

**Virkning av ulik jordarbeiding på jordas bæreevne og
smuldringsegenskaper**

av

Susanne Eich og Trond Børresen

Rapport nr. 11 / 97

Norges Landbrukshøgskole

Institutt for jord- og vannfag

Postboks 5028 1432 Ås

ISSN 0805 - 7214

INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

Norges Landbrukshøgskole

Postboks 5028, 1432 Ås Telefon: (09) 94 75 00 - Agriuniv. Ås
Telefax: (09) 94 82 11 Rapportarkiv: (09) 98 82 04

ISSN 0805 - 7214

Rapportens tittel og forfattere:

Virkning av ulik jordarbeiding på jordas bæreevne og smuldringsegenskaper

Susanne Eich og Trond Børresen

Rapport nr : 11/97

Begrenset distribusjon:

Dato: 18. desember 1997

Prosjektnummer:

Faggruppe:

Geografisk område:
Norge

Antall sider (inkl. bilag)
11

Oppdragsgivers ref.:
H. Chr. Endrerud

Oppdragsgiver: Institutt for tekniske fag

Sammendrag:

Målet med denne undersøkelsen var å finne ut hvordan jordas bæreevne og smuldringsegenskaper var påvirket av ulik jordarbeidingspraksis i feltforsøk av langvarig karakter. Jordprøver ble tatt fra direktesådde og høstpløyde ruter av to feltforsøk. Et av forsøkene omfattet også to halmbehandlinger (halm kuttes og legges tilbake og halm tas vekk). Porestørrelsesfordeling før og etter kompresjon med 100 kPa ble bestemt. Dessuten ble jordfasthet og luftpermeabilitet målt og konsistensgrensene bestemt.

Direktesådd jord hadde større bæreevne sammenlignet med pløyd jord. Komprimering resulterte i mindre endringer i totalt porevolum, porer > 150 µm og porer mellom 30 og 150 µm i den direktesådde jorda sammenlignet med pløyd jord. Halm på overflata ved direktesåing har motvirket at jorda var blitt mer sammenpakket selv om den ikke er blitt pløyd på 14 år. Vanninnholdet ved de ulike konsistensgrensene var høyere på direktesådd sammenlignet med pløyd jord. Spesielt hadde et halmdekke på overflata i forbindelse med direktesåing stor virkning på jordas konsistens.

Disse målingene tydet på at direktesådd jord kan bearbeides og kjøres på ved et høyere vanninnhold enn tilsvarende pløyd jord uten at jordstrukturen ødelegges.

4. Emneord, norske

1. Direktesåing
2. Laglighet for jordarbeiding
3. Porestørrelsesfordeling
4. Konsistensgrenser

4. Emneord, engelske

1. Direct drilling
2. Workability
3. Pore size distribution
4. Consistency limits

Prosjektleder:

Trond Børresen

For administrasjonen:

Leif Arne Abrahamson

Innledning

Redusert jordarbeiding og direktesåing har i de siste årene økt i omfang spesielt i Norge, ikke minst på grunn av tilskuddsordningen for endret jordarbeiding. Fokus har blitt satt på erosjonsproblemene tilknyttet til konvensjonell jordarbeiding og spesielt høstpløying.

Hedmark Distriktshøgskole, Institutt for tekniske fag og Kverneland AS har utviklet en direktesåmaskin som skal bidra til økte muligheter for å redusere omfanget av høstpløying. Den er spesielt egnet for å brukes på felt hvor halm ligger tilbake på overflata etter høsting.

Selv om avlingene ved direktesåing stort sett har vært tilfredsstillende, finnes det problemer med metoden. En ulempe er at direktesådd jord vanligvis er våtere om våren enn høstpløyde arealer, og såingen kan bli forsinket på grunn av dette. Noen iaktakelsen tyder på at bæreevnen og smuldringsegenskaper av jorda endres med forenklet jordarbeiding. Målet med denne undersøkelsen var å finne ut hvordan jordas bæreevne og smuldringsegenskaper er påvirket av ulike jordarbeidingspraksis i feltforsøk av langvarig karakter. Disse egenskapene er viktige elementer for jordas laglighet med hensyn til jordarbeiding.

Material og metoder

Forsøksopplegg

Jordprøver ble tatt fra langvarige feltforsøk med forskjellige jordarbeidingsystemer på Ås og Øsaker. Utgangsmaterialet på begge steder er post-glacial leire. Jorda på Ås er siltig lettleire (0-40 cm) og på Øsaker mellomleire (0-23 cm).

Feltforsøket på Ås ble anlagt i 1983 og jordarbeidingsbehandlinger er:

- Høstpløying, slodding og harving før såing
- Direktesåing
- Vårharving til 5 cm dybde
- Høstharving til 10 cm dybde, harving før såing.

Alle jordarbeidingsystemene blir kombinert med en halmbehandling; kuttet og lagt tilbake etter høsting eller fjernet. Forsøket har tre gjentak. Prøver ble tatt fra de rutene som ble høstpløyd og direktesådd, med og uten halm.

Feltforsøket på Øsaker ble startet i 1985. Vekstfølgen i forsøket er høsthvete, oljevekster, høsthvete og havre. Forsøket er delt i fire slik at alle fire vekster er med hvert år.

Jordarbeidingsbehandlinger er:

- Direktesåing av høsthvete, ellers pløying (dvs. pløying hvert andre år)
- Alltid direktesåing
- Alltid pløying

I forsøket inngår også tre forskjellige gjødslingsmengder; 6, 9, og 12 kg N pr. daa. Halmen fjernes etter høsting. Jordprøvene ble tatt fra rutene «alltid pløyd» og «alltid direktesådd».

På begge feltene ble prøvetaking utført i april 1997 omtrent en uke før jordarbeiding og såing. Ni sylindrer ble tatt fra hver rute i dybden 1-6 cm og lagret i et kjølerom. 2 l løs jord ble samlet inn fra samme dybden og lufttørket.

Målemetoder

Porestørrelsesfordeling eller vannets bindingsenergi (pF-kurver) ble bestemt med hjelp av keramikkplater (RICHARDS, 1947, 1948). Sylindrer ble mettet og satt på keramikkplatene i lufttette trykkbeholdere. Jorda ble kjørt til likevekt ved to forskjellige trykk (2 kPa eller pF 1.3 og 10 kPa eller pF 2). Det gir mengden av porer > 150 µm, 150-30 µm og < 30 µm. Etterpå ble prøvene mettet på ny og tre sylindrer pr rute ble kjørt til likevekt på enten 5, 10 eller 25 kPa for å oppnå forskjellige vanninnhold. Prøvene ble deretter komprimert med et enaksialt trykk på 100 kPa. Etter dette ble jordas porefordeling bestemt på nytt som beskrevet over.

Jord- og materialtetthet av jordprøvene ble bestemt (VON NITZSCH, 1936). Luftpermeabilitet ble målt ved -10 kPa matrikspotensial (GREEN & FORDHAM, 1975).

Lufttørket jord ble brukt for bestemmelse av konsistensgrenser. Flytegrensen ble bestemt med den standardiserte Casagrande-metoden, og utrullingsgrensen med Atterberg-metoden (MCBRIDE, 1993). Kryppegrense og lineær krymping ble målt som beskrevet av STENSBY HØSTMARK ET AL. (1994). Utrullingsgrensen eller den nedre plastisitetsgrensen er det vanninnholdet jorda har når den slutter å være plastisk og begynner å smuldre. Plastisitetsindeksen (flytegrense minus utrullingsgrense) er et uttrykk for når jorda er plastisk. Forskjellen mellom utrullings- og kryppegrensen gir området hvor jorda er mest laglig for bearbeiding.

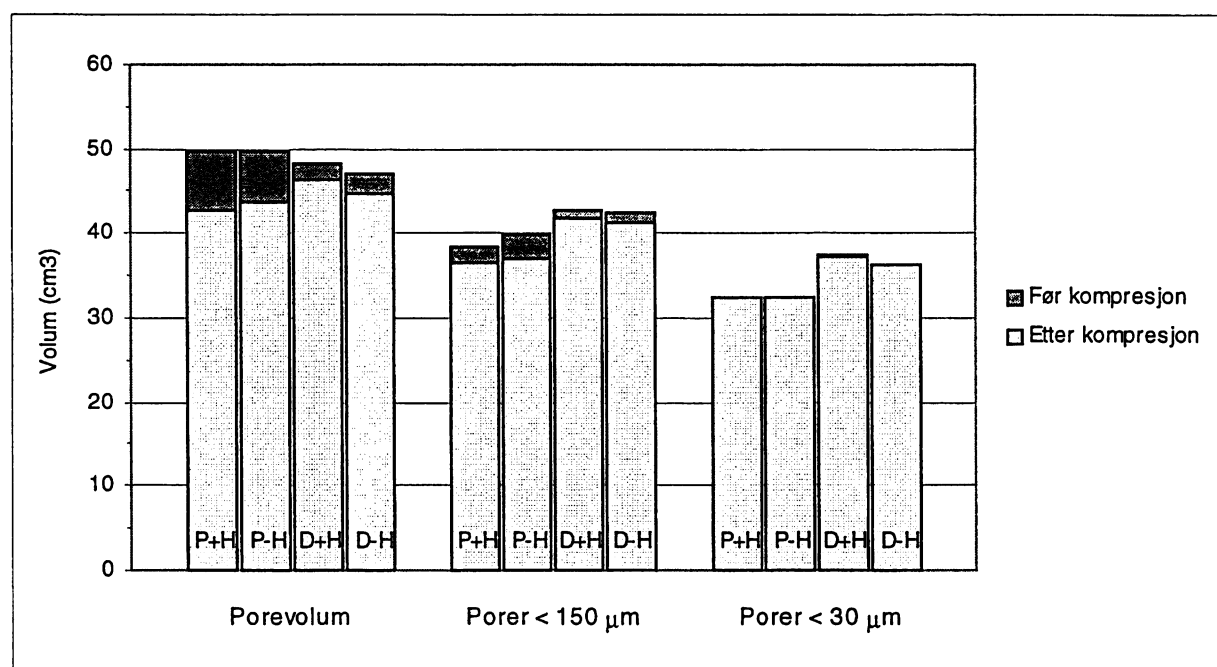
Glødetap ved 550°C ble bestemt for å gi informasjon om innhold av organisk materiale (WRIGHT, 1934).

Datamaterialet ble behandlet med variansanalyse (SAS) for å påvise statistiske forskjeller mellom behandlinger.

Resultater

Porestørrelsesfordeling

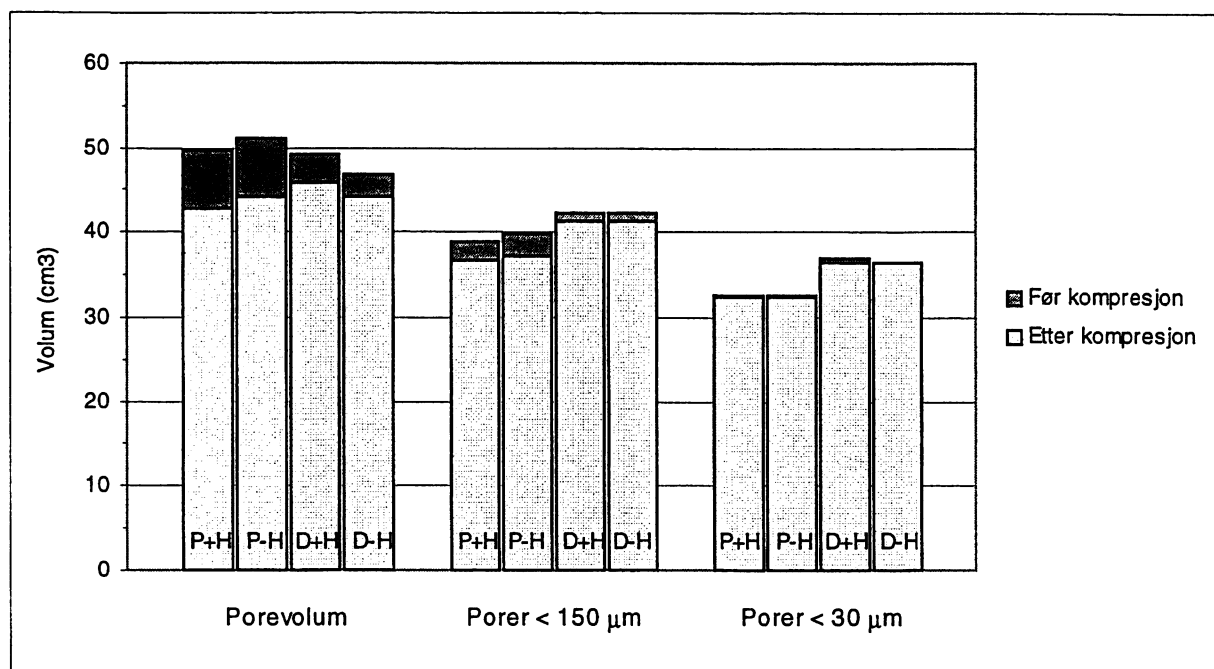
Totalt porevolum før kompresjon var stort sett høyere i pløyd enn i direktesådd jord på Ås (Fig. 1, 2 og 3), men det var bare for direktesåing uten halm at denne effekten var signifikant. Det var mindre mengde porer < 150 μm i pløyd enn i direktesådd jord på Ås. Fraksjonen av porene < 30 μm er tydelig mindre i pløyd sammenlignet med direktesådd jord. Direktesåing har ført til en viss reduksjon av store porer, men en økning av mindre porer sammenlignet med pløying.



Figur 1: Porevolum og porefraksjoner (cm³) for forsøket på Ås før og etter pakking av jord med totalt volum på 100 cm³ og et vanninnhold tilsvarende et matrikspotensial på -5 kPa.

P+H: Høstpløyd, med halm; P-H: Høstpløyd, uten halm
D+H: Direktesådd, med halm; D-H: Direktesådd, uten halm

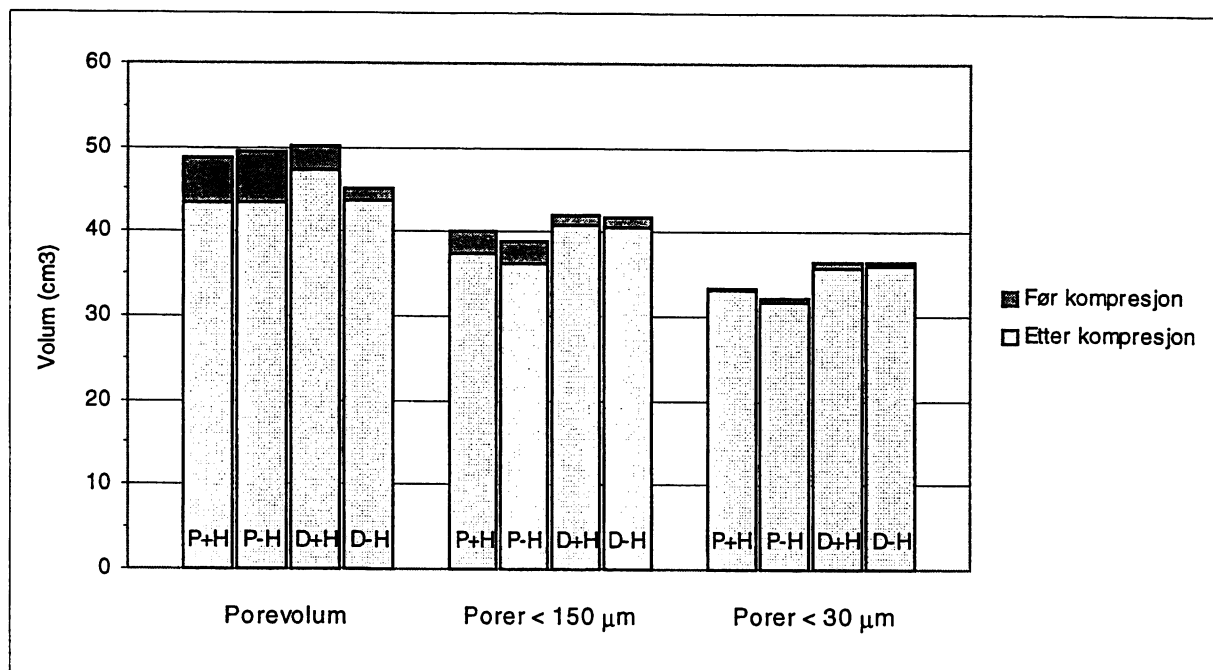
Pløyd jord med og uten halm viste ingen forskjell, men den direktesådde jorda med halm hadde større totalt porevolum enn den uten halm (ikke alltid signifikant) (Fig. 1, 2 og 3). For de andre porefraksjonene var forskjellene ikke signifikante. Totalt porevolum var ikke signifikant forskjellig for pløyd jord (med og uten halm) og direktesådd med halm. Direktesåing med halm har ført til en mindre reduksjon av store porer enn direktesåing uten halm.



Figur 2: Porevolum og porefraksjoner (cm³) for forsøket på Ås før og etter pakking av jord med totalt volum på 100 cm³ og et vanninnhold tilsvarende et matrikspotensial på -10 kPa.

P+H: Høstpløyd, med halm; P-H: Høstpløyd, uten halm
D+H: Direktesådd, med halm; D-H: Direktesådd, uten halm

Totalt porevolum ble betydelig redusert av kompresjonen eller pakkingen (Fig. 1, 2 og 3). Utslaget for kompresjon var relativt likt for de tre ulike vanninnholda som jorda ble komprimert ved. Det var ikke så stor forskjell i vanninnholdet i jorda ved de tre ulike matrikspotensialene (Tabell 1). Generelt var det mellom 1 og 2 vol-% mindre vann ved et matrikspotensial på -10 kPa sammenlignet med -5 kPa. Forskjellen ved -10 og -25 kPa matrikspotensial var generelt noe større, men ikke mye. Kompresjonen ble foretatt med et trykk på 100 kPa, men med en gang dette trykket ble oppnådd, ble stemplet løftet opp igjen. Dette skulle tilsvare at jorda overkjøres av et hjul. I den korte tiden jorda ble utsatt for et trykk, vil vannet ha liten mulighet for å bevege seg i poresystemet. Dette vannet vil dermed hindre at poresystemet klapper sammen. Det er en svak tendens i materialet, som er vist i Fig. 1, 2 og 3, at virkningen av pakkingen var størst med midlere vanninnhold, dvs. et matrikspotensial på -10 kPa. Dette kan kanskje forklares ved at ved høyere vanninnhold (våttere jord) vil vannet i porene forhindre sammenpressing av porene mens ved en tørrere jord har kreftene i jordskjelettet økt så mye at de mekaniske kreftene tåler det trykket som blir påført jorda.



Figur 3: Porevolum og porefraksjoner (cm³) for forsøket på Ås før og etter pakking av jord med totalt volum på 100 cm³ og et vanninnhold tilsvarende et matrikspotensial på -25 kPa.

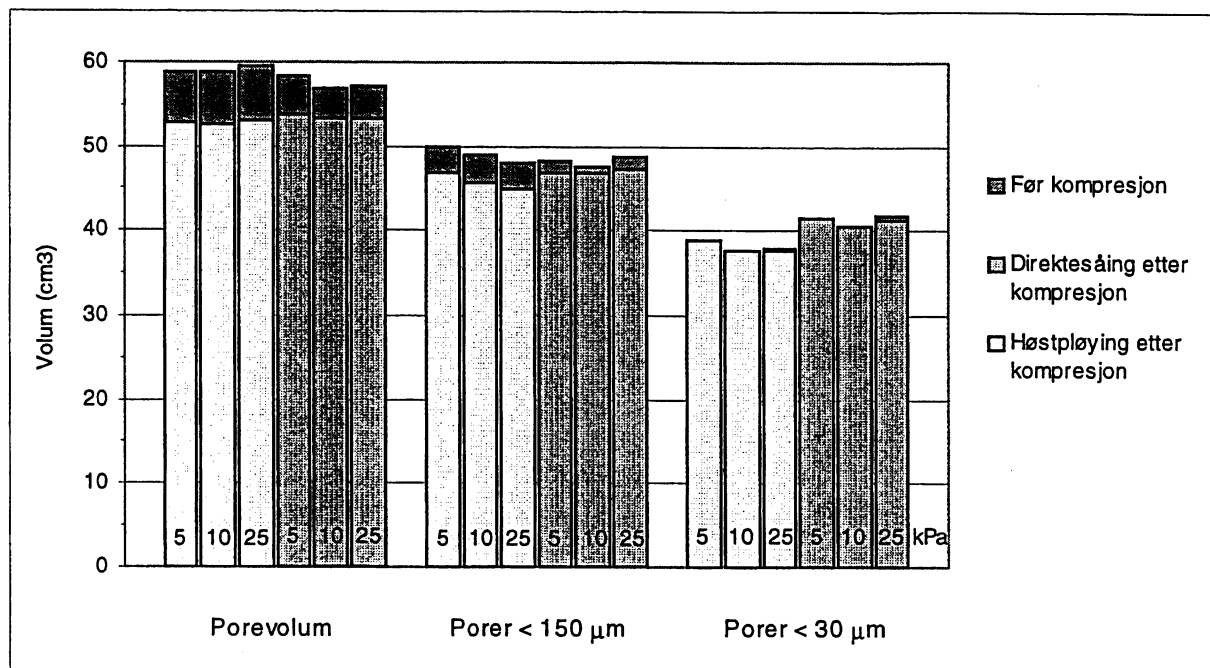
P+H: Høstpløyd, med halm; P-H: Høstpløyd, uten halm
 D+H: Direktesådd, med halm; D-H: Direktesådd, uten halm

For porefraksjonen < 150 µm var utslaget av pakking på de ulike behandlingene relativt likt det en fant på porevolum. For porer < 30 µm var det ikke lenger noe utslag for pakking. Denne porefraksjonen tilsvarer jordas feltkapasitet. Dette er det vanninnholdet jorda vil stille seg inn på etter å ha vært mettet helt opp og så fått drenere en viss tid avhengig av jordtypen. Det er dette vanninnholdet jorda vil ha om våren etter snøsmeltinga er ferdig eller etter en nedbørsperiode.

Figurene 1, 2 og 3 viser porevolum og to porefraksjoner. Differansen mellom totalt porevolum og henholdsvis porer < 150 µm og porer < 30 µm gir et bilde av mengden av de største porene i jorda. Det er disse porene som først tømmes for vann og som inneholder luft når jorda er ved feltkapasitet. Reduksjonen i porevolumet kom i denne fraksjonen, dvs. pakkingen førte til en stor reduksjon i luftvolumet.

Figurene 1, 2 og 3 viser mengden av porer i cm³. Jordprøva hadde et volum på 100 cm³ før pakking. Etter pakkingen var også total volumet av jordprøva redusert. Derfor vil en beregning av disse parametrene i volumprosent gi et feil inntrykk av virkningen. For denne rapporten mener vi derfor det er mest riktig å presentere virkningen av pakking på de ulike behandlingene som et volum.

Figur 4 viser resultatene for jorda på Øsaker. Denne jorda har et høyere leirinnhold en jorda på Ås. Resultatene på Ås og Øsaker var relativt like. Forskjellen mellom behandlinger var noe mindre signifikante på Øsaker sammenlignet med forsøket på Ås. Virkningen av pakkingen var imidlertid den samme, men med enda mindre virkning av ulikt vanninnhold ved kompresjon.



Figur 4: Porevolum og porefraksjoner (cm³) for forsøket på Øsaker før og etter pakking av jord med totalt volum på 100 cm³ og et vanninnhold tilsvarende et matrikspotensial på -5, -10 og -25 kPa.

Enaksial kompresjon førte til at høstpløyd jord fra Ås og Øsaker fikk et porevolum som var mindre en for direktesådd jord selv om den høstpløydde jorda i gjennomsnitt hadde et litt større porevolum før pakking. Resultatene viser også at vanninnholdet ved feltkapasitet var høyere på direktesådd jord enn for pløyd jord både på Ås og Øsaker.

Tabell 1: Vanninnhold (vol.-%) i jordprøvene fra Ås og Øsaker ved kompresjon

Matrikspotensial	Ås				Øsaker	
	Høstpløyd, med halm	Høstpløyd, uten halm	Direktesådd, med halm	Direktesådd, uten halm	Høstpløyd	Direktesådd
-5 kPa	33,3	33,4	38,4	37,2	40,1	42,9
-10 kPa	32,3	32,0	36,4	36,1	37,2	40,4
-25 kPa	31,2	29,3	33,5	33,8	34,8	38,7

Konsistensgrenser - jordas fasthetstilstand

Den direktesådde jord hadde et høyere vanninnhold ved de konsistensgrensene, som ble målt, enn tilsvarende pløyd jord (Tabell 2). Likevel var forskjellen ikke signifikant for den direktesådde jorda uten halm fra Ås for flyte- og krympegrensen. På Øsaker gjaldt det samme for flytegrensen. Mens direktesådd jord med halm hadde signifikant høyere vanninnhold ved alle konsistensgrenser enn den uten halm, fantes det ingen forskjell mellom halmbehandlinger på den pløyde jorda.

Tabell 2: Konsistensgrenser (vekt-%), plastisitetsindeks, smuldringsområde og glødetap (g / 100 g tørrstoff, korrigert for leirinnhold) av jorda i dybden 1- 6 cm på Ås og Øsaker.

Jordarbeiding	Flytegrense	Utrullingsgrense	Plastisitetsindeks	Krympegrense	Smuldringsområde ²⁾	Glødetap
<u>Ås</u>						
P+H ¹⁾	32,0	25,5	6,5	9,5	16,0	5,7
P-H	32,5	26,0	6,5	10,0	16,0	5,9
D+H	38,5	30,5	8,0	11,5	19,0	7,1
D-H	34,0	27,5	6,5	10,5	17,0	6,3
<u>Øsaker</u>						
Høstpløyd	44,5	34,0	10,5	13,0	11,0	8,1
Direktesådd	47,0	36,0	11,0	14,5	11,5	8,7

¹⁾ P+H: Høstpløyd, med halm; P-H: Høstpløyd, uten halm; D+H: Direktesådd, med halm; D-H: Direktesådd, uten halm

²⁾ Smuldringsområde = Utrullingsgrense - Krympegrense

Plastisitetsindeksen var tydelig større for den direktesådde jorda med halm sammenlignet med de andre behandlingene på Ås. Den direktesådde jorda hadde derfor et større område med hensyn på vanninnhold der den var plastisk og den tålte mye vann før den ble flytende.

Glødetapet var større for direktesådd jord og igjen var forskjellen mest tydelig for prøvene med halm fra Ås. Innholdet av organisk materiale var lavest på høstpløyd jord. Det var forventet fordi det er kjent at innholdet av organisk materiale i jorda øker ved direktesåing. Halm på pløyde ruter blir nedbrutt uten å forårsake noen forskjell i innhold av organisk materiale.

Tabell 3 viser at utrullingsgrensen for alle prøvene fra Ås var større enn feltkapasiteten. Feltkapasitet er vannmengden som jorda kan holde mot tyngdekraften, når det ikke foregår fordamping eller opptak av vann til planter. Denne tilstanden i jord finnes f.eks. om våren, like før vekstperioden begynner, etter at overskuddsvannet har drenert bort fra de store porene, mens evapotranspirasjon ennå ikke har begynt. Feltkapasiteten blir her antatt å tilsvare vanninnholdet ved ca. pF 2 (-10 kPa matrikspotensial). Forskjellen mellom utrullingsgrensen og feltkapasitet var tydelig størst i direktesådd jord med halm. For jorda fra Øsaker ligger utrullingsgrensen under feltkapasitet og forskjell mellom jordarbeidingsbehandlingene var ikke signifikant. Trenden var imidlertid den samme som på Ås.

Den direktesådde jorda på Ås hadde i denne undersøkelsen den egenskapen at den smuldret selv om vanninnholdet var høyere enn feltkapasiteten for jorda. Dette var også tilfelle for den pløyde jorda på Ås, men vanninnholdet var langt lavere og forskjellen mellom utrullingsgrensen og feltkapasiteten ikke så stor. Ut fra dette skulle den direktesådde jorda kunne bearbeides relativt tidlig etter nedbør eller eventuelt snøsmelting uten at jorda vil være plastisk.

Tabell 3: Utrullingsgrensen og feltkapasitet (vol.-%) av jorda etter ulike jordarbeiding på Ås og Øsaker i dybden 1- 6 cm.

Felt	Jordarbeiding	Utrullingsgrense (vol.-%)	Feltkapasitet (vol.-%)
Ås	P+H	33,7	32,8
	P-H	33,5	32,4
	D+H	39,3	36,9
	D-H	37,4	36,1
Øsaker	Høstpløyd	36,7	38,0
	Direktesådd	39,6	41,1

Andre jordfysiske egenskaper

Resultatene for jordtetthet og luftpermeabilitet er vist i Tabellene 4 og 5. Jordtetthet i direktesådd jord uten halm fra Ås var høyere i forhold til tilsvarende pløyd jord. Direktesåing med halm skilte seg ikke signifikant fra de pløyde ledd når det gjaldt jordtetthet. I jorda på Øsaker var det små forskjeller, men i gjennomsnitt var tettheten høyere for direktesåing enn for pløying. Etter kompresjon er økningen i jordtetthet signifikant høyere i pløyd jord sammenlignet med direktesåing. Aller størst ble økningen i jordtetthet der halmen var fjernet og jorda pløyd på Ås. Økningen i jordtetthet var lite påvirket av vanninnholdet i jorda ved komprimering. I likhet med virkningen på porevolum, var det gjerne ved midlere vanninnhold (-10 kPa matrikspotensial) at økningen i jordtetthet var størst.

Tabell 4: Jordtetthet og luftpermeabilitet før kompresjon og reduksjon (-) og stigning (+) av parameterne etter enaksial kompresjon for forsøket på Ås.

Jordarbeidings- behandling	Sett av prøver ¹⁾	Jordtetthet		Luftpermeabilitet	
		før kompr. (g/cm ³)	etter kompr. (g/cm ³)	før kompr. (µm ²)	etter kompr. (µm ²)
P+S	1	1,31	+0,04	21,66	-4,39
	2	1,31	+0,06	32,44	-4,52
	3	1,34	+0,04	37,19	-10,74
P-S	1	1,27	+0,08	33,15	-0,76
	2	1,29	+0,07	36,36	+5,38
	3	1,30	+0,06	35,09	-4,24
D+S	1	1,33	+0,03	7,98	-0,25
	2	1,29	+0,02	8,34	+0,16
	3	1,26	+0,04	11,24	+4,06
D-S	1	1,34	+0,02	5,33	-2,65
	2	1,35	+0,03	6,20	-3,35
	3	1,39	+0,02	2,68	+4,33

¹⁾ Sett 1 omfatter sylindrene som ble utsatt -5 kPa (50 cm sug) matriks potensial før kompresjon (etter den første pF-bestemmelsen), sett 2 de som ble utsatt -10 kPa (100 cm sug) og sett 3 de som ble utsatt -25 kPa (250 cm sug) matriks potensial.

For luftpermeabilitet er resultatene noe varierende (Tab. 4 og 5). Luftpermeabilitet gir et mål på kontinuitet i poresystemet og da spesielt av de store porene. Målingen ble foretatt ved feltkapasitet slik at det er bare den delen av porevolumet som er fylt med luft ved feltkapasitet som transporterer luft. Det er de store porene (< 30 µm) i jorda som er luftfylt

ved feltkapasitet. I gjennomsnitt var det en helt klar forskjell mellom pløying og direktesåing når det gjelder luftpermeabilitet. Pløying førte til en høyere luftpermeabilitet enn direktesåing. Dette utslaget var veldig klart på Ås, men noe mer variabelt på Øsaker. Når det gjelder virkningen av komprimeringen var i jorda på Ås en nedgang i luftpermeabilitet ved komprimering av pløyd jord. For pløyd jord på Øsaker var det motsatt virkning. På direktesådd jord var virkningen på luftpermeabiliteten variabel både på Ås og Øsaker. Det er likevel vanskelig å finne mulige årsaker til at komprimering kan føre til økte verdier for luftpermeabilitet i jorda.

Tabell 5: Jordtetthet og luftpermeabilitet før kompresjon og reduksjon (-) eller økning (+) av parameterne etter enaksial kompresjon for forsøket på Øsaker.

Jordarbeidings- behandling	Sett av prøver 1)	Jordtetthet		Luftpermeabilitet	
		før kompr. (g/cm ³)	etter kompr. (g/cm ³)	før kompr. (µm ²)	etter kompr. (µm ²)
Høstpløyd	1	1,09	+0,04	16,19	+5,59
	2	1,08	+0,03	24,65	+4,18
	3	1,06	+0,04	25,63	+5,14
Direktesådd	1	1,08	+0,03	24,17	-5,01
	2	1,10	+0,02	16,46	-0,60
	3	1,13	+0,02	9,60	+1,65

¹⁾ Sett 1 omfatter sylindrene som ble utsatt -5 kPa (50 cm sug) matriks potensial før kompresjon (etter den første pF-bestemmelsen), sett 2 de som ble utsatt -10 kPa (100 cm sug) og sett 3 de som ble utsatt -25 kPa (250 cm sug) matriks potensial.

Luftpermeabilitet varierte relativt sterkt i prøvene fra samme rute, derfor viste den statistiske analysen ingen signifikant forskjeller.

Konklusjon

Direktesådd jord hadde større bæreevne sammenlignet med pløyd jord. Dette resulterte i mindre endringer i totalt porevolum, porer > 150 µm og porer mellom 30 og 150 µm i den direktesådde jorda etter komprimering sammenlignet med pløyd jord. Forskjellige vanninnhold i jorda ved kompresjon påvirket jordtetthet, porevolum og porestørrelsen i jorda svært lite.

Totalt porevolum før kompresjon var relativt lik, men særlig direktesådd jord der halmen ble fjernet hadde gjennomgående noe mindre porevolum enn de andre behandlingene. Jordtetthet før pakking stadfester resultatene for porevolum. Dette tydet på at halm på

overflata har motvirket at jorda var blitt mer sammenpakket selv om jorda ikke er blitt pløyd på 14 år. Jordas feltkapasitet har økt der det bare er direktesådd sammenlignet med der det er pløyd. Etter pakking er volumet av store porer langt mer redusert i pløyd enn i direktesådd jord.

Vanninnholdet ved de ulike konsistensgrensene var høyere på direktesådd sammenlignet med pløyd jord. Spesielt hadde et halmdekke på overflata i forbindelse med direktesåing stor virkning på jordas konsistens. Hvis man tar utrullingsgrensen som en mål for laglighet for jordarbeiding, så kan den direktesådde jorda bli bearbeidet ved 1,5 (Ås, uten halm) til 5 vekt-% (Ås, med halm) høyere vanninnhold enn tilsvarende pløyd jord. Det viste seg også at vanninnholdet ved utrullingsgrensen var høyere enn vanninnholdet ved feltkapasitet. Denne forskjellen var størst for direktesådd jord.

Disse målingene tyder på at direktesådd jord kan bearbeides og kjøres på ved et høyere vanninnhold enn tilsvarende pløyd jord uten at jordstrukturen ødelegges. Særlig syntes denne virkningen å være veldig klar der halmen var beholdt som et dekke på overflata.

Litteratur

- GREEN, R.D. AND FORDHAM, S.J., 1975. A field method for determining air permeability in soil. In: Soil Physical Conditions and Crop Production. MAFF Technical Bulletin No. 29, HMSO, London, pp.273-288.
- MCBRIDE, R.A., 1993. Soil consistency limits. In: Carter, M.R. (Ed.) for Canad. Soc. of Soil Sci. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 519-527.
- RICHARDS, L.A., 1947. Pressure-membrane apparatus, construction and use. Agric. Eng., 28: 451-454, 460.
- RICHARDS, L.A., 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soils. Soil Sci., 66: 105-110.
- STENSBY HØSTMARK, A.-K., SKØIEN, S., MARTI, M., BØRRESEN, T. AND NJØS, A., 1994. Jordfysikk, Øvelseskurs, Felt- og laboratorieøvelser. Department of soil and water sciences, Agricultural University of Norway, p. 22.
- VON NITZSCH, W., 1936. Der Porengehalt des Ackerbodens. Messverfahren und ihre Brauchbarkeit. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenkd., 1 (46): 101-115.
- WRIGHT, C.H., 1934. Soil Analysis. A handbook of physical and chemical methods. Thomas Murby & Co., London, p. 11.

