



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

SoilCare – bærekraftig kornproduksjon i Europa

Oppsummeringsrapport fra norske studieområder

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 149 | 2021



Kamilla Skaalsveen, Jannes Stolte, Frederik Bøe og Till Seehusen
Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

SoilCare – bærekraftig kornproduksjon i Europa. Oppsummeringsrapport fra norske studieområder.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Kamilla Skaalsveen, Jannes Stolte, Frederik Bøe, Till Seehusen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
22.09.2021	7/149/2021	Åpen	10251	21/01202
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02910-6	2464-1162	51		

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

SoiCare Horisont2020

KONTRAKTSNUMMER:

677407

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordforbedrende tiltak, fangvekster, jordhelse, jordkvalitet, jordpakking

Soil improving cropping systems, cover crops, soil health, soil quality, compaction

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Bærekraftig jordbruk

Sustainable agriculture

SAMMENDRAG/SUMMARY:

SoilCare er et femårig forskningsprosjekt finansiert av EUs Horisont2020-program som startet 1. mars 2016 og avsluttes 31. august 2021. Prosjektet er et samarbeid mellom 28 europeiske partnere med studieområder i 16 ulike europeiske land. Målet med prosjektet var å undersøke potensialet til jordforbedrende tiltak, samt identifisere og teste områdespesifikke jordforbedrende dyrkingssystemer med antatt positiv effekt på lønnsomhet og bærekraft i Europa. NIBIO er norsk partner i prosjektet, med studieområder på Østlandet (Viken og Innlandet), og har testet metoder for å bedre jordkvaliteten i Norge i samarbeid med Norges landbruksrådgivning (NLR).

Denne samlerapporten beskriver arbeidsprosessene og oppsummerer resultater fra de norske studieområdene, med valg/prioritering av interessenter, idéverksteder for å identifisere årsaker til redusert jordkvalitet og mulige tiltak, utprøving av tiltak i feltforsøk, og medvirkning for å utvikle strategier for videre implementering, samt evaluering av resultater.

Basert på resultatene fra studieområdene gis det følgende anbefalinger: utarbeide et mer fleksibelt system for økonomiske virkemidler, revidere de eksisterende virkemidlene og inkludere mer ambisiøse og langsiktige mål, lage målsettinger for jord og god jordforvaltning i eksisterende lovgivning, samt etablere mekanismer for effektiv kunnskapsformidling og utveksling.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Troms og Finnmark
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Tromsø
STED/LOKALITET: NIBIO Holt

GODKJENT /APPROVED



ROALD SØRHEIM

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JANNES STOLTE



Forord

Denne rapporten har blitt produsert som en del av SoilCare-prosjektet som er finansiert av Horisont2020, med mål om å lage en oversikt over resultater fra de norske studieområdene.

Rapporten er en oppsummering av leveranser fra de norske studieområdene til ulike arbeidspakker i prosjektet, og basert på rapporter produsert i arbeidspakkene med analyser av data fra områdestudiene.

Metoder for interessentanalyser og medvirkning beskrevet i denne rapporten ble utviklet av Mark Reed og Liz Oughton fra Universitetet i Newcastle (UK) i arbeidspakke 3. Data fra områdestudiene ble samlet og rapportert av Frederik Bøe, Till Seehusen og Jannes Stolte fra de norske studieområdene, mens analyser av disse dataene og utarbeiding av engelske rapporter ble gjort av Ioanna Panagea og Guido Wyseure fra KUL (Belgia) i arbeidspakke 5 i samarbeid med arbeidspakke 4 (sosiokulturell og økonomisk dimensjon av Abdallah Alaoui, Felicitas Bachmann og Roger Baer). Analyser av politiske virkemidler ble gjennomført av Alicia McNeill, Harriet Bradley, Melanie Muro, Nicholas Merriman, Robert Pederson, Tugce Tugran og Zuzana Lukacova fra Milieu Limited (Belgia) i arbeidspakke 7.

Takk til NLR for samarbeid om feltforsøk og deltakelse på samtlige idéverksteder, og til alle interessenter som har bidratt med nyttig informasjon og kunnskap fra prosjektets start til slutt.

Tromsø, 22.09.21

Kamilla Skaalsveen

Innhold

1	Innledning.....	7
1.1	Konseptet jordforbedrende tiltak.....	8
1.2	Involvering av interessenter.....	8
2	Interessentanalyse.....	10
2.1	Metode.....	10
2.2	Resultater.....	10
3	Identifisering av lokale utfordringer.....	12
3.1	Problemtreanalyse.....	12
3.1.1	Metode.....	12
3.1.2	Resultater.....	13
3.2	Metaplananalyse.....	13
3.2.1	Metode.....	13
3.2.2	Resultater.....	13
3.2.3	Neste steg.....	16
4	Valg av jordforbedrende tiltak.....	17
4.1	Metode.....	17
4.1.1	Rangering av forsøksalternativer.....	18
4.2	Resultater.....	18
5	Feltforsøk i Øsaker og Solør.....	21
5.1	Beskrivelse av studieområdene.....	21
5.1.1	Informasjon om forsøksfeltene.....	21
5.1.2	Klimatiske forhold.....	22
5.1.3	Dyrkingssystemer.....	23
5.2	Dataanalyse feltforsøk.....	24
5.2.1	Metode Øsaker.....	24
5.2.2	Metode Solør.....	24
5.2.3	Analyseresultat Øsaker.....	26
5.2.4	Analyseresultat Solør.....	27
5.3	Sosiokulturell dimensjon.....	29
5.4	Økonomisk dimensjon.....	30
5.5	Bærekraftsanalyse.....	31
5.6	Diskusjon.....	32
6	Implementering av jordforbedrende tiltak.....	34
6.1	Metode.....	34
6.1.1	Trinn 1.....	34
6.1.2	Trinn 2.....	34
6.1.3	Trinn 3.....	35
6.1.4	Trinn 4.....	35
6.2	Resultater.....	35
7	Evaluering av resultater.....	40

7.1	Introduksjon	40
7.2	Metode	40
7.3	Diskusjon av prosjektresultater	40
7.3.1	Prosjektets samfunnsbidrag.....	41
7.3.2	Fremtidig innvirkning	42
8	Anbefalinger	43
8.1	Oversikt over nøkkelinstitusjoner og lovgivning	43
8.1.1	Økonomiske- og juridiske virkemidler i Norge	45
8.1.2	Dagens lovgivning	46
8.2	Jordforbedrende tiltak.....	47
9	Konklusjoner	48
	Litteraturreferanse	50

1 Innledning

Jord er essensielt for livet på landjorda og har en rekke viktige funksjoner, både i ulike økosystemer og for samfunnet (Schulte et al., 2015). I tillegg til å være dyrkingsmedium for planter, og blant annet korndyrkeres viktigste kapital (Cassman, 1999), er jord også et viktig habitat for dyr og organismer, viktig for opptak av klimagasser, infiltrasjon, rensing og lagring av vann, og for sirkulering av næringsstoffer for opptak av planter (FAO and ITPS, 2015). Det er imidlertid avgjørende at jorda forvaltes på en god og forsvarlig måte for at alle disse jordfunksjonene skal opprettholdes over tid. God jordforvaltning kan være komplekst, kunnskaps-, arbeids- og ressurskrevende. Dette kan gå på bekostning av gode valg av jordbruksteknikker som fremmer jordkvalitet, særlig i en globalisert verden med høy konkurranse som tvinger priser for landbruksprodukter ned.

Intensivt landbruk er en vanlig årsak til redusert jordkvalitet, som kan bidra til fysisk, kjemisk og/eller biologisk forringelse av jorda. Tidligere har 11 jordtrusler blitt identifisert i Europa, bestående av forsuring, forsalking, erosjon, jordpakking, forurensning, tørke, flom, jordskred, tap av organisk materiale, tap av biomangfold og nedbygging av matjord (Stolte et al., 2016, Jones et al., 2012). Disse jordtruslene er til dels forårsaket av jordbruksaktivitet, men også av naturlige prosesser og/eller industri og menneskelig aktivitet. På den andre siden kan også ulik jordbruksaktivitet bidra til å bedre jordkvaliteten og derfor også jordas funksjonalitet (Oenema et al., 2017).

Jordbrukssystemer kan defineres som jordforbedrende dersom de kan forbedre jordkvaliteten, som vil si en varig økning i jordas evne til å levere funksjoner, som inkluderer biomasse- og matproduksjon, buffer- og filtreringskapasitet, og forsyning av andre økosystemtjenester (Oenema et al., 2017). Jordforbedrende tiltak motvirker eller hindrer jordforringelse og bidrar til å opprettholde og forbedre jord som allerede er forringet. 'Tiltak' refererer i denne sammenheng til type avling, vekstskifte, og agronomiske metoder tatt i bruk i et spesifikt område over tid (Nafziger, 2012).

SoilCare var et femårig forskningsprosjekt finansiert av EUs Horisont2020-program. Prosjektet ble satt i gang 1. mars 2016 og ble avsluttet 31. august 2021. Prosjektet er et samarbeid mellom 28 europeiske partnere med studieområder i 16 ulike europeiske land. Den overordnede målsettingen for SoilCare-prosjektet har vært å undersøke potensialet til jordforbedrende tiltak, samt identifisere og teste områdespesifikke jordforbedrende dyrkingssystemer med antatt positiv effekt på lønnsomhet og bærekraft i Europa. NIBIO er norsk partner i prosjektet, med studieområder på Østlandet (Viken og Innlandet), og har testet metoder for å bedre jordkvaliteten i Norge i samarbeid med Norges landbruksrådgivning (NLR).

Denne rapporten er en norsk samlerapport som oppsummerer resultater fra de norske studieområdene. Medvirkning av interessenter har vært en sentral del av SoilCare og et viktig samarbeid for å komme frem til hvilke tiltak som skal testes i studieområdene, hvordan disse kan iverksettes i Norge, og for å evaluere prosjektet, samt resultater ved prosjektets slutt. Metoder benyttet i denne prosessen er universell for alle de 16 SoilCare-studieområdene og utviklet av sentrale medarbeidere i prosjektet (arbeidspakke 3 for medvirkning). I tillegg til metodene beskrevet i denne rapporten har det blitt arrangert markdager i regi av prosjektet (i samarbeid med NLR). Dette som en viktig metode for å dele erfaringer mellom interessenter og forskere/rådgivere i tillegg til å inspisere og diskutere forsøkene ute i felt.

Videre i rapporten vil konseptet 'jordforbedrende tiltak' (eller jordforbedrende dyrkingssystemer) (1.1), som er selve kjernen av prosjektet, beskrives, etterfulgt av en videre forklaring på hvorfor interessenter er viktig i SoilCare (1.2). De påfølgende kapitlene beskriver arbeidsprosessene i områdestudiet med valg/prioritering av interessenter (2) idéverksteder (workshops) for å identifisere årsaker til redusert jordkvalitet (3) og mulige tiltak (4), utprøving av tiltak i feltforsøk (5), og medvirkning for å utvikle strategier for videre implementering (6), samt evaluering av resultater (7).

1.1 Konseptet jordforbedrende tiltak

Jordforbedrende tiltak/dyrkingssystemer refererer til jordbrukspraksis som gjør jorda mer motstandsdyktig mot jordtrusler, og endrer jordas egenskaper og funksjoner til det bedre. Jordforbedrende tiltak er dyrkingssystemer som har til hensikt å bedre jordkvalitet og funksjonalitet, i tillegg til å fremme lønnsomhet og bærekraft (Oenema et al., 2017).

Jordforbedrende tiltak omfatter jord/land, avling, innsatsfaktorer («inputs») og driftsmåte, hvor 'innsatsfaktorer' refererer til arbeidskraft, maskiner, vanning, plantevernmidler, samt mineral- og husdyrgjødsel. Driftsmåte refereres gjerne til som «den fjerde produksjonsfaktoren», som kommer i tillegg til de tradisjonelle produksjonsfaktorene: land, arbeidskraft og kapital. Driftsmåte omfatter et sett aktiviteter relatert til dyrking av avling og land, og håndtering/allokering av 'innsatsfaktorer', for å nå agronomiske, økonomiske, miljømessige og sosiale mål. Driftsmåte er med andre ord målrettet, og i sammenheng med jordforbedrende tiltak også rettet mot jordkvalitet (Oenema et al., 2017).

Jordforbedrende tiltak kan utføres på ulike måter som ifølge Wezel m.fl. (2014) består av tre mekanismer eller prinsipper. Den første mekanismen går ut på at gårdbrukeren foretar en endring i forholdet mellom 'innsatsfaktorer' og 'utbytte' («outputs») (f.eks. i relasjon til vann (vanning, drenering), næringsstoffer, plantevernmidler, energi osv.). Den andre mekanismen består av en endring som følge av at enten en type innsatsfaktor eller type praksis blir byttet ut med en annen som er mer gunstig. Den tredje mekanismen er en endring i driftsdesign, som vil si endring i avlingstype, vekstskifte, dyrkingssystem, og/eller markedsorientering.

1.2 Involvering av interessenter

Hvert av SoilCare sine 16 studieområder har jobbet med å identifisere og involvere interessenter («stakeholders») fra prosjektets begynnelse. En interessent er en person, organisasjon eller gruppe som enten er påvirket av, eller som kan påvirke en avgjørelse, beslutning eller problemstilling. I SoilCare var dette i hovedsak de som hadde eierskap til problemstillinger knyttet til forskningen i prosjektet, enten på studieområdenivå eller på mer overordnet nivå. Det er i hovedsak to årsaker til denne tilnærmingen. Den første er argumentet om at interessenter bør involveres når tiltak som kan påvirke lønnsomheten og bærekraften til det europeiske jordbruket skal undersøkes. Ved å involvere ulike typer interessenter, og ikke bare gårdbrukere, har vi mulighet til å hensynta en rekke ulike individer, grupper og organisasjoner som kan dra fordel av prosjektet. Det andre argumentet er at prosjektets relevans har gode muligheter for å øke ved involvering av interessenter, som i tillegg påvirker prosjektets samfunnsbidrag i en praktisk kontekst. Forvaltnings- og lovgivningsavgjørelser tatt på bakgrunn av forskning kan også bli mer relevant dersom informasjon fra interessenter har blitt hensyntatt. Dette kan også bidra til en økt følelse av eierskap til resultatene, som kan være positivt for implementering av tiltak i etterkant (Reed and Oughton, 2016).

Ordet 'medvirkning' refererer til prosesser hvor interessenter tar en aktiv rolle i beslutningstaking som påvirker dem. Medvirkning skiller seg fra 'kommunikasjon' eller 'formidling' ettersom dette refererer til prosesser hvor informasjonsflyten beveger seg *fra* forskere *til* interessenter. 'Konsultasjon' beskriver derimot informasjonsflyt fra interessenter til forskere. Ved medvirkning foregår denne informasjonsflyten begge veier, med hensikt å gjøre forskningsresultater mer relevant og øke samfunnsbidraget.

Det finnes også eksempler på at medvirkning i forskningsprosjekter har «gjort vondt verre», for eksempel der det eksisterer interessekonflikter. Dette kan skje dersom det eksisterer underliggende konflikter som blusser opp og fører til tillitsbrudd og fremmedgjøring, som har ledet til debatt og kritikk av medvirkningsprosesser. For å belyse hvorfor medvirkning kan føre til så vidt forskjellige resultater utviklet Reed m.fl. (2017) en teori som kan forklare disse variasjonene. Teorien går ut på at hvorvidt man lykkes med medvirkning påvirkes av en rekke sosioøkonomiske, kulturelle og institusjonelle faktorer. I tillegg vil det i stor grad variere med hvordan medvirkningsprosessene er

designet. Også maktforholdet mellom interessenter og deres ulike verdisett er viktig for dynamikken i gruppa og måten individer forholder seg til ulike typer kunnskap på. Tidsperspektiv og romlig skala for medvirkningsprosesser er en annen viktig faktor som kan påvirke resultatet.

Anbefalinger basert på denne teorien om resultater av medvirkning er å 1) bruke tid på å sette seg inn i lokale forhold for å kunne velge en passende prosess for medvirkning; 2) få alle de påvirkede partene i dialog så raskt som mulig for å utvikle felles mål basert på relevante kunnskapskilder; 3) ta hensyn til ulik maktbalanse så alle interessenter kommer til uttrykk og blir verdsatt; 4) sørge for at tid brukt på ulike målsettinger i prosessen står til engasjementet rundt hvert av disse målene, og gjenkjenne at mål knyttet til dype verdier (som kan være kime til konflikt) vil ta lengre tid enn endringer av preferanse; og 5) tilpasse deltakernes interesser og mulighet for beslutningstaking til problemstillingene som vurderes (Reed and Oughton, 2016).

2 Interessentanalyse

En interessentanalyse har som mål å underbygge anbefalingene fra forrige avsnitt (1.2), basert på teorien om ulike resultater av medvirkning. Analysen består av en rekke metoder som kan bistå forskere i å forstå hvilke individer, grupper eller organisasjoner som kan ha egeninteresse av problemstillingene forskningen baseres på, og hvordan tilpasse tilnærmingen til deres behov og prioriteringer.

Mange slike interessentanalyser er begrenset til å kun identifisere interessenter som kan dra fordel av forskningen/prosjektet, men det er tilsvarende viktig å gjenkjenne hvilke aktører som kan bli hindret eller forulempet. I tillegg er det viktig å tenke på hvilke interessenter som har makt til å muliggjøre forskningen, og hvem som har makt til å hindre eller vanskeliggjøre arbeidet. Alle disse faktorene kan vurderes i forkant av prosjektet ved hjelp av en interessentanalyse, som igjen kan bidra til å effektivisere samarbeidet med de ulike aktørene og hjelpe oss med å tilpasse forskningen til behovene og prioriteringene til de som har størst interesse av den. Dersom en slik prosess ikke blir gjennomført, og man ikke engasjerer riktig individer, grupper osv., vil man risikere å gå glipp av viktig informasjon som kan ha stor betydning for forskningsresultatene.

I tillegg kan en interessentanalyse bidra til å kategorisere og prioritere interessenter som det er behov for å tilbringe mer tid med, og identifisere hvilke forhold interessentene har til hverandre (konflikter eller allianser).

2.1 Metode

Den mest brukte tilnærmingen til interessentanalyse er å vurdere den relative interessen til hver enkelt interessent for den gjeldende problemstillingen i sammenheng med deres grad av påvirkning. Dette gjøres gjerne ved bruk av en 'interesse-påvirkningsmatrise', som gir forenklete resultater. For å få et større detaljnivå som hensyntar flere faktorer ble det i SoilCare-prosjektet benyttet en utvidet matrise som tar for seg ulike nivåer av interesse og påvirkning hos den enkelte interessenten. Denne matrisen forsøker i tillegg å karakterisere typen av interesse og dokumentere årsaker til ulike grader av påvirkningskraft. Det er også rom for å legge til enda flere faktorer i en slik utvidet matrise som kan bidra til f.eks. å beskrive viktige forhold mellom interessentene.

Forholdene ulike interessenter har til hverandre er selvsagt dynamiske, og en slik kartlegging vil kun representere et øyeblikksbilde. Dette vil kunne medføre behov for en oppdatering av matrisen over tid, for å sikre at alles behov og prioriteringer fremdeles hensyntas.

2.2 Resultater

Interessentanalysen som ble gjort i forbindelse med medvirkning i de norske studieområdene ble utført av forskere fra NIBIO. Analysen viste at aktører som ble vurdert å ha størst interesse av resultatene av prosjektet var Bondelaget, Statsforvalteren i Viken, Norsk landbruksrådgivning (NLR), Felleskjøpet, individuelle bønder, Kjelle videregående skole (landbruksskole) og Høgskolen i Innlandet (Tabell 1). Av disse ble Bondelaget og Statsforvalteren vurdert til å ha størst innflytelse på forskningen, henholdsvis på grunnlag av å være en stor fagorganisasjon for bønder som gir disse en tydelig stemme, og grunnet høy innflytelse når det gjelder beslutningstaking, bestemmelser og lovverk. Bondelaget, NLR og utdanningsinstitusjonene ble vurdert å ha størst interesse for resultatene fra prosjektet.

Denne interesseanalysen dannet grunnlag for hvilke interessenter som senere ble forespurt å delta på idéverksteder knyttet til de norske studieområdene, som beskrevet i de neste delene av denne rapporten.

Tabell 1. Interessentanalyse for de norske studieområdene.

Navn	Sannsynlig interesse for forskningen i SoilCare H (høy)/ M (medium)/ L (lav)	Mest aktuelle aspekter ved forskningen	Innflytelse på evne til å fullføre/lykkes med forskningen og innvirkningen av den? H (høy)/ M (medium)/ L (lav)	Påvirkningskraft	Hvordan motivere til høyere interesse og engasjement?	Viktige bånd til andre interessenter (konflikter/ allianser)
Bondelaget	H		M/H	Moderat til høy innflytelse ved å være en stor fagorganisasjon for bønder, som gir denne gruppen en høy stemme.		Interesseorganisasjon for bønder.
Statsforvalteren (Viken)	M	Nye metoder og teknikker. Effekter av tiltak med betydning for nye støttesystemer.	H	Høy innflytelse når det gjelder beslutningstaking, bestemmelser og lovverk. Informasjon til bønder.	Gjøre Statsforvalteren kjent med prosjektet for økt engasjement og følelse av eierskap til prosessen.	
Norsk landbruksråd giving (NLR)	H	Nye tiltak og teknikker. Effekter og kostnader.	M	Påvirker bøndernes avgjørelser. Bindeledd mellom forskning og landbruket. Bondens viktigste rådgiver?		Interesseorganisasjon for bønder.
Felleskjøpet	M		M	Har liten innflytelse på beslutningstaking, men påvirker hva slags utstyr og maskiner som er på markedet.		
Individuelle bønder	L	Interessert i nye metoder og metodikk. Effekter (avling/ jordegenskaper) og kostnader. Tidsbesparende tiltak. Sammenlignende effekter på avling og miljø.	M	Mindre påvirkning som enkeltpersoner i forbindelse med beslutningstaking, men høy innflytelse på implementering på egen jord. Kan også danne grupperinger med andre bønder/grunneiere og dermed bli mer innflytelsesrike (kan virke både positivt og negativt).		
Kjelle vgs.	H		M/L	Kan påvirke positivt ved lån av utstyr/areal og assistanse, som gjør forsøk lettere gjennomførbare.		
Høgskolen i Innlandet	H	Svært interessert i ny metodikk og utstyr. Undervisning i landbruksteknikk	M/L	Kan påvirke positivt ved lån av utstyr/areal og assistanse, som gjør forsøk lettere gjennomførbare. Kunnskap om f.eks. energibruk, maskiner, kjøretider, samt sammenligning med eksisterende utstyr/metoder.		

3 Identifisering av lokale utfordringer

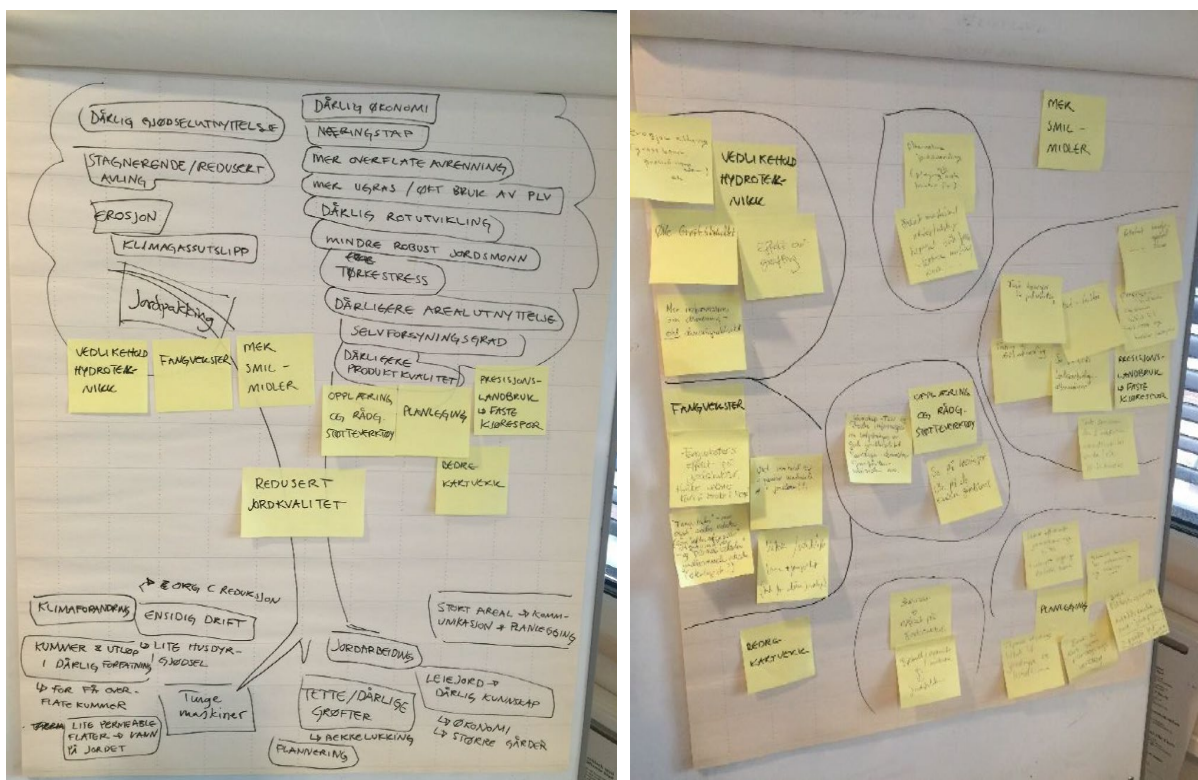
Det første idéverkstedet med SoilCare-interessenter ble arrangert på NIBIO sitt Oslokontor 29. juni 2016. Det var til sammen åtte deltakere til stede, fra NLR, Kjelle videregående skole, Landbruksdirektoratet, Bondelaget og NIBIO. Målet med arrangementet var å informere om SoilCare-prosjektet, samt identifisere hvilke lokale forhold som kan føre til nedsatt jordkvalitet i norsk landbruk.

3.1 Problemtreanalyse

Den første oppgaven interessentene skulle utføre var en problemtreanalyse («problem tree analysis») (Figur 1a). Målet med analysen var å definere årsaker, effekter og konsekvenser, samt forslag til løsninger, på redusert jordkvalitet i Norge.

3.1.1 Metode

Analysens første steg var å diskutere problemstillingen ‘reduisert jordkvalitet’ i plenum. For å strukturere diskusjonen ble en arktavle med en illustrasjon av et tre presentert for interessentene og en lapp med påskriften ‘reduisert jordkvalitet’ plassert på treets stamme. Deretter ble deltakerne spurt om å identifisere årsaker til redusert jordkvalitet (illustrert av treets røtter) i Norge. Alle forslag fra diskusjonen ble notert fortløpende på arktavla. De ble videre spurt om hvilke effekter og konsekvenser redusert jordkvalitet vil kunne ha (illustrert av treets greiner), etterfulgt av forslag til og mulige løsninger på problemstillingen (notert på gule «epler» laget av Post-it lapper).



a) b)

Figur 1. Problemtreanalyse (a) og metaplananalyse (b) fra idéverksted med interessenter.

3.1.2 Resultater

Resultatene fra problemtreanalysen er illustrert i Tabell 2 og viser både deltakernes forslag til årsaker, effekter og løsninger på problemstillingen redusert jordkvalitet. De foreslåtte løsningene fra plenumsdiskusjonen var vedlikehold av hydroteknikk, bruk av fangvekster, mer SMIL-midler, opplæring og rådgivning (støtteverktøy), planlegging, bedre kartverk og presisjonslandbruk (med faste kjørespor).

Tabell 2. Resultater fra problemtreanalyse.

Problem: Redusert jordkvalitet		
Årsaker (røtter)	Effekter (greiner)	Løsninger (epler)
<ul style="list-style-type: none">- Klimaendringer- Reduksjon av organisk C- Tette/dårlige grøfter- For lite overflatedrenering- Tunge maskiner- Leiejord og dårlig kunnskap- Kummer og avløp i dårlig forfatning- Ensidig drift- Jordarbeiding- Bekkelukking- Lite husdyrgjødsel- Planering- Økonomi- Større gårder- Lite permeable flater/lav infiltrasjon	<ul style="list-style-type: none">- Dårlig gjødselutnyttelse- Stagnerte/reduerte avlinger- Erosjon- Klimagassutslipp- Jordpakking- Dårlig økonomi- Næringstap- Mer overflateavrenning- Mer ugras/økt bruk av plantevernmidler- Dårlig rotutvikling- Mindre robust jordsmonn- Tørkestress- Dårlig arealutnytting- Selvforsyningsgrad- Dårligere produktkvalitet	<ul style="list-style-type: none">- Vedlikehold hydroteknikk- Fangvekster- Mer SMIL-midler- Opplæring og rådgivning (støtteverktøy)- Planlegging- Bedre kartverk- Presisjonslandbruk (med faste kjørespor)

3.2 Metaplananalyse

Etter problemtreanalysen ble det gjennomført en metaplananalyse hvor målet var å komme med forslag til konkrete tiltak til jordforbedring.

3.2.1 Metode

I metaplananalysen ble de ulike forslagene til løsninger (de gule Post-it «eplene» fra problemtreet) festet til en arktavle. Hver deltaker fikk tildelt fire nye Post-it lapper hvor de ble bedt om å foreslå fire spesifikke jordforbedrende tiltak relevante for de foreslåtte løsningene fra problemtreanalysen. De ble deretter spurt om å feste lappene med forslag til tiltak på arktavla. Tiltakene ble deretter systematisert og gruppert som vist i Figur 1b.

3.2.2 Resultater

Resultatene fra metaplananalysen er presentert i Tabell 3, hvor tiltak er delt inn i tiltaksgruppene: vedlikehold hydroteknikk, fangvekster, planlegging, opplæring og rådgivning, presisjonsjordbruk, endret jordarbeiding og bruk av organisk gjødsel.

Tabell 3. Resultat fra metaplananalysen.

Tiltaksgruppe	Tiltak
Vedlikehold hydroteknikk	<ul style="list-style-type: none"> - Hindre vannerosjon (grasdekte vannveier etc.) - Øke tilskudd til drenering - Tiltak for å bedre effekten av drenering - Øke kunnskapen om drenering
Fangvekster	<ul style="list-style-type: none"> - Undersøke hvordan fangvekster påvirker jordstruktur og hvilke arter som egner seg best for norske forhold (og ulike jordtyper) - Teste pionervekster
Planlegging	<ul style="list-style-type: none"> - Større effekt av jordarbeidingstiltak – øke utnyttelsen av ideelle forhold - Tilpasning av kultiveringsmetoder til jordtype og lokalt klima - Bruk av kart som planleggingsverktøy - Forbedre planleggingsverktøy for jordas motstandsdyktighet mot jordpakking
Opplæring og rådgiving (støtteverktøy)	<ul style="list-style-type: none"> - Øke kunnskapen om/bedre informasjon om viktigheten av god jordkvalitet (f.eks. markvandring, demonstrasjonsgårder, informasjon på nett osv.) - Vurdere løsninger på gårdsnivå – hensynta lokale utfordringer
Presisjonsjordbruk (med faste kjørespor)	<ul style="list-style-type: none"> - Faste kjørespor og redusert jordarbeiding - Automatiserte (robot) maskiner - Presisjonsjordbruk basert på systemer koblet opp mot kartverk og traktor/maskiner - Teste sensorer for jordkvalitet før og etter jordarbeiding - Teste lufttrykk i dekk (jordpakking)
Endret jordarbeiding	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativ jordarbeiding - Endret/forbedret utstyr og maskiner tilpasset forholdene
Bruk av organisk gjødsel	<ul style="list-style-type: none"> - Effekt av bioest på jordstruktur - Øke mengden organisk materiale - Effekt av biokull på jordstruktur - Bruk av husdyrgjødsel

Etter metaplananalysen ble deltakerne delt inn i to grupper. De syv tiltaksgruppene fra forrige oppgave ble delt mellom gruppene som ble bedt om å diskutere seg frem til fordeler og ulemper ved alle de ulike gruppene av tiltak. Deretter ble resultatene presentert av representanter fra hver gruppe som vist i Tabell 4.

Tabell 4. Fordeler og ulemper ved de syv tiltaksgruppene definert av interessentene i gruppearbeid.

Vedlikehold hydroteknikk	
Fordeler:	Ulemper:
Leder bort vann effektivt	Kostbart
Forbedret forhold for å kjøre maskiner på jordet	Langtidsinvestering
Lengre vekstsesong	Tørkeskade
Økt avlingskvalitet	Vedlikehold
Vannerosjon	
Reduserte næringsstofftap	
Fangvekster	
Fordeler:	Ulemper:
Kan kanskje brukes som pionervekst med positiv effekt på jordstruktur	Utstyrskostnader
Redusert risiko for tap av jord og næringsstoffer	Tidkrevende
Vekstskifte	Kan føre til tapte avlinger (hovedvekst)
Gjødslingseffekt	Risiko for utfrysing av fosfor/tap av løst fosfat
	Redusert avling ettersom areal er okkupert av fangvekster
Planlegging	
Fordeler:	Ulemper:
Mindre miljøbelastning	Tid- og ressurskrevende
Bedre lokal tilpasning	Utfordrende for deltidsgårdbrukere pga. tidsbegrensning
Forbedret timebruk	
Økt lønnsomhet	
Forutsigbarhet	
Bedre utnyttelse av ideelle forhold	
Bedre styring av større enheter med leiejord	
Opplæring og rådgiving (støtteverktøy)	
Fordeler:	Ulemper:
Effektiv formidling av ny kunnskap til gårdbrukere	Tid- og ressurskrevende
Involvering av gårdbrukere i forskningsprosjekter fra et tidlig stadi	Manglende økonomisk støtte til formidling
Mer kunnskap	Rekruttering

Presisjonsjordbruk (med faste kjørespor)	
Fordeler:	Ulemper:
Redusert bruk av gjødsel	Kostbart
Mindre jordpakking	Tekniske utfordringer
Lokalt tilpasset jordarbeiding	Behov for kompetanse
Variasjon i lufttrykk i dekk	
Endret jordarbeiding	
Fordeler:	Ulemper:
Mindre jordpakking	Utfordrende kjøring
Lengre vekstsesong	
Bruk av organisk gjødsel	
Fordeler:	Ulemper:
Økt innhold av organisk materiale	Mer transport
Økt innhold av organisk karbon	Tungt redskap/maskiner
Bedre ressursutnyttelse	Tap av næringsstoffer og etterspørsel fra planter
Mer økologisk produksjon	Utstyr
Spredning/separering av slam	Forurensning (?)

3.2.3 Neste steg

Mot slutten av arrangementet ble deltakerne bedt om å komme med tilbakemeldinger på hvilke andre interessenter som kunne være aktuelle for interessentgruppa ved neste idéverksted. Det ble foreslått å invitere representanter fra Stasforvalteren, kommunale landbruksmyndigheter, representanter fra andre bondelag, og representanter fra Innlandet høgskole. Antallet deltakere ved dette innledende idéverkstedet var forholdsvis lavt, og noen av de foreslåtte interessentene var allerede invitert, men uten mulighet til å delta.

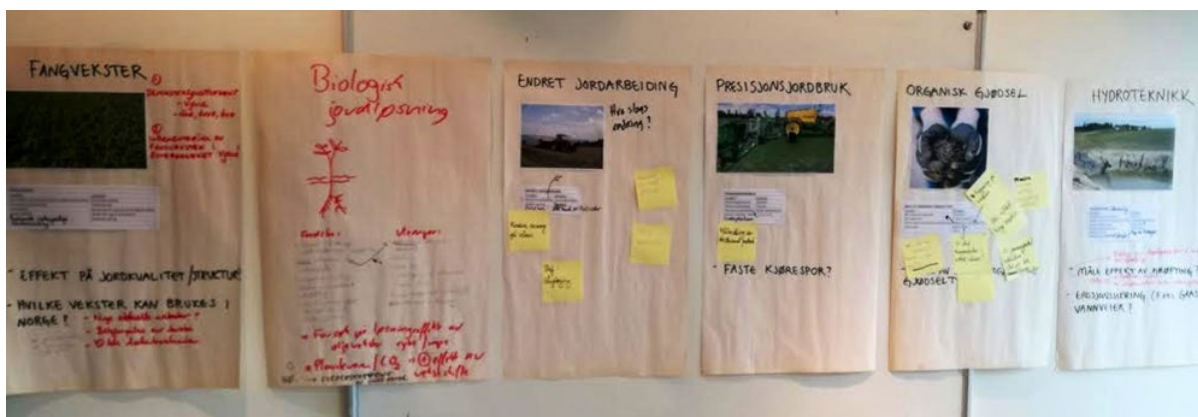
Det var ønskelig å øke gruppens størrelse ved neste arrangement for å oppnå en større og mer kompleks gruppe med størst mulig variasjon i kompetanse og erfaring. Alle de foreslåtte ble ansett å ha en egeninteresse av denne forskningen, som kunne bidra til å utvikle vellykkede jordforbedrende tiltak. Noen var i tillegg i posisjon til å påvirke innvirkningen av forskningsresultatene, både i forbindelse med formidling og beslutningstaking.

4 Valg av jordforbedrende tiltak

Det andre idéverkstedet for interessenter av SoilCare-prosjektet ble arrangert i NIBIO sine lokaler i Oslo 8. mars 2017, med mål om å velge ut hvilke tiltak som skulle testes ut i prosjektet. Til sammen ti personer deltok på arrangementet, fra NLR, Kjelle videregående skole, Landbruksdirektoratet, Bondelaget og NIBIO. Det ble gitt informasjon om målet med prosjektet, målsettingen for idéverkstedet, om fremgangen i prosjektet og om veien videre.

4.1 Metode

Deltakerne ble delt inn i to grupper og bedt om å diskutere de ulike jordforbedrende tiltakene som ble identifisert under forrige idéverksted (bedret hydroteknikk, økt bruk av organisk gjødsel, presisjonslandbruk, endret/reduert jordarbeiding, fangvekster). Informasjonsplakater (forberedt før møtet) for hvert av tiltakene ble presentert for deltakerne, i tillegg ble en ny plakat laget for et tiltak som ble foreslått i starten av dette idéverkstedet (biologisk oppløsning av jordpakking). Kommentarer fra gruppediskusjonene ble notert ned på de ulike plakatene som en oppsummering, før gruppene byttet informasjonsplakater så begge gruppene fikk mulighet til å lese om og kommentere på alle tiltakene.



Figur 2. Informasjonsplakater fra gruppearbeid med kommentarene til deltakerne skrevet på.

Deretter ble det arrangert en plenumsdiskusjon om hvilke kriterier som var viktigst for de ulike interessentene når de skulle evaluere jordforbedrende tiltak. Det ble underveis i diskusjonen laget en liste over alle de foreslåtte kriteriene. Neste steg var å stemme over hvilke av de foreslåtte kriteriene som var viktigst, og hver av deltakerne fikk utlevert fire stemmer hver (i form av fire små klistremerkeprikker) som skulle plasseres på deres foretrukne kriterier. Det var mulig å gi flere stemmer til samme kriterie eller fordele mellom ulike. Resultatet av stemmegivningen er oppsummert i Tabell 5, som viser at kriteriene med flest stemmer var 'arealbruk og ressursforvaltning', 'avling', 'jordstruktur/infiltrasjon' og 'vannkvalitet'.

Tabell 5. Oversikt over de foreslåtte kriteriene og antall stemmer de mottok fra deltakerne.

Prioriterte kriterier	Antall stemmer
Arealbruk og ressursforvaltning	8
Avling	7
Jordstruktur/infiltrasjon	6
Vannkvalitet	4
Klimatilpasning	1
Redusert bruk av kjemikalier	1
Reduserte klimagassutslipp	1
Sosioøkonomi	0
Biodiversitet	0
Gårdsøkonomi	0

4.1.1 Rangering av forsøksalternativer

Alle kriteriene ble festet til en rangeringsmatrise og distribuert mellom gruppene. Jordforbedrende tiltak ble så rangert mot hvert av kriteriene («hvordan tror du dette jordforbedrende tiltaket adresserer dette kriteriet?») fra «veldig bra» (fem poeng) til «ingen effekt» (ett poeng). Resultatene ble deretter plottet inn i et forhåndsprogrammert Excelark hvor utregningene ble foretatt.

4.2 Resultater

De to tiltakene som oppnådde høyest poengsum var presisjonsjordbruk (13 poeng) og biologisk jordløsning (11 poeng), mens både fangvekster og bruk av organisk gjødsel fikk 9 poeng hver (Tabell 6). Dette endte med at de tre førstnevnte ble valgt for implementering i SoilCare sine forsøksfelter våren 2018, som videre beskrevet i neste avsnitt (5).

De neste delene av denne rapporten beskriver feltene hvor tiltakene ble testet ut, samt metoder og resultater fra studieområdene. Det ble i starten av prosjektet satt i gang samarbeid med et allerede etablert forsøk på presisjonsjordbruk (robotiserte maskiner med el-motor og solcellelading) på NIBIOs forskningsstasjon på Apelsvoll. Dette arbeidet inngår ikke i denne rapporten ettersom forsøket foregikk parallelt med, og ikke som en del av SoilCare-prosjektet.

Tabell 6. Jordforbedrende tiltak rangert mot de ulike prioriterte kriteriene (fra Tabell 5). Antall poeng pr kriteria er regnet ut på bakgrunn av antall stemmer de ulike kriteriene mottok i forrige oppgave (4.1)

	Rangering	Poeng
Arealbruk og ressursforvaltning		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	4
Endret jordarbeiding	4	3,2
Organisk gjødsel	4	3,2
Hydroteknikk	2	1,6
Fangvekster	4	3,2
Biologisk jordløsning	4	3,2
Sosioøkonomi		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	0
Endret jordarbeiding	4	0
Organisk gjødsel	4	0
Hydroteknikk	2	0
Fangvekster	4	0
Biologisk jordløsning	3	0
Klimatilpasning		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	1	0,1
Endret jordarbeiding	4	0,4
Organisk gjødsel	2	0,2
Hydroteknikk	4	0,4
Fangvekster	2	0,2
Biologisk jordløsning	5	0,5
Biodiversitet		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	4	0
Endret jordarbeiding	2,5	0
Organisk gjødsel	3,5	0
Hydroteknikk	1	0
Fangvekster	4	0
Biologisk jordløsning	5	0
Redusert bruk av kjemikalier		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	0,5
Endret jordarbeiding	1	0,1
Organisk gjødsel	1	0,1
Hydroteknikk	4	0,4
Fangvekster	0	0
Biologisk jordløsning	4	0,4
Reduserte klimagassutslipp		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	0,5
Endret jordarbeiding	2	0,2
Organisk gjødsel	1	0,1
Hydroteknikk	3,5	0,35
Fangvekster	4	0,4
Biologisk jordløsning	2,5	0,25

	Rangering	Poeng
Vannkvalitet		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	4	1,6
Endret jordarbeiding	5	2
Organisk gjødsel	2,5	1
Hydroteknikk	3	1,2
Fangvekster	4	1,6
Biologisk jordløsning	2	0,8
Jordstruktur/infiltrasjon		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	3
Endret jordarbeiding	1,5	0,9
Organisk gjødsel	4,5	2,7
Hydroteknikk	4	2,4
Fangvekster	4	2,4
Biologisk jordløsning	5	3
Avling		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	5	3,5
Endret jordarbeiding	0	0
Organisk gjødsel	3	2,1
Hydroteknikk	5	3,5
Fangvekster	2	1,4
Biologisk jordløsning	4	2,8
Gårdsøkonomi		
Presisjonsjordbruk (faste kjørespor)	3	0
Endret jordarbeiding	4	0
Organisk gjødsel	4	0
Hydroteknikk	3	0
Fangvekster	2	0
Biologisk jordløsning	3	0

5 Feltforsøk i Øsaker og Solør

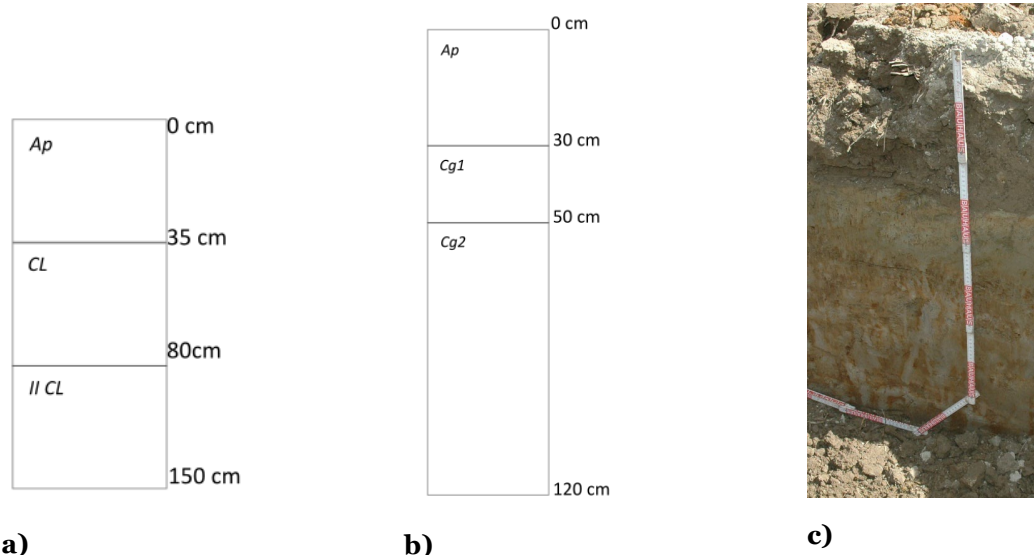
5.1 Beskrivelse av studieområdene

De to norske studieområdene, hvor tiltakene som ble valgt av interessentene ble testet ut, var lokalisert på Øsaker i Viken fylke (tidligere Østfold) og i Solør Odal i Innlandet fylke (tidligere Hedmark). Begge forsøksfeltene ble driftet i samarbeid mellom rådgivere fra NLR og forskere på NIBIO. Målet med forsøket på Øsaker var å undersøke effekter av fangvekster på jordas fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper. Fangvekstene ble sådd på to ulike tidspunkt (vår og høst), og det ble benyttet ulike frøblandinger i forsøksfeltet. Forsøket bestod av et fullstendig randomisert ruteforsøk etablert i juni 2018, med tre gjentak som hver hadde fem ruter for hver av de fire ulike behandlingene i tillegg til en kontroll.

Forsøket på Solør bygget videre på et tidligere jordpakkingsforsøk som ble etablert i 2015 (Seehusen et al., 2019), med mål om å evaluere effekten av kjøring med ulik hjullast (1,7 og 2,8 tonn), samt ulik kjøreintensitet (1x og 10x) på jordas bæreevne. I SoilCare-prosjektet var hovedformålet å undersøke effekten av ulike vekstskifter på jordegenskaper. Forsøket ble startet i juni 2017 og utført med «split-plot» design som består av fire hovedruter for hver av jordpakkingsgradene (tre ulike grader av pakking i tillegg til en kontroll). Fire ulike vekstskiftebehandlinger ble i tillegg undersøkt i hver av hovedrutene.

5.1.1 Informasjon om forsøksfeltene

Toppjorda i Øsaker består ifølge USDAs klassifiseringssystem av siltig mellomleire. Jordprofilen er 1,5 meter dypt (beskrevet i 2011) og består av tre ulike sjikt klassifisert som Stagnosol (Figur 5a). I Solør har toppjorda silttekstur og jordprofilen (beskrevet i 2015) er 1,2 meter dypt. Profilet består av tre sjikt og er karakterisert som en Stagnosol ifølge USDAs klassifiseringssystem (Figur 5b+c).



Figur 3. Jordprofil fra Øsaker (a) og Solør (b + c).

5.1.2 Klimatiske forhold

Meteorologiske måledata ble hentet fra målestasjoner i nærheten av forsøksfeltene; «Øsaker» og «Roverud» for henholdsvis Øsaker- og Solør forsøksfelt. Dataene og målestasjonene eies av Meteorologisk institutt.

På sørøstlandet var sommersesongen 2018 den mest nedbørfattige siden 1947. Nasjonalt ble avlinger dette året redusert med 50 %, som også ga utslag i etableringen av fangvekster. Kun noen få av fangvekstartene sådd i forsøksfeltet på Øsaker klarte seg gjennom de eksepsjonelt tørre sommermånedene. Temperaturene som ble målt under forsøksperioden var i gjennomsnitt varmere enn gjennomsnittet for normalperioden (1961-1990), med høyest temperaturer i 2018. Temperaturer under 0°C ble ikke registrert på 20 cm dyp i jordprofilen i Solør i løpet av forsøksperioden.

Tabell 7. Gjennomsnittlige maksimumstemperaturer (Tmax), minimumstemperaturer (Tmin), nedbør og evapotranspirasjon (ET0) for Øsaker (ECAD 2763) (a) og fra Roverud (Solør) (b).

a)

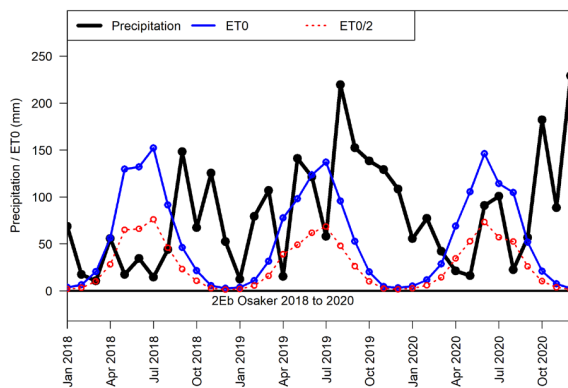
Øsaker målestasjon					
Periode/år	Tmax	Tmin	Nedbør	ET0	
	°C	°C	mm	mm	
1961-90*		9,5	2,3	849,5	556,8
2018		11,4	3,4	655,5	667,3
2019		12,0	3,3	1282,1	658,4
2020		13,2	4,7	982,6	667,0

*Temperaturdata fra Øsaker for 90-tallet er manglende, så normaler for Tmax, Tmin og ET0 fra dette tidsrommet er mer representativt for 1961-80.

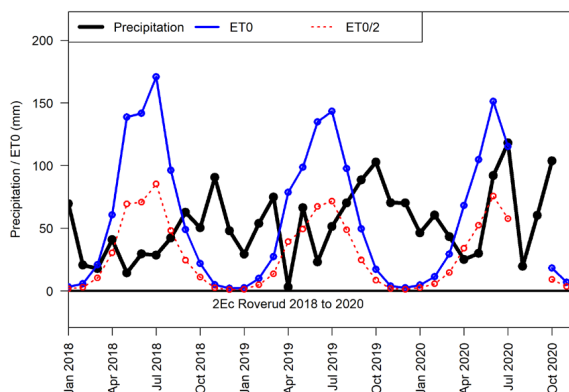
b)

Roverud (Solør) målestasjon					
Periode/år	Tmaks	Tmin	Nedbør	ET0	
	°C	°C	Mm	mm	
1961-90		8,3	-0,6	655,9	597,7
2018		10,7	1,0	515,5	716,0
2019		10,6	1,5	704	666,3

Vekstsesongen 2019 var derimot mer nedbørrik enn både året i forveien og normalperioden 1961-1990 (Tabell 11), med unntak av juli. De store nedbørmengdene på høsten kompliserte innhøstingen. Forsøksåret 2020 hadde nedbørmengder som var tettere på det månedlige gjennomsnittet i perioden 1961-1990 enn de foregående forsøksårene (2017 og 2018).



a)



b)

Figur 4. Nedbør og evapotransirasjonsdata for Øsaker (a) og Solør (Roverud) (b).

5.1.3 Dyrkingssystemer

5.1.3.1 Behandlinger

Forsøket på Øsaker bestod av fem ulike behandlinger, som beskrevet i Tabell 8. To av behandlingene var blandinger med belgvekster som kan fikserer nitrogen fra luften, hvorav en ble sådd på våren (SN) sammen med hovedveksten (eller kort tid etter) og en ble sådd på høsten (AN). De to siste blandingene bestod av en kombinasjon av vekster med hensikt å hindre tap av nitrogen ved å bedre opptak i planten, hvorav en ble sådd på våren (SR) sammen med hovedveksten (eller kort tid etter) og en ble sådd på høsten (AR). I tillegg var det en kontroll uten fangvekster.

Tabell 8. Behandlinger Øsaker.

Kode	Behandling	Beskrivelse
Kontroll	Ingen fangvekst	
SN	Vårsådd nitrogenfikserende fangvekst	Hvitkløver (<i>Trifolium repens</i> L.), Tiriltunge (<i>Lotus corniculatus</i>) og Blodkløver (<i>Trifolium incarnatum</i>)
AN	Høstsådd nitrogenfikserende fangvekst	Fôrvikke (<i>Vicia sativa</i>), Lodnevikke (<i>Vicia villosa</i>) og Erter (<i>Pisum</i>)
SR	Vårsådd fangvekst rotblanding	Sikori (<i>Cichorium intybus</i>), flerårig Raigras og Alfalfa
AR	Høstsådd fangvekst rotblanding	Forredik og ettårig Italiaraigras (<i>Lolium multiflorum</i>)

Forsøket på Solør bestod av fire behandlinger, som vist i Tabell 9, bestående av ulike vekstskifter med bygg og raps (ROT1 + 2), bygg (ROT 3) og alfalfa (ROT4). De ulike behandlingene befant seg i hovedruter med tre ulike grader av jordpakking (Tabell 14), i tillegg til en kontroll uten pakking (Seehusen et al., 2019).

Tabell 9. Oversikt over ulike vekstskifter på Solør.

	ROT1	ROT2	ROT3	ROT4
2017	Bygg	Raps	Bygg	alfalfa
2018	Raps	Bygg	Bygg	alfalfa
2019	Bygg	Raps	Bygg	alfalfa
2020	Raps	Bygg	Bygg	alfalfa
2021	Bygg	Bygg	Bygg	Bygg

Tabell 10. Ulike grader av pakking i forsøksfeltet i Solør.

Hjullast (tonn)	Antall overkjøringer	Totalvekt (t)	Redusert lufttrykk
1,7	10	13	Nei
2,8	10	17	Nei
2,8	10	17	Ja

5.1.3.2 Drift

I Øsaker ble hovedveksten (bygg) sådd i mai 2019 og høstet i august samme år (*Hordeum vulgare*), mens det i mai 2020 ble sådd havre (*Avena sativa*) som ble høstet i starten av september. NPK-gjødsel (22-3-10) ble tilført mellom 2018 og 2020, og det ble harvet som ugrashåndtering. Høstsådde fangvekster ble sådd etter høsting i 2018, mens de i 2019 og 2020 ble sådd 2,5 uker før høsting.

I Solør ble hovedvekstene bygg (*Hordeum vulgare*) og rybs (*Brassica rapa* subsp. *Oleifera*) sådd i rotasjon hvert år (Tab. 9). Forsøksfeltene ble tilført 500 kg/ha NPK-gjødsel (20-4-11) årlig, og alle ruter (med unntak av alfalfa) ble årlig pløyd og harvet om våren.

5.2 Dataanalyse feltforsøk

5.2.1 Metode Øsaker

I Øsaker ble forskjeller mellom behandlinger analysert med en blandet modell («mixed-effects model»). Variabler som ble målt gjentatte ganger ble analysert med modellstrukturen «behandling*dato» eller «behandling+dato», avhengig av hvilken av modellene som ga lavest AIC (Akaiikes informasjonskriterium). For variablene som ble målt gjentatte ganger ble faktoren «behandling» brukt alene. Rutene i feltet ble regnet som en tilfeldig effekt ved bruk av betegnelsen 1|Block.

I alle forsøkets diagrammer blir de estimerte marginale gjennomsnittene til de tilpassede modellene presentert, mens feilfeltene representerer modellens standardavvik.

For avling og andre avlingsrelaterte karakteristikk ble endringer i relative verdiene til behandlingene sammenlignet med kontroll kalkulert. Dette ble utført for å ekskludere eventuelle effekter av de ulike vekstene i vekstskiftet, og analysere den separate effekten av den gitte behandlingen.

5.2.2 Metode Solør

For å analysere de ulike indikatorene i Solør benyttes gjennomsnittsverdier for ulike datoer og behandlinger. Standardavvik presenteres ved hjelp av stiplede linjer og representerer variasjonen i de

to gjentakene pr. behandling innen hovedrutene. Signifikansnivået for jordtetthet ble beregnet som general linear modell eller to- sample t test (2015 vs. 2020) i Minitab 19 (statistisk programvare).

5.2.2.1 Data

I Tabell 11 presenteres de ulike variablene som ble målt og analysert i forsøkene på Øsaker og Solør.

Tabell 11. Indikatorer målt og analysert for studieområdene på Øsaker (a) og Solør (b).

a)

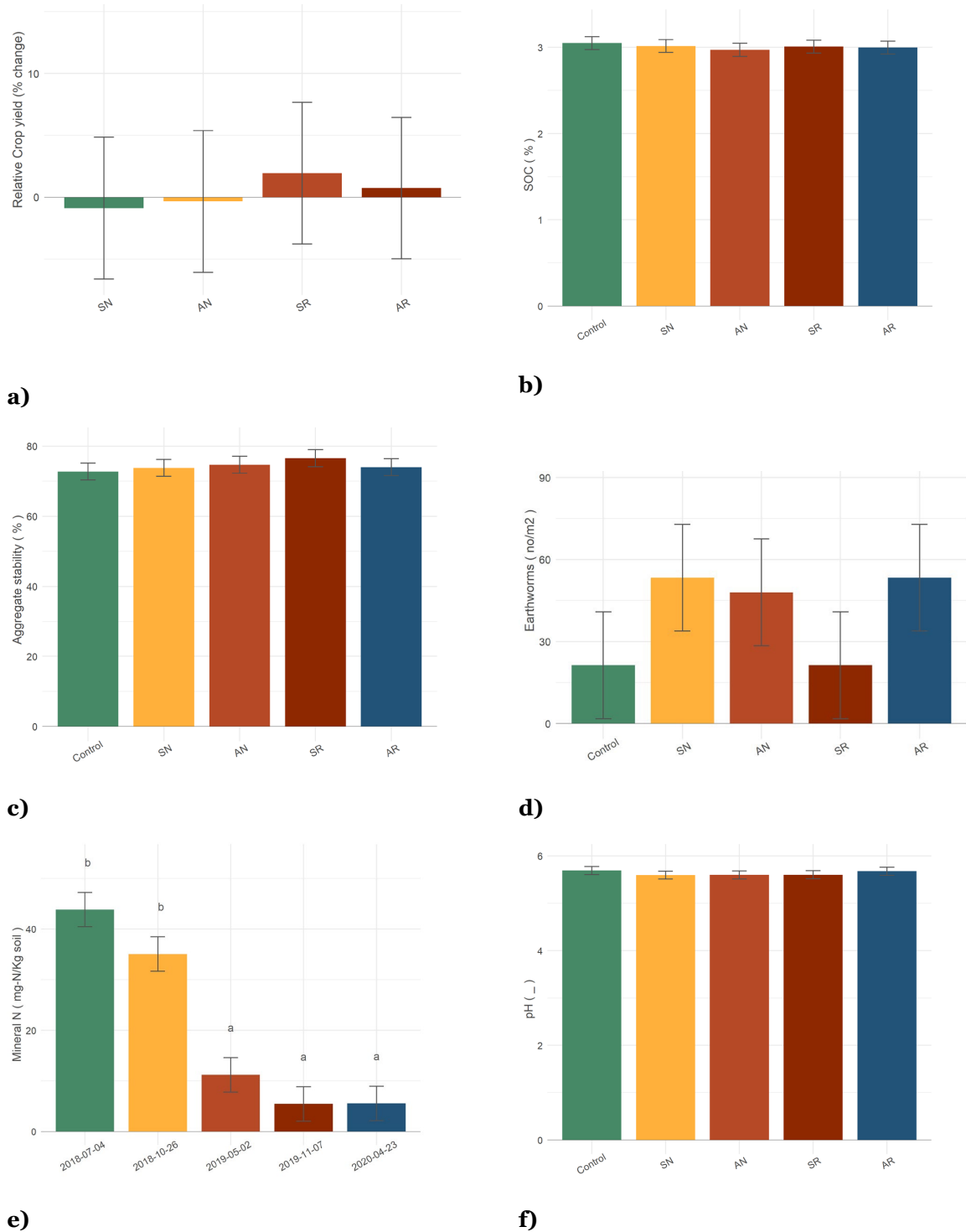
Øsaker		
Observasjonskode	Enhet	Beskrivelse
wsa	%	Aggregatstabilitet
Bd_top	g/cm ³	Jordtetthet
Nmin_top	Mg-N/kg jord	Mineral N
K_plus	Cmol+/kg	Utbyttbart K
Ca2_plus	Cmol+/kg	Utbyttbart Ca
Na_plus	Cmol+/kg	Utbyttbart Na
Mg2plus	Cmol+/kg	Utbyttbart Mg
soc	%	SOC (organisk karbon)
ph_kcl	-	pH
Earthworm_no	No/m ²	Meitemark
Crop_yield_ha	Kg/ha	Avling
Pavail2	P mg/ PO ₄ /kg	Olsen P
Crop_protein	%	Protein (avling)
Crop_fat	%	Fettinnhold (avling)

b)

Solør		
Observasjonskode	Enhet	Beskrivelse
Nmin_top	Mg-N/Kg soil	Mineral N (0-10 cm)
Nmin_10_20	Mg-N/Kg soil	Mineral N (10-20 cm)
Nmin_20_30	Mg-N/Kg soil	Mineral N (20-30 cm)
Soc_top	%	SOC (0-10 cm)
Soc_10_20	%	SOC (10-20 cm)
Soc_20_30	%	SOC (20-30 cm)
Crop_yield_ha	Kg/ha	Avling bygg

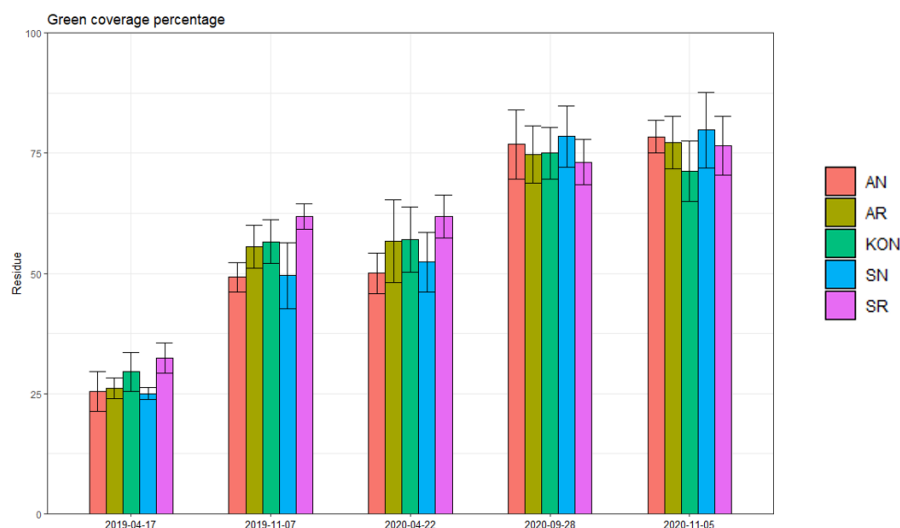
5.2.3 Analyseresultat Øsaker

I Øsaker førte høye temperaturer i 2018 til redusert plantevekst og et påfølgende overskudd av mineralsk N i jorda, som illustrert av de høye verdiene av mineralsk N i 2018 sammenliknet med i 2019 og 2020 (Figur 5). Plantetyper som oftest ble registrert ved observasjoner i felt var vikke i SN-blandingen og raigras i SR- og AR-blandingene. Blodkløveren i SN-blandingen og reddiken i AR-blandingen forekom sporadisk.



Figur 5. Analyseresultater av avling (a), organisk karbon (b), aggregatstabilitet (c), meitemark (d), mineralsk nitrogen (e) og pH (f) fra forsøksfeltet på Øsaker.

Resultatene viste en nedgang i gjennomsnittlig relativ avling for behandlinger som inneholdt belgvekster (Behandling SN og AN). Økte gjennomsnittlige (relative) avlingstall ble målt for 'rotblandingen', men variansen mellom de ulike prøvetakingspunktene var stor. For aggregatstabilitet ble kun små endringer observert, men var høyest for SR-behandlingen sammenliknet med en kontroll. Gjennomsnittstallet for antall registrerte meitemark (i 2020) var derimot like lav for SR-behandlingen som for kontroll. Målte pH-verdier på våren 2020 varierte mellom 5,4 og 5,8. Disse lave verdiene kan være effekter av værforholdene i 2018 og/eller gjødsling. De lave pH-verdiene kan potensielt ha påvirket fangvekstene negativt, mens hovedveksten (havre) derimot er nokså robust. Et treårig forsøk er ikke tilstrekkelig for å måle endringer av nivåer av organisk karbon (SOC).

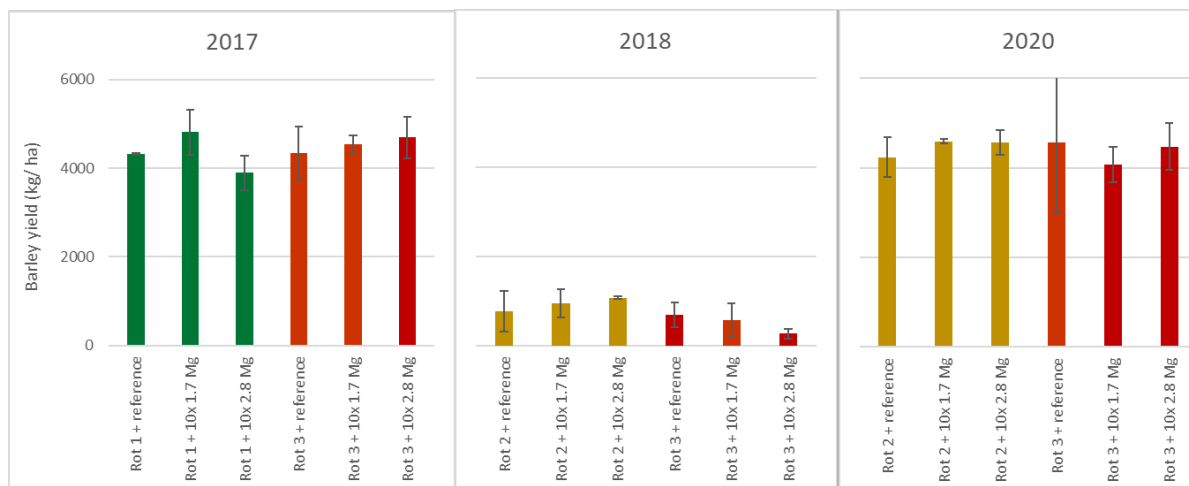


Figur 6. Plantedekke under ulike behandlinger og tidspunkt i øsaker.

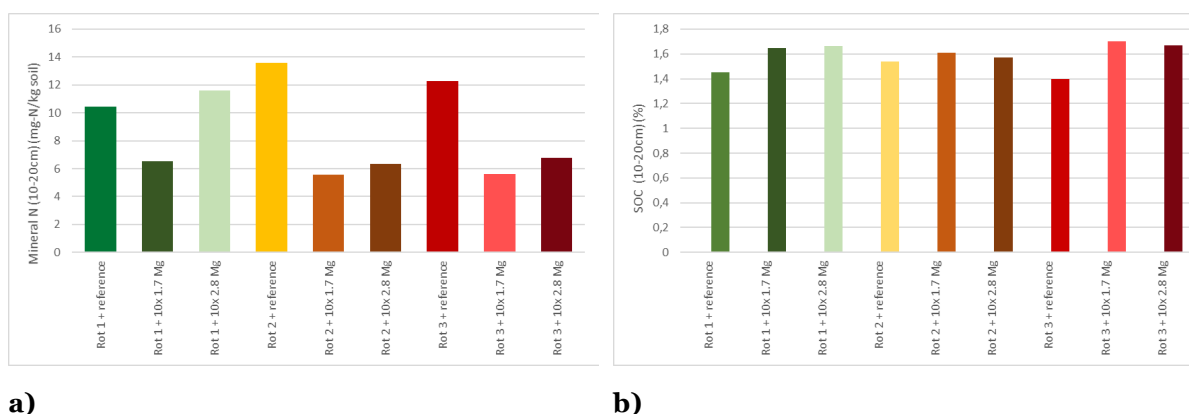
5.2.4 Analyseresultat Solør

Varme og tørke i 2018 førte til lave avlinger i forsøksfeltene i Solør, som i resten av Sør-Norge (Figur 7). I 2019 var det derimot utfordringer knyttet til store nedbørsmengder, som førte til at feltene var lite lagelig, som igjen førte til en forsinkelse i feltarbeidet. Feltene ble ikke sådd før i midten av juni, som var for seint for at bygget rakk å modne. Dette resulterte i at feltet ikke ble høstet i 2019. Ingen signifikante effekter av hverken grad av jordpakking eller av type vekstskifte ble funnet.

Avlingsresultatene viser forskjell mellom år, men ingen effekt av pakking eller vekstskifte (Figur 7). Den tidligere jordpakkingen med 1,7 tonn hjullast førte til lavere innhold av organisk karbon i toppjorda uavhengig av type vekstskifte. Resultatene fra karbonanalysen (10 cm) målt i 2019 viser ingen klar effekt av vekstskifte (Figur 8). Dataene viser at behandlingen med 10x 1,7 tonn hjullast hadde en mer distinktiv effekt på jordparametere (f.eks. prekompresjon, jordtetthet og luftkapasitet) enn kjøring med tyngre last (Seehusen et al., 2019). Det forventes at vekstskiftene i dette forsøket kan ha positiv effekt på innhold av organisk karbon, nitrogen og avlingsnivået på sikt (Lal et al., 1994, Serikstad et al., 2013), med større forskjell mellom de ulike behandlingene (Rot 1 – 4), men slike konklusjoner kunne ikke trekkes på bakgrunn av resultatene fra dette forsøket.



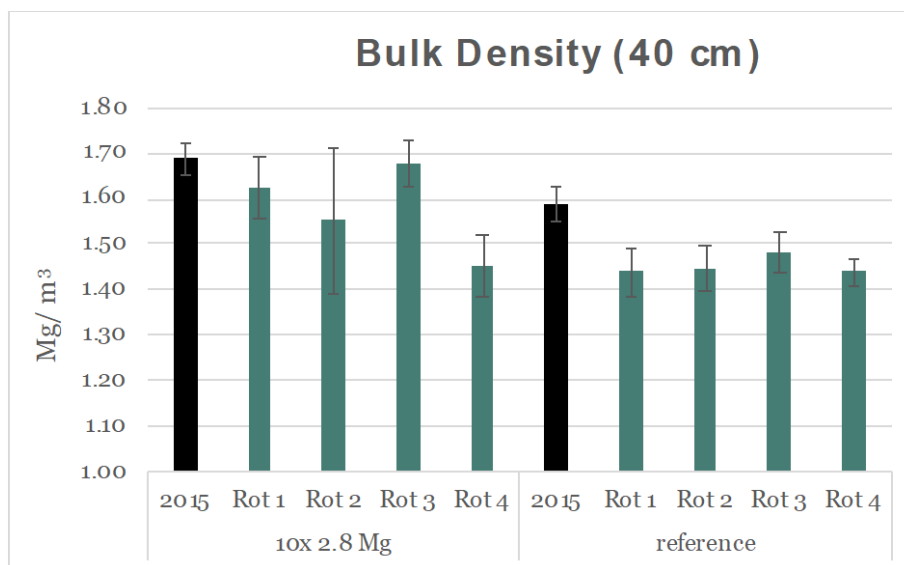
Figur 7. Avling i pakkefeltene i Solør 2017, 2018 og 2020.



Figur 8. Konsentrasjoner av mineralisk nitrogen (a) og organisk karbon (b) under ulike behandlinger i Solør.

Resultatene for jordtetthet viser at kjøringen med tyngst last (10x2,8 tonn) førte til betydelig pakking under plogsjiktet (40 cm) sammenliknet med referanseleddet (Figur 9) (se også Seehusen, et al. 2019). Tettheten etter pakking i 2015 var større enn hva som av Entrup & Oehmichen (2006) ble foreslått som grenseverdi for plantevekst (1,55 g/cm³). I løpet av de fem påfølgende årene etter pakking ble jordtettheten på referanseleddet redusert i alle rutene. Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom behandlingene i 2020. Jordtettheten var lavere enn grenseverdien i alle tilfeller.

På det pakkede leddet var jorda under plogsjiktet (40 cm) fortsatt tett og lagringstettheten godt over grenseverdien i tilfelle av Rot 1 og Rot 3 i 2020. Det var kun Rot 4 (flerårig luserne) som reduserte jordtettheten og løste opp pakkingen. Verdiene for Rot 4 var på samme nivå som referanseleddet i 2020 og vesentlig lavere enn for det upakkede referanseleddet i 2015.



Figur 9. Jordtetthet (Mg/m³) i 40 cm dybde målt i den tyngst pakkede ruten og i den upakkede referanseruten, rett etter pakking (2015) og 5 år etter pakking (2020).

5.3 Sosiokulturell dimensjon

Den sosiokulturelle analysen av fangvekster viser at bruken av fangvekster øker den totale arbeidsmengden, og fangvekstene kan i noen tilfeller konkurrere med hovedveksten om næringsstoffer, som kan føre til reduserte avlinger (Tabell 12). Dette kan imidlertid vise seg å være en midlertidig effekt, ettersom studier viser at langtids effekter av fangvekster på jordhelse (som på sikt er viktig for avling) er nødvendig.

Tabell 12. Sosiokulturell påvirkning av fangvekster sammenliknet med kontroll ('risiko' er her knyttet til økonomisk risiko, samt risiko for sviktende avling).

	Innvirkningsindeks	Datafullstendighets-indeks (DCI)	Datafullstendighets-rangering
	-1 = Sterk negativ innvirkning (rød)	1 = Alle inngangsvariabler har blitt vurdert	DCI = 1: Fullstendig
	0 = Ingen signifikant innvirkning (hvit)	0 = Ingen inngangsvariabler har blitt vurdert	1 > DCI >= 0,8: Høy
	1 = Sterk positiv innvirkning (grønn)		0,8 > DCI >= 0,4: Medium
			0,4 > DCI: Lav
Sosiokulturell dimensjon	-0,26	1	Fullstendig
Arbeidsmengde	-0,66	1	Fullstendig
Risiko	-0,50	1	Fullstendig
Gårdbrukers rykte	1,00	1	Fullstendig

Analysen viste at bruk av vekstskifte for å redusere jordpakking ikke hadde betydning på arbeidsmengde og gårdbrukers rykte, men førte til høyere økonomisk risiko (Tabell 13).

Tabell 13. Innvirkning av behandlingen av jordpakking i Solør på den sosiokulturelle dimensjonen (sammenliknet med kontroll). Men 'risiko' menes her økonomisk risiko og risiko knyttet til avlingstap.

	Innvirkningsindeks	Datafullstendighets-indeks (DCI)	Datafullstendighets-rangering
	-1 = Sterk negativ innvirkning (rød)	1 = Alle inngangsvariabler har blitt vurdert	DCI = 1: Fullstendig
	0 = Ingen signifikant innvirkning (hvit)	0 = Ingen inngangsvariabler har blitt vurdert	1 > DCI >= 0,8: Høy
	1 = Sterk positiv innvirkning (grønn)		0,8 > DCI >= 0,4: Medium
			0,4 > DCI: Lav
Sosiokulturell dimensjon	-0,30	1	Fullstendig
Arbeidsmengde	0,00	1	Fullstendig
Risiko	-0,75	1	Fullstendig
Gårdbrukers rykte	0,00	1	Fullstendig

5.4 Økonomisk dimensjon

Kostnaden ved å plante fangvekster på våren har blitt estimert på bakgrunn av beregninger gjort i Bøe m.fl. (2020). Beregninger av frøkostnader ble gjort basert på tall fra en nasjonal frøleverandør og avvek litt fra kostnadene for frøene som ble benyttet i dette forsøket, men vurderes allikevel som representative for denne studien. Resultatet viser at bruken av fangvekster kan ha økonomiske fordeler sammenliknet med å ikke så fangvekster (Tabell 14). Hovedårsaken til dette er de økonomiske fordelene ved subsidier knyttet til fangvekster gjennom det regionale miljøprogrammet (men disse varierer mellom fylker). Ettersom beregningene er basert på kostnadene av raigras og kløver, er det mulig at kostnadene vil øke ved valg av andre typer vekster. På tross av at fangvekster kan redusere avlingene ble det forventet like avlinger for de ulike behandlingene og kontroll.

Tabell 14. Oppsummering av fordelene ved fangvekster (sammenliknet med kontroll) vist i euro/ha.

	Kontroll	Fangvekst
Driftsteknikk	Ingen fangvekst	Fangvekst
Investeringskostnader		0 7,6
Vedlikeholdskostnader		0 68,3
Produksjonskostnader		0 0
Fordeler		208 338
Oppsummering: fordeler-kostnader		208 262,2
Prosentandel endring		26

Oljevekster (Rybs (*Brassica rapa* ssp. *oleifera*)) ser ut til å være et godt valg med tanke på økonomisk gevinst, men vekstsesongen er i korteste laget for disse vekstene i store deler av Norge. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) håndterer klimaforholdene bra, men kan medføre ekstra kostnad og merarbeid (Tabell 15). Ettersom alfalfa er flerårig (minst to år) reduserer det i tillegg fleksibiliteten til

gårdbrukeren. Det er vanligvis ikke mulig selge avlinger av alfalfa under dagens omstendigheter, som bidrar ytterligere til å redusere bondens inntekt.

Tabell 15. Oppsummering av fordelene ved dyrkingssystemet (sammenliknet med kontroll). Tall er oppgitt i euro/ha.

	Kontroll	Fangvekst
Driftsteknikk	Bygg	Alfalfa
Investeringskostnader		
	10	0
Vedlikeholdskostnader	492	38,2
Produksjonskostnader	0	0
Fordeler	208	208
Oppsummering: fordeler-kostnader	-294	169,8
Prosentandel endring	-154,7	

5.5 Bærekraftsanalyse

En bærekraftsanalyse ble gjort for den vårsådde 'rotblandingen', som viste at fangvekster så ut til å ha positiv effekt på bærekraft (Tabell 16). Den viktigste årsaken til dette var de økonomiske aspektene ved analysen, mens de sosiokulturelle forholdene hadde en svakt negativ effekt. Fangvekster er subsidiert i Norge og valg av arter er avgjørende for lønnsomheten til tiltaket. Det ble ikke målt signifikante effekter av fangvekster på jordegenskaper, men det forekom en økning i de gjennomsnittlige relative avlingstallene. Gjennomsnittlig aggregatstabilitet var høyest under behandling SR, mens den gjennomsnittlige forekomsten av meitemark var tilsvarende lav som kontrollen. Lav pH målt på våren 2020 kan ha hatt negativ innvirkning på fangvekstenes utvikling, i tillegg til lite/mye nedbør, samt tidvis store mengder ugras.

Tabell 16. Innvirkning av fangvekster på bærekraft.

	Innvirkningsindeks	Datafullstendighets-indeks (DCI)	Datafullstendighets-rangering
	-1 = Sterk negativ innvirkning (rød) 0 = Ingen signifikant innvirkning (hvit) 1 = Sterk positiv innvikning (grønn)	1 = Alle inngangsvariabler har blitt vurdert 0 = Ingen inngangsvariabler har blitt vurdert	DCI = 1: Fullstendig 1 > DCI >= 0,8: Høy 0,8 > DCI >= 0,4: Medium 0,4 > DCI: Lav
Bærekraft	-0,07	0,83	Høy
Miljødimensjon	0,00	0,58	Medium
Økonomisk dimensjon	0,03	1,00	Fullstendig
Sosiokulturell dimensjon	-0,26	1,00	Fullstendig
Fysisk dimensjon	0,00	0,55	Medium
Kjemisk dimensjon	0,00	0,79	Medium
Biologisk dimensjon	0,00	0,50	Medium

Tabell 17. Fordeler og ulemper ved fangvekster sammenliknet med kontroll.

Fordeler:	Bedring av gårdbrukers rykte; bedre kostnadseffektivitet
Ulemper:	Økt arbeidsmengde; potensiell risiko for feilende avling

5.6 Diskusjon

Det viste seg vanskelig å etablere fangvekster og oppnå ønskede tettheter både på Øsaker og i Solør, særlig i årene med unormalt lite (2018) og unormalt mye (2017 og 2019) nedbør. Dette bør tas med i betraktningen når dataene fra forsøket skal tolkes.

Høye temperaturer i 2018 resulterte i liten plantevekst og derfor et lavt opptak av nitrogengjødsel, som førte til et midlertidig overskudd av nitrogen i jorda på Øsaker. Tidvise store forekomster av ugras (Vassarve (*Stellaria media*)), kombinert med praktiske utfordringer forbundet med blant annet såing, kan ha påvirket veksten av både fangvekst og hovedvekst senere år. Lav pH målt i 2020 kan ha vært en effekt av for eksempel akkumulerte kationer fra gjødselprodukter i 2018. Undersøkelser av effekter av lav pH på plantevekst (som ble inkludert i dette forsøket) kan være interessant å undersøke nærmere i fremtidige forsøk. Fangvekstartene som forekom oftest var raigras, vikke og tidvise forekomster av blodkløver og reddik. Fangvekstarter som ble høstsådd må vokse raskt for å oppnå tilfredsstillende plantedekke før det kommer frost. Vikke er en lovende art som egner seg for dette formålet. Det bør undersøkes hva som er optimal frømengde. Økonomiske virkemidler er et viktig tiltak for å motivere gårdbrukere til å implementere fangvekster. Disse subsidiene kan kompensere for kostnadene ved å så fangvekster, men dette varierer med valg av sort/art.

Avlingene høstet fra Solør de tre vekstsesongene SoilCare-prosjektet pågikk viste ingen signifikant effekt av behandlingene. Mulige årsaker til dette kan være: a) Forsøksrutene var relativt små, som gjorde feltoperasjoner krevende, b) dyr (elg) som førte til en god del ødeleggelser innad i de små rutene. Som en konsekvens av dette er avlingsdataene fra denne studien ikke representative for et større jorde/felt. I dette småskala ruteforsøket har det derfor vært utfordrende å etablere og oppnå høye nok tettheter av rybs og resultatene bør derfor tolkes med varsomhet. Selv om oljevekster har vist god forgrødeeffekt i tidligere forsøk (Abrahamsen, 2018) ble dette ikke gjenspeilet av resultatene fra oljevekstene i forsøket. På tross av at det ble valgt arter som ble regnet som robuste og tilpasset den korte vekstsesongen, viste rybs seg å være et mindre godt valg for denne delen av Norge.

Resultater fra Solør viser at selv om hjullasten benyttet var relativt lav (representativt for maskiner brukt i Norge), hadde både hjullast og kjøreintensitet negativ effekt på jordfysiske parametere (jordtetthet, luftkapasitet, hydraulisk konduktivitet). Særlig toppjorda ble påvirket, men pakkeskader kunne også oppdages i dypere sjikt (men i mindre grad) helt ned til 60 cm dybde. Det viste seg i tillegg at første overkjøring ikke hadde negativ effekt, men at det derimot var den akkumulerte effekten av flere overkjøringer som førte til deformering av jordstrukturen. Under lagelige forhold var et økt antall overkjøringer (selv med lav vekt) mer skadelig for jordstrukturen enn dersom man kjørte en enkelt gang med tung hjullast. Avlingene ble ikke reduserte i de første to årene etter at jordpakkingen fant sted, og så derfor ikke ut til å ha tatt skade av behandlingen på kort sikt.

Studien viser at flerårige alfalfa kan danne kraftige og dype rotsystem (Figur 10). Røttene hadde god effekt på å løse opp jordpakking og bedre jordstrukturen i allerede pakket jord, også under plogsjiktet, som underbygger funn fra svenske forsøk (Löfkvist, 2005). Dette var av spesiell interesse ettersom mulighetene for å rette opp pakkeskader under plogsjiktet er få (Lebert et al., 2007) og mekanisk jordløsning har gitt varierende resultater (Spoon, 2006), også under norske forhold (Seehusen, 2017). Erfaringer fra forsøket på Solør viser i tillegg at etablering av alfalfa tar tid og at den bør dyrkes over tid for å etablere et kraftig rotsystem. På tross av at alfalfa virker lovende når det kommer til å løse jordpakking, er høstet alfalfa vanskelig omsettelig, som gjør produksjon av denne veksten kostbar.

Økonomiske incentiver vil derfor være et viktig virkemiddel for å få gårdbrukere til å inkludere alfalfa i vekstskiftet.



a)



b)



c)

Figur 10. Dype hjulspor somfølge av jordpakking (a), røtter av rybs, bygg og alfalfa fra vekstsesongen 2018 (b), og røtter av alfalfa i jorda vekstsesongen 2020 (c). Foto: Till Seehusen.

6 Implementering av jordforbedrende tiltak

Det tredje idéverkstedet ble holdt på NIBIOs Oslokontor 13. mars 2019 og hadde som mål å kartlegge hvilke faktorer som kan legge til rette for, samt hindre, implementering av jordforbedrende tiltak. Idéverkstedet hadde i tillegg som hensikt å identifisere handlinger/tiltak på nasjonalt og (sub)regionalt nivå med potensiale til å promotere iverksetting av jordforbedrende tiltak i Norge. Det var til sammen 12 deltakere til stede, fra NLR, Norges Bondelag (Akershus og Østfold), Kjelle videregående skole, Landbruksdirektoratet, Norgesvel, en gårdbruker, og fra NIBIO.

6.1 Metode

6.1.1 Trinn 1

I idéverkstedets første del ble deltakerne delt inn i to grupper og spurt om å evaluere de jordforbedrende tiltakene som ble testet i de norske studieområdene (fangvekster og biologisk løsning av jordpakking), samt de forventede fordelene/effektene. Dette ble gjort ved hjelp av store ark hvor tiltakene ble evaluert mot kriteriene 'kostnader', 'avling', 'inntekt', 'miljøeffekter', 'jordkvalitet' og 'annet' som vist i Figur 11.

ANNET?	KOSTNADER	AVLING	LØNNSOMHET	MILJØVIRKNING	JORDKVALITET	ANNET?
	FANGVEKSTER					
	FANGVEKST PAKKE - SKADE LØSNING					

Figur 11. En av gruppens beskrivelse av de forventede fordelene og effektene av jordforbedrende tiltak testet i de norske studieområdene.

6.1.2 Trinn 2

Neste trinn var å identifisere hva som kan legge til rette for, samt opptre som barrierer for implementering av fangvekster/jordløsning i Norge. Denne oppgaven ble utført i form av en plenumsdiskusjon hvor deltakerne ble bedt om å foreslå barrierer og tilretteleggere innenfor hver av kategoriene 'økonomiske forhold', 'biofysiske forhold', 'tekniske barrierer', 'kunnskap/informasjon', 'sosiale/kulturelle faktorer', 'institusjonelle og politiske forhold' og 'andre forhold' for å strukturere diskusjonen. De ulike tilretteleggerne og barrierene som ble foreslått av deltakerne ble deretter notert ned på Post-it-lapper som ble festet til plakater for hver av kategoriene.

6.1.3 Trinn 3

Mot slutten av diskusjonen ble alle Post-it-lappene fra forrige oppgave sortert og plassert på et felles ark som var delt inn i «tilretteleggere» og «barrierer» (Figur 12). Videre ble deltakerne gitt seks klistremerker hver for å stemme på de tre barrierene og de tre tilretteleggerne de syntes var viktigst (de kunne i tillegg velge å plassere flere stemmer på samme barriere/tilrettelegger) når det gjelder å hindre eller legge til rette for implementering av fangvekster/jordløsning i Norge.



Figur 12. Tilretteleggere og barrierer identifisert av interessentene.

Deretter ble deltakerne igjen delt inn i to grupper hvorav en gruppe fikk utdelt de fire barrierene som mottok høyest antall stemmer, mens den andre gruppa fikk utdelt de fire tilretteleggerne som mottok flest stemmer. Deltakerne ble deretter bedt om å foreslå handlinger/tiltak som kunne bidra til å fjerne barrierer og styrke tilretteleggerne for implementering av fangvekster/jordløsning.

6.1.4 Trinn 4

Mot slutten av workshopen gjennomførte vi en generell diskusjon rundt jordvern og vern av jordkvalitet, ettersom det for øyeblikket mangler lovverk i Norge som dekker dette.

6.2 Resultater

Resultatene fra gruppeoppgaven i “Steg 1” hvor interessentene skulle evaluere ulike fordeler og effekter av fangvekster/jordløsning er presentert i Tabell 18. Begge tiltakene (fangvekster og biologisk jordløsning) var forbundet med økte kostnader, som for fangvekster var knyttet til såfrø og økt arbeidsmengde. Av økonomiske muligheter ble tilgang på subsidier for å dekke disse kostnadene trukket frem i tillegg til mulige besparelser av gjødselutgifter, muligheter for økt avling grunnet jordforbedring og/eller ved bruk av nitrogenfikserende vekster, men dette varierer i stor grad med typen fangvekst. I tillegg ble langsiktig sikring av inntekt ved å bevare eller forbedre jorda trukket frem som en fordel.

Forbedring av jordkvalitet som følge av tiltakene var knyttet til økte tilførsler av biomasse/organisk innhold, økt fotosyntese og karbonbinding i jorda, mer jordliv, bedret jordstruktur, samt bedret infiltrasjon og drenering. Jordas laglighet ble vurdert til å variere, både til fordel og ulempe for kjøreforhold og påfølgende risiko for pakkeskader.

Tabell 18. Oversikt over evaluering av de jordforbedrende tiltakene i de norske studieområdene.

Jordforbedrende tiltak	Kostnader	Avling	Inntekt	Miljøeffekter	Jordkvalitet	Annet
Fangvekster	Såfrø	Nitrogen-fikserende fangvekster kan øke avling	Subsidier	Reduserer erosjon	Mer biomasse	
		Bedret jordkvalitet kan øke avling	Potensiell besparelse av gjødselutgifter	Binder og lagrer karbon/ reduserer utslipp	Økt innhold av organisk materiale	Mer plantesykdommer og planteskadegjørere
	Arbeid	Risiko for at fangvekster konkurrerer med hovedvekst (avlingstap)	Økt avling kan gi økt inntekt	Kan tilgjengeliggjøre næringsstoffer	Økt karbonbinding	Økt bruk av glyfosat (plantevern)
	Kan søke om subsidier	Raigras kan ha negativ innvirkning på avling (jr. interessenters erfaring)	Sikre fremtidig inntekt ved å konservere/ forbedre jorda i stedet for å forringe den	Tap av næringsstoffer ved utfrysning gjennom vinteren	Økt biodiversitet	Alt avhenger av type fangvekst og sesong
Fangvekster for biologisk løsning av jordpakking	Store kostnader			Erosjon	Høyere infiltrasjon Bedret drenering Bedret jordstruktur	

Tabell 19 viser en oversikt over resultatet fra diskusjonen og stemmegivingen under «Steg 3». Tilretteleggerne som ble foreslått av deltakerne, og som fikk flest stemmer, var 'subsidier', 'erfaringer fra f.eks. rådgivere, gårdsbesøk', 'jordpakking (som økt insentiv for endring blant gårdbrukere)' og 'endret klima gir lengre vekstsesong'. Barrierene som ble opplevd som viktigst, og derfor fikk flest stemmer, var 'mangler erfaring fra norske forhold, må utvikle en veileder for gårdbrukere', 'mangler formidling av informasjon', 'økonomisk risiko' og 'manglende subsidier for å så fangvekster med såmaskin'.

Tabell 19. Tilretteleggerne og barrierene for implementering av fangvekster med poeng som resultat av stemmegivningen til interessentene.

Tilretteleggere	Poeng	Barrierer	Poeng
Kan potensielt bruke utstyr de allerede har	0	«Hva gjør naboen?» (gårdbrukers rykte)	0
Finne riktig informasjonskanal	2	Frøkostnader	2
Innhold organisk materiale	1	Glyfosat (plantevern)	0
Bedret drenering	0	Manglende informasjon om økonomiske fordeler	0
Redusert område for høstsådde vekster	0	Manglende utstyr	2
Subsidier	12	Subsidieordningen(e)s utforming som er manglende mhp. godkjente arter og dato for såing	1
Jordpakking (øker insentiver for endring blant gårdbrukere)	5	Mangler kunnskap om bruk av redskap	0
Erfaringer fra f.eks. rådgivere, gårdsbesøk	7	Klima (begrenset av lys og nedbør)	1
Endret klima gir lengre vekstsesong	3	Mange er deltidsbønder	1
		Liten villighet til å endre praksis	1
		Mangler erfaring fra norske forhold, må utvikle en veileder gårdbrukere	10
		Mangler formidling av informasjon	4
		Økonomisk risiko	4
		Manglende subsidier for å så fangvekster med såmaskin	4

Deltakernes forslag til handlinger/tiltak som kunne bidra til å fjerne de fire største barrierer og styrke de fire viktigste tilretteleggerne (resultat av avstemning vist i Tabell 19) for implementering av fangvekster/jordløsning er oppsummert i Tabell 20 (barrierer) og Tabell 21 (tilretteleggere) under.

Tabell 20. Tiltak for å fjerne barrierer for implementering av fangvekster.

Barrierer	Tiltak
Mangler erfaring fra norske forhold, må utvikle en veileder gårdbrukere	<ul style="list-style-type: none"> - Storskalaforsøk med gårdbrukere - Mer forskning - Gjøre forskningsresultater tilgjengelige - Midler til å utvikle veileder som fangvekster - Langtidsforsøk (min. 15 år) for å forstå langtidseffekter av fangvekster i Norge
Mangler formidling av informasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Markdager med NLR - Formidling gjennom ulike informasjonskanaler (e.g. nyhetsbrev) - Studieturer for å lære om andres erfaringer
Økonomisk risiko	<ul style="list-style-type: none"> - Økte subsidier - Øke kunnskapen om effekter
Manglende subsidier for å så fangvekster med såmaskin	<ul style="list-style-type: none"> - Endre lovgivningen

For å overkomme barrierer for implementering av jordforbedrende tiltak er økt kunnskap viktig, med flere fremtidige forsøk (også på «gårdsskala») som kan si noe om langtidseffekter av fangvekster i Norge. Tilgjengeliggjøring og formidlingen av denne kunnskapen er viktig, og foreslås både i form av veiledere til gårdbrukere, gjennom markdager og studieturer. Mer kunnskap vil i tillegg bidra til å eliminere noe økonomisk risiko ved økt kjennskap til effekter av tiltaket, i tillegg til økte subsidier. Det ble også foreslått endring av dagens ordning for å gi gårdbrukere mulighet til å så fangvekster med såmaskin.

Tiltak som kan bidra til bedre tilrettelegging for implementering av fangvekster er økte økonomiske insentiver via blant annet de regionale miljøprogrammene, men også subsidier knyttet til andre «tjenester» fangvekster leverer (økt biodiversitet, plantevern osv.). Mer forskning og økning av gårdbrukernes bevissthet er også viktig for bedre tilrettelegging, i tillegg til utvidelse av vekstsesongen forårsaket av klimaendringer.

Tabell 21. Tiltak for å styrke tilretteleggere for implementering av fangvekster.

Tilretteleggere	Tiltak
Subsidier	<ul style="list-style-type: none"> - Øke subsidier for fangvekster i de regionale miljøprogrammene (RMP) - Andre subsidier (f.eks. for biodiversitet, bekjempelse av skadegjørere, vekstskifte)
Jordpakking (øker insentiver for endring blant gårdbrukere)	<ul style="list-style-type: none"> - Mer forskning og bevissthet
Erfaringer fra f.eks. rådgivere, gårdsbesøk	<ul style="list-style-type: none"> - Flere markvandringar som tydelig viser effekter av å så fangvekster - Bedre formidling
Endret klima gir lengre vekstsesong	<ul style="list-style-type: none"> - Bedre forholdene for etablering av fangvekster

I en avsluttende diskusjon rundt jordvern og vern av jordkvalitet ble deltakerne spurt om hvilke faktorer/lovgivning og virkemidler som bør endres for å bedre vernet av både jordkvalitet- og kvantitet i Norge. Deltakerne kom med tilbakemeldinger om at det er behov for å forbedre dagens lovgivning så den går utover dagens jordvernstrategi (med mål om å holde den årlige utbyggingen av matjord under 400 ha fra 2020) (Lovdata, 1995). Målsettingen for virkemidler og lovgivningen bør være å beskytte og konservere jordkvalitet for fremtidige generasjoner i stedet for å tenke på kortsiktige effekter. Dette må gjøres ved hjelp av økonomisk støtte og opplæring/utdanning av gårdbrukere.

På spørsmål om hvordan man bør gå frem for å sørge for at beslutningstakere er godt informert om jord/jordkvalitet/jordhelse når nye virkemidler/lovgivning skal utarbeides, understreket noen av deltakerne viktigheten av å formidle forskningsresultater. Videre ble det foreslått at jordkvalitet bør komme inn som et eget fag på landbruksskoler. Det er viktig at fremtidens gårdbrukere har nok kunnskap om jordkvalitet til å sikre at den blir ivaretatt i fremtiden.

Det er vanskelig å designe god lovgivning for jordkvalitet ettersom definisjonen av hva som er god jord er veldig disiplin- og representantavhengig (f.eks. mellom økologer, gårdbrukere, miljøvernere, politikere, forskere osv.). Jordkvalitet har heller ikke vært på agendaen til gårdbrukernes interesseorganisasjoner, men det ser ut til å være en økende interesse for temaet. Jordvern har i hovedsak bestått av beskyttelse av jordbruksjord for landbruksformål, for å hindre at arealene blir omdisponert til infrastruktur osv. Det eksisterer et økende behov for i tillegg å beskytte jord mot forringelse ved å bevare eller øke jordkvaliteten.

Det er viktig å informere beslutningstakere om at jorda ikke er statisk, men består av komplekse biologiske, kjemiske og fysiske prosesser som må sikres. Det ble kommentert at dagens avlingsnivå

mange steder opprettholdes av økte innsatsfaktorer (gjødsel osv.) som på sikt vil resultere i forringelse av jorda. Et økt kunnskapsnivå blant beslutningstakere er avgjørende for å beskytte jordkvaliteten fra forringelse forårsaket av dagens agronomiske praksiser. Beslutningstakere bør utvikle lovgivning ut ifra et langtidsperspektiv, som hensyntar at endringer i jordkvalitet er noe som oppstår over tid, og som vil påvirke fremtidige generasjoner.

7 Evaluering av resultater

7.1 Introduksjon

Et avsluttende idéverksted ble arrangert 25. februar 2021 via plattformen Teams. Arrangementet var virtuelt som følge av den pågående situasjonen med COVID-19 som hindret mulighetene for fysisk oppmøte. Formålet med det avsluttende idéverkstedet i SoilCare-prosjektet var å presentere og evaluere resultatene fra de norske studieområdene, samt formidle informasjon (til nye deltakere)/en påminnelse om mål og resultater fra tidligere idéverksteder. Det ble også foretatt en gjennomgang av prosjektstatus og fremgang.

En representant fra NLR Øst, som er samarbeidspartner i feltforsøket på Øsaker, presenterte deres erfaringer fra fangvekstforsøket. Ettersom NLR Øst var ansvarlig for driften av dette feltet kunne de dele verdifull informasjon om deres praktiske erfaringer med blant annet å etablere fangvekstene. I tillegg ble resultatene fra både Øsaker-feltet og Solør-feltet presentert av representanter fra NIBIO som var ansvarlig for prøvetaking og analyse fra disse forsøkene. Etter presentasjonene fikk deltakerne mulighet til å stille spørsmål til representantene fra forsøksfeltene.

Til sammen 22 interessenter deltok på workshopen, hvilket er et høyere antall enn noen tidligere workshoper. Vi antar at den høye deltakelsen skyldes at terskelen for å delta på et virtuelt arrangement er lavere ettersom det både er tids- og kostnadsbesparende sammenliknet med fysiske møter. Av deltakerne var det tre representanter fra NLR, fire fra Statsforvalteren, seks fra Landbruksdirektoratet, to gårdbrukere, en representant fra en landbruksskole, en fra Innlandet Høgskole, en fra en interesseorganisasjon, og fem forskere fra NIBIO. Av disse var elleve kvinner og elleve menn.

7.2 Metode

Deltakerne ble delt inn i fire grupper (tilfeldig inndeling generert automatisk) for å diskutere følgende spørsmål:

- **Validering og nytte:** 1) «Svarer resultatene fra prosjektet til dine forventninger? Hvorfor/hvorfor ikke?»; 2) Opplevs resultatene fra prosjektet som nyttige? Spesifiser hvorfor/hvorfor ikke».
- **Formidling og fordeler:** 1) «Har du forslag til andre interessenter som kunne vært interessert i/hatt behov for disse resultatene? Har du forslag til hvordan vi kan nå frem til disse?»; 2) «Har prosjektet vært nyttig for deg? Hvorfor/hvorfor ikke?»; 3) «Hva slags støtte trenger/ønsker du for å nyttiggjøre deg av prosjektresultatene?».
- **Hva har vi lært?:** 1) «Hva ønsker du å ta med deg videre fra denne dagen/prosjektet?»; 2) «Har du andre tilbakemeldinger?»

Microsoft Whiteboard med virtuelle Post-it lapper ble benyttet i gruppearbeidet slik at deltakerne kunne legge til kommentarer og svar samtidig. Det var til sammen tre lenker til ulike whiteboard-variasjoner som hver inneholdt to til tre spørsmål. Deltakerne ble bedt om å diskutere spørsmålene i gruppene, ta notater, og presentere resultatene for de andre gruppene mot slutten av arrangementet.

7.3 Diskusjon av prosjektresultater

Tilbakemeldingene fra deltakerne etter de tre presentasjonene som oppsummerte forskningsresultatene handlet hovedsakelig om forsøksoppsettet, og en av deltakerne stilte spørsmålstegn ved at vår- og høstsådde fangvekster ble forsøkt etablert i samme ruter i Øsaker. NLR forklarte at tilnærmingen ble valgt som følge av at vi ønsket at forsøket skulle foregå under kontrollerte forhold, og at vi ikke hadde nok kunnskap på tidspunktet feltene ble etablert til å forutse at dette ville

føre til vanskeligheter. De hadde i tillegg sett avvik mellom etableringen av fangvekster i de små forsøksrutene sammenliknet med i «ekte» systemer i større skala. Denne forskjellen kan kanskje forklares av at metodene som ble brukt av gårdbrukerne var forskjellig fra metodene som ble benyttet i ruteforsøket (grunnet skala). Å spre frøene for hånd, som var metoden som ble brukt i forsøksrutene, førte til dårlig etablering i motsetning til på gårdbrukernes jorder hvor sentrifugalspredere ble benyttet. Tidspunkt for arbeidet var i tillegg avgjørende for et godt resultat. Fangvekster står gjerne høyt på prioriteringslista til gårdbrukerne som NLR jobber med (som har valgt å implementere dette tiltaket), mens rutene i feltforsøket dessverre ble høstet for sent på høsten. Generelt var de vårsådde fangvekstene vanskelige å etablere.

Videre ble direktesåing av fangvekster diskutert og NLR hevdet at denne praksisen muligens er bedre for å lykkes med å få fangvekstene til å spire. Tidlig etablering ble vurdert som den viktigste faktoren som påvirker hvor vellykket fangvekstene blir, og dersom gårdbrukeren blir nødt til å bruke en annen teknikk for å være i stand til å så tidlig nok anbefales dette.

Suksessen til fangvekstene var i tillegg sterkt påvirket av snegler, som var en stor utfordring på Øsaker. En av deltakerne hevdet at rutenes størrelse var med på å øke risikoen for at vekstene ble spist av snegler. Større ruter kan være et tiltak som reduserer dette problemet.

Noen av deltakerne kommenterte at de var overrasket over at vekstskiftet ikke viste noen positiv effekt på nivåer av organisk materiale, men dette kan forklares av prosjektets relativt korte varighet. Signifikante endringer i disse nivåene tar gjerne flere år. En annen mulig årsak er at lave avlingstall og dårlig etablering førte til lav tilbakeføring av organiske materiale fra vekstene i feltet. Vi har fremdeles tro på at det er en positiv sammenheng mellom vekstskifte og tilbakeføring av organisk materiale, men trenger langtidsstudier for å demonstrere sammenhengen. Ifølge NLR rapporterer gårdbrukere om gode effekter av vekstskifte. Flere av deltakerne kommenterte i tillegg at en lengre prosjektperiode også ville vært å foretrekke med tanke på at de ulike værforholdene de aktuelle årene gjør tolking av data vanskelig.

I forbindelse med jordpakkingsfeltet på Solør ble det også stilt spørsmål om i hvilken grad jordpakking under plogsjiktet er en vanlig problemstilling i Norge. Ansvarlig for feltet på Solør svarte at dette også er et problem i Norge, særlig når snø isolerer jorda, som hindrer frost under 15 cm dybde.

7.3.1 Prosjektets samfunnsbidrag

Fra gruppearbeidet hvor interessentene skulle svare på spørsmål angående nytte og validering, formidling og fordeler, samt læringsutbytte (7.2) kom tilbakemeldinger på at de opplevde at valget av fangvekster som jordforbedrende tiltak i de norske studieområdene var både interessant og nyttig, på tross av at noen av deltakerne forventet tydeligere resultater og større effekter av tiltakene. Det ser ut til å være et økende fokus på metoder for etablering av fangvekster i Norge, hvilke arter som er aktuelle, og hvilke effekter de har på både jordhelse, vannkvalitet/erosjon og karbonlagring. Noen deltakere understreket at SoilCare-prosjektet har vært en viktig bidragsyter til den økende interessen for fangvekster i Norge, både blant gårdbrukere (fangvekster pleide å ha et negativt rykte blant bønder, som gradvis ser ut til å endre seg) og i offentligheten generelt. Det ble også gitt tilbakemeldinger om at det var fordelaktig at store prosjekter som SoilCare satte søkelys på, samt økte bevisstheten rundt, tiltak som fangvekster.

Et annet viktig utbytte fra prosjektet, som ble nevnt av flere av deltakerne, var kunnskapen som ble tilegnet om fordeler og ulemper ved forsøksfeltenes design. Å øke kunnskapen om metoder for etablering av fangvekster er viktig for både forskere, rådgivere og gårdbrukere, og er en forutsetning for at tiltaket skal være vellykket. Erfaringskunnskap opparbeidet gjennom SoilCare-prosjektet er derfor et viktig utgangspunkt for videre forskning, og for å oppnå godt etablerte fangvekstforsøk som kan danne grunnlag for mer kunnskap om effekter under norske forhold. Representanter fra Statsforvalteren hevdet at å øke den norske kunnskapsbasen om fangvekster også er viktig for å bistå

forvaltningen med informasjonen de trenger for å utarbeide programmer og retningslinjer for tiltak i landbruket. De understreket viktigheten av formidling av forskningsresultater, og ønsket i tillegg at forskere skal ytre tydeligere synspunkter på hvordan forskningsresultatene skal tolkes og brukes. De ønsket at forskere tar en mer aktiv rolle når det kommer til å tolke hva resultatene betyr på tross av all usikkerhet i dataene. Selv om resultatene fra dette forsøket var for usikre ville de satt pris på mer informasjon om hvordan de kan forstås i relasjon til andre studier. Dette var for øvrig en generell betraktning, og ikke rettet mot SoilCare-prosjektet generelt.

Deltakerne etterspurte flere liknende prosjekter, gjerne langvarige studier, slik at resultatene lettere kan verifiseres. De ønsket mer kunnskap om effekter av fangvekster på flere jordvariable og kartlegging av egnetheten til flere fangvekstarter, gjerne i samarbeid med rådgivere og gårdbrukere. Det ble kommentert at det ville være fordelaktig å vurdere mer praktisk rettet forskning i fremtidige prosjekter, som representerer større systemer, og hvor bondens redskap blir brukt. Dette for å produsere resultater som er mer representative for bonden. Det ble i tillegg kommentert at det er viktig å simulere et «ekte» system når man designer et feltforsøk. Fokuset på fangvekster og forespørslor om informasjon fra bønder øker, og kunnskap om regional tilpasning av tiltaket er viktig.

En annen tilbakemelding var at prosjektet har vært nyttig for nettverksbygging både nasjonalt og internasjonalt (sistnevnte gjelder i hovedsak forskerne i prosjektet), og for å samle interessenter med ulik erfaring og roller. Andre sa at de satt pris på tilnærmingen prosjektet hadde til medvirkning, med invitasjon til dialog via idéverksteder.

7.3.2 Fremtidig innvirkning

Det ble foreslått flere potensielle interessenter som kunne hatt nytte av prosjektet. En av gruppene understreket viktigheten av å informere beslutningstakere, gårdbrukere, offentligheten og ulike statlige institusjoner som Stasforvalteren. Støtte fra offentlige myndigheter er viktig for å stimulere gårdbrukere til å teste og ta i bruk fangvekster. Prosjektresultatene er, ifølge en annen av gruppene, viktig for alle som jobber i/med landbruket, men at det er viktig å bruke resultatene med varsomhet og i sammenheng med andre liknende studier ettersom resultater vil variere. Andre som kunne være interessert i prosjektresultatene er representanter fra ulike vannområder, samt fra landbruksskoler. Det ble også foreslått å produsere faktaark med prosjektresultater, men også å søke midler for å ha mulighet til å drifte forsøksfeltene videre etter prosjektets levetid (samt formidle eventuelle resultater).

Finansiering av mer forskning på feltet er viktig for å produsere med kunnskap om effekter av fangvekster i Norge. Flere forsøk vil også utstyre forskerne med et større grunnlag for å tolke resultater. Både å opprette og vedlikeholde forsøksfelt er tid- og ressurskrevende, og det ble foreslått at en bedre utnyttelse av resultater fra slike forsøk ville være å opprette en database som kunne danne en oversikt over effekter av ulike fangvekster i ulike regioner, teknikker for såing, osv.

8 anbefalinger

De norske studieområdene befinner seg i en av de viktigste regionene for korndyrking i Norge, med jordbruksjord dannet av marine sedimenter bestående av leire og silt. I enkelte områder er opp til 40 % av denne landbruksjorda planert, som har ført til økt erosjonsrisiko. Nedbørmengder ligger på rundt 665-785 mm årlig nedbør, og vinterperioden med frossen jord og snøsmelting har stor innvirkning på jordprosesser som infiltrasjon og erosjon. Jordtrusler som påvirker jordkvalitet- og helse i området er i hovedsak erosjon, jordpakking, dårlig drenering, monokulturer (ingen vekstskifte og liten variasjon i valg av vekster), plantesykdommer (andre utfordringer relatert til plantehelse), og suboptimal gjødselbruk.

Området er dominert av konvensjonelt landbruk, mens økologisk landbruk primært foregår i småskala. Jordbevarende praksis/metoder og presisjonslandbruk blir promotert og inngår i ulike forskningsprosjekter, men ikke i særlig stor skala. For å motta produksjonstilskudd er alle gårdbrukere pliktig til å ha gjødslingsplan basert på analyseresultater fra jordprøver som viser konsentrasjoner av næringsstoffer i jorda. Det regionale miljøprogrammet bevilger subsidier til gårdbrukere som praktiserer redusert jordarbeiding, lar åkeren ligge i stubb, lett høstharving (hvor minst 30 % planterester forblir på jordoverflaten), direktesåing, og bruk av fangvekster. I tillegg bevilges subsidier til gårdbrukere for å dyrke gras på områder som er særlig utsatt for erosjon, samt som etablerer buffersoner (gras) langs vannforekomster, grasdekte vannveier, og fangdammer.

8.1 Oversikt over nøkkelinstitusjoner og lovgivning

De viktigste institusjonene som direkte eller indirekte kan påvirke bruken av jordforbedrende tiltak i regionen er: Landbruks- og matdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet, og Statsforvalteren i Oslo og Viken.

Ettersom Norge ikke er medlem av EU, er vi formelt sett ikke pålagt å implementere all EU-lovgivning. Allikevel er deler av norsk lovgivning utformet i henhold til flere miljødirektiver fra EU, som forskrift for bruk av plantevernmidler, forskrift for bruk av gjødselmidler og Vanndirektivet.

Med tanke på kategorier av virkemidler, er de økonomiske og regulerende mest utbredt, i hovedsak gjennom nasjonal lovgivning i form av forbud, subsidier, og nasjonale strategier. Tabell 22 viser en oversikt over de viktigste forskriftene som påvirker landbrukspraksis i studieområdene. Tabellen skiller mellom regionale og nasjonale forskrifter/virkemidler, samt identifiserer påvirkningen på ulike jordforbedrende tiltak.

Tabell 22. Oversikt over de viktigste forskriftene som påvirker landbrukspraksis i studieområdene.

Navn på forskrift	Skala	Påvirkning på SICS	Beskrivelse av forskrift
Forskrift om produksjonstilskudd og avløsertilskudd i jordbruket	Nasjonal	Alle	Retningslinjer for arealbruk. Forordningen fastsetter regler for tilskudd i landbruket. Søkeren må ha et kart over arealer som til enhver tid disponeres/er berørt av landbruksdrift. Kulturminner, områder som er viktige for naturmangfoldet, områder med fare for påvirkning av erosjon og næringsstoffer, og annen miljømessig påvirkning må kartlegges og beskrives.
FOR-2003-07-04-951 Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav	Nasjonal	Bruk av næringsstoffer	Målet med denne forskriften er å sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av regelverket, for å forhindre forurensning, helse- og hygieneulempes ved produksjon, lagring og bruk av gjødsel av organisk opprinnelse og lette bruken av disse produktene som ressurs. Forordningen vil også bidra til miljømessig forsvarlig jordforvaltning og å ta hensyn til viktigheten av biologisk mangfold. Forordningen inkluderer blant annet organiske gjødselprodukter, inkludert husdyrgjødsel, silopressaft, avløpsslam, vannverkslam, kompostprodukter og annen organisk gjødsel, organisk-mineralsk gjødsel, organisk og uorganisk dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler, jorddekkingsmidler, anaerobt omsatt biomasse, forbrenningsprodukter, komposteringspreparater og vekststoffer med mikroorganismer. Reguleringen setter grenser for innhold av tungmetaller (Pb, Cd, Hg, Ni, Zn, Cu og Cr), samt grenser for tidspunktet for hvor bruk er tillatt og mengder i forhold til totalt nitrogen (17 kilo/hektar).
FOR-2015-05-06-455 Forskrift om plantevernmidler	Nasjonal	Bekjempelse av skadegjørere, integrert plantevern	Forskriften gjelder godkjenning, salg og bruk av plantevernmidler, aktive stoffer inkludert mikroorganismer og andre plantevernmidler. Bekjempelsesmiddelsertifikater kreves for kjøp og bruk av profesjonelle produkter og for å gi profesjonell veiledning om kjemisk plantevern. Forordningen fastsetter regler for bruk av plantevernmidler i nærheten av boliger, sommerhus og vannveier. Integrert skadedyrbekjempelse er også omfattet av forskriften, slik at brukere av yrkespreparater bør integrere og anvende de generelle prinsippene for integrert plantevern.
FOR-2006-12-15-1446 Forskrift om rammer for vannforvaltningen	Nasjonal	Bruk av næringsstoffer	Formålet med denne forskriften er å gi et rammeverk for å sette miljømål som skal sikre best mulig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannressurser. Forordningen vil sikre at regionale forvaltningsplaner og tilhørende handlingplaner utarbeides og godkjennes med sikte på å oppfylle miljømålene og sikre at nødvendig kunnskapsgrunnlag oppnås for dette arbeidet.

Navn på forskrift	Skala	Påvirkning på SICS	Beskrivelse av forskrift
FOR-2016-04-06-392 Forskrift om tilskudd til regionale miljøtiltak i landbruket, (forskrift om RMP-tilskudd), Oslo og Akershus	Regional	Bruk av næringsstoffer, integrert plantevern, avlingssekvens, fangvekster	Formålet med denne forskriften er å sikre at gårdene i Oslo og Akershus er miljøansvarlige og ivaretar kulturlandskapet. Forordningen fastsetter regler for subsidier for å forbedre miljøet eller redusere miljøpåvirkningen fra landbruket. En rekke spesifikke tiltak som er jord-/dyrkingssystemrelaterte, er kvalifiserte for subsidier, som ingen eller utsatt/ redusert jordbearbeiding (åker i stubb). Fangvekster er også berettiget til subsidier dersom det ikke blir brukt plantevernmidler og gjødsel, samt ingen jordarbeiding før påfølgende vår. Buffersoner langs vannveier er støtteberettigede, men må oppfylle en rekke kriterier definert i forskriften i relasjon til område, påføring av gjødsel osv. Spesifikke tilskudd er tilgjengelige for å etablere flerårig gress på særlig erosjonsutsatte områder eller områder med fare for flom. Kapittel 3 omhandler tilskudd rettet mot å redusere bruken av kjemikalier som mekanisk ugrasbekjempelse og forbrenning. Kapittel 5 omhandler tilskudd som er rettet mot tiltak for å beskytte biologisk mangfold, for eksempel naturlige landskap, dvs. trær og hekker og habitater der fugler hekker.
Nasjonale jordvernstrategi	Nasjonale	Alle	Regjeringen har utgitt en nasjonal jordvernstrategi som tar sikte på å sikre at den årlige omdisponeringen av dyrkbar jord ikke overstiger 4000 dekar (innen 2020).

8.1.1 Økonomiske- og juridiske virkemidler i Norge

En rapport om valget av gode politiske virkemidler på EU- og studieområdenivå (Deliverable 7.2) ble utarbeidet av McNeill m.fl. (2021) i SoilCare-prosjektet. Dette på bakgrunn av at det er en økende konsensus om at jordbrukspraksis i Europa må endres dersom man skal opprettholde både økonomisk lønnsomhet og bærekraft, som gjenspeiles av politiske initiativer på europeisk nivå. Dette medfører et økt press på produsenter til å endre driftspraksis og tilpasse seg til ny teknologi, ikke bare som følge av det politiske landskapet, men også som resultat av egen miljøbevissthet og en økende bevissthet blant konsumenter. På tross av dette står innovasjon knyttet til jordkvalitet fremdeles svakt, både når det gjelder implementering og utbredelsen av tiltak.

Arbeidet som ble presentert i rapporten var basert på en analyse av politiske rammeverk i EU, nasjonale, og sub-nasjonalt nivå, og tilbakemeldinger samlet fra europeiske og nasjonale interessenter. Resultatene ble brukt til å formulere noen overordnede anbefalinger for handlinger som kan legge til rette for en bredere implementering av jordforbedrende tiltak på tvers av Europa.

Anbefalingene identifisert i denne analysen kan deles inn i fem overordnede kategorier; 1) Definere langsiktige ambisjoner og mål, 2) Øke sammenhengen og synergier mellom lovgivning på en mer effektiv måte, 3) Designe målrettede økonomiske virkemidler som legger til rette for en endring til bærekraftige praksiser og belønne de miljømessige fordelene det gir, 4) Styrke etablerte og etablere nye muligheter for læring og kunnskapsutvikling for gårdbrukere, 5) Styrke overvåking og håndheving.

Spesifikke anbefalinger ble gjort for hvert av landene som er inkludert i prosjektet. I Norge ble analysen gjort for Øst-Norge, ettersom dette er landsdelen hvor begge feltforsøkene fant sted. Fangvekster som jordforbedrende tiltak (for reversering av pakkeskade (Solør) og generell jordforbedring (Øsaker)), som ble testet ut i de norske studieområdene, representerer viktige alternative praksiser/tiltak som adresserer de største jordtruslene i denne delen av landet: jordpakking, erosjon (og tap av organisk materiale), og tap av næringsstoffer. Disse truslene går i

tillegg for å være blant de mest avlingsbegrensende faktorene i norsk kornproduksjon (Uhlen et al., 2017). Fangvekster er derfor et tiltak som potensielt kan bedre jordhelsen i landsdelen.

8.1.2 Dagens lovgivning

Det eksisterende rammeverket for politiske virkemidler i Øst-Norge legger allerede til rette for fangvekster gjennom ulike regulerende, økonomiske og frivillige virkemidler og tiltak (merket med lys grønnfarge i Tabell 23). Analysen viser at økonomiske virkemidler fremmer fangvekster som tiltak (merket med mørk grønnfarge i Tabell 23). De samme virkemidlene gir insentiver til redusert/ingen jordarbeiding, som også reduserer jordpakking og erosjon. «Smart» håndtering av planterester og kontrollerte kjørespor, som også påvirker de samme jordtruslene, er ikke insentivisert eller regulert av de gjeldende virkemidlene.

Tabell 23. Dekning av jordforbedrende tiltak i gjeldende regionale lovgivning, virkemidler og tiltak i Norge.

	Vekstskifte	Grøngjødsling fangvekster	Integrert næringsstoffforvaltning	Redusert/ingen jordarbeiding	Integrert skadedyrskjempelese	«Smart» håndtering av planterester	Kontrollerte kjørespor
Forskrift om tilskudd til regionale miljøtiltak i landbruket, (forskrift om RMP-tilskudd), Oslo og Akershus (FOR-2016-04-06-392)							
Forskrift om rammer for Vannforvaltningen (FOR-2006-12-15-1446)							
Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (FOR-2003-07-04-951)							
Forskrift om Plantevernmidler (FOR-2015-05-06-455)							

Resultater samlet gjennom intervjuer, litteraturstudier og idéverksteder for interessenter viser at ulike kontekstuelle faktorer bidrar til å undergrave utbredelsen av jordforbedrende tiltak generelt, og

fangvekster spesielt. Noen av funnene antyder at utbredelsen av jordforbedrende tiltak går i positiv retning. Samtidig gjenstår det fremdeles barrierer for implementering av slik praksis.

De viktigste faktorene som er utslagsgivende hvordan politiske virkemidler påvirker jordkvalitet i Norge er ifølge rapporten:

- Svake økonomiske insentiver
- Mangel på bestemte målsettinger for jord i eksisterende lovgivning
- Liten sammenheng mellom ulike virkemidler
- Leiejord
- Mangel på formidling/informasjons- og kunnskapsdeling
- Påvirkning av klimaendringer

8.2 Jordforbedrende tiltak

Basert på analysen av flaskehalser og muligheter i nasjonal lovgivning for utbredelse av jordforbedrende tiltak i Øst-Norge danner grunnlaget for følgende anbefalinger:

Utarbeide et mer fleksibelt system for økonomiske virkemidler: Frivillige økonomiske insentiver er det viktigste virkemiddelet for implementering av ny landbrukspraksis med positive effekter på jordkvalitet i Øst-Norge. Det er behov for å vurdere de ulike forutsetningene ulike gårdbrukere har (som f.eks. ulikheter i forbindelse med leiejord) for å oppnå at subsidier er tilgjengelige uten å øke den administrative byrden for bonden. I tillegg bør insentivene tilpasses endrede forhold som f.eks. inflasjon, så de ikke mister sin verdi med tiden.

Revidere de eksisterende virkemidlene og inkludere mer ambisiøse, langsiktige mål: Enkelte virkemidler, særlig de økonomiske, fungerer godt når det kommer til å oppmuntre gårdbrukere til å implementere jordforbedrende tiltak. For å utvikle disse positive tendensene bør virkemidlene tilpasses til å legge til rette for et bredere utvalg gårdstyper og inkludere mer ambisiøse mål. I tillegg viser erfaring at endringer av virkemidler og tilskuddsordninger, slik som RMP, kan opptre som en barriere for implementering. Å tilby vedvarende finansiering via subsidier og lovgivningsmessig sikkerhet er avgjørende for å motivere bøndene til å tilpasse sin praksis.

Hovedstrømning av målsettinger for jord og god jordforvaltning i eksisterende lovgivning: Mange fordeler for jordhelse kan oppnås gjennom andre sektorielle eller miljømessige virkemidler. Dette er ikke ansett som en barriere for implementering av jordforbedrende tiltak, men det er en risiko for at viktige jordtrusler ikke blir adressert dersom de ikke faller under/berøres av lovgivningen til andre sektorer.

Etablere mekanismer for effektiv kunnskapsformidling og utveksling: Det er anekdotisk bevis for at det å øke gårdbrukeres bevissthet, utveksling av praksiser, og veiledning fra landbruksrådgivningen har påvirkning på bondens valg av praksis, gjerne i forbindelse med valg av jordforbedrende tiltak. Av denne grunn bør forskningsresultater gjøres tilgjengelig og distribueres vidt, i tillegg til at lærings- og videreformidlingsaktiviteter bør oppmuntres. Kunnskap bør formidles via ulike kanaler, både gjennom ulike fakta- og veiledningsdokumenter, gårdsbesøk og demonstrasjonsdager/markvandring.

9 Konklusjoner

SoilCare har hatt som mål å undersøke potensialet til jordforbedrende tiltak, samt identifisere og teste områdespesifikke jordforbedrende dyrkingssystemer med antatt positiv effekt på lønnsomhet og bærekraft i Europa. I de norske studieområdene har derfor fangvekster og biologisk jordløsning blitt testet ut i henholdsvis Øsaker og Solør. Samarbeid med ulike interessenter har vært en sentral del av dette prosjektet og bidratt til å identifisere årsaker til redusert jordkvalitet, aktuelle tiltak, strategier for videre implementering og evaluering av prosjektets resultater. Dette har gitt viktige innspill og informasjon som har dannet grunnlag for videre anbefalinger for å bedre forvaltningen av jord i Norge.

Arbeidet med feltforsøk har vært krevende grunnet ulike værforhold, men på tross av dette har prosjektet produsert viktige resultater i form av erfaringskunnskap og formidling av viktigheten av god jordkvalitet. Søkelyset på fangvekster har i tillegg vært positiv og bidratt til en stadig økende interesse blant norske bønder. Erfaringskunnskap er avgjørende for å lykkes med nye tiltak og ny teknologi og blir gjerne til ved «prøving og feiling». Erfaringer gjort i feltforsøkene i dette prosjektet, i tillegg til erfaringer gjort av gårdbrukere med tilknytning til NLR, har bidratt til å gi oss mer kunnskap om hvordan man kan lykkes med tiltaket under ulike værforhold, etablering av ulike arter, og erfaringer med forskjellige utfordringer som kan oppstå i et slikt system.

Produksjon av mer kunnskap om fangvekster gjennom fremtidige forskningsprosjekter i samarbeid med rådgivere og gårdbrukere, samt etablering av gode mekanismer for effektiv kunnskapsformidling- og utveksling er sentrale anbefalinger basert på resultater fra SoilCare-prosjektet. I tillegg bør det utarbeides mer fleksible systemer for økonomiske virkemidler som motiverer gårdbrukere til å iverksette tiltak uten at den administrative byrden blir for stor.

EU jobber i 2021 med å utvikle en ny jordstrategi frem mot 2030 som skal erstatte jordstrategien fra 2006 (EU Soil Thematic Strategy). Den nye strategien har som mål å adressere jord- og landbaserte problemstillinger for å oppnå nøytralitet i jordforringelse innen 2030. Strategien har som mål å beskytte europeisk jordfruktbarhet, redusere erosjon og øke andelen organisk materiale i jord, og vil blant annet definere god økologisk status for jord, samt bedre overvåkingen av jordkvalitet. Dette i sammenheng med EUs strategi for biodiversitet (EU Biodiversity Strategy) hvor viktigheten av å beskytte jorda og identifisere forurensede og forringede jordforekomster understrekes. EU har tydelige internasjonale forpliktelser når det kommer til vern av jordkvalitet, også med tanke på at jord og landområder ligger i kjernen av de fleste bærekraftsmålene.

Prioritering av jordressursene er også i tråd med blant annet EUs globale handlingsplaner og Grønne giv «Green Deal». Det europeiske miljøbyrået (EEA) har tidligere konkludert med at mangelen på et helhetlig og sammenhengende rammeverk for å beskytte EUs landområder og jordressurser er en viktig utfordring som kan redusere innvirkningene av dagens insentiver og tiltak, i tillegg til å redusere Europas evne til å oppnå fremtidige målsettinger. Dette medfører at et nytt politisk rammeverk er nødvendig ettersom jordstrategien fra 2006 ikke lenger står seg i sammenheng med dagens forskrifter, eller med tanke på dagens kunnskapsnivå.

Den nye jordstrategien skal oppnå sine målsettinger for jordkvalitet ved blant annet å promotere bærekraftig landbrukspraksis, iverksette tiltak for å restaurere forringet jord, bedre overvåkingen av jordkvalitet, tilpasse og forbedre relevante EU-rammeverk i tråd med målsettingene i EUs Grønne giv (klimanøytralitet, null forurensning, bærekraftig matsystemer og motstandsdyktige økosystemer), utvikle kunnskap og forskning, og akselerere endringen mot bærekraftig jordforvaltning (European Commission, 2021).

Også i Norge er det avgjørende at god jordkvalitet sikres gjennom nasjonale strategier, og at det lages rammeverk og målsettinger for jord og god jordforvaltning. Vi anbefaler derfor at de eksisterende norske virkemidlene (juridiske/økonomiske/regulerende) revideres med hensikt om å inkludere mer ambisiøse og langsiktige mål for vern av jordkvalitet. Bevaring av jordkvalitet omfattes for øyeblikket

ikke av norsk lovgivning direkte, men påvirkes kun indirekte gjennom andre sektorielle eller miljømessige virkemidler (særlig Vanddirektivet). Det er derfor behov for nye virkemidler med mål om å sikre god jordkvalitet og matsikkerhet i Norge.

Litteraturreferanse

- ABRAHAMSEN, U. 2018. Forgrødevirkning av havre, oljevekster, erter og åkerbønne. *NIBIO Bok*, 4, 118-122.
- BØE, F., STURITE, I., LÅGBU, R., HEGRENES, A. & RING, P. H. 2020. Fangvekster som klimatiltak i Norge. Egnede dyrkingsareal, potensiale for klimagassbesparelse, kostnader, barrierer og virkemiddel. *NIBIO Rapport*, 6, 52.
- CASSMAN, K. G. 1999. Logical intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96, 5952-5959.
- ENTRUP, N. L. & OEHMICHE, J. 2006. Lehrbuch des Pflanzenbaues, Teil 1. *Agroconcept Bonn*, 2006.
- EUROPEAN COMMISSION 2021. Roadmap. New Soil Strategy - healthy soil for a healthy life. *Ref. Ares*, (2020)6391319 - 05/11/2020.
- FAO & ITPS 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- JONES, A., PANAGOS, P., BARCELO, S., BOURAOUI, F., BOSCO, C., DEWITTE, O., GARDI, C., ERHARD, M., HERVAS, J., HIEDERER, R. & ET AL. 2012. The State of Soil in Europe: A Contribution from JRC to the European Environmental Agency's Environment State and Outlook Report - SOER 2010. *Publications Office: Luxembourg*.
- LAL, R., LOGAN, T. J., ECKERT, D., DICK, W. A. & SHIPITALO, M. J. 1994. Conservation tillage in the corn belt of the United States. Conservation tillage in temperate agroecosystems. *M. R. Carter. Boca Raton, Florida, USA, Lewis*, 73-114.
- LEBERT, M., BOKEN, H. & GLANTE, F. 2007. Soil compaction - indicators for the assessment of harmful changes to the soil in the context of the German Federal Soil Protection Act. *Journal of Environmental Management*, 82, 388-397.
- LOVDATA 1995. Lov om jord (jordlova). *Landbruks- og matdepartementet*, LOV-2021-05-07-34 fra 01.06.2021.
- LÖFKVIST, J. 2005. Modifying soil structure using plant roots. PhD, SLU.
- MCNEILL, A., MURO, M., TUGRAN, T. & LUKACOVA, Z. 2021. Report on the selection of good policy alternatives at EU and study site level. *SoilCare Scientific Report*, Deliverable 7.2.
- NAFZIGER, E. 2012. Cropping Systems. In: *Illinois Agronomy Handbook*. 49-63.
- OENEMA, O., HEINEN, M., PEIPEI, Y., RIETRA, R. & HESSEL, R. 2017. A review of soil-improving cropping systems. *SoilCare Scientific Report*, Deliverable 2.1.
- REED, M. & OUGHTON, L. 2016. Stakeholder Analysis Report. *SoilCare Scientific Report*, Deliverable 3.1.
- REED, M., VELLA, S., SIDOLI DEL CENO, J., NEUMANN, R. K., DE VENTE, J., CHALLIES, E., FREWER, L., VAN DELDEN, H. & OUGHTON, L. 2017. A theory of participation: what makes stakeholder and public participation in environmental management work? *Restoration Ecology*, 26, S7-S17.

- SCHULTE, R. P. O., BAMPA, F., BARDY, M., COYLE, C., CREAMER, R. E., FEALY, R., GARDI, C., GHALEY, B. B., JORDAN, P., LAUDON, H., O'DONOGHUE, C., Ó'HUALLACHÁIN, D., O'SULLIVAN, L., RUTGERS, M., SIX, J., TOTH, G. L. & VREBOS, D. 2015. Making the Most of Our Land: Managing Soil Functions from Local to Continental Scale. *Frontiers in Environmental Science*, 3.
- SEEHUSEN, T. 2017. Pakking, løsnings og jordarbeiding til vårkorn. *NIBIO Bok*, 1, 145-148.
- SEEHUSEN, T., RIGGERT, R., FLEIGE, H., HORN, R. & RILEY, H. 2019. Soil compaction and stress propagation after different wheeling intensities on a silt soil in South-East Norway. *Acta Agric. Scand., Sect. B*, 69, 343-355.
- SERIKSTAD, L. G., HANSEN, S. & DE BOER, A. 2013. Biologisk nitrogenbinding- belgvekster som kilde til nitrogen. *Bioforsk Fokus*, 8.
- SPOOR, G. 2006. Alleviation of soil compaction: requirements, equipment and techniques. *Soil use and management*, 22, 113-122.
- STOLTE, J., MEHRETEAB, T., ØYGARDEN, L., KVÆRNO, S., KEIZER, J., VERHEIJEN, F., PANAGOS, P., BALLABIO, C. & HESSEL, R. 2016. Soil threats in Europe. *EUR 27607 EN*.
- UHLEN, A. K., BØRRESEN, T., KVÆRNO, S., KROGSTAD, T., WAALEN, W., STRAND, E., BLEKEN, M. A., DEELSTRA, J., SUNDGREN, T., LILLEMO, M., RILEY, H., ABRAHAMSEN, U. & ØYGARDEN, L. 2017. Økt kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis. En vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkninger i kornproduksjon. *NIBIO Rapport*, 3, 47.
- WEZEL, A., CASAGRANDE, M., CELETTE, F., VIAN, J. F., FERRER, A. & PEIGNÉ, J. 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 1-20.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.