



NIBIO POP



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

VOL 1 - NR. 5 - DESEMBER 2015

Effekter av ulik jordarbeiding i korn

Kirsten Semb Tørresen¹, Eva Skarbøvik¹, Sigrun Kværnø¹, Marianne Bechmann¹, Marianne Stenrød¹, Ole Martin Eklo¹, Guro Brodal¹, Ingerd Skow Hofgaard¹, Maria Björkman¹, Hugh Riley¹, Valborg Kvakkestad¹, Karen Refsgaard¹, Trond Børresen², Peter Dörsch², Jan Stabbetorp³ & Einar Strand^{1,4}

¹NIBIO, ²Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, ³Romerike Landbruksrådgiving, ⁴Norsk landbruksrådgiving

kirsten.torresen@nibio.no

Hvilken jordarbeiding som benyttes i den enkelte kornåker påvirker blant annet avlingsmengde, kvaliteten på kornet og miljøet. I denne publikasjonen er det samlet informasjon om effekter av ulik jordarbeiding, som hjelp til korndyrkere ved vurdering av jordarbeidingsmetoder, og for myndigheter ved beslutninger om jordarbeiding i regionale miljøprogram (RMP).

Pløying om høsten av kornarealer var vanlig praksis i mange tiår. For å redusere erosjon, tap av fosfor og påfølgende risiko for overgjødning av vannforekomster, har myndighetene ønsket å redusere jordarbeidingen om høsten. Dette har blitt stimulert gjennom støtteordningene i regionalt miljøprogram (RMP).

Metode og tidspunkt for jordarbeiding påvirker ikke bare jordstruktur, men også såbed, halmmengde og utvikling av ugras, sjukdommer og mykotoksiner, noe som har innvirkning på behovet for bruk av ugras- og soppmidler, og risikoen det eventuelt medfører. Dette har betydning for avlingsmengde, kornkvalitet og økonomi i korndyrkinga, i tillegg til vannmiljø og klimagassutslipp.

Jordarbeiding kun om våren kan bety forsinka våronn

og dermed kortere veksttid og kan dessuten være en utfordring i forhold til rasjonell mekanisering.

Det er derfor mange hensyn å ta i forhold til valg av tidspunkt og metode for jordarbeiding. Målet er en jordarbeiding som opprettholder eller øker avlinga, gir god avlingskvalitet, ivaretar lønnsomheten og utsetter miljøet for minimal risiko.

Denne publikasjonen omtaler effekter av ulike former for jordarbeiding ut fra norske og utenlandske forskningsresultater. Informasjonen er oppsummert i en samletabell på side 10. Målet er at beslutningstakere og bønder skal få best mulig oversikt over konsekvenser av ulike jordarbeidingsmetoder for dermed å gjøre mest mulig riktige valg ut fra lokale forhold.

Ulike typer jordarbeiding

Jordarbeiding er en fellesbetegnelse på ulike metoder å bearbeide jorda på for å gjøre den klar til såing. De mest aktuelle typer jordarbeiding i konvensjonell korndyrking er sammenstilt tabell 1. Jordarbeiding uten pløying omtales ofte som redusert jordarbeiding. Begrepet «endra jordarbeiding» omfatter redusert jordarbeiding og vårpløying, det vil si: jordarbeidinga er endra i forhold til høstpløying.

Tabell 1. De mest aktuelle typer jordarbeiding i konvensjonell dyrking av vårkorn og høstkorn.

Tidspunkt for såing	Jordarbeidingsvarianter
Vårkorn	Høstpløying*
	Høstharving*
	Vårpløying*
	Vårharving
	Direktesåing
Høstkorn	Høstpløying*
	Høstharving
	Direktesåing

*i tillegg utføres ofte annen jordarbeiding/harving før såing

Pløying

Vi skiller mellom høstpløying og vårpløying.

- Ved høstpløying pløyes 20–25 cm dypt
- Høstpløying egner seg godt på stiv leire og dårlig drenert leirjord
- Ved vårpløying pløyes 15–20 cm dypt. Et alternativ kan være grunn pløying til 10–12 cm om våren
- Vårpløying egner seg godt på siltig sand, sandig silt og siltjord og kan også egne seg på lettleire og siltig lettleire
- Pløyd jord sloddes og/eller harves (4–5 cm dypt) før såing høst eller vår

Harving (uten forutgående pløying)

Vi skiller mellom høstharving og vårharving.

- Ved høstharving harves jorda kort tid etter tresking til ca. 8–12 cm dybde. Høstharving regnes her for å være relativt grunn. Begrepet «lett høstharving» skal per definisjon etterlate minimum 30 % dekning av halm på overflata
- Høstharving gir relativt rask opptørking om våren, fordi det reduserer halmmengden på overflata i forhold til åker i stubb
- Høstharving egner seg på leirjord
- Ved vårharving ligger arealene urørt i stubb, ofte med mye halm over vinteren. Jorda harves om våren til 6–12 cm dybde. Det harves en til to ganger med såbedsharv før såing
- Vårharving fungerer bra på lettere, veldrenerte jordarter (f.eks. moldholdig lettleire)

Direktesåing

Kornet såes med direktesåmaskin uten forutgående jordarbeiding.

- Halmen bør fjernes før såing av høstkorn
- Direktesåing passer på de samme jordartene som vårharving og kan være egnet ved såing av høstkorn på veldrenert leirjord
- Direktesåing har større risiko for redusert avling enn der det pløyes og/eller harves

Tap av fosfor og jord til vann

Avrenning av næringsstoffer fra jordbruket kan føre til overgjødning av vassdrag, med risiko for oppblomstring av giftalger. Dette er igjen en utfordring i forhold til vannforskriftens krav om god økologisk tilstand i vannforekomstene. I Norge er endra jordarbeiding et viktig tiltak mot avrenning av næringsstoffer fra landbruket.

Endra jordarbeiding

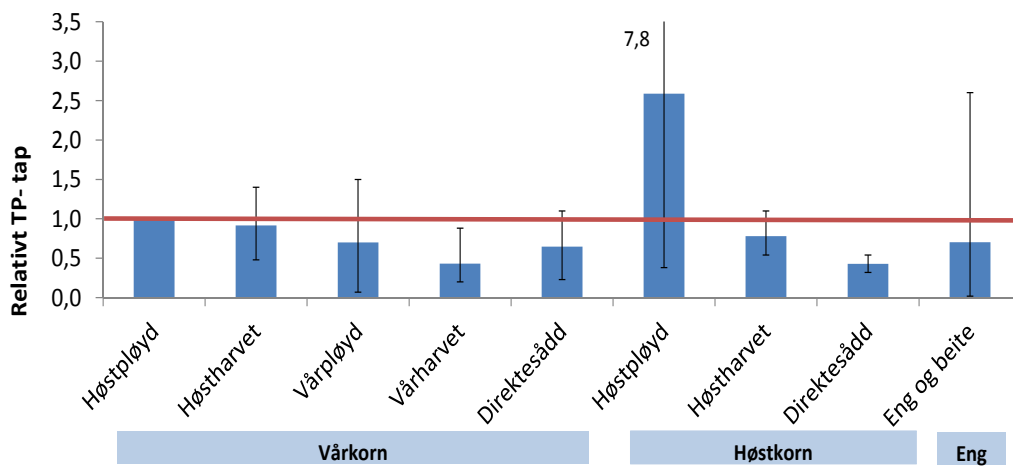
Jordarbeiding endrer jordas motstandskraft mot erosjon, evnen til å infiltrere og holde på vann, samt i hvilken grad næringsstoffer omsettes og tapes til omgivelsene. En sammenstilling av eksisterende datamateriale fra små felt med korndyrking i Norge og noen felt i andre nordiske land er vist i figur 1 (Bechmann m.fl. 2011). Det er store variasjoner i hvordan ulike former for jordarbeiding påvirker fosfortapet.

Vårpløying, vårharving og direktesåing til vårkorn gir betydelig reduksjon i tap av jord og totalfosfor i forhold til høstpløying til vårkorn (Figur 1 og 2). Lett høstharving synes også å ha en positiv effekt, men mindre enn jordarbeiding om våren. Forsøkene viser også at effekten av redusert jordarbeiding er best når erosjonsrisikoen er høy, for eksempel i skråninger og på særlig utsatte jordtyper.

Høstpløying til høstkorn har jevnt over gitt større tap av jord- og totalfosfor enn høstpløying til vårkorn, men det er store variasjoner fra år til år (figur 1). Høstharving, og særlig direktesåing av høstkorn, har oftest gitt noe lavere erosjonsrisiko sammenliknet med høstpløying til både vår- og høstkorn. For erosjonsrisiko ved dyrking av høstkorn er det avgjørende hvor godt høstkornet etablerer seg utover høsten, og om overvintringen går bra.

Løst fosfor

En del forsøk viser økt tap av løst fosfor ved redusert jordarbeiding. Kanskje er dette en følge av at fosforet akkumuleres i overflata når toppjorda ikke blandes, eller fordi fosfor fryses ut fra halm og ugras. Løst fosfor er generelt mer tilgjengelig for algevekst sammenliknet med fosfor som er bundet til jordpartikler.



Figur 1. Relativ risiko for tap av totalt fosfor (TP) ved ulik jordarbeiding til vår- og høstkorn, der de andre variantene av jordarbeiding relateres til «vårkorn, høstpløyd» (=1). Basert på nordiske forsøk, etter Bechmann m.fl. 2011.

Andre tiltak

Endra og redusert jordarbeiding kan suppleres eller erstattes med andre tiltak. I forsøkninger i terrenget (dråg) kan det anlegges grasdekte vannveier og inntakskummer for overflatevann. Buffersoner langs vann og vassdrag kan senke hastigheten til overflatevannet og sedimentere partikler før de når bekken. Det er også viktig å unngå jordpakking, blant annet gjennom tilstrekkelig drenering og god agronomisk praksis. Skader på hydrotekniske anlegg må utbedres, og avskjæringsgrøfter mot utmark kan hindre at vann renner inn på jordet.

Vannkvalitet i jordbruksbekker blir sterkt påvirket av variasjoner i vær- og avrenningsforhold. Andre kilder i jordbrukslandskapet, f.eks. erosjon i bekkeløpet, avrenning fra utmark og punktkilder bidrar. Effekten av jordarbeiding er derfor ikke tydelig i målinger av vannkvalitet i jordbruksbekker i f.eks. JOVA-programmet.

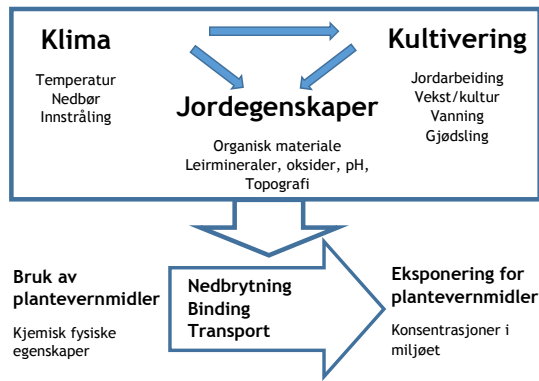
Tap av plantevernmidler til vann

Redusert jordarbeiding fører som regel til økt bruk av plantevernmidler (se avsnitt om ugras og sjukdommer s. 6–8). Det er en risiko for at plantevernmidler blir transportert fra plante eller jord til nærliggende vannforekomster. I overvåkingsresultater fra JOVA-programmet er en rekke plantevernmidler funnet i konsentrasjonsnivåer med mulig negativ effekt i vannmiljø. Bruk av mange ulike midler i løpet av sprøytesesongen kan forårsake sumeffekter som vil påvirke vannlevende organismer negativt.

Plantevernmidlenes forekomst og forsvinningsbilde i miljøet avhenger av midlenes egenskaper i forhold til jord, klima, topografi og kultivering (Figur 3). Steds spesifikke forhold kan vi som regel ikke endre. Dersom vi ønsker å redusere risikoen for forurensning av plantevernmidler, er det jord- og plantekultur og bruk av plantevernmidler vi kan gjøre noe med.



Figur 2. Jorderosjon som følge av uheldig valg av jordarbeidingsmetodikk. Foto: Inga Greipsland, NIBIO.



Figur 3. Sammenheng mellom eksponering av plantevernmidler i miljøet og ulike faktorer.

Jordarbeiding påvirker transport, binding og nedbryting av plantevernmidlene. Sett i forhold til jordarbeiding med høstpløying (Tabell 2), vil endra jordarbeiding føre til følgende endringer i faktorer og prosesser som styrer transporten av plantevernmidler fra jord til vann:

- Redusert overflateavrenning og dermed redusert transport både via erosjon og løst i vann. Dette gjelder særlig midler som bindes sterkt til jord og i hellende terreng
- Saktere nedbryting pga. økt innhold av organisk materiale som kan gi redusert biotilgjengelighet og lavere jordtemperatur. Dette kan øke risikoen for transport
- Økt binding og dermed redusert risiko for transport som løst stoff pga. økt innhold av organisk materiale i jord. Dette gir imidlertid økt risiko for tap med erosjon. Unntak er midler som bindes lite til organisk materiale/ halm f.eks. glyfosat
- Økt infiltrasjonsevne og mer makroporer kan gi økt risiko for utlekking til grunnvann

Effekten av jordarbeiding på plantevernmidler i miljøet er svært påvirket av nedbør og temperatur. I tillegg blir den påvirket av jordegenskaper som kornstørrelsesfordeling, vannholdingskapasitet, innhold av organisk materiale, leirinnhold, oksider og pH. Til sammen virker disse forholdene igjen på transport,

binding og nedbryting. Risikokart på skiftenivå kan på sikt bidra til å hjelpe og gjøre riktige valg.

Jordpakking - konsekvenser for avling og miljø

Størrelse og vekt på jordbruksmaskiner har økt mye de siste årene. Bruk av tungt utstyr ved jordarbeiding øker faren for jordpakking (Figur 4). Ved korndyrking påføres mye av pakkingsrisikoen utenom jordarbeidingen, f.eks. ved skurtresking og transport av korn. I denne sammenhengen betyr det ikke så mye å erstatte plog med harv, selv om kjørebeklastningen i form av kjøremengde (tonn x km/arealenhet) er 30-40 % mindre når pløying erstattes med harving. Direktesåing gir enda mindre kjørebeklastning, men samtidig vil pakkingssskader i det øvre jordsjiktet fort bli begrensede for plantevekst.

Effekt av jordpakking

Jordpakking på dyrka arealer reduserer jordas evne til å produsere mat og fôr. Det er pakking av matjord eller ploglaget som gir størst reduksjon i avling. Virkningen her er imidlertid relativt kortvarig (1-5 år), hvis vi ikke påfører jorda ny skade. Jordarbeiding, spesielt pløying, virker positivt for å rette opp skader i denne delen av jorda. På lang sikt er det derimot skader dypere ned i jorda som er farlige. Disse skadene blir ikke borte på mange år, og det er veldig usikre data på virkningen av jordløsning eller annen dyp jordarbeiding. Selv om avlingsnedgangen ikke er så stor som av skader i øvre del av jorda, må en være klar over at dype pakkingssskader gir en tilnærmet varig avlingsnedgang. Etervirkningen på avlinga av skader på jordstrukturen i ulike jordtyper er vist i figur 5.

De fysiske forholdene i jorda påvirkes av pakking:

- Fastheten øker
- Luftvolumet reduseres (faren for oksygenmangel øker)
- Evnen til å lede bort overflødig vann avtar (vannet kommer seinere til grøftene)

Tabell 2. Effekt av jordarbeiding på tap av plantevernmidler i overflatevann og til grunnvann. Grønt=liten, Gult=middels, Orange= middelhøy, Rødt=høy relativ risiko for effekter på tap til vannmiljø, Grått= ikke aktuelt, HP=høstpløying, VP=vårpløying, HH=høstharving, VH=vårharving, DS=direktesåing, +: god infiltrasjon, -: lav infiltrasjon.

Type plantevernmidler	Vårkorn (avrenning høst og vår)						Høstkorn (høstsprøyting sulfonylureamidler, soppmidler)			
	HP	VP	HH	VH	DS+	DS-	HP	HH	DS+	DS-
Overflateavrenning (bratt terreng)	Glyfosat	Red	Yellow	Orange	Green	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey
	Fenoksyser/sulfonylureamidler	Red	Yellow	Orange	Green	Yellow	Red	Orange	Green	Yellow
	Soppmidler (bundne)	Red	Yellow	Orange	Green	Yellow	Red	Green	Green	Green
Utlekking til inkl. drens vann	Glyfosat	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
	Fenoksyser/sulfonylureamidler	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Yellow	Red	Orange
	Soppmidler (bundne)	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Yellow	Red	Orange



Figur 4. Kjøring med tung traktor kan gi pakkeskader. Foto: Trond Børresen.

Pakking reduserer derfor jordkvaliteten i forhold til plantedyrking direkte. Like viktig er det at pakking vil føre til større avrenning av vann på overflata og dermed øke risikoen for erosjon. Dette reduserer jordkvaliteten ytterligere fordi jordvariasjonen øker og mye av de beste bestanddelene i jorda føres ut i elver og vassdrag. En annen negativ virkning av jordpakking er tap av nitrogen i gassform til lufta (se avsnitt om klimagasser). Både forsøk med mineralgjødsel og med husdyrgjødsel har vist at disse tapene kan bli betydelige. Trekkraftbehovet ved jordarbeiding øker etter pakking og dermed også energibehovet.

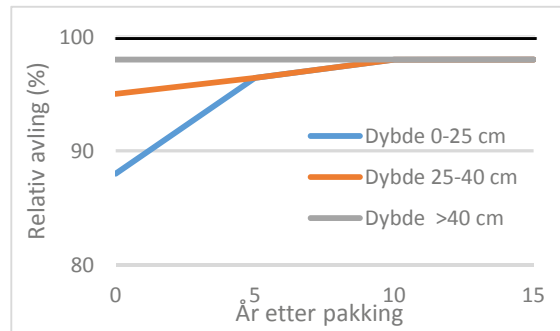
Redusere risikoen

Det viktigste en kan gjøre for å redusere risikoen for jordpakking, er å ikke kjøre på våt jord. Dette er dessverre ikke til å unngå enkelte år. Derfor må en også vurdere både vekten av maskinene og å bruke så godt hjulutstyr som mulig, slik at en kan senke lufttrykket i dekkene. Det er også viktig å ikke kjøre mer en nødvendig fordi gjentatte kjøring forsterker pakkingskaden ytterligere.

Regelen må være at dess mindre og grunnere en foretar jordarbeiding f.eks. uten pløying, dess mer fokus må en ha på jordpakking. Disse faktorene, i prioritert rekkefølge, er viktige å ta hensyn til for å redusere risikoen for pakking:

- 1 Vanninnhold i jorda
- 2 Antall kjøring
- 3 Vekt av maskin
- 4 Lufttrykk i dekk og dekkdimensjon
- 5 Kjørehastighet
- 6 Hjulsluring

Terranimo er et modellverktøy der en kan estimere risiko for pakkingskader av ulike maskiner (type, vekt og hjulutstyr) på forskjellige jordtyper ved ulike fuktighetsforhold. En norsk versjon av Terranimo kan kjøres fra www.terranimo.dk.



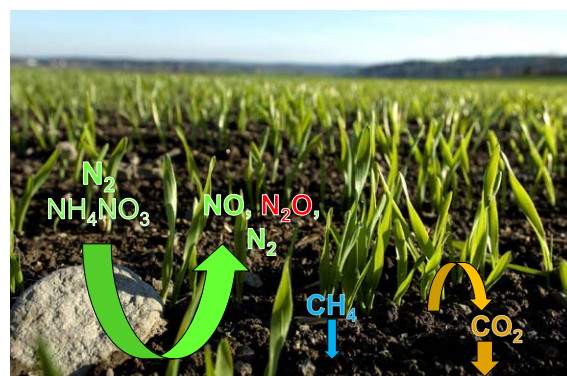
Figur 5. Avlingsreduksjon i årene etter jordpakking fordelt på virkningen i ulike jorddybder (etter Håkansson 2005).

Klimagassutslipp

Dyrka jord slipper ut klimagasser gjennom nedbrytning av organisk materiale til karbondioksid (CO_2) og omdanning av nitrogenforbindelser til lystgass (N_2O) (Figur 6). Jordarbeiding påvirker utslippene gjennom mengden og fordelingen av organisk materiale (planterester) og gjennom effekten på jordtemperatur, vanninnhold og luftveksling. Data om klimagassutslipp med ulik jordarbeiding er høyst variable. Ikke noe enkelt regime har pekt seg ut til å redusere N_2O utslipp. Som grunnregel gjelder det at jo bedre vekst, desto mer nitrogen blir tatt opp, og desto mindre blir faren for økt N_2O utslipp. Dette gjelder også for jordas karbonlager. Generelt betyr mer avling mer tilbakeføring av røtter og stubb som sammen med en god aggregatstruktur bidrar til å beholde karbonet i jorda.

Pløying

I mineraljord ligger mye av det organiske materialet beskyttet i aggregatene. Mekanisk forstyrrelse øker tilgjengeligheten for mikrobene, som kan føre til forbigående CO_2 - og N_2O -utslipp. Det finnes imidlertid lite dekning for at pløying bidrar vesentlig til årlig N_2O -utslipp. «Naturlige» forstyrrelser som f.eks. frysing-tining om våren og tørking-fukting om sommeren resulterer ofte i større CO_2 - og N_2O -utslipp enn hva en finner etter pløying. Studier på Ås tyder på at høstpløying i kornåker fører til mindre lystgassutslipp om våren enn vårpløying, antagelig



Figur 6. Dyrka jord slipper ut klimagasser. Illustrasjon: Peter Dörsch. Foto: Erling Fløistad.

fordi nedpløyd stubb er mindre utsatt for tele (Mørkved m.fl. 2006, Nadeem m.fl. 2015). Nedpløying av fersk biomasse fra blant annet fangvekster eller eng øker utslippene betydelig. Derimot har pløying i kornåker liten effekt, dersom planterestene fordeles jevnt i toppsjiktet og man unngår jordpakking.

Det har vært stor diskusjon om hvorvidt pløying i områder med ensidig korndyrking uten vekstskifte tærer på jordas karbonlager. Moldinnhold i jord avhenger av mange faktorer, deriblant mengde tilbakeført halm og stubb, husdyrgjødsel, jordart og kalking. I jord med høyt moldinnhold kan dette avta over en årrekke, mens i jord med lavt moldinnhold er det ikke vist endring eller svak økning i moldinnholdet over tid (Riley & Bakkegard 2006). Dette viser at pløying ikke nødvendigvis fører til netto CO₂-utslipp. Sammenlignet med utslipp av N₂O fra jord og metan fra drøvtyggere, har CO₂-utslipp fra jord liten praktisk betydning.

Redusert jordarbeiding som klimatiltak

Redusert jordarbeiding har vært anbefalt som et positivt klimatiltak i jordbruket. Det er fordi en antok at dette ville «binde» mer karbon i dyrka mark, hovedsakelig pga. langsommere nedbryting i uforstyrret jord (Briseid m.fl. 2008, LMD 2009). Nyere studier viser at det ikke bindes mer karbon i dyrka mark ved redusert jordarbeiding sammenlignet med pløyd jord (f.eks. Powlson m.fl. 2014). Redusert jordarbeiding kan derfor ikke lenger «selges» som klimatiltak i landbruket. Det er heller ikke mulig å begrense den langsomme nedgangen i jordas moldinnhold ved ensidig korndyrking ved å gå over fra tradisjonell jordarbeiding til redusert jordarbeiding (Hansgård 2013). Den største besparelsen i klimamessig henseende ligger i redusert drivstofforbruk og mindre avrenning av næringsstoffer som kan føre til klimagassutslipp andre steder, f.eks. i vassdrag.

Effekter av redusert jordarbeiding på N₂O-utslipp er ikke entydige. I en nylig gjennomført studie av 239 gårder med konvensjonell og redusert jordarbeiding, ble det registrert om lag 25 % mindre utslipp etter 10 år uten jordarbeiding i tørt klima, men ingen effekt i fuktig klima (van Kessel m.fl. 2013). Redusert jordarbeiding førte til tettere jord i starten, noe som øker N₂O og N₂-tap. Etter lang tid kan jordstrukturen forbedre seg og N₂O-utslippene minke. En viktig og lite diskutert bivirkning av redusert jordarbeiding er økt forsuring i toppjorda. Dette kan være kritisk for N₂O-utslipp, siden sur jord danner mer N₂O i forhold til N₂ ved nedbryting i jord. Dette stiller ekstra krav til kalking, som i sin tur frigjør bundet CO₂.

God plantevekst

Klimagassutslipp i jordbruket er uunngåelig, og det er viktig å se på utslippet relatert til mengde avling og avlingskvalitet. Dårlig plantevekst som følge av for eksempel soppkader, vil føre til mindre opptak av nitrogen og mer N₂O utslipp. Samtidig blir det tilbakeført færre planterester til jordas karbonlager. Klimasmart jordarbeiding optimerer plantevekst og -helse, samtidig som den tar vare på god jordstruktur. Sammen med tilpasset gjødsling kan dette føre til mindre klimagassutslipp fra dyrka jord.

Ugras og bruk av ugrasmidler

Jordarbeiding kan redusere forekomst av ugras ved oppkutting og nedgraving av plantedeler. Samtidig stimulerer det ugrasfrø og vegetative plantedeler til å spire. Pløying gir den beste mekaniske bekjempelsen mot rotugras, særlig kveke. Dyp pløying har bedre effekt enn grunn pløying, og pløying om høsten virker litt bedre enn vårpløying. Med lik pløedybde har åkertistel og åkerdylle blitt mer redusert ved å pløye om våren enn om høsten (Tørresen m.fl. 2012).



Figur 7. Ugrasarter som kan øke i utbredelse ved redusert jordarbeiding er kveke (a) og frøugras som balderbrå (b) og tunrapp (c). Foto: Erling Fløistad (a, b) og Kirsten Semb Tørresen (c).

Mer ugras

Tidlig erfaring fra forsøk med plogfri jordarbeiding viste at problemer med rotugras som kveke melder seg raskt på flere jordarter (Figur 7). Seinere forsøk har vist at en ved plogfri jordarbeiding også kan få mer av ett- og toårige frøugras som kan overvintre. En del ettårige arter som ikke overvintrer (sommerettårige) kan også øke pga. økt frøproduksjon om høsten. Mange studier har vist at pløying, enten den gjøres om våren eller høsten, gir redusert forekomst av ugras sammenliknet med ulike former for redusert jordarbeiding (Tørresen m.fl. 2012). Lett høstharving gir noe mindre ugras enn vårharving, kanskje en halvering, mens direktesåing gir mer ugras enn vårharving.

Kjemiske ugrasmidler

Gjør en ikke noe med ugraset, fører det til stor avlingsreduksjon. Derfor er det behov for å bekjempe ugraset. Først og fremst ugrasmidlet glyfosat (Roundup e.l.) har vært effektivt til å bekjempe overvintrende ugras. Forbruket av glyfosat har da også gått opp siden slutten av 1980-tallet. Det vil også være økt behov for frøugrasmidler i vekstsesongen ved redusert jordarbeiding pga. økningen i frøugrasmengde. Generelt vil forhold som gir en god plantebestand holde ugraset nede og redusere behovet for ugrasmidler.

Det er registrert resistens mot sulfonyleamidler (lavdosemidler) i enkelte frøugrarter i Norge. Risikoen for resistens mot ugrasmidler øker med hyppig bruk av ugrasmidler med samme virkemåte. Redusert jordarbeiding kan også øke risikoen, da ugrasfrøene ikke innblandes så dypt i jorda og det blir raskere flere generasjoner av ugraset enn om en pløyer. Redusert jordarbeiding fører til økt bruk av fenoksyssyrer som

resistensbrytere til sulfonyleamidlene og for å bekjempe tofrøblada rotugras. Det er ikke registrert resistens mot glyfosat i Norge, men globalt har det vært en sterk økning. Dette skyldes først og fremst dyrking av glyfosatresistente kulturer. For å forhindre resistensutvikling i frøugraset bør det pløyes år om annet.

Værforhold og ugrasarten avgjør hvilken effekt jordarbeiding og sprøyting har på ugraset. Ugras på optimalt utviklingsstadium og høy temperatur rundt sprøytetidspunktet gir god effekt av glyfosat. Kveke bør har minst 3-4 fullt utvikla blad og frøugraset bør være minst mulig ved sprøyting. Frøugraset bør sprøytes tidligere og med lavere doser enn kveke. Blir det sein høsting (etter 1. september) blir det dårlig effekt av å sprøyte med glyfosat i stubben og det blir mer ugras ved redusert jordarbeiding. Alternativet er å sprøyte i moden byggåker mot kveke eller om våren før våronn, alternativt pløye.

Før såing av høstkorn er det som regel for liten tid til å sprøyte med glyfosat i stubben og det er mest vanlig å pløye før såing. Ved mye kveke bør en bekjempe kveke i forkulturen. Alternativt kan en stubbe høyt ved tresking for å få nok bladmasse på kveka, sprøyte umiddelbart etterpå og pløye og så 7 dager etter sprøyting.

Kornsjukdommer og mykotoksiner

Hvorvidt, og i hvilken grad, planter angripes av en sykdom avhenger av om smitte er til stede, om vertplanta er mottakelig for sykdommen og om lokale vær- og dyrkingsforhold ligger til rette for sykdomsutvikling. Mange sjuksdommer i korn forårsakes av sopper som kan vokse og overleve i planterester og/eller i jord (Tørresen m.fl. 2012, Figur 8). Pløy-



Figur 8. Ulike kornsjukdommer som overvintrer på planterester og jord: *Fusarium* i hvete (a) og havre (b), byggbrunflekk (c) og grå øyeflekk i bygg (d). Foto: Jafar Razzaghian (a, b), Erling Fløistad (c, d).

ing og nedmolding vil dekke infiserte planterester med jord og dermed bidra til raskere nedbryting av planterestene og redusert smittepress. Dette er en tradisjonell metode for å sanere sjukdomssmitte.

Smittereservoar

Ved redusert eller ingen jordarbeiding, særlig ved ensidig korndyrking, blir infisert stubb og halmrester liggende i øvre jordlag og oppå bakken (smittereservoar) (Figur 9). Ved fuktige værforhold kan sjukdomssmitte utvikle seg raskt. I områder med store arealer uten pløying kan smittepresset være stort. Soppsporer kan spres gjennom lufta over store avstander opp til mange kilometer, avhengig av sopparten. I perioder med høyt smittepress kan det dermed også være risiko for angrep der det er pløyd (effekten av smittesanering ved pløying viskes ut).

Mindre jordarbeiding, mer soppjukdom

Det er rapportert fra mange land at redusert jordarbeiding har ført til økte angrep av soppjukdommer i korn. Dessuten kan sjukdommer som har vært mindre dominerende eller fraværende ved pløying, blomstre opp ved redusert jordarbeiding. De økte forekomstene av *Fusarium* og mykotoksiner i norsk korn de seinere årene, kan ha sammenheng med redusert jordarbeiding og ensidig korndyrking sammen med fuktige værforhold i vekstsesongen (Hofgaard m.fl. 2013). Nyere studier viser at vårpløying kan være et godt alternativ til høstpløying da det gir like god reduksjon i smittepress av *Fusarium*-arter.

Det er imidlertid ikke alltid entydig sammenheng mellom jordarbeidingsmetode og utvikling av korn-

sjukdommer. Noen studier har vist at redusert jordarbeiding kan gi mindre angrep av sjukdommer enn pløying. Mengde stubb og halmrester på jordoverflata kan ha betydning for temperatur og fuktighet i jorda, og dette vil påvirke innhold av og aktivitet hos mikroorganismer og samspill mellom disse. Store mengder halmrester, og dermed stort smittepress, kan dessuten gi dårlig oppspiring, glissen åker og økt forekomst av ugras. Tettheten av plantebestandet kan påvirke mikroklimaet i åkeren og dermed utvikling og angrep av sjukdommer.

Høyere risiko for sjukdomsangrep i en åker kan øke behovet for bruk av plantevernmidler. Bruk av plantevernmidler vil gi større produksjonskostnader. Angrep av soppjukdommer kan medføre avlingstap og eventuelt prisreduksjon på grunn av redusert kornkvalitet, for eksempel dersom det måles et høyt mykotoksininnhold. Grundig jordarbeiding er et av de viktigste tiltakene i integrert bekjempelse av plantesjukdommer. Antatt risiko for utvikling av sjukdommer og mykotoksiner og behov for bruk av soppmidler ved ulik jordarbeiding er vist i tabell 3.

Skadedyr

Jordarbeiding påvirker sterkest de dyrene som lever deler av sine liv i jorda. Dette gjelder for eksempel åkersnegl, som det kan være mer av på arealer med redusert eller ingen jordarbeiding (Douglas m.fl. 2012). Forklaringen er at det er mindre forstyrrelser og større fuktighet. Dette er gunstig for sneglene. Pløying vil også virke direkte reduserende på skadedyr som oppholder seg på eller inne i plantene. Det gjelder kornbladlus, fritflue og hveteblue (Brand-



Figur 9. Ulike mengder halm på jordoverflata etter ulik jordarbeiding. Dyp høstharving til venstre, grunn høstharving i midten og høstpløying til høyre. Foto: Till Seehusen.

sæter m.fl. 2009). Enkelte studier har også påvist høyere angrep av bl.a. bladlus og minérflue på pløyde arealer. Dette kan forklares med redusert ugrasforekomst etter pløying som gjør det lettere for insektene å finne fram til vertsplantene sine. Nyttedyr kan reagere forskjellig på jordarbeiding (Andersen 2003, Shearin m.fl. 2007), men for det meste har redusert jordarbeiding en positiv virkning på mange nyttedyr, bl.a. løpebiller og kortvinger (Brandsæter m.fl. 2009, Witmer m.fl. 2003). Disse nyttedyra bidrar dermed til å kontrollere de skadedyra det blir flere av ved redusert jordarbeiding, f.eks. snegler. Forbruk av skadedyrmidler i korn er lavt.

Kornavling og ulike jordtypers egnethet for ulik jordarbeiding

Dersom ugras ikke bekjempes tilfredsstillende ved redusert jordarbeiding, vil avlinga synke proporsjonalt med økende ugrasmengde. Når ugraset bekjempes effektivt ved sprøyting betyr jordarbeiding lite for avlinga på jordarter med gode drenerings-egenskaper. Soppjukdommer reduserer også avlinga dersom de ikke bekjempes.

Halmrester på jordoverflata utgjør et fysisk hinder ved såing, de kan senke jordtemperaturen og redusere fordamping. Det siste kan føre til utsatt såing, men på lettere jordtyper kan et slikt vern mot fordamping føre til bedre avlinger under tørre forhold. Eldre forsøk med redusert jordarbeiding og direkte-såing viste at betydningen av halmrester på overflata varierte mellom jordarter, trolig som følge av ulik luftveksling (Riley 1983). Lettleire har som oftest stor luftveksling, mens siltig mellomleire og siltjord har lave nivå, spesielt når det ikke pløyes. Dette kan føre til dannelsen av spiregiftige forbindelser i jorda når det er mye halm i toppsjiktet. På stiv leirjord har halmrester på overflata gitt ca. 10 % nedgang i avling når det harves bare om våren, sett i forhold til harving både høst og vår. Direktesåing på slik jord har gitt ca. 15 % avlingsnedgang når det er lite halm men opp til 30 % nedgang ved mye halm. Risikoen for soppangrep øker også ved mye halmrester på jordoverflata (se side 7-8).

Erfaringene med redusert jordarbeiding har variert ganske betydelig med jordart. På siltjord kan tidlig såing uten pløying føre til drukning av såkornet i år med mye nedbør etter såing. Derfor blir vårpløying anbefalt på slik jord for å øke opptørkinga av jorda. I et forsøk på stiv leirjord, derimot, har vårpløying ofte gitt lavere avling enn høstpløying. På slik jord har harving både høst og vår vært noe mer vellykket enn vårpløying, men harving bare om våren er ofte mindre vellykket. Det har senket både avlingsnivå og proteininnholdet i kornet. Også på siltig sand har

man opplevd avlingsnedgang uten pløying, trolig som følge av økt jordtetthet i nedre matjordsjikt. Slik jord har liten evne til naturlig utbedring av jordstrukturen.

Redusert jordarbeiding på moreneletteleire over lang tid (ca. 35 år) har, tross årsvariasjoner, ikke ført til endringer i middelavling. Forskjellen i avling med og uten pløying har vært innenfor +/- 5 % i halvparten av tilfellene og innenfor +/- 10 % i tre firedeler. Tilfeller der redusert jordarbeiding har gitt avlingstap skyldes ofte fuktige værforhold, mens tilfeller med avlingsgevinst uten pløying skyldes ofte tørre forhold. I år med høyt avlingsnivå er det en tendens til at pløying har vært best.

Stabiliteten av jordaggregatene mot påkjenningen av simulert nedbør har vist seg å være betydelig større i upløyd jord enn i pløyd jord. Nyere resultater viser også at grunn vårpløying kan gi bedre aggregatstabilitet enn høstpløying. Slik stabilitet er viktig som erosjonsvern og for å unngå dannelse av jordskorpe etter kraftig nedbør, noe som kan være problematisk på siltrik jord.

Økonomisk betydning

Endra og redusert jordarbeiding har økonomiske konsekvenser for bonden sammenligna med tradisjonell jordarbeiding (Tabell 3). Plantevernmidelkostnadene er ofte høyest ved redusert jordarbeiding, mens maskin- og arbeidskostnadene er høyest ved pløying. Arbeidskostnadene vil imidlertid avhenge av hva bonden ellers kan tjene på den arbeidstiden som settes inn. Maskin- og arbeidskostnadene vil ofte være lave ved direktesåing, men avhenger av hvilke investeringer som er nødvendige.

Avlingsinntekt

Avlingsinntekta ved ulike former for jordarbeiding varierer med jordtype (se over). Det økonomiske resultatet for gårdbrukeren (uten tilskudd) vil være dårligere ved endra og redusert jordarbeiding for de fleste jordtyper (Refsgaard m.fl. 2013, Veidal & Refsgaard 2014). For godt drenerte lettere jordarter og godt drenert leirjord kan imidlertid enkelte former for redusert/endra jordarbeiding være tilnærmet like økonomisk gunstige som høstpløying. For siltjord vil vårpløying være mer gunstig enn høstpløying. Det vil ofte være mindre lønnsomt med redusert jordarbeiding i høstkorn enn i vårkorn som følge av økt risiko for avlingstap. Hva som er gunstig for bonden å gjøre, avhenger av tilskuddene til endra og redusert jordarbeiding. Tilskuddssatsene og hva det gis tilskudd til varierer fra fylke til fylke og fra vassdrag til vassdrag. I en del fylker gis det bare tilskudd dersom det ikke jordarbeides om høsten. I andre fylker gis det også

tilskudd til lett høstharving og direktesåing av høst-
hvete. I Jordbruksavtalen for 2015-16 ble det bestemt
at tilskudd til lett høstharving skal avvikles.
Kostnader ved å begrense fosforavrenning i jord-
bruksområder med endra jordarbeiding kan beregnes
ved å bruke kosteffektkalkulatoren (www.webgis.no/Peffekt/).

Samlet vurdering av jordarbeiding

Vi har foretatt en samlet vurdering av ulike effekter av
jordarbeiding i vår- og høstkorn i tabell 3.

Så lite som mulig, så mye som nødvendig

Hvilken jordarbeiding som gjennomføres kan ha
konsekvenser for avlingsmengde, kvaliteten på korn-
net og miljøet. Økonomien er blant annet avhengig
av hvilke tilskudd som gjelder for endra og redusert
jordarbeiding i området. Pløying om høsten kan
øke risikoen for erosjon og tap av næringsstoffer,
spesielt fosfor. Dette kan føre til overgjødning av
vassdrag, med risiko for oppblomstring av giftalger.
Mindre bruk av plogen kan derimot medføre mer
ugras, sjukdommer og mykotoksiner og dermed økt

Tabell 3. Samlet vurdering av effekt av jordarbeiding i vår- og høstkorn. Grønt=liten, Gult= middels, Rødt=høy relativ risiko for effekt på miljø, jord, klima, plantevern, avling og økonomi. I tabellen har vi ikke vektet mellom faktorer, slik at rødt i én rad ikke nødvendigvis er et like stort problem som rødt i en annen rad. Grått = manglende informasjon.

Fagområde	Påvirkning	Vårkorn					Høstkorn		
		Høstpløyd	Høstharvet	Vårpløyd	Vårharvet	Direktesådd	Høstpløyd	Høstharvet	Direktesådd
Vannkvalitet	Jordtap								
	Fosfortap								
	Nitrattap								
	Glyfosat		R						
	Glyfosat			R	R				
	Fenoksyryrer/SU		R						
	Fenoksyryrer/SU					R			
	Soppmidler (bundne)		R						
Jordkvalitet	Soppmidler (bundne)			R	R			R	
	Organisk materiale								
Jordpakking	Kjørebeklastning								
	Risiko i matjord								
	Risiko i undergrunnsjord								
Klimagasser	Lystgass								
	Karbonbinding (moldinnhold)								
	Forsuring/Kalking								
Plante- skadegjørere Behov for plantevern- midler	Ugras								
	Frøugrasmidler/SU								
	Glyfosat/fenoksyryrer							R	
	Sjukdommer/mykotoksiner								
	Soppmidler								
	Snegler								
	Skadedyrmidler								
Avling	Godt drenert lettere jordarter								
	Godt drenert leirjord								
	Dårlig drenert leirjord og planert leire								
Avlingsinntekt	Siltjord								
	Plantevernmiddelkostnader								
Maskin- og arbeidskostnader	Maskin- og arbeidskostnader								
	Økonomi for gårdbruker uten tilskudd								
Økonomi for gårdbruker uten tilskudd	Godt drenert lettere jordarter							R	
	Godt drenert leirjord								
	Dårlig drenert leirjord og planert leire				R				
	Siltjord								
Tilskudd til bonden									

R: På grensen mellom Gul og Rød, SU: Sulfonylureamidler



Figur 10. Redusert jordarbeiding kan gi økt behov for sprøyting mot ugras, som her, i stubbåker om høsten. Foto: Erling Fløistad.

bruk av ugras- og soppmidler (Figur 10). Dette vil øke risikoen for skade på vannlevende organismer. Vårpløying kan være et miljømessig godt alternativ med liten risiko for erosjon og lite behov for plantevernmidler. Vårpløying egner seg dårligere på stiv leirjord og fører til økt tidspress om våren med risiko for forsinka våronn og lavere avling. Lokale værforhold, jordfuktighet, topografi, jordart og omfang av skadegjørere vil dessuten ha betydning for hvilke konsekvenser jordarbeiding kan ha for avlingsmengde, kvaliteten på kornet og miljøet. Tiltakene bør derfor stedstilpasses. God agronomi og å gjøre ting til rett tid er en forutsetning for å oppnå best mulig resultat. Kanskje bør mottoet for jordarbeiding være: «Så lite som mulig, så mye som nødvendig!»

Litteratur

- Andersen, A. 2003. Long term experiments with reduced tillage in spring cereal. II. Effects on pests and beneficial insects. *Crop Protection* 22:147-152.
- Bechmann, M., Kværnø, S., Skøien, S., Øygarden, L., Riley, H., Børresen, T. & Krogstad, T. 2011. Effekter av jordarbeiding på fosfortap - Sammenstilling av resultater fra nordiske forsøk. *Bioforsk RAPPORT* 6(61):73 s.
- Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Birkenes, S.M., Brodal, G. & Andersen, A. 2009. Plantehelse i økologisk landbruk, Bind 3: Korn, oljevekster og kjernebelgvekster. *Bioforsk FOKUS* 4(4):198 s.
- Briseid, T., Grønlund, A., Harstad, O.M., Garmo, T., Volden, H. & Morken, J. 2008. Klimagasser fra landbruket: Utslippsreduksjoner, forslag til mål, tiltak og virkemidler. *Bioforsk RAPPORT*, 3(9):41 s.
- Douglas, M.R. & Tooker, J.F. 2012. Slug (Mollusca: Agriolimacidae, Arionidae) ecology and management in no-till field crops with emphasis on the mid-atlantic region. *Journal of Integrated Pest Management* 3:1-9.
- Hansgård, H. 2013. Mengde og fordeling av organisk materiale i norsk åkerjord ved ulike systemer for jordarbeiding. Bacheloroppgave i agronomi. Høgskolen i Hedmark. 55 s. <http://hdl.handle.net/11250/132757>
- Hofgaard, I.S., Brodal, G., Abrahamsen, U. & Strand, E. 2013. Hvordan redusere risiko for mykotoksiner i korn? *Bioforsk TEMA* 8(5):2 s.
- Håkansson, I. 2005. Machinery-induced compaction of arable soils. *Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Sveriges lantbruksuniversitet* 2005(19):153 s.
- Landbruks- og matdepartementet 2009. Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen. St.meld.nr. 39, 2008-2009. Landbruksdepartementet.
- Mørkved, P.T., Dörsch, P., Henriksen, T.M. & Bakken, L.R. 2006. N₂O emissions and product ratios of nitrification and denitrification as affected by freezing and thawing. *Soil Biology and Biochemistry* 38:3411-3420.
- Nadeem, S., Børresen, T. & Dörsch, P. 2015. Effect of fertilization rate and ploughing time on nitrous oxide emissions in a long-term cereal trial in south east Norway. *Biology and Fertility of Soils* 51:353-365.
- Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A. & Cassman, K.G. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. *Nature Clim. Change* 4:678-683.
- Refsgaard, K., Bechmann, M., Blankenberg, A.G.B., Kvakkestad, V., Kristoffersen, A.Ø. & Veidal, A. 2013. Evaluering av tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer i Norge. NILF rapport 2013-3:105 s.
- Riley, H. & Bakkegard, M. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 56:217-223.
- Riley, H. 1983. Redusert jordarbeiding og halmbehandling til vårkorn på ulike jordarter. I. Avlinger og ugrasmengder. *Forsk.Fors.Landbr.* 34:209-221.

Shearin, A.F., Reberg-Horton, S.C. & Gallandt, E.R. 2007. Direct effects of tillage on the activity density of ground beetle (Coleoptera: carabidae) weed seed predators. *Environmental Entomology* 36: 1140-1146.

Tørresen, K.S., Hofgaard, I.S., Eklo, O.M., Netland, J., Brandsæter, L.O., Brodal, G., Elen, O., Ficke, A., Almvik, M., Bolli, R., Stenrød, M. & Strand, E. 2012. Redusert jordarbeiding og konsekvenser for plantevern. *Bioforsk RAPPORT* 7(58):67 s.

van Kessel, C., Venterea, R., Six, J., Adviento-Borbe, M.A., Linnquist, B. & van Groenigen, K.J. 2013. Climate, duration, and N placement determine N₂O emissions in reduced tillage systems: a meta-analysis. *Global Change Biology* 19:33-44.

Veidal, A. & Refsgaard, K. 2014. Økonomiske konsekvenser av landbrukstiltak i Vannområde Haldenvassdraget. NILF notat 2014-10:60 s.

Witmer, J.E., Hough-Goldstein, J.A. & Pesek, J.D. 2003. Ground dwelling and foliar arthropods in four cropping systems. *Environmental Entomology* 32:366-376.

Takk

Denne publikasjonen er en del av prosjektet «Helhetlig informasjon om betydning av jordarbeiding i korn for agronomi, miljø og klima» finansiert av Landbruksdirektoratet og samarbeidende institusjoner.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet



Norsk
Landbruksrådgiving

Hvem har skrevet hva i dette heftet?

Erosjon, fosfortap

Sigrun Kværnø sigrun.kvaerno@nibio.no
Marianne Bechmann marianne.bechmann@nibio.no

Plantevernmidler i miljøet

Marianne Stenrød marianne.stenrod@nibio.no
Ole Martin Eklo olemartin.eklo@nibio.no

Klimagassutslipp

Peter Dörsch peter.doersch@nmbu.no

Jordpakking, avling

Trond Børresen trond.borresen@nmbu.no

Avling, jordtypers egnethet

Hugh Riley hugh.riley@nibio.no

Ugras, bruk av ugrasmidler

Kirsten Semb Tørresen kirsten.torresen@nibio.no

Soppsjukdommer, mykotoksiner

Guro Brodal guro.brodal@nibio.no
Ingerd Skow Hofgaard ingerd.hofgaard@nibio.no

Skadedyr

Maria Björkman

Økonomisk betydning

Valborg Kvakkestad valborg.kvakkestad@nibio.no
Karen Refsgaard karen.refsgaard@nibio.no

Landbruksrådgivers synspunkt

Jan Stabbetorp jan.stabbetorp@nlr.no
Einar Strand einar.strand@nibio.no

Tiltaksveileder, miljø

Eva Skarbøvik eva.skarbovik@nibio.no

NIBIO POP 1(5) 2015

ISBN 978-82-17-01499-7

ISSN 2464-1170

Forsidefoto: Erling Fløistad

Fagredaktør: Divisjonsdirektør Arne Hermansen

Ansvarlig redaktør: Forskningsdirektør Nils Vagstad

www.nibio.no