

Karbon til bondens beste

NORSØK RAPPORT | VOL. 6 | NR. 11 | 2021



TITTEL

Karbon til bondens beste

FORFATTERE(E)

Sissel Hansen, Reidun Pommeresche, Kari Bysveen, Frode Grønmyr, Tatiana Rittl, Marina A. Bleken

DATO:	RAPPORT NR.		PROSJEKT NR.:	
02.06.2021	Vol 6 /nr 11 /år 2021	Åpen	3167	
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG:	
978-82-8202-129-6		52	2	

OPPDRA GSGIVER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON:

Sissel Hansen, sissel.hansen@norsok.no
Reidun Pommeresche@norsok.no

STIKKORD:

Eng, Gjødsling, Jordbiologi, Jordfysikk, Organisk karbon, Vekstskifte, Åker, Korn.

Arable land, Crop Rotation, Fertilization, Grassland, Organic Carbon, Organic Matter, Soil Biology, Soil Physics, Cereal,

FAGOMRÅDE:

Jordbruk

Agriculture

SAMMENDRAG:

Denne rapporten fra prosjektet «Karbon til bondens beste», oppsummerer våre funn om karbonlagring, jordfruktbarhet, biologisk aktivitet, jordstruktur og andre jordfysiske forhold på gårder i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør, som i mange år har hatt enten ensidig korndyrking eller vekstskifte med både eng og korn. Vi presenterer også enkle metoder for bedømming av jord til hjelp for landbruksrådgivere og gårdbrukere.

Det er ønskelig å lagre mer karbon i jorda, både for å ta CO₂ ut av atmosfæren og fordi det bedrer de agronomiske forholdene der det er lite organisk materiale i jorda. Vekstskifter med eng og gjødsling, spesielt med husdyrgjødsel, har vært regna som tiltak som øker innholdet av organisk materiale og dermed karbonlagring i jorda. Det har vært gjort få undersøkelser av dette i silt- og sandholdig jord. Vi har valgt Surnadal og Sør-Østerdal med Solør siden det er gårder med siltig sandjord i disse områdene samt at de ligger i to ulike klimasoner (kyst- og innlandsklima). Begge steder er det gårder som har ren åkerdrift og gårder med eng i vekstskiftet. Det ble valgt ut åtte gårder hvert sted. Det ble brukt både mineralgjødsling og husdyrgjødsel, for det meste bløtgjødsel av

storfe eller gris. På gårdene med vekstskifte med eng var det ingen som bare brukte mineralgjødsel. På hver av gårdene ble det valgt to skifter hvor det ble dyrket korn i 2020. På hver av disse skiftene ble det valgt ut to prøvepunkt hvor vi undersøkte jorda etter tresking for jordfysiske, kjemiske og biologiske parametere. Innsamlingsperioden strakk seg fra august til oktober 2020 med prøvetaking relativt raskt etter at kornet var tresket.

Resultatene fra disse gårdene viser en tydelig trend med mer organisk karbon, bedre jordstruktur både visuelt bedømt og vurdert som aggregatdannelse og aggregatstabilitet, raskere omdanning av organisk materiale og mer meitemark der det er eng i vekstskiftet enn der det er kun åkerdrift. Hver for seg er mange av disse faktorene ikke signifikant forskjellige, men til sammen danner de et tydelig mønster med noe bedre forhold der det er eng i vekstskiftet. For faktorene rottybde, penetrasjonsdyp, infiltrasjon, porevolum, POXC-karbon og respirasjon fra jorda er det ikke et like tydelig mønster. En kunne forvente at noe av forskjellen mellom gårder med eng i vekstskifte og gårder med åkerdrift kunne forklares med at det sannsynligvis ble brukt mer husdyrgjødsel på gårder med eng, men det stemmer ikke. Flere av gårdene med bare åkerdrift gjødslet med mer husdyrgjødsel enn gårdene med eng i vekstskiftet. Vi fant imidlertid at gjødsling med husdyrgjødsel førte til mer karbonlagring og bedre aggregatstabilitet i jorda på gårdene med kun åker.

Vi anbefaler spaden som det beste redskapet for enkelt å vurdere jordas struktur, eventuelle pakka såler eller sjikt, rotvekst, innhold av meitemark og omdanning av plantematerialet som ble tilført året før. Denne kan suppleres ved enkle metoder som å grave ned et stykke bomullstøy, eller en te-pose og så undersøke hvor mye som finnes igjen noen måneder senere. Penetrometer og infiltrasjonsmålinger kan gi verdifull informasjon, men fuktighetsforhold og jordart må tas med i vurderingene. Spretthaler og andre småkryp kan fanges i ei felle og telles. Det er en del enkle mikrobiologiske tester under utvikling som Pasco CO₂-sensor, Solvita basal CO₂ og Mikrobiometer. Vi vil samle mer erfaring før vi kommer med anbefalinger her.

SUMMARY:

This report summarizes our observations from the project “Carbon for benefit of the farmer” on carbon storage, biological activity, soil structure and other physical soil conditions on commercial farms in Surnadal and Sør-Østerdal and Solør. In the last 20 years, these farms have had either solely arable farming or crop rotations with grassland included. We do also present simple methods for assessment of soil quality for agricultural advisors and farmers. More carbon storage in soil is wanted to both remove CO₂ from the atmosphere and enhance organic matter content, which improves the agronomic characteristics of the soil when it is low in organic matter. Crop rotations with grassland and fertilization, particularly with manure has been seen upon as measures to enhance the content of organic matter and thus carbon storage in soil. However, there have been done few investigations on this in silty and sandy soils. We have chosen Surnadal and Sør-Østerdal and Solør areas because there are farms with silty sand in both those areas and because they are placed in two different climatic zones (coast and domestic climate). Both places have farms with solely arable farming and farms with grasslands in the crop rotation. We selected eight farms in each of two areas. In Surnadal there were four arable farms and four farms with also grasslands in the crop rotation. In Sør-Østerdal and Solør there were less differences in the crop rotations

between farms with solely arable land and crop rotations with grassland included. The farms were fertilized with mineral fertilizer and animal manure, mainly slurry from cattle or pig. On the farms with grassland included in crop rotation there were none that only used mineral fertilizer. On each farm two fields with cereals 2020 were chosen. On each of these fields two sample areas were selected where we investigated soil physical, biological, and chemical parameters. The period of sample collection lasted from August until October 2020, and it was in all farms done shortly after the cereal was threshed.

We observed a clear trend with more organic carbon, better soil aggregate formation and aggregate stability, more rapid transformation of organic matter and more earthworms with grasslands included than by solely arable farming. Isolated, many of these factors are not significantly different, but together they showed a pattern with better soil conditions when grassland is included in crop rotations. For the factors root depth, penetration depth, soil infiltration, soil pore volume, POXC-carbon and soil respiration, the difference between solely arable farming and when grassland is included, is not so clear. One could assume that a part of the differences between farms with and without grassland in crop rotation could be explained by more manure used in farms with grassland, but that is not the case. Contradictory, on some of the arable farms larger quantities of animal manure was used than on the farms with grasslands included. However, we observed that fertilization with animal manure increased carbon storage, improved aggregate stability, and enhanced soil respiration on arable farms.

We recommend the spade as the best tool to judge soil structure, dense layers, root growth, content of earthworms and degradation of plant material from last year. This can be supplemented with various simple methods like digging down a piece of cotton cloth, or a tea bag and then examining how much is left a few months later. Penetrometers and infiltration measurements can provide valuable information, but moisture conditions and soil type must be considered in the assessments. Bouncing tails and other small insects can be caught in a trap and counted. There are several simple microbiological tests under development such as Pasco CO₂ sensor, Solvita basal CO₂ and Microbiometer. We will gather more experience before we make recommendations on them.

LAND:	Norge
FYLKE:	Møre og Romsdal
KOMMUNE:	Tingvoll

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

PROSEKTEDER

Sissel Hansen

NAVN

Forord

Denne rapporten bygger på kunnskap fra prosjektet «Karbon til bondens beste - GodKarbon, 2020-2021» finansiert av Landbruksdirektoratet (prosjektnr. 2019/59313, Agros 121010). Formålet med prosjektet var å fremskaffe mer kunnskap om langtidseffekter av ensidig korndyrking versus vekstskifte med eng og korn på jordas dyrkingsegenskaper, innhold av organisk materiale og karbonlagring i sandjord. Prosjektet skulle undersøke karbonlagring, jordfruktbarhet, biologisk aktivitet, jordstruktur og andre jordfysiske forhold på et utvalg gårder i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør som enten har hatt åkerdrift eller vekstskifte med både eng og korn gjennom mange år. Prosjektet skulle også vurdere og demonstrere enkle teknikker for å bedømme jorda på egen gård til hjelp for landbruksrådgivere og gårdbrukere.

Prosjektet har vært et samarbeid mellom Norsøk v/Sissel Hansen, Reidun Pommeresche og Tatiana Rittl; NMBU v/ Marina A. Bleken; Landbruk Nordvest v/ Frode Grønmyr; NLR Innlandet v/ Kari Bysveen; NLR Øst v/ Benedikte Tveit. Vi takker tekniker Peggy Haugnes (NORSØK), Hilde Hegnes (Landbruk Nordvest) og Stein Olav Nyvoll, Morten Berntsen (NLR Innlandet) for hjelp til feltarbeid og Kjetil Mostue og Kristin Rolfstad (NLR Innlandet) for info fra gårdbrukernes gjødslingsplaner. Takk til avdelingsingeniør Trygve Fredriksen ved laboratoriet på NMBU som var ansvarlig for å få fysiske og kjemiske prøver analysert ved. Sist, men ikke minst en stor takk til de 16 gårdbrukerne som stilte jorda si til disposisjon for oss, og for de mange samtalene der ute i åkeren.

Bildene i rapporten tilhører prosjektgruppa. Dersom du oppgir kilde så kan de brukes i andre sammenhenger, men kontakt oss først.

Dette har vært et spennende og morsomt prosjekt å jobbe med. Det har vært svært lærerike og inspirerende diskusjonene ute i åkeren med synspunkt fra gårdbrukere, veiledere og forskere samtidig som vi har vurdert jorda og hva som skjer i den.

Tingvoll, 02.06.21

Sissel Hansen

Innhold

1	Innledning.....	3
2	Materiell og metoder	5
2.1	Utvalg av gårder	5
2.2	Beskrivelse av gårdene.....	5
2.2.1	Vekstskifte, driftsmåte, gjødsling og jordarbeiding.....	5
2.3	Våre undersøkelser	11
2.3.1	Innhenting av data	11
2.4	Undersøkelser av jordfysiske og jordbiologiske forhold.....	12
2.4.1	Jordtype og tekstur.....	12
2.4.2	Totalt karbon og nitrogen, glødetap, moldinnhold og kornfordeling	13
2.4.3	POXC Karbon (Aktivt karbon).....	14
2.4.4	Lett tilgjengelige plantenæringsstoff og pH i jorda	14
2.4.5	Aggregatstørrelsesfordeling og aggregatstabilitet.	14
2.4.6	Jordrespirasjon	15
2.4.7	Porevolum og jordtetthet.....	16
2.4.8	Jordmotstand (penetrasjonsmålinger)	17
2.4.9	Infiltrasjon.....	17
2.4.10	Visuelle registreringer av jord og jordliv.....	18
2.4.11	Meitemark	20
2.5	Statistiske beregninger	21
3	Resultat og diskusjon	22
3.1	Totalt karbon og moldinnhold	22
3.2	POXC karbon	26
3.3	Aggregatstørrelse og aggregatstabilitet	27
3.4	Porevolum	30
3.5	Infiltrasjon	31
3.6	Motstand i jorda registrert med penetrometer.....	32
3.7	Visuell bedømmelse av jordstruktur.....	33
3.8	Omdanning av organisk materiale	35
3.9	Jordrespirasjon.....	36
3.10	Plantenæringsstoffer	36
3.11	Antall meitemark og meitemarkarter	37
4	Oppsummerende diskusjon av våre funn	38
5	Enkle metoder for bedømming av jord.....	42
6	Konklusjon.....	46
7	Referanser	47
	Vedlegg 1.....	50
	Beskrivende statistikk for alle gårder delt på Gårdtype.....	50
	Vedlegg 2 Beskrivende statistikk for alle gårder delt på gjødsel	51

1 Innledning

Karbon i form av mold i jorda bidrar både til bedre drenering, vannlagring og dypere røtter. Skiftende vær med tørke og store nedbørsmengder er en utfordring for landbruket. På grunn av global oppvarming og forandringer i klima er det antatt at det vil bli stadig flere episoder med ekstremvær. I en periode hvor været er lite forutsigbart er det viktig at jorda er robust mot både tørke og store nedbørsmengder. Samtidig er det et ønske om at jordbruket skal bidra til å lagre karbon i jorda og slippe ut minst mulig av klimagassene CO₂, metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Karbonlagring i sand- og siltig sandjord, som er utfordrende fordi mold mineraliseres raskere enn i leirjord. Samtidig er sand og siltig sandjord avhengig av mold i jorda for å få gode dyrkingsegenskaper og god robusthet i møte med klimaforandringene. Mold i jorda bidrar til holde næringsstoffer og vann i jorda, og dermed mer stabile og bedre avlinger under skiftende værforhold. Vann innfiltrerer og dreneres bedre i jorda med stabile og velformet aggregater. Disse egenskapene påvirkes positivt av økende moldinnhold i jorda og særlig omløp med eng (Haynes med flere, 1991). Dette er viktig for både konvensjonelt og økologisk landbruk.

Godt omdannet mold er det største karbonlageret i jorda, og det har stor betydning for jordas evne til å holde på næringsstoffer. Mindre omdannet organisk materiale fra ferske planterester og rot-eksudater, ofte betegnet labilt eller aktivt karbon, er mest tilgjengelig for mikroorganismene i jorda og brytes lettest ned. Eng i omløpet er særlig gunstig for å øke innholdet av labilt karbon i jorda. Det er kjent at ved engdyrking blir vanligvis flere meitemarker og økt biologisk aktivitet i jorda, bedre og mer stabile aggregater, bedre vannlagring, infiltrasjon og drenering, bedre rot-utvikling og dermed evnen til å tåle tørke og heftig regn, samt større karbonlagring i jorda. Tilførsel av husdyrgjødsel er også gunstig (Riley 2015).

Deler av arealene med korndyrking har vært drevet ensidig gjennom mange år, og innholdet av karbon i jorda er redusert (Riley og Bakkegard, 2006). AGROPRO prosjektet viste at langvarig omløp med eng gjennom 60 år på mellomleire økte havreavling i tørkeåret 2014 med opptil 30% i forhold til ensidig korndyrking, og enda mer i forhold til omløp med korn, rot og oljevekster. På rutene med engdyrking var det også bedre vanninfiltrasjon og bedre rotvekst. I gjennomsnitt for de 60 årene forsøket varte ble det lagret 100 kg mer CO₂ per daa og år på ruter med eng i omløpet (Uhlen m.fl., 2017, Bleken 2016). Prosjektet «Jordkarbon,-utvikling og formidling av karbonbindende landbrukspraksis i Norge» ledet av NLR Østafjells har funnet tendenser til bedre aggregatstabilitet ved bruk av ulike tiltak for å øke jordas moldinnhold i leirholdig jord, men kunne ikke måle endring i karbonlagring i løpet av de tre åra prosjektet varte.

Litt av det organiske materialet og dermed karbonet (C) vil bli værende igjen i jorda for hvert år flerårige planter lever og etter hver gjødsling med organisk materiale. Omtrent halvparten av det som transporteres til røttene finnes igjen i røtter, en tredjedel blir til CO₂ fra respirasjon fra røtter og mikrobiologi, mens resten blir værende i jordorganismer og organisk materiale (Kuzyakov & Domanski 2000).

Det er imidlertid stor forskjell mellom de ulike jordartenes evne til å lagre karbon. I sand og siltjord mineraliserer det organiske materialet i jorda raskere enn i leirjord (Frøseth og Bleken, 2015) og har dermed mindre evne til å lagre karbon (Serikstad m.fl. 2018, Stewart m.fl. 2009.). I ei sandjord vil

imidlertid en liten heving av moldinnholdet kunne bedre jordas evne til å holde på vann og næringsstoff og mange gårdbrukere i områder med sand og silt er interessert i å bedre jordas dyrkingsegenskaper. Det er gjort få undersøkelser på betydningen av eng i vekstskifte på moldinnhold og jordfruktbarhet i sandjord. Det tar lang tid å forandre moldinnholdet i jorda. Det er derfor ønskelig å se på langtidseffekter ved å sammenligne jorda på gårder som gjennom lang tid enten har hatt ensidig korndyrking eller omløp med eng.

Fordi planter med dype rotsystem og dyptgående meitemark bidrar til at karbon også lagres dypere ned i jorda enn i pløyselaget, er det viktig å også undersøke karboninnholdet i dypere jordlag når vi skal undersøke lang tids effekt på karbonlagring. Tautges m.fl. (2019) fikk ulike resultat når de bare vurderte jorda i pløyedyp og når de tok prøver fra hele jordprofilen.

En ny studie av jorda fra 10 langvarige feltforsøk i Europa tyder på at kaliumpermanganat-oksyderbart karbon (POXC) er den karbon fraksjonen som best kan brukes som diagnostikk for flere egenskaper som innhold av organisk materiale i jorda, næringsstofftilgjengelighet, gunstig jordstruktur og mikrobiell aktivitet (Bongiorno m.fl. 2019).

Vi vet at dyrkingspraksis påvirker innhold av organisk materiale og jordas egenskaper, men vi trenger å formidle mer praktisk kunnskap om hvordan dette kan oppnås. Evnen til å vurdere jordas tilstand er et ledd i dette. Det er viktig med en god dialog mellom gårdbrukere, landbruksveiledere og jordforskere om hvordan kombinere lagring av karbon i jorda med gode avlinger.

Vi har valgt Surnadal og Sør-Østerdal med Solør siden det er gårder med siltig sandjord i disse områdene og at de ligger i to ulike klimasoner (kyst- og innlandsklima). Begge steder er det gårder som har ren åkerdrift og gårder med eng i vekstskiftet. Surnadal er en stor jordbrukskommune på Nordmøre og dalbotnen er preget av elveavsetninger med sand og silt fra elva Surna. I Sør-Østerdal med Solør var 6 av 8 gardene langs Glomma, med elveavsetninger av sand og silt. To av gardene var i Hernes, hvor jorda er steinrik morene. Både her og andre steder etterspør gårdbrukerne metoder for å bedømme og forbedre jordas dyrkingsegenskaper.

Denne rapporten oppsummerer våre funn om karbonlagring, jordfruktbarhet, biologisk aktivitet, jordstruktur og andre jordfysiske forhold på gårder i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør som i mange år har hatt enten ensidig korndyrking eller vekstskifte med både eng og korn. Vi presenterer også enkle metoder for bedømming av jord til hjelp for landbruksrådgivere og gårdbrukere.



2 Materiell og metoder

2.1 Utvalg av gårder

Norsk landbruksrådgiving (NLR), representert ved Landbruk Nordvest og NLR Innlandet, brukte sin kunnskap om gårder i sine områder til å velge ut åtte gårder i hvert av stedene Surnadal og Sør-Østerdal med Solør. Målet var å sammenligne kornproduksjon med og uten eng i vekstskifte, og om mulig gårder med og uten husdyrgjødsel i tillegg til kunstgjødsel. Ønsket var 8 gårder i Surnadal og 8 i Sør-Østerdalen og Solør. Da henholdsvis 4 med og 4 uten eng i vekstskiftet på hvert sted. Ideelt hadde vi også tenkt en inndeling knyttet til driftsform, slik at to drev økologiske og to konvensjonelt og parvis hadde så like jordforhold som mulig. De aktuelle gårdene måtte også ha minst et skifte hvor det ble dyrket korn i 2020. I praksis var det ikke lett å tilfredsstille alle disse kriteriene på en gang. Blant annet var det større variasjon i jordforholdene mellom gårdene enn vi hadde forventet og det var større variasjon i vekstskiftet innafor samme gård. I Sør-Østerdal med Solør ble det valgt gårder fra bygdene Elverum, Hernes, Herradsbygd, Våler og Grue. I teksten blir dette området kaldt «Sør-Østerdal med Solør» og i figurer «Sør-Østerd.+».

2.2 Beskrivelse av gårdene

2.2.1 Vekstskifte, driftsmåte, gjødsling og jordarbeiding

I Surnadal var det fire rene korngårder (kalt åker, Å) og fire gårder som hadde eng i vekstskiftet (V), se Tabell 1. I Sør-Østerdal med Solør var det mindre forskjell i de reelle vekstskiftene mellom gårdene og vi måtte gjøre noen valg for å plassere dem som rene åker/korn-gårder eller som vekstskiftegårder (Tabell 1). Til tross for lite eller ingen eng siste fem år, har vi valgt å definere 10B og 15B som vekstskifte med eng (V) grunnet mye eng fra 15 år tilbake og tidligere (Tabell 2). Det ble brukt både kunstgjødsel og organisk gjødsel. På gårdene med vekstskifte med eng var det ingen som bare brukte kunstgjødsel og på åkergårdene var det ingen som bare brukte organisk gjødsel (Tabell 1). I Surnadal var organisk gjødsel for det meste bløtgjødsel fra storfe, med unntak av gård 3 som hadde hønsegjødsel fra egen gård (Tabell 2). I Sør-Østerdal med Solør ble det gjødslet med både bløtgjødsel fra gris og bløtgjødsel fra storfe. I tillegg ble det brukt pelletert hønsegjødsel på gård 14 og annen hønsegjødsel på 16A (Tabell 2). Det var en gård som hadde registrert økologisk drift i Surnadal og tre i Sør-Østerdal med Solør. Kalking de siste årene er vist i tabell 2.

Tabell 1a. Oversikt over vekster og gjødsling på de aktuelle skiftene Surnadal i prøvetakingsåret 2020 og de siste fem årene før det. *Nitrogen tilført i kunstgjødsel er oppgitt som kg N/daa og er kalt minN. Nitrogen tilført i organisk gjødsel er oppgitt som total mengde nitrogen tilført i husdyrgjødsel i kg N/daa og er kalt orgN, både ammoniumnitrogen og organisk nitrogen er dermed inkludert i org.N. Både mineralsk nitrogen (NH₄-N+NO₃-N) og organisk bundet nitrogen i husdyrgjødsel er inkludert her. Type gjengir om gårder driver ensidig med korn/åker eller har en andel eng inn i vekstskiftet. Form gjengir driftsform konvensjonell eller økologisk (øko). B=bygg, H=havre, E=eng.*

Gård	skifte	Sted	Type	Form	2020			2019			2018			2017			2016			2015			Gjennomsnitt			
					Vek st	mi nN	org N	Vek st	mi nN	org N	Vek st	mi nN	org N	Vek st	mi nN	org N	Vek st	mi nN	org N	Vek st	mi nN	org N	mi nN	org N	tot N	
1	A	Surnadal	Vekstskifte med eng	Konvensjonell	B	15	0	B	13	0	E	18	7	E	18	7	E	18	7	E	18	7	17	5	21	
	B				B	15	0	B	13	0	E	18	7	E	18	7	E	18	7	E	18	7	17	5	21	
2	A				B	10	0	B	10	0	B	11	0	B	12	0	E	9	7	E	11	5	11	2	13	
	B				B	10	0	E	10	5	E	13	7	E	12	10	E	9	7	E	11	5	11	6	17	
7	A			B	9	7	B	9	5	R	9	5	B	9	5	E	20	0	E	20	0	13	3	16		
	B			B	9	5	E	20	0	E	21	0	E	18	5	E	18	5	E	17	5	17	3	20		
5	A			Øko	B	0	9	B	0	9	E	0	6	E	0	6	E	0	7	B	0	7	0	7	7	
	B				B	0	9	B	0	9	E	0	6	E	0	6	E	0	7	B	0	7	0	7	7	
3	A		Åker		Konvensjonell	B	11	15	B	12	15	B	10	15	B	9	15	B	9	15	B	9	15	10	15	25
	B					B	11	15	B	12	15	B	10	15	B	9	15	B	9	15	B	9	15	10	15	25
4	A			B		14	0	B	14	0	B	15	0	B	15	0	B	13	0	B	13	0	14	0	14	
	B			H		14	0	B	14	0	B	15	0	B	15	0	B	15	4	B	15	0	15	1	15	
6	A			B		13	14	B	11	14	B	7	14	B	13	7	B	13	7	B	13	7	12	11	22	
	B			B		13	14	B	11	14	B	7	14	B	13	7	B	13	7	B	13	7	12	11	22	
8	A			B		16	0	B	13	0	B	14	0	B	16	0	B	13	0	B	14	0	14	0	14	
	B			B		16	0	B	13	0	B	14	0	B	16	0	B	13	0	B	14	0	14	0	14	

Tabell 1b. Oversikt over vekster og gjødsling på de aktuelle skiftene i Sør-Østerdal med Solør i prøvetakingsåret 2020 og de siste fem årene før det. Nitrogen tilført i kunstgjødsel er oppgitt som kg N/daa og er kalt minN. Nitrogen tilført i organisk gjødsel er oppgitt som total mengde nitrogen tilført i husdyrgjødsel i kg N/daa og er kalt orgN, både ammoniumnitrogen og organisk nitrogen er dermed inkludert i org.N.. Både mineralsk nitrogen (NH₄-N+NO₃-N) og organisk bundet nitrogen i husdyrgjødsel er inkludert her. Type gjengir om gårder driver ensidig med korn/åker eller har en andel eng inn i vekstskiftet. Form gjengir driftsform konvensjonell eller økologisk (øko).). B=bygg, H=havre, E=eng, HT=hvete ,GG=grønngjødsel, G/K=gras/kløver, P=potet, R=raigras .

Gård	skifte	Sted	Type	Form	2020			2019			2018			2017			2016			2015			Gjennomsnitt		
					Vekst	minN	orgN	Vekst	minN	orgN	Vekst	minN	orgN	Vekst	minN	orgN	Vekst	minN	orgN	Vekst	minN	orgN	minN	orgN	totN
9	A	Sør-Østerdal med omegn	Vekstskifte m/ eng	Konven	B	11	5	B	13	5	R	13	0	B	7	4	B	5	6	E	7	4	9	4	13
9	B				B	11	5	B	13	5	R	13	0	B	7	4	B	5	6	E	7	4	9	4	13
15	B				B	13	4	HT	19	0	B	14	0	B/P	15	0	B/P	15	0	B	14	0	15	1	16
10	A			Øko	B	0	16	H	0	16	B	0	6	H	0	6	B	0	6	H	0	7	0	9	9
10	B				B	0	6	GG	0	16	B	0	6	B	0	6	H	0	6	B	0	7	0	8	8
14	A				HT	0	12	P	0	13	E	0	4	E	0	6	E	0	6	G./K	0	15	0	9	9
11	A		Åker	Konvensjonell	H	7	12	B	13	12	B	7	12	B	?	?	H	?	?	H	?	?	9	12	21
11	B				H	8	12	B	14	12	B	8	12	B	?	?	H	?	?	H	?	?	10	12	22
12	A				H	12	0	H	13	0	H	13	0	H	13	0	H	12	0	HT	15	0	13	0	13
12	B				B	13	0	B	15	0	B	14	0	B	13	0	P	14	0	P	12	0	13	0	13
15	A			Øko	HT	17	0	P	15	0	B	15	0	B	15	0	HT	17	0	B	15	0	16	0	16
16	A				B	15	15	B	11	0	P	15	15	B	13	0	B	13	0	B	13	0	13	5	18
16	B				B	14	0	P	13	0	B	14	0	B	14	0	B	13	0	B	13	0	14	0	14
13	A				H	0	14	B	0	0	H	0	11	H	0	11	H	0	11	H	0	11	0	9	9
13	B				H	0	14	B	0	0	GG	0	0	H	0	11	H	0	11	H	0	11	0	8	8
14	B				HT	0	12	P	0	13	E	0	9	Ert	0	3	B	0	12	B	0	12	0	10	10

Tabell 2a. Oversikt over antall år med eng i løpet av de siste 20, 10 og 5 år; år med underkultur, fangvekst eller isåing til eng i et år hvor det ble dyrket korn de siste 5 år; type organisk gjødsel brukt vår 2020 eller høst 2019 (Høns er ubehandlet hønsegjødsel, BS er bløtgjødsel fra storfe, BG er bløtgjødsel fra gris, Phg er pelletert hønsegjødsel); kalking siste 3 år. Gård, skifte, sted, type og form har samme forklaring som i tabell 1. Par viser til gårder og skifte i Surnadal hvor vi antok på forhand at jordart var noenlunde like. Par: De gårdene som har samme tall har ganske lik jordtype. Bokstaven 'v' definerer gård med eng i vekstskiftet, mens bokstaven 'å' viser til åker.

Gård	skifte	Sted	Type	Form	par	Antall engår siste (år)			år m/ underv. Korn	Organisk gjødselslag	kg Kalk / daa	Kalktype	Kalkår
						20	10	5					
						siste 5 år							
1	A	Surnadal	Vekstskifte med eng	Konvensjonell	1v	14	7	4	0	0	300	Grovdolomitt	2019
1	B				1v	14	7	4	0	0	300	Grovdolomitt	2019
2	A				2v	16	8	2	1	0	0		
2	B				2v	16	8	4	0	0	0		
7	A			Øko	4v	13	6	3	0	BS	0		
7	B				4v	13	8	4	0	BS	380	Grovkalk	2019
5	A				3v	14	7	3	3	BS	0		
5	B				3v	14	7	3	3	BS	0		
3	A	Åker	Konvensjonell	1å	0	0	0	0	Høns	0			
3	B			1å	0	0	0	0	Høns	0			
4	A			2å	0	0	0	0	0	0			
4	B			2å	2	0	0	0	0	0			
6	A			3å	0	0	0	0	BS	300	Grovdolomitt	2019	
6	B			3å	0	0	0	0	BS	600	Grovdolomitt	2019	
8	A			4å	0	0	0	0	0	0			
8	B			4å	0	0	0	0	0	0			

Tabell 2b. Oversikt over antall år med eng i løpet av de siste 20, 10 og 5 år; år med underkultur, fangvekst eller isåing til eng i et år hvor det ble dyrket korn de siste 5 år; type organisk gjødsel i brukt vår 2020 eller høst 2019 (Høns er ubehandlet hønsegjødsel, BS er bløtgjødsel fra storfe, BG er bløtgjødsel fra gris, Phg er pelletert hønsegjødsel); kalking siste 3 år. Gård, skifte, sted, type og form har samme forklaring som i tabell 1. Par viser til gårder og skifte i Sør-Østerdal med Solør hvor vi antok på forhand at jordart var noenlunde like. Par: De gårdene som har samme tall har ganske lik jordtype. Bokstaven 'v' definerer gård med eng i vekstskiftet, mens bokstaven 'å' viser til åker.

Gård	skifte	Sted	Type	Form	par	Antall engår siste (år)			år m/ underv. Korn	Organisk gjødselslag	kg Kalk / daa	Kalktype	Kalkår
						20	10	5					
						siste 5 år			2020	siste 3 år			
9	A	Sør-Østerdal med omegn	Vekstskifte m/ eng	Konven	6v	10	3	0	0	BS	400	Agridol, 37% CaO	2016
9	B				6v	10	3	0	0	BS	400	Agridol, 37% CaO	2016
10	A				5v	5	0	0	0	BG	0		
10	B				5v	7	2	1	1	BG	0		
14	A				7v	14	6	4	2	BS, Phg	0		
15	B				8v	5	0	0	0	BG	?	?	?
11	A		Åker	Konvensjonell	5å	0	0	0	0	BG	400	Gausdal grovdolonitt	2019
11	B				5å	0	0	0	0	BG	400	Gausdal grovdolonitt	2019
12	A				6å	0	0	0	0	0	400	Agridol, 37% CaO	2018
12	B				6å	0	0	0	0	0	400	Agridol, 37% CaO	2018
15	A				8å	0	0	0	0	0	?	?	?
16	A				8å	0	0	0	0	Høns	?	Agridol, 37% CaO	2020
16	B				8å	0	0	0	0	0	?	Agridol, 37% CaO	2020
13	A				Øko	7å	1	2	0	1	BG	0	
13	B	7å	2	2		1	1	BG	0				
14	B	7å	1	1		1	0	BS, Phg	0				

Traktorstørrelse, jordarbeidingsdyp og bruk av brakking varierte mellom gårdene (Tabell 3). Det ble brukt mest kjemisk brakking. Bare på en av gårdene ble det bare brakket mekanisk (gård 13). Her ble det brakket hele sommeren 2019. Den vanligste jordarbeidingsmåten er pløying, men gård 2 freste også noe, gård 9 brukte grubbing og gård 11 skålharv.

Tabell. 3. Tyngde på vanligst brukte traktor siste 5 år (Traktor), vanligste jordarbeidingsdyp siste 5 år i cm (Dyp), kjemisk eller mekanisk brakking siste 5 år (Brakking) for de 16 gårdene i prosjektet. Det er her ikke skilt mellom lang eller kortvarig brakking.

Gård	Traktor (tonn)	Dyp (cm)	Brakking
1	5	-22	ja
2	5	-15	ja
3	5,4	-18	ja
4	6	-19	nei
5	4,8	-25	nei
6	4,3	-23	ja
7	4,8	-14	ja
8	3,5	-18	nei
9	9	-16	nei
10	5	-22	nei
11	5	-15	nei
12	7	-20	ja
13	7	-20	ja
14	5,9	-18	nei
15	7	-22	Ja
16	6	-20	Ja

2.3 Våre undersøkelser

2.3.1 Innhenting av data

Data for type kulturvekst, kornavling og gjødsling siste 5 år, samt jordprøveresultat fra tidligere år fra data lagret i Skifteplan hos NLR. Antall tidligere år med eng, kalking de siste tre åra, tyngde på traktor, jordarbeidingsstype, tidspunkt på året og jordarbeidingsdybde fikk landbruksveilederne fra samtale med gårdbrukerne. På grunn av generasjonsskifte og stor grad av jordleie kan det være vanskelig å få tak i gode data fra lengre tilbake enn 20 år.

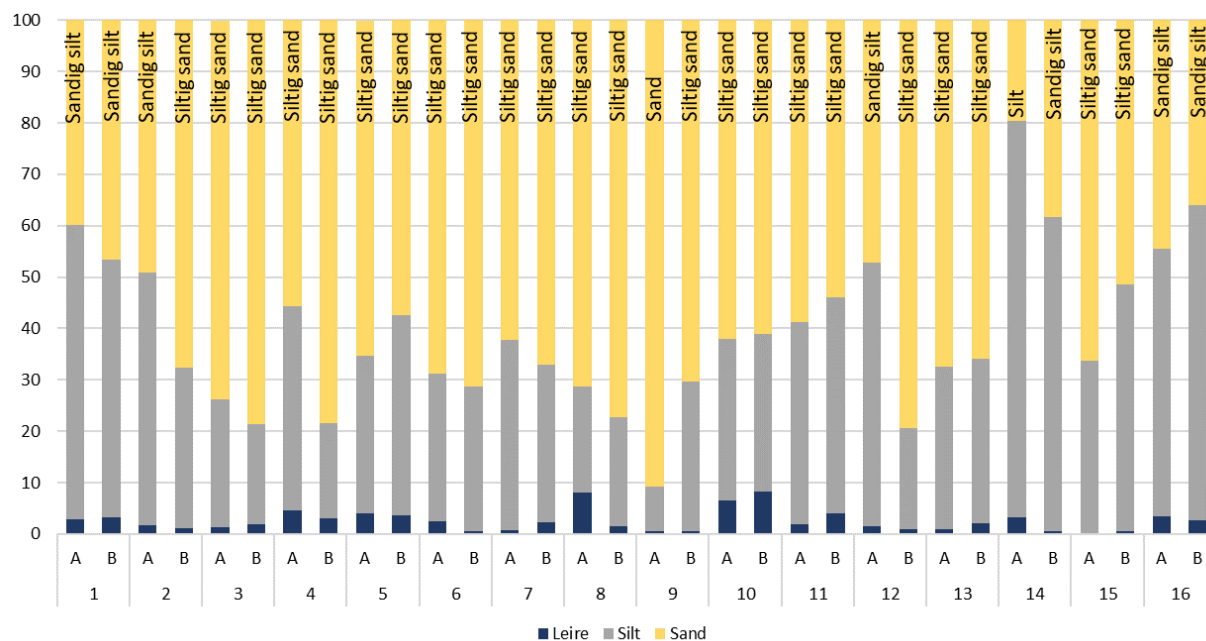
Vi ønsket å bruke avlingsdata fra gårdbrukernes registreringer på skiftenivå. Det var flere som ikke hadde avlingsdata for gjeldende skifte da det enten ikke var korn der tidligere eller av andre årsaker. De avlingsdataene vi fikk da var et skjønnsmessig vurdert avlingsgjennomsnitt for hele gården. Året 2020 ble et vært vanskelig kornår i Surnadal med kulde og snø i mai etterfulgt av en langvarig tørkeperiode og til slutt langvarig regn under perioden med innhøsting med mye tap av korn før tresking. På grunn av usikre avlingsdata presenterer vi derfor ikke avlinger her og tar ikke med avling i de statistiske analysene.

Det ble tatt ut fire prøver fra hver gård til jordfysiske, kjemiske og biologiske parametere. På hver av gårdene ble det valgt to skifter hvor det ble dyrket korn i 2020. På hver av disse skiftene ble det valgt ut to prøvepunkt hvor vi undersøkte jorda etter tresking. Innsamlingsperioden strakk seg fra august til oktober 2020 med prøvetaking relativt raskt etter at kornet var tresket. På grunn av dårlig vær og sen modning, ble på noen gårder i Surnadal prøvene tatt før tresking. Det ble til sammen 64 prøvepunkt (to steder, åtte gårder per sted, to skifte per gård og to punkt per skifte). I mangel av to skifter med korn i 2020, ble det på 3 av gårdene (5,9, 11) tatt ut 4 prøvepunkt på et stort skifte i stedet. Alle prøvepunktene ble koordinatfestet med GPS via skifteplan på mobil.

2.4 Undersøkelser av jordfysiske og jordbiologiske forhold

2.4.1 Jordtype og tekstur

Det ble gjort en kornfordelingsanalyse for alle skiftene i prosjektet. Den viser at jorda på gårdene var dominert av sand og silt (Fig. 1). Det er jord som i mindre grad enn leirjord binder humuspartikler og næringsstoffer og heller ikke danner så stabile jordaggregat som det leirjord gjør. I jord med mye sand er porene større enn i jord med mye silt.



Figur 1. Jordtekstur i de ulike skiftene er oppgitt som prosent leire (<0,002 mm), silt (0,002 til 0,6 mm) og sand (0,6 til 2 mm) av tørr jord. Partikler som er større enn 2 mm er siktet bort. På skifte 10 A, 10 B, 11A og 11B var det i tillegg svært mye stein. Jordartene ble navngitt etter jordartstrekanten på grunnlag av kornfordelingsanalysene (Sveistrup og Njøs, 1984). Gård 1-8 ligger i Surnadal og gård 9 til 16 i Sør-Østerdal med omegn. Av Østlandsgårdene, så er det bare gårdene 10 og 11 som ikke ligger ved bredden til Glomma.

2.4.2 Totalt karbon og nitrogen, glødetap, moldinnhold og kornfordeling

Det er en direkte sammenheng mellom mold i jorda og mengde organisk karbon. Det er vanlig å anta omtrent 45% av mold består av karbon. Glødetap er en enklere og billigere alternativ for å måle moldinnhold, men må bli korrigert for tap av krystallvann i leire. Totalt karbon er en presis måling, men inkluderer eventuelle rester av karbon i karbonat etter kalking. Jordprøver fra 0-20cm og 20-35 cm jorddybde ble tatt ut med jordprøvebor (20 mm i diameter). Det ble tatt 10 stikk per prøve som ble blandet godt før en representativ delprøve ble fylt i jordprøveesker og lufttørket. Mengden totalt karbon (Tot-C) og totalt nitrogen (Tot-N) ble bestemt med en elementanalysator (Dumas metode, Leco CHN628). Mengden karbon ble ikke korrigert for karbonat rester etter kalking. Glødetap (% GT av tørr jord) ble bestemt ved gløding ved 550°C på NMBU. Moldinnhold (moldprosent av tørr jord) ble estimert som glødetap $\cdot 0.039$ leir% etter Pommeresche et al. (2019). På grunn av at det var svært lite leire i denne jorda, ble det svært liten forskjell mellom glødetap og estimert moldinnhold (Fig. 2). Organisk karbon basert på glødetap ble beregnet som estimert moldinnhold $\cdot 0.45$. Tekstur ble analysert etter standard pipettemetode. Alle analysene ble gjennomført ved Jordanalyse laboratoriet på MINA, NMBU

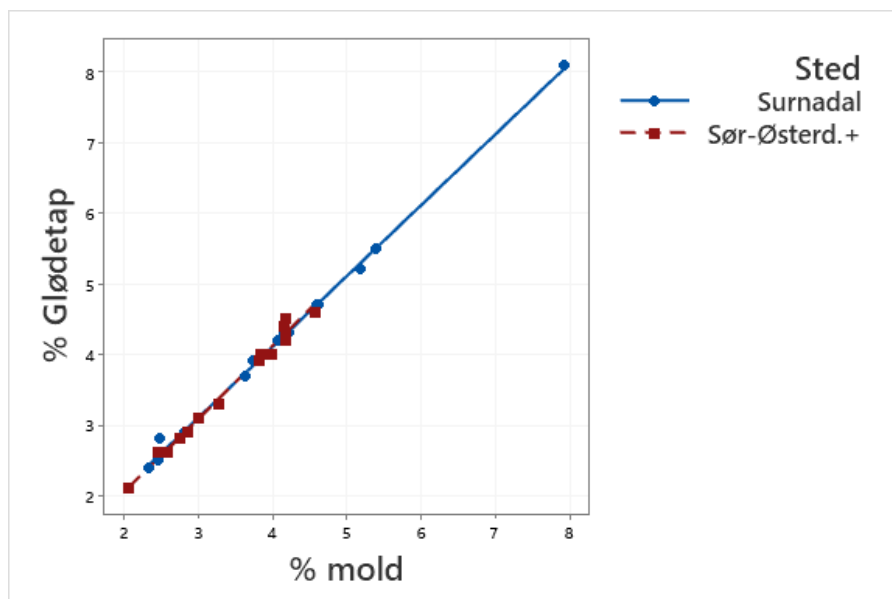


Fig. 2 Sammenheng mellom % glødetap og estimert moldprosent i Surnadal og i Sør-Østerdal med Solør (Sør-Østerd.+).



Bilde 1. For å bestemme innholdet av karbon i jorda tok vi prøver fra 0-20 og 20-35 cm dyp. For det mest gikk det veldig greit med en vanlig jordprøvetaker, men ved gård 10 og 11 var det så mye stein i jorda at det var utfordrende å få jordprøvetakeren ned mellom alle steinene. Til venstre tar Marina Bleken prøver i steinrik jord i Sør-Østerdal og til høyre tar Frode Grønmyr prøver i korn med legde før tresking i Surnadal.

2.4.3 POXC Karbon (Aktivt karbon)

POXC karbon indikerer hvor stor andel av de organiske karbonforbindelsene i jorda som brytes lett ned og dermed kan påvirke mange egenskaper og biologisk aktivitet i jorda. Fra de samme prøver brukt til karbon- og moldanalyser i dybde 0-20cm ble det tatt en prøve som ble fylt i jordprøveesker og lagret kjølig (4°) fram til analyse oktober 2020. POXC karbon ble bestemt ved POXC (permanganate oxidizable carbon, Weil, m. fl., 2003). 2,5g lufttørket jord siktet jord (2mm) ble tilsatt 20 ml 0.015 M KMnO_4 og 0.1 M CaCl_2 i ei plastflaske (polypropylen). Flaska ble ristet i 2 min ved 120 rpm og stod deretter i ro i 10 minutter for oksidering. Deretter ble 0,5 ml av løsningen tilsatt 30 ml rensert vann. Dermed stopper reaksjonen. Absorbansen i prøven ved 550 nm (Abs) ble bestemt ved Genesys 50 UV-Vis Spektrophotometer.

$\text{POXC karbon (mg C / kg lufttørket jord)} = \text{POXC Karbon i jord oksidert (mg)} / \text{tørr jord (kg)}$

$\text{Karbon i jord oksidert (mg)} = \text{reduisert mengde KMNO}_4 \times 9000$

$\text{reduisert mengde KMNO}_4 = \text{konsentrasjonsforandring KMNO}_4 \times 0.02$

$\text{Konsentrasjonsforandring i KMNO}_4 = (1 - \text{avlest prøve} / \text{avlesning ved KMNO}_4\text{-oppløsning ikke tilsatt jord}) \times 0.015 \text{ M}$

2.4.4 Lett tilgjengelige plantenæringsstoff og pH i jorda

Disse forteller oss om surhetsgraden i jorda (pH) og hvor mye plantenæringsstoff som er lett plantetilgjengelig. Jordprøver i 0-20 cm fra to prøvepunkt per skifte ble slått sammen slik at det ble ei prøve per skifte. Disse ble analysert for pH (H_2O) og AL-ekstrakt av kalsium (Ca_{AL}), kalium (K_{AL}), magnesium (Mg_{AL}) og fosfor (P_{AL}) og oppgitt som mg/kg tørr jord og analysert på Jordanalyaselaboratoriet på MINA, NMBU etter norsk standard metode.

2.4.5 Aggregatstørrelsesfordeling og aggregatstabilitet.

Aggregatstørrelsesfordeling sier noe om størrelse på aggregater (jordpartikler som er bundet tett sammen). Mye grov klump eller mye findelt materiale er ikke gunstig, da de indikerer at jorda

mangler makroporer som leder vann og luft og hvor rettene vokser lett. Aggregater i størrelsen 0,6 - 6 millimeter er mest gunstig. Aggregatstørrelse og aggregatstabilitet er dynamiske og er forskjellig rett etter pløying enn ved slutten av vekstsesongen.

Aggregatstabilitet sier noe om hvor godt ulike jordpartikler bindes sammen, og dermed hvor godt jorda tåler regn eller mekaniske forstyrrelser ved jordarbeiding uten å slamme ned og utsettes for erosjon. Det er de fineste jordpartiklene med størst evne til å binde næring og organisk materiale som vaskes bort først. Ved sterk aggregatstabilitet beholdes aggregatene, noe som sikrer en åpen jordstruktur og dermed god vanndrenering. Dette er bra for oksygentilgang til røttene også når jord er våt, samt åpne veier som røttene kan vokse i. Til disse prøvene valgte vi jord innen noen meter rundt målepunktet og med uforstyrret overflate utensynlige kjørespor. Vi brukte spaden til å skave noe jord, og derfra skjøv inn spaden flatt inn på siden og tok ut intakt jord i det 0-7 cm øverste sjiktet. Dette gjentok vi på fire plasser med få meter avstand, blandet jorda forsiktig sammen på en presenning uten å knuse aggregatene, og tok ut jord til analysene derfra slik at det ble en samleprøve fra hvert prøvepunkt. Jorda ble fylt i en 2 liter pappeske og lufttørket. Prøvene ble analysert på Jordanalyselaboratoriet på MINA NMBU. Aggregatstørrelsesfordeling ble bestemt ved at jorda ble sollet gjennom sold med ulik maskevidde (20 mm, 6 mm, 2 mm og 0,6 mm). Aggregatstabilitet ble deretter bestemt for fraksjonene 0,6-2 mm og 2-6 mm etter regnmetoden (Marti, 1984). Her registreres det hvor stor % masse av jordaggregatene som ble igjen i hver størrelsesklasse etter at aggregatene ble fordelt på en tynn sold og utsatt for kunstig regn.



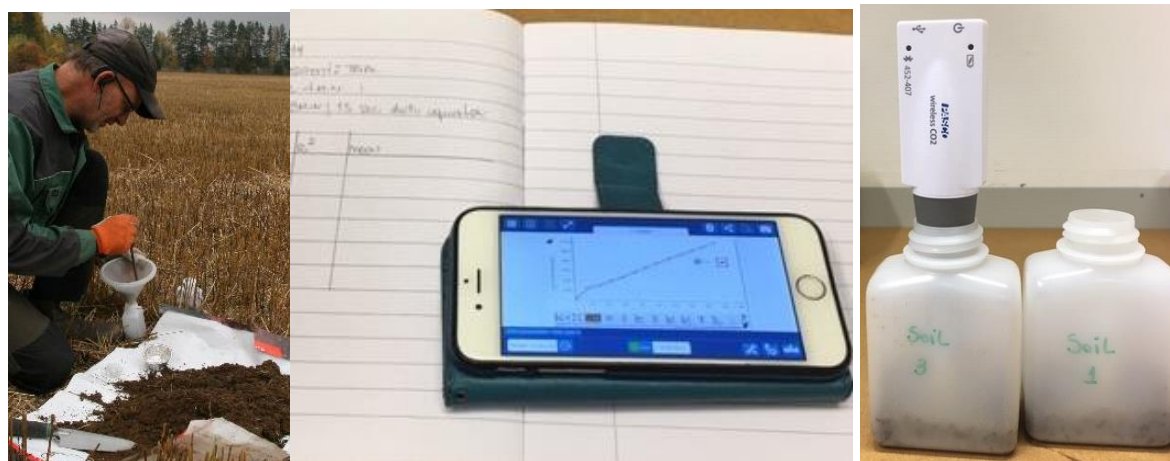
Bilde 2. Uttak av jordprøver til aggregatstabilitet og aggregatstørrelsesfordeling. Før selve prøven ble tatt ble halmstubben fjernet. Prøvene ble handtert forsiktig for ikke å knuse aggregatene ved uttak, blanding av jord og transport. Til venstre viser Hilde Hegnes og til høyre Morten Berntsen

2.4.6 Jordrespirasjon

Jordrespirasjon måler hvor mye CO₂ som produseres i jord. Det skal gjenspeile mikrobiologisk aktivitet da bakterier og andre mikroorganismer slipper ut CO₂ når de lever og omdanner organisk materiale til jord og næringsstoffer. Vi tok en delprøve fra jorda samlet til aggregatundersøkelsene,

men godt smuldret og vi tok ut synlige meitemark og halmrester. Så fylte vi 100 ml løs jord (strøken overflate på begeret) i ei plastflaske (250 ml) med lokk. Dette ble gjentatt slik at det ble to flasker per prøvepunkt. Lokkene ble skrudd på under transport og flaskene ble oppbevart kjølig til de ble analysert. Det gikk fra en til tre dager fra prøvene fra Surnadal ble tatt til de ble analysert, mens det for prøvene fra Sør-Østerdal med Solør kunne gå noen uker.

Jordrespirasjon ble registrert som konsentrasjonsøkning av CO_2 i flaskene hvert 15 sekund i 3 minutter ved hjelp av en trådløs CO_2 sensor (Pasco) ved den aktuelle fuktigheten som jorda hadde når analysen ble gjort. Ved denne metoden blir CO_2 konsentrasjon registrert som mengden infrarød energi absorbert av CO_2 gass. En mobiltelefon med SPARKvue app (<https://www.pasco.com/products/software/sparkvue>) ble brukt til å lese CO_2 sensoren. Etter at prøven ble avlest ble en representativ prøve tørket ved 105°C og resultatet ble beregnet som mg CO_2 per g tørr jord.



Bilde 3. Registrering av jordrespirasjon med Pasco sensor (i flaske). Konsentrasjonsøkningen av CO_2 kan leses av på en mobiltelefon. Til venstre ser vi Stein Olav Nyvoll som sørger for at jorda kommer inn i flaske.

2.4.7 Porevolum og jordtetthet

Porevolum forteller hvor porøs jorda er. Det er viktig for sirkulasjon av luft og vann. Jordtetthet er volumetrisk vekt at tørr jord i uberørt tilstand, og forteller hvor kompakt jorda er. Ei jord med lite porevolum er mye tettere og tyngre enn ei jord med stort porevolum. Før vi tok prøven skavet vi av overflatejorda på en vannrett flate på 5 cm dybde. Tre stålsylindrer (100 cm^3 : 3,8 cm høye og 5,8 cm i diameter) ble presset loddrett ned og jord på siden av sylindren ble skåret av med en skarp kniv. Dersom det var synlig stein inne i sylindren eller deler av jorda falt ut ble sylindren forkastet og det ble laget en ny. Hver sylinder ble tettet med plast og lokk straks prøvene var tatt ut og oppbevart kjølig før analyse på NORSØK. Innholdet i hver sylinder ble veid, tørket ved 105°C og veid på nytt. Jordtetthet ble beregnet som vekt tørr jord i 100 cm^3 sylinder (g tørr jord per 100 cm^3). Porevolum ble beregnet som 100 cm^3 minus volum av det faste materialet. Vi antok at mineralpartiklene uten porer hadde en volumvekt på $2,67\text{ g/cm}^3$ (REF). Vi beregnet også vanninnhold ved prøvetak.



Bilde 4. Plassering av tre metallsylindre til uttak av jord til bestemmelse av porevolum og jordtetthet.

2.4.8 Jordmotstand (penetrasjonsmålinger)

Jordmotstand sier noe om hvor gjennomtrengelig jorda er og dermed hvor mye motstand røtter og jordorganismer har når de trenger gjennom jorda. Det registreres med et penetrometer som stikkes loddrett ned i bakken. Vi tok 5 stikk med ca 2 m mellom ved hvert prøvepunkt. Vi unngikk synlige kjørespor. Penetrasjonsmotstand ble notert som hvor mange cm ned i jorda spydet kunne trenge før måleren skiftet fra gult til rødt = 300psi. Ved lik grad av jordpakking og samme jordtype, vil våt jord ha mindre motstand mot gjennomtrenging i jorda enn tørr jord. Alle målinger burde derfor vært gjort ved samme jordfuktighet for å kunne sammenligne ulik behandling. Det var ikke mulig i praksis da værforhold ved prøvetaking var ulik mellom gårdene.



Bilde 5. Ved å presse penetrometeret nedover i jorda, vil pila i klokka på penetrometeret vise hvor stor motstand det er ulike steder nedover i jorda. Ved 300 psi, som er overgangen mellom gul og rød farge, er jordmotstanden så stor at det hemmer rotveksten. Når vi slutter å presse nedover vil den svarte pila gå tilbake til null, som på bildet.

2.4.9 Infiltrasjon

Infiltrasjonsmålinger forteller hvor fort vannet synker ned i jorda. Vi målte infiltrasjon i overflatejorda med en utvendig og innvendig stålsylinder på henholdsvis 28 cm og 57 cm i diameter. Vi valgte en jevn horisontal flate. For å kunne få et riktig estimat på infiltrasjonshastigheten og jevne ut fuktighetsforskjell mellom ulike målesteder bør jorda være vannmettet ved måling. I tørr jord vil

vannet både trekke inn i jordpartikler og renne til sidene. Vi hadde derfor den ytre ringen i tillegg til den indre ringen hvor infiltrasjonshastigheten ble målt. Den ytre ringen bidrar til at vannet i den indre ringen renner mest mulig loddrett ned i jorda og målingene blir mer korrekte og sammenliknbare. Vi fylte begge ringene helt opp med vann og lot vannet synke helt ned før vi fylte opp igjen og målte hvor raskt vannet sank. Den minste ringen ble plassert på jordoverflata og banket forsiktig ca 5 cm ned i bakken (Bilde 6). På gårdene med stein var det utfordrende å få ringene godt nok ned. Vi la en klut i bunn av innerste ringen slik at vannstrålen ikke slemmet til jorda. Vi hadde en tomrestokk i den indre ringen og noterte hvor mange cm vannet sank og tida i sekunder som dette tok.



Bilde 6. Infiltrasjonsmålinger. Det brukes to ringe ved infiltrasjonsmålinger i forskningssammenheng. Det hellers vann i begge ringene, men infiltrasjonshastigheten leses bare av i den indre ringen. Der det er mye stein i jorda eller hellende terreng kan det være utfordrende å få ringene nok og jevnt ned. Til venstre ser vi Kari Bysveen fra NLR innlandet som har full innsats for å få ringene jevnt ned.

2.4.10 Visuelle registreringer av jord og jordliv

Jordstruktur. Vi gravde ut en jordblokk (20 cm x 10 cm og 30-40 cm dyp) med en dreneringsspade (ekstra langt spadeblad)- la den på en plastduk - delte jordklumpen i to vertikalt – tok bilde av jordstrukturen med innsiden av jordklumpen brettet frem og godt synlig. Vi hadde også laget til en tomrestokk med merker på 10, 20 og 30 cm som var med på bildene. Dette for lettere å kunne se sjikt og rotdyp på bildene i etterkant.



Bilde 7. Vi vurderte grynstruktur visuelt i tre dybdesjikt (0-10cm, 10-20 og 20-30cm) på jordklumpen vi gravde ut. De røde strekene viser hver 10 cm nedover. Bildene er fra sommeren med levende kornplanter. Jorda til venstra har bedre struktur i alle de tre sjikta enn jord til høyre.

Poenginnndeling for visuell vurdering av jordstrukturen var delt inn i tre, men det viste seg å være litt mer variasjon, så vi gav også halve poeng mellom 1,2 og 3.

1 = dårlig = platestruktur, bare løs jord uten synlig aggregater, eller store, harde klumper

2 = middels = en del avrunda jordaggregater (grynstruktur ofte skjøre), noen harde, større klumper og/eller plater.

3 = bra = grynstruktur, løs jord, men god antydning til aggregater selv om de er skjøre og faller lett sammen. Grynstruktur, lett å smuldre i minst 15 cm av matjordlaget. Få klumper som du ikke klarer å klemme i to med fingrene.



Bilde 8. Bildene viser fra venstre mot høyre dårlig, middels og god jordstruktur i siltig sand på høsten etter tresking av kornet.

Rotdybde. Vi noterte hvor dypt (i cm) de dypeste planterøttene (død eller levende) var synlig i veggene til hullet hvor vi tok ut jordklumpen. Kornplanta er død ved modning og vi har ingen garanti for at røttene vi så var fra kornplanta – de kunne være ugras



Bilde 9. Hvor langt ned finner vi planterøtter tro?

Omdanning av organisk materiale

Planterester. I god jord med mye mikrobiell aktivitet vil planterester omdannes og «forsvinne» dermed raskere enn i dårlig drenert, kompakt jord med lite mikrobiell aktivitet. Planterester, husdyrgjødsel og døde røtter som pløyes og harves ned i jorda bør ideelt omdannes til jord og plantenæring av jordlivet i løpet av en vekstsesong. Vi anslo visuelt omdanning av planterester (fra forrige høst) i de jordklumpene som vi grov ut og i veggene i hullet. De fleste steder handlet det om planterester som var pløyd ned. Her ble også skalaen litt for grovmasket slik at halve poeng ble gitt. Vi fant ingen rester etter husdyrgjødsel så vi forholdt oss bare til planterester.

1= Planterester/husdyrgjødsel finnes uomdannet og/eller som lag i jorda.

2= Planterester i jorda er mørkfarget og i ulike omdanningsfaser.

3= Det er lite rester av plantemateriale. De som fins er tydelig omdannet.

Bomullsklut og te-pose. En annen måte å sjekke hvor raskt jordlivet omdanner organisk materiale i jord, er å grave ned te-posere med te og bomullskluter. Dette er ulike typer organisk materiale som over tid vil bli brutt ned, og antatt raskere nedbrutt der det er høy mikrobiell aktivitet i jorda. Disse undersøkelsene ble bare gjort i Surnadal.

Kluter (20 cm x 20 cm) laget av et bomullslaken og te-posere (pyramideformet Lipton Green tea; snitt 2,1344 g) ble gravd ned. Kluten ble brettet to ganger, slik at det ble fire lag stoff, gravd ned og lagt flatt på 8 cm dyp sammen med en tepose. Dette ble gjort i juni (16. og 22. juni) ved et prøvepunkt per skifte. Plassering ble merket over jorda med et plastmerke som var knyttet fast til bomullsklut og tepose ble bundet fast til samme plastmerke og registrert med GPS og avstand til fastmerker. Ved prøvetaking etter tresking samme høst ble alt gravd opp igjen. Det var bare en plass vi ikke fant igjen.

Ved opptak om høsten ble bomullsklutene gitt en karakter fra 1-5, hvor 5 var fullstendig nedbrutt og 1 ingen synlig omdanning. Nedbryting av te-posere ble beregnet som mg nedgang i tørrvekt per døgn fra posen ble gravd ned til de ble tatt opp. Posene ble tørket ved 80°C. De lå mellom 90 og 107 dager i jorda.



Bilde 10. Eksempler på uomdannede planterester, nedgraving og gjenfinning av bomullsklut og tepose.

2.4.11 Meitemark

Jordklumpen (20 x 10 cm og 30-40 cm dyp) som ble tatt ut til å bestemme jordstruktur ble kuttet ved 20 cm dybde. Jorda fra 0-20 cm dyp ble for hånd smuldret opp og gjennomført for meitemark.

Meitemarkene ble telt, skylt og lagt på sprit. En bit av en meitemark teltes som en, var det flere biter

som hørte sammen var det fortsatt bare en. Individene fra Surnadal ble senere artsbestemt, men ikke de fra Sør-Østerdal med Solørda vi med unntak av gård 10 og 11 bare fant 2 meitemark på et prøvepunkt på gård 14 .



Bilde 11. Meitemark fra en jordklump (20 x 10 x 20 cm dyp) ble sortert ut for hånd og talt. Bildet viser jorda som sorteres for meitemark og funn av flest gråmeitemark og to skogmeitemark i en rute.

2.5 Statistiske beregninger

Minitab (versjon 20.1.3) ble brukt for å beregne 95% konfidensintervall for gjennomsnittet for de ulike behandlingene basert på standardavvik for enkeltverdier. Et skifte i Surnadal med ensidig korndyrking hvor det var oreskog for 20-30 år siden og moldinnholdet var mye høyere enn ellers i Surnadal (3,6% organisk karbon og 7,9 % mold) tatt ut av beregningene.

Betydningen av de ulike faktorene for % organisk karbon (0-20 cm dyp) og aggregatstabilitet ble undersøkt med multippel regresjon (Stepwise α inn =0,15; α ut =0,15). Betydningen av eng i vekstskiftet ble undersøkt med en dummy-variabel (Gårdtype) slik at gårder med åkerdrift fikk karakteren 0 og gårder med eng i vekstskiftet karakteren 1. Samspill mellom gårdtype og henholdsvis % organisk karbon, år med eng i løpet av de siste 20 år og mengde husdyrgjødsel tilført beregnet som kg N i husdyrgjødsel ble beregnet ved at gårdtype ble multiplisert med disse faktorene. Det ble bare samspill mellom gårdtype og husdyrgjødsel som ble signifikant i modellen. I tabellene med regresjonsberegninger er det kalt eng*organisk gjødsel.



3 Resultat og diskusjon

3.1 Totalt karbon og moldinnhold

Det er en nær sammenheng mellom moldprosent og innholdet av karbon i jorda. Vi presenterer begge deler fordi vi ønsker å vise hvor mye karbon som faktisk blir lagret i jorda, men også å kunne sammenligne resultatene fra dette prosjektet med moldprosent og glødetap som blir oppgitt i jordanalysene og i andre undersøkelser. Figur 3 viser prosent organisk karbon i jorda bestemt med elementanalysator og beregnet ut fra glødetap. Organisk karbon er det samme som totalt karbon i jorda minus karbon i karbonater. Eksempel på slike karbonater er kalkstein og dolomitt. Fordi det hverken er naturlig kalkstein, dolomitt eller skjellsand i området der vi tok prøver, og vi ikke finner noen sammenheng mellom kalk tilført i løpet av de siste tre åra og forskjell mellom karbon bestemt ved elementanalysator og glødetap, så antar vi at totalt karbon er svært likt organisk karbon i denne undersøkelsen. Derfor bruker vi heretter organisk karbon som synonymt med totalt karbon i denne rapporten.

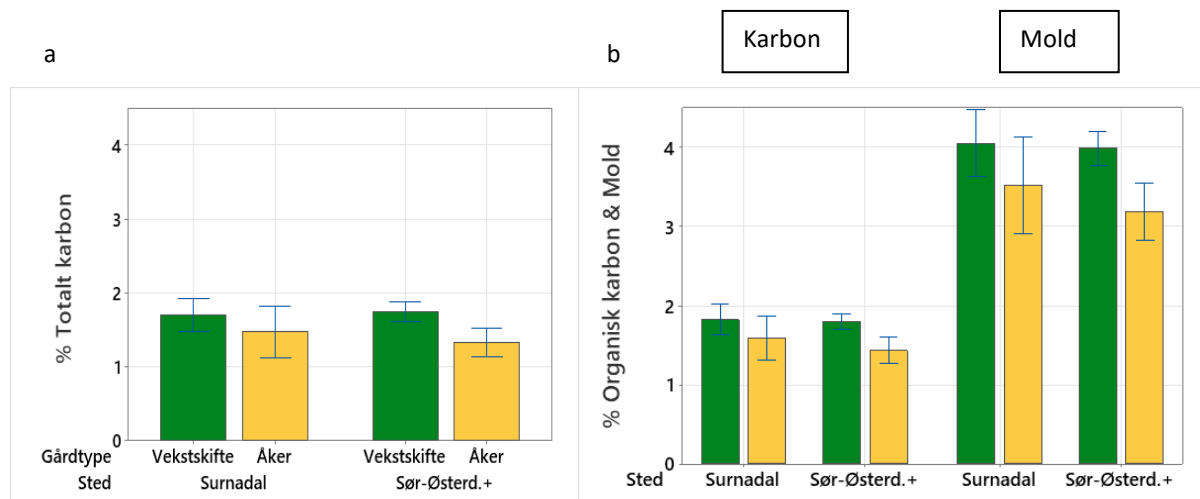


Fig. 3. Konsentrasjon av karbon i jorda i kornåret 2020, oppgitt som vektprosent av tørr jord (0-20 cm dyp). Innholdet av karbon er bestemt med to ulike metoder a) er elementanalysator her kalt totalt karbon og b) organisk karbon beregnet på grunnlag av glødetap. Grønne søyler viser vekstskifte med eng og gule søyler åker/korn uten vekstskifte. Prøvene er tatt i Surnadal og Sør-Østerdalen med omegn. Metodene er beskrevet i materiell og metoder. Vertikale linjer er 95% konfidensintervall for gjennomsnittet. Når de vertikale linjene innafor samme figur ikke overlapper er verdiene signifikant forskjellige fra hverandre.

Både i Surnadal og i Sør-Østerdalen er det en tendens til høyere konsentrasjon av karbon i jorda der det har vært vekstskifte med eng, men forskjellen er bare signifikant i Sør-Østerdalen med Solør (Figur 3). Vi forventet i utgangspunktet at innholdet av organisk karbon ville være høyere der det gjennom mange år har vært vekstskifte med eng. Det er fordi enga har lengre periode med fotosyntese enn korn og potet, den vokser gjennom hele vekstsesongen og beskytter jorda mot erosjon om vinteren, mens det i åker tar lengre tid om våren før det er betydelig plantevekst. Der det ikke er fangvekst eller gjenlegg, vil åkerjorda være naken høst, vår og vinter. Flest år med eng har det vært i Surnadal. Vi forventet derfor å finne større forskjell der enn i Sør-Østerdalen med omegn. Det er større effekt av

antall år med eng de siste 5 og siste 20 åra på innholdet av organisk karbon i jorda i Sør-Østerdal med Solør enn i Surnadal (fig 4.). Den store variasjonen i Surnadal skyldes at et åkerskifte hadde et svært høyt innhold av organisk materiale, mens et engskifte hadde et svært lavt innhold (Figur 5). Det er ikke usannsynlig at innholdet av organisk karbon er påvirket av beliggenheten. Åkerskiftet lå på et fuktig område ved en bekk, mens engskiftet lå på en tørr bakke.

Det svært liten forskjell i registrert mengde organisk karbon enten det er bestemt med elementanalyser a) kalt totalt karbon eller kalkulert fra glødetap b) kalt organisk karbon (fig. 3). I figur 3 til x og regresjonsberegninger for hva som påvirker mengden organisk karbon i jorda har vi tatt bort et skifte fra åkerjord i Surnadal (4A). Det fordi denne jorda er relativt nylig dyrket (20-30 år siden) og at det var oreskog der før. Innholdet av organisk materiale i jorda er mye høyere her enn ellers i Surnadal og vi betrakter denne derfor som en urealistisk verdi for beregning av effekt av vekstskifte og gjødsling.

Både moldprosenten (Fig. 3) og mengden organisk karbon lagret i jorda (Fig. 4) er ganske lik i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn. Verdiene er ganske typiske for ei jord med blanding av silt og sand, men innholdet av karbon og mold kunne med fordel vært høyere på skiftene det er lavt for å kunne holde bedre på vann og næring.

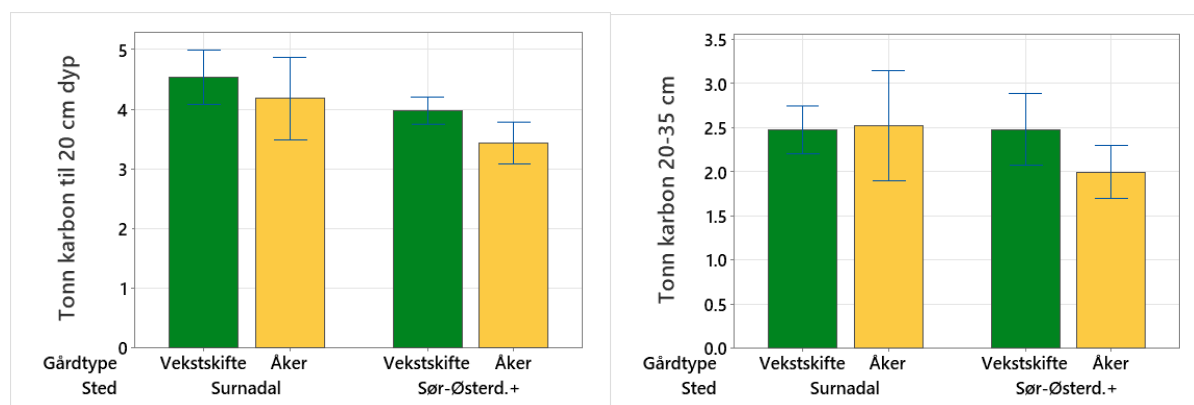


Fig. 4. Estimert mengde organisk karbon i jorda i tonn per daa ned til 20 cm dyp og fra 20-35 cm dyp i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn.

Vi beregner en litt lavere mengde organisk karbon lagret i Sør-Østerdal med Solør enn i Surnadal til tross for at det gjennomsnittlige innhold av leire er ganske likt. Det skyldes antakeligvis at det er tørrere i Sør-Østerdal med Solør enn i Surnadal og at jorda i Surnadal har en høyere volumvekt, det vil si er mer kompakt. Det fører til det er en større jordmasse ned til 20 cm dyp i Surnadal enn i Sør-Østerdal med omegn. Også undergrundsjordene inneholder karbon, og det vil være mest karbon lagret i dybden der jorda er så porøs at planterøtter og jordorganismer kan trenge dypt ned og bringe med seg organisk materiale til dypere jordlag. Som forventet fant vi at det prosentvise innholdet av organisk karbon var lavere ved 20-35 cm dyp enn i de øverste 20 cm. I Surnadal var det gjennomsnittlig 1,3% organisk karbon med vekstskifte og 1,2% med ensidig åker, mens det i Sør-Østerdal med Solør var 1,4 og 1,1%. Variasjonen innafor hver gårdtype og sted var imidlertid stor, og forskjellen mellom vekstskifte og åker var ikke signifikant. Gjennomsnittlig mengde karbon ned til 35 cm dybde er ca 6.8 tonn karbon per daa i eng og 6 tonn i åker. Det tilsvarer henholdsvis 25 og 22 tonn CO₂ ekvivalenter.

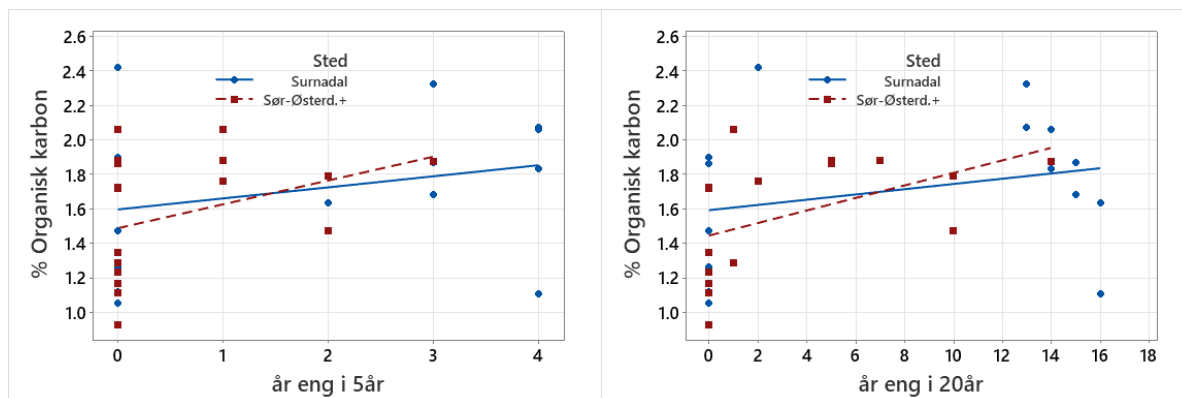


Fig. 5. Sammenheng mellom konsentrasjon av organisk karbon i jorda (0-20 cm) og år med eng i løpet av de siste 20 og 5 åra i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn.

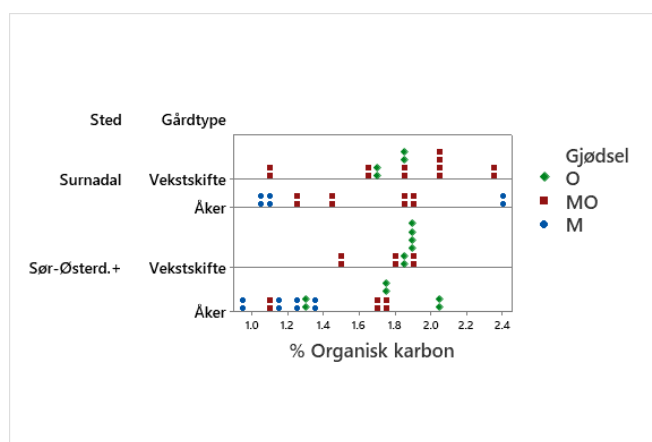


Fig. 6. Konsentrasjon av organisk karbon i ulike prøvepunkt i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn.

Gjødsling påvirker også innholdet av karbon i jorda. Både fordi plantene vokser bedre i gjødslet jord og det dermed skilles ut mer roteksudater pga andre planterester, og fordi organisk gjødsel som husdyrgjødsel tilfører jorda organisk materiale. Det er en stor spredning i verdiene som vist i figur 6, men det er en tendens til at konsentrasjonen av organisk karbon øker med mengde husdyrgjødsel brukt i åker, men at gjødsling med kunstgjødsel ikke har hatt denne effekten. At det ser ut som at innholdet av organisk karbon synker med mengde kunstgjødsel brukt i åkerjord (Fig.7b) skyldes at der det er gjødslet lite med kunstgjødsel er det brukt husdyrgjødsel i tillegg som vist i figur 7c.

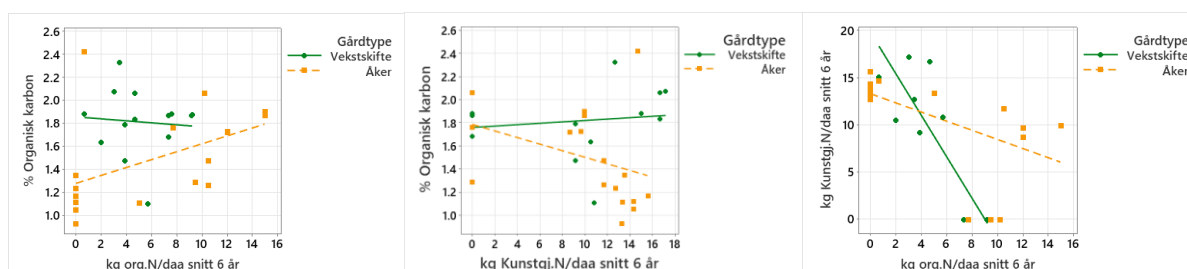


Fig. 7. Konsentrasjon av organisk karbon og gjødsling med enten a) husdyrgjødsel (kg Org N/daa) eller b) kunstgjødsel. Gjødslingen er oppgitt som gjennomsnittlig mengde nitrogen tilført de siste 6 åra på gårder med vekstskifte med eng og gårder med åker. C) er sammenheng mellom gjødsling med kunstgjødsel-N og N i husdyrgjødsel (kg Org.N/daa).

Det er mange faktorer som påvirker karbonlagring i jord. En multippel regresjon med de faktorene som vi tenkte mest sannsynlig kunne påvirke innholdet av organisk karbon, viste at både stigende mengde husdyrgjødsel og om det var åkerjord eller eng med vekstskiftet påvirket resultatet (Tabell 4). Med en forklaring på 24% så er det mange faktorer som vi ikke har fanget opp i modellen som har påvirket mengde karbon som er lagret i jorda. Om gården lå i Surnadal eller i Sør-Østerdal med Solørpåvirket ikke resultatene, heller ikke % leire i jorda. Vi har hverken med data for temperatur eller jordfuktighet gjennom året. Det er sannsynlig at begge deler har påvirket lagring av karbon da det generelt lagres mer karbon i jorda når det er vått og kaldt.

Tabell 4. Regresjonsmodell for % organisk karbon som responsvariabel. Koeff er vinkelkoeffisienten og forteller om faktoren øker (+) eller reduserer (-) % organisk karbon. Koeff for Eng sier at % organisk karbon er høyere der det er eng i vekstskiftet enn der det bare er åker, Koeff for Kg org.N/daa sier hvor mye % organisk karbon (% poeng) øker for hver % poeng kg N som tilføres i husdyrgjødsel, Koeff for Eng*organisk gjødsel sier at økningen i % organisk karbon per kg N gitt som organisk gjødsel er større på gårder med åkerdrift enn der det er eng i vekstskiftet, SE Koeff er standardfeil på vinkelkoeffisienten, VIF (variance inflation factor) er indikasjon på hvor korrelert denne faktoren er med andre faktorer i modellen, kritisk verdi er 10. Kg org.N/daa, snitt 6 år er gjødsling er oppgitt som gjennomsnittlig mengde nitrogen tilført de siste 6 åra. (Stepwise regresjon, 0,15 to enter, R^2 justert=24 %)

Faktor	Koeff	SE Koeff	T-Verdi	P-Verdi	VIF
Konstant	1,3	0,09	15	0	
Eng	0.58	0,17	3,5	0,001	3,9
Kg org.N/daa, snitt 6 år	0,03	0,01	3,4	0,001	1,2
Eng*organisk gjødsel	-0,04	0,027	-1,6	0,114	3,8

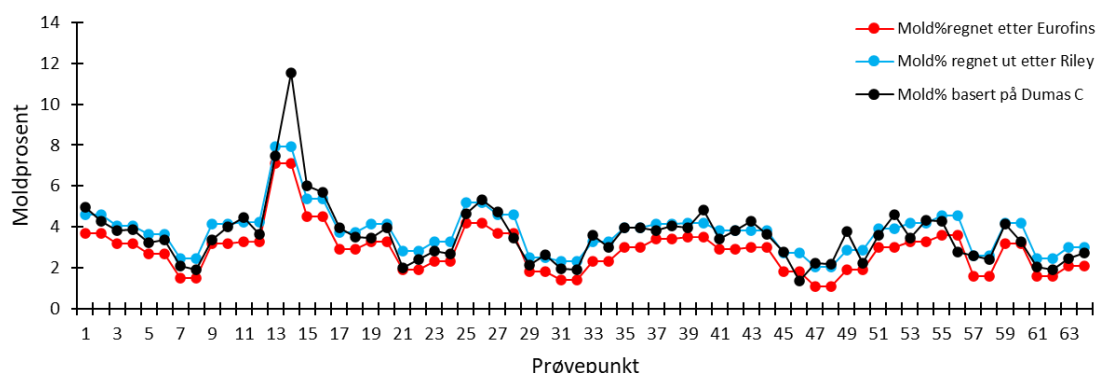


Fig. 8. Sammenligning av tre litt ulike måter å beregne moldinnholdet i jord på. Mold% beregnet utfra glødetap og korrigering for leir% etter formel utarbeidet av Riley (Pommeresche m.fl., 2019) eller beregnet utfra glødetap og tabelltrekk for leirinnhold etter Eurofins og beregning ut fra totalt karbon analysert med elementanalysator.

En sammenligning av ulike måter å beregne moldprosent på (Fig 8) viser at i denne type jord, med lite leire, gir beregningsmåten som Eurofins har en jevnt over lavere verdi enn om moldprosenten blir beregnet ut fra totalt karboninnhold bestemt med elementanalysator eller hvor glødetap blir korrigert med en verdi på -0.039leir% etter Pommeresche m.fl. (2019). De to siste følger hverandre ganske godt. Den minst nøyaktige bestemmelsen er Eurofins sin metode hvor moldprosent bestemmes som prosent glødetap minus 1.

3.2 POXC karbon

POXC karbon (Permanganat oksiderbart karbon) viser organisk materiale som lar seg oksidere med kaliumpermanganat og regnes å kunne representere den aktive delen av det organiske materialet i jorda. Det vil se den delen som lett brytes ned av organismene i jorda og hvor planterøttene kan hente næring. Den er nært knyttet opp mot partikulært organisk materiale som stabile planterester, kompost og fast husdyrgjødsel. I tidligere undersøkelser er det funnet en sammenheng mellom POXC karbon og tilførsel av organisk materiale og jordrespirasjon (Bongiorno et al., 2019). Vi hadde derfor forventet å finne en tydelig sammenheng mellom mengde POXC karbon i jorda og eng i vekstskifte og gjødsling med husdyrgjødsel, men denne sammenhengen er ikke tydelig ut fra våre data (Fig 8 og 9).

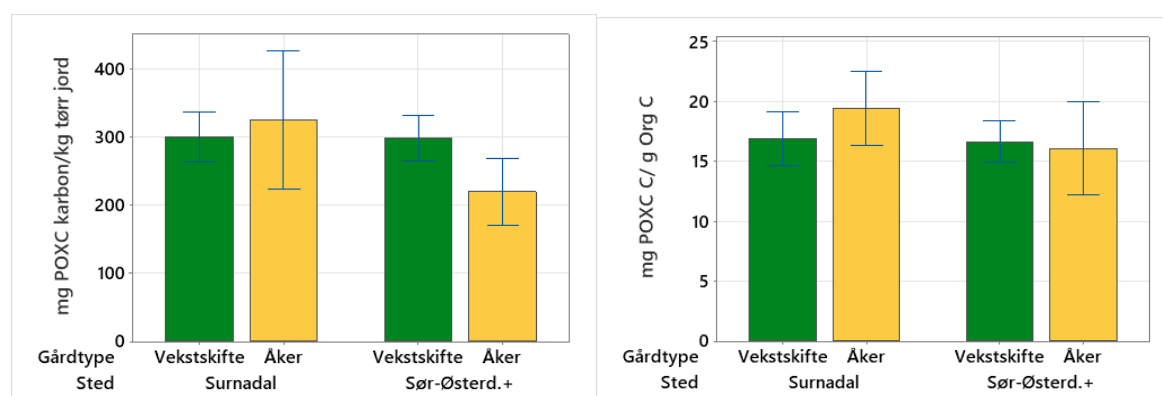


Fig. 9. Mengde POXC karbon i jorda (mg/kg tørr jord) og mg POXC karbon per g organisk karbon (mg aktiv C / g org C) i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn. Konfidensintervall som i figur 3.

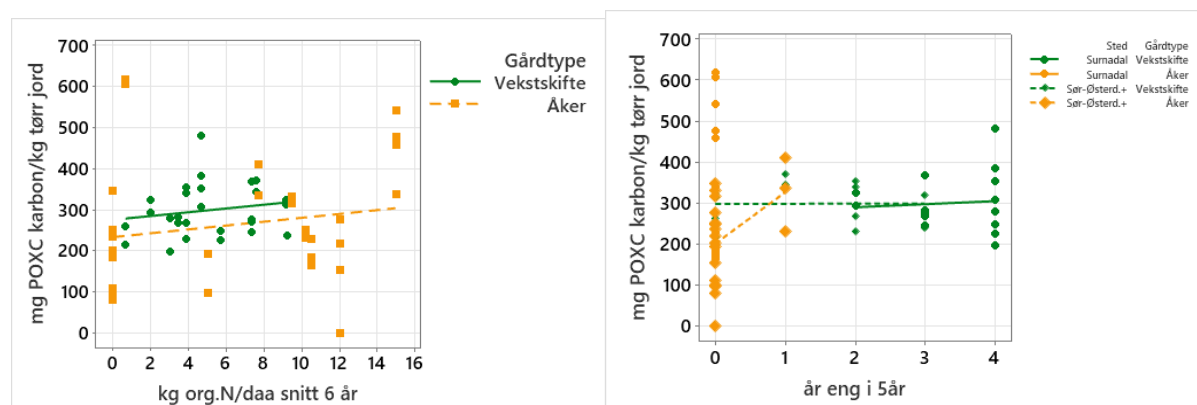
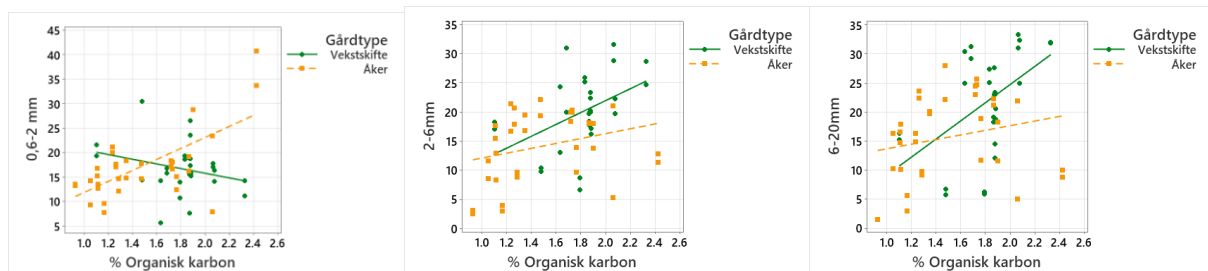


Fig. 10. Sammenheng mellom mengde POXC karbon i jorda (mg/kg tørr jord) og gjødsling med husdyrgjødsel (kg org.N/daa) og antall år med eng de siste fem år. Gjødslingen er oppgitt som gjennomsnittlig mengde nitrogen tilført i husdyrgjødsel de siste 6 åra.

3.3 Aggregatstørrelse og aggregatstabilitet

Når det er mye jordaggregat mellom 0.6 og 20 mm er det en gunstig jordstruktur. Vi fant at det var en positiv sammenheng mellom aggregat i denne størrelsen og andel organisk karbon i jorda (Fig.10). og samtidig ble det mindre av de minst gunstige aggregatstørrelsene (for små eller for store, dvs <0.6 mm eller større enn 20 mm) når innholdet av organisk karbon økte (data ikke vist). Vekstskifte med eng var særlig gunstig for størrelsesklassene 2-6 mm og 6-20 mm.



Figur 11. Prosent jord i de ulike klassene av aggregatstørrelse: 0.6 -2 mm, 2 –6 mm og 6 –20 mm versus prosent organisk karbon i 0-20 cm dyp.

Aggregatstabilitet økte som forventet med mengde organisk karbon (%) i jorda enten det var vekstskifte eller ikke, og vekstskifte med eng hadde en ekstra positiv effekt på aggregatstabilitet utover effekten på mengde organisk karbon (Fig. 11). Til tross for stor variasjon var det en jevnere og generelt større aggregatstabilitet på gårder med vekstskift enn på gårder med åker for begge aggregatstørrelser brukt i testen (0,6 - 2 mm og 2 – 6 mm). Vi fant også en positiv sammenheng mellom mengde organisk gjødsel i de siste 6 år og aggregatstabilitet (Fig. 12). Denne effekten er skyldes sannsynligvis den positive effekten organisk gjødsling har på innholdet av organisk karbon i jorda.

Regresjonsanalysene tyder på at organisk gjødsling har hatt en positiv påvirkning på aggregatstabilitet utover økningen til % organisk karbon, effekten var sterkest på gårder med eng (Tabell 5).

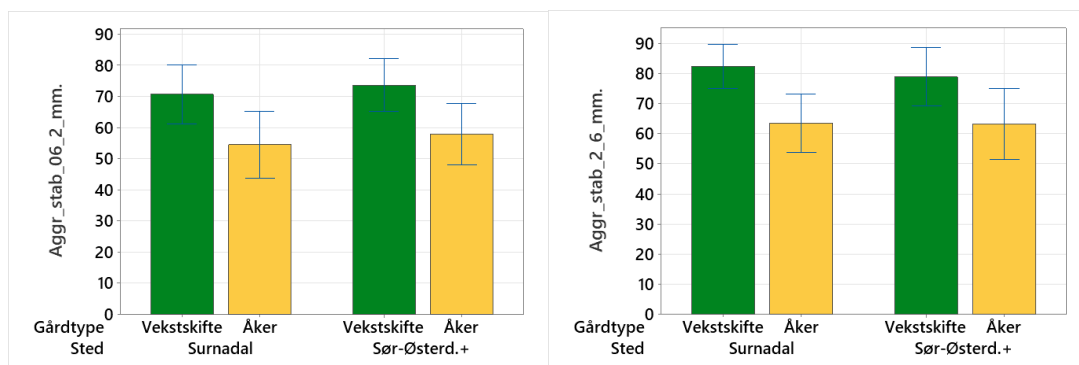


Fig. 12. Stabilitet av jordaggregat i jorda i størrelsesklasse 0,6 til 2 mm og 2 til 6 mm i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn. Konfidensintervall som i Figur 3.

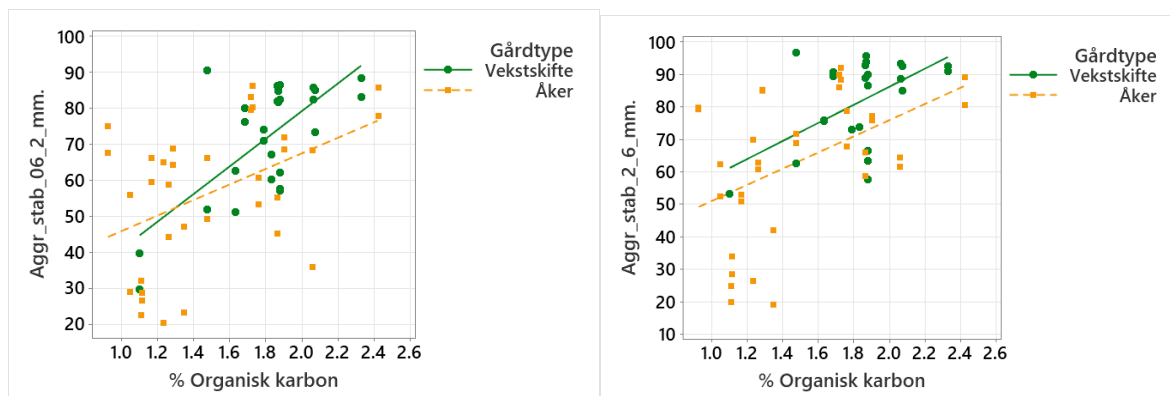


Fig. 13. Stabilitet av jordaggregat i størrelsesklasse 0.6 -2 mm og 2 –6 mm plottet mot organisk karbon (%) i jorda, delt etter gårdtype med eller uten vekstskifte.

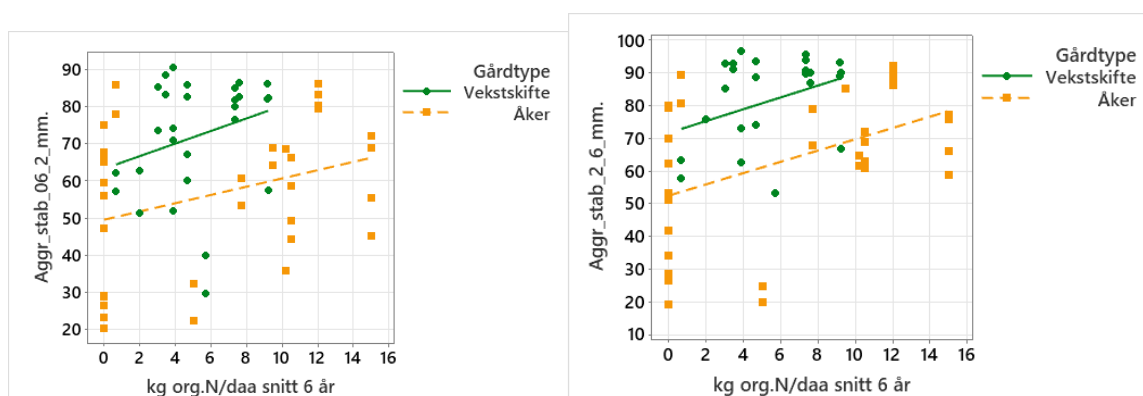


Fig. 14. Stabilitet av jordaggregat i størrelsesklasse 0.6 -2 mm og 2 –6 mm plottet mot mengde nitrogen i organisk gjødsel, angitt som kg org.N/daa og år i gjennomsnitt for siste 6 år.

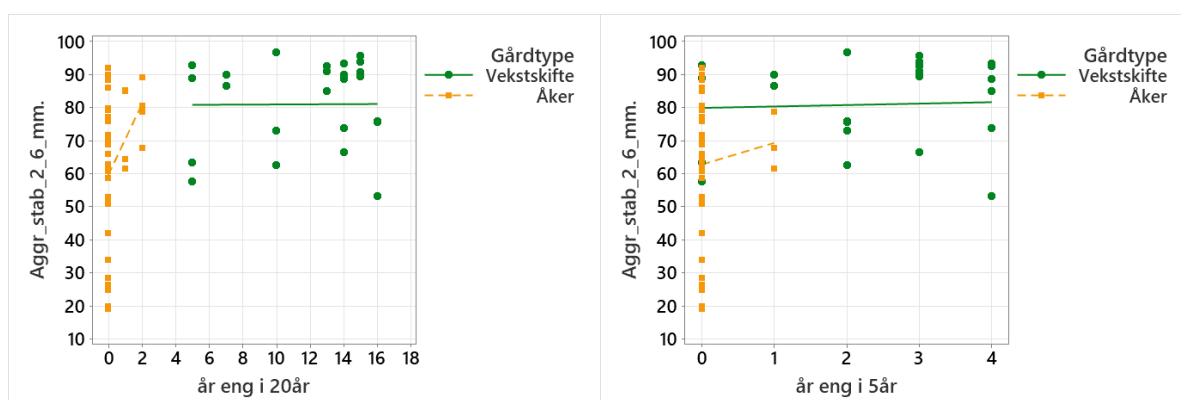


Fig. 15. Stabilitet av jordaggregat i størrelsesklasse 0.6 -2 mm og 2 –6 mm plottet mot antall år med eng de siste 20 og siste 5 år.

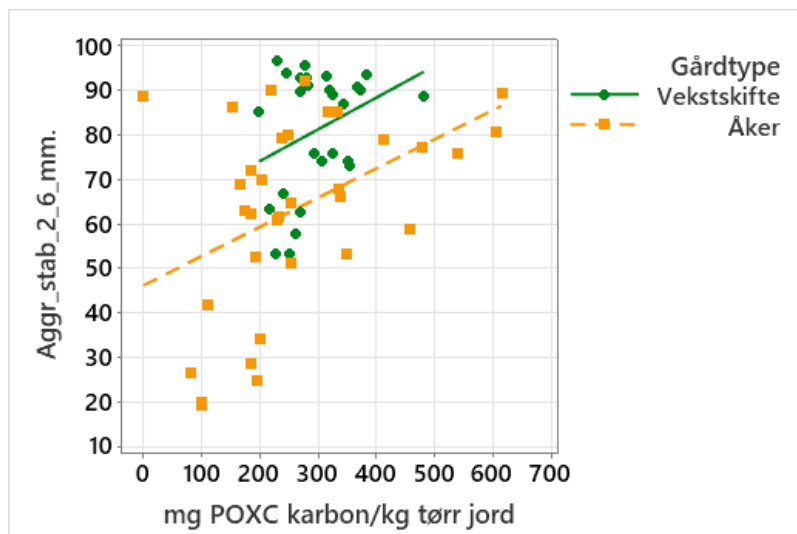
Selv om det var en tydelig positiv effekt av å ha eng i vekstskiftet så var det ingen sammenheng mellom aggregatstabilitet og antall år med eng i de siste 20 år), eller i en kortere periode (figure 13, vist kun for størrelsesklasse 2 – 6 mm). Man har tidligere funnet en sterk sammenheng mellom

antall år med eng og aggregatsstabilitet (Haynes et al. 1991). Det kan være at andre faktorer, for eksempel mengde organisk gjødsel i tidligere år, har påvirket % organisk karbon og dermed skjult en eventuelt effekt av antall år med eng.

Tabell 5. Regresjonsmodell for aggregatstabilitet (%) for aggregater i størrelsen 0,6 til 2 mm og 2 til 6 mm. Koeff for organisk karbon sier hvor mye aggregatstabilitet (% poeng) øker for hver % poeng organisk karbon i jorda øker. Koeff for Eng*organisk gjødsel sier at økningen i aggregatstabilitet per kg N gitt som organisk gjødsel er større på gårder med eng (på gårder med eng summeres Koeff for kg org. N/daa og Koeff for Eng*org.N til en brattere stigning). SE Koeff er standardfeil på Koeff, VIF (variance inflation factor) er indikasjon på hvor korrelert denne faktoren er med andre faktorer i modellen, kritisk verdi er 10. (Stepwise regresjon, 0,15 to enter).

Faktor	Koeff	SE Koeff	T-Verdi	P-Verdi	VIF
Aggregatsstørrelse 0.6 -2 mm, Adj. R2 = 41%, n = 63					
Konstant	17,0	8,5	2,0	0,051	
% Organisk karbon	26,2	5,3	5,0	0	1,1
Eng*organisk gj.	1,81	0,7	2,3	0,023	1,1
Aggregatsstørrelse 2-6 mm, Adj. R2 = 42%, n= 63					
Konstant	24,5	8,9	2,8	0,008	
% Organisk karbon	25,9	5,5	4,7	0	1,1
Eng*organisk gj.	1,88	0,7	2,7	0,009	1,1

Både røtter, sopp og aktivitet til mikroorganisme er involvert i dannelsen av og stabilisering av små aggregater. Derfor er det ikke overraskende at det var en sammenheng mellom aggregatstabilitet og POXC karbon (Figure 16). Men det var en stor variasjon, og POXC karbon bidro ikke til å forklare aggregatstabilitet bedre enn hva total organisk karbon og organisk gjødsling gjorde.



Figur 16. Aggregatstabilitet plottet mot mg POXC karbon / kg tørr jord

Aggregatstabilitet er viktig for å redusere jorderosjon. Det er særlige de fineste partiklene og molden som bli lettest bortført ved jorderosjon, så over noen år kan jorderosjon forringe jordkvalitet. Der hvor det god jordstruktur med en stor andel av aggregater I 0,6 –6 mm størrelse er det ofte observert bedre rotutvikling. Det er også mulig at gunstig jordstruktur kan bidra til å til en marginal økning i vannlagring som kan være avgjørende under ekstreme forhold. I tørkeåret 2014 fant man på Ås, at kornavling korrelerte meget godt med aggregatstabilitet, bedre enn med mengde organisk karbon, og årsaken var antagelig bedre rot vekst og dermed bedre tilgang til vann som også viste seg som mindre synlig tørkestress under skyting (Uhlen et al 2017). Selv om vi ikke har lignende avlingsdata relatert til aggregatstabilitet på siltig sandjord, er det grunn til å forvente positive effekter også der. Men det er også slik at større innsatsfaktorer, for eksempel mer gjødsling og mer vanning i kritiske perioder kan delvis redusere de negative effekter av en dårlig jordstruktur. De positive effektene av en bedre jordstruktur er viktig for å optimalisere utnyttelsen av andre innsatsfaktorer, som gjødsel, og redusere avrenning eller andre tap av næringsstoffer.



Bilde 12. Noen bilder av jord som skal legges i esker og sendes til analyse av aggregatstabilitet.

3.4 Porevolum

Porevolumet i jorda blir påvirket av partikkelstørrelsene i jorda, både kornstørrelsen fra naturens side og mengde og størrelse på aggregatene i jorda. Ei grov sandjord vil dermed ha større porer og større porevolum enn ei finkorna jord, og ei jord med god aggregatdannelse vil ha større porevolum enn ei jord med kompakt struktur. Ved kjøring på våt jord blir jorda klemt sammen og porene blir

mindre. Vi hadde forventet at det var større porevolum jorda i der det var eng i vekstskiftet fordi eng har et stort rotsystem som løsner jorda, noe vi også fant. Det var tendens til større porer i Sør-Østerdal med Solør enn i Surnadal. Fordi innholdet av organisk materiale øker aggregatstabiliteten og gjør jorda mer porøs så er det logisk at porevolumet øker med stigende mengde organisk karbon i jorda. Vi fant ikke en tilsvarende sammenheng for tilførsel av økende mengde husdyrgjødsel. Det kan skyldes at mye av husdyrgjødsla kjøres ut med tunge tankvogner som pakker jorda når gjødsla spres.

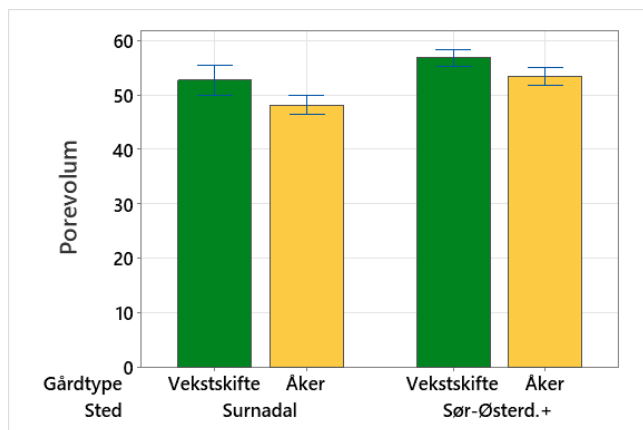


Fig. 17. Porevolum i jorda (prosent som porene utgjør av det totale volumet i jorda). Prøver fra Surnadal og Sør-Østerdal med Solørbestemt i 6-10 cm jorddybde etter tresking av korn i 2020. Konfidensintervall som i Figur 3.

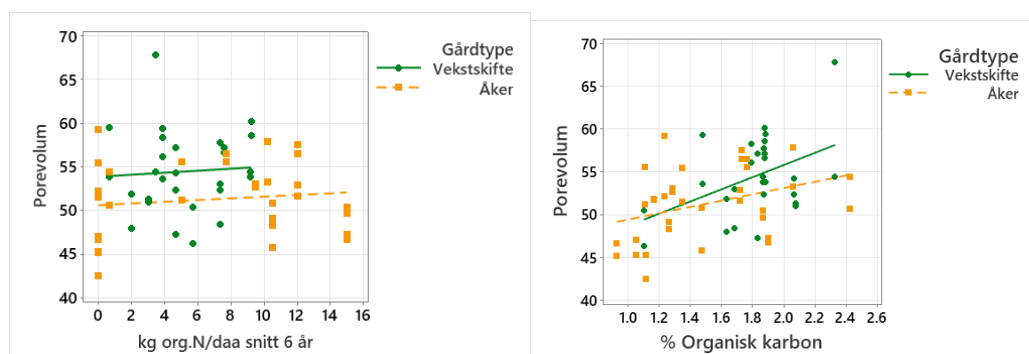


Fig. 18. Porevolum i jorda (prosent av jordvolumet) ved a) stigende mengde husdyrgjødsel tilført oppgitt som kg nitrogen tilført i husdyrgjødsel i snitt for 6 år og b) stigende mengde organisk karbon i jorda i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn. Konfidensintervall som i figur 3.

3.5 Infiltrasjon

Vi forventet at vannet ville renne fortere ned jo mer porøs jorda var. Røtter og meitemark lager dessuten ganger som vannet kan renne igjennom. Vi forventet derfor at jorda som var mest porøs hadde raskest infiltrasjon, det vil si at vann og regn trekker raskest ned i jorda. Vi forventet derfor at det var raskere infiltrasjon der det var vekstskifte med eng og at infiltrasjonen økte med økende porevolum. Det fant vi ikke. Det var en tendens til lavere infiltrasjon i åker enn i eng, men på grunn av stor variasjon innafor både der det var vekstskifte med eng og der det var bare åker, var det ingen signifikant forskjell. Fordi vi hadde en ring med vann utenfor den vi målte i og fuktet opp jorda en omgang før vi tok infiltrasjonsmålingene, vil en del av ulikheten i jordfuktighet ved måling ha blitt jevnet ut. Det kan likevel ha påvirket prøveresultatet. Mye av vannet som blir stående på jordet om

høsten skyldes pakking dypere ned i jorda på grunn av kjøring med tunge maskiner i fuktig jord. Dersom vi hadde gravd oss ned 20 cm ville vi kunne ha fått et bedre bilde på infiltrasjonen lenger ned i jorda, men det ble for omfattende for dette prosjektet.

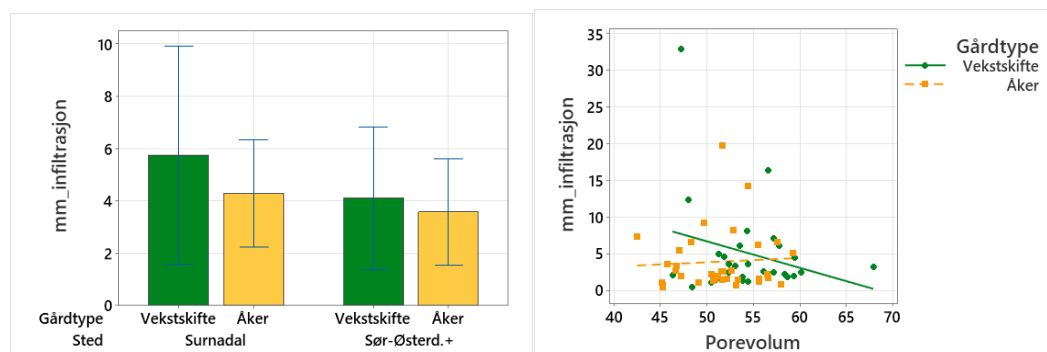


Fig. 19. Infiltrasjon, hvor mange millimeter vannet synker i løpet av et minutt a) i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør b) sammenheng mellom mm infiltrasjon per minutt og porevolum. Konfidensintervall som i Figur 3.

3.6 Motstand i jorda registrert med penetrometer

Det er ønskelig at jorda skal være så porøs at røtter lett kan trenge gjennom jorda og finne vann og næring. Ved en jordmotstand opp til rundt 200psi (grønn farge på penetrometeret i Bilde 5) vokser røttene greit. Ved en psi mellom 200 og 300 psi (gul farge) bruker planten ekstra energi for å få røttene gjennom jorda. Ved psi over 300 (rød farge) er motstanden så stor at rotveksten hemmes markant og avlingen kan reduseres. Det var en tendens til at vi nådde lenger ned med penetrometer før vi nådde 300 psi i eng enn i åker, men forskjellene var ikke statistisk signifikante da det var store forskjeller mellom prøvepunktene. Vi fant ingen nær sammenheng mellom hvor dypt vi kom med penetrometeret før vi nådde 300 psi og dybde på de dypeste røttene vi fant. Vi har ikke justert for jordfuktighet og det er mindre motstand i jorda når jorda er våt enn når jorda er tørr selv i ei jord med lite leire. Noe av variasjonen kan komme av dette. Fordi bestemmelsene ble gjort etter at kornet var treska vil en del av røttene være døde. Bestemmelse av hvor langt røttene går ned vil derfor være usikker.

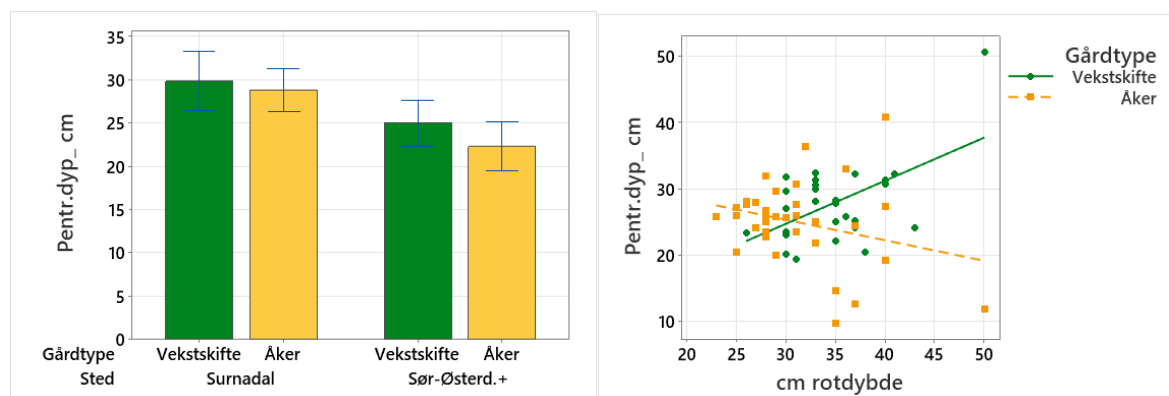


Fig. 20. Gjennomtrengelighet/motstand i jorda, oppgitt som antall cm et penetrometer kan trenge gjennom jorda før motstanden i jorda passerer 300 psi a) i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør og b) sammenheng mellom dybde til 300 psi og cm rottdybde. Konfidensintervall som i Figur 3.

3.7 Visuell bedømmelse av jordstruktur

Den visuelt bedømte jordstrukturen lå rundt 2 (middels) for sjiktene 0-10 cm og 10-20 cm dyp, mens den var litt lavere i sjiktet 20-30 cm (Fig. 20). Det var en tendens til litt dårligere jordstruktur der det ikke var eng i vekstskiftet, men forskjellene var ikke statistisk sikre.

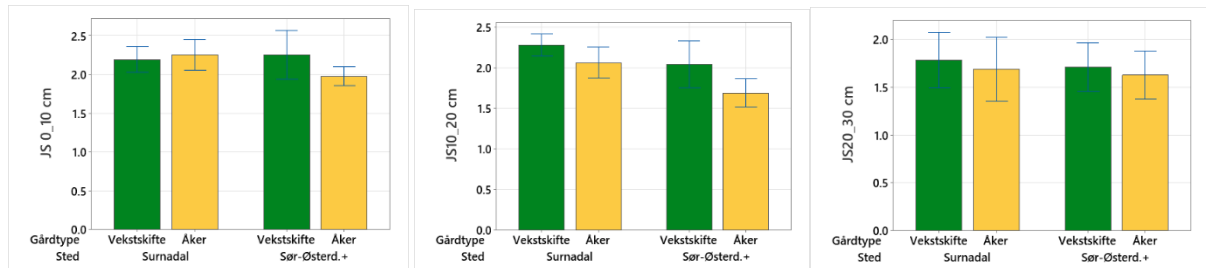
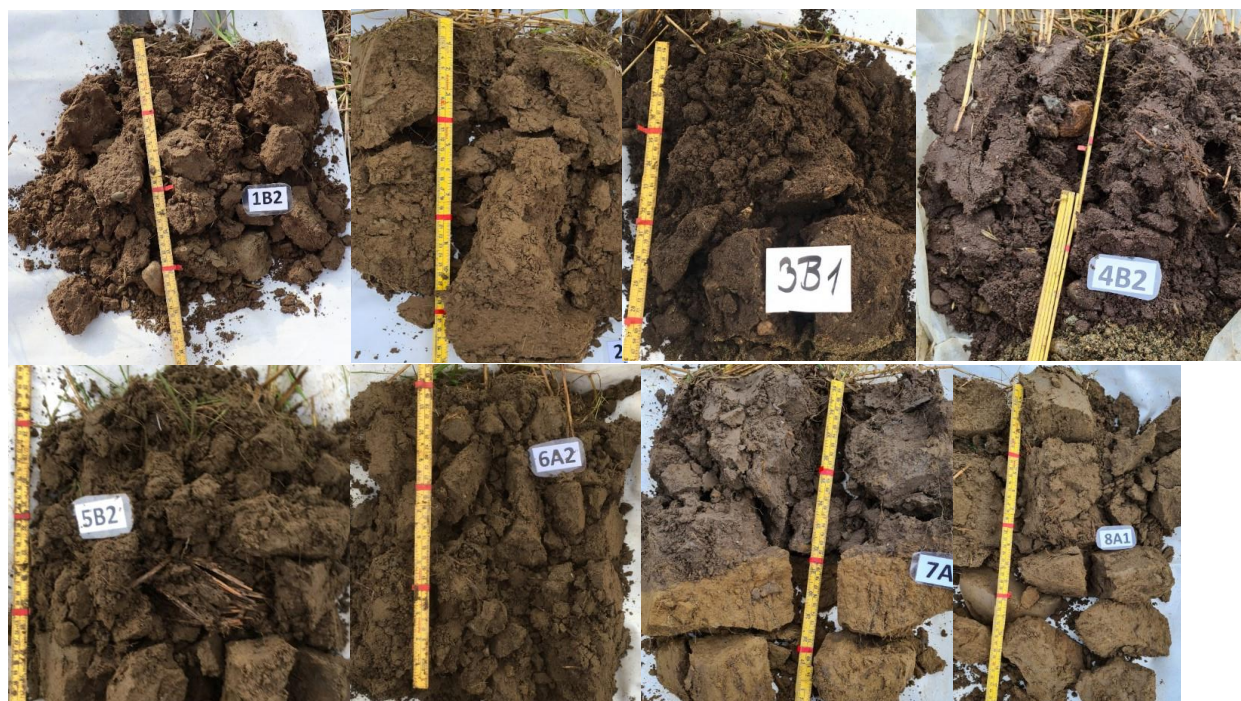


Fig. 21. Visuelt bedømt jordstruktur ved 0-10, 10-20 og 20-30 cm jorddyb i Surnadal og Sør-Østerdal med omegn. Konfidensintervall som i Figur 3.

Jordstrukturen nær overflata vil være sterkt påvirket av jordarbeiding, kjøring og gjødsling samme år. Litt dypere vil resultat av tidligere behandling av jorda være tydeligere, mens når vi er under ploglaget vil langvarig effekt av kjøring vær tydelig. I tillegg vil jordas naturlige egenskaper som tekstur og moldinnhold påvirke jordstrukturen. Noen steder er jorda naturlig svært kompakt i dypere lag. Dette finner vi gjerne der det er mye silt eller leire i jorda. I vår undersøkelse varierte pløyedypet fra 14-25 cm (Tabell 3). Det betyr at det varierer på hvilken jorddybde effekt av selve pløyinga og sannsynlighet for plogsåle er størst. I de øverste 10 cm i jorda er det ingen forskjell mellom jordstruktur med vekstskifte og ved ren åkerdyrking, mens det ved 10-20 cm dybde hvor vi fanger opp mer av langtidseffekten er det en tydeligere tendens til dårligere struktur ved lang tids åkerdyrking. Antakelig så har røttene i enga hatt stor betydning her, da mesteparten av grasrøttene befinner seg i området 0-20 cm. Det viser hvor viktig det er å grave litt ned i jorda og ikke bare se på jordoverflata.

Visuell bedømming av jordstruktur høst 2020



Bilde 13. Bilder av jord fra 0-30/40 cm dyp, fra ulike gårder i Surnadal etter tresking høsten 2020. Det er 10 cm mellom hver rød strek nedover på tommestokkene til venstre i hvert lille bilde.



Bilde 14. Bilder av jord fra overflata og nedover, fra ulike gårder i Sør-Østerdal med Solørretter tresking av kornet høsten 2020. det er 10 cm mellom hver rød strek på tommestokkene til venstre.

3.8 Omdanning av organisk materiale

Den visuelle vurderingen av planterester i jorda klarte å fange opp en tendens til litt mer omdanning av organisk materiale i jorda der det var eng i vekstskiftet enn uten. Skiftene med vekstskifte fikk litt over 2 i karakter og de uten ca 1,7, hvor karakter 3 var helt omdannet organisk materiale. Tendensen var lik begge stedene.

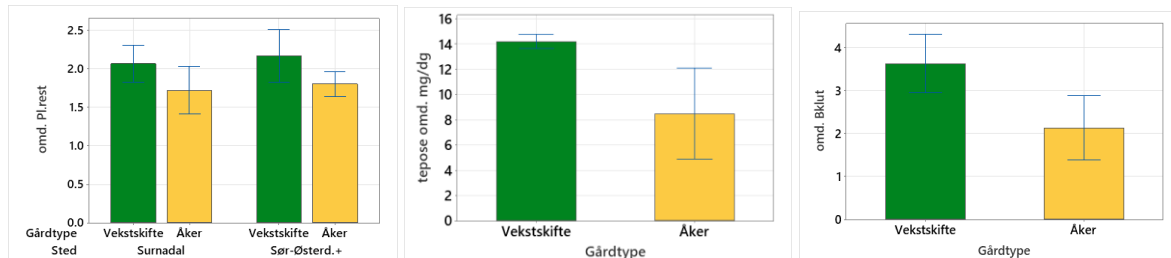
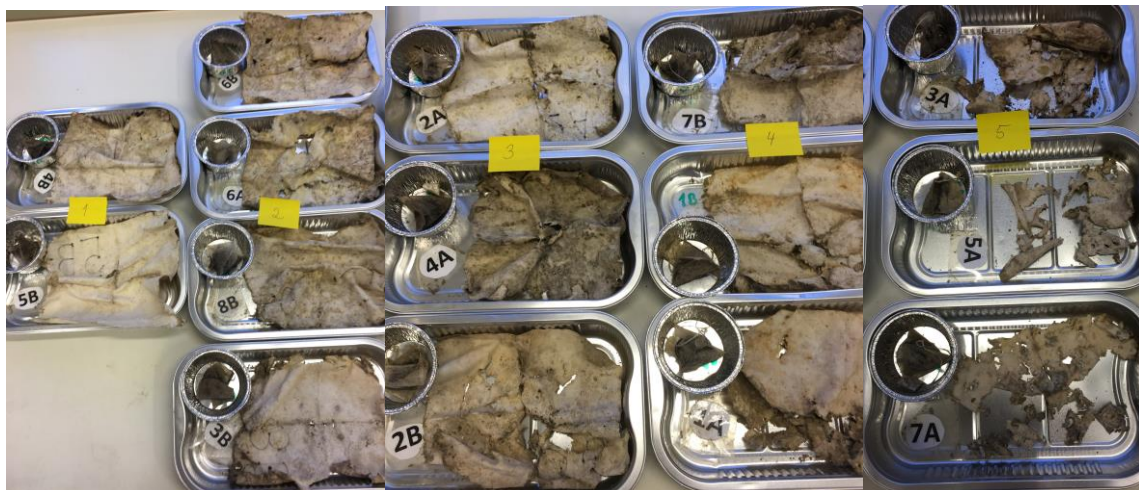


Fig. 22. Omdanning av planterester i jorda ved visuell bedømmelse (til venstre, 3 betyr ingen synlige planterester), nedbryting av teposer nedgravd i jorda (i midten, mg/døgn) og nedbryting av bomullsklut nedgravd i jorda (5 helt omdannet).

Bomullskluter og teposer var bare gravd ned i Surnadal. Omdanningsgraden av bomullsklutene var i snitt 2,4 uten vekstskifte og 3,6 med vekstskifte. Skalaen vi gav da var 5 for de mest omdannede klutene og 1 for de minst omdannede (Bilde 15). Omdanning av organisk materiale i form av kjøpte teposer gav også i snitt noe raskere nedbrytning og omdanning i jorda der det var vekstskifte versus uten. Det forsvant 14,2 mg te per døgn i teposene i jord med vekstskifte og 13,6 i jord uten. Det er for få tall til å regne statistikk på bomullsklutene og teposene. Testene med bomullskluter og teposer var få og varierte faktisk med over en karakter på de to klutene som var gravd på samme skiftet, men med stor avstand. Det var interessant at den visuelle vurderingen av omdanning av plantemateriale fanget opp de samme tendensene som nedbryting av bomull og te-poser.



Bilde 15. Tørka bomullskluter etter opptak. Nedgravd på 8 cm dyp ett sted på hvert skifte i Surnadal. De gule lappene viser om de var mye (karater 5) eller lite (kar. 1) omdannet da de ble tatt opp. I de små runde metallbegrene ligger teposer som ble veid før og etter å ha ligget i jorda. Ett sted fant vi ikke igjen noe, derfor bare 15 og ikke 16 kluter.

3.9 Jordrespirasjon

I Surnadal var det lavere jordrespirasjon på gårdene med åkerdrift enn i eng, mens det i Østerdal var tendens til høyere respirasjon ved åkerdrift (Fig. 23). Noe av forskjellen er sannsynligvis effekt av ulik gjødsling. Det gjødsles mer med husdyrgjødsel på flere av gårdene med åkerdrift enn gjennomsnittet av gårdene med eng i vekstskiftet. I Sør-Østerdal med Solør er det flere gårder som gjødsles med bløtgjødsel fra svin. Svinegjødsel induserer høyere jordrespirasjon enn det storfegjødsel gjør (Risberg m.fl. 2017), sannsynligvis fordi det inneholder mer lett nedbrytbare karbohydrater og dermed mer lett tilgjengelig næring til organismene i jorda. Det var på disse gårdene vi fant de høyeste verdiene for jordrespirasjon. Vi undersøkte om lagringstid og fuktighet i jordprøvene kunne ha påvirket resultatet, men fant ikke noe tydelig sammenheng der. Alle prøvene ble tatt rett etter tresking eller rett før. Det betyr at kornrøttene sannsynligvis hadde liten påvirkning på respirasjonen.

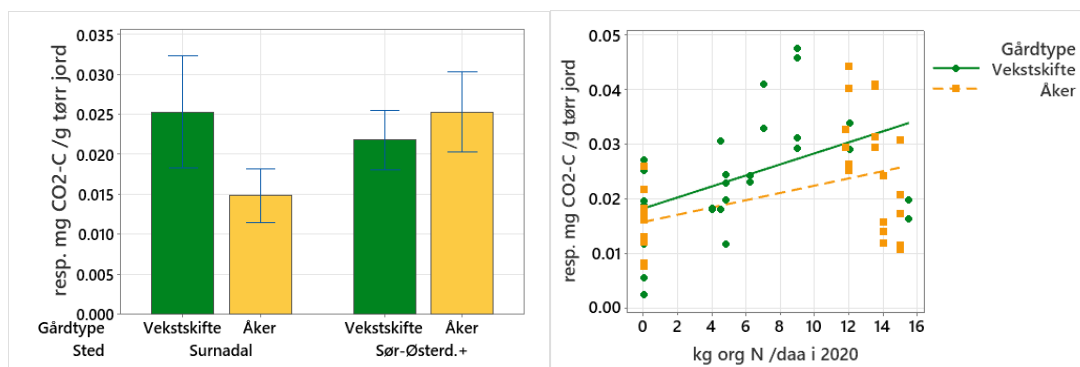


Fig. 23. Biologisk aktivitet registrert som jordrespirasjon ved ulike gårdstyper og tilførsel av husdyrgjødsel våren 2020 (kg org N / daa i 2020)

3.10 Plantenæringsstoffer

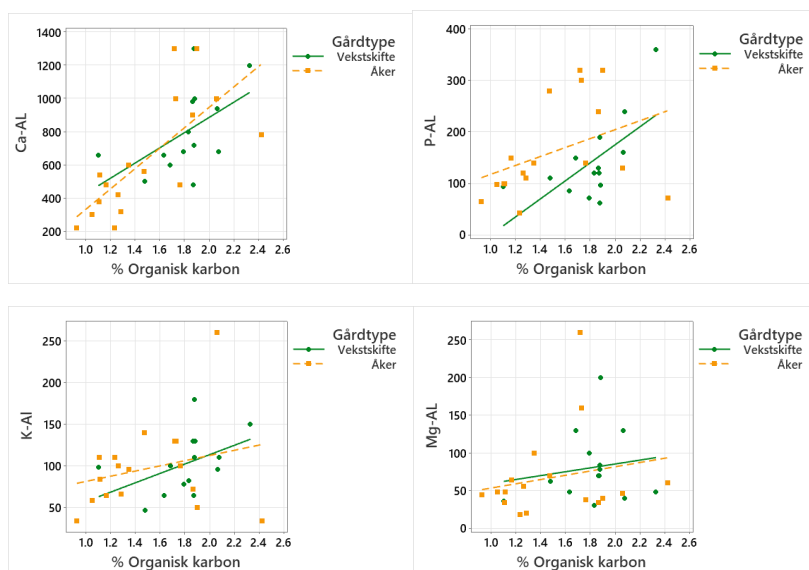
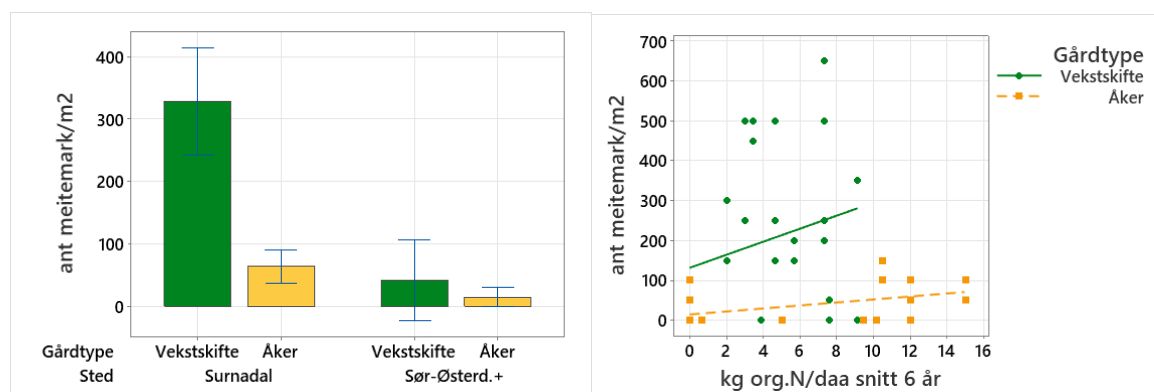


Fig. 24. Konsentrasjonen (mg per kg tørr jord) av kalsium (Ca), Fosfor (P), Kalium (K) og magnesium (Mg) i jorda (0-20 cm dyp) ekstrahert med laktat (AL) ved stigende mengde organisk karbon i jorda (% Organisk karbon).

Det var en tydelig sammenheng mellom innhold av organisk materiale i jorda og lett tilgjengelige plantenæringsstoff (Fig. 24). Det illustrerer hvor viktig det organiske materialet er som lager for plantenæringsstoff, noe som er et viktig bidrag til jordas fruktbarhet. Dette er særlig viktig i jord med lite innhold av leirmineraler.

3.11 Antall meitemark og meitemarkarter

Antall meitemark var generelt lavt på mange av gårdene, men noen steder ble det funnet over 500 mark/m². Det ble funnet meitemark i jorda på 29 av 32 av prøvepunkter i Surnadal og på 7 av 32 i Sør-Østerdal med omegn. Antallet per prøvepunkt varierte fra 0-13 meitemark i en jordklump 20 x 10 cm og 20 cm dypt. Omregnet tilsvarer dette 0 - 650 meitemark pr m² og 0 – 650 000 meitemark/da. I snitt var det 328 mark/m² på de gårdene med vekstskifte versus 64 mark/m² fra de uten i Surnadal. I Sør-Østerdalen var det for få meitemark til at en slik sammenlikning vil gi noen mening.



Figur 25. Antall meitemark i kornåret 2020 på skifter med og uten vekstskifte i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør(venstre). Sammenheng mellom antall meitemark/m² og tilført N via husdyrgjødsel (org.N) de siste 6 årene i Surnadal (høyre). Konfidensintervall som i Fig. 3.

Bare individer av meitemark fra Surnadal ble artsbestemt. Det ble funnet både voksne og juvenile (unge) individer, med en overvekt av juvenile. Arter, i synkende antall, var gråmeitemark (*Aporrectodea caliginosa*), skogmeitemark (*Lumbricus rubellus*) og rosameitemark (*A. rosea*).

Sand og siltjorda ved Glomma inneholder generelt lite meitemark og i så måte bekrefter denne undersøkelsen tidligere observasjoner gjort av veiledere i området.



4 Oppsummerende diskusjon av våre funn

Resultatene fra disse gårdene viser en tydelig trend med mer organisk karbon, bedre jordstruktur både visuelt bedømt og vurdert som aggregatdannelse og aggregatstabilitet, raskere omdanning av organisk materiale og mer meitemark der det er eng i vekstskiftet enn der det er kun åkerdrift med korn/potet. (Fig 26 og 27). Hver for seg er mange av de undersøkte faktorene ikke signifikant forskjellige, men til sammen danner de et tydelig mønster med noe bedre forhold der det er eng i vekstskiftet. For faktorene rottdybde, penetrasjonsdyp, infiltrasjon, porevolum, POXC-karbon og jordrespirasjon er det ikke et like tydelig mønster.

Det er mange faktorer som varierer mellom disse gårdene, en av dem er gjødsling. En kunne forvente at noe av forskjellen mellom gårder med eng i vekstskifte og gårder med åkerdrift kunne forklares med at det ble brukt mer husdyrgjødsel på gårder med eng, men det stemmer ikke. Flere av gårdene med åkerdrift gjødslet med mer husdyrgjødsel enn gårdene med eng i vekstskiftet (Fig. 7c). Dette betyr at trenden med mer karbonlagring, bedre jordstruktur og større biologisk aktivitet sannsynligvis skyldes at det er eng i vekstskiftet. Dette samsvarer med mange feltforsøk, for eksempel omløpforsøk på Ås (Uhlen et al . 1994, Uhlen et al. 2017, Haynes et al 1991). At vi får så tydelige resultat ute på gårder i vanlig drift hvor det er så mange andre faktorer som varierer som klima, naturlige fuktighetsforhold, innhold av organisk materiale fra naturens side, kordarbeidingsmåte og tidspunkt, forholdet mellom silt, sand og leire, sier noe om krafta til enga til å forbedre jordas fruktbarhet. Jorda på gårdene i denne rapporten domineres av silt og finsand. Det er jordarter som betraktes som dårlige aggregatdannere. I våre undersøkelser var det heller ikke eng samme år, som undersøkelsen var gjort. Noen steder var det flere år siden det var eng i vekstskiftet (Tabell 1a og b) Dette viser at selv noe eng i vekstskiftet ha stor betydning i slik jord. Selv om det er noe variasjon i enkelte faktorer, er trenden den samme i Surnadal og i Sør-Østerdal med Solør med unntak av meitemark. Langs Glomma sine bredder ser det ut til å være lite meitemark uansett driftsmåte.

Vi registrerte lavest karbonlagring, dårligst jordstruktur, minst omdanning av organisk materiale, minst meitemark og lavest biologisk aktivitet målt som jordrespirasjon ved kombinasjonen kun åkerdrift og gjødsling med bare mineralgjødsel. Gjødsling med husdyrgjødsel i åkerjord har økt karboninnholdet, gitt mer stabile jordaggregat og økt jordrespirasjonen. Det var ingen gårder som bare gjødslet med mineralgjødsel der det var vekstskifte med eng. Selv om det tilføres mye mer gjødsel totalt sett og det er antatt større plantevekst på de gårdene som gjødsles med mineralgjødsel i tillegg til husdyrgjødsel enn der det bare gjødsles med husdyrgjødsel har ikke dette ført til mer karbonlagring enn på de gårdene som bare gjødsles med husdyrgjødsel og driver økologisk (MO og O, Fig. 28 og 29). Kløver i enga og bruk av grønnngjødsel og underkultur i korn ved åkerdrift kan være medvirkende årsaker til dette. Heller ikke for gjødsling har vi kunnet registrere en tydelig effekt på penetrasjonsmotstand og infiltrasjonshastighet av vann. Resultat for begge er påvirket av jordfuktigheten når undersøkelsen gjøres. Varierende fuktighet i jorda kan derfor være en medvirkende årsak til store variasjoner i registrerte resultat. Tunge tankvogner med bløtgjødsel og mye kjøring ved grashøsting med påfølgende jordpakking kan også ha ført til at vi ikke har fått den positive effekten av eng og gjødsling på disse parameterne som vi forventet.

Til tross for eng i vekstskiftet og mye husdyrgjødsel på mange gårder, er moldinnholdet forholdsvis lavt (Fig. 3). I gjennomsnitt rundt 4% der det er vekstskifte med eng og lavere på gårdene med åkerdrift. Arne Grønlund fant ved å analysere avlingsdata fra 2600 gårder at byggavlingene var større på jord med 4.5 - 6 % mold enn på jord med lavere moldinnhold, mens det var ingen avlingseffekt av et høyere moldinnhold (referert av Riley og Bakkegard, 2006). I sand og siltig jord er det organiske materialet mindre beskyttet mot nedbryting enn i leirjord, og dermed er det vanskelig å få et like høyt innhold av mold. Samtidig trengs det ikke så mye mold i ei sandjord som på leirjord for å oppnå gunstig effekt. De samme mekanismer som bidrar til å stabilisere det organiske materialet i leirjord gjør at det trengs et høyere moldinnhold enn i sand og siltjord for å få gunstige effekter på aggregatdannelse og jordstruktur. I sand og siltig jord er antagelig 4 - 4,5% mold en god verdi for å danne stabile jordaggregat. Mange og dype røtter kan være en god måte å øke moldinnholdet i slik jord da røtter brytes mye langsommere ned enn det overjordiske plantematerialet gjør (Rasse m.fl., 2005). Kompost inneholder også mye mer stabile humuspartikler enn det fersk husdyrgjødsel gjør (Bernal m. fl. 2017).

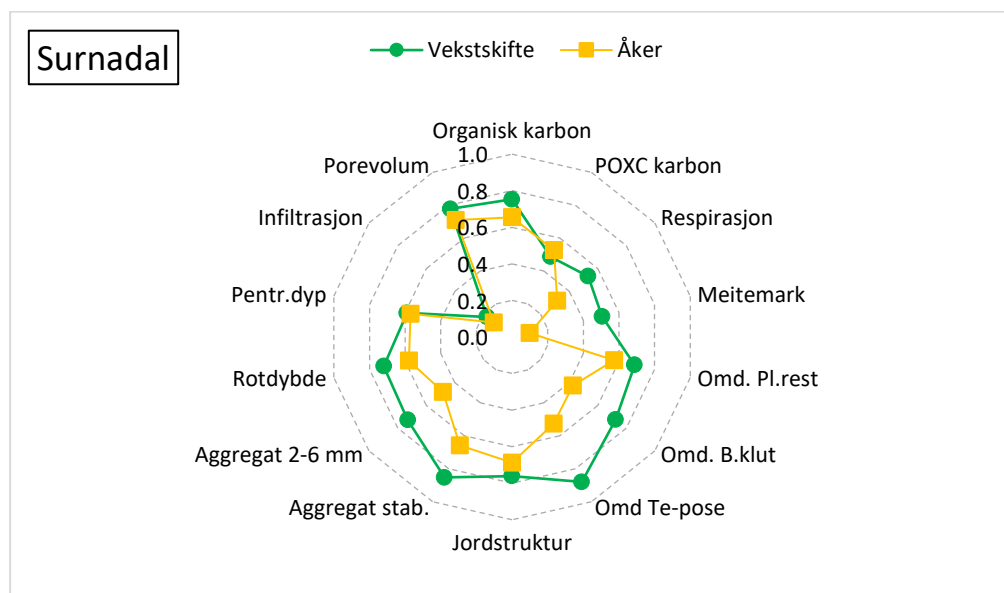


Fig.26. Oppsummering av utvalgte faktorer som forteller noe om jordas fysiske og biologiske tilstand i Surnadal ved vekstskifte med eng og kun åkerdrift i Surnadal. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt for vekstskifte med eng eller åker som andel av den aller høyeste verdien observert i dette prosjektet. Der kurvene er nær midten, som for meitemark og infiltrasjon, var det svært stor spredning i verdiene og minst en verdi var betydelig høyere enn gjennomsnittet. Organisk karbon er % organisk karbon 0-20 cm i jorda; POXC karbon er permagnat oksiderbart karbon også kalt aktivt karbon; Respirasjon er hastighet på utslipp av CO₂; Meitemark er antall meitemark; Omd.Pl.rest er visuelt bedømt hvor nedbrutt planterestene i jorda er; Omd.B.klut er visuelt bedømt nedbryting av en bommulsklut; Omd Te-pose er vekta på hvor mye te som har blitt borte siden sommeren; Jordstruktur er visuelt bedømt i 10-20 cm dyp; Aggregat stab.; er hvor stabile jordaggregat i størrelse 2-6 mm er mot nedbryting av regn; Aggregat 2-6 mm er andel aggregat i den størrelsen; Rotdybde er hvor dypt ned vi fant den planterota som gikk lengst ned; Pentr.dyp er hvor langt vi kunne presse ned et penetrometer før det møtte en motstand på 300 psi; Infiltrasjon er hvor mye vannet sank i løpet av et minutt; Porevolum er andel porer hvor det kan være luft eller vann i jorda. Omd.B.Klut og Omd Te-pose er bare undersøkt i

Surnadal. Hvordan de ulike faktorene er beregnet står i materiell og metoder, og nærmere beskrivelse av dem i resultat og diskusjon. Detaljer i vekstskiftet er gjengitt i tabell 1 a.

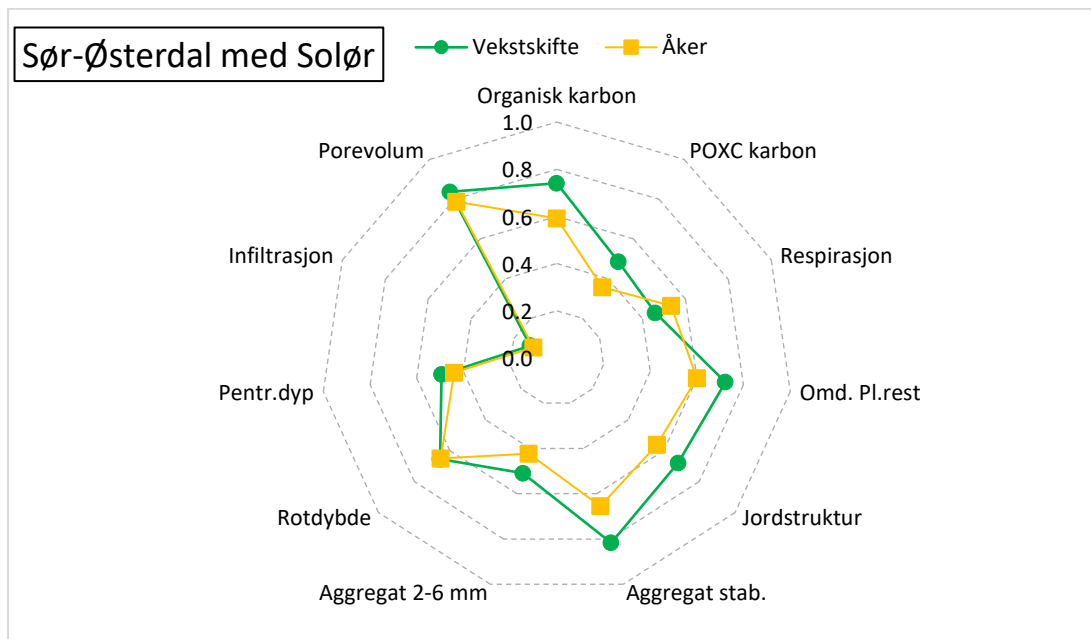


Fig. 27. Oppsummering av utvalgte faktorer som forteller noe om jordas fysiske og biologiske tilstand ved vekstskifte med eng og åkerdrift i Sør-Østerdal med Solør. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt for vekstskifte med eng eller åker som andel av den aller høyeste verdien observert i dette prosjektet. Forklaring og de enkelte faktorer er som i Fig. 26. Meitemark er ikke med her da det var svært få prøvepunkt hvor vi fant meitemark i dette området. Detaljer i vekstskiftet er gjengitt i tabell 1b.

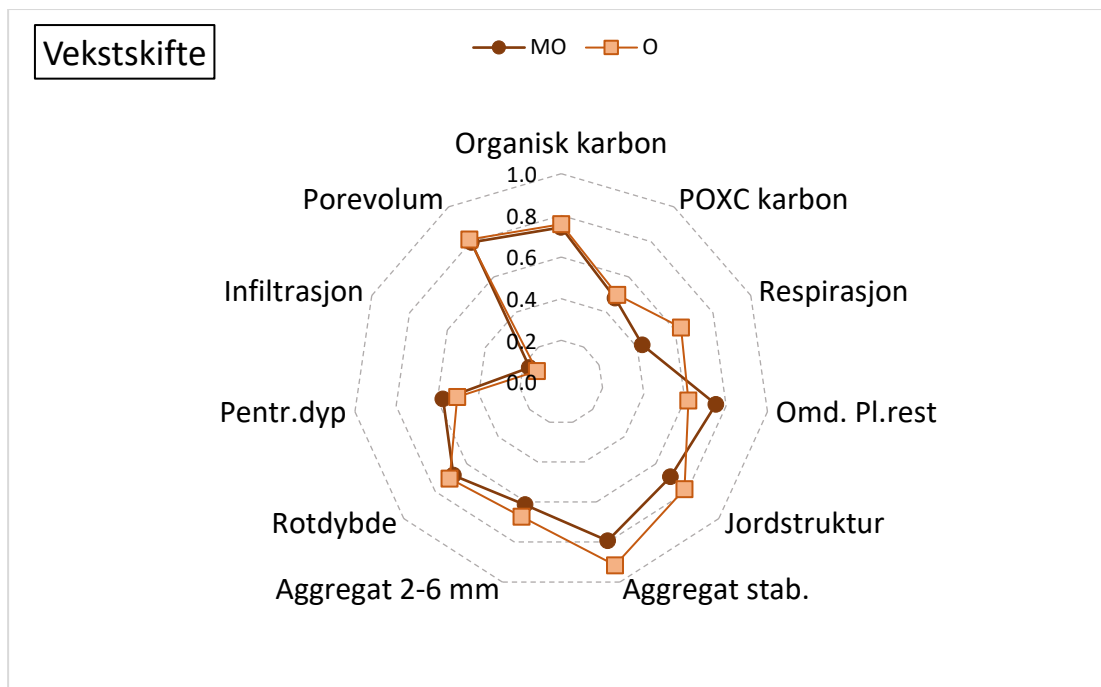


Fig. 28. Oppsummering av utvalgte faktorer som forteller noe om jordas fysiske og biologiske tilstand og som ikke er avledet av en annen faktor ved ulik gjødsling for vekstskifte med eng. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt for hver av gjødslingspraksisene som andel av den aller høyeste verdien

observert i dette prosjektet. Gjødslingspraksisene mineral og organisk gjødsel (MO) eller bare organisk gjødsel (O). Organisk gjødsel er bløtgjødsel fra ku eller gris (Tabell 2). Gårdene merket med O driver økologisk. Forklaring og de enkelte faktorer er som i Fig. 26.

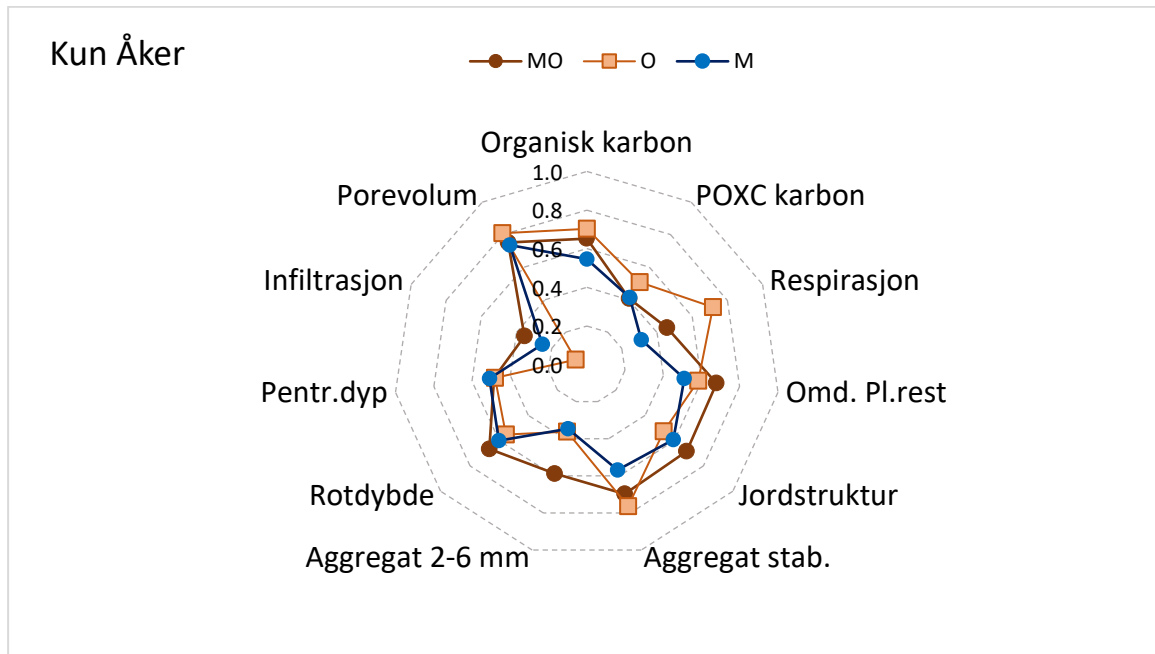


Fig. 28. Oppsummering av utvalgte faktorer som forteller noe om jordas fysiske og biologiske tilstand og som ikke er avledet av en annen faktor ved ulik gjødsling ved kun åkerdrift. Verdiene er oppgitt som gjennomsnitt for hver av gjødslingspraksisene som andel av den aller høyeste verdien observert i dette prosjektet. Gjødslingspraksisene er bare mineralgjødsel (M), mineral og organisk gjødsel (MO) eller bare organisk gjødsel (O). Organisk gjødsel er enten bløtgjødsel fra ku eller gris eller hønsegjødsel (Tabell 2). Gårdene merket med O driver økologisk. Forklaring og de enkelte faktorer er som i Fig. 26.



5 Enkle metoder for bedømming av jord

I GodKarbon prosjektet har vi registrert og samlet inn en mengde ulike kjemiske, fysiske og biologiske data fra jord på 16 gårder. Vi har plukket ut noen metoder og tips som kan brukes til å indikere dårlige, middels og gode forhold knyttet til jordstruktur, lufttilgang, vanntransport, biologisk aktivitet, plantevekst og rotutvikling i jordbruksjord.

Spaden

Grav i jorda, grav dypt nok (minst 30 cm), til ulike tider og på flere steder. Sammenlign et sted med god vekst og et med dårlig vekst, ev i kanten av åkeren der det ikke er kjørt så mye (bra struktur). Grav i jorda og se på jordstruktur, grav minst 30/40 cm dypt. Se etter pakka sjikt og om røttene går gjennom (bra) eller ikke (mindre bra). Planterester pløyd ned om våren bør være omdannet i løpet av en sesong. Jorda skal lukte godt av jord og ikke metallisk eller anaerobt.

Se hvor dypt planterøttene går og sjekk at røttene ser friske ut og ikke tvinges til å bøye av for pakka eller anaerobe sjikt i jorda. Aktive nitrogenfikserende knoller (røde innvendig) fint fordelt på røttene til belgvekster (kløver, lupin, vike og luserne) er et bra tegn.

Tell antall meitemark i to 20 x 20 x 20 cm jordklumper. 0-2 mark og en art = ikke så bra; 2-8 mark og to arter = middels. Flere enn 8 meitemark og minst 3 arter er bra.

Mer info: Jordlappen 10 indikatorer for vurdering av jordkvalitet og jordhelse

<https://orgprints.org/id/eprint/37074/>

Hur mår min jord app: <https://www.slu.se/ew-nyheter/2021/2/hur-mar-min-jord--ny-app-for-markvard/>

VESS: https://www.sruc.ac.uk/downloads/120625/visual_evaluation_of_soil_structure

Manuelt utstyr

Dreneringsspade. Denne har et ekstra langt spadeblad som gjøre det enklere å ta ut jorda fra et dypere spadestikk helt, slik at profilet holder seg intakt.

Penetrometer

Med et penetrometer som trykkes med jevn kraft nedover i jorda, kan plogsåler og andre kompakte lag finnes før man graver, eller uten å grave. Penetrometer måler motstanden en stålstang med en konisk tupp møter når den trykkes ned i middels våt jord. Motstanden vises i psi (pound per square inch) og i en fargeskala. I det grønne området er motstanden i jorda mellom 0- 200 psi og da trives og vokser røttene tilnærmet optimalt. Når motstanden kommer opp på gult nivå, mellom 200 og 300 psi bruker røttene ekstra energi på å komme seg gjennom jorda. På rødt nivå, som tilsvarer 300 psi, er motstanden så markant at det hemmer rotveksten og avlingene reduseres. Dette er selvfølgelig noe forskjellig mellom ulike planter og ulike forhold ellers, men gir en viss pekepinn.

Har man ikke et penetrometer kan antall "hopp" som trengs på spaden for å komme ned slik at hele spadebladet er dekket også brukes. Et jordbor, metallstang eller en gardinvaier kan også gjøre nytten for å sammenlikne ulike steder.

Grave ned teposer eller bomullskluter

Det å legge ned noe organisk materiale, som halmrester, en tøybit i bomull eller teposer på

et visst dyp og så grave dem opp igjen etter 2-6 måneder, kan illustrere biologisk aktivitet i jorda. Metodene som er brukt i GodKarbon er beskrevet i under 2.15 - Visuelle registreringer av jord og jordliv. Her er lenke til teposetest: <http://www.teatime4science.org/> og https://orgprints.org/id/eprint/30717/1/fertilcrop-tn-wp4-teabag_english.pdf.

Analyser

Jordanalyser. De kjemiske jordanalysene av lett tilgjengelige plantenæringsstoff, jordart og moldinnhold som norske gårdbrukere tar gir en god pekepinn om næringsforsyning og forhold i jorda. Jordart og moldinnhold bestemmer mye for jordstruktur, jordbiologi og planteveksten. Blir det for lite mold/organiske materiale i jorda, vil egenskapene som molda har til å holde på vann, frigi og holde på næring, også forsvinne.

Tolking av jordanalyser:

<https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/356784/veiledning-jord.pdf>

<https://www.fkra.no/getfile.php/Filer/Landbruk/Analyser/F%C3%B8lgeskjema%20Jord%20nett.pdf>

Glødetapstall og karbon i jord

Det finnes ulike måter å analysere og beregne hvor mye karbon som finnes i jord, men ingen enkelt feltmetode. På sandig og siltig jord anbefaler vi å beregne karboninnholdet ved å bruke glødetapet eller moldprosenten fra glødetap. Mellom 45 og 60 % vektprosent av det organiske materialet/molda i jord er karbon (på tørrstoffbasis). Derfor kan man i praksis si at 50 % er karbon. Glødetapet angir hvor mange prosent av tørr jord som ved høy forbrenning «forsviner» og brennes opp, det er et mål på innholdet av organisk material i jorda. Med litt korrigering av glødetapet, for vekttap pga av vann bundet i leire får vi et estimat på moldinnholdet. Er det mye leire i jorda, er det viktig å bruke riktig korreksjon faktor (Riley et al.) eller bestemme totalt karbon med elementanalysator og i tillegg analysere for mineral N der man har kalket i løpet av de siste 3-4 år. Denne typen bestemmelse er dyrere enn glødetap.

Mold og karbon i jord: <https://www.agropub.no/fagartikler/hvordan-male-innholdet-av-organisk-materiale-og-karbon-i-norsk-jord>

Mikrobiologiske tester

I prosjektet målte vi respirasjonen fra jordprøver i de øverste 7 cm. Det finnes flere metoder for å gjøre dette i felt, og alle krever litt arbeid. Utslipp av CO₂ (respirasjon) fra jordlivet er en naturlig prosess som varierer med tilgang på organisk materiale, temperatur og fuktighet. Høy respirasjon knyttes til høy mikrobiell aktivitet. Det er oftest slik at høy biologisk aktivitet er bra for da omsettes organisk materiale og næring frigis til planter og jord. Det vil også være høyere mikrobiell respirasjon i varm og passe fuktig jord versus kald eller tørr jord. Det kan imidlertid også være høy respirasjon fra jord under visse ugunstige forhold. Så gjør minst 2-3 målinger fra samme sted.

Pasco CO₂ sensor

I denne testen inngår en CO₂-sensor, prøveflasker og mobilapp, samt litt omregning i etterkant. Her kan CO₂ sensoren settes på en flaske uten bunn ute i felt og måle basal respirasjon, eller en jordprøve kan has med inn på lab og analyseres i en flaske med bunn. Sensoren registrerer CO₂-utslipp fra en gitt mengde jord over tid, og ved å beregne

stigningstallet for kurven, får man et utslipp av CO₂ som ppm/s. NORSØK prøver ut disse i et prosjekt og vil komme tilbake til resultatene.

Pasco: <https://www.pasco.com/products/sensors/wireless/ps-3208>

Solvita basal CO₂

Dette er som den over en test som måler mikrobiell aktivitet indirekte gjennom utslipp av CO₂. I Solvita-basal tas jord rett fra åkeren i bokser med lokk og det settes nedi et lite skilt med en «geleblokk» på som reagerer med CO₂ og skifter farge. Skiltet er grønt og skifter til mer og mer gult jo mer CO₂ som produseres. Resultatet via farge omgjøres til ppm CO₂-C. NORSØK prøver ut disse i et prosjekt og vil komme tilbake til resultatene. Må kjøpes fra USA.

Solvita basal: <https://solvita.com/fieldtest/>

Mikrobiometer

MicroBiometer er en felt/lab test som registrerer mikrobiell biomasse og innhold av sopp og bakterier i jord direkte fra felt. Testene analyseres via en app, der et bilde av en dråpe jordvæske sende til «scanning». Resultatene gis som mikrogram mikrobielt C/g jord, det oppgis også prosentvis fordeling av sopp og bakterier i prøven, som også omgjøres til ratio mellom sopp og bakterier. NORSØK prøver ut disse i et prosjekt og vil komme tilbake til resultatene. Må kjøpes fra USA

MicroBiometer: <https://microbiometer.com/our-test/>

Tell antall meitemark

Grav ut en jordblokk på 20x20x20cm med planter og røtter. Legg den på en sekk eller noe og sorter ut og tell meitemarkene. Ha en boks med lokk til marken. Antallet ganges med 25 for å få antall mark per m². Dette igjen ganges med 1000 for å få per daa.

Antall meitemark: <https://orgprints.org/id/eprint/34481/>

Arter: <https://orgprints.org/id/eprint/34478/>

Tell antall spretthaler og annen mesofauna

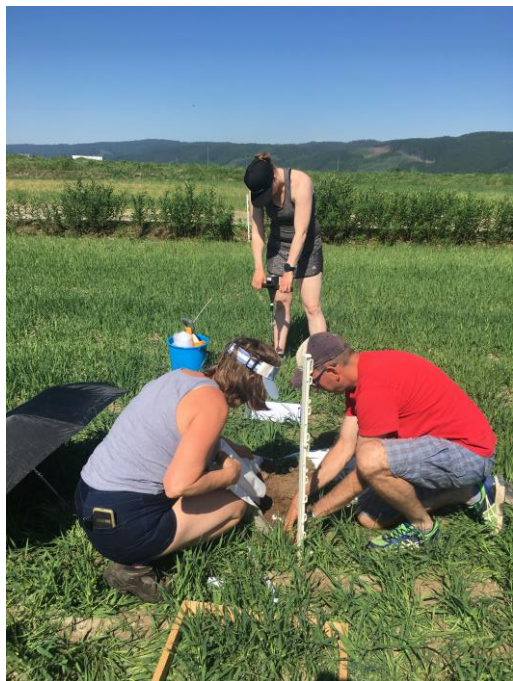
Litt mer arbeid enn telling av mark, men spennende å vise litt annet jordliv også. Ta ut ca en desiliter (100 ml) med jord ved å banke en boks eller beger uten bunn (diam ca 5 cm) ned ca 5 cm i jorda. Stikke en kniv under og få opp boksen og jorda. Skjær av jord og røtter som stikker nedenfor kanten. Sett på et lokk eller noe plast i begge ender, slik at organismene ikke stikker av. Legg denne jordprøven på en netting (med grassiden ned) i en litt stor trakt og sett en 40 w lyspære eller tilsvarende over. Sett et lite glass/beger med 70 % etanol eller litt uttynna antibac under. Dyrene i jorda skal nå trekke seg bort fra lys og varmen og falle ned i begeret. Du kan så kikke på fangsten slik den er eller med forstørrelsesglass eller lupe. Tell antall i en slik prøve og gang opp med 500 for å få antall spretthaler pr m².

Spretthaler: <https://www.agropub.no/fagartikler/spretthalenes-forunderlige-verden>

Basert på det vi har undersøkt og erfaringer vi har gjort i prosjektet, anbefaler vi å gjøre flere av de mer enkle metodene på hvert sted. Dette fordi en enkelt måling eller vurdering av jordstruktur eller jordrespirasjonen ikke vil være representativ. Gjør dere flere ting, vil dere få sett forholdene fra ulike vinkler og kan lettere konkludere med om det er bra, middels eller dårlige forhold. Det er oftest så

stor variasjon innad på et skifte at flere målinger må til for å kunne bruke resultatene for å anbefale å gjøre store inngrep eller dyre tiltak. Det å bruke en enkel metode til å demonstrere fysiske, kjemiske og biologiske sammenhenger er derimot absolutt å anbefale.

Metodene og tipsene som vi har samlet vil bidra til å visualisere og konkretisere forhold som er viktige for gårdbrukeren, men lite synlig som for eksempel jordhelse, jordstruktur, mikrobiell aktivitet eller karboninnholdet i jorda.



6 Konklusjon

Vi fant mer organisk karbon, bedre jordstruktur både visuelt bedømt og vurdert som aggregatdannelse og aggregatstabilitet, raskere omdanning av organisk materiale og mer meitemark med eng i vekstskiftet enn der det var kun åkerdrift med korn/potet i jord dominert av silt og sand i Surnadal og Sør-Østerdal med Solør. Vi registrerte lavest karbonlagring, dårligst jordstruktur, minst omdanning av organisk materiale, minst meitemark og lavest biologisk aktivitet målt som jordrespirasjon ved kombinasjonen kun åkerdrift og gjødsling med bare mineralgjødsel. Gjødsling med husdyrgjødsel i åkerjord har økt karboninnholdet, gitt mer stabile jordaggregat og økt jordrespirasjonen. Vi fant like god karbonlagring i jorda på de gårdene som drev økologisk, som der det i tillegg til husdyrgjødsel ble gjødslet med mineralgjødsel. Vi anbefaler spaden som det beste redskapet for enkelt å vurdere jordas struktur, eventuelle såler eller pakka sjikt, rotvekst, innhold av meitemark og omdanning av plantematerialet som ble tilført året før. Denne kan suppleres med ulike enkle målemetoder.



7 Referanser

- Bernal, M.P., Sommer, S.G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L., Michel, F.C. 2017. Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. *Adv. Agron.* 144, 143–233. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2017.03.002>
- Bleken, M.A. 2016. Contribution to C-sequestration by leys in arable rotation during a 60 years long-term trial in southeast Norway. I: The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. European Grassland Federation EGF 2016 ISBN 978-82-17-01677-9. s. 874-876
- Bongiorno, G., Bünemann, E.K., Oguejiofor, C.U., Meier, J., Gort, G. 2019. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators*, 99, 38-50.
- Froseth, R. B., & Bleken, M. A. 2015. Effect of low temperature and soil type on the decomposition rate of soil organic carbon and clover leaves, and related priming effect. *Soil Biology & Biochemistry*, 80, 156-166. doi:10.1016/j.soilbio.2014.10.004
- Haynes R.J., Swift R.S. og Stephen R.C. 1991. Influence of mixed cropping rotations (pasture – arable) on organic matter content, water stable aggregation and clod porosity in a group of soils. *Soil & Tillage* 19: 77 – 87.
- Kuznyakov, Y. & Domansik, G. 2000. Carbon input by plants into the soil. Review. *J. Plant Nutr. Soil. Sci.* 163, 421-431.
- Marti, M. 1984. Getreiebau ohne Plug im Südosten Norwegens - Wirkung auf Ertrag, Physikalische und Chemische Bodenparameter. Dr. Sci Thesis, Agricultural University of Norway, 155 pp.
- Pommeresche, R., Frøseth, R. og Hugh Riley. 2019. Hvordan måles innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord? NORSØK FAGINFO nr 1, 2019. <https://orgprints.org/34362/>
- Rasse, D.P., Rumpel, C., Dignac, M.F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant Soil* 269, 341–356. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0907-y>
- Riley, H. 2015. Residual value of inorganic fertilizer and farmyard manure for crop yields and soil fertility after long-term use on a loam soil in Norway. *Nutr Cycl Agroecosyst*, Published on line Dec. 2015.DOI 10.1007/s10705-015-9756-8
- Riley, H., Bakkegard, M. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *ACTA Agric. Scand. Sect. B-SOIL PLANT Sci.* 56, 217–223.
- Risberg, K., Cederlund, H., Pell, M., Arthurson, V., Schnürer, A. 2017. Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – Chemical composition and effects on soil microbial activity. *Waste Manag.* 61, 529–538. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.016>
- Serikstad, G.L., Pommeresche, R., McKinnon, K. og Hansen, S. 2018. Karbon i jord – kilder, handtering, omdanning. NORSØK-rapport. 3 (9). 60 sider.
- Stewart, C. E., m.fl., 2009. "Soil carbon saturation: Implications for measurable carbon pool dynamics in long-term incubations." *Soil Biology and Biochemistry* 41(2): 357-366.

- Sveistrup, T.E., Njøs, A. 1984. Kornstørrelsesgrupper i mineraljord Revidert forslag til klassifisering Textural classes in mineral soils Revised proposal for a classification system, 8-15. Det Norske Jord- og Myrselskap. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2489348>
- Tautges, N.E., Chiartas, J.L., Gaudin, A.C.M., O'Geen, A.T., Herrera, I., Scow, K.M. 2019. Deep soil inventories reveal that impacts of cover crops and compost on soil carbon sequestration differ in surface and subsurface soils. Glob. Chang. Biol. gcb.14762. <https://doi.org/10.1111/gcb.14762>
- Uhlen, G., Kolnes, A.-G., Thorbjørnsen, B. 1994. No Title Effects of long-term crop rotations, fertilizer, farm manure and straw on soil productivity: I. Experimental design and yields of grain, hay and row crops. Nor. J. Agric. Sci. 8, 243–258.
- Uhlen, A.K., Børresen, T., Deelstra, J., Krogstad, T., Waalen, W., Strand, E., Bleken, M.A., Seehusen, T., Kværnø, S., Sundgren, T., Lillemo, M., Riley, H., Abrahamsen, U. og Øygarden, L. 2017. Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis En vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkninger i kornproduksjonen. NIBIO RAPPORT, VOL.3 NR. 87, 2017. ISBN: 978-82-17-01888-9. ISSN: 2464-1162

Vedlegg 1

Beskrivende statistikk for alle gårder delt på Gårdtype

Forklaring som i figur 26

Variable	Gårdtype	N	SE		StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maks
			Mean	Mean						
JS10_20 cm	Vekstskifte	28	2.2	0.1	0.4	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0
omd. Pl.rest	Vekstskifte	28	2.1	0.1	0.5	1.5	2.0	2.0	2.0	3.0
cm rot dybde	Vekstskifte	28	34.6	1.0	5.1	26.0	30.0	34.0	37.0	50.0
Pentr.dyp_ cm	Vekstskifte	28	27.7	1.1	6.0	19.4	23.8	27.4	31.2	50.6
mm_infiltrasjon	Vekstskifte	28	5.0	1.2	6.5	0.5	1.9	2.8	5.8	32.9
Porevolum	Vekstskifte	28	54.5	0.9	4.6	46.3	51.4	54.0	57.6	67.9
Aktivt karbon mg/kg tørr jord	Vekstskifte	28	299.2	11.7	61.9	197.9	252.5	287.5	342.9	480.7
resp. mg CO2-C /g tørr jord	Vekstskifte	28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aggr_stab_2_6_mm.	Vekstskifte	27	81.0	2.7	13.8	53.3	73.0	88.6	92.6	96.6
2-6 mm	Vekstskifte	28	20.1	1.2	6.5	6.7	17.1	19.9	24.7	31.6
% Organisk karbon	Vekstskifte	28	1.8	0.1	0.3	1.1	1.7	1.9	1.9	2.3
ant meitemark/m2	Vekstskifte	28	205.4	37.6	198.8	0.0	0.0	175.0	337.5	650.0
JS10_20 cm	Åker	36	1.9	0.1	0.4	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5
omd. Pl.rest	Åker	36	1.8	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0	3.0
cm rot dybde	Åker	36	30.9	0.9	5.7	23.0	27.3	29.5	34.5	50.0
Pentr.dyp_ cm	Åker	34	25.0	1.1	6.4	9.8	22.5	25.8	27.7	40.8
mm_infiltrasjon	Åker	34	3.8	0.7	4.2	0.4	1.4	2.2	5.6	19.7
Porevolum	Åker	34	51.2	0.7	4.2	42.5	47.2	51.6	54.7	59.3
Aktivt karbon mg/kg tørr jord	Åker	34	262.8	25.0	145.8	0.0	180.7	230.3	335.8	616.0
resp. mg CO2-C /g tørr jord	Åker	34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aggr_stab_2_6_mm.	Åker	34	63.4	3.7	21.7	19.3	52.2	67.0	80.1	92.1
2-6 mm	Åker	34	14.2	1.0	6.0	2.5	9.5	16.1	19.4	22.2
% Organisk karbon	Åker	34	1.5	0.1	0.4	0.9	1.2	1.3	1.8	2.4
ant meitemark/m2	Åker	34	35.3	7.8	45.3	0.0	0.0	0.0	62.5	150.0

Vedlegg 2 Beskrivende statistikk for gårder ved ulik gjødsling

Results for Gårdtype = Vekstskifte

Forklaring som i figur 26 og 29

Variable	Gjødsel	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Organisk karbon	MO	18.0	1.8	0.1	0.4	1.1	1.6	1.8	2.1	2.3
POXC karbon	MO	18.0	295.0	16.4	69.4	197.9	244.7	280.5	343.0	480.7
Respirasjon	MO	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omd. Pl.rest	MO	18.0	2.3	0.1	0.5	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0
Jordstruktur	MO	18.0	2.1	0.1	0.4	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5
Aggregat stab.	MO	17.0	76.7	3.6	14.7	53.3	63.0	75.7	91.7	96.6
Aggregat 2-6 mm	MO	18.0	19.4	1.8	7.6	6.7	12.4	19.0	25.4	31.6
Rotdybde	MO	18.0	34.2	1.3	5.5	28.0	30.0	33.0	36.3	50.0
Pentr.dyp	MO	18.0	29.0	1.5	6.6	19.4	24.8	29.0	31.4	50.6
Infiltrasjon	MO	18.0	5.5	1.7	7.4	1.1	2.0	3.3	5.2	32.9
Porevolum	MO	18.0	54.0	1.2	5.2	46.3	50.9	53.7	57.4	67.9
Organisk karbon	O	10.0	1.8	0.0	0.1	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9
POXC karbon	O	10.0	306.9	15.1	47.7	238.7	263.6	316.9	349.8	371.1
Respirasjon	O	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omd. Pl.rest	O	10.0	1.9	0.1	0.2	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
Jordstruktur	O	10.0	2.4	0.1	0.3	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0
Aggregat stab.	O	10.0	88.5	2.6	8.1	66.6	88.3	90.0	93.1	95.6
Aggregat 2-6 mm	O	10.0	21.3	1.2	3.8	17.6	19.4	20.0	22.6	31.0
Rotdybde	O	10.0	35.4	1.4	4.5	26.0	33.8	36.0	38.5	41.0
Pentr.dyp	O	10.0	25.5	1.4	4.3	20.2	21.8	24.7	29.1	32.2
Infiltrasjon	O	10.0	4.2	1.5	4.8	0.5	1.3	2.4	6.3	16.4
Porevolum	O	10.0	55.2	1.1	3.5	48.4	52.8	55.5	58.0	60.2

Results for Gårdtype = Åker

Variable	Gjødsel	N	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Organisk karbon	M	14.0	1.3	0.1	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	2.4
POXC karbon	M	14.0	253.8	44.4	166.0	80.4	165.5	200.7	275.7	616.0
Respirasjon	M	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omd. Pl.rest	M	16.0	1.5	0.1	0.4	1.0	1.1	1.5	2.0	2.0
Jordstruktur	M	16.0	1.8	0.1	0.4	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5
Aggregat stab.	M	14.0	54.9	6.1	22.8	19.3	32.7	52.8	79.5	89.3
Aggregat 2-6 mm	M	14.0	10.9	1.7	6.3	2.5	3.7	11.5	16.7	21.4
Rotdybde	M	16.0	30.1	1.3	5.3	23.0	26.3	29.0	32.5	40.0
Pentr.dyp	M	14.0	25.7	0.8	3.0	19.2	24.1	26.3	27.7	30.8
Infiltrasjon	M	14.0	3.7	1.0	3.8	0.4	1.2	2.5	5.6	14.3
Porevolum	M	14.0	49.9	1.3	4.7	42.5	45.3	51.1	52.7	59.3
Organisk karbon	MO	14.0	1.6	0.1	0.3	1.1	1.3	1.7	1.9	1.9
POXC karbon	MO	14.0	250.4	40.8	152.8	0.0	162.9	206.2	367.7	540.2
Respirasjon	MO	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omd. Pl.rest	MO	14.0	2.0	0.1	0.4	1.5	1.9	2.0	2.1	3.0
Jordstruktur	MO	14.0	2.1	0.1	0.3	1.5	2.0	2.0	2.1	2.5
Aggregat stab.	MO	14.0	67.4	5.9	22.0	19.9	60.4	70.4	86.6	92.1
Aggregat 2-6 mm	MO	14.0	18.6	0.6	2.1	13.9	17.9	18.3	20.1	22.2
Rotdybde	MO	14.0	33.4	1.7	6.4	25.0	28.0	32.5	36.3	50.0
Pentr.dyp	MO	14.0	24.5	2.5	9.5	9.8	14.1	25.7	32.3	40.8
Infiltrasjon	MO	14.0	5.0	1.4	5.0	1.0	1.8	2.7	7.0	19.7
Porevolum	MO	14.0	51.0	1.0	3.6	45.7	48.0	50.6	53.5	57.5
Organisk karbon	O	6.0	1.7	0.1	0.3	1.3	1.3	1.8	2.1	2.1
POXC karbon	O	6.0	312.8	26.5	64.9	230.8	246.6	323.7	354.2	411.4
Respirasjon	O	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omd. Pl.rest	O	6.0	1.8	0.2	0.4	1.0	1.4	2.0	2.0	2.0
Jordstruktur	O	6.0	1.6	0.2	0.4	1.0	1.4	1.5	2.0	2.0
Aggregat stab.	O	6.0	73.8	4.3	10.5	61.7	63.8	73.3	85.1	85.3
Aggregat 2-6 mm	O	6.0	11.4	2.2	5.5	5.3	7.9	9.7	15.7	21.1
Rotdybde	O	6.0	27.7	0.9	2.2	25.0	25.0	28.5	29.3	30.0
Pentr.dyp	O	6.0	24.3	1.6	3.9	20.0	20.3	24.2	27.8	29.6
Infiltrasjon	O	6.0	1.4	0.3	0.8	0.6	0.7	1.3	2.0	2.7
Porevolum	O	6.0	54.9	0.9	2.1	52.7	53.0	54.5	56.9	57.9



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no