

August 2001

DJF rapport

Nr. 54 • Markbrug

T. Heidmann, J. Nielsen, S. E. Olesen,
B. T. Christensen & H. S. Østergaard

Ændringer i indhold
af kulstof og kvælstof i dyrket jord:
Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998

Ændringer i indhold af kulstof og kvælstof i dyrket jord: Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998

T. Heidmann, J. Nielsen, & S. E. Olesen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Jordbrugssystemer
Postboks 50
DK-8830 Tjele

B. T. Christensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Postboks 50
DK-8830 Tjele

H. S. Østergaard
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærvej 15 , Skejby
DK-8200 Århus N

DJF rapport Markbrug nr. 54 • august 2001

Udgivelse: Danmarks JordbrugsForskning Tlf. 89 99 19 00
Forskningscenter Foulum Fax 89 99 19 19
Postboks 50
8830 Tjele

Løssalg: t.o.m. 50 sider 50,- kr.
(incl. moms) t.o.m. 100 sider 75,- kr.
over 100 sider 100,- kr.

Abonnement: Afhænger af antallet af tilsendte rapporter,
men svarer til 75% af løssalgprisen.

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
Summary	9
1. Indledning.....	11
2. Metode.....	13
2.1 Data fra kvadratnetsdatabasen 1987-1998.....	13
2.2 Driftsoplysninger m.v.	14
2.3 Anvendte gødningstyper.....	15
2.4 Kvadratnetpunkternes fordeling på jord- og gødningstyper.....	18
2.5 Laboratorieanalyser	18
2.6 Beregning af C- og N-indhold i t/ha	19
2.7 Statistisk metode.....	19
3. Resultater og diskussion.....	23
3.1 Målinger af jordens indhold af kulstof og ændringer i 10/12 års perioden.....	23
3.1.1 Dybden 0-25 cm.....	23
3.1.2 Dybden 25-50 cm.....	25
3.1.3 Dybden 0-50 cm.....	27
3.2 Betydende variable for udviklingen i jordens indhold af kulstof	30
3.2.1 Dybden 0-25 cm.....	30
3.2.2 Dybden 25-50 cm.....	35
3.3 Målinger af jordens indhold af kvælstof og ændringer i 10/12 års perioden.....	36
3.3.1 Dybden 0-25cm.....	36
3.3.2 Dybden 25-50 cm.....	38
3.3.3 Dybden 0-50 cm.....	39
3.4 Betydende faktorer for udviklingen i jordens indhold af kvælstof	44
3.4.1 Dybden 0-25 cm.....	44
3.4.2 Dybden 25-50 cm.....	46
3.5 C/N-forhold og ændringer i 10/12 års perioden.....	46
4. Konklusion	49
Erkendtlighed	49
Litteratur.....	51
Appendix	55

Resumé

Ændringer i jordens pulje af organisk stof over en 10-12 års periode er belyst ud fra analyser af jordens indhold af kulstof (C) og kvælstof (N) i prøver fra det landsdækkende kvadratnet, der anvendes i gødningsplanlægningen i Danmark. Kvadratnettet er et net af ca. 830 fastliggende måleflader systematisk fordelt over hele landet med 7 km's afstand. Heraf er 590 beliggende på landbrugsarealer. Der blev udtaget jordprøver (0-25, 25-50, 50-75, 75-100 cm) ved kvadratnettets etablering i 1986/87. I 1997/98 blev der udtaget jordprøver igen i 336 kvadratnettpunkter, hvilket udgør 57% af alle kvadratnettpunkterne på landbrugsarealer. Disse prøver blev analyseret for total C og N. I den mellemliggende periode har Landskontoret for Planteavl indsamlet oplysninger om afgrøder, gødningstilførsel og jordbehandling, hvilket i et vist omfang muliggør analyser af dyrkningssystemets effekt på udviklingen i jordens C- og N-indhold.

Til brug for en statistisk analyse blev kvadratnettpunkterne inddelt efter gødningstyper ('handelsgødning', 'kvæg', 'svin', 'blandet' og 'rest') ud fra tilført husdyrgødning i perioden. Hvis der ingen husdyrgødning blev tilført i perioden, blev gødningstypen sat til 'handelsgødning'. Hvis tørstofmængden af tilført husdyrgødning fra en bestemt kilde, eksempelvis kvæg, udgjorde 90% eller mere af den totale tilførte husdyrgødningsmængde, blev punktet henført til gødningstypen 'kvæg'. På tilsvarende måde blev gødningstypen 'svin' defineret. Gødningstypen 'blandet' blev defineret ved, at 90% af det tilførte tørstof med husdyrgødning stammede fra blandet kvæg/svine- + kvæg- + svinegødning. Kvadratnettpunkter, der ikke faldt indenfor ovennævnte kategorier, indgik i restgruppen (hovedsagelig fjerkræ/mink).

De fleste af de undersøgte punkter findes på JB1-7, mens der kun findes 7 punkter på JB8-12. Der findes en skævhed i datamaterialet med en overvægt af gødningstypen 'handelsgødning' på lerjorde (72% på JB5-7) og en overvægt af 'kvæg' på sandjorde (72% på JB1-4). Der er derfor risiko for konfundering mellem jordtype og gødningstype, idet det kan være vanskeligt at adskille effekterne af jordens JB nr. og af gødningstypen. Fordelingen af de undersøgte punkter med JB2-5 er i god overensstemmelse med fordelingen af jordtyper i Danmark, mens JB1 er noget underrepræsenteret og JB6-7 noget overrepræsenteret i denne undersøgelse.

Udviklingen i C- og N-indhold blev undersøgt statistisk ved hjælp af varians- og regressionsanalyser. C-ændring = C-nu minus C-før, hvor C-nu er det procentvise indhold af C i tør jord i 1997/98 og C-før er indholdet i 1986/87. På tilsvarende måde blev ændringen i total N beregnet. Der blev foretaget analyser af ændringerne i hver af de to dybder 0-25 cm og 25-50 cm. Ændringen i %-point blev omregnet til t/ha ved anvendelse af gennemsnitlige volumenvægte for hvert JB-nummer. Der indgik kun jordtyper med JB1-7 i de statistiske analyser. Ændringen blev sat i relation til gødningstype og JB-nummer i en tosidet variansanalyse og blev desuden undersøgt i regressionsanalyser, hvor der indgik en række forklarende variable. I næsten alle dele af datamaterialet var der enkelte ekstreme værdier (< 8%). Disse værdier indgik ikke

i den statistiske analyse, idet de ellers ville have haft en uforholdsmæssig stor og afvigende indflydelse. Der blev valgt et signifikansniveau på 5%.

Der blev fundet en tendens til fald i C-indholdet i dybden 0-25 cm, men den var ikke statistisk signifikant, mens der i dybden 25-50 cm blev fundet en signifikant stigning, når alle prøver blev taget under ét. Ændringen i dybden 25-50 cm var større end i dybden 0-25 cm. Der blev fundet en effekt af jordtypen for begge dybder, men ikke af gødningstypen. For sandjordene blev der fundet en signifikant stigning i C-indhold. Stigningen var signifikant for JB1 i pløjelaget og for JB1-4 i det underliggende lag. Der blev fundet et signifikant fald i C-indholdet for JB7 for begge dybder og tillige for JB6 i dybden 0-25 cm. Når ændringerne i de to dybder blev omregnet til t C/ha (0-50 cm), blev der fundet en tendens til stigning i C-indholdet, når alle prøver indgik, men den var ikke statistisk signifikant. Der blev fundet en signifikant stigning for JB1 og fald for JB7, men ellers ingen statistisk signifikante effekter. En årsag, til at signifikansen forsvinder for hele dybden 0-50 cm, kan være, at der inddrages ekstra usikkerhed i beregningerne gennem anvendelsen af en gennemsnitlig volumenvægt for hvert JB-nummer.

En regressionsanalyse af ændringen i C-indhold viste faldende indhold med stigende startværdi af C, og desuden blev der fundet en virkning af teksturen og jordtemperaturen. Der indgik forskellige dyrkningsmæssige faktorer i analysen. Antal år med græs og antal gange med udbringning af husdyrgødning i den mellemliggende 10/12 års periode havde en positiv effekt på udviklingen i C-indholdet. Det samme havde summen af N tilført med handelsgødning i perioden. En gang udbringning af husdyrgødning svarede gennemsnitligt til ca. 27 t husdyrgødning (friskvægt). Der blev fundet færre effekter af dyrkningsfaktorerne i dybden 25-50 cm end i dybden 0-25 cm.

Der blev fundet et svagt signifikant fald i total N i dybden 0-25 cm, når alle prøver blev taget under ét, men stort set ingen ændring i dybden 25-50 cm. Heller ikke når prøverne blev omregnet til t N/ha i dybden 0-50 cm, blev der fundet en statistisk signifikant ændring i 10/12 års perioden. Der blev fundet en signifikant virkning af gødningstypen på ændringen i N for dybden 0-25 cm. Det var det eneste tilfælde, hvor der blev fundet signifikans for gødningstypen. Således var der sket et fald for 'svin' og 'handelsgødning' (værdier i %) og henholdsvis en stigning for 'kvæg' og et fald for 'handelsgødning' (værdier omregnet til t/ha) i denne dybde. Der blev ikke fundet en effekt af gødningstypen i 25-50 cm (%) og 0-50 cm dybde (t/ha). Ved en yderligere opdeling af datamaterialet i gødningstyper større eller mindre end én dyreenhed forsvandt effekten af gødningstypen i pløjelaget, sandsynligvis på grund af for få observationer i hver gruppe.

Virkingen af jordtypen på ændringerne i N-indholdet var signifikant, ligesom det var tilfældet for C-indholdet. Der blev fundet en stigning i N-indholdet for JB1 i dybden 0-25 cm og for både JB1 og JB2 i dybden 25-50 cm og dybden 0-50 cm (t/ha). For begge dybder blev der fundet et fald for JB6-7, og også for dybden 0-50 cm, når værdierne blev omregnet til t/ha.

Ændringerne i N-indholdet i dybden 25-50 cm var større end i 0-25 cm. Derfor er det vigtigt at inddrage værdier i dybden 25-50 cm i beregninger på arealbasis. De generelt større ændringer i 25-50 cm dybde i forhold til pløjelaget kan skyldes påvirkninger fra afgrøder og gødskning. Det kan dog ikke udelukkes, at der er sket en transport eller opblanding fra det overliggende lag til det underliggende lag af andre årsager – eventuelt fordi jordbearbejdningen (eksempelvis pløjedybden) er ændret i 10/12 års perioden, eller fordi proceduren til prøveudtagning ikke har været fuldstændig ens på de to tidspunkter.

En regressionsanalyse af ændringen i N-indholdet i pløjelaget viste faldende indhold med stigende startværdi af N. Der blev ligeledes fundet en virkning af teksturen og jordtemperaturen. Antal år med græs, antal gange med udbringning af husdyrgødning og summen af N tilført med handelsgødning i perioden havde en positiv effekt på udviklingen i N-indholdet. En gang udbringning af husdyrgødning svarede gennemsnitligt til ca. 137 kg N. I dybden 25-50 cm blev der kun fundet en effekt af startværdien af N og teksturen.

Summary

Changes in the amount of organic matter in cultivated soils over 10-12 years were investigated from analyses of carbon (C) and nitrogen (N) content of soil samples from a square grid in Denmark. The 7×7 km square grid included 830 grid intersections – 590 of which are on arable land. Soil samples were taken in four depths (0-25, 25-50, 50-75 and 75-100 cm) when the square grid was established during 1986/87. During 1997/98 sampling was repeated in 336 grid intersection points (57% of all grid points from arable areas). The soil samples were analysed for C and N. Information on soil use and management (crop rotations, fertilisation etc.) during the period was available from the Agricultural Advisory Centre and allows an analysis of the impact of soil management on the development in soil C- and N-content.

The grid intersection points were divided into five 'fertilisation type' groups (mineral, cattle, pigs, mixed and rest) defined from the manure application during the period. The fertilisation type was defined as 'mineral' when manure was not supplied. The other types were defined when at least 90% of the dry matter content in the manure came from cattle, pigs or mixed pigs/cattle. The rest group included poultry and fur production.

Soil types of the grid points were classified according to the Danish Texture Classification System (JB No 1-12). Most points were located in JB1-7 soils. Only 7 points were located in JB8-12 soils. Most points categorised as 'mineral' were found in loamy soils (72% in JB5-7) and most 'cattle' in sandy soils (72% in JB1-4). Therefore, it may be difficult to distinguish the effect of the soil texture from the effect of the fertilisation type. The distribution of the soil types JB2-5 on the investigated areas agrees well with the distribution of soil types in Denmark, but JB1 was somewhat underrepresented and JB6 and JB7 somewhat overrepresented.

The changes in C- and N-content were analysed statistically using variance and regression analyses. C change was defined as C-now minus C-before, where C-now is the percentage of C in dry soil in samples from 1997/98 and C-before is the content in samples from 1986/87. The change in total N-content was calculated in the same way with N substituted for C. Statistical analyses of changes were performed in two depths, 0-25 cm and 25-50 cm. The change in t/ha in 0-50 cm was calculated from the change in %-point in the two depths and from mean bulk densities defined for each JB No. Only soil samples with JB1-7 were included in the statistical analysis. The changes were related to fertilisation type and JB-number in a two-sided variance analysis. Besides, regression analyses including several explaining variables were performed. In nearly all parts of the data, some extreme values were found (< 8%), and they were not included in the statistical analysis. A significance level of 5% was chosen.

A tendency to a decreased C-content during the period was found in the depth of 0-25 cm, but it was not significant. In a depth of 25-50 cm, a significant increase in C was found, when all samples were included in the analysis. The change in the depth of 25-50 cm was larger than in

the depth of 0-25 cm. It cannot be fully excluded that the increase in the layer at 25-50 cm results from changes in sampling procedure or ploughing depth from 1986/87 to 1997/98.

An effect of the soil type was found for both depths, but the fertilisation type did not affect the change in organic matter. The C-content in sandy soils (JB1 at 0-25 cm and JB1-4 at 25-50 cm) increased significantly during the 10-12 year period. A significant decrease in C-content was found for JB7 for both depths and for JB6 at 0-25 cm. When the changes in the two depths were joined (t C/ha at 0-50 cm), a tendency to an increased C-content was found during the period, although not significant. The increase was only significant for JB1 and the decrease for JB7. Less significance in a depth of 0-50 cm may be a result of uncertainty introduced in the calculations because of the use of mean bulk densities for the JB numbers.

A regression analysis showed that the C-content decreased with increasing initial values of C. Besides, an effect of the soil texture and soil temperature was found. Several management factors were included in the analysis. Number of years with grass and number of times with manure supply during the 10-12 year period had a positive effect on the C-content. Also total N in the mineral fertiliser supplied to the fields during the period increased C-content. One manure application refers to 27 t organic fertilisers (fresh weight).

When all soil samples were included in the analysis, a significant decrease (although weak) in total N (%) was found at 0-25 cm, but not at 25-50 cm. The calculation into t N/ha for the depth of 0-50 cm did not result in changes statistically significant during the 10-12 year period. The only significant effect of fertilisation type on changes in soil organic matter was found for N in the top soil layer. The result was a decrease for 'pigs' and 'mineral' (values in %) in this depth. Calculations of the results at 0-25 cm into t/ha resulted in an increase for 'cattle' and a decrease for 'mineral'. Fertilisation type did not affect the change at 25-50 cm (%) and 0-50 cm (t/ha). When data were split up into fertilisation types depending on livestock units larger or smaller than 1 LSU, the effect of fertilisation type disappeared – probably because of few observations in the individual groups.

The impact of soil type on changes in N-content was significant. An increase in N-content was found for JB1 at 0-25 cm and for JB1 and JB2 at 25-50 cm and 0-50 cm (t/ha). For both depths, a decrease was found for JB6-7 and also for 0-50 cm (t/ha). The changes in N-content at 25-50 cm were larger than at 0-25 cm. Therefore, it is important to include values for the depth of 25-50 cm in calculations on an area basis.

A regression analysis of the change in N-content showed decreased contents when initial N-values increased. Besides, effects of soil texture and soil temperature were found. Number of years with grass, number of times with organic-fertiliser applications and total N in mineral fertiliser supplied during the 10-12 year period had a positive effect on the N-content. One manure application refers to 137 kg N/ha. At 25-50 cm only texture and initial N-content affected the change in N-content.

1. Indledning

Indholdet af organisk stof i dyrket jord er afhængig af dyrkningssystemet men også af klima, geologi, vegetationstype, afvandringsforhold og topografiske forhold. Efter en opdyrkning eller ved ændringer i dyrkningssystemet vil jorden med tiden nærme sig en ny ligevægt. Hastigheden, hvormed der sker ændringer i organisk stof i en jord, afhænger af, hvor langt jorden er fra ligevægtssituationen for den dyrkningsform, der aktuelt praktiseres (Greenland, 1995). Ofte vil der først ske en hurtig ændring, hvorefter det går langsommere, jo nærmere jorden når ligevægtsniveauet. Tidsrummet for opnåelse af en fuldstændig ligevægt kan dog være meget lang. Christensen (1988) angiver et tidsrum på mellem 50 til flere hundrede år. Over en kortere årrække er det især sædskifte, gødningsniveau, omfang af halmnedmuldning og brug af husdyrgødning, der har effekt på indholdet af organisk stof i jorden (Christensen, 1988). Effekten af gødningsniveauet kan være indirekte, idet der forventes en positiv effekt af høj (tilstrækkelig) gødsning med en større mængde afgrøderester til følge. Idet dyrkningspraksis til stadighed ændres, vil der ikke opnås fuldstændig ligevægt i jordens indhold af organisk stof i forhold til en aktuel drift. Derfor udgør langvarige markforsøg med en fastholdt forsøgsplan et vigtigt supplement til undersøgelserne af udviklingen i jordens indhold af organisk stof i praktisk landbrug.

Der er kun få danske undersøgelser af udviklingen i jordens C- og N-indhold, og de er udført på forsøgsmarker eller i rammeanlæg på et begrænset antal jordtyper (Christensen, 1988, 1990). De danske forsøg har oftest vist et fald i muldjordens organiske stof over tid (Christensen, 1997; Christensen & Johnston, 1997). Et fald kan skyldes gentagne jordbehandlinger, udskiftning af flerårige afgrøder med enårige, udskiftning af flerårige sædskifter med monokulturer og vertikal transport af jord mellem pløjelag og underjord. Sidstnævnte kan ske ved en øget pløjedybde, regnormes aktivitet, eller hvis overjordens volumenvægt er steget som følge af brugen af tunge maskiner. Hvis pløjedybden er uændret, vil der i sidstnævnte tilfælde opblandes jord fra det underliggende jordlag, der oftest har et lavere indhold af organisk stof. Jordbearbejdningsmetoder og vand- eller vinderosion kan også lokalt flytte noget af overjorden, hvorved der i pløjelaget kan ske en opblanding med det underliggende lag.

Den mest betydende faktor for ændringer i dyrket jords indhold af organisk stof vil være knyttet til ændringen i tilførsel af organisk materiale til jorden, såsom ændret håndtering af afgrøderester, ændring i mængde og type af husdyrgødning og afgrødevalg (inkl. grønne marker og brakbevoksning).

Der er stor interesse for, om ændringer i bedriftsstruktur og dyrkningsfaktorer kan medføre ændringer i jordens organiske pulje, men der er mangel på undersøgelser under praktiske landbrugsmæssige forhold. Eksempelvis har emnet stor bevågenhed i forbindelse med økologisk jordbrug. I Aktionsplan II vedr. Økologi i udvikling (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 1999) nævnes, at der er behov for bedre kendskab til den langsigtede betydning af opbygning af jordens pulje af organisk bundet N for planteproduktion og N-udvaskning. Desuden er der fokus på emnet i forbindelse med beregninger af landbrugets påvirkninger af

miljøet eksempelvis i forbindelse med arbejdet med Vandmiljøplanerne (Iversen *et al.* 1998; Grant *et al.*, 2000; Kyllingsbæk *et al.*, 2000).

Denne rapport præsenterer resultater fra målinger i punkter i det landsdækkende kvadratnet (Østergaard & Mamsen, 1990), der anvendes i gødningsplanlægningen i Danmark. Der blev foretaget C- og N-målinger i jordprøver ved kvadratnettets etablering i 1986/1987, og de blev gentaget 10/12 år efter (1997/98). I den mellemliggende periode er der indsamlet oplysninger om afgrøder, gødningstilførsel og jordbehandling, hvilket muliggør en analyse af, om dyrkningssystemet har haft en effekt på udviklingen i jordens C- og N-indhold, og om der er sket en udvikling som følge af ændringer i landbrugsstrukturen. Desuden er det muligt at undersøge udviklingen i jordens organiske stof i 10/12 års perioden for forskellige jordtyper. Idet ændringen i jordens C- og N-pulje sker langsomt, kan det ikke forventes, at alle ændringer vil være eksperimentelt verificerbare over en 10 års periode.

2. Metode

2.1 Data fra kvadratnetsdatabasen 1987-1998

Kvadratnettet, der blev etableret i løbet af vinteren 1986/1987 til undersøgelse af jordens indhold af uorganisk N (N-min), er et net af fastliggende måleflader på 50 m x 50 m. Målefladerne er systematisk fordelt over hele landet med 7 km's afstand, hvilket resulterede i ca. 830 punkter. Heraf er de 590 beliggende på landbrugsarealer. Ved etablering blev der udtaget jordprøver som blandingsprøver i dybderne 0-25, 25-50, 50-75 og 75-100 cm. Prøverne blev analyseret for bl.a. tekstur og indhold af total C og N.

Siden 1987 er der hvert år i januar/februar udtaget jordprøver fra kvadratnettpunkter på landbrugsarealer til analyse for N-min indhold med henblik på udarbejdelse af prognoser for justering af afgrødernes N-gødskningsbehov i forhold til normalsituationer. I de senere år er kun havdelen af kvadratnettpunkterne på landbrugsarealer anvendt til denne prognose. Samtidig er der fravalgt arealer, der har modtaget husdyrgødning inden for det seneste år.

Ved dette projekts planlægning blev det besluttet at anvende kvadratnettpunkter fra den ordinære N-min undersøgelse, og ved prøvetagningen til N-min undersøgelser i 1997 blev der udtaget ekstra jord fra i alt 292 netpunkter. Endvidere blev der i foråret 1998 i forbindelse med projektet 'Monitering af landbrugsproduktionens belastning af omgivelserne med plantenæringsstoffer og pesticider' suppleret med jordprøver fra 105 husdyrgødede kvadratnettpunkter. Da det i sommeren 1998 viste sig, at en stor del af de udvalgte netpunkter ikke kunne anvendes i analyserne, blev det besluttet at udtage jordprøver i efteråret 1998 på alle øvrige netpunkter med enten kvæg- eller svinegødsning. Tabel 1 viser en oversigt over kvadratnettpunkter, der indgår i projektet. Det bemærkes, at tabellens opdeling i svine- og kvæg-gødede lokaliteter afviger fra opdelingen i de senere statistiske analyser.

Tabel 1. Kvadratnetslokaliteter på landbrugsarealer, inddraget i projektet.

Gødningstype	Kvadratnetpkt.	Prøvetagning forår 1997	Prøvetagning forår 1998	Prøvetagning efterår 1998	Prøvesteder i alt	Anvendt i analyserne	% af Kvadratnetpkt.
Kun svineg.	115	57	58	3	118	80	70
Kun kvægg.	136	47	47	38	132	109	80
Blandet g. el. andre organiske g.	140	54	0	3	57	47	34
Kun handelsg.	199	134	0	4	138	102	51
Sum	590	292	105	48	445	338	57

Af forskellige årsager udgik 107 af de 445 prøvesteder inden de efterfølgende statistiske analyser. Langt hovedparten heraf skyldtes manglende jordprøver til gennemførelse af nye laboratorieanalyser på 1987-prøver. Et af kravene, der blev stillet, var, at der skulle foreligge jordprøver fra 0-25 og 25-50 cm dybde tillige med en af dybderne 50-75 og 75-100 cm. Derudover mangler der målinger af C- og N-indhold fra to kvadratpunkter i dybden 0-25 cm (punkt

402 fra 1998 og punkt 604 i 1987) og to kvadratnetpunkter i dybden 25-50 cm (punkt 402 i 1998 og punkt 468 i 1987).

De 338 netpunkter, som er anvendt i de efterfølgende statistiske analyser, udgør 57% af alle kvadratnetpunkter på landbrugsarealer. Det bemærkes, at der kan være en svag overvægt af steder med svine- eller kvæggødsning, hvilket skyldes ovennævnte selektion af husdyrgødede arealer i monitoringsprojektet. Dette fremgår dog ikke umiddelbart af den gennemsnitlige tilførsel af handels- og husdyrgødning til kvadratnetpunkterne (Fig. 1). Den gennemsnitlige gødningsmængde var 124 kg N/ha fra handelsgødning og 75 kg N/ha fra husdyrgødning. Et overslag på alle bedrifter på landsniveau (1997) giver en gennemsnitlig handelsgødningstilførsel på ca. 105 kg N/ha og en husdyrgødningstilførsel på ca. 90 kg N/ha. Det vil forventes, at den gennemsnitlige N-tildeling har været højere tidligere, så især tilførslen af husdyrgødning virker forholdsvis lav. Hvis standardværdierne anvendt i beregningen af N i husdyrgødning ændres til 1998-værdier (Håndbog for Plantedyrkning, 1998), hæves den gennemsnitlige tildeling af husdyrgødnings-N dog med ca. 8%. Landmandsoplysningerne kan desuden være usikre, så der kan være risiko for, at enkelte tilførsler ikke er blevet noteret.

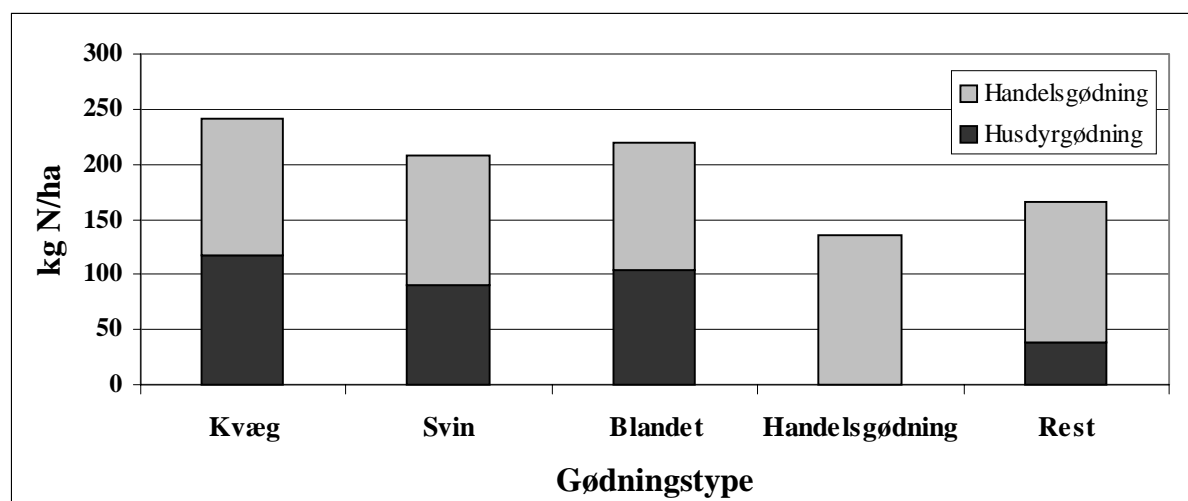


Fig. 1. Gennemsnitlig N-mængde (kg/ha) fra handels- og husdyrgødning i de forskellige gødnings typer

Hvert år er der blevet indhentet markoplysninger om afgrødeart, jordbehandling, mængde af anvendt husdyrgødning/handelsgødning og tidspunkter for tilførsel. Disse oplysninger blev anvendt i de statistiske analyser af landbrugsdriftens betydning for ændringer i jordens C- og N-indhold.

2.2 Driftsoplysninger m.v.

Landskontoret for Planteavl, Skejby, har indsamlet oplysninger i en database vedrørende jordtype, bedriftstype, sædskifter, gødsning og jordbehandling for de enkelte år i perioden fra kvadratnettets etablering og frem til i dag. Egne definitioner af bedriftstyper (= gødnings typer) blev anvendt, da en bedrift i praksis ofte har ændret type i løbet af perioden, og der undertiden findes et samarbejde mellem bedrifterne. Oplysninger om sædskifte og jordbe-

handling blev anvendt til at beregne antal gange med henholdsvis græs, halmnedmuldning, udlæg og efterafgrøde i perioden. I databasen fra Skejby findes desuden oplysninger om husdyrgødningsmængde og -type samt datoer for udbringning. Der kan være nogen usikkerhed i landmandsoplysningerne.

Forskellige mål for husdyrgødningstilførsel blev anvendt: friskvægt, tørstofindhold, C-indhold, N-indhold og antal gange med udbringning i 10/12 årsperioden. Da der ikke blev målt tørstof-, C- og N-indhold i husdyrgødningen, blev der benyttet standardværdier ved omregningerne (Landskontoret for Planteavl, 1990; Landskontoret for Planteavl, 1998; Poulsen & Kristensen, 1997). C-indholdet i tørstof stammer hovedsagelig fra analyser af husdyrgødning fra Helårsforsøgene (I. S. Kristensen, pers. medd.). Ligeledes blev der anvendt standardværdier til omregning af total tilført handelsgødningsmængde til indholdet af henholdsvis N-, P- og K (Landskontoret for Planteavl, 1998). Tabel med omregningsværdier er vist i appendix (Tabel A2). Der introduceres en usikkerhed i beregningerne, når der ikke er mulighed for at anvende målte værdier. Den største usikkerhed findes sandsynligvis i forbindelse med beregningerne af tilførsel af husdyrgødning.

Ud over driftsoplysninger indgik også en række naturgivne variable, eksempelvis teksturfraktioner, jordens vandkapacitet og meteorologiske variable. Markkapacitet og visnekapacitet blev beregnet ud fra tekturen (Madsen & Holst, 1987). Nedbør og jordtemperaturen under bar jord og græs blev beregnet som middelværdier for alle årets dage i kvadratnetpunkterne ved simpel lineær interpolation af data fra nærliggende klimastationer (Mikkelsen, 1990). På denne måde blev der tilvejebragt en klimatisk normalreference for hvert enkelt punkt i kvadratnettet

2.3 Anvendte gødningstyper

Til brug for den følgende statistiske analyse blev der defineret en inddeling af kvadratnetpunkterne efter bedriftstyper eller gødningstyper ud fra tørstofmængden i tilført husdyrgødning i perioden. Tørstofmængden af tilført husdyrgødning blev summeret for alle år og fordelt på husdyrgødningskilden. Indhold af tørstof blev bestemt ud fra friskvægten ved hjælp af standardværdier, som nævnt ovenfor. Hvis der ingen husdyrgødning blev tilført i perioden, blev gødningstypen sat til 'handelsgødning'. Hvis tørstofmængden af tilført husdyrgødning fra en bestemt kilde, eksempelvis kvæg, udgjorde 90% eller mere af den totale tilførte husdyrgødningsmængde, blev gødningstypen henført til 'kvæg'. Tilsvarende blev gødningstypen 'svin' defineret ved, at 90% af det tilførte tørstof i husdyrgødning stammede fra svinegødning. Gødningstypen 'blandet' blev defineret ved, at 90% af det tilførte tørstof med husdyrgødning stammede fra blandet kvæg/svine- + kvæg- + svinegødning. Kvadratnetpunkter, der ikke faldt indenfor ovennævnte kategorier, indgik i restgruppen. Selv om inddelingen skete på grundlag af husdyrgødningen, vil det forventes, at der også er nogen forskel i sædskifter mellem gødningstyperne.

Landmændene har selv opgivet bedriftstypen for ca. 70% (233 stk.) af bedrifterne, så det er muligt at sammenligne gødningstypen for kvadratnetpunkterne med disse. Bedriftstypen er opgivet i perioden 1965-1994 med 5-års intervaller (Fig. 2). Den sidste periode, der indgår, er 1995-98. Der er sket en udvikling fra mange blandede brug til mere specialiserede brugstyper. Især er der sket en vækst i antallet af plantebedrifter i perioden. Ser man på de sidste 10/12 år er ændringer i sammensætningen af bedrifter forholdsvis små sammenlignet med tidligere (Fig. 2 og Tabel A1 i appendix). Der er sket en lille stigning i antallet af planteavlsbedrifter og et lille fald i antallet af kvæg- og blandede bedrifter. En del (ca. 175) af landmændene har desuden opgivet, hvor mange dyreenheder (DE) de har haft på bedriften (Fig. 3). Der er sket en stigning fra gennemsnitligt ca. 0.6 til ca. 0.8 DE pr. ha pr. bedrift i perioden. Der blev estimeret et landsgennemsnit for 1997 på ca. 0.9 DE/ha, hvilket stemmer overens med, at den gennemsnitlige husdyrgødningsmængde, der blev tilført kvadratnetpunkterne (ca. 75 kg N/ha), også var lidt lavere end det estimerede landsgennemsnit (ca. 90 kg N/ha).

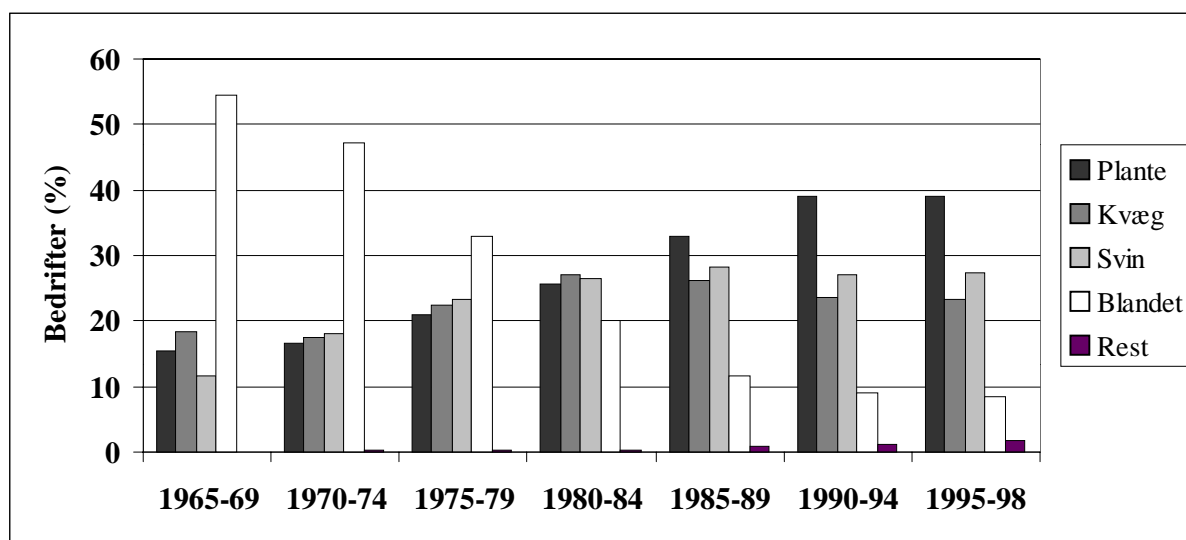


Fig. 2. Procentvis fordeling af bedriftstyper i perioden 1965-98. Der indgår oplysninger for 233 kvadratnetpunkter.

En sammenligning af inddelingen i gødningstyper med landmændenes opgivne bedriftstyper, gav en god overensstemmelse mellem gødningstyperne 'kvæg' og 'svin' og landmandens opgivne kvægbrug og svinebrug (Fig. 4). Der blev taget udgangspunkt i perioden 1995-98 ved sammenligningen med gødningstyperne. Næsten alle punkter af gødningstypen 'handelsgødning' var også reelt plantebrug, men der var betydeligt flere plantebrug ifølge landmandsoplysningerne. Dette kan forklares ved, at gødningstypen 'handelsgødning' blev defineret som punkter, der udelukkende modtog handelsgødning. I praksis får plantebrug ofte tilført husdyrgødning, idet der finder et samarbejde sted mellem større husdyrbedrifter og planteavlsbedrifter om udnyttelsen af husdyrgødningen. Disse indgår ikke i gødningstypen 'handelsgødning'. Under halvdelen af gødningstypen 'blandet' var reelt blandede brug. Resten fordelte sig på de øvrige brug, især plantebrug. De fleste landmænd med marker med gødningstypen 'rest' betragtede sin bedrift som et plantebrug.

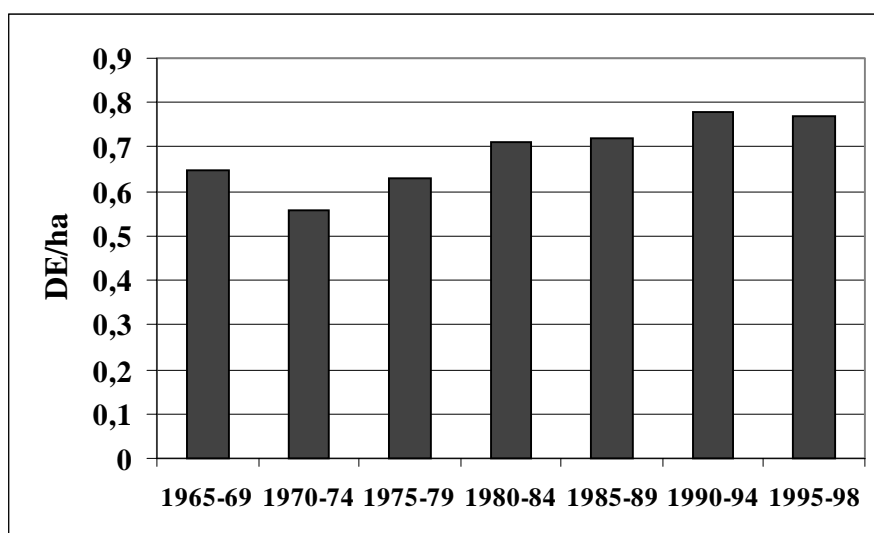


Fig. 3. Udviklingen i det gennemsnitlige antal DE/ha pr. bedrift i perioden 1965-1998. Fordelingen stammer fra oplysninger for 175 kvadratnetpunkter.

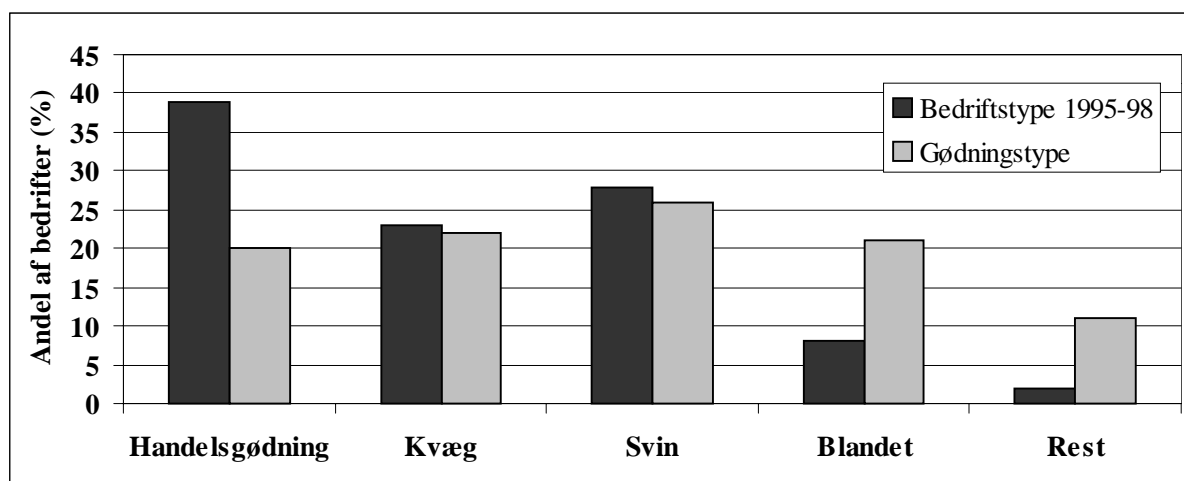


Fig. 4. Sammenligning af kvadratnetpunkter fordelt på henholdsvis gødningstyper og bedriftstyper.

En forskel mellem gødningstyper og bedriftstyper kan desuden skyldes, at marken, hvor kvadratnetpunktet er placeret, ikke er repræsentativ for hele bedriften. I enkelte tilfælde blev der fundet marker/punkter fra husdyrbrug, der kun blev gødet med handelsgødning i 10/12 års perioden. Desuden kan der opstå uoverensstemmelse ved, at gødningsmængden ikke indgik ved inddelingen i gødningstyper. Dette betød, at der i nogle tilfælde kun blev udbragt små mængder husdyrgødning til et punkt, men idet al husdyrgødning var af samme type, blev punktet henregnet til en husdyrgødningstype i stedet for 'handelsgødning'. Af denne grund blev der i en enkelt analyse foretaget en opdeling af kvadratnetpunkterne i højt og lavt belastede gødningstyper, ud fra om de havde fået tilført husdyrgødning svarende til over eller under 1 DE. For gødningstypen 'svin' blev 1 DE beregnet som 82 kg N/ha, mens 100 kg N/ha blev anvendt for 'kvæg'. Gennemsnittet af de to værdier (91 kg N/ha) blev anvendt for gødningstypen 'blandet'. Inddelingen i gødningstyper ud fra husdyrgødningstilførsler i 10/12 års perioden resulterede undertiden i en 'tidligere' gødningstype. Dette var eksempelvis ofte til-

fældet for gødningstypen 'blandet'. Der vil være en risiko for, at analyser ud fra 'rigtige' bedriftstyper vil kunne overskygge effekter af f.eks. tilført husdyrgødning på udviklingen i C- og N-indholdet – eksempelvis ved tilførsel af store mængder svinegødning til plantebrugene.

2.4 Kvadratnetpunkternes fordeling på jord- og gødningstyper

De fleste punkter findes på JB1-7, mens der kun findes 7 punkter på JB8-12 (Tabel 2). Godt halvdelen af punkterne findes på jordtyperne JB4 og JB6, men der er også mange på jordtyperne JB1 og JB7. Der findes en skævhed i datamaterialet med en overvægt af gødningstypen 'handelsgødning' på lerjorde (72% på JB5-7) og en overvægt af 'kvæg' på sandjorde (72% på JB1-4). Det kan derfor være vanskeligt at adskille effekterne af henholdsvis jordtype og gødningstype. Fordelingen af de undersøgte punkter med JB2-5 er i god overensstemmelse med fordelingen af jordtyper i Danmark, mens JB1 og JB6-7 afviger mere fra landsfordelingen i denne undersøgelse. Punkterne er godt repræsenterede for alle gødningstyper med 20-25% af punkterne fordelt på henholdsvis 'handelsgødning', 'kvæg', 'svin' og 'blandet'. Restgruppen repræsenterer punkter tilført gødning fra hovedsagelig fjerkræ og mink.

2.5 Laboratorieanalyser

Der blev foretaget analyser af total C- og N i dybderne 0-25 cm og 25-50 cm for alle jordprøver både fra 1986/87 og 1997/98. For punkter, der blev selekteret til analyser af kobber- og zink i forbindelse med monitoringsprojektet, blev der endvidere foretaget C og N analyser i 50-75 cm dybde, alternativt 75-100 cm, hvis prøven 50-75 cm manglede. Total C blev bestemt efter forbrænding i ren ilt i et lukket forbrændingskammer (1350 °C), hvorefter det dannede CO₂ blev bestemt ved hjælp af infrarødt lys (Ter Meulen metode ifølge Plantedirektoratet, 1994).

Tabel 2. Antal bedriftstyper af forskellige gødningskategorier.

JB nr.	Gødningstype					Alle	Alle	DK
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest			
1	5	21	6	13	4	49	15	23
2	0	10	5	9	4	28	8	10
3	1	7	6	5	1	20	6	8
4	13	22	19	15	11	80	24	20
5	2	2	4	2	3	13	2	4
6	34	14	24	13	9	94	28	21
7	14	5	15	5	6	45	13	6
8	0	0	0	1	0	1	0.3	1
10	0	0	1	0	0	1	0.3	0
11	0	2	2	0	0	4	1	7
12	0	0	1	0	0	1	0.3	0
Alle	69	83	83	63	38	336		
Alle (%)	25	25	21	19	11		100	100

Der blev korrigeret for evt. kalkindhold, for at få indholdet af organisk C. N-indholdet blev efter forbrænding i ren ilt bestemt ved reaktion med helium (Hansen, 1989). Indholdet af C og N angives i procent af tør jord.

2.6 Beregning af C- og N-indhold i t/ha.

Ved beregning af C- og N-indhold fra procent til t/ha i 0-50 cm er det nødvendigt at have kendskab til volumenvægte i 0-25 cm og 25-50 cm. Der blev målt volumenvægt i kvadratnettet i 1986/87, men målingerne blev ikke foretaget på præcis samme sted, som jordprøverne til måling af C og N blev udtaget, og heller ikke altid i præcis samme dybde. Teksturen i de to typer af prøver varierede meget. Derfor blev gennemsnitlige volumenvægte fordelt på JB-numre (Tabel 3) beregnet ud fra samtlige tilgængelige målinger i kvadratnettet i de to dybdeintervaller. Der findes også mindre mængder organisk stof under 50 cm dybde, men de er ikke medtaget i beregningen, da de blev anset for at have mindre betydning. Det skal bemærkes, at målingerne af volumenvægten ikke blev gentaget i 1997/98, og det kan derfor ikke udelukkes, at der kan være sket en ændring i 10/12 års perioden. Eksempelvis kan volumenvægten falde ved tilførsel af meget organisk stof (Black, 1973) og stige ved kørsel med tunge maskiner.

Tabel 3. Gennemsnitlige volumenvægte (g/cm³) i 0-25 og 25-50 cm for 7 forskellige JB-numre anvendt i beregninger af t C/ha og t N/ha.

JB-nr.	1	2	3	4	5	6	7
Volumenvægt 0-25 cm (g/cm ³)	1.431	1.386	1.430	1.391	1.486	1.463	1.494
Volumenvægt 25-50 cm (g/cm ³)	1.497	1.448	1.476	1.470	1.526	1.540	1.537

Følgende beregningsmetode blev anvendt ved omregning fra procent C til t C/ha:

$$\text{Tons C/ha (0-50 cm)} = C_{0-25\text{cm}} (\%) * \text{vol. vgt.}_{0-25\text{cm}} * 25 + C_{25-50\text{cm}} (\%) * \text{vol. vgt.}_{25-50\text{cm}} * 25$$

Omregningen fra procent N til t N/ha foregik på tilsvarende måde.

2.7 Statistisk metode

Der blev foretaget en statistisk analyse af variablene C- og N-ændring, der betegner ændringen i henholdsvis C- og N-indholdet, når man sammenligner målingerne fra 1986/87 og 1997/98. Mere præcist er C-ændring = C-nu minus C-før, hvor C-nu er det procentvise indhold af C i tørret jord i 1997/98, og C-før er indholdet i 1986/87. Ændringen i N blev udregnet på tilsvarende vis. Enheden for C- og N-ændringerne er således %-point. Desuden blev værdierne også omregnet til t/ha, som beskrevet ovenfor.

C- og N-ændringerne blev analyseret hver for sig i de to dybder 0-25 cm og 25-50 cm. Først blev forskellen sat i relation til gødningstype og JB-nummer i en tosidet variansanalyse. Dernæst blev den forsøgt forklaret i regressionsanalyser med følgende forklarende variable :

- C-før eller N-før (%)
- Ler (%)
- Silt (%)

- Ler + silt (%)
- Finsand (%)
- Grovsand (%)
- Markkapacitet (mm)
- Visnekapacitet (mm)
- Antal år med græs i perioden
- Antal år med halmnedmuldning i perioden
- Antal år med efterafgrøde i perioden
- Antal år med udlæg i perioden
- Antal gange hvor husdyrgødning er udbragt i perioden
- Sum af husdyrgødningstørstof i perioden (t/ha)
- Sum af husdyrgødnings-C i perioden (t/ha)
- Sum af husdyrgødnings-N i perioden (kg/ha)
- Total husdyrgødningsmængde (friskvægt) i perioden (t/ha)
- Total handelsgødnings-N i perioden (kg/ha)
- Total handelsgødnings-P i perioden (kg/ha)
- Total handelsgødnings-K i perioden (kg/ha)
- Jordtemperatur under græs (gns. over 12 måneder, normal for punkterne, 1961-88) (°C)
- Jordtemperatur under bar jord (gns. over 12 måneder, normal for punkterne, 1961-88) (°C)
- Nedbør (pr. år, normal for punkterne, 1961-88) (mm)

I både variansanalyser og regressionsanalyser blev det forudsat, at tallene, der viser ændringerne, var normalfordelte. Denne antagelse var generelt rimeligt opfyldt. Dog var der i næsten alle dele af datamaterialet enkelte ekstreme værdier. Visse af de ekstreme værdier blev regnet for outliers og fjernet, idet de ellers ville have haft en uforholdsmæssig stor og afvigende indflydelse på den statistiske analyse. I visse tilfælde blev et kvadratnetpunkt udeladt af en regressionsanalyse, fordi punktets øvrige værdier (eksempelvis teksturparametre) bevirkede, at analysens resultat i ekstrem grad blev afgjort af blot dette ene punkt. I disse tilfælde blev analyseresultaterne vurderet at være mere troværdige, hvis det pågældende punkt blev regnet for en outlier og udeladt.

Der var meget stor variation i C-indholdet (både før og nu) i prøverne med jordtyperne JB8-12, som følge af få observationer (Tabel 2). For at disse observationer ikke skulle få uforholdsmæssig stor betydning, blev punkter med JB-numre over 7 udeladt i den statistiske analyse.

Alle regressionsanalyser blev udført efter to forskellige metoder, henholdsvis 'backward elimination' og 'stepwise selection'. Ofte gav de to metoder samme resultat. I de tilfælde, hvor metoderne gav forskelligt resultat, faldt valget på den slutmodel, som var mest enkel – enkel

ved, at der var få signifikante forklarende variable, og at disse variable var mindst muligt korrelerede. I overensstemmelse med sædvane blev der valgt et signifikansniveau på 5%.

3. Resultater og diskussion

3.1 Målinger af jordens indhold af kulstof og ændringer i 10/12 års perioden

3.1.1 Dybden 0-25 cm

Forskellen mellem C-indholdet før og efter 10/12 års perioden for gødnings- og jordtyper er vist i Tabel 4. Der blev udeladt 16 ekstreme observationer. Tendensen til et fald i C-indholdet for alle punkter under ét var ikke statistisk signifikant. En tosidet variansanalyse gav ingen vekselvirkning mellem JB-nummer og gødningstype. Hovedvirkningen af jordtypen var statistisk signifikant, men der blev ikke fundet en signifikant virkning af gødningstypen. Da gødnings- og jordtyperne sandsynligvis er konfunderede, kan det ikke udelukkes at en del af forskellen mellem jordtyperne skyldes en forskel i gødningstypernes repræsentation på en bestemt jordtype. C-indholdet var steget signifikant i dybden 0-25 cm for JB1 (0.13%-point), og der blev fundet en tilsvarende tendens til stigning for JB3. Ændringerne var positive på trods af, at udgangsværdierne var relativt høje på disse jordtyper (Tabel 6). C-indholdet faldt tilsvarende for lerjordene JB5-7, men faldet var kun signifikant for JB6 og JB7.

Tabel 4. Forskel (%-point) mellem C-indholdet før og efter 10/12 år for gødnings- og jordtyper i dybden 0-25 cm. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt. Stjerne (*) viser, hvor forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
	Forskel i C-indhold (%-point)						Forskel (%-point)
1	0.15	0.23	0.06	0.06	-0.01	46	0.13 *
2	-	0.19	-0.22	-0.26	-0.01	27	-0.07
3	0.50	-0.07	0.02	0.36	0.19	19	0.11
4	-0.07	0.10	-0.08	-0.06	0.08	80	-0.00
5	0.23	0.07	-0.05	-0.71	0.12	11	-0.12
6	-0.11	-0.11	-0.15	0.04	-0.05	92	-0.09 *
7	-0.16	-0.06	-0.04	-0.56	0.06	45	-0.13 *
Antal	67	77	76	62	38	320	
Alle	-0.09	0.08	-0.08	-0.07	0.03		-0.03

Tabel 5 viser, at der var en tendens til, at C-indholdet generelt var højere for gødningstyperne 'kvæg' og 'blandet' (1.98-2.06%) end for de øvrige gødningstyper (1.51-1.78%). Målte C-før og C-nu værdier for alle kombinationer af gødnings- og jordtyper er vist i appendix (Tabel A3) for dybden 0-25 cm.

Tabel 5. Gennemsnitligt indhold af C (%) i dybden 0-25 cm fordelt på gødningstyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

	Gødningstype										Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			
Antal	67		77		76		62		38		320	
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu
C-indhold (%)	1.63	1.55	1.98	2.06	1.78	1.70	2.06	1.99	1.51	1.55	1.82	1.79

Vitosh *et al.* (1997) fandt et C-indhold i dybden 0-20 cm, der var 0.46%-point højere i forsøg, der var blevet gødet med husdyrgødning (kvæg) i 20 år end i handelsgødede forsøg. Begge behandlinger fik tilført samme mængde N i gødningen (224 kg N/ha). Hvis der tages hensyn til før-værdien, blev der i kvadratnettpunkterne fundet en forskel mellem gødningstyperne 'kvæg' og 'handelsgødning' på 0.17%-point (-0.09 – 0.08%-point) for 10/12 år (Tabel 4), ellers var forskellen 0.51%-point (2.06 – 1.55%-point, Tabel 5). Gødningstypen 'handelsgødning' fik dog tilført mindre handelsgødning (gennemsnitligt 136 kg N/ha/år) end i Vitosh *et al.*'s forsøg. Udelukkende tilførsel af handelsgødning og et mindre intensivt sædskifte i de efterfølgende ni år i Vitosh *et al.*'s forsøg gav et fald på 0.08%-point for de handelsgødede parceller og 0.25%-point for de parceller, der skiftede fra husdyrgødning til handelsgødning. Faldet på 0.09% for kvadratnettpunkterne med gødningstypen 'handelsgødning' i 10/12 års perioden ligger mellem disse to værdier. Persson & Mattson (1988) fandt en stigning i C på 0.3%-point efter 28 år med en årlig N-tilførsel på 80 kg/ha og halmnedmuldning. Vitosh *et al.* (1997) nævner, at det har betydning for omfanget af ændringen, at der pludselig ændres gødningstype og sædskifte efter mange år med samme behandling. Mange år med samme behandling kan have medvirket til, at jorden er tæt på en ligevægtssituation, som der pludselig ændres fra. Persson & Mattson (1988) fandt også, at ændringerne var større i starten af forsøgsperioden end i slutningen af 28 årsperioden, hvor jorden nærmede sig en ligevægtssituation.

De gennemsnitlige C-indhold i jordprøverne udtaget i 1986-87 og 10/12 år efter var over 2% (2.02 – 2.17%) for sandjordene JB1, JB3 og JB4 og under 2% (1.49-1.73%) for JB2 og lerjordene JB5-7 (Tabel 6). Olesen (1991) beregnede det gennemsnitlige C-indhold i de øverste 20 cm for alle jorde i den danske jordklassificering (et andet datasæt) svarende til 80.4% af det totale danske areal. Da opdelingen skete efter farvekoder i stedet for JB-numre blev JB3-4 og JB5-6 slået sammen i Tabel 6. En sammenligning af værdierne med gennemsnittet af før- og nu-målingerne gav omtrent samme forskel mellem sand- og lerjordene. Der var størst forskel for JB2, hvor målingerne i kvadratnettet var ca. 0.3%-point lavere. For de øvrige jordtyper var forskellen ca. 0.1%-point eller derunder. Det skal bemærkes, at målingerne i kvadratnettet gik ned til 25 cm, hvorved man vil forvente lavere C-værdier i forhold til målinger i 0-20 cm. Der var i de fleste tilfælde bedst overensstemmelse mellem opgørelserne fra jordklassificeringen og C-før værdierne. Undtagelsen var JB1, hvor der var bedst overensstemmelse med C-nu værdien.

Olesen (1991) undersøgte desuden det gennemsnitlige C-indhold fordelt på amter og fandt, at C-indholdet generelt er større i de vestjyske (fortrinsvis sandede) jorder end i de tilsvarende østdanske (fortrinsvis lerede) jorder. Der kan være forskel på, hvor længe jorden har været opdyrket, og det kan være forskelligt, hvilke sædskifter og dyrkningsformer, der anvendes forskellige steder i landet. Endvidere er det kulstof-rige allag ofte blevet brudt og blandet op i muldlaget ved opdyrkningen af de vestjyske jorder.

Engelske forsøg viste dog en større tendens til fald i C-indholdet for sandjordene end for lerjordene. Ved Woburn, hvor jorden er forholdsvis sandet (ca. 10% ler), faldt indholdet af jordens organiske stof, også når der blev tilført husdyrgødning (Johnston, 1986). Forsøg fra Rothamsted med kontinuerlig korndyrkning i mere end 100 år på en jord med 20-25% ler og 50% silt viste ingen stigning i organisk stof i perioden – heller ikke ved tilførsel af husdyrgødning (Johnston, 1986).

Tabel 6. Gennemsnitligt indhold af C (%) i dybden 0-25 cm fordelt på jordtyper før og efter 10/12 år og gennemsnit for før- og nu-målingerne. Endvidere værdier for 0-20 cm fra den danske jordklassificering (Olesen, 1991). Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
Antal	46	27	19	80	11	92	45	320
C-indhold før (%)	1.95	1.76	2.11	2.10	1.72	1.53	1.71	1.82
C-indhold nu (%)	2.09	1.69	2.22	2.10	1.60	1.44	1.59	1.79
Gennemsnitligt C-indhold før og nu (%)	2.02	1.73	2.17	2.10	1.66	1.49	1.65	1.81
Olesen, 1991 (%)	2.04	2.00	2.02		1.56		1.78	

Jordens C-før indhold kan have indflydelse på, om der sker en stigning eller et fald med tiden (Christensen, 1988; Hinge, 2000; Mann, 1986). De højeste startindhold af C blev fundet på sandjordene JB1, JB3 og JB4, mens de laveste værdier blev fundet på JB2-jordene og lerjordene (Tabel 6). Mann (1986) nævner, at et højt indhold af C i en jord enten kan skyldes, at der tilføres mere organisk stof, end der mineraliseres, eller også er mineraliseringsraten lav (eller en kombination af de to årsager). Christensen (1988) fandt en stigning i C-indholdet i ramme-forsøg ved forskellige tilførsler af organisk stof til en grovsandet undergrundsjord med et meget lavt indhold af C. I et tilsvarende forsøg med en JB4-overjord med et højt startindhold af C, blev der fundet et fald i C-indhold som følge af alle behandlinger.

3.1.2 Dybden 25-50 cm

Der blev fundet en statistisk signifikant stigning i C-indholdet efter 10/12 år i dybden 25-50 cm for samtlige målepunkter under ét (Tabel 7). Stigningen var i gennemsnit 0.1%-point. En tosidet variansanalyse viste ingen vekselvirkning mellem jordtype og gødningstype. Ligesom for dybden 0-25 cm blev der fundet en afhængighed af jordtypen på udviklingen i C-indholdet, mens der ingen effekt var af gødningstypen.

Der blev fundet en tendens til fald i C-indholdet for lerjordene (JB5-7) ligesom i dybden 0-25 cm (Tabel 7). Det var dog kun faldet for JB7-jordene, der var signifikant forskellig fra nul. Sandjordene (JB1-4) viste signifikante stigninger i C-indhold, der var højere end i det øverste jordlag (0.18 – 0.36%-point). Det gennemsnitlige indhold af C i dybden 25-50 cm før og efter 10/12 års perioden for alle kombinationer af gødnings- og jordtyper er vist i appendix (Tabel A4). Ligesom i dybden 0-25 cm blev der også i dybden 25-50 cm fundet en tendens til højere C-værdier både før og nu i jordprøverne fra gødningstypen 'kvæg', som vist i appendix (Tabel A5).

Tabel 7. Forskel (%-point) mellem C-indholdet før og efter 10/12 år for gødnings- og jordtyper i dybden 25-50 cm. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt. Stjerne (*) viser, hvor forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
	Forskel i C-indhold (%-point)						Forskel (%-point)
1	0.34	0.32	0.34	0.39	0.48	44	0.36 *
2	.	0.37	0.47	0.25	0.45	27	0.36 *
3	1.91	0.17	0.14	0.16	0.05	19	0.25 *
4	0.13	0.08	0.28	0.29	0.17	74	0.18 *
5	-0.39	-0.21	0.13	-0.27	0.03	10	-0.10
6	-0.00	-0.25	-0.06	-0.09	-0.13	82	-0.08
7	-0.13	-0.47	-0.12	-0.28	-0.06	37	-0.18 *
Antal	57	72	70	57	37	293	
Alle	0.05	0.08	0.11	0.16	0.11		0.10 *

Madsen & Holst (1987) beregnede det gennemsnitlige C-indhold i dybden 33-55 cm på alle jorde i den danske jordklassificering. Hvis de sammenlignes med målingerne i kvadratnettet i dybden 25-50 cm, vil man forvente, at kvadratnettsværdierne er højere, da jordlaget ligger højere oppe. Det var også tilfældet for alle jordtyper for gennemsnittet af målingerne af C-før og C-nu (Tabel 8). Den største forskel blev fundet for JB1 (0.21%-point), JB3-4 (0.16%-point) og JB6-7 (0.18%-point), og den mindste forskel blev fundet for JB2 (0.06%-point) og JB5 (0.10%-point). For JB1-4 var der bedst overensstemmelse mellem opgørelserne fra jordklassificeringen og C-før målingerne, mens der for JB5-7 var bedst overensstemmelse med C-nu målingerne. Startindholdet af C i dybden 25-50 cm var lavest for JB2 (0.88%) og højest for JB3 og JB4 (1.16%) (Tabel 8).

Hvis tendensen til fald/stigning er den samme i begge dybder, skyldes faldet/stigningen sandsynligvis ikke en transport fra det ene lag til det andet. Der var samme tendens i C-udviklingen i begge dybder bortset fra for JB2, som vist i Fig. 5. Det skal bemærkes, at værdien for JB4 i dybden 0-25 cm er nul, og derfor ikke umiddelbart fremgår af Fig. 5. Der blev fundet en stigning i C-indholdet for JB1 og JB3 og et fald for JB5-7 i begge dybder (Tabel 4 og 7). For JB2 og JB4 var C-indholdet i dybden 0-25 cm stort set uændret (svagt fald for JB2), mens stigningen i 25-50 cm var signifikant. For hovedparten af jordtyperne skete den største ændring i C-indholdet i dybden 25-50 cm. Ophobningen af C faldt med få undtagelser med stigende JB-nummer. Det er usikkert, om stigningen i 25-50 cm kan skyldes en øget pløjedybde. Pløjedybden er sandsynligvis øget i forhold til perioden før 1986, men det er ikke vores opfattelse, at det er tilfældet i de sidste 10-12 år. Forskellen i jordens C-indhold i de to nederste dybder er vist i appendix (Tabel A6-A9). For dybden 50-75 cm blev der fundet samme tendens som i de øverste lag med en tendens til stigning i C-indholdet for sandjordene og fald i C-indholdet for lerjordene (dog kun JB6-7).

Tabel 8. Gennemsnitligt indhold af C (%) fordelt på jordtyper i dybden 25-50 cm før og efter 10/12 år og gennemsnit for før- og nu-målingerne. Endvidere værdier for 35-55 cm fra den danske jordklassificering (Madsen & Holst, 1987). Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
Antal	46	27	19	80	11	92	45	320
C-indhold før (%)	1.09	0.88	1.17	1.16	1.09	1.00	1.12	1.07
C-indhold nu (%)	1.45	1.25	1.42	1.34	0.99	0.93	0.94	1.17
Gennemsnitligt C-indhold før og nu (%)	1.27	1.06	1.30	1.25	1.04	0.96	1.03	1.12
Madsen & Holst, 1987	1.06	1.00	1.12	0.94	0.82			

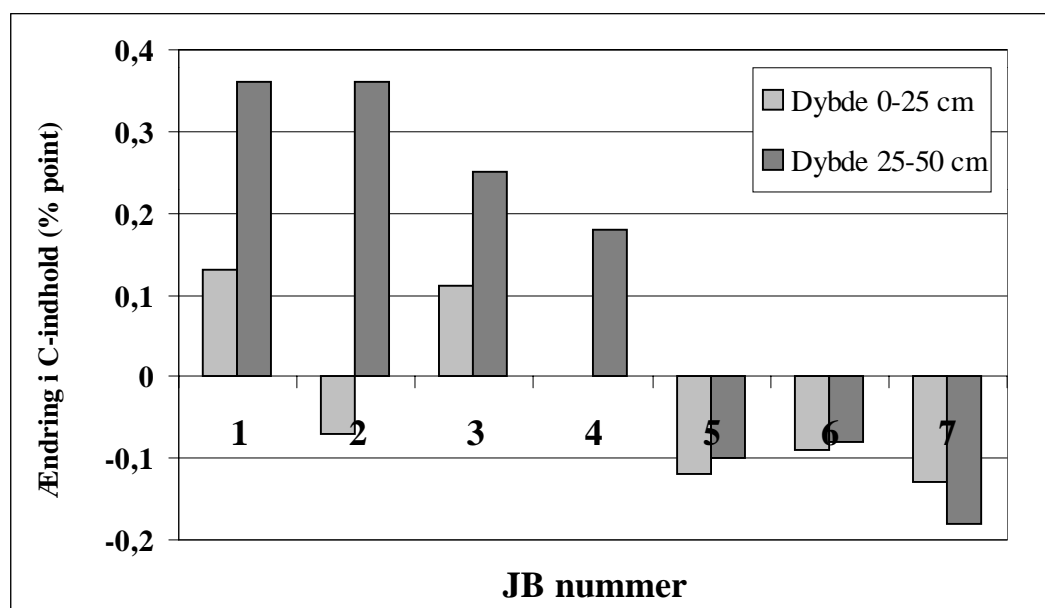


Fig. 5. Ændringen i C-indhold (%-point) i dybden 0-25 cm og 25-50 cm for JB1-7.

3.1.3 Dybden 0-50 cm

Tabel 9 viser forskellen i C-indhold før og efter 10/12 års perioden og gennemsnittet af faldet/stigningen pr. år. Der blev udeladt én ekstrem værdi af analysen. Ændringen i C-indholdet var ikke signifikant, når alle jordprøver blev taget under ét. Stigningen i C-indholdet for sandjordene udlignede således faldet for lerjordene. En variansanalyse gav samme resultat med hensyn til virkninger som for de to dybder hver for sig, dvs. der blev kun fundet en virkning af jordtypen.

C-værdierne i 0-50 cm opgjort for JB1 og JB7 var signifikant forskellige fra nul (Tabel 9), hvilket også var tilfældet for de individuelle dybder (Tabel 4 og 7). C-indholdet steg signifikant for JB1-jordprøverne i 10/12 års perioden, mens det faldt for JB7-jordprøverne. Hvis yderligere 7 observationer blev anset for outliers og udeladt fra analysen, steg C-indholdet signifikant for alle sandjordene svarende til det, der blev fundet for dybden 25-50 cm (Tabel 7).

Tabel 9. Forskel i C-indholdet (t/ha) før og efter 10/12 år i dybden 0-50 cm og forskel pr. år. Jordprøver med JB-numre over 7 og én outlier udeladt. Stjerne (*) viser, hvor N-forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle	
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		t C/ha	Kg C/ha/år
	Forskel i C-indhold (t/ha)							
1	19.7	32.2	14.9	16.7	17.5	49	23.5 *	2135
2	.	22.5	9.5	0.0	16.0	28	12.0	1091
3	88.4	3.8	-16.5	16.9	8.6	20	5.5	496
4	-0.5	4.9	7.3	8.7	7.6	80	5.7	516
5	-8.5	-5.4	-20.4	-36.3	5.6	13	-12.7	-1154
6	-3.3	-8.8	-13.0	-2.5	-6.8	93	-6.4	-584
7	-14.9	-20.4	-8.1	-41.7	-0.3	45	-14.3 *	-1296
<i>Antal</i>	<i>69</i>	<i>81</i>	<i>78</i>	<i>62</i>	<i>38</i>	<i>328</i>		
Alle (t/ha)	-1.8	9.9	-4.2	1.9	4.7		2.0	179
Alle kg/ha/år	-166	897	-378	173	431		179	

Ændringen i C-indholdet opgjort for gødningstyper for dybden 0-50 cm varierede fra et årligt fald på 378 kg/ha ('svin') til en årlig stigning på 897 kg/ha ('kvæg'). Der var en tendens til, at der skete en ophobning af C-indholdet for 'kvæg' og 'blandet'. Faldene/stigningerne i C-indholdet for de enkelte gødningstyper var dog ikke signifikant forskellige fra nul og heller ikke signifikant forskellige fra hinanden. Voroney & Angers (1995) fandt en stigning i C-indhold (0-20 cm) på henholdsvis 600 kg/ha/år og 1228 kg/ha/år ved en årlig tilførsel af henholdsvis 30 t og 50 t (friskvægt) kvæggødning/ha i en 10 års periode på en jordtype med et lerindhold på 12%. Ved tilførsel af kun 10 t kvæggødning/ha/år skete et årligt fald på 402 kg/ha, mens der var tæt på ligevægt ved en tilførsel på 20 t/ha/år. Den gennemsnitlige gødningstilførsel til gødningstypen 'kvæg' i kvadratnettet var ca. 22 t/ha/år (friskvægt).

På en anden jordtype (47% ler) resulterede en ændring i sædskifter i ændringer i jordens C-indhold på mellem -480 og +620 kg/ha/år (Voroney & Angers, 1995). De forholdsvis store årlige ændringer i C, der blev fundet i kvadratnettet, er derfor ikke enestående. De nævner, at ændringen ikke nødvendigvis er konstant over en periode. Eksempelvis fandt de et uændret C-indhold de to første år med ændret sædskifte, men så kom der en meget stor stigning det tredje år, hvorefter niveauet blev opretholdt der. Monreal & Janzen (1993) fandt også et diskontinueret fald/stigning i C-indhold med tiden. Der blev målt ændringer i indholdet af organisk C i langvarige forsøg med forskellige sædskifter med ca. 15 års mellemrum. Efter mange år med et stabilt niveau kunne der i en af 15 års-perioderne pludselig ske et fald eller en stigning på ca. 10%, hvorefter niveauet igen stabiliserede sig. Ofte sker de store ændringer i de første 10-20 år efter, at man har anlagt forsøget eller i forbindelse med ændringer i behandlingen, som eksempelvis i tilførslen af planterester (Rasmussen *et al.*, 1980).

C-indholdet i dybden 0-50 cm før og efter 10/12 års perioden fordelt på gødningstyper er vist i Tabel 10. De laveste C-værdier både før og nu blev fundet for restgruppen (89-94 t C/ha) og

de højeste for gødningstypen 'kvæg' (123-133 t C/ha). Der kan tilføres store mængder C til jorden fra kvægbrug. Kristensen & Petersen (2000) beregnede en tilførsel på mellem 2797-4483 kg C/ha/år for et modelsædskifte fra et økologisk malkekvægsbrug. Det tilførte C kom fra planterester, henfald under afgræsning og husdyrgødning. De to værdier fremkom ved beregninger med henholdsvis lavt (4 t græstørstof/ha/år) og højt (12 t græstørstof/ha/år) henfald under afgræsning. Modelberegninger for en sandjord med udgangspunkt i disse C-input gav et fald på 0.1%-point C ved det lave henfald og en ophobning på 0.1-0.2%-point C ved det høje henfald for en 30 års periode.

Tabel 10. Gennemsnitligt indhold af C (t/ha) i dybden 0-50 cm fordelt på gødningstyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og én outlier udeladt.

	Gødningstype										Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest		Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu		
Antal	69		81		78		62		38		328	
C-indhold (t/ha)	102	100	123	133	109	105	118	120	89	94	110	112

Det er ofte kun muldlaget, der inddrages, når effekter af ændringer i forsøgsbehandlinger m.v. beregnes (Christensen, 1990, Voroney & Angers, 1995). Ofte omregnes værdierne til t/ha udelukkende fra den procentvise ændring i dette lag. Det er vigtigt at inddrage hele horisonten, hvis effekten af ændringer i dyrkningsforhold skal beskrives, idet man ikke kan udelukke, at der også sker en nedbrydning/opbygning af organisk stof under muldlaget (Chang, 1950, Tiessen *et al.*, 1982). Rasmussen & Parton (1993) fandt et kontinuert fald i C- og N-indhold med tiden i 30-60 cm i et langvarigt forsøg. Faldet blev forklaret ved, at mængden af organisk stof, der blev oxideret i jordlaget, var større end mængden af rødder og opløst organisk stof, der blev tilført ovenfra.

Tabel 11. Gennemsnitligt indhold af C (t/ha) i dybden 0-50 cm fordelt på jordtyper før og efter 10/12 år og gennemsnit for før- og nu-målingerne. Endvidere værdier for 0-60 cm fra den danske jordklassificering (Olesen, 1991). Jordprøver med JB-numre over 7 og én outlier udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
Antal	49	28	20	80	13	93	45	328
C-indhold (t/ha) før	121	93	124	117	105	100	116	110
C-indhold (t/ha) nu	145	105	130	122	92	93	101	112
Gennemsnitligt C-indhold før og nu (t/ha)	133	99	127	120	99	97	109	111
C (t/ha) Olesen, 1991	139	135	141		116	117		

C-indholdet i 0-50 cm er vist for de enkelte jordtyper i Tabel 11. Olesen (1991) beregnede C-indholdet i de øverste 60 cm i danske jorder ud fra den danske jordklassificering. Foretages en sammenligning af disse beregninger med gennemsnittet af før- og nu-analyseresultaterne i kvadratnettet, var de sidstnævnte generelt lavere. Jordprøverne i kvadratnettet blev udtaget fra 0-50 cm, så der mangler C fra laget 50-60 cm, hvilket kan forklare noget af forskellen. Der kan desuden være forskelle i de anvendte volumenvægte, hvilket kan bidrage til en systema-

tisk afvigelse. Den største forskel i indholdet af C blev fundet for JB2, hvor Olesen (1991) målte betydeligt mere (135 i forhold til 99 t C/ha). Der er bedst overensstemmelse mellem Olesens beregninger og målingerne fra 1997/98 (nu) for sandjordene, mens de svarer bedst til målingerne fra 1986/87 (før) for lerjordene.

3.2 Betydende variable for udviklingen i jordens indhold af kulstof

Der blev ikke fundet en signifikant virkning af gødningstypen på udviklingen i C-indholdet og heller ikke en signifikant vekselvirkning mellem jordtype og gødningstype. Men da der var en overvægt af gødningstypen 'handelsgødning' på lerjorde og en overvægt af 'kvæg' på sandjorde, blev det undersøgt, om der var specielle dyrkningsmæssige forhold ved de forskellige gødningstyper, der kunne influere på udviklingen i C-indholdet i 10/12 års perioden, hvilket er beskrevet i det følgende.

3.2.1 Dybden 0-25 cm

Faktoren CaCO_3 blev udeladt fra den statistiske analyse, da næsten alle observationer havde værdien nul. For at undgå intetsigende virkninger af samspil mellem C-indhold i husdyrgødning og tørstof af husdyrgødning, blev det i regressionsanalysen ikke tilladt, at begge faktorer fremkom med modsatte virkninger. Dette førte til, at ingen af disse to faktorer var signifikante, men 'antal gange hvor husdyrgødning er udbragt' viste sig dog at have en vis virkning, uden dog at være signifikant (P-værdi på 6%). Efter fjernelse af ca. 10 ekstreme observationer viste analysen, at 7 af de undersøgte faktorer havde indflydelse på udviklingen i organisk stof (Tabel 12). Alle virkninger, bortset fra 'antal gange, hvor husdyrgødning er udbragt', var signifikante på 5% niveau. Modellen kan dog kun forklare 30% af variationen. I denne model er spredningen på en enkelt observation (C-forskel) beregnet til 0.37%-point, dvs. at en enkelt observation skal være større end ca. 0.7 eller mindre end -0.7, for at den kan siges at være signifikant forskellig fra nul.

Tabel 12. Faktorer med signifikant indflydelse på udviklingen i C for dybden 0-25 cm.

Faktor	Gns. af faktor	Virkning (hældning)	Ændring (%-point)
Intercept			1.5985
C-før (%)	1.82	-0.2334	-0.4251
Ler (%)	9.56	-0.0148	-0.1417
Finsand (%)	45.75	-0.0050	-0.2286
Antal år med græs	1.20	0.0367	0.0439
Antal gange med udbringning af husdyrgødning	5.99	0.0075	0.0448
Handelsgødnings-N (kg/ha)	1359	0.0003	0.3669
Normaltemperatur u. græs (°C)	8.33	-0.1547	-1.2879
Gennemsnitlig ændring af C (%-point)			-0.0292

Faktorer med negativt fortegn virker negativt, og faktorer med positivt fortegn virker positivt på udviklingen i C. C-før virkede negativt, så ved høje initialværdier var der en faldende tendens i C-indholdet i de efterfølgende år, dvs. hvis en jord har et højt indhold af organisk stof,

er der en tendens til fald i C-indholdet uanset dyrkningsforhold, mens der et potentiale for stigning, hvis indholdet er lavt. Dette var tilfældet for alle jordtyper under ét, selv om det var sandjordene med de højeste startværdier, der viste de største stigninger i C-indhold (Tabel 4, 7 og 9).

Denne tendens blev også fundet på Askov Forsøgsstation, hvor der i perioden 1956-87 blev udført et forsøg i rammeanlæg med forskellige jordtyper (Christensen, 1988). Formålet var at undersøge udviklingen i jordens C- og N-indhold i forskellige sædskifter og med forskellige behandlinger af halmnedmuldning og anvendelse af husdyrgødning. Udviklingen i jordens indhold af organisk stof afhang af indholdet ved forsøgets start. Hvis jorden havde et meget lavt indhold som udgangspunkt, steg indholdet af det organiske stof, mens et højt startindhold bevirkede et fald i indholdet i alle afgrødesystemer. Den samme tendens blev fundet af Hinge (2000) i jordprøver udtaget i Bjerringbro Kommune indeholdene 31 lokaliteter (70% var fra dyrkede områder) og af Mann (1986) i et stort datamateriale indeholdende mange lokaliteter fra forskellige lande. Mann (1986) nævner, at jorde med henholdsvis høje og lave startværdier bevæger sig mod en ligevægt med omtrent samme C-indhold.

Indholdet af ler og finsand i kvadratnettpunkterne havde en signifikant negativ effekt på udviklingen i C. Johnston (1986) fandt derimod, at der var større potentiale for en stigning i C-indholdet for lerjorde end for sandjorde under forskellige foranstaltninger med tilførsel af organisk stof. Thomsen (1995) fandt ligeledes større stigning i C- og N-indhold i en sandblandet lerjord end i en sandet jord. Hinge (2000) fandt et faldende C-indhold med stigende lerindhold i prøver udtaget i 1975 i et område i Bjerringbro. Men i de efterfølgende 25 år faldt C-indholdet dog mest for jordprøverne med de lave lerindhold. Den statistiske analyse af kvadratnettpunkterne gav signifikans fra forskellige teksturvariable afhængig af statistisk metode, da de er højt korrelerede. Høje indhold af humus og ler betyder normalt, at jorden kan indeholde meget vand, hvilket kan have betydning for omsætningen af det organiske stof. Det vil forventes, at omsætningen af organisk stof hæmmes i meget fugtig og meget tør jord. Risikoen for udtørring vil være større for de sandede jorder, hvilket muligvis kan være en del af forklaringen på stigningen i C-indholdet på disse. Reuter (1981) fandt også en større stigning i C-indholdet på en sandjord end på en mere lerrig jord ved tilførsel af forskellige former for husdyrgødning.

Selv om jordtemperaturerne kun varierer lidt i Danmark, gav høje normaljordtemperaturer estimeret under græs en tendens til fald i C-indholdet. Jordtemperaturen har en direkte indflydelse på omsætningen af organisk stof i jorden (Rasmussen & Collins, 1991). Van der Linden *et al.* (1987) fandt i markforsøg, at temperaturen var den vigtigste naturgivne faktor for nedbrydningen af organisk stof.

Der er mange forsøg, der har vist en stor effekt af sædskifterne på udviklingen i organisk stof (Christensen, 1988, Dietz & Bachtaler, 1978, Mann, 1986, Sauerbeck, 1982). I analysen af kvadratnettpunkterne gav 'antal gange med græs' en stigning i jordens C-indhold (Tabel 12).

Det må forventes, at især kvægbedrifterne har mange græsmarker, hvilket stemmer overens med, at der blev fundet en tendens til stigning i C-indhold på gødningstypen 'kvæg'. Det kan derfor ikke udelukkes, at den fundne stigning for gødningstypen 'kvæg' er reel, selvom effekten ikke var signifikant i dette datamateriale. Mann (1986) fandt også en ophobning af organisk stof i et sædskifte med mange kløvergræsmarker. Desuden finder man ofte høje værdier af organisk stof i vedvarende græsmarker (Sauerbeck, 1982). Jenkinson (1977) nævner, at ophobning af organisk stof under græs skyldes en kombination af en høj tilbagetilførsel af organisk stof fra græsplanter/rødder til jorden og nedsat omsætningshastighed af organisk stof under græs. Den mindre omsætning kan eventuelt skyldes, at planterne udtømmer jordens vandrebarer i løbet af sommeren. Man vil også forvente en lavere grad af jordbehandling i forbindelse med flerårige græsmarker og især vedvarende græs. Kontinuerlig dyrkning bevirkede, at C-indholdet holdt sig relativt konstant på en jord ved Rothamsted, der havde været i omdrift længe, mens det faldt på en jord, der ikke havde været i omdrift (Johnston, 1986). Vedvarende græsdyrkning medførte en langsom stigning i C-indholdet. Når opdyrket land lægges ud til vedvarende græs, iagttages ofte en hurtig stigning i jordens organiske stof.

Halmnedmuldning gav ikke en signifikant effekt på udviklingen i kvadratnetsundersøgelsen. Christensen (1988, 1997) fandt en betydelig ophobning af organisk stof ved stråafgrøder med halmnedmuldning. Den mindste opbygning skete ved ugødet brak, stråafgrøder uden halmnedmuldning og udelukkende rodfrugtdyrkning. Forskellige tyske 10-25-årige undersøgelser viste et fald i jordens indhold af organisk stof for flere forskellige monokulturer deriblandt kontinuerlig korndyrkning med halmnedmuldning og majs- og bælgplantemonokultur (Sauerbeck, 1982). Sauerbeck (1982) fandt, at brakmarker med hyppig jordbehandling efter 23 år havde 40% mindre organisk stof i jorden sammenlignet med marker med et tre-årigt sædskifte. Hvis jordbehandlingen blev reduceret til to pløjninger om året, gav det et langt mindre fald. I kvadratnetsundersøgelsen blev intensiteten af jordbehandlingerne ikke registreret, og effekten deraf kan derfor ikke umiddelbart vurderes.

Antal gange med tilførsel af husdyrgødning gav ligeledes en tendens til stigning i C, hvilket umiddelbart kan forventes. Johnston (1986), Sauerbeck (1982) og Reuter (1981) fandt en stigning i jordens organiske stof som følge af stigende tilførsel af husdyrgødning. Det kunne forventes, at der ville være en effekt af husdyrgødningsmængde, -tørstof eller -C, men antal gange med tilførsel af husdyrgødning gav det bedste resultat. Det kan skyldes, at husdyrgødningsmængden estimeres mere usikkert end antal gange, hvor der udbringes gødning. Der kan desuden opstå usikkerheder ved beregningen af tørstof og C i husdyrgødningen ud fra standardværdier, da der ikke blev foretaget analyser af husdyrgødningen ved udbringning. Én gang udbringning af husdyrgødning svarede gennemsnitligt til ca. 27 t husdyrgødning (friskvægt), 2.7 t tørstof eller ca. 137 kg N.

Handelsgødnings-N virkede også positivt på C-udviklingen i jorden, hvilket kan forklares ved større planteproduktion som følge af høj gødningstilførsel og dermed en større mængde planterester, der efterlades i marken. I et langtidsforsøg ved Askov blev der dog ikke målt en sig-

nifikant forskel i C-indholdet mellem jorden dyrket ved henholdsvis gødskning efter kvælstofnormen og halvanden gang normen (Christensen & Johnston, 1997). I et langvarigt (80 år) forsøg ved Halle i Tyskland på en sandet jord med kontinuert rugdyrkning kunne parceller, der blev gødet med handelsgødning, opretholde C-niveauet, mens der var en stigning på ca. 30% i parceller, der fik husdyrgødning (Sauerbeck, 1982). Det samme kunne observeres i langvarige forsøg ved Rothamsted med kontinuerlig korndyrkning i mere end 100 år (Johnston, 1986). Blev der derimod tilført 35 t staldgødning pr. ha hvert år, steg indholdet af organisk stof. En kombination af tilført husdyrgødning og handelsgødning har ofte en positiv effekt på jordens organiske stof (Sauerbeck, 1982). Kontinuerlig dyrkning af rodfrugter med handelsgødning gav et fald i C, men kun 9 t staldgødning pr. år kunne udligne faldet. En bedre plantevækst som følge af høj gødningstilførsel kan desuden føre til høj transpiration og dermed udtørre jorden, hvorved omsætning af organisk stof bliver langsommere (Paustian *et al.*, 1992).

Der blev også foretaget regressionsanalyser på opdelinger af datamaterialet, eksempelvis for hver enkelt gødningstype, men oftest kom der kun en eller flere teksturvariable ud som signifikant betydende faktor, og forklaringsgraden blev ikke bedre. Også analyser for udvalgte JB-numre gav kun sparsomme signifikante betydende faktorer. Derfor må det samlede resultat, hvor alle punkter indgår, anses som det bedste, der kan udledes fra dette datamateriale.

I Tabel 13 er den forventede ændring i C-indhold angivet, hvor hver enkelt faktor har minimums- eller maksimumsværdien, mens alt andet holdes uændret. På denne måde er det muligt at vurdere, hvor meget en enkelt faktor kan betyde. Det ses dog, at virkninger af de enkelte faktorer ikke er særligt store i forhold til den spredning, som modellen arbejder med. Der var størst effekt af C-før, idet der var en forskel på 1.2%-point i ændringen af C, afhængig af om minimums- eller maksimumsværdien i datamaterialet blev anvendt. Handelsgødnings-N havde også en relativt stor betydning som enkeltfaktor (0.5%-point).

Tabel 13. Forventet ændring i C-indhold (%-point) i dybden 0-25 cm, hvis hver enkelt faktor antages at have maksimums eller minimums værdien, mens alt andet holdes uændret.

Faktor	Ekstrem værdi af faktor		C-forskel beregnet ud fra den statistiske model		
	Minimum	Maksimum	Minimum faktor	Maksimum faktor	Forskel
C-før (%)	0.36	5.5	0.31	-0.88	1.20
Ler (%)	1.7	24.7	0.09	-0.25	0.34
Finsand (%)	11.4	82.5	0.14	-0.21	0.36
Antal år med græs	0	10	-0.07	0.29	0.37
Antal gange med udbragt husdyrgødning	0	28	-0.07	0.14	0.21
Handelsgødnings-N (kg/ha)	351	2335	-0.30	0.23	0.54
Temperatur u. græs (°C)	7.7	9.2	-0.16	0.08	0.24

Jorden indeholder både stabilt og labilt organisk stof. Christensen (1988) fandt, at det organiske stof, der ophobes gennem tilførsel af handelsgødning, er mere stabilt end det, der ophobes som følge af husdyrgødning. I en kortere tidsperiode som her på omkring 10 år vil det især være det labile C, der har effekt på udviklingen i jordens C-indhold (Olesen, 1991).

En anden måde, hvorved virkningen af disse faktorer kan vurderes, er at undersøge, hvordan de forskellige gødningstyper påvirkes af de forskellige faktorer – alt andet lige (Tabel 14). Gødningstyperne er karakteriseret ved faktorerne antal år med græs, antal gange med udbragt husdyrgødning og mængden af handelsgødnings-N. Det vises, hvorledes de tre faktorer ifølge regressionsmodellen påvirker forskellen i C-indholdet for hver af gødningstyperne, når der ses bort fra indflydelse fra jordens tekstur og temperaturforskelle.

Tabel 14. Modelberegnet C-forskel (%-point) i dybden 0-25 cm på forskellige gødningstyper, når de tre faktorer har deres gennemsnitsværdi for gødningstypen.

Gødningstype	Antal år med græs i perioden	Antal gange med udbringning af husdyrgødning i perioden	Total tilført N fra handelsgødning (kg/ha) i perioden	Modelberegnet ændring i indhold af C (%-point)
Handelsgødning	0.7	0.0	1495	-0.06
Kvæg	2.2	8.9	1364	0.03
Svin	0.4	7.7	1288	-0.06
Blandet	1.7	8.2	1269	-0.02
Rest	0.8	3.3	1406	-0.05
Alle typer	1.2	6.0	1360	-0.03

Kvadratnetpunkter med gødningstypen 'handelsgødning' modtog som forventet mest handelsgødning i 10/12 års perioden, da de ikke modtog husdyrgødning (Tabel 14). Punkter, der fik tilført husdyrgødning, modtog dog gennemsnitligt kun lidt mindre handelsgødning (Fig. 1). Der blev udbragt husdyrgødning ca. 9 gange i 10/12 års perioden (ca. 22 t/ha/år) på gødningstypen 'kvæg', men der var også mange udbringninger (ca. 8 gange, ca. 20 t/ha/år) på gødningstyperne 'blandet' og 'svin'. Dette virkede positivt på udviklingen i C-indholdet på gødningstypen 'kvæg'. Desuden var antal gange med græs i perioden gennemsnitligt højest for bedriftstypen 'kvæg', hvilket trak i samme retning. Effekten af de tre faktorer tilsammen trak i negativ retning undtagen på gødningstypen 'kvæg'. Selv om der blev bragt husdyrgødning ud næsten lige så mange gange på 'svin' som på 'kvæg', havde svinegødningen åbenbart ikke samme effekt som kvæggødningen på udviklingen i jordens indhold af organisk stof.

I Tabel 15 ses, hvordan de forskellige JB-numre gennemsnitligt fordeler sig med C-før, ler og finsand. Desuden vises, hvorledes disse tre faktorer ifølge regressionsmodellen påvirker ændringen i C-indholdet i hver af JB-klasserne, når der ses bort fra indflydelsen fra gødningstyper og temperaturforskelle. Der blev fundet en stigning i C-indhold som følge af de tre faktorer for sandjordene JB1 og JB3 (svag), mens der ingen effekt var af de tre parametre for JB5. For de resterende jordklasser var der en negativ effekt af de tre faktorer. Den største totale

effekt af jordparametrene på C-indholdet var en stigning på 0.1% for JB1-jordene og et fald på 0.1% for JB4 og JB7-jordene.

Tabel 15. Modelberegnet ændring i C-indholdet (%-point) i dybden 0-25 cm for de forskellige JB-numre, når fordeling af C-før, ler og finsand har deres gennemsnitsværdi for JB-nummeret.

JB-nr	C-før (%)	Ler (%)	Finsand (%)	Modelberegnet forskel i C (%-point)
1	2.0	3.6	27.7	0.12
2	1.8	3.9	65.6	-0.03
3	2.1	6.5	32.8	0.01
4	2.1	7.5	52.8	-0.10
5	1.7	12.2	36.8	0.00
6	1.5	12.4	47.4	-0.01
7	1.7	17.6	44.2	-0.12
Alle typer	1.8	9.6	45.8	-0.03

3.2.2 Dybden 25-50 cm

De fleste (330) af de 338 observationer i dybden 25-50 cm stammede fra punkter med jordtyperne JB1-7. Af disse observationer havde 24 en CaCO_3 værdi, som var større end 1. Da disse observationer tilsyneladende virkede ekstreme i forhold til de andre observationer, blev der set bort fra dem. Desuden var der 13 observationer, som var ekstreme i visse værdier, typisk værdien af C-før. Disse observationer blev der også set bort fra. Fire af de undersøgte faktorer havde indflydelse på udviklingen i C. Det drejer sig om C-før, ler + silt, mængde K i handelsgødning og normaljordtemperatur under græs (Tabel 16).

Hvis en eller begge grupper af ovenfor beskrevne observationer med ekstreme værdier blev indføjet i en regressionsanalyse med disse fire faktorer, blev samme billede fundet med hensyn til signifikans og hældning, som hvis man så bort fra dem. Ligeledes gav det samme billede, hvis der blev anvendt en anden udvælgelsesmetode i analysen (stepwise i stedet for back udvælgelse). Modellen har dog kun en R^2 på 30%, og spredningen i modellen blev beregnet til 0.35.

De to modeller for dybderne 0-25 cm og 25-50 cm ligner hinanden. De bekræfter dermed til dels hinanden, selv om de dog i statistisk forstand ikke er uafhængige. Begge modeller indeholder niveauet af C-før som en signifikant faktor, og begge modeller beregner hældningen omtrent ens (-0.23/-0.24) (Tabel 12 og 16). Mann (1986) fandt også en effekt af C-før-indholdet i to dybder – i både 0-15 og 15-30 cm.

Betydningen af hver enkelt signifikant faktor blev vurderet ved at lade den antage minimums- eller maksimumsværdien, mens alt andet holdes uændret (Tabel 17). For dybden 0-25 cm indgik betydningen af jordens tekstur gennem faktorerne ler og finsand, mens den for dybden 25-50 cm indgik gennem ler + silt. I begge tilfælde betød et stigende lerindhold et fald i jordens indhold af organisk stof. 'Tilført mængde K i handelsgødning' var den eneste faktor, der viste en direkte effekt af dyrkningsforholdene. For dybden 0-25 cm havde dyrkningsforholde-

ne betydning for ændringen i C-indholdet gennem tre faktorer: antal år med græs, antal gange med udbringning af husdyrgødning og tilført N-handelsgødningsmængde. Det kan være tilfældigt hvilket udtryk for handelsgødningsmængde, der først viser sig i den statistiske analyse. I begge dybder havde normal jordtemperaturen under græs også en virkning på jordens indhold af organisk stof.

Tabel 16. Faktorer med signifikant indflydelse på udviklingen i C-indholdet for dybden 25-50 cm.

Faktor	Gns. af faktor	Virkning (hældning)	Ændring (%-point)
Intercept			1.885
C-før (%)	1.1	-0.2252	-0.241
Ler+silt (%)	20.0	-0.0158	-0.316
Handelsgødnings-K (kg/ha)	429	0.0002	0.072
Temperatur u. græs (°C)	8.3	-0.1560	-1.297
Gennemsnitlig ændring af C (%-point)			0.102

Tabel 17. Forventet ændring i C-indhold (%-point) i dybden 25-50 cm, hvis hver enkelt faktor antages at have sin maksimale eller minimale værdi, mens alt andet holdes uændret.

Faktor	Ekstrem værdi af faktor		Ændring i C beregnet ud fra statistisk model		
	Minimum	Maksimum	Min. faktor	Maks. faktor	Forskel
C-før (%)	0.24	3.2	0.29	-0.38	0.67
Ler + silt (%)	2.6	49.5	0.38	-0.36	0.74
Handelsgødnings-K (kg/ha)	0	1352	0.03	0.26	0.29
Jordtemperatur u. græs (°C)	7.7	9.2	0.21	-0.03	0.24

C-før værdien i 25-50 cm er ligesom i dybden 0-25 cm af stor betydning. Mann (1986) fandt, at der især kunne findes stigninger i det organiske stof i dybderne 0-15 og 15-30 cm, når C-før indholdet var mindre end 1%. C-før værdierne i dybden 25-50 cm vil oftere være mindre end 1% end i dybden 0-25 cm, hvilket eventuelt kan være medvirkende til en større stigning i C-indhold i dybden 25-50 cm.

3.3 Målinger af jordens indhold af kvælstof og ændringer i 10/12 års perioden.

3.3.1 Dybden 0-25cm

Udviklingen i N-indhold over 10/12 års perioden er vist for de forskellige jord- og gødnings typer i Tabel 18. Ligesom for C blev den statistiske analyse udført på data, som tilhører JB1-7. Generelt var N-indholdet i prøverne faldet med 0.004%-point (fra 0.142% til 0.138%). Dette fald var signifikant. Hvis hele datasættet indgik (evt. fraregnet enkelte ekstreme værdier), blev der dog ikke fundet signifikans.

En variansanalyse af data med JB-nummer og gødningstype som faktorer gav ingen vekselvirkning mellem de to faktorer men viste, at hovedvirkningen af begge faktorer var signifikante (P-værdi for JB-nummer var 0.01 og for gødningstype 0.04). Når virkningen af de to faktorer blev behandlet hver for sig, var N-stigningen for JB1 og faldet for JB6-7 signifikante.

Der var en god overensstemmelse mellem ændringerne i C- og N-indhold i dybden 0-25 cm (Tabel 4 og 18). Der blev desuden fundet signifikante ændringer i C- og N-indhold for de samme JB-numre. N-indholdet i jordprøverne fra gødningstyperne 'handelsgødning' og 'svin' faldt signifikant, men det var ikke tilfældet for C-indholdet i samme dybde.

Tabel 18. Forskel (%-point) mellem indholdet af total N i dybden 0-25 cm før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt. Stjerne (*) viser, hvor N-forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
Forskel i N-indhold (%-point)						Forskel (%-point)	
1	0.004	0.023	0.002	0.012	0.003	46	0.013 *
2	.	0.012	-0.016	-0.018	0.002	27	-0.004
3	-0.010	-0.004	0.008	0.016	0.010	19	0.005
4	-0.013	0.008	-0.011	-0.007	0.008	78	-0.003
5	-0.020	0.010	-0.010	-0.015	0.017	11	-0.001
6	-0.012	-0.019	-0.008	0.001	-0.004	92	-0.010 *
7	-0.019	-0.004	-0.009	-0.052	0.008	44	-0.014 *
Antal	66	76	75	62	38	317	
Alle	-0.013*	0.005	-0.008 *	-0.005	0.005		-0.004 *

Vitosh *et al.* (1997) fandt et gennemsnitligt fald på 0.019% N i pløjelaget (0-20 cm) for 10 parceller på ni år, hvoraf 4 parceller tidligere var handelsgødede og 6 parceller husdyrgødede, og hvor forsøgsbehandlingen blev ændret til udelukkende tilførsel af handelsgødning, reduceret jordbehandling samt en mindre ændring i sædskifte. N-indholdet i de konstant handelsgødede parceller faldt 0.011% på ni år, mens faldet var større (-0.026%) i parcellerne, hvor der skete en ændring fra husdyrgødning til handelsgødning. Gødningstypen 'handelsgødning' vil forventes at svare til behandlingen med udelukkende handelsgødningstilførsel. De målte fald i C-indholdet i pløjelaget for denne gødningstype lå indenfor dette interval eller var lidt mindre (Tabel 18).

Startindholdet af N kan ligesom startindholdet af C have betydning for udviklingen i N over tid. Det var højest (0.149%) i jordprøver fra gødningstypen 'blandet' efterfulgt af 'handelsgødning' og 'svin' (0.145%) (Tabel 19).

Tabel 19. Gennemsnitligt indhold af total N (%) i dybden 0-25 cm fordelt på gødningstyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

	Gødningstype											
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest		Alle	
Antal	66		76		75		62		38		317	
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu
N-indhold (%)	0.145	0.133	0.140	0.145	0.145	0.137	0.149	0.144	0.123	0.128	0.142	0.138

Gødningstypen 'blandet' havde også de højeste C-før værdier (Tabel 5). Startindholdet af N i prøverne fra 'kvæg' var forholdsvis lave. N-indholdet i jordlaget 0-25 cm før og efter 10/12 år for alle kombinationer af gødnings- og jordtyper er vist i appendix (Tabel A10). Tabellen indeholder alle data inklusive outliers og jordprøver med JB-numre større end 7. De højeste startværdier af N blev fundet for jordtyperne JB4 og JB7 (0.157 og 0.161%), mens de var betydeligt lavere for JB1-2 (0.108 – 0.124%) (Tabel 20). Dette var ikke tilfældet for C-indholdet, men kan forklares ved, at C/N-forholdet er højere for sandjorde end for lerjorde. Niveaue for initialværdier i dybden 0-20 cm for markforsøg ved Askov var 0.139%-0.151% (Christensen, 1990). Der var en større bredde i startværdierne målt i kvadratnettet som følge af, at der indgik flere observationer, og de var fordelt på forskellige bedriftstyper og jordtyper. De varierede mellem 0.108 og 0.161% N.

Tabel 20. Gennemsnitligt indhold af total N (%) i dybden 0-25 cm fordelt på jordtyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
<i>Antal</i>	46	27	19	78	11	92	44	317
N-indhold før (%)	0.108	0.124	0.138	0.157	0.145	0.142	0.161	0.142
N-indhold nu (%)	0.122	0.119	0.143	0.155	0.145	0.133	0.147	0.138

3.3.2 Dybden 25-50 cm

Generelt var N-indholdet i prøverne fra dybden 25-50 cm uændret efter 10/12 års perioden, når prøverne blev behandlet statistisk under ét (Tabel 21). En variansanalyse med JB-nummer og gødningstype som faktorer gav ingen vekselvirkning mellem de to faktorer, og virkningen af gødningstypen var ikke signifikant i denne dybde. Tilbage var der en signifikant virkning af jordtypen, der viste en stigning for JB1-2 og fald for JB6-7. Der blev fundet samme tendens til stigning/fald i begge dybder for JB1, JB6 og JB7 (Tabel 18 og 21), mens den signifikante stigning i dybden 25-50 cm for JB2 blev fulgt af et ikke-signifikant fald i dybden 0-25 cm. N-værdier for alle kombinationer af jord- og gødningstype før og efter 10/12 års perioden er vist i appendix (Tabel A11).

Tabel 21. Forskel (%-point) mellem indholdet af total N i dybden 25-50 cm før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt. Stjerne (*) viser, hvor N-forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
Forskel i N-indhold (%-point)						Forskel (%-point)	
1	0.024	0.010	0.030	0.014	0.035	47	0.017 *
2	.	0.019	0.030	0.020	0.028	28	0.023 *
3	0.080	0.011	0.003	0.004	0.010	19	0.011
4	0.000	0.000	0.016	0.013	0.006	75	0.007
5	-0.025	-0.020	-0.015	0.010	0.017	10	-0.006
6	-0.003	-0.009	-0.012	-0.019	-0.016	85	-0.010 *
7	-0.020	-0.038	-0.019	-0.054	-0.005	39	-0.024 *
Antal	60	77	71	58	37	303	
Alle	-0.003	0.002	0.000	0.001	0.006		0.001

De laveste startværdier af N i dybden 25-50 cm blev fundet for JB1 og JB2 (0.064 – 0.067% N) ligesom for dybden 0-25 cm, mens de højeste blev fundet for JB6 (0.105% N) og JB7 (0.129% N), som vist i appendix (Tabel A12). Der blev fundet en sammenhæng mellem jordtype og startværdier af N i dybden 25-50 cm ligesom i dybden 0-25 cm, idet der var et stigende N-startindhold med stigende JB-nummer. De højeste N-startværdier blev fundet for gødningstyperne 'handelsgødning' og 'svin' (appendix, Tabel A13). Indholdet af total N fordelt på gødnings- og jordtyper for dybderne 50-75 cm og 75-100 cm er vist i appendix (Tabel A14-A17).

3.3.3 Dybden 0-50 cm

Ved beregning af total N i dybden 0-50 cm i t/ha blev der anvendt gennemsnitlige volumenvægte for de forskellige JB-numre på baggrund af målinger i kvadratnettet, som beskrevet i afsnit 2.5 (Tabel 3). Der kunne ikke konstateres hverken stigning eller fald i N-indhold fra før- til nu-situationen, når alle prøver blev behandlet under ét (Tabel 22).

Der blev ikke fundet en signifikant virkning af gødningstypen på ændringen i total N i dybden 0-50 cm, men virkningen af jordtypen var signifikant (Tabel 22).

Tabel 22. Forskel (t/ha) mellem indholdet af total N før og efter 10/12 år i dybden 0-50 cm og forskel i N pr. år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt. Stjerne (*) viser, hvor N-forskellen er signifikant forskellig fra nul.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle	Alle
	Handelsgødn.	Kvæg	Svin	Blandet	Rest			
	Forskel i N-indhold (t/ha)						t N/ha	Kg N/ha/år
1	1.04	1.63	1.18	0.93	1.40	48	1.30 *	118
2	.	2.28	0.53	0.11	1.08	28	1.10 *	100
3	2.60	0.27	-0.29	0.72	0.73	20	0.35	32
4	-0.56	0.52	0.22	0.24	0.52	79	0.23	21
5	-0.58	-0.39	-1.60	-0.18	1.26	13	-0.38	-34
6	-0.40	-1.06	-0.80	-0.71	-0.76	93	-0.67 *	-61
7	-1.49	-1.61	-0.59	-4.02	0.12	45	-1.27 *	-115
Antal	68	80	78	62	38	326		
Alle (t/ha)	-0.49	0.56	-0.28	-0.15	0.37		-0.02	-1.5
Alle (kg/ha/år)	-45	51	-25	-14	33		-1.5	

Inddrages alene dybden 0-25 cm i omregningen til t/ha, blev der fundet en signifikant stigning i N-indholdet for gødningstypen 'kvæg' og et signifikant fald for gødningstypen 'handelsgødning'. Faldet for gødningstypen 'handelsgødning' blev også fundet i denne dybde ved analysen af værdierne angivet i % (Tabel 21). Der var en tendens til, at N-indholdet steg for sandjordene og faldt for lerjordene (Fig. 6). Stigningen i N-indhold for JB1-2 og faldet for JB6-7 var signifikante. Som forventet viste der sig omtrent samme billede som for de to dybder hver for sig. For begge dybder blev der fundet en signifikant stigning for JB1 og et fald for JB6-7

(Tabel 18 og 21). Desuden blev der fundet en signifikant stigning i N-indhold i dybden 25-50 cm for JB2.

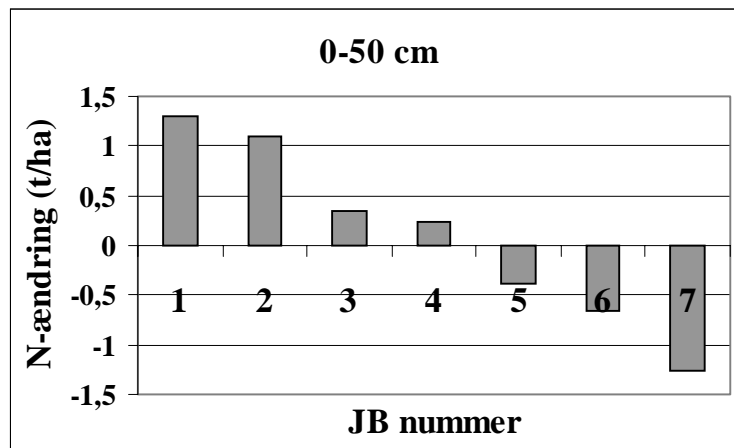


Fig. 6. Forskel i indholdet af total N (t/ha) før og efter 10/12 års perioden fordelt på JB-numre.

Gennemsnitlige årlige ændringer i kg N/ha blev beregnet for de enkelte jord- og gødningstyper, som vist i Tabel 22. Gødningstyperne 'handelsgødning', 'svin' og 'blandet' havde et gennemsnitligt årligt fald i N-indhold på 14-45 kg N/ha, mens N-indholdet fra gødningstyperne 'kvæg' og 'rest' steg henholdsvis 51 og 33 kg N/ha/år. Værdierne var dog ikke signifikant forskellige fra nul og heller ikke indbyrdes signifikant forskellige. Christensen (1990) fandt i et 30-årigt forsøg et gennemsnitligt årligt fald på 23-33 kg N/ha for forskellige sædskifter i dybden 0-20 cm, hvilket er på omtrent samme niveau, som blev fundet her. Der blev ikke fundet stigninger for de forskellige sædskifter, men Christensen (1990) nævner, at N-tilførslen til forsøgene har været lavere end normalt anvendt i praktisk landbrug. Eksempelvis blev kløvergræsmarkerne ikke gødet. Den gennemsnitlige totale tilførte gødningsmængde til kvadratnetpunkterne var størst til gødningstypen 'kvæg' og mindst til 'handelsgødning' og 'rest' (Fig. 1). Tendensen til stigningen for 'rest' kan derfor ikke forklares ud fra, at der tilføres mere gødning.

Da der blev fundet forholdsvis store årlige ændringer i N, tyder det på, at de ændringer i bedriftstyper og dyrkningsforhold, der er sket i de 10/12 år, har medført, at der endnu ikke er indtrådt en ligevægtstilstand i jorderne. Som tidligere nævnt er der i perioden især sket en ændring fra blandede til mere specialiserede brug (plante, svin, kvæg). Kun ca. 25% af de bedrifter, der selv har opgivet deres bedriftstype, har ikke ændret bedriftstype i perioden. Heraf var der en overvægt af planteavlere.

Der blev fundet meget store årlige ændringer i N-indhold for de enkelte JB-numre (Tabel 22). Ændringen i N-indhold i 10/12 års perioden ser ikke ud til udelukkende at være bestemt af forskellen i tilført gødning (Fig. 7). Der var en tendens til, at kvadratnetpunkterne med jordtypen JB5 fik lidt mere husdyrgødning tilført end punkterne med de øvrige jordtyper, men der var snarere en tendens til fald i N-indhold for dette JB-nummer. Ligeledes blev der ikke tilført særlig meget gødning til JB2, hvor der blev fundet en signifikant stigning i N-indhold. Der

blev dog fundet signifikante fald i N-indhold for punkter med jordtypen JB6-7, hvor gødningstilførslen også var forholdsvis lav.

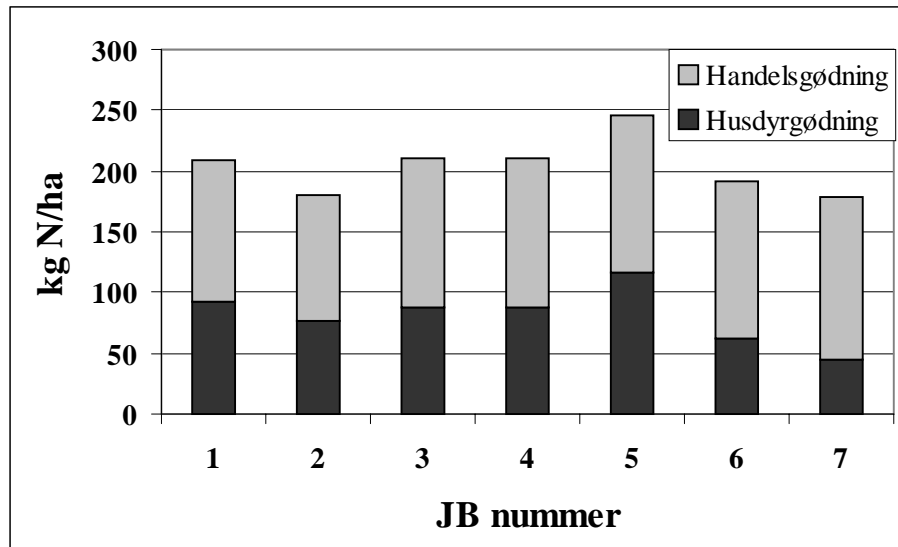


Fig. 7. Gennemsnitlig årlig N-mængde (kg/ha) tilført markerne i perioden. N-mængden er fordelt på handels- og husdyrgødning og sat i forhold til JB-numre.

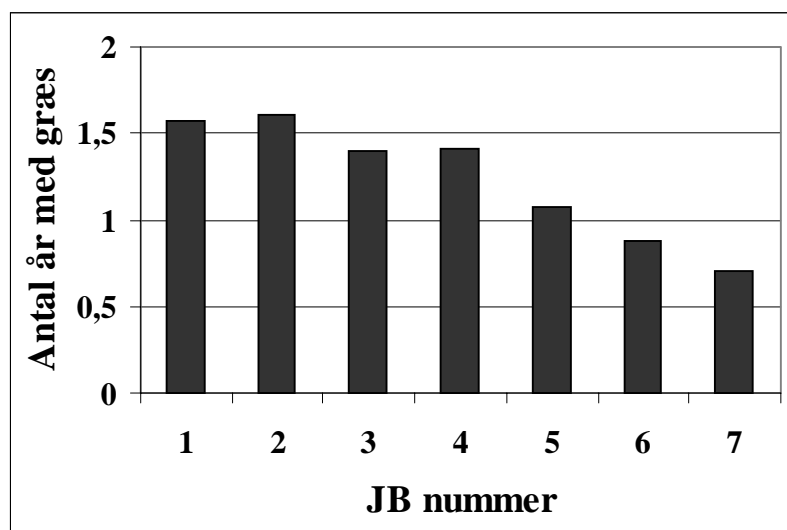


Fig. 8. Gennemsnitligt antal år med græs i 10/12 års perioden fordelt på JB-nummer.

Ud over tilført gødning kan der være en sammenhæng mellem JB-numre og sædskiftet, således at enkelte afgrøder især indgår på nogle jordtyper og kun i mindre grad indgår på andre. Det ser ud til, at der findes en sammenhæng mellem JB-nummer og det gennemsnitlige antal år, hvor der har været græs i 10/12 års perioden (Fig. 8), således at der blev fundet flere græsmarker på sandjordene end på lerjordene.

Kristensen & Petersen (2000) beregnede årlige tilførsler på mellem 124 og 196 kg organisk N/ha til jorden for et økologisk sædskifte fra et malkekvægsbrug, idet N fra husdyrgødning,

planterester og henfald under afgræsning blev indregnet. Rasmussen *et al.* (1980) beregnede netto N input til en vinterhvede ud fra N tilført fra gødning og planterester minus N fjernet med kerneudbyttet og fandt, at der skete en hurtig stigning i jordens N-indhold i en 12-års periode, når netto input til jorden var større end nul. Hvor nettotilførslen var positiv, blev ca. 75% af det tilførte N ophobet i jorden.

Tabel 23. Gennemsnitligt indhold af total N (t/ha) i dybden 0-50 cm fordelt på gødningstyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

	Gødningstype										Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest		Før	Nu
Antal	68		80		78		62		38				326
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu
N-indhold (t/ha)	9.2	8.7	8.4	8.9	9.0	8.8	8.8	8.6	7.4	7.8	8.7	8.7

Der var en tendens til, at de højeste startværdier i dybden 0-50 cm blev fundet for gødningstyperne 'handelsgødning' og 'svin' (9.0-9.2 t/ha, Tabel 23). Det var på disse gødningstyper, at der blev fundet signifikante fald i dybden 0-25 cm (Tabel 18). Desuden var startværdien forholdsvis lav for 'kvæg' (8.4 t/ha) og 'rest' (7.4 t/ha), hvor tendensen til stigning blev fundet. Startindholdet af total N i dybden 0-50 cm var 6.5-8.7 t/ha for sandjordene og 9.0-11.0 t/ha for lerjordene (Tabel 24). Startindholdet af total N i dybden 0-50 cm steg med stigende JB-nummer (Tabel 24 og Fig. 9). Der blev fundet signifikante årlige fald i N-indhold for JB6 og JB7 på henholdsvis 61 og 115 kg N/ha (startværdier henholdsvis 9.3 og 11.0 t/ha) og signifikante stigninger i N-indhold på 100-118 kg N/ha/år for JB1-2 (startværdier 6.5 t/ha).

Tabel 24. Gennemsnitligt indhold af total N (t/ha) fordelt på jordtyper i dybden 0-50 cm før og efter 10/12 års perioden. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
Antal	48	28	20	79	13	93	45	326
N-indhold før (t/ha)	6.5	6.5	8.0	8.7	9.0	9.3	11.0	8.7
N-indhold nu (t/ha)	7.8	7.6	8.3	9.1	8.7	8.6	9.7	8.7
Gennemsnitligt N-indhold før og nu (t/ha)	7.2	7.1	8.2	8.9	8.9	9.0	10.4	8.7

Markforsøg ved Askov resulterede i et fald i N-indhold (Christensen, 1990). Der blev fundet et gennemsnitligt årligt fald på 41 kg N/ha (dybde 0-20 cm) for marker, hvor jorden havde et startindhold på 0.150% N, og et fald på 30 kg N/ha/år for marker, hvor jorden havde et startindhold på 0.139% N. Startværdien i det tilfælde, hvor der blev målt en signifikant stigning (JB1) for kvadratnetpunkterne var gennemsnitligt 0.108% N i dybden 0-50 cm, hvilket er betydeligt mindre end ved Askov. Det kunne tyde på, at startværdien af N har betydning for udvikling i N-indholdet med tiden.

Som det ses af Fig. 9, er der dog en sammenhæng mellem jordtypen og startindholdet af N, så det kan være svært at afgøre, hvilken faktor der har mest betydning.

Der var stor forskel i ændringerne i total N for de to dybder. Det største bidrag til den totale ændring i dybden 0-50 cm stammer fra dybden 25-50 cm (Fig. 10). Denne dybde inddrages ikke altid i beregningerne af effekter af forskellige forsøgsbehandlinger, men disse beregninger viser, at det er meget vigtigt for resultatet.

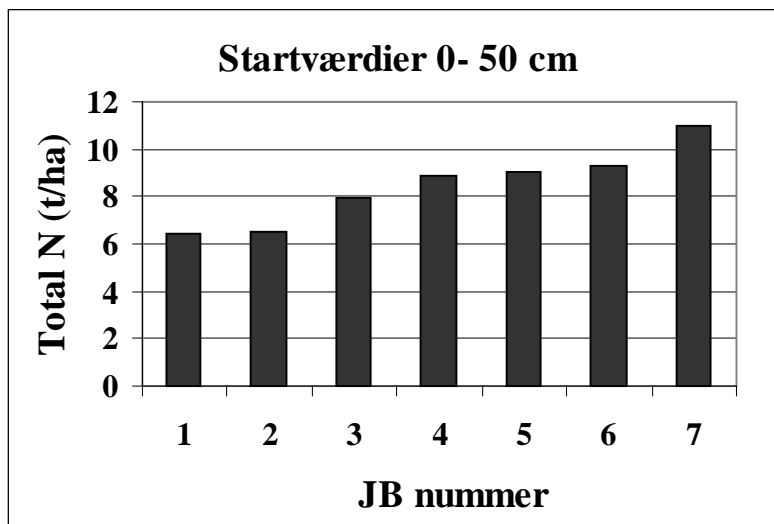


Fig. 9. Startværdier i total N (t/ha) fordelt på JB-numre.

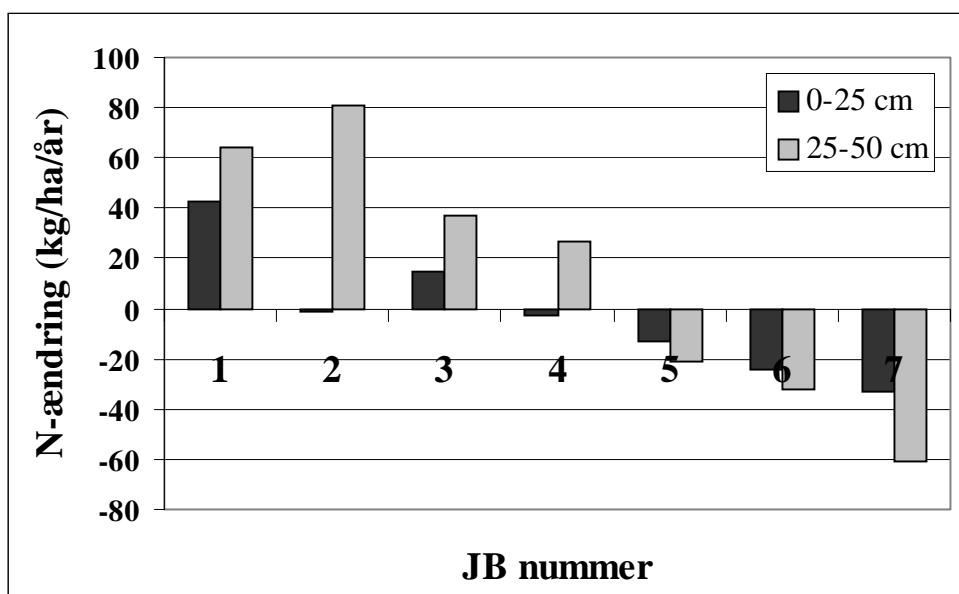


Fig. 10. Årlig ændring i N-indhold (kg/ha) før og efter 10/12 år fordelt på jordtyper og dybderne 0-25 cm og 25-50 cm.

Kvadratnetspunkterne med tilførsel af husdyrgødning blev opdelt i højt og lavt belastede gødningstyper afhængig af, om N-tilførslen på marken var større eller mindre end den husdyrgødningsmængde, der svarer til 1 DE, som beskrevet i kapitel 2.3. Det vil forventes, at opkoblingen af N i jorden bliver større, jo mere husdyrgødning der tilføres, men der blev ikke

fundet signifikante forskelle mellem højt og lavt belastede punkter med husdyrgødning (Tabel 25).

Tabel 25. Forskel mellem indholdet af total N (t/ha) før og efter 10/12 år i dybden 0-50 cm. Gødningstyperne 'kvæg', 'svin' og 'blandet' er opdelt i højt/lavt belastede. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

	Gødningstype							Antal	Alle
	Handels- gødning	Kvæg høj	Kvæg lav	Svin høj	Svin lav	Blandet høj	Blandet lav			Rest
	Forskel i N-indhold (t/ha)								Forskel (t N/ha)
Antal	68	40	40	69	38	27	35	38	326
Alle (t/ha)	-0.49	0.79	0.34	-0.42	-0.15	-0.13	-0.17	0.37	-0.02

Der var dog en tendens til, at N-indholdet i jordprøver i kategorien 'højt belastede kvæg' var større end i jordprøver tilhørende 'lavt belastede kvæg'. Det modsatte var tilfældet med 'svin', hvor der var en tendens til, at det største fald i N-indhold skete for kategorien 'højt belastet svin'. Sædskifterne har sandsynligvis større betydning end husdyrgødningstilførslen i dette tilfælde. Da der ikke blev fundet signifikans for forskellene, overskygger variationen mellem observationerne sandsynligvis effekten, og der kommer for få observationer i grupperne. Derfor blev denne opdeling kun anvendt i dette ene tilfælde. De enkelte observationer fordelt på højt/lavt belastede brugstyper og JB-numre er vist i appendix (Tabel A18). Det fremgår, at der kun er få eller ingen observationer for mange af kombinationerne.

3.4 Betydende faktorer for udviklingen i jordens indhold af kvælstof

3.4.1 Dybden 0-25 cm

En regressionsanalyse af ændringen i N-indholdet med samme faktorer, som blev benyttet ved analysen af ændringen i C-indholdet, viste 5 signifikante faktorer (Tabel 26). Resultatet fra regressionsanalysen lignede resultatet for C, hvilket man også vil forvente, da C- og N-indhold er korrelerede. Dog var der enkelte forskelle. C-før blev erstattet af N-før, men havde samme virkning, idet N-indholdet i jorden faldt med stigende N-før værdi. Teksturparametrene ler og finsand blev erstattet af grovsand, og virkningen af grovsand var positiv, således at høje grovsandindhold betød stigende indhold af N. Jordtemperaturen under græs havde ikke en signifikant virkning på udviklingen i N, som det var tilfældet for C.

Tabel 26. Faktorer med signifikant indflydelse på udviklingen af total N for dybden 0-25 cm.

Faktor	Gns. af faktor	Virkning (Hældning)	Ændring (%-point)
Intercept			0.0009
N-før (%)	0.14	-0.28591	-0.0406
Grovsand (%)	31.9	0.00020	0.0065
Antal år med græs	1.2	0.00251	0.0030
Antal gange: husdyrgødning udbragt	6	0.00095	0.0057
Handelsgødnings-N (kg/ha)	1364	0.00002	0.0209
Ændring i alt (%-point)			-0.0036

Antal år med græs i perioden viste ligesom for C-udviklingen en signifikant effekt på udviklingen i jordens N-indhold. Virkningen af antal gange med udbringning af husdyrgødning var større (større signifikans) for udviklingen i jordens N-indhold end for udviklingen i jordens C-indhold. Christensen (1988) fandt i rammeforsøg ligeledes en betydning af husdyrgødningen for stigning i N-indholdet i en underjord med lavt startindhold af C og N. Parton & Rasmussen (1994) estimerede jordens C- og N-stabiliseringseffektivitet i et forsøg. C-stabiliseringseffektiviteten var højest i jord, hvor der blev tilført meget handelsgødning, mens N-stabiliseringseffektiviteten var højest i jord med organiske N-tilførsler. Der blev dog også fundet en stor effekt af handelsgødningen på udviklingen i indholdet af N.

Der blev beregnet en R^2 på 31% for modellen, og spredningen på en enkelt observation blev beregnet til 0.027. For en enkelt observation skal N-forskellen således være større end 0.053 (eller mindre end minus 0.053) for at kunne anses for at være signifikant forskellig fra 0.

Tabel 27 viser effekten af hver enkelt signifikant faktor, idet faktoren blev sat til minimums- og maksimumsværdier, mens alt andet blev holdt uændret. Den største effekt kom fra indholdet af N ved starten af perioden, mens de tre dyrkningsbetingede faktorer havde omtrent lige stor effekt.

Tabel 27. Forventet ændring i indholdet af total N (%-point) i dybden 0-25 cm, hvis hver enkelt faktor antages at være sin maksimale eller minimale værdi, mens alt andet holdes uændret.

Faktor	Ekstrem værdi af faktor		N-forskel beregnet ud fra statistisk regressionsmodel (%-point)		
	Minimum	Maksimum	Min. Faktor	Maks. faktor	Forskel
N-før (%)	0.03	0.43	0.028	-0.086	0.114
Grovsand (%)	2.2	80.9	-0.010	0.006	0.016
Antal år med græs	0	10	-0.007	0.019	0.025
Antal gange: husdyrgødning udbragt	0	28	-0.009	0.017	0.027
Handelsgødnings-N (kg/ha)	351	2335	-0.019	0.011	0.030

Det største modelberegne fald i total N som følge af dyrkningsbetingelserne blev fundet for gødningstypen 'handelsgødning' (Tabel 28). Det kan være et udtryk for den større effekt af husdyrgødningstilførslen (eller i dette tilfælde mangel på husdyrgødningstilførsel). Effekten af de tre faktorer tilsammen trækker i negativ retning undtagen på gødningstypen 'kvæg'. Dette var også tilfældet for C-indholdet (Tabel 14).

Korrelationen mellem C- og N-indhold viste sig også ved en sammenligning af effekten på N-forskellen af de to naturgivne faktorer fordelt på JB-numre (Tabel 16 og 29). Der var ca. en faktor 10 mellem resultaterne. Der blev således fundet en stigning i N-indhold som følge af N-før og grovsandindholdet for JB1 og JB3 (dog svag), mens der for de resterende jordklasser ingen eller negativ effekt blev fundet på den modelberegne N-forskel.

Tabel 28 Modelberegnet ændring i indholdet af total N (%-point) i dybden 0-25 cm fordelt på gødningstyper, når tre signifikante faktorer har deres gennemsnitsværdi, mens alt andet holdes uændret.

Gødningstype	Antal år med græs i 10/12 års perioden	Antal gange med udbringning af husdyrgødning i 10/12 års perioden	Tilført N fra handelsgødning (kg/ha)	Modelberegnet ændring i N-indhold (%-point)
Handelsgødning	0.7	0.0	1494	-0.009
Kvæg	2.2	9.1	1375	0.002
Svin	0.5	7.7	1293	-0.005
Blandet	1.7	8.2	1269	-0.002
Rest	0.8	3.3	1406	-0.007
Alle typer	1.2	6.0	1364	-0.004

Tabel 29. Modelberegnet ændring i indholdet af total N (%-point) i dybden 0-25 cm fordelt på JB-numre, når to signifikante faktorer har deres gennemsnitsværdi, mens alt andet holdes uændret.

JB-nr.	N-før (%)	Grovsand (%)	Modelberegnet N-forskel (%-point)
1	0.108	61.6	0.012
2	0.124	22.0	-0.000
3	0.138	50.4	0.001
4	0.157	27.4	-0.009
5	0.145	36.4	-0.004
6	0.142	24.8	-0.005
7	0.161	20.8	-0.011
Alle typer	0.142	31.9	-0.004

3.4.2 Dybden 25-50 cm

En regressionsanalyse i dybden 25-50 cm gav alene signifikante effekter af N-før og teksturparametre. For at kunne etablere sammenhænge i regressionsanalysen måtte 5 ekstreme værdier tages ud. Desuden blev alle prøver, der havde et CaCO₃-indhold større end nul, taget ud af analysen.

Da N-før så ud til at være den variabel, som havde størst betydning for udviklingen i N, blev der udført en analyse, hvori både JB-nummer og N-før indgik. En analyse af denne model viste, at JB-nummer ikke havde signifikant betydning, når der blev taget hensyn til effekten af N-før. P-værdien var dog på 5.5%, så der var en tendens. Dvs. størstedelen af effekten af jordtypen kunne forklares som en effekt af N-før.

3.5 C/N-forhold og ændringer i 10/12 års perioden

C/N-forholdet i begge dybder var ca. 10-12 for lerjordene (JB5-7) og ca. 13-18 for sandjordene (JB1-4) (Fig. 11). Danske muldjorde har normalt et C/N-forhold på ca. 10-15 (Sundberg *et al.*, 1999). C/N forholdet var forholdsvis højt for JB1 i begge dybder, men Sundberg *et al.*, 1999 fandt også høje C/N-forhold (11-25 i A-horisont og 10-28 i B-horisont) for udvalgte profiler fra dyrket jord beliggende på smeltevandsaflejringer. Der var en tendens til, at C/N-

forholdet faldt i 10/12 års perioden for sandjordene i dybden 0-25 cm, mens det steg lidt i dybden 25-50 cm. Undtagelsen var JB4, hvor der var en tendens til stigning i C/N i begge dybder. For lerjordene var C/N-forholdet stort set uændret undtagen for JB5, hvor der skete et fald i begge dybder.

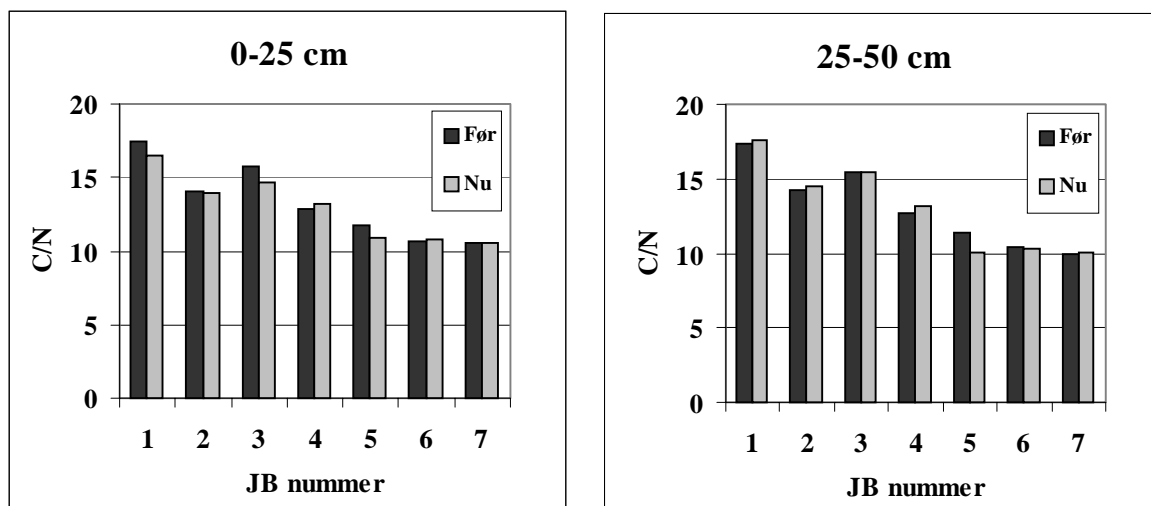


Fig. 11. C/N-forhold i dybderne 0-25 cm og 25-50 cm før og efter 10/12-års perioden.

4. Konklusion

Der var en sammenhæng mellem jordtypen og ændringen i jordens organiske stof. Der blev således fundet en stigning i C- og N-indhold på JB1-jorde og et fald på JB6-JB7 jorde. Dette var tilfældet for alle dybder, der indgik. Det er vigtigt ikke kun at inddrage de øverste jordlag ved beregningen af ændringer i jordens pulje af organisk stof, da de mest betydende ændringer ofte blev fundet i dybden 25-50 cm. Regressionsanalysen viste størst effekt af startindholdet på C- og N-udviklingen de efterfølgende år. Naturgivne faktorer udover startindholdet, der havde betydning for udviklingen i jordens C-indhold i 10/12 års perioden var ler og finsand samt jordtemperaturen under græs (faldende C-indhold med stigende værdier). Naturgivne faktorer udover startindholdet, der havde betydning for udviklingen i jordens N-indhold i 10/12 års perioden var grovsand (stigende N-indhold med stigende værdier).

Der blev fundet et fald i total N i dybden 0-25 cm for gødningstyperne 'plante' og 'svin', når N-indholdet blev beregnet i %. Ved omregning til t N/ha i de øverste 25 cm, fremkom en signifikant stigning i N-indholdet for gødningstypen 'kvæg' og igen et fald for 'handelsgødning'. Ellers kunne der ikke konstateres nogen effekt af gødningstypen. Da gødningstyperne og jordtyperne sandsynligvis er konfunderede, kan det ikke udelukkes, at en del af forskellen mellem jordtyper skyldes en forskel i gødningstypernes repræsentation på en bestemt jordtype. Bedriftstypen kan også have betydning for udviklingen i organisk stof gennem dyrkningsbetingelserne. Dyrkningsbetingelserne havde betydning for udviklingen i jordens C- og N-indhold i pløjelaget gennem 3 faktorer: antal år med græs, antal gange med udbringning af husdyrgødning og N i handelsgødning, der alle havde en positiv effekt på ophobningen af organisk stof. Da græsmarker fortrinsvis findes på kvægbedrifter, kan det ikke udelukkes, at der er en sammenhæng mellem gødningstypen og stigningen i N-puljen.

Når alle jordprøver blev behandlet under ét, kunne der ikke måles ændringer i jordens C- og N-indhold i perioden fra 1986/87 til 1997/98 med undtagelse af en stigning i jordens C-indhold i dybden 25-50 cm. Der blev fundet en tendens til fald i N-indholdet i dybden 0-25 cm. Når C- og N-indholdet målt i % blev omregnet til t/ha i dybden 0-50 cm, kunne der ikke konstateres nogen ændringer, når alle jordprøver blev behandlet under ét.

Erkendtlighed

Dette arbejde er gennemført med økonomisk støtte fra Strukturdirektoratet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (Projekt nr. KVA97-1).

Litteratur

- Black, A. L. 1973. Soil property changes associated with crop residue management in a wheat-fallow rotation. *Soil Science Society of America, Proceedings*. 37, 943-946.
- Chang, C. W. 1950. Effect of long-time cropping on soil properties in northeastern New Mexico. *Soil Science* 69, 359-368.
- Christensen, B. T. 1988. Sædskiftets indflydelse på jordens indhold af organisk stof. I. Forsøg i rammeanlæg med halmnedmuldning og anvendelse af staldgødning, 1956-1986. *Tidsskrift for Planteavl* 92, 295-306.
- Christensen, B. T. 1990. Sædskiftets indflydelse på jordens indhold af organisk stof. II. Markforsøg på grov sandblandet lerjord (JB5), 1956-1985. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 161-170.
- Christensen, B. T. 1997. Dyrkningens indflydelse på jordens kulstofindhold. *Tidsskrift for Landøkonomi* 184, 213-221.
- Christensen, B. T. & Johnsson, A. E. 1997. Soil organic matter and soil quality – lessons learned from long term field experiments at Askov and Rothamsted. In: G. Gregorich & M. R. Carter (eds.). *Soil quality for crop production and ecosystem health. Development in soil science* 25. Elsevier, Amsterdam, 399-430.
- Ditz, von Th. & Bachthaler. 1978. Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung auf den Humusgehalt der Böden. *Bayerischen Landwirtschaftlicher Jahrbuch* 3, 368-377.
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, V., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H. D., Børsting, C., Jørgensen, J. O., Schou, J. S., Kristensen, E. S., Waagepetersen, J. & Mikkelsen, H. 2000. Vandmiljøplan II – midtvejsevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugsforskning. Miljø- og Energiministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser, 65 pp.
- Greenland, D. J. 1995. Land use and soil carbon in different agroecological zones. Chapter 2 in R. Lal, J. Komble, E. Levine & B. A. Stewart (eds). *Soil Management and greenhouse effect*. CRC Press, Inc. Boca Raton. P. 9-24.
- Hansen, B. (1989). Determination of Nitrogen as elementary N, an alternative to Kjeldahl. *Acta Agriculturae Scandinavica* 39, 113-118.
- Hinge, H. 2000. Ændring i jordens C-indhold. Belyst ved et case studie fra Bjerringbro Kommune. Bachelor-afhandling, Geografisk Institut, 37 pp.
- Iversen, T. M., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H. E., Skop, E., Jensen, J. J., Hasler, B., Andersen, J. Hoffman, C. C., Kronvand, B., Mikkelsen, H. E. Waagepetersen, J., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H. D. & Kristensen, V. F. 1998. Vandmiljøplan II – faglig vurdering. Rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugsforskning, 44 pp.

- Jenkinson, D. S. 1977. Studies on the decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from ^{14}C labelled ryegrass decomposing under field conditions. *Journal of Soil Science* 28, 424-434.
- Johnston, A. E. 1986. Soil organic matter, effects on soils and crops. *Soil Use and Management* 2, 97-105.
- Kristensen, I. S. & Petersen, B. M. 2000. Tab og udnyttelse af kvælstof ved gylle- og dybstrøelsessystemer på økologiske og konventionelle malkekvægsbrug. I S. Sommer & J. Eriksen (red.). *Husdyrgødning og kompost. FØJO-rapport nr. 7*, 35-45.
- Kyllingsbæk, A., Børgesen, C. D., Andersen, J. M., Poulsen, H. D., Børsting, C. F., Vinther, F. P., Heidmann, T., Jørgensen, V., Simmelsgaard, S. E., Nielsen, J., Christensen, B. T., Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G. 2000. Kvælstofbalancer i dansk landbrug. Mark- og staldbalancer. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. Miljø- og Energiministeriet. *Danmarks Miljøundersøgelser*, 74 pp.
- Landskontoret for Planteavl. 1990. Organiske gødninger. Notat fra november 1990.
- Landskontoret for Planteavl. 1998. Håndbog for Plantedyrkning. Landbrugets Informationskontor.
- Madsen, H. B. & Holst, K. 1987. Potentielle marginaljorder. Landsdækkende kortlægning af jordbundsfysiske og kemiske forhold, der har indflydelse på jordens dyrkning. Miljøministeriets projektundersøgelser 1986. Teknikerrapport nr. 1. Skov- og Naturstyrelsen.
- Mann, L. K. 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* 142, 279-288.
- Mikkelsen, H. M. 1990. Beregning af klimanormaler til kvadratnet for nitratmålinger. AJMET Arbejdsnotat no. 11. Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Statens Planteavlsforsøg, 27 pp.
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 1999. Aktionsplan II. Økologi i udvikling. Strukturdirektoratet. 368 pp.
- Monreal, C. M. & Janzen, H. H. 1993. Soil organic-carbon dynamics after 80 years of cropping a Dark Brown Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* 73, 133-136.
- Olesen, J. E. 1991. Foreløbig beregning af CO_2 emission fra dansk landbrugsjord. AJMET Notat no. 24. Internt notat. Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, 21 pp.
- Parton, W. J. & Rasmussen, P. E., 1994. Long-term effects of crop management in wheat-fallow: II. CENTURY model simulations. *Soil Science Society of American Journal* 58, 530-536.
- Paustian, K., Parton, W. J. & Persson, J. 1992. Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long-term plots. *Soil Science Society of American Journal* 56, 476-488.
- Persson, J. & Mattson, L. 1988. Soil C changes and size estimates of different organic C fractions in a Swedish long-term small plot experiment. *Swedish Journal of agricultural Research*. 18, 9-12.

- 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. Danmarks JordbrugsForskning, 165 pp.
- Rasmussen, P. E., Allmaras, R. R., Rohde, C. R. & Roager, Jr., N. C. 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Science Society of America Journal* 44, 596-600.
- Rasmussen, P. E. & Collins, H. P. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45, 93-134.
- Rasmussen, P. E. & Parton, W. J. 1993. Long-term effects of residue management in wheat-fallow: I Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Science Society of American Journal* 58, 523-530.
- Reuter, G. 1981. Zwanzig Jahre Rostocker Dauerversuche zur Humusbildung im Boden. 1. Mitteilung: Versuchsbedingungen und Entwicklung der Humusgehalte. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin* 25, 277-285.
- Sauerbeck, D. R. 1982. Influence of crop rotation, manurial treatment and soil tillage on the organic matter content of German soil. In D. Boels *et al.* (ed.) *Soil degradation*. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, 163-178.
- Sundberg, P. S. (red.), Callesen, I., Greve, M. H. & Rauland-Rasmussen, K. 1999. Danske jordbundsprofiler. Danmarks JordbrugsForskning, Foulum.
- Sørensen, N. K. & Bülow-Olsen, A. (red.) 1994. Fælles arbejdsmetoder for jordbundsanalyser. Plantedirektoratet.
- Thomsen, I. 1995. Catch crop and animal slurry in spring barley grown with straw incorporation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science* 45, 166-170.
- Tiessen, H., Stewart, J. W. B. & Bettany, J. R. 1982. Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. *Agronomy Journal* 74, 831-835.
- Van der Linden, A. M. A., Van Veen, J. A. & Frissel, M. J. 1987. Modelling soil organic matter levels after long-term applications of crop residues, and farmyard and green manures. *Plant and Soil* 101, 21-28.
- Vitosh, M. L., Lucas, R. E. & Silva, G. H. 1997. Long-term effects of fertilizer and manure on corn yield, soil carbon and other soil chemical properties in Michigan. Chapter 8 in E. A. Paul, K. Paustian, E. T. Elliot & C. V. Cole (eds.) *Soil organic matter in temperate agroecosystems. Long-term experiments in North America*. CRC Press, Inc., Boca Raton, New York, London, Tokyo. 129-139.
- Voroney, R. P. & Angers, D. A. 1995. Analysis of the short-term effects of management on soil organic matter using the CENTURY model. Chapter 10 in R. Lal, J. Komble, E. Levine & B. A. Stewart (eds). *Soil Management and greenhouse effect*. CRC Press, Inc., Boca Raton, 113-120.

Østergaard, H. S. & Mamsen, P. 1990. Kvadratnet for nitratundersøgelser i Danmark. Oversigt 1986-1989. Landbrugets Rådgivningscenter. Landskontoret for Planteavl. 75 pp.

Appendix

Tabel A1. Antal kvadratnetpunkter fordelt på gødnings- og jordtyper. Landmandsoplysninger fra slutningen af 10/12 års perioden (1995-98). I parentes er vist værdierne ved 10/12 års periodens start (1985-89).

JB nr.	Gødningstype										Alle	Alle	DK
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest				
	Antal											%	%
1	(9)	9	(16)	17	(2)	4	(7)	4	(0)	0	34	15	23
2	(4)	5	(2)	4	(3)	3	(6)	3	(0)	0	15	6	10
3	(1)	2	(4)	4	(4)	3	(1)	1	(0)	0	10	4	8
4	(14)	18	(17)	12	(15)	16	(5)	5	(0)	0	51	22	20
5	(4)	4	(0)	0	(3)	2	(1)	1	(0)	1	8	3	4
6	(31)	35	(16)	13	(21)	20	(5)	4	(2)	3	75	32	21
7	(13)	16	(6)	4	(15)	14	(2)	2	(0)	0	36	15	6
8	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	0	0	1
10	(0)	0	(0)	0	(1)	1	(0)	0	(0)	0	1	0.5	0
11	(0)	1	(0)	0	(2)	1	(0)	0	(0)	0	2	1	7
12	(1)	1	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	1	0.5	0
Alle	(77)	91	(61)	54	(66)	64	(27)	20	(2)	4	233		
Alle (%)	(33)	39	(26)	23	(28)	27	(12)	9	(1)	2			100

Tabel A2. Anvendte omregningsværdier for organiske gødningstyper.

Kode	Kilde	Type	Navn på type	N-indhold/10 t	Tørstof (%)	C (%) af tørstof
9 (eller 95)	Ikke oplyst	1	staldgødning	ukendt	Ukendt	Ukendt
		2	ajle	ukendt	ukendt	Ukendt
		3	gylle	ukendt	ukendt	Ukendt
		4	dybstrøelse	ukendt	ukendt	Ukendt
10	Kvæg	1	staldgødning	55	20	38
		2	ajle	49	3.4	31
		3	gylle	47	9.6	41
		4	dybstrøelse	80	30	40
15	Årsko Jersey	1	staldgødning	56	20	38
		2	ajle	50	3.3	31
		3	gylle	48	9.5	41
30	Svin	1	staldgødning	73	23	40
		2	ajle	32	2.1	31
		3	gylle	53	6.4	38
		4	dybstrøelse	103	33	40
40	Hest	1	staldgødning	55	26	38
45	Får	1	staldgødning	140	35	38
50	Høns/fjerkræ	1	staldgødning	148	40	35
		3	gylle	54	11.1	40
		4	dybstrøelse	226	65	27
55	Kyllinger	1	staldgødning	215	40	35
		4	dybstrøelse	269	58	27
56	Ænder	1	staldgødning	148	40	35
60	Mink/ræv	1	staldgødning	94	20	35
		3	gylle	110	5.5	40
70	Novo-slam	4	andet	28	4.3	17
72	Novo-gro	4	andet	10	ukendt	Ukendt
90	Frugtsaft	4	andet	37	ukendt	Ukendt
91	Halmaske (hvede)	4	andet	15	ukendt	Ukendt
92	Slam uspecificeret	4	andet	14	14	15
94	Grønsagsaffald	4	andet	100	ukendt	Ukendt
97	Kvæg/svin	1	staldgødning	65	32	40
		2	ajle	41	2.8	31
		3	gylle	50	8	40
98	staldgødning, men ukendt			ukendt	ukendt	Ukendt
99	Uden husdyrgødning		mængde sættes = 0	ukendt	ukendt	Ukendt

Tabel A3. Gennemsnitligt indhold af C (%) i dybden 0-25 cm for gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu			
C-indhold (%)											C-indhold (%)		
1	1.44	1.59	2.23	2.75	1.79	1.85	2.33	2.39	1.71	1.70	49	2.08	2.34
2	-	-	1.37	1.72	1.98	1.76	2.02	1.75	1.55	1.55	28	1.71	1.71
3	3.20	3.70	2.03	1.96	2.35	1.74	2.33	2.68	1.86	2.05	20	2.25	2.17
4	1.82	1.75	2.52	2.63	2.04	1.96	2.11	2.05	1.65	1.73	80	2.10	2.10
5	0.99	1.06	2.68	2.74	1.64	1.39	2.23	1.52	1.09	1.21	13	1.66	1.53
6	1.56	1.54	1.50	1.39	2.76	1.52	1.50	1.54	1.46	1.41	94	1.84	1.50
7	1.75	1.59	1.75	1.68	1.61	1.57	2.40	1.84	1.33	1.39	45	1.72	1.59
8	-	-	-	-	-	-	1.89	1.48	-	-	1	1.89	1.48
10	-	-	-	-	2.80	2.50	-	-	-	-	1	2.80	2.50
11	-	-	8.60	7.10	14.35	13.75	-	-	-	-	4	12.43	10.42
12	-	-	-	-	1.38	2.15	-	-	-	-	1	1.38	2.15
Antal	69		83		83		63		38		336		
Alle	1.65	1.61	2.12	2.34	2.45	1.99	2.06	1.98	1.51	1.55		2.02	1.95

Tabel A4. Gennemsnitligt indhold af C (%) i dybden 25-50 cm fordelt på gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			før	nu
	Før	Nu	før	nu	før	nu	før	Nu	før	nu			
C-indhold (%)												C-indhold (%)	
1	0.73	1.12	1.63	1.99	0.98	1.32	1.09	1.48	0.85	1.32	49	1.25	1.63
2	.	.	0.91	1.19	0.84	1.31	1.05	1.30	0.78	1.23	28	0.92	1.26
3	0.89	2.80	1.10	1.27	1.08	1.22	1.42	1.53	1.67	1.72	20	1.19	1.42
4	1.15	1.20	1.53	1.57	1.02	1.29	1.11	1.40	0.96	1.10	80	1.19	1.34
5	1.03	0.73	1.46	1.25	1.21	0.92	1.31	1.04	0.80	0.82	13	1.14	0.94
6	1.10	1.06	1.00	0.87	1.28	1.07	1.10	1.00	0.91	0.78	94	1.11	1.00
7	1.30	1.06	1.46	1.00	1.29	1.12	1.91	1.37	1.00	0.94	45	1.34	1.09
8	.	.	.	.	.	.	1.22	0.82	.	.	1	1.22	0.82
10	.	.	.	.	1.12	3.00	.	.	.	.	1	1.12	3.00
11	.	.	7.10	3.25	3.80	4.80	.	.	.	.	4	5.45	4.02
12	.	.	.	.	0.28	1.79	.	.	.	.	1	0.28	1.79
Antal	69		83		83		63		38		336		
Alle	1.12	1.11	1.48	1.49	1.20	1.29	1.19	1.31	0.93	1.03		1.22	1.27

Tabel A5. Gennemsnitligt indhold af C (%) fordelt på gødningstyper i dybden 25-50 cm før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

	Gødningstype											
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest		Alle	
Antal	67		77		76		62		38		317	
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu
C-indhold (%)	0.947	1.000	1.248	1.332	1.022	1.136	1.128	1.285	0.930	1.037	1.072	1.174

Tabel A6 Gennemsnitligt indhold af C (%) fordelt på gødnings- og jordtyper i dybden 50-75 cm før og efter 10/12 års perioden. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			før	Nu
	Før	Nu	før	nu	før	Nu	Før	nu	før	nu			
	C-indhold (%)											C-indhold (%)	
1	0.30	0.71	0.34	0.78	0.56	0.74	0.19	0.67	0.22	0.50	11	0.41	0.71
2	.	.	0.57	0.58	0.35	0.54	0.78	1.91	.	.	7	0.47	0.75
3	0.33	1.03	.	.	0.60	0.83	0.28	0.79	.	.	8	0.52	0.85
4	0.47	0.74	0.16	0.78	0.41	0.97	0.57	0.71	0.19	0.34	25	0.42	0.86
5	.	.	.	.	0.44	0.78	0.64	0.46	.	.	4	0.54	0.62
6	1.22	0.79	.	.	0.66	0.61	0.36	0.37	0.41	0.65	27	0.70	0.61
7	.	.	.	.	1.24	0.75	1.72	0.36	.	.	12	1.32	0.68
8	.	.	.	.	.	.	1.32	0.38	.	.	1	1.32	0.38
10	.	.	.	.	0.34	0.83	.	.	.	.	1	0.34	0.83
11	.	.	.	.	0.83	2.71	.	.	.	.	2	0.83	2.71
Antal	13		4		63		14		4		98		
Alle	0.65	0.77	0.41	0.68	0.65	0.82	0.72	0.62	0.31	0.54		0.64	0.77

Tabel A7. Gennemsnitligt indhold af C (%) fordelt på gødnings- og jordtyper i dybden 75-100 cm før og efter 10/12 års perioden. Alle observationer medtaget.

JB nr.	Gødningstype				Antal	Alle	
	Svin		Blandet			før	Nu
	Før	Nu	før	nu			
C-indhold (%)				C-indhold (%)			
2	0.16	0.23	.	.	1	0.16	0.23
4	0.23	0.17	0.28	0.34	2	0.26	0.26
6	0.46	0.42	0.23	0.37	4	0.41	0.41
Antal	5		2		7		
Alle	0.36	0.33	0.26	0.36		0.33	0.34

Tabel A8. Forskel i indhold af C (%-point) i dybden 50-75 cm fordelt på gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
Forskel i C-indhold (%-point)						Forskel (%-point)	
1	0.41	0.44	0.17	0.48	0.28	11	0.30
2	.	0.01	0.19	1.13	.	7	0.27
3	0.70	.	0.24	0.51	.	8	0.33
4	0.27	0.62	0.56	0.14	0.15	25	0.44
5	.	.	0.35	-0.18	.	4	0.08
6	-0.44	.	-0.05	0.01	0.24	27	-0.08
7	.	.	-0.49	-1.36	.	12	-0.64
Antal	13	4	60	13	4	94	
Alle	0.12	0.27	0.11	-0.04	0.23		0.10

Tabel A9. Forskel i indhold af C (%-point) i dybden 75-100 cm for gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB nr.	Gødningstype		Antal	Alle
	Svin	Blandet		
	Forskel i C-indhold (%-point)			Forskel (%-point)
2	0.07	.	1	0.07
4	-0.06	0.06	2	0.00
6	-0.04	0.14	4	0.01
Antal	5	2	7	
Alle	-0.02	0.10		0.01

Tabel A10. Gennemsnitligt indhold af total N (%) i dybden 0-25 cm for de forskellige gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu			
N-indhold (%)											N-indhold (%)		
1	0.104	0.108	0.110	0.182	0.100	0.102	0.120	0.132	0.098	0.100	49	0.110	0.145
2	.	.	0.104	0.150	0.130	0.114	0.140	0.122	0.108	0.110	28	0.121	0.129
3	0.140	0.130	0.139	0.134	0.140	0.128	0.150	0.166	0.150	0.160	20	0.143	0.142
4	0.205	0.142	0.169	0.184	0.153	0.142	0.167	0.159	0.129	0.137	80	0.165	0.156
5	0.080	0.090	0.215	0.225	0.163	0.135	0.160	0.145	0.097	0.113	13	0.142	0.138
6	0.142	0.136	0.141	0.122	0.210	0.145	0.140	0.141	0.139	0.134	94	0.159	0.137
7	0.167	0.148	0.156	0.152	0.157	0.161	0.210	0.158	0.127	0.135	45	0.162	0.152
8	.	.	.	.	.	.	0.190	0.140	.	.	1	0.190	0.140
10	.	.	.	.	0.180	0.170	.	.	.	.	1	0.180	0.170
11	.	.	0.320	0.270	0.530	0.525	.	.	.	.	4	0.425	0.398
12	.	.	.	.	0.130	0.230	.	.	.	.	1	0.140	0.230
Antal	69		83		83		63		38		336		
Alle	0.155	0.136	0.143	0.166	0.173	0.151	0.150	0.144	0.123	0.128		0.152	0.148

Tabel A11. Gennemsnitligt indhold af total N (%) i dybden 25-50 cm for de forskellige gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu			
N-indhold (%)												N-indhold (%)	
1	0.052	0.076	0.080	0.091	0.058	0.088	0.062	0.075	0.040	0.075	49	0.067	0.084
2	.	.	0.068	0.087	0.058	0.088	0.068	0.088	0.050	0.078	28	0.064	0.086
3	0.030	0.110	0.071	0.083	0.075	0.078	0.088	0.092	0.140	0.150	20	0.078	0.089
4	0.103	0.103	0.102	0.102	0.078	0.095	0.091	0.104	0.081	0.087	80	0.092	0.099
5	0.085	0.060	0.130	0.110	0.110	0.095	0.100	0.110	0.070	0.087	13	0.098	0.092
6	0.101	0.099	0.094	0.084	0.120	0.108	0.109	0.090	0.092	0.077	94	0.105	0.096
7	0.126	0.106	0.136	0.098	0.127	0.108	0.172	0.118	0.098	0.093	45	0.129	0.106
8	.	.	.	.	.	.	0.140	0.090			1	0.140	0.090
10	.	.	.	.	0.070	0.180	.	.	.	.	1	0.070	0.180
11	.	.	0.255	0.120	0.150	0.165	.	.	.	.	4	0.203	0.143
12	.	.	.	.	0.040	0.180	.	.	.	.	1	0.040	0.180
Antal	69		83		83		63		38		336		
Alle	0.102	0.098	0.095	0.093	0.099	0.103	0.093	0.093	0.079	0.085		0.095	0.096

Tabel A12. Gennemsnitligt indhold af total N (%) fordelt på jordtyper før og efter 10/12 år i dybden 25-50 cm. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB	1	2	3	4	5	6	7	Alle JB1-7
Antal	47	28	19	75	10	85	39	303
N-indhold før (%)	0.067	0.064	0.078	0.092	0.098	0.105	0.129	0.094
N-indhold nu (%)	0.084	0.086	0.089	0.099	0.092	0.096	0.106	0.095

Tabel A13. Gennemsnitligt indhold af total N (%) fordelt på gødningstyper før og efter 10/12 år i dybden 25-50 cm. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

<i>Antal</i>	Gødningstype											
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest		Alle	
	<i>60</i>		<i>77</i>		<i>71</i>		<i>58</i>		<i>37</i>		<i>303</i>	
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu
N-indhold (%)	0.102	0.098	0.091	0.093	0.099	0.099	0.092	0.093	0.079	0.085	0.094	0.095

Tabel A14. Gennemsnitligt indhold af total N (%) fordelt på gødnings- og jordtyper i dybden 50-75 cm før og efter 10/12 års perioden. Alle observationer medtaget.

JB-nr	Gødningstype										Antal	Alle	
	Handelsgødning		Kvæg		Svin		Blandet		Rest			Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu	Før	Nu			
N-indhold (%)												N-indhold (%)	
1	0.026	0.043	0.020	0.040	0.030	0.044	0.010	0.040	0.010	0.040	11	0.025	0.043
2	.	.	0.035	0.055	0.028	0.038	0.050	0.120	.	.	7	0.033	0.054
3	0.020	0.050	.	.	0.040	0.052	0.020	0.050	.	.	8	0.035	0.051
4	0.042	0.066	0.010	0.070	0.033	0.083	0.047	0.063	0.030	0.030	25	0.036	0.074
5	.	.	.	.	0.040	0.060	0.045	0.040	.	.	4	0.043	0.050
6	0.085	0.065	.	.	0.058	0.061	0.060	0.050	0.060	0.076	27	0.063	0.061
7	.	.	.	.	0.106	0.058	0.125	0.050	.	.	12	0.109	0.057
8	.	.	.	.	.	.	0.060	0.060	.	.	1	0.060	0.060
10	.	.	.	.	0.010	0.050	.	.	.	.	1	0.010	0.050
11	.	.	.	.	0.035	0.095	.	.	.	.	2	0.035	0.095
Antal	13		4		63		14		4		98		
Alle	0.050	0.059	0.025	0.055	0.052	0.063	0.057	0.056	0.040	0.055		0.051	0.061

Tabel A15. Gennemsnitligt indhold af total N (%) fordelt på gødnings- og jordtyper i dybden 75-100 cm før og efter 10/12 års perioden. Alle observationer medtaget.

JB nr.	Gødningstype				Antal	Alle	
	Svin		Blandet			Før	Nu
	Før	Nu	Før	Nu			
N-indhold (%)					N-indhold (%)		
2	0.010	0.030	.	.	1	0.010	0.030
4	0.020	0.020	0.030	0.040	2	0.025	0.030
6	0.040	0.053	0.030	0.030	4	0.038	0.048
Antal	5		2		7		
Alle	0.030	0.042	0.030	0.035		0.030	0.040

Tabel A16. Forskel i indhold af total N (%-point) i dybden 50-75 cm for gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Jordprøver med JB-numre større end 7 udeladt.

JB nr.	Gødningstype					Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg	Svin	Blandet	Rest		
	Forskel i N-indhold (%-point)						Forskel (%-point)
1	0.017	0.020	0.014	0.030	0.030	11	0.018
2	.	0.020	0.010	0.070	.	7	0.021
3	0.030	.	0.012	0.030	.	8	0.016
4	0.024	0.060	0.049	0.017	0.000	25	0.039
5	.	.	0.020	-0.005	.	4	0.008
6	-0.020	.	0.002	-0.010	0.015	27	-0.002
7	.	.	-0.048	-0.075	.	12	-0.053
Antal	13	4	60	13	4	94	
Alle	0.009	0.030	0.009	-0.001	0.015		0.009

Tabel A17. Forskel i indhold af total N (%-point) i dybden 75-100 cm fordelt på gødnings- og jordtyper før og efter 10/12 år. Alle observationer medtaget.

JB nr.	<i>Gødningstype</i>		Antal	Alle
	Svin	Blandet		
	Forskel i N-indhold (%-point)			Forskel (%-point)
2	0.020	.	1	0.020
4	0.000	0.010	2	0.005
6	0.013	0.000	4	0.010
Antal	5	2	7	
Alle	0.012	0.005		0.010

Tabel A18. Forskel mellem indholdet af total N (t/ha) før og efter 10/12 år i dybden 0-50 cm. Gødningstyperne 'kvæg', 'svin' og 'blandet' er opdelt i svagt/stærkt belastede. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB nr.	Gødningstype								Antal	Alle
	Handelsgødning	Kvæg høj	Kvæg lav	Svin høj	Svin lav	Blandet høj	Blandet lav	Rest		
Forskel i N-indhold (t/ha)										
1	1.04	1.33	1.99	1.12	1.19	2.20	0.14	1.40	48	1.30 *
2	.	4.75	1.22	0.52	0.55	-0.05	0.24	1.08	28	1.10 *
3	2.59	0.98	-0.26	0.36	-0.62	1.45	0.54	0.73	20	0.35
4	-0.56	1.11	-0.18	-0.18	0.90	0.01	0.49	0.52	79	0.23
5	-0.58	-0.39	.	-0.50	-4.88	-0.18	.	1.26	13	-0.38
6	-0.37	-1.17	-0.95	-1.52	-0.02	-0.39	-0.85	-0.76	93	-0.67 *
7	-1.49	-2.29	-1.15	0.73	-10.7	-4.67	-3.04	0.12	45	-1.27 *
Antal	68	40	40	69	38	27	35	38	326	
Alle (t/ha)	-0.49	0.79	0.34	-0.42	-0.15	-0.13	-0.17	0.37		-0.02

Tabel A19. Antal punkter, der indgår i beregningerne af forskellen mellem indholdet af total N før og efter 10/12 år i dybden 0-50 cm. Gødningstyperne 'kvæg', 'svin' og 'blandet' er opdelt i svagt/stærkt belastede. Jordprøver med JB-numre over 7 og outliers udeladt.

JB nr.	Gødningstype								Total
	Handels- gødning	Kvæg høj	Kvæg lav	Svin høj	Svin lav	Blandet høj	Blandet lav	Rest	
Antal									
1	5	11	9	1	5	5	8	4	48
2	.	3	7	3	2	4	5	4	28
3	1	3	4	2	4	1	4	1	20
4	12	12	10	12	7	8	7	11	79
5	2	2	.	3	1	2	.	3	13
6	34	7	7	12	11	4	9	9	93
7	14	2	3	4	11	3	2	6	45
Total	68	40	40	37	41	27	35	38	326

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19
djf@agrsci.dk. www.agrsci.dk

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrernæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Markdrift
Afdeling for Stalldrif
Afdeling for Analytisk kemi
Informationsenhed
IT-funktion
Biblioteksfunktion
International Enhed

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter og
Vegetabilske Fødevarer

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax 58 11 33 01

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Schüttesvej 17, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 02

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

ISSN 1397-9884

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
4239 Skælskør
Tlf. 58 16 06 00. Fax 58 16 06 06

Askov Forsøgsstation
Vejenvej 55, 6600 Vejen
Tlf. 75 36 02 77. Fax 75 36 62 77

Bioteknologigruppen
(Afd. f. Plantebiologi)
Thorvaldsensvej 40, 1.
1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax 35 28 25 89

Borris Forsøgsstation
Vestergade 46, 6900 Skjern
Tlf. 97 36 62 33. Fax 97 36 65 43

Den Økologiske Forsøgsstation
Rugballegård
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 02

Foulumgård, Postboks 50
8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Jyndevad Forsøgsstation
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 74 64 83 16. Fax 74 64 84 89

Rønhave Forsøgsstation
Hestehave 20, 6400 Sønderborg
Tlf. 74 42 38 97. Fax 74 42 38 94

Silstrup Forsøgsstation
Højmarken 12, 7700 Thisted
Tlf. 97 92 15 88. Fax 97 91 16 96

Tylstrup Forsøgsstation
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax 98 26 02 11