VITALANALYSE

Sluttrapport:

Regenerativ dyrking i praksis – referansegårder 2021–2023

VitalAnalyse RAPPORT | NR. 1 | 2024

JM Vibhoda Holten, Dag Molteberg, Anne Strøm Prestvik, Kristoffer Svalastog Skinnes

TITTEL

Regenerativ dyrking i praksis – referansegårder 2021–2023

FORFATTERE

JM Vibhoda Holten, Dag Molteberg, Anne Strøm Prestvik, Kristoffer Svalastog Skinnes

DATO: 30.04.2024

SAKSNR.: 2020 / 75097

ISBN: 978-82-693709-0-4

ANTALL SIDER: 225

ANTALL VEDLEGG: 3

FINANSIERING: Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON: Kristian Ormset

STIKKORD: Regenerativt jordbruk, jordkarbon, underkultur, fangvekster, grønt plantedekke, gårdsforsøk, jordhelse, jordliv, kompost, kompostekstrakt, flatekompostering, erosjon, avrenning, avling, dekningsbidrag, konvensjonelt, økologisk, karbonbinding

FAGOMRÅDE: Regenerativt jordbruk, korndyrking, jordkjemi, jordfysikk, landbruk, økologi, mikrobiologi, statistikk, klima, korn

SAMMENDRAG:

Referansegårdsprosjektet har prøvd ut og tilpasset et regenererende dyrkingssystem til norske forhold med mål om å fremme jordfruktbarheten og øke moldinnholdet. Prosjektet har omfattet seks korngårder på Østlandet, fire økologiske og to konvensjonelle. Følgende metoder har blitt brukt: 1) Gjødsling som fremmer jordlivet – utbalansering av næringsstoffene, 2) permanent grønt plantedekke med en allsidighet av arter, 3) skånsom jordarbeiding, bl.a. flatekompostering, 4) urteferment for å styre de mikrobielle prosessene og unngå forråtnelse (grønnmasse og husdyrgjødsel), 5) plantevitalisering og bladgjødsling for å øke fotosynteseraten, 6) dybdeløsning og 7) observasjoner av endringene i jorda, kulturen og ugraset (spadeprøve, microBIOMETER m.m.). Målinger viser mer jordliv (bakterier, sopp), bedre jordstruktur og vanninfiltrasjon, signifikant mindre fritt nitrogen (nitrat og ammonium), signifikant økning i jordkarbon (74 kg C per dekar per år i snitt) og reduksjon i frøugras m.m. Praksis viser at med flatekompostering kan et grønt plantedekke avsluttes uten glyfosat eller plog. Plantene blir i større grad ernært av jordlivet, og behovet for innkjøpt gjødsel er redusert (økologisk og konvensjonelt). Problemjord (stiv leire) er tatt inn i produksjon igjen gjennom mineralsk utbalansering. Dekningsbidraget, uten regionalt miljøprogram (RMP), er 5-33 % høyere for økologisk regenerativ korndyrking enn for konvensjonell. Avlingsnivået er 52-67 % av konvensjonelt korn. Prosjektbøndene er mer fornøyde enn før, men det kreves godt bondehåndverk for å lykkes, og bønder som er endringsvillige og proaktive. Prosjektbøndene har i praksis på totalt 90 enkeltskifter demonstrert at en ny agronomi er mulig, som bevisst fremmer de levende prosessene i jorda, tar bedre var på miljøet og gir god avling av god kvalitet.

SUMMARY:

The reference farm project has tested and adapted a regenerative cultivation system to Norwegian conditions with the aim of promoting soil fertility and increasing soil organic matter content. The project involved six grain farms in Eastern Norway, four organic and two

conventional. The following methods have been used: 1) Fertilisation that promotes soil life - balancing the nutrients, 2) permanent green plant cover with high plant diversity, 3) reduced tillage, incl. surface composting, 4) herbal ferments to control microbial processes and avoid decay (fresh green biomass and animal manure), 5) plant vitalisation and foliar fertilisation to increase the photosynthesis rate, 6) sub-tilling and 7) observations of changes in the soil, the crop and the weeds (spade test, microBIOMETER, etc.). Measurements show more soil life (bacteria, fungi), better soil structure and water infiltration, significantly less mineral nitrogen (nitrate and ammonium), significant increase in soil carbon (740 kg C per hectare per year on average) and reduction in annual weeds, etc. Practice shows that with surface composting, a green plant cover can be terminated without glyphosate or ploughing. Furthermore, plant nutrition happens to a greater extent by soil life, and the need for purchased fertilisers is reduced (organic and conventional). Problem soils (heavy clays) have been brought back into production. The gross margin, without regional support schemes, is 5-33 % higher for organic regenerative grain cultivation than conventional. The yield level is 52-67% of conventional grain. The project farmers have demonstrated in practice on a total of 90 individual plots that a new agronomy is possible, which consciously promotes the living processes in the soil, takes better care of the environment and produces good quality crops.

GODKJENT	PROSJEKTLEDER
Kristian Ormset	Vibhoda Holten

Forord

Det har vært mange personer involvert i dette prosjektet som fortjener å bli nevnt og en takk. Det hele begynte med at stiftelsen VitalAnalyse arrangerte to fagdager i lag med Norsk Landbruksrådgiving og Norges Bondelag i Oslo i januar og februar 2017 med til sammen over 170 deltakere. Samme år begynte VitalAnalyse å arrangere jordfruktbarhetskurs, et samlingsbasert kurs over åtte dager som gir en grundig innføring i teori og praksis i humusbygging og jordfruktbarhet. Vibhoda Holten, som da var ansatt i VitalAnalyse, skrev søknad til Landbruksdirektoratet, og prosjektet «Fem trinn til fruktbar jord – tilpassing til norsk klima og dyrkingssystem» gikk fra 2018 til 2020 sammen med fire gårdsbruk på Østlandet.

Det ble fort klart at det var behov for flere prosjekt som bygget på erfaringene fra det første prosjektet, et prosjekt som kunne videreutvikle metoden og fortsette å måle og dokumentere effektene av dyrkingsmetodene. Interessen for jordhelse og regenerativt landbruk var økende, og det første prosjektet gav interessante resultater. Daværende daglig leder i VitalAnalyse, Veronica Lilliehöök skrev ny søknad til Landbruksdirektoratet. Bøndene fra det første prosjektet var positive, og tre nye gårdsbruk ble med i prosjektet, deriblant to konvensjonelle gårdsbruk. Ny daglig leder i VitalAnalyse, Rebekka Bond, sparket det nye prosjektet i gang og var prosjektleder i litt over ett år.

Bøndene som har vært med, har utgjort kjernen i prosjektet og vært de utøvende kreftene på «grasrota». Det har krevd mot, lærevillighet, tillit til rådgivere og en passe dose tålmodighet for å satse på metoder som andre i landbruket betegner som luftslott. Å gå foran på en vei ingen har gått før kan virke både skummelt og spennende, men bøndene har arbeidet jevnt og trutt på sine gårder. Ikke alt går alltid etter planen, og kritiske spørsmål til metoder og resultat kan bidra til at utfordringer vokser. Men både bønder og rådgivere har vært innstilt på å lære av problemer som oppstår underveis og å være løsningsorientert. Resultatene de ser på sine gårder levner ingen tvil om at metodene de har tatt i bruk regenerer jorda. Runar Sørli, Kristoffer Svalastog Skinnes og Tor Helge Brandsæter var alle med også i det første prosjektet. Ole Martin Hvidsten, Edvard Fosdahl og Dag Molteberg ble med i dette prosjektet. Uten deres innsats og utførelse hadde prosjektet og resultatene vi ser i dag ikke eksistert. Et viktig utviklingsarbeid er gjort med utprøving og tilpassing av metodene under østnorske forhold. Takk også til deres respektive ektefeller og samboere for støtte og tålmodighet, særlig til de som har åpnet sine hjem og servert solide måltider til sultne bønder, rådgivere og prosjektmedarbeidere på gårdsbesøk.

Martin Beck har vært faglig ansvarlig og fungert som rådgiver for bøndene i begge prosjektene. Han har villig delt av sin erfaring og kunnskap om regenerative metoder, kommet med gode råd, oppmuntring og konstruktive løsninger. Silja Valand fra Norsk Landbruksrådgiving har også vært

med som rådgiver og deltaker på mange av gårdsbesøkene. Hun har bidratt både med kunnskap, erfaring og kritiske innspill som har bidratt til å løfte kvaliteten på arbeidet i prosjektet.

I april 2022 overtok Kristian Ormset som daglig leder og styreleder i VitalAnalyse igjen etter fem år som pensjonist, 22 år etter at han opprettet stiftelsen for å jobbe med vitalisering av jord og matproduksjon. Han har hatt det overordnede ansvaret for prosjektet de to siste årene. Vibhoda Holten, nå selvstendig rådgiver, har vært prosjektleder de to siste årene. Vibhoda har også vært rådgiver til bøndene i prosjektet, og ansvarlig for jordprøvetaking og analyse. Hans rolle i å hente nødvendig kunnskap til Norge da han dro til utlandet på kurs i 2016, har vært avgjørende for de to prosjektene og det faglige utviklingen vi ser på dette området i dag.

Observasjoner, måling av resultater og dokumentasjon har vært viktig i dette prosjektet. Å få kommunisert alle erfaringer som er gjort er en krevende oppgave. I tillegg er det utført et stort antall små og store forsøk. Dette har vi forsøkt å samle i denne sluttrapporten som forsøker å kommunisere helheten i prosjektet. Prosjektleder Vibhoda Holten har hatt hovedansvaret for skriving av rapporten. Dag Molteberg har stått for en betydelig del av rapportskrivingen, og ikke minst bidratt til god framdrift i skrivingen. Hans forskerbakgrunn har også bidratt til å løfte analysen av en del data samlet inn i prosjektet, opp på høyere nivå. Kristoffer Svalastog Skinnes og Anne Strøm Prestvik har også bidratt i rapporten, og Kristian Ormset har vært med som pådriver. Katelyn Solbakk i Mikroliv har også bidratt med mikroskopering av jord og analyse av jordprøver.

En stor takk rettes til Gunnar Line og Isabelle Hammerstad Hugøy som leste og kommenterte hele rapporten da et førsteutkast forelå. En stor takk også til Edvard Fosdahl og Elin Wyller Engkvist som også har lest og kommentert rapporten. En takk rettes også til tidligere styreleder i VitalAnalyse, Kjell Borge, som gjorde en stor innsats for å holde stiftelsen gående i en krevende periode fram til 2022, sammen med styremedlemmene Veronica Lilliehöök og Erik Andrè Berger.

Takk til Landbruksdirektoratet som bevilget midler til prosjektet, og for god dialog og tålmodighet spesielt i den avsluttende fasen. Viken fylkeskommune bevilget også midler som gjorde det mulig å arrangere sluttseminar for prosjektet på Vitenparken i Ås i november 2023. Takk rettes også til alle støttespillere i forvaltningen, til andre bønder og personer med interesser for å regenerere jorda, som på forskjellige måter har bidratt.

Vi som har hatt det overordnede ansvaret (Kristian Ormset), og fulgt prosjektet som støttespillere (Anne Strøm Prestvik), er stolte og takknemlige for innsatsen til alle de involverte. Vi håper prosjektet og denne sluttrapporten kan bidra til at flere bønder og deres rådgivere kan ta ett eller flere steg mot å regenerere jorda – framtida er avhengig av det!

Hellerud, 30. april 2024

Anne Strøm Prestvik og Kristian Ormset

Innholdsfortegnelse

Forord 4

Innholdsfortegnelse 6

1 INNLEDNING 10

1.1 Bakgrunn for prosjektet 10

1.2 Prosjektmål 13

1.3 Rapportens oppbygging 14

2 KUNNSKAPSGRUNNLAG 15

2.1 Jordhelse: jordkjemi, jordfysikk, jordbiologi OG plantene 16

2.2 Jordkarbon 18

2.3 Jordpakking 21

2.4 Rhizofagi 22

2.5 En modell for reduktiv vs. oksidativ planteernæring 23

2.6 Utvidete jordanalyser 25

2.7 Bruk av urteferment 30

3 METODE 32

3.1 Presentasjon av gårdene, bøndene og prosjektmedarbeiderne 32

3.2 Metodevalg – hvordan vi har jobbet i prosjektet 36

3.2.1 Rådgiving og kunnskapsutvikling i gruppe 36

3.2.2 Gårdsforsøk og bondens observasjoner 37

3.2.3 Spadeprøven og observasjon av kulturen 39

3.3 De agronomiske tiltakene 43

3.3.1 Utvidete jordanalyser 43

3.3.2 Permanent grønt plantedekke med et mangfold av arter 44

3.3.3 Flatekompostering og skånsom jordarbeiding 47

3.3.4 Mikrobiell prosesstyring med urteferment 49

3.3.5 Mikrobielle inokulanter 50

3.3.6 Behandling av husdyrgjødsel 51

3.3.7 MC-kompostering – mikrobiell karbonisering 53

3.3.8 Bladgjødsling og plantevitalisering 56

3.3.9 Biologisk beising av såkornet 57

3.3.10 Dybdeløsning 58

3.3.11 Regenerativ «konvensjonell» dyrking 60
3.4 Generell dyrkingsplan for vårkorn 62
3.5 Analyser av jord og planter 63
3.5.1 Jordprøveuttak 63
3.5.2 MicroBIOMETER 64
3.5.3 Kjemiske analyser jord 65
3.5.4 Bladsaftanalyser 66
3.5.5 DNA-analyser av jordmikrobiologien 67
3.6 Statistiske metoder og modeller 67
3.6.1 Statistiske metoder 68
3.6.2 Modell for påvisning av endring over tid 70
3.7 Dekningsbidragsanalyser 71
4 MATERIALE 72
4.1 Observasjonspunkter på gårdene 72
4.1.1 Jordstruktur (VESS) 72
4.1.2 Jordkjemiske analyser 72
4.2 Utvikling og observasjoner på gårdene 73
4.3 Forsøksfelt 74
4.3.1 Jordhardhet og avlingsregistrering ved ulik jordbearbeiding 74
4.3.2 Mekanisk kvekebekjempelse med KvickFinn 78
4.3.3 Fastpunkt og analysepunkter microBIOMETER 79
4.3.4 Forsøk flatekompostering med og uten Biosa urteferment 81
4.3.5 BioCover - biologisk beising av såkorn 81
4.3.6 Karbon i Jord – GPS-jordanalyser 2021 og 2023 81
4.3.7 Utvikling nitrogentildeling og avling 2019-2023 81
5 RESULTAT OG DISKUSJON 83
5.1 De agronomiske tiltakene og praktisk gjennomføring 83
5.1.1 Mineralsk utbalansering 83
5.1.2 Permanent grønt plantedekke 86
5.1.3 Flatekompostering 89
5.1.4 Bruk av urteferment 90
5.1.5 Brygge urteferment selv 91
5.1.6 Behandling av husdyrgjødsel 92
5.1.7 MC-kompostering – mikrobiell karbonisering 94

5.1.8 Bladgjødsling og plantevitalisering 97
5.1.9 Biologisk beising av såkornet 100
5.1.10 Dybdeløsning 107
5.2 Jordanalysene – tall og observasjoner 109
5.2.1 Jordstruktur – VESS 109
5.2.2 Glødetap 109
5.2.3 Endring i mold, karbon i jord og CO_2-binding 115
5.2.4 Øvrige jordkjemiske analyser 117
5.2.5 Bladsaftanalyser 125
5.2.6 MicroBIOMETER 128
5.2.7 DNA-analyser av mikrobiologien på Sørli og Ormo 134
5.2.8 Sammenfattende om jordanalysene 136
5.3 Ugrasforekomst 138
5.4 Case - regenerativt vs. konvensjonelt på Ormo 142
5.5 Case – regenerativt økologisk vs. konvensjonelt på Sørli 147
5.6 Resultater av ulike gårdsforsøk 153
5.6.1 Jordhardhet og avlingsregistrering ved ulik jordbearbeiding 153
5.6.2 Mekanisk kvekebekjempelse med KvickFinn 157
5.6.3 Fastpunkt og analysepunkter microBIOMETER 162
5.6.4 Forsøk flatekompostering med og uten Biosa urteferment 162
5.6.5 BioCover - biologisk beising såkorn 162
5.6.6 Karbon i Jord - GPS jordanalyser 2021 og 2023 162
5.6.7 Utvikling nitrogentildeling og avling 2020-2023 166
5.7 Observasjoner og utviklingsarbeid på gårdene 169
5.7.1 Nedre Skinnes 169
5.7.2 Fossnes 171
5.7.3 Sørli 173
5.7.4 Nordre Tveter 175
5.7.5 Ormo 176
5.7.6 Nes Herregård 180
5.8 Intervjuene med bøndene - motivasjon, utfordringer og resultater 182
5.8.1 Forbilder 182
5.8.2 Bakgrunn og motivasjon 183
5.8.3 Omlegging og endringer i drifta 183

5.8.4 Bøndenes erfaringer knyttet til tiltakene 185
5.8.5 Bøndenes resultater og erfaringer 188
5.8.6 Framtida 192
5.8.7 Det regenerative felleskapet 193
5.8.8 Hvordan få flere til å prøve regenerative tiltak? 193
5.9 Dekningsbidragsanalyser 193
5.9.1 Dekningsbidragsanalyser Nedre Skinnes Gård 193
5.9.2 Erter og havre 194
5.9.3 Vårhvete 2023 195
5.9.4 Brage bygg 2023 196
5.9.5 Kostnadsanalysen punkt for punkt 197
5.9.6 Nye satser for regionalt miljøprogram 199
5.9.7 Dekningsbidrag konvensjonell dyrking 199
5.9.8 Traktorkostnader 202
5.9.9 Vederlag til arbeid og kapital kornproduksjon 202
5.9.10 Omlegginga til regenerativt dyrkingssystem 204
6 KONKLUSJONER 206
7 ANBEFALINGER 213
7.1 Anbefalinger til bønder 213
7.2 Anbefalinger til rådgivning og forskning 215
7.3 Anbefalinger til forvaltning og virkemiddelapparat 216
8 Tips til litteratur om regenerativ dyrking 218
Referanser 220
VEDLEGG 226

1 INNLEDNING

"Nutrients should be available, but not soluble"

Dr. William Albrecht

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Jordbruket, både her hjemme og globalt, står i dag overfor en rekke utfordringer som både direkte og indirekte truer vår evne til å produsere mat. Klimaendringer er en av utfordringene, og vekstsesongen 2023 gav oss nok en påminnelse på at vi må være forberedt på både perioder med tørke og perioder med mye nedbør. I en gjennomgang av trusler mot jordas funksjoner i Europa, finnes også trusler som er svært relevante for norske forhold (Stolte mfl., 2015) De viktigste i norsk kontekst er erosjon, jordpakking, tap av organisk karbon, tap av jordliv, flom og jordskred, forurensing (både av jord og til vann fra jord) og nedbygging av jord. Det har lenge vært kjent at mye jordbruksjord taper innholdet av mold, som er spesielt viktig for jordfruktbarhet, jordstruktur og ikke minst for regulering av atmosfærisk karbon (Riley & Bakkegard, 2006). Ofte forklares denne utviklingen med at husdyr og eng ikke lenger inngår i vekstskiftet. Særlig ser vi dette på Østlandet med mye ensidig korndyrking. Men selv i dyrkingssystem med allsidig vekstskifte som inkluderer eng og tilførsel av husdyrgjødsel, kan det organiske innholdet i jord reduseres over tid (Hugh Riley mfl., 2022). Erosjon kan også føre til tap av organisk materiale fra jord. Dette svekker jordas evne til å håndtere både tørke og store nedbørsmengder. Samtidig kan klimaendringer bidra til klimaendringer kan bidra til å øke erosjonsfaren (Landbruksdirektoratet, 2020). Varmere og våtere vær gjør også plantesykdommer, skadeinsekter og noen ugras mer framtredende (Bardalen, 2018). Selv om klimaendringer gir oss lengre vekstsesong, vil økte nedbørsmengder bidra til økt utvasking av næringsstoffer og økt risiko for jordpakking. Jordpakking fører i sin tur til dårligere utnyttelse av gjødsla og økte klimagassutslipp fra jord (Seehusen, 2019). Tap av næringsstoffer fra jordbruksjord har fått fornyet oppmerksomhet fordi nitrogen fra jordbruket bidrar til forurensing av blant annet Oslofjorden (Landbruksdirektoratet & Miljødirektoratet, 2023). Selv om næringsstoffeffektiviteten (fosfor og nitrogen) er bedret over tid, er den sammenlignet med våre nordiske naboer en del dårligere (Bakken mfl., 2023). I en utredning av bærekraft i norsk jordbruksproduksjon gjort av NIBIO (ibid.) er både nedgang i moldinnhold i jorda, pakkeskader, næringsstoffeffektivitet, forurensing til vassdrag og press på biologisk mangfold er blant de viktigste truslene mot bærekraft i norsk matproduksjon.

Med dette som bakgrunn er det mange som leter etter løsninger. Samtidig er det en økende bevissthet om at god jordhelse er nøkkelen til å både sikre matproduksjon og de andre

økosystemtjenestene jorda gir oss. Dette gir seg til kjenne blant annet i Landbruksdirektoratets «Nasjonalt program for jordhelse» (Landbruksdirektoratet 2020), gjennom enkelte tiltak i Regionale miljøprogram og ved utlysningen av midler til nasjonale klima- og miljøtiltak. Interessen for regenerativ dyrkingspraksis har også økt, der oppbygging av jordas økosystemtjenester, spesielt karbonlagring, er målet. Sentralt i forståelsen av regenerativ dyrkingspraksis er «the Liquid Carbon Pathway» beskrevet av Dr Christine Jones (2008), «the Soil Food Web» beskrevet av Dr. Elaine Ingham[1] og hvordan fotosyntesen, mangfoldet av planter og ikke minst samspillet med mikroorganismer i jorda er driverne for regenerering av jorda. Regenerativt landbruk blir ofte beskrevet ut fra fem prinsipper: holde jorda dekket, ha levende planterøtter i jorda så mye som mulig, redusere jordarbeiding, øke mangfoldet av planter, og integrere planteproduksjon med husdyrproduksjon (fortrinnsvis beiting) (Økologisk.no, u.å.) Hvordan disse prinsippene skal settes ut i praksis, særlig i økologisk åkerbruk, krever imidlertid mer inngående forståelse og arbeid med regenerativ dyrkingspraksis som er tilpasset norsk klima og produksjon.

Det er en økende interesse for karbonlagring i jord og de positive ringvirkningene for klimaet det kan medføre, men rådgivere og forskere i Norge setter spørsmålstegn ved hvor mye karbonlagring som er mulig i norsk jordbruksjord, særlig i åkerbruk uten flerårig eng i vekstskiftet [se for eksempel Serikstad (2023) og Tajet (2021)]. Tross usikkerheten er det knyttet forventninger til at økt bruk av fangvekster og andre tiltak som biokull *skal* kunne øke jorda som karbonlager, som beskrevet i «Landbrukets klimaplan». Likevel er det ofte stilt spørsmål/ ved både muligheten for implementering uten at det koster for mye, og den faktiske effekten av tiltak som både skal bedre jordhelse og øke karbonlagring, og det etterspørres dokumentasjon fra flere hold. Blant bønder som utvikler nye, regenerative metoder er det imidlertid troen på at det finnes dyrkingspraksis som er bedre for både miljøet, klimaet, bonden og samfunnet ellers som er det viktige. Den regenerative bevegelsen blir derfor ofte karakterisert som en sosial bevegelse med utgangspunkt i grasrota, det vil si hos bøndene (Beacham mfl., 2023). Enkelte bønder, og deres rådgivere, går foran fordi de opplever at det haster å utvikle dyrkingspraksis som både er bra for miljøet og som kan styrke bondens økonomi. Også EU har innsett at for å nå målene knyttet til bedre jordhelse, må det utvikles nye metoder der forskere, bønder og andre interessenter sammen og på en effektiv måte utvikler innovativ dyrkingspraksis (Bouma & Veerman, 2022).

Siden 2017 har Stiftelsen VitalAnalyse arbeidet for å utvikle regenerativ dyrkingspraksis som kan tas i bruk av norske bønder, både konvensjonelle og økologiske. Prosjektet «Fem trinn til fruktbar jord – tilpassing til norsk klima og dyrkingssystem» gikk fra 2018 til 2020 og var

[1] https://www.soilfoodweb.com/

finansiert av midler fra nasjonalt klima- og miljøprogram gjennom Landbruksdirektoratet. Prosjektet fulgte fire gårdsbruk på Østlandet i implementeringen av «fem trinn til fruktbar jord» og både metodene og resultatene er beskrevet i prosjektets sluttrapport (Holten, 2021). VitalAnalyse søkte og fikk bevilget midler til et nytt treårig prosjekt som har gått fra 2021 til 2023 med mål om å fortsette utviklingen av stedtilpasset praktisk og teoretisk kompetanse om regenerative tiltak for økt jordfruktbarhet og karbonlagring. Det nye prosjektet, også kalt referansegårdsprosjektet, har fulgt til sammen seks gårdsbruk, tre som var med i det forrige prosjektet og tre nye. På veien har de fått hjelp av to rådgivere, og sammen har gruppen av bønder og rådgiverne tatt i bruk, tilpasset, utviklet og overvåket dyrkingssystem og -tiltak som er tilpasset den enkelte gården og basert på regenerative prinsipper.

Utgangspunktet for første fase av referansegårdsprosjektet (2018-2020) var det såkalte jordfruktbarhetskurset som de tyske rådgiverne Dietmar Näser og Friedrich Wenz holdt i Norge i 2017 og 2018. De kalte dyrkingssystemet de introduserte for «fem trinn til fruktbar jord». VitalAnalyse ønsket å tilpasse dette dyrkingssystemet til norske forhold, noe som var tema for den første fasen av referansegårdsprosjektet. Med mer erfaring fra praksis har dyrkingssystemet blitt utviklet videre, og metodene som har blitt brukt i andre fase av prosjektet kan oppsummeres i følgende sju punkter:

1. Gjødsling som fremmer jordlivet - utbalansering av næringsstoffene
2. Fremme jordlivet med kontinuerlig grønt plantedekke (underkultur, sommer- og vintergrønngjødsling og samdyrking)
3. Skånsom jordarbeiding (flatekompostering m.m.) – "fôre" jordmikrobiologien og gjøre klar til neste kultur
4. Bruke urteferment for å styre de mikrobielle prosessene og unngå forråtnelse i jorda (husdyrgjødsel og nedmoldet grønnmasse)
5. Plantevitalisering for å redusere abiotisk stress og få høyest mulig fotosynteserate
6. Dybdeløsning for at jorda skal kunne puste
7. Observere endringer i jorda, kulturen og ugraset (spadeprøve, bladsaftmålinger (Brix, ledningsevne m.m.), visuelle observasjoner, microBIOMETER m.m.)

1.2 Prosjektmål

Prosjektets mål slik de er beskrevet i søknaden:

Hovedmål:

Økt jordfruktbarhet og karbonlagring i norsk jordbruksjord gjennom økt stedtilpasset praktisk og teoretisk kompetanse om regenerativt landbruk blant utøvende bønder og landbruksfagmiljøet. Langtidseffekter på gårder, ved observasjon av enkle jord- og avlingsparametere, er dokumentert, resultater av nye regenerative tiltak er observert, og regenerative tiltak på nye gårder med konvensjonell drift er introdusert.

Delmål 1: Vise langtidseffekten av regenerative tiltak tilpasset norsk klima og dyrkingsforhold, bruk av **nye regenerative tiltak** samt **introduksjon** av regenerativ dyrkingspraksis **i konvensjonell kornproduksjon**.

Nye regenerative tiltak:

a. Bruk av samdyrking (f.eks. havre/ert, bygg/oljedodre).
b. Utprøving av metodikken dybdeløsning iht. Walter Witte-metoden (se kap. 3.3.10), for løsning og lufting av pakket jord, men med lukking av overflaten. Alternativ til pløying, med mindre CO_2-tap.
c. Opplegging og bruk av komposteringsmetoden mikrobiell karbonisering («MC-kompost» - se kap. 3.3.7) på de gårdene som har lært å legge opp disse (per i dag Nedre Skinnes og Sørli gård.) Introduksjon av metodikken på øvrige prosjektgårder der mulig.
d. Opplæring og bruk av behandlet gylle og gjødsel (med ferment, steinmjøl, biokull, m.m.) for bedre innbinding av næringsstoffer, reduserte forråtnelsesprosesser, mindre lukt og raskere huminstoffdannelse i jorden.

Delmål 2: Undersøke effekten av de regenerative tiltakene på jordfruktbarheten på referansegårdene, inkludert et forsøksfelt.

- Introduksjon av et forsøksfelt på en av prosjektgårdene.
    - Økt fokus på observasjon og målinger av avling, ugrastrykk og nye agronomiske tiltak.
- Jordhelse er vanskelig å måle. Forbedringer i dette prosjekt:
    - Måling av karbon i jord som også tar høyde for leirinnhold og inkluderer måling av C/N-forhold.

    - Ny metodikk for visuell observasjon av jordstruktur; VESS – Visual Evaluation of Soil Structure.
    - Utprøving av nytt analyseverktøy for jordhelse- og karbon, Haney Soil Test: analyse av vannløselig jordkarbon og nitrogen, mikrobielt aktivt karbon, nivåer av organisk innbundet/ikke innbundet N og P, C/N-forhold, 24h CO_2-respirasjon.
    - Mer målrettet bruk av jordanalyser.
- Undersøke effekter av overgang fra konvensjonell til regenerativ korndyrking på utvalgte gårder og i forsøksfelt.
- Beregning av enhetskostnader per dekar og gård for de regenerative tiltakene.

Delmål 3: Bygge kompetansenettverk og praktisk formidling blant bønder som ønsker å drive etter regenerative dyrkingsprinsipper. Markdager for interesserte fagfolk, bønder og rådgivingen.

Delmål 4: Formidling og dokumentasjon av agronomtekniske tiltak ved hjelp av formidling i ulike media, intervjuer, artikler og prosjektrapporter.

1.3 Rapportens oppbygging

Denne rapporten beskriver prosjektets metoder, aktiviteter og resultater. Kapittel 2 er en gjennomgang av kunnskapsgrunnlaget som ligger til grunn for tiltakene som er tatt i bruk i prosjektet. Denne delen gir en innføring i både nyere forskning og noe eldre kunnskap som så langt er lite tatt i bruk i det konvensjonelle og økologiske jordbruket. Dette kunnskapsgrunnlaget bidrar også til å tolke og forstå metoder og data som er samlet inn i prosjektet.

Kapittel 3 er en beskrivelse av metoder, særlig de agronomiske tiltakene som prosjektet har brukt. Dette inkluderer en presentasjons av de deltakende bøndene, hvordan bønder og rådgivere har jobbet sammen, tiltakene som er tatt i bruk, data som er samlet inn og hvordan dette er analysert. Gjennom prosjektet er det samlet inn en mengde data for å finne gode metoder for å dokumentere utviklingen, og kapittel 4 er en gjennomgang av dette materialet.

I kapittel 5 blir resultater presentert. Dette kapitlet presenterer både erfaringer med tiltakene, hvordan bøndene har tilpasset metodene til sine gårdsbruk, analyse av dataene som er samlet inn, og dekningsbidragsanalyser fra ett av gårdsbrukene. Dette blir oppsummert i kapittel 6, som også gjennomgår effekt og måloppnåelse i prosjektet. I kapittel 7 blir resultater og erfaringer fra prosjektet omsatt til anbefalinger til relevante målgrupper.

2 KUNNSKAPSGRUNNLAG

"Without biology, soil is just geology"

Jon Stika, US Natural Resources Conservation Service soil health instructor

I prosjektet har vi siktet mot å fremme de levende prosessene i dyrket jord med mål om å oppnå sunne planter og god avling, og dermed redusere ugras og bruken av innkjøpt gjødsel og pesticider. Bygging av jordas moldinnhold (jordkarbon) er sentralt for å skape ei levende og sunn jord. Til dette har vi brukt flere agronomiske verktøy for å fremme samarbeidet i jord-plante-mikrobiologisystemet. Flere av disse verktøyene er lite kjent i Skandinavia, men har like fullt historiske røtter, som for eksempel utbalansering av næringsstoffene iht. basemetningsanalyse (Albrechtanalyse) og behandling og kompostering av husdyrgjødsel.

Blant moderne verktøy er bladsaftanalyser. I vekstsesongen har vi sendt ferske blad av f.eks. kornplanten til NovaCropControl i Nederland. Dette er et laboratorium som analyserer for 20 ulike parametere i plantesafta. Med dette har vi kunnet se hvilke mineraler planten har overskudd eller underskudd av og kunnet korrigere kort tid etter med vitaliserende bladsprøytinger med mineralske tilsetninger (f.eks. Ca, Mg, Mn eller Cu). Bonden kan selv også kontrollere plantehelsa i løpet av vekstsesongen med enkle og billige metoder som Brix-målinger med et refraktometer, ledningsevnemåling og pH-måler.

Ulike former for kontinuerlig grønt plantedekke er tradisjonell agronomisk kunnskap, men som har blitt mer og mer utbredt i landbruket. Blant annet er "cover crops", fangvekster eller grønngjødsling – kjært barn har mange navn – hyppigere brukt også i konvensjonell dyrking i Norge så vel som i det store utland.

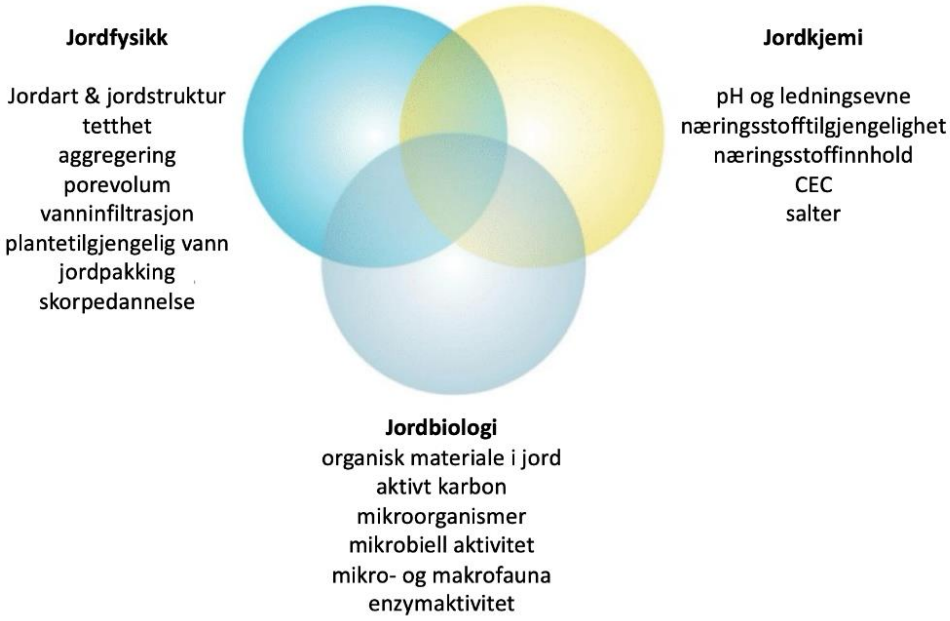
Det er flere avdøde forskere som har beskjeftiget seg med de levende prosessene i jordbruket, blant annet Bargyla Rateavers og Donald Schriefer fra USA, og tyske Hans-Peter Rusch. Blant nålevende forskere innen agronomien som viser hvordan agronomien kan flyttes fra kjemien til biologien, hører James White som forsker på rhizofagi (Kapittel 2.4) og Olivier Husson (Kapittel 2.5) som forsker på reduksjons- og oksidasjonsprosesser i jord-plante-mikrobiologisystemet.

I denne seksjonen vil vi nevne noe av kunnskapsgrunnlaget som finnes for metodene som er brukt i referansegårdsprosjektet. Dette er på ingen måte en fullstendig gjennomgang av alle

forhold som angår de komplekse sammenhengene som skjer mellom jord, mikrobiologi og planter.

2.1 Jordhelse: jordkjemi, jordfysikk, jordbiologi OG plantene

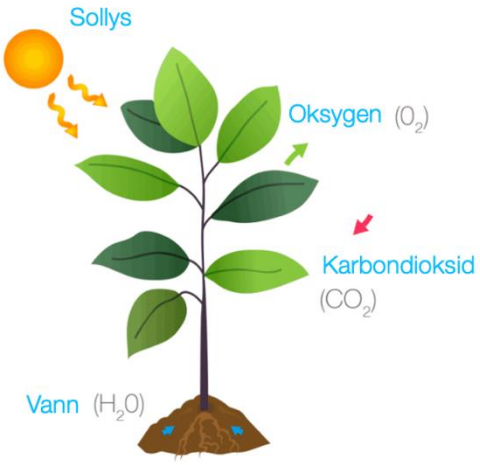
God jordhelse handler om at alle de tre komponentene av jorda fungerer optimalt, både jordkjemien, jordfysikken og jordbiologien (Figur 1). Hvis en av disse komponentene ikke fungerer vil det undergrave stabiliteten til jorda som system. Jordhelse handler også mye om hvordan disse tre komponentene virker sammen. For eksempel er jordas innhold av organisk materiale (jordkarbon / mold / humus) en kjemisk egenskap, men er samtidig viktig for jordbiologien. Jordfysikk handler om jordstruktur, og er derfor viktig for vanninfiltrasjon og gassutveksling. God jordstruktur på sin side er avhengig av et aktivt og allsidig jordliv.



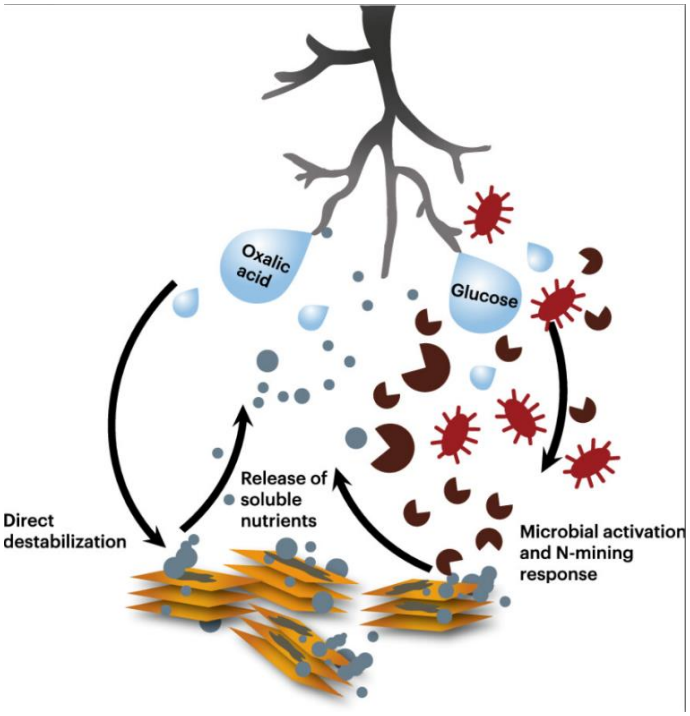
Figur 1. For å oppnå god jordhelse trenger alle de tre egenskapene til jorda å være på plass: jordfysikk, jordkjemi og jordbiologi. Figur etter Joel Williams.

Imidlertid er alle disse tre komponentene helt avhengige av plantene som driver fotosyntesen. I denne grunnleggende prosessen for liv binder de levende plantene inn CO_2 fra atmosfæren ved hjelp av energien fra sollyset og danner energirike karbonforbindelser (Figur 2). Disse forbindelsene skilles ut som roteksudater i rotsonen til plantene og blir mat til jordmikrolivet. Det er denne prosessen med å mate jordlivet med roteksudater som Dr. Christine Jones (2008) har gitt navnet "the Liquid Carbon Pathway" (det flytende karbonet). Det er målt at ettårige planter, for eksempel korn, kan skille ut opp til 20-30 % av fotosynteseproduktene som

roteksudater, og flerårige vekster, for eksempel eng og beiter, kan skille ut opp til 30-50 % av fotosynteseproduktene som roteksudater (Rajeew mfl., 2006).



Figur 2. Gjennom fotosyntesen binder planten inn CO2 fra atmosfæren ved hjelp av energien fra sollyset, og danner energirike karbonforbindelser som blant annet skilles ut som roteksudater som er mat til jordlivet i rotsonen. Figur etter Joel Williams.



Figur 3. Roteksudater (fotosynteseprodukter) er ikke bare sukker som fôrer jordmikrobiologien, men også organiske syrer som sørger for direkte frigjøring av næringsstoffer. Figur etter Jilling mfl. (2018) / CC BY 4.0.

Roteksudatene er ikke bare sukker som fôrer jordmikrolivet, men også organiske syrer som direkte frigjør næringsstoffer fra jorda (Figur 3). Helse handler om det levende, og jordhelse knytter an til viktigheten av ei levende jord.

I tekstboksen under er en bred definisjon av jordhelse som FAO har utarbeidet. Her blir det levende aspektet av jordhelse vektlagt.

FAOs definisjon av jordhelse
Soil health is the capacity of soil to function as a living system, within ecosystem and land use boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and promote plant and animal health. Healthy soils maintain a diverse community of soil organisms that help to control plant disease, insect and weed pests, form beneficial symbiotic associations with plant roots; recycle essential plant nutrients; improve soil structure with positive repercussions for soil water and nutrient holding capacity, and ultimately improve crop production (FAO, 2008).

En norsk oversettelse, i noe forenklet og tilpasset versjon ifølge (Landbruksdirektoratet, 2020), kan lyde:

Jordhelse er jordas evne til å fungere som et levende system, som bidrar til å opprettholde plante- og dyreproduksjon, opprettholde eller forbedre vann- og luftkvalitet, og fremme plante- og dyrehelse. Frisk jord opprettholder et mangfold av jordorganismer som bidrar til å kontrollereplantesykdommer, insektangrep og ugras, danner gunstig samarbeid med planterøtter, resirkulerer næringsstoffer, forbedrer jordstrukturen med positive ringvirkninger for jordas evne til å holde på vann og næring; og der samlet effekt er bedre forhold for planteproduksjon.

2.2 Jordkarbon

Jordas innhold av organisk materiale, eller mold som er vanlig brukt på norsk, har direkte og indirekte effekt på jordas biologiske, kjemiske og fysiske egenskaper (Lal, 2016). Jordas innhold av organisk materiale (mold / jordkarbon / humus)[2] er den viktigste indikatoren for jordkvalitet (Milne mfl., 2015). Gjennom landbrukets historie har jordas moldinnhold i hovedsak blitt redusert i stedet for å bli bygd opp (Sanderman mfl., 2017). Dette tapet av mold fortsetter i dag med intensiveringa av landbruket i følge flere sveitsiske langtidsforsøk (Keel mfl., 2019). Særlig tapes det mold når grasmark legges om til åkerbruk (Oberholzer mfl., 2014). Dessuten kan tapet av mold øke i de kommende tiårene på grunn av global oppvarming som setter i gang økt mineralisering av jordkarbonet i jordbruksjord.

Selv om stabilisering av moldinnholdet avhenger av biologisk aktivitet (Lehmann & Kleber, 2015), viser nylige litteraturstudier at biologiske indikatorer for jordkvalitet, er underrepresentert i den vitenskapelige litteraturen sammenlignet med kjemiske og fysiske

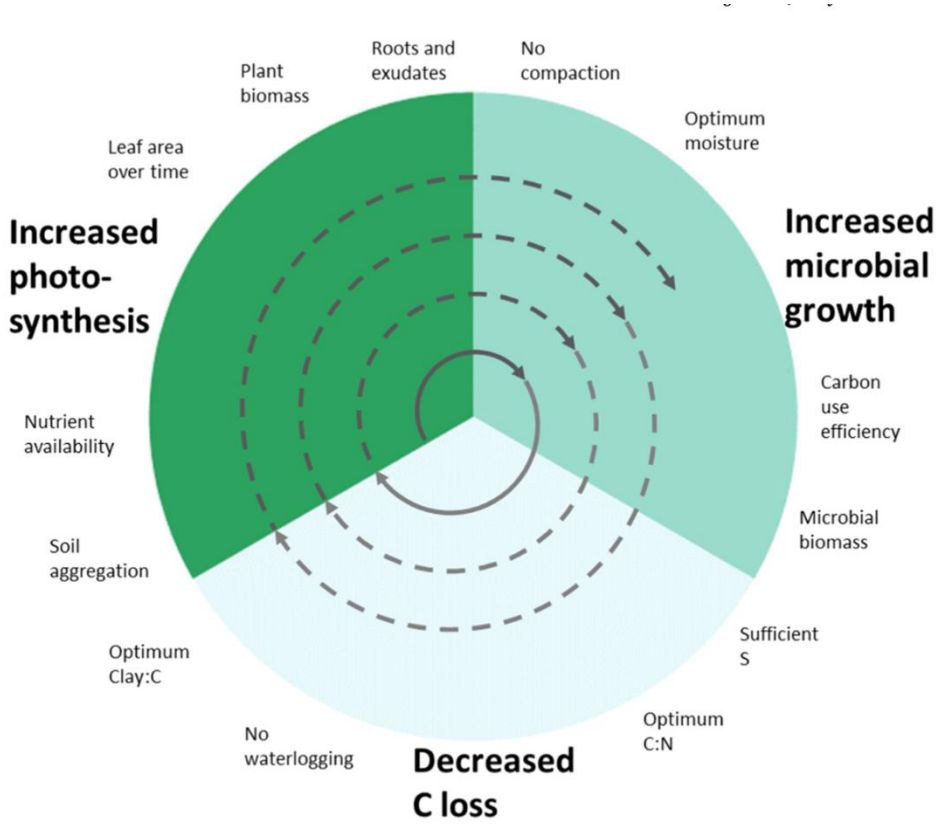
[2] Begrepene mold, jordkarbon, organisk materiale i jord og humus blir brukt om hverandre i denne rapporten. Det pågår vitenskapelige diskusjoner om hva som er riktig begrep, men i denne rapporten har vi valgt ei pragmatisk tilnærming og lar disse begrepene bety det samme.

indikatorer (Bünemann mfl., 2018; Lehmann mfl., 2020). Høy biologisk jordkvalitet er ikke bare en verdi i seg selv, men det driver også andre biologiske prosesser som bidrar til plantevekst, slik som frigjøring av næringsstoffer, kolonisering av rota med symbionter og undertrykking av planteskadegjørere.

I et langtidsforsøk i Sveits (DOK-forsøket) som sammenligner økologisk, biodynamisk og konvensjonelle dyrkingssystem med to dyretettheter (0,7 og 1,4 dyreenheter per hektar med motsvarende husdyrgjødselmengder), ett rent mineralgjødselsystem og en ugjødslet kontroll, har moldinnholdet utviklet seg ulikt over 42 år. Tapet av mold var størst i det ugjødslete systemet. Moldinnholdet hadde økt mest i det biodynamiske systemet med høyest dyretetthet, og til en mindre grad i det økologiske systemet med høyest dyretetthet. Det konvensjonelle systemet med høyest dyretetthet hadde stabilt moldinnhold, mens systemene med den laveste dyretettheten og det rene mineralgjødselsystemet hadde tapt mold. Forfatterne konkluderer med at den høyere biologiske jordkvaliteten i det økologiske og særlig det biodynamiske dyrkingssystemet understreker den tette sammenhengen mellom jordbiologi og endret moldinnhold. De legger også vekt på at kompostering av husdyrgjødsla ytterligere øker moldinnholdet og øker den biologiske jordkvaliteten (Krause mfl., 2022).

Selv om karbonlagring i jord er enkelt i teorien, er det begrenset av et stort antall faktorer, hevder Mattila & Vihanto (2024), som tar et praktisk agronomisk perspektiv på karbonlagring i jord. De mest begrensende faktorene som er studert, er N-begrensning (Groenigen mfl., 2017) og karbonmetning på mineraloverflatene (Cotrufo mfl., 2019). Karbonmetning på mineraloverflatene handler om at det mineral-assosierte organiske materialet (MAOM = Mineral-Associated Organic Matter) har et metningspunkt som er knyttet til leir-andelen i jorda. Dette er i motsetning til det såkalte partikulære organiske materialet (POM = Particulate Organic Matter) som ikke begrenses av leirinnholdet i jorda. I studien til Mattila & Vihanto (2024) fokuserer de på ei lang rekke faktorer som kan begrense karbonlagringa i jord på faktiske gårder som forsøker å lagre karbon. De har laget en konseptuell modell for karbonlagring, som ser på de tre trinnene til karbonlagring: 1) fotosyntesen, 2) mikrobiell aktivitet og 3) stabilisering av karbonet i jorda. Hvert trinn kan betraktes som et "knippe av jordprosesser" som til sammen utgjør jordas karbonlagringsevne. Prosessene drives dels av driftsforhold og dels av den lokale jordkvaliteten.

Diskusjonen om hvor mye karbon jorden kan lagre domineres av den nyttige, men teoretiske, kritikken basert på N, mineralsk karbonmetning og fotosyntesen. Forfatterne mener denne diskusjonen bør utvides og ta høyde for jordfaktorer som kan håndteres av bønder med mål om å forbedre både avling og karbonlagring. Derfor vektlegger de viktigheten av å kartlegge bønders faktiske utfordringer med å teste ut karbonlagringstiltak.



Figur 4. En konseptuell modell for å øke jordas karboninnhold gjennom 1) økt fotosyntese, som fôrer økt mikrobiell aktivitet, som resulterer i karbonstabilisering og muligens økt plantevekst, som starter syklusen på nytt. Spiralen representerer en gradvis forbedring i jordprosessene over tid. Figuren er hentet fra Mattila og Vihanto (2024).

Det første trinnet med fotosyntesen i Figur 4 kan begrenses av primærressursene for plantevekst (sollys, vann, næringsstoffer), eller av faktorer som påvirker plantetilgjengeligheten til disse, slik som dårlig jordstruktur. Indikatorer for fotosyntesen omfatter plantens bladareal, overjordisk biomasse, og røtter og roteksudater som tilføres jorda. Disse prosesseres videre i det andre trinnet av mikrobiell aktivitet, som kan være begrenset av dårlige jordforhold (gassutveksling, jordpakking, tørke) eller faktorer som påvirker CUE / "carbon use efficiency" (temperatur, fuktighet, substratkvalitet). Mikrobiell vekst representeres av mikrobiell biomasse, som stabiliseres på mineraloverflatene i jorda. Til slutt trengs det også N (nitrogen) og S (svovel) for å danne mer stabilt organisk materiale (Kirkby mfl., 2014; Tipping mfl., 2016). Et høyt eller lavt C:N-forhold kan begrense stabiliseringen gjennom næringsbegrensning eller økt nedbrytning (Blanco mfl., 2023). Sluttresultatet av prosessen bør være et leir:karbon-forhold i jorda som fremmer plantevekst, men som ikke fører til økt karbonnedbrytning (Prout mfl., 2021; 2022). Mange av indikatorene i Figur 4 kan plasseres i ulike deler av syklusen, for eksempel kan S-mangel eller dårlig jordstruktur begrense plantevekst, mikrobiell aktivitet og karbonstabilisering.

Den finske forstudien til Mattila & Vihanto (2024) omfattet 20 gårder som representerte ulike karbonlagringsstrategier (grønngjødsling, gras i vekstskiftet, dybdeløsning, forbedret beitebruk og jordforbedringsmidler), jordarter og dyrkingssystem (korn, husdyr- og planteproduksjon, og grønnsaker). Studiegårdene hadde ifølge modellen flere begrensende faktorer for karbonlagring i alle de tre trinnene. Når det gjaldt fotosyntesen, var den mest utbredte begrensningen mangel på mikronæringsstoffer, fulgt av kort vekstperiode for kulturveksten sammenlignet med tilgjengelig sollys. De fleste skiftene hadde dårlig jordstruktur, som indikert av et pakkesjikt i de øvre 20 cm. Bortimot halvparten av åkrene var utsatt for tørkestress i juni, som reduserte den mikrobielle aktiviteten (estimert med CO_2-burst). Til slutt var stabilisering av karbonet mest begrenset av svovelmangel og periodevis vannmetning.

Mattila & Vihanto (2024) mener resultatene sannsynligvis kan generaliseres til mange regioner i Nord- og Vest-Europa med en lignende historie med overgjødsling med fosfor, ensidig korndyrking og økende risiko for jordpakking.

De finske forskerne viser at temaene som har fått mest oppmerksomhet når det gjelder karbonlagring (N- og P-mangel og karbonmetning) bare ble identifisert som flaskehalser på noen få av gårdene i forstudien. Faktorer som har fått mye mindre oppmerksomhet var imidlertid utbredt: dårlig jordstruktur, vannmetning, svovel-, mangan- og bor-mangel, lav mikrobiell aktivitet og lavt antall meitemark. Selv om det er svært lite en bonde kan gjøre for å redusere karbonmetning på mineraloverflatene i jorda, siden det avhenger av jordas leirinnhold, er det mange tiltak en bonde kan iverksette for å øke den mikrobielle aktiviteten og mengden meitemark, forbedre jordstrukturen og korrigere næringsmangler.

2.3 Jordpakking

Jordpakking er et utbredt fenomen i jordbruket på grunn av bruk av tunge maskiner. Særlig er jorda utsatt for pakking når den er ulagelig, det vil si for fuktig til å bære godt. Opptørket jord har generelt bedre bæreevne. Jordpakking skaper dårlig jordstruktur ved å øke jordtettheten og redusere porevolumet. Dette fører til dårlig gassutveksling, redusert vanninfiltrasjon, senere opptørking og dårligere rotvekst. Dårlig jordstruktur kan begrense avling betydelig, avlingstapene kan være opp til 20-30 prosent og rotveksten kan reduseres med 50 prosent. For å oppnå nær maksimal avling trenger veksten å utnytte all tilgjengelig fuktighet i jordprofilet, derfor reduserer dårlig rotvekst avling betydelig (C. A. White mfl., 2015). Dårlig rotvekst kan også være en viktig begrensning for karbonlagring i jord, siden røtter bidrar mer

til den stabile karbon-fraksjonen i jorda enn det overjordisk plantemateriale gjør (Kätterer mfl., 2011).

I tillegg til aktiv pakking på grunn av tunge maskiner eller kjøring ved ulagelige forhold, foregår det også passiv pakking. Dette skjer når det er ubalanse i basemetninga, det vil si ubalanse av utbyttbart kalsium, magnesium, kalium og natrium på leir-humus-kolloidene, dannes også ei tyngre jord (Näser, 2020). Dessuten blir det også passiv pakking når jorda er ubevokst i lengre perioder, siden jorda trekker seg sammen når den mangler planterøtter.

Den passive jordpakkinga viser behovet for å undersøke kalsium-magnesium-forholdet i jorda. En utvidet jordanalyse (basemetningsanalyse – se 2.6) vil vise kalsium- og magnesium-basemetninga. Dette vises ikke i en standard jordanalyse, som bare viser kalsium- og magnesiuminnholdet.

2.4 Rhizofagi

I 2018 publiserte et team fra Rutgers University i USA at plantene "dyrker" mikrober i jorda for å skaffe seg næringsstoff. Dette mener forskerne kan brukes for å bedre avlingene og redusere forurensende gjødsling og herbicider. Prosessen som blir kalt "rhizophagy cycle" (betyr rot-spising) ble først gitt navn av Paungfoo-Lonhienne mfl. (2016), og som James White og kolleger har forsket videre på. Bakterier og sopp kretser mellom en frittlevende fase i jorda og en plante-avhengig fase inne i cellene i planterota. Mikrobene tar opp næringsstoff (nitrogen og mineraler) i jorda og næringsstoffene blir ekstrahert fra mikrobene i rotcellene. Dette er en prosess som ser ut til å skje i alle planter og kan være en viktig måte planter skaffer seg næring på.

Rhizofagi skjer på denne måten: Plantene dyrker mikrober rundt rotspissene ved å skille ut sukker, protein og vitaminer. Mikrobene vokser og går så inn i rota i rotspissen hvor cellene deler seg og mangler en hard cellevegg. Mikrobene mister så sin egen cellevegg, blir fanget i plantecellene, og blir truffet av reaktivt oksygen (superoksid). Det reaktive oksygenet bryter ned noen av mikrobecellene og henter ut næringsstoffene fra dem. De overlevende mikrobene setter i gang dannelsen av rothår på røttene. Mikrobene forlater rota gjennom den voksende rothårsspissen, hvor celleveggen er myk, og mikrobene nydanner celleveggen når de igjen kommer tilbake til jorda. Mikrobene skaffer seg næringsstoff fra jorda og prosessen blir gjentatt på nytt og på nytt.

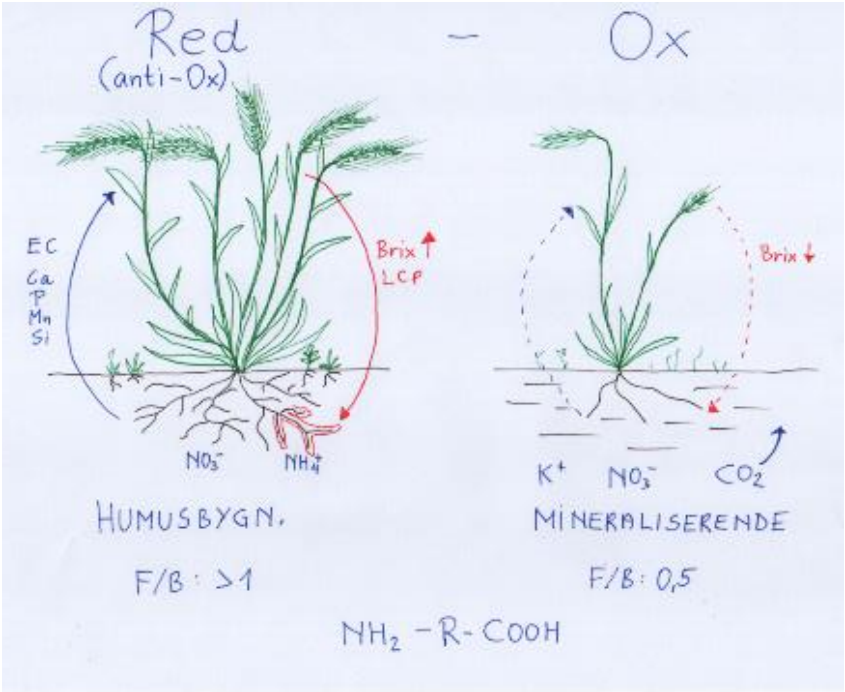
Det har vært spekulasjoner om at planter kan skaffe seg næringsstoffer fra mikrober, men virkningsmekanismen for denne næringsstoffoverføringa har vært vanskelig å vise, inntil nå.

Forskerne bak studien, James White og medarbeidere, hevder at forståelsen av denne rhizofagi-prosessen kan gjøre det mulig å dyrke planter uten eller med minimalt med gjødsel og uten ugrasmidler (Bates, 2018; J. F. White mfl., 2018; 2019).

2.5 En modell for reduktiv vs. oksidativ planteernæring

I plansjen i Figur 5 illustreres skjematisk den flytende karbonpumpa ("Liquid Carbon Pathway"), og hvordan planteernæringa fungerer under reduktive (energiinnbindende) og oksidative (energitapende) forhold. Denne figuren er et forsøk på å forklare to kontrasterende måter som jord-plante-mikrobiologisystemet fungerer på. I virkeligheten vil ofte dette systemet fungere et sted midt imellom.

Fotosyntesen er den primære reduksjonsprosessen, som øker tilgjengeligheten av elektroner og protoner ved å fiksere hydrogenatomer (e^- og H^+) til karbon. Krebs syklus tilsvarer den motsatte reaksjonen. Den er en serie av oksidasjonsreaksjoner hvor alle levende organismer bruker denne energien til sitt stoffskifte (Husson, 2023). Jordfysikk, jordkjemi og biologi (plantene og mikroorganismene) samvirker tett, og regulerer og blir regulert av redoks-forhold (reduksjons-oksidasjonsprosesser) og pH (Husson mfl., 2021).



Figur 5. Plansje av Martin Beck (2022) som viser en skjematisk modell for reduktiv (red / anti-ox) og oksidativ (ox) planteernæring og effekten på jordbiologi, rotvekst, humusbygging (karbonlagring) og hvilken form næringsstoffene finnes på. Illustrasjonen bearbeidet av Martina Thiery Aresvik.

Under reduktive forhold (overskudd av energi og elektroner) er det et godt samarbeid mellom planten og mikrobiologien rundt røttene (rotsonemikrobiologien). Dette kan også observeres fysisk ved at det er mye jordvedheng ("rotpels") på planterøttene under slike forhold (se Bilde 1 som eksempel). Planten skiller ut mye roteksudater som blir mat for bakteriene og soppene som lever rundt planterota. Nitrogenernæringa vil i større grad være på reduktiv form (NH_4^+ og aminosyreform). Det er typisk mer jordlevende sopp til stede (derav et høyere sopp:bakterieforhold, F:B > 1), og humusbygging vil lettere skje. Næringsstoffene som kommer fra jorda er også mer tilgjengelige (Ca, P, Mn, Si), siden de blir frigjort i større grad av mikrobiologien rundt røttene. Kulturplantene på sin side, busker seg i større grad, setter flere aks, og har også kraftigere rotvekst.

Bilde 1. Jordvedheng ("rotpels") på røttene til unge kornplanter. Foto: Isabelle Hammerstad Hugøy.

På den annen side, når plantene er oksidativt ernært, er det lite samarbeid mellom planten og mikrobiologien rundt røttene (rotsonemikrobiologien). Dette kan vi se ved at slike planter har lite til ingen jordvedheng ("rotpels") rundt røttene. Røttene er nakne. Nitrogenernæringa skjer i hovedsak på nitratform (NO_3^-), som er den oksiderte formen av nitrogen (den energifattige formen av nitrogen). Planten har nå energiunderskudd, og kan skille ut mindre roteksudater til rotsonemikrobiologien, som dermed får mindre mat og energi. Dermed er jordmikrobene i liten grad i stand til å frigjøre næringsstoffer fra jorda og gi til den voksende planten. Under slike energifattige forhold tapes karbon fra jorda i form av CO_2, som går opp i lufta. Jordstoffskiftet er dominert av bakterier, og det er lite soppbiologi til stede (F:B < 0,5). Planten

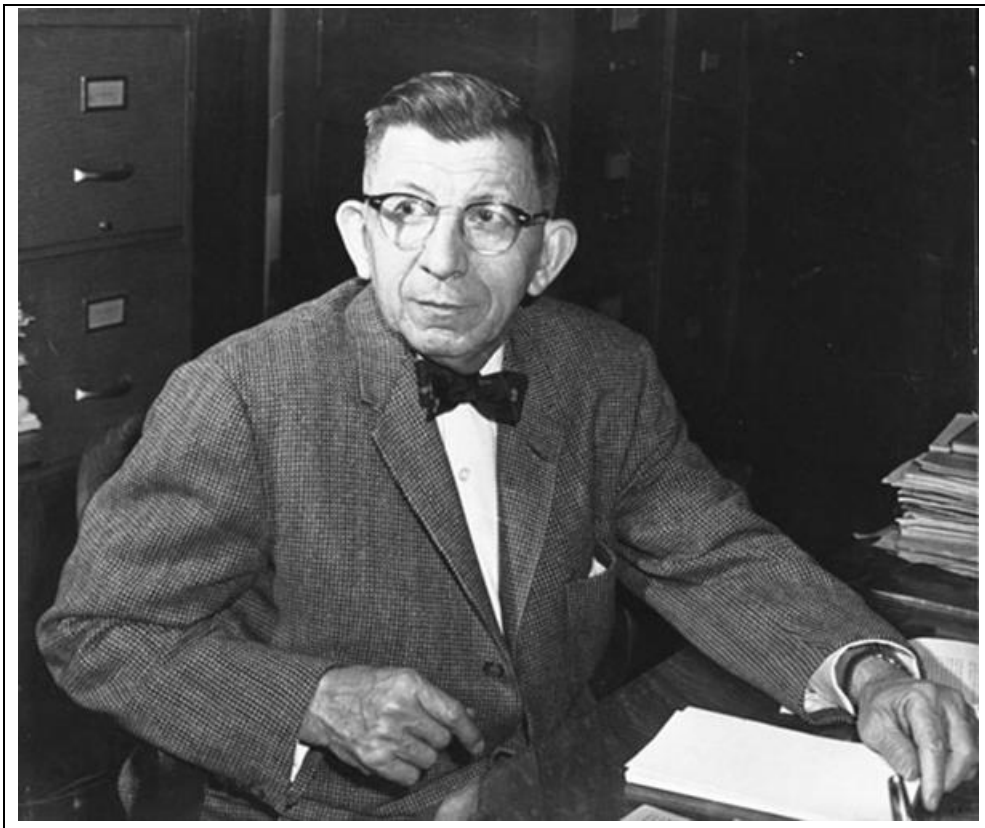
busker seg lite når den er oksidativt ernært, og rotveksten er begrenset. Under slike forhold er det typisk mye fritt kalium (K^+), noe som fremmer ugrasveksten, mens tilgjengeligheten av kalsium (Ca^{2+}) er dårlig. Dette påvirker plantehelsa negativt, siden kalsium er viktig for friske planter. De fleste patogener blir fremmet av nitrat, og hemmet av ammonium (Huber & Thompson, 2007). Generelt er reduktive miljø *sykdomshemmende*, mens oksidative miljø er *sykdomsfremmende*.

Under oksidative forhold med bakteriedominert jord og lite næringsstoffrigjøring fra mineralene i jorda, vil kulturplantene typisk ha behov for tilførsel av gjødsel utenfra for å ha tilfredsstillende vekst. Det er denne onde sirkelen med avhengighet av ekstern tilførsel av næringsstoff som vi ønsker å bryte ved å stimulere til de levende prosessene. Med andre ord å stimulere til et godt samarbeid mellom planten og jordmikrobiologien, og skape planter med energioverskudd. Det er dette vi kaller reduktiv planteernæring. Plantenes fotosyntese kan på mange måter sees på som "drivstoffet" som driver regenereringa av jordsystemet (Husson mfl., 2021).

2.6 Utvidete jordanalyser

I prosjektet har vi brukt en utvidet jordanalyse kalt basemetningsanalyse, eller Albrechtanalyse. Plantene har behov for minst 16 ulike næringsstoffer, og jordanalysen bør derfor undersøke mer enn de 3-5 plantenæringsstoffer som standard jordanalyser undersøker. Albrechtanalysen er en slik utvidet jordanalyse som analyserer for de fleste plantenæringsstoffene i jorda, i tillegg til å se på forholdene mellom dem.

Siden tilgjengeligheten av næringsstoffene i jorda blir sterkere påvirket av forholdet mellom næringsstoffene enn av selve næringsstoffinnholdet, bør jordanalysen ta forholdene mellom næringsstoffene i betraktning. Dessuten er jordas kationbyttekapasitet viktig for å finne gjødslingsbehovet siden det måler jordas evne til å holde på positivt ladde ioner (basekationer), som f.eks. kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), kalium (K^+) eller hydrogenioner (H^+). En analysemetode som tar alle disse parameterne i betraktning, er nettopp Albrechtanalysen som ble utviklet av professor William Albrecht.



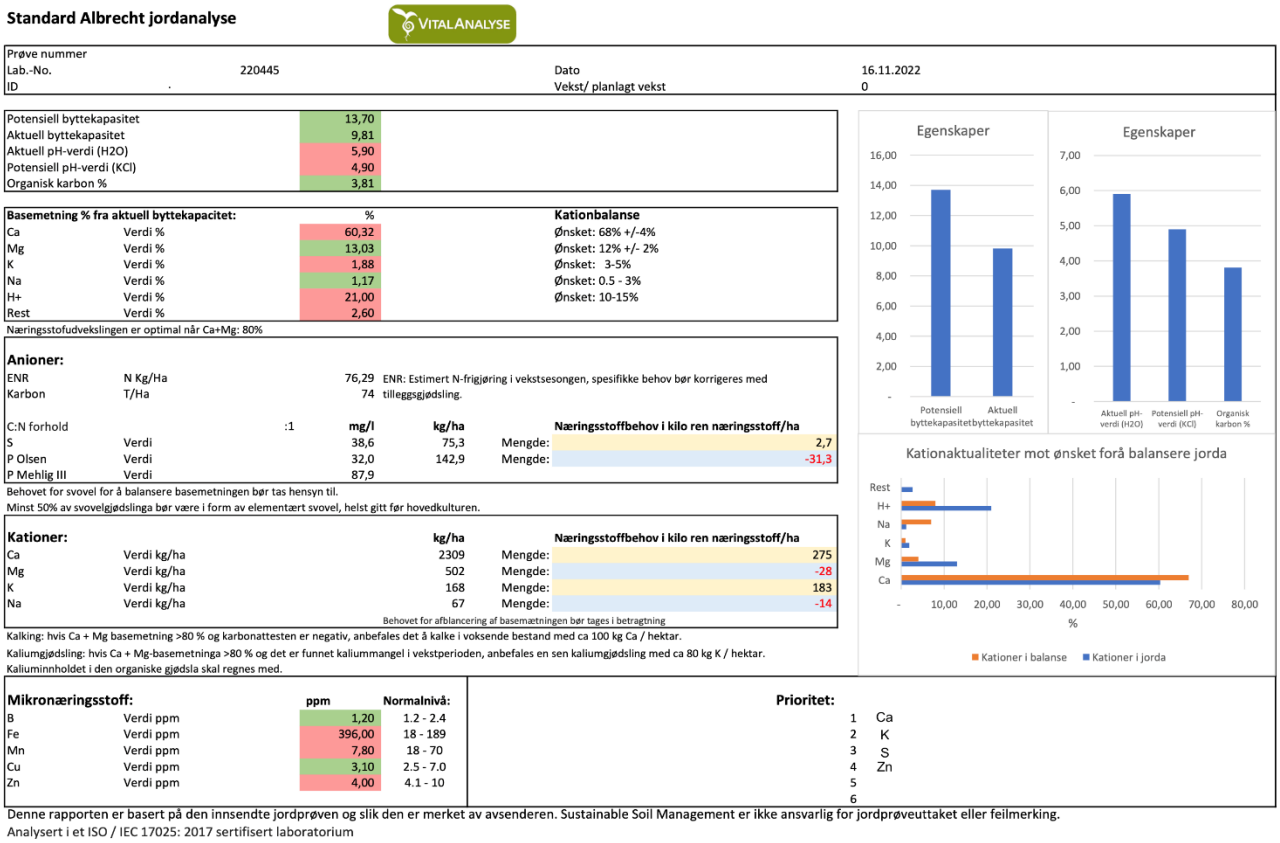
Bilde 2. Dr. William Albrecht. Copyright CC0 1.0.

William A. Albrecht (1888-1974) var professor i jordbiologi og leder ved Institutt for jordlære ved Missouri University i USA. Han forsket på sammenhengen mellom jordfruktbarhet og plantehelse, så vel som næringsverdien av maten. Dessuten var han en av de første som knyttet forskninga si sammen med dyreavl, dyrehelse, medisin og ernæringsvitenskap.

Hans arbeid med næringsstofforholdene baserer seg også på tysk landbruksforskning om kalk-magnesium-faktoren fra Oskar Loew (1909) og kalk-kalium-loven etter Paul Ehrenberg (1920).

For utviklinga av jorda spiller driftsmetoden en større rolle enn den eksisterende jordarten og mineralsammensetninga. Jordanalysen gjenspeiler begge delene: hvorvidt drifta lykkes og de mineralske jordegenskapene. Tiltakende ujevnheter innad på et skifte tyder på manglende jordliv, og ikke bare på geologiske forskjeller.

Jordanalysen viser de mineralske og biologiske egenskapene til jorda. Det er imidlertid lettere å vurdere resultatene fra jordanalysen når de sammenholdes med bladsaftanalyser, sjekk av jordstrukturen med spade og sonde, og observasjoner av selve kulturen.



Standard Albrecht jordanalyse

VITALANALYSE

Prøve nummer			
Lab.-No.	220445	Dato	16.11.2022
ID	.	Vekst/ planlagt vekst	0

Potensiell byttekapasitet	13,70
Aktuell byttekapasitet	9,81
Aktuell pH-verdi (H2O)	5,90
Potensiell pH-verdi (KCl)	4,90
Organisk karbon %	3,81

Basemetning % fra aktuell byttekapacitet:		%	Kationbalanse
Ca	Verdi %	60,32	Ønsket: 68% +/-4%
Mg	Verdi %	13,03	Ønsket: 12% +/- 2%
K	Verdi %	1,88	Ønsket: 3-5%
Na	Verdi %	1,17	Ønsket: 0.5 - 3%
H+	Verdi %	21,00	Ønsket: 10-15%
Rest	Verdi %	2,60	

Næringsstofudvekslingen er optimal når Ca+Mg: 80%

Anioner:

ENR	N Kg/Ha	76,29	ENR: Estimert N-frigjøring i vekstsesongen, spesifikke behov bør korrigeres med
Karbon	T/Ha	74	tilleggsgjødsling.

C:N forhold	:1	mg/l	kg/ha	Næringsstoffbehov i kilo ren næringsstoff/ha	
S	Verdi	38,6	75,3	Mengde:	2,7
P Olsen	Verdi	32,0	142,9	Mengde:	-31,3
P Mehlig III	Verdi	87,9			

Behovet for svovel for å balansere basemetningen bør tas hensyn til.
Minst 50% av svovelgjødslinga bør være i form av elementært svovel, helst gitt før hovedkulturen.

Kationer:		kg/ha	Næringsstoffbehov i kilo ren næringsstoff/ha	
Ca	Verdi kg/ha	2309	Mengde:	275
Mg	Verdi kg/ha	502	Mengde:	-28
K	Verdi kg/ha	168	Mengde:	183
Na	Verdi kg/ha	67	Mengde:	-14

Behovet for afblancering af basemætningen bør tages i betragtning

Kalking: hvis Ca + Mg basemetning >80 % og karbonattesten er negativ, anbefales det å kalke i voksende bestand med ca 100 kg Ca / hektar.
Kaliumgjødsling: hvis Ca + Mg-basemetninga >80 % og det er funnet kaliummangel i vekstperioden, anbefales en sen kaliumgjødsling med ca 80 kg K / hektar.
Kaliuminnholdet i den organiske gjødsla skal regnes med.

Mikronæringsstoff:		ppm	Normalnivå:
B	Verdi ppm	1,20	1.2 - 2.4
Fe	Verdi ppm	396,00	18 - 189
Mn	Verdi ppm	7,80	18 - 70
Cu	Verdi ppm	3,10	2.5 - 7.0
Zn	Verdi ppm	4,00	4.1 - 10

Prioritet:	
1	Ca
2	K
3	S
4	Zn
5	
6	

Denne rapporten er basert på den innsendte jordprøven og slik den er merket av avsenderen. Sustainable Soil Management er ikke ansvarlig for jordprøveuttaket eller feilmerking.
Analysert i et ISO / IEC 17025: 2017 sertifisert laboratorium

Figur 6. Eksempel på en rapport av en utvidet jordanalyse etter metoden til William Albrecht.

Hvordan leses så en Albrecht-jordanalyse? Først leser en de grunnleggende egenskapene til jorda: begge byttekapasitetene, begge pH-verdiene, humusinnholdet og basemetninga til kationbyttekomplekset. Basert på disse opplysningene kan en trekke konklusjoner om jordstrukturen, næringsstofftilgjengeligheten, hvor lett jorda lar seg bearbeide, jordas evne til å holde på næringsstoffer og ugrasforekomsten.

Vurdering av jordanalysen i eksempelet (jfr. Näser, 2020)

- I eksempelet over ligger aktuell byttekapasitet på bare 72 % av potensiell byttekapasitet. De mikrobielle prosessene som binder inn næringsstoff er redusert. Det gir lavere næringsstoffeffektivitet og tapene av næringsstoff øker. Løsning: øke den mikrobielle aktiviteten (se Plantevitalisering Kapittel 3.3.8) og mangfoldet (se Permanent grønt plantedekke Kapittel 3.3.8), sjekk næringsstoffopptaket til kulturen og ettergjødsle ved behov.
- De to pH-verdiene ligger 1,0 enhet fra hverandre. Levekårene til jordlivet avtar sterkt. Dermed øker for eksempel ugras- og sjukdomstrykket. Løsningen er den samme som over.
- Humusinnholdet ligger på 3,81 %, men begge byttekapasitetene og pH-verdiene er veldig forskjellige. Dette humusinnholdet er ofte "fossil humus" som i liten grad kan

støtte jordlivet. Typisk kan 1 % levende humus frigjøre 2 kg/daa N per vegetasjonsperiode. I dette eksempelet kan humusinnholdet levere 7,6 kg N/daa (ENR = Expected Nitrogen Release), noe som er bra. Med ei regenererende dyrking som fremmer jordlivet øker ENR-verdien.

- Basemetninga av de "store" basiske næringsstoffene Ca og Mg utgjør her 73 %. Det er mindre enn den optimale verdien 80 %, som gjør at jorda tenderer mot passiv pakking og mindre middelsstore porer som er viktige levested for finrøtter og jordbiologien. N-effektiviteten reduseres. Løsning: mate jordlivet organisk. Kalsiumgjødsling på våren.
- Kalium-basemetninga ligger < 3 %. Det kan være at kaliumforsyninga i løpet av vekstsesongen ikke er tilstrekkelig. Ei kaliumgjødsling (helst organisk) i løpet av sesongen kan være nødvendig.
- Hydrogen (H^+)-basemetninga ligger over ønsket verdi og tyder på mangel på Ca og Mg.
- Restverdien i basemetninga på 2,6 % peker på faren ved potensiell aluminiumfrigjøring. Ikke-fermentert (ubehandlet) organisk gjødsel (se Kapittel 3.3.6), særlig gylle/blautgjødsel, kraftig mineralgjødsling og bruk av plantevernmidler bør unngås.

Vurdering av anionene i dette eksemplet:

- ENR (Expected Nitrogen Release): den antatte N-frigjøringa gjennom sesongen fra stoffskiftet i jorda. Det faktiske N-behovet bør sjekkes. Det anbefales å anlegge gjødselruter med redusert gjødselmengde (-20%).
- Svovel: i dette eksempelet er det ikke noe behov for svovel. På grunn av sine antioksidative egenskaper bør elementært svovel benyttes i tilfelle behov.
- Fosfor: analysen viser her to ulike verdier, siden plantetilgjengeligheten kan variere sterkt. Her viser minustegnet et P-overskudd. Ved ytterligere P-gjødsling begynner ei Zn-fortrenging som kan føre til dårligere vanneffektivitet pga. redusert dannelse av finrøtter. Overskudd av P i jorda fremmer dessuten snegler.

Vurdering av mikronæringsstoffene i dette eksemplet:

- De røde verdiene ligger utenfor normalområdet, ei gjødsling med sink er gunstig her.
- En forhøyet jernverdi tyder på manglende jordlevende sopp og en dominerende bakteriebiologi i jorda. Det fører til nedbrytende prosesser i jorda og en dårlig utnytting av næringsstoffene som det er gjødslet med, også fra organiske gjødselslag. Løsning: arbeid med antioksidative gjødseltyper og urteferment (se Kapittel 3.3.4 og 3.3.6).

- Jern-mangan-forholdet bør ligge på ca 1:1 til 2:1. Verdier som ligger utenfor tyder på lite mangfold av jordmikrobiologi. Dette skjer ofte gjennom jordpakking, men også ved ikke-fermentert organisk gjødsel (rå gylle/blautgjødsel; som inneholder mikrober som bryter ned organiske forbindelser. Disse arbeider videre i jorda og fører slik til ei høy frigjøring av jern). Også lange perioder uten grønt plantedekke mellom kulturene kan føre til at det mikrobielle mangfoldet blir utarmet.

Nederst i analyserapporten står ei prioriteringsrekkefølge for hvordan de gitte næringsstoffene kan forbedre avlingene. Hvis budsjettet er knapt, gir det mest mening å starte øverst, og kutte fra bunnen, i stedet for å tilføre alt med halv mengde. I dette tilfellet er det mest virksomt å tilføre kalsium (kalkstein/kalsitt) og kalium (gylle) og noe svovel. I kulturer som er utsatt for sink- og bormangel, bør disse næringsstoffene tilføres først, f.eks. i en underkultur eller grønngjødsling i forkant av den kommende hovedkulturen.

Virkninga av næringsstofforholdene på kationbyttekomplekset

På sandholdig leire og leirjord er likevekta for basemetninga på kationbyttekomplekset (leir-humus-komplekset) på 68 % kalsiummetning og 12 % magnesiummetning (sum Ca + Mg = 80 %) og 5 % kaliummetning. De resterende 15 % er jordas aciditet som oppstår gjennom stoffskiftet til jordlivet. Dette gir en aktuell pH-verdi (H_2O-pH) på 6,4 og sikrer best mulig næringsstoffrigjøring.

Hvis jorda er overmettet av kalsium, magnesium, kalium (eller natrium) ligger verdiene i jordanalysen over verdiene i likevekta nevnt ovenfor, og jorda mister sin infiltrasjonsevne. Forholdet mellom makro-, meso- og mikroporer forskyver seg i retning av mikroporer. Disse porene inneholder vann som plantene ikke kan utnytte. Mikroporene er dessuten for små til at de fleste jordorganismer kan leve der. I tillegg mister disse jordene sin livsviktige struktur, tørker for fort opp (kalsiumovermetning), er for harde (magnesiumovermetning) eller såpeaktig og fettete (kaliumovermetning) (Näser, 2020). pH-verdien stiger også. Ved kun å måle pH-verdien kan en derfor overse avlingsbegrensende kalkmangel. Dette er typisk på jord som er gjødslet med mye husdyrgjødsel (Näser, 2020).

Økt nitrogeneffektivitet med Albrechtanalysen

I et nylig treårig gjødslingsforsøk (2020-2022) i høsthvete i Sør-Tyskland ga gjødsling ifølge anbefalingene i Albrechtanalysen økt nitrogeneffektivitet. I forsøket økte N-effektiviteten i

gjennomsnitt med 9 %, samtidig som avlinga av høsthvete i gjennomsnitt økte med 60 kg per dekar (over de tre årene). Forsøket viste også en generell økning i nitrogenopptaket i plantene og lavere nivåer av mineralsk N i jorda (Stettmer mfl., 2023). Det siste indikerer at gjødslingsanbefalinger etter Albrechtanalysen også gir mindre miljørisiko, siden risikoen for nitrogenutvasking til vassdrag blir redusert.

2.7 Bruk av urteferment

I det regenerative jordbruket er det å fremme jordlivet aller viktigste, det vil si å forsyne det med næring, og dermed med energi.

Dette skjer ved å utnytte vegetasjonstida med voksende planter, grønngjødslinga og kulturplantene, så fullstendig som mulig. Roteksudatene fra de voksende plantene er en stor energikilde for jordmikrobene (Jones, 2017), derfor finner vi den største konsentrasjonen av mikrober på planterøttene. Sammensetninga av planteartene som vokser styrer jordmikrobiologien (Näser, 2020).

Når en åker skal etableres er det nødvendig med et rent såbed. Ved jordarbeiding blir ikke jordlivet lenger forsynt med energirike sukkerholdige roteksudater og heller ikke styrt av plantene. Dette fører til ei forskyving av stoffskifteprosessene i jorda, og det er mindre energi tilgjengelig for et reduktivt, oppbyggende stoffskifte. I stedet blir de organiske forbindelsene i jorda brutt ned.

Mange av jordmikroorganismene har mulighet for flere ulike stoffskifteveier. Når det er energimangel i jorda i forbindelse med jordarbeiding, forsyner de seg av organiske forbindelser i jorda. Disse blir brutt ned oksidativt til CO_2 og nitrogen i mineralsk form, f.eks. nitrat. Oksidativt betyr ikke bare at nedbrytinga skjer ved lufttilgang, men også at nedbrytinga skjer ved at energi tas fra de organiske forbindelsene i jorda. Siden det i løpet av jordarbeidinga ikke er planter på åkeren som kan ta opp næringsstoffene øker tapet av disse næringsstoffene (Näser, 2020).

Et sentralt verktøy i jordfruktbarhetsbyggende jordbruk er å bruke urteferment ved jordarbeidinga. Begrepet «ferment» betyr her to ting: Det ene er enzymene som kommer fra plantene som tilsettes ved fermentbrygginga, som fortsatt er aktive i jorda. Det andre er mikrobene i fermentet som også danner enzymer som styrer stoffskiftet i jorda. På denne måten kan bruken av urtefermentet utligne mangelen på friske roteksudater og samtidig tilføre jord biologisk aktive mikroorganismer (Näser, 2020).

Nedbrytinga av de organiske forbindelsene i jorda kan reduseres gjennom den antioksidative virkninga til urtefermentet (El-Mageed mfl., 2022; Naik mfl., 2020). Antioksidativ virkning betyr at jordmikrobiologien blir hindret fra å trekke ut energi fra organiske forbindelser i jorda (Näser, 2020). Dette kan sammenlignes med melkesyregjæring av grønnsaker på kjøkkenet, eller melkesyregjæring av melk, som gjør at produktene hindres i å forderves.

Melkesyrebakterier (LAB = Lactic Acid Bacteria) er en viktig bestanddel av fermentet. Melkesyrebakterier blir tilskrevet sin gunstige egenskaper som mat- og fôrtilsetning delvis på grunn av sine egenskaper som antioksidanter (Feng & Wang, 2020).

I følge Näser (2020) fremmer de melkesure urtefermentene jordlivet:

- Man går ut fra at de motvirker dannelsen av frie radikaler i jordstoffskiftet gjennom sin antioksidative virkning. Når jordmikroorganismene mangler næring, kan det dannes frie radikaler.
- Når frie radikaler unngås fører det til ei økning av det mikrobielle mangfoldet og dermed oppgaven deres. Dette kan man se på bedringa i jordstrukturen.
- Det økende mikrobielle mangfoldet fører til bedre innbinding av frie næringsstoff i mikrobebiomassen. Dette kan merkes på at ugraset får mindre spiringsimpuls.
- Det økte mikrobielle mangfoldet fremmer sykdomsundertrykkende egenskaper i jorda. Enzymer er ømfintlige for oksidative forhold i jorda, derfor blir de bare dannet i et antioksidativt styrt jordstoffskifte (eller rundt planterøttene). Dette kan man senere se på den hvite stengelbasisen eller den hvite rothalsen på plantene i en nyspirt åker.
- Bruken av urtefermentet kan bedre miljøet for jordmikrobiologien ved ugunstige forhold, slik at de tåler kulde og tørke bedre. Hvis det blir nattefrost etter flatekompostering (se kapittel 3.3.3) reduseres næringsstofftapene hvis urtefermentet brukes.

I følge Näser (2020) viser praktisk bruk av urtefermentene at de bedrer flatekomposteringsprosessen, forhindrer forråtnelse i jorda, virker positivt på mikrolivet i jorda, og begrenser ugras og plantesykdommer.

Med urtefermentet kombineres flere virkningsmekanismer:

- Den antioksidative fermentaktive virkningen av den synergistiske blandingen av flere ulike bakteriestammer og gjærsopp.
- De sekundære innholdsstoffene fra planten som fermenterer med.

3 METODE

"Bondens fotspor er hans beste gjødsel."

Gammelt ordtak

3.1 Presentasjon av gårdene, bøndene og prosjektmedarbeiderne

Referansegårdsprosjektets fase 2 har omfattet seks gårder på Østlandet, hvorav tre fortsatte fra prosjektets første fase (2018-2020), og tre gårder var nye. Bygdø Kongsgård valgte å ikke delta i prosjektet over fra fase 1 til fase 2. I fase 1 var alle gårdene økologiske, mens i fase 2 fikk vi med to konvensjonelle planteprodusenter som ønsket å starte med jordfruktbarhetsbyggende tiltak. Alle gårdene har korn som eneste produksjon eller som den viktigste delen av vekstskiftet. Alle de fire økologiske gårdene har husdyrhold som en større eller mindre del av drifta. De to konvensjonelle har ikke husdyr, men i løpet av prosjektperioden har de begynt å kjøpe inn husdyrgjødsel fra nabobruk.

Det som kjennetegner alle seks referansebøndene er at de har gått det såkalte jordfruktbarhetskurset før de ble med i prosjektet, eller gikk kurset i det første prosjektåret. Dette ga dem et solid faglig grunnlag for å forstå bakgrunnen for alle de nye agronomiske tiltakene som ble anbefalt i prosjektet.

Nedre Skinnes (fra 2018)

Kristoffer Svalastog Skinnes, Krødsherad, Buskerud. 320 dekar økologisk korn- og grasproduksjon med 70 vinterfôra, gammelnorsk spælsau og 170 slaktegris. Gården har også et eget gårdsslakteri. Kristoffer er en av Økologisk Norges inspirasjonsbønder. Dominerende jordart er sandig silt. Høgde er 135-150 m.o.h. www.nedreskinnes.no.

Fossnes (fra 2018)

Tor Helge Brandsæter, Hvittingfoss, Buskerud. 505 dekar økologisk korn- og grasproduksjon, og kjøttfe (16 Aberdeen Angus med påsett). Har drevet pløyefritt siden 2017. Dominerende jordart er siltig sand. Høgde er 45-90 m.o.h.

Sørli (fra 2019)

Runar Sørli, Skjeberg, Østfold. 1200 dekar økologisk korn (spelt, rug, bygg, havre, ert, emmer, enkorn, åkerbønne, høstraps m.m.), og 7500 økologiske verpehøns. Gården har vært drevet økologisk siden 2000. Dominerende jordarter er siltig lettleire og mellomleire. Høgde er 2-60 m.o.h.

Nordre Tveter (fra 2021)

Ole Martin Hvidsten, Skjeberg, Østfold. 600 dekar korn- og grasproduksjon hvorav 510 dekar ble omlagt til økologisk i 2021 og 90 dekar i 2022. 90 storfe (økologisk) og konvensjonell griseproduksjon, 2100 slaktegris per år. Dominerende jordart er lettleire. Høgde er 50-60 m.o.h.

Ormo (fra 2021)

Dag Molteberg, Skjeberg, Østfold. 444 dekar konvensjonell kornproduksjon. Begynte i 2020 å legge om til regenerativ dyrking på deler av arealet (270 dekar). Vurderer etter hvert å legge om hele gården til regenerativ, eventuelt også økologisk drift. Dominerende jordarter er lettleire og sandig silt. Høgde er 55-60 m.o.h.

I tillegg til å være lidenskapelig bonde, er Dag forsker med doktorgrad innen treforedling.

Nes Herregård (fra 2021)

Edvard Fosdahl, Fredrikstad, Østfold. 1050 dekar konvensjonell kornproduksjon med såkorndyrkerkontrakt. Er interessert i å legge om hele eller deler av gården til regenerativ dyrking. Dominerende jordarter er mellomleire og siltig lettleire. Høgde er 1-20 m.o.h.

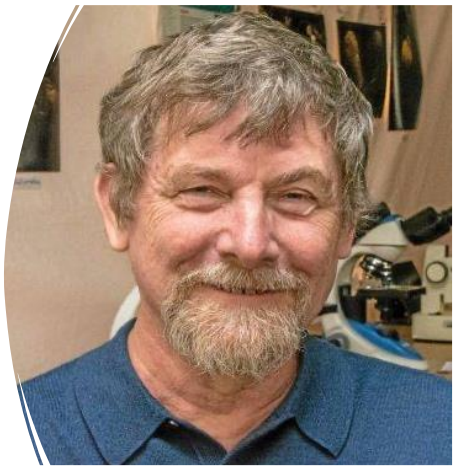
Edvard er i tillegg til å være bonde også småbarnsfar og elektroingeniør.

Martin Beck – rådgiver i prosjektet. Er selvstendig dansk landbruksrådgiver med 21 års erfaring. Hans spesialområder er jordfruktbarhet, kompostering, storfehold, korn- og fôrdyrking, grønnsaker, frukt og bær. Martins visjon er å bidra til å utvikle et regenerativt og robust landbruk i praksis. Martin er utdannet ved KVL i København og NMBU i Norge.

Vibhoda Holten – prosjektleder. Er agroøkolog og selvstendig jordfruktbarhetscoach med 17 års erfaring i landbruket innen forskning, landbruk- og miljøspørsmål. Hans spesialområder er jordfruktbarhet, jordanalyser og plantedyrking. Vibhoda ønsker å utvikle den agronomiske praksisen slik at jorda blir mer levende og produktiv basert på lokale ressurser. Hans utdanning er fra Sogn jord- og hagebruksskule, SJH (økologisk agronom) og NMBU (MSc Agroecology).

Anne Strøm Prestvik – prosjektmedarbeider. Anne er utdannet ressursøkonom fra NMBU, og driver egen økologisk gård og markedshage i Nittedal. Hun er ansatt som seniorrådgiver hos Norges Vel.

Kristian Ormset – daglig leder i VitalAnalyse. Kristian grunnla Stiftelsen VitalAnalyse i 2000 og har vært daglig leder av den i de fleste av årene. Han har vært aktiv innen utvikling av økologisk landbruk i Norge siden 1975. I prosjektet har han hatt ansvar for flere arrangement, administrasjon og økonomi.



3.2 Metodevalg – hvordan vi har jobbet i prosjektet

3.2.1 Rådgiving og kunnskapsutvikling i gruppe

Tradisjonelt har overføring av ny kunnskap i jordbruket skjedd lineært og hierarkisk fra forskningen, gjennom rådgiver til bonde (Landini mfl., 2017). Bonden er ofte forstått som en mer eller mindre passiv mottaker av ny kunnskap, selv om etablering av ny praksis basert på ny kunnskap vil kreve noe av bonden. Forståelsen av hvordan kunnskapsoverføring og innovasjon skjer har imidlertid endret seg, også i landbruket (Stræte mfl., 2018). Det er større bevissthet rundt at læring skjer i et kollektiv og gjennom praksis, også kalt horisontal utveksling av kunnskap (Landini mfl., 2017). Å gi bonden en mer aktiv rolle i kunnskapsutvikling er anerkjent av flere, særlig innen agroøkologi. Uphoff mfl. (2024) peker på at bøndenes deltakelse er nødvendig fordi (i) om ny kunnskap og tiltak virkelig skal bli tatt i bruk må bonden ta «eierskap» til ny praksis og både forstå hvorfor og være motivert, og (ii) praksis som regenerer jorda krever kunnskap om lokale forhold, både jord, sesong, klima og plantesorter, som det i stor grad er bonden som sitter på.

I den senere tid er teori om «social learning» tatt i bruk for å bedre beskrive læring og innovasjon blant bønder, ettersom den lineære og ovenfra-og-ned-modellen for kunnskapsutvikling i jordbruket blir utfordret (Morgan, 2011). I sosiale læringsmodeller skjer læring og kunnskapsutvikling i en gruppe som selv både definerer, konstruerer og søker endring. Den som lærer blir en deltaker mer enn en mottaker, og erfaringsutveksling og kunnskapsdeling er viktigere enn kunnskapsoverføring. Motsetningen til dette er en prosess som kun søker å overføre kunnskap eller gjenskape kjente tilstander.

I tråd med ny oppfatning av kunnskapsutvikling og innovasjon i jordbruket har dette prosjektet valgt å ta utgangspunkt i kunnskapsdeling mellom bonde og rådgiver, og ikke minst at deltakerbøndene som gruppe er viktige verktøy i kunnskapsutviklingen og implementeringen av ny praksis. Heller enn at rådgivere har diktert hva den enkelte bonde skal gjøre, har rådgiverne og bøndene i prosjektet laget planer sammen. På gårdsbesøk har også rådgivere og bønder sammen vurdert om det er behov for endringer i planene, nye tiltak og effekten av tiltakene.

Både fysiske og digitale møteplasser har vært tatt i bruk for å styrke kommunikasjonen innad i prosjektet. Gode relasjoner og tillit mellom rådgiver og bonde er også viktig. Et eksempel fra England viste tydelig hvordan mistillit, mangel på dialog, og forskjellig forståelse av problemene gjør det vanskelig å overføre «best practices». Resultatet blir at det ikke skjer endring i praksis på gårdene (Ingram, 2008). Samtidig kan tillit, troverdighet, empati i relasjonen gi god kunnskapsutveksling (ibid.).

I prosjektets delmål 1, «Utprøvinger og rådgiving samt introduksjon av tiltak på nye, konvensjonelle referansegårder» er det bøndene som i stor grad utfører alle aktiviteter knyttet til produksjonen, med hjelp av rådgivning og støtte fra hverandre. Det er bøndene som har endret praksis på sin gård, og stått for innkjøp av nye redskaper og utstyr og andre innsatsfaktorer som mikrobielle inokulanter og anbefalte gjødselprodukter. For prosjektet har prosjektmøter og gårdsbesøk vært de viktigste aktivitetene i denne delen. Det har vært gjennomført planleggingsmøter på vinteren (februar/mars) med planlegging av sesongen: vekster, jord- og bladgjødsling og andre tiltak som dybdeløsning og behandling av gjødsel.

I mai eller juni har det vært gjennomført gårdsbesøk på alle seks gårdene. I de fleste tilfeller har bøndene vært med på alle gårdsbesøk. På gårdsbesøkene ble det gjort vurdering av veksten, ugrassituasjon, utvikling i jordstruktur og effekt av gjennomførte tiltak. På utvalgte gårder ble det tatt ut bladsaftanalyser.

I august eller september ble det gjennomført nye gårdsbesøk med oppfølging og vurdering av plantevekst og vurdering av tiltak. Egne evalueringsmøter med alle prosjektdeltakere ble gjennomført på slutten av året eller tidlig på året etter.

3.2.2 Gårdsforsøk og bondens observasjoner

Gårdsforsøk, nærmere bestemt «On-farm experimentation» beskrives av Lacoste mfl. (2022) som et svar på at landbruksforskning ofte ikke når ut til sluttbrukeren, som er bonden,

samtidig som det er behov for innovasjon i landbruket. Deltakende gårdsforsøk skiller seg fra andre tradisjonelle feltforsøk ved at bonden settes i sentrum i kunnskapsutviklingen og forsøket vil dermed være mer relevant for bonden. I tillegg sikrer det at bondens kunnskap om lokale forhold blir tatt med, samtidig som forskere kan bidra med et perspektiv utenfra. Mange bønder gjør allerede større og mindre eksperiment og som også er viktige bidragsytere til innovasjon. I tillegg driver mange bønder egen eksperimentering for å finne løsninger på problemer eller nye og bedre metoder i drifta. En studie fra Østerrike viste at eksperimentering var en vanlig aktivitet blant økologiske bønder, selv om bonden selv ofte ikke brukte ordet eksperimentering (Kummer mfl., 2016). Bønder som oppga at de eksperimenterte mye, planla, dokumenterte og gjentok også forsøkene sine og var generelt mer positive til å eksperimentere sammenlignet med bønder som oppga at de ikke eksperimenterte mye (ibid.). Resultatene av eksperimenteringen er både ny kunnskap og læring, og ikke minst øker bondens evne til å tilpasse seg endrede forhold. Ofte når også resultater av eksperimenteringen utover det enkelt gårdsbruk, både lokal og regionalt. Bønder som står bak lokal innovasjon, har god innsikt i denne og kan veilede andre bønder i nærområdet.

En vid og folkelig forståelse av et forsøk inneholder ifølge Hansson (2019) to komponenter: (1) et tiltak eller behandling, og (2) observasjon for å sjekke effekt eller endring, eventuelt fravær av endring. Videre har Hansson (2019) brukt litteratur om bønders forsøk for å se hvordan disse skiller seg fra det som er ansett som god vitenskapelig metode. Han fant seks metodologiske konsept fra vitenskapen som kan brukes til å beskrive bondens forsøks-aktivitet: (1) bruk av nullruter/kontroll, (2) endre kun en variabel av gangen, (3) ikke endre opprinnelige forsøks-plan, (4) randomisering, (5) blindforsøk, og (6) gjentakelse. En nullrute er ansett som en obligatorisk del av et forsøk, men for bonden kan det i mange tilfeller være praktisk utfordrende å la et område være uten behandling. I stedet vil mange bønder bruke «historisk nullrute», altså egen erfaring som baseline for å vurdere effekten av et tiltak. Det er også vanlig å sammenligne egen åker med naboens åker for å vurdere effekt av egne tiltak. Begge disse framgangsmåtene har sine svakheter ettersom forholdene man sammenligner med kan være nokså forskjellige.

Vitenskapelig forsøk utformes ofte slik at det kun er en variabel som endres, slik at det med større sikkerhet kan fastslås at effekten kommer av bare den ene variabelen. For bonden kan det ofte være interessant å endre på flere, noe som har frustrert mange forskere som vil samarbeide med bønder om forsøk (Hansson, 2019). Hansson (2019) støtter i dette tilfellet bøndene som vil endre på flere variabler i et forsøk, rett og slett fordi det kan være fornuftig at kombinasjonen av to eller flere tiltak er det som er mest relevant å undersøke. Det samme gjelder om det å holde seg til den opprinnelige planen for forsøket. Mens et vitenskapelig

forsøk ofte blir gjennomført etter planen selv om omstendigheten endrer seg, har bonden ofte en mer pragmatisk framgangsmåte og vil gjøre det som skal til for å få noe ut av forsøket.

Både randomisering i forsøkene og blindforsøk blir gjort for å fjerne mest mulig av de menneskelige og miljømessige påvirkningene som kan komme av at det er små variasjoner på et jorde, eller at deltakerne i forsøket bevisst eller ubevisst påvirker utfallet av forsøket. For gårdsforsøk vil det i praksis være vanskelig å gjennomføre begge, og blindforsøk er det ifølge Hansson (2019) heller ingen tradisjon for å bruke i jordbruket.

For at forsøk skal kunne gi den praktiske kunnskapen som de utføres for, må de være mulig å gjenta. I en vid forståelse av dette begrepet, vil et forsøk gjentas hver eneste gang en bestemt maskin, jordarbeidingsmetode eller en plantesort blir tatt i bruk. Selv om omstendighetene er annerledes, blir forsøk i jordbruket dermed gjentatt i en utstrekning som forskningen ikke kan sammenligne seg meg. De fleste av forsøkene som bønder gjennomfører på sine gårdsbruk er ikke nyvinninger i seg selv, men gjentak av praksis som de har sett eller hørt andre gjør. Dette gjelder uansett om forsøket er basert på noe bonden har lært av en annen bonde, eller om det kommer fra forskningen. Selv om forskere har gjennomført feltforsøk og har resultater som bonden i utgangspunktet kan ta i bruk uten mer utprøving, gjør ofte bonden sine egne forsøk. Dette kan komme av at bonden vet at den nye praksisen må tilpasses lokale forhold, som igjen kan føre til at ny praksis blir tatt i bruk med mindre eller større tilpasninger. Hansson (2019) konkluderer i sin artikkel at bondens gårdsforsøk og forskerens feltforsøk har hver sine styrker og svakheter som gjør at de utfyller hverandre.

I dette prosjektet har større og mindre forsøk på gårdene spilt en viktig rolle, særlig når nye tiltak tas i bruk. Noen av bøndene har egne kontroll-felt, slik at de kan se effekten av tiltakene ved å sammenligne med områder hvor tiltak ikke er gjennomført.

For å fange opp mest mulig av erfaringene og observasjonene som deltaker-bøndene har gjort gjennom prosjekt, har vi intervjuet hver enkelt bonde både midtveis i prosjektet og etter prosjektets slutt. Intervjuene har vært semi-strukturerte basert på en intervju-guide, og foregått både på telefon, på Teams eller ansikt-til-ansikt ettersom hva som har passet både bonden og prosjektmedarbeideren best. Gjennom intervjuet ble det tatt notater, som er sammenstilt i egen del i kapittel 5.

3.2.3 Spadeprøven og observasjon av kulturen

Selv om observasjoner i seg selv ikke er et agronomisk verktøy, er oppfølging av åkrene og jorda et viktig styringsverktøy for (den regenerative) bonden. Med gode observasjoner kan bøndene vurdere utviklinga i åkeren og dyrkingssystemet. Deretter vil bonden ha et godt

grunnlag for å ta de beste beslutningene. Observasjon og vurdering av kulturvekstene og det som vokser over bakken er relativt vanlig i jordbruket, men det er avgjørende å ha en god forståelse av jorda og jordprosessene. Spadeprøven er den regenerative bonden sitt beste observasjonsverktøy.

Bilde 3. Dag Molteberg lukter på jorda i spadeprøven under ei markvandring i prosjektet sommeren 2022. Foto: Isabelle Hammerstad Hugøy.

Med spadeprøven kan bonden på en enkel, rask og billig måte vurdere jordfruktbarheten. Spadeprøven gir avgjørende informasjon om jordstrukturen og forholdene for jordlivet. Bonden kan vurdere gassutveksling, gryndanning, jordlukta, rotveksten, pakkingssjikt som er viktig for jordfruktbarheten og for jordas evne til å gi avling. Se Tabell 1 for en oversikt over jordegenskaper som kan vurderes med spadeprøven.

Spadeprøven kan med fordel gjøres før jordarbeiding for å vurdere om jorda er lagelig, og om det er pakkingssjikt som bør brytes. Med spadeprøven kan en også følge utviklinga gjennom vekstsesongen. Når spadeprøven kombineres med jordanalyser, bladsaftanalyser og visuell vurdering av kulturvekstene og ugras, fås det mest komplette bilde av forholdene for planteveksten, og jordlivets evne til å binde inn og frigjøre næringsstoff.

Tabell 1. Oversikt over jordegenskaper som kan observeres med spadeprøven. Er jordfruktbarheten i bedring eller avtakende? Etter Dietmar Näser (2020) «Regenerative Landwirtschaft».

Spadeprøven - vurdering av jordas fruktbarhet		
God / i forbedring	**Jordegenskap**	**Dårlig / avtakende**
- 50 % og mer er dekket av planter eller avlings-rester; grynete, åpen jordoverflate - vannet forsvinner fort i en infiltrasjonstest, ca 10 L på 0,1 m^2 i løpet av 2-5 minutter	**Jordoverflata**	- ingen planter / naken jord - tilslemmet: grønnalger, mose - vannet blir stående i en infiltrasjonstest, etter 20 minutter er mer enn halvparten av vannet ennå ikke infiltrert
- runde, ensartede gryn, ca. 2-5 mm store - varmbrun farge; kan bli noe gråere eller lysere nedover i sjiktet - behagelig frisk jordlukt	**A-horisonten (spadedybde)**	- uensartede jordgryn, blandet med klumper - kantete gryn eller ingen gryn, pakkingshorisont med platestruktur - grå farge - Luktløs, muggen eller stygg lukt
- hvite rotspisser, jevnt forgrenede røtter - tett forbindelse med jorda med finrøtter, jorda lar seg vanskelig vaske av - i korn og gras > 5 cm jordvedheng (“rotpels”) - ingen synlige skader på rota	**Røtter**	- brune områder på røttene, synlige skader på rota - jorda lar seg lett riste av, lite finrøtter - korte, tykke rotspisser uten finrøtter - i korn og gras kun jordvedheng (“rotpels”) på unge røtter, < 5 cm lengde - ugrasrøttene er hvite og friske
- jorda i spadestikket ser ensartet ut - nettverket av jord og røtter henger sammen - ingen pakkeskader grunnere enn 50 cm kan kjennes med sonden	**Horisontdanning og pakkingssjikt**	- jorda klapper opp som ei bok på spaden, hvert jordarbeidingssjikt kan løftes av - nært overflata kan flere pakkingssjikt kjennes med sonden - tydelig plogsåle ved 30-40 cm

Bilde 4. Eksempel på spadeprøver av konvensjonelt drevet jord (t.v.) og regenerativt økologisk drevet jord (t.h.). Med spadeprøven kan en vurdere jordoverflata, jordfargen, jordlukta, jordaggregatene, pakkingssjikt, rotvekst m.m. Bildet er tatt i april 2020 fra de samme skiftene som er diskutert i kapittel 5.5. Spadeprøvene er tatt ca 50 meter fra hverandre på samme jordart. Foto: Vibhoda Holten.

Bilde 5. Røtter og rotpels på høstrug dyrket regenerativt økologisk (t.v.) og høsthvete dyrket konvensjonelt (t.h.) Plantene er tatt ut i april 2020 fra samme spadeprøve som bildet over. Merk mye mer rotpels på den økologiske rugplantene sammenlignet med den konvensjonelle høsthveteplanten som har nakne røtter. Rugplanten har et mye sterkere samarbeid med jordbiologien rundt rota som gir seg uttrykk i mer rotpels (jordvedheng) enn den konvensjonelle hveteplanten. Foto: Vibhoda Holten.

3.3 De agronomiske tiltakene

Dyrkingssystemet som er prøvd ut i referansegårdsprosjektet skiller seg fra eksisterende konvensjonelle og økologiske dyrkingssystem som driver med redusert jordarbeiding ved at det konsekvent tar hensyn til jordlivet. I det følgende blir de ulike delene av dyrkingssystemet som bøndene i referansegårdsprosjektet har gjennomført omtalt mer i detalj, men uten å være ei dyrkingsveiledning, siden det vil bli for omfattende for denne rapporten.

Alle de agronomiske tiltakene som har blitt gjennomført i prosjektet sikter mot å fremme de biologiske prosessene i jord og planter med ulike tilnærminger. Enten via jordfysikken (skånsom jordarbeiding og dybdeløsning), jordkjemien (næringsstoffene i balanse), jordbiologien (kompost av god kvalitet, urteferment, mikrobielle inokulanter m.m.) eller via plantene (permanent grønt plantedekke med et mangfold av planter) og bladgjødsling/plantevitalisering for å fremme fotosyntesen og plantehelsa.

3.3.1 Utvidete jordanalyser

I prosjektet har vi tatt ut representative jordprøver til Albrechtanalyser (basemetningsanalyser) fra aktuelle skifter på alle de seks gårdene for å bruke som et beslutningsstøtteverktøy. Albrechtanalysen er en utvidet jordanalyse, som tar med parametere som ikke undersøkes i en standard jordanalyse (f.eks. standard Eurofins-analyse). Jordprøvene har blitt tatt ut til ulike tidspunkt, siden gårdene tok i bruk dyrkingssystemet til ulik tid. Jordprøvene ble tatt ut som representative samleprøver per skifte bestående av 15-20 jordprøvestikk i 0-20 cm dyp på kryss og tvers over hele skiftet.

Basert på analyserapporten for Albrechtanalysen har det blitt tilført de anbefalte mengdene av kalsium, magnesium, kalium, svovel og mikronæringsstoffer (bor, kobber, sink, kobolt m.m.). Type kalk- og gjødslingsmiddel og mengdene har variert basert på behovene til de aktuelle skiftene. På leirjord med høg kationbyttekapasitet har det typisk blitt brukt kalkstein ($CaCO_3$), siden det ofte har vært Ca-underskudd og Mg-overskudd. På lettere jord (sandjord o.l.) med lav kationbyttekapasitet har det typisk blitt brukt dolomittkalk [$CaMg(CO_3)_2$] og/eller kieseritt ($MgSO_4$) for å øke Mg-innholdet.

I tillegg har det som regel blitt tilført svovel i elementær form (produktet Wigor S), og bor, siden det i de aller fleste tilfeller har vært behov for disse i følge Albrechtanalysen. Svovel og bor er ofte minimumsfaktorer for å bygge humus. Siden disse ikke kan komme fra atmosfæren, må de tilføres mineralsk. Alle mineralene som er nevnt ovenfor er også tillatt

brukt i økologisk dyrking dersom det kan påvises et behov gjennom jord- eller planteanalyser. (Imidlertid er ikke lettløselig mineralsk N og P tillatt brukt i økologisk drift).

Albrechtanalysene har blitt gjentatt etter ett til to år på disse referanseskiftene, for å se utvikling i jordanalyseverdiene, og for å justere kalking og gjødsling deretter.

3.3.2 Permanent grønt plantedekke med et mangfold av arter

Slik det ble nevnt i innledninga er et viktig regenerativt prinsipp å holde jorda permanent dekket med grønne levende planter. I korndyrking, hvor det må gjøres jordarbeiding, tar en sikte på minimum 350 dager med grønt plantedekke, det vil si maksimum to uker uten grønne levende planter. Den jordlevende soppbiologien (mykorrhiza) tåler ikke mange ukene uten sine fotosyntetiserende partnere før den går kraftig tilbake.

Et annet prinsipp vi har fulgt er å maksimere plantemangfoldet så mye som mulig, ut fra forståelsen av at enhver planteart bærer med seg sin egen unike mikrobiologi (på såfrø, røtter og bladverk). Et stort plantemangfold, dvs. artsrike blandinger, skaper et robust jordmikrobiom med det viktige hyfenettverket fra soppbiologien. Dette bidrar til frigjøring og lagring av næringsstoff; øker karbonbindinga (humusbygging); øker aggregatstabiliteten, jordstruktur og funksjon; jevner ut produksjonen; og øker jord-, plante- og dyrehelse (Jones, 2017). I det langvarige Jena-eksperimentet i Tyskland fant Lange mfl. (2015) at økt plantemangfold økte innbindinga av karbon i jorda og økte den mikrobielle aktiviteten i jorda.

Et minimum av mangfold er alltid å ha med en grasart, en belgvekst og en korsblomstra vekst. Disse tre plantegruppene utfyller hverandre mikrobielt sett. Avhengig av hva som er hovedkulturen kan plantesammensetninga tilpasses, siden dette er tre store plantegrupper med mange ulike kulturarter med ulike agronomiske egenskaper.

3.3.2.1 Underkultur

I vårt prosjekt har vi skapt permanent grønt plantedekke med høgt plantemangfold på ulike måter. Hovedmetoden har vært å ha underkultur i kornåkeren med underkulturblandinga Strand nr 52 (Grønn Bro), som referansegårdsprosjektet har bidratt til å utvikle. Strand nr 52 fungerer som ei kortvarig eng, og inneholder både gras, belgvekster, korsblomstra og urter – i alt 14 plantearter. Den skaper et høgt funksjonelt mangfold i jorda, og gir gjennom graset gode forhold for den jordlevende soppbiologien. Underkulturen kan vi også kalle innsådd "ugras", men av kulturplanter som er mye lettere å kontrollere en ugrasplantene. De

blomstrende komponentene i underkulturblandinga Strand nr 52 vil dessuten fremme pollinerende insekter (bl.a. kløver, oljedodre og honningurt). De tofrøbladete plantene i underkulturblandinga vil sørge for bedre næringsstoffrigjøring, som gir bedre Ca-opptak og dermed mindre bladsykdommer. På denne måten kan vi si at kostnadene til såfrø av underkultur og grønngjødsling oppveier til en viss grad kostnadene til gjødsel, fordi underkulturen og grønngjødslinga virker fruktbarhetsskapende.

Sammensetning av underkulturblandinga Strand nr. 52 (Grønn bro):
30 % flerårig raigras – tre sorter (2n/4n)
13 % timotei
20 % engsvingel
5+5+5 % hvit-, rød- og blodkløver
5 % tiriltunge
5 % oljedodre
3 % urter (sikori, pimpernell, karve)
1 % honningurt

Såmengde: 0,6-1,2 kg/daa

Strand nr 52 har i vårkornet blitt sådd ved blindharving eller ugrasharving, og generelt sent i lysåpne kornarter (2r-bygg og vårhvete) og tidligere i havre og høstkorn. I høstkorn har Strand nr 52 blitt sådd inn tidlig på våren neste år. I høstkornet har det på høsten blitt anbefalt å så inn blodkløver (400 g/daa), som fint kan overvintre på bedre steder på Østlandet, og som skaper økt plantemangfold gjennom høsten (Bilde 6).

Bilde 6. Vellykket underkultur (Strand nr 52) etter høsthvete (13. oktober 2023) på Ormo gård, Skjeberg. Her driver plantene fortsatt full fotosyntese som fôrer jordmikrobiologien gjennom sine energirike og karbonholdige roteksudater, som videre gir grunnlag for god jordstruktur og humusbygging (lagring av jordkarbon). Foto: Vibhoda Holten.

3.3.2.2 Samdyrking

En annen fin måte å skape mangfold på er samdyrking, som er et historisk kjent agronomisk tiltak. I prosjektet har vi prøvd ut bygg-ert-, havre-ert- og havre-åkerbønne-blanding. Dessuten har den lille korsblomstra veksten oljedodre *(Camelina sativa)* blitt sådd inn i disse blandingene med ca 150 g/daa, i tillegg til underkulturblandinga Strand nr 52.

3.3.2.3 Partnerplanter

I høstraps har vi skapt økt plantemangfold på høsten ved samtidig å så inn utfrysende partnerplanter som åkerbønne (3 kg/daa) eller ettårig (blå) lupin (2 kg/daa). Perserkløver eller bokhvete er også aktuelle partnerplanter i høstraps på høsten.

Bilde 7. Høstraps med blå lupin (Lupinus angustifolus) som partnerplante på høsten. Blålupinen fryser ut på vinteren. Foto: Rebekka Bond.

3.3.2.4 Vekstskifte

Ellers har en i prosjektet søkt å skape plantemangfold i så stor grad som mulig innenfor rammene til den enkelte gård. Noen har hatt husdyr, hvor kløvereng av ulik varighet har vært naturlig. Her er også underkulturen i kornet blitt brukt som ei kortvarig eng med en eller to slåtter eller avbeitinger. Bøndene har også i så stor grad som mulig å veksle mellom vårsådde og høstsådde vekster for på denne måten også å øke mangfoldet.

For eksempel har det ett år vært sådd bygg eller havre med underkultur, påfølgende år har det blitt tatt en grasslått av underkulturen, andreslåtten har blitt flatekompostert og det har deretter blitt sådd høsthvete eller høstrug. Veksling mellom vår- og høstkorn og en belgvekst innimellom er bra, og vil også skape mer variasjon mot stedegne ugras som da vil oppleve stadig skiftende miljø.

3.3.3 Flatekompostering og skånsom jordarbeiding

Når en har gått inn i et system med kontinuerlig grønt plantedekke, må en også ha et bevisst forhold til hvordan det grønne plantedekket skal avsluttes før det lages såbed for neste kultur

(vårkorn, høstkorn el.l.). Det er her flatekompostering eller andre skånsomme mekaniske metoder for avslutning kommer inn i bildet. Vi har villet unngå kjemisk avslutning, med f.eks. glyfosat, med tanke på den antibiotiske og oksiderende effekten ugrasmidlene har på jord(mikro)biologien. Vi har også unngått dyp pløying for å unngå nedbrytende anaerobe prosesser av det grønne plantematerialet.

Metoden vi har mest erfaring med er flatekompostering. Med denne metoden skjæres det grønne plantedekket av i 3-4 cm dybde med en biofres, og samtidig som det sprøytes inn et urteferment for å styre omdanningsprosessen av det grønne plantematerialet. Kjørehastigheten er typisk 3-5 km/t avhengig av hvor løs jorda er. Flatekompostering krever et visst håndverk av bonden, men fungerer utmerket når det er lært.

Etter avskjæring og innmolding blir grønnmasse-jordblandinga liggende løst på overflata i 3-7 dager, helst tre tørre dager i starten, slik at de avskårne planterøttene tørker ut og dør. Etter at flatekomposteringsprosessen er ferdig gjøres det ei ny jordarbeiding med egnet redskap for å gjøre klart såbedet. Flatekompostering er en aerob mikrobiell prosess som er temperaturavhengig, og vil derfor variere i tid og med mengde innmoldet grønnmasse. I runde to brukes det ikke urteferment. I tillegg kan det være en del grastuster som ligger på overflata som også trenger ei jordarbeiding.

Det vil nesten alltid være nødvendig med to runder med jordarbeiding: først flatekompostering og deretter såbedstillaging. I alle fall er dette tilfellet ved oppstart av dette dyrkingssystemet, hvor utgangspunktet nesten alltid er ei jord med skadet og pakket jordstruktur. Såbedstillaginga kan gjøres med grunn pløying (12-15 cm), gåsefotharv / kultivator (f.eks. Horsch Terrano, Väderstad Carrier, Väderstad TopDown eller tilsvarende redskap), eller biofres som stilles dypere og med lavere omdreiningshastighet på rotoren. Etter såbedstillaging er det viktig å legge “lokk” på jordoverflata med en gang, eller så, slik at jorda ikke ligger åpen og løs og slipper ut CO_2.

I steinrik morenejord, som sliter på knivene på biofresen, kan skrellepløying på ca 12 cm (f.eks. Kverneland Ecomat) være et godt alternativ til biofres. Med skrellepløying kan en også få til en flatekomposteringseffekt.

I oppstartsårene er det som regel behov for å løsne jorda mekanisk slik at planterøttene kan gjøre jobben sin. Etter at flatekomposteringsprosessen er over, kan det gjøres med gåsefotharv eller kultivator ned til 12-15 cm på våren. På ettersommeren kan det gjøres ei dybdeløsning (ikke-vendende løsning) når jorda er varm og tørr nok (rett under pløyesålen - ned til 25-35 cm). Det har også noen ganger blitt anbefalt ei grunn pløying med vanlig teigplog hvis ikke annet redskap har vært tilgjengelig.

Bilde 8. Flatekompostering med Celli Tiger 190-305 biofres i 3-4 cm dybde for å avslutte fjorårets underkultur for å forberede såbedet til vårkorn. I front kan en se tanken med urteferment som sprøytes på grønnmassen før den pusses og moldes inn. Etter 3-5 dage r gjøres det ei ny jordarbeiding for å gjøre klart såbedet. Foto: Marpa Løberg.

Bilde 9. Samme doning for flatekompostering som i Bilde 8 over, sett fra siden. Foto: Marpa Løberg.

3.3.4 Mikrobiell prosesstyring med urteferment

Som en del av den agronomiske verktøykassa har det i prosjektet rutinemessig blitt brukt et urteferment for å styre de mikrobielle prosessene. Urtefermentet består av ei synergistisk blanding av melkesyrebakterier, gjærsopp og fotosyntesebakterier som er brygget i vann tilsatt melasse med en temperatur på rundt 30 grader. Dette har blitt brukt for å styre alle

omdanningsprosesser av organisk materiale, f.eks. ved flatekompostering, behandling av husdyrgjødsel (blautgjødsel og talle), men også ved generell jordarbeiding og beitepussing. Urtefermentet har antioksidativ virkning, og skal hemme oksidasjons- og forråtnelsesprosesser som blant annet fører til nitratdannelse. I tillegg til å inneholde et mangfold av mikrobiologi, vil urtefermentet også inneholde melkesyre (derav den lave pH-verdien), og ei rekke bioaktive stoffer.

Urtefermentet har blitt brygget av bøndene selv på gården i palletanker (1000 L IBC-tanker) eller brukte melketanker. Brygget selv blir det et relativt billig driftsmiddel. For å øke det mikrobielle mangfoldet i urtefermentet har det også blitt tilført urter og ugras fra og rundt gården (f.eks. brennesle, løvetann, ryllik, høymol, kløver, korsblomstra vekster m.m.). På denne måten har det blitt brygget et gårdsspesifikt urteferment.

Hovedregelen er at urtefermentet brukes i forbindelse med omdanning av organisk materiale (grønnmasse eller husdyrgjødsel), og ikke blitt brukt på de voksende plantene.

Dette er de typiske mengdene urteferment som har blitt brukt ved ulike operasjoner på gården:

- Flatekompostering 5-15 L/daa
- Dybdeløsning 4-10 L/daa
- Grasmarkslufting på våren: 3-4 L/daa
- Behandling av blautgjødsel 1-2 L/m^3
- Behandling av husdyrtalle 1-2 L/m^3

Urtefermentet har blitt blandet med 1-3 deler vann for å lage ei bruksløsning som ved flatekompostering har blitt sprøytet ut med en mengde på 20-30 L/daa.

3.3.5 Mikrobielle inokulanter

For å få jordlivet i gang hurtigere, kan det brukes mikrobielle inokulanter, enten kommersielle eller som lages selv på gården. Med de mikrobielle inokulantene tilføres mikrobiologi som er i mangel i jorda. Et kjent eksempel på en mikrobiell inokulant er *Rhizobium*-bakterier som påføres frøet til belgvekster for å få i gang nitrogenfikseringa på belgvekstarter som ikke er vanlige her til lands.

Mikrobielle inokulanter er mest aktuelt på i dyrkingssystemer uten husdyr (drøvtyggere), siden husdyrene gjør en viss form for mikrobielle inokulering (poding) gjennom husdyrgjødsla. Særlig gjelder dette når dyrene går på beite.

I dette prosjektet ble det i hovedsak prøvd ut den humifiserende mikrobielle inokulanten Sobac – www.sobac.fr. Sobac er et fransk produkt basert på ulike plantekomposter og deretter påført en bærer som enten er pellets (Quaterna Terra) eller kalksteinsmel (Quaterna Activa). Produktet har et stort mangfold av både sopp- og bakteriebiologi. Sobac har vist seg å skynde på humifiseringa i jorda, og øker næringsstoffrigjøringa fra jorda. Det har dessuten vunnet priser for sitt bidrag til karbonbinding i jord. Sobac ble dessuten valgt ut av 4 per 1000-initativet [3]under klimatoppmøtet COP21 i Paris i 2015.

Som med alle mikrobielle inokulanter er det viktig at de havner i et gunstig miljø, så også for Sobac. For å få best mulig effekt av Sobac må det være fuktighet, temperatur, voksende planter og jorda må være i ro. Det bør dessuten unngås bruk av sprøytemidler, og mineralgjødsel ukene før og etter spredning.

Sobac kan også blandes inn ved opplegging av kompost eller i husdyrgjødsel, for å få en humifiserende effekt og for å binde inn fritt nitrogen.

En kan også få til en mikrobiell inokulasjon ved å bruke kompost av høy kvalitet, f.eks. MC-kompost (se nedenfor), eller meitemarkkompost. For å spre effekten av en knapp ressurs som kompost av høy kvalitet på de fleste gårder vil være, kan en lage et uttrekk eller brygge komopost-te av kompostene. Kompost-teen eller uttrekket kan så sprøytes ut på plantene, eller vannes ut i dyrkingsjorda eller påføres såfrøet i form av ei "biologisk beising"(se Kapittel 3.3.9). I praksis vil det være lettere å lage et kompostuttrekk enn å brygge kompost-te.

Det finnes dessuten flere ulike måter for å lage egne billige mikrobielle inokulanter, blant annet kan det hentes inspirasjon fra ei retning kalt KNF (Korean Natural Farming).

3.3.6 Behandling av husdyrgjødsel

Hos husdyrbønder er behandling av husdyrgjødsla et av de viktigste tiltakene for å bygge fruktbar jord. Det er avgjørende å hindre at husdyrgjødsla som ligger på lager gjennom innefôringsperioden begynner å forråtne (oksidere). Poenget er at når husdyrgjødsla spres som gjødsel på åker og eng, spres ikke bare næringsstoffene i gjødsla, men også

[3] https://www.sobac.fr/en/company/our-awards

mikrobiologien som er i den. Vi ønsker derfor å spre en oppbyggende mikrobiologi på jorda, slik at vi kan lykkes med å bygge opp jordfruktbarheten. Hvis vi sprer rå, ubehandlet husdyrgjødsel, vil vi også "pode" jorda med en nedbrytende mikrobiologi. Husdyrgjødsel har et lavt C/N-forhold, det vil si, mye nitrogen i forhold til karbon, og har derfor en sterk tendens til å forråtne.

I prosjektet har bøndene behandlet husdyrgjødsla med urteferment. To av bøndene har i tillegg tilsatt biokull og finmalt steinmel til blautgjødsla. Målet med gjødselbehandlinga vært å stabilisere, eller konservere, husdyrgjødsla i gjødsellageret inntil det blir spredd på enga eller åkeren. Fermentet, som er en antioksidant, sørger for at det blir en reduktiv prosess i gjødsla, i stedet for en oksidasjon (forråtnelse).

Inspirasjon til behandlinga av gylle og talle med urteferment kommer fra det såkalte Rosenheimer Projekt i Sør-Tyskland. Her har de over tjue års erfaring med metoden, og observerer redusert nitrogentap fra blautgjødsla og økte engavlinger. Det observeres også mindre lukt, at blautgjødsla er mer homogen og lettflytende, at kløveren beholdes lengre i enga og gradvis reduksjon i ugras.

Oppskrift på behandling av blautgjødsel (gylle) etter Rosenheimer Projekt

Per 100 kubikkmeter gylle tilsettes følgende:

- 100 L urteferment
- 0,6 m^3 biokull
- 3-4 tonn steinmel (finmalt)

Ved oppstart anbefales dobbel mengde urteferment for å sikre en god prosess. Urtefermentet bør tilsettes fra starten av innefôringssesongen i september-oktober slik at fermentet får virke lengst mulig.

Kilde: https://chiemgau-agrar.de/

Bilde 10. Storfegylle som er behandlet med urteferment. Det er typisk at det danner seg bobler på overflata og at det ikke blir noen skorpe. Foto: Vibhoda Holten.

3.3.7 MC-kompostering – mikrobiell karbonisering

Vi har også prøvd ut en ny komposteringsmetode som vi mener er godt egnet for gårdskompostering av fastgjødsel (talle). Metoden blir kalt MC-kompostering (MC = mikrobiell karbonisering), og er utviklet av den øst-tyske forskeren Walter Witte[4]. Metoden kunne også vært kalt bakteriell karbonisering, siden det er bakterier, og ikke sopp, som er involvert i den biologiske huminstoffdanninga (karboniseringa) i komposteringsprosessen. Komposteringsmetoden skal også ha et høyt innhold av lignin, som gjør at en stor andel lauvtreflis (f.eks. fra jordekanter) er godt egnet som ingrediens.

Metoden skiller seg fra vendende kompostering på flere punkter:

- Den skal blandes godt ved oppsett, men deretter skal den ikke vendes
- Den skal ha et høyt lignin-innhold (vedaktig materiale) som er utgangspunkt for huminstoffdannelsen

[4] https://www.mc-bicon.de/

- C/N-forholdet er ikke så viktig, men komposten må ved oppsett ha nok lettomsettbart materiale for å komme i gang (bli varm)
- Den skal ikke dekkes til fordi cyanobakteriene som etablerer seg på overflata trenger lys
- Den skal ha et høyt fuktinnhold
- Den skal ha en trapesform, for å unngå skorsteinseffekten og luftinnsug (oksygen) fra sidene, og skal ha et "lokk" på overflata av for eksempel tykk gylle, jord eller moden kompost

Bilde 11. Oppsetting av MC-kompost med fastgjødselspreder hos Runar Sørli i Skjeberg. Ingrediensene her var storfetalle, lauvtreflis, litt leirjord og den mikrobielle inokulanten SOBAC. Foto: Vibhoda Holten.

Komposteringsmetoden blir også kalt reduktiv kompostering, fordi den skal foregå uten tilgang på luft, slik en vendekompost vil gjøre (oksidativ kompostering). Walter Witte (2014) har beskrevet metoden i sin bok "Die Mikrobielle Carbonisierung". Komposteringsmetoden er også behandlet i en mastergradsoppgave ved SLU i Sverige (Stephan, 2022).

Bilde 12. Kompostranken formes til en trapes etter ca fem dager for å forhindre "skorsteinseffekten" og vende det mikrobielle stoffskiftet i komposten fra oksidative til reduktive prosesser. Foto: Runar Sørli.

Bilde 13. Det legges på et "lokk" med tykk storfegylle på kompostranken for å unngå avgassing fra komposten. Foto: Runar Sørli.

3.3.8 Bladgjødsling og plantevitalisering

For å sikre høyest mulig fotosyntese, god plantehelse og unngå abiotisk stress, kan plantene i vekstsesongen bli bladgjødslet eller vitalisert. Med andre ord kan mineraler (plantenæringsstoffer) eller plantestimulerende stoffer bli sprøytet direkte på bladverket. Dette er et tiltak som kommer i tillegg til de andre agronomiske tiltakene, men som kan være viktig i mange tilfeller der jordas stoffskifte ennå ikke er i stand til å forsyne plantene med det de har behov for fra jorda.

Målet med bladgjødsling og plantevitalisering er ikke bare å bidra med bedre plantevekst, men også å stimulere fotosyntesen. Dermed vil mer roteksudater kunne skilles ut og planten skaper et bedre samarbeid med sin rhizosfærebiologi. Ved ulike former for abiotisk stress (tørke, kalde perioder m.m.) går planten i "nødsmodus" og reduserer roteksudasjonen. I påvente av gunstige forhold, eller regn, kan vi gjennom plantevitalisering stimulere planten til å fortsette roteksudasjonen og dermed stimulere mikrobiologien til å frigjøre næring tilbake til planten.

Med plantevitalisering menes ikke bare tilførsel av næringsstoff direkte på bladverket, men også plantestimulerende stoffer, som i mange tilfeller kan ha bedre effekt på planteveksten enn gjødsling i vanlig forstand.

Vi har prøvd ut ulike former for plantevitalisering som alle bygger på samme lesten:

- rent vann
- mineralske komponenter (f.eks. Ca, Mn og Zn)
- overflatemiddel/klebemiddel (f.eks. melasse, komposte)
- plantebiostimulanter (f.eks. tangekstrakt)
- mikrobielle stimulanter (f.eks. fulvosyre)
- mikrobielle inokulanter (f.eks. komposte / kompostekstrakt)

Når vi har en bladsaftanalyse (f.eks. fra NovaCropControl) kan vi tilpasse de mineralske komponentene ut fra behovene som analysen viser. Bladgjødsling og plantevitalisering kan brukes i økologisk så vel som i konvensjonell dyrking, bortsett fra at i økologiske dyrking er det ikke tillatt med lettløselige former for nitrogen (urea, nitrat, ammonium) eller fosfor. I økologisk dyrking finnes det andre former for nitrogenkilder for bladgjødsling, f.eks. blodmel (handelsnavn Protem) eller fiskehydrolysat.

Ellers vet vi av erfaring at plantene i sitt tidlige stadium på våren nesten alltid har behov for kalsium ("næringsstoffenes konge"). Ei enkel generell oppskrift på bladgjødsling til alle vekster på våren, kan være som følger:

Sprøytekalk 300 gram + 50 gram Solubor + 300 gram melasse + 20 - 30 L rent vann

Alle mengder er oppgitt per dekar. Melasse som er karbonkilde og overflatemiddel, kan med fordel erstattes med kompostekstrakt eller kompost-te. I vårkorn kan denne blandinga sprøytes på 2-bladstadiet.

Avhengig av hva bladsaftanalysen sier, kan det blandes inn ulike mineralske komponenter i bladgjødselblandinga: nitrogen (mange ulike kilder), magnesium, mangan og andre mikronæringsstoffer.

3.3.9 Biologisk beising av såkornet

Flere studier har pekt på viktigheten av å etablere en gunstig mikrobiologi allerede på frøstadiet før planten spirer, slik at plantenes vitalitet og næringsgrunnlag er best mulig fra et tidlig stadium. Forklaringen er at de rette mikrobielle forhold hjelper til å skape gode synergier mellom sopp, bakterier og planterøttene så tidlig som mulig, slik at plantene kan fôre bakterier og sopp med roteksudater og få nødvendige næringsstoffer tilbake. Beising eller belegging (coating) av frøet med mikrobielle preparater er i økende grad undersøkt og har vist svært spennende resultater. Rocha mfl. (2019) har i en review-artikkel vist at man ved bruk av PBM (Plant Beneficial Microbes) på frø før såing kan redusere bruk av agrokjemiske preparater i vekstfasen og øke avling og utbytte, få økt næringstilgang, og øke toleransen for biotisk og abiotisk stress. J. F. White (2021) har vist at frø behandlet med mikrobiologi hadde lengre skudd og frodigere vekst enn frø uten slik behandling. Tim Parton er en britisk foregangsbonde som har gjort flere praktiske erfaringer og har vist at behandlede frø gir kraftigere planter enn ubehandlede. Parton forteller om sine praktiske erfaringer i ei videodagbok på Youtube [5].

Selve metoden består i å lage et biologisk beisemiddel for deretter å påføre det på frøet. Påføringen kan gjøres enten direkte ved såing på jordet, der beisemiddelet pumpes fra egen tank på såmaskin ned til sålabbene og sprayes på frøet når det legges i såraden. Eller man kan behandle frøet med beisemiddel noen dager/uker før såing og så frøet på vanlig måte.

[5] Tim Partons videodagbok på Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=qk1th_BH6xg

Beisemiddelet er en blanding av mikrobiell væske, fortrinnsvis utvunnet fra kompost av høy kvalitet i form av et kompostekstrakt. Ekstraktet kan lages ved å legge kompost i 25-30 graders vann i forholdet 1:5 (på vekt) i minst en halvtime, men effekten og styrken økes ved lengre liggetid. Deretter siles massen fra slik at man får en mørk væske som inneholder mikrobiologi fra komposten. Det er viktig å bruke en moden kompost, og gjerne en kompost med mye meitemark som lukter friskt og ikke lukter gjødsel. Typisk kan det tilsettes 1 % beisevæske til såfrøet, dvs. 10 liter pr tonn såfrø. Ved såmengde 20 kg/dekar og 100 dekar behøves da 2000 kg såfrø og dermed 20 liter væske. Typisk får man ut 60-80 % væske fra ekstraksjonen og det behøves da omtrent 5 kg kompost for å lage 30 kg vann+kompostblanding. 5 kg god kompost er dermed nok til å behandle såkorn til 100 dekar. MicroBIOMETER [6] kan benyttes for å sikre at mengden mikrobiologi er tilstrekkelig ved tilmålt dosering.

Ved behov kan man blande inn for eksempel kalk og noe mangan som de unge plantene vil ha nytte av. Slike tilsetninger må vurderes ut fra behov vist i jordprøver og tidligere års bladsaftanalyser.

I Kapittel 5 RESULTAT OG DISKUSJON er eksempler på oppskrifter og erfaringer fra prosjektet samlet, sammen med noen målinger av effekt.

3.3.10 Dybdeløsning

Som omtalt i teoridelen er det avgjørende for et godt mikrobielt miljø i jorda at man har god jordstruktur og ikke pakket jord. God jordstruktur vil også fremmes av den samme mikrobiologien, men dersom man i utgangspunktet har fått jordpakking vil utviklingen hemmes.

Selv om målet er å redusere jordarbeidinga, og særlig på høsten unngå å pløye, er det likevel i en oppstartsfase behov for å løsne jorda mekanisk. Plantene og planterøttene er våre viktigste verktøy, men rotveksten og rotdybden blir hemmet av for mye mekanisk motstand, dvs. jordpakking. Det er i denne sammenhengen at dybdeløsning kommer inn i bildet. Dybdeløsning er en skånsom, ikke-vendende løsning hvor jorda løftes mekanisk med en dybdeløsner (grubber, f.eks. HE-VA Combi-Tiller eller HE-VA Sub-Tiller) og hvor overflata deretter lukkes igjen. Under løsninga skapes et vakuum og luft dras inn i profilet. Dette setter i gang en kraftig mikrobiell oksidasjonsprosess og CO_2-utvikling som det er viktig å stoppe igjen med å legge et ”lokk” på overflata.

[6] MicroBIOMETER er en enkel hurtigtest som kan gjøres på gården ved hjelp av et test-kit og en app på smarttelefonen. Som analysesvar får en mengde mikrobiell biomasse, sopp- og bakteriebiomasse og sopp:bakterieforholdet.

Dybdeløsning er en operasjon som trolig bør gjentas flere år på rad. Første gang skal en kun løsne akkurat i pakkingssjiktet, f.eks. plogsålen. Neste år kan en gå 5 cm dypere og kjøre diagonalt på forrige gangs kjøreretning. Og året deretter kan en gå enda 5 cm dypere. Slik kan jordprofilet utvides gradvis nedover i dybden.

Det er visse kriterier som må være oppfylt for at ei dybdeløsning skal være vellykket. Løsninga er partiell, dvs. at tannavstanden på redskapen skal være så stor at bare deler av profilet løsnes. Årsaken er at jord som er løsnet er mye mer utsatt for gjenpakking enn jord som ikke er løsnet. På HE-VA Combi-Tiller har det blitt brukt 90 cm tannavstand. Jorda må være varm nok og tørr nok, derfor er dybdeløsning typisk en operasjon for august og første halvdel av september. Hvis det løsnes i ei jord som er for fuktig gjør en vondt verre. Det må kjøres sakte, ca 4 km/t, slik at jorda skal kunne bryte opp i sine sprekksoner. Og ikke minst så må den løsnede jorda armeres biologisk med levende planterøtter etter løsning. Enten ved at det løsnes i en stående underkultur (Bilde 14) eller at det såes til med en gang etterpå. Det vil dessuten være en fordel om det sprøytes inn et urteferment bak hver tann slik at jorda i dybden podes med gunstig mikrobiologi.

Bilde 14. Striper med bedre grasvekst etter partiell dybdeløsning i stående underkultur rett etter tresking i Skjeberg, Østfold. Bildet er tatt 30. oktober 2020 som var sju uker etter gjennomført dybdeløsning. Foto: Vibhoda Holten.

3.3.11 Regenerativ «konvensjonell» dyrking

"Regenerativ landbruk" brukes om et dyrkingssystem som fører til forbedret jordhelse, plantehelse og dyrehelse, forbedret miljø på og rundt gården (lokalt og globalt), og som forbedrer både menneskenes helse og sosiale og samfunnsmessige forhold. Denne definisjonen er etter Regeneration International[7]. Følgelig kan man ikke si om et "konvensjonelt" eller "økologisk" system er regenerativt eller degenerativt før man har studert utfallet eller virkningen av systemet. Det er altså ikke de enkelte tiltak i et system som bestemmer status, det er resultatet av tiltakene i sum som gjør det.

To av gårdene i prosjektet (Nes Herregård og Ormo gård) drives i utgangspunktet konvensjonelt, det vil si at de benytter kunstgjødsel og syntetiske sprøytemidler som ikke er tillat brukt i økologisk dyrking. Det er imidlertid ingen ting i veien med å bruke hverken kunstgjødsel eller syntetiske sprøytemidler dersom totaleffekten er regenerativ. Det kan imidlertid være vanskelig å oppnå denne effekten uten å gjøre endringer i et klassisk konvensjonelt system, da resultatet av slik praksis nettopp viser at jord og plantehelse samt miljø forringes over tid.

Når rapporten diskuterer regenerativ "konvensjonell" dyrking betyr det at det konvensjonelle dyrkingssystemet er endret i tilstrekkelig grad slik at effekten blir regenerativ, dvs. at man kan se framgang på jordhelse, plantehelse, miljø m.m. i regenerativ retning. Men systemet kvalifiserer ikke til å bli "økologisk" fordi det fortsatt brukes innsatsfaktorer som ikke er tillat i økologisk dyrking.

Slike endringer har typisk vært:

- Redusert mengde kunstgjødsel totalt spredt per dekar (typisk til 50 % av normalt nivå)
- Begynt med bladgjødsling og noe nitrogen tilført i form av urea (sammen med biologiske komponenter og andre mikronæringsstoffer)
- Sterk reduksjon av tilført nitrat (ned til 0%), økt andel organisk gjødsel (pelletert hønsemøkk tilsatt urea)
- Kuttet ut bruk av syntetiske vekstregulerende midler, insektmidler og soppmidler
- Ugrasmidler er også for det meste kuttet (brukt noe MCPA, siden den er ansett for å være mer skånsom mot jordlivet.)
- Glyfosat er fullstendig kuttet ut

[7] https://regenerationinternational.org/2023/12/22/the-definition-of-regenerative-agriculture/

Ellers har de konvensjonelle gårdene brukt de samme teknikkene som de økologiske når det gjelder flatekompostering, jordarbeiding, plantevitalisering, biologisk beising av såkorn, bruk av kompost, mineralsk utbalansering med mer. De konvensjonelle gårdene har kunnet velge kilder og innsatsmidler som er tillatt i konvensjonell dyrking, men ikke tillatt i økologisk dyrking.

Ut fra utforming av tiltak og resultatene av disse kan man si at de konvensjonelle gårdene i prosjektet har beveget seg i en mer økologisk retning, og overgangen til en økologisk driftsform vil kunne bli svært mye enklere dersom det skulle bli aktuelt.

3.4 Generell dyrkingsplan for vårkorn

Dato	Tiltak	Utviklings-trinn BBCH	Mengde per daa	Kommentar
Beg. mai	Flatekompostering	00	5-15 liter ferment	Blandes med 1-3 deler vann
Beg. mai	Vingeskjærsharv/ grunn pløying	00		Løsning av jorda hvis behov
Beg. - midt mai	Såing	00		Gjerne samdyrking korn og belgvekster
Midt mai	Såing underkultur	01	0,5-1,2 kg	f.eks. Strand nr 52 *
Midt mai	Kalsiumgjødsling (toppdressing)	01 (etter såing)	15-50 kg krittkalk ($CaCO_3$).	F.eks. CalciPrill. Vurder Mg-kalk hvis jordanalyse viser Mg-mangel. Tilpass dosering etter jordanalyse.
Midt mai	Spreding elementært svovel	00-21 (rett etter spreding av kalk)	2,5 kg	Wigor S **
Midt mai	Første vitalisering	12-21 (når det er 1-3 blad å sprøyte på)	0,3-0,5 kg sprøytekalk + 50 g Solubor + kompostekstrakt 2L/daa	Oppløs i ca 15-20 liter/daa
Slutt mai	Tromling	21-30 (busking)	Evt. tromling for å fremme busking. Må være tørt nok (skal støve)	
Beg. juni	Evt. poding med humifiserende mikrobiologi		10 kg/daa Sobac Quaterna UAB pellets (www.sobac.de)	Stimulerer særlig soppbiologien i jorda
Beg. juni	Andre vitalisering	23-33 (busking)	0,5-0,7 kg/daa EPSO Microtop + kompostekstrakt 2L/daa	I stedet for EPSO Microtop kan brukes 0,5-0,7 kg bittersalt + 0,1 liter Solubor, 15-20 liter/daa. Evt. N-kilde ved behov.
Beg.- midt juni	Organisk gjødsling	23-33	Gylle/ kompost	Kompost: maks 1 tonn/daa, gylle: maks 2 tonn/daa
Midt juni	Tredje vitalisering	33-43 (slutt busking - beg. strekning)	Kisel: Panamin, dynamisert biodyn. kiselprep.	Evt. også N-kilde ved behov
Slutt august / beg. september	Høstgjødsling i stående underkultur		Krittkalk CaCO3 30 kg/daa; svovel 2,5 kg/daa; Granubor 0,7 kg/daa; organisk gjødsel 1 t/daa	Etter behov fra jordanalyse
Slutt august / beg. sept.	Evt. poding med humifiserende mikrobiologi		10 kg/daa Sobac Quaterna UAB pellets	Brukes ved behov, og bare en gang per sesong

* **Underkulturen** kan også såes ved ei siste ugrasharving.

** **Elementært svovel** kan med fordel såes ut sammen med såfrøet – det har en startgjødselvirkning

3.5 Analyser av jord og planter

Referansegårdsprosjektet har i hovedsak vært et utviklingsprosjekt for å prøve ut et dyrkingskonsept under norske forhold. Det har likevel vært gjort en del analyser av jord og planter for å bruke de som indikatorer for endringene i jordhelsa. Siden jordhelse ikke kan måles direkte, må vi bruke flere biologiske, fysiske og kjemiske prosesser som indikatorer på jordhelsa (Es & Thies, 2024). Flere og bedre analyser hadde vært ønskelig å gjøre, men budsjettrammene for dette prosjektet kunne ikke tillate mer.

3.5.1 Jordprøveuttak

Ved alle uttak av jordprøver til kjemisk analyse og glødetap ble det tatt ut mange tilfeldige jordkjerner med et jordprøvebor (omtrent 30 stikk per jordprøve) i en sirkel med fem meters diameter fra samme GPS-posisjonerte fastpunkt på de aktuelle skiftene og gårdene. Jordprøvene ble tatt ut i dybden 0-17 cm. Jordprøveuttakene ble gjort høsten 2022 og høsten 2023 på fire av de seks referansegårdene i prosjektet, nemlig Nedre Skinnes, Fossnes, Sørli og Ormo. På Nedre Skinnes, Fossnes og Sørli var fastpunktene i 2022-2023 de samme som i første prosjektfase (2018-2020). Det ble tatt ut jordprøver høsten 2021 også, men disse ble tatt ut og analysert ulikt, slik at bare deler av analyseresultatene fra 2021 er inkludert. Ved de samme fastpunktene ble det også gjort undersøkelse av jordstruktur i felt, og tatt ut jordprøver til mikroskopering.

3.5.1.1 Jordstruktur

Jordstrukturen har blitt undersøkt i felt hver høst ved fastpunktet ved hjelp av visuell vurdering av jorda (VESS - Visual Evaluation of Soil Structure, iht.Ball mfl. (2007)), i tillegg til sensorisk vurdering av jorda. VESS-undersøkelsen ble gjort i matjordlaget, ned til ca 20 cm dyp.

3.5.1.2 Mikroskopering

Mengde og type mikroorganismer i jorda ble undersøkt ved hjelp av **mikroskopering** av mikroorganismene i følge en modifisert Soil Food Web-metodikk som er utviklet av dr. Elaine Ingham, og utført av Katelyn Solbakk i Mikroliv. Jordprøver til mikroskopering ble tatt ut fra de øverste 5 cm, og den øverste 1 cm av jorda ble skrapet av. Deretter ble jordprøvene sendt ferske i posten for analyse. Jordprøver til mikroskopering ble tatt ut høsten 2021 og høsten 2023. For gårdene som deltok i første fase av prosjektet (Nedre Skinnes, Fossnes og Bygdø Kongsgård) ble det også gjort mikroskopering høsten 2020.

3.5.2 MicroBIOMETER

Forholdet mellom sopp og bakterier, og mengde mikrobielt karbon i jord ble undersøkt ved hjelp av hurtigtesten **microBIOMETER®**. Undersøkelsen ble utført på fersk jord på egne fastpunkter på Ormo gård av Dag Molteberg. Disse fastpunktene var ikke de samme fastpunktene som for kjemisk analyse, glødetap, jordstruktur og mikroskopering. Også andre bønder i prosjektet har kjøpt og benytter MicroBIOMETER.

MicroBIOMETER er en test som på 20 minutter bestemmer mikrobiell biomasse og sopp:bakterieforholdet i jord. Metoden kan utføres i felt og er raskere, rimeligere og med god nok presisjon i forhold til laboratorietester. Det viktigste er at bonden selv kan utføre testen med rimelig utstyr (analysesett) og en smarttelefon. Mikrober utsondrer en substans ("lim") som binder sammen jordpartikler og mikrobene. Ved hjelp av en vann- og saltblanding løses disse aggregatene opp og jordpartiklene felles ut. De jordfargede mikrobene forblir i løsning og en gitt mengde plasseres på et analysekort. Ett bilde tas av analysekortet med en standardisert bakgrunn og analyseres med en smarttelefon-app. Fargeintensiteten av mikrobeprøven blir bestemt med appen og oversatt til mengde mikrobielt karbon (MBK) i µg pr gram jord. I tillegg bestemmes sopp:bakterieforholdet (F:B), andel sopp (F%) og andel bakterier (%B).

I praksis foregår prøvetaking slik:

1. En jordprøve tas ut fra ønsket punkt. Den kan tas ut som en samleprøve av et antall 20 cm dype stikk, som enkelt stikk eller som enkeltprøver fra ulike dyp i et jordprofil (f.eks. 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). Hver prøve som skal analyseres blandes homogent. Hvis ikke annet er nevnt er det brukt 4-5 stikk pr samleprøve i 20 cm dybde. Ofte ble det benyttet andre jordprøver som man hadde for hånden. Det er viktig å ta prøver under noenlunde samme fuktforhold og helst minst 2-3 dager etter regn.
2. En representativ del av jordprøven såldes gjennom en liten sikt (1-2 mm åpning). Deretter tas det ut 0,5 ml jord av den siktede prøven ved hjelp av en spesiell sprøyte med det ønskede volum. Prøven komprimeres ved å presse jorden inn i sprøyta til den er full og volumet er 0,5 ml.
3. I et reagensrør røres en liten pose salt (NaCl + $CaCl_2$) ut i 9,5 ml vann. Deretter tilsettes den klargjorte jordprøven (0,5 ml) som røres ut med medfølgende visp i 30 sek. Reagensrøret står så i ro i 5 min, dunkes deretter lett mot en hard flate 3-4 ganger og står i ro ytterligere 15 minutter. Da har jordpartikler sunket til bunnen og det er bare levende sopp og bakterier igjen i vannfasen.
4. Med en pipette tas det ut en liten mengde av vannet (ca 2 cm ned i vannfasen) og tre dråper dryppes på et eget analysekort.

5. Med en egen mobilapp tas det bilde av kortet mot en medfølgende bakgrunn, og man får rapporten fram på smarttelefonen.

Resultatet og prøveinfo lagres på appen og nettside, og kan enkelt hentes fram og deles. Metoden er kalibrert og validert mot mikroskopitester. Se nettsiden for mer informasjon: https://microbiometer.com/.

3.5.3 Kjemiske analyser jord

Uttak av prøver fra jord er beskrevet under jordprøveuttak over. Mineralsk nitrogen (NO^{3-} og NH^{4+}), ledningsevne (EC), aktuell pH (H_2O-pH) og potensiell pH (KCl), og glødetap ble undersøkt på VitalAnalyses eget laboratorium av Katelyn Solbakk og Vibhoda Holten. Jordprøvene til kjemisk analyse og glødetap ble tatt ut på samme tidspunkt som de andre jordprøvene, og deretter frosset ned fram til selve laboratorieanalysene ble gjennomført i november og desember 2023.

Jordprøvene til kjemisk analyse og glødetap ble tint opp fra frossen tilstand, deretter tørket over natta i tørkeskap ved 105 °C til all fuktighet var drevet ut. Deretter ble 50 gram tørr jord veid opp og blandet med 100 gram destillert vann, og tilsvarende ble 50 gram tørr jord blandet med 0,1M KCl-løsning. Begge blandinger stod i 1 time. pH ble målt med pH-måler i begge løsningene, og ledningsevne i kun vannløsningen.

For å måle nitrat og ammonium ble løsningen med jord og destillert vann filtrert gjennom filterpapir. Den filtrerte løsningen ble brukt videre for å måle nitrat og ammonium-konsentrasjonene.

3.5.3.1 Aktuell og potensiell pH

Aktuell (H_2O) og potensiell (KCl) pH ble målt i henholdsvis i) blandingen jord og destillert vann, og ii) blandingen jord og 0,1 M KCl. For å måle pH ble det brukt en håndholdt HORIBA Laquatwin pH-måler.

3.5.3.2 Ledningsevne (EC)

Ledningsevnen ble målt i samme jord-vannblanding som over med en håndholdt HORIBA Laquatwin EC-11. Verdiene ble målt som mS/cm.

Ledningsevnen (EC - electrical conductivity) er et mål på mengden salt i jorda (salinitet). Det er en viktig jordhelseindikator, siden det påvirker avling, type vekst som passer best, plantetilgjengelighet av næringsstoff og aktiviteten til jordmikrobiologien. Noen naturlige faktorer påvirker ledningsevnen som

jordart og klima, som ikke kan endres. Ledningsevnen er også påvirket av dyrkingspraksisen, som type vekster som dyrkes, vanning og tilførsel av kunstgjødsel, husdyrgjødsel og kompost. Ledningsevnen kan brukes som en indirekte indikator for vannløselige næringsstoff, som for eksempel nitrat-N.

3.5.3.3 Nitrat

Det ble brukt QUANTOFIX nitrat-strips for å måle nitrat (NO_3^-) i henhold til prosedyren i pakningsvedlegget.

3.5.3.4 Ammonium

Det ble brukt VISO ECO ammoniumtest for å måle ammonium (NH_4^+) i henhold til prosedyren i pakningsvedlegget.

3.5.3.5 Glødetap

Glødetapet i jordprøvene ble analysert i henhold til NS-EN 15935:2012. Det ble brukt ei Sartorius Entris laboratorievekt for å veie jordprøvene (6-7 gram jord) i små aluminiumsformer, gløding på 550 °C i to timer i en Lenton glødeovn. Etter gløding ble jorda nedkjølt i eksikator før de på nytt ble veid med presisjonsvekt.

3.5.4 Bladsaftanalyser

Effekten på næringsstoffopptak ble undersøkt i 2021 og 2022 på visse vekster og skifter ved hjelp av **bladsaftanalyser** utført av firmaet NovaCropControl, Nederland. For hver prøve ble det tatt ut om lag 100 gram plantemateriale fra det aktuelle skiftet. Prøven ble tatt som en samleprøve bestående av 30-60 enkeltprøver med et par meter mellomrom i en W-formasjon. Prøvene ble deretter pakket i tett plastemballasje (zip-lock pose) og merket med standardetikett fra NovaCropControl med vekst, sort, dato for uttak, vekststadium, om det var gamle eller unge blader, prøvepunkt-ID, skifte og gård. Ved behov ble bladprøvene kjølt ned før innsending. Bladprøvene ble så sendt samlet med ekspresspost over natta til Nederland. Analysen av bladsaft ble gjort i henhold til standard protokoll hos NovaCropControl. Bladsaftanalysen kan sammenlignes med en blodprøve av planten, siden det viser næringsstoffstatus på det aktuelle tidspunktet. En tørrstoffanalyse (f.eks. en fôranalyse) vil derimot være akkumulert næringsstoffopptak som har skjedd gjennom hele vekstsesongen for den aktuelle plantedelen.

Bladsaftanalysen til NovaCropControl omfatter 20 ulike parametere: sukker, pH, ledningsevne, kalium, kalsium kalium/kalsium-forholdet, magnesium, natrium, ammonium, nitrat, totalt-

nitrogen, klor, svovel, fosfor, silisium, jern, mangan, sink, bor, kobber, molybden og aluminium. Analyseresultatet kommer også med referanseverdier, slik at en ser om det er underskudd, overskudd eller ønsket innhold. www.novacropcontrol.nl/en.

3.5.5 DNA-analyser av jordmikrobiologien

Høsten 2022 ble det tatt ut jordprøver til DNA-analyse av jordmikrobiologien fra seks skifter på gårdene Ormo og Sørli. DNA-analysene ble gjennomført av firmaet SmartSoil Biotech AS. Prøvetaking av jorda ble utført i henhold til etablerte protokoller hos SmartSoil for å sikre konsistens og nøyaktighet. Jordprøvene ble tatt ut med steril teknikk i profilet 0-20 cm og sendte ferske til videre preparering hos SmartSoil. Mikrobielt DNA ble ekstrahert fra jordprøvene, og høykapasitets sekvenseringsteknikker ble brukt til å analysere mikrobiell samfunnssammensetning og mangfold. Statistiske analyser av funnene ble gjennomført av Kamran Shalchian-Tabrizi og Erik Hjerde i SmartSoil.

3.6 Statistiske metoder og modeller

I denne rapporten blir det diskutert om og eventuelt hvordan ulike responsvariabler påvirkes over tid av dyrkingssystemet som benyttes. Utgangspunktet er at det ikke skjer noen endring, dette er den opprinnelige hypotese eller 0-hypotesen (H0). Den alternative hypotesen er at det skjer en endring, dette kalles H1. For å avgjøre om H0 blir stående (ingen endring) eller om vi kan hevde at det er H1 som gjelder (endring) som følge av ulike tiltak, brukes statistiske metoder og modeller. Ved hjelp av disse vises det om ulike forklaringsvariabler (årsaksvariabler eller uavhengige variabler) samvarierer med eller påvirker en responsvariabel (en avhengige variabel) i tilstrekkelig grad. Dersom det er tilstrekkelig samvariasjon kan man si at årsaksvariablene forklarer en betydelig del av variasjonen hos responsvariabelen. Dette gjøres ved hjelp av statistiske tester som beregner sannsynligheten (p) for at den målte samvariasjonen kan oppstå tilfeldig. En høy p-verdi betyr at man tar feil ved å hevde at det eksisterer en slik sammenheng. H0 blir da stående, det kan ikke påvises noen endring. En lav p-verdi indikerer at det er liten sannsynlighet for at man tar feil, og H1 vil da erstatter H0. Det kan påvises en endring. Her brukes p = 5 % som en grenseverdi for feilen, dette kalles ofte for signifikansnivået. Dersom p > 5 % er ikke effekten eller sammenhengen signifikant, sannsynligheten for å ta feil ved å si at en sammenheng eksisterer blir da for stor og H0 blir stående. Er p < 5 % er sjansen for feil liten, man kan forkaste H0, og H1 blir gjeldende – det nye dyrkingssystemet påvirker responsvariabelen.

3.6.1 Statistiske metoder

En statistisk modell er her en matematisk beskrivelse av sammenhengen mellom en respons Y og hvordan den er forklart av ulike forklaringsvariabler X1, X2, X3 etc. på formen Y = a + b1*X1 + b2*X2 + b3*X3 + … + e. I modellen inngår også ulike parametere som er knyttet til interseptet a (gjennomsnittsverdi når alle variable er nøytrale), b1, b2, b3... (effektstørrelsen til forklaringsvariablene) og restfeilen e. Parameterne beregnes ut fra datamaterialet og testes for å se om de er signifikant forskjellige fra 0. Dersom ingen av b1, b2, b3… er forskjellige fra 0 foreligger det ingen påvisbar påvirkning fra forklaringsvariablene på responsen.

3.6.1.1 Forklaringsvariabler – uavhengige variabler

Dette er størrelser som benyttes for å forklare hvordan en respons varierer. I denne rapporten er det flere forklaringsvariabler som er benyttet, se Tabell 2. Oversikt over forklaringsvariabler som er benyttet i modellering..

Tabell 2. Oversikt over forklaringsvariabler som er benyttet i modellering.

Variabelnavn	Forklaring	Type	Beskrivelse
IDpunkt	Det enkelte prøvepunkt. Hvert punkt har unik verdi. Satt sammen av Gård-Skifte-Skiftenr	Diskret variabel (nominal)	19 ulike punkter med hver sin unike verdi
År	Tallverdien for det enkelte år	Brukt som en kontinuerlig variabel	6 ulike verdier
Gård	Gårdene i studien, notert ved gårdsnavn	Diskret variabel (nominal)	5 gårder
Skifte	Navnet på skiftet på den enkelte gård	Diskret variabel (nominal)	18 ulike verdier. 2 av skiftene heter det samme (kommer fra hver sin gård)
Skiftenr	Gårdsnavn + løpenummer	Diskret variabel (nominal)	19 ulike punkter med hver sin unike verdi
SnittGlødetap	Gjennomsnittlig glødetap for hvert IDpunkt for	Kontinuerlig variabel	19 verdier

Responsvariabler

Dette er størrelsene som man ønsker å forklare gjennom den statistiske modellanalysen. I denne rapporten er følgende responsvariable (egenskaper) undersøkt, se Tabell 3.

Tabell 3. Oversikt responsvariable som er undersøkt i de statistiske modellene, alle variablene er kontinuerlige.

Variabelnavn	Forklaring	Enhet	Antall	Gjennom-snitt	Standard-avvik
Glødetap	Mål på andel organisk materiale i jordprøven	%	69	4,87	1,35
NO3	Mengde nitrat i jorda		46	2,95	1,61
NH4	Mengde ammonium i jorda		46	1,09	0,68
Mineral N	Sum av mineralsk N (NO3 og NH4) i jorda		46	4,05	1,75
pH vann	pH i jord løst i vann		40	6,0	0,38
Ledningsevne	Ledningsevne i jord løst i vann		40	51,4	37,7

3.6.1.2 Forklaringsgrad R2

Den avhengige variabelen som undersøkes har i utgangspunktet en variasjon som måles som standardavvik (s) eller en varians (s2) rundt variabelens middelverdi. Med en statistisk modell vil de inkluderte uavhengige variablene forklare en del av denne variasjonen, dette beskrives som forklaringsgraden R^2. R^2 beskriver hvor godt modellen passer til de observerte dataene og går fra 0 til 100 %, der 100 % er en perfekt overenstemmelse med observasjonene.

3.6.1.3 Restvariasjon RMSE

RMSE står for "Root Mean Square Error" og beskriver restvariasjonen, den uforklarte variasjonen, som ikke kan forklares av modellen for den avhengige variabelen. Det er ønskelig å komme så lavt som mulig i RMSE, men typisk vil måleusikkerheten for den avhengige variabelen (den egenskap man undersøker) gi en nedre grense for hvor lavt man kommer. RMSE kan også brukes for å estimere usikkerheten til modellen, dvs. hvor presist et modellestimat er.

3.6.1.4 Enveis variansanalyse – ANOVA

Denne metoden benyttes for å beregne om en eller flere årsaksvariabler samlet sett gir en signifikant forklaring av en responsvariabel. Estimatoren som brukes er forholdet mellom F-verdien for modellen delt på F-verdien for restfeilen i modellen. F verdiene regnes ut fra kvadratsummen for respektive kilde (modell og restfeil) delt på deres tilhørende frihetsgrader.

Ved å sammenligne dette forholdet med en kjent kji-kvadratfordeling med samme frihetsgrader kan man finne sannsynligheten for at man får et tilsvarende forhold basert på tilfeldigheter. Et høyt forhold gir en lav sannsynlighet for at dette er tilfeldig og man har en signifikant forklaring modellen sett under ett. Sannsynligheten uttrykkes som en p-verdi.

3.6.1.5 Tukey-Kramer HSD-test

Ved sammenligning av to middelverdier er det vanlig å bruke en Student-t test for å avgjøre om man har en forskjell mellom dem. Ved å bruke denne testen også ved å sammenligne flere middelverdier samtidig (flere enn to), vil man imidlertid få en økt sannsynlighet for tilfeldig feil med testen, og feilen øker med antallet grupper eller middelverdier man ser på samtidig. Tukey-Kramer HSD-test tar hensyn til dette, og det er denne testen som benyttes når det er tre eller flere grupper (middelverdier) som sammenlignes samtidig.

3.6.1.6 Statistisk programvare

Statistisk analyse og modellering er utført med JMP-versjon 16 fra SAS Institute Inc. Modellene er undersøkt med Fit Model-plattformen. For enklere sammenstillinger og beregninger er Excel benyttet.

Det kan forekomme bruk av tester og modeller som ikke er forklart i det foregående, disse forklares kort i de aktuelle avsnittene.

3.6.2 Modell for påvisning av endring over tid

For å kunne påvise en sikker utvikling i glødetap og dermed mold- og karboninnhold i jorda må man studere restvariasjon i glødetap innen samme posisjon per skifte (ID punkt). Å gjøre dette enkeltvis for hvert IDpunkt vil ikke være mulig med så få datapunkter som er tilgjengelig her. Det er dessuten vel så interessant å studere en trend over flere år og ikke bare sammenligne enkeltår. Derfor er det gjort som en felles analyse av hele datasettet fra 2018 til 2023. Dette er gjort ved å bruke en mikset modell, der forskjellen mellom alle skiftene (nivå per IDpunkt) er lagt inn som en nominal variabel og der endringen i glødetap fra år til år er lagt in som en kontinuerlig variabel (År). Endringen i glødetap alene (År) er i første omgang antatt å være felles for alle gårdene. I tillegg er det interessant å sjekke om det kan påvises forskjell i endring i glødetap per år mellom gårdene (År*Gard), og om endring i glødetap per år påvirkes av forskjell i glødetapsnivå (År*SnittGlødetap). Dette gir følgende modell som ble kjørt i JMP:

(modell x1) Glødetap = IDpunkt + År + År*Gård + År*SnittGlødetap + restfeil

Effektene Gård og GlødetapNivå alene ble ikke lagt til fordi de kan avledes av og korrelerer 100 % med IDpunkt. ANOVA testen brukes for å se at hele modellen er signifikant, og det må den være for at modellen skal være gyldig. I tillegg må man sjekk at alle parameterestimater er signifikante. Ikke signifikante ledd fjernes fra modellen og modellen kjøres på nytt uten disse inntil alle parameter er signifikante og hele modellen er signifikant.

3.7 Dekningsbidragsanalyser

I landbruket er det vanlig praksis i dekningsbidragsanalyser at man tar salgsinntektene for varen, legger til tilskudd for kulturen og geografiske bestemte tilskudd, og trekker fra variable kostnader for produksjonen av kulturen. Dette blir så dekningsbidraget. Dette blir gjerne kalt dekningsbidrag 1, siden ingen indirekte faste kostnader er med, slik som kapitalslit på maskiner og nedskriving av investeringer, for eksempel drenering.

I Norge har tradisjonelt heller ikke lønnskostnader blitt regnet med da bøndene har vært selvstendige næringsdrivende hvor resultatet av drifta har vært med på å dekke vederlaget til lønn og kapital. Det viktige med dekningsbidragsanalysene i denne rapporten er å se på forskjeller fra andre dyrkingssystem.

Det er mulig å beskrive maskinkostnader på gårdsnivå, men det er sjelden noe som er allmenngyldig siden det er vidt forskjellige betraktninger som tas på hver enkelt gård når det gjelder investeringer i maskiner, traktor og utstyr. For eksempel vil noen som har fast jobb utenom korndrifta kanskje investere mer for å få større og mer effektivt utstyr slik at onner kan tas i ferier og kortere friperioder. Derimot vil mange husdyrbrukere tenke motsatt, hvor det lønner seg å ha en mindre kapitalintensiv maskinpark, og heller bruke mer tid på samme jobben og få et bedre økonomisk resultat.

I analysen er det derfor tatt utgangspunkt i dekningsbidrag 1. I tillegg er det vist hvordan lønnsomheten vil se ut når maskinkostnader og vederlag til arbeid er trukket fra som en illustrasjon. Dette er vist for både konvensjonell og regenerativ drift.

4 MATERIALE

4.1 Observasjonspunkter på gårdene

4.1.1 Jordstruktur (VESS)

Tabell 4 viser punktene hvor jordstrukturen er undersøkt med VESS-metoden på de fire gårdene der det ble gjort, i alt 13 punkter høsten 2022, hvorav 12 av disse ble karakterisert igjen høsten 2023. Se metodekapittelet for detaljer om metoden, i tabellen er totalvurderingen vist. VESS-undersøkelsen ble kun gjort gjennomført høsten 2022 og høsten 2023.

Tabell 4.Vurdering av jordstruktur etter VESS-metoden (Visual Evaluation of Soil Structure, (Ball mfl., 2007) høsten 2022 og 2023 på fastpunktene (IDpunkt) på fire av gårdene i referansegårdsprosjektet. En lav score viser god jordstruktur, og en høy score dårlig.

Gård	IDpunkt	VESS, 2022	VESS, 2023
Fossnes	Fossnes - Gardsvei vest - Fossnes 4	2,6	-
Fossnes	Fossnes - Jordvei øst A - Fossnes 2	2,1	2,2
Fossnes	Fossnes - Jordvei øst B - Fossnes 3	1,8	1,8
Fossnes	Fossnes – Skjerven - Fossnes 1	2,0	2,5
Nedre Skinnes	N Skinnes - Bak låven - Skinnes 2	2,2	1,8
Nedre Skinnes	N Skinnes – Lykka - Skinnes 1	2,0	2,0
Nedre Skinnes	N Skinnes – Skinnesmoen - Skinnes 3	2,8	2,7
Ormo	Ormo - Bergimellom - punkt 3 Ormo3*	2,2	2,3
Ormo	Ormo - Hagejordet - punkt 1 Ormo1	2,7	2,5
Ormo	Ormo - Modal - punkt 2 Ormo2	2,5	1,9
Sørli	Sørli - Fjøsjordet - Sørli2	2,4	2,0
Sørli	Sørli - Hornes - Sørli1	2,0	2,3
Sørli	Sørli - Naboåker til Fjøsj. - Sørli3*	2,9	2,7

*Fastpunktene (ID-punktene) Bergimellom (punkt 3 Ormo) og Naboåker til Fjøsjordet (Sørli3) er begge konvensjonelle referanseskifter hvor det ikke har vært regenerativt dyrkingsregime.

4.1.2 Jordkjemiske analyser

Uttak av prøver og analysemetoder er beskrevet under metode. En detaljert oversikt over analyseresultatene er vist i vedlegg. I tillegg til jordprøver tatt ut i denne prosjektperioden (2021-2023) ble det lagt til data fra forrige prosjektperiode (2018-2020) fra gårdene som inngikk da, inkludert Kongsgården. Dette ble gjort for å få mer data og en bredest mulig

analyse. Det ble også gjort en gjennomgang av data for å sikre kvalitet, og skiftet Firkanten fra Kongsgården ble utelatt på grunn av svært høye og ujevne glødetapsdata. I Tabell 5 er en oversikt over jordkjemiske analyser.

Tabell 5. Sammendrag jordanalyser 2018-2023 med glødetap, mineralsk nitrogen, pH og ledningsevne fra 5 gårder og 19 skifter.

Gård	IDpunkt	Glødetap, %			Nitrogen mineralsk, kg/daa							pH i vann, pH KCl og ledningsevne						
						NO3		NH4		Totalt			pH vann		pH KCl		Ledningsevne, µS/cm	
		N	x	s	N	x	s	x	s	x	s	N	x	s	x	s	x	s
Fossnes	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	4	5,8	0,24	3	3,1	0,99	1,2	0,42	4,2	0,68	3	5,6	0,40	5,2	0,31	28	4,0
Fossnes	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	2	5,0	0,19	2	1,9	0,02	1,1	1,14	3,0	1,12	2	5,6	0,28	5,0	0,28	30	2,8
Fossnes	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	5	4,2	0,27	5	2,9	0,46	1,5	0,93	4,5	0,72	5	5,8	0,41	5,1	0,27	27	5,9
Fossnes	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	5	5,7	0,15	5	3,0	0,74	1,7	1,04	4,6	1,16	5	5,8	0,32	5,3	0,26	33	4,0
Fossnes	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	6	3,3	0,29	6	2,7	1,85	0,7	0,59	3,5	1,98	5	6,1	0,38	5,5	0,21	18	3,8
Kongsgården	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	3	7,1	0,06	3	2,9	1,61	0,6	0,43	3,5	2,04	3	6,1	0,12	5,4	0,35	94	25,5
Kongsgården	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	3	7,8	0,61	3	4,5	0,36	0,9	0,33	5,4	0,62	3	6,0	0,06	5,4	0,15	124	9,0
Kongsgården	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	3	6,6	0,57	3	3,3	2,20	0,7	0,37	4,0	2,54	3	6,0	0,12	5,4	0,10	112	55,6
Kongsgården	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Ko	2	7,2	0,16	0							0						
N Skinnes	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	6	3,9	0,35	0							0						
N Skinnes	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	2	4,9	0,06	0							0						
N Skinnes	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	2	2,9	0,01	0							0						
N Skinnes	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	5	3,6	0,15	0							0						
N Skinnes	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	5	3,5	0,23	0							0						
Ormo	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	3	5,1	0,17	3	1,1	1,91	0,8	0,16	1,9	1,87	2	5,8	0,14	5,2	0,14	35	6,4
Ormo	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	3	5,4	0,41	3	2,2	2,26	0,9	0,17	3,0	2,24	2	6,0	0,14	5,5	0,07	41	5,7
Sørli	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	4	4,3	0,16	4	3,9	2,13	1,1	0,49	5,0	1,72	3	6,4	0,44	5,6	0,06	48	2,9
Sørli	Sørli-Hornes-Sørli1	4	4,9	0,46	4	2,6	1,88	1,3	0,66	3,9	2,48	3	6,5	0,46	5,4	0,12	65	16,5
Sørli	Sørli-Tørrenga-Sørli4	2	6,0	0,74	2	4,6	2,35	1,3	1,07	5,9	1,29	1	6,1		5,8		38	
SUM	Antall gårder: 5, skifter: 19	69			46							40						

Data for konvensjonelle skifter (fra Ormo og Sørli) er ikke med i modellering av årlig endring fordi det var for lite data til å inkludere forskjell i dyrkingssystem i modelleringen. Disse kan likevel leses i vedlegg. Det gir følgende datamengder med antall år, antall prøver totalt, standardavvik og middelverdi for de ulike egenskapene som ble modellert, se Tabell 5. Det er viktig å gjøre oppmerksom på at dataene ikke er balanserte, dvs. datasettet er ikke komplett for noen egenskaper, dette ser man ut fra antallet år og antallet prøver totalt. I alt 69 punkter er med, av disse mangler 23 både nitrogen og pH/ledningsevne og ytterligere seks mangler bare pH/ledningsevne. De statistiske metodene som er brukt tar hensyn til at det er ubalanserte data.

4.2 Utvikling og observasjoner på gårdene

På de enkelte gårder er det gjort innkjøp av nytt utstyr, gjort utstyrsmodifisering/utvikling, isolerte forsøk / observasjoner med ulike jordarbeidsmetoder, behandlingsforsøk, jord- og plantemålinger, avlingskartlegginger etc. Det er også kjøpt og gjort erfaringer med ulikt måleutstyr. Disse er kort beskrevet under resultater for den enkelte gård i resultatkapittelet. For noen av gårdene inkluderer dette datamateriale som er beskrevet nærmere under i kapittel 4.3 forsøksfelt. Opplysningene som er framkommet er kategorisert innen tre ulike overskrifter, men er ikke sammenstilt noe mer utover det. Kategoriene er:

- Maskiner og utstyr
- Kompost og biologiske preparater
- Agronomiske utprøvinger/forsøk

4.3 Forsøksfelt

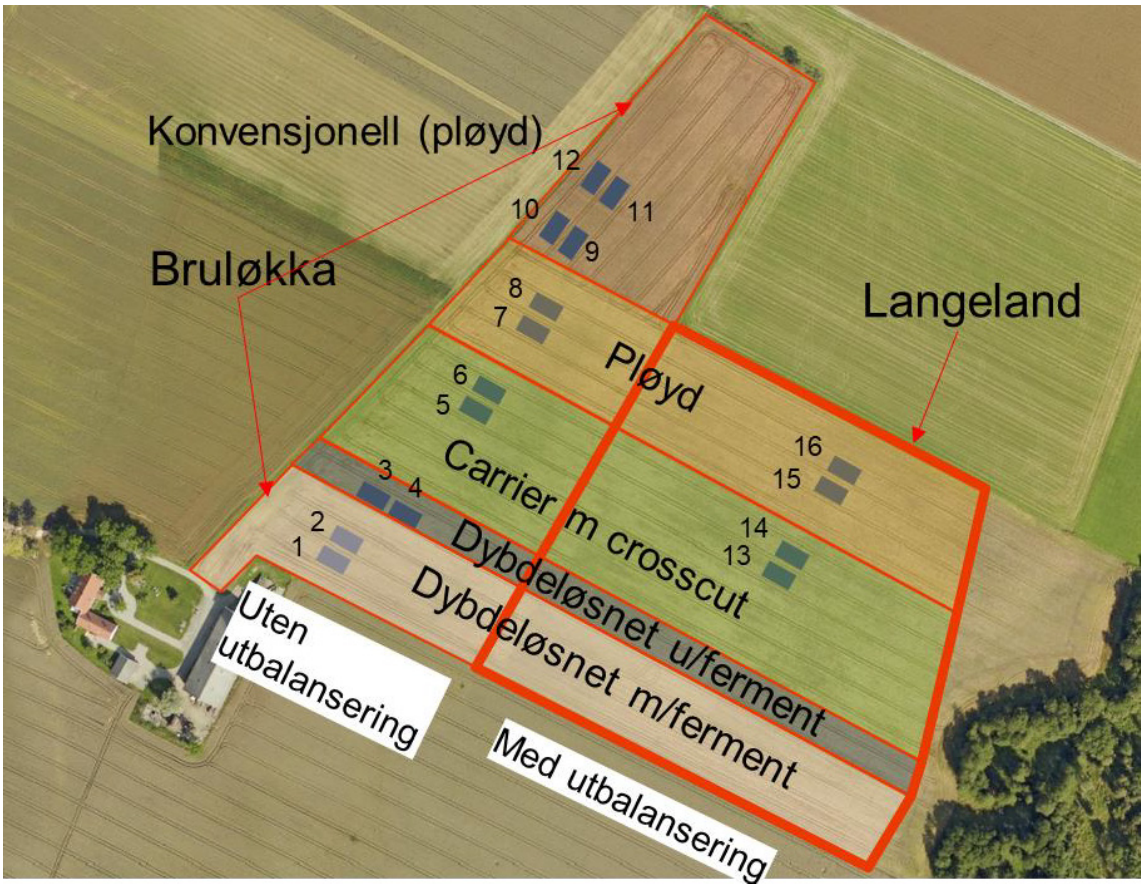
I prosjektplanen var det planlagt å opprette forsøksfelt for å undersøke aspekter som flatekompostering, mineralsk utbalansering og direkte sammenligning av konvensjonell og regenerativ dyrking på samme gård/skifte. Disse ble lagt til Ormo gård der overgang til regenerativ dyrking ble startet på 60 prosent av arealet i 2020, og skiftene Bruløkka (35 dekar) og Langeland (50 dekar) ble valgt ut som passende areal for forsøk. Hensikten var opprinnelig å følge disse skiftene over tid med ulike jordbehandlinger (pløying og flatekompostering), med og uten mineralsk utbalansering (av kalk, svovel og bor) og sammenligning mot et konvensjonelt referansefelt, slik det er beskrevet i Figur 7 og Tabell 6 nedenfor.

Imidlertid viste det seg i 2022 at forekomsten av kveke var i ferd med å bli et problem som ville skygge for videre forsøk på disse skiftene, og strategien måtte fravikes. Det ble da isteden en demonstrasjon med kvekebekjempelse på dette feltet, i tillegg til en forenklet sammenligning av konvensjonelt mot regenerativt dyrkingssystem på en mindre del. Høsten 2021 ble det på det samme feltet etablert et observasjonspunkt for mikrobielt karbon målt med microBIOMETER som da kunne observere utviklingen i løpet av "kvekekampen", i tillegg til endringen videre over tid.

I det etterfølgende er materialet for ulike forsøk slik de ble beskrevet i planen. Her kom det også til nye forsøk som ikke var beskrevet i den opprinnelige planen. Selve resultatene er beskrevet i kapittel 5.6.

4.3.1 Jordhardhet og avlingsregistrering ved ulik jordbearbeiding

Det opprinnelige forsøksfeltet er vist i Figur 7 og Tabell 6 under. Vekst var hybridrug sådd høst 2020 etter bygg med underkultur. På feltene 1 og 2 ble det pløyd, på feltene 3, 4 og 5 ble det flatekompostert med 10 liter ferment + 10 liter vann. Deretter ble det kjørt Carrier CC på alt (se Figur 8).



Figur 7. Plan over forsøksfelt med ulike behandlinger anlagt i 2020-2021 på Ormo på skiftene Bruløkka og Langeland.

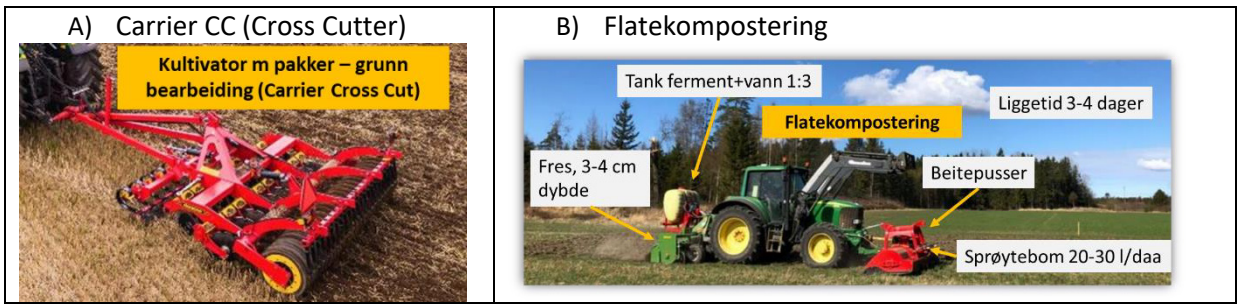
Tabell 6. Oversikt ulike behandlinger og ledd i forsøksfelt anlagt på Ormo i 2020-2021.

ID	Beskrivelse	Jordarbeid	Mineral gjødsel	Mineralsk ut-balansering	Underkultur	Kjemisk sprøyt	Antall ruter
1	Referanse konvensjonell	Pløyd + CarrierCC	100 %	Nei	Nei	Ugras + vekst-regulering	4
2A	Pløyd	Pløyd + CarrierCC	75 %	Nei	Ja	Nei	2
2B	Pløyd + utbalans	Pløyd + CarrierCC	75 %	Ca+S+B	Ja	Nei	2
3A	CarrierCC	CarrierCC	75 %	Nei	Ja	Nei	2
3B	CarrierCC + utbalans	CarrierCC	75 %	Ca+S+B	Ja	Nei	2
4	Dybdeløsning u/ ferment	CarrierCC	75 %	Nei	Ja	Nei	2
5	Dybdeløsning m/ ferment	CarrierCC	75 %	Nei	Ja	Nei	2

Gjødselmengder, mengder Ca, S, B, mengde og type underkultur og sprøyting på feltene er vist i Tabell 7. Det ble ikke gjort plantevitalisering og det var ikke tilført kompost eller SOBAC på feltet i forkant av eller i 2021-sesongen.

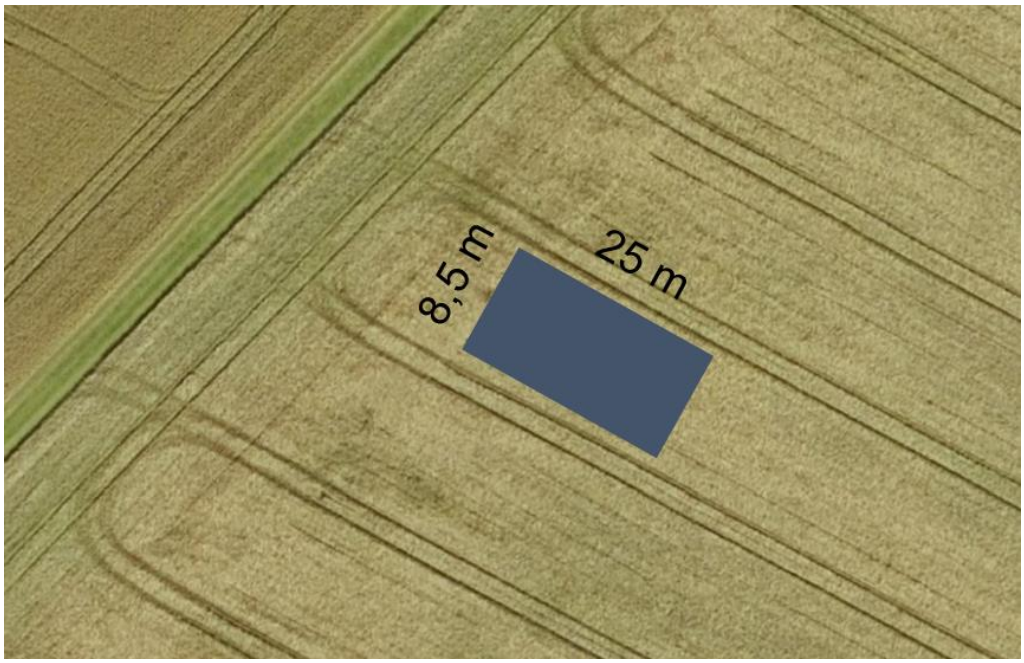
Tabell 7. Tilføring av mineralgjødsel, kalsium (Ca), svovel (S), bor (B), ugrasmidler og vekstregulering.

Tilføring	**Navn**	**Dose, kg/daa**
Mineralgjødsel 100 %	Yara 20-4-11	50
Mineralgjødsel 75 %	Yara 20-4-11	37,5
Utbalansering	Ca = CalciPrill	12
Utbalansering	S = Wigor S	1,2
Utbalansering	B = Granubor	1,5
Underkultur sådd 26/4/21	Ja = strand 52	0,7
Ugras	Attribut SG 70 Hussar OD	6 g 5 ml
Vekstregulering	Cerone	100 ml



Figur 8. Grunn jordbearbeiding gjøres med A) Väderstad Carrier Cross-Cutter, B) flatekompostering gjøres med beitepusser + fres og fermentpåføring før fresing.

Type jordbearbeidingsmaskiner er vist i Figur 8. I alt 16 ruter ble lagt ut som dekket de sju behandlingene vist i Figur 7 over. Utforming av hver rute og plassering i forhold til kjørespor er vist i Figur 9 under.



Figur 9. Størrelse og utlegging av forsøksrute i forhold til kjørespor.

Avling ble registrert med egen tresker ved at alt unntatt forsøksrutene ble tresket først. Formen på rutene vil da ha form av et rektangel. Deretter ble hver rute målt opp og areal beregnet. Avlingen per rute ble så tresket hver for seg ved at treskeren først ble tømt fullstendig (ikke rengjort, men tømt) og deretter ble ruten tresket. Så ble avlingen fra denne tømt i en storsekk, og seinere veid og innholdet analysert (se liste under). Ved statistikksimulering og seinere analyse ble det vist at nøyaktigheten var god (standardavvik 33 kg/daa mellom ruter med samme behandling)

Følgende registreringer ble gjort i forsøksrutene:

- Avlingsdata: vekt rått korn, fuktinnhold rått korn (Wile 55), fuktinnhold rått korn (Wile 200), hektolitervekt (Wile 200), hektolitervekt manuell
- Forsøksruter: treskedato, lengde, bredde, areal, andel ugras (%), andel legde (%)
- Beregnet avling v 15 % fukt (Wile 200) kg/daa
- Jordhardhet (penetrometertest, 10 kontinuerlige profil per rute; beregnet dybde 200 PSI og 300 PSI per rute etter tresking). Utført av Norsk Landbruksrådgiving.
- Jordfuktighet etter tresking
- Mengde mikrober (sopp + bakterier), andel sopp og andel bakterier pr felttype, målt med MicroBIOMETER. Uttak av prøver og målinger ble gjort 28. og 29. september
- Fuktinnhold etter tørking, hektolitervekt etter tørking, 1000-kornvekt tørt korn

Resultater er vist i Kapittel 0.

4.3.2 Mekanisk kvekebekjempelse med KvickFinn

I 2021 ble det gjort våronn med pløying på felt 1 og 2, flatekompostering på felt 3, 4 og 5, det ble kjørt Carrier etterpå på alt og deretter sådd havre med underkultur (0,7 kg/daa) (Figur 7 og Tabell 6). Gjødselmengden ble nå redusert til 50 % på felt 2-5. Det ble i løpet av juni 2022 tydelig at det var svært stor forekomst av kveke på forsøksfeltet og videre oppfølging etter opprinnelig plan (4.3.1) ble avsluttet. Isteden ble det besluttet å utføre en mekanisk kvekebekjempelse for å teste dette konseptet.

4.3.2.1 Behandling

I samråd med rådgiver Martin Beck ble følgende behandling foreslått:

1. Slå vegetasjon/avling på feltet og fjern til fôr
2. Flatekompostere med ferment
3. Kjør med KvickFinn første gang i ca 12 cm dybde og rotor i 6 cm dybde i pent vær og la ligge i ca 14 dager - oppspiring
4. Kjør med KvickFinn andre gang i ca 12 cm dybde og rotor i 6 cm dybde i pent vær og la ligge i ca 7-14 dager
5. Pløye, harve (Carrier)
6. Så (Rug)

4.3.2.2 Redskap

Underkultur+havre+kveke slås og pakkes i rundballer av nabobonde. Ei brukt KvickFinn harv ble funnet og kjøpt av Ole Martin Hvidsten, Runar Sørlig og Dag Molteberg i fellesskap. Bilde av harva er vist i Bilde 15.

Bilde 15. KvickFinn-harv med gåseføtter og rotorfres for mekanisk kvekebekjempelse.

4.3.2.3 Oppfølging

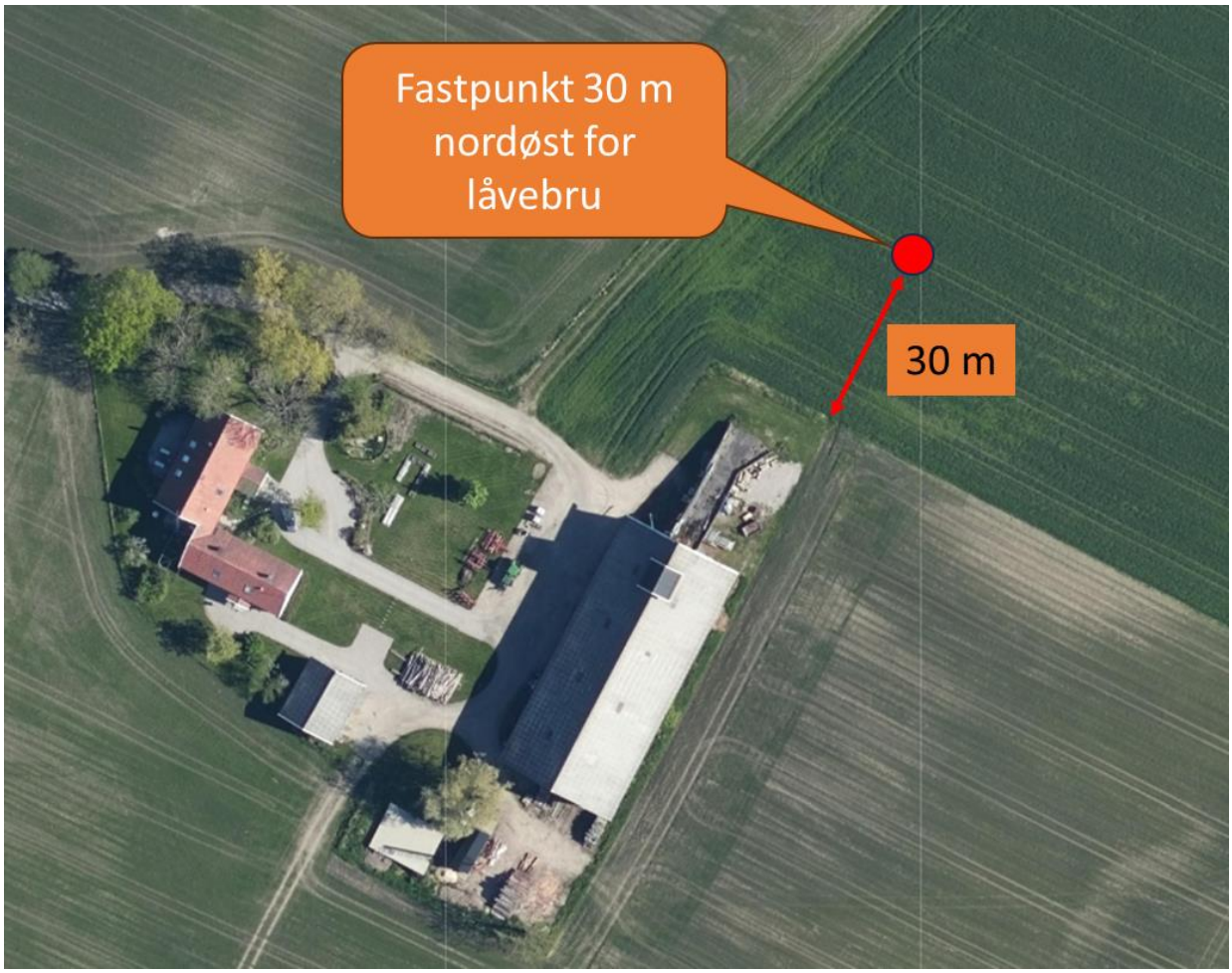
Prosess med bekjemping ble dokumentert med logg og bilder. Mengde rundballer ble målt. Mikrobielt karbon ble målt med microBIOMETER på ulike stadier i prosessen i fastpunkt på Bruløkka (se 4.3.3). Resultater er vist i kapittel 5.

4.3.3 Fastpunkt og analysepunkter microBIOMETER

MicroBIOMETER dukket opp som et tilsynelatende billig, enkelt og raskt verktøy for måling av jordliv og endring av jordhelse som kan utføres av bonden selv. På Ormo ble dette tatt i bruk i september 2021, og målinger utført i flere sammenhenger for å måle effekt av ulike tiltak. Beskrivelse av virkemåte er omtalt i metode kapittel 3.5.2.

4.3.3.1 Fastpunkt Ormo

For å se og lære hvordan tilstanden til jorda endrer seg over tid og gjennom sesongen ble det satt i gang en måleserie i et fastpunkt 30 m nordøst for låvebrua på skiftet Bruløkka på Ormo, se Figur 10. Posisjon for fastpunkt for MicroBIOMETER-måling på Ormo. De første målingene ble gjort i 0-20 cm dybde. Etter hvert ble dette delt opp i 0-10 + 10-20 cm dybdeintervaller. Hver måling ble gjort på samleprøve av 4 stikk i aktuell dybde. Hver samleprøve ble tatt i en sirkel med radius 2 m rundt fastpunktet. Det ble tatt prøver utenfor hjulspor siden jordhardhet der kan påvirke måleverdien. Målingene er dokumentert i microBIOMETER-databasen og i egen protokoll. I kapittel 5.2.6 og 0 er sammenstillinger av målingene vist og diskutert.



Figur 10. Posisjon for fastpunkt for MicroBIOMETER-måling på Ormo.

4.3.3.2 Observasjonspunkter Nes Herregård

På Nes Herregård er det gjort målinger med microBIOMETER for å sammenligne behandlinger med ulike doseringer av spesialkomposten Sobac Quaterna Terra i regenerativt driftssystem, samt med referanserute i konvensjonelt driftssystem. De ulike behandlingene er da:

Behandling – skifte, behandling og dosering av Sobac

- 1. Engerholmen vest, nullrute 0 kg/daa Sobac (i 2021 og 2022)
- 2. Engerholmen vest, maksrute, 20 kg/daa Sobac (i 2021 og 2022)
- 3. Engerholmen vest, normalrute, 10 kg/daa Sobac (i 2021 og 2022)
- 4. Steien, referanse - konvensjonelt skifte, 0 kg/daa Sobac (i 2021 og 2022)

Engerholmen vest hadde regenerativt system med underkultur, flatekompostering, redusert nitrogendosering og vitalisering. Steiene ble dyrket konvensjonelt med pløying, harving,

normal nitrogengjødsling og normal bruk av herbicider, insekticider og fungicider. Det ble målt med microBIOMETER høsten 2021 og 2022 under samme forhold. Uttaket er gjort på lignende måte som på Ormo og beskrevet i metode.

Resultater er sammenstilt i kapittel 5.2.6 og 0.

4.3.4 Forsøk flatekompostering med og uten Biosa urteferment

I tillegg ble det i 2022 gjort et forsøk med flatekompostering med og uten tilsatt ferment i regi av Sunn Jord og NORSØK og med Biosa Norge som prosjekteier på skiftet Modal på Ormo. Dette er beskrevet i egen rapport (Holten mfl., 2023). Det henvises til rapporten for detaljer om materiale og metode. Her ble det gjort et randomisert behandlingsforsøk (med og uten ferment) med fire gjentak etablert i bygg med underkultur. Ellers ble alle andre tiltak utført likt på feltet, og det ble tatt ut jordprøver fem ganger i løpet av sesongen fra før forsøket startet til etter tresking. I alt 43 prøver ble analysert og behandlet statistisk.

4.3.5 BioCover - biologisk beising av såkorn

Flere av prosjektdeltagerne samt ytterligere en nabo (Runar Sørli, Ole Martin Hvidsten, Edvard Fosdahl, Dag Molteberg og nabo Erik Sørli fra Bø gård) søkte og fikk prosjektmidler fra Bondelaget og Gjensidiges Bærekraftsfond til prosjektet BioCover der hensikten var å teste ut behandling (beising) av såkorn med kompostekstrakt. Det ble derfor innkjøpt utstyr for biologisk beising av korn samt opprettet ytterligere noen forsøksruter for å vurdere potensialet og skaffe erfaring med slike metoder under norske forhold. Feltene ble opprettet på Ormo gård og Bø gård.

4.3.6 Karbon i Jord – GPS-jordanalyser 2021 og 2023

For å vurdere effekten på jordstatus og særlig pH og glødetap som følge av endret dyrkingssystem søkte og fikk Dag Molteberg og Edvard Fosdahl midler fra Bondelaget og Gjensidiges Bærekraftsfond til prosjektet Karbon i Jord. Midlene gikk til GPS-jordprøver på begge eiendommene i 2023 som kunne direkte sammenlignes med tilsvarende prøver tatt ut i 2021 og 2013/2015. Jordprøver var standard Al-prøver og ble tatt ut av Norsk Landbruksrådgiving. Analyser ble utført hos Eurofins.

4.3.7 Utvikling nitrogentildeling og avling 2019-2023

Samlede gjødsling- og avlingsdata for Ormo er sammenstilt i kg per dekar for de enkelte kornslagene havre, bygg, hvete og rug for årene 2019-2023 for konvensjonelt system samlet

og for regenerativt system samlet. De ulike skiftene vil ha noe forskjellig jordart og forskjellig avlingspotensiale, og med roterende vekstskifte blir det dermed ikke helt like forskjeller systemene mellom for hvert år, fordi det ikke er de samme skiftene som inngå i avlingstallene i samme serie (kornsort+dyrkingssystem+år). Det er likevel interessant å se på utviklingen over tid når tildeling av gjødsel endres, jordlivet endres og hvordan dette påvirker avlingsnivå, og om det faktisk kan observeres noe mønster her. Det er ikke gjort noen statistisk analyse av dette, så det blir en mer observerende analyse av gårdens totale avlingstall.

Grunnlaget for avlingstallene per skifte er notering av antall tilhengerlass fra hvert skifte pr år, med opplysninger om kornsort, hektolitervekt, fyllingsgrad av hengerlass, kjent volum av hengerlass og fuktighet pr lass. Ut fra disse opplysningene kan man beregne et samlet volum avling per skifte og beregne vekt. Ut fra arealet til skiftet kan man så beregne avlingsnivået. Målingene kalibreres deretter med faktisk innmålt kornavling som registreres på kornmottaket. Disse tallene og beregningene er dokumentert i gårdens KSL-system.

For å gjøre dette mer visuelt er avlingstallene (Y) plottet mot tildelt mengde nitrogen (X) for det enkelte kornslag og med konvensjonelt og regenerativt system i hver sin serie. I tillegg er det lagt inn en kurve for teoretisk N-behov for en gitt avling, samt en anbefalt nitrogengjødsling for å nå dette avlingsnivået basert på det nettbaserte NIBIO-verktøyet Optimal N [8]. Figurene presenteres i resultatdelen (kapittel 0) og diskuteres der.

[8] http://optimaln.nibio.no/

5 RESULTAT OG DISKUSJON

5.1 De agronomiske tiltakene og praktisk gjennomføring

5.1.1 Mineralsk utbalansering

Den mineralske utbalanseringa har blitt gjennomført på alle gårdene basert på anbefalinger fra rådgiverne i henhold til basemetningsanalyser (Albrechtanalyser). Gjennomføringa er gjort av prosjektbøndene, som også har gjort sine praktiske og økonomiske vurderinger om tilføring av de ulike kalk- og gjødselmidlene.

I de to eksemplene i Tabell 8. Albrechtanalyser av ei mellomleire med høy kationbyttekapasitet som begynner å få bedre jordstruktur. Eksempelet er fra skiftet Holmen (flata) på Nes Herregård med ei siltig mellomleire.og

Tabell 9 vises to skifter fra to av prosjektgårdene med kontrasterende jordart og ulik geografisk plassering. De har også fått helt ulike anbefalinger om mineralsk utbalansering. De to skiftene er ei mellomleire på Nes Herregård i Fredrikstad som ligger like ved sjøen, og ei siltig finsand på Nedre Skinnes ved Krøderfjorden.

Nes Herregård

Skiftet Holmen (flata) på Nes Herregård ligger ca 2-3 meter over havnivå og jorda er følgelig veldig havpåvirket. Jordarten er siltig mellomleire med relativt høy kationbyttekapasitet (TEC = Total Exchange Capacity). Det har vært drevet konvensjonell kornproduksjon i ca 20 år, og før det melkeproduksjon. Skiftet preges av dårlig jordstruktur på grunn av den magnesiumovermetta leirjorda. Jordstrukturen har vært ei utfordring på gården i mange tiår. Jorda er ellers svært næringsrik. Albrechtanalysen fra 2020 i Tabell 8 viser en tilfredsstillende pH på 6,3, men undermetning av kalsium (funnet 57,42 % mot ønsket 67,5 %) og ei stor overmetning av magnesium (funnet 20,79 % mot ønsket 12,5 %). Denne ubalansen i Ca/Mg-forhold er en av hovedårsakene til strukturproblemene i denne jorda. Jorda hadde ellers underskudd av svovel, og ellers dårlig tilgjengelighet på mikronæringsstoffer (bor, mangan, kobber, sink og kobolt). Hovedprioritet på denne jorda var å bedre jordstrukturen ved å heve kalsiummetninga og redusere magnesiummetninga. Dette ble i dette tilfellet gjort med gips ($CaSO_4$). Det ble også tilført elementært svovel (S_2) gjennom produktet Wigor S, som er svovel på redusert form. I oktober 2022 ser vi at kalsiummetninga er på samme nivå som i 2020, men

magnesiummetninga er redusert og svovelnivåene er økt. pH-nivået har også falt litt. Bonden Edvard Fosdahl rapporterer om at jorda nå bryter bedre opp enn før. Se Bilde 16 for illustrasjon av bedret jordstruktur fra året 2021 til 2022 på Nes Herregård.

De videre anbefalingene for dette skiftet er fortsatt å øke kalsiummetninga gjennom en kombinasjon av gips ($CaSO_4$) og kalkstein ($CaCO_3$) for å få ønsket basemetning av kalsium og magnesium, og økt pH, slik at jordstrukturen blir enda bedre. Det har også blitt gitt anbefalinger om å tilføre mikronæringsstoffene bor, kobber, sink og kobolt.

Tabell 8. Albrechtanalyser av ei mellomleire med høy kationbyttekapasitet som begynner å få bedre jordstruktur. Eksempelet er fra skiftet Holmen (flata) på Nes Herregård med ei siltig mellomleire.

Prøvedato:		**03.03.2020**	**28.10.2022**
TEC (Total Exchange Capacity)		9,25	9,70
pH buffer (SMP/Sikora)		6,6	
pH aktuell (H2O)		6,3	6,0
pH potensiell (KCl)		5,4	5,0
Org. materiale %		6,0	5,9
Basemetning %	**Ønsket**	**Funnet**	
Kalsium %	67,5	57,42	56,69
Magnesium %	12,5	20,79	16,90
Kalium %	4,16	5,27	4,86
Natrium %	0,89	1,22	1,15
Hydrogen %	8	12	18
	kg/ha		
Svovel	83	52	122
Fosfor (Olsen P)	116	116	112
Mikronæringsstoffer (ppm)	**Ønsket**	**Funnet**	
Bor	1,2-2,4	0,8	0,9
Jern	18-189	552	560
Mangan	18-70	0,0	3,8
Kopper	2,5-7,0	1,9	2,0
Sink	4,0-10,0	0,0	0,0
Klor	9,0-20	16	-
Molybden	0,5-0,7	1,5	-
Kobolt	0,5-2,0	0,0	-

Bilde 16. Sikori på Nes Herregård 6. september 2021 (t.v) som bøyer av til en L på grunn av jordpakking, og sikorirot på samme gård 10. juni 2022 som vokser uhindret på grunn av bedret jordstruktur. Foto: Isabelle Hammerstad Hugøy.

Nedre Skinnes

I det andre eksempelet fra skiftet Bak Låven på Nedre Skinnes har vi ei mye lettere jord, ei siltig finsand, med lav kationbyttekapasitet, som Albrechtanalysen fra 2017 viser har relativt stor mangel på både kalsium og magnesium. Jordreaksjonen viser også en lav pH på 5,5. Denne jorda opplevdes som for løs, slik at traktorredskapen faktisk sank nedi bakken. Her ble anbefalinga å tilføre dolomittkalk [$CaMg(CO_3)_2$] som inneholder både kalsium og magnesium. Det ble også stedvis, hvor jorda var aller mest løs (og hvor det også var mest kveke), tilført kieseritt ($MgSO_4$) som en ren magnesiumgjødsel, for ytterligere å heve magnesiummetninga. I

Tabell 9 kan en se utviklinga i jordanalyseverdiene fra våren 2017 til høsten 2022.

Basert på Albrechtanalyser fra 2021 (ikke vist), ble det tilført 200 kg/daa dolomittmjøl på hele skiftet Bak Låven våren 2022. Albrechtanalysen fra høsten 2022 viser at effekten av dette ennå ikke hadde kommet. Derimot ble det tatt ut flere punktvise standard Eurofinsanalyser fra Bak Låven høsten 2023 som viser pH på 6,0-6,1 over hele skiftet. Da hadde effekten av dolomittmjølet slått inn.

Jordanalysen viser også ei økning av svovel og bor, som har blitt tilført over flere år.

Tabell 9. Albrechtanalyser fra 2017, 2018 og 2022 av ei lett sandjord med lav kationbyttekapasitet som blir fastere. Eksempelet er fra skiftet Bak Låven på Nedre Skinnes med ei siltig finsand.

Prøvedato		**15.05.2017**	**26.10.2018**	**30.09.2022**
TEC (Total Exchange Capacity)		5,65	3,75	4,88
pH buffer (SMP/Sikora)		6,5		
pH aktuell (H2O)		5,5	5,8	5,6
pH potensiell (KCl)			4,5	4,7
Org. materiale %		3,4	3,6	3,8
Basemetning %	**Ønsket**	**Funnet**		
Kalsium %	62	51,31	59,63	50,28
Magnesium %	18	7,45	7,54	11,77
Kalium %	5,67	4,32	5,30	4,21
Natrium %	0,89	0,52	0,73	0,54
Hydrogen %	8	30,0	24,0	30,0
	kg/ha			
Svovel	76	53	54	161
Fosfor (Olsen P)	108	122	165	208
Mikronæringsstoffer (ppm)	**Ønsket**	**Funnet**		
Bor	1,2-2,4	0,3	0,2	0,8
Jern	18-189	253	279	277
Mangan	18-70	35,4	38,1	46,7
Kopper	2,5-7,0	2,9	3,2	3,6
Sink	4,0-10,0	8,1	2,4	3,8
Klor	9,0-20	14	-	-
Molybden	0,5-0,7	0,8	-	-
Kobolt	0,5-2,0	0,3	-	-

5.1.2 Permanent grønt plantedekke

Det permanente grønne plantedekket er på mange måter det aller viktigste verktøyet for å bygge ei fruktbar jord. Gjennom plantenes fotosyntese og det flytende karbonet som skilles ut i rotsonen som roteksudater er dette "motoren" for å gå inn i det regenererende

dyrkingssystemet. Det er dermed avgjørende å lykkes med ei god etablering av det grønne plantedekket.

I et korndyrkingssystem som har vært hovedfokuset i referansegårdsprosjektet er det underkulturen som overtar oppgaven til kornet etter at det er høstet. En får da en ny "grønn syklus" med underkulturen fra august-september som mater mikrobiologien gjennom høsten og fungerer som den "grønne brua" til neste vår.

I prosjektet har vi i hovedsak brukt såfrøblandinga Strand nr 52 som underkulturblanding. Denne blandinga har en høy grasandel (ca 70 prosent), flere ulike kløverarter og flere urtearter med mål om å fremme et høyt mangfold av både sopp- og bakteriebiologi i bakken.

Erfaringa viser at siden underkulturen er så viktig, må den også sees som en slags hovedkultur, samtidig som den ikke skal bli en konkurrent til kornet når det vokser. Det er denne balansen med ei god etablering av underkulturen versus at den ikke overtar, som utgjør bondens handverk.

Det har vært prøvd ulike såtidspunkt av underkulturen. Generelt er tidligst mulig såtidspunkt å foretrekke, dvs. ved såing av kornet eller ved ei blindharving. Imidlertid vil det i startårene ved omlegging til et permanent grønt system ofte ta noe tid før jordbiologien og jordstrukturen er oppe og går for fullt. I denne perioden er det gjerne mer løselige næringsstoff i jorda som fremmer spiring av frøugraset. Frøugraset bør derfor i startårene bekjempes mekanisk med ei ugrasharving (blindharving eller første ugrasharving). Underkulturen kan først såes ved siste ugrasharving, som gjør at etableringa av den blir skjøvet fram i tid. Erfaringa viser at etableringa likevel har gått bra ved ei ugrasharving på 2-3-bladstadiet.

Imidlertid vil såing av underkulturen ved 3-4-bladstadiet gjerne bli for sent, fordi kornet da konkurrerer for kraftig. Underkulturen kan da bli for tynn etter tresking, slik at den ikke vokser seg til og ikke vil gjøre noen reell jobb utover høsten.

Underkulturen (gras-kløver-urte-blandinga) bør både i vårkorn og høstkorn såes inn på våren. I høstkorn kan en så inn blodkløver *(Trifolium incarnatum)* på høsten, som i bedre strøk på Østlandet også kan overvintre og gå til modning neste sesong.

Såmengden av underkulturblandinga (Strand nr 52) vil variere med hvor lysåpen kornsorten er. Generelt gjelder større såmengde (1,0-1,2 kg/daa) med kraftigvoksende kornslag (havre og høstkorn) og lavere såmengde (0,6-0,8 kg/daa) med lysåpne kornslag (vårhvete og toradsbygg). Flerre av bøndene har oppnådd tilstrekkelig underkultur med enda lavere såmengde (0,5 kg/daa) under gunstige forhold.

I startårene kan en også med fordel bruke større såmengde underkulturblanding enn påfølgende år, siden en del av underkulturblandinga vil overleve flatekomposteringa og komme tilbake på nytt.

Når underkulturblandinga skal avsluttes før neste hovedkultur skal etableres, er det viktig at dette gjøres i to runder. Først flatekompostering overfladisk med biofres eller vingeskjærsharv for å sette i gang flatekomposteringsprosessen, og deretter ei dypere jordarbeiding for å lage såbed og for å ta livet av resterende underkultur. Dette er også en del av det handverket som bonden må lære seg. Erfaringa viser at hvis forrige års underkultur ikke er avsluttet skikkelig, kan det komme kraftig igjen i kornet utover sommeren.

Erfaringa viser også at Strand nr 52 med fordel også kan såes inn i ei havre-ert- eller havre-åkerbønne-blanding. Dette kan oppnås med en kombimaskin med ekstra småfrøkasse, der f.eks. erter sås i gjødselkasse, bygg/havre i såfrølabber og underkultur i småfrøkasse.

Det ser også ut til at problemet med frøugras blir mindre med ei underkulturblanding, siden underkulturen kan sees på som innsådd "ugras".

Etter tresking av kornet har det også blitt gjort forsøk med direktesåing av ei vintergrønn grønngjødsling bestående av rug og vikke i underkulturen. Dette kan være fint å gjøre, særlig hvis underkulturen er tynn. Det har også den fordelen at rugen viser seg å lage dypere røtter på høsten enn underkulturen, i tillegg til at den er tidligere i gang neste vår enn underkulturblandinga.

Et annet alternativ, hvis det er dyrket høstkorn som er tresket tidlig, er å flatekompostere kornstubben og underkulturen og deretter så ei rug-vikkeblanding (se f.eks. Bilde 17). Om rug-vikke-blandinga direktesåes i en underkultur eller såes etter flatekompostering, må den såes tidlig nok på høsten hvis det skal være verdt innsatsen.

Bilde 17. Vintergrønn grønngjødsling med rug-vikke er i full gang på Sørli gård, Skjeberg, 17. april 2020. Foto: Vibhoda Holten.

5.1.3 Flatekompostering

Flatekompostering er nok det tiltaket som har utviklet seg mest i løpet av prosjektet, og der det også stilles størst krav til “håndverket" hos den enkelte bonde. Dels har bøndene forsøkt alt fra å gjøre flatekomposteringa som tre separate kjøringer (sprøyte på ferment, deretter pusse med beitepusser og til slutt frese), til å kjøre over én gang med spesialtilpasset redskap som sprøyter ferment, pusser og freser i en operasjon. Det siste har mer eller mindre blitt standard, og er også noe man finner hos tilsvarende bønder i andre land som benytter denne metoden (Sverige, Danmark, Tyskland etc).

I tillegg er mengden ferment benyttet blitt justert, mer om dette under “mikrobiell prosesstyring”. Det er også en klar erfaring at status på underkultur må vurderes nøye før man i det hele tatt utfører flatekomposteringa. Dersom det er lite eller ingen grønn underkultur er det unødvendig å utføre flatekompostering, da kan man isteden gjøre en grunn fresing direkte til såbed. Man bør også vurdere eventuelle pakkeskader. Om man finner pakking og jorda er lagelig kan en grunn pløying eller bruk av en grubber for å løsne jorda mer i dybden være anbefalt.

Kjørehastighet og arbeidsdybde er to sentrale forhold i forbindelse med flatekomposteringa. Dybden skal sikre en god gjennomskjæring av røttene på de grønne plantene, men det er samtidig viktig ikke å frese for dypt. Man bør forsøke å oppnå rundt 80 % gjennomskjæring og typisk 3-4 cm dybde (to fingre). Fresinga er en tøff mekanisk behandling av jorda, men når den gjøres så overfladisk, vil strukturen komme fort tilbake etter endt flatekomposteringsprosess.

Det er viktig å ikke kjøre for fort. På jord som er hard bør man nok gå helt ned til 3 km/t. For lettere jord og jord som har god struktur kan man kjøre 4-5 km/t.

Turtall på fresen er også viktig, og denne må tilpasses etter kjørehastighet og resultat. Målet med fresingen er at planterester og jord skal skilles mest mulig, og man ønsker ikke for store tuster og klumper. Med rett oppdeling vil større planterester og røtter legge seg på toppen og tørke ut. Blir det for mye stor klump eller tuster må man kjøre saktere eller øke turtallet på fresen. Jord med dårlig struktur (mindre aggregering) vil ofte gi mer klump og mer tuster.

Baklukene på fresen skal normalt stå i helt åpen posisjon (maksimal åpning) slik at planterester kastes høyt opp i luften. Ved start og nær jordekanter kan det være aktuelt å lukke lukene noe for å unngå at jord kastes ut av jordet.

Jorda må være lagelig ved kjøring. Jordtemperatur på 20 cm bør være minst 6-8 grader, gjerne mer. Jorda skal smuldre lett, og det må ikke kjøres om det er for rått.

Gjennom prosjektet har bøndene utviklet flatekomposteringa til en forholdsvis rask og effektiv prosess, der hele kjøringa gjøres i en operasjon (sprøyting av ferment, pussing, fresing) som er raskere enn pløying, som gir god struktur og jevnt såbed under gode forhold. Den er også betydelig mindre energikrevende enn pløying og energibehovet synker etter hvert som aggregater dannes og jordstrukturen forbedres. Flere av bøndene forteller om 30-40 prosent redusert dieselforbruk etter 4-6 år med denne metoden, og man kan fint klare 10 dekar per time under gode forhold.

I økologisk produksjon er dette et svært godt alternativ til pløying og muliggjør redusert jordarbeiding med godt resultat. Resultatet viser også at metoden rett utført er et fullgodt alternativ til glyfosat i konvensjonell produksjon.

5.1.4 Bruk av urteferment

Bruk av urtefermentet har vært et av standardtiltakene i dette prosjektet. Urtefermentet har i hovedsak vært brukt i forbindelse med flatekompostering, ved dybdeløsning (sprøytet ned i jordprofilet bak løsnetennene), men også ved pussing av kornstubben i underkulturen etter tresking. Ellers har urtefermentet blitt brukt til behandling av blautgjødsel/gylle og fastgjødsel/ kompostering (se kapittel 5.1.6 og 5.1.7).

Det har ikke i dette prosjektet vært mulig å observere endringer i dyrkingssystemet, eller i jordanalysene, som lar seg isolere til bruken av urtefermentet alene. Til det har mange andre tiltak, som har hatt samme målsetning om å øke jordfruktbarheten, blitt satt inn samtidig.

Imidlertid ble det i 2022 gjort et ruteforsøk på Ormo med fire gjentak hvor rutene var henholdsvis behandlet og ikke behandlet med urteferment i forbindelse med flatekompostering i mai før bygg ble etablert (Holten mfl., 2023). Resultatet viste økt innhold av sopp i jorda gjennom sesongen målt med MicroBIOMETER. Mineralsk nitrogen ble også målt i begynnelsen av juni, hvor det var en ikke-signifikant tendens til mindre nitrat i rutene som ble behandlet med urteferment. I 2017 ble det observert endret jordlukt og annen sammensetning av jordmikrobiologien målt med mikroskopering ei uke etter flatekompostering av eng i Oslo med og uten urteferment i juli måned (Holten, 2021). I et forsøk gjennomført av NLR Viken i Lier i Buskerud 2017-2019 ble det målt mindre mineralsk nitrogen (NO_3^- og NH_4^+) i jord som var flatekompostert sammenlignet med pløyd jord. Dessuten var innholdet av mineralsk nitrogen noe lavere der det ble flatekompostert med urteferment enn uten urteferment (NLR Viken, 2020).

Disse resultatene tyder på at urtefermentet har en antioksidativ virkning, som omtalt i kapittel 2.7, ved at det kan redusere nitratinnholdet i jorda, og bidra til å binde inn frie næringsstoffer i mikrobebiomasse.

5.1.5 Brygge urteferment selv

Alle prosjektbøndene har brygget sine egne gårdstilpassede urteferment. Brygginga har fulgt samme prinsipp, men i praksis har de brygget i beholdere av ulik størrelse og regulert varmen på ulike måter. Noen har brygget i palletanker på 1000 L (IBC-containere), og andre har med godt hell brygget i brukte melketanker (1200 L og 1800 L). Alle har tilsatt urter og ugras som vokser på egen gård for å lage et gårdsspesifikt urteferment tilpasset mikrobiologien på egen jord.

Brygging av urtefermentet er ikke vanskelig, men krever litt ekstra utstyr blant annet bryggetanker (palletank eller melketank el.l.), nok varmtvann og oppvarmingsmuligheter i løpet av bryggeperioden, og helst også IR-termometer og pH-måler. Bonden må også sette seg inn i hvordan urtefermentet brygges og lære seg hvordan bryggeprosessen følges opp. Når utstyret er på plass og bonden har lært seg prosessen, har dette blitt ren rutine.

Tabell 10. Kostnader for brygging av ferment inkludert råvarer med forsendelse, vann og energi pr 1000 liter.

Materiale	Enhet	Mengde	Pris i kr per enhet	Beløp, kr

Melasse	kg	25	48,6	1 215
Biosa startkultur	kg	25	44	1 100
Havsalt	kg	3	45	135
Tangmel	kg	3	35	105
Urter fra egen gård	kg	5	0,01	0
Vann	liter	950	0,01	9,50
Energi (oppvarming, omrøring, pumping)	kWh	50	1,5	75
Ferdig urteferment	**liter**	**1000**	**2,62 kr**	**2 639,50 kr**

I Tabell 10 er det satt opp typiske mengder og priser for brygging av 1000 liter urteferment. Forsendelse av råvarer er inkludert med 25 % påslag, dette er ganske mye, men typisk hvis man brygger 4000 liter om gangen. Kjøper man inn mer råvare vil det bli rimeligere. Kostnader for brygging med ingredienser og vann+energi beløper seg med dette til ca 2,60 kroner per liter. Dette er en liten kostnad med tanke på at det brukes 5-15 liter ferment per dekar jord per år. Brygginga krever også lite utstyr, og det er liten og ingen risiko ved å bruke urteferment.

5.1.6 Behandling av husdyrgjødsel

Alle de fire økologiske bøndene i prosjektet holder husdyr i ulik utstrekning, og har dermed også hatt tilgang på husdyrgjødsel. To av disse gårdene har blautgjødsel av storfe og/eller konvensjonell slaktegris (en gård). Én gård har gjødsel fra økologisk verpehøns. Den fjerde økologiske gården har talle fra sau. To av gårdene i Østfold har samarbeidet om bruk husdyrgjødsla (felles lagring av blautgjødsel/gylle). I prosjektet har vi lagt stor vekt på at husdyrgjødsla skal behandles. Alle gårdene med blautgjødsel har brukt urteferment gjennom innefôringssesongen til å behandle den gjennom alle prosjektårene.

Erfaringene fra bøndene er at den fermentbehandlede blautgjødsla oppfører seg annerledes nå enn før de begynte med fermentbehandling. Gjødsla lukter mindre, den er mer homogen og flytende, den lar seg mye lettere røre opp, og gjødsla renner lettere av bladverket på graset. Gjødsla er også mørkere, noe som er et tegn på begynnende huminstoffdanning. Blautgjødsla av storfe danner i mindre grad et flytelag på overflata, og blautgjødsla av gris bunnfeller ikke i samme grad. Denne ensartetheten (homogeniteten) er tegn på mer aktiv mikrobiologi og mer reduktive prosesser (mer biologisk innbinding av næringsstoffene).

I dette prosjektet har det ikke blitt gjort kjemiske analyser av husdyrgjødsla, men undersøkelser fra det såkalte Rosenheimer Projekt i Sør-Tyskland [9] viser at fermentbehandlet blautgjødsel gir økt grasavling, som skyldes redusert tap av nitrogen. Stoffene som gir stygg

[9] https://chiemgau-agrar.de/konzept/rosenheimer-projekt/

lukt fra husdyrgjødsellager, er nitrogen- og svovelforbindelser som er nedbrutt og som danner flyktige gasser. I Rosenheimer Projekt vises det også til at fermentbehandlet husdyrgjødsel bidrar til karbonlagring i jorda.

To av de økologiske gårdene i Østfold har etter inspirasjon av Rosenheimer Projekt også blandet inn biokull og finmalt steinmjøl (basalt fra Franzefoss Steinskogen i Sandvika) i blautgjødsla.

Det er ikke gjort så mye vitenskapelig arbeid om fermentbehandling av husdyrgjødsel, men Hidalgo mfl. (2022) viser i en review-artikkel at effektive mikroorganismer (EM), som er én type av ferment, stabiliserer husdyrgjødsla, konserverer nitrogenforbindelser, fremmer produksjonen av ulike enzymer som forbedrer nedbrytinga av husdyrgjødsla, lager hydrolytiske enzymer som bryter ned komplekse molekyler (cellulose), og omdanner giftige forbindelser (H_2S) til ikke-giftige forbindelser. Forfatterne viser også til at fermentet er svært effektivt til å hygienisere husdyrgjødsla ved å undertrykke patogene organismer. Også tyske forskere viser til at fermentbehandling av husdyrgjødsla har en klar hygieniserende effekt ved å undertrykke patogener samtidig som det tar vare bedre på næringsstoffene i husdyrgjødsla (Scheinemann mfl., 2015).

Vi har i dette prosjektet ikke hatt anledning til å måle en eventuell effekt av fermentbehandling av husdyrgjødsel på karboninnholdet i jorda, men summen av tiltakene i prosjektet kan vise til ei humusbygging på gårdene. Siden fermentbehandling fremmer biologisk innbinding av næringsstoff, er det ei relevant hypotese at denne fermentbehandlinga har bidratt til humusbygginga i prosjektet.

I et 10-årig forsøk på Tingvoll gard på Nordmøre (2011-2021) hvor ubehandlet storfegjødsel og biogassbehandlet storfegjødsel ble sammenlignet, viser begge behandlingene en nedgang i innholdet av organisk materiale i jorda over denne perioden (Rittl mfl., 2023). Det vil være relevant å undersøke fermentbehandlet storfegjødsel i et tilsvarende forsøk, for å se hvilken effekt det vil gi på innholdet av organisk materiale i jorda og andre jordparametere.

Basert på erfaringene fra dette prosjektet vil vi anbefale husdyrbønder å fermentbehandle husdyrgjødsla, siden det er en enkel, billig og lavteknologisk metode for å oppgradere den agronomiske verdien av husdyrgjødsel som er i et gjødsellager. Metoden letter både opprøring og spredning av blautgjødsel, tar bedre vare på næringsstoffene, særlig nitrogen, og bidrar trolig til bygging av humus i jorda.

5.1.7 MC-kompostering – mikrobiell karbonisering

Fem av bøndene i prosjektet har i løpet av prosjektet lagt opp egen MC-kompost, og to av dem har lagt opp flere. Som råstoff er det brukt både storfe-, sau- og hønemøkk, og halm og fersk flis (i hovedsak løvtreflis). Erfaringa er at MC-kompostering er en god metode for å oppgradere husdyrtalle (og evt. treflis) til en kompost av høy kvalitet. Hvis gården eier eller leier en fastgjødselspreder, er dette et redskap som passer godt for å legge opp en MC-kompost. En gravemaskin kan også brukes til å blande sammen ingrediensene i komposten, men en fastgjødselspreder gjør den beste jobben.

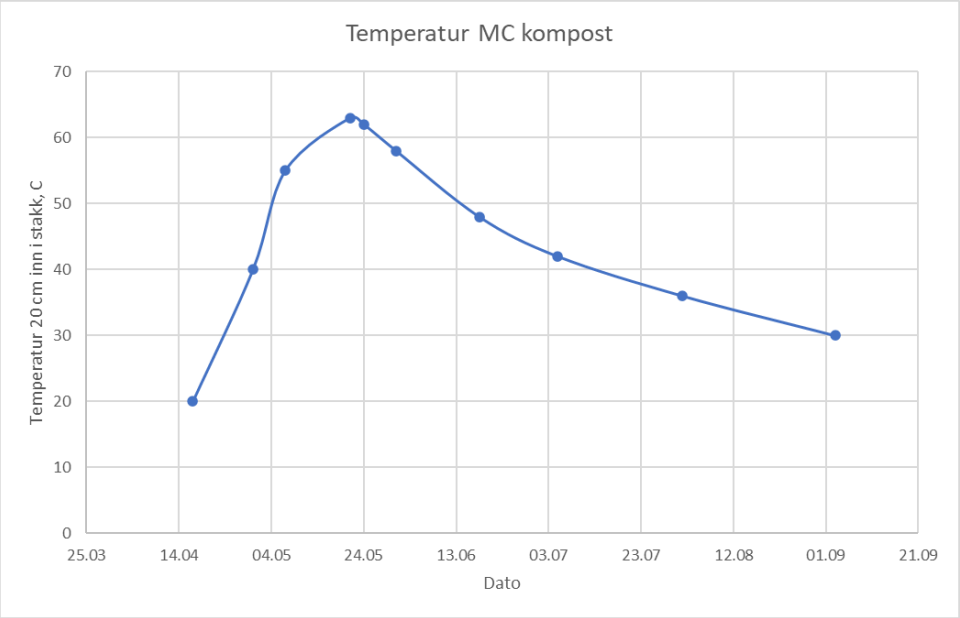
Som for de andre tiltakene kreves det visst håndverk for å lage en vellykket MC-kompost. Imidlertid er arbeidsmengden, og energiforbruket, mindre for en slik kompost enn for en rankekompost som vendes. Det kreves noe arbeid for oppsett av MC-komposten, men deretter skal den ligge i ro til den skal brukes.

Se Bilde 18 for et eksempel av en MC-kompost etter fem måneder som er basert på storfetalle, løvtreflis og litt leirjord. En MC-kompost bør ligge minimum fra vår til høst, men kan med fordel ligge ett år eller ett og et halvt år fram til neste høst. Effekten av MC-komposten er ikke i første rekke næringsstoffene som spres, men vel så mye at det spres komplekse huminstoffer (de er mørke på farge) som er mat for soppbiologien, i tillegg til at jorda blir podet med gunstig mikrobiologi. Et gunstig tidspunkt for å spre MC-komposten er i den voksende underkulturen etter tresking i august-september. Siden man ikke først og fremst er ute etter næringsstoffeffekten av MC-komposten kan man spre relativt små mengder, 100-500 kg per dekar, og få god effekt.

Bilde 18. MC-kompost hos Runar Sørli, Skjeberg, i september (etter fem måneders kompostering). Mørkfarging, ingen møkklukt og mye meitemark indikerer en vellykket komposteringsprosess. Denne MC-komposten er basert på fersk storfetalle, fersk løvtreflis, litt leirjord og den mikrobielle inokulanten SOBAC. På toppen ble det lagt på tykk blautmøkk som et «lokk» ved oppsetting. Foto: Vibhoda Holten.

Et eksempel på hvordan komposteringsprosessen på Ormo har forløpt er vist i Figur 11. Komposten ble laget av storfetalle og flis. Storfetalla (415 m^3) ble tilkjørt i januar 2021 på frossen mark og tippet på jordet i en lang ranke. Oppå denne ble det i starten av mars lagt flis (150 løse m^3) hugget fra løvtrær som ble avvirket langs jordekanter på Ormo i februar. Flisa ble produsert av ca 60 m^3 fast virke. 17. april 2021 ble det helt over ferment og deretter ble flis- og storfetalleblandinga fylt i fastgjødselvogn som på sakte fart framover mikset og kjørte ut blandingen og dannet en ranke på jordet. Denne ble 30. april formet til et trapes med gravemaskin og 7. mai ble det lagt 20 m^3 storfegylle oppå komposten for å få et tett lokk på overflata. Temperaturen i haugen ble målt fortløpende og temperaturen steg til maksimum 63 grader 21. mai 2021, se Figur 11. Deretter sank temperaturen gradvis ned og var i september samme år ca 30 grader. Typisk holder en MC-kompost en noe lavere temperatur, men over lengre tid, enn en rankekompost som vendes (Stephan, 2022).

Total lengde på kompostranken var omtrent 130 m, høyden rundt 1,3 m, bredde på toppen ca 2 m og bredde på bunnen rundt 5 m. Beregnet volum blir da ca 591,5 m^3, mens volum ingredienser var 585 m^3 (avvik ca 1 %)



Figur 11. Temperaturkurve for MC-kompost hos Dag Molteberg, Ormo, Skjeberg, målt med Wile 500 ca 50 cm inn i komposthaugen. MC-komposten ble anlagt 17. april 2021 med temperatur 20 grader og maksimaltemperatur 63 grader ble målt 21. mai 2021 (ca 5-6 uker etter).

Haugen sank etter hvert noe sammen og høyden ble i 2022 på høsten (etter 1,5 år) målt til ca 1 m. Det vil si at volumet nå var blitt 455 m^3, dvs. 77 prosent av opprinnelig volum. Betalte kostnader for råvarer, transport og arbeid med å etablere komposthaugen er vist i Tabell 11. Det gikk med ca 30 timer med traktor i ubetalt egeninnsats verdsatt til 800 kr/t, og det er satt en virkespris på 370 kr/m^3 (sort 987 biovirke) inkludert driftskostnader på 170 kr/m^3 for 60 fast-m^3 virke. Flising utgjorde 7050 kr og resulterte i 150 løs-m^3 flis. Betalte kostnader ble da 29 220 kr, sum eget arbeid og virker ble 46 200 kr, til sammen 75 420 kr. Dette betyr at kostnaden for ferdig kompost ble 166 kr/m^3 medregnet eget arbeid og virke, og medregnet volumreduksjon etter 1,5 år.

RMP-tilskuddet for å benytte kompost er nå ca 350 kr/daa, med et minstekrav for spredning på 0,5 tonn/daa. Sprer man 1 m^3/dekar tilsvarer dette rundt 0,5 tonn/dekar og kompostprisen for dette blir da ca 166 kr/dekar. Men i tillegg kommer spredekostnader som kanskje kan utgjøre ca 20 kr/dekar. Det er heller ikke regnet renter for bundet kapital i komposten (lang modningstid to år) eller at komposten opptar areal. Men uavhengig av dette vil tilskuddet være en god kompensasjon for å etablere og spre komposten. Nytteverdien i forhold til å spre kompost og mikrobiologi på åkeren og som råvare for kompostekstrakt vil antagelig være verdt det mangedobbelte, også for storsamfunnet, når man ser den totale nytten av slike tiltak i form av redusert erosjon, redusert nitrogengjødsling og avrenning, mindre bruk av plantevernmidler, økt karbonbinding og økt biodiversitet og jordhelse. Biologisk sett kunne det holdt med å spre ned mot 0,2-0,3 m^3 per dekar (100-150 kg) som ville gitt en pris på rundt 40 kr/dekar + spredning.

Tabell 11. Kostnader for oppsett av MC-kompost hos Dag Molteberg, Ormo.

Materiale	**Enhet**	**Mengde**	**Pris i kr per enhet**	**Beløp**
Storfetalle, transport inkludert	m^3	415	32,5	13.500 kr
Flis løvtrevirke jordekanter, betalt for leie av fliskutter og maskiner	lm^3	150	47	7.050 kr
Gylle storfe til dekking av haug,	m^3	20	125	2.500
Ferment	liter	1000	2,62	2.620 kr
Leie gravemaskin + forming av haug	stk	1	3.550	3.550 kr
Pris eget virke (150 lm3 = 60 fm3)	fm^3	60	370	22.200 kr
Pris eget arbeid m traktor	timer	30	800	24.000 kr
SUM råkompost	**m^3**	**585**	**129**	**75.420 kr**
SUM ferdig kompost etter 1,5 år	**m^3**	**455**	**166**	**75.420 kr**

5.1.8 Bladgjødsling og plantevitalisering

Alle seks bøndene i prosjektet har kommet i gang med plantevitalisering og bladgjødsling. I de første årene ble det brukt kompost-te eller høy-te som den mikrobielle komponenten i plantevitaliseringa. Kompost-te er fint å bruke til dette, men bryggeprosessen krever en god del omtanke og tid. Høy-te er veldig enkelt å lage, men har trolig ikke den samme effekten i ei plantevitalisering. De par siste årene har derfor bøndene gått over til å bruke kompost-ekstrakt som den mikrobielle komponenten i plantevitaliseringa. Kompostekstrakt er ganske enkelt et ekstrakt av kvalitetskompost i lunkent vann. Et par av bøndene har også kjøpt inn et kommersielt kompostteprodukt kalt Vesta® som oppformeres på gården, og blandes deretter inn i plantevitaliseringsvæska.

Bøndene har videre prøvd seg fram med ulike mineralske tilsetninger i plantevitaliseringa/bladgjødslinga, og til en viss grad designe sammensetninga med utgangspunkt i bladsaftanalysene. De har også prøvd seg fram med ulike nitrogenkilder (avhengig av om de driver økologisk eller konvensjonelt) for å bladgjødsle med nitrogen i kornet. Til bladgjødsling med nitrogen har de to konvensjonelle bøndene brukt urea, i tillegg til kompostekstrakt, en karbonkilde, tangekstrakt og andre mineralske tilsetninger (f.eks. magnesium, bor, mangan og kobber). I den grad de har bladgjødslet med nitrogen, har de økologiske bøndene brukt en blodmelbasert nitrogenkilde.

På de to konvensjonelle gårdene har nitrogengjødslinga blitt redusert trinnvis ned til 50 prosent. For å kompensere for dette bladgjødsles det nå med urea (0,5 kg/daa) i to runder. Urea tilsettes til plantevitaliseringsvæska (kompostekstrakt, karbonkilde, tangekstrakt og mikronæringsstoffer). Urea tas lett opp over bladoverflata, og dette er mer effektivt enn å tilføre det til jorda (Ferrari mfl., 2021).

Videre har bøndene funnet mer effektive framgangsmåter for å blande sammen og sile ingrediensene i åkersprøyta til plantevitalisering, og til å finne fram til de beste ingrediensene, blant annet riktig type sprøytekalk. Som sprøytekalk har OmyaPro Calcium vist seg å være best, siden det er fint nok oppmalt (50 µm) til å passere uten problemer gjennom filter og dyser på åkersprøyta. Se kapittel 5.7 for de ulike tekniske løsningene som bøndene har utviklet for å forblande plantevitaliseringsvæske, og lage premikser for å effektivisere blanding og utkjøring med åkersprøyta.

Det har ikke vært gjort noen systematiske utprøvinger av plantevitalisering i prosjektet, men det er gjort noen observasjoner. På Nedre Skinnes ble det observert tydelig grønnfarging (mer klorofyll) etter plantevitalisering med magnesium (EPSO Microtop som inneholder $MgSO_4$) sammen med komposte, sprøytekalk, melasse, mangansulfat, blodmel, tangekstrakt og huminstoff. Da ble det observert økt planteveksten og mindre framtredende ugras. Flere av gårdene har observert at meldestokk svekkes ved plantevitalisering av kulturveksten med sprøytekalk, men kulturveksten blir upåvirket og trolig styrket.

For å utnytte plantevitalisering og bladgjødsling til sitt fulle, trengs det mer systematisk utprøving, gjerne med ruteforsøk, og med oppfølging med bladsaftanalyser. Dette er mer avansert agronomi, og krever også mer kompetanse og erfaring.

Den amerikanske agronomen John Kempf og hans rådgivingsfirma Advancing EcoAgriculture, bruker plantevitalisering og bladgjødsling basert på bladsaftanalyser, og melder om veldig fine resultat i form av økt plantehelse, bedre produktkvalitet og bedre avling (Brown, 2009).

I prosjektet har bøndene laget og brukt sine egne blandinger for plantevitalisering og bladgjødsling. I løpet av prosjektet er det brukt både kompost-te, høy-te og kompostekstrakt, men erfaringen er at kompostekstrakt er en mer robust og effektiv løsning som gir store mengder bruksklar behandlingsvæske raskt og billig. Nedenfor er det vist noen eksempler basert på kompostekstrakt. Prisene er ikke inkludert arbeid da det er stor variasjon i hvor mye væske som lages samtidig. Innkjøpte midler er inkludert transport (5 %), transportkostnad vil imidlertid også variere i forhold til hvor store mengder som kjøpes samtidig.

I Tabell 12 under er kostnaden vist for kompostekstrakt i materialer og energi uten arbeid, med utgangspunkt i kompostprisen som ble vist i forrige kapittel 5.1.7 på 166 kr/m^3. Utbytte av ekstrakt ved siling er satt til 75 prosent ut fra erfaring ved tillaging av ekstraktet. Dette gir en pris på ferdig ekstrakt på 0,13 kr/liter. Silresten kan bruke som utgangspunkt for ny kompost, eller spres som kompost. Det tar omtrent en time å lage ekstrakt, men arbeidstiden er ikke tatt med i beregningen siden mengden som lages kan variere mye og arbeidskostnad per liter er dermed usikker. Holdbarhet for silt kompostekstrakt kan være minst 2 uker.

Tabell 12. Kostnader for kompostekstrakt hos Dag Molteberg, Ormo.

Materiale	**Enhet**	**Mengde**	**Pris i kr per enhet**	**Beløp**
Kompost	liter	20	0,166	3,32
Vann	liter	100	0,01	1,00
Energi (oppvarming, omrøring, pumping)	kWh	5	1,5	7,50
Kompostekstrakt usilt	liter	120		11,82
Utbytte siling	%	75		
Kompostekstrakt silt	**liter**	**90**	**0,13**	**11,82 kr**

Et eksempel på plantevitaliseringsvæske brukt på våren av bønder i prosjektet er vist i Tabell 12. Her er det tatt utgangspunkt i kompostekstrakt og tilsatt noe kalsium, tangekstrakt og Fulvic 25. Dette gir en pris på ca 25 kr/dekar, prisene er med transport (ca 5 %). Sammensetningen kan imidlertid variere. Dersom bladsaftanalyser eller erfaring viser behov for mikronæringsstoffer hos planten, vil prisen øke. Typisk vil prisen øke med rundt 10 kr/dekar for hver av komponenter som mangan, sink, kobber og steinmel (Panamin-oppløsning) som tilsettes. Med alle disse inkludert blir prisen rundt 49 kr/dekar. Transportkostnader ved kjøp vil variere med mengde.

Tabell 13. Sammensetning og kostnader for basis plantevitaliseringsvæske tidlig vår (alle vekster) beregnet pr dekar og dose 20 l/dekar.

Materiale	**Enhet**	**Mengde**	**Pris i kr per enhet**	**Beløp**
Kompostekstrakt	liter	1,5	0,13	0,20
Ca (Helix til sprøyting)	liter	0,15	67,5	10,13
Acadian (ferdig til sprøyting)	liter	0,1	128	12,8
Fulvic 25	liter	0,05	32	1,60
Vann	liter	18,2	0,01	0,18
Plantevitalisering vår per dekar	**liter**	**20**		**24,90 kr**
Ekstra, eksempler:				
Mangan-emulsjon (Helix, Lebosol)	liter	0,1	99,40	+9,94 kr

Sink-emulsjon (Helix, Lebosol)	liter	0,1	86,10	+8,61 kr
Steinmel-emulsjon (Panamin)	liter	0,05	104,6	+5,23 kr

Senere i sesongen er det aktuelt å plantevitalisere/bladgjødsle med noe nitrogen hvis det er behov, da i korn. I Tabell 14 er bladgjødsling med nitrogen vist for konvensjonell dyrking der det tilsettes urea i blandingen. Det er også mulig å bytte ut urea med blodmel (Pepton) med noe mindre N-dose for økologisk produksjon, se samme tabell. Også her kan det være aktuelt å tilsette andre komponenter om det er behov som framkommer gjennom bladsaftanalyse.

Tabell 14. Sammensetning og kostnader per dekar for basis plantevitalisering/bladgjødsling med N til konvensjonell dyrking med urea, og økologisk dyrking med Pepton og dose 20 l/dekar.

Materiale	**Enhet**	**Mengde**	**Pris i kr per enhet**	**Beløp**
Kompostekstrakt	liter	1,5	0,13	0,20 kr
Fulvic 25	liter	0,05	32	1,60 kr
Konvensjonelt: 1 kg urea	kg	1	7,80	7,80 kr
Økologisk: 0,3 kg Pepton	kg	0,3	93,20	27,96 kr
Vann	liter	18,5	0,01	0,18 kr
Plantevitalisering/bladgjødsling med N, konvensjonelt	**liter**	**20**		**9,78 kr**
Plantevitalisering/bladgjødsling med N, økologisk	**liter**	**20**		**29,93 kr**

Pris per dekar for plantevitalisering/bladgjødsling med nitrogen blir da knappe 10 kroner for konvensjonell løsning med urea, og 30 kroner for økologisk.

5.1.9 Biologisk beising av såkornet

De fleste av bøndene har testet biologisk beising av såkornet, både med egenbygget utstyr (Skinnes og Fossnes) og med innkjøpt beisemaskin (Sørli, Tveter, Ormo, Nes). Noen kommentarer rundt dette er gjengitt i kapittel 5.7 for den enkelte gård.

Bøndene fra de sistnevnte fire gårdene samt Erik Sørli, Bø gård i Skjeberg, søkte om og fikk eksterne midler fra Norges Bondelag og Gjensidiges Bærekraftsfond til å kjøpe utstyr og teste biologisk beising i prosjektet BioCover. Hensikten er som beskrevet i metodekapittelet å pode gunstig mikrobiologi på frøoverflaten som stimulerer plantens vekst og etablere samspill mellom planten og bakterier og sopp. Slik skapes bedre synergier mellom sopp, bakterier og planterøttene på et tidlig stadium. Slik kan plantene fôre bakterier og sopp med roteksudater

og få nødvendige næringsstoffer tilbake. Dette skal gi større rotmasse, bladmasse og avling ved ellers like betingelser.

5.1.9.1 Tillaging av biologisk beisevæske

Beisevæsken er stort sett laget med basis i kompostekstrakt, se kapittel 5.1.8, og eventuelt tilsatt essensielle midler. Fordi kalsiumbehovet er stort for planten i starten, og også mangan kan være en minimumsfaktor, ble disse tilsatt for flere av beiseforsøkene, se Tabell 15 og Tabell 16 for sammensetning og prisberegning av biologisk beisevæske per liter og per dekar.

Tabell 15. Kostnadsberegning for biologisk beisevæske per liter.

Vare	Mengde	Enhet	Pris/enhet	Beløp, kr
Kompostekstrakt	20	liter	0,18	3,68
Kalkvann	4	liter	1,50	6,00
Lebosol Mn500	2,5	liter	97,10	242,75
Fulvic	1	liter	32,00	32,00
SUM	27,5	liter	10,34	284,43

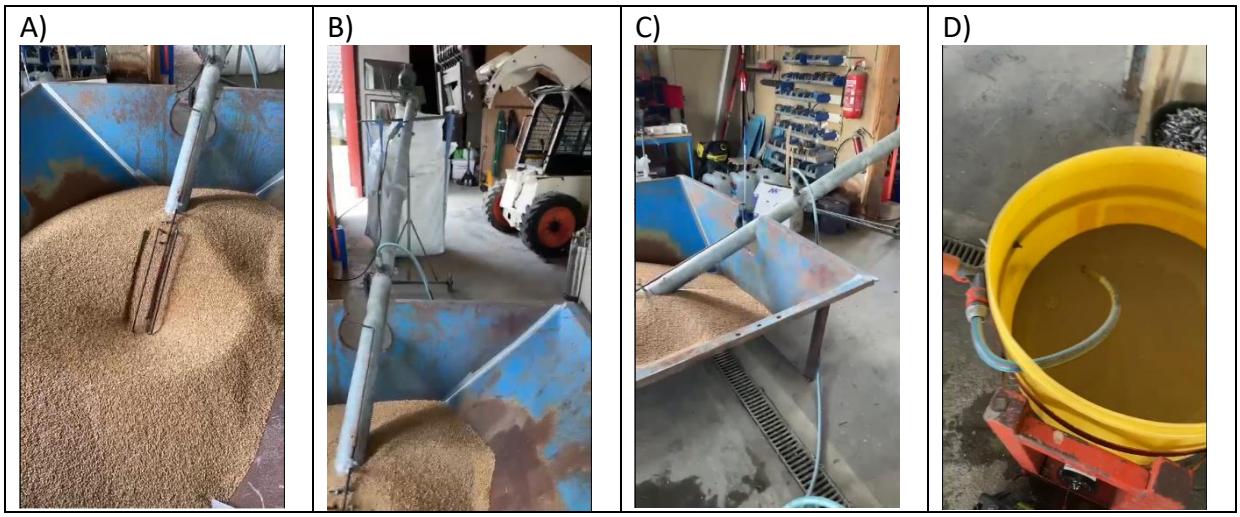
Tabell 16. Kostnadsberegning for biologisk beisevæske per dekar.

Kornslag	Såkorn kg/da	Dose beisevæske	Liter per dekar	Beløp beis kr/dekar
Hvete	21	1 %	0,21	2,17
Bygg	23	1 %	0,23	2,38
Havre	20	1 %	0,2	2,07
Rug	19,5	1 %	0,195	2,02

5.1.9.2 Etablering av metoder og utstyr for beising

På Fossnes ble det i starten gjort enkle forsøk på beising ved å legge såfrø i såmaskin og dusje på beisevæske for deretter å røre litt rundt. Etter hvert ble metoden å blande korn og beisevæske i plansilo (drypper væske på tynt lag med korn med plastflaske med hull i kork), og blande med spade. Metoden er enkel, uten investeringer og fungerer fint, men tidsforbruket er større enn for de rene beisemaskinene med rundt 400 kg pr time. I alt er det beiset 2 tonn på gården på 5 timer. Det er påført ca 1-2 % væske av kornvekten.

På Skinnes er det montert en kornskrue med hull til påmontert dyse som sprøyter inn beisevæske på kornstrømmen inni skruen og blander denne, for deretter å slippe det behandlede såkornet opp i en storsekk. Pumpe styrer påføring av beisevæske og er kalibrert til dosering 1-2 % av kornvekten. Systemet kan beise ca 2,4 tonn i timen, og ble startet opp i mai 2023. Se Figur 12. Det er i alt beiset ca 5,9 tonn såkorn på Nedre Skinnes.



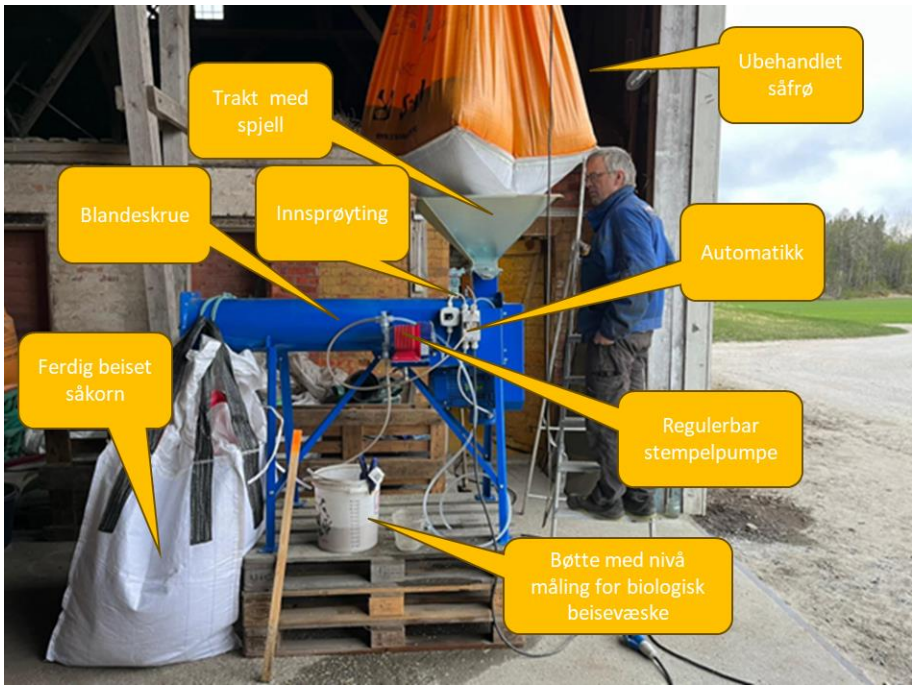
Figur 12. Beiseutstyr på Nedre Skinnes bestående av A) kornskrue som henter opp korn fra start tank, B) skruen frakter kornet forbi dyse som sprayer på beisevæske og blander kornet før det havner i sekk, C) slange til dyse fra væsketank, D) væsketank med pumpe.

I prosjekt BioCover (der gårdene Sørli, Tveter, Nes, Ormo og Bø er med) ble det kjøpt en egen beisemaskin fra Grønt Maskin som har stempelpumpe for nøyaktig dosering med sugestuss som settes ned i kar med beisevæske. Pumpa leverer væska gjennom slange til en blandeskrue der korn kommer inn i en toppmontert trakt, treffes av væskestrømmen inn og det hele blandes gjennom skruen. Det behandlede såkornet skrues så ut og faller ned i storsekk. Hele riggen er festet til en pall og kan enkelt fraktes fra gård til gård. Blandeskruen går på fast turtall, men et spjeld sørger for at kornmengden inn kan styres. Pumpen kan reguleres til å levere 0-3 % av kornvekten. Blandeskrue og pumpe kan startes med samme bryter. Siden anskaffelsen i mai 2022 er det beiset rundt 32,7 tonn til sammen av havre, bygg, rug og hvete. Kapasiteten er på 2,1 t/time for havre, rundt 3 t/time for bygg og rug og 3,6 t/time for hvete, se Tabell 17.

Tabell 17. Kapasitet på behandling, og mengde behandlet såkorn i beiseapparat kjøpt i BioCover-prosjektet.

Kornsort	**Mengde korn pr time**	**Mengde beisemiddel i % av kornvekt**	**Mengde behandlet**
Havre	2110 kg	Ca 1 %	11.400 kg
Bygg	2950 kg	Ca 1 %	12.400 kg
Rug	3075 kg	Ca 1 %	2.400 kg
Hvete	3600 kg	Ca 1 %	6.500 kg
Erter og åkerbønner	Maskinen slår i stykker en del bønner og erter, og er litt for kraftig. Kun en mindre mengde er kjørt.		

I Figur 13 er det vist hvordan beisemaskinen ser ut.

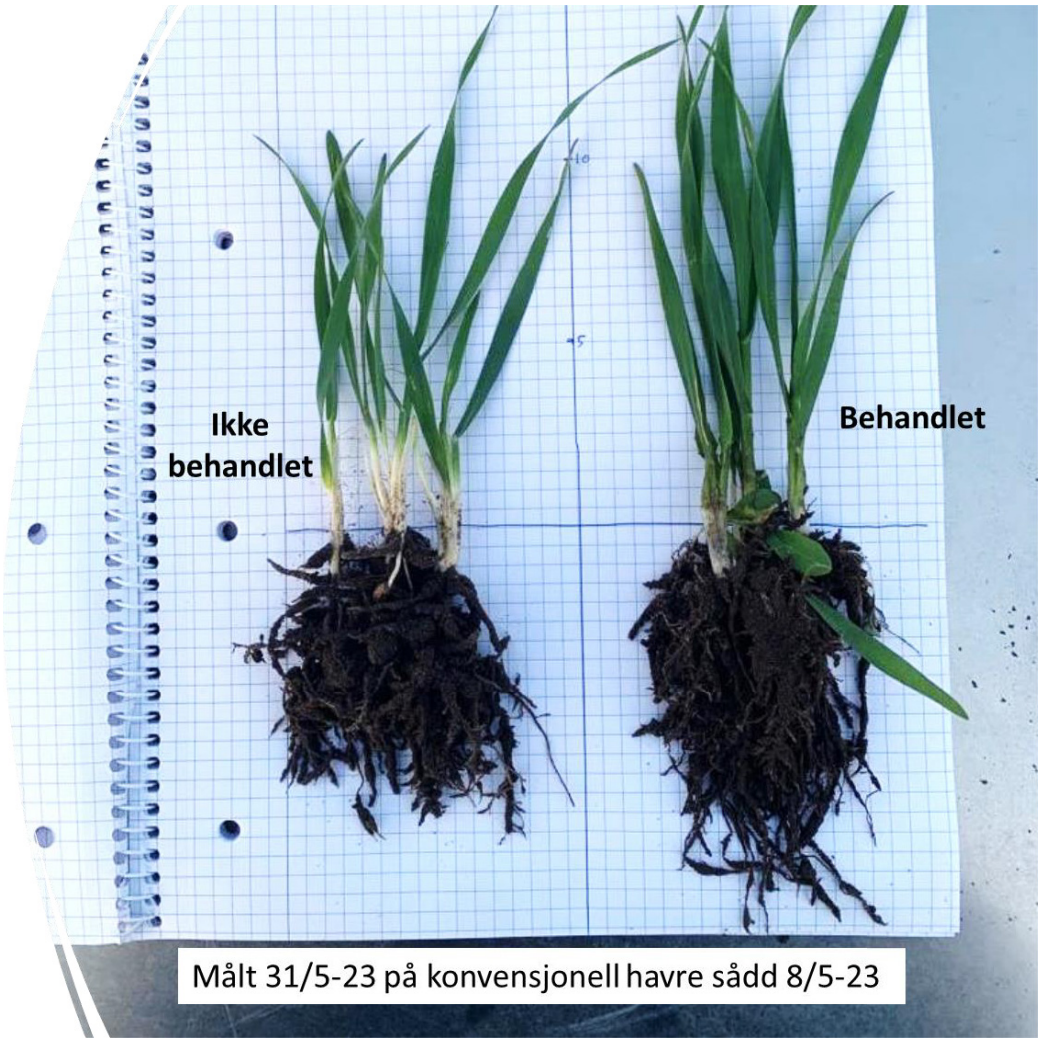


Figur 13. Beisemaskin kjøpt i fellesskap av bønder i Skjeberg og Torsnes gjennom prosjekt BioCover.

Totalt i hele referansegårdsprosjektet er det beiset ca 40,6 tonn såkorn.

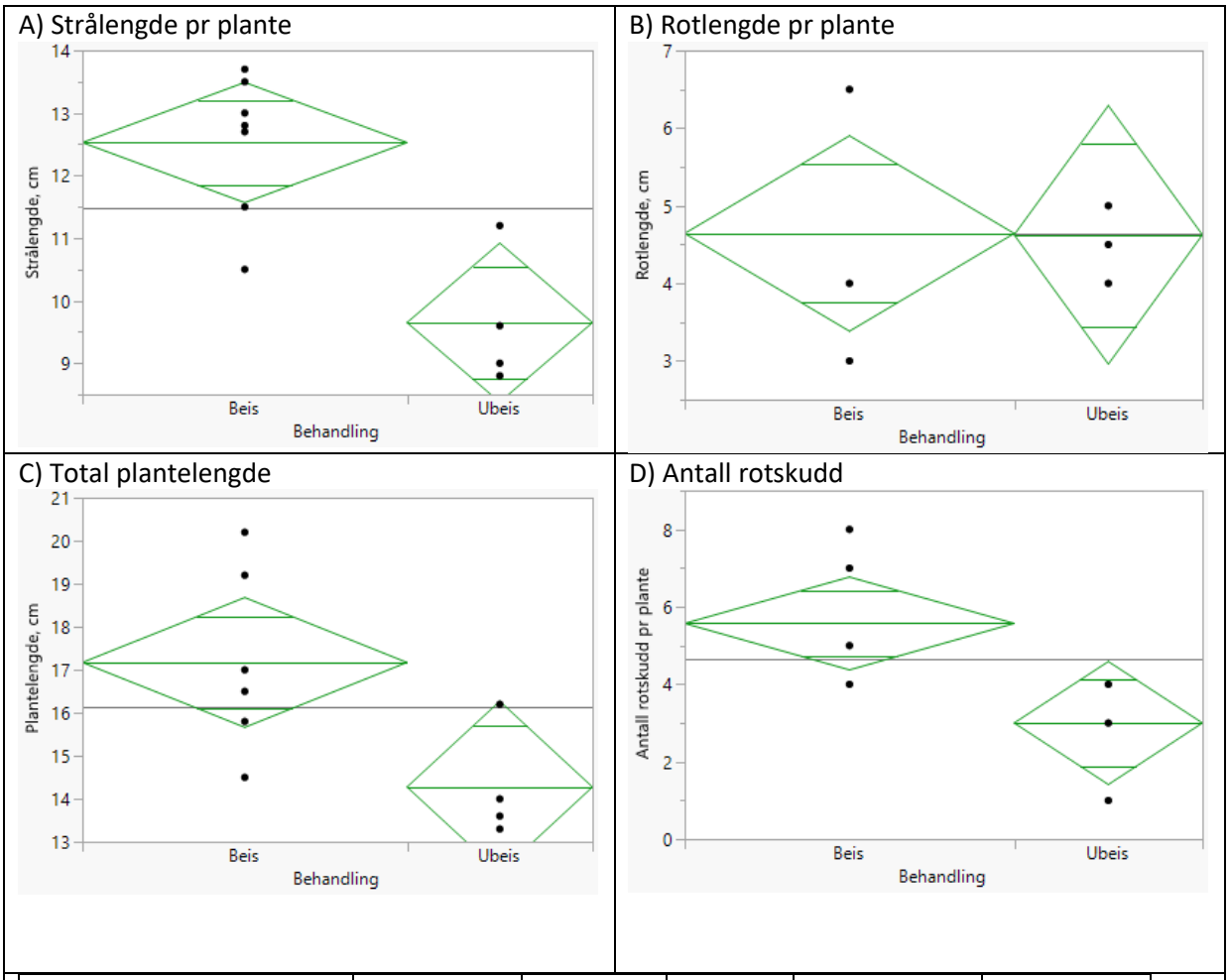
5.1.9.3 Effekt av beising

I prosjektet BioCover er det gjort noen registreringer av effekt av biologisk beising. Planen var at man i 2023 skulle gjøre registreringer på 6 ulike skifter der det var sådd både beiset og ubeiset korn i høsthvete (1 skifte), bygg (2 skifter), og havre (3 skifter). Dessverre ble det slik at tørken dette året ødela de fleste forsøkene, slik at det ble ujevn og dårlig spiring, og en sammenligning av metodene ble for usikker på disse.. Det ble allikevel gjort noen målinger av skuddlengde (strå), midlere og maksimal rotlengde, samt antall rotskudd på plantenes 1-2-bladstadiet på konvensjonelt beiset og ubeiset havre og bygg på Ormo. Det ble også gjort avlingsregistrering på beiset og ubeiset havre (konvensjonell) på Ormo og på bygg (økologisk) på Bø. I tillegg ble det målt mikrobielt karbon med MicroBIOMETER på et regenerativt og et konvensjonelt felt for ubeiset og beiset havre på Ormo etter tresking.



Figur 14. Forskjell mellom havreplanter fra ubehandlet (ubeiset) og behandlet (beiset med kompostekstrakt) såfrø, konvensjonelt dyrket (Bastuløkka Sør, Ormo). Foto: Dag Molteberg, 31. mai 2023.

På skiftet Bastuløkka Sør på Ormo ble det 21. mai 2023 gjort noen registreringer på beiset og ubeiset havre. Skiftet som drives konvensjonelt ble pløyet og harvet på våren, og sådd 7. mai 2023 med sådybde 4 cm og gjødslet ved såing med 37 kg Grønn Gjødsel hybrid N 20-4-8. Såkornet var ubeiset havre, der en del ble beiset med beisevæske beskrevet i Tabell 15. Ca 80 % av skiftet ble sådd med beiset frø, Deretter ble maskinen tømt og ubeiset frø fylt i. De siste 20 % ble sådd med ubeiset frø, Skillet mellom beiset og ubeiset før ble markert. Skiftet spiret 5-7 dager etter såing, beiset frø kom ca en dag tidligere enn ubeiset. 21. mai 2023 (14 dager etter såing) ble det tatt ut planter fra ubeiset (4 stk) og beiset (7 stk) frø på hver side av "delelinjen" mellom de to behandlingene over en lengde på ca 3-4 m. På plantene ble det målt lengde av strå, rot og hele planten, samt telt antall rotskudd, se Figur 14. Forsøket viste at beiset frø ga planter med 30 % lengre strå/blader (signifikant), samme rotlengde, 20 % lengre plante (signifikant) og 86 % flere rotskudd (signifikant) målt 14 dager etter såing. Effekten gir kraftigere planter og kunne også sees 10 dager seinere, se Figur 15.



Egenskap	Ubeiset snitt	Beiset snitt	RMSE	Forklarings-grad R2	T-test (p), tosidig
A) Strålengde, cm	9,7	12,5	1,12	61 %	0,0027
B) Rotlengde, cm	4,6	4,6	1,47	0 %	0,9850
C) Plantelengde, cm	14,3	17,2	1,76	37 %	0,0278
D) Antall rotskudd	3,0	5,6	1,40	43 %	0,0169

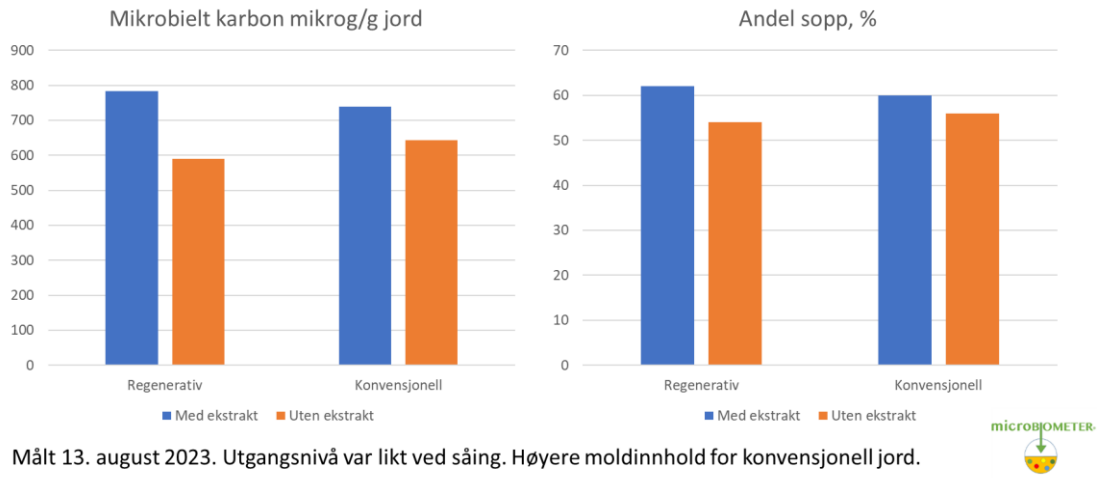
Figur 15. Lengde av strå, rot, hele planten og antall rotskudd for planter fra 7 beisede og 4 ubeisede frø på Bastuløkka Sør, Ormo.

På samme område (konvensjonell havre, Bastuløkka Sør, Ormo) ble det gjort avlingsregistrering på to beisede og to ubeisede ruter etter metoden beskrevet i avsnitt 4.3.1. De to beisede rutene ga avling 530 kg/daa og 514 kg/daa, i snitt 522 kg/daa. De to ubeisede rutene ga 551 og 584, i snitt 567 kg/daa. Beiset nivå lå dermed 8 % lavere enn ubeiset.

Hos Erik Sørli på Bø ble det tilsvarende dyrket beiset og ubeiset økologisk bygg. Der ble det for beiset oppnådd 336 og 270 kg, i snitt 303 kg/daa. For ubeiset ble avlingen 250 og 293, i snitt 272 kg/daa. Her ble beiset ca 12 % høyere enn ubeiset.

Alle avlingsfeltene var preget av tørken og deretter av mye nedbør, etterrenning og mye ugras. Påvirkningen av beising på avling er dermed usikker.

På Bastuløkka sør på Ormo ble det i tillegg målt mikrobielt karbon med MicroBIOMETER etter tresking for de beisede (med ekstrakt) og ubeisede (uten ekstrakt) havre-rutene (konvensjonelt). Det ble også gjort for regenerativt dyrket havre på Rulla, Ormo, etter beiset og ubeiset frø. Resultatet er vist i Figur 16. Resultatet viser at biologisk beiset såfrø gir høyere mikrobielt karbon (MBK) i jorda etter tresking sammenlignet med ubeiset (for havre). Det er også høyere andel MBK knyttet til sopp for de beisede leddene.



Figur 16. Mikrobielt karbon (MBK) og andel MBK knyttet til sopp målt med MicroBIOMETER på konvensjonelt og regenerativt dyrket havre etter biologisk beiset (med ekstrakt) og ubeiset (uten ekstrakt) såfrø.

Forsøkene som er gjort her viser følgende for biologisk beiset frø:

- Beiset frø spirer noe raskere enn ubeiset frø for havre. Det er observert det samme for rug, hvete og bygg
- Unge planter fra beiset frø på 1-2-bladstadiet har for havre lengre blader, flere rotutløpere og lengre total plantelengde (signifikante forskjeller)
- Det kan foreløpig ikke vises noen effekt på avling, enkeltmålinger slår begge veier
- Det observeres mer mikrobielt karbon (MBK) etter beiset havre både for konvensjonelt og regenerativt dyrket havre

Resultatene er svært interessante, men de bygger på få data. De bør derfor bekreftes gjennom flere forsøk. Tilsvarende resultater er funnet i flere tidligere arbeider utenfor Norge. Selv om det foreløpig ikke kan påvises avlingseffekt gjør resultater som økt rotmasse, økt plantevekst samt økt mikrobielt karbon at dette tiltaket bør vurderes som et av de viktigste i forhold til arbeidsmengde, pris og effekt.

5.1.10 Dybdeløsning

De fire prosjektbøndene i Østfold har prøvd ut dybdeløsning over flere år. Siden god jordstruktur er så viktig for gassutveksling, et aktivt jordliv og god rotvekst, og dermed også næringsstoffrigjøring og karbonlagring i jorda, har dette vært et viktig tiltak. Utgangspunktet ved omlegging til regenererende jordbruk er ofte ei jord som har dårlig jordstruktur og pakkeskader. Når en går bort fra plogen, og begynner med flatekompostering, trengs det en annen måte å løsne jorda i dybden på. Det er her dybdeløsning kommer inn i bildet (se også omtale i kapittel 3.3.1).

Dybdeløsning har typisk blitt gjort på ettersommeren eller tidlig høst, siden jordtemperaturen er god og det er lengre perioder med tørr jord. Et fint tidspunkt for dybdeløsning er rett etter korntresking i en stående underkultur. Da vil de grønne plantene kunne stabilisere og armere det mekanisk løsnede området med voksende planterøtter.

En annen metode som har vært prøvd ut er å dybdeløsne etter endt flatekomposterings-prosess av kløvereng på sensommeren. På denne måten vil jorda i dybden bli podet med fruktbar matjord fra toppen som risler ned i sprekkene som har blitt løsnet. Rett etter har det blitt sådd høstraps eller høstkorn. Denne framgangsmåten er også mulig etter at vårkornet er tresket på sensommeren, men vil ikke så ofte la seg gjøre fordi sesongen blir for kort.

Forutsetninga for en vellykket dybdeløsning er alltid at det er varmt og tørt nok ved løsning. Hvis det er for kaldt eller for fuktig der det løsnes vil effekten utebli, og strukturskaden kan bli større. Innsprøyting av ferment bak hver løsnetann har også vært gjort av disse bøndene for å pode jorda i dybden med antioksidativ mikrobiologi.

Bilde 19 og Bilde 20 viser effekten av dybdeløsning på Ormo i april 2022 etter gjennomført dybdeløsning med innsprøyting av urteferment i en stående underkultur i september 2021. Det har vært en tydelig effekt på bedre rotvekst ned til løsnedypet.

Siden det bevisst gjøres ei partiell dybdeløsning, må dybdeløsninga gjentas over et par år for å løsne opp hele jorda. Konklusjonen er at dybdeløsning er et skånsomt alternativ til plogen for mekanisk å løsne opp pakket jord, med mål om bedre jordstrukturen, fremme rotveksten og dermed også jordlivet. Effekten er at det effektive jordvolumet hvor plantene kan hente næring og vann fra øker. Igjen så krever også dybdeløsning det rette håndverket av bonden: finne riktig tidspunkt i vekstskiftet, og når er jorda er lagelig, og å stille inn riktig dybde på redskapet.

Bilde 19. Etter dybdeløsning høsten før (september 2021) var det påfølgende vår (29. april 2022) bedre rotvekst. Vi ser tydelig mer rotvekst i en V-form midt i profilet hvor det hadde blitt dybdeløsnet. Profilet er i en underkultur på ei lettleire på Ormo gård, Skjeberg. Til dybdeløsninga ble det brukt en HE-VA Combi-Tiller 3m bredde med fire tenner og ca 90 cm tannavstand. Dette kalles en partiell dybdeløsning. Bak hver tann ble det sprøytet inn urteferment.

Bilde 20. Etter dybdeløsning høsten før (september 2021) var det påfølgende vår også bedre jordstruktur ned til løsnedybden ca 28 cm. Jorda til venstre er løsnet og jorda til høyre er ikke løsnet. Jordklumpene er tatt med ca 40 cm avstand. Jordklumpene er tatt fra samme jordprofilet som bildet ovenfor.

5.2 Jordanalysene – tall og observasjoner

5.2.1 Jordstruktur – VESS

Jordstrukturen som er undersøkt med VESS-metoden er presentert i kapittel 4.1.1 i fastpunktene (ID-punktene) på fire av de seks gårdene i referansegårdsprosjektet. Verdiene (VESS-scorene) fra høsten 2022 og høsten 2023 viser at jordstrukturen har forbedret seg på noen av skiftene, men blitt forverret på andre skifter. Med grunnlag i disse dataene kan vi ikke si noe sikkert om hvordan jordstrukturen på gårdene, slik de er observert i disse punktene, har utviklet seg. To observasjonsår er for lite til å si noe sikkert om utvikling i jordstrukturen på prosjektgårdene. Dessverre ble det ikke gjort VESS-undersøkelser i prosjektets første fase 2018-2020. Ellers er VESS en god, relativt objektiv og billig metode for å undersøke en viktig jordhelseindikator som jordstruktur er.

Ved å gå nærmere inn i datamaterialet (data ikke vist) ser en at god jordstruktur er sterkt avhengig av god plantevekst, og dermed god rotvekst og roteksudasjon til jordbiologien. Jordstrukturen er en svært dynamisk variabel som avhenger av de biologiske faktorene i åkeren og enga (plantene og jordbiologien), og som kan påvirkes negativt svært fort av jordarbeiding og kjøreskader. Nedbør er også en faktor som kan påvirke jordstrukturen.

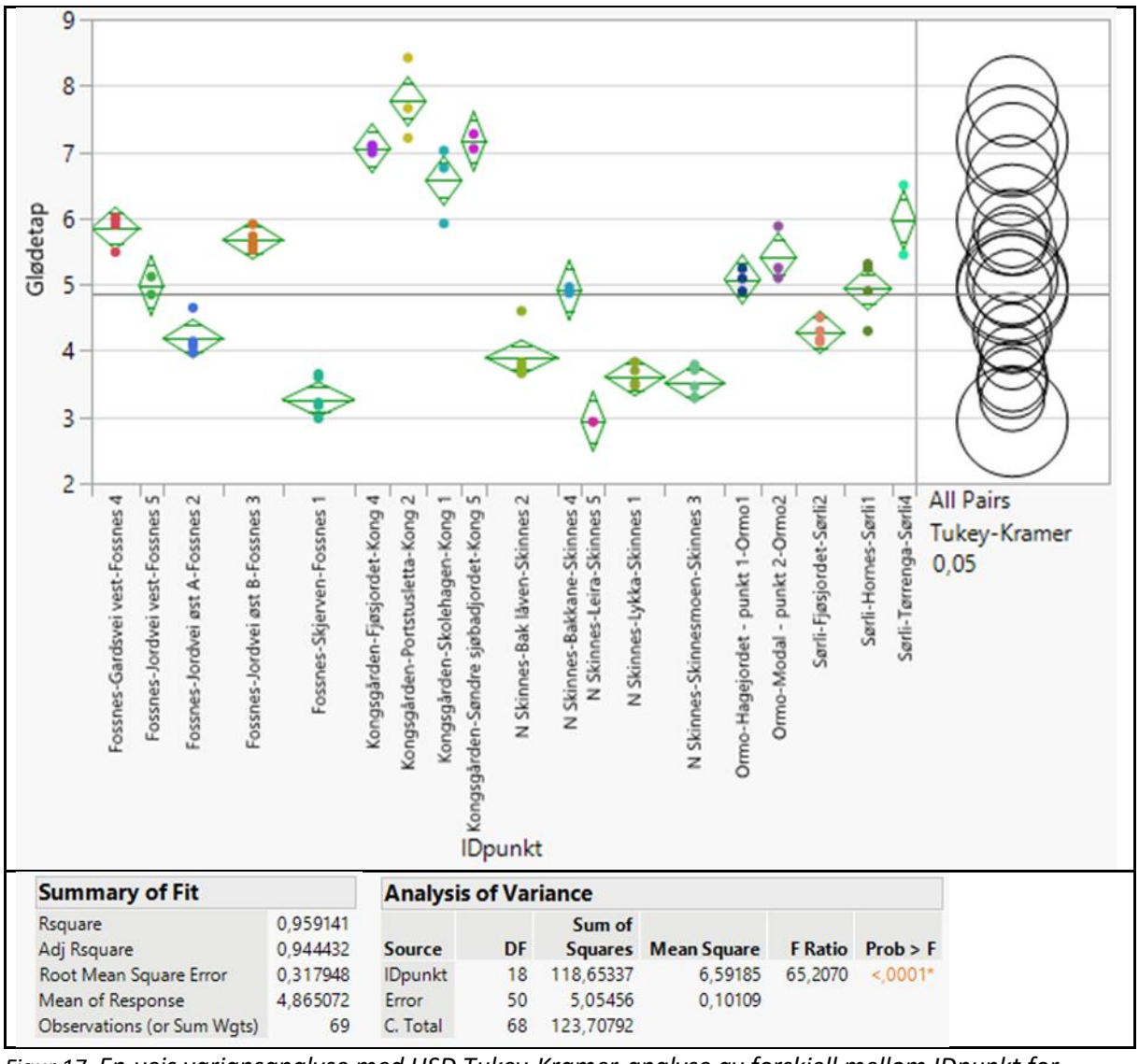
I dette prosjektet ble ikke dybden ned til pakkesjiktet observert. Dette er en faktor som er lett å måle, og som sier hvor stort jordvolum som planterøttene kan utnytte for nærings- og vannopptak. Mattila & Vihanto (2024) har undersøkt jordstrukturen for å vurdere rotveksten og mikrobiell aktivitet (gassutveksling) ved å bruke tre metoder: a) visuell evaluering av jordstrukturen (VESS) for å undersøke pakkesjikt, porositet og røtter, b) jordtettheten i de øvre 5 cm av jordprofilet for å beregne porositet, og c) vanninfiltrasjon (minidisk) for å undersøke kontinuiteten til porene og grad av gjenslemming. Dette er tre rimelige metoder for å evaluere jordstrukturen, som er en viktig indikator for god jordhelse, og dermed også det agronomisk praktiske potensialet for karbonlagring i jorda (Mattila & Vihanto, 2024).

5.2.2 Glødetap

Glødetap fra alle punkt som ble målt på høsten minst to ulike år ble brukt i analysen. Det ble gjort målinger hvert år fra og med 2018 til og med 2023, men det ble av ressurshensyn ikke målt på samtlige skifter hvert år. Derfor er det et variabelt antall prøver pr skifte, noe det er

tatt hensyn til i modelleringen. Måletidspunkt var oktober, altså etter at det mest av vekstsesongen er unnagjort og når fotosyntesen er på et lavt nivå. I alt inngår 69 målinger fordelt på 19 punkter (fastpunkt på skifte, kalt IDpunkt) fra fem gårder i materialet vist i Figur 17.

Gårdene Nes og Tveter er dessverre ikke med, men til gjengjeld er Kongsgården representert (var med i prosjektet 2018-2021). Det observeres klare nivåforskjeller mellom skiftene alle gårdene sett under ett, med glødetap fra 2,9 % til 7,8 %. Man kan også se tydelig forskjell mellom gårder, og mellom skifter innen samme gård. På Fossnes med fem ulike skifter varierer disse i glødetap fra 3,3 % til 5,8 %, Kongsgården med fire skifter fra 6,6 % til 7,8 % og Skinnes med 5 skifter fra 2,9 % til 4,9 %. Sørli med tre skifter varierte 4,3 % til 6,0 %, og Ormo med to skifter fra 5,1 % til 5,4 %.



Summary of Fit

Rsquare	0,959141
Adj Rsquare	0,944432
Root Mean Square Error	0,317948
Mean of Response	4,865072
Observations (or Sum Wgts)	69

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	18	118,65337	6,59185	65,2070	<,0001*
Error	50	5,05456	0,10109		
C. Total	68	123,70792			

Figur 17. En-veis variansanalyse med HSD Tukey-Kramer-analyse av forskjell mellom IDpunkt for glødetap analysert i tidsrommet 2018 til 2023.

Variasjonen mellom skiftene og gårdene skyldes dels naturgitte forskjeller i jordsmonn og ulikt sand- og leirinnhold, og dels historikk for driftssystem med og uten husdyrgjødsel og eng i vekstskiftet, samt økologisk status. Det er viktig å påpeke at disse analysene ikke gir seg ut for å fange eller representere den totale variasjonen på all jorda på den enkelte gård. Da måtte antall jordprøver vært mye større. Men prøvene vil allikevel kunne si noe om den overordnede strukturen innen og mellom skifter hos referansegårdene. Ikke minst kan man samlet sett gi et estimat på hvordan glødetap endres over tid med dyrkingssystemet som er benyttet på alle skiftene.

Connecting Letters Report

Level									Mean
Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	A								7,7633333
Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	A	B							7,1600000
Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	A	B							7,0566667
Kongsgården-Skolehagen-Kong 1		B	C						6,5666667
Sørli-Tørrenga-Sørli4			C	D					5,9750000
Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4			C	D					5,8475000
Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3				D	E				5,6740000
Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2				D	E				5,4100000
Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1				D	E	F			5,0766667
Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5				D	E	F	G		4,9850000
Sørli-Hornes-Sørli1					E	F	G		4,9375000
N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4				D	E	F	G		4,9150000
Sørli-Fjøsjordet-Sørli2						F	G	H	4,2775000
Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2							G	H	4,1860000
N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2								H	I 3,8966667
N Skinnes-Lykka-Skinnes 1								H	I 3,6080000
N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3								H	I 3,5120000
Fossnes-Skjerven-Fossnes 1									I 3,2666667
N Skinnes-Leira-Skinnes 5									I 2,9350000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Figur 18. Middelverdi pr IDpunkt for glødetap og signifikanstest mellom middelverdier med HSD Tukey-Kramer fra JMP. Middelverdier som ikke er dekket med samme bokstav er signifikant forskjellige på 5 % feilnivå. Figuren viser tydelige forskjeller i glødetap mellom de ulike gårder og skifter.

Det ble gjort både en variansanalyse og en HSD Tukey-Kramertest av forskjeller mellom skifter, og resultatet er vist grafisk i Figur 17 og i Figur 18. Variansanalysen i Figur 17 viser en svært sterk samlet effekt av skifter (IDpunkt), som forklarer nesten 95 % av totalvariasjonen for glødetap. Dette betyr at forskjellen mellom skiftene står for 95 % av variasjonen, mens forskjellen mellom år innen samme skifte samt måleusikkerhet bare står for 5 % av variasjonen i dette materialet. Det kunne også påvises klare forskjeller mellom skifter i HSD T-K testen. Grovt sett kan man ut fra Figur 18 si at en forskjell på 0,6-1 % enhet mellom to skifter er signifikant (avhengig av hvor mange målinger det er for hvert skifte). I Figur 18 er det vist som at to skifter som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellige på 5 % feilnivå. Det ble også gjort en varianskomponent analyse med nivåene gård og deretter skifter nestet under gård vist i Figur 19.

Variance Components

Component	Var Component	% of Total	20 40 60 80	Sqrt(Var Comp)
Gård	1,3855063	66,2		1,1771
Skifte[Gård]	0,6078934	29,0		0,7797
Within	0,1010240	4,8		0,3178
Total	2,0944236	100,0		1,4472

Figur 19. Varianskomponentanalyse for glødetap med komponentene varians mellom gårder, varians mellom skifter innen samme gård og restvariasjon innen samme skifte modellert i JMP.

Analysen viser at variasjonen mellom gårder står for 66 %, variasjon mellom skifter innen samme gård 29 %, til sammen 95 %, og variasjon innen samme skifte 5 % av den totale variansen i materialet. Den totale variansen s^2 er 2,09 og standardavviket s er 1,1. Ser man på variasjonen innen samme skifte er standardavviket (RMSE fra Figur 17) 0,318. Denne variasjonen vil være satt sammen av årlig endring for glødetap i form av tapt eller økt moldinhold og måleusikkerheten i metoden. Måleusikkerheten er igjen sammensatt av variasjon i uttak og ren målefeil inkludert preparering.

For å kunne påvise en sikker utvikling i glødetap og dermed mold- og karboninnhold i jorda må man studere restvariasjon i glødetap innen samme posisjon per skifte (ID punkt). Å gjøre dette enkeltvis for hvert IDpunkt vil ikke være mulig med så få datapunkter som er tilgjengelig her. Det er dessuten vel så interessant å studere en trend over flere år og ikke bare sammenligne enkeltår. Derfor er det gjort en felles analyse av hele datasettet fra 2018 til 2023. Dette er gjort ved å bruke en mikset modell, der forskjellen mellom alle skiftene (nivå per IDpunkt) er lagt inn som en nominal variabel og der endringen i glødetap fra år til år er lagt inn som en kontinuerlig variabel (År). Endringen i glødetap alene (År) er i første omgang antatt å være felles for alle gårdene, og vil beskrive den absolutte endringen fra et år til neste. I tillegg er det sjekket om det kan påvises forskjell i endring i glødetap per år mellom gårdene (År*Gard), det vil si om man kan påvise forskjeller mellom gårdene i utvikling av glødetap. Det er også undersøkt om endring i glødetap per år påvirkes av forskjell i glødetapsnivå (År*SnittGlødetap, det vil si om endringen påvirkes av om glødetapet i utgangspunkt har høy eller lav verdi. Dette gir følgende modell som ble kjørt i JMP:

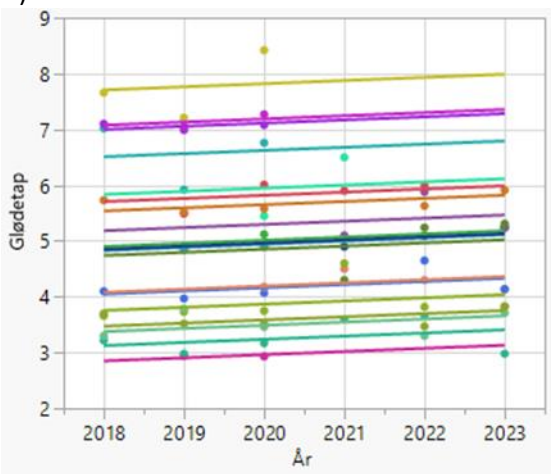
(modell x1) Glødetap = IDpunkt + År + År*Gård + År*SnittGlødetap + restfeil

Effektene Gård og GlødetapNivå alene ble ikke lagt til fordi de er avhengig av IDpunkt. Variablene er videre forklart i metodekapittelet.

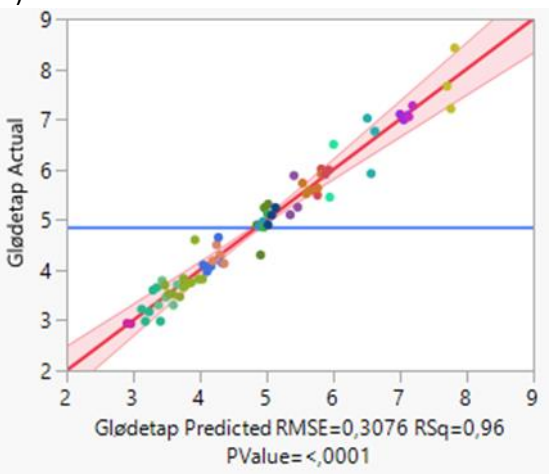
Resultatet av Modell x1 er vist i Figur 20. Modellen forklarte totalt 94,8 % av variasjonen (Rsquare Adj) som er bedre en variansanalysen (Figur 17) med bare IDpunkt alene som ga 94,4 %. Restvariasjone ble henholdsvis RMSE 0,308 mot 0,318. IDpunkt i Modell x1 hadde

enda høyere F-verdi (68,4 mot 65,2) og var klart signifikant (P<0,0001). Også År var signifikant med F 4,4 og P-nivå 0,0405.

A)



B)



C)

Summary of Fit

RSquare	0,962526
RSquare Adj	0,947996
Root Mean Square Error	0,307585
Mean of Response	4,865072
Observations (or Sum Wgts)	69

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	19	119,07212	6,26695	66,2411
Error	49	4,63581	0,09461	Prob > F
C. Total	68	123,70792		<,0001*

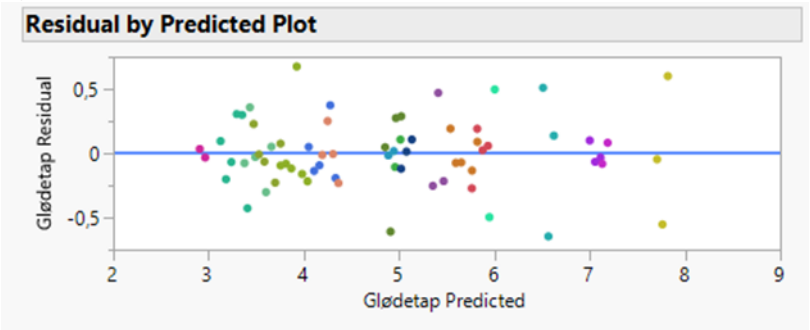
Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	18	18	116,48160	68,3999	<,0001*
År	1	1	0,41875	4,4262	0,0405*

Figur 20. Mikset regresjonsmodell for glødetap forklart av IDpunkt og årstall for analyse fra JMP der A) viser trendlinje og observasjoner for det enkelt IDpunkt, B) viser observert glødetap (Y-akse) mot modellverdi (X-akse) og C) viser modellsammendrag, variansanalyse og effekttest.

Samspillene År*Gård og År*SnittGlødetap ga ikke signifikant forklaring, p-verdi for >F for disse var henholdsvis 0,86 og 0,26, disse modellen er ikke vist. Det kan dermed påvises en økning i glødetap og dermed økt mold og karbonnivå fra år til år for gårdene samlet. Det kunne ikke vises at noen av gårdene hadde større eller mindre endring i glødetap enn de øvrige, og det kunne heller ikke påvises at endringen i glødetap var påvirket av nivå. Et høyt glødetap ga samme absolutte økning som et lavt utgangspunkt. Endringen fra år til år blir i modellen beskrevet som en rett linje slik man ser i Figur 20 A), og hvert IDpunkt får sin linje som ligger parallelt med linjene for de andre IDpunktene. Avviket mellom modell og observasjon er vist i Figur 20 B) og som et residualplott i Figur 21 A). Det kan fra figuren observeres at linjene per skifte stiger med økende år. Endringen er imidlertid svært liten sammenlignet med forskjellen mellom skiftene, men den er altså påvisbar. Det ble også forsøkt med en parabel (annengradsfunksjon) for å se om man kunne se en kurvatur på utviklingen, men dette ga ikke signifikant forbedring (År*År hadde P=0,90). Residualplottet indikerer det sammen, ved at det ikke er noen tydelig trend eller kurvatur i avvikene i forhold til nivå (x-aksen).

A)



B)

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	-108,9857	54,23093	-2,01	0,0500*
IDpunkt[Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4]	0,7280571	0,150925	4,82	<,0001*
IDpunkt[Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5]	-0,077969	0,210631	-0,37	0,7129
IDpunkt[Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2]	-0,927795	0,136101	-6,82	<,0001*
IDpunkt[Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3]	0,5602045	0,136101	4,12	0,0001*
IDpunkt[Fossnes-Skjerven-Fossnes 1]	-1,852776	0,125396	-14,78	<,0001*
IDpunkt[Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4]	2,0219344	0,176096	11,48	<,0001*
IDpunkt[Kongsgården-Portstusletta-Kong 2]	2,7286011	0,176096	15,49	<,0001*
IDpunkt[Kongsgården-Skolehagen-Kong 1]	1,5319344	0,176096	8,70	<,0001*
IDpunkt[Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5]	2,0970309	0,210631	9,96	<,0001*
IDpunkt[N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2]	-1,222776	0,125396	-9,75	<,0001*
IDpunkt[N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4]	-0,147969	0,210631	-0,70	0,4857
IDpunkt[N Skinnes-Leira-Skinnes 5]	-2,127969	0,210631	-10,10	<,0001*
IDpunkt[N Skinnes-Lykka-Skinnes 1]	-1,505795	0,136101	-11,06	<,0001*
IDpunkt[N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3]	-1,601795	0,136101	-11,77	<,0001*
IDpunkt[Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1]	-0,127487	0,178598	-0,71	0,4787
IDpunkt[Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2]	0,2058466	0,178598	1,15	0,2547
IDpunkt[Sørli-Fjøsjordet-Sørli2]	-0,898417	0,154255	-5,82	<,0001*
IDpunkt[Sørli-Hornes-Sørli1]	-0,238417	0,154255	-1,55	0,1286
IDpunkt[Sørli-Tørrenga-Sørli4]	0,8555571	0,20962	4,08	0,0002*
År	0,0564737	0,026843	2,10	0,0405*

Figur 21. Modellert glødetap med A) avvik fra modell (Y-akse) mot modellert verdi (X-akse) og B) parameterestimater for modellen (ekspandert) fra JMP.

Den endelige modellen hadde 19 parameterestimater, der 18 er knyttet til IDpunkt (18 forskjeller er nok for å regne ut de 19 nivåene) og den siste til endring i glødetap per år, i tillegg til interceptet. Parameterestimatet for År var 0,0565, noe som betyr at glødetapet angitt i prosent ifølge modellen øker med en verdi 0,0565 prosentenheter fra en høst til neste påfølgende høst. Dette gjelder for alle gårder og alle år (2018-2023) samlet. Parameterestimatene for modellen er vist i Figur 21. Den ferdige modellen kan da sette opp slik:

Modell x2: Glødetap, [%] = -108,99 + IDpunkt + 0,0565*År,

der IDPunkt hentes fra Figur 21 B) og år ligger i området (2018-2023). Beregningsresultatet gir da forventet glødetapsverdi på høsten det aktuelle året. Parameterverdien for IDpunkt viser avviket fra gjennomsnittet for det aktuelle punkt. Som et gjennomsnitt for alle IDpunktene brukes derfor IDpunkt = 0.

5.2.3 Endring i mold, karbon i jord og CO_2-binding

Ved omregning av glødetap til mold brukes i Norge fortsatt gamle omregningsformler der det tas hensyn til leirinnhold og leirklasse i jorda, basert på Ekström (1927). Disse formlene er imidlertid temmelig usikre. Ekström (1927) selv skriver at feilen ligger mellom 0,5-1 prosentpoeng. Formlene er i praksis alt for grove til å benyttes for å finne moldinnhold med en nøyaktighet som kreves for å dokumentere karbonendring i jord. Problemet er at leirklassifiseringen er usikker. Om man ett år får leirklasse 2 og det neste leirklasse 3 i samme punkt vil dette gi fradrag på 1% det første året og 2 % det andre året. For en jord med densitet 1300 kg/m3 og 20 cm dybde betyr det et utslag på karbonmengde på 1300 kg/daa. På gården Ormo viser jordklassifisering for årene 2015, 2021 og 2023 foretatt i 69 punkter hvert av årene hos Eurofins at leirklassen har en overensstemmelse på 65-70 % mellom år i samme punkt. Dette betyr at sannsynligheten for å bomme med en leirklasse er 30-35 %. Det betyr igjen at man vil typisk kunne feilestimere karboninnhold med rundt 400 kg/daa bare på grunn av dette, dersom man sammenligner mold per år istedenfor glødetap per år. Det er en tilfeldig feil som lett kan overskygge de reelle endringer i karboninnhold.

Den reelle leirklassen over et avgrenset område vil ikke variere, det er isteden målingen av den som varierer og som er usikker, og som derfor kan bli forskjellig for hver måling man utfører innenfor samme område. For å unngå at dette smitter over på karbonestimeringen kan man isteden først beregne endring i glødetap over tid og deretter benytte gjennomsnittet av leirklasse for tidsserien hos hvert målepunkt.

For å illustrere endringen i moldinnhold, karboninnhold og fanget CO_2 over tid er dette vist i Tabell 18 som et gjennomsnitt for hele materialet. Beregningen følger stort sett Pommeresche mfl. (2019), men det er brukt en representativ densitet og leirklasse nettopp for å unngå uønsket usikkerhet i estimeringen.

Tabell 18. Endring av moldinnhold, karboninnhold og fanget CO_2 over tid i prosjektet. Her er det brukt jorddensitet 1300 kg/m^3, leirklasse 2 og leirkorreksjon 2 til mold, samt 50 % karboninnhold i mold. Beregningen viser en økning i vekt mold og karboninnhold i 20 cm topplag på 1,9 % pr år (av utgangsvekt) og i rent karbon utgjør dette 73,5 kg/daa pr år. Omregnet til CO_2-fangst utgjør dette 269 kg CO_2 /daa innlagret i 20 cm topplag pr år.

År	Glødetap gjennom-snitt alle IDpunkt, modell	Mold % beregnet fra modell	Karbon C, % beregnet fra modell	Tonn mold/daa 20 cm topplag	Tonn C/daa 20 cm topplag	Økning kg C/daa fra 2018, 20 cm topplag	Fanget CO_2 kg/daa fra 2018, 20 cm topplag
2018	5,027	3,03	1,51	7,87	3,94	0	0
2019	5,084	3,08	1,54	8,02	4,01	73	269
2020	5,140	3,14	1,57	8,16	4,08	147	539
2021	5,197	3,20	1,60	8,31	4,16	220	808
2022	5,253	3,25	1,63	8,46	4,23	294	1077
2023	5,310	3,31	1,65	8,60	4,30	367	1347

Hvordan kan da denne økningen i glødetap, mold og karboninnhold forklares? Det er tilsatt kompost, gylle og biogjødsel til skiftene, men mengdene er moderate. Typiske nivåer har vært:

Kompost: 0,5 m^3/daa. Tørrstoff 30 %. Tørrstoff spredt: 150 kg/daa og år

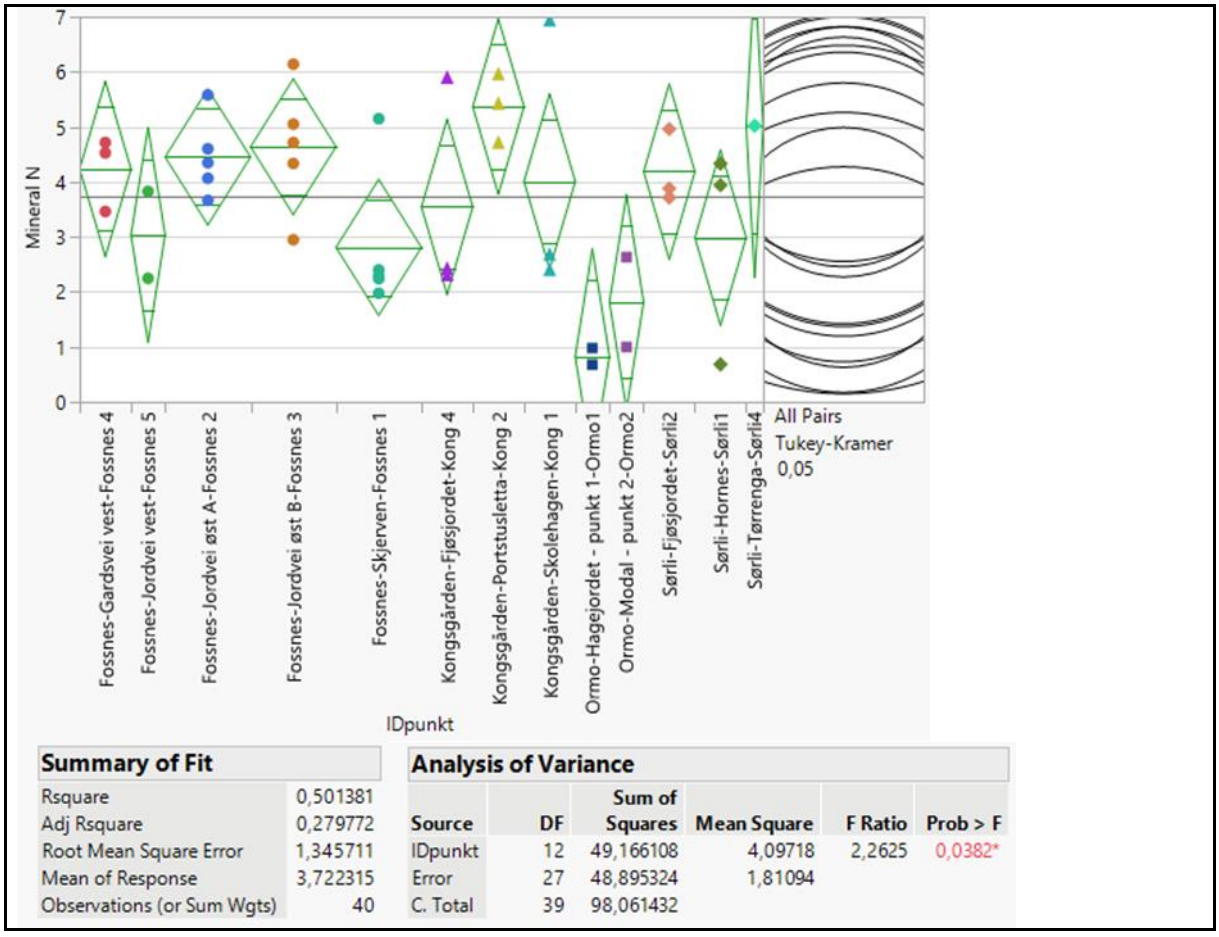
Gylle/blautgjødsel: 2 m^3/daa. Tørrstoff 4,5 %. Tørrstoff spredt: 90 kg/daa og år

Dette utgjør i sum 240 kg per dekar og år i form av tørrstoff, og kanskje 100-120 kg per dekar i form av karbon. Imidlertid vil mye av dette brytes ned og omdannes av bakterier og sopp, og en andel på rundt 20 % vil være igjen etter ett år, det vil si en økning på rundt 24 kg per dekar pr år. Resten, omtrent 50 kg per dekar, vil da måtte være et resultat av roteksudasjon til mikrobiologi og sannsynligvis knyttet til døde mikroorganismer i jordaggregater. Mange arbeider de siste år har vist at dette er mulig, for eksempel vist i en litteraturgjennomgang av Khangura mfl. (2023). Her vises at roteksudater kan utgjøre så mye som 20-50 % av plantenes fotosynteseprodukter. Roteksudatene mater og formerer opp forekomst av sopp og bakterier som et ledd i byttehandel der plantene får tilbake makro- og mikronæringsstoffer og nitrogenrike substanser. I tillegg bidrar den økte mengden sopp og bakterier i jorda til aggregatdannelse, der døde mikrober også danner stabile karbonlager i disse aggregatene. Slike prosesser kan binde betydelige mengder karbon i jord (Khangura mfl., 2023).

5.2.4 Øvrige jordkjemiske analyser

5.2.4.1 Mineralsk nitrogen i jord

Det ble målt nitrat (NO3-N) og ammonium (NH4-N) i jord, som er summert til mineralsk N (min-N) på i alt 46 prøver fra fire av gårdene. Imidlertid ble målingene i 2021 gjort noe annerledes, og de viste et annet nivå enn de øvrige og vil derfor forstyrre estimeringen av den årlige endringen. Det vil også påvirke forskjellen mellom skifter. Nitrogenmålingene fra 2021 ble derfor utelatt, og i alt 40 prøver ble benyttet i analysen. Et plott av mineralsk N med tilhørende variansanalyse er vist i Figur 22. Det er kun for de to mest ekstreme skiftene det kan påvises forskjell (Kongsgården, Portstusletta og Ormo, Hagejordet), mens de øvrige ikke kan skilles fra hverandre. Det samme gjelder også NO3 og NH4.



Summary of Fit

Rsquare	0,501381
Adj Rsquare	0,279772
Root Mean Square Error	1,345711
Mean of Response	3,722315
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	12	49,166108	4,09718	2,2625	0,0382*
Error	27	48,895324	1,81094		
C. Total	39	98,061432			

Figur 22. En-veis variansanalyse med HSD Tukey-Kramer-analyse av forskjell mellom IDpunkt for Mineralsk N (sum av NO3 og NH4) analysert i tidsrommet 2018 til 2023. År 2021 er utelatt.

En tilsvarende varianskomponentanalyse som for glødetap ble utført for mineralsk N og viste at det er mindre forskjell mellom gårdene og svært liten forskjell mellom skifter på samme gård (37 % og 8 % av total variasjon, til sammen 45 %). Dette i kontrast til glødetapet der 95 % av variasjonen var mellom gårder og skifter. Til gjengjeldeld er det større variasjon innen samme skifte, med 55 % av variasjonen. Samme mønster ble funnet for NO3 og NH4. Denne

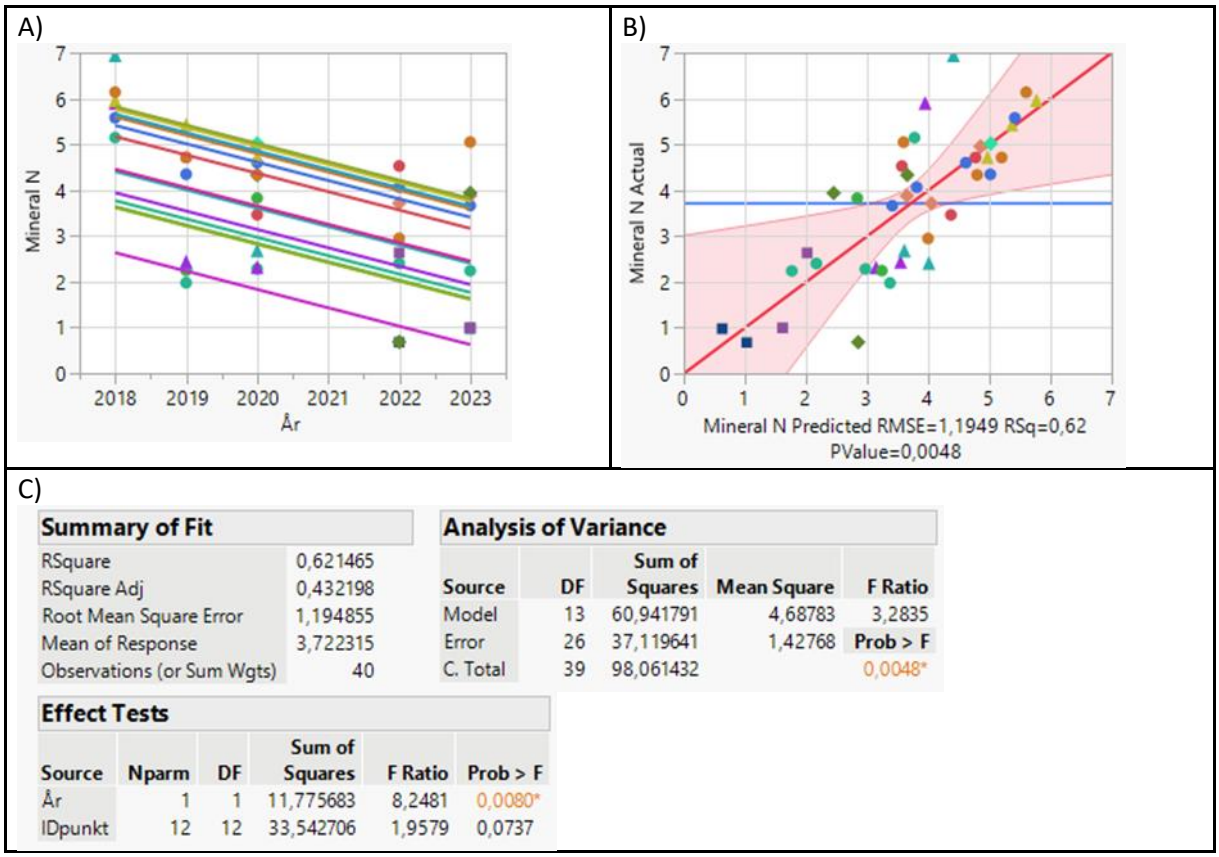
forholdsvis store variasjonen innen samme skifte ble deretter videre undersøkt med en mikset modell for å se om det er en systematisk endring fra år til år.

Variance Components

Component	Var Component	% of Total	20 40 60 80	Sqrt(Var Comp)
Gård	1,1781171	36,5		1,0854
Skifte[Gård]	0,2692296	8,3		0,5189
Within	1,7792781	55,1		1,3339
Total	3,2266248	100,0		1,7963

Figur 23. Varianskomponentanalyse for mineralsk N med komponentene varians mellom gårder, varians mellom skifter innen samme gård og restvariasjon innen samme skifte modellert i JMP.

Modellen viste at den samlede forskjellen mellom skiftene var svak (p = 0,074). Men effekten ble beholdt i modellen for å unngå feilestimering av årseffekten. Ulike oppstartsår og ulikt antall observasjoner gjør at slike skjevheter kan påvirke modellen, og da er det tryggere å beholde forskjellen mellom skifter i modellen. Forskjellen mellom år innen samme skifte viste en klar effekt (p = 0,008). Det kunne ikke vises forskjell i årseffekt mellom skifter. Samlet modell var også signifikant (p = 0,0048). Endringen fra et år til neste er estimert til -0,40 kg/daa, det betyr en nedgang fra år til år. Lignende resultater kan vises for NH3 og NH4, der begge viser en nedgang fra år til år, men med svakere signifikans. Endringen der er -0,27 kg/daa for NO3 (p = 0,031) og -0,13 kg/daa for NH4 (p = 0,10), det et vil si at det er kraftigst nedgang for NO3 av de to. Dette kan dels forklares ved at jordas redokspotensiale (Eh) gradvis senkes til mer reduktive forhold som igjen påvirker nitrogensyklusen. Mer reduktivt miljø (lavere redokspotensial) vil spesielt redusere mengden av nitratformen av nitrogen (NO3). En annen viktig årsak kan være større mikrobiell innbinding av nitrogen i form av aminosyrer og protein på grunn av et mer aktivt jordliv. Dette gjør at mer av nitrogenet i jorda bindes inn i ikke-vannløselig former som aminosyrer som ikke lett tapes til luft eller vann. Disse nitrogenformene kan plantene likevel ta opp (f.eks. (J. F. White mfl., 2018)) og det også med en større nitrogeneffektivitet for planten. Med andre ord vil nitrogenernæring på aminosyreform kreve mindre energi for planten, som da er energi planten heller kan bruke på f.eks. roteksudasjon til å fôre mer av biologien i rotsonen (rhizosfæren). De reduserte nivåene av mineralsk nitrogen (nitrat, NO3, og ammonium, NH4) i jorda er sterke indikasjoner på et mer aktivt jordliv som kan binde inn mineralsk nitrogen. En ytterligere gevinst av dette er redusert risiko for utvasking av nitrat til vann og vassdrag, i tillegg til at planten blir sunnere ernært. Resultatet er i overenstemmelse med tidligere resultater som hos NLR Viken (2020), og i et forsøk på Ormo i 2022 (Holten mfl., 2023).

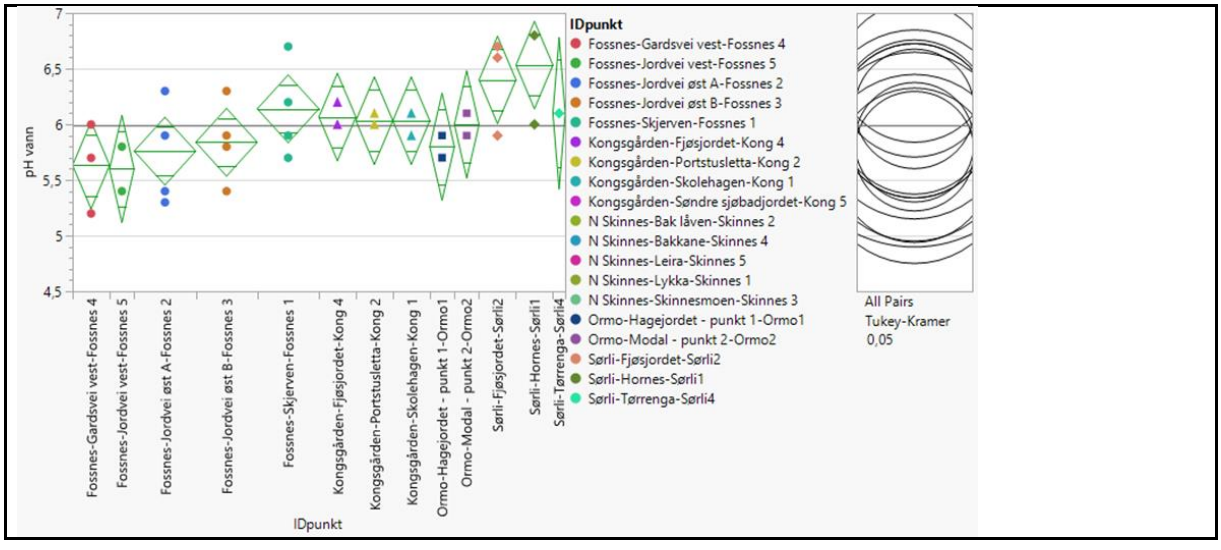


Figur 24. Mikset regresjonsmodell for mineralsk N forklart av IDpunkt og årstall for analyse fra JMP der A) viser trendlinje og observasjoner for det enkelt IDpunkt, B) viser observert mineralsk N (Y-akse) mot modellverdi (X-akse) og C) viser modellsammendrag, variansanalyse og effekttest.

5.2.4.2 pH i jord

Nivået av pH i jord ble undersøkt både som aktiv pH (H2O) og potensiell pH (KCl). Datamaterialet utgjorde her 40 målinger fordelt på gårdene Fossnes, Kongsgården, Ormo og Sørli på i alt 14 skifter i perioden 2018-2023.

Aktuell pH (H2O)



Summary of Fit

Rsquare	0,474245
Adj Rsquare	0,240576
Root Mean Square Error	0,331625
Mean of Response	5,9925
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

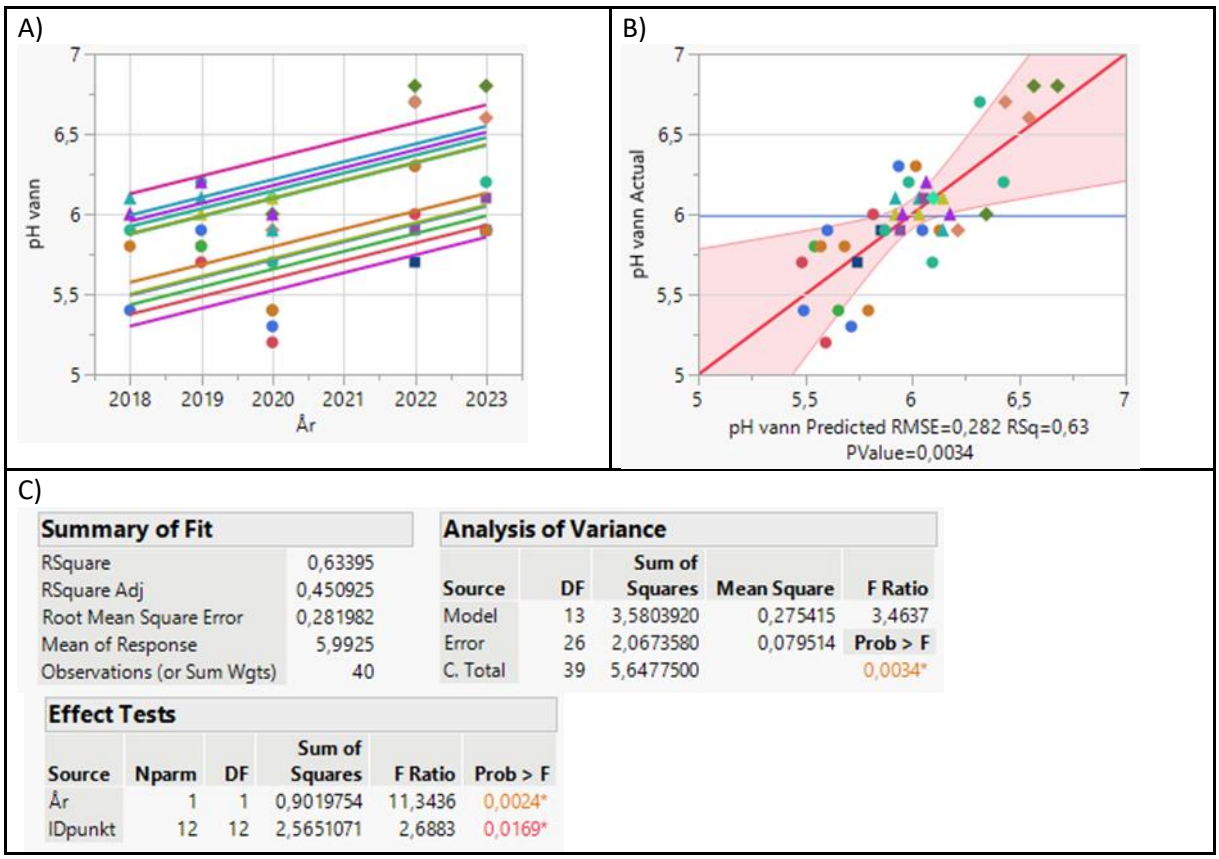
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	12	2,6784167	0,223201	2,0296	0,0619
Error	27	2,9693333	0,109975		
C. Total	39	5,6477500			

Figur 25. En-veis variansanalyse med HSD Tukey-Kramer-analyse av forskjell mellom IDpunkt for vannløselig pH analysert i tidsrommet 2018 til 2023. Ingen av gruppene var signifikant forskjellige.

Variance Components

Component	Var Component	% of Total	20 40 60 80	Sqrt(Var Comp)
Gård	0,05260149	32,7		0,22935
Skifte[Gård]	0,00315538	2,0		0,05617
Within	0,10514582	65,3		0,32426
Total	0,16090269	100,0		0,40113

Figur 26. Varianskomvannløselig pH med komponentene varians mellom gårder, varians mellom skifter innen samme gård og restvariasjon innen samme skifte modellert i JMP.

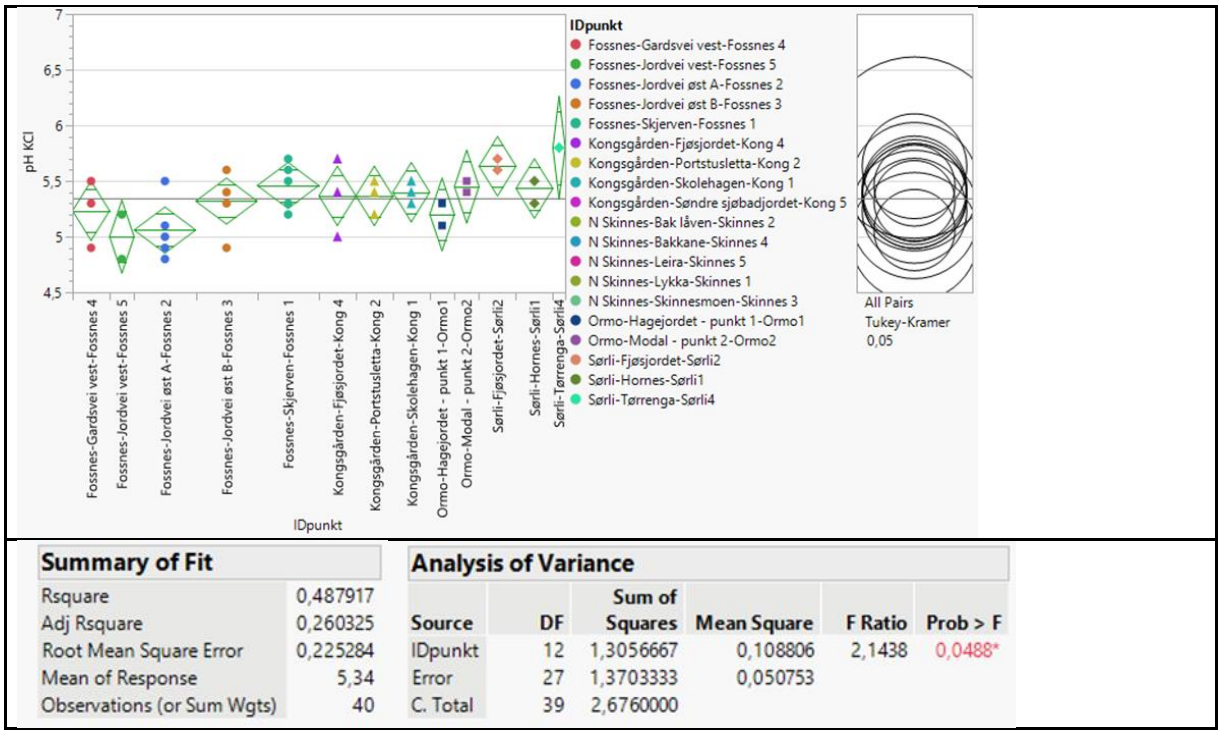


Figur 27. Mikset regresjonsmodell for aktuell pH forklart av IDpunkt og årstall for analyse fra JMP der A) viser trendlinje og observasjoner for det enkelt IDpunkt, B) viser observert mineralsk N (Y-akse) mot modellverdi (X-akse) og C) viser modellsammendrag, variansanalyse og effekttest.

En variansanalyse viste at aktuell pH (H_2O) i snitt ligger på 6, der ingen av skiftene kunne skilles fra hverandre (p= 0,06). Varianskomponentanalysen viser at variasjon mellom gårder sto for 33 % og mellom skifter innen gård bare 2 %, mens 65 % av variasjonen lå innen samme skifte. Den miksa modellen med forklaring skifter og År viste at begge effekter var signifikante, der pH

økte i snitt med 0,11 enheter pr år (p=0,0024). Utgangspunktet eller nivåkurven var også signifikant forskjellig (p=0,017), noe variansanalysen ikke kunne vise. Tar man med År i forklaringen kan man altså forklare mer av totalvariasjonen, og det er tydeligere at det faktisk er forskjeller i pH mellom skiftene. Økningen i pH med År er i stor grad resultatet av målbevisst kalking for å bedre basemetninga av Ca og Mg og kationbalansen i jorda.

Potensiell pH (KCl)



Summary of Fit

Rsquare	0,487917
Adj Rsquare	0,260325
Root Mean Square Error	0,225284
Mean of Response	5,34
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	12	1,3056667	0,108806	2,1438	0,0488*
Error	27	1,3703333	0,050753		
C. Total	39	2,6760000			

Figur 28. En-veis variansanalyse med HSD Tukey-Kramer analyse av forskjell mellom IDpunkt for potensiell pH (KCl) analysert i tidsrommet 2018 til 2023. Ingen av gruppene var signifikant forskjellige.

Variance Components

Component	Var Component	% of Total	20 40 60 80	Sqrt(Var Comp)
Gård	0,01433915	19,5		0,11975
Skifte[Gård]	0,00867430	11,8		0,09314
Within	0,05052002	68,7		0,22477
Total	0,07353347	100,0		0,27117

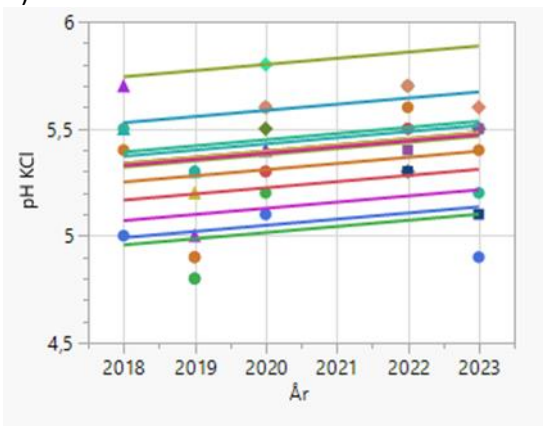
Figur 29. Varianskomponentanalyse for potensiell pH (KCl) med komponentene varians mellom gårder, varians mellom skifter innen samme gård og restvariasjon innen samme skifte modellert i JMP.

Materialet viser en potensiell pH (KCl) på 5,3 for hele materialet, mot 6,0 for aktuell pH. Det kunne ikke påvises noen forskjeller mellom noen av gruppene med en Tukey-HSD test, men variansanalysen viste en svak totaleffekt mellom skifter (p=0,049). Varianskomponentanalysen viste at variasjon mellom gårder forklarte 19,5 % og variasjon mellom skifter på samme gård 12 %, i sum 31 %. Restvariasjonen var 69 %. Her kunne det ikke påvises effekt av år (p=0,28), dvs. økt kalking har økt aktuell pH, men ikke endret potensiell pH.

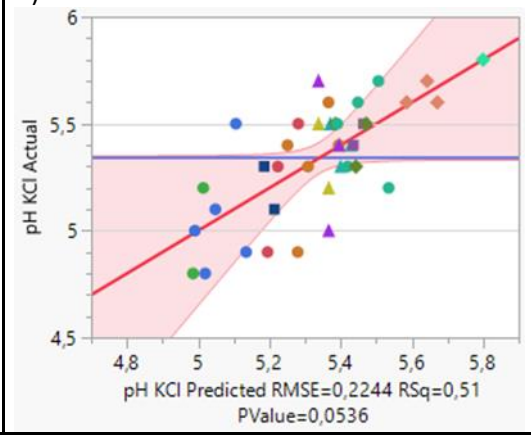
Typisk ligger potensiell pH 0,3-1,0 enheter under aktuell pH, siden K^+-ionene i kaliumkloridløsninga forskyver H^+- og Al^{3+}-ionenen på kationbytteplassene på kolloidene, som kan komme inn i jordvæska. Jordreaksjonen blir derfor surere. Potensiell aciditet blir også kalt reserveaciditet og er alltid mange ganger høyere enn den aktive aciditeten. Derfor er det vanskeligere å endre den potensielle aciditeten (målt som potensiell pH) enn den aktuelle aciditeten (målt som aktuell pH). Målingene av potensiell pH i vårt datamateriale viser at vi ikke kunne påvise noen sikker økning i potensiell pH gjennom prosjektperioden. Dette gir mening, siden potensiell pH vil være vanskeligere å påvirke med kalking.

Videre er det ønskelig at differansen mellom aktuell og potensiell pH er mindre enn 0,5 enheter. I ei levende jord utskiller jordlivet CO_2 som i jordvæska reagerer og danner karbonsyre (H_2CO_3), som har en svakt sur reaksjon. En større differanse (> 0,5) mellom de to pH-verdiene indikerer et mindre aktivt jordliv. I vårt datamateriale er denne differansen ca 0,7 enheter i gjennomsnitt. Dette tyder på at det fremdeles er et potensial for ytterligere å forbedre jordlivet på prosjektgårdene.

A)



B)



C)

Summary of Fit

RSquare	0,510533
RSquare Adj	0,2658
Root Mean Square Error	0,224449
Mean of Response	5,34
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	13	1,3661867	0,105091	2,0861
Error	26	1,3098133	0,050377	Prob > F
C. Total	39	2,6760000		0,0536

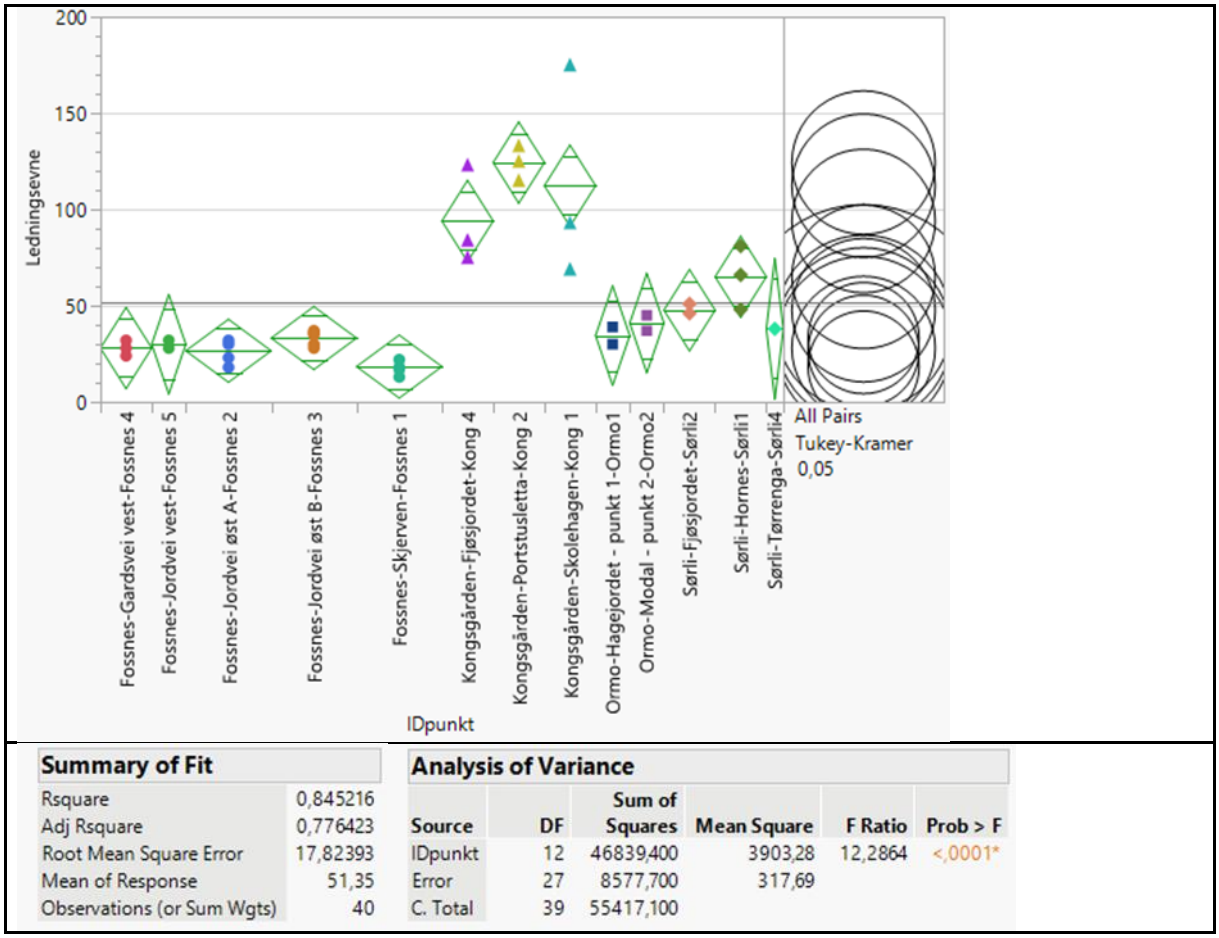
Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
År	1	1	0,0605200	1,2013	0,2831
IDpunkt	12	12	1,2685336	2,0984	0,0553

Figur 30. Mikset regresjonsmodell for potensiell pH (KCl) forklart av IDpunkt og årstall for analyse fra JMP der A) viser trendlinje og observasjoner for det enkelt IDpunkt, B) viser observert potensiell pH (KCl) (Y-akse) mot modellverdi (X-akse) og C) viser modellsammendrag, variansanalyse og effekttest.

5.2.4.3 Ledningsevne (EC)

Datamaterialet inneholdt 40 observasjoner av ledningsevne fordelt på 13 skifter fra fire gårder og målt på høsten i perioden 2018-2023. ANOVA-testen viser at det er tydelig forskjell mellom skiftene, og det er spesielt Kongsgården som skiller seg ut med høyere ledningsevne (EC / elektrisk konduktivitet) enn de øvrige. Ledningsevnen her er på 94-124 mS/cm på skiftenivå. Også Sørli-Hornes ligger høyere enn de resterende med nivå 65, de øvrige ligger på 18-48. Forklaringsraden i ANOVA-testen var ca 77 % (justert), og HSD-testen viste signifikant forskjell på skiftene fra Kongsgården i forhold til resten.



Summary of Fit

Rsquare	0,845216
Adj Rsquare	0,776423
Root Mean Square Error	17,82393
Mean of Response	51,35
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
IDpunkt	12	46839,400	3903,28	12,2864	<,0001*
Error	27	8577,700	317,69		
C. Total	39	55417,100			

Figur 31. En-veis variansanalyse med HSD Tukey-Kramer-analyse av forskjell mellom IDpunkt for ledningsevne i jord analysert i tidsrommet 2018 til 2023. Ingen av gruppene var signifikant forskjellige.

Varianskomponentanalysen viste at forskjeller mellom gårder utgjorde 81 % av totalvariasjonen, mens det knapt var noen utslag for variasjon mellom skifter innen samme gård (>> 1%). Variasjon innen samme skifte var 19 %. Det er tydelig ut fra dette at forskjellen mellom gårder er en viktig faktor for ledningsevne. Ledningsevnen er et mål på mengden saltioner i jorda, og er en viktig jordhelseindikator. Noen naturlige faktorer påvirker ledningsevnen, som jordart og klima. Ledningsevnen blir også påvirket av dyrkingspraksisen som type vekst, vanning og tilførsel av mineralsk og organisk gjødsel. Både Kongsgården og Sørli-Hornes ligger like over havnivå (1-3 m.o.h.) og er gammel sjøbunn med mellomleire.

Albrechtanalysene av disse skiftene viser ikke spesielt høye nivå av natrium eller klor, men de har høyt leirinnhold og høy kationbyttekapasitet. Dette er de sannsynlige forklaringene på de høye nivåene for ledningsevnen på Kongsgården og Sørli-Hornes i forhold til Fossnes, Ormo og Sørli.

Ledningsevnen kan brukes som en indirekte indikator for vannløselige næringsstoff i jorda, f.eks. mineralsk nitrogen (NO_3^- og NH_4^+). Nivåene for mineralsk N på Kongsgården og Hornes-Sørli er relativt høy. Imidlertid er det mest sannsynlig at leirinnholdet er den viktigste faktoren for de høye ledningsevnenivåene.

Connecting Letters Report

Level					Mean
Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	A				124,33333
Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	A	B			112,33333
Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	A	B	C		94,00000
Sørli-Hornes-Sørli1		B	C	D	65,00000
Sørli-Fjøsjordet-Sørli2			C	D	47,66667
Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2			C	D	41,00000
Sørli-Tørrenga-Sørli4		B	C	D	38,00000
Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1				D	34,50000
Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3				D	33,20000
Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5				D	30,00000
Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4				D	28,00000
Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2				D	26,60000
Fossnes-Skjerven-Fossnes 1				D	18,40000

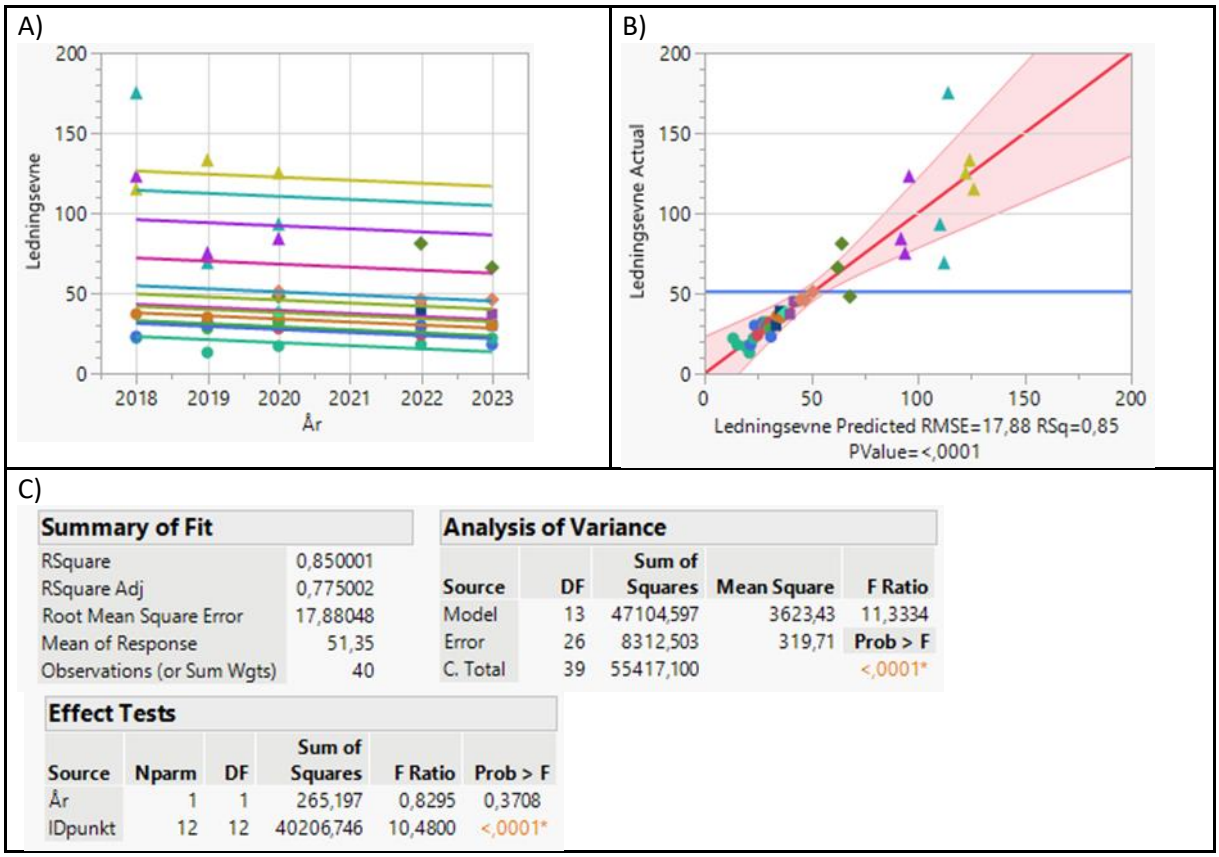
Levels not connected by same letter are significantly different.

Figur 32. Middelverdier fra variansanalysen vist i Figur 31 med signifikanstest mellom middelverdiene (Tukey Kramer HSD-test). Grupper som ikke har felles bokstav, er signifikant forskjellige. Særlig skiftene på Kongsgården skiller seg ut med høyere ledningsevne enn de øvrige.

Variance Components

Component	Var Component	% of Total	20 40 60 80	Sqrt(Var Comp)
Gård	1350,5290	81,1		36,750
Skifte[Gård]	0,9256	0,0556		0,962
Within	314,1548	18,9		17,724
Total	1665,6095	100,0		40,812

Figur 33. Varianskomponentanalyse for ledningsevne i jord med komponentene varians mellom gårder, varians mellom skifter innen samme gård og restvariasjon innen samme skifte modellert i JMP.



Figur 34. Mikset regresjonsmodell for ledningsevne i jord forklart av IDpunkt og årstall for analyse fra JMP der A) viser trendlinje og observasjoner for det enkelt IDpunkt, B) viser observert mineralsk N (Y-akse) mot modellverdi (X-akse) og C) viser modellsammendrag, variansanalyse og effekttest.

Modellering av år-til-år variasjon viste samme forklaringsgrad som ANOVA-testen, dvs 77 % (justert). Resultatet viser igjen at forskjellen mellom gårder og skifter (reelt sett gårder) er klart signifikant ($p > 0{,}0001$), men faktoren År ikke bidrar ($p = 0{,}37$). Ut fra figuren ser man også at det er tydelige nivåforskjeller mellom skiftene, men linjene er svært flate og parametertesten viser at signingstallet ikke signifikant forskjellig fra 0. Det kunne heller ikke påvises noen forskjell i stigningstall mellom skifter. Det er med andre ord ingen påviselig endring i ledningsevne i perioden prosjektet har pågått.

5.2.5 Bladsaftanalyser

Bladsaftanalyser er en presis målemetode for å undersøke nivåene til alle næringsstoffer som er i transport i planten på prøvetidspunktet. Med referanseverdier fra laboratoriet kan man se hvilke næringsstoff som er i overskudd eller underskudd. Med bladsaftanalysen som utgangspunkt, kan man tilpasse bladgjødsling og plantevitalisering med de mineralene som

planten har underskudd av, og ikke minst tilføre antagonistene hvis det er overskudd av næringsstoff.

De praktiske ulempene med bladsaftanalyser er at det kreves noe logistikk for å plukke blader og sende de inn helt ferske til laboratoriet til NovaCropControl i Nederland. Resultatet kommer imidlertid som regel i løpet av ei uke, slik at analyseresultatene kan brukes i dyrkinga nesten med en gang. Det kreves dessuten noe trening å tolke bladsaftanalysen slik at de beste anbefalingene kan gis for å komponere ei gunstig mineralblanding til veksten på det aktuelle stadiet. Til korn er det optimalt å sende inn bladsaftanalyser tre ganger i løpet av den vegetative fasen, og deretter komponere tilpasset bladgjødsling til hver runde.

I dette prosjektet har det blitt sendt inn bladsaftanalyser av kornet fra et aktuelle skifter en eller to ganger i løpet av vekstsesongen, fordi det har krevd for mye å sende inn flere ganger. Selv om man ikke klarer å følge opp bladsaftanalysene samme sesong, vil man likevel få nyttig informasjon for bladgjødsling i påfølgende sesonger for det aktuelle skiftet eller jordarten og den aktuelle veksten (f.eks. bygg eller vårhvete).

Det som har vist seg gjennomgående, både økologisk og konvensjonelt, er mangel på kalsium tidlig i sesongen til kornet (fra 1-3-bladstadiet til busking). Derfor har sprøyting med sprøytekalk (og kompost-te/kompostekstrakt) vært ei standardanbefaling som den første plantevitaliseringa til korn på våren. På grunn av lav temperatur, er kalsium typisk lite tilgjengelig på våren på grunn av liten mikrobiell aktivitet i jorda.

Ellers viser bladsaftanalysene at manganmangel er utbredt i korn. Mangan er avgjørende for fotosyntesen, og mangel vil påvirke avling. Bladgjødsling med mangan vil derfor ofte betale seg i form av bedre fotosyntese, og dermed mer roteksudasjon og gjerne også bedre avling.

Magnesiummangel i korn er også vanlig. Dette er også et sentralt plantenæringsstoff og påvirker fotosyntesen direkte. Bladsaftanalysene viser at typisk er det mangel på magnesium nettopp på jorda som har overskudd av magnesium, slik som på havpåvirket leirjord. Dette kan virke kontraintuitivt, men henger sammen med at et overskudd av næringsstoff i jorda kan føre til mangel av det samme næringsstoffet i planten, fordi næringsstoffene trenger å være i noenlunde balanse i jorda for at planteopptaket skal være best (jfr. kapittel 2.6 om basemetningsanalysen).

NovaCropControl
postbus 2218 - 5001 CE - Tilburg
www.novacropcontrol.nl

Plant sap-sample	202206072036	**Sample Date:**	2-6-2022
Name:	Sunn Jord AS	**Location/plot:**	Ormo Biosa
Address:	Hedalsvegen 1348 3528 Hedalen Norway	**Cultivation:**	Wheat Regenerativt
		Crop:	Wheat
		Plant part:	Leaf (young)
Remarks			

Mineral		Current Level	Optimum
Total Sugars	%	3,4	0,5 - 2,8
pH		6,7	6,2 - 6,6
EC	mS/cm	13,3	14,3 - 17,9
K - Potassium	ppm	6320	6275 - 8050
Ca - Calcium	ppm	604	575 - 1500
K / Ca		10,47	
Mg - Magnesium	ppm	249	250 - 430
Na - Sodium	ppm	6	12 - 34
NH4 - Ammonium	ppm	175	280 - 655
NO3 - Nitrate	ppm	47	< 150
N in Nitrate	ppm	11	< 34
N - Total Nitrogen	ppm	2857	2600 - 4330
Cl - Chloride	ppm	1779	970 - 2120
S - Sulfur	ppm	553	360 - 590
P - Phosphorus	ppm	597	370 - 620
Si - Silica	ppm	26,8	36,0 - 63,9
Fe - Iron	ppm	2,61	2,60 - 4,95
Mn - Manganese	ppm	2,11	3,60 - 8,20
Zn - Zinc	ppm	1,21	1,80 - 3,25
B - Boron	ppm	11,78	0,40 - 1,20
Cu - Copper	ppm	1,02	0,65 - 1,15
Mo - Molybdenum	ppm	0,13	0,05 - 0,20
Al - Aluminium	ppm	<0,50	

Consult your advisor for appropriate fertilizer recommendations. 301.20220524

Because NovaCropControl has no effect and / or no control over the sampling, NovaCropControl accepts no liability for adverse effects as a result of its analysis or advice provided.

Figur 35. Eksempel på bladsaftanalyse av vårhvete på to-trebladstadiet på Ormo den 2. juni 2022. En ser mangel på flere næringsstoffer, men også noen overskudd. Kalsium er typisk lav tidlig i sesongen. Hveten er imidlertid godt forsynt med svovel og fosfor. Nitrogen er på dette stadiet i minste laget. Det er også mangel på magnesium, jern, mangan og sink.

Når det gjelder bladsaftanalysene har det vært gjort en del arbeid i dette prosjektet, men det trengs mer systematiske undersøkelser av flere vekster på flere gårder over tid, for å bli mer kjent med dette verktøyet. Som konklusjon er det potensial for å utnytte bladsaftanalysene enda bedre for å optimalisere mineraltilsetningene i plantevitaliseringa for å få mer balansert planteernæring, bedre plantehelse og samtidig økt avling.

5.2.6 MicroBIOMETER

I dette avsnittet vises resultater fra flere forsøk, der microBIOMETER har vært brukt for å måle hva som skjer med forekomst av sopp og bakterier i jord etter ulike behandlinger.

5.2.6.1 Effekt av Terra Biosa ferment i flatekompostering

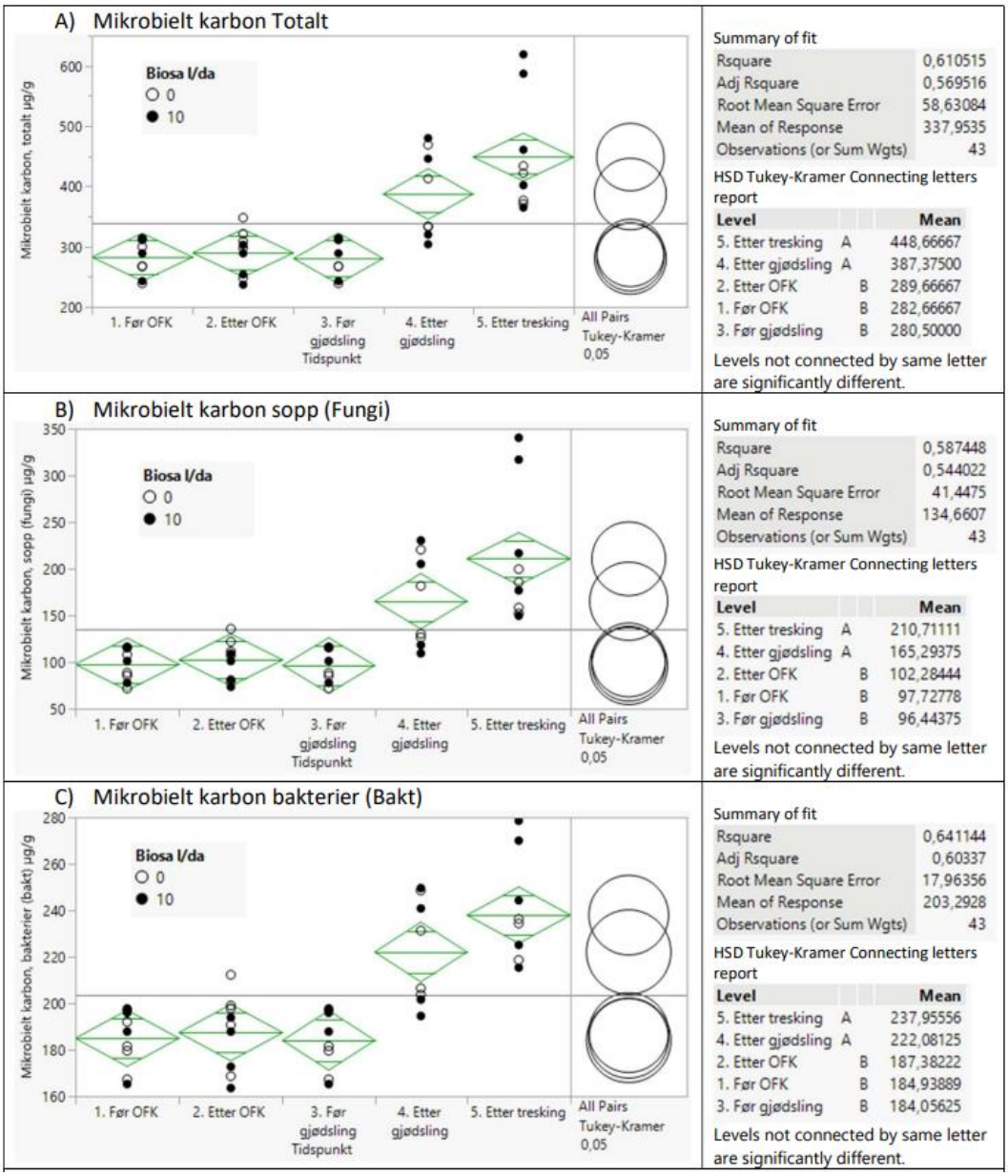
Forsøk med flatekompostering med og uten Biosa-ferment ble gjennomført i sesongen 2022 på et felt dyrket med bygg og underkultur og er som tidligere nevnt presentert i egen rapport (Holten mfl., 2023). Prøver fra åtte ruter, fire med Biosa og fire uten, ble samlet inn på fem ulike tidspunkt gjennom sesongen med noen ekstra paralleller, og i alt 43 analyser med microBIOMETER ble gjort på disse. Resultatene ble så behandlet statistisk. Det var svært tydelig at mikrobielt karbon (MBK) økte utover i sesongen både for bakterier, sopp og totalt for alle feltene (Figur 36). I tillegg ble det laget kurver som modellerte forskjellen mellom ruter med og ruter uten Biosa, se Figur 37.

Figurene og analysene i Holten mfl. (2023) viste at behandling med Biosa med 10 l/daa økte mikrobielt karbon totalt i jord fra 286 µg/g jord ved etablering vår til 487 µg/g jord etter tresking (september). Dette er en økning på 70 %. Referansen uten behandling økte til 401 µg/g jord, en økning på 40 %. Økningen over sesongen var signifikant, det samme var merøkningen med Biosa.

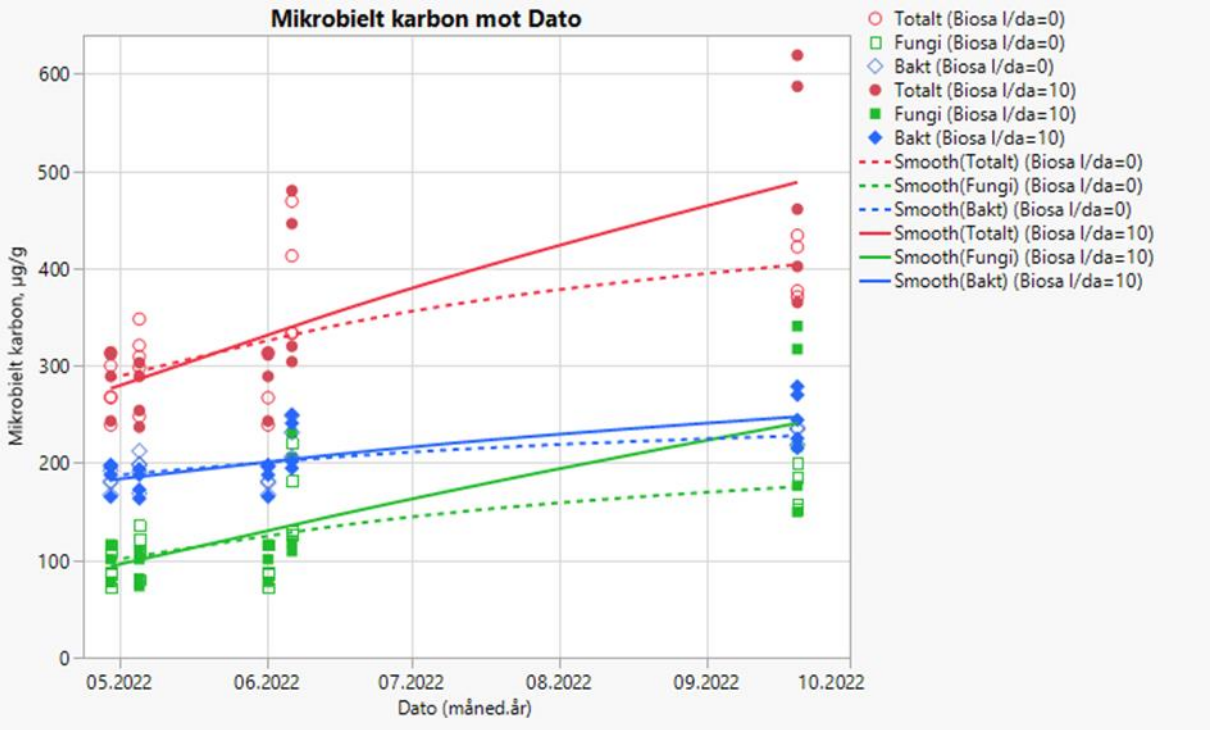
For mikrobielt karbon knyttet til sopp var startnivå 99 µg/g jord, dette økte til 240 µg/g jord der Biosa var dosert med 10 l/daa, mens uten Biosa var sluttnivået 174 µg/g jord. Med Biosa var økningen 142 % og uten Biosa 76 %. Økningen over sesongen var signifikant, det samme var merøkningen med Biosa.

For bakterielt karbon var startnivå 187 µg/g jord, sluttnivå med Biosa 247 µg/g jord og uten Biosa 227 µg/g jord. Økningen var da 32 % med Biosa og 21 % uten Biosa. Økningen over sesongen var signifikant, men merøkningen for Biosa var ikke statistisk sikker.

At økningen i mikrobielt karbon er tydeligere for sopp sammenlignet med bakterier kan skyldes at Biosa bidrar til å lette soppens omdanningsprosesser som skjer i jorda, og at biomassen som fermenteres bedrer soppens muligheter for etablering og levevilkår.



Figur 36. Analyse av mikrobielt karbon (MBK) målt med MicroBIOMETER. Enveis variansanalyse med Tidspunkt som x-variabel og med HSD Tukey-Kramer test viser at MBK Totalt, for sopp (Fungi) og for bakterier (Bakt) er nær identiske for de tre første uttakene og deretter økende. Det er signifikant forskjell mellom uttak 1-3 og uttak 4-5 for alle responsvariablene. OFK = flatekompostering



Figur 37. Mikrobielt karbon totalt, for bakterier (Bakt) og for sopp (Fungi) for alle forsøksruter på de ulike uttakstidspunkt satt opp som dato (kontinuerlig verdi).

5.2.6.2 Fastpunkt

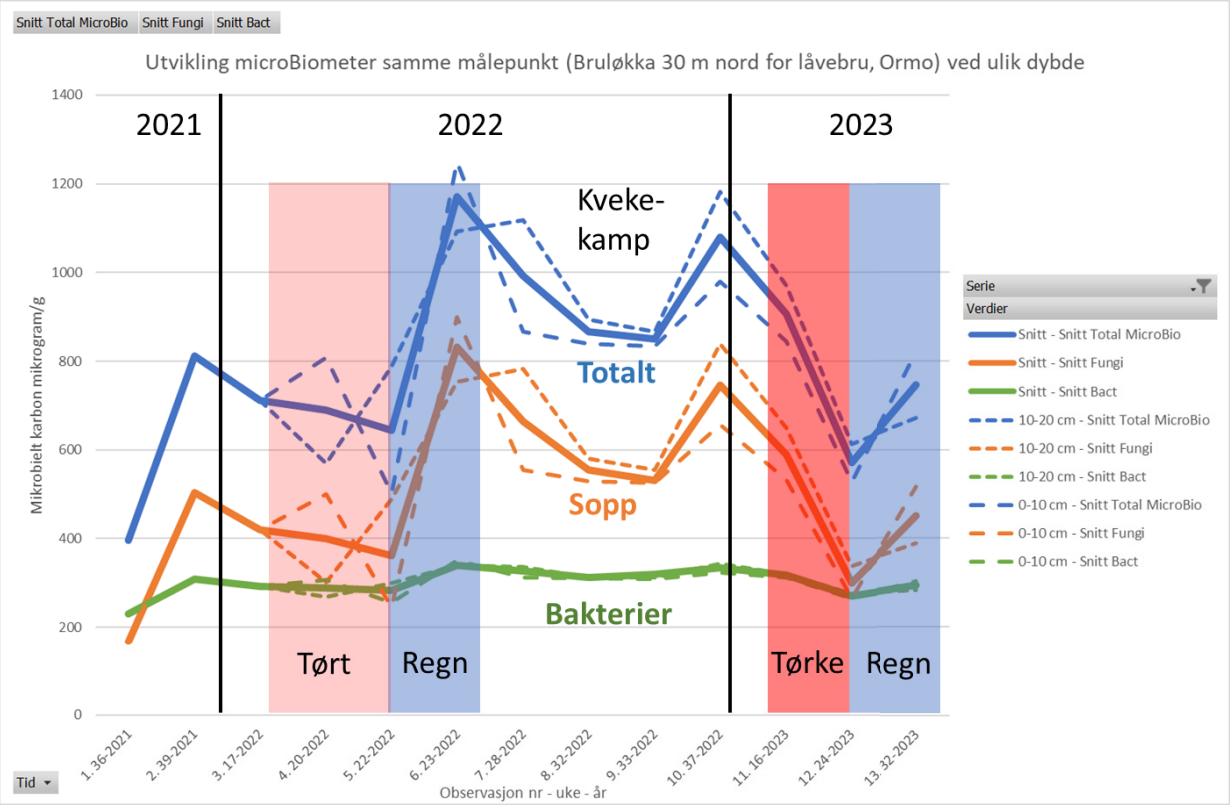
Fastpunktet ble anlagt i september 2021 og prøver analysert flere ganger for mikrobielt karbon (MBK) med microBIOMETER i 2021, 2022 og 2023. I Figur 38 er det vist en samlet fremstilling av prøvene. De heltrukne linjene viser MBK for 0-20 cm dybde, med totalt nivå øverst (blå), MBK sopp i midten (oransje) og MBK for bakterier nederst (grønn).

I 2021 ble det dyrket rug med underkultur, der underkulturen vokste utover høsten. Det ble dybdeløsnet på høsten. 2022 ble det flatekompostert på våren og sådd havre+underkultur. På sommeren ble det gjort en kvekekamp på grunn av mye kveke (fra juli til august), og deretter sådd rug+blodkløver. På våren 2023 ble det flatekompostert igjen og sånn erter+brygg+underkultur. Etter tresking 2023 ble det på nytt flatekompostert og sådd rug + blodkløver.

Det er tydelig å se at nivået av sopp varierer mer over året enn bakterier. Soppandelen svinger fra 42 til 69 %). Den typiske trenden er at MBK øker på høsten når det er god vekst i underkultur (2021) eller nysådd høstrug (2022 og 2023). Det er særlig MBK sopp som da øker. I løpet av vinterdvalen går nivået noe tilbake (både 2021/22 og 2022/23), vintrene var i begge tilfeller kalde på ettervinteren og våren. I tørre perioder står nivået stille (2022) eller går kraftig tilbake ved sterk tørke (2023). I fuktige perioder (juni 2022 + juli 2023) øker MBK-nivået.

Ved intensiv jordarbeiding (kvekekamp 2022) ser man at nivået synker, og særlig i de øvre sjiktene (grov stiplet linje). I den nedadgående delen ble det gjort to behandlinger med Kvick Finn og deretter en pløying, og nivået sank da tydelig for sopp MBK (fra 800 til 550 µg/g) men også noe for bakterielt MBK. Etter reetablering av rug + blodkløver steg imidlertid nivået raskt igjen, særlig i de dypere lag (10-02 cm) og i noe mindre grad i det øverste sjiktet (0-10 cm).

MBK er knyttet til levende mikrobiologi og det kan dermed se ut som om aktiviteten til jordlivet som måles som MBK kan forflytte seg opp og ned i jorda. Det kan se ut som om tørre perioder og perioder med intensiv jordarbeiding i øvre lag gir en økt aktivitet dypere ned (10-20 cm), mens økt fuktighet i vekstsesongen gir relativt sett mer aktivitet i grunnere sjikt (0-10 cm).



Figur 38. Måling av mikrobielt karbon (MBK) med MicroBIOMETER i fastpunkt på Ormo i 2021-2023. Tørre og fuktige perioder er tegnet inn sammen med intens jordarbeiding (kvekekamp). Det er vist MBK totalt (blå linje), MBK for sopp (oransje linje) og MBK for bakterier (grønn linje). Heltrukne linjer er snitt for 0-20 cm, grove stiplede linjer for 0-10 cm dybde og fine stiplede linjer for 10-20 cm dybde.

Totalt sett øker nivået år for år, men fluktuasjonene er store inne samme år. Det er viktig å være klar over dette når man gjør kartlegginger med MicroBIOMETER. Man bør forsøke å gjøre prøveuttak under mest like fuktighetsforhold i jorda. Helst bør det ha gått 3-4 dager fra siste regn før man tar ut prøver. Perioder med sterk varme eller vannmangel bør unngås. For sammenligning over flere år bør man forsøke å sammenligne på samme tidspunkt, enten ganske tidlig på våren når jordlivet er i gang eller ganske seint på høsten.

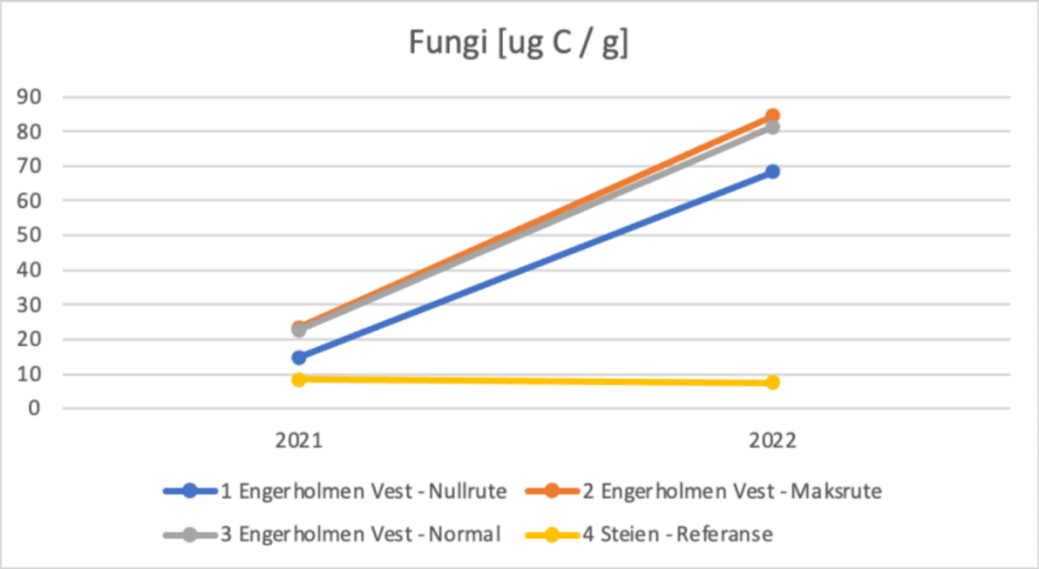
5.2.6.3 Resultater Nes Herregård Sobac

I forsøket på Nes Herregård ble følgende sammenlignet:

Behandling – skifte, behandling og dosering Sobac

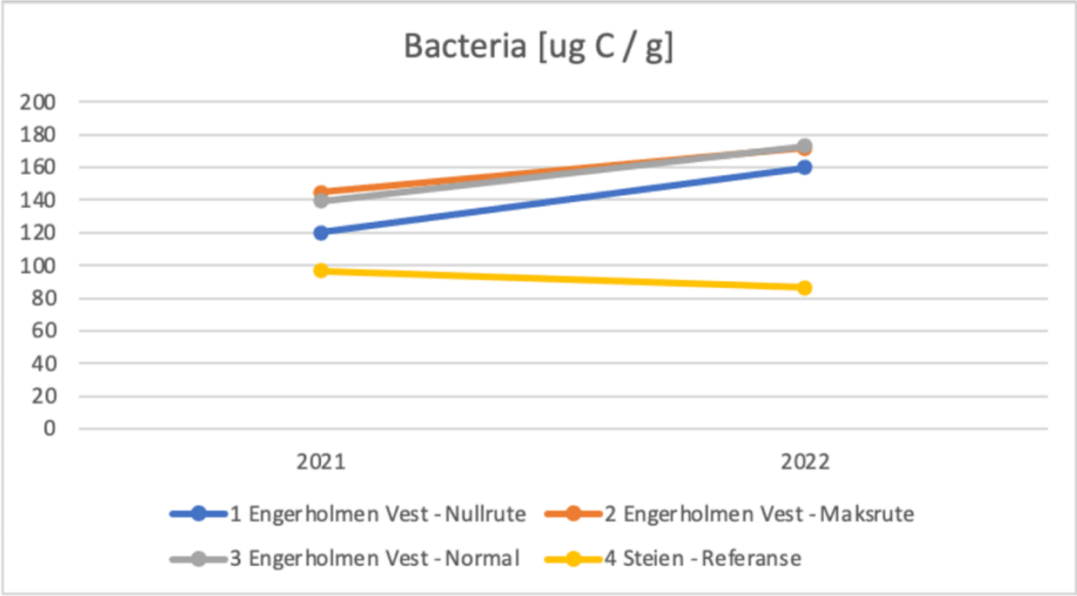
- 1. Engerholmen vest, nullrute 0 kg/daa Sobac (både i 2021 og 2022)
- 2. Engerholmen vest, maksrute, 20 kg/daa Sobac (både i 2021 og 2022)
- 3. Engerholmen vest, normalrute, 10 kg/daa Sobac (både i 2021 og 2022)
- 4. Steien, referanse - konvensjonelt skifte, 0 kg/daa Sobac (både i 2021 og 2022)

Mikrobielt karbon (MBK) ble målt med microBIOMETER og sammenstilt. I Figur 39 er mengde MBK i sopp vist, og man ser at mengden øker fra nivå 15-25 µg/g i 2021 til 70-85 µg/g i 2022 for alle Sobac-rutene, også nullruten. Rutene med normal og maksimal dosering ligger høyere, men de to kan ikke skilles fra hverandre. Referansen som er konvensjonell ligger fortsatt på samme nivå i 2022 som i 2021, dvs. ca 10 µg/g.

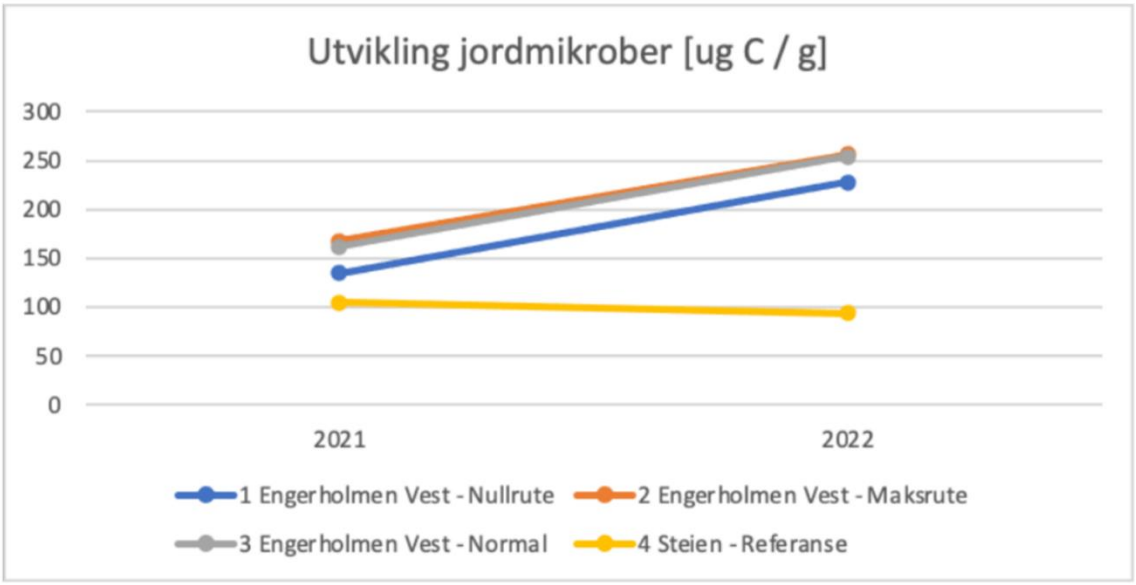


Figur 39. Mikrobielt karbon (MBK) for sopp for de fire behandlingene i 2021 og 2022.

For MBK for bakterier kan man se en lignende utvikling i Figur 40 som for sopp i Figur 39, men nivået er for bakterier høyere mens endringen er mindre. Fra 2021 øker de regenerative rutene fra nivå 120-140 til 160-180 µg/g, mens referansen (konvensjonelt) ligger på samme nivå 90-100 µg/g. Også her ligger nullruten i regenerativt lavere (10-20 µg/g) enn de behandlede rutene.



Figur 40. Mikrobielt karbon (MBK) for bakterier fordi de fire behandlingene i 2021 og 2022.



Figur 41. Mikrobielt karbon (MBK) totalt for de fire behandlingene i 2021 og 2022.

Totalt nivå av mikrobielt karbon (MBK) er vist i Figur 41, og utviklingen er den samme: ingen endring for konvensjonelt system og øking i regenerativt, men høyere nivå for ruter med Sobac sammenlignet med ruter uten Sobac.

5.2.6.4 Øvrige analyser

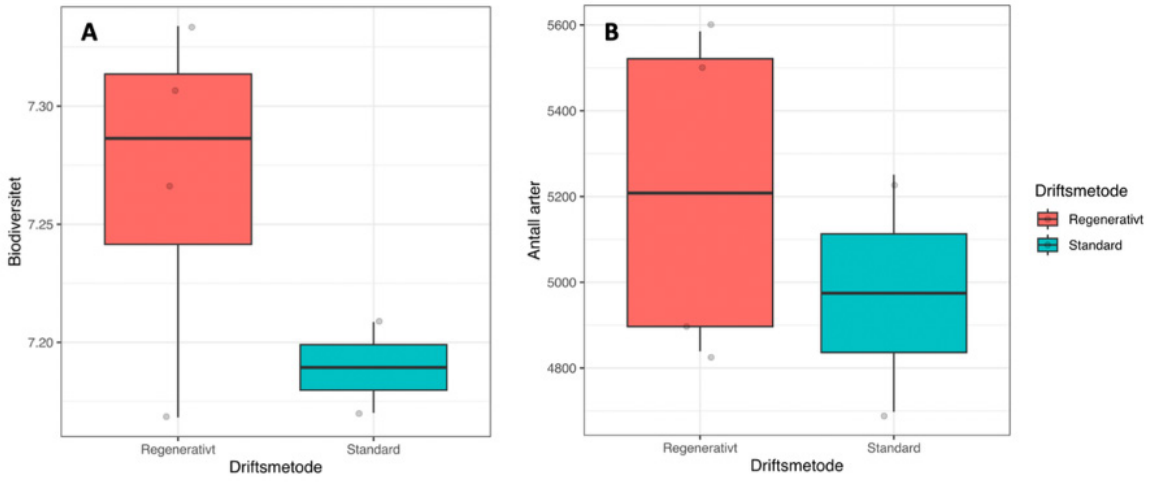
Se også resultater av biologisk beising av såkorn, avsnitt 5.1.9 som viste økt andel MBK etter tresking i jord der det var dyrket biologisk beiset havre sammenlignet med ubeiset havre, både i regenerativt system og i konvensjonelt system.

Bøndene i prosjektet har også brukt microBIOMETER til å vurdere kvaliteten på kompost og kompostekstrakt i henhold til retningslinjer og beskrivelser som følger med analysesystemet, se fotnote for mer informasjon [10].

Et eksempel for kompostekstrakt: guiden antyder at kompostekstrakt normalt har en MBK i området 30 til 80 µg/g. På Ormo er det gjort målinger på kompostekstrakt fra mai 2023 som er både silt med grov sil på 81,4 µg/g og med fin sil på 73,9 µg/g som begge altså viser gode nivåer. Men det er interessant å se at sileprosessen kan fjerne noe mikrobielt karbon, en fin sil fjerner mer og ekstraktet herfra viste lavere verdier. Det ble også testet et ekstrakt 18/6-2023 som hadde stått i en uke etter siling. Etter å ha stått en uke hadde ekstraktet sedimentert og det ble gjort måling for å se om det fortsatt hadde tilstrekkelig "styrke" og om sedimenteringen gjorde utslag. En prøve direkte fra vannfasen uten omrøring viste 31,2 µg/g, mens samme ekstrakt etter omrøring viste 42,4 µg/g. Det er dermed nyttig å ha med finmaterialet i ekstraktet i blandingene man lager, men man må vurdere fare for tetting av dyser.

5.2.7 DNA-analyser av mikrobiologien på Sørli og Ormo

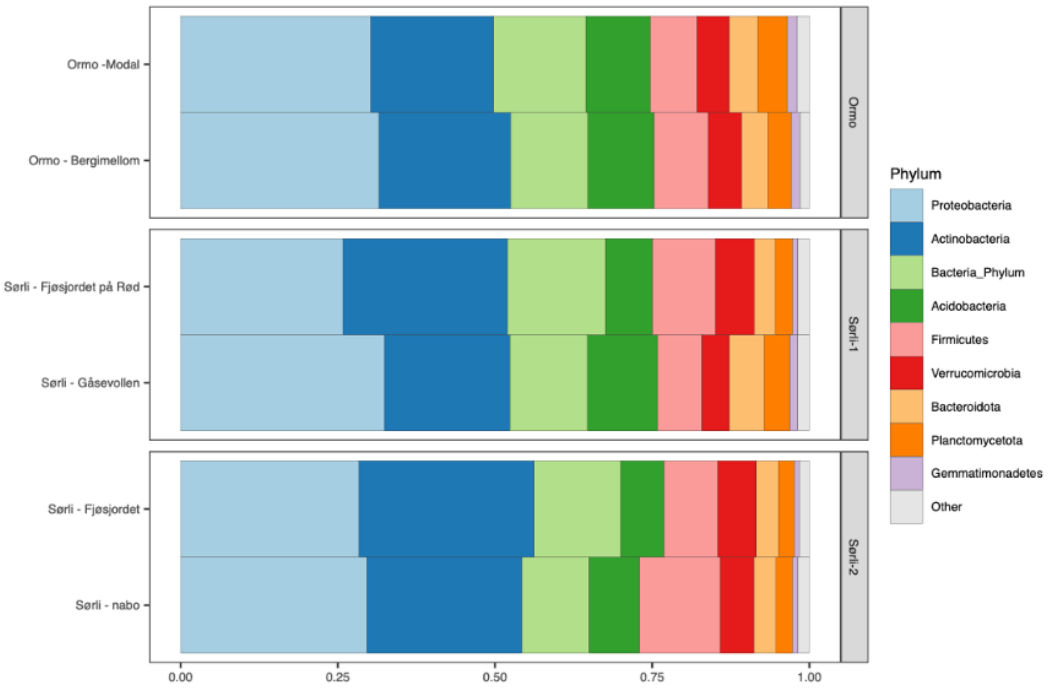
Firmaet SmartSoil Biotech AS ble hyret inn av prosjektet for å undersøke den mikrobielle diversiteten i jorda på tre parvise skifter på Ormo og Sørli i Skjeberg: fire regenerativt drevne skifter og to konvensjonelt drevne kontrollskifter. SmartSoil konkluderer med at jordbrukspraksis har betydning for dannelsen av det mikrobielle mangfoldet i jord. Regenerative jordbruksmetoder ser dessuten ut til å fremme et høyere mikrobielt mangfold. Dette anses positivt, siden mikrobesammensetninga er viktig for den generelle jordhelsa.



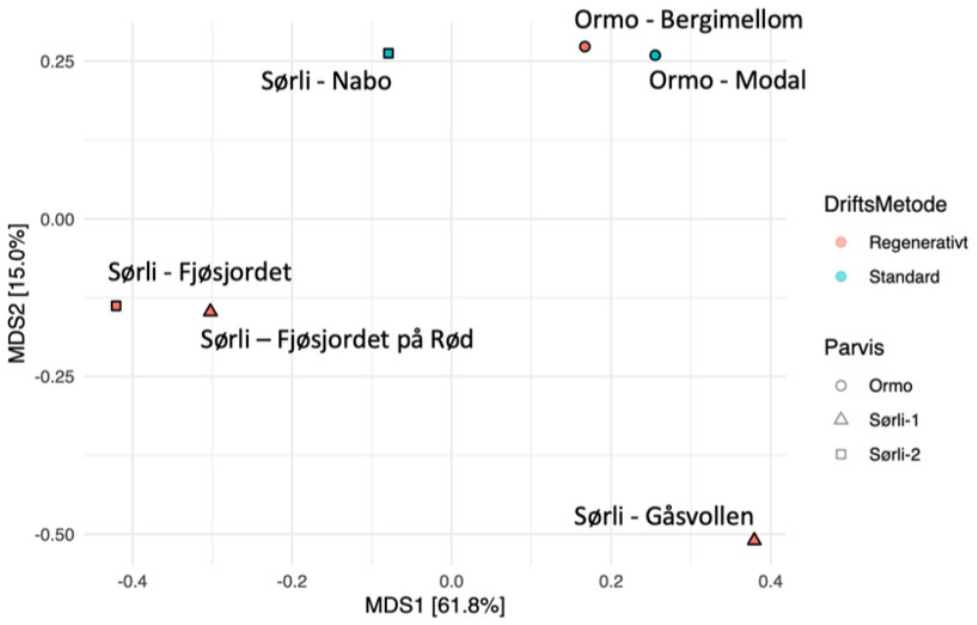
Figur 42. Sammenligning av biodiversitet (A) og tilstedeværelse av unike bakteriearter (B) fra fire prøver med regenerativ drift mot to prøver med konvensjonell drift.

[10] https://microBIOMETER.com/wp-content/uploads/2021/12/interpreting-results-final-9-20.pdf

Når de seks prøvene analyseres samlet, finnes det små forskjeller i artssammensetninga i prøver fra regenerativt drevne skifter versus kontrollskiftene. Derimot, når prøvene sammenlignes parvis, er det registrerbare forskjeller. Særlig gjelder dette for paret Sørli Gåsevollen og Fjøsjordet på Rød, hvor det på begge skifter de siste årene har blitt brukt regenerative metoder. Det skal nevnes at skiftet Gåsevollen har vært et problemskifte, også før det ble lagt om fra konvensjonell til økologisk drift i 2018.



Figur 43. Taksonomisk profil på det høyeste taksonomiske nivået for bakterier (rekke / Phylum).



Figur 44. Betadiversitetsanalyse av artssammensetninga i prøvene. Merk at mesteparten (61,8 %) av variasjonen i biodiversiteten beskrives av X-aksen, dvs. dess større avstanden horisontalt i plottet, dess mer ulik biodiversitet.

Videre ble Firmicutes-bakterier funnet å være underrepresentert i de regenerative skiftene. Dette kan henge sammen med bruken av urtefermentet som har blitt brukt på de regenerative skiftene. Også her er den største forskjellen mellom Sørli – Gåsevollen (problemskiftet) og Sørli – Fjøsjordet på Rød. Til tross for de observerte forskjellene i mikrobielt mangfold, ble det ikke funnet andre signifikante forskjeller i den funksjonelle mikrobiotaen mellom de regenerative skiftene og kontrollskiftene. Det ble heller ikke funnet sporbar tilstedeværelse av plantepatogener i prøvene.

Se vedlegg 1 for den fullstendige rapporten fra SmartSoil.

5.2.8 Sammenfattende om jordanalysene

Jordstruktur - VESS

Jordstrukturen, som ble registrert ved hjelp av VESS-metoden, ble målt i et for kort tidsrom (kun 2022 og 2023) til å si noe helt sikkert om hvordan jordstrukturen alle gårdene sett under har utviklet seg. Derimot når man sammenligner med de konvensjonelle «ubehandlete» referanseskiftene på Ormo og Sørli, ser man at jordstrukturen er forbedret. Siden jordstrukturen er en høyst dynamisk størrelse, kan jordarbeiding på et ulagelig tidspunkt gjøre at god jordstruktur på et skifte forverres. Over tid er det sannsynlig at jordstrukturen på gårdene gradvis bedres så lenge jordarbeiding og overfart med tung redskap gjøres når det er tørt nok og varmt nok, og jordene har permanent grønt plantedekke.

Glødetap

Glødetapet, som viser innbinding av karbon i jorda, viser en liten, men signifikant økning gjennom prosjektperioden alle prosjektgårdene sett under ett. Vi har grunnlag for å hevde at vi har bedret alle de tre trinnene for karbonlagring jamfør modellen for karbonlagring til Mattila & Vihanto (2024). For det første er fotosyntesen økt gjennom grønt plantedekke gjennom hele året, med kun cirka to uker bar jord i forbindelse med jordarbeiding. Det er også brukt allsidige såfrøblandinger, som litteraturen forteller øker potensialet for karbonlagring, i tillegg til å øke den mikrobielle aktiviteten i jorda (Lange mfl., 2015). For det andre er det sannsynlig at den mikrobielle aktiviteten i jorda har økt gjennom bedre jordstruktur, bruk av mikrobielle inokulanter og redusert bruk av gjødsel med høy saltindeks (NPK-gjødsel og ubehandlet husdyrgjødsel), i tillegg til at blautgjødsla er fermentbehandlet. På prosjektgården Ormo viser microBIOMETER-målinger økt mikrobiell biomasse, og mikroskopering av jorda indikerer også forbedret mikrobiologi. Dette andre trinnet er viktig for at plantenes energirike roteksudater skal stabiliseres på mineraloverflater i jorda. Til slutt, for å danne stabilt organisk

materiale er både N og S nødvendig. Nitrogen kommer fra atmosfæren gjennom biologisk N-fiksering, men S må tilføres mineralsk. I dette prosjektet har svovel på elementær form (S_2) blitt tilført der jordanalysen har påvist mangel (i de fleste tilfeller). Alt i alt, har prosjektet gjennom sine mange regenererende tiltak bidratt til alle disse tre trinnene for vellykket karbonlagring.

Mineralsk nitrogen

Innholdet av mineralsk nitrogen (NO_3^- og NH_4^+) har blitt signifikant redusert gjennom prosjektperioden alle gårdene sett under ett. Dette tyder på større grad av levende innbinding av fritt nitrogen i mikrobebiomasse og/eller jordas organiske materiale. Det kan være at mengden total-nitrogen i jorda er høyere, selv om dette ikke er målt, siden jordas innhold av organisk materiale ikke bare inneholder karbon, men også nitrogen, så vel som svovel (Tipping et al 2016). Redusert innhold av fritt nitrogen, særlig nitrat, bidrar også til en redusert spiringsimpuls for ugras. Det reduserer også risikoen for at nitrogenutvasking til vann og vassdrag.

Aktuell og potensiell pH

Aktuell pH har økt gjennom prosjektperioden. Forklaringa er svært sannsynlig målbevisst kalking (med kalkstein, $CaCO_3$, og dolomittkalk, $CaMg(CO_3)_2$ for å øke jordas basemetning av kalsium og magnesium. Det kan også tenkes at lavere nitratinnhold har redusert utvasking av kalsium, i tillegg til at mer mikrobiologi, særlig sopp, holder bedre på kalsium i jorda.

Ledningsevne

Vi hadde forventet en viss reduksjon i ledningsevnen i løpet av prosjektperioden på grunn av reduksjon i løste ioner i jordvæska, men vi kunne imidlertid ikke påvise noen slik endring. Det var forskjeller i ledningsevne mellom gårder og skifter, som mest sannsynlig kan tilskrives ulik jordart.

I jordfaget er ledningsevne (EC) en viktig parameter som reflekterer jordart, jordpakking, ioner, salinitet m.m. Med dette perspektivet øker konvensjonelle dyrkingsmetoder ledningsevnen gjennom tilføring av mineralgjødsel, men på bekostning av å "tømme batteriet" som i denne sammenhengen er jordas innhold av organisk materiale og biologisk aktivitet (Husson, 2023).

MicroBIOMETER

Analysemetoden er brukt for å teste mange ulike behandlinger: flatekompostering med og uten ferment, effekt av Sobac Quaterna Terra spesialkompost, effekt av biologisk beising av

såkorn og effekt på jord, forskjell på regenerativt og konvensjonelt system, styrken på kompostekstrakt og hva som skjer med kompostekstrakt ved siling og lagring. Det er interessant å se at tilførsel av ekstra mikrobiologi i form av ferment, kompost og ekstrakt styrker jordlivet. Det er spesielt interessant å se at et tiltak som biologisk beising på frø gir tydelig økning i mikrobielt karbon i jord i løpet av vekstsesongen der planter fra frøene har vokst.

Undersøkelsene som er gjort er ulike i design og dermed nøyaktighet, men felles er at analysemetoden fanger opp forskjeller og er enkel å bruke. Tolkningen er også enkel: høy score og mer sopp betyr mer biologi i ønsket retning og dette er en av målsetningene med regenerativ dyrking. Dermed er dette et måleverktøy som kan anbefales for bruk hos den enkelte bonde for å se om man er på rett vei i ei omlegging. Det er imidlertid viktig å understreke at målingene kan variere over tid og at nivået er utsatt for temperatur og vanntilgang, slik som for alle biologiske systemer. Det er derfor viktig å måle under noenlunde samme forhold hvis det går, og aller helst måle mot en referanse (0-rute eller åkerkant). Det er også viktig å øve seg på målingene, gjør gjerne flere gjentak eller paralleller, spesielt i starten.

DNA-analyser
DNA-analysene av jorda viser økt bakteriell biodiversitet på de regenerative skiftene sammenlignet med de konvensjonelle kontrollskiftene som lå like ved.

5.3 Ugrasforekomst

Når det gjelder forekomsten av ugras på prosjektgårdene i prosjektperioden er det ulike erfaringer. For frøugras er det etter oppstart med regenerative tiltak tilbakegang på noen gårder, men økning og deretter reduksjon på andre gårder.

Det flerårige ugraset kveke er flere steder fremdeles ei utfordring, men én gård (Fossnes) har klart å redusere kvekeproblemet med biologiske (regenerative) tiltak uten mekanisk bekjemping. I det følgende diskuteres ugraset som **indikatorplanter** i jordbruksøkosystemet.

Som indikatorplanter er ugraset pionerplanter. Det vil si at det trives på et tidlig stadium i en økologisk suksesjon, et pionerstadium. Et pionerstadium kjennetegnes ved lite jordlevende sopp, frie næringsstoff, særlig nitrat, jordpakking og dårlig utviklet jordstruktur (Maughan & Amos, 2021). Ugraset har spesielle egenskaper som gjør at de trives under pionerforhold, men kulturplantene ikke. Når det blir økt mikrobielle aktivitet og mikrobielt mangfold går ugraset

naturlig tilbake av seg selv, og kulturplantene trives bedre. Jo større ugrastrykk, jo større er skaden på jordfruktbarheten. Tiltak som gjør jorda mer levende, vil også redusere ugrastrykket.

I et pionerstadium som har liten mikrobiell aktivitet er tilgjengeligheten av kalsium ofte dårlig. Ugraset klarer å gjøre kalsium mer tilgjengelig som alle planter og jordmikrober trenger for celledeling.

På Nedre Skinnes, som la om til regenerativ økologisk drift i 2017/2018, opplever de nå mindre frøugras enn før. Årsaken er trolig at ugrasfrøet, som finnes der, har en mindre spiringsimpuls fordi jorda er mer levende og særlig kalsium er mer tilgjengelig. Under forsommerentørken i 2023 ble det imidlertid mye meldestokk, som er god til å frigjøre kalsium med sine sukkerrike roteksudater. Meldestokk indikerer fruktbar jord, med overskudd av N, lav P og høy K (Maughan & Amos, 2021). De opplever dessuten litt mindre dylle og tistel på gården, som også henger sammen med ei mer levende jord, større mikrobielt mangfold og bedre jordstruktur.

Også på Ormo var det en god del meldestokk forsommeren 2023, men ei tidlig plantevitalisering med sprøytekalk gjorde at meldestokken fikk sykdomssymptomer (brune flekker) og ikke utgjorde noe problem.

Kveke er fremdeles ei utfordring noen steder på Nedre Skinnes (og på flere av de andre prosjektgårdene). Kveke henger typisk sammen med ødelagt jordstruktur på grunn av overløsnet jord som deretter har falt sammen igjen. Under slike forhold skades den jordlevende soppen, og både kalsium og silisium blir mindre tilgjengelig. Kveka kommer for å rette opp på denne skaden, siden den fremmer den jordlevende soppen, gjør silisium tilgjengelig og reparerer strukturskader. Det beste tiltaket er igjen å øke den mikrobielle aktiviteten i jorda gjennom å dyrke underkultur (permanent grønt plantedekke) og særlig ha med grasartene, toppdresse med kalk og flatekompostere med ferment. En bør være forsiktig med jordarbeiding og å gjødsle for mye, for høye nivå av nitrat fremmer også kveke. Silisiumgjødsling kan være et aktuelt tiltak mot kveke. Dyrking av rug er historisk kjent som et godt tiltak for å undertrykke kveke. Dette ble gjort med stort hell på Fossnes. Framgangsmåten for å redusere kveka på Fossnes 2018-2019 er diskutert i detalj i sluttrapporten for første fase av referansegårdsprosjektet (Holten, 2021).

Det er typisk at kveke kommer 2-3 år etter omlegging til økologisk drift. Det er derfor viktig tidlig å tenke strategier for å holde kveka i sjakk, for fullstendig borte kommer den nok aldri til å bli. Hvis det skulle være et stort kvekeproblem, kan ei mekanisk bekjemping, som flere av gårdene har prøvd ut, være en nødvendig framgangsmåte. Mekanisk bekjemping er imidlertid

brutalt for jordlivet, og det er viktig å bygge opp jordlivet i etterkant med allsidig plantedekke (underkultur m.m.) og mineralsk utbalansering.

Den økologiske gården Sørli og den konvensjonelt drevne Ormo i Skjeberg, som begge har lettleire, opplevde ei kraftig oppblomstring av balderbrå i starten av omleggingen (se Bilde 21), men deretter har balderbråen blitt mer håndterbar når det er permanent grønt plantedekke og det er gjort mineralsk utbalansering. Dette tyder på at både kalsium og svovel har blitt mer tilgjengelig. Typisk kommer balderbrå der overflata er pakket eller tilslemmet, som hindrer gassutvekslinga og åndinga til jordmikrobene.

Bilde 21. Balderbrå i høsthvete på Ormo den 5. juli 2022. Foto: Vibhoda Holten.

På Nes Herregård har hønsehirse vært og er et stort problem. På de regenerativt drevne arealene hvor underkulturen (gras-kløver-urteblandingen) blir godt etablert, har forekomsten av hønsehirse blitt mindre.

På noen mindre fruktbare skifter har det også vært utfordringer med linbendel. Dette er et «fattigmannsugras», som typisk kommer på lett sandholdig jord som har liten evne til å holde på leir og humus, og hvor jorda er sur og mangler kalsium (Maughan & Amos, 2021). Linbendel, som tilhører nellikfamilien, er god til å skille ut antioksidanter (som vi kan lukte!) som roteksudater for å binde inn og hindre tap av frie næringsstoff. Blant annet har det over

flere år vært mye linbendel på problemjordet Gåsevollen på Sørli (se også kapittel 5.2.7 om Gåsevollen).

I jordbruket kommer trolig aldri ugraset til å forsvinne helt, men målet er at jorda blir så fruktbar og levende, at ugraset ikke har noen rolle å spille, og at det derfor ikke har noen avlingsbegrensende effekt. Det å ha permanent grønt plantedekke, som er avgjørende for å mate jordlivet og flytte jordøkosystemet til et stadium hvor kulturplantene trives, vil ha en stor effekt på å undertrykke ugraset. Det handler om å endre habitat, ikke om å bekjempe.

5.4 Case - regenerativt vs. konvensjonelt på Ormo

I det følgende skal to skifter som ligger ca 50 meter fra hverandre diskuteres, som siden 2021 har hatt helt ulikt dyrkingsregime, men som ellers har likt klima og sammenlignbar jordtype. Begge skiftene tilhører gården Ormo i Skjeberg og drives av Dag Molteberg. Skiftet Bergimellom drives konvensjonelt med "standard" dyrkingsregime for korn. Derimot har skiftet Modal siden 2021 blitt drevet regenerativt etter prinsippene i dette prosjektet, men fremdeles konvensjonelt med kunstgjødsel (NPK og urea m.m. som er nærmere beskrevet i kapittel 3.3.11). De to skiftene skiller seg ved at det konvensjonelle skiftet (Bergimellom) ikke har underkultur, men kun kornstubb gjennom vinterhalvåret, det blir pløyd, det brukes ordinær dosering NPK-gjødsel, og det blir sprøytet ved behov mot ugras, sopp og insekter.

Diskusjonen forsøker å vise hvordan jordøkosystemet i det regenerative konvensjonelle skiftet har endret seg de to siste vekstsesongene målt gjennom et lite utvalg av fysiske, kjemiske og biologiske jordhelseindikatorer (se Tabell 19). Høsten 2022 var jordstrukturen (VESS) bedre på Bergimellom enn Modal, men høsten 2023, ett år etter, var situasjonen snudd. Hovedforklaring for dette er nok at jorda på Modal hadde ligget i fred og med grønt plantedekke i over 13 måneder siden forrige jordarbeiding (se Bilde 26 og Bilde 27). Nitratverdiene på Modal var dessuten 0,0 mot 1,98 kg N/daa på Bergimellom. Lave nitratverdier i jorda er ønskelig, siden det reduserer risikoen for nitratutvasking. Ammoniumverdiene var imidlertid nokså like på de to skiftene. Det samme gjaldt ledningsevnen. Ledningsevnen er et mål på total mengde oppløste mineraler (ioner) i jordvæska. pH-verdien (aktuell og potensiell) var også høyere på Modal enn Bergimellom, som skyldes at det har blitt brukt kalk på Modal.

Mikroskoperinga av jordlivet viser at det ennå ikke er store forskjeller i jordbiologien mellom de to skiftene, men den viser at det regenerative skiftet Modal har opplevd en liten forbedring i jordbiologien fra høsten 2022 til 2023 (bedre verdier for bakterier, men fremdeles lav verdi for soppbiologien, og samme nivå for protozoer). Modal har en litt bedre totalscore for mikroskopering enn Bergimellom både høsten 2022 og 2023, men begge blir kategorisert som å være på et tidlig suksesjonsstadium, noe som i stor grad skyldes svært lave nivå av den jordlevende soppbiologien. Det er altså et klart forbedringspotensial å utvikle jordbiologien ytterligere på begge skifter. DNA-analysene av bakteriebiologien viser at jordmikrobiologien er forskjellig på de to skiftene, og at det regenerative skiftet Modal har noe høyere mikrobiell biodiversitet. Når det gjelder ugras som er indikatorplanter var det høsten 2022 en god del vassarve på det regenerative skiftet Modal. Dette tyder på manglende innbinding av næringsstoffene i jorda. Høsten 2023 var det derimot overhodet ikke tegn til ugras på det samme skiftet som nå lå med en frodig underkultur etter høsthvete (Bilde 26). Høsten 2022

var det lite tegn til ugras på det konvensjonelle skiftet Bergimellom, men det hadde i september blitt sprøytet med glyfosat mot kveke (Bilde 23).

Tabell 19. Sammenligning av et utvalg jordhelseindikatorer på to nærliggende punkter med ca 50 meters avstand på to skifter på gården Ormo med samme jordart (lettleire / Gleysol), men ulik dyrkingspraksis høsten 2022 og 2023 (høsten 2021 for mikroskopering av jorda fra skiftet Modal).

	Bergimellom (konvensjonelt)		**Modal (regenerativt konvensjonelt)**	
Tidspunkt for jordprøve	Oktober 2022	Oktober 2023	Oktober 2022	Oktober 2023
Vekst / plantedekke	Kornstubb etter høsthvete	Stubb etter bygg	Nysådd høsthvete m/ blodkløver	Underkultur etter høsthvete
Jordarbeiding	Vårpløyd	Vårpløyd	Flatekompostert	Ikke jordarbeidet
Jordfysikk				
Jordstruktur (VESS)*	2,2	2,3	2,7 (topp) 2,3 (bunn)	1,9
Glødetap	-	7,57	5,88	5,25
Jordkjemi				
Nitrat, NO3**	-	1,98	1,96	0,00
Ammonium, NH4**	-	1,02	0,67	1,00
C/N-forhold	-	-	12,5	-
Ledningsevne	-	32	45	37
Aktuell pH (H2O)	-	5,8	5,9	6,1
Potensiell pH (KCl)	-	5,1	5,4	5,5
Jordbiologi				
Mikroskopering: ***	-		*(høsten 2021)*	
Bakterier	-	Lav	Høy	Moderat
Aggregering	-	M	L	L
Sopp	-	0	0	0
F:B	-	1:15	1:36	1:21
Protozoer	-	1,0	1,4	1,4
Totalscore	-	**1,0** Tidlig suksesjon	**1,4** tidlig suksesjon	**1,4** tidlig suksesjon
DNA-analyse:	-			
Ant. unike arter	5251		5585	
Biodiversitet	7,2086		7,3338	
Andel N-fikserende slekter	0,1294		0,1310	
Andel Bacteroidota	5,6193		5,8375	
Andel Firmicutes	9,7506		8,5706	
Ugras	Lite - glyfosatsprøytet	Kveke + tunrapp	Vassarve	Ikke ugras

* Lav VESS-score er bra (skala 1-5); ** NO3-N og NH4-N er oppgitt som kg N/daa; *** For mikroskopering av jorda anses et lavt bakterietall som bra, mens derimot er høye verdier bra for sopp. F:B står for sopp:bakterie-forholdet og 1:1 er et ønsket F:B-forhold. Aggregering er observerte mikroaggregater i jorda. Høye verdier for protozoer er også bra. Totalscoren summerer alle observerte verdier for jordlivet, og jordøkosystemet kategoriseres i tidlig, middels eller sen suksesjon.

På det konvensjonelle skiftet Bergimellom høsten 2023 var det i kornstubben tydelig forekomst av kveke og tunrapp (Bilde 25), som er tegn på forstyrret jordstruktur, (lite jordlevende sopp) og ikke-innbundne næringsstoff. Videre var det også tydelig forskjell i lukta på jorda mellom de to skiftene, hvor det regenerative skiftet Modal med underkultur i god vekst hadde ei frisk jordlukt som skyldtes den aktive roteksudasjonen fra plantene, mens det i jorda under kornstubben på Bergimellom var lite og ingen jordlukt. Den friske jordlukta er en enkel og tydelig indikator på at jordbiologien fungerer som den skal. Lite jordlukt, eller metallisk eller emmen jordlukt, tyder på at uheldige nedbrytende prosesser foregår i jorda.

Bilde 22. Nysådd høsthvete (regenerativt konvensjonelt) på skiftet Modal på Ormo i oktober 2022.

Bilde 23. Kornstubb etter høsthvete (konvensjonelt) på skiftet Bergimellom på Ormo oktober 2022.

Bilde 24. Nærbilde av jorda og jordstrukturen på samme punkt som i Bilde 23. Kornstubb etter høsthvete (konvensjonelt) på skiftet Bergimellom på Ormo oktober 2022. ovenfor på det konvensjonelle skiftet Bergimellom på Ormo oktober 2022.

Bilde 25. Kornstubb etter bygg på skiftet Bergimellom (konvensjonelt dyrket) på Ormo i oktober 2023. Det grønne er kveke og tunrapp. Skiftet ble sprøytet med glyfosat høsten før (september 2022).

Bilde 26. Underkultur etter høsthvete på skiftet Modal (regenerativt konvensjonelt) på Ormo i oktober 2023. Underkulturblandinga (Strand nr 52) ble sådd inn våren 2023 og består av flerårig raigras, timotei og engsvingel, hvit- og rødkløver og noen urter.

Bilde 27. Nærbilde av jordprofilet fra skiftet Modal på Ormo, oktober 2023. Vi ser god jordstrukturdannelse og røtter som går relativt langt ned i profilet.

5.5 Case – regenerativt økologisk vs. konvensjonelt på Sørli

Som for Ormo ble det gjort ei tilsvarende sammenligning mellom jordhelseindikatorer på det regenerative økologiske skiftet Fjøsjordet på Sørli og det konvensjonelle nabojordet. Punktene som ble sammenlignet lå også her ca 50 meter fra hverandre. Jordarten var siltig lettleire. Fjøsjordet på Sørli har vært drevet økologisk siden år 2000, og begynte med regenerative tiltak etter prinsippene i fulgt i dette prosjektet. Det konvensjonelle nabojordet har blitt drevet med "standard" konvensjonell dyrkingspraksis: NPK-gjødsling, ugras- og soppmidler, vekstregulerende midler, pløying og ingen underkultur.

I denne diskusjonen skal vi se hvordan jordhelseindikatorene skiller disse to skiftene som har helt lik jordart og lokalklima, men helt forskjellig dyrkingsregime. Jordhelseindikatorene er vist i Tabell 20. Jordstrukturen (VESS) på det konvensjonelle nabojordet ble vurdert til å være fast (score 2,9 og 2,7), mens det var en del bedre på det regenerative økologiske Fjøsjordet (2,4 og 2,0), selv om det også her er et klart forbedringspotensial. Glødetapsverdiene lå på samme nivå på begge skifter. Derimot var det overraskende svært lavt nitratnivå på nabojordet høsten 2022 med 0,0 kg NO3-N/daa, noe som kan skyldes at tilført nitrat har blitt brukt opp eller også blitt vasket ut av jordprofilet. Ammoniumverdiene for nabojordet var også lave høsten 2022. Både nitrat- og ammoniumverdiene var noe høyere høsten 2023 i høsthvetestubben.

På Fjøsjordet lå både nitrat- og ammoniumverdiene på et relativt høyt nivå begge høstene. Driftshistorikken til dette skiftet er at det har vært brukt husdyrgjødsel i mange år. I tillegg kan ha vært jordarbeidet på et ugunstig tidspunkt når det har vært for fuktig i jorda, noe de ikke optimale jordstruktur-scorene også indikerer. Høyere ledningsevneverdier for Fjøsjordet enn nabojordet viser også at det er mer oppløste næringsstoff i denne jorda enn i den konvensjonelle jorda. På Fjøsjordet er det et potensial for å bedre den biologiske innbindinga av næringsstoff. De høyere pH-verdiene (aktuell og potensiell) på Fjøsjordet skyldes mest sannsynlig målbevisst kalking.

Når det gjelder jordbiologien derimot har det regenerativt økologiske Fjøsjordet helt klart bedre score både høsten 2020 og høsten 2023 enn det konvensjonelle nabojordet. Særlig har Fjøsjordet mer jordlevende soppbiologi og protozoer, hvor nabojordet scorer lavere begge høstene. Totalscoren for Fjøsjordet hadde imidlertid gått ned fra høsten 2020 til høsten 2023, hvor Fjøsjordet i 2020 ble kategorisert i et middels suksesjonsstadium, men i 2023 var i et tidlig suksesjonsstadium.

DNA-analysene av jordbakteriene som ble gjennomført på de to punktene høsten 2022 viste høyere biodiversitet på Fjøsjordet enn det konvensjonelle nabojordet. Høsten 2023 var det

også betydelig mer ugras på nabojordet enn Fjøsjordet, selv om Fjøsjordet også hadde noe kveke.

Tabell 20. Sammenligning av et utvalg jordhelseindikatorer på to nærliggende skifter med ca 50 meters avstand fra gården Sørli (Fjøsjordet, regenerativt økologisk) og nabojordet (konvensjonelt) med samme jordart (siltig lettleire / Stagnosol), men ulik dyrkingspraksis høsten 2022 og 2023. (høsten 2020 for mikroskopering av jorda). Sørli har vært drevet økologisk siden år 2000, og begynte med regenerative tiltak i 2018. Nabojordet har hele tiden vært drevet med "standard" konvensjonell dyrkingspraksis.

	Nabojordet til Fjøsjordet (konvensjonell)		**Fjøsjordet (regenerativt økologisk)**	
Tidspunkt for jordprøve	Oktober 2022	Oktober 2023	Oktober 2022	Oktober 2023
Vekst / plantedekke	Nysådd høsthvete	Stubb etter høsthvete	Underkultur m/ rug+vikke	Rug som vinter-grønngjødsling
Jordarbeiding	Pløyd før såing	Ikke jordarbeidet	Overfl.komp.	Overfl.komp.
Jordfysikk				
Jordstruktur (VESS)*	2,9	2,7	2,4	2,0
Glødetap	4,33	4,54	4,30	4,13
Jordkjemi				
Nitrat, NO3	0,00	1,87	2,00	2,89
Ammonium, NH4	0,34	0,64	1,72	0,99
C/N-forhold	11,1	-	10,4	-
Ledningsevne	26	25	46	46
Aktuell pH (H2O)	6,2	6,3	6,7	6,6
Potensiell pH (KCl)	5,5	5,3	5,7	5,6
Jordbiologi				
Mikroskopering:**	*(høsten 2020)*		*(høsten 2020)*	
Bakterier	Lav	Moderat	Lav	Lav
Aggregering	H	L	L	M
Sopp	1	0	2	1
F:B	1:8	1:88	1:4	1:7
Protozoer	0,8	1,3	1,8	1,4
Totalscore	**1,8** tidlig suksesjon	**1,3** tidlig suksesjon	**3,8** middels suksesjon	**2,4** tidlig suksesjon
DNA-analyse:				
Ant. unike arter	-	4698	-	4839
Biodiversitet	-	7,17	-	7,31
Andel N-fikserende slekter	-	0,14	-	0,13
Andel Bacteroidota	-	4,74	-	4,48
Andel Firmicutes	-	13,74	-	10,34
Ugras	Lite ugras	Mose + kveke + tunrapp	Lite ugras	Noe kveke

* Lav VESS-score er bra (skala 1-5); ** For mikroskopering av jorda anses et lavt bakterietall som bra, mens derimot er høye verdier bra for sopp. F:B står for sopp:bakterieforholdet og 1:1 er et ønskelig F:B-forhold. Aggregering er observerte mikroaggregater i jorda. Høye verdier for protozoer er også bra. Totalscoren summerer alle observerte verdier for jordlivet, og jordøkosystemet kategoriseres i tidlig, middels eller sen suksesjon.

Svært påtakelig var det at nabojordet hadde et mosedekke på jordoverflata i 2023 (se Bilde 31 og Bilde 32). Mose er indikasjon på lite jordliv, slik at mosen som en pionerplante må trå til for å frigjøre basekationer (Ca, Mg, K m.m.) som annen jordbiologi ikke er i stand til. Jordlukta på disse to skiftene var også ulik. Jorda på Fjøsjordet har tydelig jordlukt, mens jorda på nabojordet lukter svakt metallisk. Jordlukta er en god indikasjon på hva slags mikrobielle prosesser som er dominerende i jorda. Ei god frisk jordlukt er ønskelig, mens metallisk, sur eller råtten lukt indikerer nedbrytningsprosesser.

Alt i alt viser disse jordhelseindikatorene at disse to jordene fungerer på helt ulikt vis. En kan si at det konvensjonelle nabojordet er i et klart pionerstadium, indikert av den dårlig utviklede jordstrukturen, lite utviklet soppbiologi og plantene som vokser der (mose), og er i liten grad i stand til å frigjøre næring fra jorda. Det regenerativt økologisk drevne Fjøsjordet har også klare forbedringspunkter, blant annet overskudd av mineralsk nitrogen (NO3-N og NH4-N) som kan reduseres og jordstruktur som kan utvikles videre, men har bedre jordstruktur, en mer utviklet jordbiologi og større bakteriell diversitet.

Bilde 28. Nysådd høsthvete på det konvensjonelle nabojordet til Fjøsjordet på Sørli i oktober 2022.

Bilde 29. Nærbilde av jordstrukturen på den nysådde konvensjonelle høsthveteåkeren på nabojordet til Fjøsjordet på Sørli i oktober 2022. Legg merke til den nedpløyde og uomdannede halmen i jordprofilet.

Bilde 30.Frodig rug-vikke-blanding på det økologiske Fjøsjordet på Sørli i oktober 2022.

Bilde 31. Høsthvetestubben på det konvensjonelt drevne nabojordet til Fjøsjordet på Sørli i oktober 2023. Legg merke til mosedekket på jordoverflata.

Bilde 32. Nærbilde av jordstrukturen på det konvensjonelt drevne nabojordet til Fjøsjordet på Sørli i oktober 2023. Det er nesten ikke utviklet grynstruktur og det er store makroporer etter meitemark.

Bilde 33. Et annet nærbilde av jordstrukturen på det konvensjonelt drevne nabojordet til Fjøsjordet på Sørli i oktober 2023. Legg merke til at den nedpløyde halmen fra høsten 2022 ett år etter fremdeles er lite omdannet.

Bilde 34. Rug som vintergrønngjødsling på det økologiske Fjøsjordet på Sørli i oktober 2023.

Bilde 35. Jorda på Fjøsjordet på Sørli i oktober 2023. Fargen er mørkere, og jordstrukturen er bedre, men det er en del kvekerøtter.

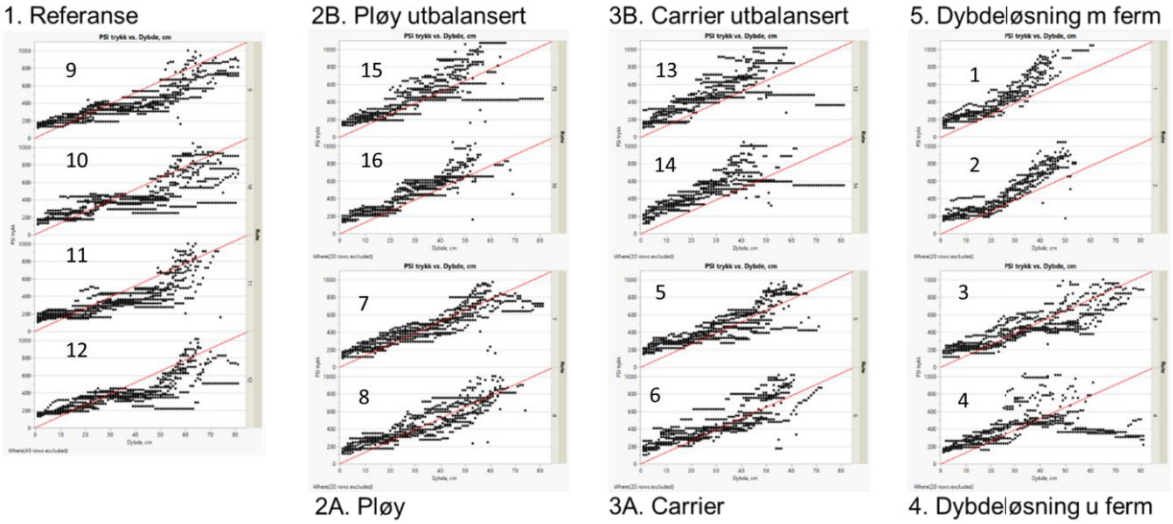
5.6 Resultater av ulike gårdsforsøk

5.6.1 Jordhardhet og avlingsregistrering ved ulik jordbearbeiding

Det ble målt jordhardhet med penetrometer for de 16 rutene på forsøksfeltet på Ormo, samt gjort avlingsregistreringer for de samme rutene i 2021. De 16 rutene representerte seks ulike behandlinger og referanser, se Tabell 21. materiale for detaljer. Penetrometermålinger ble gjort med 10 gjentak per rute, og profilene er vist i Figur 45 samt oppsummert i Tabell 21. I tabellen er det beregnet trykk eller *hardhet (jordhardhet)* til ulike dybder samt dybde til hardhet 200 PSI og 300 PSI. I tillegg er det vist jordfuktighet og avling i kg/daa ved 15 % fukt.

I Figur 45 med hardhetsprofilene kan man se at de fleste plottene viser noenlunde samme profil innen de enkelte ruter, mens det for andre ruter er mer variasjon. Det er tydelige forskjeller mellom flere av de ulike rutene, som eksempel tas frem rute 11 (1. Referanse) og

rute 5 (3A. Carrier) der sistnevnte viser raskere økning i hardhet ved økende dybde sammenlignet med førstnevnte. Tabell 21 viser dette klarere, ved at man kan sammenligne feltene ut fra hardhet ved en gitt dybde eller dybde til en viss hardhet.



Figur 45. Jordhardhetsprofiler målt med penetrometer etter tresking i 2021 på forsøksfelt for Ormo. Norsk landbruksrådgiving Sør-Øst har gjennomført penetrometermålingene.

Dette er også vist i Figur 46. Det er tydelig at de ulike behandlingene gir noe ulikt resultat. Til 200 PSI viser profildataene at ledd "3A. Carrier" og "5. Dybdeløsning med ferment" ligger grunnere (4-5 cm) enn de øvrige (6-10 cm, signifikant forskjell). For 300 PSI har begge leddene med Carrier (3A og 3B) grunnest dybde (11-13 cm, signifikant forskjell), mens de øvrige (18-23 cm) ikke kan skilles fra referanserutene som i begge tilfeller har dypest grense. Det er interessant å se at de pløyde skiftene framviser løsere jord sammen med dybdeløsnede felt, mens Carrier viser mer pakking. Forsøket ble bare kjørt i ett år og andre forhold kan også påvirke. Dybdeløsning kan muligens være en metode for å rette opp pakking, men det er svært viktig å utføre dette under gunstige forhold (tørt i dybden) og med god vekst i grønt dekke (rett etter tresking i grønn underkultur).

I Figur 47 er det vist avlingsregistreringer for de samme feltene. Avlingsnivået varierer fra ca 400 til 900 kg/daa for de 16 rutene. Høyest er det for referanse og det pløyde arealet (800-900), mens det er lavere for de øvrige (400-700, signifikant forskjell). Merk at standardavvik innen samme rute i snitt er 32 kg/daa, dette gir ganske presise målinger utført med vanlig skurtresker og rutestørrelse ca 250 m^2.

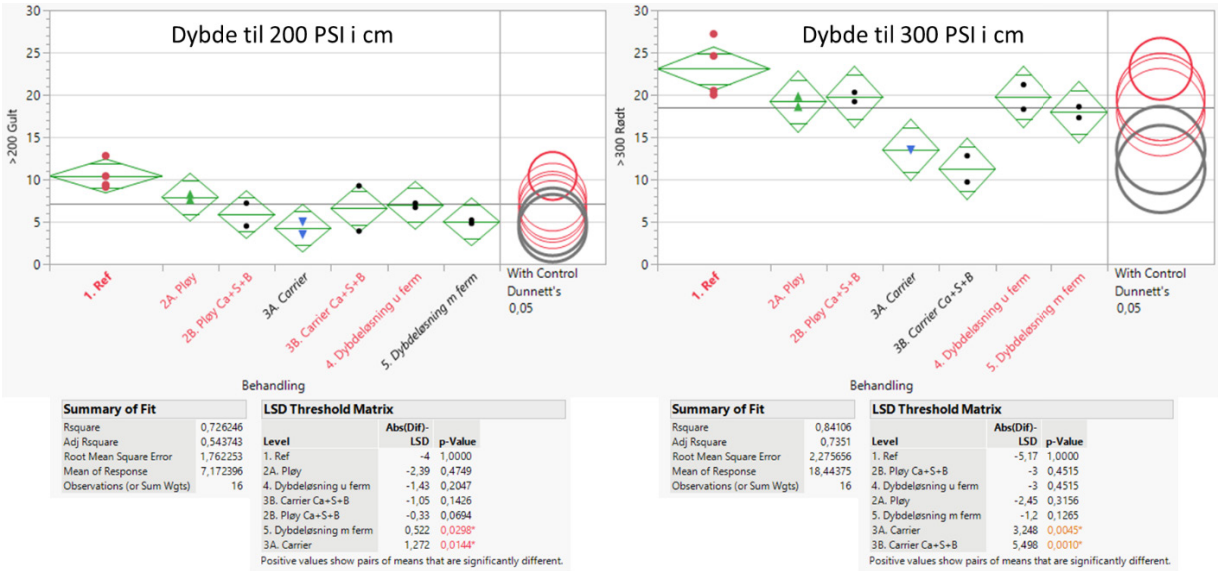
Tabell 21. Behandling, penetrometerverdier og avlingstall for de 16 prøverutene med rug på Ormo 2021.

Beskrivelse	Rute	Trykk 10 cm	Trykk 20 cm	Trykk 30 cm	Trykk 40 cm	Dybde 200 PSI	Dybde 300 PSI	Jord-fukt	Avling 15 %
		PSI	*PSI*	*PSI*	*PSI*	*cm*	*cm*	*%*	*kg/daa*
Referanse Konvensjonell	9	207	261	325	380	10,4	24,6	13,0	879
	10	247	290	383	371	9,4	20,5	15,6	879
	11	191	245	319	381	12,8	27,2	10,6	897
	12	209	287	379	358	9,1	20	10,7	847
Pløyd	7	220	323	400	467	7,6	19,8	15,4	794
	8	257	284	429	508	8,2	18,6	21,8	819
Pløyd + utbalansert med Ca+S+B	15	234	325	473	625	7,2	20,3	17,9	744
	16	252	287	538	569	4,5	19,2	24,6	656
CarrierCC	5	281	326	450	509	3,5	13,5	16,8	629
	6	299	321	432	509	5	13,5	18,3	707
CarrierCC + utbalansert med Ca+S+B	13	258	381	541	641	9,3	12,8	17,0	407
	14	322	384	561	718	3,9	9,7	18,4	452
Dybdeløsning uten ferment	3	236	278	412	477	6,7	21,2	11,1	642
	4	252	319	516	612	7,2	18,3	11,3	648
Dybdeløsning med ferment	1	263	331	503	775	5,2	17,3	13,3	520
	2	260	287	492	728	4,8	18,6	15,3	493

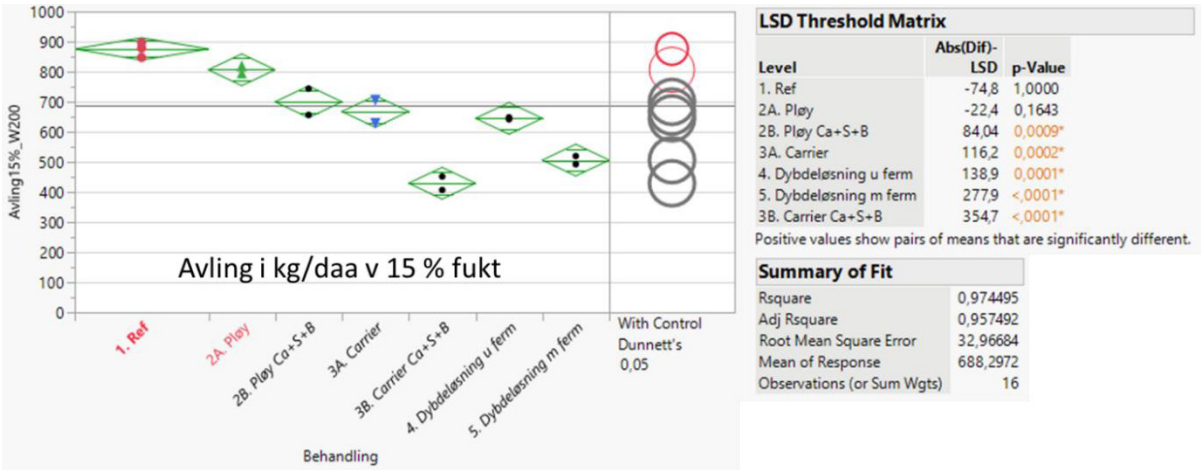
Referansefeltene fikk 100 % av anbefalt gjødselnorm, mens de øvrige fikk 75 % av norm. Dette ga ikke mer enn ca 70 kg/daa forskjell mot det beste 75 % feltet, og forskjellen var ikke signifikant. Det er også ulike ugrasforekomst som påvirker nivået, se Figur 49. Det var blant annet en del kveke som omtales i 5.6.2. Figur 49 viser at økende ugrasmengde reduserer avlingsnivået, og en enkel lineær tilpasning viser i dette forsøket at avlingen ble halvert ved 60 % ugrasdekning ved tresking sammenlignet med ugrasfri rute. Forklaringsgraden var 57 % og restspredning 105 kg/daa.

Plotter man avlingsregistreringene mot jordhardhet ser man at det trer fram en tydelig sammenheng, vist i Figur 48. Her er det gjort for både dybde til 200 PSI og 300 PSI. Som funksjon er det brukt Y = 0 + a*rot(x). Det er tydelig at en verdi (rute 13) avviker kraftig fra sammenhengen for 200 PSI-kurven, forklaringsgraden øker fra 37 % til 77 % om denne utelates fra analysen. Samme filtrering for 300 PSI-data fører bare til en marginal økning av forklaringsgraden (fra 50 til 54 %). Profildataene for rute 13 indikerer at de ulike dybdeverdiene viser stor spredning til 200 PSI nivå, og verdien er dermed usikker. Det ble

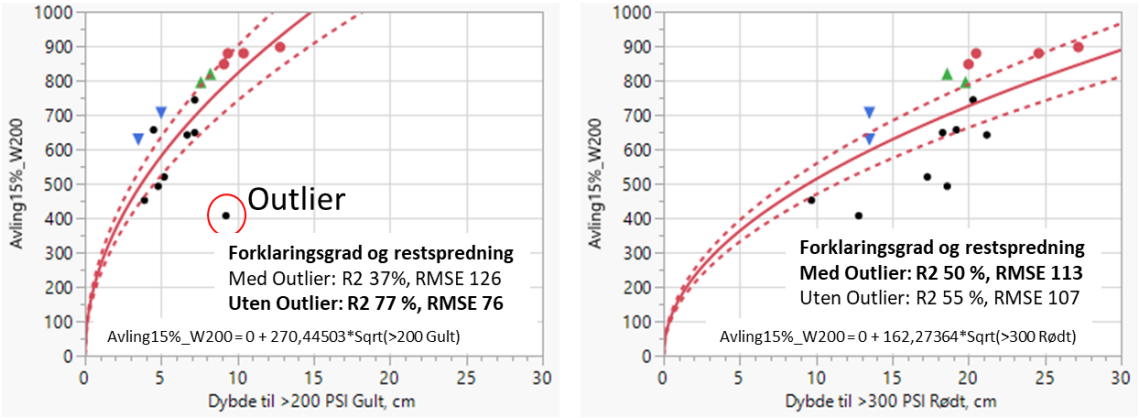
derfor valgt å utelukke denne. Ut fra grafene er det en god sammenheng mellom jordhardhet (pakking) og avlingsnivå med til dels høy forklaringsgrad (77 % for 200 PSI).



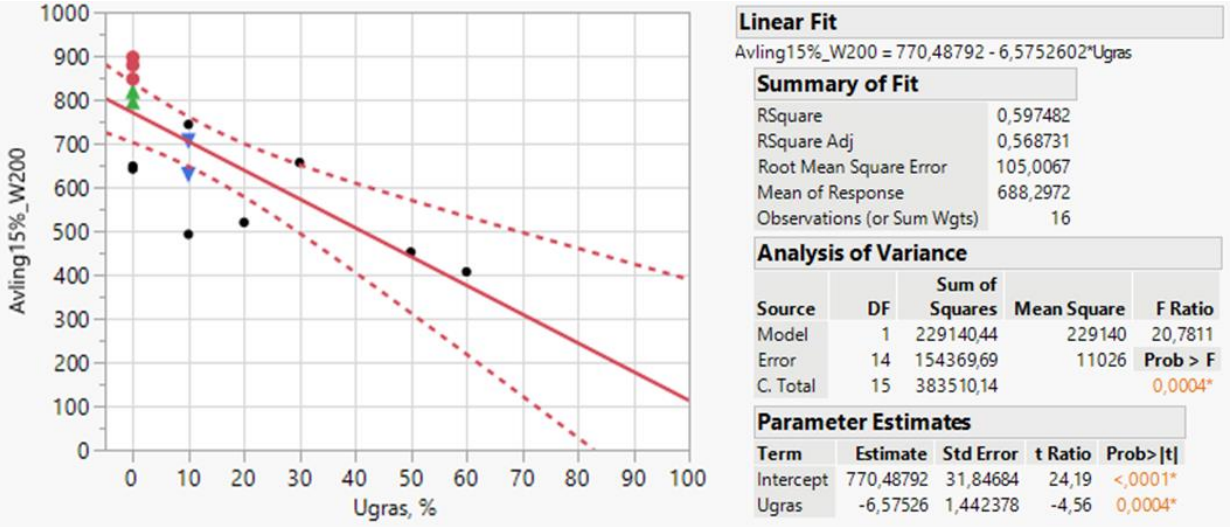
Figur 46. Penetrometerdybde til 200 PSI og 300 PSI for de ulike behandlingene med signifikanstest mot referanse.



Figur 47. Avlingsdata for rug i kg/daa ved 15 % fukt for de ulike behandlingene.



Figur 48. Sammenheng mellom jordhardhet og avling for dybde til 200 PSI (venstre) og 300 PSI (høyre). Forklaringsgrad og restspredning er vist m/ og u/ outlier, og med funksjon for valgte modell angitt i uthevet tekst.



Figur 49.Fig x6. Avling kg/daa ved 15 % fukt mot ugrasforekomst i % dekning ved tresking med lineær tilpasning.

Totalt sett viser forsøket at jordpakking og ugras har stor innflytelse på avling, noe som er kjent fra før og overhodet ikke noe nytt. Tallene og sammenhengene viser likevel viktigheten av å ha søkelys på disse forholdene også i et regenerativt dyrkingssystem. Det er derfor viktig å finne jordarbeidingsmetoder som kan benyttes dersom man har pakket jord, hvis ikke risikerer man at avlingsnivået reduseres til dels kraftig (rundt 50 % i dette forsøket). Det er også vesentlig å fokusere på ugraskontroll dersom omfanget blir for stort. I et regenerativt system må man ta disse avveiningene og iverksette rette tiltak når det trengs. Selv om man i utgangspunktet ikke vil gjøre for intensiv jordarbeiding kan det allikevel bli nødvendig å ta fram plog eller grubber for å løse opp i et problem. Men det må gjøres som en helhetlig strategi hvor slike fysiske tiltak spiller på lag med jordkjemi og ikke minst jordbiologi. Forsøket viser ellers at Carrier på denne jordtypen (siltrik) kan gi noe pakking, og at dybdeløsning kan bidra til å rette opp pakking.

5.6.2 Mekanisk kvekebekjempelse med KvickFinn

Allerede i 2021 var det en del ugras og kveke på forsøksjordene Langeland og Bruløkka på Ormo som omtalt over, og dette ble verre i 2022. Det ble derfor igangsatt en kvekekamp sommeren 2022 utført etter planen beskrevet i materiale og metode. I Tabell 22 er en oversikt over tiltak og resultater:

Tabell 22. Tiltak og resultater kvekekamp på Langeland og Bruløkka, Ormo 2022

Dato	Tiltak	Resultat
5.7	Markvandring i referansegårdsprosjektet på Ormo	Stort kvekeproblem Langeland og Bruløkka. Besluttet å avslutte forsøk og gjøre tiltak mot kveke. Tiltaksplan satt opp, se metode.
6.7	Kontaktet nabo som slo og fjernet gras	Det var for mye biomasse på åkrene til at det kunne flatekomposteres direkte, så graset ble slått og presset til rundballer. 53 rundballer (160 cm diameter) ble produsert og kjørt vekk. Se Bilde 36.
9.7	Skiftene ble flatekompostert	Det ble flatekompostert med 5 liter ferment iblandet 15 liter vann pr daa, Bilde 37 venstre.
7.-11.7	Skaffe utstyr for effektiv kvekebekjempelse	KvickFinn harv ble identifisert som et godt verktøy. Den ble kjøpt sammen med Ole Martin og Runar og kom 11. juli. Fikk opplæring av selger.
11.-12.7	Kjørt med KvickFinn på Langeland og Bruløkka	Kjørt med gåseføtter i 12 cm dybde og rotor i 6 cm dybde, turtall 450-470 revs/min og hastighet 4-5 km/t. Bilde 37 høyre.
12.7	Bedømt resultat	Kvekerøtter kastet opp på jorda og ligger godt eksponert for uttørking og sol.
25.7	Inspeksjon resultat KvickFinn runde 1	Mange kvekerøtter på overflaten er døde, men nye røtter har spirt. Bilde 38.
28.7	KvickFinn runde 2 på Langeland og Bruløkka	Gjentar behandling. Kjører skrått på tidligere kjøreretning for å få god overlapp. Bilde 39 venstre.
2.8	Inspeksjon resultat KvickFinn runde 2	Godt resultat. Mye døde kvekerøtter
7.-8.8	Pløyde Langeland og Bruløkka	Noen få grønne kvekespirer, pløyet på ca 20 cm. Bilde 39 høyre.
8.8	Harvet med Väderstad Carrier CC for jevnt såbed	Ble veldig bra såbed. Carrier var utmerket for å få jevnt såbed med så mye kvekerøtter.
9.8	Harvet igjen med Carrier til klart såbed	Måtte jevne noe bedre og få noe faster såbed.
9.-10.8	Sådd rug + blodkløver. Behandlet såfrø med kompostekstrakt, kalkvann og litt mangan.	Sådd 19,5 kg rug (populasjonsrug) + 520 g blodkløver pr daa. Brukt ca 1 % beisemiddel av kompostekstrakt, kalkvann og manganoppløsning.
14.8	Første spirer dukker opp	Rask oppspiring, 4 dager.
15.8	Hele åkeren spirer	Jevn og fin spiring
16.8	Svært rask vekst	Bladene er 10 cm lange 7 dager etter spiring. Bilde 40.
28.-29.8	Inspeksjon – vellykket behandling	Fin åker, gravde flere hull, finner svært mange døde røtter, men veldig få levende spirer.

Selve behandlingen startet 9. juli 2022 med flatekompostering. Den 10. august 2022 var arealet ferdig sådd. Da var det kjørt med KvickFinn to ganger, pløyd en gang og harvet med Carrier to ganger. Spiringen var svært rask (4–5 dager) og det ble en fin åker med 10 cm lange

blader en uke etter såing. Beising av såkorn med kompostekstrakt, kalk og mangan har nok hjulpet på dette. Det ble brukt populasjonsrug, og også sådd med noe blodkløver.

Behandlingen var vellykket, og det er fortsatt (i 2024) ikke mye kveke å se. I 2023 ble det dyrket erter i blanding med bygg på feltet, og deretter ny runde med rug.

Bilde 36. Rundballer etter slått av havre og kveke, 53 stk store baller (160 cm) på 70 dekar. Foto tatt 6. juli 2022 av Dag Molteberg.

Bilde 37. Flatekompostering 9. juli 2022 oversikt (venstre), og nærbilde etter første gang KvickFinn 11. juli 2022 (høyre). Foto: Dag Molteberg.

Bilde 38.. Inspeksjon 14 dager etter KvickFinn 25. juli 2022. Innfelt er nærbilde av masse kvekerøtter på bakken som alle er døde. Nye spirer kommer fra dypet. Foto: Dag Molteberg.

Bilde 39. Venstre: KvickFinn for andre gang 28. juli 2022, merk røtter som ligger oppå harv. Høyre: pløying 7. august 2022, veldig lite spirer å se. Foto: Dag Molteberg.

Bilde 40. En uke (7 dager) etter såing 16. august 2022. Venstre: nærbilde viser bladlengde 10 cm. Høyre: åkeren blir fin og ingen synlige kvekeplanter så langt. Foto: Dag Molteberg.

Det ble gjort microBIOMETER-målinger i forbindelse med kvekekampen, se kapittel 5.2.6. Det var tydelig at mengde mikrobielt karbon (MBK) ble redusert i løpet av behandlingen, særlig MBK knyttet til sopp. Men etter reetablering av ny rugåker med blodkløver økte MBK-nivået igjen.

Det er en drastisk beslutning å ofre årets avling (i dette tilfelle havre) for å håndtere kvekeproblemet. Imidlertid ble det tatt en slått med meget godt fôr som ga 53 store rundballer på ca 70 dekar. Å la åkeren stå hadde vært et dårlig alternativ, det hadde neppe blitt mer enn 50-100 kg havre pr dekar og åkeren hadde vært veldig vanskelig å treske med mye grønt.

I etterpåklokskapens lys burde det vært gjort tiltak tidligere. Samtidig ble dette en meget nyttig øvelse i prosjektet, der vi fikk demonstrert at det er mulig å håndtere kveke med mekanisk bekjempelse. Og det var som bonde svært tilfredsstillende å se at behandlingen virket og ikke minst at reetableringen gikk så raskt.

Man kan også spekulere i om det hadde vært mulig med en mildere behandling. I dette tilfellet hadde det nok ikke det, det var tydelig spiring av kveka etter særlig første gangs behandling, men også etter andre gangs behandling med KvickFinn. Med mindre kvekeforekomst kan det imidlertid være at færre behandlinger kunne vært nok. Imidlertid har flere av bøndene i prosjektet testet bare en behandling av kveke (med KvickFinn), men resultatet har da ikke blitt tilfredsstillende. Det har også vært forsøkt grubber istedenfor KvickFinn, dette har også gitt gode resultater (Nedre Skinnes).

5.6.3 Fastpunkt og analysepunkter microBIOMETER

Resultater fra disse undersøkelsene er vist under kapittel 5.2.6. Her er det vist at mikrobielt karbon (MBK) varierer over året. Typisk synker nivået gjennom vinteren, i perioder med tørt vær (tørke), og ved kraftig jordarbeid. Det øker ved kraftig plantevekst (underkultur etter tresking på høsten) og i fuktig være med god plantevekst. Over år vil nivået stige. Endringene er kraftigst for MBK knyttet til sopp.

5.6.4 Forsøk flatekompostering med og uten Biosa urteferment

Se kapittel 5.2.6. Flatekompostering av ruter behandlet med ferment på våren fikk større økning i mikrobielt karbon (MBK) målt etter tresking enn tilsvarende ruter uten fermentbehandling. Økningen var knyttet til MBK i sopp.

5.6.5 BioCover - biologisk beising såkorn

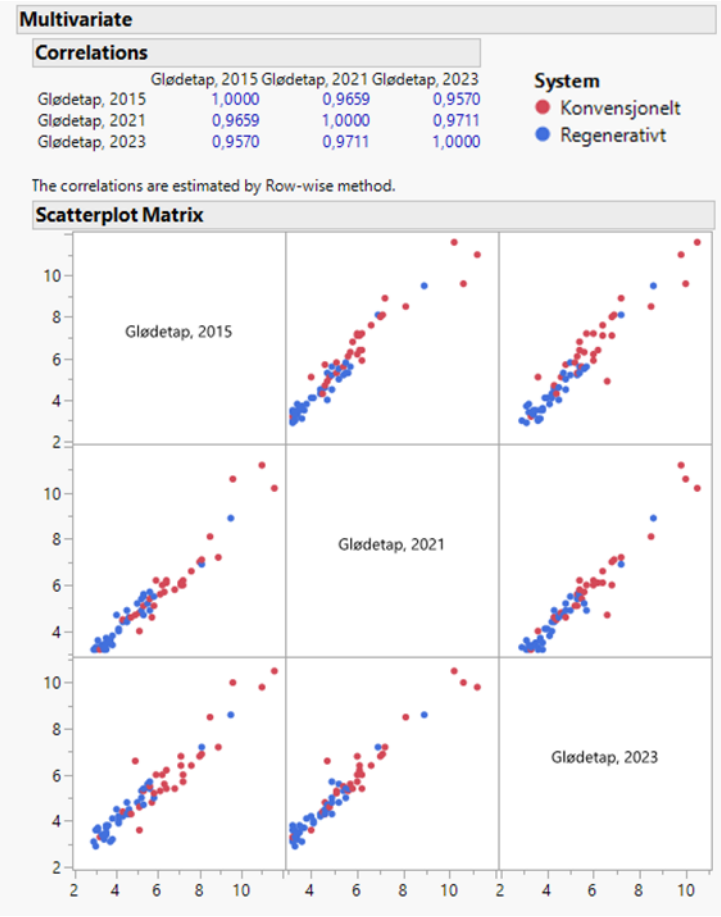
Se avsnitt 5.1.9. Forsøkene som er gjort her viser følgende for biologisk beiset frø:

- Beiset frø spirer noe raskere enn ubeiset frø for havre. Det er observert det samme for rug, hvete og bygg
- Unge planter fra beiset frø på 1-2 bladstadiet har for havre lenger blader, flere rotutløp og lenger total plantelengde (signifikante forskjeller)
- Det kan foreløpig ikke vises noen effekt på avling, enkeltmålinger slår begge veier
- Det observeres mer mikrobielt karbon (MBK) etter beiset havre både for konvensjonelt og regenerativt dyrket havre.

5.6.6 Karbon i Jord - GPS jordanalyser 2021 og 2023

I denne analysen er bare resultater fra Ormo og endring i moldinnhold med, siden analyseresultatene forelå for sent til å få med en komplett analyse av hele datamengde fra både Nes og Ormo. Ormo har tatt ut GPS-posisjonerte jordprøver i samme posisjon i 2015, 2021 og 2023. Prøvene i 2023 ble finansiert av Bondelaget og Gjensidiges Bærekraftsfond gjennom prosjektet Karbon i Jord. Prøvene er tatt ut i samme posisjon av NLR (Norsk landbruksrådgiving) og er analysert av Eurofins. Alle prøvene tatt ut på høsten etter vekstsesongen (november). Selve uttaket ble gjort med ATV påmontert uttaksutstyr og posisjonen ble funnet med GPS. Som en kontroll på at prøvene stemmer godt overens er det i Figur 50 vist sammenheng mellom glødetap for de 69 faste prøveposisjonene i årene 2015,

2021 og 2023. Korrelasjonen mellom årene ligger på 0,96-0,97 som viser god overenstemmelse.



Figur 50. Sammenheng mellom glødetap i % av tørr jordvekt målt i 2015, 2021 og 2023 på 69 faste prøvepunkter på Ormo viser god overenstemmelse mellom de ulike punktene.

For å finne om det er forskjell i utvikling av moldinnhold mellom konvensjonelt og regenerativt system ble det gjort en statistisk analyse av endring i moldinnhold fra utgangspunkt i 2015 til siste prøve i 2023. Omlegging til regenerativt system skjedde fra og med våren 2020 for 40 av de 69 punktene som er markert med blått i Figur 50. Siden uttakspunkt for jordprøvene er november, er 2019 siste år før omlegging. En mikset varianskomponentmodell ble derfor satt opp som følger:

Moldinnhold = a + b*årstall + c*system + d*årstall*system + prøvepunkt + restfeil

Ved å kjøre denne modellen i JMP ble det estimert endring mellom år (b) og om regenerativt og konvensjonelt system skiller seg fra hverandre i nivå og stigningstall (c og d). Prøvepunkt er en varianskomponent som beskriver variasjon innen samme målepunkt og restfeil beskriver restvariasjonen. Metoden med å inkludere prøvepunkt er valgt for å kunne utnytte dataene

best mulig i en samlet modell som er robust og dermed kunne få bedre signifikansnivå. Denne måten å modellere på kan sammenlignes med resultatet man får fra en parvis test i nøyaktighet.

Resultatet av modelleringen (Figur 51) viser en total forklaringsgrad på 94,6 % inkludert varianskomponenten for prøvepunkt. Uten denne ville forklaringsgraden blitt lav, ca 27 %, men det skyldes altså at variasjonen mellom prøvepunkter er veldig stor i forhold til endringen mellom år og forskjellen i moldnivå mellom systemene. At de to dyrkingssystemene har ulikt moldnivå skyldes forskjeller mellom skiftene. Både årstall, system og samspillet mellom dem ga signifikant bidrag til modellen (b, c og d var alle forskjellige fra 0), og svakest effekt hadde årstall med P = 0,0172. System og system*årstall hadde begge P < 0,0001. Varianskomponenten for prøvepunkt ble 2,28 og restvariansen ble 0,27 og RMSE 0,52.

Summary of Fit

RSquare	0,947225
RSquare Adj	0,946445
Root Mean Square Error	0,520482
Mean of Response	3,734783
Observations (or Sum Wgts)	207

Fixed Effect Tests

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Årstall	1	1	136	5,8145	0,0172*
Kategori20	1	1	67	26,2984	<,0001*
Årstall*Kategori20	1	1	136	35,1668	<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	DFDen	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	56,387307	21,77264	136	2,59	0,0106*
Årstall	-0,025994	0,01078	136	-2,41	0,0172*
Kategori20[Konvensjonelt]	0,9633621	0,187856	67	5,13	<,0001*
(Årstall-2019,67)*Kategori20[Konvensjonelt]	-0,063927	0,01078	136	-5,93	<,0001*

REML Variance Component Estimates

Random Effect	Var Ratio	Var Component	Std Error	95% Lower	95% Upper	Wald p-Value	Pct of Total
Prøvenummer	8,4267235	2,2828118	0,4101576	1,4789178	3,0867059	<,0001*	89,392
Residual		0,2709015	0,0328516	0,216498	0,3488575		10,608
Total		2,5537133	0,4105959	1,9073805	3,596679		100,000

-2 LogLikelihood = 556,15533212
Note: Total is the sum of the positive variance components.
Total including negative estimates = 2,5537133

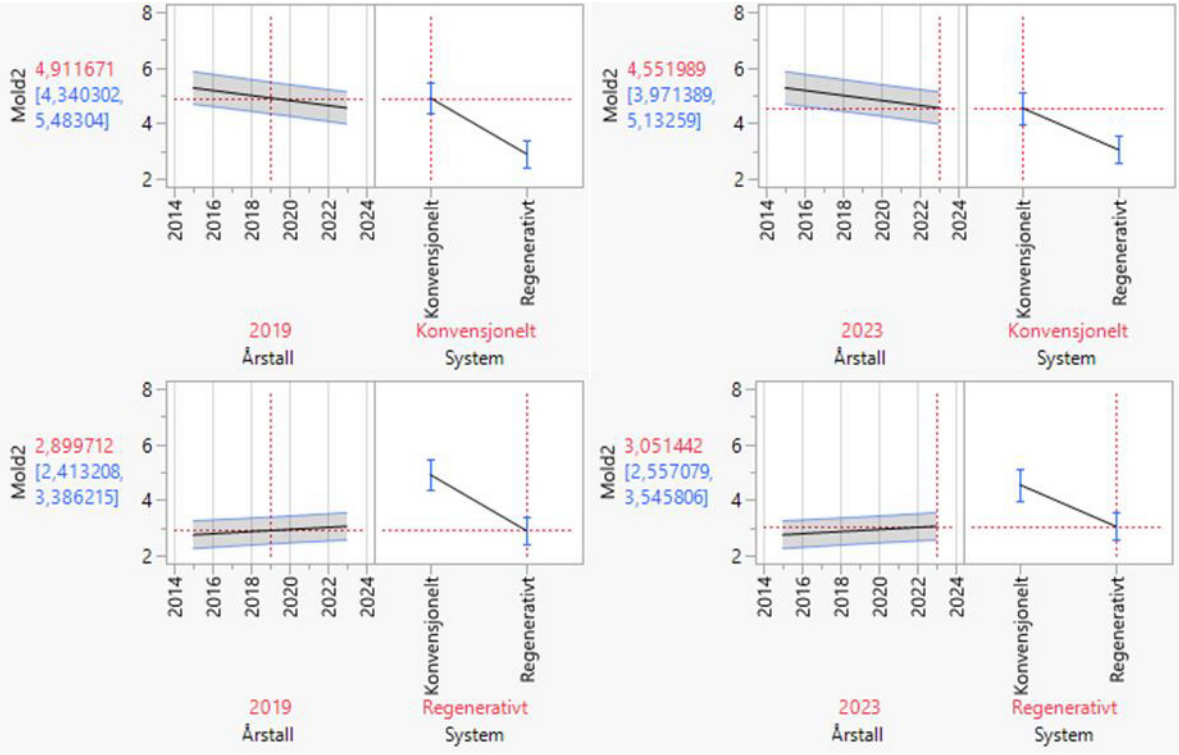
Figur 51. Modellsammendrag, effekttest, parameterestimater og varianskomponenter for samlet modell for moldinnhold på faste prøvepunkter for Ormo målt i 2015, 2021 og 2023. OBS: modellen er parameterisert med senterpolynom.

Det kunne med andre ord påvises at moldinnholdet har endret seg forskjellig fra 2015 til 2023 for konvensjonelt og regenerativt system. I Figur 52 er det gjort beregninger av forventet middelverdi for konvensjonelt og regenerativt system i 2019 (før omlegging) og 2023 (nå-situasjon). Denne viser at det konvensjonelle nivået har sunket fra nivå 4,91 % mold i 2019 til 4,55 % i 2023. De regenerative prøvepunktene har tilsvarende økt verdi fra 2,90 % mold til 3,05 % mold på fire år. Usikkerhet er beregnet til 0,09 % for konvensjonelt og 0,08 % for regenerativt system.

Tabell 23. Gjennomsnittlig moldinnhold, endring moldvekt, endring moldvekt pr år og endring karboninnhold pr år for konvensjonelt og regenerativt system på Ormo fra 2019 til 2023.

System	Andel mold 2019, %	Andel mold 2023, %	Vekt endring 4 år, kg/daa	Vekt endring pr år, kg/daa	Vekt endring karbon i jord pr år, kg/daa
Konvensjonelt (29 punkter)	4,91 ± 0,09	4,55 ± 0,09	- 1007 ± 263	-252 ± 66	-126 ± 33
Regenerativt (40 punkter)	2,90 ± 0,08	3,05 ± 0,08	+ 425 ± 222	+ 106 ± 56	+ 53 ± 28

Gjennomsnittlig jorddensitet på feltene er 1,4 kg/dm^3. I 20 cm jorddybde er det da 280 tonn jord per dekar. I Tabell 23 er det satt opp hva dette betyr for endret moldvekt, moldvekt pr år og karbonendring i jord gitt 50 % karbonmengde i mold.



Figur 52. Simulatorverdier fra JMP for modellen vist i Figur 51 for moldinnhold i 2019 (før omlegging) og 2023 (nåverdi) for konvensjonelle og regenerative prøvepunkter i gjennomsnitt. Usikkerheten i estimat for mold gjelder for en prøve. For middelverdi må denne reduseres med roten av antall verdier som inngår i middelverdien.

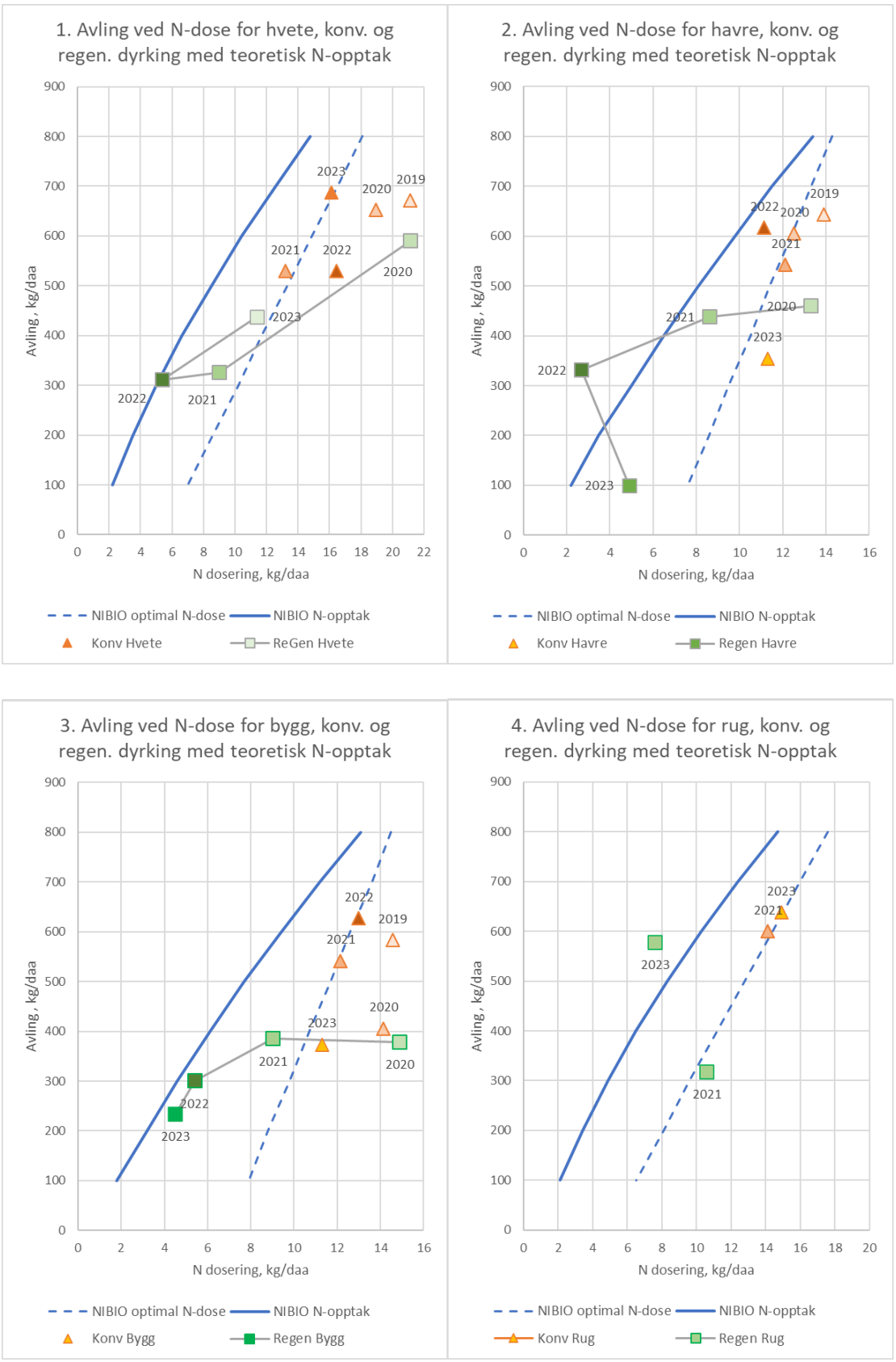
I forhold til tidligere estimat 320 ± 160 kg/daa for de samme prøvepunktene basert på tall fra 2021 og 2015 er økningen for karboninnhold i regenerativ jord på 53 ± 28 kg/daa pr år nå lavere og sikrere. De tidligere tallene hadde vesentlig større usikkerhet blant annet fordi tidsperioden var kortere og det var færre data. Det er også stor usikkerhet knyttet til måling

og beregning av moldinnhold i jord som tidligere nevnt. Dette viser viktigheten av å ha godt tallgrunnlag for slike beregninger. Det er derfor behov for bedre metoder for slike undersøkelser.

5.6.7 Utvikling nitrogentildeling og avling 2020-2023

Basert på skiftenoteringer, tresket volum og innmålte kornlass er det for de ulike kornslagene beregnet gjennomsnittlig gjødslet N-mengde og avling for konvensjonelt system (røde trekanter) og regenerativt system (grønne firkanter) for årene 2019-2023, vist i fire plott for hvete, havre, bygg og rug i Figur 53. Erter er ikke med siden de ikke får nitrogengjødsel. I plottene er det også med en blå referanselinje som beskriver teoretisk nitrogenmengde i fjernet avling ved ulike avlingsnivåer og stiplet linje som beskriver anbefalt gjødsling for å ta denne avlingen, begge framkommet ved å bruke det nettbaserte NIBIO-verktøyet Optimal-N [11]. Halm er ikke fjernet, men tilbakeført jorda for alle år og produksjoner.

[11] http://optimaln.nibio.no/



Figur 53. Avling mot N-dose i kg /daa for konvensjonelt (rød trekant) og regenerativt system (grønn firkant) sammenlignet med teoretisk mengde i fjernet avling (blå hel linje) og ved optimal tildeling (stiplet linje) 2019-2023 for 1) høsthvete, 2) havre, 3) bygg, 4) høstrug.

For høsthvete (1) varierer avling for konvensjonelt system mellom 530 til 670 kg/daa. N-gjødslingen ligger til høyre for blå linje for teoretisk N-opptak med avling og varierer fra 13 til 21 kg/daa. For regenerativt system er det gjort en gradvis nedtrapping av N-mengde, fra 21 kg/daa (rundt 100 % av konvensjonelt) første år (2020) til 5,5 kg N/daa i 2022 og 11,5 kg/daa i 2023 (ned til rundt 50 % av konvensjonelt). Avlingsnivå har gått ned i 2021 med redusert N for regenerativt system, men ikke med ytterligere reduksjon av N i 2022.

For konvensjonelt system ble avling i 2022 den samme som i 2021 selv om N ble økt. For 2023 økte avlingen for regenerativt system, men også N ble noe økt. For 2022 og 23 samlet ga regenerativt system 44,6 kg avling / kg N, mens tallet var 37,3 for konvensjonelt system. Det kan se ut som om avlingsnivået for regenerativt system er på vei oppover.

For havre er resultatene vist i delfigur 2. Her er 2023 svært lavt på grunn av tørken både for konvensjonelt og regenerativt system. For årene 2019-2022 ligger konvensjonell havre på 550 – 650 kg/daa med N gjødsling 11-14 kg. Regenerativt system ligger lavere og N ble redusert til ca 9 kg i 2021 og 3 kg i 2022, mens avlingen ble 440 kg og 330 kg, altså lavere. Tørkeåret 2023 er her utelatt. Ser man imidlertid på 2022 ser man at her ligger N gjødslingen for havre på venstre side av den blå linjen, det ble altså gjødslet mindre enn N fjernet med avling. Dette betyr at havreplantene må ha fått mer N fra jorda og jordlivet enn det som ble tilført utenfra. En ytterligere kommentar om havre i 2022 er at det for en del av arealet ikke ble tresket regenerativ havre på grunn av kvekekampen som ble utført, men et mindre areal som var lite berørt ble satt igjen og tallene gjelder for dette området. For 2022 og 23 samlet produserte konvensjonelt system 43,2 kg havre pr kg N tilført, mens RS produserte 56,8 kg havre pr produsert N tilført.

Bygg er vist i delfigur 3. Også her var 2023 et svakt år for både regenerativt og konvensjonelt system, men også 2020 var et dårlig byggår på Ormo. Alle år er derfor med i sammenligningen. Konvensjonell avling varierer fra 350 – 640 kg/daa i årene 2019-2023, det ble da dosert 11-15 kg/daa N. Regenerativt system ligger lavere med 230-380 kg/daa i avling. Nitrogendose ble trappet ned fra 15 kg N i 2020 til 9 kg i 2021 og rundt 5 kg N/daa i 2022 og 2023 som da er på omtrent 40 % av konvensjonelt nivå. For de to siste årene ligger regenerativt svært nær den blå linjen. Konvensjonelt system produserte 41 kg avling pr kg tilført N, mens det regenerative systemet produserte 54 kg avling pr kg tilført N. Dersom man ser bort fra 2023 kan det også for bygg virke som om produksjonsevnen bedres i forhold til tilført N mengde.

Rug ble bare dyrket i 2021 og 2023 som det framgår av delfigur 4. Konvensjonell rugavling var da 600 og 638 kg, med 14 og 15 kg N tilsatt. Regenerativ avling var lav i 2021 med 318 kg/daa med 10,5 kg N tildelt, den lave avlingen skyldes nok kvekeproblem der den ble dyrket dette

året (Langeland og Bruløkka, se også 5.6.2). I 2023 ble avlingen 578 kg/daa, 91 % av nivået for konvensjonelt, og med 7,6 kg N tilført som er omtrent halvparten av hva den konvensjonelle rugen fikk. Rug for 2023 legger seg dermed til venstre for den blå linjen for fjernet nitrogen med avling, og tilført nitrogen var dermed lavere enn fjernet. Det konvensjonelle systemet produserte for 2023 43 kg avling for hver tilført kg N, mens for det regenerative var tallet 76 kg avling per tilført kg N. Rug ser dermed ut til å holde høy produksjon til tross for tydelig nedgang i tilført nitrogen (ned til 50 % nivå) og har den klart beste nitrogeneffektiviteten av sortene.

Totalt sett produserte høstkornet i 2023 omtrent som normalt, til tross for tørken. Bygg og spesielt havre produserte mye svakere. Til tross for dette året kan man se en trend der avlingene for regenerativt system ble svakere i 2020-22 for så å bedre seg relativt sett til konvensjonelt i 2023. Lavere nitrogentildeling i regenerativt system med omtrent 50 % nivå i høstkornet og 40 % nivå i vårkornet har satt sine spor på avlingen. På det meste har dette gitt et avlingsnivå ned på 54 % av konvensjonelt nivå for gården 2022, men for 2023 har det økt til 61 %. Samtidig er nitrogeneffektiviteten høyere for regenerativt system målt som kg avling pr tilført mengde N. Mens konvensjonelt ligger på nivå 37 kg for hvete og 41-43 kg for de andre sortene er tilsvarende tall for regenerativt 45 for hvete, 54-57 for bygg og havre og 76 for rug. Som nevnt er ikke denne sammenligningen gjort helt parvis og er dermed beheftet med feil, men siden man kan observere endring i samme retning for alle fire kornslag er likevel trenden ganske sikker: det regenerative systemet har allerede fått en bedre effektivitet for utnyttelse av tilført nitrogen i løpet av prosjektet. Å beregne en slik produksjonsfaktor fra tilført N bør enkelt kunne gjøres på flere gårder og kan være en god indikator om jordsystemet fungerer. Det samme kan også gjøres i forhold til andre makronæringsstoffer som fosfor og kalium. Slike beregninger kan gi en indirekte kontroll på om dyrkingssystemet er på vei i rett retning og at næringstilførselen havner der den skal – i plantene.

5.7 Observasjoner og utviklingsarbeid på gårdene

5.7.1 Nedre Skinnes

5.7.1.1 Maskiner og utstyr

- Byttet ut Väderstad såmaskin til lettere utstyr pga pakking.
- Ombygging av jordfres til flatekompostering. Byttet til L kniver. Beitepusser tilpasset med brakett og fermentdunker + sprøytebom + pumpe inkl styring.

- Løsning med gåsefotharv (grubber) etter flatekompostering med/uten gåsefot. Tilpasset med fermentsprøyting for ekstra effekt ved dybdeløsning (dyp kjøring), kjører da uten gåsefot.

5.7.1.2 Kompost og biologiske preparater

- Lager MC-kompost av sauetalle og flis– har testet både lagvis opplegging og blandet. Gjør blanding med gravemaskin og rotatilt. Legger et lag med leire på toppen.
- Brygging av ferment i melketank – eget røreverk, lette å holde reint, ferment blir lagringsdyktig over tid. Kan bruke pumpeutstyret på tanken til å fylle traktor. Siling: første propp kjøres ut, deretter filtreres med filterposer ved påfylling.
- Passer på å sile alle ingrediensene til vitalisering med åkersprøyte dersom det kan gi tetting
- MicroBIOMETER: brukt til kompostkarakterisering (ekstrakt) for å sjekke at kvalitet er god nok.

5.7.1.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk

- Erfaring med vanning og regenerativt. Mye mindre sannsynlighet for tilslemming på små kornplanter, flatekomposten på toppen skaper struktur og beskyttelse, bedre vanninfiltrasjon
- Tromling for stimulering av busking, sprer underkultur og sikrer jordkontakt. Gjøres fra 1 til første leddknute. Må være lagelig.
- Sprøytekalking: bruk rett type kalk! Må være fin nok (må enkelt passere 400 µm filter eller finere).
- Har testet mange måter å gjøre ting på for å finne hva som fungerer.
- Bruk av husdyr i det regenerative: med sau som trenger fôr får du gras i skiftet som gir et nyttig vekstskifte. I tillegg får du tilgang til husdyrgjødsel som er gunstig å bruke for å få en god kompost. Grisen (utegående) har mye mer gjødsel, men den blir i gårdens opplegg igjen på jorda i stor grad på et skifte om gangen. Men de skaper en næringsimport i form av kraftfôr som er nyttig for en gård som har eksportert næring netto i 60 år. Jorda har godt av dette, man kan se forskjellen. Grisen kan brukes aktivt i vekstskifte som er gunstig i påfølgende planteproduksjon.
- Samdyrking har flere fordeler, du får gjerne større total avling, man får gjerne stående åker når man ellers får legde, sannsynligheten for sopp og insektskader går ned. Vekstskifte blir bedre. Har testet erter/bygg.

5.7.2 Fossnes

5.7.2.1 Maskiner og utstyr

- Solgt plog, harv og slådd. Kjøpte såmaskin med skållabber og Celli biofres (Pioner 140). Angrer ikke på plogsalg.
- Har ugrasharv med såaggregat (Einböck) for underkultur. Har også blandet inn underkultur i såfrø. Foretrukket metode er med ugrasharv, bedre nøyaktighet og raskere (slipper å blande). Utfordring å få gjort det i rett tid.
- Gjør hele flatekompostering i en operasjon (fermentpåføring, pussing, fresing). Bygde sammen slik løsning fra starten i 2017, men opplevde at utstyret ble framtungt med fermentdunk framme i laster. Fikk tak i brukt sprøytetank og har nå toppmontert fermentdunk bak på fres isteden. Hadde først dunken framme i frontlaster, men mye bedre å ha den bak (bedre sikt, redusert totalvekt med ca 1 tonn (kunne ta av laster og pallegaffel), bedre vektfordeling).
- Har også rotorfres som rotere hvertikalt og som dermed foretar en horisontal "sideveis" utjevning av det øvre jordlaget, brukes når det er for ujevnt etter for eksempel flatekompostering.
- Har satt på elektrisk pumpe på fermentdunk på fres. Av-på regulering, regulerer mengde med dyse og resten går i retur tilbake til tank.
- Beising/påføring av mikrobiologi på såfrø: startet med å legge såfrø i såmaskin og dusje på beisevæske for deretter å røre litt rundt. Nå blandes korn og væske i plansilo (drypper væske på tynt lag med korn med plastflaske med hull i kork) og blander med spade.

5.7.2.2 Kompost og biologiske preparater

- Brygging ferment: brygger i to trinn: 1) 25 l dunk m 0,7 l melasse og 0,7 l forkultur og etterfyller m lunkent vann, lar kulturen vokse. Deretter samme prosess igjen med den ferdige 25 l dunk m kultur + 25 liter melasse + vann (lunkent) i melketank på 1800 l. Bruker ikke røreverk eller ekstra varme på tank. Tankvasker er kjekt. Bruker syre og base vask annenhver gang for å hindre biofilmdannelse.
- Siling ferment: bruker saftposesil (beregnet på råsaftlaging), pumper gjennom den. Har også filter med fin metallnetting («hatt» type), men filterpose fungerer godt.
- Kompost: lager ikke kompost, bruker kuene!
- Kompostekstrakt lages fra innkjøpt kompost, evt naturlig kompost fra veldig god jord.
- Testet Edeljuice, veldig bra spiring. Har bilder på WhatsApp.

- Brukt noen av Helixproduktene (Ca, Mn, Zn) og EPSO Microtop.

5.7.2.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk

- Såmaskin er lett, vekster som krever større sådybde krever derfor noe dypere jordarbeiding (for å få ned sålabb-skålene)
- Ved kraftig underkultur/eng med mye raigras (kraftig rotmasse) som er litt fuktig er det mer utfordende å unngå klumper og tuster. Må ikke kjøre for fort, da blir det mye tuster som lett finner ny jordkontakt. Det blir også vanskelig å lage godt såbedd. Bruk god tid på flatekompostering!
- Rett dybde flatekompostering – det optimale er å kunne kjøre bare en gang. Går ofte bra på høstkorn, vanskeligere på vårkorn. Kommer også an på hvor jevnt jordet er, velg kjøreretning etter arrondering for å øke jevnhet. Maks 4 cm dybde. Bruk kjørehastighet fra 3-6 km/t. Lavest ved kraftig eng for best resultat. Sparer mye jobb etterpå. Lagelighet er viktig, men litt fukt kan være fint for å slippe støv.
- Mindre risiko å så litt dypere enn for grunt.
- Bruk av husdyr i det regenerative: bruker Nofence for styrt beiting. Nye områder hver dag. Prøver å bruke en korridor til vann, trenger da ikke sette opp vannposter over alt. Utvide området litt etter litt, da spiser kuene de nyåpnede områdene og de kan allikevel gå etter vann. Kuene lager seg stier, men opplever ikke at det blir problem med klin. Bruker også skogen når det er mat der.
- Kvekebekjempelse – se rapport fra 2021. Kvekesituasjon nå: er til stede, men ikke et problem. Tistel og dylle har kommet mer, men er ikke bekymret. Har tro på at når ugraset har gjort jobben vil det gå tilbake. Frøugras er ikke noe tema.
- Underkultur: bruker Strand 52 eller surforblandinger (Strand nr 24 og 28), og Spire Surfor normal. Også Spire karbonfiks er brukt, men denne har for liten diversitet.
- Erfaring med vanning og regenerativt: får avling i tørrår, men må vanne veldig ofte og mye. Viktig å begynne tidlig. Mindre overflateslemming etter omlegging til regenerativt enn før omlegging, også mindre generell erosjon. Hadde årlig reparasjoner av elvegravde grøfter (før omlegging), ikke gjort slike reparasjoner siden omlegging startet i 2017.
- Samdyrking: har brukt biodiversitetsblandinger med opptil mot 21 arter (Camena). Høstet fôr og brukte som beite, dyrket høstkorn etterpå med godt resultat. Mer fart i jorda, mer roteksudater. Mer robust jord mot sykdommer. Ellers også havre/ert – effekt veldig avhengig av såtidspunkt og jordtemperatur. Eksempel 2023: det som ble sådd sist 22/5 mye bedre enn det som ble sådd 9/5 – 300 mot 100 kg/daa.

- Kalksprøyte tidlig på lite ugras kan gi effekt mot ugras, blir prikkete brune flekker på bladene til ugraset, men ikke til kornet/kulturplanten.
- Flerårig korn (Kernza) testes ut, sådd juli 2023. Litt tidlig å vurdere effekt foreløpig.

5.7.3 Sørli

5.7.3.1 Maskiner og utstyr

- Installert frontmonterte fermentdunker på beitepusser ved flatekompostering med bom og Celli biofres bak. Samme type bom i syrefast som hos Nordre Tveter.
- Montert fermentpåføring på laber til dybdeløsning
- Montert fermentpåføring dusj (siloensileringsutstyr (større dråper for mindre avdrift) på fastgjødselvogn for blanding av MC-kompost med samtidig fermentpåføring
- Siling ferment: startet med linduk og gamle skjorter og honningsil, men det tettet hele tiden. Brukte opptil en time pr dunk. Gått over til nettingsil (hattformet) med grovere masker (400 µm) for ikke å tette i dyser og sprøyte.
- Kompostekstrakt: løser opp ca 20 liter kompost i 100 liter vann i en IBC (avkuttet 500 l) lar den stå fra 30 min til noen timer (vanligst). 27 grader på vannet. Siling av kompost gjøres som for ferment, se forrige punkt.
- Har anskaffet 600 l kompost-te brygger, men prosessen tar lang tid og er følsom. Bruker heller kompostekstrakt, kompost-te bryggeren har ikke vært brukt siste to år.
- Med i felles prosjekt med felleseid beiseapparat for behandling av såkorn (se Ormo).
- Kjøpte ugrasharv med såaggregat (6 m), bruker den ved ugrasharving og såing av underkultur i høsthvete og høstrug om våren. Kjører også for Tveter og Ormo.
- Solgte plog og slåddeharv. Lånt tilbake plog i krisetilfeller på noen skifter der det har blitt for mye pakking på vanskelig jord (silt/sandig pulver jord som pakker seg lett). Jordstruktur har blitt bedre. Plog brukes også ved eventuell kvekebekjempelse ved behov.
- Kvick Finn skaffet i fellesskap med Tveter og Ormo. Idealet er to behandlinger med en-to ukers mellomrom med dybde 10-12 cm for gåselabb og 6 cm på rotor. 450-480 turtall. 4-5 km/t. Deretter pløying.
- Kjøpte grubber Horsch Terrano FX 4,3 m med gåsefot og pakker. Nødvendig med mulighet for dypere jordbehandling/løsning. Kan ta av gåseføtter for ekstra dybde og mindre blanding («ren løsning»). Kjørehastighet 6 km/t.
- Gjødselspreder Rauch med seksjonskontroll og automatisk dosering + GPS styring. Kan gi ned til 2 kg/daa. Har også liten APV-spreder til bor og annet som kan gi ned til noen

få hundre gram. Kjører med begge spredere samtidig for å minimere kjøring (liten foran og stor bak).

- Åkersprøyte kjøpt for plantevitalisering og bladgjødsling. Har seksjonskontroll.

5.7.3.2 Kompost og biologiske preparater

- Brygging av ferment i 12 stk IBC-tanker om gangen. Erfaringer: dropper urtetilsats / høytilsats på brygging på våren når det ikke er noe grønt. Tilsetter melasse, salt, tangmjøl og startkultur + ekstra vann etter at vann er fylt på til rett temp (900 liter, temp 38 grader), gikk mye raskere enn tidligere da alt annet enn startkultur ble tilsatt før vannpåfylling (temperaturen kunne da tidvis være oppe i 60 grader).
- Ferment brukes på jord (flatekompostering), til kompostlaging og til behandling av gylle (tilsettes i stor kum i god tid før bruk). Behandler også hønemøkk med ferment med manuell sprøyte når den kjøres ut til lager. Funderer på bedre løsning her
- Lager MC kompost. Har laget rundt 1000 m3 i året, legger den rett på jordet nær vei (lett adkomst for ingredienser og for spredning). Gjødsel typer brukt: ku-talle og fast hønemøkk. Erfaringer: kompost av ku-talle ser bedre ut, finere struktur. Men det fungerer også med hønemøkk. Flistyper benyttet: løvtrevirke, har forsøkt med litt ulik mengde 10-50% flis, best med 50 % med hønemøkk. 30 % flis på ku-talle er ok. Kompost ligger minimum 1,5 år. Kjører nå ut rundt 0,5 m^3/daa.
- Sobac: har brukt pellets på jordene, og i de siste år hatt Sobac i gjødsel og kompost og sprer denne videre ut. Har hatt på Sobac eller kompost på jorda i minst tre år over det meste av arealene.
- Gjødsler med gylle før såing (vårkorn), har tidligere også kjørt på noe rundt busking. Høstkorn, kjører på så fort det er kjørbart
- Kompostekstrakt brukes til bladgjødsling og vitalisering. Blandes med kalk, mangan, sink, Fulvic 25, mikronæring m.m. etter behov.
- Kalk i plantevitalisering har gitt utslag på meldestokk - gir mistrivsel /flekker på plantene og de går tilbake.

5.7.3.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk

- Tilføring av gips ($CaSO_4$) på magnesiumovermettet mellomleire har gitt gode resultater, mye bedre jordstruktur og større tidsvindu for jordarbeiding. Får vasket ut og redusert magnesium (svovelet bindes til den), og får økt kalsium.
- Kalk bladgjødsling: brukt sprøytekalk som er lettere å løse opp, ikke hatt noe problem med siling.

- KvickFinn – har gjort kvekekamp og der det er kjørt to ganger + pløying har det gitt god effekt. En gang er mer usikkert.
- Beising/behandling av såkorn med biopreparat – ble testet i 2023 første gang, men pga. tørke kunne man ikke se noe spesielt på sluttresultatet. Men plantene viste i tidlig stadium tegn på bedre rotutvikling og vekst.
- Underkultur: bruker Strand 52. I starten brukt over 1 kg/daa som ga nesten for mye underkultur når den ble sådd om våren. Har redusert til rundt 0,5 kg som ser ut til å fungere bra.
- Samdyrking: har testet havre/åkerbønner, gikk middels. Var for hardt for åkerbønnene (røttene vokste i vinkel!), så jordstruktur må ta skylda. Tenker å prøve mer bygg/erter og seinere havre/åkerbønne.
- Erter/åkerbønner: god forgrøde, blir bedre struktur.
- Raps: har slitt med nepebladveps. Har fått god etablering på sensommer, men skade fra veps. Noen trøblete vintre har gitt dårlig overvintring. Litt dårlig jordstruktur har også bidratt til det. Ønsker å prøve igjen, men vil vente til jorda er i bedre skikk.
  Snegler: har forsøkt å sprøyte m ferment og hvitløk forebyggende, hadde ikke snegler etterpå. Naboeiendom like ved hadde snegler i sin rapsåker. Vanskelig å si om behandlingen virket, men rapportert samme effekt i litteraturen.
- Har noe sau (gammelnorsk spelsau) som har beitet på underkultur, dyra har trivdes veldig bra og har gitt veldig bra lam (høy kvalitet, store lam).
- Hønene har vært mest i nærheten av hønehuset, har ikke brukt disse aktivt på jorda, bortsett fra at hønemøkk brukes i kompost.
- Forbedringer: ønsker å teste ut Johnson-Su-kompost – eller lage «superkompost» for å få enda bedre vitalisering / såkormbehandling etc. Bladsaftanalyser – få til bedre.

5.7.4 Nordre Tveter

5.7.4.1 Maskiner og utstyr

- Multippel spredning av mineraler med tre spredere på samme traktor (to APV-spredere i front og stor bak) - kalk, svovel og bor kan spres samtidig med en overkjøring.
- Satt på småfrøkasse på såmaskin for å kunne så underkultur og hovedkultur samtidig, eventuelt tre sorter samtidig ved å bruke gjødsellabber til erter eller åkerbønner.
- Satt på fermentdyse på dybdeløsner for å spraye ferment ned i fåra under dybdeløsning.

- Laget ordentlig syrefast sprøytebom til fermentutsprøyting for montering på beitepusser. Testet med enkle plastrør først, men det holdt dårlig (steinsprut etc.) og måtte byttes ofte. Nytt rør mye bedre.
- Installert renseanlegg for å skille korn/ert/bønne/dodre, Renser også eget såkorn. Fungerer bra.
- Med i felles prosjekt med felleseid beiseapparat for behandling av såkorn (se Ormo).

5.7.4.2 Kompost og biologiske preparater

- Laget MC-kompost – ligger til modning nå. Husdyrtalle med halm og innblandet flis
- Brukt ekstrakt fra kompost som basis for vitalisering. Tilsatt ekstra karbonkilde og mikromineraler etter behov
- Brukt ekstrakt fra kompost som basis for beising av såkorn.
- Spredt Sobac for økt mikroliv, Sobac-pulver i talle og -pellets på jorda.

5.7.4.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk

- Har testet samdyrking åkerbønne + havre + dodre, erter + bygg, og erter + havre. Fungerer veldig bra. Oppnådd gode avlinger
- Dybdeløsning er testet alene og i kombinasjon med såing der såmaskin ble montert rett bak dybdeløsner. Begge deler ga god effekt og betydelig løsere jord. Spesielt gunstig var det å kjøre kombinert løsning+såing - færrest mulig overkjøringer og fårene ble lukket av såmaskin. Dette ble testet slutten av august 2020.
- Bruk av husdyr i det regenerative – ikke brukt mulighetene ennå. Har slått underkultur til fôr.
- Har ferment og Sobac i husdyrmøkk og talle - møkka blir raskere omdanna og mer homogen, lettere å få ut. God varmgang, strør hver dag. Strukturen i talla blir fin nedover og lettere å jobbe med.
- Dybdeløsning: kjørt med og uten på et felt, bedre vekst og mer grønt der det ble dybdeløsnet, jorda endrer også farge og karakter (struktur)
- Har prøvd beising, men 2023 ble et vanskelig år og det ble ikke gjort noen registreringer av effekt. Men inntrykket er at plantene får større rotmasse og bedre vekst.

5.7.5 Ormo

Følgende gjelder andel av gården (ca 270 daa) som er lagt om fra 2020.

5.7.5.1 Maskiner og utstyr

- Sluttet å bruke plog og såbedsharv ved vanlig jordarbeid.
- Praktiserer flatekompostering (FK) med tre operasjoner i en kjøring: kjøpt biofres (Celli Tiger 190) og beitepusser, satt på gammel sprøytetank (600 l) bak på fresen, og montert syrefast sprøytebom for ferment for at beitepusser. Ettermonterte frontaggregat på traktor for å kunne sette beitepusser foran og fres med dunk bak. Adoptert løsninger fra de andre bøndene i prosjektet. Testet å kjøre operasjonene hver for seg først, det ble mye kjøring og lite effektivt.
- Kjøpt Väderstad Carrier CrossCut for å teste ut grunn jordbearbeiding etter flatekompostering istedenfor fresing (større kapasitet). Ser ut til å bli litt mye pakking og må ofte kjøre to ganger for å få tilstrekkelig godt resultat. Like raskt å kjøre fres en gang som ser ut til å gi bedre resultat. Kan hende på sikt at Carrier kan bli et alternativ med løsere jord og tuster som lettere separerer seg.
- Kjøpt grubber Horsch Terrano 3 FX for grunn til dypere jordarbeiding (med gåsefot) og til løsning (uten gåsefot). Ser foreløpig lovende ut, på de andre gårdene har dette gitt god løsnende effekt og kan kjøres istedenfor fresing etter OFK.
- Satt på småfrøkasse på eksisterende såmaskin (Simulta 3000 ST), og byttet ut standard gjødsellabber med skåler. Har skåler også for korn. Småfrø legges på bakken før pakkehjul og etterharv. Sår underkultur og hovedvekst samt gjødsler samtidig for vårkorn. Sår blodkløver og hovedkultur sammen for høstkorn (ingen gjødsel). Sår erter, bygg og underkultur sammen for samdyrking (ikke gjødsel).
- Kjøpt ekstra APV-spreder for å spre bor/svovel og annet i små mengder, samtidig som man kjører ut gjødsel eller kalk. Bruker eksisterende Bøgballe DZ 1500 som hovedspreder.
- Kjøpt KvickFinn sammen med Runar Sørli og Ole Martin Hvidsten for å kunne bruke der kveke er et problem – se eget avsnitt kapittel 5.6
- Bruker avkuttet IBC-dunk for å lage kompostekstrakt.
- Kjøpt inn enkle senkepumper for rundpumping og overpumping av ferment, ekstrakt og vitaliseringsvæske. Kjøpt malingsil (manuell) for siling av ferment og ekstrakt. Kjøpt to hånds betongmikser for utrøring av kalk, miksing av kompost til ekstrakt, utrøring av urea mm.
- Bruker IBC dunk for preblanding av vitaliseringsvæske, lages til dagen før. Pumper typisk en del preblanding til sprøyte og blander ut med 2 deler vann. Gir enkel og rask fylling og øker kapasitet dramatisk i forhold til å klargjøre en og en sprøytetank.
- Bruker enkel HARDI 600 l sprøyte (12 m) for vitalisering og bladgjødsling.

- Småutstyr: MicroBIOMETER, kornmåler Wile 200 (fukt, temp, hektoliter), temperaturspyd Wile 500 (jord, kompost, gras etc), Milwaukee pH55 pH og temperatur meter, elektronisk vekt presisjon 0,1 g (500 g) for 1000-kornvekt, elektronisk klorofyllmåler for blad atLEAF CHL Blue, Count Things From Photos app (betalingstjeneste) for telling av korn fra bilder 1000 korn vekt. Låner penetrometer av Edvard (m GPS og trykksensor).

5.7.5.2 Kompost og biologiske preparater

- Laget MC kompost i 2021, bruker fortsatt av denne. Brukte storfetalle som råstoff og blandet inn 26 % flis fra ferskt jordekantvirke (lauv, bar). La flis oppå ranker av talle, spredte ferment oppå. Lesset oppi fastgjødselvogn som blandet og la ut i lang ranke (ca 130 m). Formet med gravemaskin og la på ett «lokk» med storfgylle. Lot ligge 1,5 år før bruk. Kostnad ferdig kompost ble ca 110 kr/m^3, se kapittel 5.1.7. Sprer kompost på høsten på grønt dekke og bruker kompost som råstoff for kompostekstrakt til vitalisering og beising av såkorn. Sjekker kvalitet: skal være mye meitemark, lukte friskt (ikke surt og ikke møkk), måler med MicroBIOMETER.
- Lager kompostekstrakt av egen kompost. Legger ca 1 del (liter) kompost i 5 deler (liter) vann ved ca 25-30 grader. Visper med håndholdt betongvisper 5 min. Lar ligge i minst en time. Visper igjen. Lar ligger til neste dag. Visper igjen. Siler gjennom silduk (malingssil). Råekstrakt kan oppbevares i minst en-to uker. Sjekker kvalitet: lukter (skal lukte friskt, ikke surt), ser på farge (skal være mørk), måler med MicroBIOMETER.
- Kjøper ferment av Runar. Siler selv fra gjæredunk til ren dunk. Siler gjennom silduk (malingsfilter).
- Kjøper div Helix-preparater og Vesta og andre mineral/biologiske preparater som tangekstrakt og bruker dette til vitalisering og bladgjødsel.
- Beising/behandling av såkorn: har sammen med fire andre bønder søkt om og fått støtte fra Bondelagets og Gjensidiges bærekraftfond til kjøp av beisemaskin og utprøving av beising med kompostekstrakt. Se eget kapittel.
- Plantevitalisering: tilsetter biologi (kompostekstrakt), karbonkilde (Fulvic 25, humin, tangekstrakt) og mikronæring. Tilsetter typisk mangan og kalk ved beising og ved tidlig vitalisering, ved seinere vitaliseringer tar med det som behøves (sink, bor, molybden, kobber, etc.). Tilsetter også tangekstrakt og fulvic og huminsyre, evt. Vesta. Tilsetter urea ved bladgjødsling. Blander til konsentrert vitaliseringsvæske i IBC i forkant av behandling, pumper deretter over ca 1/3 i sprøyta (200 l) og blander ut med vann (400 l) – da går det veldig raskt å sprøyte.

5.7.5.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk

- Testet forskjell på standard jordarbeiding, flatekompostering med etterfølgende fresing og flatekompostering med etterfølgende Väderstad Carrier CC i 2021 sesong og 2022 sesong. Også testet bruk av grubber (Horsch Terrano) i 2022 sesong. Testet forskjell på bruk av fres mot Väderstad Carrier CC i to ulike dybder i 2022. En del av dette er beskrevet i kapittel 5.6.
- Gjødsling: har halvert N mengden og redusert P og K enda mer. Har sluttet å bruke kalksalpeter (nitratgjødsel). Bruker kompostert hønemøkk med ekstra urea (Grønn gjødsel 20-4-8 og 31-2-0 med Agrotain (ureasehemmer)) istedenfor vanlig mineral gjødsel. Setter opp egen gjødselplan i Skifteplan og justerer N behovet der. Har forsøkt å spre noe kompostert hønemøkk med spreder på underkultur tidlig på våren før OFK, ser ut til å gi god effekt. Vårkorn: sprer resten av gjødsel med såmaskin. Høstkorn: sprer på bakken på våren når plantene er i gang. Gjødsler ikke erter. Har begynt å bruke urea ved bladgjødsling, ca to tildelinger med foreløpig 0,5 kg/daa hver. Ønsker å øke til 1 kg/daa hver. Løser opp urea i varmt vann (endoterm prosess, kjøler ned væsken!) før tilsetting til sprøytevæske.
- Kalk, svovel, bor – tilsettes en til to ganger i året på grønt dekke. Kjører ut typisk bor samtidig med pelletert gjødsel og svovel sammen med kalk. Bruker APV-spreder til svovel og bor, og Bøgballe spreder til kalk og gjødsel. Bruker CalciPrill der det er nok eller for mye magnesium. Bruker AgriDol der det er magnesiumbehov. Bladsaftanalyser viser nå ok nivå med bor og pH har økt betydelig fra 2021 til 2023 – se kapittel 5.6.

I kapittel 5.6 er det beskrevet flere resultater fra følgende forsøk på gården:

- Jordhardhet og avlingsregistrering for konvensjonell og regenerativ dyrking ved ulik jordbearbeiding på Ormo
- Mekanisk kvekebekjempelse med KvickFinn og effekt på jordliv (MicroBIOMETER) på Ormo
- Fastpunkt og analysepunkter MicroBIOMETER på Ormo og Nes Herregård
- Forsøk flatekompostering med og uten Biosa urteferment på Ormo
- BioCover - biologisk beising såkorn påvirkning rot og planteutvikling og mikrobielt karbon i jord utprøvd på Ormo og Bø
- Karbon i Jord - GPS jordanalyser 2021 og 2023 – endring jordkarbon og jordstatus hos Ormo og Nes Herregård
- Utvikling nitrogentildeling og avling for havre, bygg, hvete og rug på Ormo

5.7.6 Nes Herregård

Følgende gjelder andel av gården (ca 400 daa) som er lagt om fra 2020.

5.7.6.1 Maskiner og utstyr

- Flatekompostering. Kjøpt inn biofres (Celli Tiger 190) og beitepusser (Spearhead Stubble Master 500). Første sesong (høst 2020) ble de tre operasjonene fermentsprøyting, pussing og fresing gjort hver for seg. Fra 2021 ble fermentpåføring og pussing gjort i samme operasjon med 5 m bred beitepusser påmontert sprøytebom (5 m) og frontmontert sprøytetank med pumpe (brukt deler fra gammel sprøyte). Fresing gjort separat. Valg denne løsningen for økt kapasitet siden to personer da kan kjøre samtidig.
- Med i felles prosjekt med felleseid beiseapparat for behandling av såkorn (se Ormo).
- Tank og pumpe til forblanding av preparater. Laget av IBC med synkepumpe med lang slange (Biltema). Brukes for vitalisering og bladgjødsling for rundpumping og omblanding og for å pumpe over til sprøytetank.
- Brygging ferment: 1000 L IBC dunker, silt og pumpet med eksisterende silutstyr for melk.
- Har kjøpt KvickFinn (BIO 2750) harv til behandling av kveke og annet rotugras (sammen med nabo).
- Har kjøpt dybdeløsner (He-Va Sub Tiller Eco 3m) med pakkevalse (sammen med nabo).
- Har kjøpt Horsch (Terrano 3 FX) grubber gåsefot og pakker for variabel løsning etter flatekompostering. Kan kjøres grunt og dypt (ned mot 20-25 cm), dyp kjøring må da kjøre saktere maks 6 km/t og med avmonterte gåseføtter. Må være lagelig.
- Har kjøpt gjødselspreder (Bøgballe M35W Plus) som kan gi tildeling ned mot 0,25 kg/daa. Den har også seksjonsinndeling og styres av GPS på traktor via ISOBUS for å unngå dobbeltgjødsling.
- Har kjøpt APV spreder med luft og utmatervalse for såing av fangvekster og gjødsling av små mengder. Kan flyttes mellom Horsch grubber og He-Va dybdeløsner.
- Kjøpt diverse måleutstyr: microBIOMETER, PenetroLog - penetrometer m GPS, trykksensor og dybdemåler, Fluke IR Termometer, Extech Exstik PH100 pH måler, Yara N-Tester BT klorofyllmåler, Wile 200 fuktighetsmåler korn med hektolitervekt, Lascar EL-USB-1 temperaturlogger (for kompost).

5.7.6.2 Kompost og biologiske preparater

- Brygget ferment basert på stamkultur fra Biosa Norge (Terra Biosa).

- Laget MC kompost av husdyrtalle, påbegynt 2023.
- Laget kompostekstrakt (med kompost fra Ormo), fra 2024 også fra egen kompost.
- Tilpasset IBC og blandet opp VESTA® (4000 liter) et bredspektret produkt med organiske syrer og fermenteringsbiprodukt (leonarditt og tang). Det ferdige produktet brukes ved vitalisering.
- Klargjort konsentrert blanding for vitalisering og bladgjødsling basert på kompostekstrakt og innkjøpt karbonkilde og mineralløsninger, samt Urea. Bruker IBC m pumpe, og klargjør blandingen før selve sprøytingen. Fyller ca 1/3 av sprøyte og etterfyller med vann, gir veldig rask og effektiv vitalisering og bladgjødsling

5.7.6.3 Agronomiske utprøvinger/forsøk/erfaringer

- Praktiserer noe pløying etter flatekompostering pga såkorndyrking.
- Har spredt Sobac Quaterna Terra 100 (kompostprodukt) på regenerative områder, og testet effekten med anlagt 0-rute (ingen påføring), enkeltrute (10 kg/daa dose) og dobbeltrute (20 kg/daa dose). Det kunne observeres bedre jordstruktur og høyere microBIOMETER-verdier (= mer sopp og bakterier) på dobbeltrute.
- Har målt med microBIOMETER i fast punkt høst 2021, 2022, og 2023 og ser økende verdier år for år. På de faste punktene på konvensjonelle referanser er verdiene svakt avtakende år for år.
- Har målt jordhardhet systematisk med penetrometer på samme måte som på Ormo, og har også laget kart med jordhardhet.
- GPS jordanalyser 2020 og 2023 – målt endring jordkarbon og jordstatus, felles prosjekt med Ormo (se Ormo).
- Kalking med gips (CalciBlend S) / kalsiumkarbonat (CalciPrill) + svovel (Wigor S) på tung leire for å få ned magnesiumnivå og dermed oppnå bedre struktur. Jordprøver fra 2021-2023 viser lavere magnesiumandel og høyere kalsiumandel, struktur har blitt bedre.
- Gården ligger nær sjøen og hønsehirse har i mange år vært stort problem der det er svart jord. Har måttet sprøyte mye og ofte. På regenerative områder der underkultur etableres godt er det nå mindre forekomst. På et område ble det tidlig sommeren 2023 anlagt kompost og overvintret underkultur fra 2022 ble derfor liggende ubehandlet og vokste frodig. Området strakk seg rundt 20 m på alle sider av komposthaugen som ble lagt opp, og der ble det ikke observert hønsehirse i det hele tatt. I vanlig åker rett på siden var det mye hønsehirse.
- På et regenerativt jorde har det vært utført kvekekamp ved hjelp av KvickFinn kvekeharv, men resultatet har ikke vært tilfredsstillende. Kun en overkjøring med

kvekeharv i etterkant av flatekompostering er ikke tilstrekkelig for å sette kveka nok tilbake. Det burde i hvert fall blitt foretatt en andre runde med kvekeharven med påfølgende uttørking av røtter. Kanskje en pløying burde vært foretatt i tillegg. Svært tørre forhold med lite utsikter til nedbør gjorde at man ikke turte å gjøre mer jordarbeiding på tung leire.

- Har også fulgt opp plantevitalisering med bladsaftanalyser i 2022. Analysene viste at det ikke var nitrogenmengden som var den begrensende næringsfaktoren, men heller mikronæring, magnesium og kalsium. Interessant å observere at selv med høye magnesiumverdier i jordprøvene, så kan det fortsatt oppstå magnesiummangel i plantene.

I kapittel 5.6 er det beskrevet flere resultater fra følgende forsøk på gården:

- Fastpunkt og analysepunkter microBIOMETER på Ormo og Nes Herregård
- Karbon i Jord - GPS jordanalyser 2021 og 2023 – endring jordkarbon og jordstatus hos Ormo og Nes Herregård

5.8 Intervjuene med bøndene - motivasjon, utfordringer og resultater

Denne delen er basert på intervju med deltakerbøndene midtveis i prosjektet og etter at prosjektperioden var over. Formålet med intervju av bøndene er å fange opp deres erfaringer gjennom prosjektet. Flere tema krystalliserte seg under intervjuene. Ett av dem var hvorfor bøndene startet med de regenerative tiltakene. Felles for alle er at de har gått «jordfruktbarhetskurset», et samlingsbasert kurs med grundig innføring i teorien bak jordfruktbarhet og de regenerative tiltakene. Alle prosjektbøndene er rekruttert i forbindelse med dette kurset, og det er derfor naturlig å begynne med hvorfor bøndene valgte å gå kurset.

5.8.1 Forbilder

For å ta steget og melde seg på jordfruktbarhetskurset har andre bønder, både gode naboer og andre som har drevet annerledes vært viktig. At andre viser at det går an å drive annerledes har vært viktig for at enkelte har valgt å ta steget og prøve selv. Enkelte av bøndene har imidlertid vært foregangsbønder i lengre tid, og har tidlig vært «foran» både med å drive økologisk og med redusert jordarbeiding.

5.8.2 Bakgrunn og motivasjon

Flere av bøndene i prosjektet drev økologisk eller var i ferd med å legge om til økologisk ved prosjektets oppstart. Jordfruktbarhet blir da sett på som en forlengelse av det å drive økologisk. Det et også en oppfatning at kurset hjelper bønder i overgangen til økologisk. Felles for alle bøndene, både konvensjonelle og økologiske er at de ønsket å endre drifta fra noe de oppfattet som ikke optimalt, til noe som er bedre. En uttrykte det som at måten han drev på ikke fikk fram det potensialet som jorda har avlingsmessig. Andre gikk lengre i å si at måten de drev på ikke var bra for jorda, og førte til erosjon og problemjorder som gav nesten ingen avlinger. Flere har vært motivert av reelle bekymringer om at det konvensjonelle jordbruket har for store negative konsekvenser for miljøet. Problemer med ugras blir også trukket fram som noe man vil endre på, samtidig med et ønske om å bli mindre avhengig av plantevernmidler og gjerne få verktøy som gjør at det er mulig å drive uten. Det handler om et ønske om å få jorda til å fungere optimalt uten kjemi, altså plantevernmidler og kunstgjødsel. Det er også beskrevet som at en ønsker å ikke gjøre det vanskeligere for seg selv ved å jobbe mot naturen, men heller jobbe med den. På kurset lærte bøndene både om hvordan jorda fungerer naturlig når det legges til rette for det, også om en alternativ modell for planteernæring som gjør en mindre avhengig av tilførsel av særlig mineralsk NPK. I det å drive mer naturlig betyr å kunne dra full nytte av potensialet som ligger i samspillet mellom planter, mikroorganismer og jord, og samtid bli mindre avhengig av eksterne innsatsfaktorer, inkludert maskiner for å klare å lage såbed i problemjord og pakket jord.

> «Et vanlig uttrykk i norsk landbruk er at du skal overlate gården i bedre stand enn da du selv tok over, men det er vel ikke det som skjer i dag?»

5.8.3 Omlegging og endringer i drifta

På kurset og gjennom prosjektet lærer bøndene om en rekke tiltak de kan ta i bruk og som til sammen skal øke jordfruktbarheten. Flere av bøndene oppgir at overgangen er krevende. Det er mye ny lærdom som skal tas i bruk, nye arbeidsoperasjon og redskap. Den største endringen, som en uttrykte det, er likevel i måten å tenke på. Det kan også bli en del prøving og feiling i starten, som kan føre til en del usikkerhet rundt om det man holder på med er riktig. God bakgrunnskunnskap om de prosessene i jorda som man forsøker å få i gang er viktig i overgangsfasen, samtidig som det er viktig å være klar over at det kan også ta tid for jorda å «omstille» seg. En bonde forklarte det med at jord som i lengre tid har fått tilført det meste av næringsstoffene som plantene

> *«Den største utfordringen med å legge om sitter i hodet»*

trenger, har blitt «lat» og vil bruke litt tid på å komme dit at jordbiologien og plantene sammen står for tilførsel av næringsstoffer.

Faktorer som bonden ikke rår over, som kald vinter med dårlig overvintring og rekordtørre vekstsesonger med dårlig vekst, er også med på å gjøre det mer krevende å komme i gang. Underkulturen spiller en viktig rolle, men når tørke, kulde eller mye nedbør gir dårlig vekst, settes både omleggingen tilbake samtidig som det blir vanskeligere for bonden å gjennomføre planlagte arbeidsoperasjoner. I begynnelsen har det for en del av bøndene vært litt prøving og feiling, særlig med jordarbeiding. For eksempel har en bonde erfart at flatekompostering på et jorde uten tilstrekkelig jordstruktur, førte til at kornet nærmest druknet da det etter spiring kom en periode med mye nedbør. Flatekompostering vil ikke løse problemer med pakket jord, og det blir opp til bonden å vurdere hvilken type jordarbeiding som er riktig i de forskjellige tilfellene. I noen tilfeller kan også fresen lage litt såle som det kan være gunstig å bruke et annet redskap for å løsne. Særlig i begynnelsen kan det være nødvendig å bruke plogen, selv om målet er å redusere jordarbeidingen til et minimum. Som en bonde utrykte det, å sette bort plogen kan man gjøre først når jordstrukturen er blitt bedre. Selv om det er røtter og mikroorganismer som bygger jordstruktur, kan det være nødvendig å mekanisk løsne på jorda for å få fortgang i prosessen. Det kan også være forhold i jorda, for eksempel mye stein, som gjør det nødvendig å fortsette å bruke plogen, men da vil pløyinga holdes så grunn som mulig. Felles for flere er at de nå ser mer an for å bestemme hva som trengs av jordarbeiding på våren i stedet for å ha et fast program med for eksempel vårpløying fulgt av harving. De viktigste faktorene som avgjør jordarbeidingsstrategi er tilstanden til underkulturen og jordstruktur. I stedet for en fast strategi for jordarbeiding, er det noe bonden vurderer fra gang til gang utfra flere forhold, ikke minst egen erfaring.

«Man må gjøre seg fortjent til å parkere plogen»

«Det handler om å gjøre de riktige tiltaka til riktig tidspunkt.»

5.8.3.1 Flatekompostering og plogfritt

En bonde har imidlertid solgt plogen og har bare positive erfaringer med å gå vekk fra å pløye i en økologisk drift. Frøugras er ikke lenger noe problem, og jorda virker sunnere enn tidligere da det ble pløyd regelmessig.

5.8.3.2 Mer å følge med på

Det er ikke bare jordarbeiding som endrer seg ved omlegging. Flere påpeker at det har blitt mer å tenke på, flere arbeidsoperasjoner, mere å vurdere og følge med på. For å ikke bruke mer tid en nødvendig er det viktig å slå sammen de arbeidsoperasjonene som kan slås sammen, for eksempel beitepussing, sprøyting av ferment og fresing på samme traktor, slik at man ikke må kjøre tre ganger for å få gjort de tre operasjonene. Flere påpeker at de bruker mer tid på å følge med på plantevekst, ugrassituasjon og jordstruktur og spaden har blitt en fast følgesvenn på jevnlige turer ut i åkeren og eng. Når de oppdager problemer, har de flere mulige tiltak å ta i bruk, men det krever også ekstra arbeidsinnsats. Flere innrømmer at det føles ut som «styr», særlig i begynnelsen. Å begynne å jobbe med levende prosesser slik som brygging av ferment, krever at man passer på og gjør ting riktig, som særlig i begynnelsen virker som ekstra arbeidskrevende.

> *«Det har blitt en intern spøk at vi diskuterer hvilket merke på spaden som er best»*

Flere av bøndene påpeker at de har blitt enda mer bevisst på hvor viktig det er at jorda er lagelig før de kjører utpå om våren eller gjør andre operasjoner gjennom sesongen. Det er et ønske at alle jordlag skal være tilgjengelige for jordlivet og planterøttene, også lenger nedover i jorda. Da er pakking fra plog og fres spesielt uønsket, og en må vurdere hvilke tiltak som skal settes inn for å fjerne pakkeskadene.

God jordstruktur er nøkkelen og mineralsk utbalansering blir tatt fram som et viktig første tiltak som legger grunnlaget for en videre utvikling. En bonde forteller at etter en våt og vanskelig vår ble det dessverre litt pakking i våronna. Likevel virker det som jorda klarer å reparere seg raskere, det er såpass mye liv og næring at strukturen bedret seg fort igjen

5.8.4 Bøndenes erfaringer knyttet til tiltakene

Samtidig som det er mer å passe på og noe nye arbeidsoperasjoner, må bøndene utvikle nye ferdigheter. Dette kan beskrives som håndverk, fordi det føles mer «hands-on». Det kan også ta tid å komme i gang og kan medføre litt prøving og feiling. Dette er imidlertid en del av læringsprosessen.

5.8.4.1 Plantevitalisering

Et av tiltakene som flere ytret at de gjerne skulle brukt mer er plantevitalisering, gjerne sammen med bladsaftanalyse. Særlig for bønder som driver økologisk er dette et tiltak som

kommer i tillegg til det andre de er vant med å gjøre. Det krever litt utstyr for utsprøyting av kompostuttrekk og eventuelt andre ingredienser, og tid til å kjøre. Selv for de to konvensjonelle bøndene som er vant til å behandle med ugrasmidler, soppmidler og stråforkortene i løpet av vekstsesongen, er det å få gjennomført en plantevitaliseringer en ekstra operasjon som ikke nødvendigvis blir prioritert. Særlig hvis plantevitaliseringen skal kombineres med bladsaftanalyser for å også tilføre næringsstoffer gjennom bladgjødsling, er timingen viktig. For de ivrigste har planen vært å få minst to eller helst tre vitaliseringer i løpet av vekstsesongen, men det har ikke alltid blitt prioritert. I tillegg bør de nødvendige innsatsmidler være på plass, slik at tid ikke går bort i bestilling og venting på levering. Erfaringene er at dette faller på plass etter hvert som man får gjort det et par ganger, men det krever en bevisst utvikling av gode rutiner. For flere er dette med bladsaftanalyser og plantevitalisering tiltak de ønsker å utvikle videre, og har forventninger til at dette vil gi gode resultater på planteveksten.

5.8.4.2 Bladsaftanalyser

Med bladsaftanalyser vil det være mulig å tilføre de mineralene som analysen viser mangler på, men dette er enda et ledd som krever planlegging og gjennomføring. Bladsaftanalyser kan også brukes til å vise effekten av vitalisering og bladgjødsling, men også effekten av mineralsk utbalansering. De som har prøvd ut bladsaftanalyser ser god effekt av mineralsk utbalansering. Det som også er interessant med bladsaftanalyser er at de viser at det ofte ikke er mangel på nitrogen som er begrensingen. De bøndene som har prøvd ut å bladgjødsle med mikronæringsstoffer basert på bladsaftanalyser mener dette har god effekt og ønsker å fortsette å utvikle bruken av dette tiltaket.

5.8.4.3 Mineralsk utbalansering og kalsiumgjødsling

Utvidete jordprøver gir grunnlag for tilsetting av mikronæringsstoffer for å rette opp i ubalanser. En bonde opplevde en overraskende økning i grasavlingen etter tilsetting av litt svovel. Gips blir tilført til jord der det ikke er behov for å øke pH eller tilføre magnesium. Dette har gitt lovende resultater og bedre jordstruktur. En bonde uttrykker at mineralsk utbalansering gir det gode grunnlaget for utvikling av bedre jordstruktur, og er et steg i omleggingen som det er viktig å ta på alvor.

5.8.4.4 Underkultur

Underkulturen er et viktig verktøy som er enkelt å komme i gang med. Likevel krever det litt tilpasninger og noen har opplevd at det både har blitt for lite og for mye underkultur.

Erfaringene er at det er viktig å tilpasse såfrømengde av underkulturen. En erfaring, basert på at underkulturen ble for dominerende, var at mengde såfrø godt kunne reduseres. En annen metode, basert på erfaringen at underkulturen kom for dårlig, var å øke såfrømengden og så samtidig med såing av kornet. Disse erfaringene tilsier at litt prøving og feiling er nødvendig i begynnelsen, og at hver enkelt bonde må finne ut av hva som er riktig metode hos seg. Riktig tidspunkt for såing og mengde må nok tilpasses forholdene, og bøndene har gode erfaringer med å så underkultur samtidig med ugrasharving, men også med samtidig med kulturveksten. Er man redd for at underkulturen skal bli dominerende, kan man velge en kornsort med lengre strå.

5.8.4.5 Dybdeløsning

Flere av bøndene har prøvd ut dybdeløsning og er fornøyd med de umiddelbare resultatene av dette tiltaket. Effekten på lengre sikt virker imidlertid ikke å være like tydelig, og bøndene vil derfor gjøre dybdeløsningen over flere år. Erfaringene så langt er at det er viktig å gjøre dybdeløsning under tørre nok forhold, og at effekten på jordstruktur fort kan reverseres dersom det etterpå kjøres under våte forhold. Flere av bøndene kommer til å fortsette å gjøre dybdeløsning når forholdene for det er gode.

5.8.4.6 Ugras

Bøndene gir uttrykk for en endret holdning til ugras sammenlignet med den vanlige holdningen til ugras. Nå er de mer opptatt av ugrasets funksjon, og ser på det som et symptom mer enn noe som må bekjempes. Erfaringene er at redusert jordarbeiding og underkultur gjør at frøugraset gjør lite av seg. Flere sier rett ut at de har god kontroll på ugraset. Sammenlignet med konvensjonelle naboer registrerer de at ugraspresset er lavere hos dem selv. Flere oppgir også at de ser tegn på at en del ugras, som meldestokk, trives dårlig hos dem. Unntaket er veldig tørre år, som gjør at noe ugras blomstrer opp. For eksempel så en bonde oppblomstring av balderbrå ett år, men dette gikk over av seg selv. Dette er også et eksempel på en holdning til at ugraset har en funksjon, og når det har «gjort jobben sin» vil det forsvinne av seg selv. Ingen gir imidlertid utrykk for at ugraset kommer til å bli helt borte. Bøndene jobber i stedet for at kulturplantene og underkulturen utkonkurrerer ugraset.

5.8.4.7 Kveke

Flere av bøndene opplever oppblomstring av kveke ett år eller to etter at de starter med å legge om. Mens andre ugras har blitt borte av seg selv, har oppblomstring av kveke vært såpass alvorlig at det har vært nødvendig å håndtere dette med jordarbeiding (KvickFinn). Det

er likevel klare forventninger om at kveke ikke kommer til å være en utfordring i framtida etter hvert som jorda omstilles, blir mer levende og tilført gjødsel kan reduseres ytterligere.

5.8.4.8 Inkludering av husdyr og husdyrgjødsel

Alle bøndene med husdyr opplever at dette er en stor fordel. Ikke bare er det enkelt å ha eng i vekstskiftet fordi man trenger eget grovfôr, men beitedyra kan også utnytte underkulturen på høsten. Husdyrgjødsel er en viktig ressurs, og nesten alle av bøndene har i løpet av prosjektet fått erfaring med laging av kompost. Sammenlignet med vanlig gårdskompost får kompostrankene ligge lengre, opptil to år. Komposten blir spredt i så små mengder og er ment å være mer som et jordforbedringsmiddel enn som gjødsel. Erfaringene med kompost er veldig positive og flere mener at komposten spiller en nøkkelrolle i å få livet i jorda i gang for å øke jordfruktbarheten.

De som har blautgjødsel har tilført ferment i gjødsellager eller gjødselkum. Det mest åpenbare resultatet er at blautgjødsla blir lettere å røre. Bøndene oppgir også at det blir mindre lukt ved spredning, og at lukta forsvinner raskere. De observerer også skumming og at gjødsla får mørkere farge.

Det er også eksempler på at når dårlig vær på høsten har ødelagt avlingen, kan den likevel brukes som dyrefôr. Bruk av regenerative tiltak har også resultert i økte grasavlinger for en bonde, som ønsker å ha korn på en større andel av arealet. Siden kornet gir større dekningsbidrag er dette en utvikling som er svært positivt for gården som helhet.

5.8.5 Bøndenes resultater og erfaringer

5.8.5.1 Meitemark og jordliv

«Det er mer spennende å være bonde nå»

Etter at bøndene begynte å ta med seg spaden ut i åkeren har de observert mer meitemark og at det har blitt mer meitemark over tid. Noe av økningen i antall meitemark kan forklares av at bøndene nå mer bevisst ser etter meitemark. Samtidig har flere av bøndene vært bevisste på dette før også, og er helt tydelige på at de ser mer meitemark nå enn før. For de konvensjonelle bøndene som har lagt om bare deler av sine arealer, har de også sammenligningsgrunnlag i arealene som fortsatt drives helt konvensjonelt. De ser at det er klart mer meitemark på arealene der de har tatt i bruk regenerative tiltak.

Flere av bøndene måler også utviklingen i jordlivet med microBIOMETER. En av de konvensjonelle bøndene har fastpunkter på jordene der han følger utviklingen i mengde sopp og bakterier. Han observerer at på det regenerative arealet viser målingene at jordlivet er på vei opp, men på det konvensjonelle arealet er det en svak negativ utvikling i total mengde mikrobielt karbon.

5.8.5.2 Erosjon

En av bøndene kan rapportere at allerede første høsten etter en sesong med underkultur som gjør jordet grønt på høsten, er all synlig erosjon borte. På et jorde som tidligere alltid har ligget i stubb på høsten på grunn av erosjon, har det likevel alltid vært spor av overflate-erosjon. Men etter at bonden har begynt med underkultur er alle tegn på erosjon borte.

5.8.5.3 Bedre jordstruktur

Målet med flere av tiltakene er å få bedre jordstruktur og bøndene følger nøye med på utviklingen med blant annet jevnlige spadeprøver. Bøndene oppgir at de observerer bedre aggregatstabilitet. Dette er spesielt synlig etter regnvær, der jorda før «kollapset», men nå holder strukturen bedre. En bonde forklarte at han ser større luftporer og jorda virker mørkere i fargen.

> *«Jeg får nå ned spaden på jorder der det tidligere ikke var mulig å få den ned»*

Flere har observert at i forsenkninger der det tidligere har blitt stående vann etter perioder med mye nedbør, er det nå bedre infiltrasjon og det tørker opp raskere.

Likevel går ikke utviklingen like raskt som en bonde skulle ønske seg. Han observerer at noe er i ferd med å skje og at jordstrukturen har blitt bedre, men jorda er tung og utviklingen går sakte. Akkurat denne bonden har mulighet til å sammenligne utviklingen på jorder som drives med regenerative tiltak, med jorder som drives konvensjonelt og forventer at de regenerative jordene vil fortsette å vise en positiv utvikling. I dette området blir det sagt at vårpløying ikke er mulig fordi jorda fort blir som betong, men denne bonden har sluttet med å høstpløye og har vist at vårpløying faktisk er mulig. Målet er likevel å ikke gjøre mer jordarbeiding enn absolutt nødvendig. Alle bøndene virker mye mer oppmerksomme på de negative effektene av jordpakking og venter heller med å gjøre våronn enn å risikere pakkeskader på våren og i våte perioder. Skal de få jorda til å virke slik de vil, er det helt avhengige av god jordstruktur.

2023 var en krevende sesong med veldig tørr vår og første del av sommeren, fulgt av mye nedbør. En bonde erfarte da at jordene som er lagt om med regenerative tiltak gjorde det bedre under disse vanskelige forholdene, sammenlignet med et jorde som var sammenlignbart og drevet konvensjonelt. Flere av bøndene er av den oppfatning at de regenerative tiltakene gjør at jorda blir mer robust, som særlig viser seg under vanskelige forhold.

> *«Nå ser vi at selv om vi får et dårlig år med for mye regn eller tørke, så blir det ikke så dårlig som før. Jorda har blitt mer robust.»*

5.8.5.4 Plantevekst

Gjennom prosjektet har målet for flere av bøndene vært å ernære plantene på en annen måte, mindre gjennom tilført lettløselig gjødsel, og mer gjennom jordlivet og organisk gjødsel. Dette kan både på plantenes utsende, sykdomspress og avling. Flere oppgir at de observerer at planteveksten er god, selv med mindre tilført gjødsel enn tidligere. Plantene blir også beskrevet som friskere og mer vitale. Hva som menes med god plantevekst, har også endret seg med forståelsen og ønsket om å ernære plantene gjennom bedre jordfruktbarhet.

5.8.5.5 Insekter og biologisk mangfold

Med underkultur, redusert gjødselmengder og plantevernmidler, opplever bøndene at jordene viser mer mangfold og liv også over jorda. En bonde forteller hvordan bevisstheten rundt mangfold, insektliv og dyreliv generelt har økt. Sammenlignet med en konvensjonell åker som står jevnt og fint, men er bar under kornet, er en regenerativ åker med underkultur full av mangfold og liv. Det er merkbart mere dyreliv i den regenerative åkeren, særlig insekter, men også fugler. Oppfatningen av hvordan en åker bør se ut, har endret seg. Mangfold både under og over jordoverflaten får en egen verdi, og bøndene er stolte av å bidra til mer biologisk mangfold.

5.8.5.6 Avlingskvalitet og -mengde

Gjennom prosjektperioden har bøndene opplevd både opp- og nedturer med avlingene. Selv om planteveksten er god og det er flere eksempler på gode avlinger, er ikke avlingsmengden jevnt over ikke helt der flere av bøndene skulle ønske seg. Bøndene ser for seg at dette vil endre seg over tid, og at de holder på å bygge opp potensialet. Særlig de to konvensjonelle bøndene er bevisste

> *«Det må til en omstilling i jorda.»*

på avlingsnedgangen og hvordan den henger sammen med reduksjon i tilført mineralsk gjødsel. De har likevel redusert gjødselmengden mer enn det avlingsmengden skulle tilsi; selv om gjødslingsmengden er halvert, er avlingsmengden på det beste 80 prosent av det opprinnelige. Bladsaftanalyser viser at det ikke er nitrogen som er den begrensede faktoren, selv om den reduserte N-gjødslingen likevel gjør noe med avlingsnivået. Bøndene forventer at det ligger et potensiale i å jobbe mer systematisk med bladsaftanalyser, plantevitalisering og bladgjødsling for å øke avlingsmengden og -kvalitet. Det er også forventet at jorda etter hvert vil begynne å fungere på en måte som gjør at både avlingsmengde og -kvalitet vil bli bedre over tid. Jordprøvene viser at jorda er næringsrik, så det gjelder å utvikle jorda på en måte som gjør næringsstoffene tilgjengelig for plantene. Målet er avlingsmengder som er helt på høyde med det beste av konvensjonelle avlinger, men med mye mindre tilført gjødsel.

Blant de økologiske bøndene er nok avlingsnivået helt på høyde med det som oppfattes som normalt i økologisk kornproduksjon, eller bedre. Sammenlignet med økologisk produksjon før de begynte med regenerative tiltak, har avlingene blitt litt bedre. En bonde oppgir å ha høstet mer enn 500 kg økologisk bygg per dekar, som gav han et dekningsbidrag på over 3000 kr per dekar. Riktignok var det tilført en del husdyrgjødsel til denne åkeren som bonden hadde mer enn nok av. Dyrking av eldre kornsorter som for eksempel spelt og Ølandshvete, er også med på å øke dekningsbidraget fordi prisen på kornet er høyere. En avling på 300 kg økologisk Ølandshvete basert på tilførsel av kalsium, bor og litt svovel som gjødsling, er likevel en svært bra avlingsmengde som gir et godt dekningsbidrag.

Blant andre rådgivere er det helt vanlig å godta at økologiske avlinger ligger på 70-80 prosent av det konvensjonelle avlinger ligger på. De økologiske bøndene i prosjektet skiller seg ut ved å være tydelige på at potensialet i avlingsmengde bør være helt på høyde med konvensjonelle avlinger, eller bedre.

5.8.5.7 Økonomi

Selv med lavere avlinger er det flere som forteller om høyere dekningsbidrag fordi kostnadene reduseres. Inntektene har også økt, særlig fra tilskudd som premierer tiltakene som er tatt i bruk. Det er også mulig å øke inntektene fra kornsalg, særlig ved å dyrke kornsorter som gir en høyere salgspris. De som driver konvensjonelt ser også at vil kunne øke inntektene ved å gå over til økologisk produksjon, det vil både utløste tilskudd og merpris på kornet de produserer.

> *Det er mer moro å sitte igjen med pengene selv, enn å gi dem bort til Yara*

Det er kostnadsreduksjon fra mindre innkjøpt gjødsel, men også fra redusert jordarbeiding. En av de som har kommet lengst med å redusere jordarbeidingen har redusert dieselforbruket ned til nesten en fjerdedel av det han tidligere brukte til jordarbeiding. En annen sier at dieselforbruket er halvert. Alle bøndene har også gjort investeringer i nye redskap, og for noen utgjør dette en betydelig sum. Dette blir imidlertid sett på som nødvendige investeringer for drifta som på sikt vil betale seg. En bonde solgte både plog og andre jordarbeidingsredskap han ikke lenger ville bruke, og dette finansierte innkjøp av ny redskap.

Flere av bøndene peker på at dekningsbidrag ikke blir avgjort av avling alene. Reduserte utgifter til innsatsfaktorer gjør at dekningsbidraget kan være bra selv om avling reduseres. En bonde forteller at etter omlegging har økonomien blitt slik at han har fått mulighet til å bli bonde på heltid. Litt av forklaringen på dette ligger i husdyra som har kommet til, men det er også bedre dekningsbidrag fra kornproduksjon og ikke minst frigjort tid som gjør dette mulig. En bonde påpeker at høyere grasavlinger gjør det også mulig å ha større areal til korn, og siden korn gir bedre dekningsbidrag er det svært ønskelig og bra for den totale gårdsøkonomien. Flere av bøndene som jobber utenfor gården, ser også at det i framtida kan bli mulig å trappe ned i jobben utenfor, og hente inn en større andel av total inntekt fra gården.

5.8.6 Framtida

Det finnes nå virkemidler som premierer tiltak som faller innunder de tiltakene som bøndene i prosjektet har tatt i bruk. For eksempel gir regionale miljøprogram (RMP) tilskudd til laging og spredning av gårdskompost, samt tilskudd til variert underkultur/fangvekst. En av bøndene påpeker at det er fint å være i gang når det kommer slike belønninger fra staten. Det er en generell oppfatning blant bøndene at det de holder på med er en vinn-vinn-vinn; Bra for dem selv, for miljøet og for samfunnet ellers. Det har blitt mer interessant å være bonde.

Dette er framtida, jorda blir bedre.

Mye av det bøndene gjør er en investering i jorda og framtida. Et eksempel er en konvensjonell bonde som går over fra mineralsk handelsgjødsel til å kun bruke organisk gjødsel. Det koster litt mer, men er samtidig en investering for framtida og i jorda som etter hvert vil trenge mindre tilført gjødsel. For de konvensjonelle bøndene er det også naturlig å vurdere en overgang til økologisk produksjon, de er allerede godt i gang med en slik omlegging. Det er likevel både økonomiske og andre hensyn som må tas i en avgjørelse om å legge om.

5.8.7 Det regenerative felleskapet

Prosjektet har helt klar gjort det enklere for deltakerbøndene å legge om og ta i bruk de regenerative tiltakene. Som en sa det, uten de andre bøndene i prosjektet hadde han følt seg mer alene. Bøndene har blitt godt kjent med hverandre gjennom prosjektet og særlig de med geografisk nærhet har utviklet et samarbeid som vil fortsette etter prosjektets slutt. Prosjektgruppa har brukt en gruppechat på WhatsApp som særlig har vært mye brukt til deling av bilder, men også diskusjon, anbefalinger av podcaster og artikler, med mer. Særlig er det å ha tilgang til og jevnlig kontakt med andre bønder som har og forstår det samme tankesettet, viktig i omstillingsfasen bøndene i prosjektet har vært i.

5.8.8 Hvordan få flere til å prøve regenerative tiltak?

Mye av det bøndene har lært gjennom prosjektet går mot den konvensjonelle tankegangen. Det hjelper ikke at fremstående aktører i jordbrukssektorer påpeker at det er feil. En må ha evnen og mot til å tenke selv for å prøve det ut og se at det fungerer. Men etter hvert vil nok flere komme etter.

> *«En må ha en viss interesse for å begynne med dette. Men så blir en hekta. En begynner å se resultater og får enda mer lyst til å fortsette og få det til. Utfordringer er bra!»*

5.9 Dekningsbidragsanalyser

5.9.1 Dekningsbidragsanalyser Nedre Skinnes Gård

Det er laget dekningsbidragsanalyser for kornproduksjonen på Nedre Skinnes i flere år. Det startet som en interesse for å få oversikt og samtidig kunne sammenligne de forskjellige vekstenes økonomiske utbytte. Dette danner et viktig kunnskapsgrunnlag for hva som gjør det best økonomisk sett på gården. Det økonomiske må også passe inn med hva økologien tillater av vekstskifter for så å kunne settes ut i praksis.

Risiko er også et forhold som må vurderes. Erter ser bra ut i et Excelark, men kan ha sine utfordringer med tresking og tørking, og man kan lett gå fra et flott økonomisk resultat til et dårlig om man ikke får berga avlinga og får den tørka ned i tide.

5.9.2 Erter og havre

Dette ble situasjonen på Skinnes i 2023. Ertene ble høstet, men det var mye legde og ertene var rå. De holdt 25 prosent vann og ble vanskelige å tørke ned. Gården har plantørke med solvarme som basis og bingetørke med noe solvarme som stort sett har fungert fint i 12 år. Men i 2023 gikk det ikke bra, og en kvalitetsvurdering av en prøve viste erter med synlig hvitmugg. Det resulterte i at Felleskjøpet ikke kunne ta imot partiet, og vi ble sittende med ertene selv.

Det ble da investert i en kornrensemaskin fra AG Energy Group som er oppgitt til å rense 3-5 tonn per time og renser med luft. Da var ideen å splitte erter fra havre og ugressfrø. Maskinen skal i teorien kunne skille knekte erter og hele erter fra hverandre, det skulle da være mulig å sitte igjen med en salgbar del til slutt.

Etter montering av maskinen ble havre, erter og ugressfrø skilt fra hverandre, og det gikk ganske greit når man fikk justert seg inn. Men avlingen måtte renses et par ganger for å splitte sortene skikkelig fra hverandre.

Gårdens griser blir foret med økologisk kraftfor, og alternativkostnaden til kraftfor er derfor brukt som vareverdien av ertene, da dette ser ut til å bli den mest sannsynlige bruken. Når dette er skrevet har det ennå ikke lyktes å skille delte erter fra havre og da blir det med hvitmugg også i havren. Derfor vil i denne analysen også havre prises som kraftfor. Blander man erter og havre er det kanskje ikke så langt fra sannheten heller.

I ettertid viste det seg at også noen hele erter fikk hvit mugg og da kunne ikke de utsorterte ertene leveres likevel. Mesteparten av ertene vil derfor brukes som fôr til egen gris, som tåler dette godt. Man kunne ikke ha brukt slikt fôr til dyr i melkeproduksjon fordi man da kunne fått problemer med sporstoff i melka.

Vekt på avlingen estimeres da ut fra volum, fuktinnhold og hektolitervekt. Fuktinnhold for ertene ble målt med Wile fuktighetsmåler for korn og viste 14 prosent, hektolitervekta ble 86 kg/100 liter. Havren fikk samme fuktighet (14 %) og har 50 i hektolitervekt.

Det ble omtrent samme volum av havre og erter etter kornrensing og omregnet til avling ga dette 180 kg/daa for erter og 105 kg/daa for havre. Totalt ble det da 285 kg/daa. Fra Felleskjøpets hjemmeside så kostet økologisk kraftfor Natura Svin Soyafri 6,72 kr ekskl. mva på tidspunktet for den økonomiske analysen.

Vi kan da regne ut sparte kraftforutgifter for svineholdet kommende sesong. Det blir da kr 128 325. Følgelig blir da dekningsbidraget for 2023 sesongen på erter lik 2780 kr/daa.

Dekningsbidrag	Erter og havre							
Antall daa disponibelt på gården				319	daa			
Korn								
Antall daa i korn							67	daa
Avling per daa gjennomsnitt							285	kg
Pris per kg							7,09	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg							2 021	kr/daa
RMP tilskudd							595	kr/daa
Tilskudd øko per daa							325	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd							500	kr/daa
Sum inntekter							**3 441**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg		kg/daa	kr/daa	
Kalk	toppdressing	20-30kg per daa		2,42		20	48	
Svovel				7,65		0	0	
Hønemøkk				4,5		0	0	
Såfrø				11,26		23	259	
Underkultur				75		0,7	53	
Spredning av husdyrgjødsel							75	
Diesel	5 liter per daa x 11,79 kr/liter						94	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong			80	
Ferment, melasse og startkultur	8064,80kr	/ 2500liter	3,23	Kr/l			26	
Sprøytekalk	(22kr/kg x 20kg)/40						11	
Mikronæring opsi microtop							15	
Sum variable kostnader							kr 661	
Dekningsbidrag							2780	
Dekningsbidrag i kr på jordet							kr 186 259	

5.9.3 Vårhvete 2023

Det ble dyrka 45 daa Mirakel hvete på et skifte i 2023. Dette gav etter veiing og innmåling hos Felleskjøpet 207 kg per daa. Falltallet var 148 og hektolitervekt var 65 og følgelig fôrkvalitet. Det var 13,9 prosent protein og dette gav til sammen en oppgjørspris på kr 5,62 per kg. Dekningsbidraget ble da 1564 kr per daa når RMP-tilskuddet er lagt til.

Dekningsbidrag	Mirakelhvete								
Antall daa disponibelt på gården				319	daa				
Korn							Estimert	Faktisk	
Antall daa i korn							45		daa
Avling per daa gjennomsnitt							300	207	kg
Pris hvete øko			Basispris januar	4,85			6,36	5,62	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg			Økotillegg	1,51			1 908	1 164,80	kr/daa
			Sum pris	6,36					
Tilskudd øko per daa sone 5							325		kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd							500		kr/daa
Tilskudd fra RMP							?	595	kr/daa
Sum inntekter							**2 733**	**2 585**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg		kg/daa	kr/daa		
Kalk	toppdressing	25-30kg per daa		2,419		20	48		
Svovel				7,65		0	0		
Hønemøkk		Grønn 8-3-5		4,5		75	338		
Såfrø				11,7		25	293		
Underkultur				75		0,7	53		
Spredning av husdyrgjødsel							75		
Diesel	8 liter per daa x 11,79 kr/liter						94		
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong			80		
Ferment, melasse og startkultur	8064,80kr	/ 2500liter	3,23				26		
Sprøytekalk	(22kr/kg x 20kg)/40								
Mikronæring opsi microtop							15		
Sum variable kostnader							1 021		
Dekningsbidrag på korn							**kr 1 712**	**kr 1 564**	
Dekningsbidrag i kr på jordet							kr 77 040	kr 70 371	

Det var endel meldestokk i 2023 som gjorde at volumvekta på avlingen blir lavere, og estimert avling ut fra volum blir da gjerne overvurdert om man bruker erfaringstall for hektolitervekt. Om man leverer et slikt parti hos kornmottaker så får man jo ikke oppgjør for meldestokken. Med nyinnkjøpt rensemaskin så vil ugressfrø sorteres ut på gården for å spare frakt. Meldestokkfrø er i tillegg en fin proteinkilde og kan brukes til fôr i griseholdet. Alt blir da kjørt igjennom en hammerslagskvern slik at man unngår risiko for spredning av ugressfrø. Dette vil kunne forbedre dekningsbidraget i forhold til det som ble beregnet over.

På kostnadssida for mirakelhvete så er det brukt noe mer innkjøpt gjødsel en hva som hadde vært tilfelle om bygg, havre, spelt eller rug hadde vært dyrka. Dette øker risikoen i hvetedyrking og gjør slike år som 2023 mer utsatt for svakere avling og dekningsbidrag. Våren og forsommeren var veldig tørr fram til 3 juli, deretter blei det vått resten av sesongen. Problemer med vanningsutstyret bidro til redusert avling i den tørre perioden[12]. Det var et spesielt år, men det er heller ikke så lenge siden 2018 og dette viser at risiko er noe man må forholde seg til mer og mer.

På slutten av sesongen blei det endel legde i hveten, og mye regn gjorde det krevende for plantene å stå oppreist. Dette ga trolig en større variasjon i avlingskvalitet og hektolitervekt. Med ny rensemaskin på gården vil det framover være mulig å sortere ut de letteste korna i rensemaskina og bruke denne fraksjonen (kun en mindre mengde) til fôr. Den resterende mengden vil da få høyere kvalitet og hektolitervekt og dermed større sikkerhet for å nå matkvalitet og dermed få bedre pris. Men det blir en digresjon i denne dekningsbidragsanalysen og forfølges ikke videre i denne rapporten. Men det viser at vurdering og håndtering av risiko blir viktig framover.

5.9.4 Brage bygg 2023

En liten teig blei prøv ut med Brage bygg da det er interessant å ha bygg i vekstskiftet på gården, det er også noe kraftforindustrien trenger. Resultater for dekningsbidrag er vist under:

[12] Det ble vanna to ganger med ca 15mm hver gang. Men vanningskanonen på vogna tok kvelden en natt og slutta å slå. Den selvkjørende vogna satte seg da fast i sitt eget gjørmehull og spruta der hele natta. Når det ble montert ny kanon og fått vogna opp igjen på fastmark hadde det gått sju dager. Da var det en fjerdepart av åkeren som ikke hadde fått vann i rett tid og begynte å sture. Det gjorde at kornavlingen på skiftet ble redusert. Erfaring også fra andre tørrår er at man ikke klarer å vanne nok når det er tørke og derfor bare delvis kan kompensere avlingstap med å vanne.

Dekningsbidrag	Brage bygg							
Antall daa disponibelt på gården				319	daa			
Korn								
Antall daa i korn							13	daa
Avling per daa gjennomsnitt							300	kg
Pris øko			Basispris januar	3,91			5,22	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg			Økotillegg	1,31			1 566	kr/daa
			Sum pris	5,22				
Tilskudd øko per daa sone 5							325	kr/daa
Tilskudd fra RMP							595	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd							500	kr/daa
Sum inntekter							**2 986**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg		kg/daa	kr/daa	
Kalk	toppdressing	25-30kg per daa		2,73		25	68	
Svovel				7,65		0	0	
Hønemøkk		Grønn 8-3-5		4,5		50	225	
Såfrø				11,7		20	234	
Underkultur				75		0,7	53	
Spredning av husdyrgjødsel							75	
Diesel							95	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong			80	
Ferment, melasse og startkultur							26	
Sprøytekalk							11	
Mikronæring opsi microtop							15	
Sum variable kostnader							882	
Dekningsbidrag på korn							kr **2 104**	

Som oppsettet over viser er det god lønnsomhet i å dyrke økologisk bygg. Det er ca 900kr/daa bedre enn gjennomsnittsberegningen på konvensjonell vare. Denne åkeren var ikke av den beste jorda på gården heller, siden det var sandjord med endel kveke. Likevel ga bygg ganske bra mengde korn, 300 kg/daa. Det skal bli interessant å se på hvordan bygg presterer på jord i god hevd og uten kveke. Det skal prøves ut i 2024 om alt går etter planen.

5.9.5 Kostnadsanalysen punkt for punkt

Kalk er granulert AgriDol dolomittkalk som kommer i storsekk, den er etter fjorårets (2023) faktura kostnadsberegnet til 2,42 kr/kg inklusive frakt. Da var det for 6000 kg kalk kjøpt inn.

Svovel er elementært svovel importert fra Polen. Det blir nå forhandla i Norge, men prisen var da denne ble kjøpt 7,65 kr/kg hit på gården. Bor er ikke tilført i 2023 da jordprøvene har vist at det ikke trengs.

Pelletert hønemøkk Grønn Gjødsel 8-3-5 er kostnadsberegna til 4,5 kr/kg, og multiplisert med dosert mengde så framkommer kostnaden per daa. Såfrø er såkorn brukt og hva det koster per kg. For hveten var det kr 11,70 for økologisk såfrø. Underkultur brukt her var Strand 52 i 2023, den kosta omtrent 75 kr per kg ferdig levert.

Spredning av husdyrgjødsel der går det nesten en dag med innleid entreprenør med Fendt 820 og Samson vogn, og lasting med egen 14 tonns graver med pusseskuffe og rotatilt. Det har jeg satt en kostnad på lik 75 kr per daa. Da er det regnet representativ timespris på både spredning og lasting.

Dieselkostnaden per daa er målt flere ganger og her er det benyttet et gjennomsnitt som jeg har brukt de siste åra, lik 8 liter per daa for korn. Dette inkluderer gjødsling flatekompostering, jordløsning, andre gangs fresing på lavt turtall, såing, toppdressing med kalk, tromling, sprøyting(plantevitalisering) og tresking. Halmberging kommer i tillegg, og kompostspreding og lasting er heller ikke med. Der det ikke er gjort nøyaktige målinger av forbruk er det benyttet anslag. For erter er det satt 5 liter/daa i forbruk når det gjøres flatekompostering, andre gangs fresing (på redusert turtall på kraftuttak på fres) og såing, plantevitalisering og tresking.

Forbruket kan endre seg med arrondering, jordart og slik sett ikke være likt for alle. Men det kan jo gi en pekepinn på hvor landet ligger.

Når det gjelder pris på vatning så utgjør det kostnader til strøm i eget anlegg som vi har 50/50 med naboen. Vannkilden er Krøderen og ved inntaket bygde vi nytt sugerør i PE i fjor og bytta pumpa for 5 år siden. I tillegg varierer strømpris hele tida og det blir gitt strømstøtte. Ut fra dette er det satt en kostnad 80 kr/daa for to vanninger på en sesong. Da dekker det strømmen og noe av investeringene som er gjort.

Ferment, startkultur melasse, tangmel og salt er en post for kostnader for innkjøpte varer for å brygge ferment. Det brygges 2500 liter per år og til det brukes ingredienser som koster ca. 8000kr. Det brukes 8 liter konsentrert ferment per daa, da beløper det seg til 26 kr/daa. Jeg legger ikke inn kostnader til timene jeg bruker på å lage fermentet, ei heller varmtvannet som brukes.

Sprøytekalk er OmyaPro Calcium og denne koster 22 kr per kg. På ei 800 liters sprøyte brukes en sekk. Det holder til ca. 40 daa. Det blir da 11 kr/daa.

For EPSO Microtop (magnesium, svovel, bor og mangan bladgjødsel) er kostnaden 15 kr/daa.

Denne kostnadsgjennomgangen har vist de variable kostnadene for selve dyrkingen på åkeren, inkludert diesel. Kostnader til tørking og transport er ikke inkludert her da det antas at disse er de samme pr kg vare uansett dyrkingsmetode.

Kostnadene nevnt her er de dyrkningsspesifikke kostnadene forbundet med denne type regenerativ kornproduksjon. Det er argumentet mot å legge til tørkekostnadene eller transport av korn på gården, eller fra gården til kornkjøper.

5.9.6 Nye satser for regionalt miljøprogram

Det som kommer i tillegg på inntektssida, er tilskuddet fra RMP-ordningen. Det gav for 2023 185kr/daa for fangvekst, 55kr/daa for fangvekst med høy diversitet, og 355kr/daa for bruk av egenprodusert kompost. Til sammen 595kr/daa.

Det koster også noen kroner å lage kompost som må trekkes fra dette beløpet. Her beløper det seg til en 4 timers økt med graver og innleid entreprenør med tørrgjødselvogn. Da blandes tre sorter råvare sammen. Sauetalle, talle fra grisehusene og reint halmstrø med jordrester fra grisen. Kompostranken blir klappa sammen i et trapes med graver, og skal så omdannes og modnes til den er klar.

På gården lages skogsflis av helst lauvvirke, men også barvirke benyttes. Dette brukes til et trakke sterkt underlag hos sauen da vi har fri utegang på disse. Det gir bedre drenering under halmen og dermed bedre dyrevelferd for sauen. Kostnaden for flisproduksjon legges derfor til dyreholdet. Ved å forbehandle flisa på denne måten oppnås også økt innhold av gunstig sopp i flisa og dermed mer gunstig sopp i komposten. Men det kan sikkert diskuteres hvor denne kostnaden skal plasseres.

5.9.7 Dekningsbidrag konvensjonell dyrking

Gjennomsnittsavling for vårhvete for Krødsherad kommune er ca. 400 kg/daa. Om vi legger dette til grunn sammen med prisene for konvensjonell vare høsten 2023 hos Felleskjøpet samt areal og produksjonstilskudd får vi inntekt 2038 kr/daa. Med kostnader for såkorn, diesel, kunstgjødsel og sprøytemiddel og annet for 2023 får man 979 kr/daa i kostnader. Hvetedyrking med 400kg avling gir dermed litt over 1000 kr i dekningsbidrag per dekar.

Dekningsbidrag	Mirakelhvete		Konvensjonelt				
Korn							
Antall daa i korn						100	daa
Avling per daa gjennomsnitt						400	kg
Pris hvete forkorn						4,04	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg						1 616	kr/daa
Tilskudd øko per daa sone 5						0	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd						422	kr/daa
Sum inntekter						**2 038**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg	kg/daa	kr/daa	
Roundup hvert 4 år						9	
Ariane S					0	38	
Kunstgjødsel 22-3-10				6,49	65	422	
Såfrø				8	25	200	
Soppmiddel Proline + Delario						68	
Spredning av husdyrgjødsel							
Diesel						94	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong		80	
Ferment, melasse og startkultur							
Sprøytekalk							
Kalking hvert 4 år	70kg x 0,76 per kg					53	
Mikronæring opsi microtop						15	
Sum variable kostnader						979	
Dekningsbidrag på korn						**kr 1 059**	
Dekningsbidrag i kr på jordet						kr 105 915	

Dekningsbidrag	Bygg		Konvensjonelt				
Korn							
Antall daa i korn						100	daa
Avling per daa gjennomsnitt						450	kg
Pris forkorn						3,84	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg						1 728	kr/daa
Tilskudd øko per daa sone 5						0	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd						422	kr/daa
Sum inntekter						**2 150**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg	kg/daa	kr/daa	
Roundup hvert 4 år						9	
Ariane S					0	38	
Kunstgjødsel 22-3-10		13,2		6,49	60	389	
Såfrø				8	25	200	
Soppmiddel Proline + Delario						68	
Spredning av husdyrgjødsel							
Diesel						94	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong		150	
Ferment, melasse og startkultur							
Sprøytekalk							
Kalking hvert 4 år	70kg x 0,76 per kg					53	
Mikronæring opsi microtop						15	
Sum variable kostnader						1 016	
Dekningsbidrag på korn						**kr 1 134**	
Dekningsbidrag i kr på jordet						kr 113 360	

Bygg gir vanligvis noe høyere avling og her er det brukt 450 kg/daa. Dette gjør at bygg havner på litt over 1100kr/daa i dekningsbidrag med samme regnemåte.

Dekningsbidrag	Havre		Konvensjonelt				
Korn							
Antall daa i korn						100	daa
Avling per daa gjennomsnitt						420	kg
Pris hvete forkorn						4,04	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg						1 697	kr/daa
Tilskudd øko per daa sone 5						0	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd						422	kr/daa
Sum inntekter						**2 119**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg	kg/daa	kr/daa	
Roundup hvert 4 år						9	
Ariane S					0	38	
Kunstgjødsel 22-3-10				6,49	50	325	
Såfrø				8	25	200	
Soppmiddel Proline + Delario						68	
Spredning av husdyrgjødsel							
Diesel						94	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong		150	
Ferment, melasse og startkultur							
Sprøytekalk							
Kalking hvert 4 år	70kg x 0,76 per kg					53	
Mikronæring opsi microtop						15	
Sum variable kostnader						952	
Dekningsbidrag på korn						**kr 1 167**	
Dekningsbidrag i kr på jordet						kr 116 730	

Beregningen for havre gir årviss bra avkastning i denne regionen og det gir da nesten 1200kr/daa i dekningsbidrag. Rug gir tilsvarende 800 kr/daa.

Dekningsbidrag	Rug		Konvensjonelt				
Korn							
Antall daa i korn						100	daa
Avling per daa gjennomsnitt						400	kg
Pris forkorn						3,25	kr/kg
Inntekt per daa kornsalg						1 300	kr/daa
Tilskudd øko per daa sone 5						0	kr/daa
Areal og kulturlandskapstilskudd						422	kr/daa
Sum inntekter						**1 722**	**kr/daa**
Variable kostnader				kr/kg	kg/daa	kr/daa	
Roundup hvert 4 år						9	
Ariane S					0	38	
Kunstgjødsel 22-3-10				6,49	55	357	
Såfrø				8	25	200	
Soppmiddel Proline + Delario						68	
Spredning av husdyrgjødsel						0	
Diesel						94	
Vatning	25kW*24t	25 daa/døgn	2	ganger vatning per sesong		80	
Ferment, melasse og startkultur						0	
Sprøytekalk						0	
Kalking hvert 4 år	70kg x 0,76 per kg					53	
Mikronæring opsi microtop						15	
Sum variable kostnader						914	
Dekningsbidrag på korn						**kr 808**	
Dekningsbidrag i kr på jordet						kr 80 805	

5.9.8 Traktorkostnader

Her forutsettes at traktoren koster det samme hvert år i kapitalkostnad. Servicekostnader påløper hver 500 time. I regnestykket er dette satt til en årlig kostnad. Deretter er den fordelt ut på hver produksjon korn, gras/dyr og annet. Korn tar 200 timer av totalt 600 timer for traktoren, dvs. 33 %. I tillegg kommer redskap og diverse reparasjoner. Forsikring er ikke med. Total timekostnad i kornproduksjon for traktor og redskap blir da 366 kr/daa.

Maskinkostnader traktor leasing		
Timeforbruk kornproduksjonper år	200	
Timer traktor totalt	600	
Brøk kornproduksjon	0,33	
Årlig leasing kostnad	102 000	
Leasingkost traktor kornproduksjon		34 000
Service traktor kostnad	25 000	
Service kost kornproduksjon		8 333
Sum traktor kost kornproduksjon		42 333
Diverse reperasjon	3000	
Fres	5000	
Harv	2000	
Såmaskin	10000	
Trommel	1000	
APV småfrøspreder	1000	
sum tresking og utstyr	22000	
Årlig fast kostnad kornproduksjon		64 333
Fordelt på antall daa korn	Kr/daa	366

5.9.9 Vederlag til arbeid og kapital kornproduksjon

I dette avsnittet er det vist hvordan en vurdering av vederlag til arbeid og kapital kan gjøres, slik at man får en helhetsvurdering av økonomien. Utgangspunktet er dekningsbidrag for dyrking av bygg i kr/daa (konservativt estimat på inntekt), en arbeidsinnsats på 250 timer i korndrifta, og et vederlag til arbeid på 400 kr/time. Det er ingen kostand til leie av jord og heller ikke kostnader til frakt og korntørking, det gir følgende beregning av vederlag til kapital som vist under. Under disse forutsetninger gir det kapitalavkastning på 1130 kr/daa for regenerativ drift. Siden utgangspunkter for bygg er et dekningsbidrag som er 400 kr/daa høyere enn for konvensjonelt system betyr det også at avkastning til kapital i konvensjonelt system ville ende på 730 kr/daa gitt samme maskinkostnad, timeforbruk og timesats. Regenerativt system er dermed betydelig bedre.

Generell tidsbruk og lønnsomhetsbetraktning		
Tidsbruk kornproduksjon, timer		250
Kostnad per time	kr	400
Sum lønnsvederlag	kr	100 000
DB bygg	kr	1 500
Inntekt fra RMP	kr	595
Sum	kr	2 095
Traktor og maskiner	kr	366
Arbeidsvederlag	kr	599
Avkastning lik som for AS, per daa	kr	1 130

Sammenligner vi dekningsbidrag over år i økologisk regenerativ drift ser det ut som oversikten under. Her er også tallene for 2023 sammenlignet opp mot konvensjonelle dekningsbidrag. Dette viser bedre dekningsbidrag for regenerativ økologisk produksjon. Men det er også endel mer arbeid, så det skal man også huske på. Likevel så er regenerativ drift mer lønnsom enn konvensjonell drift gitt disse faktorer vi har lagt til grunn i denne rapporten. Det er også en trend som er forsterket over tid. Det gir oss framtidstro og lyst å fortsette med regenerativ drift.

	DB/ Daa	Uten RMP tilskuddet				
	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Erter og havre	kr 2 185					
Hvete	kr 1 117					
bygg	kr 1 509					
Vårspelt		kr 2 032	kr 1 450	kr 1 301	kr 642	
Svedjerug		kr 1 241	kr 922	kr 1 074		
Emmer						kr 699
Konvensjonell Hvete	kr 1 059					
Konvensjonell bygg	kr 1 134					
Konvensjonell havre	kr 1 167					
Konvensjonell rug	kr 808					

Det er ikke dyrket parallelt konvensjonelt og økologisk regenerativt på Skinnes. Men tar man de avlingstall som er brukt over der de kan sammenlignes (samme sort) er regenerativt økologisk avling 52 % av nivået for konvensjonelt system for vårhvete og 67 % av nivået for bygg. Dekningsbidraget inkludert RMP er som sagt bedre for regenerativt. For hvete 5 % bedre uten RMP og 48 % bedre med RMP (antatt ingen tiltak for konvensjonelt system). For bygg er regenerativt tilsvarende 33 % bedre enn konvensjonelt uten RMP og 86 % bedre med RMP (antatt ingen tiltak for konvensjonelt system). Alle tall gjelder for 2023. RMP er mer arbeidskrevende, variable kostnader knyttet til RMP er inkludert også i dekningsbidraget uten tilskuddet. Dette viser at regenerativt system er mer lønnsomt på Skinnes. Også på Ormo (konvensjonelt) er det gjort analyser av dekningsbidrag og lønnsomhet. Der er det gjort direkte sammenligning med parallellproduksjon på gården. Der viser tallene for 2022-2023 at avlingsnivå for regenerativt varierer fra ca 50-90 % av nivået for konvensjonelt, se 5.6.7. I gjennomsnitt er dekningsbidraget for regenerativt system for 2023 5 % høyere enn for

konvensjonelt system på Ormo. Da er de nye RMP-tilskuddene inkludert så langt det er mulig å utnytte dem på de ulike skiftene og systemene.

5.9.10 Omlegginga til regenerativt dyrkingssystem

Arbeidsmengde

Når det gjelder arbeidsmengde så er det mer arbeid i startfasen av ei omlegging til dyrkingssystemet som referansegårdsprosjektet har fulgt. Jorda går kanskje fra vanlig konvensjonell korndyrking til et system hvor avlinger og redusert ugrastrykk avhenger av økt mikrobiell aktivitet i jorda. Denne omlegginga gjør at jorda ofte gir lavere avlinger i prosessen med å venne seg av med NPK-gjødsel til et system hvor jordlivet blir mer aktivt.

Kristoffer Svalastog Skinnes anslår at i oppstartsårene gikk det dobbelt så mye tid som ved konvensjonell dyrking på Nedre Skinnes. I tillegg har det blitt mer tenkearbeid for å endre driftsmåten, og ta hensyn til investeringer, agronomi, avlinger, tid tilgjengelig m.m.

Tankesett og barrierer for endring

Det viktigste og vanskeligste med denne endringa av driftspraksis er at bonden selv må gjøre om på tankesettet sitt fra det man har lært fra før, og våge å tenke nytt. Dette gjelder hele bondenæringa som på mange måter er ganske konservativ. I tillegg vil landbruksskoler, universitet og rådgivingsapparatet også ha utfordringer med endringen. Dette vil trolig være den største barrieren for endring.

I starten av omlegginga på Nedre Skinnes i 2017 til regenerativt kornsystem gikk det med mye tid til å bygge om maskiner og finne systemer som kunne fungere. En vanlig jordfres ble bygd om til å kunne fungere som en biofres, hvor det ble sveisa på dybdehjul foran og bak, og satt på nye L-kniver. Beitepusseren ble tilpasset slik at det er en stor brakett som holder dunkene til ferment, og det er satt på sprøytebom og pumpe. Det har vært prøvd sprøytekalk med for grov formalingsgrad og hele åkersprøyta har vært demontert for å vaske ut kalk fra filter, pumpe og dyser. Mye er prøvd og i fortsettelsen trenger ikke alle gjøre de samme feilene og utprøvingene som vi har gjort. Når dette er sagt betyr det å registrere arbeidstid forbrukt i forbindelse med denne drifta ikke har vært så relevant for årene som kom etterpå, når systemet har satt seg og den nye praksisen er innarbeidet.

Systemendringen har først og fremst vært i måten vi driver jorda vår på, der vi har beveget oss fra en pionerfase til å nå et seinere utviklingsstadium. Slik oppnår vi mindre utfordringer med ugress og større synergier i næringsforsyning fra mikrolivet i jorda og kan levere flere

økosystemtjenester. Derfra kan vi bygge bro tilbake til større avlinger, mindre kjemibruk, og mindre innsatsfaktorer brukt og derfor også bedre økonomi til bonden.

Arbeidsforbruk, og særlig i omleggingen, er kanskje noe man bør se til i seinere prosjekter om man ønsker et større kunnskapsgrunnlag om dette. Men det er interessant, og noe som bør være mer avklart for bønder som ønsker å se på muligheten for å endre dyrkingssystemet sitt. Da kan man få til en enda mer opplyst debatt om hvordan man kan få til en mer regenerativ retning på jordbruksdriften her til lands.

6 KONKLUSJONER

I et langt og omfattende prosjekt som referansegårdsprosjektet har det blitt gjort en rekke funn og oppdagelser på tre år (seks år om man også tar med forrige periode). Til sammen dyrker de seks gårdene i prosjektet et areal på over 4 100 dekar som samlet utgjør mer enn 90 enkeltskifter. Det er dermed gjort våronn minst 270 ganger, gjennomført minst 270 ulike vekstsesonger og tresket minst 270 ulike avlinger om man regner på skiftenivå. 58 skifter er drevet økologisk regenerativt, 14 er drevet konvensjonelt regenerativt, og 19 er drevet konvensjonelt og tjener som en viktig sammenligning i dette arbeidet. Til sammen har bøndene listet opp 136 ulike funn, nyvinninger og observasjoner i en egen oppsummering for gårdene i kapittel 5.7. En sammenstilling av overordnete funn og observasjoner er vist nedenfor.

Jordhelse

- Det har blitt betydelig mer meitemark i jorda der regenererende tiltak gjennomføres.
- Det er mindre fritt nitrogen (mineralsk nitrogen) i jorda.
- pH har økt som følge av målrettet mineralsk utbalansering.
- Jordstrukturen og vanninfiltrasjonen har blitt bedre, men er følsom for kjøring når det er for kaldt og vått.
- På 19 skifter fra fem gårder er det samlet sett påvist statistisk sikker økning i glødetap. Målingene er gjort over 3-6 år. Omregnet til jordkarbon betyr dette en økning på 74 kg i året pr dekar i gjennomsnitt for det regenerative dyrkingssystem.
- Endring i mold og jordkarbon er målt i 69 faste punkter i 2015, 2021 og 2023 på Ormo. Resultatet er 53 ± 28 kg/daa økning i jordkarbon pr år for regenerative punkter (40 stk) og 126 ± 33 nedgang i jordkarbon for konvensjonelle punkter (29 stk) beregnet fra før omlegging i 2019 til 2023.
- MicroBIOMETER er utprøvd av flere bønder og fungerer som et godt verktøy for rask, rimelig og kvantitativ måling av mikrobielt karbon fordelt på sopp og bakterier. Det er brukt for kartlegging i jord, kompost, ekstrakt og for å sammenligne effekt av ulike behandlinger.
- Nivået av mikrobielt karbon og mengde sopp øker over tid (år for år) på regenerative skifter der dette er kartlagt, men det er også vist at nivåene kan variere gjennom vekstsesongen. Nivået øker særlig i perioder med god vekst, for eksempel på høsten når underkulturen vokser godt og i perioder med mye nedbør. Intensivt jordarbeid senker nivået, det samme skjer også ved tørke. På vinteren går også nivået noe ned.

- Et forsøk med Biosa ferment brukt ved flatekompostering (10 l/daa) viste at mikrobielt karbon i disse rutene økte med 70 % fra såing i mai til september etter tresking for bygg, mens kontrollrutene uten ferment økte 40 %. Forskjellen var statistisk sikker.
- Et mindre forsøk med og uten bruk av Sobac kompost viste økning i mikrobielt karbon for regenerativt system både med og uten Sobac fra ett år til neste, men nivået var større med Sobac. En kontroll på konvensjonell jord viste ingen endring i mikrobielt karbon.
- Bruk av kompostekstrakt på såkorn i både regenerativ og konvensjonell åker har i forsøk vist at unge planter får flere rotutløp og lengre blader, og jorda etter tresking viste høyere mikrobielt karboninnhold sammenlignet med kontroll. Utgangsnivået ved såing var det samme.
- Bladgjødsling/plantevitalisering gir kraftigere grønnfarge visuelt.
- Dybdeløsning gir løsere jord og bedrer strukturen.
- Bladsaftanalyser er testet ut hos alle gårder. Brukes for å vurdere plantenes vekst og behov, og resultatene er brukt for å justere sammensetning på vitalisering og bladgjødsling.
- Bøndene har til sammen gjort 32 funn og forbedringer knyttet til kompost og biologiske preparater. Kompost tilsettes primært som kilde for jordforbedring og ikke som gjødsel. Husdyr integrert i drifta er svært positivt for bedre jordliv og jordhelse.
- DNA-analyser på regenerativt og konvensjonelt system er testet. Metoden er kostbar og under utvikling, men kan gi innblikk i mikrobiell diversitet og artssammensetning, Det ble funnet større diversitet og flere arter i prøvene fra regenerative skifter.

Agronomi

- Med flatekompostering kan grønt plantedekke håndteres uten plog eller ugrasmidler (f.eks. glyfosat). Alle bøndene har fått laget utstyr som gjør at man kan utføre flatekomposteringa i en operasjon.
- Omlegging til økologisk regenerativt jordbruk går lettere enn ved ordinær omlegging til økologisk jordbruk (Nedre Skinnes).
- Plantene blir i større grad ernært via jordlivet, og behovet for tilførsel av gjødsel utenfra er redusert (alle gårder – økologiske og konvensjonelle). Ormo og Nes Herregård har redusert mengden tilført nitrogen til 50 %.
- Med allsidig underkultur i korndyrkinga, blir vekstskiftet mer fleksibelt (alle gårder).
- Etablering av underkultur er både gjort samtidig med såing, ved ugrasharving, før tresking og etter tresking. Sikrest etablering oppnås ved normal såing, da kan også såmengde reduseres til 0,5 kg/daa, men alle metodene fungerer under rette forhold.

- Samdyrking av åkerbønne+ert+oljedodre, ert+bygg og ert+havre fungerer bra med gode avlinger (Nordre Tveter med flere).
- Hver enkelt gård har fått skreddersydde anbefalinger for jord-/plantegjødsling basert på utvidete jordanalyser (basemetningsanalyser) og disse er gjennomført.
- Flere av bøndene har montert ekstra spredeutstyr for små kvanta (for eksempel til svovel og bor) slik at man kjøre ut to eller tre sorter gjødsel eller mineraler samtidig og dermed sparer både tid, kjøring og jordpakking.
- Bøndene opplever å ha fått nye verktøy til å håndtere jord med strukturproblemer og få de inn i produksjon igjen, f.eks. stiv leirjord (Sørli, Nes Herregård).
- Magnesiumovermetning av leirjord som gir dårlig jordstruktur er et utbredt fenomen, men kan løses ved å bruke kalsium og svovel.
- Alle bøndene brygger ferment, enten alene eller i fellesskap. Det er brukt både melketanker og IBC (palletanker på 1000 liter). Enhetsprisen er 2,60 kr/liter og 10-20 kr/daa avhengig av dosering. 5 liter ferment og 15 liter vann pr dekar er mye brukt.
- Fermentbehandling av blautgjødsel er en enkel, lav-teknologisk og sikker måte for å oppgradere husdyrgjødsla. Det er gjort på gjødsel fra gris og storfe. Gjødsel fra høns og sau er også behandlet med ferment.
- Behandling av husdyrtalle med ferment og/eller SOBAC fungerer godt – tallen blir raskere omdannet, mer homogen og lettere å få ut (Nordre Tveter).
- Også biokull og steinmel er benyttet i behandling av gjødsel, i kombinasjon med ferment og/eller SOBAC.
- MC-kompostering (mikrobiell karbonisering) er en god måte å oppgradere fastgjødsel (husdyrtalle) på, samtidig som en kan bruke løvtreflis fra jordekanter i komposten som deretter gagner jorda. 5 av bøndene har anlagt en eller flere MC-kompost hauger, den siste bruker isteden storfe aktivt til beiting på alle skiftene.
- MC-komposten når temperatur på 60-65 grader og bør ligge minst 1,5 år før bruk. Når den lukter friskt og ikke lenger har gjødsellukt og det er mye meitemark er den klar. Komposten er i prosjektet spredd på grønt plantedekke, eller det er laget ekstrakt som siden er brukt i plantevitalisering/bladgjødsling eller på såfrø (beising).
- Vitalisering og bladgjødsling er etablert praksis hos alle bøndene og de komponerer sprøytevæsken med basis i kompostekstrakt og tilsetter ulike mineraler og annet etter behov. Kostnaden per behandling varierer fra 10-30 kr/daa avhengig av preparatene som benyttes.
- Flere av bøndene praktiserer forblanding av sprøytevæsken som et konsentrat i IBC-dunk som deretter tilsettes sprøyta sammen med vann. Dette er tidsbesparende ved tillaging og bruk.

- Biologisk beising med kompostekstrakt og mineraler m.m. av såkornet gir bedre spiring og sunnere småplanter, de fleste bøndene i prosjektet har testet dette med ulikt utstyr. Mer enn 40 tonn frø er behandlet med metoden, kostnad pr dekar er svært lav, 2-3 kr. Det er også vist at mikrobielt karbon i jorda øker etter tresking med slikt frø. Det er ikke vist avlingseffekt ennå på grunn av vanskelige forhold i 2023 sesongen.
- Spadeprøven er et nødvendig, enkelt og billig verktøy for å vurdere jorda
- Det er vist at pakking av jord nedsetter avling opp mot 50 % i rug, og det er viktig å vurdere pakking og iverksette tiltak om det oppstår. Dybdeløsning er en metode som fire av bøndene benytter. Det er også mulig å bruke kultivator eller også pløying i unntakstilfeller.

Ugras

- I forsøket med jordpakking ble også ugrasforekomst anslått. Med mye ugras ble avlingsreduksjonen i rug 50 %.
- Frøugras kan få ei oppblomstring i begynnelsen, men demper seg mye etter hvert (alle seks gårder).
- Hønsehirse ser ut til å gå tilbake på de regenerative områdene der den ellers ville skapt store problemer, antagelig på grunn av sterk konkurranse fra underkultur og mindre fritt nitrogen i jorda.
- Frøugras (eksempel meldestokk) kan dempes effektivt med plantevitalisering.
- I stedet for mekanisk eller kjemisk ugrasbekjemping har ugraset blitt redusert ved å endre habitatet.
- Kveke: kan øke i begynnelsen, men kan handteres mekanisk og/eller med mer aktiv jordbiologi og bedre jordstruktur (Fossnes, Nedre Skinnes, Ormo m.fl.). Imidlertid må en i vekstskiftet, med gjødsling og jordarbeiding hele tiden være bevisst på å ikke legge forholdene til rette for kveka.
- Underkultur kan gi en ugraseffekt om det blir for mye eller stort. Derfor må såmengde tilpasses såtidspunktet og hovedkulturens konkurranseevne. Det er en fordel å bruke sorter med lengre strå eller som dekker bedre (for eksempel 6-radsbygg istedenfor 2-radsbygg). Såes underkulturen samtidig med hovedkulturen på våren kan man redusere mengden med 50-60 % (0,5 kg mot 1,2 kg anbefaling) og allikevel få svært godt tilslag på underkulturen etter tresking, og man unngår avlingsreduksjon.
- Bøndene har til sammen gjort 54 funn og forbedringer knyttet til agronomiske tiltak.

Miljø

- Med underkultur (permanent grønt plantedekke) har jorderosjon helt opphørt på tidligere erosjonsutsatte skrånende kornareal (Ormo).

- Det er ikke behov for å benytte glyfosat for å avslutte et grønt plantedekke i konvensjonell korndyrking (Ormo, Nes Herregård).
- Karboninnholdet i jord har økt på de gårdene der det er undersøkt, og tilsvarer en karbonbinding på i gjennomsnitt 270 kg $C0_2$ pr dekar pr år (74 kg i året pr dekar).
- Bøndene observeres mer dyr, fugler og insekter på og rundt de regenerative arealene etter omlegging, og spesielt sammenlignet med nærliggende konvensjonelle arealer på flere av gårdene.
- Behandlet gjødsel lukter mye mindre, og det er færre (ingen) klager på lukt.
- Det er ikke gjort noen målinger på hvordan avrenning og utvasking påvirkes, men de er trolig redusert i regenerativt system.
- Det er målt mindre fritt nitrogen i jorda for regenerativt system.
- Regenerativt system har mindre behov for tilført nitrogen, i korndyrkinga er reduksjonen rundt 50 % i prosjektet. Mer dyrking av for eksempel erter, som ikke nitrogengjødsles, gir enda større reduksjon for en hel gård. I tillegg er det vist at innhold av fritt nitrogen i jorda er lavere. Det er dermed stor sannsynlighet for at nitrogenavrenning fra regenerative arealer er vesentlig lavere enn fra tilsvarende arealer som ikke drives regenerativt.

Økonomi

- Dekningsbidragsanalysen i Kapittel 5.9 viser at dekningsbidraget uten RMP (regionale miljøtilskudd) ligger 5-33 % høyere for økologisk regenerativ produksjon enn for konvensjonell produksjon. Avlingsnivået er 52-67 % av nivået for konvensjonelt. Beregning av alle kostnadsmomenter kalk, svovel, pelletert hønemøkk, såfrø, underkultur, spredning egen møkk, diesel, vanning, ferment, vitalisering, er beregnet og vist og med i analysen. Kompost er belastet husdyr og ikke korn (som gjødsel).
- Dekningsbidraget i økologisk regenerativ korndyrking var lavere enn konvensjonelt dekningsbidrag de første årene, men har blitt bedre de siste to årene, i hovedsak fordi avlinga har økt og innkjøp av gjødsel er redusert (Nedre Skinnes).
- For konvensjonelt bruk (Ormo) ligger i 2023 den regenerative avlingen på 50-90 % av den rent konvensjonelle for de ulike sortene, men dekningsbidraget totalt ligger 5 % høyere. Her er RMP tatt med.
- Reduserte kostnader til gjødsel, sprøytemidler og andre innsatsfaktorer er en viktig del av økt dekningsbidrag, sammen med økte inntektsmuligheter ved bruk av RMP som veier opp avlingsnedgangen.
- Flere av bøndene ser tegn til at avlingene øker, og det vil bety større dekningsbidrag
- Dyrking av erter vil kunne bedre økonomien ytterligere, men man må også håndtere risiko som følger med (mer krevende å treske og tørke i vanskelige år).

- Husdyrgårder kan benytte slått av underkultur som fôr, eventuelt bruke feilslåtte avlinger som fôr og slik redusere kostnader eller omdisponere mer gras til korn for å øke total inntekt.
- Egen rensemaskin for korn/erter kan brukes for egen såkornproduksjon eller for å fjerne uønsket vare som gir redusert pris, og slik sparekostnader og øke inntekter. To av bøndene har slikt utstyr. Spesielt interessant for samdyrking, for eksempel havre+åkerbønne+oljedodre eller bygg+ert eller havre+ert, der man typisk får økt avling i forhold til en sort alene.
- Dieselforbruket er redusert 30-40 % på de gårdene som la om til regenerativt først.
- Kostnadsberegning for ferdig kompost er 166 kr/m^3.
- Kostnadsberegning for selvbrygget ferment er 2,60 kr/liter.
- Kostnadsberegning for vitalisering/bladgjødsling med 20 liter/daa: 25 kr vitalisering, 10 kr for bladgjødsling med urea (konvensjonell), 30 kr for bladgjødsling med aminosyrer (økologisk).
- Kostnadsberegning for beising av såkorn med kompostekstrakt er 2-3 kr/daa.
- Det kreves mer arbeidstid i oppstartsårene (alle gårdene). Dette inkluderer mer prøvetaking og analyser av jord og planter, nye driftsplaner, tid til kjøp og modifisering av utstyr, anskaffelse av ulike preparater, produksjon av preparater som ferment, kompost og kompostekstrakt. En viktig del er planlegging og nye rutiner som man må lage for de ulike til dels nye arbeidsoppgavene.
- Det kan være nødvendig med investeringer i ny redskap (f.eks. biofres, gåsefotharv) og utstyr (fermentbrygging, kompostekstrakt, blandekar, pumper etc.)
- Noe redskap, f.eks. dybdeløsner, kan gjerne brukes eller eies i fellesskap.
- Noe redskap kan om ønskelig også selges (plog).

Kompetanse og læring

- Et lærende og sosialt fellesskap av bønder og rådgivere med felles mål er en effektiv måte å gå hurtig fra kunnskap til implementering av kunnskapen i praktisk drift.
- Bondens stedsspesifikke, gjerne tause, kunnskap om dyrkingshistorikk, jordtype, jordkvalitet og lokalklima er viktig for å lykkes.
- Det kreves godt bondehåndverk og mer tilstedeværelse for å lykkes med regenererende jordbruk. Det er også viktig å være endringsvillig, lærevillig og søke nye løsninger og kunnskap.
- Bøndene må være åpne til å ta til seg kunnskap som bryte med etablert agronomi i landbruksrådgivinga.

- I løpet av prosjektperioden har bøndene hver for seg og i fellesskap utviklet tekniske løsninger for flatekompostering, blanding og utsprøyting av urteferment og plantevitaliseringsvæske, og påføring av biologisk beisemiddel på såkornet.
- Bøndene har delt løsninger seg imellom og tatt i bruk andres løsninger.
- Bonden ser og behandler jorda som ett system (jordfysikk, jordbiologi, jordkjemi og plantene) hvor alle delene påvirker hverandre og helheten, dvs. jordhelsa/jordfruktbarheten.

Trivsel

- Bøndene er mer fornøyde, mye mer interesserte i «levende» agronomi og føler de gjør en innsats for samfunnet når det gjelder klima, avrenning, biodiversitet og folkehelse.
- Å jobbe med levende, jordfruktbarhetsbyggende prosesser i dyrkinga er tilfredsstillende for bøndene
- Når målsetningene både for prosjektet og de personlige målsetningene for den enkelte bonde oppfylles, oppstår også de gode synergiene. Det blir bra for bonden, bra for miljøet, bra for samfunnet.

.

Oppsummert

Prosjektet har tatt i bruk regenererende dyrkingsmetoder i konvensjonell og økologisk dyrking som var lite kjente i Norge, og tilpasset dem til norske forhold. Gjennom dette arbeidet er det vist at metodene faktisk er regenererende for jordlivet og at de gjennom tilpasning og utvikling nå benyttes i stor skala på seks gårdsbruk som dyrker mer enn 4100 dekar. Bruken av metodene gjør det mulig å dyrke kulturvekster av god kvalitet på en måte som er bedre for miljøet og som øker innholdet av jordkarbon. Det tar imidlertid noe tid å gjenoppbygge et jord-plante-mikrobiologisystem slik at det både blir mer selvforsynt og samtidig høytytende. Avlingsnivået har derfor gått noe ned i den første fasen etter omlegging, fordi jorda er i en omleggingsprosess med gradvis økt mikrobiell aktivitet, tilført gjødsel og sprøytemidler reduseres og fjernes, og plogen parkeres. Man må også lære seg et nytt håndverk med ukjente jordarbeidingsteknikker, og lære seg å kontrollere ugras og jordpakking på nye måter. Etter hvert som metodene blir utført riktig og jorda regenereres skjer det også forbedringer med avlingsnivået som nå er på vei oppover. Det siste året er dekningsbidraget derfor blitt bedre enn for konvensjonell dyrking, og de regenerative teknikkene er dermed også gunstig for driftsøkonomien til bonden.

7 ANBEFALINGER

7.1 Anbefalinger til bønder

Regenerativt jordbruk er en bevegelse som i stor grad er drevet av bønder og for bønder, og som svarer på mange av de utfordringene jordbruket har i dag. Det handler om å drive jordbruk på ikke bare en bærekraftig måte, men en forbedrende og regenererende måte som gir bedre jordhelse og plantehelse, større diversitet, mindre avrenning og erosjon, mindre belastning for økosystemene i, på og rundt jorda, økt karbonbinding og redusert klimagassutslipp (netto karbonfangst) og som samtidig sikrer matvaretrygghet, kvalitet og avling, og med bedre økonomi for bonden. Å komme dit er krevende og tar tid, men raskt vil man se forbedringer og også forbedret økonomi i egen virksomhet når man tar tiltakene i gang, og man vil få en svært interessant og lærerik reise på veien mot målet. Noen anbefalinger for bønder som vil prøve dette er:

- Ta i bruk **gårdsforsøk**, lag 0-ruter og referanseruter, se på effekt av tiltak hos deg selv og hos naboen, diskuter løsninger og resultater med andre.
- Bruk **spaden** mer flittig i markvandringer og forsøk hos alle bønder som observasjonsverktøy.
- Begynn helst med et **begrenset areal** inntil du får mer erfaring og kan oppskalere til hele gården.
- Bruk av **Albrecht jordanalyse** gir en utvidet tilstandsrapport av jorda og er et godt startgrunnlag for omlegging og forståelse av særlig problematisk jord.
- Dersom en ønsker å **legge om jorda til regenerativ drift** slik den praktiseres i denne rapporten anbefales det å ta et kurs, og i tillegg søke samarbeid med andre bønder som bruker disse metodene. Det finnes flere faglag som kan være gode arenaer for å skaffe seg mer kunnskap i Akershus/Østfold og Trøndelag, og flere er i ferd med å opprettes.
- **Underkultur**: ha alltid med minst en grasart, en belgvekst og en korsblomstret vekst. Ha så mange arter som praktisk mulig. Strand 52 er en god startblanding. Sikrest etablering er såing på våren sammen med vårkorn, eller i ugrasharving tidlig vår i høstkorn.
- **Samdyrking**: flere kombinasjoner fungerer: erter+havre, erter+bygg, åkerbønne+havre, oljedodre+havre+åkerbønne. Effekten er bedre avling og mer diversitet og bedre vekstskifte.

- **Vekstskifte**: forsøk å bytte mellom vår og høstkorn annethvert år, og få inn belgvekst innimellom (ert, åkerbønne) og gjerne en korsblomstret (raps)..
- **Flatekompostering**: en effektiv måte for å avslutte underkultur på mekanisk som jobber i de øverste 3-4 cm, skåner jordlivet under og sørger for rask reetablering av jordlivet i toppen. Dessuten omdannes grønnmassen og blir til plantetilgjengelig næring for neste kultur. Jordtemperatur må være 6-8 grader og forholdene lagelige.
- **Flatekompostering er et alternativ til ugrasmidler eller plog**, spesielt i økologisk produksjon, men også konvensjonelt.
- **Behandling av husdyrgjødsel med ferment**: reduserer nitrogentap, øker engavling, mindre lukt, mer homogen og lettflytende, og lettere å røre opp. Husyrgjødsla bør behandles løpende gjennom året i gjødsellageret for best resultat.
- **MC-kompost** laget med mikrobiell karbonisering. En lite arbeidskrevende metode, statisk kompostering uten vending. Krever lengre liggetid, minst 1,5 år. Kan spres på bakken (grønt dekke, helst tidlig høst), eller lag kompostekstrakt til plantevitalisering og såfrø.
- **Plantevitalisering og bladgjødsling**: for "viderekommende" som har kommet i gang med andre tiltak, men fungerer også alene, særlig ved mangler. Bør kombineres med bladsaftanalyser.
- **Bruk av kompostekstrakt til biologisk beising av såfrø** er en effektiv og billig behandling av såfrø (2-3 kr/daa) som får overført nyttige mikroorganismer til planterota og som lever videre. Effekten kan måles også i jord etter sesongen, og mange undersøkelser rapporterer om redusert nitrogenbehov og bedre avlinger. 1 % tilsats av kompostekstrakt, eventuelt med ekstra kalk og mangan, har vist gode resultater.
- **Dybdeløsning**: metoden kan hjelpe til å **bryte opp pakking**, men må foregå under tørre forhold og med underkultur i god vekst, helst på ettersommeren. Det kan være nødvendig å gjenta behandlingen over flere år.
- **Konvensjonelt regenerativt system**: det fungerer fint, to av bøndene i prosjektet praktiserer det. For best effekt er det best å redusere sprøytemiddelbruken kraftig, og helst ikke bruke insektmidler og soppmidler. Nitrogengjødsling bør også reduseres, og gå gjerne over til organisk gjødsel og gjerne urea (også bladgjødsel). Bygger bro mot økologisk og vil kunne gjøre overgangen vesentlig enklere.
- **Mål jordlivet selv**: MicroBIOMETER er et enkelt målesystem som man kan bruke på jord, kompost, ekstrakt og som måler mikrobielt karbon i sopp og bakterier. Kostnaden er lav, 60-70 kr pr prøve.
- **Hvordan forbedre stiv leire**: en Albrechtanalyse kan avsløre om leira er overmettet med magnesium. Da er det viktig å ikke kalke med magnesiumholdig kalk. Isteden kan

gips (og svovel) hjelpe, ved at svovelet bindes til magnesium og løser denne ut. Erfaringene fra prosjektet viser at det virker og at jordstrukturen blir bedre.

- **Urteferment**: brukt i flatekompostering sikrer den omdanning av plantematerialet og forsøk viser større økning i jordliv over sesongen med ferment enn uten. Kan brygges på gården i IBC palletank eller melketank, pris pr dekar er 15-20 kr.

7.2 Anbefalinger til rådgivning og forskning

Å endre et jordbruk til å bli regenerativt betyr å endre på en rekke ting samtidig, noe som ikke er vanlig praksis i forskning og forsøk. Samtidig bygger tiltakene som er tatt i bruk av bøndene i denne rapporten både på tradisjon, kunnskap og metoder som i stor grad er bekreftet i ny forskningslitteratur. Samtidig er det viktig å jobbe videre med dokumentasjon og forståelse om hvordan mikrolivet, jorda og plantene fungerer som helhetlig system, og der ikke minst forståelse av samspill mellom flere tiltak er viktig. Med gode statistiske metoder og observasjoner av mange skifter, gårder og operasjoner samtidig kan man få mange gjentak med variasjoner i virkemåte og effekt og ny kunnskap og dokumentasjon kan etableres raskt. Spesifikke anbefalinger til rådgivere og forskere:

- Undersøke hvordan (nye) konvensjonelle og økologiske bønder kan implementere regenerative metoder uten at dette går utover avlingsnivå. I hvilken rekkefølge skal man begynne, hvilke tiltak skal man bygge på, og hvordan skal man overvåke og bestemme når man skal gå til neste trinn.
- Vær åpen og nysgjerrig om dyrkingspraksiser som er utenfor det etablerte (til tross for at disse praksisene ikke nødvendigvis er tilfredsstillende vitenskapelig dokumentert).
- Flytte flere forsøk til gårder / øke bruken av gårdsforsøk der bøndene involveres og er med og driver forsøkene.
- Bruk spaden mer flittig i markvandringer og forsøk hos alle bønder som observasjonsverktøy, og bruke/utvikle metodikk som støtter dette, gjerne også sensoriske hjelpemidler/instrumenter.
- Bruk av Albrecht jordanalyse (basemetningsanalyse) gir en utvidet tilstandsrapport om jorda og er et godt startgrunnlag, særlig for problematisk jord.
- Behov for flere undersøkelse av og karakterisering av kompost for jordhelsefremmende bruk, og effekt på jorda.
- Behov for undersøkelser og dokumentasjon rundt plantevitalisering. Mer systematisk utprøving. Gjerne i kombinasjon med bladsaftanalyser og moderne multispektrale

kamerasystemer som kan måle for eksempel fotosynteseaktivitet eller klorofyll, gjerne dronebasert.

- Behov for undersøkelser og dokumentasjon rundt effekt av biologiske beisemidler på såfrø. Mer systematisk utprøving. Også effekt etter tresking på jord. Identifisering av mikrober som bidrar positivt og eventuelle negative konsekvenser.
- Studere sammenheng jordpakking og plantevekst med enkle analyser i samarbeid med bonden, for eksempel dybde til pakket lag eller penetrometertest. Supplere med bonitering av avling, gjerne med drone eller kamerateknikk. Utvikle metodikk. Vektlegge å lage et rimelig og robust system som kan brukes av bonden for å øke bevissthet om jordpakking og konsekvens, redusere jordpakking og øke jordliv og avling.
- Faktorene for korrigering av moldinnhold i forhold til leirinnhold i jord med utgangspunkt i glødetap er svært usikre. Det bør studeres hvordan disse kan gjøres bedre, eventuelt hvordan man kan forbedre presisjon av moldestimat fra glødetap. Alternativt finne nye og mer effektive analysemetoder for å måle karbonbinding i jord.
- Behov for flere undersøkelser rundt karbonbinding i jord i regenerative systemer, innlemming av regenerative gårdsbruk i nasjonale overvåkingsprogrammer for jordhelse.
- Behov for å dokumentere endring i avrenning der det benyttes regenerative dyrkingsmetoder.
- Behov for å dokumentere endring i biodiversitet hos mikrober, insekter, dyr og fugler på og rundt gårder som driver regenerativt.
- Behov for å undersøke om regenerative dyrkingssystemer endrer plantenes motstandskraft mot sykdommer og insektangrep som følge av endret planteernæring.
- Mange publikasjoner peker på at regenerative metoder kan gi høyere næringsinnhold i mat og sunnere mat for mennesker og dyr. Behov for å undersøke hvordan dette stemmer under norske forhold.

7.3 Anbefalinger til forvaltning og virkemiddelapparat

Forvaltning og virkemiddelapparatet har allerede oppmuntret bønder og næringen til å ta i bruk metoder som øker jordhelse, biologisk mangfold og minsker avrenning. Dette kan være tiltak som reduserer jordarbeiding (om høsten) som redusert pløying, redusert sprøytemiddelbruk og innføring av avstandskrav til vann, reduserer nitrogenbruk og gjødsling, økt bruk av kompost, økt bruk av fangvekster, tiltak som gir økt biologisk mangfold med mer. Dette er positivt og mange av tiltakene kan benyttes inn mot regenerativt landbruk. Imidlertid kan man øke innsatsen ytterligere og mer målrettet.

Omlegging til regenerativ dyrking slik det er vist i rapporten er tidkrevende og krever investeringer i kompetanse og utstyr, og risikoen ved en omlegging er betydelig fordi det foreløpig er få aktører som har testet metodene. Det er derfor behov for risikoavlastende tiltak og støtte også til drift, utstyr og kompetanseheving.

Det oppfordres derfor å vurdere følgende anbefalinger:

- Vurdere mulighet for **premiering av bønder** som ved sin dyrking bidrar til netto karbonbinding og økt karboninnhold i jord.
- Tilførsel av kompost på jord i et regenerativt perspektiv er først og fremst for å tilføre mikrobiologi til jorda, og i mindre grad for å tilføre næringsstoffer. Det bør derfor vurderes å **redusere minste tillatte mengde kompost** som spres på grønn godt etablert underkultur/fangvekst for å få RMP-tilskudd og samtidig utvide spredetiden. Dette vil redusere risiko for avrenning fordi moden kompost inneholder mye mikrobiologi og er godt omdannet og raskt vil omsettes, samtidig som at mengden materiale som er utsatt for avrenning blir mindre. Det foreslås at støtte kan gis til spredning ned mot 100 kg moden kompost per dekar og at dette kan gjøres fram til 15. oktober.
- **Gi/øk støtte** til: kurs i jordhelse, nettverk for erfaringsutveksling om jordhelse, analyseutstyr til bruk på gårder, kjøp av analysetjenester for jord- og plantehelse, investeringsstøtte til maskiner og utstyr, og andre risikoavlastende tiltak.
- Økt **støtte til forskning på regenerativt landbruk**, jordhelse og plantehelse, og hvordan man kan redusere avlingstapet ved overgang fra konvensjonelt til regenerativt landbruk.
- Økt støtte til **forskning på næringsinnhold** i mat til dyr og mennesker fra regenerativt landbruk.
- Økt støtte til **forskning på økosystemtjenester** og påvirkning på økosystemer fra regenerativt landbruk.

8 Tips til litteratur om regenerativ dyrking

"The mind, once stretched by a new idea, never returns to its original dimensions."
~ Ralph Waldo Emerson

Bøker

Neal Kinsey (2013). Hands-on Agronomy.

Nicole Masters (2019). For The Love of Soil: Strategies To Regenerate Our Food Production Systems.

Dietmar Näser (2020). Regenerative Landwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

John Kempf (2020). Quality Agriculture: Conversations about Regenerative Agronomy with Innovative Scientists and Growers.

Arden Andersen (2014). The Anatomy of Life and Energy in Agriculture.

Arden Andersen (2000). Science in Agriculture.

André Voisin (2000). Soil, Grass and Cancer.

Gary Zimmer (2017). The Biological Farmer (2nd Edition).

Herwig Pommeresche (2018). Humusphere: Humus, a Substance or a Living System?

Graeme Sait (2003). Nutrition Rules!

Bargyla Rateavers (1993). The Organic Method Primer.

Donald Schriefer (2000). From the Soil Up, 2nd Edition.

Youngsang Cho (2018). JADAM Organic Farming. Teh way to Ultra-Low-Cost Agriculture. 2nd Ed. http://en.jadam.kr

Hugh Lovel (2014). Quantum Agriculture: Biodynamics and Beyond.

Mineralsk utbalansering:

Acres USA (2023). Soil Balancing Basics for Organic Farming. https://www.acresusa.com/white-papers/topp-5/

Michael Astera (2015). The Ideal Soil Handbook v2.0.

Gary Zimmer (2011). Advancing Biological Farming.

Charles Walters (2009). Eco-Farm: An Acres U.S.A. Primer.

Donald Schriefer (2000). Agriculture in Transition.

Podkaster

Regenerative Agriculture Podcast by John Kempf – https://youtube.com/@AdvancingEcoAgriculture?si=3Ir2B_A1Lth6xRT5

Integrity Soils – https://youtube.com/@integritysoilsltd7871?si=YE2OHIlhz1Va_nyJ

Nutrition Farming Podcast, Graeme Sait – https://open.spotify.com/show/4UD6j4HPoF3YIRJIZUjiBT?si=e23d19caf6f34103

Youtube – videoer, webinar etc.

Advancing EcoAgriculture – https://youtube.com/@AdvancingEcoAgriculture?si=3Ir2B_A1Lth6xRT5

Quantum Agriculture – https://youtube.com/@quantumagriculture?si=EtLDMKPojvLFq-rX

Sunn Jord - https://youtube.com/@vibhoda?si=EZ4jmHCSRVA6Go5H

Nettsider / blogger

John Kempf – https://johnkempf.com/

Advancing Eco Agriculture – https://www.advancingecoag.com/

Nutri-Tech Solutions, Graeme Sait – https://blog.nutri-tech.com.au/

Amazing Carbon / Dr. Christine Jones – http://amazingcarbon.com/

Quantum Agriculture – https://quantumagriculture.com/

KindHarvest – https://kindharvest.ag/welcome/

Joel Williams - https://integratedsoils.com/

Nicole Masters - https://integritysoils.com/

Referanser

Bakken, A. K., Bechmann, M., Bonesmo, H., Flaten, O., Gustavsen, G. W., Haukås, T., Hegrenes, A., Johansen, L., Klingen, I., Kværnø, S., Skarbøvik, E., Steinshamn, H., Stenrød, M., Winger, A. C., Øgaard, A. F. & Korsæth, A. (2023). *Bærekraft i norsk jordbruksproduksjon. Kunnskapsstatus for videre analyser. Rapport 9/110* (NIBIO Rapport, s. 90). NIBIO. https://hdl.handle.net/11250/3088083

Ball, B. C., Batey, T. & Munkholm, L. J. (2007). Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use and Management*, *23*(4), 329–337. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x

Bardalen, A. (2018). *Klimarisiko og norsk matproduksjon* (s. 28). Nibio. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2567268/NIBIO_RAPPORT_2018_4_115.pdf?sequence=2

Bates, T. B. (2018, 10. oktober). *How Plants Harness Microbes to Get Nutrients*. Rutgers Today. https://www.rutgers.edu/news/how-plants-harness-microbes-get-nutrients#.W5-ou6ZKi70

Beacham, J. D., Jackson, P., Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A. & Dicks, L. V. (2023). Contextualising farmer perspectives on regenerative agriculture: A post-productivist future? *Journal of Rural Studies*, *102*, 103100. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103100

Blanco, J. A., Durán, M., Luquin, J., Emeterio, L. S., Yeste, A. & Canals, R. M. (2023). Soil C/N ratios cause opposing effects in forests compared to grasslands on decomposition rates and stabilization factors in southern European ecosystems. *Science of The Total Environment*, *888*, 164118. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164118

Bouma, J. & Veerman, C. P. (2022). Developing Management Practices in: "Living Labs" That Result in Healthy Soils for the Future, Contributing to Sustainable Development. *Land*, *11*(12), 2178. https://doi.org/10.3390/land11122178

Brown, R. (2009, 1. oktober). A systems approach to complete plant nutrition. *Acres USA*, *40*(10), 16–20.

Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., Deyn, G. D., Goede, R. de, Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., Groenigen, J. W. van & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, *120*, 105–125. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030

Cotrufo, M. F., Ranalli, M. G., Haddix, M. L., Six, J. & Lugato, E. (2019). Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. *Nature Geoscience*, *12*(12), 989–994. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0484-6

Ehrenberg, P. (1920). *Das Kalk-Kali-Gesetz. Neue Ratschläge zur Vermeidung von Misserfolgen bei der Kalkdüngung. Gleichzeitig ein Versuch zur Aufklärung der nachteiligen Wirkung größerer Kalkgaben auf das Pflanzenwachstum.* (Bd. 54). https://de.wikipedia.org/wiki/Kalk-Kali-Gesetz

Ekström, G. (1927). *Klassifikation av svenska åkerjordar* (Sveriges Geologiska Undersökning Årsbok). Kungl. Boktryckeriet. P. A. Norstedt & Söner. https://resource.sgu.se/dokument/publikation/c/c345rapport/c345-rapport.pdf

El-Mageed, T. A. A., Gyushi, M. A. H., Hemida, K. A., El-Saadony, M. T., El-Mageed, S. A. A., Abdalla, H., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A. & Abdelkhalik, A. (2022). Coapplication of Effective Microorganisms and Nanomagnesium Boosts the Agronomic, Physio-Biochemical, Osmolytes, and Antioxidants Defenses Against Salt Stress in Ipomoea batatas. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 883274. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883274

Es, H. M. van & Thies, J. E. (2024). Measuring and monitoring soil health. I N. Uphoff & J. E. Thies (Red.), *Biological approaches to regenerative soil systems* (s. 537–550). https://doi.org/10.1201/9781003093718-50

Feng, T. & Wang, J. (2020). Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review. *Gut Microbes*, *12*(1), 1801944. https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1801944

Ferrari, M., Cortivo, C. D., Panozzo, A., Barion, G., Visioli, G., Giannelli, G. & Vamerali, T. (2021). Comparing Soil vs. Foliar Nitrogen Supply of the Whole Fertilizer Dose in Common Wheat. *Agronomy*, *11*(11), 2138. https://doi.org/10.3390/agronomy11112138

Groenigen, J. W. van, Kessel, C. van, Hungate, B. A., Oenema, O., Powlson, D. S. & Groenigen, K. J. van. (2017). Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma. *Environmental Science & Technology*, *51*(9), 4738–4739. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01427

Hansson, S. O. (2019). Farmers' experiments and scientific methodology. *European Journal for Philosophy of Science*, *9*(3), 32. https://doi.org/10.1007/s13194-019-0255-7

Hidalgo, D., Corona, F. & Martín-Marroquín, J. M. (2022). Manure biostabilization by effective microorganisms as a way to improve its agronomic value. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *12*(10), 4649–4664. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02428-x

Holten, V. (2021). *Regenerativt jordbruk - erfaringer fra fire referansegårder på Østlandet 2018-2020* (s. 66). VitalAnalyse. https://www.researchgate.net/publication/351226521_Regenerativt_jordbruk_-_erfaringer_fra_fire_referansegarder_pa_Ostlandet_2018-2020

Holten, V., Molteberg, D., Gauslaa, I. H. & Hansen, S. (2023). *Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa. Effekter på jordbiologi og nitrogen. NORSØK Rapport 8/2.* (s. 58). NORSØK.

Huber, D. M. & Thompson, I. A. (2007). Nitrogen and Plant Disease. I L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (Red.), *Mineral Nutrition and Plant Disease* (s. 31–44). APS Press.

Husson, O. (2023). How pH and Eh influence soil nutrient dynamics with microbial mediation. I N. Uphoff & J. E. Thies (Red.), *Biological Approaches to Regenerative Soil Systems* (s. 221–238). https://doi.org/10.1201/9781003093718-23

Husson, O., Sarthou, J.-P., Bousset, L., Ratnadass, A., Schmidt, H.-P., Kempf, J., Husson, B., Tingry, S., Aubertot, J.-N., Deguine, J.-P., Goebel, F.-R. & Lamichhane, J. R. (2021). Soil and plant health in relation to dynamic sustainment of Eh and pH homeostasis: A review. *Plant and Soil*, 1–57. https://doi.org/10.1007/s11104-021-05047-z

Ingram, J. (2008). Agronomist–farmer knowledge encounters: an analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. *Agriculture and Human Values*, *25*(3), 405–418. https://doi.org/10.1007/s10460-008-9134-0

Jilling, A., Keiluweit, M., Contosta, A. R., Frey, S., Schimel, J., Schnecker, J., Smith, R. G., Tiemann, L. & Grandy, A. S. (2018). Minerals in the rhizosphere: overlooked mediators of soil nitrogen availability to plants and microbes. *Biogeochemistry*, *139*(2), 103–122. https://doi.org/10.1007/s10533-018-0459-5

Jones, C. (2008, 1. juli). *Liquid Carbon Pathway Unrecognised*. 15–17. http://vernoux.org/agronomie/Liquid_Carbon_Pathway_Unrecognised_Dr._Christine_Jones.pdf

Jones, C. (2017, 18. mai). *Farming Profitably Within Environmental Limits*. https://pureadvantage.org/news/2017/05/18/farming-profitably-within-environmental-limits/

Kätterer, T., Bolinder, M. A., Andrén, O., Kirchmann, H. & Menichetti, L. (2011). Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *141*(1–2), 184–192. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.029

Keel, S. G., Anken, T., Büchi, L., Chervet, A., Fliessbach, A., Flisch, R., Huguenin-Elie, O., Mäder, P., Mayer, J., Sinaj, S., Sturny, W., Wüst-Galley, C., Zihlmann, U. & Leifeld, J. (2019). Loss of soil organic carbon in Swiss long-term agricultural experiments over a wide range of management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *286*, 106654. https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106654

Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C. & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*, *15*(3), 2338. https://doi.org/10.3390/su15032338

Kirkby, C. A., Richardson, A. E., Wade, L. J., Passioura, J. B., Batten, G. D., Blanchard, C. & Kirkegaard, J. A. (2014). Nutrient availability limits carbon sequestration in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *68*, 402–409. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.032

Krause, H.-M., Stehle, B., Mayer, J., Mayer, M., Steffens, M., Mäder, P. & Fliessbach, A. (2022). Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development*, *42*(6), 117. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00843-y

Kummer, S., Leitgeb, F. & Vogl, C. R. (2016). Farmers' Own Research: Organic Farmers' Experiments in Austria and Implications for Agricultural Innovation Systems. *Sustainable Agriculture Research*, *6*(1), 103. https://doi.org/10.5539/sar.v6n1p103

Lacoste, M., Cook, S., McNee, M., Gale, D., Ingram, J., Bellon-Maurel, V., MacMillan, T., Sylvester-Bradley, R., Kindred, D., Bramley, R., Tremblay, N., Longchamps, L., Thompson, L., Ruiz, J., García, F. O., Maxwell, B., Griffin, T., Oberthür, T., Huyghe, C., … Hall, A. (2022). On-Farm Experimentation to transform global agriculture. *Nature Food*, *3*(1), 11–18. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00424-4

Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, *5*(4), 212–222. https://doi.org/10.1002/fes3.96

Landbruksdirektoratet. (2020). *Nasjonalt program for jordhelse. Faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på jordhelse. Rapport nr 13*. Landbruksdirektoratet.

Landbruksdirektoratet & Miljødirektoratet. (2023). *Nitrogen til nytte i jordbruket - Resultater fra forprosjekt om status, tiltak og virkemidler for bærekraftig nitrogenforvaltning i norsk jordbruk. Rapport nr 22/2023.* Landbruksdirektoratet.

Landini, F., Brites, W. & Rebolé, M. I. M. y. (2017). Towards a new paradigm for rural extensionists' in-service training. *Journal of Rural Studies*, *51*, 158–167. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.02.010

Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C. A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R. I., Mellado-Vázquez, P. G., Malik, A. A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B. C., Trumbore, S. E. & Gleixner, G. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, *6*(1), 6707. https://doi.org/10.1038/ncomms7707

Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I. & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, *1*(10), 544–553. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8

Lehmann, J. & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, *528*(7580), 60–68. https://doi.org/10.1038/nature16069

Loew, O. (1909). Grundsätze bei Düngung mit Kalk und Magnesia. *Praktische Blätter Für Pflanzenbau Und Pflanzenschutz / Bayerische Landesanstalt Für Pflanzenschutz Unter Mitwirkung von Einschlägigen Amtlichen Stellen Und Praktikern*, *7*(7), 77–80. https://sammlungen.ub.uni-frankfurt.de/botanik/periodical/titleinfo/5004772?lang=de

Mattila, T. J. & Vihanto, N. (2024). Agricultural limitations to soil carbon sequestration: Plant growth, microbial activity, and carbon stabilization. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *367*, 108986. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108986

Maughan, C. & Amos, D. (2021). *Weeds as Bioindicators: A Farmer's Field Guide* (s. 15). Centre for Agroecology, Water and Resilience (CAWR). https://www.researchgate.net/publication/372629720_Weeds_as_Bioindicators_A_Farmer's_Field_Guide

Milne, E., Banwart, S. A., Noellemeyer, E., Abson, D. J., Ballabio, C., Bampa, F., Bationo, A., Batjes, N. H., Bernoux, M., Bhattacharyya, T., Black, H., Buschiazzo, D. E., Cai, Z., Cerri, C. E., Cheng, K., Compagnone, C., Conant, R., Coutinho, H. L. C., Brogniez, D. de, … Zheng, J. (2015). Soil carbon, multiple benefits. *Environmental Development*, *13*, 33–38. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.11.005

Morgan, S. L. (2011). Social Learning among Organic Farmers and the Application of the Communities of Practice Framework. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, *17*(1), 99–112. https://doi.org/10.1080/1389224x.2011.536362

Naik, K., Mishra, S., Srichandan, H., Singh, P. K. & Choudhary, A. (2020). Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. *Sustainable Environment Research*, *30*(1), 10. https://doi.org/10.1186/s42834-020-00051-x

Näser, D. (2020). *Regenerative Landwirtschaft*. Verlag Eugen Ulmer. https://www.ulmer.de/usd-6840632/regenerative-landwirtschaft-.html

NLR-Viken. (2020). *Flatekompostering – metode for bedring av jordhelse og heving av organisk innhold i matjord*. https://viken.nlr.no/media/3239907/bedre-matjord-flatekompostering-og-knollselleri-19.pdf

Oberholzer, H. R., Leifeld, J. & Mayer, J. (2014). Changes in soil carbon and crop yield over 60 years in the Zurich Organic Fertilization Experiment, following land-use change from grassland to cropland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *177*(5), 696–704. https://doi.org/10.1002/jpln.201300385

Økologisk.no. (u.å.). *Hva er regenerativt landbruk?* Økologisk.No. Hentet 29. april 2024, fra https://www.okologisk.no/artikler/hva-er-regenerativt-landbruk/

Paungfoo-Lonhienne, C., Schmidt, S., Webb, R. I. & Lonhienne, T. G. A. (2016). *Molecular Microbial Ecology of the Rhizosphere*. 1199–1207. https://doi.org/10.1002/9781118297674.ch115

Pommeresche, R., Frøseth, R. B. & Riley, H. (2019, 30. april). *Hvordan måle innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord?* Agropub.No. https://www.agropub.no/fagartikler/hvordan-male-innholdet-av-organisk-materiale-og-karbon-i-norsk-jord

Prout, J. M., Shepherd, K. D., McGrath, S. P., Kirk, G. J. D. & Haefele, S. M. (2021). What is a good level of soil organic matter? An index based on organic carbon to clay ratio. *European Journal of Soil Science*, *72*(6), 2493–2503. https://doi.org/10.1111/ejss.13012

Prout, J. M., Shepherd, K. D., McGrath, S. P., Kirk, G. J. D., Hassall, K. L. & Haefele, S. M. (2022). Changes in organic carbon to clay ratios in different soils and land uses in England and Wales over time. *Scientific Reports*, *12*(1), 5162. https://doi.org/10.1038/s41598-022-09101-3

Rajeew, K., Pandey, S. & Pandey, A. (2006). Plant roots and carbon sequestration. *Current Science*, *91*(7), 885–890. https://www.jstor.org/stable/24094284

Riley, H. & Bakkegard, M. (2006). Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, *56*(3), 217–223. https://doi.org/10.1080/09064710510029141

Riley, Hugh, Henriksen, T. M., Torp, T. & Korsaeth, A. (2022). Soil carbon under arable and mixed dairy cropping in a long-term trial in SE Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, *72*(1), 648–659. https://doi.org/10.1080/09064710.2022.2047770

Rittl, T. F., Pommeresche, R., Johansen, A., Steinshamn, H., Riley, H. & Løes, A.-K. (2023). Anaerobic digestion of dairy cattle slurry—long-term effects on crop yields and chemical soil characteristics. *Organic Agriculture*, *13*(4), 547–563. https://doi.org/10.1007/s13165-023-00447-0

Rocha, I., Ma, Y., Souza-Alonso, P., Vosátka, M., Freitas, H. & Oliveira, R. S. (2019). Seed Coating: A Tool for Delivering Beneficial Microbes to Agricultural Crops. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 1357. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01357

Sanderman, J., Hengl, T. & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(36), 9575–9580. https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114

Scheinemann, H. A., Dittmar, K., Stöckel, F. S., Müller, H. & Krüger, M. E. (2015). Hygienisation and Nutrient Conservation of Sewage Sludge or Cattle Manure by Lactic Acid Fermentation. *PLoS ONE*, *10*(3), e0118230. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118230

Seehusen, T. (2019). *Jordpakking – årsaker, konsekvenser og tiltak* (Nibio POP, s. 4). Nibio. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2584541/NIBIO_POP_2019_5_2.pdf

Serikstad, G. L. (2023, 10. oktober). *Karbonlagring i jord, klimagassutslipp og økte avlinger*. Agropub.No. https://www.agropub.no/publikasjoner/karbonlagring-i-jord-klimagassutslipp-og-okte-avlinger

Stephan, L. (2022). *Microbial Carbonisation and its potential for on-farm composting – exploring reductive composting as an approach for regenerative agriculture*. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.

Stettmer, M., Schwarzensteiner, J., Maidl, F.-X. & Bernhardt, H. (2023). *Verbesserung der Stickstoffeffizienz mittels Albrecht-Methode und punktgenauer Bodenanalysen durch satelitengestützte Daten* (s. 34). Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. https://www.dvs-gap-

netzwerk.de/fileadmin/sites/ELER/Datenbank/DOC_PDF/Abschlussbericht_Düngeoptimierung%20Niederbayern.pdf

Stolte, J., Tesfai, M., Øygarden, L., Kværnø, S., Keizer, J., Verheijen, F., Panagos, P., Ballabio, C. & Hessel, R. (2015). *Soil threats in Europe; EUR 27607*. European Union. https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/doc_pub/EUR27607.pdf

Stræte, E. P., Hårstad, R. M. B., Ystad, E., Kvam, G.-T., Mørch, A., Klev, R. & Haugum, M. (2018). *Kompetanse og rådgiving i jordbruket: Kunnskapsoversikt, aktuelle problemstillinger og analytiske perspektiver for studier av bønders kompetanse som samspill mellom bønder, rådgiving og forskning* (Nr. 2/2018; s. 98). RURALIS. https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/02/r2_18-kompetanse-og-rdgiving-i-jordbruket-1.pdf

Tajet, T. (2021, 18. januar). *Hvor mye karbon er det realistisk å kunne binde i jord på lang sikt?* NLR. https://www.nlr.no/fagartikler/jord/ostlandet/hvor-mye-karbon-er-det-realistisk-a-kunne-binde-i-jord-pa-lang-sikt

Tipping, E., Somerville, C. J. & Luster, J. (2016). The C:N:P:S stoichiometry of soil organic matter. *Biogeochemistry*, *130*(1–2), 117–131. https://doi.org/10.1007/s10533-016-0247-z

Uphoff, N., Thies, J. E., Ball, A. S., Doni, F., Husson, O., Laing, M., Montgomery, D., Prasanna, R., Pretty, J., Primavesi, O. & Wood, S. (2024). Practices for More Regenerative Soil Systems. I N. Uphoff & J. E. Thies (Red.), *Biological Approaches to Regenerative Soil Systems* (s. 589–596). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003093718-54

White, C. A., Sylvester-Bradley, R. & Berry, P. M. (2015). Root length densities of UK wheat and oilseed rape crops with implications for water capture and yield. *Journal of Experimental Botany*, *66*(8), 2293–2303. https://doi.org/10.1093/jxb/erv077

White, J. F. (2021, 2. august). *How plants farm soil microbes and extract nutrients from them in the rhizophagy cycle in roots*. High Plains No-Till Conference. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.33492.53124

White, J. F., Kingsley, K. L., Verma, S. K. & Kowalski, K. P. (2018). Rhizophagy Cycle: An Oxidative Process in Plants for Nutrient Extraction from Symbiotic Microbes. *Microorganisms*, *6*(3), 95. https://doi.org/10.3390/microorganisms6030095

White, J. F., Kingsley, K. L., Zhang, Q., Verma, R., Obi, N., Dvinskikh, S., Elmore, M. T., Verma, S. K., Gond, S. K. & Kowalski, K. P. (2019). Review: Endophytic microbes and their potential applications in crop management. *Pest Management Science*, *75*(10), 2558–2565. https://doi.org/10.1002/ps.5527

Witte, W. (2014). *Die Mikrobielle Carbonisierung Teil 1*. Eget forlag.

VEDLEGG

1. Rapport om DNA-analyser av jordbiologi på Sørli og Ormo høsten 2022 av SmartSoil Biotech AS.
2. Resultatspredning: – antall fagdager, markdager, seminar, YouTube, medieoppslag (Runar i NRK, EKKO, Dag i Dagbladet), og andre relevante presentasjoner og samarbeid.
3. Liste over rådata til kapittel 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 (jordkjemiske analyser) i prosjektet.

Rapport om jordmikrobiell mangfold i regenerative og konvensjonelle jordbruksområder

Innledning

Denne rapporten presenterer funnene fra en undersøkelse av jordmikrobielt mangfold i regenerative og konvensjonelle jordbruksområder på seks gårder i Norge. Formålet med denne studien var å vurdere effekten av ulike jordbruksmetoder på jordhelse og biodiversitet, med fokus på å informere beslutningsprosesser for gårdsdriftspraksis.

Smartsoil Biotech AS har mottatt jordprøver fra seks gårder for analyse av mikrobiell sammensetning. Etter avtale med Vibhoda inneholder rapporten følgende:

- beskrivelse av artsmangfoldet og sammenligning av prøver fra regenerativ/konvensjonell drift
- korrelasjoner mot tilgjengelig måledata innhentet for disse prøvene
- gi et estimat på tilstedeværelse av patogene arter og gunstige arter (i første omgang nitrogen fikserende arter)

Slik vi forstår det er det Gåsvollen er et «problemjorde» med lavt avlingsnivå og at det har vært satt i verk en rekke tiltak for å forbedre jordhelsen. Det er derfor spesielt interessant å forstå om dette kan knyttes til biodiversiteten i dette området.

SampleDescription	Crop	Drifts metode	Tillage	Kunstgjødsel	Ferment	Albrecht Lab	Annen måledata
Ormo -Modal	Høsthvete	Regenerativt	Ingen	Ja	Ja	Ja	Ja
Ormo - Bergimellom	Hvetestubb	Standard	Pløying	Ja	Nei	Ja	Nei
Sørli - Fjøsjordet på Rød	Høstraps	Regenerativt	NA	Nei	Ja	Ja	Nei
Sørli - Gåsevollen	Høstraps	Regenerativt	NA	Nei	Ja	Ja	Nei
Sørli - Fjøsjordet	Underkultur	Regenerativt	NA	Nei	Ja	Ja	Ja
Sørli - nabo	Høsthvete	Standard	Pløying	Ja	Nei	Nei	Ja

Tabell 1: Prøveoversikt med kort beskrivelse av driftsform og tilgjengelig måledata

Metode

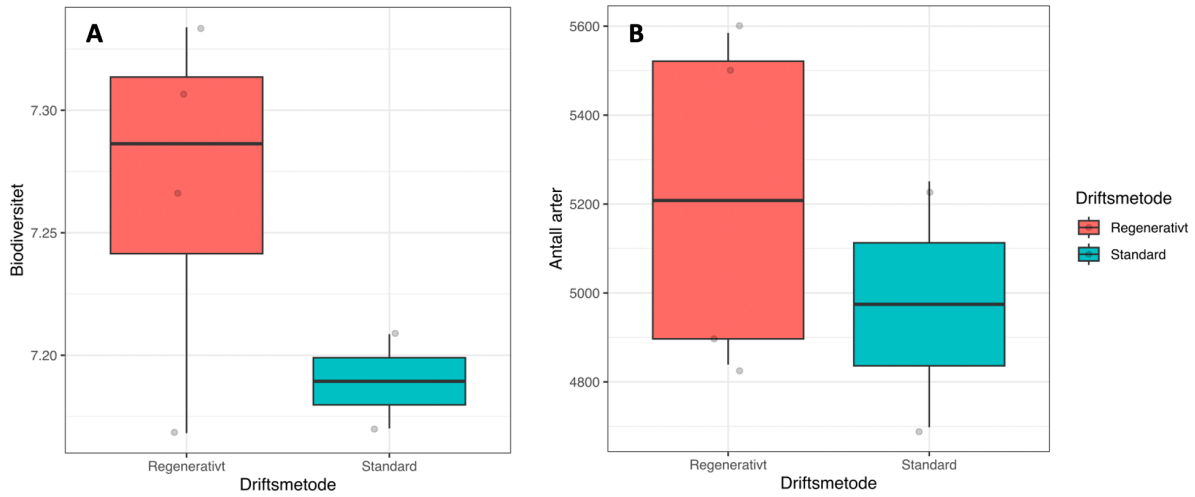
Jordprøver ble samlet inn fra fire regenerative områder og to områder hvor det ble drevet med konvensjonelle jordbruksmetoder (videre omtalt som kontrollområder). Prøvetaking ble utført i henhold til etablerte protokoller for å sikre konsistens og nøyaktighet. Mikrobiell DNA ble ekstrahert fra jordprøvene, og høykapasitets sekvenseringsteknikker ble brukt til å analysere mikrobiell samfunnssammensetning og mangfold.

Resultater

A. Artsmangfold
Høyt biodiversitet i undersøkte områder: Interessant nok viste både regenerative og kontrollområder høyere biodiversitet sammenlignet med andre undersøkte områder i Norge. I

utgangspunktet antyder dette at potensialet for ytterligere forbedring av biodiversitet kan være utfordrende, gitt de allerede relativt høye nivåene av mangfold som ble observert.

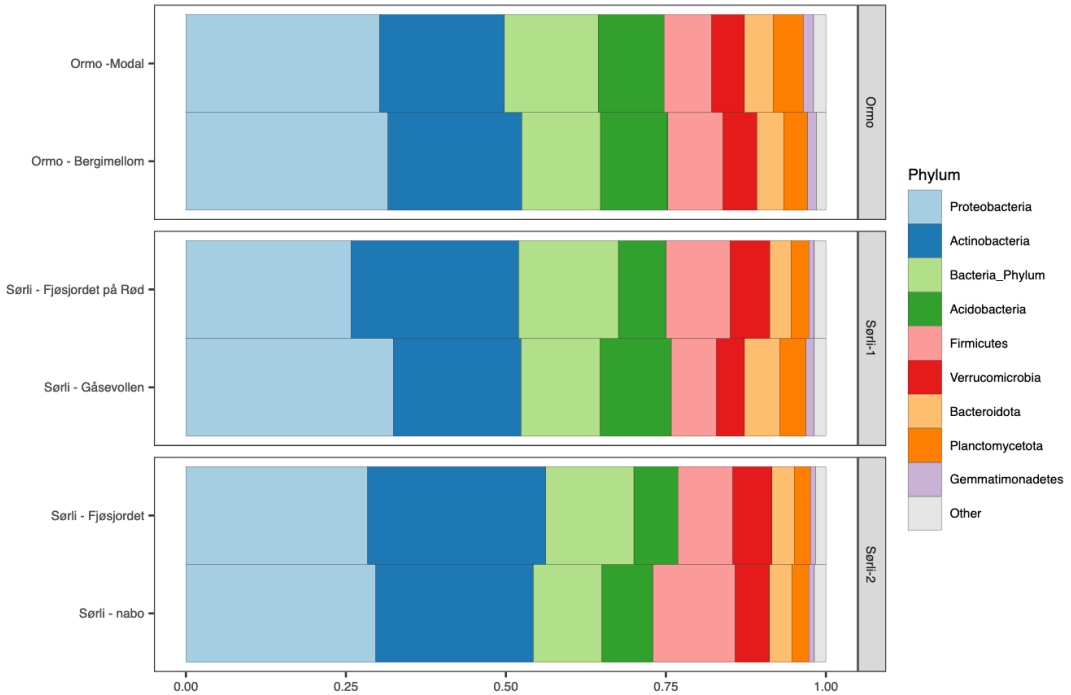
Økt mangfold i regenerative områder: Våre analyser avslørte høyere mikrobielt mangfold i regenerative områder sammenlignet med kontrollområder (Figur 1). Dette funnet antyder at regenerative jordbruksmetoder fremmer et mer variert jordsamfunn, noe som er avgjørende for økosystemets motstandskraft og funksjon.



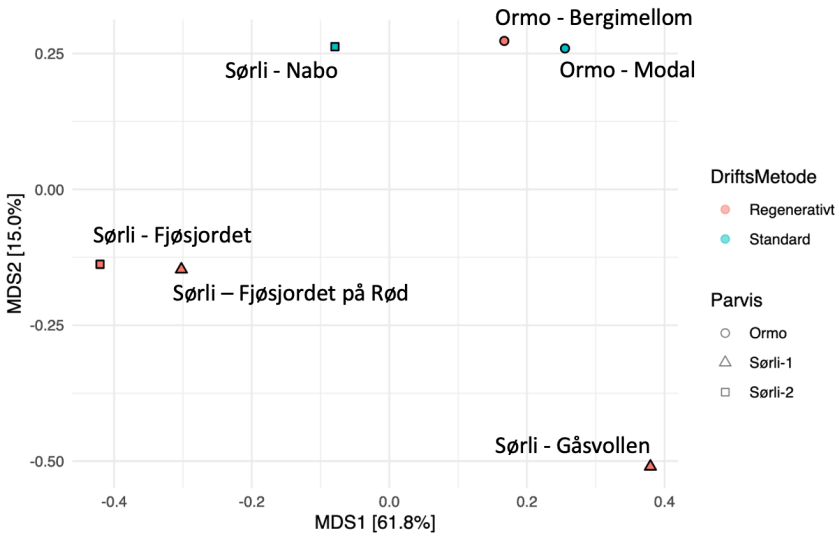
Figur 1: Sammenligning av biodiversitet (A) og tilstedeværelse av unike bakterie arter (B) fra fire prøver med regenerativ drift mot to prøver med konvensjonell drift.

B. Artssammensetning

Taksonomisk sammenstilling: Når vi analyserer prøvene samlet, finner vi små forskjeller i den taksonomiske komposisjonen (artssammensetningen) i prøver fra regenerative og kontrollområder. Derimot, ved parvise sammenstillinger (Figur 2) er det registrerbare forskjeller, da særlig for prøvene fra Sørli - Gåsevollen og Fjøsjordet på Rød (Figur 3) hvor det for begge har blitt brukt regenerative metoder.



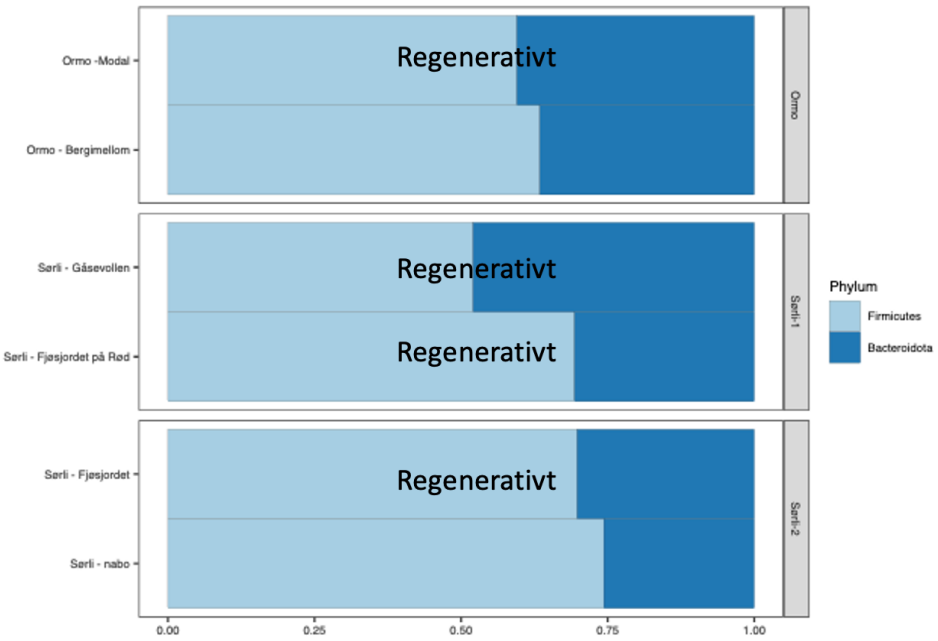
Figur 2: Taksonomisk profil på det høyeste taksonomiske nivået for bakterier (Rekke/Phylum).



Figur 3: Betadiversitetsanalyse av artssammensetningen i prøvene. Merk at mesteparten (61,8%) av variasjonen i biodiversiteten beskrives av X-aksen, dvs dess større avstanden horisontalt i plottet dess mer ulik biodiversitet.

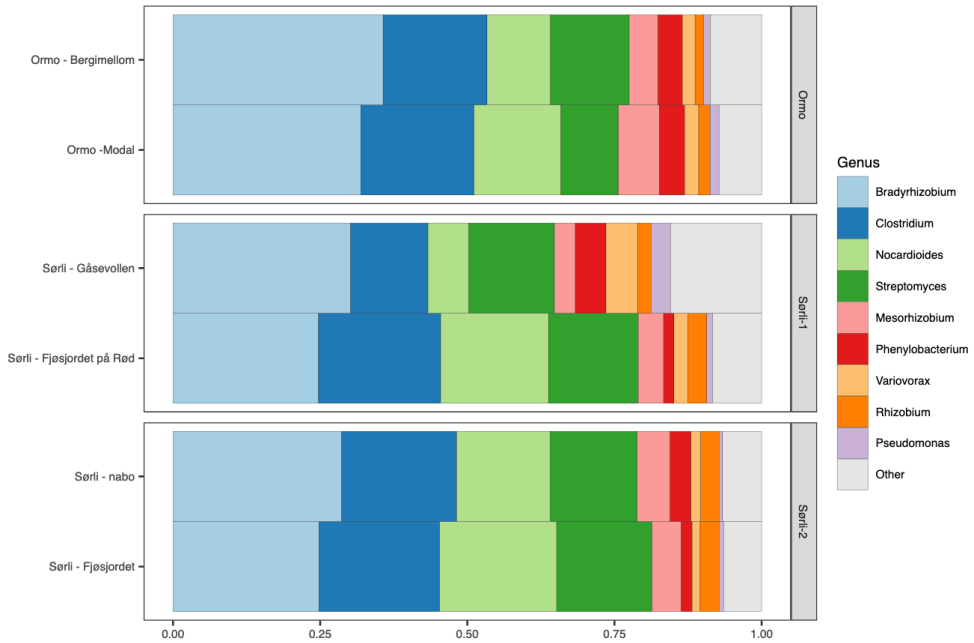
C. Funksjonelle forskjeller

Underrepresentasjon av Firmicutes-bakterier: Firmicutes-bakterier ble funnet å være underrepresentert i regenerative områder. Dette fenomenet kan tilskrives organisk materiale som tilsettes jorden. Firmicutes er kjent for å trives i miljøer som er gunstige for fermentering. Tilsetning av fermenterte produkter kan gi selektive fortrinn for andre organismer enn Firmicutes, noe som indikerer en mulig sammenheng med de fermenterte produktene som brukes i regenerativt jordbruk (Tabell 2 og Figur 4). Det er verdt å merke at Sørli – Gåsevollen og Sørli – Fjøsjordet på Rød viser relativt stor ulikhet i det relative forholdet mellom Firmicutes og Bacteroidota, til tross for at begge disse er behandlet med regenerative metoder. Særlig er Sørli – Gåsevollen annerledes enn de andre prøvene.



Figur 4: Relative forhold mellom Firmicutes og Bacteroidota per prøve.

Ikke signifikante forskjeller i funksjonell mikrobiota: Til tross for de observerte forskjellene i mikrobielt mangfold, ble det ikke funnet andre signifikante variasjoner i den funksjonelle mikrobiotaen mellom regenerative og kontrollområder. Spesifikt ble det ikke påvist forskjeller i nitrogenfikserende bakterier, med unntak av prøvene fra Sørli - Gåsevollen og Fjøsjordet på Rød (Figur 5) der artssammensetningen av nitrogenfikserende bakterier er svært forskjellig fra mellom prøvene. Særlig er Sørli - Gåsevollen annerledes enn for de andre prøvene. Dette understreker behovet for ytterligere undersøkelser av spesifikke mikrobielle funksjoner. Imidlertid skal det sies at DNA dataene vi har produsert først og fremst gir en oversikt over biodiversitet og ikke funksjonelle egenskaper på et detaljert plan. Vi kan ikke utelukke at mer dypgående analyser vil avdekke funksjonelle forskjeller i de mikrobielle samfunnene.



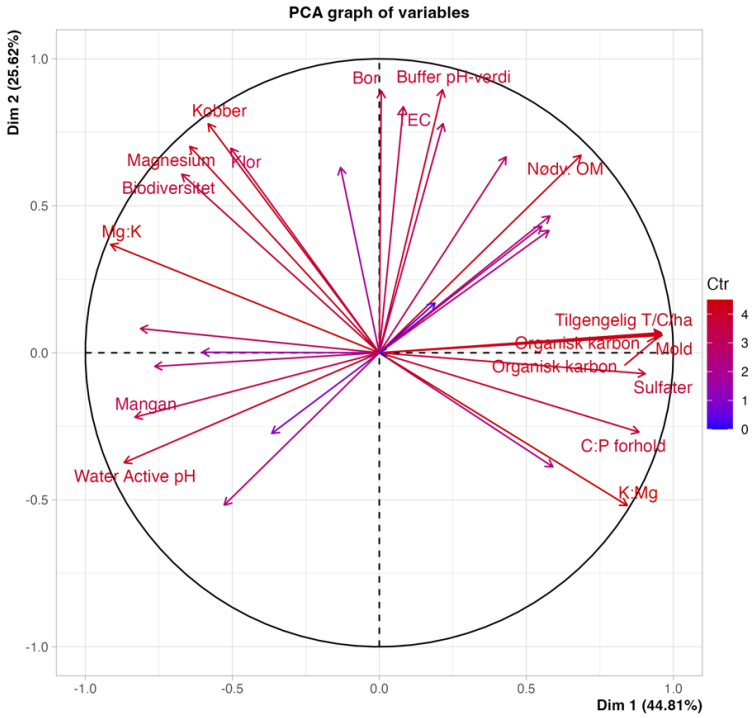
Figur 5: Oversikt over tilstedeværelse og relativ mengde nitrogenfikserende slekter (genus) per prøve.

Ingen sporbar tilstedeværelse av plantepatogener: Prøvene har blitt screenet mot vår interne database med 357 kjente plantepatogener, og det ikke funnet tilstedeværelse av noen patogener. Deteksjonsnivået vårt ligger på ca 10 ppm (part per million), dvs at vi teoretisk skal kunne oppdage patogener dersom tilstedeværelsen er > 0,001%

SampleDescription	Drifts metode	Antall unike arter	Biodiversitet	Andel nitrogenfikserende slekter	Andel Bacteroidota	Andel Firmicutes
Ormo -Modal	Regenerativt	5585	7,333883	0,130997074	5,8375016	8,57060408
Ormo - Bergimellom	Standard	5251	7,208632	0,129439952	5,6193044	9,75062491
Sørli - Fjøsjordet på Rød	Regenerativt	5500	7,265883	0,152694858	4,971645	11,24109
Sørli - Gåsevollen	Regenerativt	4916	7,168226	0,159962013	7,1607975	7,76516143
Sørli - Fjøsjordet	Regenerativt	4839	7,306777	0,134517186	4,4826648	10,34388979
Sørli - nabo	Standard	4698	7,170145	0,138365449	4,7410192	13,73616332

Tabell 2: Oppsummering av resultater fra DNA analysene. Høyest biodiversitet har prøven fra Ormo – Modal og Sørli – Fjøsjordet, mens prøven fra Sørli – Gåsevollen er prøven med lavest biodiversitet.

Korrelasjoner mellom artsmangfold (biodiversitet) og måledata: Det var kun tilgjengelig måledata (Albrecht) for fem av prøvene. Disse dataene er analysert mot biodiversiteten fra de samme prøvene. Resultatet bør tolkes med et stort forbehold på grunn av at det er så få prøver. Ut fra disse resultatene kan det antydes en kobling mellom biodiversitet og målt mengde magnesium, kobber og klor (Figur 6). Samtidig viser disse resultatene at det er en negativ korrelasjon mellom biodiversitet og målt organisk karbon.



Figur 6: Biplot av tilgjengelig måledata (Albrecht) og biodiversitet. Plottet kan tolkes slik at målinger som ligger nær hverandre har positiv korrelasjon, mens målinger som ligger langt fra hverandre har negativ korrelasjon.

Konklusjon

Resultatene av denne studien understreker betydningen av jordbruks[redacted]praksiser i formingen av jordmikrobielt mangfold. [redacted]

Derimot, når vi sammenligner ulike prøver tatt fra jord med bruk av regenerative metoder, ser vi at biodiversiteten er forskjellig. Særlig er dette tydelig for Sørli - Fjøsjordet på Rød og Sørli – Gåsevollen (Figur 3). [redacted] (Figur 4 og 5).

Derfor, selv om regenerative metoder samlet sett øker biodiversiteten, så finner vi tydelig avvik fra denne tendensen. Konklusjonen vår er at driftsformene som har blitt brukt har evnen til å påvirke den mikrobielle sammensetningen i jorden, men avvik fra denne tendensen tyder på at driftsformen ikke klarer å endre sammensetningen av mikrober i alle tilfeller.

Anbefalinger

1. **Sørli – Gåsevollen:** Resultatene gir produsenten og rådgivere et grunnlag for å vurdere nye tiltak for å bedre biodiversiteten på dette området. Ut fra det vi har avdekket er det lite forskjell fra Sørli – Fjøsjordet på Rød når det gjelder kjemisk sammensetning (dette må undersøkes grundigere av produsenter og rådgivere). Forskjeller i avlingsnivåer og jordhelse mellom disse områdene kan skyldes ulikheter i mikrobielle samfunn. I så fall kan det være hensiktsmessig å tilføre produkter med større biodiversitet og i større mengder enn det som hittil har vært tilført.
2. **Undersøke fermenterte produkter:** Vi anbefaler DNA analyser av bakterieinnholdet i fermenterte produkter og andre organiske produkter/materiell som brukes i disse områdene for å bedre forstå deres påvirkning på jordmangfoldet. Gjennomfør forsøk der fermenterte produkter steriliseres før bruk for å vurdere deres spesifikke effekter på jordmikrobielle samfunn.
3. **Systematisk innhenting av metadata knyttet til prøvene:** Datagrunnlaget er for begrenset til å trekke klare forbindelser mellom artsmangfoldet i jorda og kjemiske måledata. Mer data og mer systematisk innhenting av data vil gi et bedre utgangspunkt for å avdekke på korrelasjoner mellom måledata.
4. **Flere prøver og grundigere analyser:** Det trengs for å fult ut forså mekanismene bak endringene som vi har avdekket, og for å optimalisere jordbrukspraksiser for jordhelse og bevaring av biodiversitet.
5. **Kvalitetssjekk av nye tiltak:** Dersom det skal gjøres nye tiltak for å endre på jordlivet anbefaler vi at det gjøres vurderinger om å også bake inn strategier for DNA analyser slik at det kan gjøres evalueringer av effekten av tiltakene.

Formidling i referansegårdsprosjektet 2021 – 2023

Tidspunkt	Beskrivelse	Type	Kilde	Personer
24.06.2021 Droppe?	*"Ugraset hva sier det oss?" +*	*Kapitler i fagbok*	*Bok: Levende matjord https://www.xn--grntfagsenter-cnb.no/levende-matjord-bok/*	*Veronica Lilliehöök og Vibhoda*
15.09.2021	Fagdag om bedre jordhelse og renere vann, Sørli gård	Presentasjoner / markdag	Nettverkssamling i prosjektet om fruktbar jord og vannmiljø.	Martin, Vibhoda, Runar, Kamilla Skaalsveen (Nibio), Rebekka Bond
03.11.2021	Fagdag om regenerativ dyrking på Holt gård, Vestfold	Presentasjoner	Fagdag for å fortelle om erfaringer fra referansegårdsprosjektet og regenerativ dyrking.	Martin, Vibhoda, Rebekka
16.05.2022	Hvem klarer å tjene penger på å være bonde?	Radio	Del av radioprogram EKKO, NRK. https://radio.nrk.no/serie/ekko/sesong/202205/MDFP02007722	Runar
22.08.2022	Hjelp til sliten matjord	Radio	Del av radioprogram EKKO, NRK. https://radio.nrk.no/serie/ekko/sesong/202208/MDFP02010822	Dag + Runar
21.09.2022	Om regenerativ korndyrking	Presentasjoner	Markdag om regenerativt åkerbruk, Fossnes i regi av prosjektet – flere foredrag.	Martin + Vibhoda + Tor Helge
22.09.2022	Noen resultater fra regenerativ konvensjonell korndyrking	Presentasjoner	Markdag om regenerativt åkerbruk, Sørli i regi av prosjektet – flere foredrag.	Dag + Martin + Vibhoda m.fl.

Tidspunkt	Beskrivelse	Type	Kilde	Personer
12.10.2022	Overgang fra konvensjonell til regenerativ korndyrking - nye metoder gir optimisme for framtiden	Presentasjon og artikkel	Symposium: Hvordan produsere nok, sunn og trygg mat i samsvar med FNs bærekraftsmål? Vitenskapsakademiet, Oslo. https://dnva.no/detskjer/2022/08/hvordan-produsere-nok-sunn-og-trygg-mat-i-samsvar-med-fns-baerekraftsmal	Dag
7.11.2022	Fagmøte om jordfruktbarhet, Reppe Søndre, Trondheim	Undervisning / presentasjoner	Fagmøte om jordfrukbarhet / regenerativ dyrking i regi av regenerativt faglag Trøndelag / VitalAnalyse.	Martin og Vibhoda
8.-9.11.2022	Oppfriskningskurs om jordfruktbarhet, Bygdø Kongsgård	Undervisning / presentasjoner	Oppfriskningskurs om jordfruktbarhet for tidligere jordfruktbarhetskursdeltakere – ca 30 deltakere.	Martin og Vibhoda + Kamran m.fl.
7.-8.02.2023	Stand under Øko2023 på Gardermoen	Stand	Stand for å presentere referansegårdsprosjektet.	Vibhoda, Kristian, Dag, Runar, Ole Martin, Kristoffer, Tor Helge
16.02.2023	Åpen dag hos Biosa Norge – om bruk av ferment i regenerativt jordbruk	Presentasjon	Åpen dag hos Biosa Norge.	Vibhoda
20.03.2023	Veien mot bedre jordhelse	Presentasjon	Innledningsforedrag prosjekt Jordhelse – Marker, Aremark, Rakkestad https://www.marker.kommune.no/jordhelseprosjektet-inviterer-til-moete.6590285-502235.html Foredrag av Kristoffer Skinnes, eget notat.	Kristoffer
21.03.2023 + 23.03.2023	Korndyrking med økt fokus på jordhelse - metoder, resultater og erfaringer	Presentasjon	Innledningsforedrag prosjekt Jordhelse – Marker, Aremark, Rakkestad https://www.marker.kommune.no/jordhelseprosjektet-inviterer-til-moete.6590285-502235.html Foredrag av Dag Molteberg, eget notat	Dag
17.04.2023	Seminar om MC-kompostering på Kalnes vgs. og Sørli gård	Undervisning	Fagseminar på Kalnes og Sørli gård.	Vibhoda, Runar
30.04.2023	Lukten av levende jord	Artikkel	Artikkel i Sunnhetsbladet, juni 2023 med Runar og Dag	Dag + Runar

Tidspunkt	Beskrivelse	Type	Kilde	Personer
04.05.2023	Fagrapport om effekt av urteferment ved flatekompostering	Rapport	Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa - Effekter på jordbiologi og nitrogen. NORSØK-rapport no 2, vol 8. (Et spinn-off-prosjekt fra referansegårdsprosjektet. Prosjekteier Biosa Norge). https://orgprints.org/id/eprint/46034/	Vibhoda, Dag, Sissel Hansen m.fl.
03.05.2023	Kreative bønder	TV	Innslag i NRK Distriktsnyheter 3. mai 2023	Ole Martin, Runar, Dag
31.05.2023	Korndyrking med økt fokus på jordhelse – metoder, resultater og erfaringer	Presentasjon	Workshop Regenerativ Region. Foredrag av Dag Molteberg, eget notat	Dag + Martin
01.06.2023	Presentasjon prosjekt til bønder og interessenter	Presentasjon	Fagtur Sverige Referansegårdsprosjektet. Foredrag av Dag Molteberg, eget notat	Dag + Prosjektgruppa
19.06.2023	Transitioning from conventional to regenerative grain production	Presentasjon	Matsymposium 2023, bolk De Nye Forskerne. Vippa, Oslo. https://matprisen.no/matsymposium/#program	Dag
07.08.2023	Markvanding og Gårdsbesøk på Sørli og Ormo med NLR (Gaffke)	Presentasjon	I regi av NLR v/ Hans Gaffke, åpent arrangement	Dag + Jens Ludvig
11.09.2023	Markdag om regenerativ konvensjonell korndyrking på Ormo i Skjeberg	Presentasjoner	I regi av prosjektet, åpent arrangement	Dag, Kristian, Martin, Vibhoda ++
12.09.2023	Markdag om regenerativ konvensjonell korndyrking på Nedre Skinnes	Presentasjoner	Markdag i regi av prosjektet, åpent arrangement	Kristoffer, Martin, Vibhoda
4.10.2023	Dagbladet – Jordbruk ved Oslofjorden: Vil stoppe fjorddøden	Avisartikkel	https://www.dagbladet.no/nyheter/vil-stoppe-fjord-doden/80295704	Dag + Runar

Tidspunkt	Beskrivelse	Type	Kilde	Personer
31.10.2023	Workshop om: Motivasjoner, barrierer og behov for oppskalering av regenerativt landbruk	Presentasjoner	Workshop Regenerativ Region v/ UiO/SUM, NV m.fl.	Tor Helge + Vibhoda
08.11.2023	Erfaringer og resultater etter tre år med regenerativ drift på Ormo	Presentasjon	Sluttseminar i referansegårdsprosjektet, 8. november 2023. I regi av prosjektet, åpent arrangement.	Dag + prosjekt
9.+10.+27.11.2023	Fagseminar, markdag og verksted om regenerativ jord- og plantekultur	Undervisning og markdager	Fagseminar og markdager med naturbruksskolene, NMBU og Hvam vgs.	Martin + Vibhoda
23.11.2023	Panelsamtale: Hvordan jobber vi videre for økt jordhelse og karbonbinding på Østlandet?	Panelsamtale	Avsluttende konferanse JORDLØFTET i Viken	Vibhoda
05.12.2023	Erfaringer fra Referansegårdsprosjektet	Presentasjoner	Jorddagen på Skjetlein, Trondheim	Kristoffer + Vibhoda
31.12.2023	Filmer fra Jordløftet	Film	Film 1 https://vimeo.com/877885296/7a1333d842?share=copy Film 2 https://vimeo.com/882444571/914ecca32d?share=copy Film 3 https://vimeo.com/882443803/fa3adebd02?share=copy Film 4 https://vimeo.com/882443369/c369831c41?share=copy Dette er midlertidig plassering av filmene, og de kommer til å bli publisert på Akershus fylkeskommune sine nettsider.	Dag + Martin
10.01.2024	Filmer om flatekompostering og underkultur	Film	https://youtu.be/0NAeoK7T-zs?si=FCLdTX-eynVQjJZa https://youtu.be/Yl0figXShgk?si=GaPqztwYHENHzvR6 https://youtu.be/DKZibNr6fZI?si=AzpJ3hXoCuaywaeG	Runar, Dag, Vibhoda
27.01.2024	Regenerativt landbruk – hva er det	Presentasjon	Presentasjon på økokonferanse arrangert av Den Sorte Havre	Dag + Runar
18.03.2024	Er det mulig å dyrke korn uten å utarme jorda?	Presentasjon	Presentasjon på stormøte “Norsk kornproduksjon i et evighetsperspektiv” arrangert av Østfold Bonde- og Småbrukarlag, Bøndernes Hus, Råde.	Dag

Tidspunkt	Beskrivelse	Type	Kilde	Personer
Februar-april 2024	Digitale gårdsbesøk med regenerativt påfyll	Presentasjoner webinarserie	Webinarserie arrangert av Grønt Kompetansesenter Mære-Skjetlein og Faglag for Regenerativt Landbruk Trøndelag 07.02.24: Anne om Nasjonalt kompetansesenter for jordfruktbarhet 14.02.24: Tor Helge om Fossnes gård 14.02.24: Vibhoda "Hvorfor er jordfruktbarhet viktig og hva kan vi gjøre for å forbedre den" 20.03.24: Dag om Ormo gård	Anne, Vibhoda, Tor Helge, Dag
2021-2022-2023	Jordfruktbarhetskurset	Undervisning	Kurs i 2021 (tre modul over seks dager), i 2022 (en teorimodul over to dager) og 2023 (4 moduler over 8 dager i Valdres) - i regi av VitalAnalyse / Sunn Jord / Omstillingsprogrammet i Valdres. Erfaringer fra referansegårdsprosjektet blir brukt i kurset.	Vibhoda + Martin
2021-2022-2023	Rådgiving av bønder	Rådgiving	En god del rådgiving av bønder, i hovedsak på Østlandet, men også litt Trøndelag og Rogaland. Erfaringer fra referansegårdsprosjektet blir brukt i rådgivinga. Gjennom Sunn Jord AS.	Vibhoda
2021-2022-2023	Diverse fagmøter/dagskurs	Undervisning	Fagmøter på Østlandet og Rogaland – fysisk og digitalt	Vibhoda

Journal: Untitled

Gård	Prøvepunkt	Skifte	År	Glødetap	IDpunkt	System	Snitt Glødetap	NO3	NH4	pH vann	pH KCl	Ledningsevne	Mineral N
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2018	3,22	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	3,25	1,9	5,9	5,5	22	5,15
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2019	2,98	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	1,686512875	0,290454995	6,2	5,3	13	1,97696787
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2020	3,17	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	1,697556786	0,584714004	5,7	5,6	17	2,28227079
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2021	3,6	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	6,3	0,42	.	.	.	6,72
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2022	3,65	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	1,78630273	0,615282051	6,7	5,7	18	2,401584781
Fossnes	Fossnes 1	Skjerven	2023	2,98	Fossnes-Skjerven-Fossnes 1	Regen	3,5407922375	1,667040673	0,574202899	6,2	5,2	22	2,241243572
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2018	4,1	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	2,58	3	5,4	5	23	5,58
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2019	3,97	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	3,70977918	0,638906414	5,9	4,8	30	4,348685594
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2020	4,07	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	2,725504974	1,877570093	5,3	5,1	32	4,603075067
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2021	.	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2022	4,65	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	2,787187784	1,280041797	6,3	5,5	30	4,067229581
Fossnes	Fossnes 2	Jordvei øst A	2023	4,14	Fossnes-Jordvei øst A-Fossnes 2	Regen	4,514950685	2,726352357	0,939076923	5,9	4,9	18	3,66542928
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2018	5,73	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	2,84	3,3	5,8	5,4	37	6,14
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2019	5,52	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	4,023460411	0,692929293	5,8	4,9	35	4,716389704
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2020	5,58	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	2,970999786	1,364459161	5,4	5,3	36	4,335458947
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2021	.	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2022	5,63	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	1,943994956	1,004397394	6,3	5,6	28	2,94839235
Fossnes	Fossnes 3	Jordvei øst B	2023	5,91	Fossnes-Jordvei øst B-Fossnes 3	Regen	6,002950685	2,990613874	2,060200669	5,9	5,4	30	5,050814543
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2018	.	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2019	5,49	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	4,023460411	0,692929293	5,7	4,9	32	4,716389704
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2020	6,01	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	2,050817499	1,412785388	5,2	5,3	28	3,463602887
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2021	5,9	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	9,3	12	.	.	.	21,3
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2022	5,99	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	3,102761894	1,424972129	6	5,5	24	4,527734023
Fossnes	Fossnes 4	Gardsvei vest	2023	.	Fossnes-Gardsvei vest-Fossnes 4	Regen	6,2586883562	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2018	.	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2019	4,85	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	1,917516024	0,330238871	5,8	4,8	28	2,247754895
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2020	5,12	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	1,882444169	1,945192308	5,4	5,2	32	3,827636477
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2021	.	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2022	.	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	.	.	.	.	.	.
Fossnes	Fossnes 5	Jordvei vest	2023	.	Fossnes-Jordvei vest-Fossnes 5	Regen	5,8073767124	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2018	3,7	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2019	3,52	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2020	3,52	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2021	.	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2022	3,47	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 1	Lykka	2023	3,83	N Skinnes-Lykka-Skinnes 1	Regen	4,5345649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2018	3,66	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2019	3,73	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2020	3,75	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2021	4,6	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2022	3,82	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 2	Bak låven	2023	3,82	N Skinnes-Bak låven-Skinnes 2	Regen	4,6688041145	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2018	3,3	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2019	3,79	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2020	3,46	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2021	.	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2022	3,3	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 3	Skinnesmoen	2023	3,71	N Skinnes-Skinnesmoen-Skinnes 3	Regen	4,4385649374	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2018	.	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2019	4,87	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2020	4,96	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2021	.	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2022	.	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 4	Bakkane	2023	.	N Skinnes-Bakkane-Skinnes 4	Regen	7,2314123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2018	.	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2019	2,94	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2020	2,93	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2021	.	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2022	.	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
N Skinnes	Skinnes 5	Leira	2023	.	N Skinnes-Leira-Skinnes 5	Regen	5,2514123434	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2018	7,02	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	5,84	1,1	6,1	5,5	175	6,94
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2019	5,92	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	2,052995392	0,353571429	6,1	5,3	69	2,406566821
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2020	6,76	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	1,993742583	0,686733556	5,9	5,4	93	2,680476139
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2021	.	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2022	.	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 1	Skolehagen	2023	.	Kongsgården-Skolehagen-Kong 1	Regen	4,2208652138	.	.	.	.	.	.

Journal: Untitled

Gård	Prøvepunkt	Skifte	År	Glødetap	IDpunkt	System	Snitt Glødetap	NO3	NH4	pH vann	pH KCl	Ledningsevne	Mineral N
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2018	7,66	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	4,86	1,1	6	5,5	115	5,96
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2019	7,21	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	4,312585189	1,114084507	6	5,2	133	5,426669696
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2020	8,42	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	4,177419355	0,539583333	6,1	5,4	125	4,717002688
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2021	.	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2022	.	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 2	Portstusletta	2023	.	Kongsgården-Portstusletta-Kong 2	Regen	5,4175318805	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2018	10,8	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	5,32	0	6,1	5,8	110	5,32
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2019	10,07	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	4,298273512	0,370129108	6,2	5,2	98	4,66840262
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2020	10,57	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	4,481389578	0,385897436	6,3	5,8	143	4,867287014
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2021	.	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2022	.	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 3	Firkanten	2023	.	Kongsgården-Firkanten-Kong 3	Ref	8,1341985472	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2018	7,1	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	4,8	1,1	6	5,7	123	5,9
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2019	6,99	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	2,071696863	0,356792237	6,2	5	75	2,4284891
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2020	7,08	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	1,969242311	0,339147287	6	5,4	84	2,308389598
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2021	.	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2022	.	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 4	Fjøsjordet	2023	.	Kongsgården-Fjøsjordet-Kong 4	Regen	4,7108652138	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2018	.	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2019	7,05	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2020	7,27	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2021	.	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2022	.	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Kongsgården	Kong 5	Søndre sjøbadjordet	2023	.	Kongsgården-Søndre sjøbadjordet-Kong 5	Regen	3,6412978207	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli1	Hornes	2018	.	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli1	Hornes	2019	.	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli1	Hornes	2020	4,9	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	2,970223325	1,364102564	6	5,5	48	4,334325889
Sørli	Sørli1	Hornes	2021	4,3	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	4,5	2,22	.	.	.	6,72
Sørli	Sørli1	Hornes	2022	5,24	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	0	0,684699454	6,8	5,3	81	0,684699454
Sørli	Sørli1	Hornes	2023	5,31	Sørli-Hornes-Sørli1	Regen	5,1818388014	2,931782126	1,009836066	6,8	5,5	66	3,941618192
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2018	.	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2019	.	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2020	4,18	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	3,942580645	1,0185	5,9	5,6	51	4,961080645
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2021	4,5	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	6,9	0,54	.	.	.	7,44
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2022	4,3	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	1,996249062	1,718992248	6,7	5,7	46	3,71524131
Sørli	Sørli2	Fjøsjordet	2023	4,13	Sørli-Fjøsjordet-Sørli2	Regen	4,5218388014	2,887773153	0,994677419	6,6	5,6	46	3,882450572
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2018	.	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2019	.	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2020	4,35	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2021	.	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2022	4,33	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli3	Naboåker til Fjøsj.	2023	4,54	Sørli-Naboåker til Fjøsj.-Sørli3	Konv	4,7324517352	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2018	.	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2019	.	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2020	5,45	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	2,973370859	2,048322148	6,1	5,8	38	5,021693007
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2021	6,5	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	6,3	0,54	.	.	.	6,84
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2022	.	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	.	.	.	.	.	.
Sørli	Sørli4	Tørrenga	2023	.	Sørli-Tørrenga-Sørli4	Regen	6,4636776028	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2018	.	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2019	.	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2020	.	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2021	4,9	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	3,3	0,75	.	.	.	4,05
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2022	5,09	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	0	0,679207921	5,7	5,3	39	0,679207921
Ormo	Ormo1	Hagejordet - punkt 1	2023	5,24	Ormo-Hagejordet - punkt 1-Ormo1	Regen	5,0582850685	0	0,98	5,9	5,1	30	0,98
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2018	.	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2019	.	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2020	.	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	.	.	.	.	.	.
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2021	5,1	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	4,5	0,93	.	.	.	5,43
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2022	5,88	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	1,959203036	0,674836601	5,9	5,4	45	2,634039637
Ormo	Ormo2	Modal - punkt 2	2023	5,25	Ormo-Modal - punkt 2-Ormo2	Regen	5,3916184019	0	1	6,1	5,5	37	1

Journal: Untitled

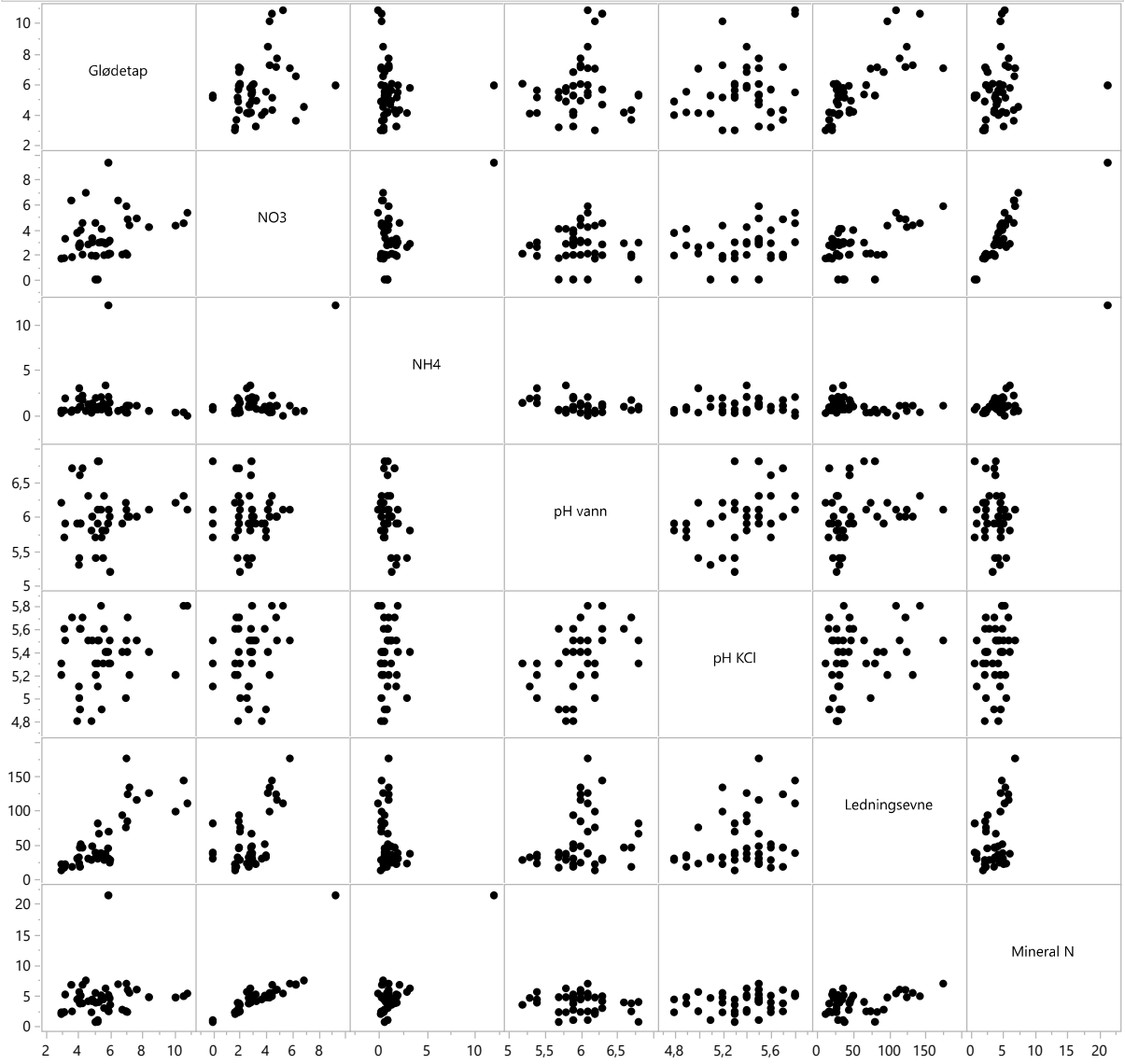
Multivariate

Correlations

	Glødetap	NO3	NH4	pH vann	pH KCl	Ledningsevne	Mineral N
Glødetap	1,0000	0,2830	-0,0788	0,0360	0,2161	0,7142	0,1292
NO3	0,2830	1,0000	0,4176	-0,3100	0,2236	0,4154	0,8543
NH4	-0,0788	0,4176	1,0000	-0,6661	0,2944	-0,1823	0,8290
pH vann	0,0360	-0,3100	-0,6661	1,0000	0,1471	0,2417	-0,5718
pH KCl	0,2161	0,2236	0,2944	0,1471	1,0000	0,2361	0,3060
Ledningsevne	0,7142	0,4154	-0,1823	0,2417	0,2361	1,0000	0,1514
Mineral N	0,1292	0,8543	0,8290	-0,5718	0,3060	0,1514	1,0000

There are 32 missing values. The correlations are estimated by REML method.

Scatterplot Matrix

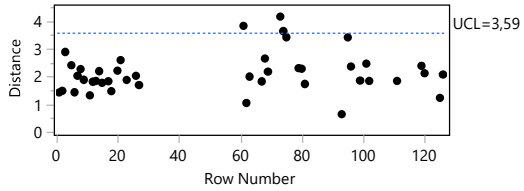


Journal: Untitled

Multivariate

Outlier Analysis

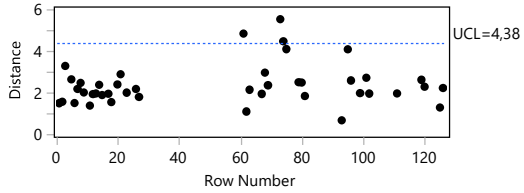
Mahalanobis Distances



α = 0,05

Note: The generalized inverse is used for distance calculation.

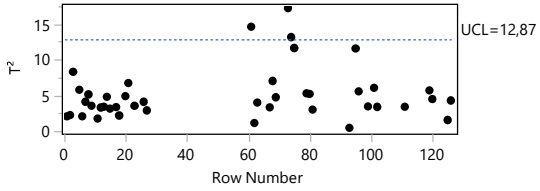
Jackknife Distances



α = 0,05

Note: The generalized inverse is used for distance calculation.

T^2



α = 0,05

Note: The generalized inverse is used for distance calculation.