

## Bioforsk Rapport

Vol. 8 Nr. 131 2013

# Klimagasser fra omgravd myr

Orienterende undersøkelser av utslipp fra omgravd myr sammenlignet med tradisjonell dyrket myr og mineraljord

Arne Grønlund, Simon Weldon, Samson Øpstad, Matthias Zielke & Erling Fjelldal

Bioforsk Jord og miljø  
Bioforsk Vest - Fureneset  
Bioforsk Nord - Holt







**Hovedkontor**  
Frederik A. Dahls vei 20,  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Fax: 63 00 92 10  
post@bioforsk.no

**Bioforsk Jord og miljø**  
Frederik A. Dahls vei 20  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Faks: 63 00 94 10  
jord@bioforsk.no

**Tittel/Title:**  
Klimagasser fra omgravd myr.  
Orienterende undersøkelser av utslipp fra omgravd myr sammenlignet med tradisjonell dyrket myr og mineraljord.

**Forfatter(e)/Autor(s):**  
Arne Grønland, Simon Woldon, Samson Øpstad, Matthias Zielke & Erling Fjelldal

<b>Dato/Date:</b> 25.10.2013	<b>Tilgjengelighet/Availability:</b> Åpen	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> 8125	<b>Arkiv nr./Archive No.:</b>
<b>Rapport nr./Report No.:</b> 131/2013	<b>ISBN-nr.:</b> 978-82-17-00976-4	<b>Antall sider/Number of pages:</b> 23	<b>Antall vedlegg/Number of appendix:</b>

<b>Oppdragsgiver/Employer:</b> Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket Fordet for jord- og myrundersøkelser (myrfondet)	<b>Kontaktperson/Contact person:</b> Kaja Killingland
--	--

<b>Stikkord/Keywords:</b> Myr, klimagasser, CO <sub>2</sub> , lystgass Organic soil, greenhouse gases, CO <sub>2</sub> , nitrous oxide	<b>Fagområde/Field of work:</b> Jordkvalitet og klima Soil quality and climate
--	--

**Sammendrag**  
Rapporten oppsummerer resultater fra et prosjekt for måling av klimagasser myr dyrket ved omgraving, sammenlignet med mineraljord og vanlig dyrket myr. Målingene er gjort i Svanvik i Sør-Varanger, Holt i Tromsø og Steinset i Fjaler.  
Omgravd myr ser ut til å kunne gi lavere C-tap enn vanlig dyrket myr når karboninnholdet i den overliggende mineraljorda er lavt. Målingene viste relativt lave utslipp av lystgass og gir ikke grunnlag for å si noe ut effekten av omgraving av myr.

**Summary:**  
The report presents results from a study which examines the greenhouse gas emission from inverted organic soil (where mineral soil has been placed on the top of the organic layer), compared to the emission from mineral soil and conventionally cultivated organic soil.  
The C loss seems to be lower from inverted organic soil than from organic soil, provided that the SOM content in the mineral topsoil is low. The N<sub>2</sub>O emissions were low from all measurements, and no significant differences between the soil types could be observed.

<i>Land/fylke:</i>	Norge/ Finnmark, Troms, Sogn og Fjordane
<i>Kommune:</i>	Sør-Varanger, Tromsø, Fjaler
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Svanvik, Holt, Steinset i Guddal

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

---

Daniel Rasse

---

Arne Grønlund

## Forord

---

Denne rapporten er en sluttrapport fra prosjektet "Klimagassutslipp fra dyrket Omgravd myr" som er finansiert av Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i landbruket og Fondet for jord- og myrundersøkelser. Prosjektet er gjennomført av Bioforsk ved følgende prosjektgruppe:

Arne Grønlund, Bioforsk, Jord og miljø (prosjektleder)

Simon Weldon, Bioforsk jord og miljø

Samson Øpstad, Bioforsk Vest - Fureneset

Matthias Zielke, Bioforsk Nord - Holt

Erling Fjellidal, Bioforsk Jord og miljø - Svanhovd

## Innhold

---

1. Sammendrag.....	5
2. Innledning.....	6
3. Materiale og metoder.....	8
3.1 Lokalteter .....	8
3.2 Jordbeskrivelse.....	12
3.3 Måling av gassutslipp.....	13
3.4 Beregning av C-balanse .....	14
4. Resultater og diskusjon.....	15
4.1 Utslipp av CO <sub>2</sub> .....	15
4.2 Lystgass.....	18
4.3 Metan .....	21
5. Konklusjoner .....	23
6. Referanser .....	24

# 1. Sammendrag

---

Dyrket myr bidrar til store utslipp av klimagassene CO<sub>2</sub> og lystgass (N<sub>2</sub>O). Omgravd myr er dyrket myr hvor en del av den underliggende mineraljorda er lagt som et lokk over torvlaget, og hvor det er skråstilte lag med mineraljord fra undergrunnen til overflata som et drenerende lag. Formålet med denne dyrkingsmetoden har vært å forbedre dreneringen og bæreevnen. For å finne ut om den også kunne bidra til lavere klimagassutslipp enn tradisjonell dyrking, ble det gjennomført en orienterende undersøkelse i 2011 og 2012 for å måle klimagassutslipp i tre områder hvor det var dyrket myr ved omgraving, i Svanvik i Sør-Varanger, Holt i Tromsø og ved Steinset i Fjaler. På hver lokalitet ble det målt utslipp fra omgravd myr, mineraljord og vanlig dyrket myr (ved rørgrøfting eller profilering). Det ble tatt ut gassprøver i små flasker fra 3 kammere på hver jordtype. På grunn av uhell viste det seg at prøveflaskene fra Svanvik og Holt i 2012 var tomme. Det foreligger derfor bare resultater fra disse lokalitetene for 2011.

CO<sub>2</sub>-utslippene var generelt høye på alle lokalitetene og jordtypene, noe som tyder på et betydelig C-tap. For Svanvik og Holt er det estimerte C-tapet fra omgravd myr lavere enn fra organisk jord, men resultatene er svært usikre på grunn av få måletidspunkter. På Steinset hadde omgravd myr et netto CO<sub>2</sub>-utslipp som var noe mindre enn fra organisk jord, men vesentlig høyere enn fra mineraljord. Dette utslippet skyldes trolig stor innblanding av torv i den overliggende mineraljorda.

Lystgassutslippene var svært lave i Svanvik og Holt, men på grunn av få målinger kan det ikke påvises sikre forskjeller mellom jordtypene. Ved Steinset var lystgassutslippene på et høyere nivå og viste større variasjon. Høsten 2011 var utslippene størst på mineraljord og svært lave på organisk og omgravd jord, trolig på grunn av mye nedbør og denitrifikasjon til N<sub>2</sub>-gass på den organiske jorda. Våren 2012 var utslippene størst på organisk jord og omtrent like store på mineraljord og omgravd jord. Det ble ikke påvist store utslipp etter gjødsling, noe som kan skyldes lite nedbør. Ved siste måledato skjedde det en økning i utslippene fra mineraljord og organisk jord, etter at det hadde kommet 10 mm nedbør.

Lystgassutslippene var noe lavere på omgravd jord enn på organisk jord. Alle jordtypene viste imidlertid lave utslipp og vesentlig lavere enn beregnet ut fra IPCCs standard koeffisienter. Forskjellen var størst for organisk jord hvor de estimerte utslippet for hele sesongen var mindre enn 10 % av forventet.

Utslipp av metan ble bare påvist på organisk jord ved Steinset, men i små mengder sammenlignet med naturlig myr. På de andre feltene ble det registrert et svakt negativt utslipp som skyldes oksidasjon av metan til CO<sub>2</sub> i jorda.

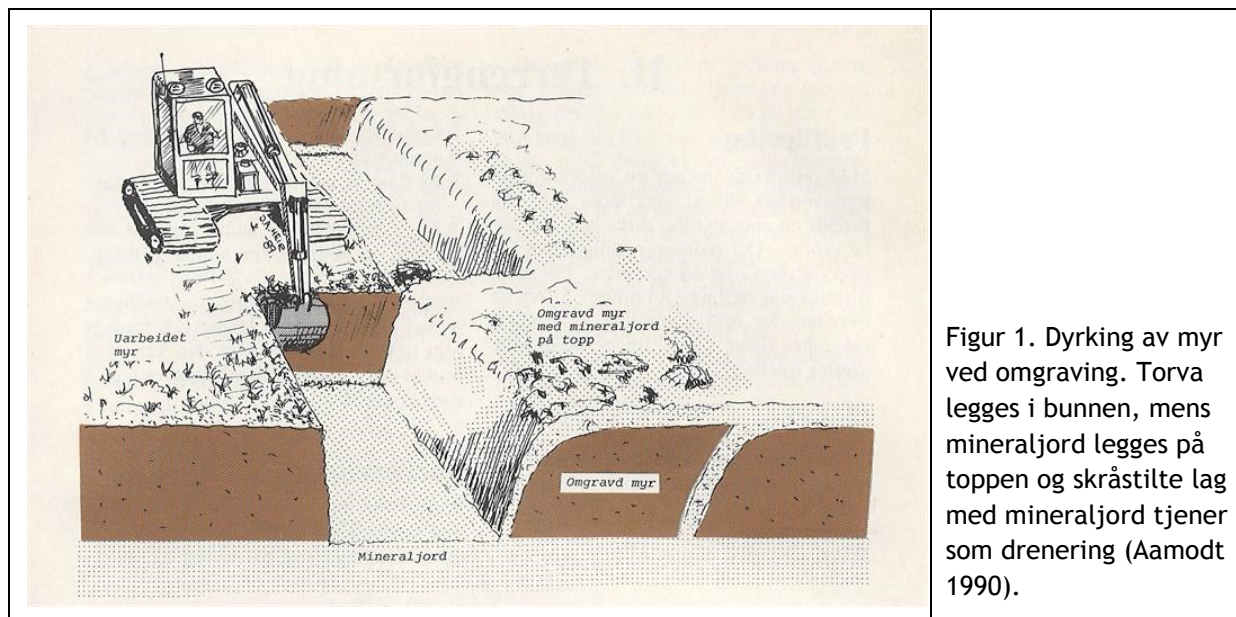
Resultatene fra den orienterende undersøkelsen tyder på at dyrking av myr ved omgraving kan gi lavere C-tap enn tradisjonell dyrking dersom det er lite torv innblandet i den overliggende mineraljorda. Klimagassutslippene fra omgravd myr må antas å vise stor variasjon som følge av variasjon i tykkelse av overliggende mineraljordlag og innblanding av torv i mineraljorda. Nye og flere målinger er nødvendig for å kunne trekke sikrere konklusjoner om hvorvidt dyrking ved omgraving generelt gir lavere klimagassutslipp enn tradisjonell dyrking basert på drenering ved rørgrøfter eller profilering.

## 2. Innledning

Den tradisjonelle metoden for dyrking av myr innebærer drenering, jordarbeiding av overflata, kalking og gjødsling. Disse inngrepene fører til at torvlaget synker sammen og at organisk materiale som er bygd opp i løpet av flere tusen år brytes ned til CO<sub>2</sub> med varierende hastighet avhengig av dreneringsintensitet og driftsmåte. På grunnlag av observert myrsynking på Vestlandet i perioden 1950-1980, er det gjennomsnittlige årlige tapet anslått til ca 0,8 tonn karbon per dekar (Grønlund et al. 2008). Det aktuelle tapet i dag kan være lavere på grunn av mer omsatt torv, høyere mineralinnhold, mer langvarig eng og mindre åkerbruk. Dyrket myr er også kilde til utlipp av lystgass som har ca 300 ganger så stort oppvarmingspotensial som CO<sub>2</sub>. Det internasjonale klimapanelet benytter en standard utslippsfaktor på 0,8 kg N<sub>2</sub>O-N (ca 1,25 kg lystgass) per dekar for dyrket myr, som tilsvarer ca 400 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Til tross for at dyrket myr bare utgjør ca 7 % av jordbruksarealet i Norge, antas klimagassutslippene å utgjøre nærmere 30 % av utslippene fra jordbruket.

Drenering av myr med tradisjonell grøfting og med godt resultat er krevende. Egenskapene til torvjorda gjør at sigevannet beveger seg sakte (Hovde & Myhr 1980, Myhr 1984), og at det tar tid før torvjorda tørker tilstrekkelig opp med hensyn til jordbruksdrift og krav til rasjonell driftsmåte. Jordpakking forsterker problemene med infiltrasjon av vann, og luftveksling (Myhr 1984). I de seneste 10-årene har det ikke vært tilstrekkelig fokus på drenering som et tiltak som øker arealproduktiviteten og kan redusere tap av næringsstoff til luft og vann.

I 1980-årene ble det utviklet en ny metode for dyrking av myr basert på omgraving av jordmassene, hvor underliggende mineraljord blir gravd opp og lagt som et lokk over torvlaget. Det legges også skråstilte lag med mineraljord fra toppen og ned til undergrunnen. Formålet har vært å forbedre bæreevnen og bryte tette sjikt som vanskeliggjorde dreneringen (Johansen 2010). Metoden er egnet på områder hvor det er sandrik undergrunn og hvor torvlaget ikke er tykkere enn ca 2 meter. Dersom den overliggende mineraljorda er minst 20 cm tykt, er det antatt at nedbrytingen av torva blir redusert og CO<sub>2</sub>- og lystgassutslippene kan bli mindre enn ved tradisjonell dyrking.



Figur 1. Dyrking av myr ved omgraving. Torva legges i bunnen, mens mineraljord legges på toppen og skråstilte lag med mineraljord tjener som drenering (Aamodt 1990).

Kilde: Horn (2010) <http://tunrappen.lr.no/fagartikler/7765/>

Produksjon av lystgass (N<sub>2</sub>O) i jord er avhengig av tilgjengelig organisk karbon i jorda, pH, innhold av oksygen og vann i jorda, og dessuten jordtemperatur (Davidson et al. 2000). Ved oksygenkonsentrasjon



i jorda mindre enn 5 % er denitrifikasjonen den viktigste mikrobielle respirasjonsprosessen når det er tilgjengelig nitrat (Philippot et al. 2007). Våtere jord og mindre oksygeninnhold kan føre til større lystgass ( $N_2O$ ) emisjon, da slik jord i større grad er anoksisk (Baggs et al. 2010). Ved slike forhold, vannmetta og dels anaerob jord, kan mer  $N_2O$  bli redusert og emittert som  $N_2$  (Davidson et al. 2000). I torvjord med høg omdanningsgrad og høgt vanninnhold går luftdiffusjonen sakte (Sognnes et al. 2006).

Grunnvannstanden virker inn på mengde  $N_2O$  emittert fra jorda. En senking av grunnvannstanden etter drenering kan øke emisjonen av  $N_2O$  fra organisk jord. Ut fra undersøkelser er det vist at  $N_2O$  emisjonen er størst fra jord som har høgt innhold av nitrogen (Kasimir- Klemedtson et al. 1997). Dette gjelder også hvilke plantemateriale som har gitt opphav til den organiske jorda. Hovlandsdal (2011) fant liten bakgrunnsemisjon fra torvjord på Fureneset med høg grunnvannstand, bortsett fra like etter gjødsling med mineralgjødsel om sommeren.

Det er tidligere ikke foretatt undersøkelser av klimagassutslipp fra omgravid myr og en vet derfor ikke om utslippene denne dyrkingsmetoden er på samme nivå som ved tradisjonell dyrking.

I denne rapporten er det presentert resultatene fra en orienterende undersøkelse med måling av klimagassutslipp fra myr dyrket ved ulike metoder og i ulike områder.

## 3. Materiale og metoder

### 3.1 Lokalteter

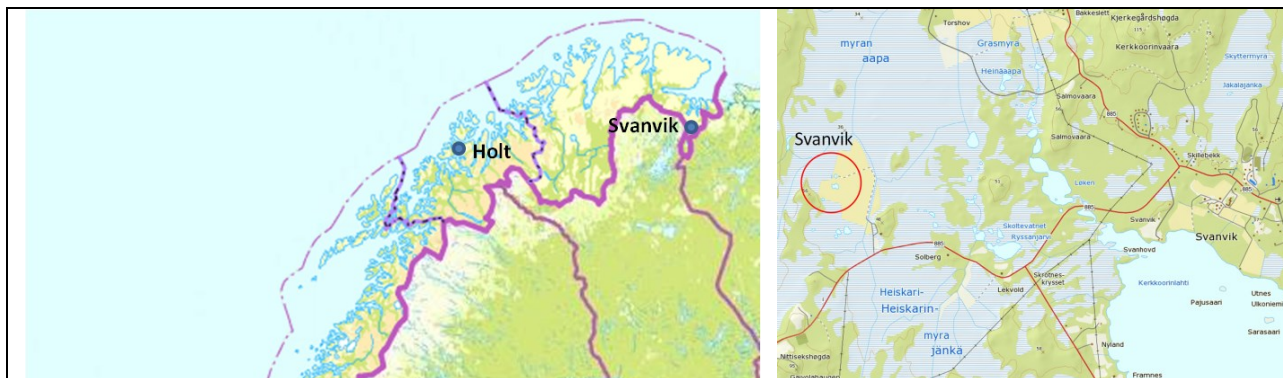
Prosjektet er gjennomført i tre områder hvor det fins myr dyrket ved omgraving og tradisjonelle metoder, i nærheten av en Bioforsk-enhet:

- Bioforsk Jord og miljø, Svanhovd, Svanvik i Sør-Varanger
- Bioforsk Nord, Holt, Tromsø
- Bioforsk Vest, Fureneset

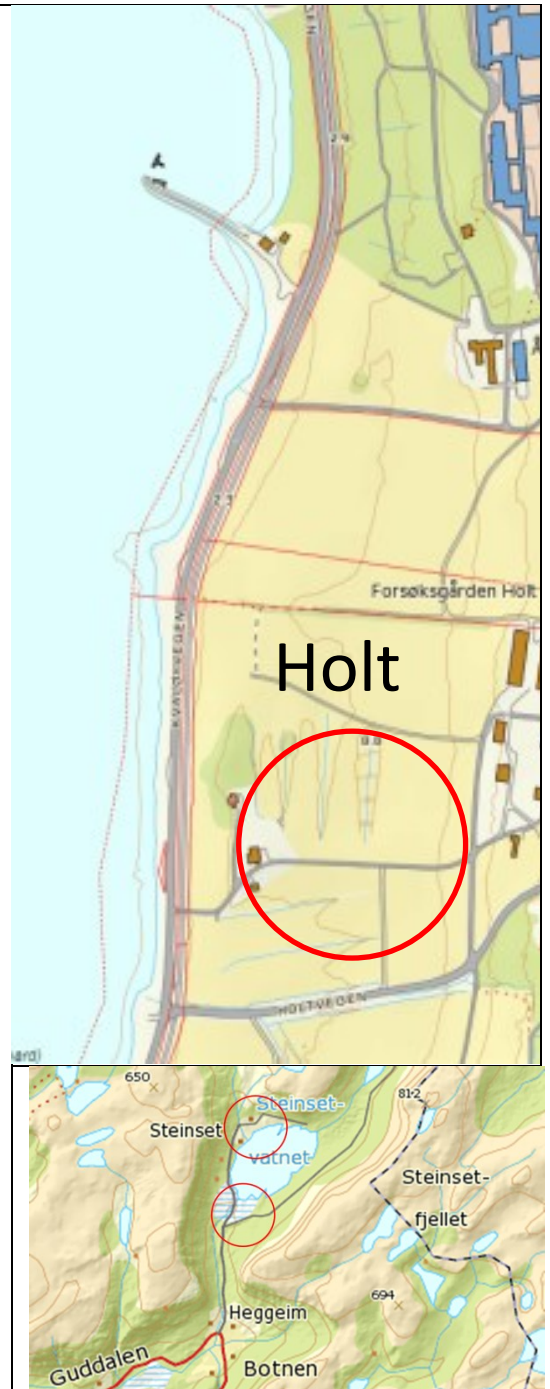
Lokalitetene for målingene er vist i figur 2 og 3. Målingene i Svanvik er gjort 4 ca km vest for Svanhovd. På Holt er målingene foretatt på forsøksgården mens målingene utført av Bioforsk Vest er lagt til Steinset ved Guddal i Fjaler, ca 33 km i luftlinje øst for Fureneset.

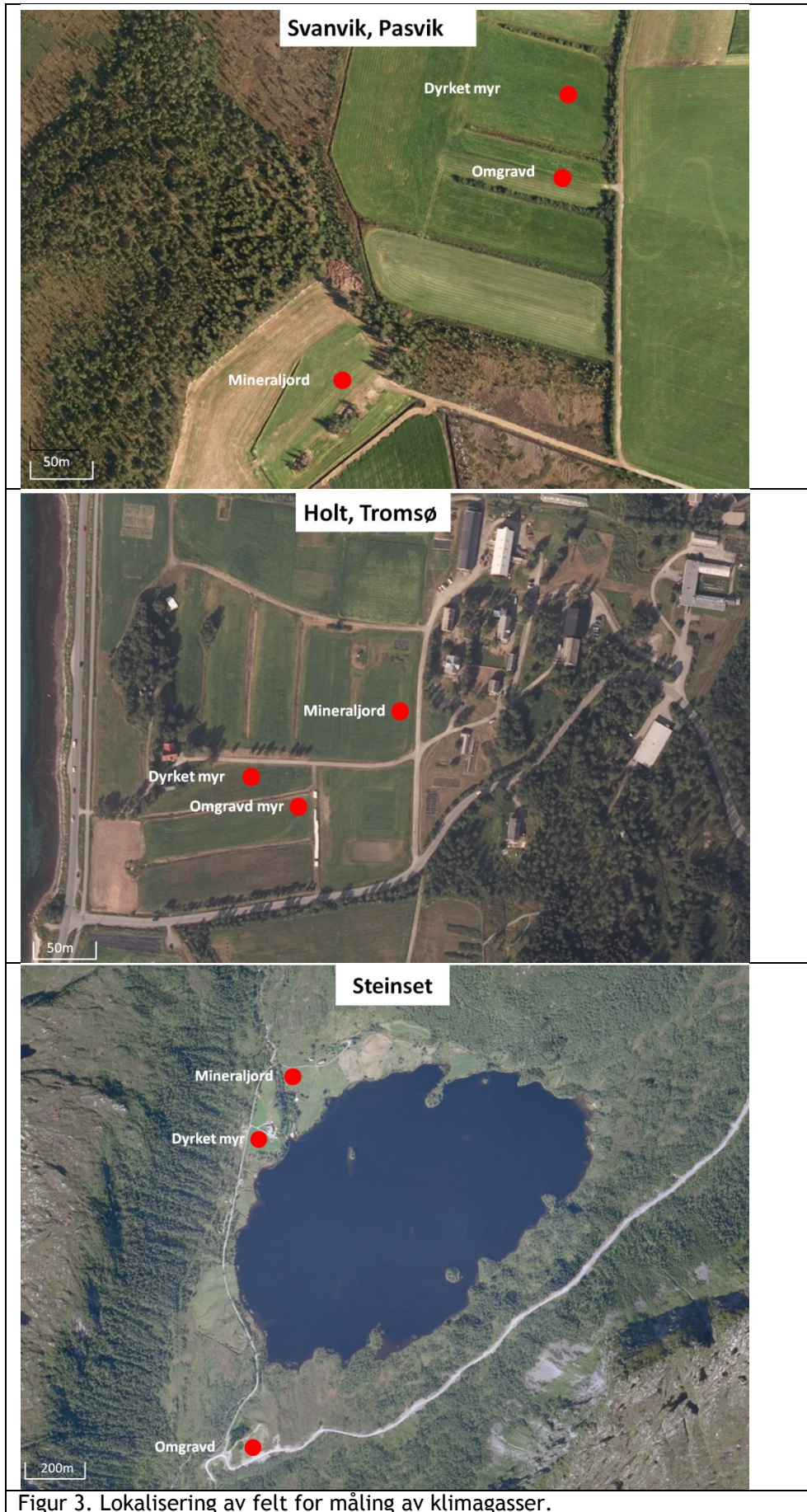
På hver lokalitet er det undersøkt tre typer av dyrket mark:

- Mineraljord
- Myr dyrket ved tradisjonell metode
- Myr dyrket ved omgraving



Figur 2. Lokalteter for måling av klimagasser.





Figur 3. Lokalisering av felt for måling av klimagasser.

Månedsnormalene for middeltemperatur og nedbør for de tre lokalitetene er vist i tabell 1. For Steinset er Førde nærmeste stasjon (ca 24 km i luftlinje) for temperaturmåling og Hovlandsdalen (60 m.o.h.) nærmeste stasjon (ca 10 km i luftlinje) for nedbørmåling. Data fra målestasjon Hovlandsdal er kontrollert mot data fra målestasjon Rørvikvatn ved Vadheim (350 m.o.h.), og som viser godt sammenfall. Tilsvarende tall for den aktuelle måleperioden er vist i tabell 2.

Tabell 1. Middeltemperatur og nedbør for normalperioden 1961-1990.

<b>Middeltemperatur</b>	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
Svanvik	-14,5	-13,0	-8,0	-2,0	4,5	10,5	14	11,5	6,5	0,5	-6,0	-11
Holt	-3,5	-3,5	-2,3	0,7	5,1	9,3	12,0	11,0	7	3,3	0	-2,5
Steinset (Førde)	-1,8	-2,2	1,4	4,5	9,9	13,5	14,2	13,9	10,4	7,0	1,5	-0,2

<b>Nedbør</b>	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
Svanvik	28	21	17	16	23	49	66	63	50	37	35	30
Holt	90	85	70	60	45	55	75	80	100	130	105	105
Steinset (Hovlandsdal)	313	228	260	154	137	172	193	232	408	395	367	375

Tabell 2. Middeltemperatur og nedbør per måned for perioden juni 2011-juli 2012.

<b>Middeltemperatur</b>	2011							2012						
	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	mai	juni	juli
Svanvik	10,8	14	11	9,2	3,7	-2	-3	-12	-13	-4,9	-2	5,7	9	12
Holt	11,3	11,3	12	10,2	6,4	4,5	0,3	-2,5	-2	0,4	0,4	4,5	9,1	11
Steinset (Førde)	12,3	15,3	14	11,5	7,4	5,2	0,9	-0,1	-0	3,7	3,5	8,9	12	14

<b>Nedbør</b>	2011							2012						
	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	jan	feb	mars	apr	mai	juni	juli
Svanvik	35	114	44	20	73	34	22	18	18	25	29	34	127	54
Holt	33	62	34	47	135	160	82	13	81	165	62	119	42	89
Steinset (Hovlandsdal)	288	150	152	453	531	380	426	278	425	382	77	195	74	267

## 3.2 Jordbeskrivelse

En enkel beskrivelse av jorda på målestedene er vist i tabell 2.

Tabell 2. Beskrivelse av jord på målefeltene.

	Dybde	Skjikttype	% glødetap	pH
Svanvik mineraljord	0-15	Matjordlag	7,0	6,10
	15-35	Utfellingslag	0,9	6,73
	60+	Undergrunnsjord	1,1	
Svanvik organisk jord	5-10	Matjordlag	51,6	6,24
	20-30	Torv	13,4	5,96
	40-50	Torv	25,3	
	60-70	Torv	28,1	
Svanvik omgravd	0-10	Matjordlag	3,4	7,09
	10-20	Omgravd mineraljord	0,0	5,98
	20-40	Omgravd mineraljord	0,0	
	60-70	Mineralblandet torv	16,4	
	70-100	Torv	23,6	6,11
Holt mineraljord	Topp	Matjordlag	9,4	5,21
	20	Utfellingslag 1	11,2	5,34
	60	Utfellingslag 2	10,3	5,69
	80	Undergrunnsjord	2,8	6,20
Holt organisk jord	Topp	Matjordlag	48,5	6,16
	20	Torv	47,8	6,31
	40	Torv	65,3	6,26
	60	Torv	66,7	6,27
	80	Torv	80,4	6,36
	100	Torv	79,5	6,43
Holt omgravd	Topp	Matjordlag	5,5	7,09
	20	Mineraljord	1,6	7,58
	40	Mineraljord	3,1	7,43
	60	Mineraljord	7,4	7,44
	80	Mineralblandet torv	26,7	7,44
	100	Mineraljord	6,4	7,54
	120	Mineraljord	9,2	7,68
Steinset mineraljord	0-10	Matjordlag	15,0	4,43
	10-30	Utfellingslag 1	3,3	4,29
	30-50	Utfellingslag 2	1,6	
	>50	Undergrunnsjord	0,7	
Steinset organisk jord	0-8	Matjordlag	47,0	4,84
	8-17	Torv	94,8	5,21
	18-35	Torv	95,5	4,83
	35-54	Torv	91,0	
	54-75	Torv	96,2	
	110-120	Undergrunn	7,8	
Steinset omgravd	0-12	Matjordlag	19,4 %	6,68
	12-15	Utfellingslag 1	8,4 %	5,56
	15-35	Utfellingslag 2	8,5 %	
	35-55	Undergrunnsjord	4,0 %	
	90-115	Nedgravd organisk jord	55,1 %	4,87

### 3.3 Måling av gassutslipp

På hver jordtype ble det plassert 3 kammere (figur 4), bestående av en ramme som var plassert permanent i jorda, og et ugjennomsiktig plastkammer som var plassert i rammen med bunnen opp mens gassmålingene ble foretatt. Totalt ble det plassert ut 27 kammere.

Prøvetakingen ble foretatt ved bruk av en kanyle som ble koblet til små vakuumflasker (vacutainere) hvor gassprøven ble samlet. Det ble tatt ut prøver etter 0, 10 og 30 minutter etter at plastkammeret var plassert i rammen.

Gassmålingene foregikk i perioden høst 2011 - sommer 2012, 3 - 4 prøvetakingskampanjer i 2011 og 7 i 2012. Det var opprinnelig ønskelig at ulike værepisoder var representert i prøvetakingen. For 2012 ble det lagt vekt på å ta ut gassprøver like før og like etter gjødsling, for å undersøke effekten av N-gjødsling på lystgassutslipp.

Totalt ble det tatt ut 648 prøver for hele prosjektperioden.

Konsentrasjonen av CO<sub>2</sub>, lystgass og metan ble målt ved bruk av gasskromatografi, ved Bioforsk og UMB. Gassfluksen ble beregnet som funksjon av økningen i gasskonsentrasjonen i kammeret.

Ved analysene viste det seg at det hadde skjedd et uhell ved prøvetakingen på Svanvik og Holt i 2012, og at alle prøveflaskene var tomme. Fra disse lokalitetene har en derfor bare resultater for 2011.



Figur 4. Kammer for uttak av gassprøver.

### 3.4 Beregning av C-balanse

Det som blir målt som CO<sub>2</sub>-utslipp i kammerne er total respirasjon som er summen av jordrespirasjon, respirasjon fra levende planter og eventuell respirasjon fra nedbryting av tilført husdyrgjødsel. Jordas C-balanse, som er et mål for netto CO<sub>2</sub>-utslipp, kan beregnes som:

Brutto fotosyntese  
+ Eventuelt tilført C i husdyrgjødsel  
- Høstet avling  
- Total respirasjon  
= Jordas C-balanse

Brutto fotosyntese som kan estimeres på grunnlag av total biomasseproduksjon, C-innhold i biomasse og forholdstallet mellom total biomasseproduksjon og brutto fotosyntese. Totalt biomasseproduksjon forutsettes å utgjøre 55 % av brutto fotosyntese og kan beregnes som høstet tørrstoffavling x 1,4. Det forutsettes et tørrstoffinnhold i høy på 85 % og et C-innhold på 43 % av tørrstoffet.

Husdyrgjødsel antas å ha et tørrstoffinnhold på 7 % og et C-innhold på 40 % av tørrstoffet.



## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1 Utslipp av CO<sub>2</sub>

Utslippene av CO<sub>2</sub> er vist i figur 5. CO<sub>2</sub>-utslippene omfatter summen av CO<sub>2</sub> fra nedbryting av jord og døde planterester (jordrespirasjon), respirasjon fra levende planter (planterrespirasjon) og respirasjon fra nedbryting av eventuell organisk gjødsel. Figur 5 indikerer ingen store forskjeller i total CO<sub>2</sub>-utslipp mellom de tre jordtypene. På Svanvik var utslippene høyest på organisk jord og omtrent like store på mineraljord og omgravd jord. På Holt var utslippene lavest på omgravd jord og omtrent like store på mineraljord og organisk jord. På grunn av bare tre måletidspunkt er resultatene fra disse lokalitetene usikre. Ved Steinset er de målte utslippene gjennomgående lavest på mineraljord og høyest på omgravd jord.

Respirasjonen er sterkt avhengig av temperaturen. Ved lav temperatur, nær eller under 0 grader, kan respirasjonen antas å være neglisjerbar. Den aktive sesongen for respirasjonen antas derfor å være den delen av året hvor temperaturen er høyere enn ca 1 grad. For Svanvik og Holt kan den aktive sesongen antas å være månedene mai-oktober og for Steinset april november. Som vist i tabell 3 er middeltemperaturen for den aktive sesongen i 2011-2012 svært nær den gjennomsnittlige temperaturen for de dagene hvor målingene ble foretatt. En kan derfor anta at CO<sub>2</sub>-målingene er representative for hele den aktive sesongen.

Tabell 3. Antatt aktiv sesong for respirasjon og gjennomsnittstemperatur for antatt aktiv sesong og måletidspunkt for 2011-2012.

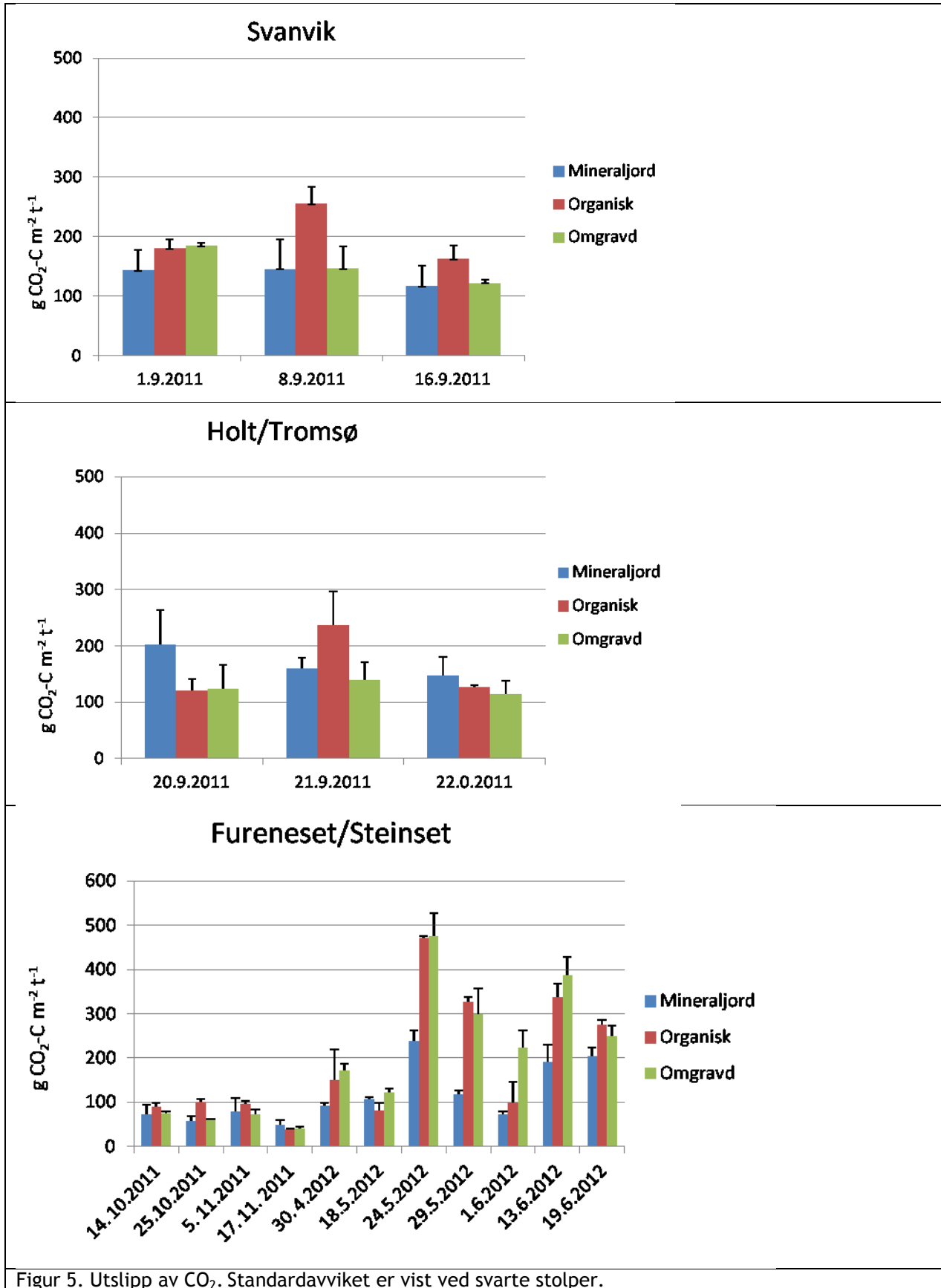
	Aktiv sesong	Gjennomsnittlig temperatur	
		Aktiv sesong	Måletidspunkt
Svanhovd	Mai-oktober	9,1	9,9
Holt	Mai-oktober	9,3	9,7
Steinset	April - november	9,8	9,8

Netto karbonbalanse i jord er differansen mellom tilført og tap av karbon i jorda. Tilførselen av karbon skjer gjennom fotosyntesen og spredning av husdyrgjødsel. Tap av karbon skjer gjennom respirasjon fra levende planter og nedbryting av organisk materiale i jord (jordrespirasjon) og bortføring av avling. Respirasjon fra levende planter og jordrespirasjon er det som måles i kammerne og vist i figur 5. Brutto fotosyntese kan estimeres på grunnlag av avlingsstørrelse (se kap. 3.4.) Høstet avling og tilført husdyrgjødsel er vist i tabell 4.

Tabell 4. Avling og tilført husdyrgjødsel.

	Avling, kg høy per dekar	Tonn husdyrgjødsel per dekar
Svanhovd	500	3,5
Holt	500	0
Steinset mineraljord	540	3,0
Steinset organisk	48	3,0
Steinset omgravd	719	5,0

For Svanhovd er avlingen oppgitt til 500 kg høy per dekar, og en har antatt at avlingen er den samme for Holt. For Steinset er avlingene for mineraljord, organisk og omgravd jord oppgitt til henholdsvis 90 %, 80 % og 120 % av normal avling for distriktet. Gjennomsnittlig høyavling for Sogn og Fjordane for 2011 og 2012 er 600 kg per dekar ifølge SSBs statistikkbank.



Figur 5. Utslipp av CO<sub>2</sub>. Standardavviket er vist ved svarte stolper.

Gjennomsnittet av målte CO<sub>2</sub>-utslipp og estimerte årlige CO<sub>2</sub>-flukser er vist i tabell 5.

Tabell 5. Gjennomsnittlig utslipp av CO<sub>2</sub>-C per time og estimerte C-flukser per år.

		Gjennomsnittlig CO <sub>2</sub> -utslipp, mg CO <sub>2</sub> -C m <sup>-2</sup> t <sup>-1</sup>	Estimerte C-flukser, kg dekar <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>					C-balanse	
			Tilført C		Tap av C				
			Brutto fotosyntese	C i husdyrgjødsel	Total respirasjon	Høstet avling	Absolutt verdi	I forhold til mineraljord	
Svanvik	Mineraljord	135	465	98	597	183	-217	0	
	Organisk	199	465	98	880	183	-500	-283	
	Omgravd	151	465	98	666	183	-285	-69	
Holt	Mineraljord	170	465	0	750	183	-467	0	
	Organisk	162	465	0	714	183	-432	35	
	Omgravd	126	465	0	555	183	-273	195	
Steinset-vannet	Mineraljord	116	502	84	679	197	-290	0	
	Organisk	189	446	84	1096	175	-741	-451	
	Omgravd	198	669	140	1157	263	-611	-321	

Negativ C-balanse innebærer netto CO<sub>2</sub>-utslipp og tap av karbon fra jorda. Som vist i tabell 5 er det estimerte C-tapet stort på alle lokalitetene og jordtypene, også fra mineraljord. Det knytter seg imidlertid stor usikkerhet til de absolutte verdiene for C-balansen. De estimerte verdiene for utslipp fra mineraljord kan virke usannsynlig høye, og dette tyder på at utslippene er overestimert. En av årsakene kan være at respirasjonen og CO<sub>2</sub>-utslipp ikke øker lineært med temperaturen, men antas omtrent å fordobles når temperaturen øker med 10 grader. Differansen mellom mineraljord og organisk/omgravd jord må derfor antas å gi en sikrere indikasjon på C-tapet enn de absolutte verdiene. En annen mulig årsak til de høye CO<sub>2</sub>-utslippene er at temperaturen i 2011-2012 var noe høyere enn normalt på alle tre lokalitetene.

For Svanvik og Holt er det estimerte C-tapet fra omgravd myr lavere enn fra vanlig dyrket organisk jord. På disse lokalitetene var innholdet av organisk materiale i de øverste 60 cm av den omgravde jorda svært lav. Resultatene fra Svanvik og Holt er for øvrig usikre på grunn av få måletidspunkter. Målingene fra Steinset kan regnes som mer pålitelige. De viser høye netto CO<sub>2</sub>-utslipp på alle jordtypene. Siden utslippene kan antas å være noe overestimert, må en legge mest vekt på forskjellene mellom jordtypene. Organisk jord har et estimert netto årlig C-tap per dekar som er ca 450 kg større enn mineraljord. Dette er i den størrelsesorden som en antar er gjennomsnittet for myr som har vært dyrket over en viss tid. Den omgravde jorda viste også stort C-tap, mer enn 300 kg større enn mineraljord. Det høye tapet fra omgravd jord skyldes trolig høyt innhold av organisk materiale i den øverste delen av mineraljorda som følge av innblanding av torv ved dyrking. Glødetapet er mellom 4 og 20 % i de øverste 55 cm, og dette tilsvarer en total karbonmengde på ca 20 tonn C per dekar i dette jordlaget. Dette er ca 10 ganger mer karbon enn i tilsvarende lag i omgravd organisk jord i Svanvik. Det estimerte årlige C-tapet fra omgravd organisk jord ved Steinset utgjør ca 2 % av den totale karbonmengden og er ikke større enn det som kunne forventes. Dette innebærer at C-tapet fra omgravd myr trolig er betinget av mengde torv som er blandet inn i den overliggende mineraljorda.

## 4.2 Lystgass

Utslippene av lystgass er vist i figur 6. Indikatoren for standardavvik viser at det er stor variasjon mellom de parallelle målingene representert ved de tre kammerne og derfor betydelig usikkerhet i målingene.

Svanvik og Holt viser svært lave utslipp, mindre enn  $15 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ t}^{-1}$ . Dette tilsvarer et utslipp på mindre enn 50 g  $\text{N}_2\text{O-N}$  per dekar for hele sesongen. De to siste målingene på Svanvik ble tatt etter en tørr periode. For øvrig var nedbørsforholdene på måletidspunktene omtrent som normalt for årstiden på de to lokalitetene.

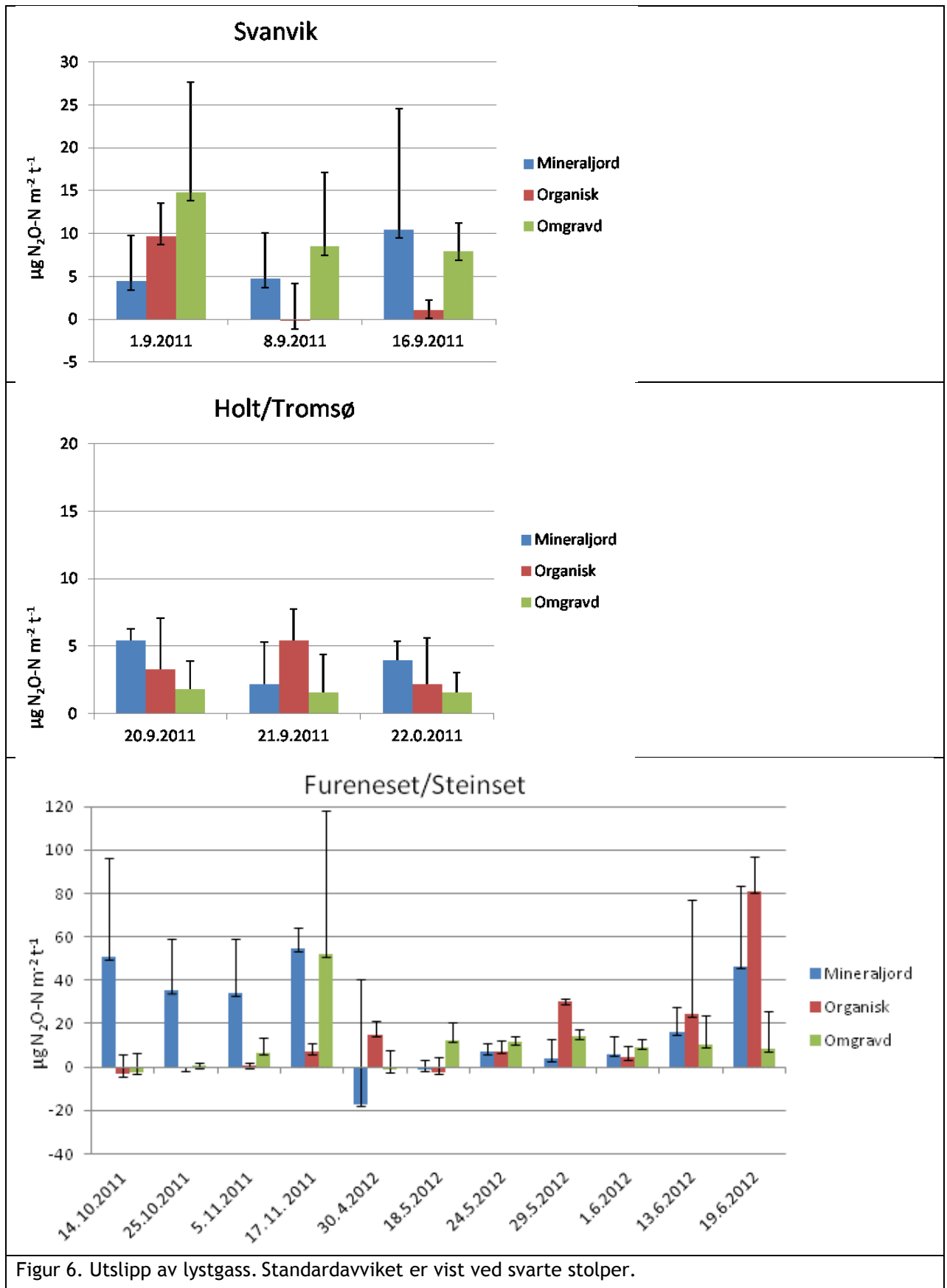
Lokalitetene med myr og omgravd myr på Holt ligger i et område med skjellsand som har ført til svært høy pH i jorda (ca 6,3 og myr og ca 7,5 i omgravd). Høy pH kan være årsak til de lave  $\text{N}_2\text{O}$ -utslippene.

Ved Steinset viste lystgassutslippene stor variasjon mellom måletidspunktene og jordtypene. Høsten 2011 var utslippene størst på mineraljord. Ved siste måling var utslippet omtrent like stort på omgravd jord, men for øvrig var utslippene fra omgravd og organisk jord svært lave høsten 2011. I noen tilfeller var utslippene negative, hvilket indikerer bakterieaktivitet i jorda som reduserer lystgass til nitrogengass ( $\text{N}_2$ ). De svært lave utslippene på organisk og omgravd jord skyldes trolig stor nedbør, anaerobt miljø i jorda og denitrifikasjon til  $\text{N}_2$ . På seinsommeren 2011 var nedbørsmengdene omtrent som normalt, mens høstmånedene var svært nedbørrike med bare få dager uten registret nedbør. Første måledato (14.10.2011) var en oppholdsdag, men etter en 10-dagers periode med til sammen 330 mm nedbør. Torvjorda var vannmettet, men på de andre jordartene var det frie vannet i ferd med å sige ut av jorda i de øverste jordlagene. Andre måledato (25.10.) var andre dag i en oppholdsperiode, etter en ny nedbørrik uke med 107 mm nedbør. Tredje måledato (05.11.) var etter en periode med veksling mellom nedbørrike dager og dager med lite eller ikke nedbør. Fjerde måledato (17.11.) var etter en periode med lite nedbør.

På våren og forsommeren 2012 var utslippene størst på organisk jord og omtrent like store på mineraljord og omgravd jord. Første måling (30.04) ble gjort før gjødsling. På omgravd jord var det tilført husdyrgjødsel ved andre måledato (18.05) og mineralgjødsel før tredje måledato (24.05.). På organisk jord og mineraljord ble mineralgjødsel tilført 11.06 og husdyrgjødsel etter første slått. I april 2012 var det vesentlig mindre nedbør enn normalt. Andre måledato (18.05) var etter en periode med 184 mm regn som er i overkant av det normale for årstida. De fire neste målingene ble tatt etter en svært nedbørfattig periode. Før siste måledato som var 19.06. kom det 10 mm nedbør de siste tre dagene. Den organiske jorda kunne karakteriseres som fuktig, mens det var tørt på de to andre jordtypene. Lystgassutslippene viste bare en liten økning etter gjødsling, men en sterkere økning etter nedbøren ved siste måletidspunkt.

Lystgassutslippene fra omgravd jord var lavere enn fra organisk jord, men ingen av målingene viste spesielt høye utslipp. Ifølge IPCCs standard koeffisienter beregnes utslipp av  $\text{N}_2\text{O-N}$  som 1,25 % av tilført N i mineralgjødsel, 2 % av tilført N i husdyrgjødsel og 0,8 kg per dekar fra dyrket myr (Sandmo 2012). I tabell 6 er det vist beregnet utslipp av lystgasse etter IPCCs standard koeffisienter i tillegg til estimerte utslipp for den frostfrie sesongen 2011-2012<sup>1</sup>, beregnet ut fra gjennomsnittet av målingene. De estimerte utslippene ut fra målingene er langt lavere enn det som kunne beregnes ut fra IPCCs standarder. Forskjellen er størst for organisk jord, hvor IPCC-beregnet utslipp er ca 1 kg  $\text{N}_2\text{O-N}$  per dekar, mens estimatet på grunnlag av målingene bare er mellom 0,02 og 0,09 kg. Det må tas forbehold om at  $\text{N}_2\text{O}$ -utslipp varierer sterkt over tid, og at det kan vært større utslippstopper mellom målingstidspunktene, spesielt om våren under snøsmelting og opptinging av jorda. Ved Steinset kan utslippene fra organisk jord ha vært begrenset av svært anaerobe forhold høsten 2011, som har favorisert denitrifikasjon til  $\text{N}_2$ , dårlig dreneringstilstand som medvirket til sein opptørking og tilførsel gjødsel våren 2012 og av lite nedbør forsommeren 2012 som kan ha hemmet denitrifikasjon.

<sup>1</sup> Frostfri periode for Svanvik er månedene mai-oktober og for Holt og Steinset månedene mars-desember.



Figur 6. Utslipp av lystgass. Standardavviket er vist ved svarte stolper.

Tabell 6. Tilført N i gjødsel, beregnet og målt utslipp av N<sub>2</sub>O-N, kg per dekar.

		Tilført N i gjødsel*		Beregnet N <sub>2</sub> O-N etter IPCC-standard			Estimerte N <sub>2</sub> O-N utslipp	
		Mineral-gjødsel	Husdyr-gjødsel	Mineral-gjødsel	Husdyr-gjødsel	Dyrket myr		Sum
Svanvik	Mineraljord	6,9	10,5	0,09	0,21		0,30	0,03
	Organisk	6,9	10,5	0,09	0,21	0,8	1,10	0,02
	Omgravd	6,9	10,5	0,09	0,21		0,30	0,05
Holt	Mineraljord	11,4		0,14	0		0,14	0,03
	Organisk	7,9		0,10	0	0,8	0,90	0,03
	Omgravd	11,4		0,14	0		0,14	0,01
Steinset	Mineraljord	8,8	9	0,11	0,18		0,29	0,15
	Organisk	8,8	9	0,11	0,18	0,8	1,09	0,09
	Omgravd	17,5	16	0,22	0,32		0,54	0,07

\* For Svanvik er det forutsatt tilførsel av mineralgjødsel etter norm.

pH er sentral for mange biologiske prosesser i jord. Kalking og økning av pH kan føre til økning i mineraliseringen av karbon og nitrogen. Dette kan videre, under gitte forhold, føre til økt nitrifikasjon og deretter denitrifikasjon som er hovedkildene for dannelse av lystgass (N<sub>2</sub>O) i jord.

Den omgravde myra ved Steinset ble dyrket i 2002. Det ble kalket med skjellsand ved oppdyrking, og er seinere overflatekalket med kalksteinsmjøl hvert andre eller tredje år. pH i jorda er høg (6,68), dette i motsetning til mineraljorda og den organiske jorda som har svært lav pH. pH i organisk jord på Steinset viser likhetstrekk med pH i langvarig forsøksfelt på Fureneset på ledd med ubehandla torvjord, der det er målt langt større lystgasseemisjonen enn det som er estimert på Steinset (Hovlandsdal 2011).

I nyere forskning er det funnet at langtidseffekten av kalking kan føre til redusert emisjon av N<sub>2</sub>O (Baggs et al. 2010). Dette har sammenheng med regulering av N<sub>2</sub>O produktforholdet i nitrifikasjonen og denitrifikasjonen (Mørkved et al. 2007) og er undersøkt i laboratorieforsøk på Ås (Mørkved et al. 2007, Liu et al. 2010). Det ble benyttet jord fra Fureneset i Fjaler fra langvarige jordforbedringsforsøk anlagt på torvjord med høg omdanningsgrad (von Post H5-H7) av Kristen Myhr i 1978. Jorda var tilført morene og skjellsand i stigende mengder. I en mastergradsoppgave ved UMB ble det vist at tilførsel av store mengder skjellsand 30 år tidligere hadde signifikant reduserende virkning på lystgasseemisjonen i vekstsesongen når det var overskudd av mineralsk nitrogen etter gjødsling (Hovlandsdal 2011). Lystgasseemisjonen var preget av en markert økning like etter N-gjødsling, men det avtok raskt og det ble funnet lave bakgrunnsemisjoner etter at innholdet av mineralsk N i jorda fra gjødsling gikk ned. Hovlandsdal (2011) trakk slutningen at lav bakgrunnsemisjon av N<sub>2</sub>O kan ha sammenheng med liten tilgjengelighet av substrat på grunn av høg grunnvannstand i jorda, som kan ha ført til redusert mineralisering og nitrifisering.

Hovlandsdal (2011) fant låg bakgrunnsemisjon fra torvjord med høg grunnvannstand. Kasimir-Klemetsen et al. (1997) opplyser at det kan være sammenhenger med hensyn til innholdet av nitrogen i jorda (opphavsmateriale).

I de orienterende registreringene ved Steinset i Fjaler ble det ikke undersøkt konsentrasjoner av mineralsk nitrogen i jorda, slik at en ikke kan si noe om hvordan dette har virket inn. Feltet på torvjord ved Steinset bar preg av å være i relativt dårlig dreneringstilstand, omgravd felt og mineraljordsfeltet var i tilfredsstillende til god dreneringstilstand. Dårlig drenering på torvjordsfeltet kan ha ført til at mer N<sub>2</sub>O ble redusert til N<sub>2</sub> høsten 2011 og våren 2012 med mye nedbør og høg grunnvannstand og vannmettet jord nær opptil jordoverflaten.

Rivedal et al. (2013) har gransket lystgassutslipp fra eng på Fureneset, og eventuelle sammenhenger med driftmåter. Forsøket ble utført på moldrik siltholdig sandjord. De fant at lystgassutslippet var lågt etter tilførsel av gylle om våren. Gjødsling om sommeren med mineralgjødsel øket utslippet, og økningen var størst etter kjøring med tung traktor. Rivedal et al. (2013) trekker fram at lite nedbør

sommeren 2012, høgt avlingsnivå i forhold til gjødslingsstyrke, og bra tørr jord ved traktorkjøring kan være grunner til at lystgassutslippet var lite.

### 4.3 Metan

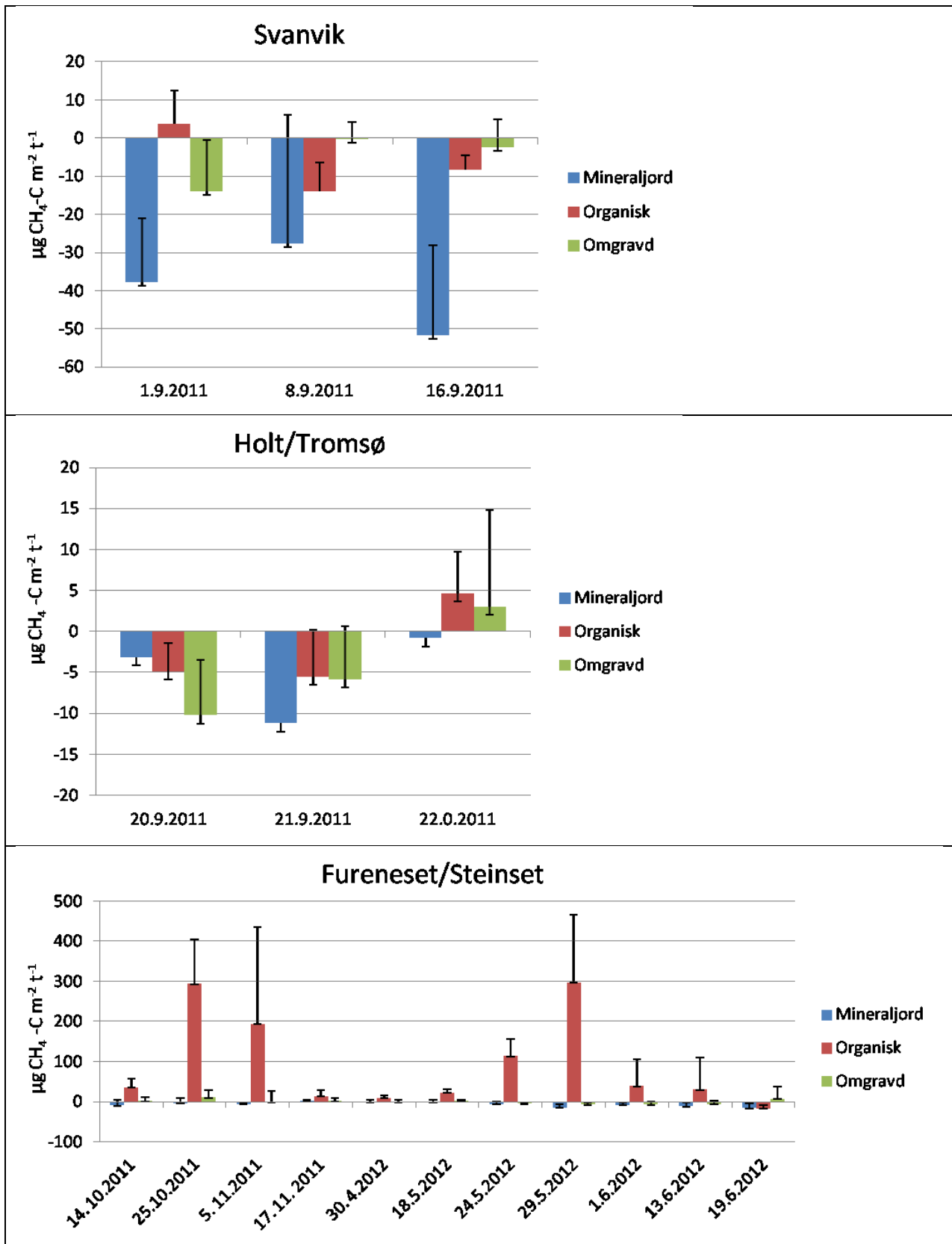
Utslipp av metan er vist i figur 7. Det var stor variasjon i utslippene mellom kammerne, som vist ved indikatoren for standardavvik i figur 7. Dette skyldes at metan er en hydrofob gass som slippes ut som bobler fra jorda. Utslipp av metan kan derfor variere sterkt over korte avstander.

Det er bare organisk jord på Steinset som viser metanutslipp av betydning, med et gjennomsnitt på 94  $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ t}^{-1}$  (tabell 7). På årsbasis utgjør dette mindre enn 1 kg  $\text{CH}_4$  per dekar, som er langt mindre enn utslippene fra naturlig myr i nordiske land. Disse er estimert til i gjennomsnitt 6,7 og 17,3 g  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2}$  fra henholdsvis ombrotrof og minerotrof myr (Saarnio et al. 2007).

De øvrige lokalitetene (Svanvik, Holt og mineraljord og omgravd jord på Steinset) hadde gjennomgående negative eller verdier nær null. Negative verdier for metanutslipp indikerer oksidasjon av metan i luft nær jordoverflate. Under aerobe forhold fins det metanotrofe bakterier som bruker metan som energikilde og derfor reduserer utslipp av metan fra dypere jordlag og metaninnholdet i luften over jordoverflata. Oksidasjon av metan i jorda utgjør stort sett mindre enn 1 kg  $\text{CO}_2$ -ekvivalenter per dekar på årsbasis, og har følgelig liten betydning sammenlignet utslippene av  $\text{CO}_2$  og lystgass fra jord.

Tabell 7. Utslipp av metan, gjennomsnitt av målinger og estimat for hele sesongen.

		Gj.sn. av måling, $\mu\text{g m}^{-2} \text{ t}^{-1}$	Estimert for sesong, kg dekar <sup>-1</sup>
Svanhovd	Mineraljord	-39	-0,17
	Organisk	-6	-0,03
	Omgravd	-6	-0,02
Holt	Mineraljord	-5	-0,02
	Organisk	-2	-0,01
	Omgravd	-4	-0,02
Steinset	Mineraljord	-7	-0,04
	Organisk	94	0,55
	Omgravd	-1	0,00



Figur 7. Utslipp av metan. Standardavviket er vist ved svarte stolper.



## 5. Konklusjoner

---

Den orienterende undersøkelsen har vist at omgravd myr kan gi betydelig lavere CO<sub>2</sub>-utslipp enn vanlig dyrket myr. Men effekten ser ut til å være avhengig av mengden torv som er blandet inn i mineraljorda som er lagt over torvlaget. Den omgravde myra i Svanvik og Holt hadde lave CO<sub>2</sub>-utslipp og lavt organisk innhold. Det relativt høye CO<sub>2</sub>-utslippet på omgravd myr ved Steinset (noe mindre enn fra organisk jord og vesentlig høyere enn fra mineraljord) skyldes trolig stor innblanding av torv i den overliggende mineraljorda. På grunn av få måletidspunkter gir målingene i Svanvik og Holt knytter det seg stor usikkerhet til resultatene.

Utslippene av lystgass var relativt lave på alle lokalitetene og jordtypene og målingene gir ikke noen sikre opplysninger om hvorvidt dyrking av myr ved omgraving fører til lavere utslipp av CO<sub>2</sub> og lystgass enn vanlige dyrkingsmetoder.

Utslipp av metan kunne bare påvises på organisk jord på Steinset, men i små mengder sammenlignet med naturlig myr.

Omgravd myr må antas å vise stor variasjon med hensyn til tykkelse av overliggende mineraljordlag, tykkelse av torvlag og innblanding av torv i mineraljorda. Disse faktorene har stor betydning for CO<sub>2</sub>-utslippene. De målingene som er gjennomført gir ikke grunnlag for noen entydig konklusjon om at dyrking ved omgraving generelt gir lavere klimagassutslipp enn tradisjonell dyrking basert på drenering ved rørgrøfter eller profilering. Nye og flere målinger er nødvendig for å kunne trekke sikrere konklusjoner.

## 6. Referanser

---

- Baggs, E. M., Smales, C. L. & Bateman, E. J. (2010). Changing pH shifts the microbial sources as well as the magnitude of N<sub>2</sub>O emission from soil. *Biology and Fertility of Soils*, 46 (8): 793-805.
- Davidson, E. A., Keller, M., Erickson, H. E., Verchot, L. V. & Veldkamp, E. (2000). Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. *Bioscience*, 50 (8):667-680.
- Grønlund, A., Hauge, A., Hovde A. & Rasse, D. 2008. Carbon loss for cultivated peat soils in Norway: a comparison of three different methods. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 81: 157-167.
- Hauge, A. & Tesfai, M. 2013. Dreneringsforholdenes effekt på lystgassutslipp fra landbruksjord - resultater fra en pilotstudie på marin leirjord med korndrift. Bioforsk rapport nr. 8 (42) 2013. ISBN nr. 978-82-17-01070-8. 46 s.
- Horn, A. 2010. Omgraving og profilering av torvjord. Med eksempel fra Bleikvasslia. Fagartikkel, Norsk landbruksrådgivning. <http://tunrappen.lr.no/fagartikler/7765/>
- Hovde, A. & Myhr, K. 1980. Grøttestforsøk på brenntorvmyr. *Forskning og forsøk i landbruket* 31: 53-66.
- Liu, B. B., Morkved, P. T., Frostegard, A. & Bakken, L. R. (2010). Denitrification gene pools, transcription and kinetics of NO, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> production as affected by soil pH. *Fems Microbiology Ecology*, 72 (3): 407-417.
- Myhr, K. 1984. Verknad av gylle og jordpakking på infiltrasjonen av vatn i dyrka torvjord. *Forskning og forsøk i landbruket* 35: 185-192.
- Mørkved, P. T., Dorsch, P. & Bakken, L. R. (2007). The N<sub>2</sub>O product ratio of nitrification and its dependence on long-term changes in soil pH. *Soil Biology & Biochemistry*, 39(8): 2048-2057.
- Philippot, L., Hallin, A. & Schloter, M. (2007). Ecology of Denitrifying Prokaryotes in Agricultural Soil. I: Sparks, D. L. (red.) b. 96 *Advances in Agronomy*, s. 249-306: Elsevier.
- Rivedal, S., Hansen, S. & Dörsch, P. (2013). Lystgassutslipp frå eng. Verknad av jordpakking etter gjødsling. *Bondevennen* 22: 14-15.
- Sandmo (ed) 2012. The Norwegian Emission Inventory 2012. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Statistisk sentralbyrå Oslo-Kongsvinger. Documents 43/2012. 273 s.
- Sognnes, L. S., Fystro, G., Opstad, S. L., Arstein, A. & Borresen, T. (2006). Effects of adding moraine soil or shell sand into peat soil on physical properties and grass yield in western Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56 (3): 161-170.
- Aamot, H. 1990. Drenering 3. Statens fagtjeneste for landbruket. Småskrift 4/90. 19s