dag) ved ydelseskapa- citet på 7500 og 9500 (nederst) og FK på 66, 75 og 84 % (fed).

Maksimering af funktion for økonomiske udbytte

Det økonomiske udbytte, der ønskes mak- simeret, kan skrives som:

$$\text{økonomisk udbytte} = \text{EKM} \text{ Kr}_{\text{EKM}} + \text{DTV} \text{ Kr}_{\text{DTV}} \text{ Kr}_{\text{EKM}} - \text{FE}_R \text{ Kr}_{\text{FE}}$$

hvor

EKM er ydelse i kg EKM
 DTV er daglig tilvækst i kg
 Kr_{EKM} angiver prisen for 1 kg EKM (kr. pr. kg EKM)
 Kr_{DTV} angiver værdien af 1 kg tilvækst udtrykt i forhold til værdien af 1 kg EKM (kg EKM pr. kg DTV)
 FE_R er foderniveau i FE dagligt
 Kr_{FE} er foderenhedsprisen (kr. pr. FE).

Det økonomisk optimale foderniveau findes, hvor det marginale økonomiske udbytte af produceret mælk og tilvækst er lig med de marginale omkostninger fra foderforbrug. I forhold til udbyttefunktionen, som har et aftagende marginaludbytte, findes det ved at differentiere med FE_R og sætte lig med nul:

$$\text{EKM}' \text{ Kr}_{\text{EKM}} + \text{DTV}' \text{ Kr}_{\text{DTV}} \text{ Kr}_{\text{EKM}} = \text{Kr}_{\text{FE}}$$

hvor

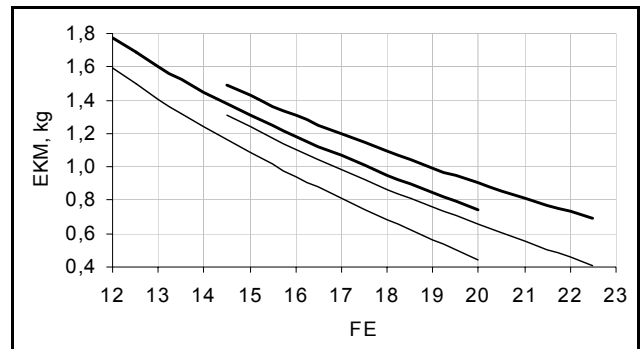
EKM' er marginalydelsen ved stigende FE_R
 DTV' er marginaltilvæksten ved stigende FE_R
 Kr_{FE} er marginalfoderenhedsprisen.

Ved at indsætte udtrykket for marginaltilvækst og dividere med mælkeprisen kan det omskrives til:

$$(1 - \text{Kr}_{\text{DTV}} \text{ FE}_{\text{EKM}} / \text{FE}_{\text{DTV}}) \text{EKM}' + \text{Kr}_{\text{DTV}} \text{ FE}_{R, \text{udn}}' / \text{FE}_{\text{DTV}} = \text{Kr}_{\text{FE}} / \text{Kr}_{\text{EKM}}$$

Venstresiden udtrykker nu marginaludbyttet af mælk og tilvækst udtrykt ved antal kg EKM. I det følgende er anvendt: $\text{Kr}_{\text{DTV}} = 4,0$, $\text{FE}_{\text{EKM}} = 0,4$ og $\text{FE}_{\text{DTV}} = 4,0$. Da det optimale foderniveau typisk vil ligge på et

niveau, hvor der ikke er vægttab over perioden frem til 24 uger efter kælvning, er her valgt kun at anvende FE_{DTV} svarende til positiv tilvækst. I Figur 16.12 er det nævnte marginaludbytte vist som funktion af foderniveauet.



Figur 16.12 Marginaludbyttet af mælk og tilvækst udtrykt ved kg EKM. Kurverne er for ydelseskapalet på hhv. 7500 og 9500 (øverst) og FK på 66 og 84 % (fed).

Marginalomkostningen i forhold til mælkeprisen ($\text{Kr}_{\text{FE}} / \text{Kr}_{\text{EKM}}$) kan indlægges i figuren som to vandrette linier, én for hver af de to marginalfoderenhedspriser. Skæringen mellem marginaludbyttekurven og marginalomkostningskurven angiver det optimale foderniveau.

Med faste værdier for Kr_{DTV} , FE_{EKM} og FE_{DTV} kan der estimeres et tilnærmet udtryk for det optimale foderniveau ($\text{FE}_{R, \text{opt}}$). Estimeringen er baseret på de beregnede marginaludbytter inden for hhv. $66 < \text{FK} < 84$; $6500 < Y < 10500$ og $0,30 < \text{FF}_R < 0,42$. Grunden til, at FF_R er afgrænset til 0,42, er, at optimalt foderniveau typisk vil findes herunder. Et tilnærmet udtryk for marginaludbyttet af mælk og tilvækst udtrykt ved kg EKM er således:

$$UDB' \approx \beta_1 + \beta_2 FE_R + \beta_3 Yt + \beta_4 FK + \beta_5 FE Yt + \beta_6 FE FK + \beta_7 Yt FK + \beta_8 Yt^2$$

hvor

$$Yt = Y / 1000$$

$$\beta_1 = 2,568, \beta_2 = -0,2537, \beta_3 = 0,0904,$$

$$\beta_4 = 0,01110, \beta_5 = 0,00962, \beta_6 = 0,0007339,$$

$$\beta_7 = -0,0012542, \beta_8 = -0,005004.$$

Spredningen på afvigelsen af det tilnærmede udtryk er 0,004. Dvs. med 95 % sikkerhed er marginaludbyttet samstemmende bestemt inden for $\pm 0,008$. I alle tilfælde er marginaludbyttet korrekt bestemt inden for $\pm 0,01$.

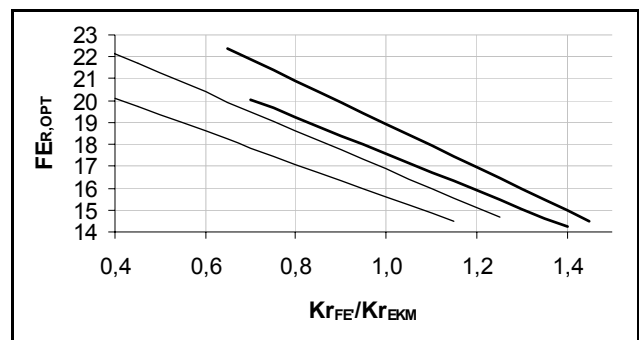
Med det tilnærmede udtryk for marginaludbyttet kan det optimale foderniveau herefter beregnes som:

$$FE_{R,opt} = (Kr_{FE}'/Kr_{EKM} - \beta_1 + \beta_3 Yt + \beta_4 FK + \beta_7 Yt FK + \beta_8 Yt^2) / (\beta_2 + \beta_5 Yt + \beta_6 FK).$$

Da marginalfoderenhedsprisen afhænger af, om rationens samlede fylde pr. FE er under 0,35, skal modellen bruges således:

- 1) $FE_{R,opt}$ beregnes for marginalfoderenhedsprisen svarende til $FF_R > 0,35$
- 2) Hvis $k_0/FE_{R,opt} < 0,35$, så genberegnes $FE_{R,opt}$ med marginalfoderenhedsprisen svarende til $FF_R < 0,35$.

I Figur 16.13 er modellens bud på optimalt foderniveau vist, idet de viste kurver er afgrænset til kun at indeholde løsninger inden for gyldighedsområdet $0,30 < FF_R < 0,42$.



Figur 16.13 Optimalt foderniveau "tilnærmet funktion" for ydelseskapacitet på hhv. 7500 og 9500 (øverst) og FK på 66 og 84 % (fed).

Tabel 16.3 Marginalvirkningen på optimalt foderniveau af ydelseskapacitet (Y), fordøjelseskoefficient af organisk stof (FK) og prisforholdet mellem marginalfoderenhedsprisen (Kr_{FE}') og prisen pr. kg EKM (Kr_{EKM})

Y	FK	Kr_{FE}'/Kr_{EKM}	Marginalvirkning på $FE_{R,opt}$		
			+1000 kg EKM	+10 FK	+0,1 Kr_{FE}'/Kr_{EKM}
7500	70	0,7	1,5	1,2	-0,8
7500	70	0,8	1,4	1,1	-0,8
7500	80	0,7	1,7	1,3	-0,8
7500	80	0,8	1,6	1,3	-0,8
9500	70	0,7	1,7	1,3	-0,9
9500	70	0,8	1,6	1,2	-0,9
9500	80	0,7	1,9	1,4	-1,0
9500	80	0,8	1,8	1,4	-1,0

Marginalvirkningen på optimal foderniveau af ydelseskapacitet, FK og prisforholdet er vist i Tabel 16.3.

Førstekalvskøer og øvrige køer

For at tage hensyn til forskel i ydelse og behov til tilvækst samt vedligehold for førstekalvskøer og øvrige køer kan det tilstræbes at opnå samme fodereffektivitet ved differenteret foderniveau (Kristensen & Hansen, 1989). Foderniveau til førstekalvskøer og øvrige køer kan således udregnes ud fra det fælles optimale foderniveau, idet marginalfoderudnyttelsen ønskes ens i de to grupper:

$$FE_{\text{udn},1}' = FE_{\text{udn},\emptyset}'$$

Af funktionen for marginal fodereffektivitet ses, at fylden pr. FE (FE_R) så skal være ens til førstekalvskøer og til øvrige køer. Desuden skal forholdet mellem foderniveau i de to grupper svare til forholdet mellem de to gruppers foderoptagelseskapacitet:

$$FE_{R,1}/FE_{R,\emptyset} = k_1/k_\emptyset$$

Her udnyttes de tidligere beskrevne foderkapacitetsfunktioner regnet for perioden 3-24 uger efter kælvning:

$$k_1 = 0,00023 Y + 3,90 \quad \text{og}$$

$$k_\emptyset = 0,00029 Y + 4,69.$$

Forholdet k_1/k_\emptyset afhænger kun lidt af Y (fra 0,817 ved $Y=6000$ til 0,810 ved $Y=11000$), derfor udnyttes, at der tilnærmelsesvis gælder:

$$FE_{R,1}/FE_{R,\emptyset} = 0,813$$

Som for foderoptagelseskapaciteten vægtes også foderniveauet mellem førstekalvskøer og øvrige med hhv. 35 % og 65 %:

$$0,35 FE_{R,1} + 0,65 FE_{R,\emptyset} = FE_R$$

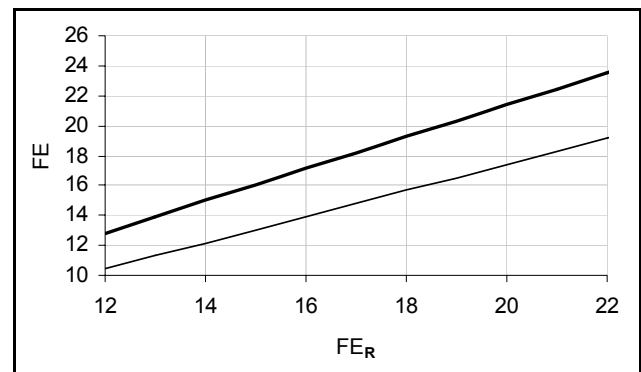
Nu kan $FE_{R,1}$ og $FE_{R,\emptyset}$ beregnes som:

$$FE_{R,\emptyset} = 1,070 FE_R$$

og

$$FE_{R,1} = 0,870 FE_R.$$

I Figur 16.14 er vist det optimale foderniveau til førstekalvskøer og øvrige køer som funktion af det fælles beregnede optimale foderniveau.



Figur 16.14 Optimalt foderniveau til førstekalvskøer og øvrige køer (øverst) som funktion af det fælles beregnede optimale foderniveau (FE_R).

Race og opstaldning

Foderniveauet ovenfor er beregnet for køer af tung race i bindestald. For køer, der får motion svarende til løsdrift eller afgræsning, regnes med ekstra 10 % til vedligehold. Optimalt foderniveau sættes derfor til ca. 0,5 FE højere for køer, der får motion svarende til løsdrift eller afgræsning. Ud fra tilsvarende overvejelser kan foderniveauet til Jerseykøer fastlægges til ca. 1,0 FE mindre end for køer af tung race. Alternativt kan foderniveauet til Jerseykøer fastlægges sådan, at marginalfoderudnyttelsen bliver tilsvarende køer af tung race. Det vil medføre et lavere foderniveau svarende til forskellen i foderoptagelseskapacitet mellem Jersey og tung race.

Differentieret kraftfodertildeling

Til at finde det optimale foderniveau til hhv. førstekalvskøer og øvrige køer ud fra det fælles bestemte foderniveau antog vi, at marginalfodereffektiviteten og dermed FF_R skal være ens. Grundlaget er baseret på, at foderniveauet bestemmes for besætningen, og der må derfor tages dette forbehold, når metoden anvendes på besætningsgrupper eller endda på enkeltkøer, som det skitseres efterfølgende. Der skelnes her mellem køer med forskellig ydelseskapa- cietet. Konsekvensen af funktionen for marginal fodereffektivitet er, at samme fylde pr. FE er optimal til køer med forskellig ydelseskapa- cietet. Ved fuldfoder skal således ikke laves blandinger med forskellig fylde pr. FE. Ved separat tildeling tilstræbes tilsvarende konstant kraftfoder/grovfoderforhold, som det er tilfældet ved anvendelse af fuldfoder. For hver stigning i ydelseskapa- citeten med 1000 kg EKM øges foderoptagelseskapa- citeten med $\Delta k_1=0,23$ for førstekalvskøer og $\Delta k_1=0,29$ for øvrige køer. Ud fra fylden pr. FE i optimalrationen, FF_R , kan foderoptagelsesændringen pr. 1000 kg EKM beregnes til $\Delta k/FF_R$. Kraftfoderandelen målt i FE i den øgede foderoptagelse kan beregnes som: $(FF_{R,g} - FF_{R,opt}) / (FF_{R,g} - FF_{R,k})$, hvor $FF_{R,g}$ og $FF_{R,k}$ er fylden pr. FE i hhv. grovfoderet og kraftfoderet. Tildeles samme mængde kraftfoder til alle køer uanset ydelseskapa- cietet, sker der for hver 1000 kg EKM en ”underforsyning” i FE, der kan beregnes som: $\Delta k/FF_{R,opt} - \Delta k/FF_{R,g}$. I Tabel 16.4 er vist den ændring i kraftfoderoptagelse, der netop sikrer konstant kraftfoder/grovfoderforhold (samme fylde pr. FE) for køer med forskel- lig ydelseskapa- cietet, samt den tilsvarende underforsyning, hvis der i stedet tildeles samme kraftfodermængde til alle køer.

Af Tabel 16.4 ses, at behovet for differentie- ret kraftfodertildeling stiger med stigende foderniveau og stigende fylde af grovfode- ret. Behovet for differentieret kraftfodertil- deling i en besætning vil desuden afhænge af spredningen mellem køernes ydelseskapa- cietet, sikkerheden forbundet med bestem- melsen af den enkelte kos ydelseskapa- cietet samt omkostningerne i øvrigt forbundet med differentieret kraftfodertildeling. Sprednin- gen mellem køers ydelse 1 til 24 uger efter kælvning ligger typisk omkring 3,0, lidt større for ældre køer end for førstekalvskøer (Hindhede et al., 1978). Ydelsesspredninger på 3, 5 og 7 kg EKM (1 til 24 uger efter kælvning) kan omregnes til hhv. 930, 1420 og 1900 kg EKM i ydelseskapa- cietet (Øster- gaard et al., 1994). Med ydelsesspredningen svarende til 3,0 vil 67 % af køerne være dækket ind af angivelserne i Tabel 16.4 (læst som \pm afvigelser), mens 95 % vil være dækket ind af de dobbelte størrelser. Ek- sempelvis skal besætningens lavtydende og højtydende ældre køer (2 % og 98 % fraktil) have $2 \times 0,59 = 1,2$ FE hhv. mindre og mere kraftfoder end gennemsnitskøen, hvis $FF_g = 0,60$. Med ydelsesspredningen svarende til 7,0 skal værdierne fordobles.

Ved anvendelse af ovenstående metode til differentieret kraftfodertildeling må der ta- ges det forbehold, at ydelseskapa- cietet her anvendes på enkeltkøer eller grupper af køer inden for besætningen. Forbeholdet skyldes, at ydelseskapa- cietet er defineret på besæt- ningsniveau. Desuden er det vigtigt at vur- dere usikkerheden forbundet med bestem- melse af den enkelte kos ydelseskapa- cietet (Hindhede, 1978).

Tabel 16.4 Den ændring i den daglige kraftfoderoptagelse, der netop sikrer konstant kraftfoder/grovfoderforhold for køer med forskellig ydelseskapa-
citet (pr. 1000 kg EKM), samt den tilsvarende underforsyning (i FE pr. dag), hvis der tildeles samme kraftfodermængde til alle køer

Fylde pr. FE		Kraftfoder- andel (i FE)	FE kraftfoder pr. dag ekstra pr. 1000 kg EKM i ydel- seskapacitet		Underforsyning (daglig FE pr. 1000 kg EKM) ved samme kraftfodermængde til alle	
Ration	Grovfoder		Førstekalvs	Øvrige	Førstekalvs	Øvrige
0,36	0,45	0,36	0,23	0,29	0,13	0,16
0,36	0,60	0,60	0,38	0,48	0,26	0,32
0,36	0,75	0,71	0,45	0,57	0,33	0,42
0,33	0,45	0,48	0,33	0,42	0,19	0,23
0,33	0,60	0,68	0,47	0,59	0,31	0,40
0,33	0,75	0,76	0,53	0,67	0,39	0,49
0,30	0,45	0,60	0,46	0,58	0,26	0,32
0,30	0,60	0,75	0,58	0,73	0,38	0,48
0,30	0,75	0,82	0,63	0,79	0,46	0,58

Der er forudsat, at kraftfoderet har 0,20 i fylde pr. FE.

Følsomhed og usikkerhed

Virkningen (følsomheden) af at vælge et andet foderniveau end det optimale kan vurderes med udgangspunkt i Figur 16.12. Gennemsnitshældningen er -0,11. Det vil sige, det beregnede økonomiske udbytte reduceres med $(0,055 \times K_{r_{EKM}}) \times q^2$, når optimal foderniveauet afviges med q FE. Sammenhængen forudsætter den tilnærmelse, at DB kan beskrives med et andetgradspolynomium. Med en mælkepris ($K_{r_{EKM}}$) på 2,40 og afvigende foderniveau på 1, 2, 3 og 4 FE, tabes hhv. 0,13, 0,53, 1,19 og 2,11 kr. dagligt pr. ko.

Følsomheden er lidt større ved lave ydelsesniveauer end ved højere ydelsesniveauer. Ved 7500 kg EKM er den således $(0,063 \times K_{r_{EKM}}) \times q^2$, og ved 9500 kg EKM er det $(0,053 \times K_{r_{EKM}}) \times q^2$. Følsomheden er lidt større ved lave FK end ved højere FK. Ved FK=66 er det således $(0,061 \times K_{r_{EKM}}) \times q^2$, og ved FK=84 er det $(0,054 \times K_{r_{EKM}}) \times q^2$.

Det er vigtigt at understrege at usikkerhed generelt ikke er inkluderet i modellen. Man får således ikke noget udtryk for, med hvilken sikkerhed det optimale foderniveau er bestemt. Fastlæggelsen af modelfaktorernes ydelseskapa-
citet, ad libitum foderets fordøjelighed, marginalfoderenhedsprisen, tilvækstværdien og mælkeprisen er forbundet med en betydelig grad af usikkerhed. Ved beregning af marginalfoderenhedsprisen kan nævnes usikkerheden knyttet til fyldesystemet og vanskeligheden ved at skønne ad libitum foderets alternative værdi, der som nævnt afhænger af forsyningssituationen og priserne på mulige alternative fodermidler. Den valgte mælkeproduktionsfunktion, fodereffektivitetsfunktion og værdifastsættelse og energibehov til tilvækst er forbundet med nogen usikkerhed (der henvises til de kapitler, hvor de anvendte funktioner er estimeret mht. et skøn over usikkerheden knyttet til disse), men ikke mindst er korrektionerne for ydelseskapa-
citet usikker. De nævnte

funktioner er baseret på perioden 3 til 15 uger efter kælvning, men planlægningsperioden er frem til 24 uger efter kælvning. For tilvækst er således valgt konsekvent at anvende $FE_{\text{tilv}} = 4,0$, da der typisk ikke vil være vægttab over 3 til 24 uger efter kælvning, selvom der kan beregnes et vægttab over 3 til 15 uger efter kælvning. Ydelseskapa-citet skal, som tidligere nævnt, eksempelvis skønnes ud fra et kompleks af miljø og genetik, i praksis ofte den foregående sæsons ydelse korrigeret for bl.a. foderkvalitet, sundhedsniveau, reproduktions- og udskiftningsstrategi samt andre ændringer i forhold til den kommende sæson. De foretagne forenklinger giver som anført anledning til en vis afvigelse, hvilket kunne fjernes ved at beregne uden disse forenklinger. Endelig er det usikkert, hvor præcist den endelige foderplan gennemføres. Overordnet må den betydelige usikkerhed føre til en betydelig indsats mht. opfølgning på besætnings-specifikke forhold, der giver anledning til justering af foderniveauet.

Gyldighedsområde

Inden for det nævnte gyldighedsområde vil der med ovenstående model for optimalt foderniveau findes foderniveau, der medfører tilvækster ud over det niveau, der bringer køerne i passende huld til efterfølgende laktation. For en typisk sammensat besætning vil den gennemsnitlige tilvækst 1 til 36 uger efter kælvning være omkring 50 kg (Østergaard, 1979). Fra kælvning til planlægningsperiodens begyndelse, 3 uger efter kælvning, vil der typisk være mobiliseret omkring 20-30 kg (Devir et al., 1995). I planlægningsperioden 3 til 24 vil det således typisk ikke være hensigtsmæssigt med tilvækst over 70-80 kg (0,48 til 0,54 kg dagligt). Ved så høje tilvækster må det overvejes at reducere perioden med strategifodring eller foderniveauet. I situationer med positiv tilvækst 3 til 15 uger efter kælvning kan tilvæksten 3 til 24 uger efter kælvning skønnes ved at korrigere

svarende til dagsydelsesforskellen mellem de to perioder. Gennemsnitlig daglig ydelse 3 til 24 uger efter kælvning er omkring 94 % sammenlignet med perioden 3 til 15 uger efter kælvning. Denne mælkemængde omregnes til tilvækst jvf. $1 \text{ kg EKM} = 0,1 \text{ kg tilvækst}$. I Tabel 16.5 er vist mælkeydelse og tilvækst 3 til 15 uger efter kælvning ved forskellige foderniveauer, ydelsesniveauer og FK. Ved vægttab er der i tabellen anvendt $FE_{\text{tilv}} = 3,3$.

En anvendelse af tabellen er at bruge besætningens ydelse 3 til 15 uger efter kælvning og det anvendte foderniveau (begge korrigeret til 35 % førstekalvskøer) samt det samtidigt anvendte grovfoders FK til at skønne besætningens ydelseskapa-citet.

Et andet aspekt vedrørende modellens gyldighed er, hvorvidt det økonomiske udbytte pr. ko er et relevant mål at planlægge efter. Væsentligste forbehold her er nok, hvor produktionen er begrænset af mælkekvota. Her forudsætter modellen, at mælkekvota ikke er begrænsende, eller at tilpasningen til mælkekvota sker på et mere strategisk niveau, idet der f.eks. indgår overvejelser om regulering via koantal. Hvis reguleringen skulle ske via foderniveauet, så skulle udbyttet pr. kg kvotamælk maksimeres, hvilket typisk vil betyde et lavere foderniveau.

Forudsætninger for brug af modellen

For at kunne bruge den skitserede metode hensigtsmæssigt er det vigtigt, at brugeren kender forudsætningerne. Brugeren har derved i den konkrete situation mulighed for at vurdere, om modellens bud på foderplan kan bruges, eller der skal korrigeres. De beskrevne biologiske sammenhænge, deres gyldighedsområde og deres usikkerhed udgør vigtige forudsætninger. En anden vigtig forudsætning er den tidshorisont, der planlægges for.

Table 16.5 Daglig mælkeydelse (kg EKM) og kg tilvækst 3 til 15 uger efter kælvning ved forskellige foderniveauer, ydelsesniveauer og FK. Der er forudsat 35 % førstekalvskøer

FE _R	Ydelsesniveau og FK										
	Y=6500		7500		8500		9500		10500		
	FK=70	80	70	80	70	80	70	80	70	80	
11	16,7	16,9									
	-0,01	0,07									
12	18,0	18,3	20,6	20,9	23,3	23,5					
	0,09	0,16	-0,20	-0,10	-0,50	-0,40					
13	19,1	19,6	21,8	22,2	24,5	24,8	27,1	27,3			
	0,17	0,24	-0,09	0,00	-0,38	-0,28	-0,67	-0,56			
14	20,1	20,7	22,8	23,4	25,5	26,0	28,2	28,5	30,7	31,0	
	0,25	0,31	0,01	0,09	-0,27	-0,17	-0,55	-0,44	-0,83	-0,71	
15	20,9	21,7	23,7	24,4	26,5	27,0	29,1	29,6	31,7	32,1	
	0,33	0,39	0,10	0,17	-0,16	-0,07	-0,44	-0,33	-0,71	-0,59	
16	21,5	22,5	24,4	25,3	27,3	28,0	30,0	30,6	32,6	33,1	
	0,42	0,47	0,18	0,24	-0,06	0,03	-0,33	-0,23	-0,60	-0,48	
17	22,0	23,1	25,0	26,0	27,9	28,8	30,7	31,5	33,4	34,0	
	0,51	0,55	0,27	0,33	0,04	0,11	-0,22	-0,13	-0,49	-0,38	
18	22,3	23,7	25,4	26,6	28,5	29,5	31,4	32,2	34,1	34,8	
	0,61	0,64	0,37	0,41	0,13	0,19	-0,12	-0,02	-0,38	-0,27	
19	22,5	24,0	25,7	27,1	28,9	30,0	31,9	32,9	34,7	35,6	
	0,72	0,73	0,47	0,50	0,23	0,28	-0,01	0,06	-0,28	-0,17	
20			25,9	27,4	29,1	30,5	32,2	33,4	35,2	36,2	
			0,58	0,60	0,33	0,37	0,09	0,15	-0,17	-0,07	
21							32,5	33,8	35,6	36,7	
							0,19	0,24	-0,05	0,03	
22									35,9	37,2	
									0,06	0,12	

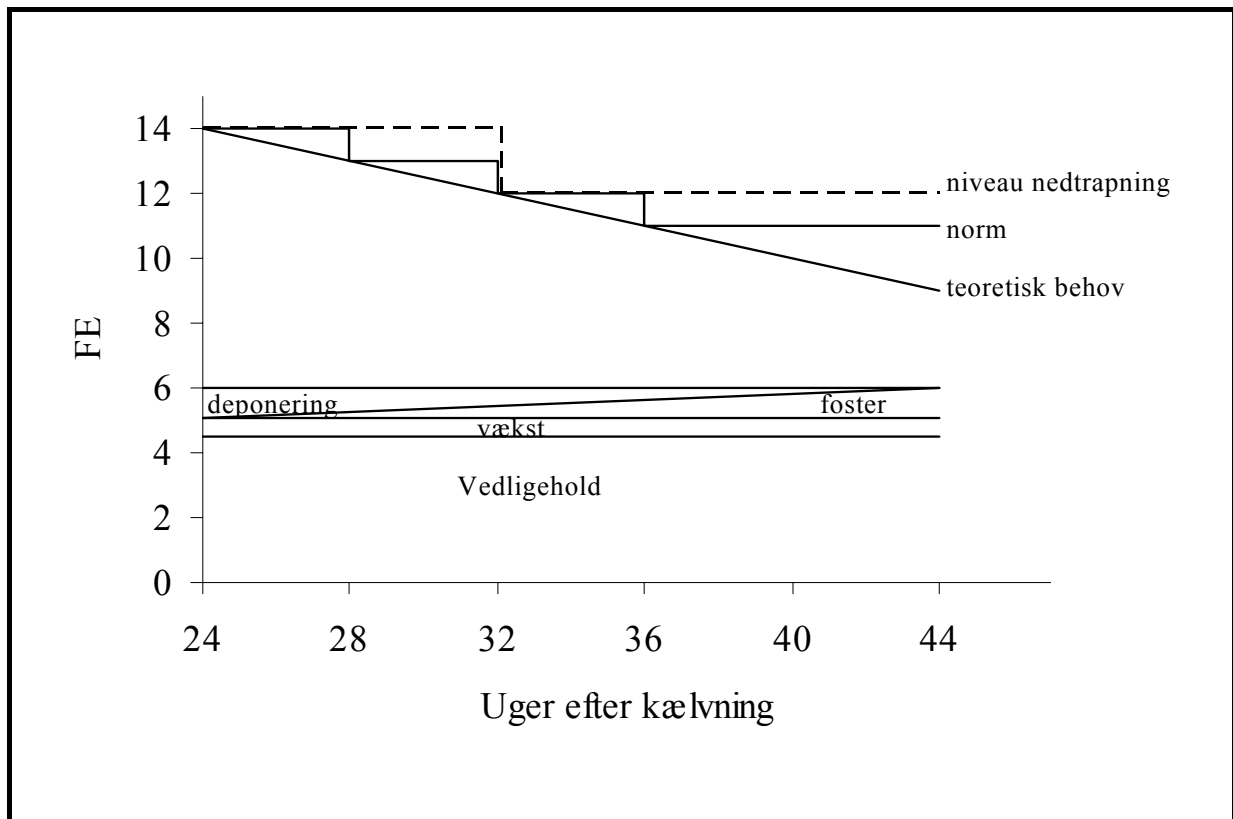
Det forudsættes, at beholdningerne af hjemmedyrkede afgrøder er kendte, dvs. der planlægges for den forestående fodringssæson. At beholdningerne af hjemmedyrkede afgrøder forudsættes kendte, gør modellen mindre egnet til planlægning af foderniveauet gennem græsningssæsonen. Andre metoder må derfor anvendes for samtidig at tage hensyn til produktion i mark og stald (se kapitel 11).

16.6 Fodring i senlaktationen

Tilrettelæggelse af fodringen i perioden efter strategifodringens ophør tager udgangspunkt i den enkelte kos behov. Målsætningen er at opretholde en høj mælkeydelse samtidigt med, at koen klargøres til næste laktation, eller evt. udsætning. Den enkelte ko fastholdes på energitildelingen fra strategiperioden, indtil det beregnede daglige behov kommer under tildelingen i strategiperioden. I senlaktationen reduceres den totale daglige energitildeling med højst 2 FE pr. gang, og fodertildelingen øges aldrig.

I Figur 16.15 er vist en strategi for fodring i senlaktationen med skematisk angivelse af behovet til de enkelte livsytringer. I senlaktationen vil koen typisk reagere med reduceret mælkeproduktion, hvis energibehovet ikke kan opfyldes og med øget deponering, såfremt der sker en overforsyning med ener-

gi. Det er derfor ikke relevant at lave en optimering baseret på den daglige produktion, men udelukkende en optimering, der er baseret på konsekvenserne set over den resterende del af indeværende laktation og indflydelse af "sluttilstand" på produktionen i næste laktation, eller evt. til udsætning.



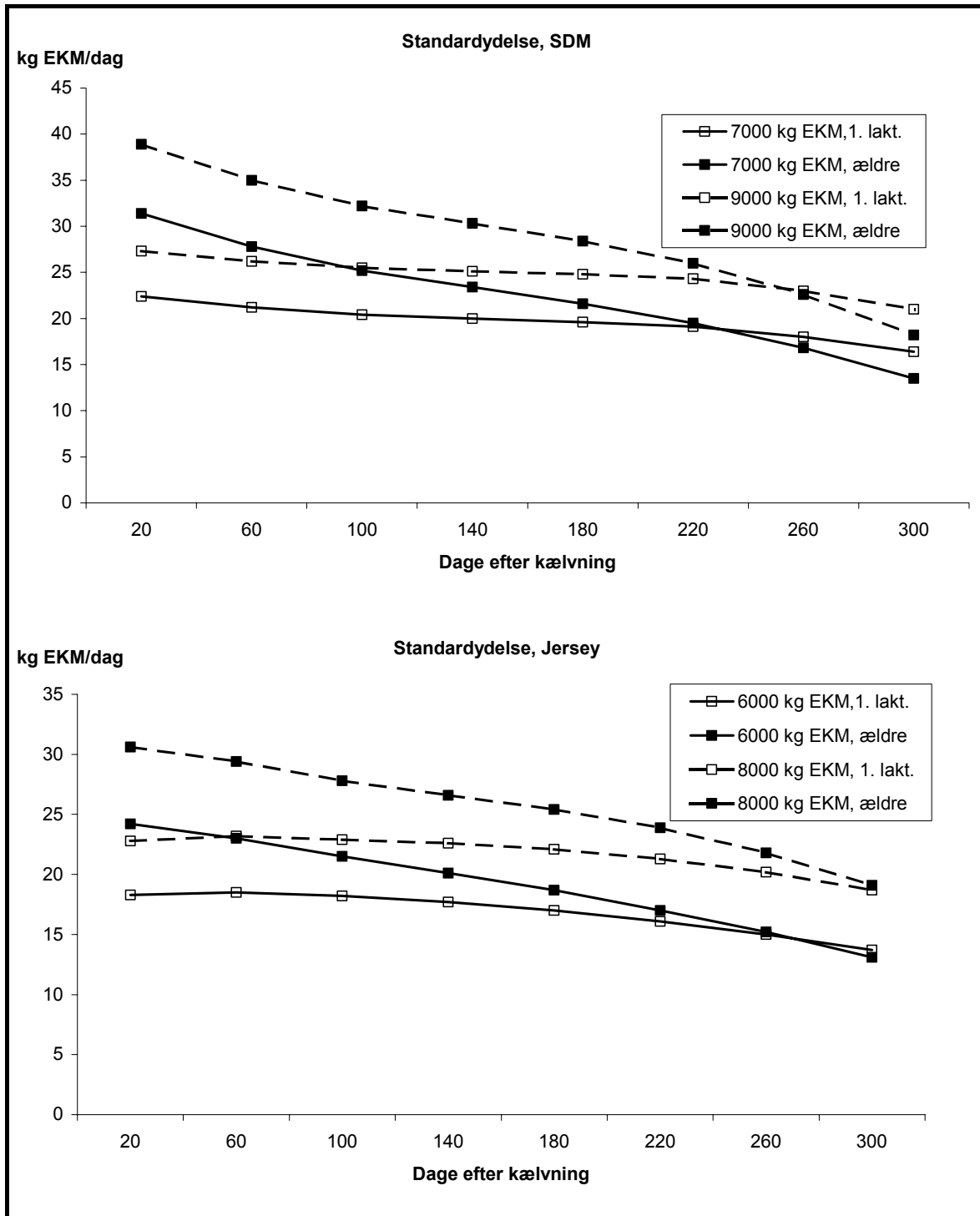
Figur 16.15 Illustration af foderbehovet i senlaktationen (Mod. e. Kristensen & Hansen, 1989).

Tabel 16.6 Oversigt over behov til vækst, tilvækst, vedligehold og deponering i perioden 24 til 46 uger efter kælvning, FE pr. ko daglig

Race	Lakt. nr.	Krops-tilv. FE	Vedligehold kg	Vedligehold FE	Deponering, FE afhængig af huld 24 u.e.k.			I alt FE (inkl. foster) afhængig af huld 24 u.e.k.		
					2	3	4	2	3	4
Tunge	1.	0,7	540	4,2	2,7	1,3	0	8,0	6,6	5,3
	2. og æld.	0	600	4,5	2,7	1,3	0	7,6	6,2	4,9
Jersey	1.	0,7	370	3,4	2,1	1,0	0	6,5	5,4	4,4
	2. og æld.	0	420	3,6	2,1	1,0	0	6,0	4,9	3,9

I Tabel 16.6 er vist de generelle energibehov til tilvækst, deponering og reproduktion i senlaktationen.

I Figur 16.16 er vist den generelle udvikling i ydelsen over laktationen afhængig af besætningens årsydelse for henholdsvis køer i 1. laktation og køer i 3. laktation inden for SDM og Jersey.



Figur 16.16 Sammenhæng mellem årsydelse i besætningen og køernes ydelse på forskellige laktationsstadier, beregnet for SDM og Jersey (Stendal et al., 1999).

Fastlæggelse af omfanget af de enkelte livsytringer for den enkelte ko

Mælk

Mælkeydelse fastlægges via ydelseskontrol, typisk 10-12 gange årligt. Ydelsesforløbet i senlaktationen kan beskrives ved en retliniet funktion, dog med en vis variation. For at reducere indflydelsen af denne tilfældige variation på fastsættelsen af behovet til mælkeproduktion, har Thysen et al. (1988) udviklet en metode, hvor ydelse beregnes ud fra ydelsesnedgangen siden 2. kontrollering efter kælvning kombineret med foregående og seneste ydelseskontrollering.

Deponering

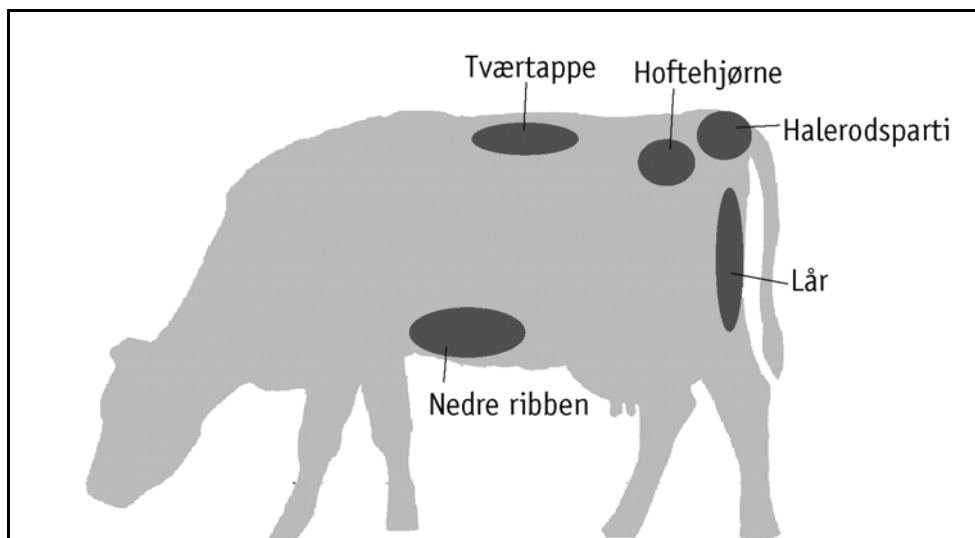
I senlaktationen skal køerne inden goldning opnå det huld, der ønskes ved næste kælvning (se kapitel 13), hvilket typisk kræver en huldtilvækst-deponering.

I Figur 16.17 og Tabel 16.7 er vist et system til huldvurdering (HFS-metoden) baseret på en beskrivelse af det subkutane fedtlag 5 forskellige steder på koen ved en fysisk kontakt med dyret (Kristensen, 1986). Ud fra den senere anvendelse af systemet anbefales det, at vurderingen sammenfattes til en ka-

rakter, givet på en skala fra 1 til 5, hvor 1 gives til den ekstremt magre ko og 5 til den meget fede ko (Kristensen, 1997).

Fastlæggelse af behovet til huldtilvækst kræver kendskab til huldet ved ophør med strategifodring, mål for huld ved goldning og kendskab til vægtændringen pr. huld karakter.

Ved anvendelse af strategifodring vil variationen i køernes huld inden for besætning ved strategiperiodens ophør afspejle forskellene i køernes foderoptagelse og ydelsespotentiale. Det er vist, at ydelsen i strategiperioden signifikant påvirker køernes huld ved periodens ophør. Kristensen (1986) fandt, at en forskel på 2,25 kg EKM dagligt i perioden 1 til 24 uger efter kælvning ændrede huldet et huldpunkt vurderet 24 uger efter kælvning. Spredningen i ydelsen 1 til 24 uger efter kælvning mellem køer bedømt til samme huld var imidlertid større, fra 3,0 til 3,8 kg EKM stigende med laktationsnummeret. Heraf følger, at det ikke er muligt på individniveau at beregne huldet indirekte ud fra ydelsen i strategiperioden. Individuel fodring efter en ønsket huldtilvækst kræver derfor en direkte huldvurdering ved strategiperiodens ophør.



Figur 16.17 Bedømmelsessteder ved huldvurdering.

Tabel 16.7 Beskrivelse af system til huldvurdering (Kristensen, 1986)

Bedømmelsessted/karakter	1	2	3	4	5
Tværtappe					
Ved 4. eller 5. lændehvirvel; de 4 fingre placeres på tomtappene og med tommelen vurderes fedtdannelsen ved enden af tværtappene.	Ingen fedt, meget fremtrædende tværtappe.	Tværtappe er mindre fremtrædende.	Tværtappene kan føles, men er mere afrundede.	Tværtappe kan kun føles ved tryk.	Tværtappe kan ikke føles ved tryk.
Nedre ribben					
Måles nederst på ribbenene ca. midtvejs mellem lysken og forbenet ved en vurdering af tykkelsen af det subkutane fedt.	Meget tynd hud. Ribben mærkes tydeligt.	Kun lidt fedt. Ribben mærkes.	Lidt fedtdannelse. Ribben kan føles ved let tryk.	Nogen fedtdannelse. Ribben kan kun føles ved tryk.	Kraftig fedtdannelse. Ribben kan ikke føles ved kraftigt tryk.
Hoftehjørner					
Måles på det udvendige hoftehjørne ved at placere håndfladen på hoftehjørnerne og vurdere fedttykkelsen.	Meget skarpe og fremtrædende.	Markerede og ret skarpe.	Lidt markerede og føles afrundede.	Mindre fremtrædende med afrundede konturer. Føles bløde.	Meget fedtfulde. Fedtet løst og blødt.
Halerodsparti					
Måles ved med fingrene at vurdere fedtdannelsen omkring haleroden.	Skindet tæt til hale og bækken. Ingen fedt.	Skindet lidt løsere, men ingen fedtdannelse.	Lidt fedtdannelse, men bækkenbenet føles let.	Fedtdannelse i hele området. Skindet føles blødt, men bækkenbenet kan mærkes.	Store fedtdannelser. Bækkenbenet kan kun føles ved tryk.
Sædeben					
Måles på sædebensknuderne ved at placere håndfladen herpå og vurdere fedttykkelsen.	Meget skarpe og fremtrædende.	Markerede og ret skarpe.	Lidt markerede og føles afrundede.	Mindre fremtrædende med afrundede konturer. Føles bløde	Sædeben kan ikke føles. Store fedtdannelser.
Låret					
Skøn over fedtdannelsen på bageste halvdel af låret.	Meget indsunke på siden af låret.	Lidt indsunke på siden af låret.	Ingen fedtdannelse. Normal hudtykkelse.	Nogen fedtdannelse. Lette afrunding på bagsiden.	Fedtdannelse. Afrundede lår.
Generelt					
Visuel vurdering af koens generelle huld.	Meget afmagret.	Noget malkepræget.	I normalt arbejdshuld.	Køer med afrundede konturer.	Køer med meget fedtdannelse selv i lysken og lår.

I HFS-systemet er et huldpunkt beregnet til at modsvare 54 kg hos malkekøer af tung race og 43 kg for Jerseykøer (Kristensen, 1986; Kristensen, 1997). Enevoldsen & Kristensen (1997) fandt en lidt lavere værdi, 34 kg for Jersey. Ved kendskab til foderrationen, køernes laktationsstadium, produktionsniveau og kropsmål kan der beregnes en mere specifik sammenhæng mellem huld og vægtændringer (Enevoldsen & Kristensen, 1997).

Udsætterkøer

Fodringen af udsætterkøerne påvirker slagte kvaliteten. Kvaliteten er tæt forbundet med køernes huld, som det ses i Tabel 16.8 og 16.10, hvor resultater for SDM og Jerseykøer er vist (Kristensen, 1989). En forbedring af huldet med en enhed betyder, at klassificeringen for FORM øges 1,1 for SDM og 1,0 for Jersey. Marginalværdien af en sådan forbedring er ca. det dobbelte af den gennemsnitlige afregningspris.

Ved fedning i laktationen opnås den højeste effektivitet ved, at tilvæksten sker samtidigt med en høj mælkeproduktion. Liboriussen & Klastrup (1988) fandt, at foderforbruget, FE pr. kg tilvækst i laktationen steg fra 4,0 i tidlig laktation til 6,0 i senlaktationen, og at det blev yderligere øget til 9,1 FE pr. kg tilvækst, ved slutfedning af goldkøer.

Det anbefales derfor, at energitildelingen til påtænkte udsætterkøer fastholdes på niveau med tildelingen til køerne i tidlig laktation. Liboriussen & Klastrup (1988) undersøgte betydningen af foderrationens indhold af protein og stivelse ved slutfedning i laktationen og fandt, at overgang til en egentlig fedningsration kun havde ringe effekt på tilvæksten. Ud fra modelovervejelser konkluderer Henneberg & Hermansen (1984) derimod, at det ofte vil være fordelagtigt at ombytte protein med sukker og stivelse i rationen til udsætterkøerne. Den primære årsag til, at Liboriussen & Klastrup (1988) ikke fandt en effekt var, at køernes foderoptagelse i forbindelse med foderskiftet blev væsentligt nedsat. Et forhold der ikke er inddraget i modelberegningerne.

Fastlæggelse af det optimale udsætningstidspunkt skal ske ved en sammenligning mellem indtjeningen fra kød og mælk fra den potentielle udsætterko og indtjeningen i gennemsnit fra mælkeproduktionen. Ofte betyder det, at der ikke er tid til at færdigfede køerne i laktationsperioden. Derfor kan fedning i goldperioden være et alternativ, da effektiviteten her ikke skal sammenlignes med mælkeproduktion, men med andre former for kødproduktion. Foreløbige resultater af Vestergård (2000) viser, at der kan opnås tilvækster på op til 2000 g dagligt ved fedning af kurante udsætterkøer.

Tabel 16.8 Forventet slagte kvalitet og pris for SDM-køer afhængig af huld før slagtning (Mod. e. Kristensen, 1989, prisberegninger ud fra notering uge 44, 2000)

	Huld				
	1	2	3	4	5
Levende vægt, kg	432	486	540	594	648
FORM	1,6	2,7	3,8	4,9	6,0
FEDME	0,6	1,4	2,2	3,0	3,8
Slagteprocent	39,2	42,2	45,0	47,9	50,7
Afregning, kr. pr. kg sl. v.	10,31	12,15	13,50	14,80	16,58
Marginal, kr. pr. kg lev.		13,87	13,46	18,51	22,89

Tabel 16.9 Forventet slagte kvalitet og pris for Jerseykøer afhængig af huld før slagtning (Mod. e. Kristensen, 1989, prisberegninger ud fra notering uge 44, 2000)

	Huld				
	1	2	3	4	5
Levende vægt, kg	273	315	358	401	444
FORM	0,4	1,1	1,8	2,6	3,3
FEDME	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2
Slagteprocent	40,5	43,1	45,7	48,2	50,8
Afregning, kr. pr. kg sl.	8,90	10,15	10,84	11,39	12,41
Marginal, kr. pr. kg lev.		9,12	9,26	9,77	14,09

16.7 Afslutning

De beskrevne metoder til foderplanlægning er baseret på velkendte principper. Erfaringerne fra udviklingsprocessen inden for metodeudviklingen gående fra behovsberegning ved normfodring til 'lukkede' LP-modeller til optimering ved strategifodring og fodring med fuldfoder som i den senere del af processen bliver foreslået af mere fleksible metoder med mindre vægt på selve optimeringsdelen. Det sidste trin forklarer Kristensen & Hansen (1984) med følgende:

- Det er vanskeligt at tilgodese praktiske forhold, der ikke direkte indgår i optimeringen, som f.eks. ønsker om en bestemt udfodring
- Optimeringsproceduren hæmmer dialogen mellem landmand og rådgiver, og det er vanskeligt at opnå forståelse for et givet resultat
- De biologiske sammenhænge og næringsstofgrænser er ikke tilstrækkeligt nuancerede til at beskrive virkeligheden i alle fodringssituationer
- Den økonomiske betydning af en finjustering i en aktuell typefoderplan ved hjælp af den nuværende optimeringsmetode er ofte begrænset i forhold til betydningen af faktorer, der ikke inddrages i optimeringen.

I den her foreslåede metode indgår optimering som et muligt element. Hovedvægten er dog lagt på fodringsprincipper og udnyttelse af nyeste produktionsfunktion i praktisk foderplanlægning. Ved anvendelse af de skitserede metoder er det vigtigt at inddrage de anvendte forudsætninger og specielt være opmærksom på den usikkerhed, der knytter sig til de enkelte parametre og sammenhænge. I forhold til den biologiske viden og udviklingen inden for dyremodeller må der forventes fremtidige modeller, der i langt højere grad inddrager den viden om sammenhængen mellem indsats af fodermidler og koens produktionsrespons.

16.8 Referencer

- Devir, S., Zur, B., Maltz, E., Genizi, A. & Antler, A., 1995. A model for the prediction of dairy cow body weight based on a physiological timescale. *J. Agr. Sci.* 125, 415-424.
- Enevoldsen, C. & Kristensen, T. 1997. Estimation and body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1988-1995.
- Ferris, C.P., Patteron, D.C & Masyne, C.S. 1998. Nutrition of the high genetic merit dairy cow - Practical consideration. I: Garnsworthy, P.C. & Wiseman, J., Recent advances in animal nutrition.

- Hansen, J.P. 1992. ADAM-H et beslutningsstøttesystem til fastlæggelse af optimal foderforsyning og arealanvendelse i kvægbedriften. 718. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 168 pp.
- Henneberg, U. & Hermansen, J. 1986. Fodring af udsætterkoen i forbindelse med tilpasning til mælkekvoten. 571. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 8, 111-115.
- Henneberg, U. & Thysen, I., 1983. Foderbudgettering og fastlæggelse af faktor- og produktpriser. 551. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 16, 16.1-17.18.
- Hermansen, J.E. 1987. Betydningen af forskelligt fedttilskud til malkekøer ved produktion under mælkekvota. 628. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 5, 71-87.
- Hermansen, J.E. & Østergård, V. 1992. Vidensæt for fodring. App B i 718. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 156-168.
- Hindhede, J. 1978. Malkekvægets produktion og økonomi. I: Helårsforsøg med kvæg XVIII. 474. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 48-103.
- Hindhede, J. 1981. Forudsigelse af ydelseskapaaciteten med henblik på en forbedret foderstyring Malkekvægets produktion og økonomi. I: Helårsforsøg med kvæg XVIII. 474. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 48-103.
- Hindhede, J., Hermansen, J.E., Kristensen, T., Kristensen, I. & Hansen, J.P. 1987. Roeafgrødens økonomisk optimale anvendelse i kvægbedriften. 628. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 226-246.
- Ingvartsen, K.L., Aaes, O. & Andersen, J.B., 2001. Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 71, 207-221.
- Istasse, L., Reid, G.W., Tait, C.A.G. & Ørskov, E.R. 1986. Concentrates for dairy cows: Effect of feeding method, proportion in diet, and type. *Anim. Feed Sci. Technol.* 15, 167-182.
- Kristensen, A.R. & Jørgensen, R. 1999. Decision support models. Proceedings from the 25th International Dairy Congress, Aarhus 21.-24. September 1998. *Future Milk Farming*, 145-163.
- Kristensen, I.S. & Hermansen, J.E. 1986. Tab ved sommeropbevaring af bederoer i kule. 615 Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 151-158.
- Kristensen, T. 1986. Metode til huldvurdering af malkekøer. 615 Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap 5, 59-75.
- Kristensen, T. 1989. Produktion af udsætterkøer. Bilag årsmødet Helårsforsøg med Kvæg, 2 pp.
- Kristensen, T. 1997. Huldvurdering af malkekøer. *Proc. Boologisk Selskab*, April 1997, 9 pp.
- Kristensen, T. & Hansen, J.P. 1989. Forenklet foderplan til malkekøer og planlægning heraf ved konsekvensberegning på PC. 661. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 5, 92-112.
- Kristensen, T. & Hermansen, J. 1984. NH₃-halm-blanding contra græsensilage som ad libitum foder til malkekøer i forskellige laktationsafsnit. Internt notat, 6 pp.
- Kristensen, T., Kristensen, E.S., Thysen, I. & Hindhede, J. 1984. Fremgangsmåde ved økonomisk optimering af malkekoens foderration. 571. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 4, 66-85.
- Krohn, C.C. & Andersen, P.E. 1979. Foderrationer med roer eller byg til malkekøer tildelt separat eller som fuldfoder. 480. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 pp.
- Lara, P. & Romero, C. 1992. An interactive multi-goal programming model for determine livestock rations: An application to dairy cows in Andalusia, Spain. *J. Op. Res.* 43, 945-953.
- Lara, P. & Romero, C. 1994. Relaxation of nutrient requirements on livestock rations through interactive multigoal programming: *Agr. Syst.* 45, 443-453.
- Leaver, J.D. 1986. Systems of concentrate distribution. In: Broster, W.H., Phipps, R.H. & Johnston, C.L. (eds.). *Principles and practice of feeding dairy cows*, Technical Bulletin 8, NIRD Reading, 113-131.

- Liboriussen, T. & Klastrup, S. 1988. Fedning af malkekøer. 715 Medd. Statens Husdyrbrugsforsøg, 4 pp.
- Mogensen, L., Kristensen, T. & Kristensen, I.S. 1999. Økologisk Kvægproduktion. Teknisk-økonomiske gårdresultater 1997-98. Typetal for økologisk mælkeproduktion. DJF-rapport 10. Husdyrbrug. 138 pp.
- Nocek, J.E., Steele, R.L., & Braund, D.G. 1986. Performance of dairy cows fed forage and grain separately versus a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 69, 2140-2147.
- Pedersen, C., Nørgaard, P., & Thøgersen, R. 2000. Variation in nutritive value of different types of silage at farm level. *Grasland Science in Europe.* 5, 265-267.
- Phipps, R.H., Bines, J.A., Fulford, R.J. & Weller, R.F. 1984. Complete diets for dairy cows: a comparison between complete diets and separate ingredients. *J. Agr. Sci., Camb.* 103, 171-180.
- Spörndly, E. 1989. Effects of diet on milk composition and yield of dairy cows with special emphasis on milk protein content. *Swedish J. Agr. Res.* 19, 99-106.
- Stendal, M., Fisker, I., Thøgersen, R., Blom, J.Y., Johansen, E.Ø., Kristensen, O., Munk, A., Rasmussen, J.B. 1999. Håndbog i Kvæghold 1999. Landskontoret for Uddannelse. 1991 pp.
- Stendal, M., Aaes, O., Bossen, B., Clausen, S., Fisker, I., Flye, J., Hansen, C., Jensen, O.K., Jepsen, A.M., Johansen, L., Kjeldsen, E.Ø., Kristensen, A.M., Krogh, O., Munk, K., Møller, A., Thrane, J., Thøgersen, R., Rasmussen, J.B. 2002. Håndbog i Kvæghold 2002. 199 pp.
- Strudsholm, F., Nielsen, E.S., Flye, J.C., Kjeldsen, A.M., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Kristensen, V.F., Hvelplund, T. & Hermansen, J. 1997. Fodermiddeltabel 1997. Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Rapport 69, 53 pp. Landsudvalget for Kvæg.
- Strudsholm, F., Aaes, O., Madsen, J., Kristensen, V.F., Refsgaard Andersen, H., Hvelplund, T. & Østergaard, S. 1999. Danske Fodernormer til Kvæg. Landskontoret for Kvæg, Rapport nr. 84, 47 pp.
- Thyssen, I. 1983. Alternative fremgangsmåder ved optimering af foderrationer. 551. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap. 17, p. 17.1- 7.28.
- Thyssen, I. 1985. Matematiske modeller til optimering af foderrationer i malkekvægsbesætninger. Licentiatafhandling fra KVL. 119 pp.
- Thyssen, I., Enevoldsen, C., Hindhede, J., Kristensen, T. & Sørensen, J.T. 1988. Et system til styring af mælkeproduktion og reproduktion i kvægbesætningen. 649. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap 2, 15-57.
- Vestergård, M. 2000. Personlig medd.
- Østergaard, S., Sørensen, J.T., Kristensen, V.F. & Kristensen, T. 1994. Modellering af malkekoens produktion ud fra nettoenergisystemet (FE): Forskningsrapport fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 24, 32-32.
- Østergaard, V. 1979. Kraftfoderstrategier til opnåelse af optimalt foderniveau til højtydende malkekøer. 482. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, 144 pp.
- Østergaard, V. 1983. Optimale foderrationer til malkekoen under forskellige forudsætninger. 551 Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg, Kap 18.
- Østergaard, V. 1989. Økonomisk virkning af alternativt avlsvalg i mælkeproduktionen. 660. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg. Kap 7, 126-154.
- Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J.E. & Hindhede, J. 1976: Helårsoversøg med kvæg XVI. 442. Beretning, Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Østergaard, V., Henneberg, U., Hermansen, J.E. & Hindhede, J. 1978. Helårsoversøg med Kvæg XVIII. Produktionsstyringens indflydelse på de tekniske og økonomiske resultater i grovfoder- og mælkeproduktionssystemer 1977-78.
- Aaes, O. 1993. Fuldfoder kontra separat tildeling af energirige foderrationer udfodret efter ædelyst eller restriktivt til malkekøer. Forskningsrapport nr. 16. Statens Husdyrbrugsforsøg.

17. Indeks

- β -hydroxybutyrat..... 230;235;241;266
 β -karotin 62;181;363;364
 β -laktoglobulin..... 11;352
 β -oxidation240;358
- AAT..... 84;115;118;120;121;128;213;313
 AAT-Lys 125
 AAT-Met..... 125
 AAT/PBV for ungdyr..... 60
 AAT-PBV-systemet 114;123;128;329
 Acetat..... 103;139;181;185;231;245;355
 Acetoacetat241;247
 Acetone.....241
 Acetyl-CoA240;245
 Acidose.....256
 Acyl-COA240
 Afgræsning.....
58;64;120;128;147;202;204;207;210;
 216;220;222;253;267;328;393
 Aflatoxin365
 Alder/højde/vægt-diagram 67
 Aminosyre 24;122;124
 Ammoniak 90;114;326;328
 Ammoniakfordampning324;328
 Animalsk fedt 134;138;146;147;349
 Anioniske salte252
 Antioxidanter i mælk.....362
 Atoni.....266
 A-vitamin (se Vitamin A og β -karotin)
- Balleforrådnelse..... 228;271;274
 Belægningsgrad 64
 Biogene aminer.....247
 Bollerenden 18
 Bollerenderefleksen..... 13
 Buskgræs206;220
 B-vitaminer..... 168;180
- CAB (se Cation-Anion-Balance)
 Calcitonin 234;251;355
 Carnitin /-transferaser.....240
 Ca-sæber af fedtsyrer 134;136;138;146
- Cation-Anion-Balance 167;315
 CCK 234
 Cholin..... 248
 CLA 8;145;356;362
- De novo fedtsyresyntese 143
 Dehydrering 258;275
 Diarre 29;257;274
 Dobbeltsål 271;274
 Drikkeadfærd 190;196;199
 Drivhuseffekten 324
 Drægtighedsperiode..... 46
 Drøvtyggerfunktionen..... 16;27
 Duodenum.....23;37;123;170
 D-vitamin (se Vitamin D).....
 Dyreenhed (DE)..... 326
- EKM..... 75
 Endotoksiner 259;274;278
 Energibalance
 138;211;231;235;241;244;265;299
 Energibehov
 22;54;74;75;86;102;108;138;378;395;399
 Energiforsyning 73;102;247;352
 Energikoncentration
 .. 5;27;60;62;134;135;148;212;235;247;
 248;265;314;385
 Energiudnyttelse 74;79;88;96
 E-vitamin (se Vitamin E)
- Fat cow syndrome..... 236
 Fedtlever231;235;236;244;265;278
 Fedtsyrer
 ... 19;26;104;134;135;139;144;148;154;
 180;232;237;241;255;257;262;266;302;
 337;346;353;355;
 Fedtsyresammensætning
 138;144;148;350;355
 Fenylalanin..... 121;124;125;127
 Foderbudgettering..... 377;404
 Fodereffektivitet 86;94;390

Foderniveau	203;207
... 40;46;47;48;53;68;74;80;87;100;103; 159;260;300;335;346;373;387	217
Foderoptagelse	203;219
.. 20;64;77;81;90;101;106;116;119;121; 128;135;145;155;159;190;196;207;211; 236;257;261;265;300;302;303;315;336; 376;384	6;147;162;202;204;206;217
Foderoptagelseskapacitet	155;157;165;231;243;253
.. 42;58;63;82;89;108;306;375;379;385; 393	203
Foderplanlægning... 108;117;372;380;383; 403	216
Fodring omkring goldning	271
Fodringsprincip	8;324;340
Fordampning	247;274
Fordøjelige cellevægsstoffer	121
Fordøjelseskanalen	232
.... 16;80;115;190;196;232;236;251;324; 334;365	233
Forfangenhed.....	271
Formavernes udvikling.....	18
Fosfolipider	21;237;239;246;357
Fosfor....	68;157;159;164;184;324;331;363
Fosterproduktion	79;125;157
Frie fedtsyrer	21;26;135;230;235;240;247;349;357
Fuldfoder	59;63;93;103;105;222;235;244;258; 265;314;348;372;375;383;394;403
Galaktopoese	233
Glukose	18;22;115;180;230;231;241;258;302; 346
Glukagon	234
Glukogene aminosyrer	244
Glukoneogenese	115;124;234
Glukosinolater	364
Glutationperoxidase	61;171
Glycerol.....	235;247
Goldperioden	7;12;117;167;239;245;250;267;296;298; 312;402
Grovfoderkvalitet	92;95;100
Græsforgiftning (se græstetani)	
Græshøjde	203;207
Græsmarkens produktion.....	217
Græsningsintensiteten.....	203;219
Græsoptagelse	6;147;162;202;204;206;217
Græstetani	155;157;165;231;243;253
Græstæthed	203
Græsvækst.....	216
Halthed.....	271
Harmoniregler	8;324;340
Histaminer.....	247;274
Histidin.....	121
Homeorhese	232
Homeostase.....	233
Huld	47;64;66;78;103;117;191;239;244;250; 265;299;304;314;384;400
Huldvurdering.....	400;404
Hyperketonæmi.....	231;241
Hypoglukosæmi	241;247
Hypokalcæmi	163;231;249;267;278
Hypomagnesæmi	155;165;231;253
Højdemåling.....	68
Højdevækst	61
IgA, IgG, IgM (se immunglobulin)	
Immunforsvar	7;10;169;180;184
Immunglobulin	12
Inflammation.....	260
Insulin	234;245;355
Insulin/glukagonforhold	247
Jern.....	155;172
Jod.....	162;171
Jodtal	135;138;144;148;350
Kalcium.....	155;163;310;342
Kalium	155;166;192;252;255
Kalvestarter	27
Karotenoider	343;362
Kasein	351
Kation-anionbalancen	252
Ketogene aminosyrer	246
Ketogene substrater	247
Ketogenese.....	234
Ketonstoffer	235;241

- Ketose 186;228;235;241;266;304
 Klor..... 166
 Klov-/benlidelser 228;243;271
 Klove 271
 Kobber 162;168
 Kobolt..... 162;173
 Kolesterol 21;237;342
 Konjugeret linolsyre CLA 362
 Konserveringsmetoder 182
 Kortisol 234
 Kraftfoderautomater 376
 Kraftfoderforgiftning..... 258
 Kritisk temperatur 195
 Kritiske periode 45;48;50;53;66
 Kulhydrat
 ..26;115;119;149;193;258;276;302;346;
 355
 Kvælstof
 ...60;114;119;190;192;202;209;324;326
 Kvælstofforsyning 114
 Kvælstofudskillelsen 119;330
 Kælvningsalder..... 40;55;70;226
 Kælvningsfeber 228
 Kønsmodenhed..... 40;45

 Lagringstabet 183
 Laktat 247;260
 Laktose
 ..11;21;22;75;139;193;231;242;343;352
 Laktogenesen..... 233
 Laminitis..... 228;270
 Leptin..... 234;286
 Leucin 121;124
 Leverbylder 230;259;261
 Lipolyse 232;357;358
 Lysin 6;24;121;149;349;353
 Løbedrejning 228;263
 Løben..... 20

 Magnesium 26;155;165;254
 Makromineraler 154;156;162
 Mammogenesen 233
 Mangan 162;170
 Marginalfoderenhedspris..... 386;391;395
 Marginalydelsen 100
 Metabolisk acidose 256

 Metan 6;7;74;80;87;108;324;335
 Metanemission 335
 Metionin 6;24;115;121;149;168;248
 Metylhistidin 235
 Mikromineraler
 7;11;154;156;161;162;173;312
 Miljøpåvirkning 323
 Molybdæn 172
 Muccopolysakkarider 268
 Mælkeerstatninger 23;26
 Mælkefeber 163;229;236;243;249;310
 Mælkefedt
 21;23;75;105;134;139;165;231;345;355;
 370
 Mælkeproduktionsfunktionen..... 102;386
 Mælkeprotein
 ... 21;25;115;121;128;134;139;149;231;
 297;308;316;345;351
 Mættet fedt 134;135;143;147;148;349;357

 NDF 80;96;106;138;313
 N-alkaner 209
 Natrium 166
 NEFA (se frie fedtsyrer)
 Nettoenergi..... 74;76;87;95;96;382;389
 Niacin..... 186;248;289;319
 Nitrat 173;198;324;329
 Nitratdirektiv..... 324
 Normfodring 372

 Overgang til laktation 232;310
 Oxaloacetat 246
 Oxidation ... 26;193;240;245;357;362;366
 Oxidative burst..... 185

 Palmitinsyre 135;147;355;359
 Parasitbelastning 64
 Paratyroideahormon..... 184;234;251
 Passiv immunisering 10;30
 P-balance..... 338
 PBV
 PDI-system..... 120
 Primær ketose 243
 Produktionsfunktioner
 116;134;372;382;383

Produktionssygdomme	269;276;381;402
.....	185;229;233;236;265;272;277
Progesteron.....	234;355
Prolactin.....	234
Propionat	103;244;7;302
Propionsyre	
....	17;82;103;124;139;148;244;302;335; 346
Propylenglykol	246;289
Proteinbehov....	60;63;68;114;121;128;329
Proteinforsyning	7;61;84;114;116;348
Proteinsyntese	
..	6;22;60;114;116;120;122;148;232;349
Proteinvurderingssystem	114;118;130
Proteolyse	232;235;351
Pyruvat.....	246
Rotationsgræsning.....	205;221
Råfedt	23;134
Råmælk.....	10;16
Råprotein	
	23;27;60;81;114;116;118;128;253;300; 313;336;348;351;375
Sekundær ketose.....	243
Selen	11;61;155;159;162;168;170;342
Somatostatin	234;355
Somatotropin	234
Sommerfoderplan	218
Sommerfodringen.....	202
Sondefodring	16
Steaming Up.....	296;302;305
Stearinsyre.....	135;147;359
Stivelse	
	21;25;28;81;104;116;119;124;146;213; 255;257;262;269;276;305;327;337;347; 381;402
Stofskiftelidelser.....	230;247
Storfoldsafgræsning	204;226
Strategifodring.....	373
Struktur	
..	16;104;146;148;259;267;313;328;346; 351;375;381;386
Substitutionsforhold	211;377
Sukker	
..	25;104;116;119;149;213;255;257;262; 269;276;381;402
Suppleringsfoder.....	208;210;216;219;254
Sur vom (se vomacidose).....	
Sved	166;191;196
Svovl.....	155;167
Sygdomsforekomst	228
Synkronisering af protein	214
Syretræning.....	261;286;306
Syrnet råmælk.....	23;34
Sødmælk, kalve.....	22
Sålek nusninger.....	271;274
Tannin	223;269
Tarmmotorik	276
Termoneutrale zone	194
Tiamin.....	168;186
Tilvækstfunktionen	389
Tilvækstværdien	384
Tiocyanat	11;365
TMR.....	289;376
Tokoferoler	342;362
Transfedtsyrer	139;145;342;349;356
Triglycerider .	19;26;134;233;236;244;357
Trommesyge	267
Trypsin inhibitor	11;21
Tyggetid.....	105
Typemineralblandinger.....	161
Tørstofoptagelse	
	135;136;138;145;147;148;149;192;211; 336
Udvaskning, nitrat.....	329
Umættet fedt	144
Ungdyr på græs.....	220
Urea	
	60;114;116;119;121;128;168;213;328; 351;355
Urin	
.....	74;80;87;108;114;154;190;194;198; 242;250;254;257;278;325;326;332;365
Urinproduktion	194
Valleproteiner	351
Vand.....	189;196
Vandets temperatur	197
Vandoptagelse.....	192

Varmestress	7;190;196	Ydelseskapacitet	
Vedligeholdelse	76	. 40;44;48;52;61;85;88;95;210;373;381;	
Vegetabilsk fedt.....	134;350	385	
Vitamin A	180;363	Yverudviklingen	45
Vitamin C	180	Zeaxantin	363
Vitamin D	180	Zink	162;169
Vitamin E	26;170;180;182;184;358	Økologi.....	2;8;187;218;342
Vomacidose.....	228;256;262;267;272;274;306	Økonomi	
Vompapiller.....	19;29;306	... 26;40;121;128;187;198;253;338;351;	
Vomparakeratose.....	258	372;376;381;390	
Vomsonde.....	269	Økonomisk optimalt foderniveau	371
Vomspyd	269	Østrogen.....	234;355
Vækstfaktorer	17;353		
Væksthormon (se somatotropin).....			
Vækstkapacitet, kvier	42;47;51;65		