

Undergrundsløsning på lerjorde

Subsoiling on loamy Soils

Egon Stokholm

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. Resume	271
2. Summary	272
3. Indledning	272
4. Litteraturoversigt	273
5. Forsøgenes gennemførelse	275
5.1. Fysiske målinger	276
6. Resultater	276
6.1. Teksturanalyser	276
6.2. Kemiske analyser	278
6.3. Porøsitetmålinger ved anlæg	279
6.4. Retentionskurver	281
6.5. Porøsitetmålinger efter anlæg	282
6.6. Udbytteresultater	286
6.7. Porestørrelsesfordeling ved afslutning	287
7. Diskussion	289
8. Konklusion	291
9. Erkendtlighed	291
10. Litteraturliste	291

1. Resume

I årene 1971–76 er der gennemført 8 forsøg med undergrundsløsning på lerjord til henholdsvis 40 og 70 cm dybde og med 60 og 120 cm sporafstand. Lerindholdet i pløjelaget på forsøgsarealerne varierede fra 6,5 til 30 procent og under pløjelaget fra 9 til 45 procent.

Porøsitetmålinger i 500 cm³ ringe umiddelbart efter løsningens gennemførelse viste, at effekten af løsningen i gennemsnit af alle 8 forsøg var god, men varierede fra sted til sted afhængig af bl.a. jordens fugtighed ved løsningen. Der er kun opnået en relativ lille forøgelse af porøsiteten ved at ændre afstanden mellem løsnesporet fra 120 cm til 60 cm.

I det første år efter anlæg er der målt porøsitet i jorden med gamma-neutronudstyr. Der er kun målt en forøgelse af pore- og luftindhold i umiddelbar nærhed af løsnesporet, mens vandindholdet er nær ens uanset behandlingen og afstanden fra løsnesporet.

I gennemsnit har løsning til 40 cm dybde givet et merudbytte på 1,2 hkg kerne pr. ha og til 70 cm dybde på 1,8 hkg kerne pr. ha. Merudbyttet varierer stærkt, men der er en tydelig korrelation mellem porøsiteten i jorden før løsningen og merudbyttets størrelse. Sporafstanden har ikke haft indflydelse på udbyttets størrelse.

Undersøgelser 4 år efter løsning viser en lille forøgelse af porøsiteten for løsning, størst i løsnesporet. Samtidig er andelen af porer $> 30 \mu\text{m}$ steget mere end porøsiteten.

Nøgleord: Undergrundsløsning

2. Summary

Experiments with subsoiling on different types of clay soils were carried out in the years of 1971–76. The plan for the experiments is shown on page 103, and the texture, particle density (pr) and bulk density (pt) is shown in Table 3.

500 cm³ soil-samples taken immediately after the subsoiling show that the subsoiling has a good effect on the total porosity of the soil (Fig. 3a–h). The effect depends on the water content of the soil (Fig. 9). There is only little difference in the porosity between 120 cm and 60 cm trackspace, respectively.

During the first year after establishment of the experiments, measurement of porosity, water- and air content of the soil is carried out with gamma and neutron ray equipment. There is higher pore- and air content near the track. The subsoiling has only little influence on the water content of the soil (Fig. 7a–f).

On an average subsoiling to 40 cm depth has given 1,2 hkg grain and to 70 cm depth 1,8 hkg grain in yield increase (Table 5). There is a significant correlation between the total porosity of the soil before subsoiling and the yield increase (Fig. 10). The trackspace has no influence on the yield increase.

Investigations at the end of the experiments show a little higher porosity for subsoiling, highest in the track, and the part of pores $> 30 \mu\text{m}$ is higher too.

Key word: subsoiling

3. Indledning

Fortætninger i jorden kan være et problem for jordbrugeren, idet disse sinker bortledning af overskudsnedbør og hæmmer planternes udvikling, dels på grund af modstand mod røddernes nedtrængning og dels på grund af for lavt luftindhold og luftskifte i jorden.

Fortætninger kan opstå på forskellig måde og kan opdeles i følgende grupper:

1. genetisk betinget tæthed, som har forbindelse med jordens oprindelse, dannelse, tryk af indlandsisen o.a.
2. kemisk betingede, som er bedst kendt fra aldannelser.
3. transport af fine partikler nedad i jorden med nedsvivende vand, som aflejres i bestemte lag og derved danner fortætninger.
4. pakning som følge af trafik i forbindelse med dyrkning af jorden, dels i form af trafik- og pløjesål, dels ved en dyberegående pakning (Eriksson et al. 1974).

Som illustration af nogle af de omtalte former for tætheder er der i figur 1 vist fire forskellige profiler fra nærværende forsøg med undergrunds-løsning.

Profilerne viser jordens tæthed før løsning.

1. Ved Højer er der en ensartet og høj porøsitet i hele profilen.
2. Præstbro viser en høj porøsitet i overfladen, men med tegn på dyberegående pakning, der dog ikke når under den kritiske grænse ved ca. 40 vol.pct., og i 50–60 cm dybde stiger porøsiteten igen.
3. Ved Guldager er der en høj porøsitet i overfladen, men med meget stor genetisk betinget tæthed til over 1 m dybde.
4. Ved Ooppelstrup er der tegn på en pakning af pløjelaget og genetisk betinget tæthed i dybden.

Som et modstykke til ovennævnte skal anføres, at en række faktorer i naturen virker løsnende på jorden. Det drejer sig bl.a. om klimatiske påvirk-

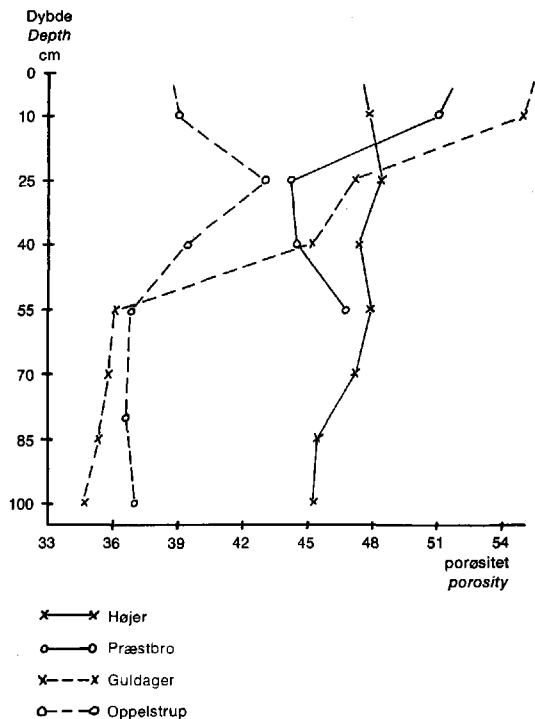


Fig. 1. Profiler med forskellige tæthedformer.
Profiles with different density.

ninger i form af opfrysning, samt revner og sprækkedannelser ved kraftig udtørring af jorden. Af biologiske faktorer skal nævnes store afgrøder

med et veludviklet og dybtgående rodsystem, samt regnorme.

Af mekaniske foranstaltninger til løsning af jorden skal nævnes: dybpløjning, pløjning med påmonteret furebunds løsner og endelig løsning af jorden til større dybde ved hjælp af grubber med fast eller bevægeligt skær.

4. Litteraturoversigt

Interessen for dyberegående jordbehandling er ikke af ny dato, men forsøg med løsning af jorde med jævne overgangslag er i de fleste tilfælde kun gennemført til forholdsvis beskeden dybde i Danmark, enten med traditionelle plove eller plove med påmonteret furebunds løsner. I disse forsøg har største behandlingsdybde kun været 35 cm. Forsøgsserier i Danmark til større behandlingsdybder er fortrinsvis gennemført af Det Danske Hedeselskab og Hedebruget, som især har været koncentreret om afvigende jordtyper i form af stærk lagdelte jorde, hærdede albundne jorde, eller hvor det har været muligt at bringe mere egnede lag op i dyrkningszonen. Undersøgelser over løsning til stor dybde på jorde med jævne overgangslag er foregået ved enkeltforsøg.

Af danske forsøg med pløjning og furebunds-løsning skal kort refereres til 4 forsøgsserier. Det drejer sig om følgende forsøg:

Forskellig pløjedybde og furebunds-løsning på lerjord 1908–31 (*Iversen* 1935), og på sandjord

Tabel 1. Udbytte i danske forsøg med dybere jordbehandling hkg kerne eller tørstof pr. ha
Yield in Danish experiments by subsoiling hkg grain or dry matter pr. ha

		Antal forsøg	pløjning 16–20 cm	Udbytte furebunds- løsning	pløjning 25–30 cm
Korn:					
280. beretning	1908–31	87	28,7	29,2	29,0
288. beretning	1922–29	46	22,2	22,5	22,6
Landboorg.	1959–64	42	36,1	36,7	37,0
935. beretning	1962–68	18	37,5	37,5	37,9
Roer:					
280. beretning	1908–31	44	70,5	73,2	71,8
288. beretning	1922–29	15	74,0	75,1	73,1
Landboorg.	1959–64	11	113,0	115,2	114,3
935. beretning	1962–68	5	132,7	133,6	131,2

1922–29 (Nielsen 1936), pløjedybde og furebunds-
løsning 1962–68 (Hansen 1971), samt forsøg gen-
nemført af landboorganisationerne 1959–64 (Ole-
sen og Jessen 1964). Et sammendrag af disse forsøg
er vist i tabel 1. Der er kun opnået små udslag
for behandlingerne i gennemsnit, men der har
været en del variation mellem resultaterne af en-
keltforsøgene. Forskelle i udslagene kan skyldes
forskelle i behandlingernes effekt eller behov for
løsning det pågældende sted.

Der er i begrænset omfang gennemført jordfy-
siske undersøgelser i forsøgene 1962–68 i form af
porøsitetmålinger. I figur 2 er vist korrelationen
mellem ændringer i porøsitet og merudbytte i for-
hold til normal behandlet fra 10 forsøg i korn. Selv
om det drejer sig om få forsøg, synes dette dog at
forklare variationerne i merudbyttet.

Tilsvarende svenske forsøg i årene 1937–63
(Nilsson og Henriksson 1968) viser en lignende
variation mellem udbytterne. I tabel 2 vises for-

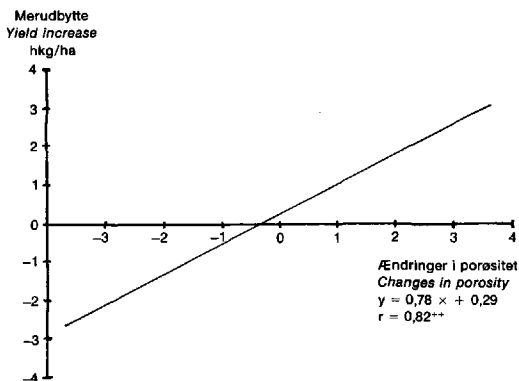


Fig. 2. Relationen mellem ændringer i porøsitet og mer-
udbytte (beregnet på grundlag af tal fra 935. beretning).
*The relation between changes in porosity and yield
increase.*

søgenes fordeling efter merudbytte. På Gotland
har der været flest forsøg med positive udslag, og
årsagen angives at være aldannelser i jordene.

Tabel 2. Forsøgenes fordeling efter merudbytte for furebunds-
løsning i Sverige (Nilsson og Henriksson 1969)

The experiments distribution after yield increase by subsoiling in Sweden

	Antal forsøg	Merudbytte i forhold til normal behandling			
		>10%	10–0%	0–+10%	<+10%
Östra Svealand	23	2	8	6	4
Kalmar län	14	1	6	5	2
Gotland	28	4	16	7	0
Skåne	9	0	5	4	0
Västre Sverige	25	6	10	6	3

I en del af disse forsøg er der gennemført fysi-
ske undersøgelser i form af penetrometermåling
og måling af jordens porøsitet. Der er ikke fundet
entydig sammenhæng mellem de målte udbytter
og de fysiske målinger.

Af danske forsøg med dybere jordbehandling
skal kort nævnes forsøg med blanding af jorden til
større dybde gennemført af Det Danske Hedesel-
skab (Jensen og Øvig 1960, Andersen 1962). For-
søgene er gennemført ved gravning af jorden.
Hvor jorden har haft en stærk lagdelt karakter,
har løsning og blanding af jorden øget udbyttet
væsentligt. På albundne jorde og på jorde med

god sandmuld på grusblandet undergrund tyder
resultaterne på, at dydebearbejdningen bør ud-
føres således, at muldlaget beholdes i overfladen,
mens undergrunden løsnes med grubber eller
specialplov.

I Hedeselskabets store maskinanlagte dybde-
bearbejdningsforsøg (Jensen 1971) har man erfa-
ringer for, at en grundig gennemført grubning på
hærdede albundne jorde i reglen vil give samme
udslag som dybpløjning. En grubning medfører
ingen væsentlige ændringer i kulturlagets indhold
af humus, kalk og næringsstoffer.

Ved »Hedebruget« er gennemført forsøgsse-

rier med dyb jordbehandling. Det drejer sig om forsøg med reolpløjning, dybpløjning og undergrundsløsning af hede og dyrket jord med alunderlag i årene 1932-41, 1956-64 og 1964-69 (Nemming 1971).

Resultatet har været vekslende fra sted til sted. Men i gennemsnit har dybpløjning givet mindre udbytter, mens undergrundsløsning har givet nær samme udbytte eller lidt større end normal behandlet. Konklusionen er, at udslagene for dyb jordbehandling på disse jorde i høj grad er afhængig af jordens lagdeling og beskaffenhed i naturlig lejring.

Af tyske forsøg skal kort nævnes et forsøg udført af Rauke (1959), der ved dybpløjning af sandjord og samtidig tilførsel af staldgødning har opnået merudbytter op til 40 pct. og i tørre år op til 60 pct. Dybpløjning og løsning har ingen effekt på jorde med høj grundvandstand.

Specht (1964) har under lignende forhold opnået 31 pct. i merudbytte for pløjning til 40 cm + 40 t staldgødning, mens pløjning alene har givet et merudbytte på 12 pct.

Schulte-Karring (1967) har i et forsøg med dræning og undergrundsløsning fundet, at dræningseffekten var meget lille på grund af lille vandbevægelse i jorden. En undergrundsløsning med tilførsel af kunstgødning i løsnesporet har sammen med dræning givet et merudbytte på 17-31 pct. Det angives, at tilførsel af gødning stabiliserer løsningen.

Meimberg (1967) har i lignende forsøg konstateret flere store porer i jorden 4 år efter undergrundsløsning. Endvidere er der i disse forsøg konstateret en dårligere struktur, når løsningen er foretaget under ugunstige forhold.

Udover de allerede nævnte svenske forsøg med dybpløjning samt furebundsløsning er der gennemført forsøg med separat undergrundsløsning på morænelerjorde (Nielsson og Henriksson 1968, Edling et al. 1969, Håkansson 1976). Der har i de fleste tilfælde kun været små og usikre udslag for løsning til større dybder. I enkelte forsøg med sikre udslag har man kunnet påvise mangler i jordprofilen. Hvor løsningen er udført under ugunstige forhold som f.eks. højt vandind-

hold i jorden, har behandlingen medført dårligere struktur og nedgang i udbyttet.

Porositets- og penetrometermålinger i forsøgene tyder på, at løsningen kan give anledning til fortætninger imellem løsnesporene, og effekten af løsningen udeblev, idet våde lerjorde er plastiske.

Fra England angiver Walpole (1971), at undergrundsløsning ofte vil være en hjælp til bedre drænvirkning på forskellige jordtyper. Løsningen skal udføres under tørre forhold, og for at være effektiv skal man kunne se en løftning af jordoverfladen. Afstanden mellem løsnesporene må sjældent være over 1,25 m og ikke under 60 cm for at kunne styre løsneren. Under gunstige forhold er løsningen effektiv i en vinkel på 45° fra skæret, og med 60 cm dybde og 1,25 m afstand mellem sporene vil løsningen nå hinanden i overfladen.

Spoor (1976) anfører, at der findes en kritisk dybde, hvor virkningen af undergrundsløsneren aftager stærkt, således at vinkelen fra skæret og opefter mindskes betydelig. Denne kritiske grænse er bl.a. afhængig af fugtighedsforholdene i jorden. Dette forhold kan modvirkes af løsner med vingeskær eller en kraftig og dyb bearbejdning af jorden enten forud for eller samtidig med løsningen.

5. Forsøgenes gennemførelse

Da statens faste forsøgsstationer ikke under alle forhold var repræsentative, og man samtidig ønskede forskellige jordtyper repræsenteret, placeredes forsøgene fortrinsvis på andre arealer. Udvalgelse af forsøgsstederne og gennemførelse af forsøgene skete i samarbejde med Landsplanteavlskontoret og de lokale planteavlskonsulenter. Ved udvælgelsen blev der lagt vægt på, at arealerne var ensartet og ikke vandlidende. Der blev ikke gennemført forudgående undersøgelse af behov for dybere jordbehandling ved udvælgelsen.

I efteråret 1971 blev der anlagt 6 forsøg og i efteråret 1972 endnu 2 forsøg med undergrundsløsning, alle fortrinsvis på lerjord følgende steder.

I 1971 ved:

Højer: Statens Marskforsøg, Højer
Skanderborg: Gdr. Valter Pedersen, Baastrup,
Skovgård, Skanderborg

Stenum: Gdr. Poul Andersen, Leen, Stenum, Brønderslev

Præstbro: Prop. J.A.P. Wette, Tveden, Agersted

Roskilde: Prop. Henrik Schiøtz, Vigersdal, Gundsømagle, Roskilde

Guldager: Gdr. Hans Bruun, Tarp, Guldager I 1972 ved:

Skørping: Gdr. Knud Kjeldsen, Horsens, Skørping

Oppelstrup: Gdr. Emil Nielsen, Oppelstrup, Gistrup

A Uløstnet

B Løstnet i 40 cm dybde og 120 cm sporafstand

C Løstnet i 40 cm dybde og 60 cm sporafstand

D Løstnet i 70 cm dybde og 120 cm sporafstand

E Løstnet i 70 cm dybde og 60 cm sporafstand

Forsøgene er anlagt som rækkeforsøg med en bruttoparcel på $7,2 \times 25$ m og med 2 gentagelser som fastliggende i 4–5 år. Der er indlagt en ekstra uløstnet parcel mellem led C og D. Gødskningen er tilpasset efter de stedlige forhold.

Løsning er kun udført ved anlæg med en Fraugde undergrundsløsner med 125 mm bredt fast skær. Afgrøden har i alle tilfælde været byg.

Gennemførelse af forsøgene er foregået ved, at anlæg, udtagning af jordprøver og fysiske målinger er foretaget af personale fra Højer forsøgsstation, mens pasning, høst og tilsyn iøvrigt er foretaget af de lokale planteavlskonsulenter og forsøgsværterne.

Udbytteresultaterne er hvert år offentliggjort i de lokale planteavlberetninger samt i oversigt over forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger (*Skriver* 1976).

5.1. Fysiske målinger m.v.

Ved forsøgenes anlæg er der i de ubehandlede parceller udtaget jordprøver i 4 dybder i en profil til bestemmelse af jordens tekstur og kemiske analyser. Der er i samme dybder udtaget jordprøver i 500 cm³ ringe til bestemmelse af jordens pore-, vand- og luftindhold. I de ubehandlede parceller er der udtaget 4 fællesprøver i hvert lag. Prøverne er udtaget i dybderne 5–15 cm, 20–30 cm, 35–45 cm og 50–60 cm, idet ringene er ca. 10

cm høje. Endvidere er der i enkelte af forsøgene udtaget prøver i 100 cm³ ringe til bestemmelse af retentionskurver som beskrevet af *Rasmussen* (1976).

Umiddelbart efter løsning af jorden er der udtaget prøver til porøsitetsbestemmelse i 500 cm³ ringe for at konstatere effekten af løsningen. Ved løsning til 40 cm dybde er der udtaget prøver i 2 dybder og ved løsning til 70 cm i 4 dybder. Dybderne har været de samme som i de ubehandlede parceller. Der er udtaget 8 prøver pr. dybde, og prøverne er udtaget efter en lineal med 10, 25, 40 og 55 cm afstand fra løsnesporet. Det medfører, at der kun er 2 fællesprøver for hver afstand og dybde.

I det følgende forår er der i 6 af forsøgene foretaget målinger af pore-, vand- og luftindhold i jorden i en uløstnet parcel samt i en parcel, der er løstnet til 70 cm dybde og med 120 cm sporafstand. Målingerne er foretaget ved gamma-neutronspredning efter etrørsmetoden, som beskrevet af *Aslyng* (1976). Målingerne i den løsnede parcel er foretaget i løsnesporet samt i 30 og 60 cm afstand fra dette.

Ved Højer, Guldager, Skørping og Oppelstrup er der i efteråret 1975 udtaget prøver i 100 cm³ ringe i 30 og 50 cm dybde dels i uløstnet og dels i løstnet til 40 og 70 cm dybde med 60 cm sporafstand til bestemmelse af retentionskurve og porestørrelsesfordeling (*Rasmussen* 1976). Der er udtaget 8 prøver pr. led pr. dybde.

6. Resultater

6.1. Teksturanalyser

Teksturanalyser i 4 dybder fra alle forsøgssteder er vist i tabel 3. Desuden er anført jordens rumvægt (pr) og volumenvægt (pt).

En karakteristik efter retningslinier udarbejdet af *Aslyng* (1976) giver følgende betegnelser af jordene:

Højer: *Lerjord* i hele profilen

Guldager: *Fin lerblandet sandjord* i overfladen

Fin sandblandet lerjord i dybden

Skørping: *Fin lerblandet sandjord* i overfladen

Fin sandblandet lerjord i dybden

Oppelstrup: *Lerjord* i overfladen

Svær lerjord i dybden

Tabel 3. Teksturanalyser
Analysis of texture, particle density (pr) and bulk density (pt)

Sted	Dybde cm	Humus	Ler <0,002 mm	Silt 0,002– 0,02 mm	Finsand 0,02– 0,2 mm	Grovsand 0,2– 2,0 mm	Vægtfylde g/cm ³ pr	Volumen- vægt g/cm ³ pt
Højer	5–15	2,9	15,0	11,2	70,4	0,5	2,64	1,38
	20–30	1,8	19,0	11,0	68,2	0	2,65	1,37
	35–45	1,5	18,0	10,8	69,7	0	2,67	1,40
	50–60	1,2	18,0	10,4	70,4	0	2,67	1,39
Guldager	5–15	2,7	6,5	11,4	52,0	27,5	2,55	1,19
	20–30	4,1	6,8	10,2	50,7	28,2	2,59	1,40
	35–45	1,1	9,2	10,8	48,7	30,2	2,65	1,45
	50–60	0,3	14,0	12,0	41,3	32,4	2,68	1,69
Skørping	5–15	3,2	8,6	16,8	52,7	18,7	2,59	1,41
	20–30	2,9	8,6	16,8	54,0	17,7	2,59	1,38
	35–45	1,7	8,8	16,6	53,3	19,6	2,64	1,42
	50–60	0,5	13,6	15,6	49,7	20,6	2,66	1,69
Oppelstrup	5–15	2,8	14,4	17,6	48,7	16,5	2,61	1,61
	20–30	2,5	15,6	15,6	49,3	17,0	2,62	1,51
	35–45	1,3	22,0	20,0	40,6	16,1	2,70	1,61
	50–60	0,9	27,2	20,8	35,1	16,0	2,70	1,68
Roskilde	5–15	2,5	17,4	17,8	43,6	18,7	2,64	1,65
	20–30	2,2	19,4	20,2	42,7	15,5	2,66	1,54
	35–45	1,2	33,6	26,8	35,0	3,4	2,73	1,58
	50–60	1,1	40,0	33,2	25,0	0,7	2,75	1,60
Stenum	5–15	2,4	29,6	18,8	46,2	3,0	2,61	1,30
	20–30	1,3	35,6	22,6	39,1	1,4	2,71	1,49
	35–45	0,5	23,2	22,2	53,0	1,1	2,73	1,57
	50–60	0,5	41,6	31,2	25,9	0,8	2,75	1,55
Præstbro	5–15	1,0	26,4	22,4	47,5	2,7	2,60	1,29
	20–30	2,8	31,0	29,2	35,6	1,4	2,66	1,48
	35–45	0,9	25,2	22,0	51,6	0,3	2,73	1,47
	50–60	1,2	36,2	30,4	31,9	0,3	2,73	1,41
Skanderborg	5–15	3,2	23,4	17,4	26,3	29,7	2,59	1,39
	20–30	2,9	26,4	18,6	24,8	27,3	2,65	1,48
	35–45	1,1	46,0	29,6	18,9	4,4	2,73	1,47
	50–60	1,1	45,0	35,6	17,5	0,8	2,73	1,49

Roskilde: *Lerjord* i overfladen

Svær lerjord i dybden

Stenum: *Svær lerjord* i hele profilen

Præstbro: *Svær lerjord* i hele profilen

Skanderborg: *Svær lerjord* i overfladen

Meget svær lerjord i dybden

Jorden ved Guldager og Skørping er typiske morænesandjorde med en noget vekslende sammensætning. Ved Guldager er der tegn på begyndende aldannelser i ca. 40 cm dybde. De svære morænelerjorde er repræsenteret ved Roskilde og Oppelstrup. Jordene ved Højer, Stenum, og

Præstbro minder meget stærkt om hinanden i opbygning, idet disse fra 30 cm og nedad er stærk lagdelte med tynde lag vekslende mellem ler og finsand. For Højers vedkommende er der tale om en let saltvandsmarsk og for Stenum og Præstbro om hævet havbund. Jorden ved Skanderborg er dannet ved sedimentering. I alle tilfælde drejer det sig om jorde med jævne overgangslag uden skarpe skel.

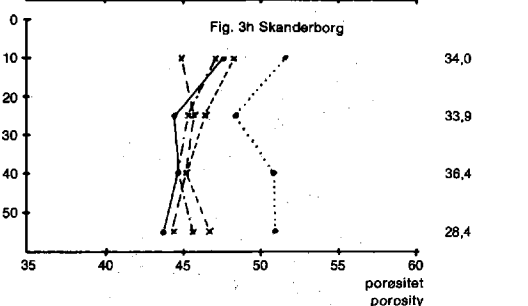
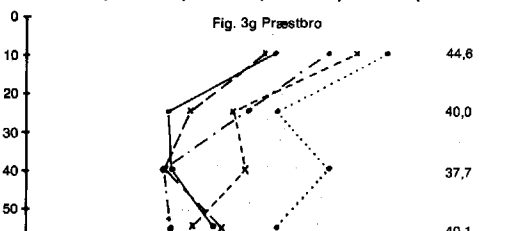
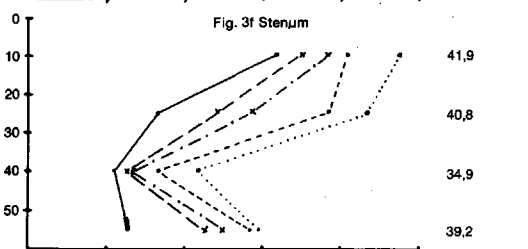
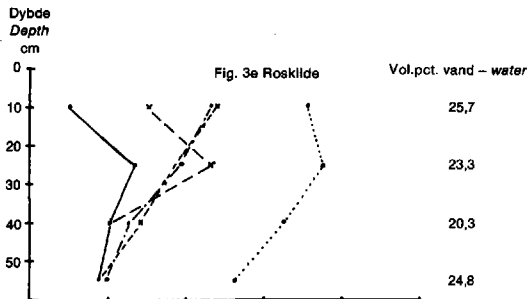
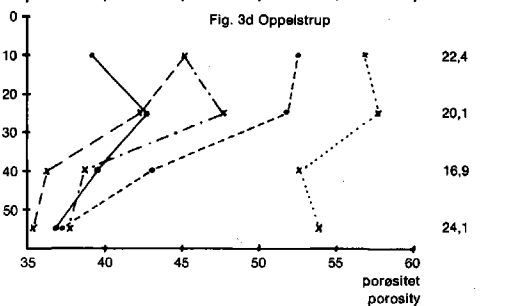
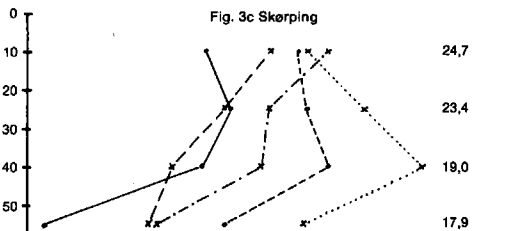
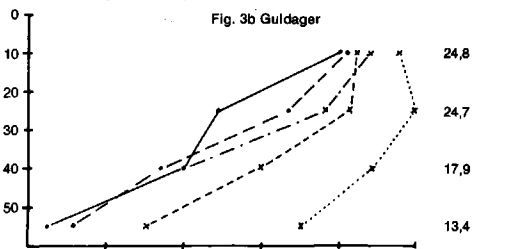
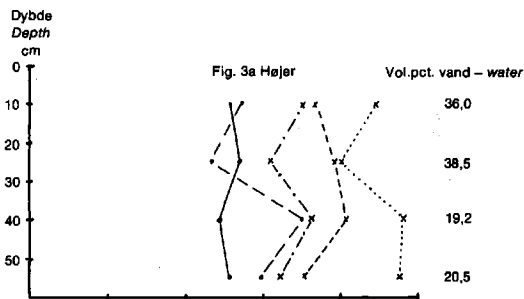
6.2. Kemiske analyser

Der er udtaget jordprøver i de samme dybder som nævnt ovenfor til bestemmelse af jordens Rt, Ft, Kt, Mgt, Cat og OK, og resultaterne er vist i tabel 4.

På morænejordene falder Rt og næringsstofindholdet med dybden, især ved Guldager. På sedimentationsjordene stiger Rt og næringsstofindholdet med dybden. Ombytningsskapaciteten

Tabel 4. Jordbundsanalyser
Soil Analysis

Sted	Dybde cm	Rt	Ft	Kt	Mgt	Cat	OK
Højer	5-15	7,7	9,8	13,2	27,0	298	25,6
	20-30	7,8	9,9	14,1	26,4	225	20,2
	35-45	7,9	9,5	15,5	29,5	177	19,5
	50-60	8,0	9,1	17,5	30,5	149	17,3
Guldager	5-15	5,8	5,3	3,1	2,5	81	17,1
	20-30	5,1	1,5	2,2	2,0	70	17,3
	35-45	5,0	0,5	1,9	0,5	12	7,8
	50-60	4,7	0,2	4,0	1,0	21	7,1
Skørping	5-15	6,9	7,2	7,5	4,0	177	12,0
	20-30	6,7	5,1	8,3	3,5	169	10,9
	35-45	6,5	4,4	4,3	3,5	94	7,9
	50-60	6,0	2,8	4,3	2,5	78	6,4
Oppelstrup	5-15	7,1	7,8	8,5	4,5	211	14,7
	20-30	7,4	7,2	10,4	4,5	197	13,6
	35-45	6,5	1,9	8,5	7,0	180	14,0
	50-60	6,4	1,4	9,5	9,5	183	21,8
Roskilde	5-15	6,0	4,0	6,1	8,0	200	14,9
	20-30	6,0	3,6	6,9	7,5	210	15,4
	35-45	6,4	1,3	9,6	13,0	309	23,1
	50-60	6,4	1,4	11,2	17,5	375	28,7
Stenum	5-15	7,6	13,6	19,5	22,5	481	35,2
	20-30	7,5	12,0	16,8	26,0	362	23,7
	35-45	8,0	11,6	14,1	21,0	210	15,5
	50-60	8,1	1,6	20,1	31,0	202	17,6
Præstbro	5-15	6,4	10,0	15,1	28,5	329	28,4
	20-30	5,9	7,0	13,3	39,5	273	24,9
	35-45	6,6	9,0	12,3	46,0	203	19,8
	50-60	7,1	14,0	18,9	70,0	254	24,7
Skanderborg	5-15	6,7	6,2	7,7	10,0	297	21,8
	20-30	6,6	5,3	7,7	10,5	291	22,7
	35-45	6,7	4,8	11,9	20,5	404	29,1
	50-60	7,8	13,2	13,9	18,0	543	29,7



- Uløsnet - untreated
- - - Løsnet, 55 cm fra spor - from track
- · - Løsnet, 40 cm fra spor - from track
- - - Løsnet, 25 cm fra spor - from track
- · · Løsnet, 10 cm fra spor - from track

er ret normal for de pågældende jordtyper, og basemætningsgraden ligger omkring 75 pct., bortset fra Guldager, hvor den er nede på omkring 20–25 pct.

6.3. Porositetsmålinger ved anlæg

Ved anlæg er der udtaget prøver til porositetsmålinger i alle forsøgsled og steder. Resultaterne af samtlige prøver er samlet i tabeller, som er arkiveret ved Højer forsøgsstation, hvorfra de kan

Fig. 3a–h. Porositet i uløsnet og løsnet til 70 cm dybde og 120 cm afstand ved anlæg. Porosity in untreated and treated to 70 cm depth and 120 cm trackspace by establishment.

rekvireres. I det følgende omtales enkelttallene fra forsøgsleddet med løsning til 70 cm dybde og 120 cm sporafstand, idet disse giver en god oversigt over forholdene det enkelte sted. For de øvrige forsøgsled omtales kun gennemsnitsresultaterne.

I figur 3a-h er vist porøsiteten fra alle 8 arealer, dels i det uløsnede forsøgsled og dels i forskellig afstand fra løsnesporet. Desuden er vandindholdet ved anlæg anført i højre side af figuren.

Højer (figur 3a) Porøsiteten er høj gennem hele profilen. Umiddelbart før løsningen var der faldet en del regn, således at den øverste del af jorden var blødt op, men uden at være fedtet i overfladen, hvorimod den var tør i bunden. 55 cm fra sporet har traktoren trykket jorden i de øverste lag, men længere nede har der været en god virkning selv i en afstand af 55 cm fra spor.

Guldager (figur 3b) Jorden er meget porøs i overfladen, men porøsiteten aftager hurtigt med dybden, for at slutte med ca. 36 vol. pct. porer i 50-60 cm dybde. Andre undersøgelser viser, at de tætte lag fortsætter nedad. I dybden 20-30 cm har løsningen været effektiv, hvorimod virkningen aftager nedad, når man fjerner sig fra sporet. Det kan skyldes jordens lave lerindhold.

Skørping (figur 3c) I de øverste 40 cm er jorden ret porøs, men i 50-60 cm dybde bliver den meget tæt, og denne tæthed fortsætter nedad. I overfladen har der været en god virkning, men virkningen i dybden har været dårlig i 40-60 cm afstand fra sporet.

Oppelstrup (figur 3d) Der er tegn på en pakning af pløjelaget. Umiddelbart under pløjelaget er jorden forholdsvis løs, for derefter at blive meget tæt i dybden. Virkningen af løsningen har været forholdsvis beskednen i dybden.

Roskilde (figur 3e) Også her er der tegn på en pakning af pløjelaget. Iøvrigt er profilen ikke ekstrem tæt. Virkningen af løsningen har været stor i de øverste lag, mens der kun har været en målelig virkning i umiddelbar nærhed af sporet i 40-60 cm dybde.

Stenum (figur 3f) Jorden er meget løs i overfladen, men porøsiteten aftager med dybden, dog uden at nå ekstrem lave værdier. Trods et højt vandindhold har løsningen været god.

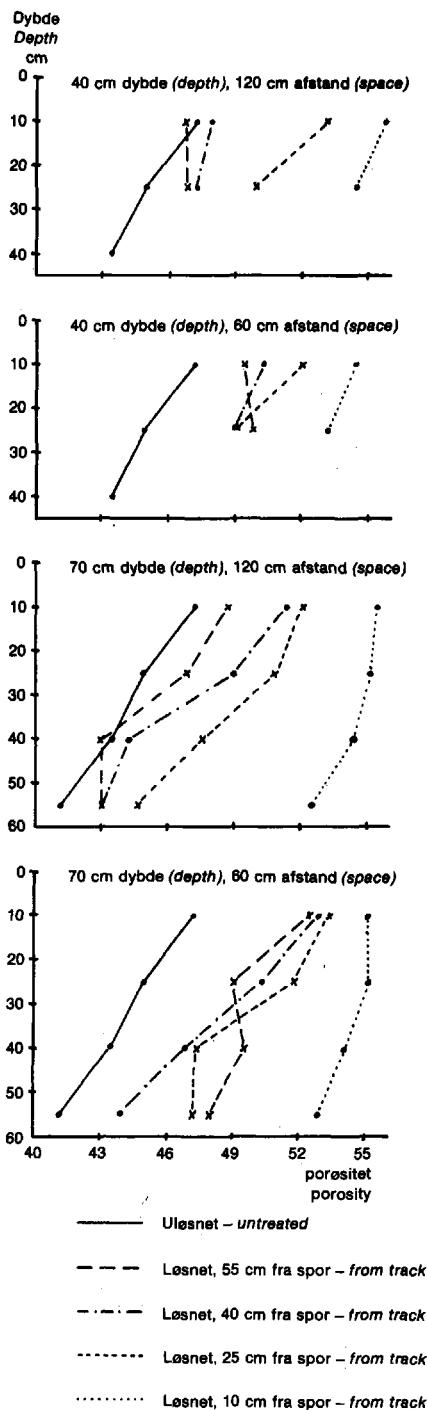


Fig. 4. Porøsitet ved anlæg i gennemsnit af 8 forsøg. Porosity by establishment in average of 8 experiments.

Præstbro (figur 3g) Jorden er meget løs i overfladen og i 50–60 cm dybde, hvorimod porøsiteten er lavere i de mellemliggende lag, hvilket kan skyldes pakning af jorden som følge af trafik. Porøsiteten er dog høj i hele profilen. Jorden var stærk vandfyldt ved løsningen, og tallene tyder på, at traktorhjulet har trykket jorden sammen.

Skanderborg (figur 3h) Porøsiteten er høj i hele profilen. Virkningen af løsningen har været lille, idet der kun har været målelige udslag i umiddelbar nærhed af løsnesporet. I våd tilstand er jorden ret plastisk.

I figur 4 er vist tilsvarende opstilling for samtlige forsøgsled i gennemsnit af alle 8 forsøgssteder. Der er brugt samme betegnelse for kurverne uanset afstand mellem løsnespor, idet løsning med 60 cm afstand er foregået ved, at der først er løsnet i 120 cm afstand, hvorefter der er foretaget løsning mellem disse. Derved opnår man, at der kun er kørt på hvert andet spor.

Som det fremgår af kurverne, har løsning med 60 cm afstand bevirket, at den først foretagne løsning er trykket sammen, og derved er effekten af løsning med lille sporafstand mindre end tilsigtet.

Figur 5 viser effekten af løsningen i gennemsnit af de 8 forsøg og af hver dybde i hele profilen i form af pore-, vand- og luftindholdet.

Af denne fremgår det endnu tydeligere, at forskellen i porøsiteten mellem de to sporafstande er forholdsvis beskedne. Ændringer i vandindholdet skyldes ændringer i jordens volumen, idet prøverne er taget umiddelbart efter løsning, og derved falder ændringerne fortrinsvis på luftindholdet.

6.4. Retentionskurver

Jordens strukturforhold er ikke blot afhængig af porøsiteten, men også af porestørrelsesfordelingen. Ved pF 0 er alle porer vandfyldte, og pF 2,0 er lig med en afsugning på $\div 1$ m vandsøjle og svarer til, at alle porer $> 30 \mu\text{m}$ er tømt for vand. Da det hovedsagelig er disse porer, der sørger for afdræning og luftskifte i jorden, er denne størrelse af betydning for jordens dyrkningsegenskaber. Forskellen mellem pF 2,0 og 4,2 angiver med god tilnærmelse den vandmængde, som er til rådighed

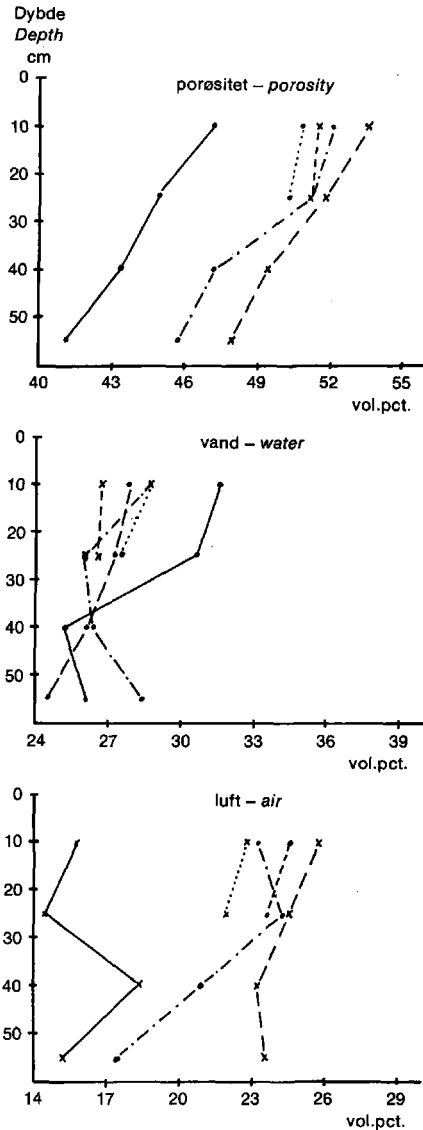


Fig. 5. Effekt af løsning ved anlæg i gennemsnit af 8 forsøg.

Effect of subsoiling by establishment in average of 8 experiments.

for planterne. Den resterende del af vandet, som er bundet ved pF 4,2 eller i porer $< 0,2 \mu\text{m}$ udgør det for planterne utilgængelige vand.

Ved Stenum, Præstbro og Skanderborg er der udtaget jordprøver samtidig med anlæg til bestemmelse af retentionskurver, og resultaterne vises i figur 6a-c.

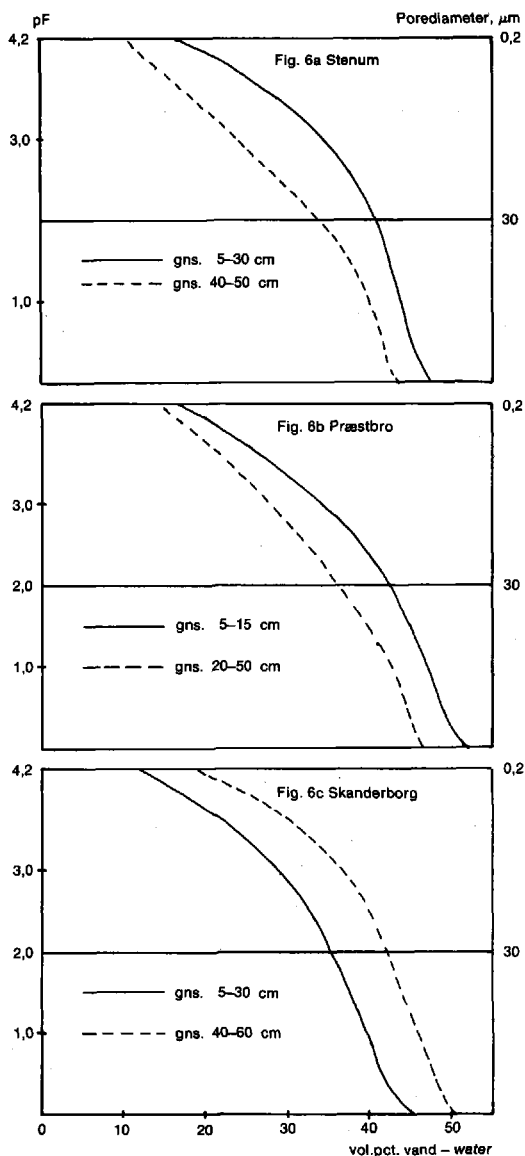


Fig. 6a-c. Retentionskurver ved anlæg.
Retention curves by establishment.

Som det fremgår af figurene, er kurvernes form og beliggenhed meget nær ens for de 3 jorde. Kurverne for de to dybder ved Skanderborg har dog skiftet beliggenhed i forhold til Stenum og Præstbro. Volumenprocent porer $> 30 \mu\text{m}$ ligger mellem 7,5 og 10 pct., hvilket er i underkanten af det ønskelige. Den tilgængelige vandmængde udgør på disse jorde 20-25 vol.pct.

6.5. Porøsitetmålinger efter anlæg

I det følgende forår efter anlæg er der i 6 af forsøgene foretaget porøsitetmålinger ved hjælp af gamma-neutronspreddning i en uløstnet parcel samt i en parcel løstnet i 70 cm dybde og med 120 cm sporafstand. I den løsnede parcel er målingerne foretaget i sporet samt i 30 og 60 cm afstand fra dette. Resultatet af målingerne er vist i figur 7a-f.

Fælles for alle målinger er, at en forøgelse af totalporøsiteten stort set kun kan påvises direkte i løsnesporet. I 30 og 60 cm afstand er der ingen eller usikre udslag for løsningen. Der er endvidere en gennemgående tendens til, at indholdet af vand i volumenprocent er nær ens uanset behandlingen. Derved har forøgelsen af totalporøsiteten betydet en stor forøgelse af luftindholdet.

De fleste af målingerne er foretaget, mens vandindholdet i jorden var nær markkapacitet. Under 10 volumenpct. luft ved markkapacitet angives som den kritiske grænse for jordens luftindhold. Planternes vandforbrug bevirker et højere luftindhold i jorden end ved markkapacitet, og derved er den kritiske grænse afhængig af måletidspunktet. Hvis tidspunktet for målingerne tages i betragtning, vil man se, at luftindholdet i de uløsnede ligger nær denne grænse i flere af forsøgene.

Målinger på senere tidspunkter viser, at løsningseffekten stort set har holdt sig på samme niveau gennem vækstsæsonen, men resultaterne er ikke anført her.

Ved Højer er der med mellemrum foretaget målinger af porøsitet i 1. vækstsæson. Porøsiteten har kun vist små forskydninger, som kan skyldes ændringer i volumen af måleområdet som følge af ændret vandindhold i jorden.

I figur 8 er vist luftindholdets ændringer i løbet af vækstsæsonen. Fra 27.4. til 11.7. har ændrin-

Fig. 7a Højer 27.04.72

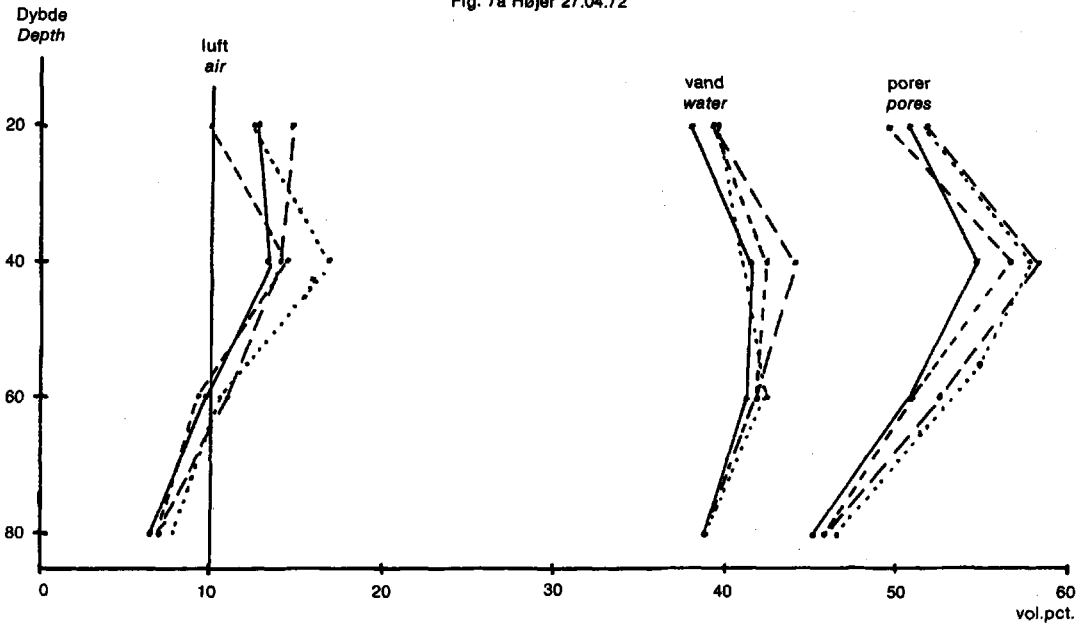


Fig. 7b Guldager 03.05.72

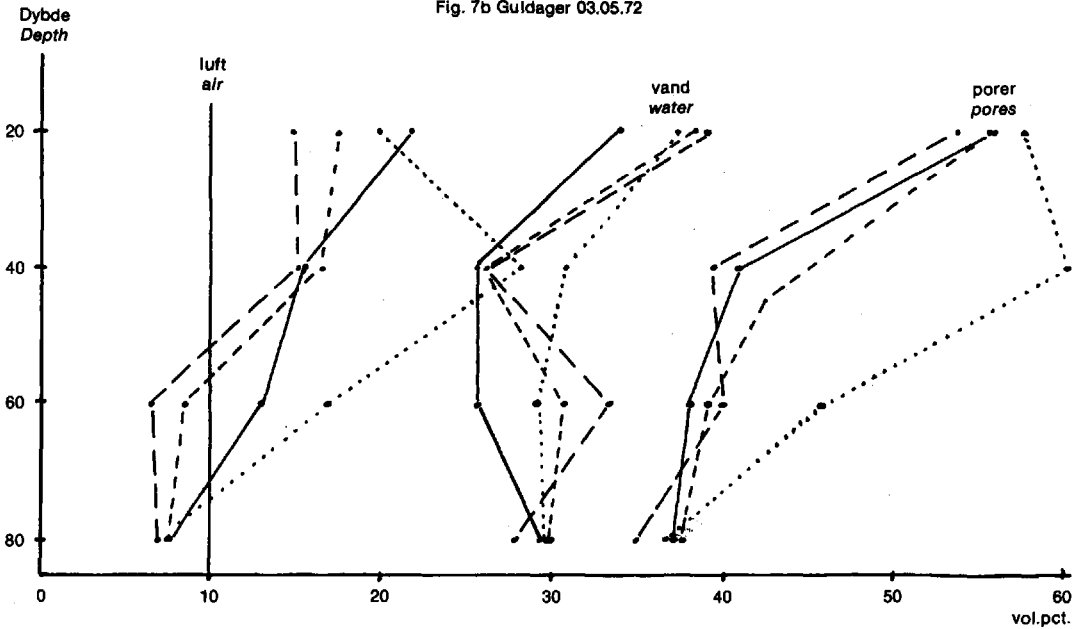


Fig. 7c Skærping 07.06.73

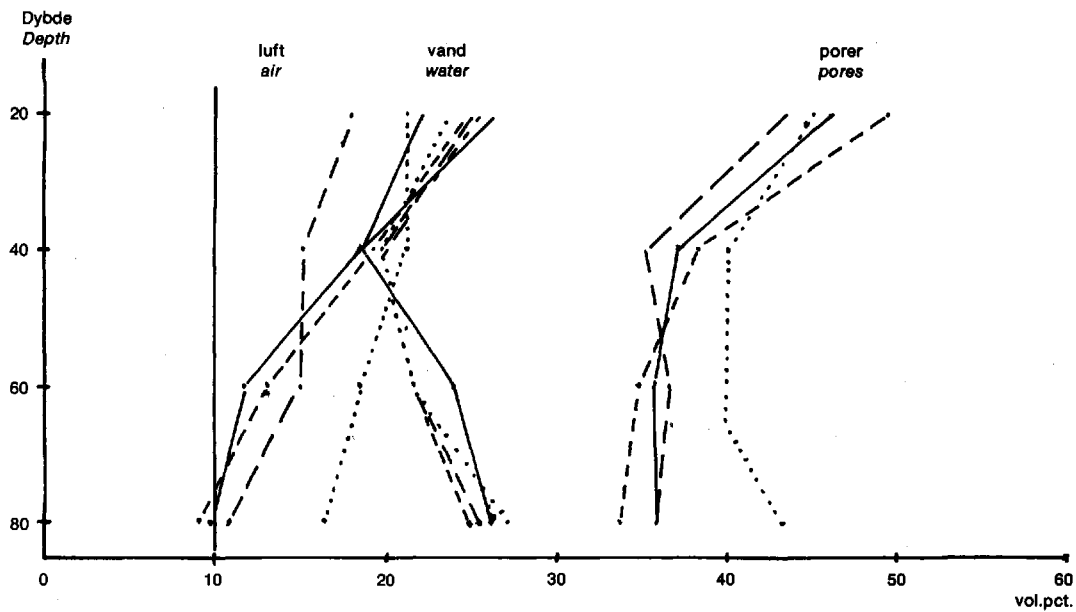


Fig 7d Oppedstrup 07.06.73

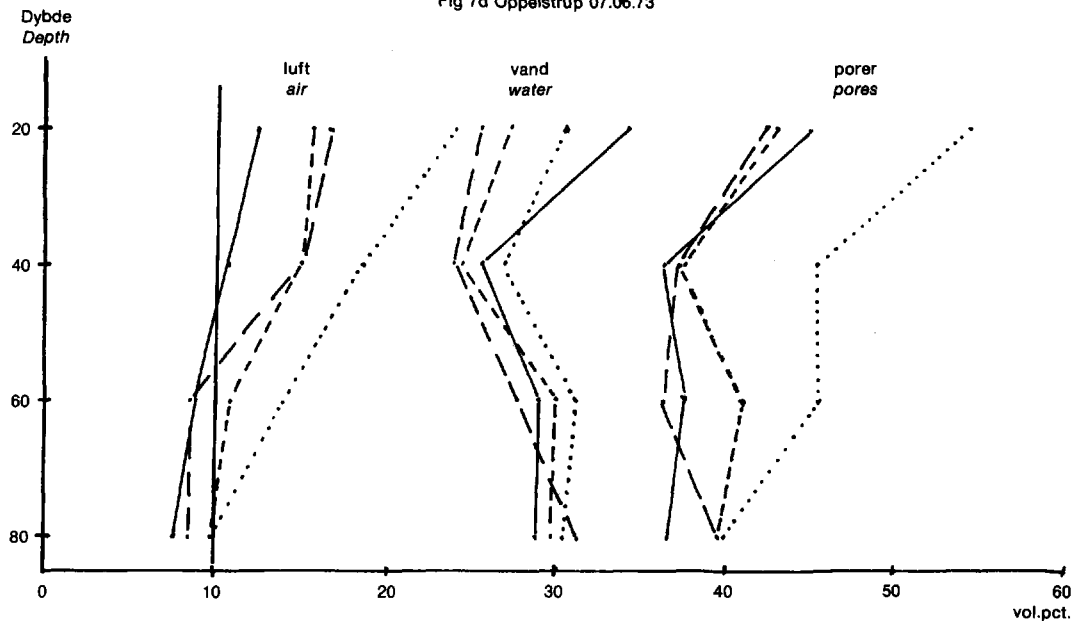


Fig. 7e Roskilde 15.05.72

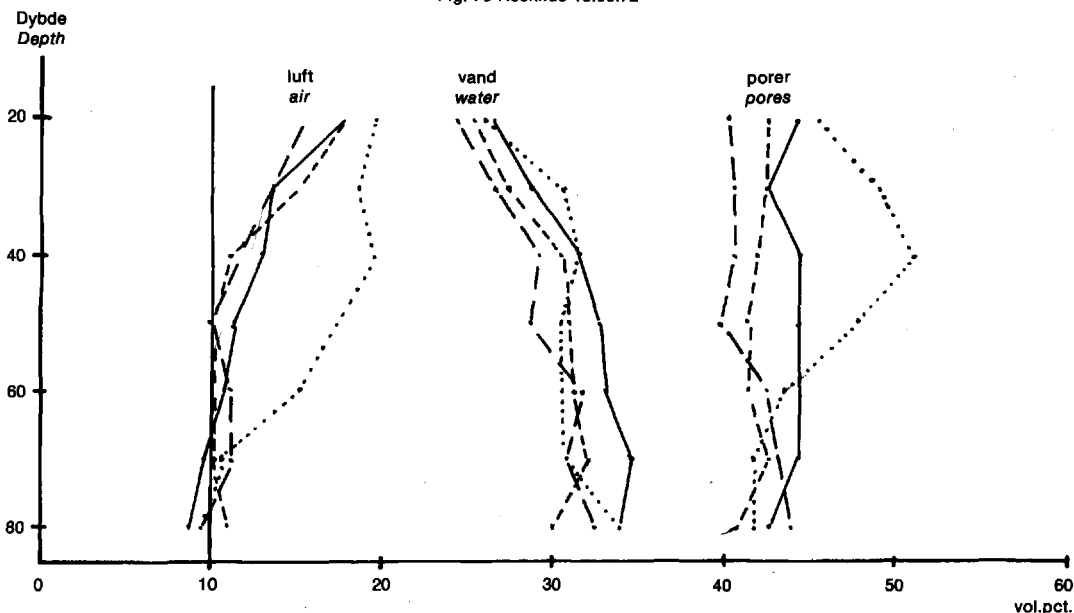
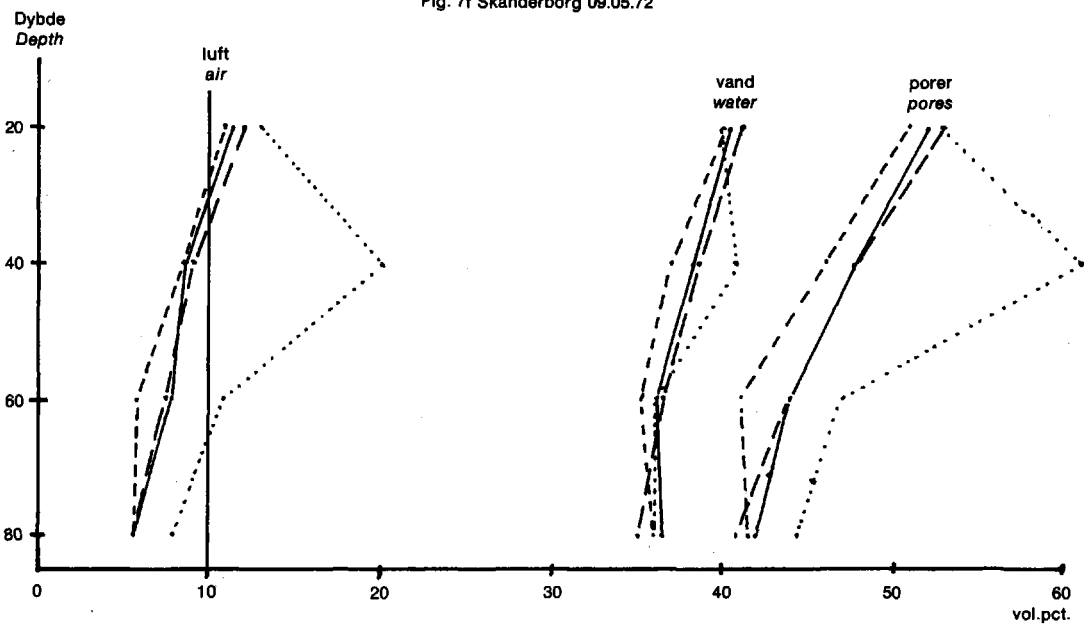


Fig. 7f Skanderborg 09.05.72



- Uløstnet - untreated
- - - Løstnet 60 cm fra spor - from track
- · - Løstnet 30 cm fra spor - from track
- · · · · Løstnet i spor - in track

Fig. 7a-f. Pore-, vand- og luftindhold i jorden i 1. vækstsæson efter løsning målt med gamma-neutronudstyr. Pore-, water- and air content in the soil in the first growing season with gamma- and neutron ray equipment.

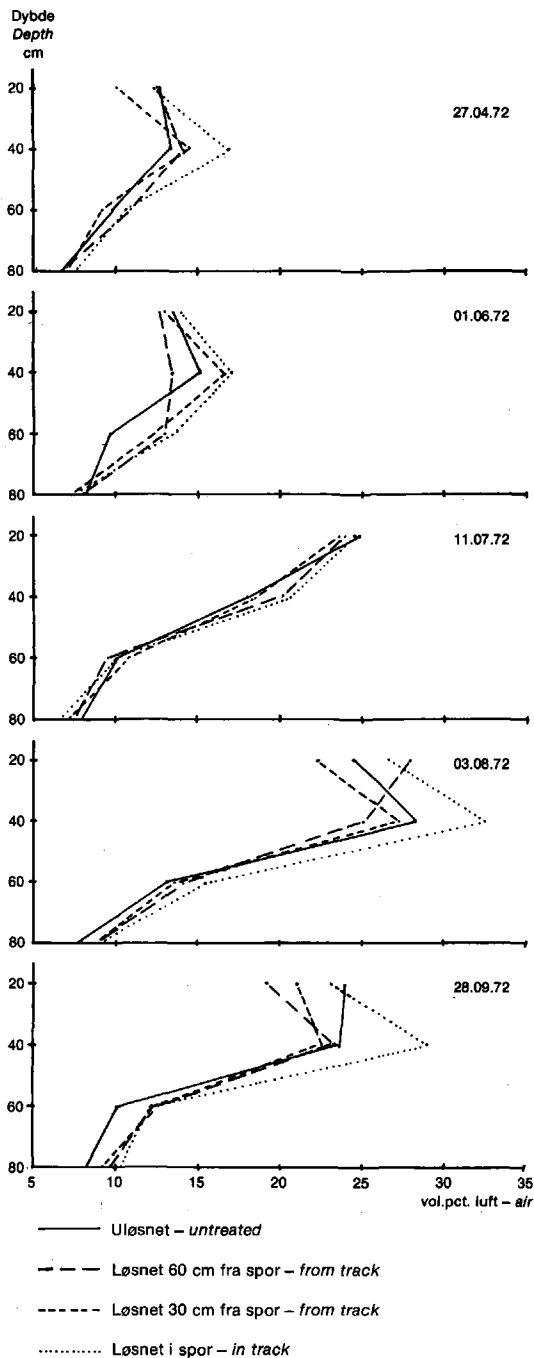


Fig. 8. Vol.pct. luft i jorden gennem 1. vækstsæson ved Højer.
Volume per cent air in the soil through the first growing season.

gerne i luftindholdet mellem målingerne været beskedne, idet ændringerne i kurvernes beliggenhed skyldes planternes vandforbrug. Dette betyder, at planternes vandforbrug har været nær ens uanset behandling. Kurverne viser endvidere, at luftindholdet i 60 cm dybde har været ens i denne periode. Det kan tyde på, at planterødderne ikke har nået denne dybde. Målingen den 3.8. umiddelbart før høst viser, at der er sket ændringer i 60 cm dybde, samt at luftindholdet i løsnesporet er steget mere end i de øvrige målesteder. Dette kan skyldes en større vækst og vandforbrug i sporet, men da luftindholdet i 30 og 60 cm afstand fra sporet er lavere end i det uløsnede forsøgsled, kan forklaringen være, at planterne herfra har sendt rødder ind i det løsnede område, hvorved der er sket en stærkere udtørring af jorden. I løsnesporet er der samtidig sket en udtørring til større dybde, hvilket må skyldes, at rødderne er nået længere ned.

6.6. Udbytteresultater

Der er kun foretaget udbyttebestemmelse i byg. Ved Guldager var afgrøden i 1973 konserveresærter. Ved Stenum er der foretaget ændringer ved drænsystemet i efteråret 1973, som berørte forsøgsarealet, og ved Præstbro skete en vejforlægning.

I tabel 5 er vist udbytterne alle steder og år, og desuden gennemsnitsresultaterne for det enkelte sted. Udbyttet er udregnet som hkg kerne pr. ha i gennemsnit af 40 og 70 cm dybde og af 120 og 60 cm sporafstand.

Ved Højer, Guldager, Skørping og Ooppelstrup er der sikre udslag for løsning både ved 40 og 70 cm dybde, og ved Guldager og Ooppelstrup er der desuden sikre forskelle mellem 40 og 70 cm dybde. Udslagene for forsøgsbehandlingerne ved Roskilde har varieret meget fra år til år, hvorfor Roskilde ikke er medregnet i totalgennemsnittet eller senere beregninger. Ved Stenum, Præstbro og Skanderborg har der kun været små og usikre udslag, dels på grund af manglende behov for løsning, og dels på grund af manglende effekt af løsningen. I gennemsnit af 21 forsøg har der været et merudbytte på 1,2 hkg for løsning i 40 cm dybde og 1,8 hkg for løsning i 70 cm dybde.

Tabel 5. Udbytte af byg i hkg pr. ha
Yields of barley in hkg pr. ha

Sted	År	Uløsnet	Dybde		Afstand		LSD ₉₅
			40 cm	70 cm	120 cm	60 cm	
Højer	1972	45,1	45,3	45,6	46,0	44,9	
	1973	49,0	49,3	49,0	49,0	49,3	
	1974	49,6	51,6	52,5	51,9	52,2	
	1975	58,2	58,6	59,9	59,2	59,3	
	1976	53,5	55,0	54,1	55,2	53,9	
	Gns.	51,1	52,0	52,2	52,3	51,9	0,7
Guldager	1972	46,0	47,0	48,3	47,3	48,0	
	1974	46,0	46,3	48,2	47,3	47,3	
	Gns.	46,0	46,7	48,3	47,3	47,7	0,4
Skørping	1973	37,1	40,0	40,8	40,3	40,3	
	1974	49,6	52,2	51,6	51,6	52,2	
	1975	44,2	44,5	47,1	46,3	47,4	
	1976	33,9	34,5	33,7	34,1	34,1	
	Gns.	41,2	42,8	43,3	43,1	43,5	1,0
Oppelstrup	1973	47,0	49,8	52,5	50,8	51,5	
	1974	53,2	56,0	58,2	57,0	57,2	
	1975	43,4	47,6	48,4	47,4	48,6	
	1976	39,4	40,4	41,6	41,4	40,6	
	Gns.	45,8	48,5	50,2	49,2	49,5	0,8
Roskilde	1972	48,8	49,4	54,4	50,1	53,7	
	1973	44,9	49,0	44,1	45,5	47,6	
	1974	33,7	34,8	31,2	32,7	33,3	
	1975	63,5	60,1	68,1	64,1	64,0	
	Gns.	47,7	48,3	49,5	48,1	49,7	-
Stenum	1972	40,8	41,8	41,4	39,5	43,6	
	1973	60,8	63,1	63,6	63,7	63,0	
	Gns.	50,8	52,5	52,5	51,6	53,3	-
Præstbro	1972	47,9	47,5	48,4	48,4	47,5	-
Skanderborg	1972	47,3	47,5	47,0	47,8	46,7	
	1973	56,0	56,3	55,2	56,1	55,3	
	1974	66,1	65,3	65,5	65,5	65,3	
	Gns.	56,5	56,4	55,9	56,5	55,8	-
Gennemsnit af alle forsøg (+ Roskilde)	21 fs.	48,3	49,5	50,1	49,8	49,9	

En formindskelse af sporaftstanden fra 120 cm til 60 cm har i gennemsnit af forsøgene ikke påvirket udbyttet.

6.7. Porestørrelsesfordeling ved afslutning
 I efteråret 1975 er der udtaget jordprøver ved Højer, Guldager, Skørping og Oppelstrup til be-

Tabel 6. Porestørrelsesfordeling i vol.pct. ved forsøgets afslutning
Pore size distribution at the end of the experiment, per cent by volume

	Porøsitet	>30	Porestørrelse, μm 30-0,2	<0,2
<i>Højer</i>				
<i>30 cm dybde</i>				
Uløsnet	54,4	13,4	23,8	17,2
Løsnet 40 cm, mellem spor	43,2	6,0	25,3	11,9
i spor	45,1	8,5	24,7	12,0
Løsnet 70 cm, mellem spor	52,6	15,2	24,5	13,0
i spor	54,4	19,1	22,2	13,2
<i>50 cm dybde</i>				
Uløsnet	43,9	6,4	24,6	12,9
Løsnet 70 cm, mellem spor	45,0	8,4	26,1	10,5
i spor	46,7	12,1	24,3	10,4
<i>Guldager</i>				
<i>30 cm dybde</i>				
Uløsnet	42,0	14,0	21,8	6,2
Løsnet 40 cm, mellem spor	47,7	18,4	20,7	8,6
i spor	49,6	22,3	18,7	8,6
Løsnet 70 cm, mellem spor	49,2	21,3	22,0	5,9
i spor	50,8	22,7	22,4	5,8
<i>50 cm dybde</i>				
Uløsnet	41,0	15,6	14,1	11,3
Løsnet 70 cm, mellem spor	45,3	21,1	18,0	6,2
i spor	49,2	27,1	16,3	5,8
<i>Skørping</i>				
<i>30 cm dybde</i>				
Uløsnet	45,7	15,9	22,9	6,9
Løsnet 30 cm, mellem spor	48,8	20,1	22,3	6,5
i spor	49,2	21,4	21,4	6,4
Løsnet 70 cm, mellem spor	49,9	21,6	21,9	6,4
i spor	51,0	23,1	21,6	6,3
<i>50 cm dybde</i>				
Uløsnet	48,7	17,3	26,2	5,2
Løsnet 70 cm, mellem spor	51,1	19,0	26,4	5,7
i spor	51,5	21,0	24,8	5,8
<i>Oppelstrup</i>				
<i>30 cm dybde</i>				
Uløsnet	42,6	11,7	21,7	9,2
Løsnet 40 cm, mellem spor	40,9	11,3	20,5	9,1
i spor	41,6	12,5	20,5	8,6
Løsnet 70 cm, mellem spor	40,4	10,6	20,6	9,2
i spor	45,9	17,7	19,8	8,4
<i>50 cm dybde</i>				
Uløsnet	40,4	13,0	18,1	9,3
Løsnet 70 cm, mellem spor	40,8	13,8	16,3	10,7
i spor	44,3	19,1	17,0	8,2

stemmelse af porøsitet og porestørrelsesfordeling. Prøverne er udtaget i uløsnet og desuden i løsnet til 40 og 70 cm dybde med 60 cm sporafstand. Prøverne er udtaget i 30 og 50 cm dybde med 8 fællesprøver for hver dybde. I forsøgsledet med løsning til 40 cm dog kun i 30 cm dybde. Prøverne er udtaget efter en lineal på tværs af løsnesporet og med 15 cm afstand. Herved har det været muligt at dele prøverne i grupper mellem spor og i spor med 4 prøver i hver gruppe.

Resultaterne er vist i tabel 6 for hvert enkelt sted. Ved Højer har løsning til 40 cm bevirket en blanding af jorden, således at prøverne fra dette forsøgsled får karakter af at være udtaget i større dybde end tilfældet har været. Hvor jorden er løsnet i 70 cm dybde, har der været en forøgelse af porer $> 30 \mu\text{m}$, især i sporet. Ved Guldager og Skørping er der en stigning både i totalporøsiteten og porer $> 30 \mu\text{m}$ både i og mellem sporet. Ved Opelstrup er totalporøsiteten reduceret lidt mellem sporet, og porer $> 30 \mu\text{m}$ er af ca. samme størrelse som i uløsnet. I sporet er der sket en forøgelse af totalporøsitet og porer $> 30 \mu\text{m}$.

7. Diskussion

Et af problemerne ved forsøg med undergrundsløsning har været, at variationerne i merudbyttet for løsning har været meget svingende, således at det gennemsnitlige merudbytte i en forsøgsserie har været meget lille.

Formålet med forsøgene har været at klarlægge årsagerne til variationerne, samt om man ved profilundersøgelser og fysiske målinger vil kunne give vejledning til praktikerne om behov for en løsning. Ved de fysiske målinger er der især lagt vægt på undersøgelser over porøsitetsforholdene samt porestørrelsesfordelingen i jorden.

Ved profilundersøgelserne i de svenske forsøg (Edling et al. 1969) samt i Det Danske Hedeselskabs dybdebearbejdningsforsøg er der lagt vægt på, om der findes tætte horisonter i jorden som f.eks. aldannelser, eller om jorden er stærk lagdelt. Aldannelser eller stærk lagdeling især med groft grus bevirker, at rødderne ikke har mulighed for at gå i dybden, hvorved det område, hvor planterødderne henter vand, begrænses.

Ved vurderingen af mulighederne for at opnå

en løsning af jorden spiller jordens tekstur og vandindhold en afgørende rolle. Et eksempel på en jordtype, som vanskelig lader sig løsne effektivt, er Skanderborgjorden. I figur 3h ses det, at der kun har været en beskedent løsning i selve løsnesporet, og i de øvrige afstande fra sporet er der ikke sket en løsning.

Det store trækraftbehov ved undergrundsløsning bevirker, at jorden udsættes for meget store tryk, og ifølge Rasmussen (1976) og Eriksson et al. (1974) er jorden stærkere udsat for skadelige trykpåvirkninger ved højt vandindhold.

I figur 9 er vist relationer mellem jordens vandindhold ved løsning og stigning i volumenpct. porer ved løsning i gennemsnit af alle forsøgene og hele den løsnede profil. Kurverne viser en tendens til stigende effekt ved faldende vandindhold.

En visuel bedømmelse af en jordprofil vil altid være behæftet med ret stor usikkerhed, hvorfor det vil være mere sikkert at angive behov for løsning ud fra fysiske målinger.

I alle forsøg er der foretaget indgående undersøgelser over porøsiteten i jorden før løsning. Det har ud fra disse undersøgelser været muligt at beregne relationen mellem jordens volumenvægt og udbytte i forhold til uløsnet. Resultatet er vist i

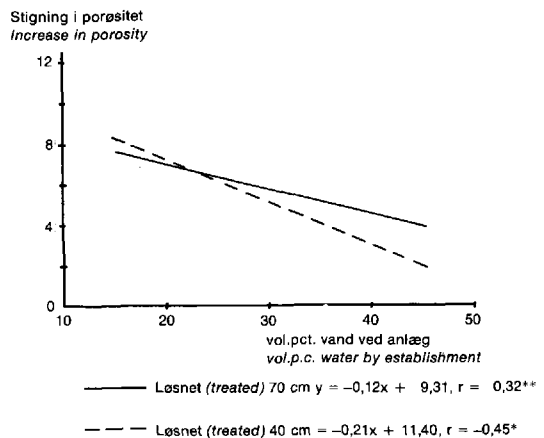


Fig. 9. Relationen mellem vandindholdet i jorden og løsningseffekten som stigning i porøsitet.

The relation between the water content in the soil and the effect of subsoiling as increase in porosity.

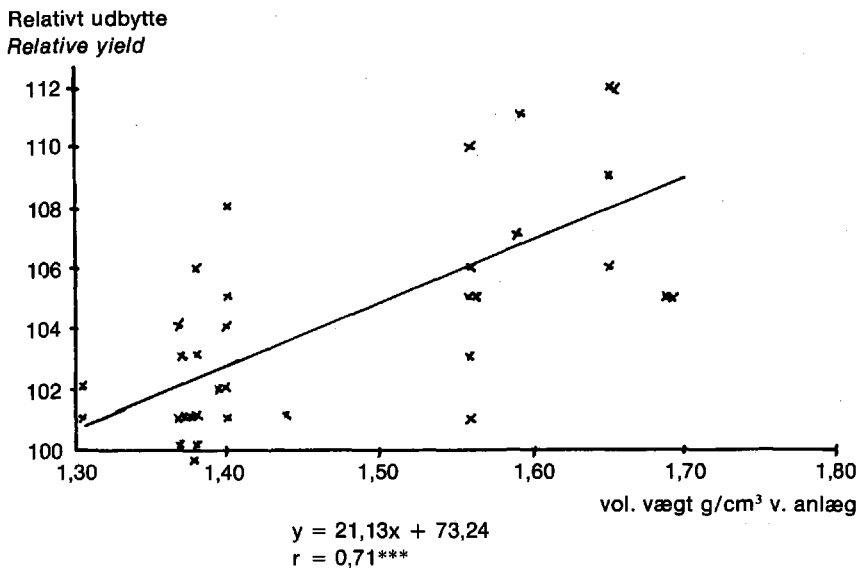


Fig. 10. Relation mellem volumenvægt i uløstnet og udbytte ved løsning (uløstnet = 100).
Relation between bulk density in untreated and yield increase by subsoiling (untreated = 100).

figur 10. Beregninger viser, at merudbyttet for løsninger er stærk korreleret med jordens rumvægt.

Efter maskinstationernes takster for markarbejde vil en løsning af jorden i ca. 70 cm dybde med 120 cm sporafstand koste 300–500 kr. pr. ha. Med de nuværende kornpriser på ca. 90 kr. pr. hkg vil et merudbytte på ca. 10 pct. kunne betale omkostningerne 1. år. En opgørelse over merudbyttets størrelse i tabel 7 viser, at merudbyttet er stort set uændret 3–4 år efter løsning, og de forskelle, som tabellen viser, kan henregnes til årsvarianter.

Når der kan forekomme udslag i positiv retning med relativt lave rumvægte, må forklaringen væ-

re, at disse jorde har en dårlig porestørrelsesfordeling. Aslyng (1976) angiver, at luftindholdet ved markkapacitet bør være over 10 pct. Porøsitetmålinger med gamma-neutronudstyr ved Højer (figur 7a) viser, at luftindholdet nær markkapacitet nærmer sig den kritiske grænse. Hvis en løsning kan bevirke, at andelen af store porer (> 30 μm) øges, vil det dermed være muligt at forbedre udbytteneiveauet. Figur 7a viser endvidere, at vandindholdet er nær ens uanset behandling, derved giver en forøgelse af totalporøsiteten sig fortrinsvis udslag i form af forøgelse i luftindholdet.

Undersøgelser ved forsøgets afslutning viser,

Tabel 7. Udbytte og merudbytte ved Højer, Guldager, Skørping og Ooppelstrup, antal år efter løsning
Yield and yield increase at Højer, Guldager, Skørping and Ooppelstrup, number of years after subsoiling

	Uløstnet	Merudbytte for løsning	
		40 cm	70 cm
1. år	43,8	1,7	3,0
2. år	50,6	1,9	2,3
3. år	45,8	1,7	3,3
4. år	43,8	1,3	0,7

Tablet 8. Porøsitet og porestørrelsesfordeling i gns. af 4 forsøg ved afslutning
Porosity and pore size distribution in average of 4 experiments at the end of the experiments

	Total porer	Porestørrelse, μm		
		>30	30-0,2	<0,2
30 cm dybde				
Uløstnet	46,2	13,8	22,6	9,9
Løstnet 70 cm, mellem spor	48,0	17,2	22,3	8,6
i spor	50,5	20,7	21,5	8,5
50 cm dybde				
Uløstnet	43,5	13,1	20,8	9,7
Løstnet 70 cm, mellem spor	45,6	15,6	21,7	8,3
i spor	47,9	19,8	20,6	7,6

at der efter 3-4 års forløb stadig kan spores en virkning af løsningen i form af lidt højere porøsitet og større andel af porer > 30 μm . I tabel 8 er vist et sammendrag af undersøgelserne ved forsøgets afslutning ved Højer, Guldager, Skørping og Opelestrup. Tallene viser, at forøgelse af porer > 30 μm er større end forøgelsen af totalporøsiteten. Forøgelsen af de store porer er fortrinsvis sket dels ved ændring af totalporøsiteten, og dels ved et fald i andelen af små porer.

8. Konklusion

Løsning af jorden til stor dybde kan under tørre forhold bevirke en øjeblikkelig og stor løsning af denne. En løsning med 60 cm sporafstand har ikke øget porøsiteten i jorden væsentlig sammenlignet med 120 cm. Under fugtige forhold kan traktorens tryk bevirke en pakning af jorden.

Løsningens indflydelse på udbyttene vil være afhængig af, om der er behov for løsning, samt om løsningen har været effektiv og stabil. Positive udslag for løsning kan forekomme på jorde med høj porøsitet, hvis der er relativ få porer > 30 μm , som er udtryk for jordens luftindhold ved markkapacitet.

En regressionsberegning viser, at der statistisk er en sammenhæng mellem jordens tæthed før løsning og merudbyttets størrelse.

Undersøgelser ved forsøgets afslutning viser, at det efter 4 års forløb stadig er muligt at måle løsningen dels i form af højere totalporøsitet og dels ved en større andel af porer > 30 μm .

Forsøgene viser, at jordens totalporøsitet, evt. kombineret med målinger af andelen af porer > 30 μm , kan give vejledning, om der er sandsynlighed for positive udslag for en løsning.

9. Erkendtlighed

Udvælgelse af forsøgsarealer er foregået i samarbejde med Landsplanteavlkontoret og de lokale planteavlskonsulenter, ligesom anlæg, pasning og høst af forsøgene er gennemført af planteavlskonsulenterne og ejerne af arealerne. Forfatteren vil gerne takke alle implicerede parter for godt samarbejde og for vel gennemført arbejde.

Litteratur

- Andersen, Sv. Aa.* (1962) Dybdebehandlingsforsøgene i Bjerre. Hedeselskabets forskningsvirksomhed beretning nr. 9
- Aslyng, H.C.* (1976) Klima, jord og planter. Kulturteknik I 5. udg. p.p. 308 D.S.R., K.V.L.
- Edling, P., Nilsson, N.M. og Håkansson, I.* (1969) Sju skånske försök med avlucring och djupplöjning 1964-68. Rapport nr. 19 fra Jordbearbetningsavdelningen, Lantbrukshögskolan, Uppsala p.p. 26
- Eriksson, J., Håkansson, I. og Danfors, B.* (1974) Jordpakning - markstruktur - gröda. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande nr. 354 s. 45-60
- Hansen, L.* (1971) Pløjedybde og furebundsløsning. Tidsskrift for Planteavl. 75. bd. s. 47-56
- Håkansson, I.* (1976) Elva försök med avlucring och djupplöjning i Syd- och Västsverige 1964-75. Rapport nr. 42 fra Jordbearbetningsavdelningen, Lantbrukshögskolan, Uppsala p.p. 35
- Iversen, K.* (1935) Forsøg med forskellig pløjedybde og undergrundsløsning på lermuld 1908-31. Tidsskr. f. Planteavl, 40. bd. s. 529-569

- Jensen, N.K. og Øvig, J. Kragelund* (1960) Dybdebearbejdningsforsøg Hedeselskabets forskningsvirksomhed, beretning nr. 4, p.p. 43
- Jensen, N.K.* (1971) Dybdebearbejdningsforsøg Hedeselskabets forskningsvirksomhed, beretning nr. 12, p.p. 152
- Meimberg, R.* (1967) Die Wirkung von Untergrundslockerung und Maulwurfdränung auf den Wasserhaushalt verdichteter Böden. Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 44, Sonderheft 3, s. 55-61
- Nemning, O.* (1970) Beretning om Hedebrugets forsøg 1910-70. p.p. 311
- Nielsen, N.J.* (1936) Forsøg med forskellig pløjedybde og undergrundsløsning på sandjord. Tidsskr. f. Planteavl, 41. bd. s. 189-209
- Nilsson, N.M. og Henriksson* (1968) Alvluckringsforsök 1937-1963, Rapport nr. 12 fra Jordbearbetningsavdelningen, Lantbrukshögskolan, Uppsala p.p. 32
- Olesen, J. og Jessen, K.* (1964) Forsøg med dybpløjning og undergrundsløsning. Beretning om fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1964, s. 247-249
- Rasmussen, K.J.* (1976) Jordpakning ved færdsel om foråret. I. Vækstbetingelser og kerneudbytter af byg. II. Jordfysiske målinger. Tidsskr. f. Planteavl, bd. 80 s. 821-856
- Rauke, K.* (1959) Nachhaltige Verbesserung der Ertragsfähigkeit leichter Böden durch Tiefenbearbeitungs- und Düngungsmassnahmen. Die Deutsche Landwirtschaft nr. 10, s. 537-542
- Schulte-Karring, H.* (1967) Die Verbesserung des Wasserhaushalts staunasser Böden durch systematische Rohrdränung oder tiefe Bodenlockerung. Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 44, Sonderheft 3, s. 43-54
- Skriver, K.* (1976) Forsøg med undergrundsløsning. Planteavlsarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne, s. 52
- Specht, G.* (1964) Die Wirkungen verschiedener Pflug-tiefen in Verbindung mit organischer und mineralischer Düngung auf Sandböden. Albrecht-Thaer Archiv 8, s. 583-597
- Spoor, G.* (1976) Effective subsoiling. British Sugar Beet Review, s. 28-29, Summer 1976
- Walpole, R.A.* (1971) Mole drainage and subsoiling. Agriculture nr. 10, s. 432-439

Manuskript modtaget den 12. april 1977