



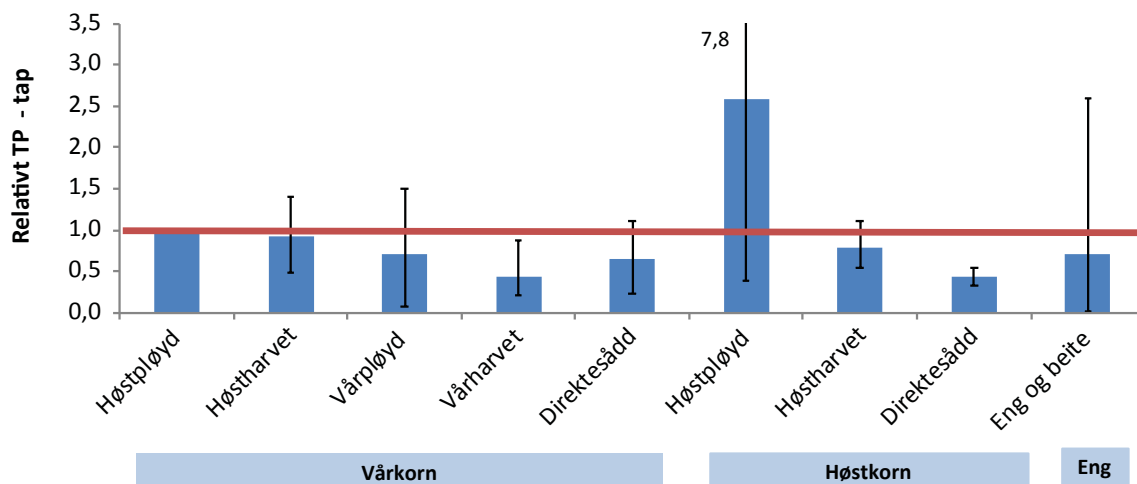
Foto: NIBIO

Klima, jordarbeiding, erosjon og fosfortap

Nordiske forsøk viser at jordarbeiding om høsten gir større tap av jord og næringsstoffer sammenlignet med overvintring i stubb og jordarbeiding om våren. Effekten av overvintring i stubb på vannkvalitet varierer med helling, jordart og værforhold det enkelte år. Mer nedbør og mer intens nedbør gir større risiko for erosjon, og under slike forhold er det også større effekt av jordarbeidingstiltak. Ved små avrenningsmengder er det mindre forskjeller mellom jordarbeidingsmetoder. I et endret klima kan det bli et økt behov for overvintring i stubb for å opprettholde og forbedre vannkvaliteten.

INGEN ELLER REDUSERT JORDARBEIDING OM HØSTEN

Høstpløying og harving før såing har vært den tradisjonelle jordarbeidingsmetoden ved kornproduksjon i Norge. *Ingen jordarbeiding om høsten* vil si at areal overvintrer i stubb og at eventuell jordarbeiding gjøres om våren. Det omfatter også direktesåing av høstkorn. *Redusert jordarbeiding* betyr i Norge at man unnlater å pløye, og omfatter høstharving og vårharving. Begrepet jordarbeidingstiltak brukes ofte som et samlebegrep for både redusert og ingen jordarbeiding.



Figur 1. Gjennomsnittlig tap av totalfosfor (TP) ved ulike jordarbeidingsmetoder sammenlignet med høstpløying (rød horisontal linje) i nordiske forsøk. Den vertikale sorte linjen representerer variasjonen i datasettene (Bechmann m.fl. 2011).

RESULTATER FRA NORDISKE FORSØK

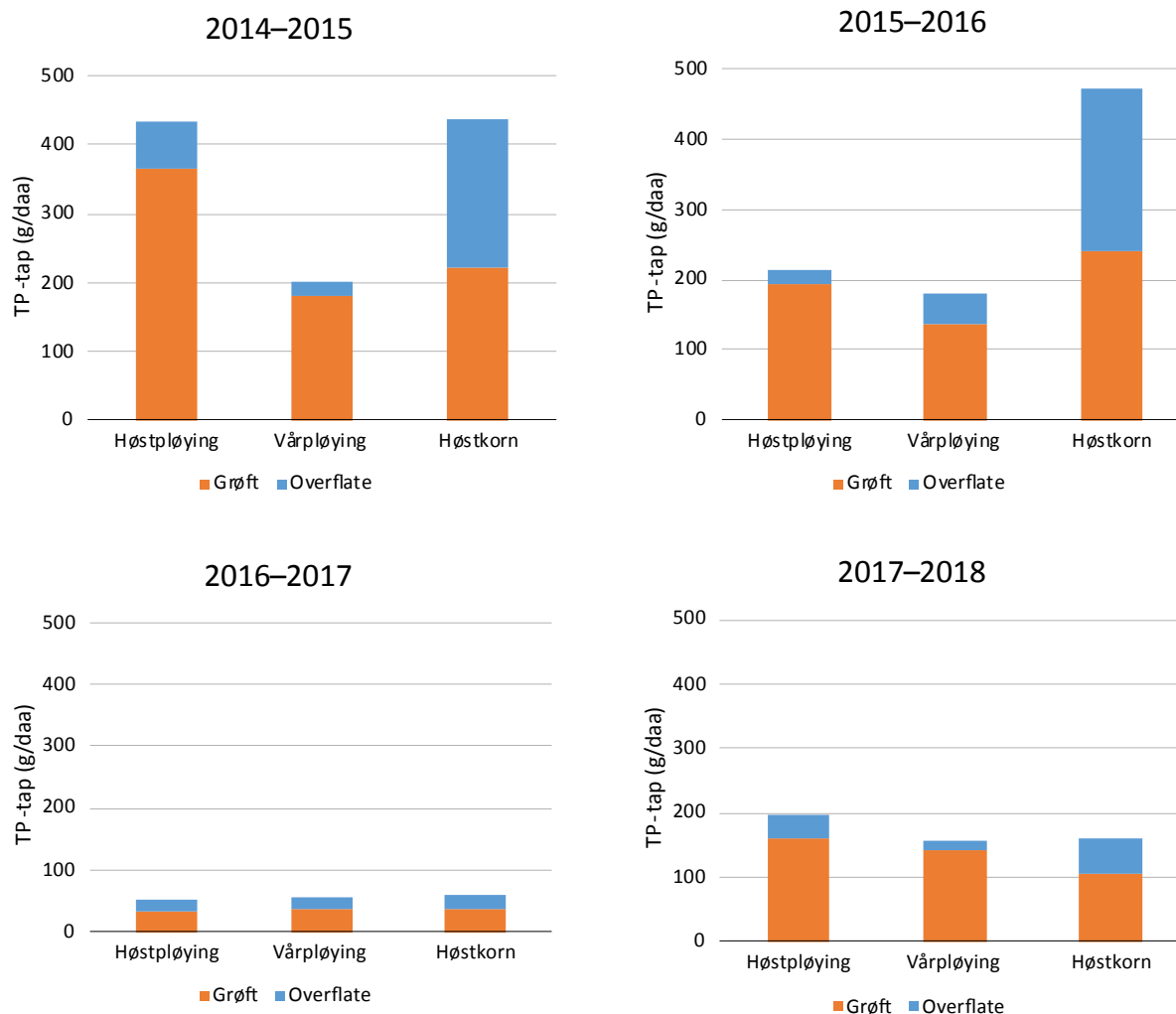
Resultater fra ruteforsøk i Norge, Sverige, Finland og Danmark om effekt (gjennomsnitt og variasjon for enkelte forsøk) av jordarbeiding på fosfortap er vist i figur 1. Resultatene for jordtap viser samme tendenser som for fosfortap, men forskjellene er generelt litt større for jordtap.

Forsøksresultatene viser at (figur 1):

- Vårkorn med vårpløying, vårharving og direktesåing om våren gir i gjennomsnitt betydelig lavere fosfortap sammenlignet med jordarbeiding om høsten
- Vårpløying viser meget stor variasjon mellom enkelte forsøk
- Et enkelt forsøk (Syverud) har vist høyere fosfortap ved overvintring i stubb med vårpløying sammenlignet med de høstpløyde rutene. Det skyldes at i det forsøket var det mer overflateavrenning på ruter som overvintret i stubb sammenlignet med ruter med høstpløying
- Vårharving gir i gjennomsnitt de laveste årlige fosfortapene og variasjon mellom forsøkene er liten
- Høstharving viser i gjennomsnitt liten reduksjon i tap av fosfor sammenlignet med høstpløying, og det er stor variasjon i resultatene, fra positiv til negativ effekt. På arealer med høy erosjonsrisiko er det målt en reduksjon i fosfortap på om lag 50 % ved høstharving sammenlignet med høstpløying, men i enkelte forsøk ved lav erosjonsrisiko er funnet motsatt effekt med økning i fosfortap ved høstharving sammenlignet med høstpløying

- Ved høstharving har harvedybden, jordstrukturen, mengde planterester som ligger igjen på overflaten og erosjonsrisikoen betydning for resultatene. Utviklingen av en «harvesåle» kan bidra til å øke fosfortapene fra arealer med høstharving.
- Høstpløying til høstkorn mer enn dobler tapet av fosfor i gjennomsnitt sammenlignet med høstpløying til vårkorn. Det er stor variasjonen mellom år og felt. Fosfortap fra arealer med høstkorn avhenger blant annet av såtidspunktet, hvor godt høstkornet etablerer seg og værforholdene (tidspunkt for nedbør og mengder) etter såing og gjennom vinteren.
- Direktesåing av høstkorn gir i gjennomsnitt stor reduksjon i tap av totalfosfor i forhold til høstpløying til høstkorn. Tap av fosfor ved direktesåing er på nivå med tap med vårharving til vårkorn.

De nordiske forsøkene er gjennomført under ulike forhold med hensyn til klima-, jordart og helling på forsøksarealene. Forsøkene har hatt forskjellig varighet, de har vært utført i ulike tidsperioder og hatt ulik behandling. På noen få felter er det registrering av avrenning fra drengrofter i tillegg til overflateavrenning. Det var til dels stor variasjon i benyttet jordarbeidingsmetode og undersøkelsene inkluderer forsøk med og uten halminnblanding, ulike tidspunkter for jordarbeiding på høsten og ulike redskap, som blant annet påvirker jordarbeidingsdybden. Figur 1 viser gjennomsnitt og variasjon for alle forsøkene.



Figur 2. Fosfortap (g TP/daa) ved a) høstpløying med vårkorn, b) vårpløying med vårkorn og c) høstpløying med høstkorn i fire år (september-september) på Kjelle ruteforsøk (3 gjentak). Såtid for høstkorn er 10. september 2014, 4. oktober 2015, 10. september 2016 og 26. september 2017

GRØFTE- OG OVERFLATEAVRENNING PÅ FLATE AREALER

I 2014 ble det etablert et forsøksfelt, Kjelle ruteforsøk (Akershus, marine leire), med jordarbeiding på flate arealer (Bechmann m.fl. 2019). Det blir målt avrenning fra drengrofter og overflateavrenning separat. Forsøksarealet ble nygrøftet i 2013.

Resultatene herfra viser at (figur 2):

- De gjennomsnittlige årlige fosfortapene er lavest fra ruter med vårpløying, mens høstpløyde ruter med og uten høstkorn har større gjennomsnittlige fosfortap
- Fosfortap fra ruter med høstkorn påvirkes av såtiden for høstkornet og av nedbørforhold (mengder og tidspunkt) i forhold til jordarbeidings- og såtid. I 2015-2016 ble høstkorn-

rutene pløyd i midten av september etterfulgt av en kraftig nedbørepisode og høstkornet ble sådd så sent som 4. oktober, noe som forklarer de høye fosfortapene fra høstkornruter det året

- Fosfortapene med overflateavrenning er størst fra ruter med høstkorn
- De største fosfortapene skjer gjennom drengroftene, særlig for ruter med vårkorn (høstpløyde og vårpløyde)
- Overvintring i stubb med vårpløying gir lavere fosfortap gjennom drengroftene enn høstpløying
- I 2016-2017, da det var lite nedbør, var fosfortapene lave og forskjellen mellom behandlinger liten
- Målinger viser at jordarbeidingstiltak også har effekt fosfortap gjennom drengroftene. Det er generelt lavere fosfortap gjennom drengroftene ved jordarbeiding om våren enn om høsten.



Figur 3. Forsøksruter med overvintring i stubb og høstpløying på Kjelle ruteforsøk.

KLIMAENDRINGER

Rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer et al. 2015) gir oversikter over forventede endringer i temperatur, nedbør og veksttid i ulike områder i Norge frem mot 2100. Det forventes en økning i årsnedbør i hele landet, men ulike endringer mellom sesonger og i ulike distrikt. På Østlandet og i Trøndelag med mye åpen åker og erosjonsproblemer forventes det mer nedbør i høst og vinterperioden. I Trøndelag forventes det størst økning i høstnedbøren, mens det på Østlandet forventes størst økning om vinteren. Det forventes at mer av vinternedbøren kommer som regn og gir økt avrenning gjennom vinteren, mens avrenning gjennom snøsmelting kan bli mindre. Mindre snødekke kan ha betydning for teleforhold og for om vinternedbør vil foregå på tint eller frosset jord og dermed for avrenning og erosjonsrisiko. Det forventes økning i episoder med høyere nedbørintensitet og mer ekstremvær.

Tidspunktet for slike episoder i forhold til etablert plantedekke og jordarbeiding er avgjørende for jord- og fosfortap. Våte forhold kan gi problemer med jordpakking, tidspunkter for såing og jordarbeiding som igjen påvirker risiko for erosjon og fosfortap. Arealer som har vegeta-

sjonsdekke eller ikke er jordarbeidet vil generelt ha god beskyttelse mot økt avrenning og jordtap gjennom høst og vinterperioder. I noen områder kan det forventes økt nedbør i vårperioden og erosjonsrisikoen her vil avhenge både av tidspunktet for slike episoder i forhold til såing og hvilke nedbørintensiteter som forekommer. En økning i sommernedbør etter at plantedekke er etablert vil ha mindre betydning for erosjon, men kan ha effekt på avrenning av næringstoffer. For tilpasning til mer ekstreme episoder og perioder med mer intensiv nedbør er det også avgjørende å ha kontroll med vann i landskapet, og beskytte risikoområder, f.eks. forsenkninger, med grasdekke eller hydrotekniske løsninger.

Tidligere har det vært størst fokus på jordarbeidingstiltak på arealene med stor helling og høy erosjonsrisiko. Klimaendringer kan føre til økt avrenning og at jord- og fosfortapene øker og dermed vil det bli behov for mer omfattende gjennomføring av tiltak, også på de flattere arealene. Her oppsummeres resultater av nordiske forsøk med effekter av jordarbeiding på tap av jord og fosfor sett i forhold til betydningen av fremtidige klimaendringer.

Tabell 1. Anbefalte jordarbeidingsmetoder^a på ulike jordarter ved ulike dreneringsforhold (Hugh Riley i Bechmann m.fl. 2011).

| Jordart | Dreneringsgrad | | |
|---|----------------|--------------------|---------------------|
| | God/moderat | Ufullstendig | Dårlig/svært dårlig |
| Svært stiv leire | HP | HP | HP |
| Stiv leire | DS/VH/HH | DS/HH | HP |
| Siltig mellomleire >60% silt | HH | HH | HP |
| Siltig lettleire >60% silt | DS/VH/HH | DS/VH/HH | HH |
| Siltig mellomleire <60% silt, mellomleire, sandig mellomleire | DS/VH | DS/HH ³ | HH |
| Siltig lettleire <60% silt, lettleire, sandig lettleire | DS/VH/HH | DS/VH/HH | DS/VH/HH |
| Silt | VP | VP | VP |
| Sandig silt, siltig sand <25% silt, siltig finsand | VH/VP/HH | VH/VP/HH | VH/VP/HH |
| Siltig grovsand, siltig mellom-sand <25% silt, sand | VH/HH | VH/HH | VH/HH |

¹ HP = høstpløying VP = vårpløying HH = høstharving VH = vårharving DS = direktesåing

² Kan vårharves hvis moldinnholdet er større enn 4 %

LANDSKAPETS TOPOGRAFI

Landskapets topografi avgjør hvilke tiltak som er mest aktuelle. Økt hellingslengde gir generelt økt risiko for flateerosjon på samme måte som også hellingsgraden påvirker erosjonsrisikoen. Overvintring i stubb og ingen jordarbeiding om høsten reduserer risikoen for flateerosjon. På lange hellingslengder har det god effekt å dele opp hellingen med grasstriper på tvers i åkeren. Risiko for erosjon i dråg kan også øke ved økt hellingslengde på arealer der vannet samles i forsengkninger. Erosjon i dråg forebygges best med grasdekte vannveier og nedløpskummer for overflatevann, men stubb i dråg har også noen effekt.

JORDAS FOSFORINNHOLD

Fosfor bindes sterkt til jord og i kornområder skjer mesteparten av fosfortransporten fra jordbruksarealer til vassdrag ved erosjon fra arealer som er jordarbeidet. Fosformengden som tapes med erosjon avhenger også av jordas fosforinnhold. Et høyere fosforinnhold i jorda vil gi større fosfortap i avrenningen og overvintring i stubb er derfor et enda viktigere tiltak for å redusere fosfortap fra arealer med høye fosfornivåer.

BIOTILGJENGELIGHET AV FOSFOR

Fosfortapet viser stort sett nær sammenheng med jordtapet, men det er også en viss andel av fosforet som foreligger i vannløselig form og

dermed er uavhengig av jordtapet. Dette fosforet er generelt mer tilgjengelig for algevekst og derfor mer skadelig. En del forsøksresultater viser økte tap av løst fosfor ved redusert jordarbeiding eller direktesåing. Ved direktesåing over flere år uten blanding av jord fra ulike sjikt, øker fosforinnholdet i de øverste jordlagene. Flere forsøk, både i Norge og andre nordiske land, har vist at avrenningen av løst fosfor kan øke ved bruk av redusert jordarbeiding eller direktesåing over flere år. Betydningen av partikkelbundet versus løst fosfor for vannkvaliteten varierer for ulike resipienter og er avgjørende for vurderingen av behov for jordarbeidingstiltak.

JORDART, JORDARBEIDING OG DYRKINGSFORHOLD

Jordarter har ulike egenskaper knyttet til jordstruktur, jordfuktighet og eroderbarhet. Dette gir ulike muligheter for å få til et godt såbed med gode spireforhold og samtidig begrense erosjonsfaren ved jordarbeiding. De mest erosjonsutsatte jordartene er de siltrike som har et lavt innhold av organisk materiale. På slike jordarter er det viktig å bygge opp et øvre jordlag (toppsjikt) med mer organisk materiale, slik at jordstrukturen blir mer stabil i det øverste jordlaget. Redusert eller ingen jordarbeiding gir muligheter til dette hvis en holder på i minst 5-6 år. Det er imidlertid meget viktig å unngå jordpakking på slik jord når pløying sløyfes. Jordpakking kan føre til redusert infiltrasjon, forsinket opptørking og økt overflate-

Tabell 2. Relativt jordtap via overflateavrenning i forhold til høstpløying.

| Driftsform | Erosjonsrisiko (kg/daa/år) (ER-klasse) | | | |
|---------------------------------------|--|---------|---------|-----------------|
| | 25 (1) | 125 (2) | 500 (3) | Dårlig/1500 (4) |
| Høstkorn m/høstpløying | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Vårkorn m/høstpløying | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vårkorn m/høstharving | 1 | 0,66 | 0,46 | 0,34 |
| Vårkorn m/stubb; høstkorn direktesådd | 0,49 | 0,27 | 0,16 | 0,11 |
| Gras (eng, beite) | 0,21 | 0,09 | 0,04 | 0,02 |

avrenning (Seehusen, 2019). Det er viktig å gjøre jordarbeiding når jorda er laglig. Jordarbeidings-system, som gir best synergi mellom avling og vannmiljøeffekter på ulike jordarter under varierende dreneringsforhold er vist i tabell 1. Generelt vil det trolig kreves mer harving til høstkorn enn til vårkorn, både fordi halm- og stubbrester er ferskere og fordi jorda kan være mer uttørket før såing av høstkorn og mindre lettsmuldret om høsten enn om våren.

AVLING VED ENDRET ELLER REDUSERT JORDARBEIDING

Det er en rekke utfordringer når det gjelder effekten av jordarbeiding på avling og avlingskvalitet. Særlig er det utfordringer knyttet til halm, ugras og økt forekomst av mykotoksiner i korn (Tørresen m.fl. 2015), men resultater fra langvarige feltforsøk viser at kornavlingene kan opprettholdes uten årlig høstpløying på nesten samme nivå som ved pløying på flere norske jordarter. Dette forutsetter at blant annet flerårig ugras holdes under kontroll. Avlingene varierer noe fra år til år, men den årlige avlingsreduksjonen var som oftest lavere enn 10% ved ingen eller redusert jordarbeiding om høsten.

MODELLERING AV JORDARBEIDINGSEFFEKTER

I forbindelse med planlegging av jordarbeidings-tiltak i et nedbørfelt kan en bruke modeller som estimerer effekten av jordarbeiding på jord- og fosfortapene. I slike modeller, f.eks. Agricat2, blir det brukt standardiserte sammenhenger mellom jordarbeiding og fosfortap for å beregne effekten av jordarbeidingstiltak. Basert på tilgjengelige resultater fra ruteforsøk er det utviklet formler for effekter av endring fra høstpløying til redusert eller ingen jordarbeiding om høsten (tabell 2; Kværnø m.fl. 2014).

OPPSUMMERING

- Overvintring i stubb, det vil si ingen jordarbeiding om høsten gir lavere jord- og fosfortap sammenlignet med høstpløying
- Jordarbeidingstiltakene har størst effekt på jord- og fosfortapet på de mest erosjonsutsatte arealene
- Det er generelt stor variasjon i jordarbeidings-effekt fra år til år, noe som blant annet skyldes variasjon i værforhold, nedbørmengder, tidspunkt og intensiteter
- Det er størst effekt av jordarbeidingstiltak i år med mye avrenning
- De forventede klimaendringene vil gi økt behov for jordarbeidingstiltak
- Jordarbeidingstiltakene gir utfordringer knyttet til behandling av halm og ugras

REFERANSER:

- Bechmann, M., Kværnø, S., Skøien, S., Øygarden, L., Riley, H., Børresen, T., Krogstad, T. 2011. Effekter av jordarbeiding på fosfortap. Bioforsk rapport 6(61).
- Bechmann, M., Starkloff, T., Eklo, O.M., Tveiti, G. 2019. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2017-2018 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 5(26).
- Hanssen-Bauer, I., et al. 2015. *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert 2015*. Norsk klimaservicesenter, NCCS report no 2/2015, 2015.
- Kværnø, S., Turtumøygard, S., Grønsten, H., Bechmann, M. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Bioforsk rapport 9(108).
- Seehusen, T. 2019. Jordpakking – årsaker, konsekvenser og tiltak. NIBIO pop 5(2).
- Tørresen, K., Skarbøvik, E., Kværnø, S., Bechmann, M., Stenrød, M. 2015. Effekter av ulik jordarbeiding til korn. NIBIO pop 1(5).

FORFATTERE:

Marianne Bechmann og Lillian Øygarden