



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Effekter av direktesåing og fangvekster på jordhelse i Trøndelag og Østlandet

Oppsummering av resultater fra det treårige prosjektet JorNor

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 93 | 2024



Frederik Bøe, Ilevina Sturite, Maren Holthe, Thiago Inagaki, Anders Aas, Jannes Stolte

**TITTEL/TITLE**

Effekter av direktesåing og fangvekster på jordhelse i Trøndelag og Østlandet  
Oppsummering av resultater fra det treårige prosjektet JorNor

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Frederik Bøe, Ievina Sturite, Maren Holthe, Thiago Inagaki, Anders Aas, Jannes Stolte

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKT NR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
02.09.2024	10/93/2024	Åpen	52284	20/01273
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-03554-1	2464-1162	38	1	

**OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:**

Landbruksdirektoratet

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Martina Skjellerudsveen

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Jordhelse, jordbruk, indikatorer, feltforsøk,  
gårdseier

Soil health, agriculture, indicators, field  
experiments, farmers

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Jord, jordbruk

Soil, agronomy

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Jordhelse og metoder for å vurdere hva som er god jordhelse er i stadig utvikling. Ulike sammensetninger av leire, silt og sand, lokale forhold som vær og produksjonsform setter rammene for hva som er god jordhelse et bestemt sted. Det er et behov for å undersøke om direktesåing og bruk av fangvekster er effektive tiltak for å øke jordhelsen. Formålet med JorNor prosjektet var å dokumentere og demonstrere effekter av direktesåing og fangvekster på jordhelse. For å lykkes med direktesåing var det et behov for å kartlegge hvilke såmaskiner som egner seg til dette. Prosjektet ble gjennomført i et samarbeid mellom gårdbrukere fra Østlandet og Trøndelag, rådgivere fra NLR og forskere (NIBIO). Ulike direktesåingsmaskinene ble testet ut. Resultater viser forholdsvis jevn oppspiring og jevnt antall med planter etter de forskjellige behandlingene på høsten. På våren var plantetettheten tilfredsstillende for alle maskinene. Det ble etablert feltforsøk i Midt-Norge og på Østlandet. Gårdsforsøk ble gjennomført i Stadsbygd (Midt-Norge) og i Ås (Østlandet). I Steinkjer ble det undersøkt effekten av ulike blandinger med fangvekster på jordhelseindikatorer. Erfaringer fra gårdsforsøk og ruteforsøk i Trøndelag og på Østlandet viser fordeler ved bruk av fangvekster for noen fysiske, kjemiske og biologiske jordhelseindikatorer. Ruteforsøket på Tuv viste at en kan lykkes med fangvekster også i Trøndelag dersom fangvekstene sås samtidig med eller kort tid etter såing av vårkorn.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

GODKJENT /APPROVED



---

DOMINIKA KRZEMINSKA

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



---

JANNES STOLTE



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Prosjektet består av følgende samarbeidspartnere NIBIO: drift feltforsøk, prøvetaking, analyse, oppfølging og rapportering. Fra NIBIO avdeling Jord og arealbruk: Jannes Stolte (prosjektleder), Frederik Bøe og Kamilla Skaalsveen. Fra NIBIO avdeling Fôr og Husdyr: Ievina Sturite. Fra NIBIO avdeling Biogeokjemi og jordkvalitet: Thiago Inagaki, Adam O'Toole, og Anders Aas. NLR: drift feltforsøk, test av såmaskiner, oppfølging, demonstrasjoner i felt. Fra NLR Øst: Per Gunnar Kraggerud, Maren Holthe og Else Villadsen. Fra NLR Trøndelag: Elin Thorbjørnsen. Interessenter: Gårdbrukere i kontakt med NLR.

Ås, 02.09.24

Jannes Stolte

# Innhold

1	Innledning.....	6
2	Materiale og metoder .....	8
2.1	Studieområder.....	8
2.1.1	Midt-Norge.....	8
2.1.2	Østlandet.....	9
2.2	Forsøksoppsett og behandlinger .....	9
2.2.1	Gårdsforsøk på Østlandet .....	9
2.2.2	Gårdsforsøk i Midt-Norge .....	10
2.2.3	Feltforsøk i Midt-Norge.....	11
2.2.4	Feltforsøk på Østlandet.....	13
2.3	Prøvetaking og analyser .....	14
2.3.1	Gårdsforsøk .....	14
2.3.2	Feltforsøk .....	15
2.3.3	Statistikk.....	16
3	Resultater .....	18
3.1	Gårdsforsøk i Midt-Norge og Østlandet .....	18
3.1.1	Fysiske parameter .....	18
3.1.2	Kjemiske parameter .....	19
3.1.3	Biologiske parameter .....	21
3.2	Feltforsøk i Midt-Norge .....	22
3.2.1	Korn avling og kvalitet og biomasse fangvekster .....	22
3.2.2	Fysiske parameter .....	23
3.2.3	Kjemiske parameter .....	24
3.2.4	Biologiske parameter .....	25
3.3	Feltforsøk på Østlandet – utfordringer gjennom forsøksperioden .....	26
3.4	Demonstrasjon av direktesåingsmaskiner.....	27
3.4.1	Såmaskiner .....	28
3.4.2	Plantetelling .....	30
3.4.3	Avling.....	31
4	Diskusjon.....	32
5	Konklusjon .....	34
6	Litteraturreferanse .....	35
7	Appendix.....	36

# 1 Innledning

Jordhelse kan defineres som “the ability of the soil to sustain the productivity, diversity, and environmental services of terrestrial ecosystems” (ITPS, 2020). Fritt oversatt til:

*Evnen jordsmonnet har til å opprettholde produktiviteten, diversiteten og andre økosystemtjenester.*

Dette innebærer at de fysiske, kjemiske og biologiske egenskapene til jorda er i en god tilstand. Jordhelse og metoder for å vurdere hva som er god jordhelse er i stadig utvikling. En viktig innfallsvinkel er at vurderinger av jordhelse må gjøres mht. konteksten jordsmonnet befinner seg i. For eksempel vil god jordhelse være forskjellig avhengig av om en sammenligner en jordtype med høyt karboninnhold på Vestlandet (for eksempel *Histosol*) og en jordtype fra marine avsetninger (for eksempel *Stagnosol*) på Østlandet. Ulike sammensetninger av leire, silt og sand, lokale forhold som vær og produksjonsform setter med andre ord rammene for hva som er god jordhelse et bestemt sted. Dermed kan også valg av ulike terskelverdier for ulike jordhelseindikatorer variere avhengig av sted. Det har nylig blitt fremlagt ulike terskelverdier som ikke bør overstiges for noen indikatorer (Panagos m.fl., 2024).

Det er kjent at ulike tiltak fremmer jordhelse bedre enn andre. Prinsipper for god jordhelse innebærer å ha et kontinuerlig plantedekke, minimere forstyrrelsen av jorda og variere bruken av planter (USDA: <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/conservation-by-state/north-dakota/soil-health-principle-1-of-4-soil-armor>). Prinsippene overlapper i stor grad med prinsippene for ‘Conservation agriculture’ (FAO: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>).

I denne rapporten brukes ‘direktesåingssystem’ synonymt med ‘Conservation Agriculture’ definert ut fra FAO. Et direktesåingssystem bygger i hovedsak på tre prinsipper:

- 1) Minimere forstyrrelse av jorda som ved ingen jordarbeiding/direktesåing
- 2) kontinuerlig plantedekke som ved bruk av fangvekster og
- 3) variert vekstskifte

Det er et behov for å undersøke om direktesåing og bruk av fangvekster er effektive tiltak for å øke jordhelsen også i Norge. Midt-Norge ligger høyere i breddegrad enn Østlandet, og har lavere årlig gjennomsnittstemperatur og kortere vekstsesong. Å etablere fangvekster kan derfor være en utfordring i områder med slike begrensninger. Prosjektet har derfor som mål å undersøke om fangvekster, og dens fordeler kan være et godt jordhelsetiltak på Østlandet og særlig i Trøndelag.

Formålet med prosjektet var å dokumentere og demonstrere effekter av direktesåing og fangvekster på jordhelse i Norge. For å lykkes med direktesåing var det et behov for å kartlegge hvilke såmaskiner som egner seg til dette. Det ble derfor testet egnethet av ulike såmaskiner for direktesåing av korn i samarbeid med Norsk Landbruksrådgiving (NLR). På Østlandet praktiseres direktesåing gjerne i kombinasjon med fangvekster. I Trøndelag er det mindre vanlige med direktesåing, og tilgang på slike maskiner er begrenset. Det ble derfor prioritert å undersøke fangvekster sådd på våren (feltforsøk).

Prosjektet har bestått av fem arbeidspakker (AP). AP1: Administrasjon og prosjektstyring, AP2: Uttesting av redskaper, AP3: Områdestudier/gårdsforsøk, AP4: Feltforsøk og AP5: Formidling.

I **AP2** er det blitt testet ut ulike maskiner for direktesåing ved å så vårkorn i utvintrede/overvintrende fangvekster på våren, samt såing av høstkorn etter en halmrik kornsort på høsten. Målinger ble utført i regi av NLR Øst over en toårs periode.

I **AP3** ble det målt langtidseffekter av direktesåing og fangvekster på jordhelse og karbonbinding. Det ble etablert områdestudier på gårdsnivå hos gårdbrukere som allerede hadde etablert direktesåingssystem (Østlandet og Trøndelag). Det blir tatt tilsvarende prøver fra

tradisjonelle/konvensjonelle gårdsbruk. Kartlegging av jordhelse bestod av målinger av fysiske, kjemiske, og biologiske jordhelseindikatorer.

I **AP4** ble det etablert forsøksfelt for å skille mellom effekter av de ulike komponentene ved et direktesåingssystem med fangvekster, samt for å teste hvordan ulike fangvekstarter presterer. Målinger som inngikk i denne arbeidspakken (i tillegg til jordhelseindikatorer i Tabell 7) var: Kornavling og kornkvalitet (protein, 1000 korn vekt) og biomasse av fangvekst målt på høsten. På grunn av dårlig etablering av fangvekstene i forsøksfeltet på Østlandet vises det bare resultater fra Midt-Norge (se avsnitt 3.3).

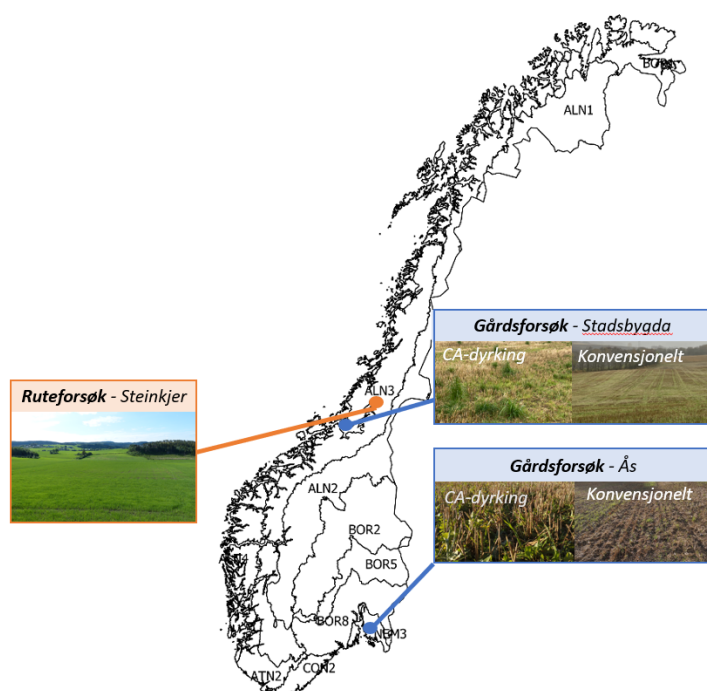
**AP 5** bestod av demonstrasjonsdager med demonstrasjon av ulike såmaskiner (i regi av NLR Øst) og presentasjon av resultater fra uttesting. Steinkjer og Østlandet: Markvandringsdag på høsten for å se på utvikling av fangvekster og effekt på jordhelse. Dette ble gjort i samarbeid med NLR Trøndelag og NLR Øst via deres nettverk av bønder.

Prosjektet ble gjennomført i et samarbeid mellom gårdbrukere fra Østlandet og Trøndelag, rådgivere fra NLR og forskere (NIBIO). Gjennom prosjektet har det blitt gjennomført løpende formidling med demonstrasjon- og markvandringsdager, nettbaserte publikasjoner samt (populær) vitenskapelig formidling.

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Studieområder

Fig. 1 viser en oversikt over lokasjoner for feltforsøkene og gårdsforsøkene. Det ble etablert feltforsøk i Steinkjer, Tuv gård (Midt-Norge) og på Østlandet. Det er ikke vist inngående resultater fra feltforsøket på Østlandet på grunn av dårlig etablering av fangvekstene (se avsnitt 3.3). Gårdsforsøk ble gjennomført i Stadsbygd (Midt-Norge) og i Ås (Østlandet). Studieområdene ligger i ulike klimasoner (Metzger et. al., 2005; 2012).



**Figur 1. Oversikt over studieområder i Midt-Norge og på Østlandet. Det ble gjennomført ruteforsøk i Steinkjer, Tuv gård (Midt-Norge) og på Østlandet. Gårdsforsøk ble gjennomført i Stadsbygd (Midt-Norge) og i Ås (Østlandet). Studieområdene ligger i ulike klimasoner (Metzger et. al., 2005; 2012). NEM 3 = Nemoral zone og ALN3 = Alpine North zone.**

#### 2.1.1 Midt-Norge

Trøndelagsregionen hvor felt- og gårdsforsøket ble gjennomført er preget av et kystpåvirket innlandsklima. Regionen er et viktig jordbruksområde for korn- og husdyrproduksjon. Normaltemperaturen og nedbøren er på henholdsvis 5 °C og 900 mm, mens lengden på vekstsesongen er om lag 160 dager (Bechmann m.fl., 2023).

Værdata relevant for de tre forsøksåra på Tuv er samlet i Tabell 1. Vekstsesongen 2021 startet med lite nedbør noe som påvirket etableringen av planter, især bygg. Middeltemperatur i mai, juni og juli var over normalen. Vekstsesongen 2022 var kaldere og med noe mer nedbør enn i 2021. I juli var middeltemperaturen 0,8 °C under normalen. Mest nedbør og høyest varmesum ble registrert i 2023.



**Tabell 1. Middeltemperatur (°C), varmesum (døgngader) og nedbør (mm) på Tuv for forsøksperioden mai-september i åra 2021-2023 og normalverdier 1991-2021. Døgngader er regnet ut med 0 °C som basistemperatur. Kilder: Meteorologisk institutt og VIPS (varmesum).**

År		Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Middel	Sum
2021	Middeltemperatur	9,3	14,4	17,5	13,2	10,6	13	
	Sum døgngader	276	445,1	542,4	410	318,8		1992,3
	Nedbør	28,2	61,6	59,2	66,8	98,8		314,6
2022	Middeltemperatur	8,6	14,7	14,3	14,3	10,5	12,3	
	Sum døgngader	214,8	307,8	370,8	443,9	315,9		1653,2
	Nedbør	42,2	87,2	82,8	120,4	40		372,6
2023	Middeltemperatur	8,9	14,9	15,4	15,4	11,7	13,3	
	Sum døgngader	277,3	447,8	431,1	466,5	333,8		1986,2
	Nedbør	56,8	54,8	93,2	120,4	155,8		481

## 2.1.2 Østlandet

Østlandet er et viktig område for kornproduksjon i Norge. Vekstsesongen er noe lengre sammenlignet med Midt-Norge med om lag 194 vekstdøgn. Klimaet på Ås er preget av ustabile vintre og varme somre med normalnedbør på 655 mm (Bechmann m.fl., 2023). Tabell 2 viser temperatur og nedbør på Ås gjennom prosjektperioden. Det var særlig lite nedbør i august 2021 og i mai 2023, mens det var derimot mye nedbør i månedene juli og august 2023.

**Tabell 2. Middeltemperatur (°C) og nedbør (mm) på Ås for forsøksperioden mai-september i åra 2021-2023. Kilder: Meteorologisk institutt.**

År		Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Middel	Sum
2021	Middeltemperatur	9,9	16,2	18,9	15,5	12,8	14,7	
	Nedbør	85,8	31,7	88,4	6,6	65,1		277,6
2022	Middeltemperatur	10,9	15,8	16,6	16,4	11,5	14,2	
	Nedbør	44,5	71,3	89,3	33,8	71,3		310,2
2023	Middeltemperatur	11,1	17,7	15,4	15,5	14,1	14,8	
	Nedbør	12	30,6	127,6	186,7	86,9		443,8

## 2.2 Forsøksoppsett og behandlinger

### 2.2.1 Gårdsforsøk på Østlandet

Skiftet med direktesåingssystem undersøkt på Ås er drevet pløyefritt i om lag 20 år, mens fangvekster er sådd de siste syv årene. Skiftet ble sammenlignet med er konvensjonelt drevet med pløying og harving med bygg og havre i rotasjon (Fig. 2). Tabell 3 viser vekster og fangvekster sådd i direktesåingssystemet på Ås.



Figur 2. Gårdsforsøk i Ås (Østlandet). Til venstre: Skifte med konvensjonell drift. I midten: Skifte med direktesåingssystem. Til høyre: Oljereddik (fangvekst) i skiftet med direktesåingssystem.

Tabell 3. Vekstskifte og fangvekster med direktesåingssystem fra 2018 to 2022 på Østlandet.

År	Vekster	Fangvekst	Tidspunkt såing
2018	Høstraps		
2019	Høsthvete	Oljereddik, vikker, honningurt, solsikker, blodkløver	Høst
2020	Bygg		
2021	Åkerbønner	Hvitkløver	Vår
2022	Høsthvete	oljereddik, vikker, honningurt, solsikke, blodkløver	Høst

## 2.2.2 Gårdsforsøk i Midt-Norge

Gårdsforsøket i Midt-Norge ble gjennomført på Stadsbygd utenfor Trondheim. System med direktesåing, kontinuerlig plantedekke og variert vekstskifte er mindre utbredt i Trøndelag. Det ble derfor identifisert en gård med drift nærmest mulig et slikt system. Det ble for eksempel noen år harva istedenfor direktesådd. I Trøndelag er det derimot mer utbredt med husdyr, og bruk av husdyrgjødsel er derfor mer vanlig. Det var derfor ønskelig å sammenligne gårder med så lik historikk mht. bruk av husdyrgjødsel så mulig. Figur 3 viser de to skiftene som ble vurdert i prosjektet. Ved prøvetakingstidspunkt var fangvekstene ikke jevnt fordelt over jordet, men heller samlet på visse områder. Dette var på grunn av at det ble benyttet italiensk raigras som ble sådd to år i forkant og som kom igjen som ugras.



**Figur 3. Gårdsforsøk i Stadsbygd (Midt-Norge). Til venstre: Skifte med konvensjonell drift. Til høyre. Skifte med direktesåingssystem. Foto: Frederik Bøe**

Det var planlagt å prøveta et skifte med tilsvarende jordtype, men grunnet ulik bruk av husdyrgjødsel måtte skiftet endres. Skiftet som ble valgt hadde tilsvarende bruk av husdyrgjødsel, men derimot en noe annen jordtype. Jordtype er en viktig faktor som er med på å sette rammene for potensialet til jordforbedring. Vurderinger av analysene må ses i lys av dette.

### 2.2.3 Feltforsøk i Midt-Norge

Det ble etablert feltforsøk med gjentak på Tuv gård i Steinkjer på siltig fin sand i 2021 (Fig. 4 og Fig. 5). Formålet med forsøket var å kunne skille mellom effekter av de ulike komponentene ved et direktesåingssystem. I Steinkjer ble det derfor undersøkt effekten av ulike blandinger med fangvekster på jordhelsen. Fig. 4 viser et oversiktsbilde av feltet og fangvekster ved Tuv gård.



**Figur 4. Ruteforsøk i Steinkjer (Midt-Norge) etablert 2021. Til venstre: Tuv gård. Til høyre. Fangvekster i bygg. Foto: Adam O'Toole.**

På slutten av vekstsesongen ble alle forsøksruter GPS festet. Dette sikret nøyaktighet av forsøksgjentakelse de kommende årene i 2022 og 2023. Det ble analysert for kjemiske jordparameter våren 2020 for referanse (Tabell 4).

Tabell 4. Resultat av kjemiske jordanalyser fra prøver tatt ut våren 2020.

Parameter	Enhet	0-22 cm
pH	(-)	5,8
Fosfor (P-AI)	mg/100g	11
Kalium (K-AI)	mg/100g	16
Magnesium (Mg-AI)	mg/100g	4,6
Kalsium (Ca-AI)	mg/100g	95
Natrium (Na-AI)	mg/100g	4,9
Glødetap	% TS	5,3
Total nitrogen	% TS	0,22
Total organisk karbon (TOC)	% TS	2,4

De ulike behandlingene som inngikk, var:

- 1) Kontroll: Bygg (*Hordeum vulgare*) uten fangvekst
- 2) Bygg med flerårig raigras (*Lolium perenne*)
- 3) Bygg + flerårig raigras + rød kløver (*Trifolium pratense*) + hvitkløver (*Trifolium repens*)
- 4) Bygg + flerårig raigras + rød kløver + tiriltunge (*Lotus corniculatus*) + sikori (*Cichorium intybus*)

Alle behandlingene ble gjødslet med 10 kg N/daa (fullgjødsel (22-3-20)). Datoene til jordarbeiding, såing av korn og fangvekster, gjødsling, tresking og registrering av fangvekstenes biomasse på høsten er vist i tabell 5. Etter tresking ble halmen raket jevnt utover hele feltet.

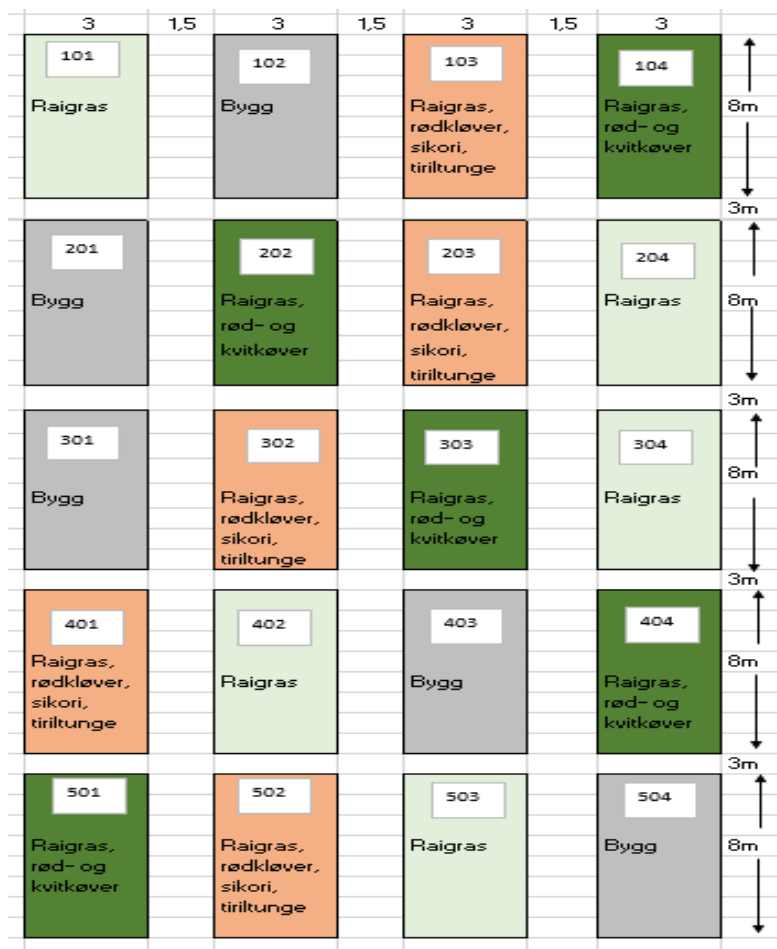
Tabell 5. Arbeidsoperasjoner i vekstsesongen 2021, 2022 og 2023 på Tuv

År	Jordarbeiding			Såing og annet			Tresking/klipping		
	Brakking	Pløying	Slodd/harving	Bygg <sup>1)</sup>	Fangvekst	Gjødsling	Tromling	Korn	Fangvekst
2021		1.mai		22.mai	25.mai	20.mai	26 mai	18sept	5.nov
2022	4.mai <sup>2)</sup>	11.mai	18.mai	20.mai	21.mai	21.mai	23.mai	2.sept	2.nov
2023	5.mai <sup>3)</sup>	15.mai		19.mai	20.mai	20.mai	19. mai	25.aug	18.okt

1) 22 kg bygg/daa – Brage

2) 590 ml Roundup / daa

3) 300ml Roundup / daa



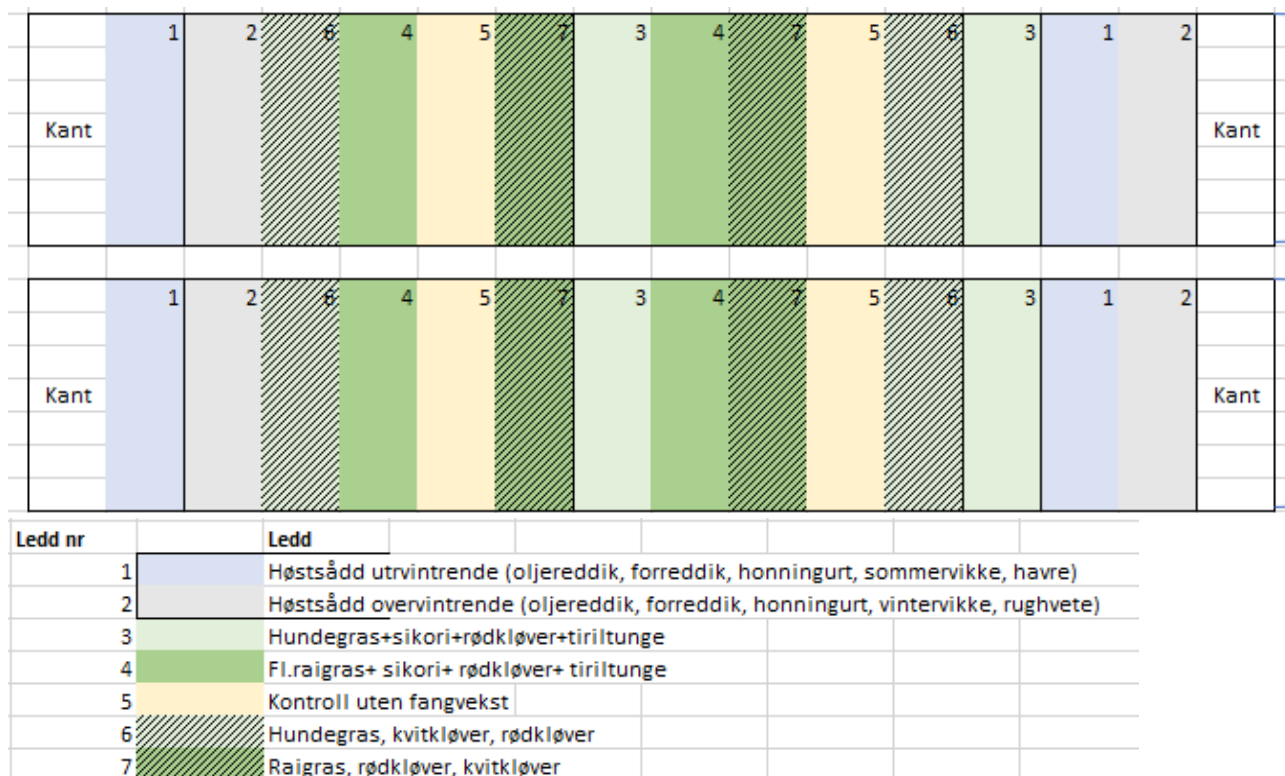
Figur 5. Forsøksoppsett ved Tuv gård i Steinkjer.

## 2.2.4 Feltforsøk på Østlandet

Feltforsøket i nærheten av Ås ble etablert med ruter 10 x 3 m og følgende behandlinger og fangvekstblandinger ble undersøkt:

- 1) Høstsådd utvintrende (oljereddik + forreddik + honningurt + sommervikke + havre)
- 2) Høstsådd overvintrende (oljereddik + forreddik + honningurt + vintervikke + rughvete)
- 3) Hundegras + sikori + rødkløver + tiriltunge
- 4) Flerårig raigras (*Lolium perenne*) + sikori + rødkløver + tiriltunge
- 5) Kontroll uten fangvekst
- 6) Hundegras + kvitkløver + rødkløver
- 7) Raigras + rødkløver + kvitkløver

Blandingene ble valgt på bakgrunn av tidligere erfaringer gjort av NLR. Det ble lagt opp til testing av både vår- og høstsådde fangvekster. Det ble lagt vekt på at blandingene skal gi god ettervirkningseffekt på næringsforsyning og jordstruktur. Det siste er spesielt viktig i et direktesåingssystem, men næringsforsyningen kan også bidra til å redusere behovet for andre innsatsfaktorer og er viktig i en helhetlig driftsmetode. Fig. 6 viser forsøksoppsettet i feltforsøket. Beskrivelse av utfordringene med forsøket er nærmere beskrevet i avsnitt 3.3.



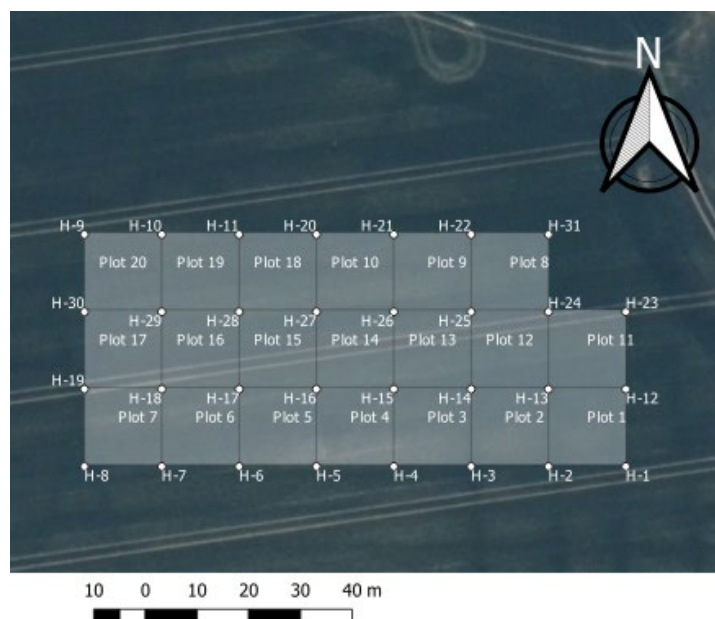
Figur 6. Forsøksoppsett på Østlandet.

## 2.3 Prøvetaking og analyser

Prøvetakingsmetodikk varierte noe mellom gårdsforsøket og feltforsøkene. For gårdsforsøket ble prøver tatt en gang på hver gård (høsten 2022). For feltforsøket i Steinkjer ble det tatt prøver det første året (2021) og det siste året (2023). For feltforsøket på Østlandet ble det derimot bare tatt jordprøver det første året.

### 2.3.1 Gårdsforsøk

For å måle effekten av direktesåingssystem på jordhelse på gårdsnivå, ble det etablert rutenett på hvert av de fire jordene (to i Midt-Norge og to på Østlandet). For å ta høyde for den romlige variasjon inne på jordet var hver rute 15x15 meter. Figur 7 viser eksempel på rutenett som ble etablert på gårdene. Tabell 6 viser jordparameter, prøvetakingsmetode og analyser foretatt i prosjektet. På grunn av ulik jordtype i Midt-Norge ble det ikke prioritert å analysere for alle jordparameterne. Standardanalyser er ikke spesifisert mer enn referansene oppgitt i tabellen.



**Figur 7. Eksempel på forsøksoppsettet for å måle jordhelse på to gårder på Østlandet og to gårder i Midt-Norge.**

Blandprøver for kornstørrelsesfordeling, karbon, C/N-forhold, pH og nitrogen ble tatt på tvers av rutenettet fra H-1 til H-9 (Fig. 7). Sylindere for jordtetthet ble tatt ut ved siden av hvert stikk. Ti tilfeldige ruter ble valgt ut for prøver av aggregatstabilitet (0-10 cm) og telling av meitemark. Meitemark ble vurdert ved bruk av en sennepsløsning som ble påført et areal på 25 x 25 cm. Sennepsløsningen fører til at meitemarken kryper opp til overflaten. Antall meitemark ble telt opp etter 15 min. Dette ble gjentatt en gang til før jorda ble gravd opp ned til 20 cm, og resten av meitemarken ble telt opp.

**Tabell 6. Jordhelseparameter, prøvetakingsmetode og analysemetodikk for å vurdere jordhelse på gårdene i Midt-Norge og på Østlandet.**

	Parameter	Prøvetakingsmetode	Analysemetodikk	Østlandet	Midt-Norge
<b>Fysiske parameter</b>	Aggregatstabilitet	Blandprøve fra tilfeldige valgte ruter	Kemper and Rosenau (1986) & Eijkelkamp (2008) (NIBIO)	x	
	Kornstørrelsesfordeling	Blandprøve fra hele feltet	ISO 11277:2009 (Eurofins)	x	x
	Jordtetthet	Sylindere (100 cc) på tvers av feltene	ISO 11272:2017(en) (NIBIO)	x	x
<b>Kjemiske parameter</b>	Karbon	10 stikk blandprøve	ISO, 1995 (NIBIO)	x	x
	C/N-forhold	10 stikk blandprøve	ISO, 1995 (NIBIO)	x	x
	pH	10 stikk blandprøve	ISO 10390:2005(en) (NIBIO)	x	x
	Nitrogen	10 stikk blandprøve	ISO, 1995 (NIBIO)	x	x
<b>Biologiske parameter</b>	POXC (Aktivt C)	10 stikk blandprøve rundt hvert punkt (e.g. H-1)	Weil et. al., (NIBIO)	x	
	Meitemark	Telling fra tilfeldige valgte ruter	Se beskrivelse over tabell	x	x

### 2.3.2 Feltforsøk

Tabell 7 viser oversikt over jordhelseparameter analysert i rutforsøkene. Standardanalyser er ikke spesifisert mer enn referansene oppgitt i tabellen. Analysemetode for spesialanalyser er gjengitt under tabellen.

**Tabell 7. Jordhelseparameter, prøvetakingsmetode og analysemetodikk for å vurdere jordhelse i ruteforsøkene i Midt-Norge og på Østlandet.**

	Parameter	Prøvetakingsmetoder	Analysemetode	Midt-Norge	Østlandet
	Aggregatstabilitet	10 stikk blandprøve, 0-5 og 5-20 cm	Kemper and Rosenau (1986) & Eijkelkamp (2008) (NIBIO)	år 3	-
	Kornstørrelsesfordeling	Blandprøve fra hele feltet.	ISO 11277:2009 (Eurofins)	år 1 år 3	år 1 -
	jordtetthet	Sylinder (3 pr rute)	ISO 11272:2017(en) (NIBIO)	år 3	-
<b>Kjemiske paramenter</b>	Totalt organisk karbon	10 stikk blandprøve, 0-5 og 5-20 cm	Eurofins	år 1 og 3	år 1
	pH	10 stikk blandprøve 0-20	Eurofins	år 1 og 3	år 1
	Næringsstoffer N,P	10 stikk blandprøve 0-20	Eurofins	år 1 og 3	år 1
<b>Biologiske paramenter</b>	Potensielt mineraliserbart N	10 stikk pr. rute blandprøve, 0-20 cm. Lagt i kjøleboks med fryseelementer.	<i>Se beskrivelse under tabell</i>	år 1	år 1
	POXC (Aktivt C)	10 stikk pr. rute blandprøve, 0-20 cm	Weil et. al., (NIBIO)	år 1 og 3	år 1
	Sopp/bakterier	Metode Anders	<i>Se beskrivelse under tabell</i>	år 1 og 3	år 1

Potensielt mineraliserbart nitrogen er et mål på kapasiteten mikrolivet har til å omdanne organisk nitrogen til plantetilgjengelig nitrogen. Analysen ble gjort med ISO 14256-2 på NIBIO med anaerob metode. Jordprøvene (20 gram) ble tilsatt til sammen 50 mL destillert vann og inkubert med forseglet lokk i 7 dager (40°C). Jordprøvene ble så ekstrahert med KCl, ristet (250 omdr., 60 min) og filtrert og analysert på en Seal AA3 AutoAnalyzer. Differansen mellom ammonium-N i prøver som ble inkubert og i prøver tatt direkte fra feltet uten inkubasjon ble beregnet som potensielt mineraliserbart nitrogen.

DNA ble ekstrahert fra 250 mg jord fra 360 jordprøver, samlet inn i 2021 og 2023, med lik fordeling på de ulike behandlingene. Vi benyttet kvantitativ PCR for å undersøke hvordan de forskjellige behandlingene påvirket mengden av henholdsvis sopp og bakterier i jorden. Prøvene (kjørt i duplikat) ble standardisert til 2 ng/µl og analysert på et Biorad CFX96 Real-Time System, sammen med tre standardkurver (tidobbel fortynning) for å korrigere for eventuell variasjon mellom kjøringene, samt for å adressere PCR-effektivitet og endringen i antall kopier av strekkodingsregionene 16S (bakterier) og ITS2 (sopp). PCR-programmet ble kjørt med følgende oppsett: initial denaturering ved 98 °C i 3 minutter, deretter 40 sykluser med denaturering ved 98 °C i 30 sekunder, primerbinding ved 55 °C (ITS) eller 52 °C (16S) i 30 sekunder, og enzymatisk syntese ved 72 °C i 30 sekunder.

### 2.3.3 Statistikk

Hvor statistiske analyser er foretatt indikerer p-verdi < 0.05, statistisk signifikans. Statistiske analyser varierte noe avhengig av prøvetakingsmetodikk og analyser. En ikke-parametrisk test (Wilcoxon) ble i hovedsak brukt ettersom slike tester er mer robuste mot avvik fra normalfordeling. Wilcoxon ble brukt for å vurdere forskjeller i aggregatstabilitet og permanganat oksiderbart karbon (POXC) i gårdsforsøket. T-test ble brukt for å vurdere meitemark ettersom datasettene var normalfordelte (shapiro test > 0.05), samt hadde lik varians (Levene test > 0.05). Anova og en post-hoc-test (Tukey test) ble benyttet for å teste forskjeller i jordtetthet i gårdsforsøket. Det ble ikke gjort statistiske



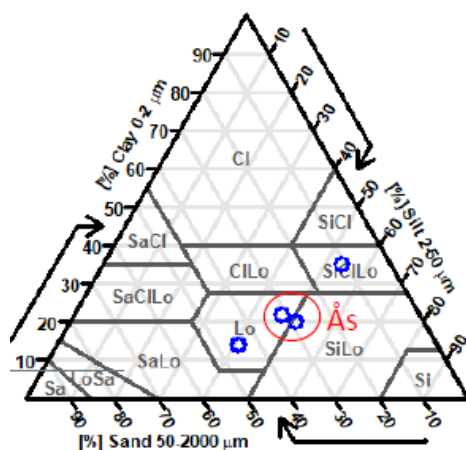
analyser for karbon, nitrogen, pH og C/N-forholdet i gårdsforsøket pga. prøvetakingsmetodikk. Mer inngående statistiske analyser av resultater fra Tuv forsøket, især på karbon og fosfor, vil inngå i to kommende publikasjoner i slutten av 2024/tidlig 2025.

## 3 Resultater

### 3.1 Gårdsforsøk i Midt-Norge og Østlandet

#### 3.1.1 Fysiske paramenter

Fysiske paramenter som ble målt var kornstørrelsesfordeling og jordtetthet. I forbindelse med et annet prosjekt ble det også målt skjærstyrke, overflateruhet, samt hydraulisk konduktivitet. Gårdene som ble valgt ut for Ås inkluderte et skifte med direktesåingssystem og et skifte med konvensjonelt drift. Jorda var sammenlignbar for begge skiftene (Fig. 8, tabell 8). I Midt-Norge var det derimot betraktelig mer leire i jorda som ble drevet konvensjonelt sammenlignet med jorda med direktesåingssystem (Fig. 8, Tabell 8). Det kan dermed ikke utelates at forskjellene som måles i Midt-Norge også er et resultat av ulike jordtyper, i tillegg til de ulike systemene.

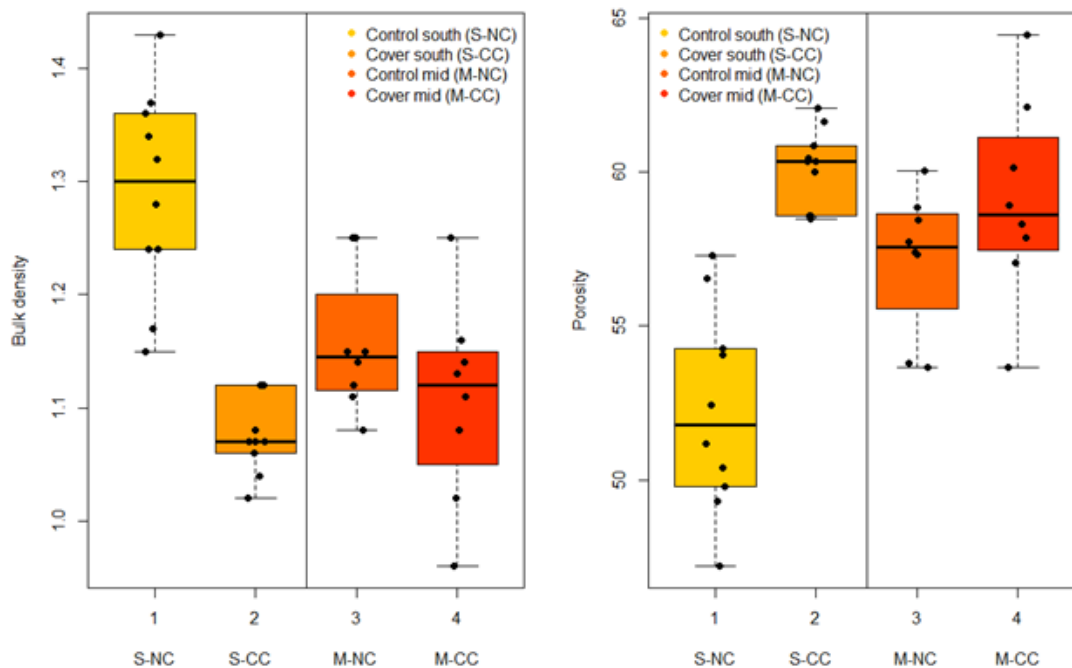


Figur 4. Teksturtrekant. 1. Skifte med direktesåingssystem i Midt-Norge, 2. Skifte med konvensjonell drift i Midt-Norge, 3. Skifte med direktesåingssystem på Østlandet og 4. Skifte med konvensjonell drift på Østlandet. Forkortelser: Cl: Clay soil, SaCl: Sandy clay, SiCl: Silty clay, CiLo: Clay loam, SiClLo: Silty clay loam, SaClLo: Sandy clay loam, Lo: Loam, SiLo: Silty clay loam, Si: Silt, SaLo: Sandy loam, LoSa: Loam sand, Sa: Sand. USDA

Tabell 8. Kornstørrelsesfordeling av skiftene med ulik driftsform i jordprøver tatt fra 0-15 cm.

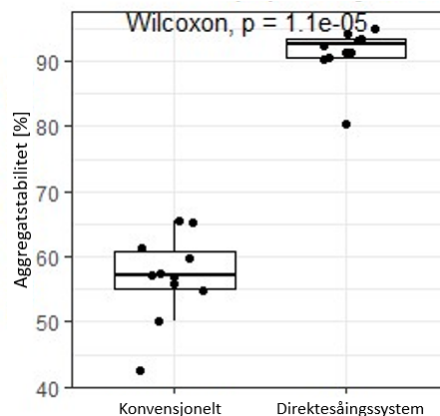
		Grus (2-20mm)	Sand (0.06-2 mm)	Silt (0.002-0.06 mm)	leire (< 0.002 mm)
Midt-Norge	Direktesåingssystem	10	45	32	14
	Konvensjonelt	0	11	54	35
Østlandet	Direktesåingssystem	16	29	36	20
	Konvensjonelt	13	31	36	22

Fig. 9 viser jordtetthet og porøsitet målt i de ulike skiftene. På Østlandet var jordtettheten klart lavere, og porøsiteten høyere i direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle jordet ( $p < 0.05$ ). I Trøndelag var effekten derimot lavere.



Figur 5. Boksplot av jordtetthet og porøsitet for skifter med konvensjonelt og direktesåingssystem på Østlandet (S-NC and S-CC) and Midt-Norge (M-NC and M-CC).

Det ble målt høyere aggregatstabilitet i direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle skiftet på Østlandet (Fig. 10).

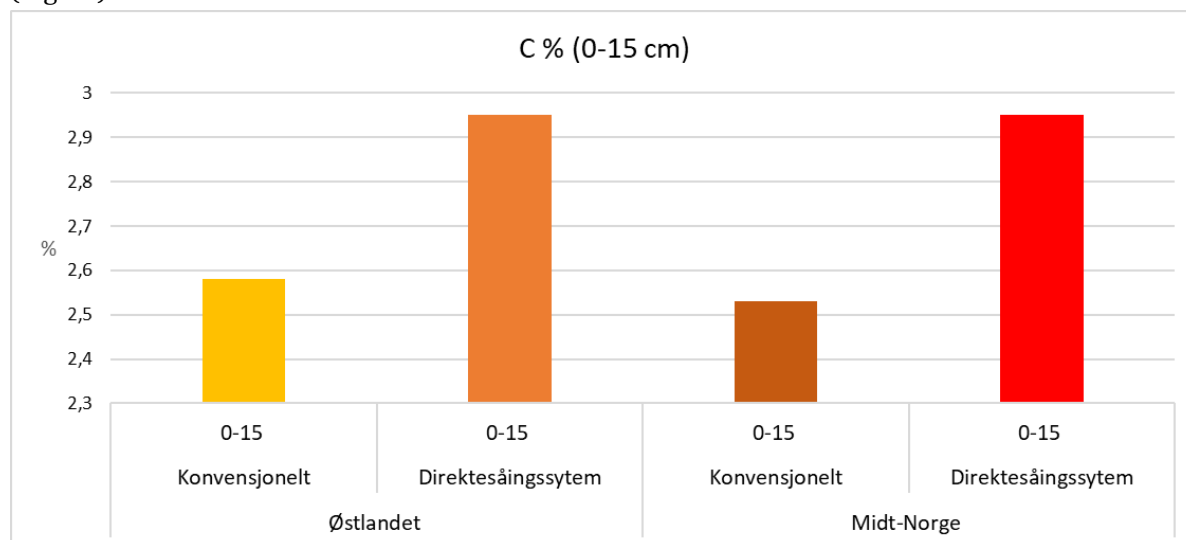


Figur 10. Aggregatstabilitet målt i det konvensjonelle skiftet og skiftet med direktesåingssystem på Østlandet.

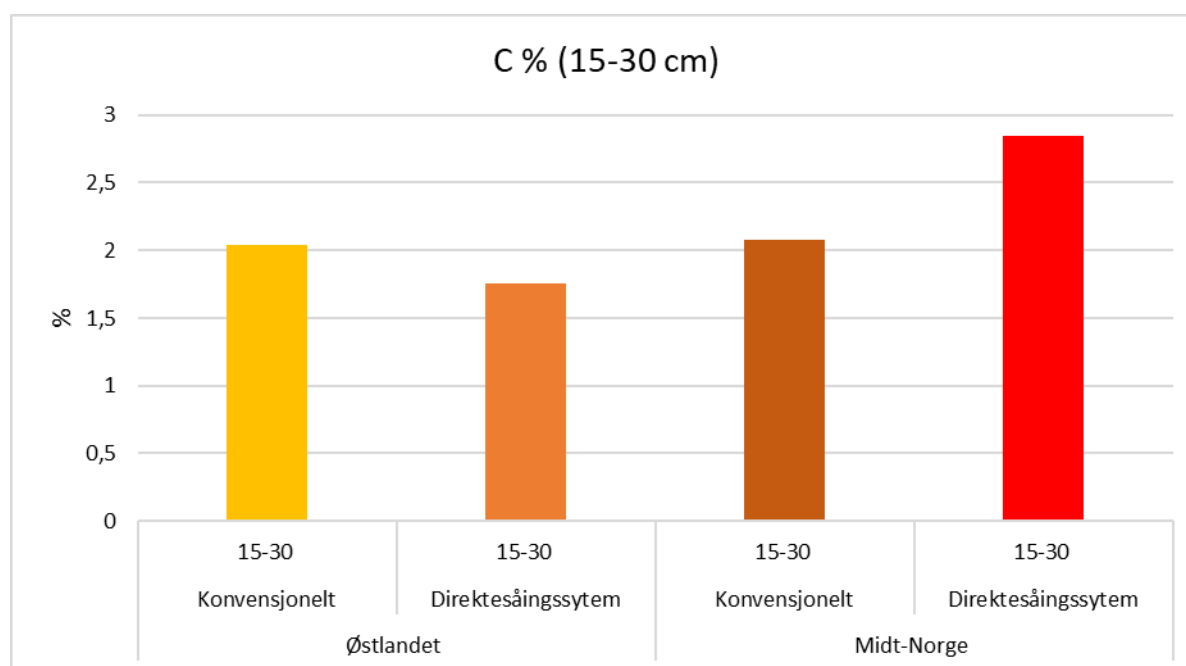
### 3.1.2 Kjemiske paramater

I det øverste jordlaget (0-15 cm) ble det på Østlandet og Trøndelag målt høyere konsentrasjoner av totalt organisk karbon i direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle (Fig. 11). Dette var også tilfellet i dypere jordlag (15-30 cm) for Trøndelag. På Østlandet ble det derimot målt høyere karbon i det konvensjonelle sammenlignet med direktesåingssystemet for dypere jordlag (15-30 cm)

(Fig. 12).



Figur 11. Karboninnhold i jorda målt i 0-15 cm på skifter med konvensjonell drift og direktesåingssystem i Midt-Norge og på Østlandet.



Figur 12. Karboninnhold i jorda målt i 15-30 cm på skifter med konvensjonell drift og direktesåingssystem i Midt-Norge og på Østlandet.

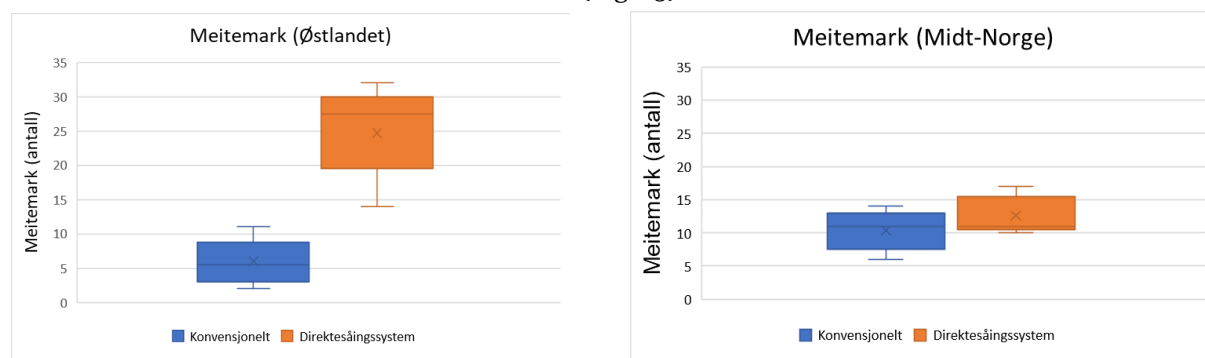
I tillegg til karbon, ble det også målt nitrogen, C/N-forhold og pH (Tab. 9). Jordas pH lå en del lavere for direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle i Midt-Norge. Totalt nitrogen var derimot ganske likt.

Tabell 9. Karbon, nitrogen, C/N-forhold og pH målt på ulike skifter med ulike system i Midt-Norge og på Østlandet.

Region	System	Dyp (cm)	pH	C %	N %	C/N
Østlandet	Konvensjonelt	0-15	6,32	2,58	0,21	12,5
		15-30	6,09	2,04	0,16	12,7
	Direktesåingssystem	0-15	6,45	2,95	0,27	10,9
		15-30	6,21	1,76	0,17	10,1
Midt-Norge	Konvensjonelt	0-15	6,23	2,53	0,25	10,1
		15-30	6,36	2,08	0,21	10,0
	Direktesåingssystem	0-15	5,4	2,95	0,25	11,7
		15-30	5,88	2,85	0,23	12,5

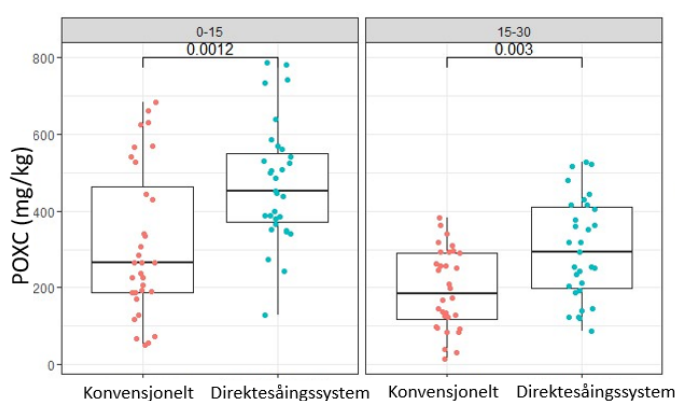
### 3.1.3 Biologiske paramater

Biologiske paramater som ble målt var antall meitemark og permanganat oksiderbart karbon (POXC). Antall meitemark på Østlandet var omtrent tre ganger høyere på skiftet med direktesåingssystem sammenlignet med det konvensjonelle ( $p < 0.05$ ). I Midt-Norge var effekten mindre og antall meitemark omtrent tilsvarende mellom skiftene (Fig. 13).



Figur 13. Antall meitemark målt på skifter med direktesåingssystem (oransje) og konvensjonell drift. Til venstre: Østlandet. Til høyre: Midt-Norge.

Det ble bare analysert for POXC på Østlandet. POXC var høyere i direktesåingssystemet i 0-15 cm og i 15-30 cm (Fig. 14).

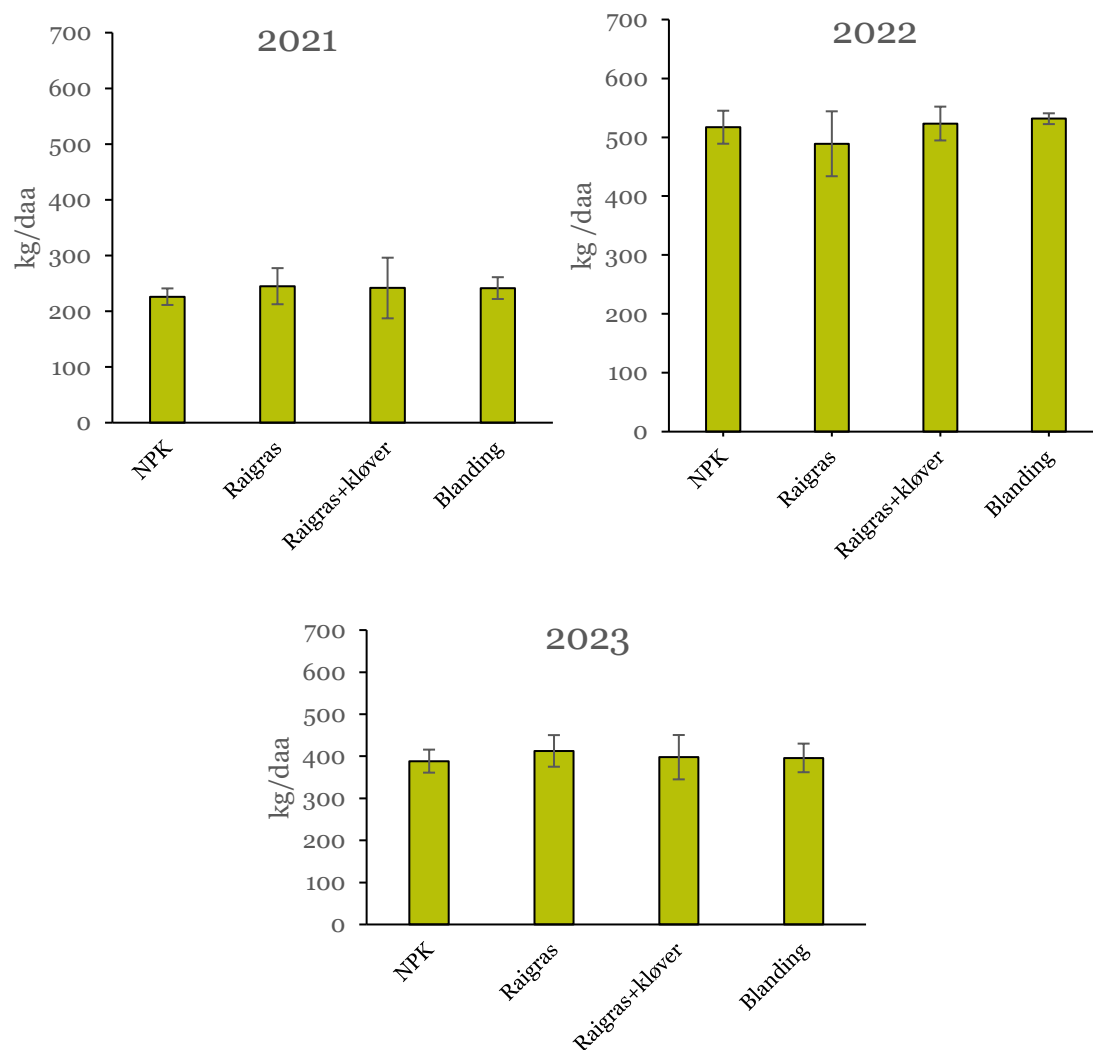


Figur 14. Permanganat oksiderbart karbon (POXC) målt i 0-15 cm og 15-30 cm i det konvensjonelle skiftet og skiftet med direktesåingssystem på Østlandet.

## 3.2 Feltforsøk i Midt-Norge

### 3.2.1 Korn avling og kvalitet og biomasse fangvekster

Figur 15 viser avlinger ved ulike behandlinger. Det var ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene. Figur 16 viser biomassen av fangvekstblandinger. Størst biomasse var for behandlingene med raigras rødkløver og kvitkløver. Det var ingen forskjeller i mengden halmstubb mellom behandlingene (ikke vist).



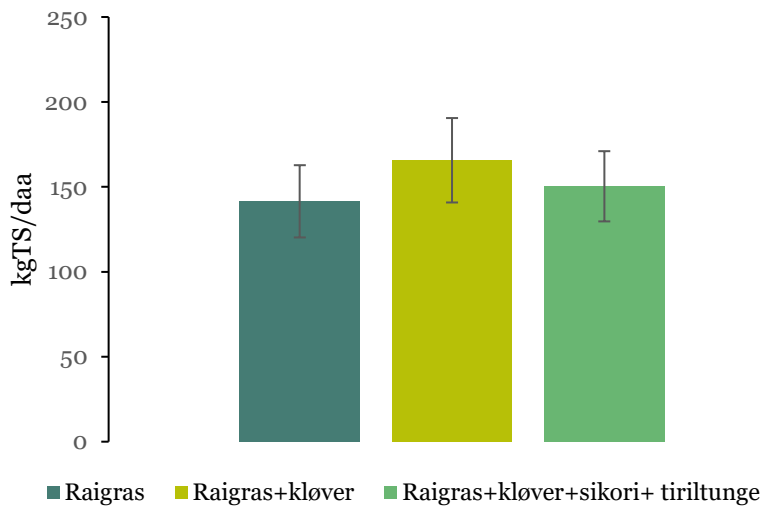
Figur 15. Avling ved ulike behandlinger ved Tuv gård i 2021, 2022 og 2023.

Proteininnholdet, hektoliter vekt og 1000-korn vekt i bygg ble ikke lavere ved bruk av fangvekster (Tab. 10).

Tabell 10. Kornkvalitet i 2023.

Behandling	Protein (%)	HL-vekt (kg)	1000-korn vekt (g)
Bygg uten fangvekst	10,5	68,0	38,1
Bygg +raigras	11,1	67,6	37,1
Bygg+ raigras+ kløver	10,9	68,2	38,0
Bygg+blanding	11,2	68,2	38,3

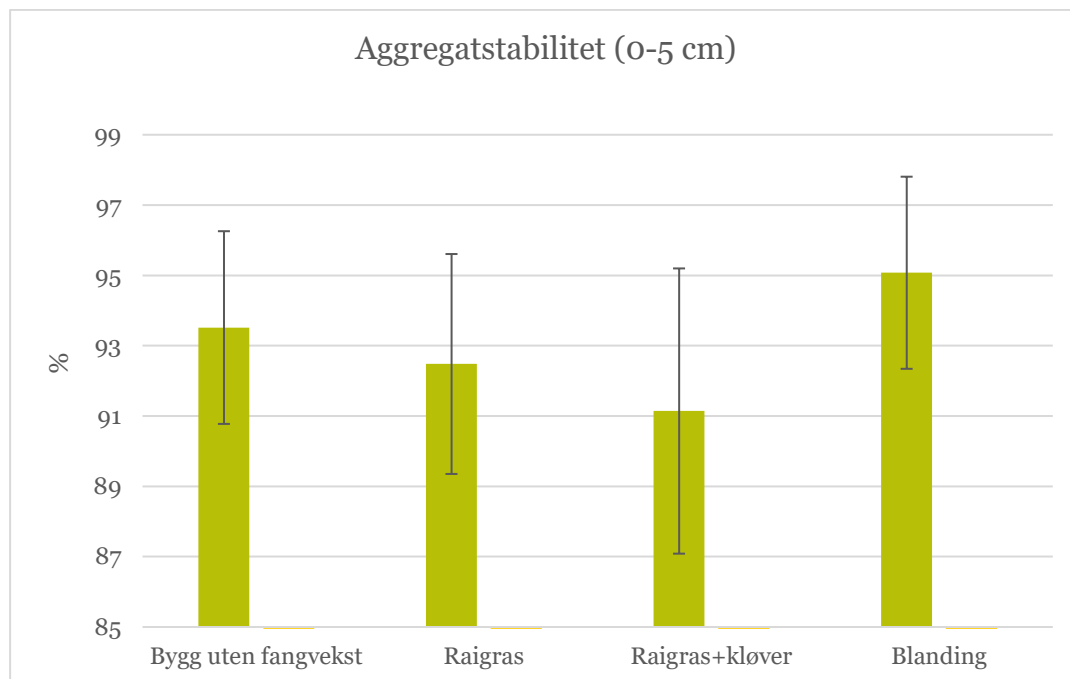
## Snitt biomasse fangvekster (2021-2023)



Figur 16. Biomasse av fangvekster ved ulike behandlinger ved Tuv gård. Gjennomsnitt for 3 år.

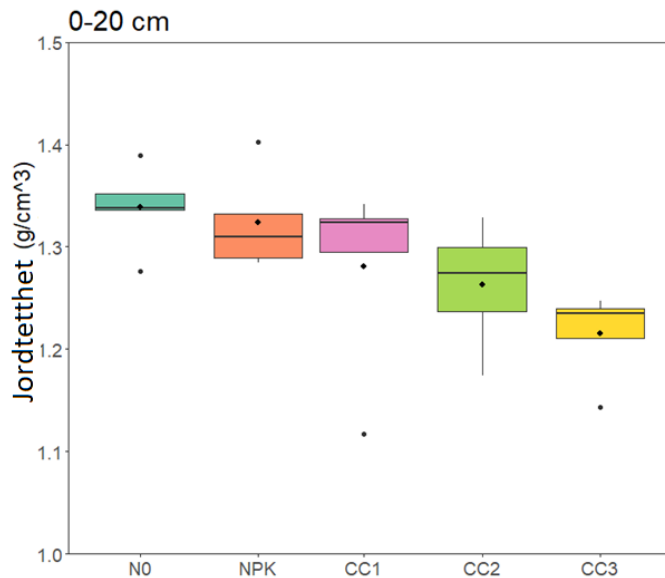
### 3.2.2 Fysiske parameter

Det var få forskjeller i aggregatstabilitet mellom de ulike behandlingene (Fig. 17). Høyest aggregatstabilitet ble i gjennomsnitt målt i behandlingen med flest fangvekster.



Figur 17. Aggregatstabilitet målt i ulike behandlinger i forsøket på Tuv gard i 2023.

Fig. 18 viser jordtetthet målt i de ulike behandlingene. Jordtetthet ble redusert med økende innslag av antall fangvekster (No>NPK>CC1>CC2>CC3).



Figur 18. Jordtetthet målt i de øverste 20 cm ved Tuv gård i 2023. No=Bygg uten fangvekst og gjødsel, NPK=kontroll, bygg med gjødsel og uten fangvekst, CC1=raigras i ren bestand, CC2=raigras og kløver, CC3=raigras, kløver, sikori og tirltunge.

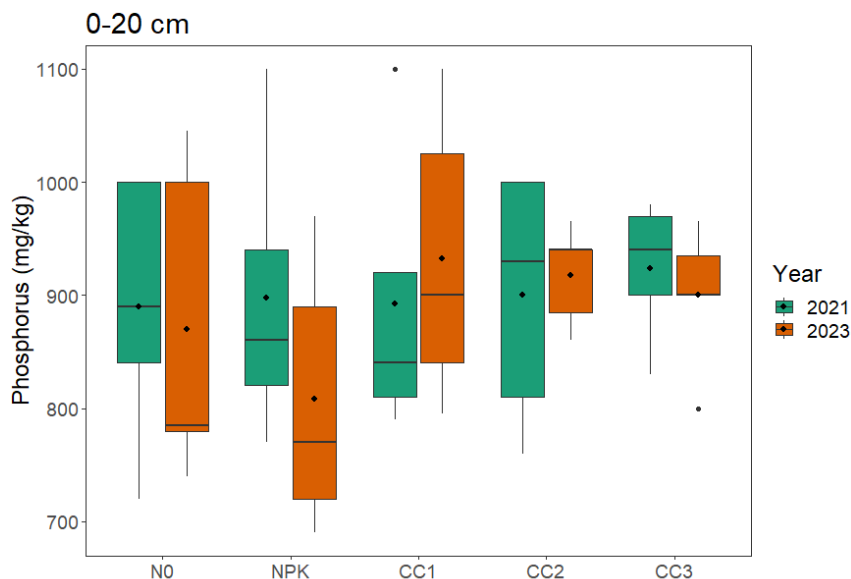
### 3.2.3 Kjemiske parameter

Tabell 11 viser gjennomsnittlig indikatorverdier (og standardavvik) av kjemiske egenskaper som ble målt i prosjektet i gjennomsnitt for 0-20 cm. Plante-tilgjengelig fosfor ble redusert i 2023 sammenlignet med 2021 for kontroll uten fangvekst, samt for den mest varierte fangvekstblandingen (raigras, kløver, tirltunge og sikori). Plante-tilgjengelig fosfor økte derimot under de to andre fangvekstblandingene (Fig. 19). Nitrogen og pH ble noe redusert under alle behandlingene. Totalt organisk karbon økte for alle behandlingene fra 2021 til 2023 inkludert kontroll uten fangvekst. Økningen var derimot størst for behandlingen med bare raigras.

Tabell 11. Kjemiske indikatorer analysert i 2021 og 2023 for plante-tilgjengelig fosfor, pH, nitrogen og totalt organisk karbon for ulike behandlinger (0-20 cm).

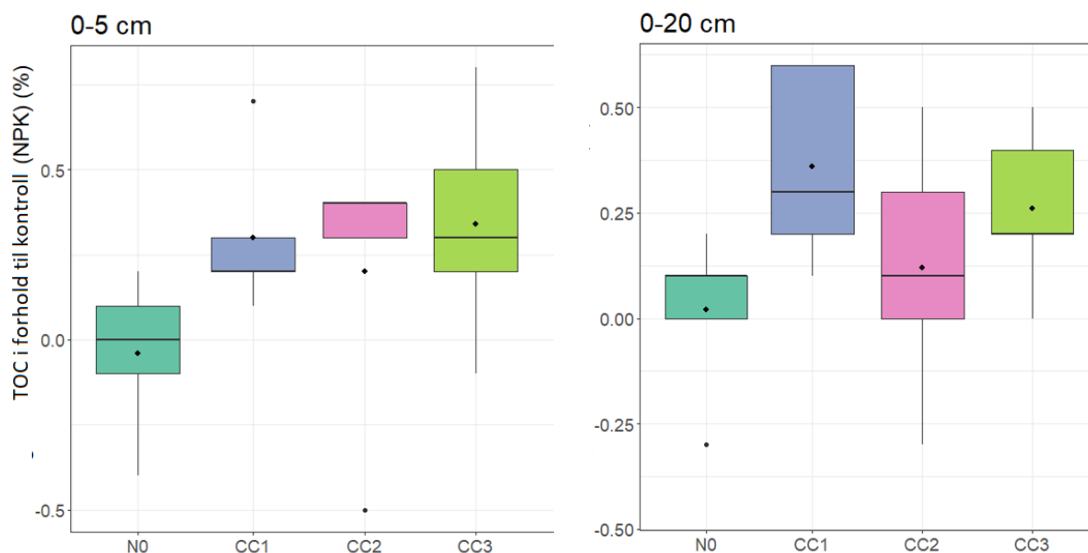
Indikator	År	Kontroll	Raigras	Raigras og kløver	Raigras, kløver, tirltunge og sikori
Plante-tilgjengelig fosfor [mg kg <sup>-1</sup> ]	2021	898 (±129)	892 (±126)	900 (±110)	924 (±61)
	2023	808 (±118)	932 (±128)	918 (±44)	900 (±62)
pH [-]	2021	6,18 (±0,04)	6,14 (±0,114)	6,32 (±0,08)	6,1 (±0,16)
	2023	6,00 (±0,23)	5,81 (±0,44)	6,29 (±0,18)	6,05 (±0,21)
Nitrogen [g kg <sup>-1</sup> tv]	2021	2,7 (±0,17)	2,86 (±0,68)	2,78 (±0,36)	2,84 (±0,36)
	2023	2,19 (±0,20)	2,45 (±0,26)	2,33 (±0,20)	2,36 (±0,23)
Totalt organisk karbon [g kg <sup>-1</sup> ]	2021	23,2 (±2,33)	25,7 (±2,84)	24,0 (±1,17)	25,6 (±1,52)
	2023	25,6 (±1,47)	29,0 (±3,08)	26,7 (±2,93)	28,3 (±1,92)





Figur 19. Plantetilgjengelig fosfor målt i 0-20 cm for ulike behandlinger ved Tuv gård i Midt-Norge i 2021 og 2023. No=Bygg uten fangvekst og gjødsel, NPK=kontroll, bygg med gjødsel og uten fangvekst, CC1=raigras i ren bestand, CC2=raigras og kløver, CC3=raigras, kløver, sikori og tiriltunge.

Figur 20 viser totalt organisk karbon relativt til kontroll (med NPK) målt i 0-5 cm og for 0-20 cm for ulike behandlinger ved Tuv gård i Midt-Norge i 2023. Sammenligningen er gjort med kontrollen i hver blokk. Resultatene i de øverste fem centimeterne viser at jo mer variert fangvekstblandingen er jo høyere er karbonkonsentrasjonen. Ser en på de øverste 20 cm er økningen derimot størst i behandlingen med raigras i ren bestand.



Figur 20. Totalt organisk karbon relativt til kontroll (med NPK) målt i 0-5 cm (venstre) og for 0-20 cm (høyre) for ulike behandlinger ved Tuv gård i Midt-Norge i 2023. No=Bygg uten fangvekst og gjødsel, NPK=kontroll, bygg med gjødsel og uten fangvekst, CC1=raigras i ren bestand, CC2=raigras og kløver, CC3=raigras, kløver, sikori og tiriltunge.

### 3.2.4 Biologiske paramenter

Tabell 12 viser gjennomsnittlig indikatorverdier av biologiske egenskaper som ble målt i prosjektet i gjennomsnitt for 0-20 cm. Det var ingen klare effekter av fangvekster på sopp og bakterier. Ser en på endringer i bakterier fra 2021 til 2023 var det derimot en nedgang i samtlige behandlinger inkludert kontroll. POXC var derimot høyere for behandlinger med fangvekster sammenlignet med kontroll uten

fangvekst. Potensielt mineraliserbar nitrogen (PMN) var derimot høyest for kontroll uten fangvekst sammenlignet med behandlinger med fangvekst.

**Tabell 22. Biologiske indikatorer analysert for bakterier (2021 og 2023), sopp (2023), potensielt mineraliserbart nitrogen (2021) og permanganat oksiderbart karbon (2023) for ulike behandlinger (0-20 cm).**

Indikator	År	Kontroll	Raigras	Raigras og kløver	Raigras, kløver, tiriltunge og sikori
Potensielt mineraliserbart nitrogen (PMN) [mg kg <sup>-1</sup> ]	2021	131 (±66)	115 (±36)	123 (±40)	119 (±14)
Permanganat oksiderbart karbon (POXC) [mg kg <sup>-1</sup> ]*	2023	292 (±32)	331 (±33)	332 (±17)	317 (±32)
Bakterier [16S]	2021	18,0 (±0,19)	18,2 (±0,16)	18,1 (±0,28)	18,1 (±0,21)
	2023	17,8 (±0,32)	17,8 (±0,32)	17,5 (±0,36)	17,6 (±0,36)
Sopp [ITS]**	2023	24,8 (±0,34)	24,7 (±0,57)	24,8 (±0,46)	24,5 (±0,33)

\* Dyp 0-5 cm.

\*\* Sopp var ikke ferdiganalysert for 2021.

### 3.3 Feltforsøk på Østlandet – utfordringer gjennom forsøksperioden

Feltet på Østlandet etablerte seg dårlig gjennom prosjektperioden. Dette var mye grunnet ugrasproblematikk og værforhold.

I 2021 ble både kornet og de vårsådde fangvekstene sådd (Weaving-såmaskin) sent (juni). I slutten av juli hadde kornet skutt og åkeren var tynn. Til tross for glyfosatsprøyting før såing, bruk av ugrasmiddel en uke etter såing av kornet, samt MCPA etter at såing av fangvekstene, var det mye ugras i feltet. Ugras som dominerte var stivdylle, klengemaure, litt balderbrå og en blanding av rødtvetann, vassarve, åkerstemor. Fangvekstene som etablerte seg best, var gras og hundegras. Det var derimot lite/ingen planter av sikori, tiriltunge og hvit- og rødkløver. Mye ugras og tørking etter etablering kan være en av årsakene til at disse fangvekstene ikke etablerte seg. På grunn av sen såing ble feltet også tresket sent (15. september), og følgelig ble de høstsådde fangvekstene sådd sent (24. september). Det var ikke aktuelt å spre fangvekstene før tresking siden det var mye ugras i bunn, som gir en svært usikker etableringsgrad. I hvor stor grad det spiller inn, så brant låven i nærheten av feltet ned i oktober. Biter av eternittplatene fra låvetaket ble strødd utover store deler av forsøksfeltet. Bitene ble plukket opp, uten at det så ut til at det hadde blitt gjort skade av tråking på jorden/feltet ved opprensingen. Biomasseregistreringen ble utført 8. november. Det var svært dårlig etablering i de fleste rutene. Raigras etablerte seg noe bedre. Det ble derfor kun tatt ut biomasseklipp fra disse rutene, totalt åtte ruter. Disse ble sendt til Ofotlab for mineralanalyse. Det var noe hundegras i de rutene med den i såblandingen, men ikke nok til å ta ut biomasseprøve. Det var lite hvit- og rødkløver, sikori og tiriltunge som også skulle være med i de vårsådde blandingene. Årsaken til dårlig etablering var i all hovedsak på grunn av mye ugras ved såing om våren. Etablering av de høstsådde fangvekstene var heller ikke vellykka. Det skyldes i all hovedsak sein etablering (16. september).



Figur 21. Figurene viser den dårlige etableringen av fangvekstene ved feltforsøket på Østlandet i 2021.

I 2022 ble fangvekstene sådd i slutten av juni som følge av værforholdene (noen dager etter kornet). Fangvekstene etablerte seg dårlig (lav tetthet) og avlingene var generelt sett lave grunnet mye ugras og spillkorn (Tabell 13). Til tross for utført bladanalyse, kunne en ikke konkludere hva som var årsaken til utfordringene. Etableringen av sikori og gras var noe bedre enn forrige år. Den dårlige spiringen kan ha sammenheng med frøene som ikke fungerte optimalt.

Tabell 13. Avlinger av korn og fangvekstblandinger i 2022

Ledd	Avling korn (kg daa <sup>-1</sup> )	Avling fangvekster (kg daa <sup>-1</sup> )	Fangvekstblanding
1	243	35	Høstsådd utrvintrende (oljereddik, forreddik, honningurt, sommervikke, havre- FK-blanding og havre)
2	257	29	Høstsådd overvintrende (oljereddik, forreddik, honningurt, vintervikke, flerårig raigras- FK-blanding)
3	284	38	Hundegras, sikori, rødkløver og tiriltunge
4	219	40	Fl. årig raigras+ sikori+ rødkløver+ tiriltunge
5	283	-	Kontroll uten fangvekst
6	319	61	Hundegras, kvitkløver, rødkløver
7	314	50	Raigras, rødkløver, kvitkløver

I 2023 førte tørken på forsommeren til at det sådde kornet og fangvekstene ikke fikk etablert seg som ønsket. Kornet spirte, men busket seg ikke før det kom nedbør i juni som resulterte i en ujevn åker. De vårsådde fangvekstene spirte heller ikke før nedbøren kom og etablerte seg derfor dårlig. Ugraset kom også i to omganger, før og etter nedbøren, og med bare en sprøyting mot ugraset ble det for mye konkurranse fra ugraset til at de dårlige etablerte fangvekstene fikk det noe bedre. Siden åkeren kom så sent i gang, ble ikke kornet tresket før i månedsskifte august-september, og det var dermed ikke aktuelt å etablere de høstsådde fangvekstene etter det.

Det ble videre observert at vekstskifte med bygg etter bygg i tre år ikke er å anbefale, spesielt ikke når en direktesår. Det førte til at det ble høyt smittepress av sopp på feltet, noe som kornet bar preg av, selv med sopp-sprøyting i vekstsesongen.



### 3.4 Demonstrasjon av direktesåingsmaskiner




I AP2 er det blitt testet ulike maskiner for direktesåing ved å så vårkorn i døde/overvintrende fangvekster på våren og så høstkorn etter en halmrik kornsort på høsten. Målinger ble utført i regi av NLR Øst over en toårs periode.

### 3.4.1 Såmaskiner

I første sesong ble det testet ut 4 såmaskiner. To med tinder og to med skåler. I andre sesong ble det i tillegg inkludert en såmaskin av typen Carbon Tiger (Tabell 14). Maskinene ble testet ut i 4 forskjellige regimer. Halve feltet ble striglet i forkant av såinga, og det ble også tresket med høy og lav stubb på høsten 2021.

Tabell 34. Direktesåingsmaskiner brukt i demonstrasjoner i 2021 og 2022

Amazone Condor	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arbeidsorgan – tinde</li><li>• Radavstand 25 cm</li><li>• Styring av sådybde – hjul bak sålabb</li><li>• Pakking rundt såfrø – hjul bak sålabb</li><li>• Lukking av såfure – hjul bak sålabb</li><li>• Gjødelse og såkorn i samme rør</li></ul>
Dale Drills	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arbeidsorgan – tinde</li><li>• Radavstand 25 cm</li><li>• Styring av sådybde – hjul bak sålabb</li><li>• Pakking rundt såfrø – hjul bak sålabb</li><li>• Lukking – hjul bak sålabb</li><li>• Gjødelse delvis separert fra såkorn</li></ul>

<p><b>Horsch Avatar</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeidsorgan – enkelskål</li> <li>• Radavstand 16,7 cm</li> <li>• Styring av sådybde – hjul på siden av sålabb</li> <li>• Pakking rundt såfrø – hjul i såfår</li> <li>• Lukking av såfure – hjul bak sålabb</li> <li>• Labbtrykk opp til 350 kg</li> <li>• Gjødsele og såkorn i samme rør</li> </ul>
<p><b>Tume Nova</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeidsorgan – dobbelskål</li> <li>• Radavstand 12,5 cm</li> <li>• Styring av sådybde – hjul foran sålabb</li> <li>• Pakking rundt såfrø – hjulrekke bak på såmaskin</li> <li>• Lukking av såfure – hjulrekke bak på såmaskin</li> <li>• Labbtrykk opp til 200 kg</li> <li>• Gjødsele delvis separert fra såkorn</li> </ul>
<p><b>Carbon Tiger</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeidsorgan: Tinde med en vinglabbe som breisår kornet. Dybden av tindene kan varieres uavhengig av dybden på vinglabben.</li> <li>• Radavstand: 33 cm mellom tindene, men i praksis 2 rader pr tinde</li> <li>• Styring av sådybde: hjul foran sålabben</li> <li>• Pakking rundt såfrø: Vinglabben sørger for at såfrø blir lagt med jordkontakt.</li> <li>• Lukking av såfure: Vinglabben går nede i jorda og behovet for lukking blir lite.</li> <li>• Labbtrykk: Kan legge noe trykk på labben, men slepelabbenes utforming gjør at den søker ned.</li> <li>• Gjødsele kan plasseres enten ved såkornet eller under såkornet i sporet etter tindene.</li> </ul>

Erfaringer fra såinga i 2021 er som følgende:

- Horsch: Frøet kommer stort sett ned. Det ble var derimot mye halm/halmrester rundt såkornet.
- Dale: Maskinen drar opp litt klump. Det var ellers noe løs jord rundt frøet. I motsetning til Horsch var det lite halm. Under tinden var det hardt.
- Carbon Tiger: Maskinen drog opp enda litt mer jord enn Dale Drills. Det var derimot ikke like hardt under frøet som på Dale. Noe subbete med halmdotter.
- Amazone: Maskinen flytter halm og jord til side. Det ble observert litt hard jord under sålabben. Det var ellers lite halm i såradene. Noe subbete med halmdotter.
- Tume: Maskinen bearbeidet jorda bredt. Kornet ble sådd litt grundt.

### 3.4.2 Plantetelling

Plantetellinga viser at det er forholdsvis jevn oppspiring og jevnt antall med planter etter de forskjellige behandlingene. Horsch har det høyeste antallet, mens Carbon Tiger har det laveste (Tabell 15).

**Tabell 15. Plantetellinga telledato 28.10.22. Kornstadiet: ca 10 cm Z 13**

	Horsch	Dale Drills	Carbon Tiger	Amazone	Tume
<b>Oppsummering</b>					
Ustrigla lav	278	238	213	272	225
Ustrigla høy	260	194	216	232	284
Strigla lav	231	232	228	240	290
Strigla høy	302	216	210	246	266
Gj.snitt alle tellinger planter/kvm	268	220	217	248	266

Tellinga på våren ble gjort ved buskingsskudd og variasjonen var noe større enn på høsten. Resultatene viser lavest antall planter med Dale Drills. Plantetettheten var likevel tilfredsstillende for alle såmaskiner (Tabell 16).

**Tabell 16. Plantetellinga telledato 26.4.23. Kornstadiet: Z23-24**

	Horsch	Dale Drills	Carbon Tiger	Amazone	Tume
<b>Oppsummering</b>					
Ustrigla lav	584	351	579	458	617
Ustrigla høy	510	437	731	409	590
Strigla lav	627	389	602	558	713
Strigla høy	636	409	593	510	650
Gj.snitt alle tellinger planter/kvm	589	397	626	484	642

Det er derimot for lite grunnlag, og for få gjentak til å kunne si noe om hva høy og lav stubb betyr for de ulike maskinene, samt om strigling har stor effekt. Det er imidlertid en tendens til at strigling har vært positivt for Horsch, Amazone og Tume. Forskjellene på lav og høy stubb er små, og det er ingen sikker tendens. Tidligere erfaring tyder på at best effekt med skålmaskiner liker høy stubb. Vi ser ikke det i disse tellingene.

### 3.4.3 Avling

Avlingstallene er fra rutene med høy stubb som ble striglet (Tabell 17). På grunn av en misforståelse ble bare den behandlingen tresket. Avlingsmessig er det små forskjeller mellom såmaskinene. Det er høye avlinger og hovedkonklusjonen er at alle maskinene fungerte bra. Dette samsvarer også med resultatet fra foregående år.

**Tabell 17: Oppsummering av maskintypene og avlingstall for 2022**

	Arbeidsorgan	Radavstand	Styring sådybde	Gjødsel og såkorn	Avling (kg/daa)
<b>Dale Drill</b>	Tinde	25 cm	Hjul bak sålabb	Gjødsel delvis separert	805
<b>Amazone Condor</b>	Tinde	25 cm	Hjul bak sålabb	I samme rør	819
<b>Horsch Avatar</b>	Enkeltskål	16,7 cm	Hjul på siden av sålabb	I samme rør	809
<b>Tume Nova</b>	Dobbelskål	12,5 cm	Hjul foran sålabb	Delvis separert	867
<b>Carbon Tiger</b>	Vinglabb	33 cm (breisåing)	Hjul foran sålabb	Separert Flere valg	848

## 4 Diskusjon

Prosjektet hadde som hovedmål å kartlegge effekter av direktesåingsystem og fangvekster på jordhelse. For å lykkes med direktesåing er det behov for å kartlegge hvilke såmaskiner som egner seg til dette. I prosjektet ble det derfor testet egnethet av ulike såmaskiner for direktesåing av korn i samarbeid med Norsk Landbruksrådgiving (NLR). De ulike direktesåingsmaskinene ble testet ut i 4 forskjellige regimer hvor halve feltet ble striglet i forkant av såinga, og det ble også tresket med høy og lav stubb på høsten 2021. Resultater fra plantetellinga viser forholdsvis jevn oppspiring og jevnt antall med planter etter de forskjellige behandlingene på høsten. På våren var plantetettheten tilfredsstillende for alle maskinene. Det ble notert avlinger for behandlingen med høy stubb og strigla. Hovedkonklusjonen var at alle maskiner som ble testet fungerte bra.

Resultater fra gårdsforsøkene viser at på Østlandet var aggregatstabiliteten (0-10 cm) markant høyere i direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle. Dette kan tyde på positive effekter på jordstrukturen av å ikke pløye jorda, i samspill med positivt bidrag fra fangvekstene. Fangvekstene kan bidra til mer rot-eksudater som er med på å bygge opp jordstrukturen. Det ble også funnet flere meitemarker i dette systemet som også er med på å bygge opp bedre jordstruktur. En økt aggregatstabilitet har også fordeler for karbonstabiliteten, da karbon beskyttes bedre inne i jordaggregatene. Det var derimot bare blitt brukt fangvekster i syv år, og det antas derfor at mesteparten av karbonet forekom som labilt karbon (lettredbrytbart karbon), og ikke stabilt. Det ble bare målt høyere karbon i det øverste 0-15 cm og ikke i dypere jordlag (15-30 cm). For et konvensjonelt jorde vil karbonet bli fordelt på hele toppjorda som følge av jordarbeiding. På et jorde der det direktesås forventes det at karbonet akkumuleres nær overflaten. Dette er vist i tidligere studier med redusert jordarbeiding (Riley, 2014). Ved bruk av fangvekster der det produseres tilstrekkelig med rot biomasse som vokser i dypere jordlag kan det tenkes at karboninnholdet kan økes også i dypere jordlag. Men syv år med fangvekster var i så fall ikke tilstrekkelig til å måle endringer i dypere jordlag. Dersom en bruker POXC som en parameter for labilt karbon, og en indikator som fanger opp karbonendringer tidligere enn mer tradisjonelle metoder, viser resultatene høyere konsentrasjon av labilt karbon i 15-30 cm i direktesåingssystemet sammenlignet med det konvensjonelle. Dette kan tyde på at fangvekstene bidrar positivt til å gi jordlivet energi også i dypere jordlag, samt som senere kan slå ut som økt karbon dersom innslaget av fangvekster fortsetter. POXC kan derimot tolkes på ulike måter, og det er ikke konsensus for hva indikatoren faktisk måler (Woodings & Mangenot, 2023; Christy m.fl., 2023).

Erfaringer fra feltforsøket i Trøndelag viser at en kan lykkes med fangvekster også i Midt-Norge dersom fangvekstene sås samtidig eller kort tid etter hovedkulturen (bygg). Det var heller ingen negativ effekt av fangvekstene på kornavlingen. Sammenlignet med svenske forsøk ble det produsert tilsvarende eller noe mer overjordisk biomasse enn rapportert i Poeplau m.fl. (2015). Det antas at økt mengde røtter (ikke vist) gjennom fangvekstenes biomasse gav utslag i redusert jordtetthet, og reduksjonen var større jo mer variert blandingene var. Høy jordtetthet er et tegn på jordpakking, som kan være en utfordring der det kjøres med tunge maskiner, særlig i områder der opptørking av jorda går sakte. Dette øker risikoen for kjøring på jord som ikke er laglig. På tre år økte karbonkonsentrasjonen i alle behandlingene, også i kontrollbehandlingen. Økningen var derimot størst i behandlingen med raigras i ren bestand som fangvekst. Sammenlignet med kontroll i 2023 økte raigras i ren bestand konsentrasjonen av karbon med 3,4 g kg<sup>-1</sup>. Den mest varierte blandingen økte konsentrasjonen med 2,7 g kg<sup>-1</sup>, mens blandingen med raigras og kløver økte karbonkonsentrasjonen med 1,1 g kg<sup>-1</sup>. Flere år med målinger vil kunne gi svar på hvor mye fangvekster kan øke karboninnholdet i jorda. Mer inngående analyser av karboninnholdet vil undersøkes i en kommende publikasjon. Det ble målt en økning i plantetilgjengelig fosfor i behandlingene med raigras i ren bestand og behandlingen med raigras og kløver fra 2021 til 2023. Plantetilgjengelig fosfor er høyest når pH er mellom 6 og 7,5. Jordas pH i forsøket på Tuv var innenfor



dette området bortsett fra i behandlingen med raigras i ren bestand målt i 2023 (pH 5,8). Dette kan være en effekt av gjødsling der bakterier i jorda omgjør ammoniumet til sure forbindelser. Fangvekster kan bidra til å øke plantetilgjengelig fosfor gjennom flere mekanismer. Fosfor kan frigjøres fra dødt plantemateriale om vinteren eller når fangvekstene termineres. Fosfor som var tatt opp og midlertidig lagret i biomassen blir så gjort tilgjengelig når plantene dør. Fangvekster gir også økt mengde rot-eksudater som fører til økt mikrobielt liv som påvirker omdanningen av fosfor til mer tilgjengelige former. Noen fangvekster er også i symbiose med sopp (Mycorrhiza) som fungerer som forlengelse av røttene, hvor tilfanget av fosfor til plantene kan øke (Hallama m.fl., 2019; Hallama m.fl., 2022). Dette forsøket fant ingen forskjeller mellom behandlinger i målinger av sopp og bakterier i jorda etter tre år. Fosfornivået (P-AL) var relativt høyt i starten av eksperimentet. Noen studier tyder på at fosforreservene på jord med høye fosfortall kan utnyttes bedre og at fosforgjødsling dermed kan reduseres (Solangi m.fl., 2023). Det trengs imidlertid flere studier hvor fosforgjødsling uteblir for å teste om fangvekster kan gjøre fosforet plante-tilgjengelig. Forsøket på Tuv vil bli oppfulgt av en mer inngående studie hvor effekten av fangvekster på fosfor undersøkes nærmere.

Feltet på Østlandet etablerte seg dårlig gjennom prosjektperioden. Dette var mye grunnet ugrasproblematikk og værforhold.

## 5 Konklusjon

Erfaringer fra gårdsforsøk og ruteforsøk i Trøndelag og på Østlandet viser fordeler ved bruk av fangvekster for noen fysiske, kjemiske og biologiske jordhelseindikatorer. Kombinasjonen av ingen jordarbeiding, fangvekster og variert vekstskifte førte til høy aggregatstabilitet som er viktig for å minske risikoen av jordtap ved erosjon. Ingen jordarbeiding og fangvekster, som gir økt mengde planterester og rot-eksudater gav også gode levekår for meitemark. Meitemark er viktige nedbrytere av organisk materiale, og resultatene viser flere antall meitemark i systemet med direktesåing og fangvekster sammenlignet med det konvensjonelle. Karbonkonsentrasjonen økte derimot bare i de øverste 15 centimeterne, noe som tyder på at syv år med fangvekster ikke var nok for å se en økning i dypere jordlag. Ruteforsøket på Tuv viste at en kan lykkes med fangvekster også i Trøndelag dersom fangvekstene sås samtidig med eller kort tid etter såing av vårkorn. Fangvekstene reduserte ikke avlingene. Tre år med målinger viste at jordtettheten ble påvirket positivt, med størst reduksjon med fangvekstblandingen med flest fangvekstplanter. Forsøket viste også positive effekter på karbonkonsentrasjon. I de øverste fem centimeterne var økningen høyere jo mer variert blandingen var. Denne effekten var ikke synlig for 0-20 cm. Da var effekten størst med raigras i ren bestand. Plantetilgjengelig fosfor økte også fra 2021 til 2023 for behandlingen med raigras i ren bestand, samt for behandlingen med raigras og kløver. Det ble ikke funnet noen effekt av fangvekster på sopp og bakterier etter tre år.

## 6 Litteraturreferanse

- Bechmann, M., Dreyer, L., Lang, K., Stenrød, M., Bøe, F., Eggestad, H.O., Isidorova, A., Ugstad, H., Riley, H., Selnes, S., Mæland, T. & Molvermyr, Å. 2023. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2021/2022. NIBIO Rapport 9(130). 48 s. NIBIO, Ås. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11250/3106138>.
- Christy, I., Moore, A., Myrold, D., & Kleber, M. (2023). A mechanistic inquiry into the applicability of permanganate oxidizable carbon as a soil health indicator. *Soil Science Society of America Journal*, 87(5), 1083-1095.
- Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H., & Kandeler, E. (2019). Hidden miners—the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and soil*, 434, 7-45.
- Hallama, M., Pekrun, C., Mayer-Gruner, P., Uksa, M., Abdullaeva, Y., Pilz, S., & Kandeler, E. (2022). The role of microbes in the increase of organic phosphorus availability in the rhizosphere of cover crops. *Plant and Soil*, 476(1), 353-373.
- ISO, D. (2009). 11277 (2009) Soil quality-determination of particle size distribution in mineral soil material-method by sieving and sedimentation. Beuth, Berlin.
- ISO (1995). 10694. Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).
- ISO 11272:2017(en): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11272:ed-2:v1:en>
- ISO 10390:2005(en) <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10390:ed-2:v1:en>
- ITPS, 2020. Intergovernmental technical panel on soils. Towards a soil health definition.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 425-442.
- Poeplau, C., Aronsson, H., Myrbeck, Å., & Kätterer, T. (2015). Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden. *Geoderma Regional*, 4, 126-133.
- Riley, H. (2014). Grain yields and soil properties on loam soil after three decades with conservation tillage in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 64(3), 185-202.
- Solangi, F., Zhu, X., Khan, S., Rais, N., Majeed, A., Sabir, M. A., ... & Kayabasi, E. T. (2023). The global dilemma of soil legacy phosphorus and its improvement strategies under recent changes in agro-ecosystem sustainability. *ACS omega*, 8(26), 23271-23282.
- Stott, D. E. (2019). Recommended soil health indicators and associated laboratory procedures. *Soil Health Technical Note*, (450-03).
- Weil, R. R., Islam, K. R., Stine, M. A., Gruver, J. B., & Samson-Liebig, S. E. (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(1), 3-17.
- Woodings, F. S., & Margenot, A. J. (2023). Revisiting the permanganate oxidizable carbon (POXC) assay assumptions: POXC is lignin sensitive. *Agricultural & Environmental Letters*, 8(1), e20108.

## 7 Appendix

Tabell A1. Totalt organisk karbon (%) i 0-5 cm

	2021	2023
	Gjennomsnitt (SD)	
Kontroll NPK	2,16 (0,33)	2,60 (0,26)
Kontroll utengjødsel	-	2,56 (0,23)
Raigras, rødkløver, sikori, tiriltunge med NPK gjødsel	2,46 (0,22)	2,94 (0,25)
Raigras, kvitkløver med NPK gjødsel	2,22 (0,08)	2,80 (0,22)
Raigras med NPK gjødsel	2,48 (0,25)	2,90 (0,28)

Tabell A2. Totalt organisk karbon (%) i 5- 20 cm

	2021	2023
	Gjennomsnitt (SD)	
Kontroll med NPK gjødsel	2,48 (0,29)	2,52 (0,11)
Kontroll uten gjødsel	-	2,56 (0,30)
Raigras, rødkløver, sikori, tiriltunge med NPK gjødsel	2,66 (0,15)	2,72 (0,24)
Raigras, kvitkløver med NPK gjødsel	2,58 (0,29)	2,54 (0,42)
Raigras med NPK gjødsel	2,66 (0,32)	2,9 (0,37)



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.