

Mekanisk og biologisk jordløsning – er det lønnsomt?

Till Seehusen¹, Marius Berger² & Torbjørn Haukås²

¹NIBIO Korn og frøvekster, ²NIBIO Kart og statistikk

Till.seehusen@nibio.no

Innledning

Dårlig jordstruktur er en av de viktigste avlingsbegrensende faktorer i Nordisk landbruk, og jordpakking er antatt å stå for gjennomsnittlig 10 % avlingstap hvert år (Petersen *et al.* 2010), Det kan forårsake store ekstra kostnader for både gårdbrukeren og samfunnet (Graves *et al.* 2015). Det er derfor økende interesse for strategier for å forbedre jordstrukturen, øke infiltrasjonen og jordas bæreevne for å påskynde opptørkingen og gjøre jorda mer robust mot pakkeskader. I regi av prosjektet «Optikorn» ble det anlagt en rekke flerårige forsøk for å undersøke effekten av jordpakking, samt ulike strategier for å løse opp pakkeskader (mekanisk og biologisk).

For at det skal være interessant for korndyrkeren å sette i gang eventuelle jordløsningstiltak, er det viktig å finne ut om tiltaka er lønnsomme.

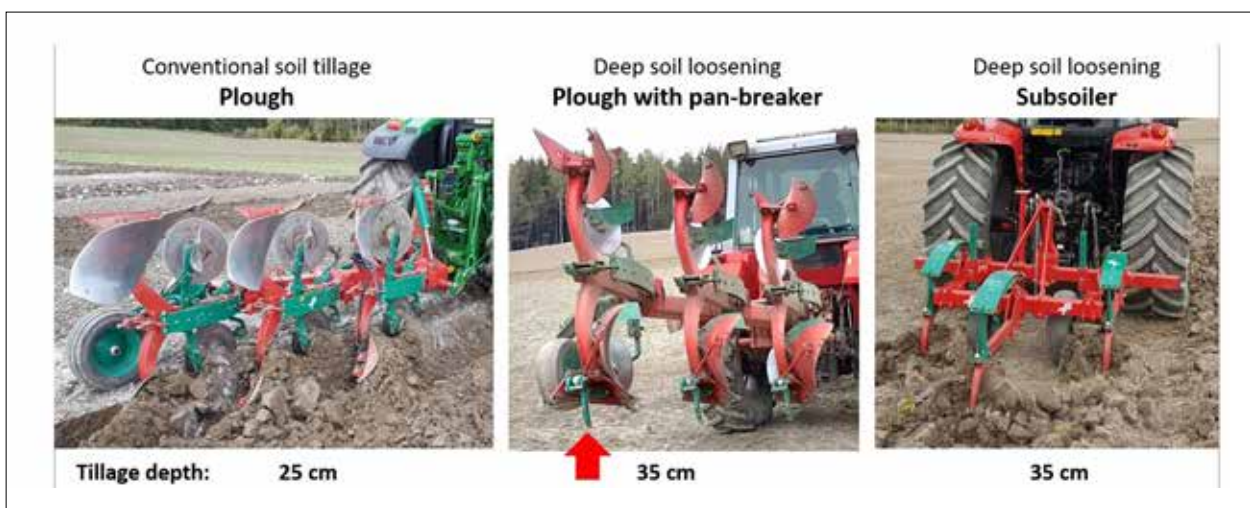
I denne artikkelen som er et sammendrag av en kommende rapport (Seehusen *mfl.* under publisering) er det derfor gjort beregninger på kostnader knyttet til jordløsning. Det er tatt

utgangspunkt i metoder for jordløsning i feltforsøket på Øsaker som har blitt beskrevet tidligere (Seehusen & Mordhorst 2022, Seehusen 2021). For å se på lønnsomheten er det gjort beregninger for alle enkeltoperasjoner for jordløsningsmetodene.

Materiale og metoder

Forsøksfelt

Feltet med jordløsning det rapporteres fra, ble anlagt på Øsaker i Sarpsborg kommune på leirjord (Stagnosol, 46 % leire i 30 cm dybde). Feltet ble pakket høsten 2018. Det ble foretatt pløying og jordløsning på våren 2019. Det ble også foretatt pløying i 2020. I tillegg til rutene med bygg ble det i 2019 sådd 12 ruter med en blanding av raigras og sikori, 12 ruter med oljereddik (gjenlegg) og 12 ruter med pionerblanding i reinbestand. Det ble foretatt harving, tresking, og halmknusing i tillegg de operasjonene som er nevnt ovenfor. Flere detaljer er beskrevet i Seehusen 2022 og Seehusen *mfl.* under publisering.



Bilde 1. Ulike redskaper til jordløsning som ble brukt i forsøket. Foto: Till Seehusen.

Maskiner

Noen av de pakkete rutene ble løsnet med jordløsner/grubb (Kverneland CLG II) ned til 35 cm dybde (bilde 1) som innebærer to separate arbeidsoperasjoner, løsning og påfølgende pløying. Noen ruter ble løsnet med plog (25 cm arbeidsdybde) og påmontert sålebryter (35 cm), som er basert på at løsning og pløying gjennomføres i samme arbeidsoperasjon. Alle rutene i forsøket ble deretter pløyd samme dagen (Kverneland ES 85 med plogkropp 28, forplog og rulleskjær, 25 cm dybde) før såing våren 2019. Feltet ble pløyd, men ikke løsnet våren 2020.

Planter til jordløsning

- En blanding av sikori (såmengde 250 g/daa) og raigras (600 g/daa) ble sådd inn i noen av kornrutene direkte etter såing av kornet
- «Strand nr. 51» (pionerblanding) er en blanding av ettårige vekster som er designet til å løsne og forbedre jordstrukturen samt ha en grønn gjødslingseffekt. Blandingen består av Vintervikke (Lodnevikke) (44 %), Italiensk raigras Fabio (20 %), Honningurt (18 %) og Blodkløver (18 %). Blandingen ble dyrket i reinbestand (såmengde 7 000 g/daa)
- I 2019 ble det sådd inn 1400 g /daa med oljereddik. For detaljer, se Seehusen 2022 og Seehusen mfl. under publisering

Økonomiske beregninger

For å kunne gjennomføre lønnsomhetsanalyser ble det utviklet en modell for å kunne beregne maskinkostandene for hvert enkelt tiltak. Disse omfatter kostnader til kapital, vedlikehold og drivstoff. De årlige kapitalkostnadene (avskrivning og rente) på det enkelte driftsmiddel inkluderes i tillegg til årlige vedlikeholdskostnader, samt kostnader til lagring, forsikring og avgifter til det enkelte driftsmiddelet. Drivstoffkostnadene baseres på forbruket til den enkelte arbeidsoperasjon. For å kunne sammenlikne effekter av avlingsøkning og kostnadsbilde på hvert enkelt tiltak knyttet til jordløsning, beregnes mekaniseringskostnaden per dekar.

Kapitalkostnader

Anskaffelseskostnad er grunnlag for beregning av kapitalkostnadene. De årlige avskrivningene gjenspeiler det årlige verditapet, og varierer ut ifra antall år og type avskrivning. Ved beregning av kapitalkostnader i modellen, brukes lineær avskrivning som betyr at det årlige verditapet antas like stort i hvert enkelt år. Avskrivningstid for utstyret

er antatt 15 år og restverdien på driftsmidlene er satt til 15 prosent av anskaffelseskost for traktor og 5 prosent for jordarbeidingsutstyr. Restverdien trekkes så fra kostpris før de årlige avskrivningene. Rente på kapital tar utgangspunkt i kapitalen bundet gjennom levetiden til det enkelte anleggsmiddel. Rentekostnadene beregnes årlig ved å multiplisere rentesatsen med verdien av anleggsmidlet. Ettersom avskrivningene fører til at verdien på anleggsmidlet synker over levetiden, synker rentekostnadene. Deretter summeres de årlige rentekostnadene, før man deler på antall år som utgjør levetiden. Fastsettelse av rentesats tar utgangspunkt i rentenivået som er i markedet. Ved beregning av rente i modellen er rentesatsen satt til 4 prosent. Avskrivning og rente beregnes for traktor og hvert av de ulike redskapene som benyttes i de ulike tiltakene.

Drivstoffkostnader

Drivstoffkostnadene til hver enkelt operasjon varierer, og påvirkes av flere faktorer (Seehusen *mfl.* 2022 under publisering). Det finnes i liten grad Norske data på drivstofforbruk. Som en tilnærming, brukes det derfor tall fra Tyskland (KTBL). Drivstofforbruket multipliseres med drivstoffpris med påslag på 5 prosent for bruk av olje osv.

Vedlikeholdskostnader

Ved bruk av traktor og redskap påløper det kostnader til vedlikehold. For å beregne årlige kostnadene brukes følgende formel $((\text{Gjenkjøpsverdi} * 0,09) / 1000) * \text{Antall brukstimer i året}$ (Hegrenes 1985, Kårstad *mfl.* 2015, Mangerud *mfl.* 2017). For traktor er antall brukstimer satt til henholdsvis 500, 1 000 og 1 400 timer i året, avhengig av bruksstørrelse. Timeforbruket for de ulike jordbearbeidingsredskapene er beregnet på grunnlag av arealstørrelse på bruket.

Andre kostnader

Lagerkostnad til oppbevaring av både traktor og jordarbeidingsredskaper er satt til kr 80 per m² per år i modellen, og lagringsbehovet for traktor er satt til 8 m² og for jordarbeidingsredskaper til 6 m². Utgifter til forsikring til traktor og andre maskiner varierer avhengig av forsikringsleverandør og valgt omfang. For traktor påbeløper også trafikkforsikringsavgift.

Arbeidskostnaden

Arbeidskostnaden knyttet til hver enkelt arbeidsoperasjon avhenger av kapasiteten til hver enkelt arbeidsoperasjon og fastsettelsen av timepris for arbeidet som utføres. I modellen er timeprisen enten satt til kr 200 eller kr 300 per time. Alle

avgifter er tatt med i denne tariffønnen. For å beregne arbeidskostnaden per dekar, deler man timeprisen på kapasiteten til hver enkelt operasjon. Dersom kapasiteten er på 5 dekar i timen, utgjør arbeidskostnaden per dekar henholdsvis kr 40 og kr 60. Ettersom det er naturlig å anta at det går med ekstra tid som skyldes kjøreforhold, problemer som oppstår underveis samt på og avmontering av maskiner, er det lagt inn et påslag på 20 prosent i tidsforbruk per operasjon.

Kostnader knyttet til **driftsmidler** varierer med de ulike tiltakene. Priser på ulike driftsmidler knyttet såkorn, gjødsel og frøblandinger er hentet fra prislister fra Felleskjøpet Agri (mars 2022). Totalkostnaden for hvert enkelt tiltak beregnes ved legge sammen kostnadene (pris*mengde dekar) for de driftsmidlene som benyttes. Når det gjelder kostnader til kalk, beregnes disse ut ifra mengden som ble benyttet i forsøket på Øsaker.

Resultater

Avlingsresultater som er grunnlag for beregningene, er beskrevet i Seehusen og Mordhorst 2022 og Seehusen *mfl.* (under publisering), og beskrives ikke ytterligere her.

Maskinkostnaden til det enkelte tiltak vil kunne variere ut ifra størrelsen på bruket, og hvor stor del

av arealet som blir løsnet. I eksemplet nedenfor (tabell 1) tas det utgangspunkt i et kornbruk på 600 dekar, hvor 20 prosent (120 dekar) blir løsnet. Detaljer finnes i Seehusen *mfl.* under publisering.

Forskjellen i sum kostnader viser hva tiltaket knyttet til bruk av sålebryter eller jordløsner fører til av økte kostnader. For sålebryteren utgjør forskjellen 25 kr per dekar, mens ved bruk av jordløsner øker kostnaden med 127 kr per dekar (tabell 2).

I tabellen nedenfor vises en oversikt over økte kostnader til de ulike tiltakene knyttet til både mekanisk og biologisk jordløsning (tabell 3). Kostnaden for de ulike tiltakene vises for tre ulike størrelser på kornbruk. Ved beregning av kostnader for de ulike jordløsningstiltakene, legges det til grunn at 20 prosent av arealet på de ulike kornbrukene blir løsnet. Kostnadene har også blitt regnet om til hvor mange kg meravling bygg som er nødvendig for å kompensere for kostnadene. Resultatene viser at kostnaden per dekar synker ved høyere andel av arealet som løsnes, ettersom det er mulig å fordele mekaniseringskostnadene på flere brukstimer.

Kostnadsberegningene er basert på en rekke forutsetninger. Timepris for arbeid er satt til kr 200 per time. Bruk av mekanisk eller biologisk jordløsning medfører store ekstrakostnader, og det

Tabell 1. Eksempel. Beregning av maskinkostnader, 600 dekar, 20 prosent av arealet løsnet

Type kostnad	Traktor	Plog	Sålebryter	Jordløsner
Avskrivning	54 961	12 477	1 850	3 445
Rente	23 795	4 413	271	1 219
Vedlikehold	87 291	2 128	40	84
Redskapshus	640	480		480
Forsikring og avgift	1 940	394		109
Sum maskinkostnader	168 627	19 891	2 161	5 337
Timeforbruk	1 000	120	24	17
Kostnad per time	169	166	90	311
Kapasitet	5	5	5	7
Kostnad per dekar	34*	33	18	44

Tabell 2. Forskjell i kostnad per dekar mellom bruk av bare plog og ulike tiltak for mekanisk jordløsning. 600 dekar, 20 prosent løsnet

Tiltak	Maskin	Drivstoff	Arbeid	Sum kostnader	Forskjell, kr
Plog	67	26	48	141	
Plog + sålebryter	85	33	48	165	25
Plog + jordløsner	136	50	82	268	127

Tabell 3. Merkostnader per dekar for mekanisk og biologisk jordløsning sammenlignet med pløying. I tillegg er det vist nødvendig avlingsøkning med bygg for å få full kostnadsdekning for tiltaket

	300 dekar		600 dekar		1000 dekar	
	Mer-kostnad, kr	Nødvendig avlingsøkning kg per dekar	Mer-kostnad, kr	Nødvendig avlingsøkning kg per dekar	Mer-kostnad, kr	Nødvendig avlingsøkning kg per dekar
Plog	0	0	0	0	0	0
Plog - gjenlegg, flerårig raigras	177	59	173	57	189	63
Plog - gjenlegg oljereddik	172	57	167	56	184	61
Plog + sålebryter	32	11	25	8	21	7
Plog + sålebryter-gjenlegg, flerårig raigr.	210	70	198	66	211	70
Plog + sålebryter-gjenlegg oljereddik	204	68	192	64	205	68
Plog + jordløsner	158	52	127	42	132	44
Plog + jordløsner-gjenlegg, flerårig raigr.	335	111	300	100	322	107
Plog + jordløsner-gjenlegg oljereddik	329	109	294	98	316	105

Tabell 4. Verdi av avlingsøkning bygg minus kostnad for jordløsningstiltak målt i kr per dekar, biologisk og mekanisk jordløsning, Øsaker

	Nettoeffekt 300 dekar	Nettoeffekt 600 dekar	Nettoeffekt 1000 dekar
Plog	0	0	0
Plog - gjenlegg, flerårig raigras	- 380	- 376	-393
Plog - gjenlegg oljereddik	- 178	- 173	-189
Plog + sålebryter	98	105	109
Plog + sålebryter-gjenlegg, flerårig raigr.	- 298	- 285	-298
Plog + sålebryter-gjenlegg oljereddik	- 215	- 202	-216
Plog + jordløsner	- 11	19	14
Plog + jordløsner-gjenlegg, flerårig raigr.	- 610	- 575	-597
Plog + jordløsner-gjenlegg oljereddik	- 329	- 294	-316

vil derfor kreve en relativt stor avlingsøkning for at det vil være økonomisk lønnsomt å gjennomføre tiltaket.

Tiltakene knyttet til biologisk jordløsning, krever en avlingsøkning på mellom 60-100 kg per dekar, avhengig av om biologisk jordløsning gjennomføres som et enkelttiltak eller i kombinasjon med mekanisk jordløsning. Dersom det kun gjennomføres mekanisk jordløsning, vil kravet om avlingsøkning være betraktelig lavere. Ved bruk av sålebryter, vil en avlingsøkning på 10 kg per dekar være tilstrekkelig for at tiltaket skal være lønnsomt. Når det gjelder bruk av jordløsner, vil det kreve opptil 5 ganger større avlingsøkning sammenlignet med bruk av sålebryter.

Bruk av pionerblanding (Strand 51) i reinbestand som gjort i forsøkene, fører til avlings- og inntekts-tap det året blandingen benyttes. Selv om det ble registrert en positiv forgrøde-effekt (Seehusen *mfl.* under publisering), kunnen ikke dette i forsøket kompensere for inntektstapet første året.

Resultatene ved bruk av mekanisk og eller biologisk jordløsning på Øsaker viser at nettoeffekten av alle de ulike biologiske eller kombinerte tiltakene er negativ (tabell 4). Kun noen få av tiltakene gav en positiv avlingseffekt over de to registreringsårene (Seehusen *mfl.* under publisering). Tiltakene som gav positiv avlingseffekt, var relatert til bruk av sålebryter. Bruk av jordløsner gav omtrent samme økonomiske resultat som uløsnet. Kombinasjonen

av negativ avlingseffekt og økte kostnader forklarer hvorfor nettoeffekten av mange av tiltakene gav et negativt økonomisk resultat.

Diskusjon

Jordpakking er et økende problem. Stadig større og tyngre utstyr blir benyttet på kornarealene i kjølvannet av strukturrasjonalisering og mer bruk av entreprenører til ulike arbeidsoperasjoner i korndyrkinga. I tillegg kommer klimaendringen med mer nedbør i vekstsesongen som medfører kortere vindu med laglige kjøreforhold. Mye areal blir derfor behandlet under ikke-laglige forhold, og jordpakking er en av konsekvensene. Pakket jord er mindre produktiv, og flere alternativ for jordløsning kan være aktuelle.

For at det skal være interessant for den enkelte kornprodusent å foreta nye tilpasningsstrategier, må det være lønnsomt å ta de i bruk. Avlingsresultatene for de forskjellige behandlingene var ikke entydige og viste store variasjoner også innenfor de samme behandlingene. Effekten av tiltakene var små, og oftest ikke statistisk signifikant (Seehusen *myl.* 2022 under publisering) slik at det er vanskelig å konkludere om avlingseffekten. Vi har likevel valgt å gjøre beregninger på de tendensene som kom fram i forsøket.

Biologisk jordløsning

Som rapportert tidligere fra forsøket, kan konkurranse mellom korn og fangvekster ofte medføre avlingsnedgang i året med fangvekst (Molteberg *et al.* 2004), noe som kan gjøre tiltakene ulønnsomme.

Det er også verdt å merke seg at for å kunne oppnå løsningseffekt av planterøttene, trenges det et bestand av jordlønende planter som dekker hele skiftet (Seehusen & Mordhorst 2022). Konkurranse mellom korn og fangvekst øker risikoen for lavere kornavling. Oljereddik etablerte seg dårlig på feltene, og har derfor hatt liten negativ effekt på avlingene. Bruk av pionerblanding dyrket i reinbestand, fører til at man mister ett avlingsår som forgrødeeffekten ikke kan kompensere for.

Ettersom det ble foretatt avlingsregistrering bare over to år, er det vanskelig å kunne si om den langsiktige ettervirkningen av de ulike vekstene. Bruk av biologisk jordløsning vil kunne ha positive effekter ved blant annet å øke andelen organisk materiale i jorda og bedre vannhusholdning som følge av bedre infiltrasjon.

Mekanisk jordløsning

Resultatene viser en tendens til et positivt utslag knyttet mekanisk jordløsning. Leirjord, som på Øsaker, er generelt følsom for pakkeskader. Tidligere studier viser også at naturlige faktorer (e.g. opptørking) kan ha forsterket effekten av mekanisk jordløsning (Seehusen *et al.* 2021). Som tidligere nevnt, er det en del variasjon mellom år. Det kan indikere at mekanisk løsning kan ha en effekt på pakkeskader, men dette er avhengig av type utstyr som brukes (Seehusen *et al.* 2021, Seehusen & Mordhorst 2022).

Det har i noen tilfeller blitt observert en avlingsøkning etter mekanisk jordløsning uten at jordprøveresultatene viser tilsvarende positiv effekt av behandlingen (Seehusen 2021, Seehusen & Mordhorst 2022). Årsaken til dette er foreløpig ukjent. Samspillet mellom jordstruktur, rot-, plantevekst og avling er kompleks, og det antas at faktorer som ikke har vært del av forsøket (Større mineralisering, økt næringstilgang på grunn av bedre lufttilgang i rutene som ble løsnet), har spilt inn.

Kombinasjon av biologisk og mekanisk jordløsning

Effekten av mekanisk jordløsning har ofte blitt rapportert til å være kortvarig (Seehusen 2021), og det kan derfor være effektivt å bruke planterøtter til å stabilisere jordstrukturen etter løsningen (Pagenkemper *et al.* 2014). Selv om denne praksisen muligens kan ha positive effekter på jordstrukturen, så fører dette til høyere kostnader enn mekanisk eller biologisk jordløsning alene.

Effekten av arealstørrelse

Landbruket i Norge er preget av forholdsvis små, ofte ugunstig utformete arealer (Vagstad *et al.* 2013, Seehusen & Uhlen 2019). Dette gjør mekaniseringen krevende, begrenser maskinstørrelsen og medfører ofte økte arbeidskostnader siden forberedelser og tilkopling av maskinen tar lengre tid ved bruk på mindre areal. I praksis er det bare deler av arealene som blir pakket, slik at de arealstørrelser som er blitt lagt til grunn i beregningene, er mer av teoretisk natur. Det antas at kostnadene per dekar til jordløsning er høyere på gårdsnivå der arealene som løsnes, er mindre.

Jordløsner eller sålebryter

Bruk av sålebryter er en betydelig forenkling av jordløsning (figur 1), (Seehusen 2021) siden plying og jordløsning kan gjennomføres i samme operasjon.

Jordløsning er et intensivt inngrep i jorda, og det frarådes å løsne hele gården. Det anbefales i stedet at det arealet som har vært utsatt for pakking, blir løsnet. Bruk av sålebryter åpner for en mer steds spesifikk jordløsning da kun de områdene som er pakket (kjørespor, vendeteig) løsnes, mens resten av arealene pløyes som vanlig. Dette sparer både tid, drivstoff og maskinkostnader samt at det er mer skånsomt for jordstrukturen.

Andre faktorer som påvirker økonomien

De økonomiske beregningene som er gjort, har tatt utgangspunkt i inntekts- og kostnadsnivået på det tidspunktet beregningene er utført. Vanligvis vil dette være uproblematisk under normale forhold. Den siste tiden har vært svært uvanlig med store prishopp på flere innsatsfaktorer som for eksempel drivstoff. Utbetalingspris til dyrker på korn har også økt mye siste året. Mange av disse store prisendringene kan påvirke lønnsomheten i de ulike tiltakene dersom endringene i inntekts- og kostnadsbildet blir varig.

Konklusjon

Jordpakking er et økende problem og det er behov for gode strategier for å kunne løse opp jordpakking. De utprøvde tiltakene innenfor både mekanisk og biologisk jordløsning, har gjennom forsøksperioden ikke hatt signifikant positiv effekt hverken på jordstruktur eller avling. På bakgrunn av resultatene observert over 2 år, er det lite grunnlag for å kunne forsvare mange av jordløsningstiltakene.

Beregninger (Graves *et al.* 2015) viser at kostnadene på grunn av jordpakking ikke bare koster gårdbrukeren, som beskrevet her, men også samfunnet gjennom f.eks. økt erosjon og utslipp av klimagass.

Disse og andre faktorer er det vanskelig å regne på. Bruk av jordløsnende vekster/fangvekster kan ha positive effekter på andelen organisk materiale i jorda, aggregatstabilitet samt virkning av vekstskifte. Bedre infiltrasjon og større porevolum kan over tid føre til raskere opptørring, lengre perioder med laglig jord og mindre erosjon og mindre avrenning. Det er verdt å merke seg at forsøket er blitt utført over en begrenset periode i dette prosjektet. Det er vanskelig å si om sesongene var representative for fremtidig norsk korndyrking, men resultatene vil likevel gi en god pekepinn på hva som er mulige effekter av jordløsning og om det er lønnsomt å sette inn tiltak for å løsne jorda.

Det er usikker virkning av de ulike metodene for jordløsning på pakket jord uansett metode, og de fleste valgte tiltak vil medføre ekstra kostnader som ikke blir kompensert for gjennom verdien av avlingsøkning. Det må derfor konkluderes med at det beste vil være å forebygge pakking ved å kjøre på og behandle jorda når den er laglig og dermed unngå pakkeskader. Dersom det likevel skulle være behov for å løsne områder med pakket jord, er bruk av sålebryter et godt økonomisk alternativ.

Referanser

- Graves, A.R., Morris, J. & Deeks, L.K. 2015. The total costs of soil degradation in England and Wales. *Ecological Economics* 119, 399-413.
- Hegrenes, A. 1985. Mekaniseringsøkonomi på enkeltbruk. Forskningsmelding F-279-85. Norges landbruksøkonomiske institutt, Oslo.
- Kårstad, S., Haukås, T. & Hegrenes, A. 2015. Analyse av kjørekostnader i mjølkeproduksjonen. Ei samanlikning av kjøring langs vegen ved grovfôrhausting og spreiring av husdyrgjødsel i to bygder. NIBIO-rapport 1(9) 2015.
- Mangerud, K., Riley, H. & Kolberg, D. 2017. Maskinkostnader og laglighetskostnader i våronna: Hvor stor redskapspark er det lønnsomt å ha i forhold til kornareal? NIBIO-rapport 3(158) 2017.
- Molteberg, B., Henriksen, T.M. & Tangsvæen, J. 2004. Bruk av gras som fangvekster i korn. In: Bioforsk, ed. Grønn kunnskap. 1-57. (8.)
- Pagenkemper, S.K., Uteau Puschmann, D., Peth, S. & Horn, R. 2014. Investigation of Time dependent development of soil structure and formation of macropore networks as affected by various precrop species. *International soil and water conservation research* 2, 51-66.
- Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L. & Olesen, J.E. 2010. Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. In: Faculty of Agricultural Sciences AU, ed. DJF report No 147. 150.
- Seehusen, T. 2021. Kan mekanisk jordløsning løse opp pakkeskader under plogsjiktet. *Jord- og plantekultur* 2021. NIBIO BOK 7(1): 80-82.
- Seehusen, T., Mordhorst, A. 2022. Effekten av mekanisk og biologisk jordløsning på jordstruktur og avling. *Jord- og plantekultur* 2022. NIBIO BOK 8(2): 82-88.
- Seehusen, T., Mordhorst, A., Riggert, R., Fleige, H., Horn, R. & Riley, H. 2021. Subsoil compaction of a clay soil in South-East Norway and its amelioration after 5 years. *International Agrophysics* 35, 145-57.
- Seehusen, T. & Uhlen, A.K. 2019. Analyses of Yield Gaps for the production of wheat and barley in Norway. NIBIO rapport 5(166).
- Vagstad, N., Abrahamsen, U., Strand, E. et al., 2013. Økt norsk kornproduksjon. Utfordringer og tiltak. In: Lmd, ed. Rapport fra ekspertgruppe til LMD. 39