

Bioforsk Rapport

Vol. 2 Nr. 51 2007

Jordarbeiding om våren

Miljøeffekter og dyrkingspraksis ved redusert jordarbeiding

Marianne Bechmann¹ og Trond Børresen²

¹Bioforsk Jord og miljø

²UMB, Institutt for plante- og miljøvitenskap





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tel.: 03246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Ås
Frederik A. Dahls vei 20
Tel.: 03246
Fax: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

Tittel/Title:

Jordarbeiding på våren - Miljøeffekter og dyrkingspraksis ved redusert jordarbeiding

Forfatter(e)/Autor(s):

Marianne Bechmann og Trond Børresen

<i>Dato/Date:</i> 12.04.07	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i>	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> Vol 2 Nr. 51 2007	<i>ISBN-13-nr.:</i> 978-82-17-00223-9	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 29	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i>

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i>	<i>Kontaktperson/Contact person:</i>
	Miljøprosjektet i Haldenvassdraget v/Steinar Fundingsrud Vannområdeutvalget for Morsa v/Helga Gunnarsdottir

Stikkord/Keywords:

Jordarbeiding, erosjon, forurensning, avling

Fagområde/Field of work:

Landbruksforurensning

Sammendrag

Se neste side

Land/fylke:

Norge/Østfold

Ansvarlig leder/Responsible leader

Prosjektleder/Project leader

Lillian Øygarden

Marianne Bechmann

Sammendrag

I Haldenvassdraget og Morsavassdraget er det sterkt fokus på redusert jordarbeiding for å redusere erosjon og fosforavrenning. Jordartene i nedbørfeltene er dominert av marine avsetninger med siltig mellomleire, siltig lettleire og sand. Jorda langs Morsavassdraget er noe lettere enn jorda i Haldenvassdraget. Jordegenskapene har betydning for de agronomiske mulighetene for og miljøeffektene av redusert jordarbeiding.

Rent agronomisk eller dyrkingsmessig gir endring av normal praksis for jordarbeiding en del utfordringer. Noen av disse utfordringene som bonden ser, er reelle, men ikke nødvendigvis alle. Vårpløying er et tiltak som ikke krever vesentlige endringer på maskinparken, men kunnskapen om smuldring, laglighet og bearbeidingsdybde blir mer avgjørende enn ved den tradisjonelle høstpløyinga. Vårpløying er et interessant alternativ for jordarbeiding fordi det har stor effekt på erosjon samtidig som ugraset kontrolleres godt.

I forsøk har høstpløying gitt avlinger på 488, vårpløying 492 og vårharving 510 kg/daa på siltig mellomleire i Ås. Generelt er det for vårharving og direktesåing en viss risiko for noe avlingsnedgang over tid. I praksis forventer vi at direktesåing er noe mer utsatt for reduserte avlinger enn vårharving selv om dette ikke er like synlig i de ulike langvarige forsøkene. I forsøk med direktesåing var det ingen forhold som tydet på at det er nødvendig å pløye for å «kvitte» seg med halmen der jorda ble direktesådd i mange år etter hverandre uten å fjerne halmen. Halmen kan føre til spirehemming på grunn av stoffer som skilles ut ved nedbrytning av halmen og på grunn av immobilisering av nitrogen. Dessuten kan halmen overføre plantesykdommer fra et år til et annet.

Det er generelt små forskjeller i jordstruktur, målt som porevolum og jordtetthet. Det er imidlertid gjennomgående at en finner noe større vannlagringsevne i jorda, men noe mindre luft. Fastheten i jorda øker noe. Dette behøver ikke være negativt da dette tilsier at jordas bæreevne øker. Redusert jordarbeiding har påvirket innholdet av organisk materiale i jorda mer enn nedmolding av halm.

Ulempen ved vårharving og direktesåing er først og fremst behovet for bruk av glyfosat relativt regelmessig. Når det gjelder sykdommer vil dette neppe ha avgjørende betydning i de aktuelle områdene. Det gjelder antakelig også for fusarium, men her er kanskje problemet større i deler av Haldenvassdraget sammenlignet med Morsa. Ny kunnskapen om fusarium vil kunne påvirke hvor aktuelt det er å bruke vårharving og direktesåing i disse områdene.

Miljøeffektene av redusert jordarbeiding har vært drivkraften i å øke arealet med direktesåing og arealet som harves om våren før såing. Valg av jordarbeidingssystem har stor betydning for risikoen for vannerosjon fra åpenåker arealer. Det er derfor naturlig å sette fokus på jordarbeiding som et tiltak for å hindre avrenning av jord og næringsstoffer i sårbare områdene. Det viktigste i den sammenheng er å redusere jordarbeidingen om høsten. Når det gjelder metoder for jordarbeiding om våren er det mindre forskjell mellom de ulike metodene. Det er funnet en reduksjon i risiko for erosjon ved å gå fra vårpløying til harving eller direktesåing om våren. Denne reduksjonen er størst på arealer med stor erosjonsrisiko. På arealer med middels eller liten erosjonsrisiko er det kun en liten effekt av harving eller direktesåing om våren. En vil sannsynligvis få mye større reduksjon i erosjon ved å fokusere på overvintring i stubb på arealer som i dag høstpløyes. Ut fra et vannkvalitetssynspunkt kan det dog vurderes om jordpartikler

som tilføres om høsten og vinteren har samme effekt på vannkvaliteten som partikler tilført i mai-juni.

Grunnen til at effekten av redusert jordarbeiding om våren er liten er at vårpløyd jord vil ha en kort periode etter såing og til plantene dekker overflata godt der jorda er erosjonsutsatt. Ved å bare harve eller direkteså isteden for å pløye om våren reduseres også risikoen for erosjon i denne perioden. Avrenningen i perioden fra 15. april til 15. juni utgjør ca 12 % av årets total avrenning, og effekten av redusert jordarbeiding vil stort sett kun ha effekt på avrenningen i denne perioden. Risiko for intens nedbør kan endre seg på grunn av klimaendringer og gi endring i effekten av pløying om våren, men dette vet vi lite om nå.

Reduksjon i fosfortapene er noe mindre enn reduksjon i partikkeltap ved å gå fra vårpløying til direktesåing om våren. Det skyldes dels at det løses ut fosfor fra plantemateriale på jordoverflaten ved direktesåing og dels at det blir en opphopning av fosfor i de øverste jordlag dersom en aldri pløyer. Det er stor usikkerhet i nivåene på fosfortapene ved de ulike jordarbeidingsmetoder om våren, siden det meste av forskningen har fokusert på forskjellen mellom høstpløying og vårpløying.

Vårharving og direktesåing om våren i forhold til vårpløying ser dermed ut til å gi en liten miljøgevinst og en liten økning i risiko for avlingssvikt sammen med en økning i bruk av pesticider, spesielt glyfosat.

Innhold

Sammendrag	2
1. Innledning	5
2. Nedbørfeltbeskrivelse	6
3. Dyrkingstekniske og praktiske forhold	7
3.1 Avlinger	7
3.2 Jord og jordstruktur	9
3.3 Agronomiske utfordringer	10
3.4 Økonomi	14
4. Miljøeffekter av redusert jordarbeiding på våren	16
4.1 Erosjon ved redusert jordarbeiding på våren	16
4.2 Risiko for avrenning på våren	17
4.3 Årlig erosjon ved jordarbeiding på våren	19
4.4 Fosfor status i jorda ved redusert jordarbeiding	23
5. Konklusjon	24
6. Referanser	26

1. Innledning

I Haldenvassdraget og Morsavassdraget er det sterkt fokus på endret jordarbeiding for å redusere erosjon og fosforavrenning. Gjennom det regionale miljøprogrammet er det spesielle ordninger knyttet til endret jordarbeiding for å få produksjonstillegg. Disse ordningene handler i første rekke om å redusere jordarbeidingen på høsten. Det er reist spørsmål ved om gjennomføring av disse tiltak er tilstrekkelige for å oppnå nødvendige reduksjoner av avrenningstap. Lokalt er det ønsket å få vurdert effekten av å redusere jordarbeidingen om våren. Redusert jordarbeiding om våren omfatter harving før såing og direkte såing i motsetning til pløying.

Vurderingene gjelder både de miljømessige effektene på avrenning, partikkel- og næringsstofftap og de praktiske og dyrkingsmessige forholdene. Disse vurderingene kan danne grunnlag for videre innspill til rullering av de Regionale Miljøprogram i Østfold og Akershus.

Formålet med denne rapporten er å utrede effekter av redusert jordarbeiding og direktesåing om våren på:

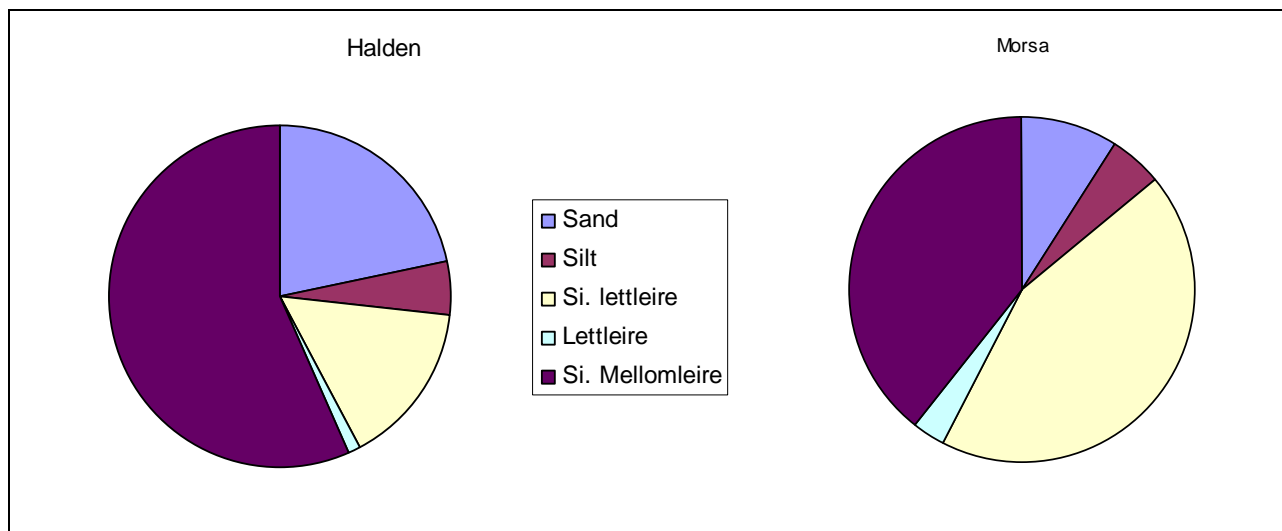
- Dyrkingsmessige og praktiske forhold, økonomiske konsekvenser
- Miljøeffekter på avrenning og næringsstofftap

2. Nedbørfeltbeskrivelse

Nedbørfeltene til Haldensvassdraget og Morsavassdraget dekker områder i Akershus og Østfold. Jordbruket er dominert av kornproduksjon med lite husdyr. Det har vært store endringer i driftssystemet fra tradisjonell høstpløying på 1980-tallet til en utbredt bruk av redusert jordarbeiding på høsten inkludert overvintring i stubb de siste 15-20 årene. Med utgangspunkt i overvintring i stubb blir driftsmessige og miljømessige effektene av ulike jordarbeidingssystemer om våren vurdert i denne rapporten. Erosjonsrisikoen, det vil si jordsmonn og helling på arealene har betydning for dyrkingsmessige og miljømessige forhold ved ulike jordarbeidingsmetoder.

Tabell 1. Fordeling av jordtyper i Halden- og Morsavassdraget.

		Haldenvassdraget	Morsavassdraget
		%	%
0	Grusholdig sand	0,2	0
1	Sand	2,5	1
2	Finsand	0,3	0
3	Siltig sand	5	4
4	Siltig finsand	13	4
0-4	Sand	22	9
5	Silt	5	5
6	Si. lettleire	15	44
7	Lettleire	1	3
8	Si. Mellomleire	57	39



Figur 1. Fordeling av jordtyper i Halden- og Morsavassdraget

Siltig mellomleire, siltig lettleire and sand er dominerende jordtyper i nedbørfeltene, og siltig finsand og siltig sand utgjør mesteparten av sandjordstypene. Siltjord utgjør ca 5 % av arealene i nedbørfeltene. Mesteparten av arealene har middels erosjonsrisiko, men også en stor del har stor og delvis svært stor erosjonsrisiko. En oppnår størst effekt av å sette inn tiltak på arealene med den største erosjonsrisiko.

3. Dyrkingstekniske og praktiske forhold

Bekjemping av ugras, tillaging av såbed og nedmolding av husdyrgjødsel var til bare for få år siden de viktigste målene ved jordarbeidinga. I dag er miljøaspektet kommet inn og påvirker vårt valg av hvordan jordarbeidinga skal utføres. De siste årene har erosjon blitt vektlagt mest, men nå trekkes andre forhold mer og mer inn fra forvaltningen. Utvasking av nitrogen og plantevernmidler er kommet sterkere inn i bildet når det gjelder hvilket jordarbeidingsystem som skal prioriteres. I tillegg bør vi også ha fokus på jordkvalitet med hensyn på å ta vare på grunnlaget for planteproduksjon til mat og fôr. Ikke alle målene eller ønskene vi har til jordarbeidingen er nødvendigvis sammenfallende.

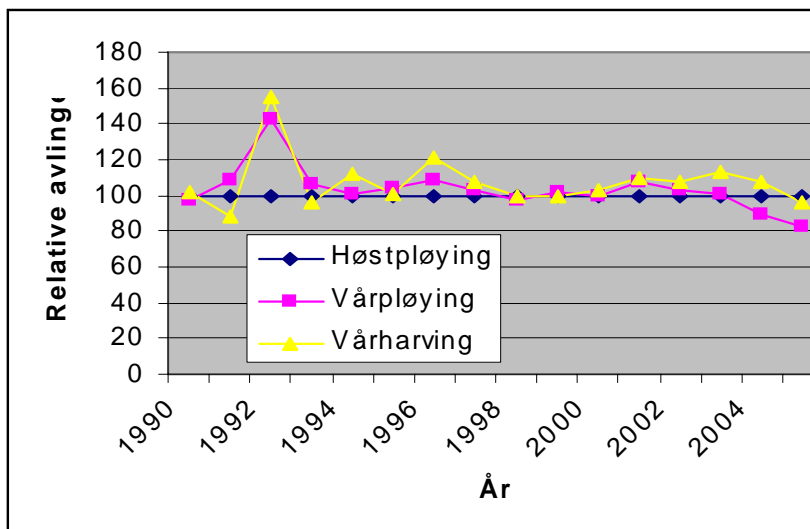
Den største prinsippille forskjellen innen jordarbeiding er mellom pløyning og ikke pløyning. Den kraftige og relativt dype bearbeidingen med både løsning og vendingen har en ikke i de systemene der en bare harver eller sår direkte, men de seneste årene er det kommet inn jordarbeidings metoder med dyp harving, som har tilnærmet samme effekt på jorda som pløyning. Det er flere agronomiske og miljømessige forhold som viser et tydelig skille mellom jordarbeiding med og uten plog. Det er nærliggende å nevne ugras / sykdommer og behov for bruk av plantevernmidler, erosjon og nitrogenomsetning, men vel så viktig er virkningen på avlinger og jordas framtidige produksjonsevne.

3.1 Avlinger

Det finnes mange ulike måter å utføre jordarbeidinga på og mange forskjellige redskapstyper for samme arbeidsoperasjon. Det vil imidlertid føre for langt å komme inn på alle "alternativer" derfor omtales bare hovedprinsippene her. Høstpløyning blir i denne rapporten brukt som referanse i forhold til jordarbeiding om våren (vårpløyning, vårharving og direktesåing).

Vårpløyning har vist seg å fungere bra i praksis i kornområdene. Høyt leirinnhold (>30-35%) kan nok begrense bruken av vårpløyning på visse arealer. Mange bønder ser ut til å opprettholde såtida relativt bra selv om de pløyer om våren. På siltig mellomleire på Ås har vårpløyning avlingsmessig vært litt bedre enn høstpløyning i gjennomsnitt for 16 år (Fig.1).

I middel har høstpløyning gitt 488, vårpløyning 492 og vårharving 510 kg/daa i dette forsøket. Vårharving har gitt større avlinger enn vår- og høstpløyning. Det er ikke mulig å påvise noen trend som skulle tilsi at det utvikler seg et behov for å pløye etter noen år uten pløyning eller at jordstrukturen utvikler seg slik at det påvirker avlingene negativt. Vårpløyninga er utført til 12-15 cm dybde og enkelt år har dette vært klart fordelaktig med hensyn til smuldring ved videre såbedstillaging. Det er også verdt å merke seg at selv i flere av disse årene med nedbørsunderskudd har grunn vårpløyning konkurrert bra med høstpløyning. Med dagens teknikk er ikke vårpløyning særlig tørkeutsatt. Dette betinger imidlertid rask våronn.

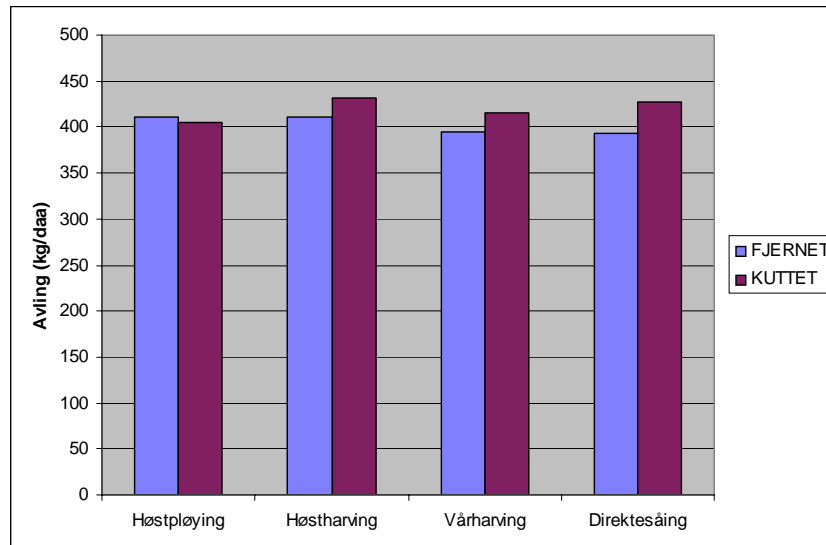


Figur 1. Kornavling for høstpløying, vårpløying og vårharving i perioden 1990-2005 på siltig mellomleire på Ås.

Avlingene for ulike systemer for jordarbeiding varierer mye fra år til år og fra sted til sted. Det er derfor viktig at en har forsøk av mer langvarig karakter når en skal vurdere konsekvensene av en endring i jordarbeidingspraksisen. Værforholdene er den viktigste årsaken til de store forskjellene det kan være mellom år. Et forsøk med ulik jordarbeiding som ble anlagt i 1976 på stiv leire, Øsaker i Østfold, viser at nedbørsforholdene påvirker avlingene ved ulik jordarbeiding. I perioden fra 1991 til 1997 ga harving i gjennomsnitt 10 % høyere avling enn høstpløying. I perioden 1998 til 2006 ga vårharving i gjennomsnitt 13 % og høstharving 6 % mindre avling enn høstpløying. Den første perioden var tørr på forsommeren, mens den andre perioden hadde relativt mye regn i første del av vekstsesongen (Riley et al. Til publisering).

Når de første forsøkene med halmbehandling ved redusert jordarbeiding og direktesåing ble satt i gang, var det som regel forsøk med dyrking av høsthvete i andre land som vi kunne bygge forsøksopplegget på. Det var gjort lite med vårkorn og denne problemstillingen med unntak av Riley (1983) som hadde gjennomført et opplegg med jordarbeiding og halmbehandling. Han fant til dels drastiske utslag for ikke å brenne eller fjerne halmen når en drev redusert jordarbeiding og direktesåing på siltig leire. Disse forsøkene var imidlertid kortvarige.

På Ås ble det anlagt et forsøk i 1983 for å finne ut hva som skjedde når en drev redusert jordarbeiding og direktesåing over mange år og samtidig lot halmen bli liggende på overflata. Figur 2 viser kornavling i gjennomsnitt over 22 år for ulike jordarbeidingsystem når halmen er fjernet eller ført tilbake i kuttet form. Når halmen er fjernet, har vårharving og direktesåing gitt litt mindre avling sammenlignet med de behandlingene der jorda bearbeides om høsten. Det vårharva leddet ble høstharvet til 7 cm dybde fram til 1990. Det er interessant å merke seg den positive effekten halm har hatt når jorda ikke pløyes. I dette tilfelle har ikke tilbakeføring av halm påvirket avlingene når jorda pløyes om høsten. Ved direktesåing, vårharving eller høstharving har avlingsøkningen i gjennomsnitt for 22 år vært henholdsvis 24, 11 og 28 kg korn pr dekar sammenlignet med høstpløying tilført halm. Dette utslaget av halm har vært der de fleste årene i perioden, men det finnes år med motsatt utslag. Det var ingen forhold som tydet på at det er nødvendig å pløye for å «kvitte» seg med halmen der jorda ble direktesådd i mange år etter hverandre uten å fjerne halmen.



Figur 2. Kornavling (kg/daa) i middel over perioden 1984 - 2005 ved bruk av høstpløying, høstharving, vårharving og direktesåing med og uten fjerning av halmen på siltig lettleire på Ås.

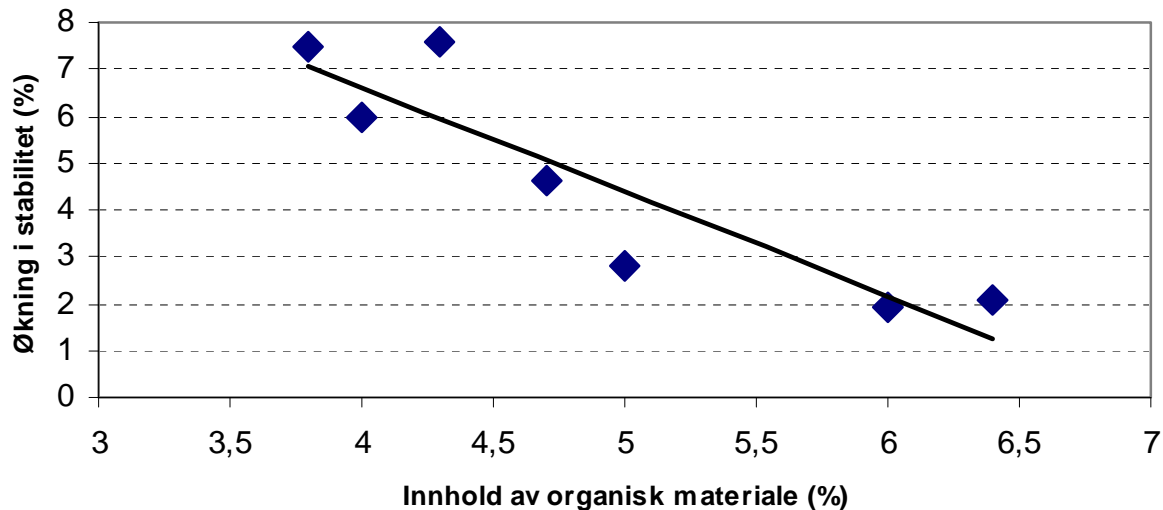
Forsøk på jord med høyere leirinnhold har ikke vært så positive avlingsmessig for vårharving og direktesåing. Havre ga ca 10% avlingsnedgang for direktesåing og 6% ved vårharving i perioden 1998 til 2006 i et forsøk på stiv leire (Riley et al. Til publisering).

3.2 Jord og jordstruktur

Det er gjort mange undersøkelser av jord og jordstruktur under ulike jordarbeidingsystemer (Marti, 1984; Ekeberg et al., 1985; Børresen, 1986; Riley & Ekeberg, 1989; Børresen & Njøs, 1993). Generelt er det små forskjeller som man finner når det gjelder porevolum og jordtetthet. Det er imidlertid gjennomgående at en finner noe større vannlagringsevne i jorda, men noe mindre luft. Fastheten i jorda øker noe. Dette behøver ikke være negativt da dette tilsier at jordas bæreevne øker.

Organisk materiale viser gjennomgående en økning i de øverste 20 cm av jorda ved overgang til redusert jordarbeiding og direktesåing. Uhlen (1973) fant at nedpløying av halm i 14 år resulterte i 20- 35 kg økning i organisk materiale pr dekar og år. I norske forsøk der pløying er sammenlignet med jordarbeiding uten pløying har organisk materiale økt med 35-70 kg pr dekar og år. Redusert jordarbeiding har hatt en større betydning for innholdet av organisk materiale i jorda enn halmbehandling.

Økt innhold av organisk materiale fører ofte til at andre jordfysiske egenskaper i jorda utvikler seg gunstig i forhold til plantevekst, men det kan også ha betydning for miljø, spesielt erosjon. Det er imidlertid slik at virkning av en økning i organisk materiale blir størst hvis jorda har lite organisk materiale i utgangspunktet. Aggregatstabilitet reagerer fort på endringer i organisk materiale. Figur 3 viser økning i aggregatstabilitet etter seks år med jordarbeiding uten pløying plottet mot innhold av organisk materiale i toppsjiktet. På jord med dårlig stabilitet vil derfor en omlegging til jordarbeiding uten pløying bety mye for aggregatstabiliteten som igjen har betydning for skorpedanning og erosjon.



Figur 3. Økning i aggregatstabilitet etter seks år med jordarbeiding uten pløying plottet mot innhold av organisk materiale i toppsjiktet (Marti 1984).

I et forsøk på stive leire økte aggregatstabiliteten med ca 1% pr år når en sammenlignet høstharving og høstpløying (Børresen & Njøs, 1993). Aggregatstabiliteten for direktesådd jord med halmdekke var etter 14 år ca 20 % høyere enn tilsvarende pløyd jord. En gradvis utvikling mot mer stabile aggregater på jord som ikke pløyes er rapportert av flere forskere (Kladivko et al., 1986; Rydberg, 1987; Elonen, 1988; Ball et al., 1989). Høyere aggregatstabilitet er et resultat av mere organisk materiale. I tillegg til å være en stabilisator, gir organisk materiale gode forhold for mikroorganismer og meitemark som igjen har en positiv virkning på stabiliteten (Harris et al., 1965).

En annen viktig jordfysisk egenskap med hensyn på erosjon er jordas evne til å drenere bort overflødig vann. Her er imidlertid ikke resultatene like entydige. Det rapporteres om både en økning og en reduksjon i jordas infiltrasjonsevne og metta vannledningsevne som er de to parametrene som oftest brukes for å beskrive dreneringsevnen.

Når det gjelder jordkjemiske forhold er det påvist at jorda blir noe surere ved overgang til systemer uten pløying (Børresen & Njøs, 1993; Blevins et al., 1983; Ekeberg, 1985). Reduksjonen i pH skyldes ikke gjødsling i dette tilfellet fordi det ble gjødslet med kalksalpeter. Økt innhold av organisk materiale i overflata kan ha resultert i mere organiske syrer som har lekket nedover i profilet.

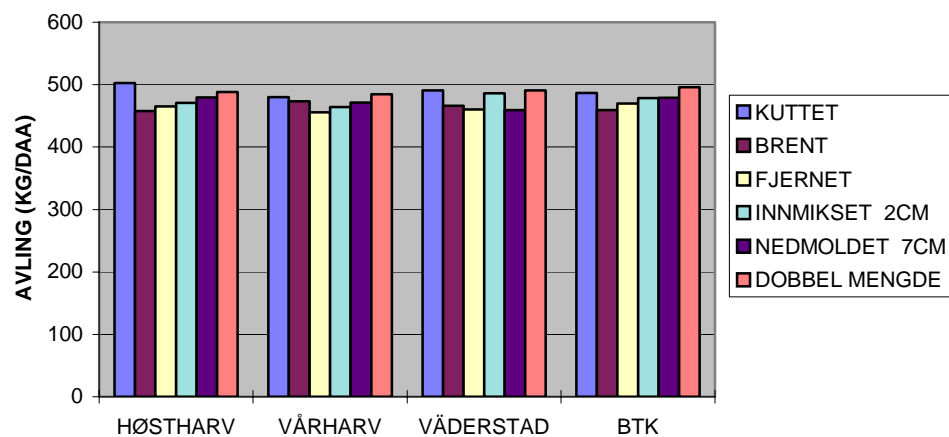
3.3 Agronomiske utfordringer

Halm

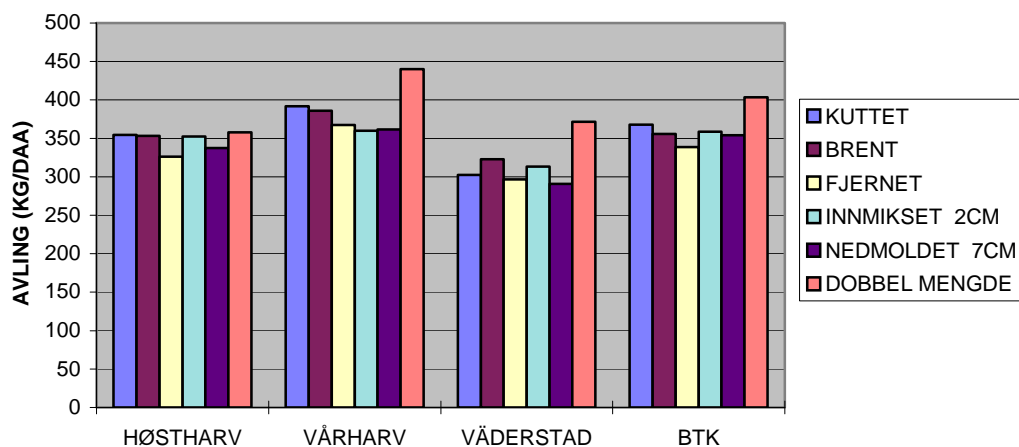
Halm på overflata etter forrige års vekst blir ofte sett på å være en av de største hindringene for å ta i bruk vårharving og direktesåing. I et fuktig klima har halm ofte forårsaket dårlig planteetablering ved bruk av direktesåing eller redusert jordarbeiding (Ellis et al., 1979). Spesielt ved dyrking av høsthvete er spirehemming pga stoffer som skiller ut av halmen før eller under nedbrytning, godt kjent. Et halmdekke på overflata senker jordtemperaturen og føre til utsatt

spiring (Børresen & Njøs, 1986). Planterester kan gi immobilisering av nitrogen under nedbrytingsfasen (Parr & Papendick, 1978). Et større problem kan det være at halm overføre smitte av flere plantesykdommer når den ligger på overflata (Smith et al., 1985).

I tillegg til forsøket vist i figur 2 så er det utført forsøk både ved UMB og i forsøksringene der halmbehandling har vært undersøkt sammen med jordarbeiding. Kornavlingene for de ulike kombinasjoner av jordarbeiding og halmbehandling i middel over 7 år er vist i figurene 4 og 5. På Ås var virkningen av jordarbeidingsystem på kornavling liten. På siltig mellomleire på Øsaker derimot ga vårharving signifikant høyere avling enn høstharving og direktesåing med vingelabber (BTK). Direktesåing med skållabber (Våderstad Rapid) ga lavere avling enn direktesåing med vinglabber. Virkningen av halmbehandling var relativt lik på begge forsøksfeltene. Halm på overflata har generelt hatt positiv virkning på avlingene for alle jordarbeidingsystemene i begge forsøkene.



Figur 4. Kornavling (kg/daa) for ulike metoder for forenklet jordarbeiding i kombinasjon med ulik halmbehandling i middel for perioden 1991-1997 på lettleire på Ås.



Figur 5. Kornavling (kg/daa) for ulike metoder for forenklet jordarbeiding i kombinasjon med ulik halmbehandling i middel for perioden 1991-1997 på stiv leire på Øsaker.

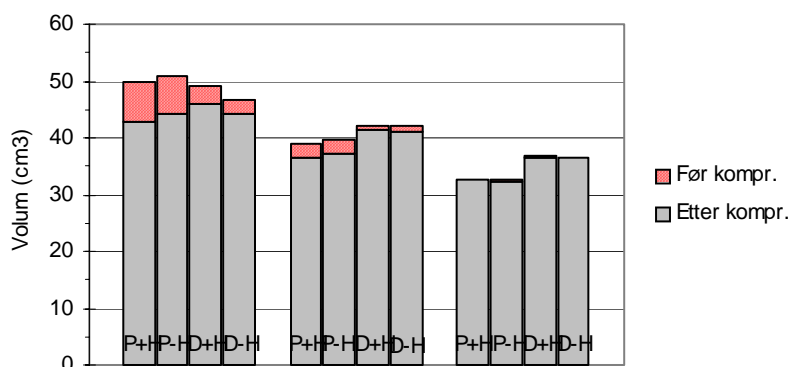
Dette var relativt tørre år der det ofte var nedbørsunderskudd på forsommeren. Under disse forholdene har den bedre vanntilgangen til plantene pga redusert fordamping vært viktig for avlingsutbytte. Det ble observert lavere antall spirer ved såing i mye halm, men likevel ble avlingene større. Konklusjon fra disse forsøkene var at halm på overflata ikke var noe problem

ved direktesåing av vårkorn hvis en hadde en god såteknikk og halmen var godt spredd. Det utviklet seg fort en god jordstruktur der det var et godt halmdekke. Den store skadelig virkningen av spirehemming pga halm som ofte rapporteres ved dyrking av høsthvete (Christian et al. 1988), er trolig langt mindre viktig i vårkorn dyrking. Dette kan delvis forklares med måten de spirehemmende stoffene produseres på (Harper & Lynch, 1981). Cook & Haglund (1991) har vist at et vekstskifte var viktig ved forenklet jordarbeiding fordi spirehemmingen ofte var forårsaket av rotsykdommer og ikke spiregifter fra halmrester.

Resultantene som er vist i figur 4 og 5, er fra en periode med flere relativt tørre år. Under disse forholdene var det positivt med mye halm tilbake på overflata etter såing. Forsøket på Øsaker er ført videre, men med noe endring i forsøksopplegget. Generelt viser resultatene at det har vært negativt for avlingene hvis ikke halmen er blitt fjernet eller innblandet i jorda om høsten. Dette gjelder både for vårharving og direktesåing (Riley et al. Til publisering). I årene fra 1998 til 2005 har direktesåing gitt ca 20% avlingsreduksjon med vårkorn i 6 av disse årene. For vårharving var avlingsutslagene også negative disse årene, ca 10%. Denne avlingsnedgangen er sammenlignet med avling etter høstharving, ikke høstpløying.

Laglighet og såtid

Våren 1997 ble det gjort et forsøk på å finne virkningen av pløying kontra direktesåing over langt tid på jordas evne til å smuldre og å bære en viss last (Eich & Børresen, 1997). Jordas totale porevolum og volum av porer som holder på vann ved feltkapasitet (porer < 30 µm) ble bestemt før og etter en simulering av at et traktorhjul med et lufttrykk på 1 kg/cm² hadde passert. Figur 6 viser resultatene for kompresjon når vanninnholdet i jorda var justert til feltkapasitet. Vanninnholdet på direktesådd jord var da ca 36 vol% og på pløyd jord ca 32 vol%. Porevolumet var noe mindre for direktesådd jord før pakking sammenlignet med pløyd jord. Etter pakking var forholdet motsatt. Den største reduksjonen i porevolum skjedde på pløyd jord. Porer mindre enn 150 µm, viste samme tendens, men for porer mindre enn 30 µm var det ingen virkning av denne pakkinga. Dette viste at luftvolumet ved feltkapasitet var mer utsatt for pakking hvis jorda var pløyd sammenlignet med direktesådd.



P+H: Høstpløyd, med halm
D+H: Direktesådd, med halm

P-H: Høstpløyd, uten halm
D-H: Direktesådd, uten halm

Figur 6. Porevolum og porefraksjoner (cm³) for forsøket på Ås før og etter pakking av jord med totalt volum på 100 cm³ og et vanninnhold tilsvarende feltkapasitet (matrikspotensial på -10 kPa). Prøvevolum ved uttak var 100 cm³.

For å finne et uttrykk for jordas evne til å smuldre ble Atterbergs konsistensgrenser bestemt (Tabell 2). Utrullingsgrensa som er et uttrykk for når jorda går over fra å smuldre til å bli plastisk, var høyere på direktesådd jord spesielt hvis halmen var ført tilbake sammenlignet med pløyd jord. Den direktesådde jorda kan derfor bearbeides med et høyt vanninnhold og enda være i smuldringsfasen. Den andre grensen av smuldringsområdet som beskrives av krympegrensa, var ikke så mye påvirket av jordarbeiding og halmbehandling. Den direktesådde jorda hadde større smuldringsområde enn pløyd jord. Dette var igjen mest merkbart når halmen ble ført tilbake etter høsting.

Tabell 2. Utrullingsgrense, krympegrense og smuldringsområde (vekt%) for pløyd og direktesådd siltig lettleire i dybden 1-6 cm på Ås etter 14 år.

JORDARBEIDING	UTRULLINGSGR.	KRYMPEGRENSE	SMULDRINGSOMR
Pløying + halm	25,5	9,5	16,0
Pløying - halm	26,0	10,0	16,0
Direktesåing + halm	30,5	11,5	19,0
Direktesåing - halm	27,5	10,5	17,0

Selv om det tørket seinere om våren ble ikke såtida så mye utsatt som vanninnholdet skulle tilsi. Både bæreevne og smuldringstidspunkt på jord som var direktesådd over flere år tilsa at en kan kjøre på noe høyere vanninnhold enn på pløyd jord. Når ikke tele begrenser våronnstart, bør det derfor ikke være så stor forskjell på upløyd og pløyd jord når det gjelder starttidspunktet for jordarbeiding /såingen om våren. På den andre siden vil halmen hindre fordamping av vann og selv om en utsetter våronnstarten, er det lite sannsynlig at direktesådd jord med halmdekke blir for tørr.

Ugras og sykdommer

Jordarbeiding har stor effekt på ugrassituasjonen i korndyrkinga. Det har lenge vært klart at virkningen av ulike jordarbeidingssystem på avlingene i stor grad er knyttet til ugrassituasjonen. Tørresen et al. (2003) gjennomførte en relativ stor studie på virkningen av jordarbeiding på ugras (Fig. 7). Figuren viser klart at dess mindre intensiv jordarbeiding er dess mer øker mengden ugras. Vårharving og direktesåing betinger bruk av glyfosat for å holde ugraset på et akseptabelt nivå. I hvilken grad en må sprøyte hvert år eller kan bruke reduserte doser, vil variere mye fra sted til sted.

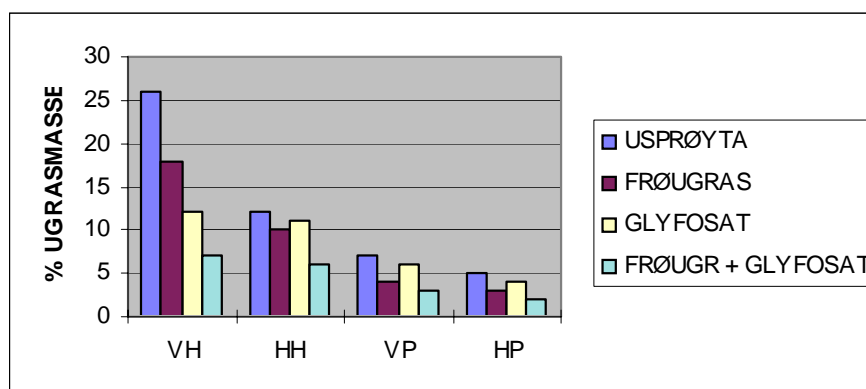


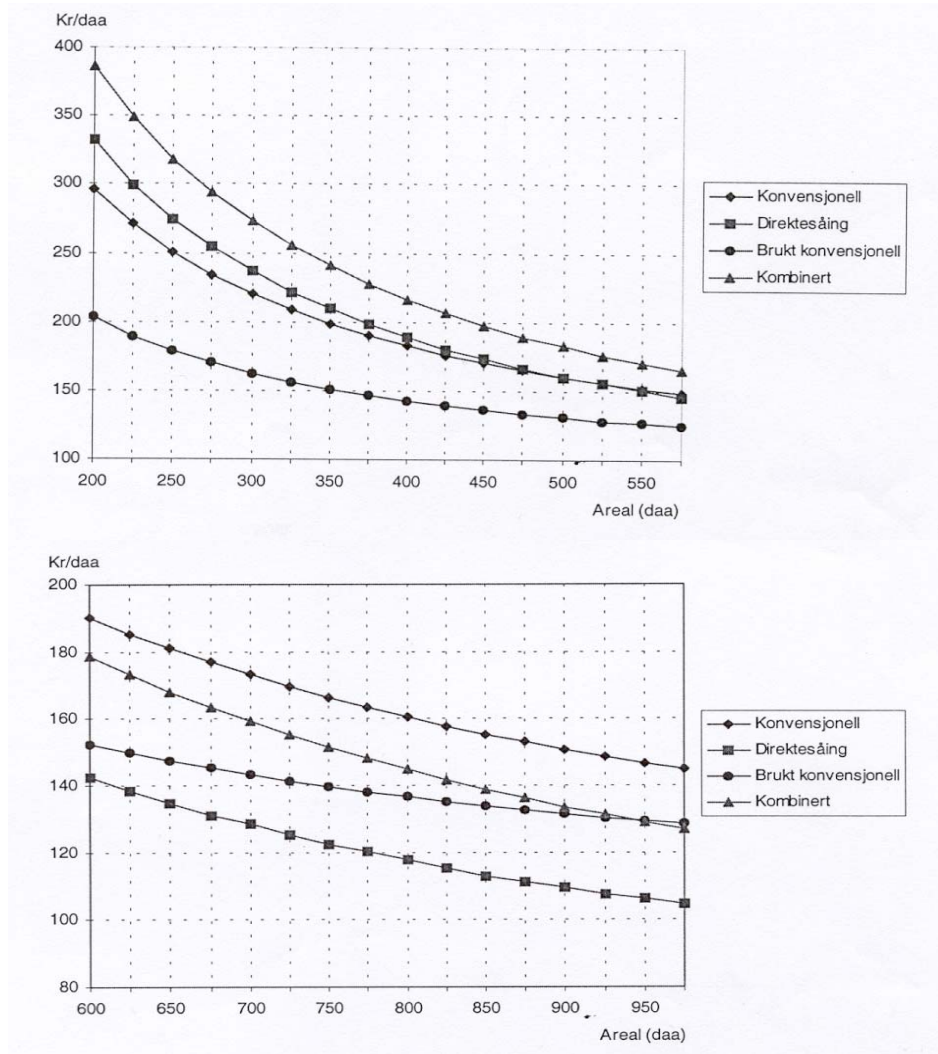
Figure 7. Ugrasmasse ved ulike jordarbeiding og sprøyteintensitet (Tørresen et al., 2003). HP: høstpløying, HH: høstharving, VH: vårharving, VP: vårpløying.

Forsøkene viser at plantesykdommer ikke er særlig mer utbredt ved direktesåing og redusert jordarbeiding enn ved konvensjonell jordarbeiding (pløying). Angrep av mjøldogg, rotdreper og stråknækker er lite påvirket av jordarbeidinga. Det er likevel grunn til å være oppmerksom på problemet fordi noen av kornsykdommene overvintrer på halmrester. Gråøyeflekk, byggbrunflekk og hveteaksprikk er de mest aktuelle. Fornuftig valg av omløp og sorter er viktig for å redusere sykdomsangrep når en vil praktisere jordarbeiding uten pløying.

I den seinere tid er fusarium kommet i fokus. Fusarium kan utvikle mykotoksiner under lagring og disse stoffene er giftige for mennesker og dyr. Det viser seg at fusarium påvirkes mye av klimatiske forhold, særlig nedbør i siste del av vekstsesongen. Imidlertid vil ulike dyrkingstiltak som jordarbeiding, gjødsling etc også påvirke utvikling av fusarium. Det er riktig å vurdere med høyere risiko for fusariumangrep og dermed utvikling av mykotoksiner på avlingen når en ikke pløyer jorda.

3.4 Økonomi

Det er komplisert å gjøre økonomiske beregninger på ulike jordarbeidingsystem. De siste beregninger vi har utført i Norge på dette område, er fra en hovedoppgave i 2000 av Erlend Eggum. Der ble det gjort en sammenligning mellom direktesåing og pløying til høstvetete. Rent dyrkingsteknisk skiller ikke forutsetningene som ble lagt inn for høstvetete, så mye fra de en også må ta med ved vårkorndyrking. Det er i beregningen tatt med et forventet avlingstap for høstvetete ved direktesåing. I tillegg ble det lagt inn et tilskudd for å direkteså høstveteten. Figur 8 viser operasjonskostnadene for gårder i to størrelsesklasser, 200-575 daa og 600-975 daa. Innen en klasse er maskinparken den samme innen de ulike jordarbeidingsystemene.



Figur 8. Operasjonskostnader (kr/daa) for ulike jordarbeidingsystemer på bruk mellom 200-975 daa. Innen hvert diagram er maskinparken den samme for hvert system. Driftskostnaden inkluderer tap i avling og tilskudd for direktesåing.

Som påpekt over kan en ikke overføre disse resultatene direkte til praksis, men de viser en trend at det faktisk er mulig å redusere kostnadene ved jordarbeiding når en utelater pløyinga. Det er særlig på større arealer det er noe å vinne her. På mindre areal skal vi imidlertid være klar over at det er mulig å benytte seg av leiekjøring.

4. Miljøeffekter av redusert jordarbeiding på våren

Miljøeffektene i dette kapittel omfatter effekter av redusert jordarbeiding på transport av partikler og fosfor. Effekten av redusert jordarbeiding på våren består av prosesser som fører til økning eller reduksjon i tap av jord og fosfor ved å gå fra vårpløying til vårharving og direkte såing. Effekten er en følge av endringer i erosjonsrisiko og fordelingen av jordas fosforstatus i jordprofilen, men kvantitativt er risiko for miljøeffekter også avhengig av fordeling av nedbør/avrenning over året. Det vil si risiko for avrenningsepisoder i perioden etter jordarbeiding på våren.

4.1 Erosjon ved redusert jordarbeiding på våren

Risiko for erosjon avhenger av faktorer som er dels naturgitte og dels avhengige av dyrkingssystemer. Det blir ofte referert til USLE-ligningen (Universal Soil Loss Equation) for en enkel oversikt over påvirkningsfaktorene.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Faktorene gir et numerisk estimat på hvordan en spesiell betingelse påvirker graden av erosjon på et spesielt sted. De forskjellige faktorene er som følger:

A - jordtap

R - klimafaktor, eller nedbørsfaktor

K – jordas eroderbarhet

LS – helningsgrad og helningslengde på åkeren (ofte brukt gjennomsnitt)

C – driftsfaktor (jordarbeiding, vegetasjonsdekke)

P – erosjonshindrende tiltak (terrassering, stripedyrking, pløyeretning)

(Wischmeier and Smith, 1979)

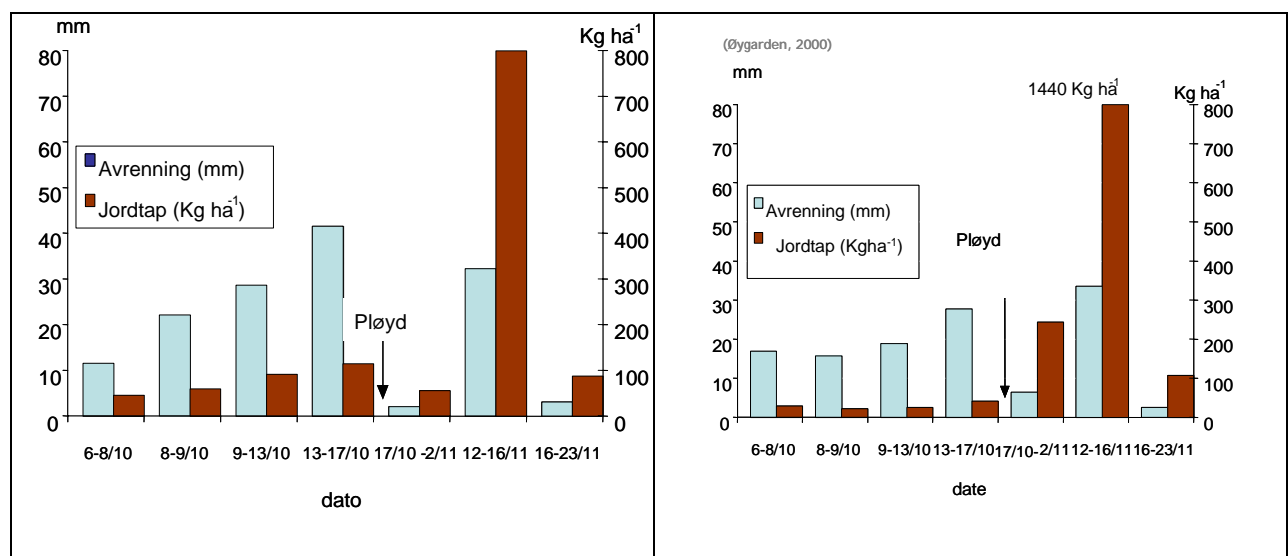
Erosjonsrisikokartene, som blir fremstilt av Institutt for skog og Landskap (tidl. NIJOS) er basert på USLE-ligningen. USLE beregner gjennomsnittlig massetap pr. arealenhet ved flateerosjon for en lengre periode (år), og tar ikke med i beregningen spesielle værphenomen, som for eksempel en svært nedbørrik vår eller høst. Den er ikke beregnet til erosjon i enkeltepisoder, f. eks. spesielle tordenepisoder om sommeren eller ekstremepisoder. Den er heller ikke utviklet for vinterforhold med snøsmelting. USLE inkluderer ikke grop- og fureerosjon som måtte komme av store vannmengder ved kraftige regnskyll og heller ikke sedimentasjon er tatt inn i vurderingen. USLE beregner tap av masse basert på nedbørsmønster, jordtype, topografi, avlingsfaktor (høstpløying eller ikke), jordbruksmønster (pløyeretning). Det er viktig å kjenne til faktorene når en skal vurdere effekter av tiltak som settes inn for å redusere erosjonen.

De naturgitte faktorene omfatter klima, jordas eroderbarhet, helningsgrad og lengde. De naturgitte faktorene kan påvirkes i noen grad av drift, f.eks. påvirkes eroderbarhet av endringer i jordstruktur som igjen er påvirket av kjøring på arealene. Hellingslengden kan også endres ved

f.eks. å innføre erosjonshindrende tiltak (P-faktoren i USLE) slik som stripedyrking eller vegetasjonsbelter som deler hellingen. C-faktoren er den mest driftsavhengige faktoren og den er styrt av dyrkingssystemet. I neste avsnitt er det gjort en samlet vurdering av jordarbeidingseffekten på årsbasis ved ulike dyrkingssystemer. I de fleste erosjonsvurderinger for nedbørfelt i Norge er en opptatt av C- faktoren fordi den beskriver dyrkingssystemene som bonden kan regulere. Det er de relative effekter av å endre dyrkingssystemer som bonden kan påvirke og derfor er denne rapporten også fokusert rundt C-faktorene.

Dersom det i nedbørfelt/på skifter er mye konsentrert erosjon i forsenkninger eller dypere erosjonsspor må dette komme som tilleggsvurderinger til bruken av jordtapligningen. Dersom slike erosjonsformer er dominerende er det også særdeles viktig og effektivt å bevare jorda urørt over vinteren.

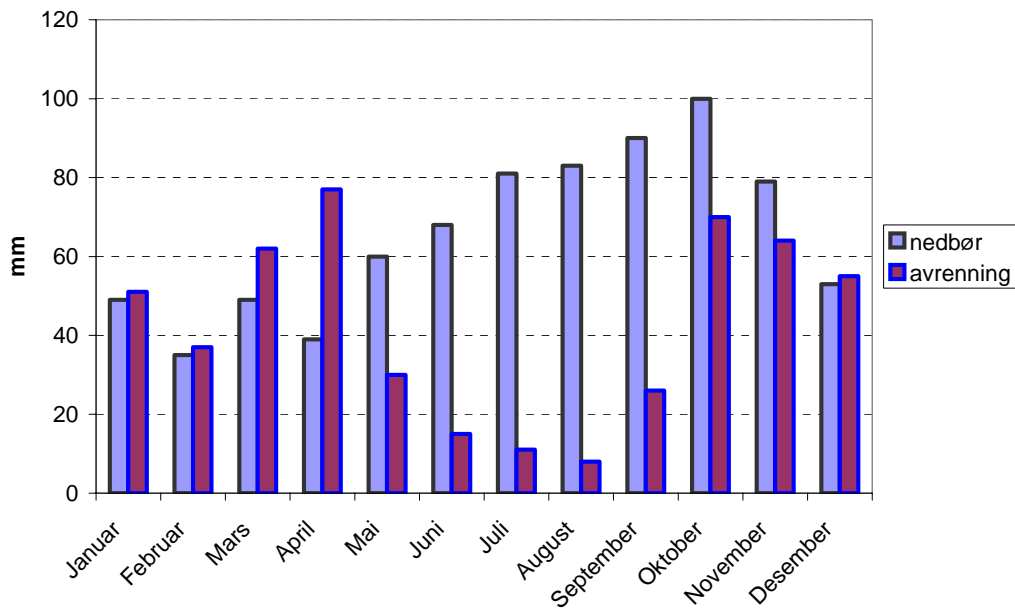
Effekten av jordarbeiding i seg selv har stor betydning for erosjonen. Øygarden (2000) fant tydelig økning i overflateerosjonen og partikkeltapet i grøftene rett etter pløying på planert jord med høy erosjonsrisiko (Figur 9). Arealet hadde meget intensiv grøfting (4 m), men eksemplet illustrerer effekten av pløying. Disse målingene er gjort på høsten, men illustrerer effekten av jordarbeiding på partikkeltapet. Utover vinteren stabiliseres jorda og erosjonsrisikoen reduseres noe. Ved høstpløying vil likevel jorda ligge åpen i en forholdsvis lang periode fra høst til vår. Ved pløying på våren vil perioden hvor jorda ligger åpen og erosjonsutsatt være forholdsvis kort fordi kornet vil spire og dekke/stabilisere jorda. For det meste vil en da i løpet av om lag en måned etter pløying (slutten av mai) få en sterk reduksjon i erosjonsrisikoen.



Figur 9. Avrenning og jordtap fra et felt på Romerike før og etter pløying; Til venstre overflateavrenning og til høyre grøfteavrenning (Øygarden, 2000).

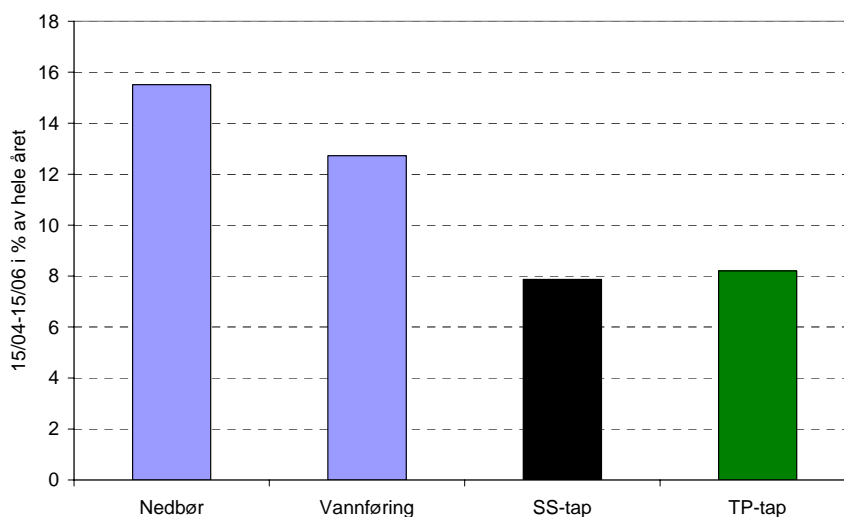
4.2 Risiko for avrenning på våren

Perioden fra pløying om våren til plantene stabiliserer og dekker jorda og dermed reduserer erosjonsrisikoen er forholdsvis kort. Dette er en av årsakene til at jordarbeiding om våren ikke har gitt store effekter på erosjonstap beregnet for hele året. Dessuten er det forholdsvis lite avrenning i mai-juni, særlig sammenlignet med perioden oktober-april (Figur 10).



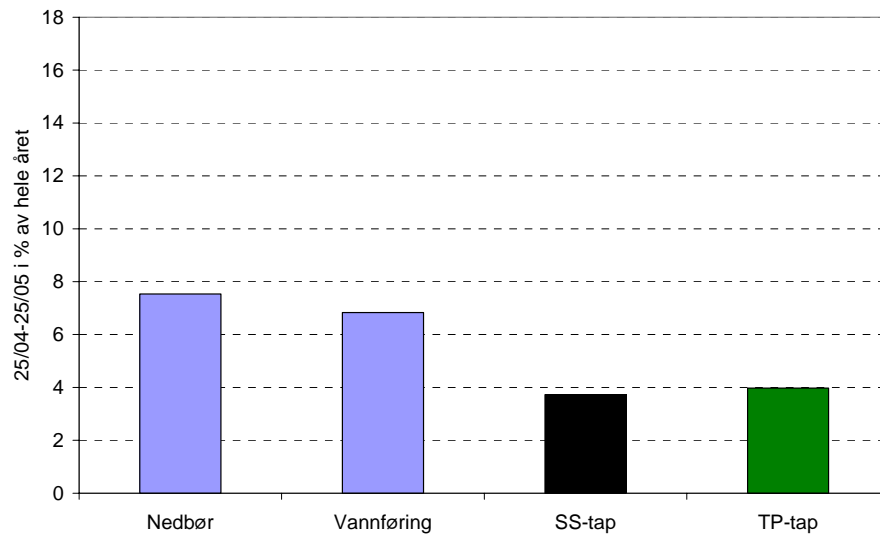
Figur 10. Nedbør (30-årsnormal; IMT-UMB) for Søråsjordet på Ås og avrenning i Skuterudbekken på Ås.

Data fra Skuterudfeltet viser avrenning i perioden 15. april til 15. juni relativt til en gjennomsnittlig 2-måneders periode i året (Figur 11). Det er mindre avrenning i denne perioden enn ellers i året og dette er med på å forklare at det er forholdsvis liten effekt av å direkte så vårkorn i forhold til erosjonsrisiko ved dagens klima. Tapet av SS og fosfor er ennå mindre enn avrenningen i denne perioden sammenlignet med ellers i året.



Figur 11. Nedbør, vannføring, SS- og fosfortap i perioden 15. april til 15. juni i gjennomsnitt for årene 1994-2006 for Skuterudfeltet i Ås.

Perioden der jorda er erosjonsutsatt etter vårpløying varierer fra år til år. Noen år er det kortere tid fra pløying og til kornet dekker jorda og dermed reduseres erosjonsrisikoen. Figur 12 viser avrenningen i perioden 25. april til 25. mai relativt til en gjennomsnittsmåned i året.



Figur 12. Nedbør, vannføring, SS- og fosfortap i perioden 25. april til 25.mai i gjennomsnitt for årene 1994-2006 for Skuterudfeltet i Ås.

Klimaendringene kan føre til endringer i nedbørperiodenes fordeling over året og dermed betydningen av vårperioden for avrenning og erosjon. Det er ukjent hvilken betydning dette evt. vil ha for erosjonsrisikoen. Dersom klimaendringer fører til flere ekstremepisoder om våren med høyere nedbørintensitet vil det kunne oppnås større effekt av redusert jordarbeiding om våren. Scenariene viser også at høstnedbør kan komme til å øke og dermed kan det også bli sterkere press på ingen jordarbeiding om høsten framfor endringer i vårarbeidingen.

4.3 Årlig erosjon ved jordarbeiding på våren

Det er lite målinger som viser effekten av jordarbeiding om våren på jord- og fosfortapet. Dette skyldes at hittil har de store periodene med erosjon vært høstperioden og spesielt snøsmeltingen. I enkelte år er det kun i snøsmeltingen at noen felter har hatt overflateavrenning.

Det er gjort målinger av erosjon på arealer med noe ulik erosjonsrisiko. Det meste er gjort på felt med forholdsvis høy erosjonsrisiko, bl.a. på planerte arealer. Målingene viser at målte jordtap ved vårarbeiding (vårpløying, vårharving, direktesåing) på arealer med høy erosjonsrisiko har redusert partikkeltapet med opptil 80-90 % på planert jord i forhold til tidlig høstpløying. Tiltaket har gitt noe mindre effekt på uplanert lettleire med lavere erosjonsrisiko, i hovedsak fordi høstpløying gir langt mindre overflatevann på denne jordtypen enn vårarbeiding. Det skilles ikke mellom ulike jordarbeidingstyper for vårarbeiding, da hovedeffekten ligger i at det ikke jordarbeides om høsten. Det kan allikevel kommenteres at på sikt vil harving eller direktesåing føre til økt innhold av organisk materiale, og en noe mindre erosjonsutsatt jord, i forhold til om det pløyes.

For å kunne si noe mer generelt om erosjonsrisiko under ulike forhold og ved ulike jordarbeiding har Helge Lundekvam (IPM) utviklet modeller for norske forhold - ERONOR og USLENO. De er basert på USLE-prinsippet og målinger i små felt, og kan bl.a. simulere den samlede effekten av jordarbeiding på våren. I erosjonsmodellene ERONOR og USLENO, som begge er tilpasset norske forhold, er ulike dyrkingssystem gitt en faktor som angir grad av risiko for

overflateerosjon. I begge modellene benyttes en C-faktor som angir relativ erosjonsrisiko for gitt dyrkingssystem i forhold til om arealet hadde ligget brakk. Faktorene må tilpasses regionale forhold, og vil derfor variere avhengig av lokalitet. Tabell 3 viser C-faktorer for overflateavrenning for ulike dyrkingssystem i Follo-regionen beregnet med ERONOR.

Faktorene er her oppgitt relativt til et tradisjonelt dyrkingssystem med vårkorn og høstpløying (omregnet fra verdier oppgitt i Lundekvam (2002)). Den relative erosjonsrisiko for vårkorn som blir pløyd og harvet om våren er 0,14 og for vårkorn som ikke er pløyd, men harvet to ganger på våren er den 0,12. Direktesådd vårkorn har en relativ erosjonsrisiko på 0,11. Det er altså på årsbasis liten forskjell mellom de ulike jordarbeidingsystemer på våren, mens den avgjørende virkningen av jordarbeidingsystemer på erosjonsrisikoen er at en ikke pløyer på høsten.

Tabell 3. Beskrivelse av ulike dyrkingssystem med C-faktorer for overflateavrenning i Follo-regionen benyttet i ERONOR. Faktorene er oppgitt relativt til tradisjonelt dyrkingssystem (omregnet fra Lundekvam (2002))

C-faktor	Dyrkingssystem
1,0	Tradisjonelt dyrkingssystem m/vårkorn og høstpløying, harving om våren
0,93	Høsthvete, pløyd og harvet om høsten
0,86	Vårkorn, harvet to ganger om høsten, en gang om våren
0,58	Høsthvete, harvet to ganger om høsten
0,5	Vårkorn, harvet en gang om høsten, en gang om våren
0,19	Høsthvete, direktesådd
0,14	Vårkorn, pløyd og harvet om våren
0,12	Vårkorn, harvet to ganger om våren
0,11	Vårkorn, direktesådd vår
0,11	Vårkorn, med fangvekst, pløyd og harvet om våren
0,05	Eng, permanent vegetasjonsdekke

I tillegg er det gjort en simulering av overflate- og grøfteavrenning med ERONOR-modellen for arealer med liten helling og jordtypen siltig lettleire. Det er her simulert både jord- og fosfortap (Tabell 4). Kun en liten del av arealene i nedbørfeltene i Vansjø-Hobølvassdraget og Haldenvassdraget har så liten helling, for arealer med større helling er erosjonen større og forskjellen mellom ulike typer jordarbeiding generelt større..

Tabell 4. Jord- og fosfortap beregnet med ERONOR-modellen for siltig lettleire med liten helling (Lundekvam, pers. medd.).

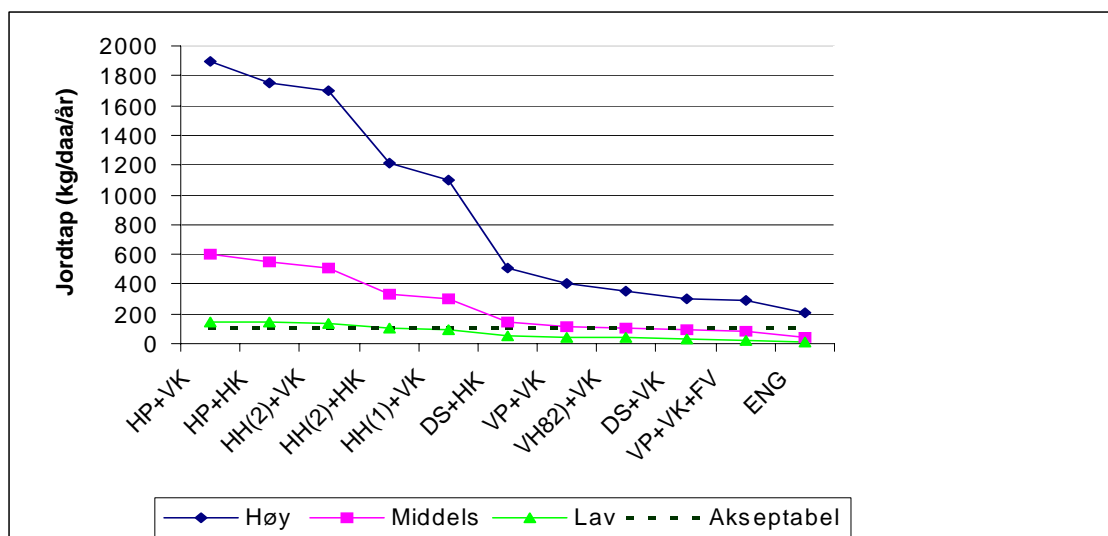
	Overflatevann (156 mm)				Grøftevann (350 mm)	
	Jordtap (kg/daa)		Fosfortap (g/daa)		Jordtap (kg/daa)	Fosfortap (g/daa)
	1 %	3 %	1 %	3 %		
Høstpløying	20,5	43,6	48,6	71,0	34,3	62,6
Potet	24,5	52,0	52,5	79,2	37,4	66,3
Høsthvete	27,1	36,2	45,2	63,9	29,0	56,0
Høstharving	10,7	22,8	39,1	50,8	25,7	52,2
Vårharving	2,5	5,3	31,1	33,9	13,3	35,0
Direktesåing	2,5	5,2	31,1	33,8	12,6	34,1
Eng	1,1	2,3	29,7	30,9	8,1	26,8

Ut fra overstående modell simuleringer med ERONOR (Lundekvam, pers. medd) er det gjort vurderinger av den samlede effekten på årlig erosjonsrisiko ved mange ulike jordarbeidingsmetoder, inkludert ulik jordarbeiding om våren (Tabell 5).

Tabell 5. C-faktorer brukt i jordtapsligningen for overflate- og grøfteavrenning ved ulik jordarbeiding (tilpasset fra modellering med ERONOR gjennomført av Helge Lundekvam).

Driftsform	C faktor for overflateavrenning	C faktor for grøfteavrenning
Vårkorn, høstpløying m/harving om våren	1	1
Høsthvete	0,83	0,85
Vårkorn, tung høstharving	0,86	0,8
Vårkorn, harvet om høsten, og om våren	0,52	0,75
Vårkorn, pløyd og harvet om våren	0,14	0,39
Vårkorn, harvet to ganger om våren	0,12	0,39
Vårkorn, direktesådd vår	0,12	0,37
Vårkorn, med fangvekst, pløyd og harvet om våren	0,11	0,25
Eng, permanent vegetasjonsdekke	0,05	0,24
Potet	1,19	1,09
Løk og rotgrønnsaker	1	1
Andre grønnsaker uten jordopptak	0,5	0,8
Permanent beite eng/vegetasjonsdekke eller ute av drift	0,03	0,14

Modellsimuleringene viser altså at det både for arealer med liten og middels erosjonsrisiko er liten forskjell mellom ulike jordarbeidingsystemer på våren. Den største effekten av jordarbeiding oppnås ved å la åpen åker overvintre i stubb.



Figur 13. Simulert jordtap (overflate- + grøftevann i kg/daa og år) for ulike driftsopplegg for tre ulike risikoklasser for erosjon Akseptabel erosjon er satt til 100 kg/daa og år. (høy: bakkeplanert, < 2% organisk materiale og dårlig jordstruktur; middels: delvis bakkeplanert, 3,5% organisk materiale og brukbar jordstruktur; lav: Ikke bakkeplanert, 5% organisk materiale, god jordstruktur). (etter Lundekvam et al., 2003)

Når det gjelder fosfortap er det større usikkerhet i betydningen av ulike jordarbeidingsmetoder på våren. Redusert jordarbeiding gir større andel løst fosfor i avrenningen. Forsøkene utført av Lundekvam (1997) viste relative P-tap ved vårarbeiding på 0,2-0,4, i forhold til P-tap ved høstpløying (tilsvarende tall for jordtap 0,1-0,2). Virkningene av de ulike tiltakene er generelt noe lavere for fosfortap enn for jordtap, med størst effekt på erosjonsutsatt jord og fosfortap på lite erosjonsutsatt jord kan øke ved vårarbeiding istedenfor høstarbeiding. Dette fordi en betydelig større andel P vil forekomme på løst form dersom man lar planter/planterester (halm og ugras) ligge igjen om høsten uten å jordarbeide. Tapet av partikulært P er ofte større enn

tilsvarende partikkeltap fordi erosjon og transport av partikler selekterer små og fosforrike partikler. Spesielt ved lav erosjon vil det være en anrikning av mindre partikler med mer fosfor. Ved kraftig erosjon vil også større partikler og hele aggregater løsrives og transporteres.

Figur 13 viser at det er stor forskjell på effekten av jordarbeiding på arealer med ulik erosjonsrisiko. For vårkorn med pløying (VP+VK) og direkte såing (DS+VK) er for skjellen ca 100 kg/daa ved høy erosjonsrisiko, men ved liten erosjonsrisiko er det liten forskjell. Figuren viser også at det er mest å oppnå ved å la alt areal ligge i stubb over vinteren. Det fremgår også av figuren at pløying før høstkorn gir stor erosjonsrisiko. Andre undersøkelser tyder på at erosjonsrisikoen i forbindelse med høstkorn med pløying gir en større erosjonsrisiko enn høstpløying alene, spesielt i år med dårlig utvikling av kornet på høsten.

Tilførsel av organisk materiale (bark, slam) ved vårharving har i forsøk gitt reduserte partikkeltap med opptil 40 % av partikkeltap ved kun vårharving. Det har da blitt tilsatt 5 tonn barktørrstoff/daa innharvet i anleggsåret, med påfølgende vårharving hvert år. Ved tilsetning av 2 tonn slamtørrstoff/daa har tilsvarende reduksjon vært på hele 50-60 %. Effekten skyldes i hovedsak økt infiltrasjon og følgelig mindre overflateavrenning. Tilsetning av slam har i tillegg vist å ha en gunstig virkning på aggregatstabilitet og jordstruktur. Dette er faktorer som vil gjøre jorda mindre erosjonsutsatt. Tiltaket kan anbefales på planert jord med et lavt innhold av organisk materiale. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til at slammet inneholder store fosformengder og kan bidra til å øke fosforavrenningen.

Planterester på jordoverflaten etter høsting kan ha stor innvirkning på fosfortap. Dekking av jordoverflaten med planterester vil i de fleste tilfeller redusere jordtapet, og følgelig tap av partikkelbundet P. På den annen side, kan planterester føre til økt avrenning av løst fosfor. Det har vært utført en del målinger som tyder på at store mengder P løses ut fra planterester om vinteren. Effekten av planterester ved redusert jordarbeiding om våren er lite dokumentert, men det er målt høyere fosforkonsentrasjoner ved direktesåing om våren fra arealer med lav erosjonsrisiko.

Forsøk utført av Lundekvam (1997) konkluderer med at halmfjerning i de fleste tilfeller er lite gunstig med tanke på erosjonsrisiko. Dersom man lar treskehalmen ligge, har dette i forsøk vist å redusere partikkeltapet med opp mot 30-40 % ved vårpløying på uplanert jord i forhold til om halmen fjernes. Det ble ikke funnet noen effekt ved høstpløying. Effekten var noe lavere enn forventet, noe som kan skyldes at selv ved fjerning av treskehalmen, har man fremdeles en dekningsgrad på opp mot 60 % ved det som står i stubb. Mye av effekten er da allerede oppnådd. Brenning av halm derimot, vil fjerne mye av stubben og frarådes på det sterkeste.

Jordstruktur har også stor betydning for risiko for tap i grøfteavrenning. Leirjord med dårlig struktur er mest utsatt for tap av P i grøfteavrenning. En forbedring av jordstrukturen er viktig for å redusere sprekke dannelse, og øke jordas aggregatstabilitet og infiltrasjonsevne. Ved en oppbryting av jordas aggregatstruktur, vil man få frigjort mer partikler og økt potensial for å få løst ut fosfor fra partiklene. For å opprettholde en god jordstruktur og aggregatstabilitet er det viktig at all jordarbeiding foregår under tørre forhold. Ved jordarbeiding under våte forhold, vil man kunne få en pakning i jordstruktur og nedsatte infiltrasjonsforhold. Dette vil øke risiko for tap gjennom sprekker og makroporer, og følgelig økte tap i grøfteavrenning (Ulén og Jakobsson, 2005). Et dyrkingssystem der en ikke pløyer vil gi betingelser for utvikling av en god jordstruktur men også gi mulighet for dannelse av velutviklede sprekker og andre makroporer, som danner sammenhengende transportveier fra grøftene til jordoverflaten. Pløying vil redusere antallet av sammenhengende makroporer, men gir samtidig økt risiko for overflateavrenning ved å hindre transport gjennom en plogsåle. På grunn av stort porevolum ved pløying er det stor infiltrasjonskapasitet i de øverste 20 cm jord, men vannledningsevnen kan være liten nedover i profilet. Ved direktesåing vil vannledningsevnen være jevnere gjennom hele profilet. Løsrivelse av partikler er størst ved pløying før såing, mens den er liten ved direkte såing i stubb. Transport av løst fosfor kan beskrives herunder for de to systemene.

4.4 Fosfor status i jorda ved redusert jordarbeiding

En reduksjon i partikkeltap vil ha ulik innvirkning på fosfortap, avhengig av jordas fosforstatus.

Jord, som ikke pløyes eller harves i løpet av sesongen vil få en opphopning av fosfor i den øverste delen av jordprofilen. Fosfor-gjødsel til korn tilføres vanligvis i 5-7 cm dybde (evt. litt høyere nye maskiner) og uten jordarbeiding vil fosforet ikke bli blandet inn i et større jordvolum. I Norge er det funnet en økning i P-AL i sjiktet 0-5 cm på upløyd sammenlignet med pløyd jord. Etter 13 år uten pløying hadde P-AL-tallet (mg/100g) steget fra 5,5 til 8,3 i 0-5 cm og fra 5,4 til 6,7 i 10-20 cm dybde sammenlignet med pløying (Børresen, 2007). Økningen i fosforinnhold i de øverste jordlagene har sannsynligvis liten betydning for grøfteavrenningen, men i forhold til fosfortap med overflatevann kan det ha en vis betydning. Det er vist i mange, både norske og utenlandske avrenningsstudier at en økning i fosforstatus i de øverste jordlag fører til økt konsentrasjon av fosfor i avrenningsvannet (Øgaard, 1995; McDowell og Sharpley, 2001). Ved lave og middelshøye fosfortall vil det sannsynligvis ha forholdsvis liten betydning. Ved lang tids redusert jordarbeiding og høye nivåer på tilført fosfor vil fosfor etter hvert løses lettere ut fra jordpartiklene. Redusert fosforgjødsling er aktuelt tiltak for å redusere denne risikoen.

5. Konklusjon

Dyrkningsmessig

Rent agronomisk eller dyrkningsmessig gir endring av normal praksis for jordarbeiding en del utfordringer. Noen av disse utfordringene som bonden ser, er reelle, men ikke nødvendigvis alle. Vårpløying er et tiltak som ikke krever vesentlige endringer på maskinparken, men kunnskapen om smuldring, laglighet og bearbeidingsdybde blir mer avgjørende enn ved den tradisjonelle høstpløyinga. Vårpløying er et interessant alternativ for jordarbeiding fordi det har stor effekt på erosjon samtidig som ugraset kontrolleres godt med begrenset bruk av ugrasmidler.

Avling

I forsøk har høstpløying gitt avlinger på 488, vårpløying 492 og vårharving 510 kg/daa på siltig mellomleire i Ås. Generelt er det for vårharving og direktesåing en viss risiko for noe avlingsnedgang over tid. I praksis forventer vi at direktesåing er noe mer utsatt for reduserte avlinger enn vårharving selv om dette ikke er like synlig i de ulike langvarige forsøkene. I forsøk med direktesåing var det ingen forhold som tydet på at det er nødvendig å pløye for å «kvitte» seg med halmen der jorda ble direktesådd i mange år etter hverandre uten å fjerne halmen. Halmen kan føre til spirehemming på grunn av stoffer som skilles ut ved nedbrytning av halmen og på grunn av immobilisering av nitrogen. Dessuten kan halmen overføre plantesykdommer fra et år til et annet.

Jordstruktur

Det er generelt små forskjeller i jordstruktur, målt som porevolum og jordtetthet. Det er imidlertid gjennomgående at en finner noe større vannlagringsevne i jorda, men noe mindre luft. Fastheten i jorda øker noe. Dette behøver ikke være negativt da det tilsier at jordas bæreevne øker. Redusert jordarbeiding har hatt en større betydning for innholdet av organisk materiale i jorda enn halmbehandling.

Plantevernmidler

Ulempen ved vårharving og direktesåing er først og fremst behovet for bruk av glyfosat relativt regelmessig. Når det gjelder sykdommer vil dette neppe ha avgjørende betydning i de aktuelle områdene. Det gjelder antakelig også for fusarium, men her er kanskje problemet større i deler av Haldensvassdraget sammenlignet med Morsa. Ny kunnskapen om fusarium vil kunne påvirke hvor aktuelt det er å bruke vårharving og direktesåing i disse områdene.

Erosjonsrisiko

Miljøeffektene av redusert jordarbeiding har vært drivkraften i å øke arealet med direktesåing og arealet som harves om våren før såing. Valg av jordarbeidingssystem har stor betydning for risikoen for vannerosjon fra åpenåkerarealer. Det er derfor naturlig å sette fokus på jordarbeiding som et tiltak for å hindre avrenning av jord og næringsstoffer i sårbare områdene. Det viktigste i den sammenheng er å redusere jordarbeidingen om høsten. Når det gjelder metoder for jordarbeiding om våren er det mindre forskjell mellom de ulike metodene. Risikoen for overflateerosjon på arealer som vårpløyes og arealer som direktesåes om våren er henholdsvis 14 % og 12 % av risikoen for overflateerosjon ved høstpløying. Risikoen for partikkeltap gjennom grøftene er tilsvarende 39 % (vårpløying) og 37 % (direktesåing) av risikoen ved høstpløying. Denne reduksjonen er størst på arealer med stor erosjonsrisiko. Ved høy erosjonsrisiko svarer forskjellen mellom vårkorn med pløying og direkte såing til ca 100 kg/daa, men ved liten erosjonsrisiko er det liten forskjell. På arealer med middels eller liten erosjonsrisiko er det altså kun en liten effekt av harving eller direktesåing om våren i forhold til vårpløying. En vil

sannsynligvis få mye større reduksjon i erosjon ved å fokusere på overvintring i stubb på arealer som i dag høstpløyes. Ut fra et vannkvalitetssynspunkt kan det dog vurderes om jordpartikler som tilføres om høsten og vinteren har samme effekt på vannkvaliteten som partikler tilført i mai-juni.

Avrenning på våren

Grunnen til at effekten av redusert jordarbeiding om våren er liten er at vårpløyd jord vil ha en kort periode etter såing og til plantene dekker overflata godt der jorda er erosjonsutsatt. Ved å bare harve eller direkteså isteden for å pløye om våren reduseres også risikoen for erosjon i denne perioden. Avrenningen i perioden fra 15. april til 15. juni utgjør ca 12 % av årets total avrenning, og effekten av redusert jordarbeiding vil stort sett kun ha effekt på avrenningen i denne perioden. Risiko for intens nedbør kan endre seg på grunn av klimaendringer og gi endring i effekten av pløying om våren, men dette vet vi lite om nå.

Fosfortap

Reduksjon i fosfortapene er noe mindre enn reduksjon i partikkeltap ved å gå fra vårpløying til direktesåing om våren. Det skyldes dels at det løses ut fosfor fra plantemateriale på jordoverflaten ved direktesåing og dels opphopning av fosfor i de øverste jordlagene dersom en ikke gjennomfører tiltak med redusert gjødsling. Det er stor usikkerhet i nivåene på fosfortapene ved de ulike jordarbeidingsmetoder om våren, siden det meste av forskningen har fokusert på forskjellen mellom høstpløying og vårpløying..

6. Referanser

- Ball, B.C., Lang, R.W., O'Sullivan, M.F. and Franklin, M.F., 1989. Cultivation and nitrogen requirements for continuous winter barley on a gleysol and a cambisol. *Soil Tillage Res.*, 13: 333-352.
- Bechmann, M., H. O. Eggestad og S. Kværnø. 2006. Lokale fosfortilførsler til vestre Vansjø og Mosseelva. Bioforskrapport Vol1. nr.3 2006.
- Bechmann, M., Grønsten, H.A. og Kværnø, S.H. 2006. Fosforkart for nedbørfeltet til vestre Vansjø. Bioforsk rapport Vol. 1 Nr. 115 2006
- Bechmann, M., Pengerud, A., Øygarden, L., Øgaard, A.F. og Syversen, N. 2007. Tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer rundt Vestre Vansjø. Bioforsk rapport Vol. 1 Nr. 177 2006
- Blevins, R.L., Thomas, G.W., Smith, M.S., Frye, W.W. and Cornelius, P.L., 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil Tillage Res.*, 3: 135-146.
- Børresen, T. and Njøs, A., 1986. The effects of three tillage systems combined with different compaction and mulching treatments on soil temperature and soil thermal properties. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 4: 363-371.
- Børresen T. and Njøs A., 1993. Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. *Soil Tillage Research* vol 28 no.2 97-108
- Cook, R.J. and Haglund, W.A., 1991. Wheat yield depression associated with conservation tillage caused by root pathogens in the soil not phytotoxins from the straw. *Soil biology & biochemistry*. vol.23, No. 12; 1125-1132.
- Christian D.G., Bacon, E.T.G., Miller, D.P. and Nash, C., 1988. The effect of depth of straw incorporation on the growth and yield of winter wheat on a clay and a silt loam soil. *Proceedings 11th International Conf. of ISTRO, Tillage and Traffic in Crop Production, 11-15 July 1988, Scottish Centre of Agricultural Engineering, Bush Estate, Edinburgh, Scotland, Vol 2, pp. 613-617.*
- Eggum, E., 2000. Lønnsomheten ved direktesåing av høsthvete. Hovedoppgave ved Institutt for jord og vannfag, Norges Landbrukshøgskole.
- Eich, S. & Børresen, T. 1997. Virkning av ulik jordarbeiding på jordas bæreevne og smuldringsegenskaper. Rapport nr 11/97. Norges Landbrukshøgskole. Institutt for jord og vannfag. 11p
- Ekeberg, E., H. Riley and A. Njøs., 1985. Plogfri jordarbeiding til vårkorn. I. Avling og kveke. *Forsk. Fors.Landbr.*, 36: 45-51.
- Elonen, P., 1988. Reduserad jordbearbeiting. Forskning i Finland. Rapport från jordbearbeitingssavd. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala, 77: 17-23.
- Ellis, F. B., Elliot, J.G., Pollard, F., Cannel R.Q. and Barnes, B.T. 1979. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. 3. Winter wheat and spring barley on calcareous clay. *J. Agric. Sci., Camb.* 93: 391-401.
- Graham, J.P., Ellis, F.B., Christian, D.G. and Cannel, R.Q., 1986. Effects of straw residues on the establishment, growth and yield of autumn-sown cereals. *J. Agric. Eng. Res.*, 24: 39-49.
- Harper, S.H.T. and Lynch, J.M., 1981. The kinetics of straw decomposition in relation to its potential to produce the phytotoxin acetic acid. *J. Soil Sci.*, 32: 627-637.
- Harris, R.F., Chester, G. and Allen, O.N., 1965. Dynamics of soil aggregation. *Adv. Agron.*, 18; 107-160.

- Kladivko, E.J., Griffith, D.R. and Mannering, J.V., 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soya beans in Indiana. *Soil Tillage Res.*, 8: 277-287.
- Marti, M., 1984. Kontinuerlicher Getreidebau ohne Plug im Südosten Norwegens - Wirkung auf Ertrag, Physikalische und Chemische Bodenparameter. (Continuous cereal production with ploughless cultivation in South-Eastern Norway - Effects on yields and soil physical and chemical parameters). (in German with English summary). Dr. scient thesis, Agricultural University of Norway, 155 pp.
- McCalla, T.M. and Army, T.J. 1961. Stubble Mulch Farming. *Advances in Agronomy*, 13: 125-196.
- Parr, J.F. and Papendick, R.I., 1978. Factors affecting the decomposition of crop residue by microorganisms. In «Crop Residue Management systems». A.S.A. Special Publication No. 31: 101-129.
- Riley, H., 1983. Redusert jordarbeiding og halmbehandling til vårkorn på ulike jordarter. I. Avlinger og ugrasmengder. *Forskning og forsøk i landbruket* 34: 209-221.
- Riley, H., 1985. Redusert jordarbeiding til vårkorn. Ulike såmaskiner og såtider. *Forsk. Fors. Landbr.*, 36: 61-70.
- Riley, H. and Ekeberg, E., 1989. Plogfri dyrking på store forsøksruter. II. Kjemiske og fysiske jordundersøkelser. *Norsk landbruksforskning*, 3: 107-115.
- Rydberg, T., 1987. Studier i pløjningsfri odling i Sverige 1975 - 1986. Rapport från jordbearbetningsavd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, 76: 35 pp.
- Tørresen, K., R. Skuterud, H.J. Tandsæther & M.B. Hagemo. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection* 22: 185-200
- Smith, B., Jordan, V., Kendal, D. and Glen, D., 1985. Straw disposal and its effects on pests, diseases and pesticide use. In: John Hardcastle (ed.) *Straw, Soils & Science*. AFRC, London: 20-22.
- Uhlen, G., 1973. The effect of ploughed in cereal straw on yields and soil properties. *Meld. Norg. Landbr. Høgsk.*, 52 (10): 21p.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning*. USDA Handbook 537. Washington, D.C.: U.S. GPO.
- Øygarden, L. 2000. Soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway. Doctor Scientiarum Thesis 2000/8. Agricultural University of Norway, Ås, Norway.