



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Drenering og klimagassutslipp

Virkning av drenering på lystgassutslipp og lønnsomhet,  
dreneringsbehov og tiltaksanalyse

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 6 | 2020



Atle Hauge, Torbjørn Haukås, Synnøve Rivedal og Johannes Deelstra  
Divisjon for Miljø og Naturressurser

**TITTEL/TITLE**

Drenering og klimagassutslipp  
Virking av drenering på klimagassutslipp, arealomfang og tiltaksanalyse

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

Atle Hauge,, Torbjørn Haukås, Synnøve Rivedal og Johannes Deelstra

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
31.01.2020	6/6/2020	Åpen	51307.2	19/00919
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-02500-9	2464-1162	35		

**OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:**

Landbruksdirektoratet

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Kaja Killingland

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Drenering, klimagassutslipp, lystgass,  
karbondioksyd, kostnader

Drainage, green house gas emissions, nitrous  
oxide, costs

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Jordkultur, klima, økonomi

Soil science, climate research, economy

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

I denne rapporten er det utredet virkning av drenering på lystgassutslipp, vurdering av omfang av areal med dårlig drenering, avlingseffekter og lønnsomhet. Det er beregnet kostnader per CO<sub>2</sub> ekv. Drenering av alt antatt dårlig drenert areal gir en beregnet reduksjon på 162 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fram til 2030, og ytterligere 1 mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fram til 2080. Viser til utvidet sammendrag først i rapporten.

**LAND/COUNTRY:**

Norge

**FYLKE/COUNTY:**

Viken

**KOMMUNE/MUNICIPALITY:**

Ås

**STED/LOKALITET:**

Ås

**GODKJENT /APPROVED**

JANNES STOLTE

**PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER**

ATLE HAUGE



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Denne rapporten er utarbeidet etter en bestilling fra Landbruksdirektoratet til NIBIO, i forbindelse med utredninger for Klimakur 2030 med en gjennomgang av flere klimatiltak i jordbrukssektoren.

*«Vi viser til brev av 28. juni 2019 fra LMD, hhv. Statsbudsjettet 2019 - supplerende tildelingsbrev – klimautredninger om utredninger i forbindelse med Klimakur 2030. Der står det at Faggruppen ved Landbruksdirektoratet vil ha behov for bistand fra NIBIO til å utrede ulike tiltak for jordbrukssektoren. Landbruksdirektoratet vil gi føringer for hvilke nye tiltak som ønskes utredet straks dette er avklart i faggruppa. Under skisseres hvilke oppdrag det er behov for innenfor rammen på 500.000 kr utredninger til Klimakur 2030 vedrørende Jordbrukssektoren, og jordbruksarealer under LULUCF.»*

*Det er ønskelig med en gjennomgang av kostnader (samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske), utslippsbesparelser, gjennomførbarhet inkludert barrierer og usikkerhet for alle tiltakene der dette er mulig innenfor tidsrammen og tilgjengelig kunnskap.»*

Et av tiltakene som ønskes utredet, er drenering. Her bes det om en oppdatering og gjennomgang av tidligere innspill.

*«Drenering som klimatiltak er utredet av NIBIO i flere rapporter, sist i Vol 4 Nr 139 2018 (Bardalen et al. 2018). Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter.»*

*I forbindelse med utredningen Klimakur 2030 er det ønskelig å kvalitetssikre og oppdatere tiltaksvurderingen på bakgrunn av evt. ny kunnskapsutvikling på området, særlig når det gjelder størrelsen av arealet med dårlig drenering og utslippsfaktorer som er benyttet. Dersom det lar seg gjøre, er det også ønskelig med oppdaterte beregninger av privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltaket, inkludert vurderinger av kostnadene med drenering og avlingseffekter.»*

*«For alle utredninger skal «Veileder for utredning av klimatiltak som skal brukes inn i 2030-analyser» og oppdatert referansebane benyttes.»*

Denne rapporten er utarbeidet for å svare på bestillingen. Atle Hauge har skrevet rapporten med bidrag fra Synnøve Rivedal, Torbjørn Haukås og Johannes Deelstra. Lillian Øygarden har sammen med Agnar Hegrenes bidratt med gode råd i prosessen og kvalitetssikret rapporten.

Ås, 31.01.20

Atle Hauge

# Innhold

1	Metoder .....	7
2	Drenering som klimatiltak .....	8
2.1	Klimagassutslipp som påvirkes av drenering .....	8
2.2	Indirekte virkninger og sammenhenger .....	8
2.3	Samlet virkning av drenering på klimagassutslipp .....	9
3	Drenering og utslippsfaktor for N <sub>2</sub> O-utslipp .....	11
3.1	Samvirkning mellom drenering og pakking – konsekvenser for klimagassutslipp .....	12
4	Konsekvenser av drenering av dyrket organisk jord når det gjelder utslipp av klimagasser 14	
4.1	Mulige tiltak .....	15
5	Vurdering av dreneringstilstanden på landbruksarealene i Norge .....	16
5.1	Naturlig dreneringsgrad .....	16
5.2	Behovet for drenering – andel dårlig drenert landbruksareal .....	16
5.3	Definisjon av dårlig drenert landbruksareal .....	17
5.4	Omfang av grøfting i Norge de siste 50 årene .....	18
6	Lønnsomhet i drenering .....	21
7	Norsk og internasjonal forskning .....	24
8	Barrierer mot gjennomføring av drenering .....	28
9	Virkemidler for å fjerne barrierer .....	30
10	Valg av forutsetninger for beregning av drenering som klimatiltak .....	31
	Referanser .....	34

# Sammendrag

I denne rapporten er det gjort vurderinger av drenering og klimagassutslipp for Klimakur 2030. Rapporten omhandler vurdering av omfang av areal med dårlig drenering, utslippsfaktor for lystgassutslipp, kostnader og avlingseffekter. Det er gjort vurderinger i forhold til tidligere beregninger i Bardalen et al. (2018).

I det nasjonale utslippsregnskapet (IPCC metodikk) beregnes lystgassutslipp fra jordbruksareal i forhold til tilført mengde nitrogen. Drenering er ikke et eget tiltak som inngår direkte i klimaregnskapet, men fuktighetsforholdene i jorda kan påvirke lystgassutslipp. Et vannfylt porevolum på 65-85% avhengig av bl. a. jordart, er regnet som optimalt for lystgassproduksjon fra denitrifikasjon. I vått klima vil forholdene i jordoverflata ofte være i dette området. Drenering av jorda har vært holdt fram som et mulig tiltak for å redusere utslippene, fordi en ved tørre forhold har små utslipp. En del norske undersøkelser viser større lystgassutslipp fra dårlig enn fra godt drenert jord, men det er også eksempler på at bedre drenering ikke har redusert lystgassutslipp. Ved hyppig nedbør kan en periodevis får fluktuerende grunnvannsstand helt opp til overflata selv på godt drenert jord. Drenering fjerner bare det frie vannet i jorda, og særlig på jord med fin struktur kan fuktighetsforholdene fremdeles være i området med risiko for lystgassutslipp etter at dreneringstiltak er satt inn. Det er i tillegg behov for evapotranspirasjon for å tørke ut jorda ytterligere, og den er lav under norske forhold. Det er sparsomt med norske helårsmålinger fra ulike jordtyper og driftsforhold der effekten av ulike dreneringstiltak på lystgassutslipp er undersøkt.

Dreneringstilstanden kan også indirekte påvirke risikoen for lystgasstap. God drenering gir raskere opptørring slik at jorda blir mindre utsatt for pakking under kjøring. Større avling som følge av bedre drenering fører til bedre utnyttelse av tilført gjødsel og reduserte utslipp regnet i forhold til produsert avlingsmengde. Lave avlinger med redusert opptak av tilgjengelig nitrogen gir større potensial for denitrifikasjon og utslipp. Samlet sett er det vurdert at drenering av dårlig drenerte arealer reduserer risiko for lystgassutslipp på mineraljord. På organisk jord øker klimagassutslippene etter drenering, hovedsakelig på grunn av økte CO<sub>2</sub>-utslipp.

IPCC har i 2019 kommet med en oppdatering av retningslinjene fra 2006 for beregning av klimagassutslipp. Her åpnes det for å differensiere utslippsfaktoren for lystgass mellom vått og tørt klima og mellom organisk og syntetisk N-gjødsel. For syntetisk N-gjødsel (handelsgjødsel) er det foreslått en økning i utslippsfaktoren fra 1 til 1,6% i vått klima og en reduksjon til 0,5% i tørt klima. Når betydningen av vått og tørt klima blir gitt så stor vekt, bør en kunne differensiere i utslippsfaktor for lystgassutslipp mellom dårlig og godt drenert areal. I denne rapporten er det brukt en utslippsfaktor med 2 % av tilført N-gjødsel på dårlig drenert areal og 1% på godt drenert areal.

Andelen dårlig drenert jord i Norge var anslått til 8% i 2010 (812 000 daa) basert på bøndernes vurdering i SSB spørreundersøkelser. Årlig dreneres ca. 50 000 daa, og en anslår at 640 000 daa var dårlig drenert i 2018.

Lønnsomhetsberegninger viser at dersom en oppnår anslått avlingsøkning på 15 %, vil det være lønnsomt å drenere dårlig drenert kornareal, dersom man kan bruke Rådalshjul eller lignende utstyr. Drenering av grovfôrareal med gravemaskin er kostbart, og selv med dagens tilskuddsnivå vil dette kreve en avlingsøkning på 20 % for å være lønnsomt.

Resultatet av beregningene viser et behov for investering i korn på 1 219 millioner kroner i drenering av kornareal. Drenering vil også medføre økt kornavling slik at netto nåverdi av tiltaket med 4 % rente vil være 483,1 millioner kroner. Varighet av tiltaket er satt til 50 år og beregnet frem til 2080. Beregnet redusert utslipp av lystgass er 1 143 tonn frem til 2080 som tilsvarer 340 600 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter.

Det er ventet avtakende effekt av dreneringen utover i perioden. Reduksjon i utslipp av lystgass vil også avta.

Kostnad per tonn CO<sub>2</sub>-ekv. er beregnet til kr 1 418.

Tiltaket vil også omfatte investeringer på 5 822 millioner i drenering av grovfôrareal. Økt grovfôravling som følge av tiltaket vil medføre en netto nåverdi av tiltaket på 3 701,7 millioner kroner ved 50 års varighet. Beregnet redusert utslipp av lystgass er 2 908 tonn frem til 2080 som tilsvarer - 866 600 tonn CO<sub>2</sub> ekv. I perioden fram til 2030 er beregnet lystgassreduksjon 191 tonn. Det er ventet avtakende effekt av dreneringen utover i perioden. Reduksjon i utslipp av lystgass vil også avta.

Kostnad per tonn CO<sub>2</sub>-ekv. er beregnet til kr 4 272.

Vurderer man privatøkonomi for tiltaket og tar hensyn til tilskudd til drenering på kr 2 000 per dekar og 5,5 % diskonteringsrente, blir netto nåverdi for tiltak på kornareal kr 175,1 millioner kroner, og kostnaden reduseres til kr 514 per tonn CO<sub>2</sub> ekv. For grovfôrareal gir tilsvarende forutsetninger en netto nåverdi på 2 929 millioner kroner, og kostnaden per CO<sub>2</sub>-ekvivalent er beregnet til kr 3 426.

Potensiale for reduserte lystgassutslipp i disse beregningene er lavere enn i Bardalen et al. (2018). Det skyldes i hovedsak at nitrogengjødsling til eng i beregningene er redusert fra 24, 5 kg til 17, 7 kg N/daa basert på statistikk fra SSB.

Økonomiske forhold som tilgang på kapital, usikker avlingsøkning og langsiktig inntjening av investeringen er en barriere for dreneringstiltak, særlig der en må bruke gravemaskin, og på grasarealer. Praktiske forhold som mulighet til å skaffe entreprenør og ulagelige værforhold for grøftarbeid kan føre til at planlagt arbeid ikke blir utført. Høy leiejordsandel skaper usikkerhet for slike langsiktige investeringer for brukeren.

Tiltak som kan settes inn er økonomiske insentiver som økte tilskudd eller endret profil på tilskuddene, som tilgodeser den mest kostbare grøftingen. Administrative tiltak kan være å sikre de aktive bøndene mer egeid jord eller mer langsiktige leieforhold.

Det er stor usikkerhet, både når det gjelder dreneringens virkning på lystgassutslipp, dreneringens betydning for avlingsnivået, og omfang av areal som har dreneringsbehov. Bedre dokumentasjon og forskning vil være en forutsetning for bedre vurdering av klimaeffekten, og grunnlag for den rådgivning som kan formidles til bøndene. Definisjonen av god og dårlig dreneringsgrad, hvilke dreneringsforhold som gir optimal produksjon, og hvilke som gir størst reduksjon av lystgassutslipp trengs for å bedre anslagene av effektene. Dette vil også gi muligheter for å bestemme bedre hvor mye areal som kan være utilstrekkelig drenert i forhold til avling, økonomi og lystgassutslipp.

# 1 Metoder

I arbeidet med vurderingen av drenering som et mulig klimatiltak har en gått gjennom de tall og beregninger som er brukt i tidligere rapporter, sist i *NIBIO rapport Vol 4 Nr 139 2018*, «*Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter*» (Bardalen et al. 2018).

Noen tabeller er oppdatert i forhold til nye tall for de siste årene, blant annet for dreneringsaktiviteten og priser på dreneringsarbeid.

I noen tilfeller er det kommet nye opplysninger gjennom pågående og nylig avsluttet forskning som kan belyse problemstillingen om dreneringens betydning for lystgassutslipp bedre. Prosjektene Drainimp og Optikorn er eksempler på større prosjekter som har brakt ny kunnskap som kan inngå i vurderingene.

En har også tatt kontakt med kolleger i andre land for å undersøke om drenering som klimatiltak anses som relevant i andre land, og i hvilken grad det forskes på temaet.

For utregninger har en måttet ta en vurdering av eksisterende tallmateriale fra forskjellige kilder, for å velge hvilke tall som kunne brukes i et videre klimaregnskap. Det er brukt avlingsdata fra Driftsgranskingene, prosjektet DRAINIMP og Bardalen et al. 2018, gjødselbruk fra SSB, arealdata fra Landbruksdirektoratet, dreneringskalkyler fra Norsk landbruksrådgiving, priser fra Totalkalkylen for jordbruket og Driftsgranskingene. Det er brukt faktorer for omregning som ligger i føringene for oppdraget.

I denne utredningen har en konsentrert seg om betydningen av drenering som et positivt klimatiltak, da gjennom mulig positiv virkning på reduksjon av lystgassutslipp fra dyrka jord. Drenering kan også ha negative effekter, f.eks. CO<sub>2</sub>-utslipp ved drenering av myr og annen organisk jord. Nydyrking av myr er dekket opp av andre utredninger, men også drift og ny drenering på tidligere drenerte myrarealer har klimagassutslipp. Dette er nevnt i et eget kapittel, men dette er ikke tatt med i videre utregninger da det ikke var en del av dette oppdraget.

## 2 Drenering som klimatiltak

Drenering inngår i dag ikke som klimatiltak i det offisielle utslippsregnskapet for klimagasser. Under spesielle forhold vil drenering likevel kunne være en metode til å redusere klimagassutslipp på mineraljord.

Utslipp av klimagasser fra landbruket kan beregnes på flere måter. En kan beregne totale utslipp for det norske landbruket, utslipp per dekar jordbruksareal eller utslipp per produsert mengde. Vanligvis regnes utslipp per arealenhet, men siden drenering har positiv avlingsvirkning, øker effekten dersom en regner utslipp per produsert enhet.

Dårlig drenering kan gi økt fare for lystgassutslipp, men kan også ha andre utslag, som fare for pakking ved kjøring på våt jord. Både dårlig drenering og jordpakking kan gi dårligere plantevekst som i mindre grad tar opp den tilførte N-gjødsel. Dreneringens virkning kan dermed deles inn i direkte virkning på utslipp av klimagasser etter drenering, og andre effekter drenering har på drifta av jorda som igjen kan få betydning for klimagassutslipp. Ved lave avlinger vil gjødsel ikke bli utnyttet av plantene noe som gir mer tilgjengelig nitrogen og risiko for tap ved avrenning og ved denitrifikasjon og lystgassutslipp. God drenering som fører til høyere avling, utnytter gjødsel og gir mindre risiko for tap, samtidig som det kan redusere gjødselbehov og dermed også påvirke lystgassutslipp.

Drenering av organisk jord gir derimot netto klimagassutslipp, da i hovedsak i form av CO<sub>2</sub>.

### 2.1 Klimagassutslipp som påvirkes av drenering

Drenering har betydning for utslipp av flere klimagasser. Her kommer en kort oppsummering.

CO<sub>2</sub> – Ved tørrlegging av myr eller annen jord med høyt organisk innhold, kan dette brytes ned, og en får utslipp av CO<sub>2</sub>. Samtidig minker metanutslippet, men ikke så mye at det oppveier virkningen av CO<sub>2</sub>-utslippene. Nydyrking av myrarealer er ikke med i denne rapporten, men all landbruksdrift av dyrket og drenert myr, og nygrøfting av tidligere oppdyrket myr der grøftesystemet etter hvert blir liggende for grunt, vil være en utslippskilde.

Lystgass (N<sub>2</sub>O) – ved nitrifikasjon eller denitrifikasjon av nitrogenet i jorda kan en få utslipp av lystgass. Lystgassutslipp er avhengig av mange faktorer, men avhenger sterkt av fuktighetsforholdene i jorda.

Metan (CH<sub>4</sub>) – metanutslipp skjer helst ved anaerobe forhold i myrjord eller annen organisk jord, og vil minke ved god drenering av jorda.

### 2.2 Indirekte virkninger og sammenhenger

**Pakking** - Dårlig drenering gir lengre perioder etter nedbør med dårligere bæreevne, noe som kan gi økt fare for pakking. Kjøring på våt jord gir større fare for pakking, særlig i dypere lag, fordi høyt vanninnhold svekker friksjonen mellom jordpartiklene, og trykket øker dypere nedover i jorda ved samme belastning.

Pakking har vist seg å øke lystgassutslipp fra dyrka jord.

**Nitrogentap** – God drenering øker nitrogentapet til dreneringen, noe som kan gi lystgassutslipp i avløpsvannet.

**Avlingsnivå** – Redusert avling i våte år gir større mengde uutnyttet gjødsel, fordi plantene ikke tar opp gjødsel. Dette gir grunnlag for større lystgassutslipp. Dårligere avling øker også utslippene per produsert enhet. Avlingen blir mer ujevn mellom år, med store negative utslag i våte år.



På utilstrekkelig drenert jord vil avlingsnivået bli lavere. Utslippet per dekar vil ikke nødvendigvis øke av dette, men en må drive større arealer for å få samme avling. Høyere avling per dekar vil minske behov for kjøring og andre innsatsfaktorer som kan gi klimagassutslipp.

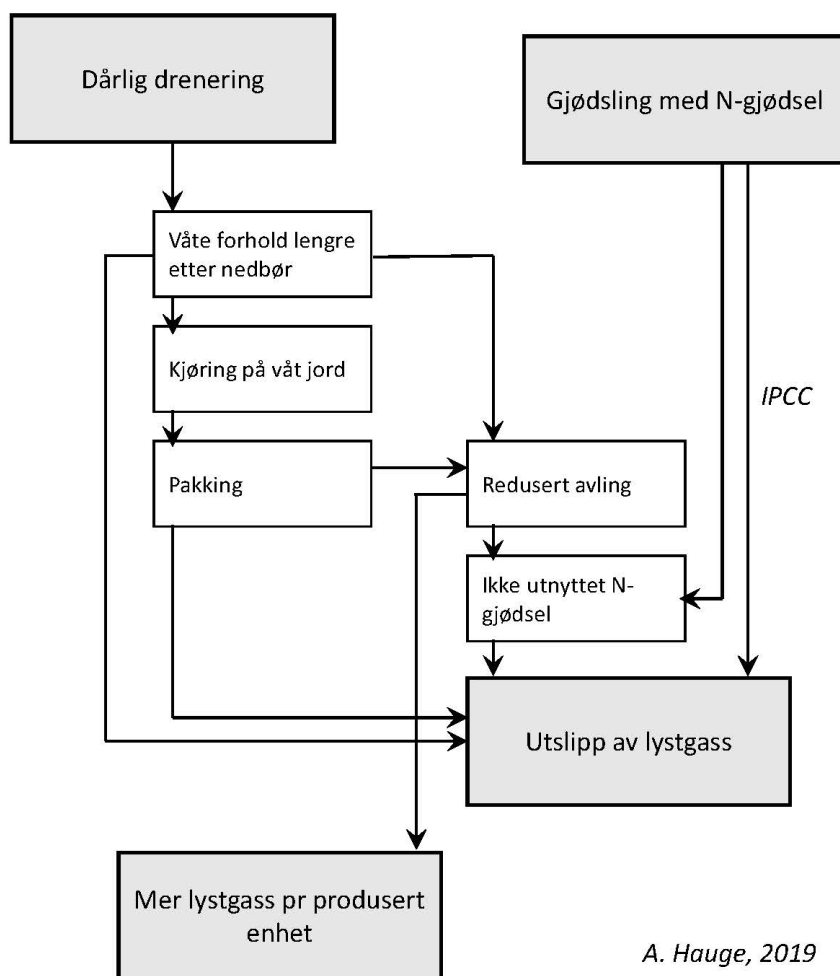
Korsæth (2008, 2012) har vist at dyrkingssystem med høy gjødsling kan ha lave tap dersom det tas store avlinger. Bedre agronomi med bedre drenering, mindre jordpakking, regelmessig kalking, nye og ytelsesrike sorter kan bidra til å hente ut mer av avlingspotensialet. Høy nitrogener effektivitet vil derfor redusere risikoen for tap.

Med unntak av Hove (1981) er det også få forsøk som har sett på effekten av dreneringsintensitet på kornavling. Hove fant positivt utslag av bedre dreneringsintensitet på såtidspunkt og kornavling, og mulighetene for tidligere såing var svært viktig for avlingsøkningen. I prosjektet Optikorn vil det i løpet av vinteren 019/2020 bli klart resultatene av en spørreundersøkelse om avling og drenering. Foreløpige tall viser at avlingsvirkningen av drenering er mindre enn tidligere anslått. Kanskje greier ikke gårdbrukerne i praktisk drift å ta ut gevinsten som tidligere såtid kan gi.

I en spørreundersøkelse fra Agri Analyse i 2017 (Hillestad og Bungler, 2019) blant kornbønder mente 44 % at de tar større avlinger, 9 % mener samme avlingsnivå og 37 % svarte vet ikke.

## 2.3 Samlet virkning av drenering på klimagassutslipp

Tidligere anslag av lystgassutslipp ved dårlig drenering har ikke skilt mellom direkte utslipp forårsaket av våte forhold i jorda, og den totale virkning dårlig drenering kan ha. Mye av målingene som er gjort har vært på forsøksarealer, der en ikke får med en eventuell effekt av pakking som ofte forekommer under vanskelige driftsforhold. Det er sannsynlig at utslippene her blir underestimert. Det vil være riktig å ta med totalvirkningen av dårlig drenering i praktisk landbruksdrift med normale maskiner, slik at også pakkingsfaren bør være med i regnestykket. Det er kombinasjonen av den direkte utslippsfaren ved å få lengre perioder med våte forhold etter nedbør, utslippene etter pakkeskader og ved at plantene ikke fjerner overflødig nitrogen på grunn av våte forhold som gir samlevirkningen når det gjelder utslippsfare. Det er vanskelig å skille de forskjellige virkningene fra hverandre.



A. Hauge, 2019

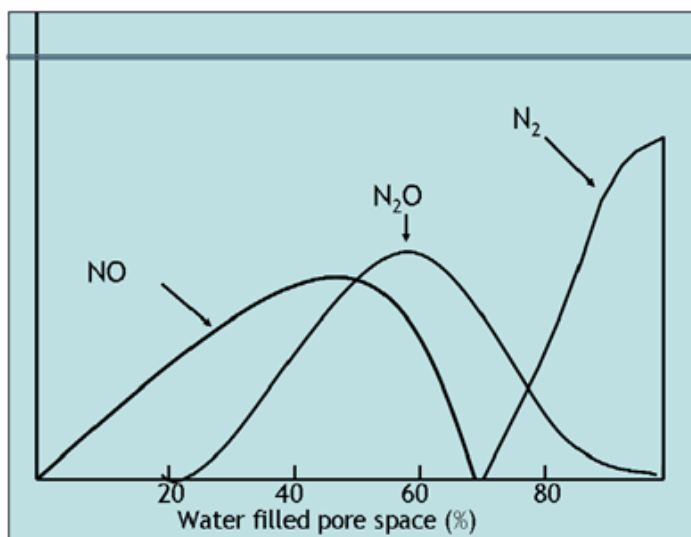
Figur 1: Sammenhenger for virkningen av dårlig drenering på lystgassutslipp. I dagens utslippsregnskap (IPCC beregningsmetodikk) beregnes tap av lystgass bare i forhold til tilført mengde N-gjødsel.

### 3 Drenering og utslippsfaktor for N<sub>2</sub>O-utslipp

Både Øygarden et al. 2009 og Bardalen et al. 2018 vurderte drenering som et klimatiltak og differensierte utslippsfaktoren for N<sub>2</sub>O mellom dårlig og godt drenert areal. I sistnevnte utredning vurderte man at ved tilførsel av nitrogen gjødsel på dårlig drenert areal ville 2% gå tapt som lystgass mot 1% (IPCC 2006 sin standardfaktor) på godt drenert areal. I Øygarden et al. (2009) ble det brukt en emisjonsfaktor på 3% fra dårlig drenert areal. Begge utredninger understreket at utslippsfaktorene man brukte i utregningene var veldig usikre.

Under norske forhold er denitrifikasjon, der nitrat (NO<sub>3</sub>) blir redusert til nitrogenoksid (NO), lystgass (N<sub>2</sub>O) og dinitrogen (N<sub>2</sub>), en større kilde til lystgassutslipp enn nitrifikasjon der ammonium (NH<sub>4</sub>) blir omdannet til nitrat. Denitrifikasjon kan foregå under anaerobe og vekslende anaerobe og aerobe forhold i jorda, noe vi ofte har i norsk jord. Denitrifikasjon har et mye større potensiale for lystgassproduksjon enn nitrifikasjon, der lystgass bare blir produsert som et biprodukt (Butterbach-Bahl et al. 2013).

Ved høyt vanninnhold er det lite oksygen i jorda og andelen vannfylte porer er en viktig faktor som påvirker mengden lystgass som blir produsert i jord. Avhengig av jordtype er vannfylt porevolum på 65-85% regnet som optimalt for lystgassproduksjon fra denitrifikasjon (Flechar et al. 2007).



Figur 2: Sammenhengen mellom utslipp av N<sub>2</sub>O og vannfylte porer i jord (Davidson 1991).

Faren for lystgassutslipp er størst når tilgangen på nitrat-nitrogen er stor. Dermed er det forholda under og etter gjødsling som betyr mest. Dersom drenering, eller andre hydrotekniske tiltak, fører til at det er mer sannsynlig at vannfylt porevolum ligger lavere enn 60-65% ved gjødsling, vil drenering være et tiltak som reduserer lystgassutslipp fra denitrifikasjon. Dersom dreneringstiltaka fører til at jord som ofte er vannmettet går over til å ligge på 65-85% vannfylt porevolum, kan direkte lystgassutslipp øke. Dette skyldes at når vanninnholdet i jorda er høyere enn dette vil en større del av nitrogenet bli redusert til N<sub>2</sub>, og det blir dermed lavere utslipp av N<sub>2</sub>O. I de aller fleste tilfeller vil det bli små avlinger under forhold med så dårlig dreneringstilstand, og det vil være vanskelig å drifte arealet. Regnet i forhold til avling kan dermed drenering virke positivt på lystgassutslippet også under slike forhold. Dersom jorda er sur vil ikke N<sub>2</sub>O bli redusert til N<sub>2</sub> fordi enzymet som reduserer N<sub>2</sub>O til N<sub>2</sub> ikke fungerer ved lav pH. Vi finner derfor de høyeste utslipp av N<sub>2</sub>O i vassjuk, sur jord rett etter gjødsling med gjødsel som inneholder nitrat (Hovlandsdal, 2011, Hansen, 2014).

På finkornet jord med et høyt innhold av leire, silt, finsand og organisk materiale kan totalt porevolum ofte ligge på 50-60% og andelen store og mellomstore porer som drenerer vann på rundt 10-15% (Rivedal et al. 2016). Ved feltkapasitet (når store og mellomstore porer er tømt for vann) har man da et vannfylt porevolum på 75-85%. Grøfting gjør at man får tømt en større del av porene for vann, men man er fortsatt avhengig av plantevekst og transpirasjon for å komme under et vannfylt porevolum som reduserer lystgassutslippet (<60-65%). Dette kan være noe av grunnen til at man både har fått positive og negative effekter av drenering på direkte lystgassutslipp både i Norge (Hansen et al 2014, Tesfai et al 2015, Hansen et al. under publisering) og internasjonalt (Grossel et al. 2016, Smith et al. 2003, Dobbie & Smith 2006). Jordforhold og mikrobiell aktivitet varierer dessuten svært mye innenfor små avstander på et jordbruksareal og målemetodene man oftest benytter til lystgassmåling (kammermetoden) er sårbar i forhold til å fange opp både denne variasjonen og variasjonen i utslipp i tid. Helårsmålinger av klimagassutslipp fra landbruksarealer som effekt av dreneringstilstand er inntil nylig utført under norske forhold, og bare på grasarealer i to år i prosjektet Drainimp.

IPCC har kommet med en oppdatering av retningslinjene fra 2006 for beregning av klimagassutslipp (IPCC 2019). Her åpnes det for å differensiere utslippsfaktoren for lystgass mellom vått og tørt klima og mellom organisk og syntetisk N-gjødsel. For syntetisk N-gjødsel (handelsgjødsel) er det foreslått en økning i utslippsfaktoren fra 1 til 1,6% i vått klima og en reduksjon til 0,5% i tørt klima. Endringene er gjort på bakgrunn av studier som viser betydningen av klima på lystgassutslipp (Flechard et al. 2007, Cayuela et al. 2017).

Når betydningen av vått og tørt klima blir gitt så stor vekt i forhold til lystgassutslipp i de nye retningslinjene til IPCC, mener vi at vi kan forsvare den differensieringen i utslippsfaktor for lystgassutslipp mellom dårlig og godt drenert areal som ble gjort i Bardalen et al. 2018, selv om man kan få ulike utslag på ulike jordarter.

### 3.1 Samvirkning mellom drenering og pakking – konsekvenser for klimagassutslipp

Øygarden et al. (2009) antok at man på 20% av all fulldyrka jord (0,9 mill. daa korn og 1,5 mill. daa eng) i Norge kunne redusere jordpakkingen og at emisjonsfaktoren fra pakka kornareal var 1,75% og fra pakka engareal 2,25% av tilført N. Potensiale for utslippsreduksjon ble estimert til 18 000 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter for korn og 117 000 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter for gras. Det er vanskelig å estimere både pakket areal og hvor mye pakkingen øker lystgassutslippet. Målinger på eng i Surnadal på 90-talet viste stor økning i lystgassutslippet etter pakking (Sitaula et al. 2000). Etter dette er det gjort noen få målinger med jordpakking i eng på Fureneset. I 2012 fant man at lystgassutslippet i perioden på ca. 1 mnd. etter gjødsling med 6 kg N etter førsteslåtten var dobbelt så stort på areal pakket med tung traktor (33 g lystgass-N/daa) i forhold til upakket areal (17 g lystgass-N/daa) (Rivedal et al. 2013). Året etter var utslippet på et høyere nivå, men med mindre forskjell mellom pakka (56 g lystgass-N/daa) og upakket (44 g lystgass-N/daa) (Sturite et al. 2014). Her økte utslippene etter pakking med ca. 30%. På feltet der dette forsøket ble utført (svært moldrik siltig sand) var jorda ikke pakket på samme måte som det man kan se i praksis. Gjødslinga var også moderat. Det var brukt traktor med god dekkutrustning og lavt lufttrykk. I 2012 var det også veldig tørt ved pakking. Ved bruk av tung traktor fikk man i middel for to engår et avlingstap på 6%. På moldholdig siltjord på Løken fikk man mye større utslag på jordfysiske forhold etter pakking og et avlingstap på 26% i middel for lett og tung traktor. På moldrik sandjord på Tjøtta fikk man ikke avlingsreduksjon som følge av pakking (Rivedal et al. 2016). Et fellestrekk var at avlingsreduksjonen viste høy korrelasjon med vanninnholdet i jorda. Når det gjelder kornproduksjon er det ikke utført målinger av klimagassutslipp som effekt av pakking, men det er gjort en god del på avling (Riley 2016).

For å finne sikrere tall på potensiale for utslippsreduksjon ved å redusere jordpakking er det behov for sikrere tall for pakket areal og effekten jordpakking har på utslipp av lystgass. Forhold som har gått i

positiv retning siden 2009 er dekkutrustning og lufttrykk på landbruksmaskiner. Dette vil ha stor betydning for pakkingen i toppsjiktet av jorda.

Planleggingsverktøyet- kalkulatoren Terranimo til bruk for å vurdere når en skal kjøre, og dermed redusere risiko for jordpakking er allment tilgjengelig og tilpasset norske forhold ([www.terranimodk](http://www.terranimodk)).

## 4 Konsekvenser av drenering av dyrket organisk jord når det gjelder utslipp av klimagasser

Oppdyrking av udyrket myr er ikke inkludert beregninger som utredes i denne bestillingen for Klimakur2030. Det drives imidlertid store arealer med tidligere dyrket myr, som slipper ut klimagasser. Drenert myr må vanligvis grøftes på nytt hvert 20-40. år fordi nedbryting og omdanning av organiske partikler til CO<sub>2</sub> fører til at grøftesystemene etter hvert blir liggende for grunt.

I NIBIO rapport 43-2016 går en gjennom mulighetene for reduserte klimagassutslipp ved drenering og landbruksdrift på myr eller annen organisk jord.

### **Myrsynking – kompresjon pluss mineralisering**

I naturlig tilstand er myr vannmettet i store deler av året. Det innebærer at torvlaget får en oppdrift og delvis flyter i vann. Høyt vanninnhold fører også til at torva sveller og får et større volum enn i tørr tilstand. Når myr dreneres, vil torvlaget synke sammen og komprimeres som følge av at oppdriften forsvinner. I tillegg vil torvmassen krympe som følge av uttørring.

### **Myrsvinn - mineralisering**

Drenering medfører tilgang til oksygen i jorda, økt mikrobiologisk aktivitet og raskere mineralisering av det organiske materialet og omdanning av organisk karbon til CO<sub>2</sub>. Det er generelt stor usikkerhet om klimagassutslippene fra dyrket myr og det finnes lite datagrunnlag for Norge. IPCC har foreslått en utslippsfaktor på 7,9 tonn CO<sub>2</sub>-C per hektar og år, (0,79 kg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup>) for dyrket mark på myr i temperert og borealt klima, med et konfidensintervall på 2,9 til 8,6 tonn (IPCC, 2014).

Grønlund et al. (2008) sammenlignet ulike metoder for å estimere karbontap som konsekvens av dyrking i Norge. Måling av myrsynking var en av disse metoder. Myrsynking er en kombinert effekt av at jorda komprimeres som følge av krymping og manglende oppdrift og et jordtap på grunn av mineralisering av organisk materiale. Karbontapet kan beregnes på grunnlag av torvlagets dybde, karbonkonsentrasjon i jorda og jordas volumvekt før og etter drenering og dyrking. Måling av myrsynking kan være utfordrende fordi det sjelden finnes data tilgjengelig for begge tidspunkter.

En pålitelig metode til å måle karbontap fra myr er ved direkte måling av netto CO<sub>2</sub> utslipp fra myr ved hjelp av eddy-flux teknologi, som er en relativt kostbar metode. En enklere metode til å måle CO<sub>2</sub> utslipp fra myr er statiske eller dynamiske kamre. Denne metoden er mindre nøyaktig enn eddy-fluks og det kreves flere antakelser til å tolke resultatene (Grønlund et al., 2008). Gassmålinger med kammer kan også være utfordrende på grunn av potensielt store variasjoner av gassfluksene i tid og rom, noe som kan gjøre metoden ressurskrevende, mens eddy-fluks gir direkte og hyppige CO<sub>2</sub> målinger integrerte på økosystemnivå. Hvis arealene er heterogene kan det være vanskelig å måle en gassfluks som ikke er større enn selve variasjonen i terrenget. Karbontapet fra dyrket myr med denne metoden ble estimert til 0,6 kg karbon m<sup>-2</sup> årlig (Grønlund et al., 2008).

Lystgass er en viktig klimagass med et oppvarmningspotensiale som er 298 ganger større enn CO<sub>2</sub> (100 års horisont). I dyrket myr kan utslippene av N<sub>2</sub>O være betydelige, da endringer i drenering og N-status (fra gjødsel) med dyrking øker N<sub>2</sub>O -utslippene. En nyere europeisk studie har vist at N<sub>2</sub>O -utslippene fra dyrket organisk jord tilsvarer omtrent 13 prosent av de totale N<sub>2</sub>O -utslippene i Europa (Leppelt et al., 2014). I regelverket for klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon er utslipp av lystgass fra dyrket mark på drenert organisk jord satt til 13 kg N<sub>2</sub>O -N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, med et 95 prosent konfidensintervall på 8,2-18 (IPCC, 2014).

Måling av lystgassutslipp kan være en stor utfordring på grunn av store variasjoner som kan føre til store usikkerheter i estimatene. I et forsøk på Smøla i Norge, hvor det sammenlignes tidligere dyrket

myr med restaurert myr i ulike stadier, var N<sub>2</sub>O-utslippene relativt små, noe som sannsynligvis kan forklares ved lavt nitrogeninnhold i jorda (Grønlund & Weldon, 2013).

Metan er også en sterk klimagass (oppvarmingspotensial 25 ganger større enn CO<sub>2</sub> i en 100 års horisont) som har stor betydning i uforstyrrede myrsystemer. Produksjon av CH<sub>4</sub> er betinget av høyt vanninnhold og mangel på oksygen i jorda. Naturlig myr er derfor en CH<sub>4</sub>-kilde. Ved dyrking av myr blir disse utslippene redusert på grunn av drenering. I regelverket for klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon er utslipp av metan fra dyrket mark på drenert organisk jord satt til null (konfidensintervall -2,8 – 2,8 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) (IPCC 2014). Det beregnes imidlertid utslipp av metan fra grøftene (1 165 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>).

Samlet sett forventer en at dyrking av myr medfører nedbryting av torva og endret klimagassbalanse når dreneringssystemet virker, eller ved nygrøfting av tidligere grøftet myrareal, hvor endringer i CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>O-flukser resulterer i betydelige utslipp.

## 4.1 Mulige tiltak

Ved beregninger i denne rapporten (regneark i kapittel 10) er ikke drenering av myr inkludert. Vi vil likevel her nevne tiltak som kan være aktuelle. Et tiltak vil være å ta slik jord ut av drift, men da kombinert med en tilbakeføring av arealet til myrareal ved blokkering av eksisterende dreneringsanlegg. Dette kan være mest aktuelt der myrsynkingen har vært så omfattende at det er vanskelig eller dyrt å få tilstrekkelig godt avløp, eller der det er påkrevet med nygrøfting for å kunne drive arealene videre. Å legge slikt areal brakk uten tiltak for å stoppe dreneringen, kan gi mange år med fortsatt klimagassutslipp.

Omgraving av tidligere grøfta myr kan også være et tiltak som reduserer klimagassutslippene. I prosjektene Drainimp og Peatinvert fant man et høyt utslipp av metan fra grøftet myr, mens utslippet fra omgravd areal var svært lavt. Metan produsert i den nedgravde torva ble oksidert i laget med mineralmasse som ligger over torva. Lystgassutslippet fra ugjødslet areal var svært lavt både fra grøftet og omgravd myr, og var i begge tilfeller gjødselindusert. Det var forholda under og etter gjødsling som bestemte størrelsen på utslippa. Utslippsfaktoren for lystgass fra organisk jord passer dermed dårlig for næringsfattig myr. Låg oksygenkonsentrasjon i nedgravd torv tyder på at torva var beskyttet mot nedbryting. CO<sub>2</sub>-fluks på omgravd areal var lavere enn på grøftet areal ved målinger rett etter slåttene i 2018.

# 5 Vurdering av dreneringstilstanden på landbruksarealene i Norge

## 5.1 Naturlig dreneringsgrad

Naturlig dreneringsgrad er en måte å definere jordas dreneringstilstand uten menneskelig inngripen. Grunnlaget for dreneringsbehovet følger av de naturlige forholdene i jordsmonnet og naturtilstanden kan en finne gjennom jordsmonnkartleggingen. Vannforholdene er av stor betydning for utviklingen av jordprofilen.

Jordtyper som er kartlagt med klassifiseringen «dårlig naturlig drenering» trenger i de fleste tilfeller et dreneringssystem for å forbedre jordfukt-/vannforholdene i jordprofilen. Mye nedbør kan på jordtyper med dårlig naturlig drenering gi forhold med høyt grunnvannsnivå, noe som kan føre til;

- dårlige vekstforhold om sommeren
- dårlige forhold for jordarbeiding med fare for jordpakking (Hove, 1981)
- dårlig bæreevne for landbruksmaskiner
- fare for økt overflateavrenning, erosjon og P-tap (Skaggs og Youssef, 2008)
- fare for økt utslipp av lystgass (ref. Dörsch, Hansen, Hauge et al. 2012).

Lågbu et al. (2018) klassifiserer 47% av fulldyrka og overflatedyrka areal i Norge som selvdrenerende jord i jordsmonnsstatistikken. Resten (53%) anses å ha dreneringsbehov. Store deler av de dyrka arealene med naturlig dårlig drenering er i dag kunstig drenert.

## 5.2 Behovet for drenering – andel dårlig drenert landbruksareal

I Landbrukstellinga 2010 var det tatt inn et spørsmål om hvor mange av de dekar gardbrukerne brukte som kunne karakteriseres som dårlig drenert. Definisjonen av «dårlig drenert jord» var ikke forklart, og ble derfor foretatt av gårdbrukerne, og kunne være relatert til at det eksisterende grøftesystemet på arealet ikke fungerer etter behovet, enten for å gi optimal plantevekst, til å gi tilstrekkelig god bæreevne for maskiner, for en tidlig våronn, eller at det ville lønne seg økonomisk å drenere bedre. På bakgrunn av svarene kunne det konkluderes med at i gjennomsnitt for hele landet var det 8 prosent av arealet som havnet i denne kategorien (ca. 812 000 daa). Av det dårlig drenerte arealet på landsplan var 48 prosent leid jord.

At et anlagt grøftesystem ikke er godt nok i forhold til behovet kan være på grunn av for lang avstand mellom grøftene, manglende eller ødelagte grøfterør, tilslamming av rør, ikke fungerende filter eller andre funksjonelle feil. Eller det kan være at brukeren opplever for våte forhold på jordene i forhold til behovene han har for den veksten han dyrker eller for å kjøre på jordene, og derfor ønsker en høyere grøfteintensitet/tettere avstand mellom grøftene.

Resultatene av spørreundersøkelsen er presentert i rapporten «Dreneringsbehov i norsk landbruk – økonomi i grøftingen». (Hauge et al., 2011)

For Østfold og Akershus var andelen dårlig drenert mellom 12 og 15 prosent. I fylkene rundt Oslofjorden hvor andelen dårlig drenert jordbruksareal var oppgitt høyest, dominerer åkerarealet med over 80 prosent av jordbruksareal i alt. Korndyrking er der den vanligste produksjonen, og dårlig



drenering kan by på problemer både i våronna og i skuronna, men også under for plantene i vekstsesongen.

I fylker hvor eng og beite er mest utbredt, synes dreneringstilstanden å være bedre. Dette kan være vurdert i forhold til bruken av arealene. I Rogaland oppgis bare 4 prosent av jordbruksarealet å være dårlig drenert. I Nord-Norge er 9-10 prosent av arealet oppgitt som dårlig drenert. Det er sannsynlig at definisjonen av dårlig drenert gjenspeiles av hvilken vekst som dyrkes, og at grasarealer har høyere terskel for å bli vurdert som dårlig drenert. Gras tåler høy grunnvannsstand bedre, og en har vanligvis bedre tid til å vente på lagelige forhold for våronn og innhøsting.

### 5.3 Definisjon av dårlig drenert landbruksareal

Det er vanskelig å gi en entydig definisjon på om et skifte er godt eller dårlig drenert. Drenering har både betydning for god plantevekst, men også for å gjøre jorda kjørbare for landbruksmaskiner. I mange tilfeller skjer drenering hovedsakelig for å bedre driftssikkerheten, og gjøre jorda raskere tørr for kjøring. Dette er også viktig for å begrense pakking av jorda, noe som lett kan skje ved kjøring på våt jord.

Kunstig drenering fjerner bare det frie vannet i porene, og jorda kan ha høyt vanninnhold, selv om den er godt drenert. Dette varierer mye med jordart, der finkornete jordarter har høyere vanninnhold når det frie vannet er borte. Når det frie vannet er fjernet vil det som regel være gode forhold for plantevekst, men jorda er fremdeles for våt for jordarbeiding og kjøring med landbruksmaskiner. En er derfor vanligvis avhengig av fordamping for å få jorda optimalt kjørbare. Om våren er det som regel tilstrekkelig med sol og varme til å få opptørking av jorda, men i våte høster kan det være vanskelig å få jorda tørr nok, selv med intensiv drenering som fungerer godt. I kalkulatoren Terranimo ([www.Terranimo.dk](http://www.Terranimo.dk)) er det lagt inn hvorvidt jorda er tørr nok til å kjøre, for å redusere risiko for jordpakking.

Det finnes andre metoder å bestemme jorda dreneringsgrad på, f.eks. ved å se på vannets synkehastighet fra infiltrometer (vannfylte ringer plassert på jordoverflaten), eller ved å logge senkingen av grunnvannsspeilet mellom grøftene etter nedbørsepisoder. Målingene er arbeidskrevende, og det er et omfattende arbeid for å kunne gi noen statistikk for det norske landbruket. Spørreundersøkelser vil derfor være en god metode for å få oversikt.

Det er en svakhet med Landbrukstelingen i 2010 at begrepet «dårlig drenert» ikke var nærmere definert men opp til hver enkelt bruker å vurdere. Dette er mulig å forbedre ved fremtidige spørreundersøkelser.

I 2019 utga Agri Analyse en rapport med tittel «Kornhøsting i våtere klima» basert på en spørreundersøkelse for bl. a å beregne tapene knyttet til dårlig drenering. (Hillestad 2019)

I spørreundersøkelsen svarte 65 % av de som har kornareal at de driver noe dårlig drenert kornareal. 30 % av disse svarte at mellom 20 og 40 % av kornarealet er dårlig drenert.

Det utgjør om lag 555 000 dekar kornareal. Dette er vesentlig høyere enn tidligere beregninger. Ut fra denne undersøkelsen konkluderer Agri analyse med at 555 000 dekar av kornarealet er dårlig drenert, noe som tilsvarer 19 % av kornarealet i Norge.

Det vil være usikkert om definisjonen av «Dårlig drenert» ble oppfattet likt av intervjuobjektene i Landbrukstelingen 2010 og i spørreundersøkelsen fra Agri Analyse. Når Landbrukstelingen opererer med en andel dårlig drenert på 12-15% i typiske kornfylker, mens Agri Analyse opererer med 19% på kornarealer, der en trenger bedre drenering enn på eng, trenger det ikke være så stort misforhold.

I prosjektet Optikorn har en i en spørreundersøkelse delt dreneringstilstanden inn i 5 klasser, med en liten forklaring til deltakerne for å bedre mulighetene for tolking av resultatene. Denne er basert på gårdbrukernes behov for drenering, av økonomisk og praktisk art.

**Tabell 1: Klassifisering av dreneringstilstand med forklaring.**

Klasse 1: Svært God - Ingen dreneringsproblemer, alltid tørt nok.
Klasse 2: God - Godt drenert.
Klasse 3: Middels - Ikke alltid bra, men ingen grunn til å drenere på nytt ennå.
Klasse 4: Dårlig - Litt vått. Kunne gjerne vært drenert på nytt.
Klasse 5: Svært dårlig - Nesten ikke avling i våte år. Problemområde. Burde vært drenert på nytt.

Vi har i rapporten basert oss på tallene i Landbrukstelingen 2010, siden dette er landsomfattende tall og de beste anslagene vi har tilgjengelig. Svarene gjenspeiler et dreneringsbehov, vurdert ut fra vekst, driftsforhold og driftsøkonomi.

Vi velger å anta at klasse 4 og 5 i tabell 1 er dekket av definisjonen av dårlig drenert jord som trenger nygrøfting. En må også anta at det er denne prosentandelen jord som kan gi grunnlag for lystgassutslipp. Det er imidlertid usikkert om den praktisk og økonomisk vurderte klassifiseringen av dreneringstilstand basert på økt avling og bedring av jordas bæreevne i spørreundersøkelser er den samme som gir økte lystgassutslipp. Noen av forsøkene antyder at det særlig er i Klasse 5 i Tabell 1 at en har stor og sikker gevinst.

## 5.4 Omfang av grøfting i Norge de siste 50 årene

NIBIO-rapport Vol 4 152/2018 har statistikk om drenering i Norge de siste 50 år.

Tabell viser at fram til 1985 var det relativt høy grøfteaktivitet på landsbasis. Det ble grøfta mellom 100 000 og 150 000 dekar årlig. Etter at tilskudd til grøfting ble fjernet for Sør-Norge i 1986, falt grøfteaktiviteten dramatisk, og har i tida etterpå ligget på ca. 50 000 dekar årlig. De økonomiske rammevilkårene i form av tilskudd viste seg å ha stor innvirkning i praksis på grøfteaktiviteten.

I jordbruksforhandlingene i 2012 ble det på ny innført tilskudd til grøfting. Det ble gitt tilskudd til grøfting av tidligere grøfta jord med inntil kr 1 000 per dekar for systematisk grøfting eller kr 30 per meter for annen grøfting, likevel maksimalt kr 1 000 per dekar. Fra 1. januar 2016 falt kravet om at jorda måtte ha vært grøfta tidligere bort på planerte arealer som ikke tidligere er grøftet. Fra 1. juli 2017 ble maksimalt tilskudd til grøfting doblet til kr 2 000 per dekar.

**Tabell 2: Omfang og verdi av grøfting i Norge i perioden 1965 til 2017. Middeltall per år for hvert tiår. Kostnad er regnet i faste 2017 - kr.**

Periode	Daa grøfta per år	Kr per daa	Kostnad i 1000 kr
1965-1974	131 960	4 138	546 050
1975-1984	122 550	4 304	527 455
1985-1994	55 904	3 626	202 708
1995-2004	46 100	3 680	169 648
2005-2014	54 890	4 646	255 019
2015-2017	49 447	4 986	246 543

Kilde: Budsjettmemnda for jordbruket 2017. Prisene er deflaterte etter konsumprisindeksen

Data for grøfta areal er i perioder med tilskudd regnet ut fra areal det er søkt tilskudd for. I perioden etter 2012 er grøfta areal utregnet ved at det er tatt areal som det er søkt tilskudd for, og lagt til 80 prosent av kalkulert nydyrka areal. For 2017 ble det søkt tilskudd for 32 490 dekar, kalkulert nydyrka areal er 18 000 dekar, og 80 prosent av dette er 14 400 dekar. Til sammen blir det 46 890 dekar. Grunnen til at en bruker 80 prosent av nydyrka areal, er at en regner med at 80 prosent av nydyrka areal blir grøfta. I perioder uten tilskudd er grøfta areal basert på utvalgstillinger fra Statistisk sentralbyrå.

Hvis man antar at arealet fra landbrukstellinga for dårlig drenert jord er noe underestimert og derfor ser bort fra den usystematiske grøftingen som har blitt utført, kan man regne at om lag 650 000 daa (812 000-157 862) fortsatt er dårlig drenert. Vi kan også anta at dersom fordelingen mellom eng og korn på fulldyrka areal er som før (39% korn) blir det 255 000 daa korn og 399 000 daa eng som har dårlig drenering. Dette arealet er høyere enn i Bardalen (2018) som var basert på Øygarden et al. (2009). Det kommer årlig til nye areal med dårlig drenert jord jfr. forventet levetid på grøfter. Det er utarbeidet fylkesvis oversikt over hvor stort areal som er oppgitt å være dårlig drenert. Det er en større del på Østlandet som er oppgitt å være dårlig drenert. Det kan ha sammenheng både med jordart og med nye åkerkulturer. Ved engdyrking kan det virke som at terskelen for å definere areal som dårlig drenert er høyere. Omfanget av drenering har vært høyere på Østlandet fra 2013 enn i «grasdyrkingsfylka» på Vestlandet og Nord-Norge.

Tabell 3: Tilskudd til drenering sum areal og lengde 2013-2018

	Systematisk grøfting (da)	Profilering (da)	Omgraving (da)	SUM (da)	Avskjæringsgrøft (m)	Annen grøfting (m)	SUM (m)
Østfold	27 330	175	164	<b>27 670</b>	166 452	23 511	<b>189 963</b>
Oslo og Akershus	33 988	10	4	<b>34 002</b>	18 432	87 212	<b>105 644</b>
Hedmark	30 181	2 174	631	<b>32 986</b>	53 583	242 504	<b>296 087</b>
Oppland	9 234	1 173	21	<b>10 428</b>	104 200	303 091	<b>407 291</b>
Buskerud	9 703	235	133	<b>10 071</b>	31 466	53 940	<b>85 407</b>
Vestfold	31 234	36	37	<b>31 307</b>	30 162	36 927	<b>67 089</b>
Telemark	5 086	63	-	<b>5 149</b>	11 519	73 352	<b>84 871</b>
Aust-Agder	2 137	72	31	<b>2 240</b>	64 147	85 469	<b>149 616</b>
Vest-Agder	1 979	36	190	<b>2 205</b>	27 972	127 952	<b>155 924</b>
Rogaland	15 949	75	84	<b>16 107</b>	17 739	227 324	<b>245 062</b>
Hordaland	5 703	21	68	<b>5 792</b>	25 628	217 713	<b>243 341</b>
Sogn og Fjordane	3 533	179	111	<b>3 823</b>	26 599	182 498	<b>209 097</b>
Møre og Romsdal	2 717	965	3 051	<b>16 733</b>	47 963	121 670	<b>169 633</b>
Nordland	9 641	7 757	367	<b>17 765</b>	289 853	225 074	<b>514 927</b>
Troms	1 528	849	73	<b>2 450</b>	46 971	62 913	<b>109 884</b>
Finnmark	198	130	14	<b>342</b>	14 516	30 111	<b>44 627</b>
Trøndelag	35 574	2 136	1 496	<b>39 205</b>	405 994	426 074	<b>832 068</b>
Sum	235 712	16086	6 475	<b>258273</b>	1 383 196	2 527335	3 910 531

Tabell 4: Tiltak grøfting per år

Dekar	Systematisk grøfting	Profilering	Omgraving	SUM	Avskjæringsgrøft	Annen grøfting	SUM
2013	46 025	1 725	1 296	<b>49 046</b>	173 997	491 467	<b>665464</b>
2014	48 570	2 956	1 588	<b>53 114</b>	285 928	508 794	<b>794722</b>
2015	27 557	1 170	1 247	<b>29 974</b>	179 247	334 129	<b>513376</b>
2016	23 517	1 514	697	<b>25 728</b>	205 550	283 199	<b>488749</b>
2017	51 681	2 650	657	<b>54 988</b>	268 427	456 659	<b>725086</b>
2018	38 362	6 071	990	<b>45 423</b>	255 341	467 792	<b>723133</b>
<b>SUM</b>	<b>235712</b>	<b>16086</b>	<b>6475</b>	<b>258273</b>	<b>1368490</b>	<b>2542040</b>	<b>3910530</b>

## 6 Lønnsomhet i drenering

Det finnes få nyere norske undersøkelser som kan si noe om lønnsomheten av drenering. Prosjektet DRAINIMP hadde registreringer av avling på felt med eng i Askvoll med ulik grøfteintensitet. (Haukås og Berger, 2018). Det ble gjort avlingsregistreringer med grøfteavstand på 6 meter og 12 meter og et ugrøfta kontrollfelt. Avlingsregistreringene gikk over 4 år.

Det var små utslag i avlingsnivået mellom de forskjellige feltene. I gjennomsnitt for 4 år var avlingsnivået for kontrollfeltet 585 FEm per dekar, felt med 12 meter grøfteavstand 623 FEm og for 6 meter 638 FEm per dekar.

For å kunne vurdere lønnsomheten i grøfting, ble det i dette prosjektet tatt utgangspunkt i verdien av meravlingen som grøftingen genererte. Verdien av avlingen ble beregnet ved å ta økning i antall føreheter og multiplisere med prisen per førehet. Produksjonsverdien av den økte avlingen må tilsvare den årlige annuiteten/kapitalkostnadene av investeringen under ulike forutsetninger for å være lønnsom. Den årlige annuiteten er avhengig av levetiden på grøftene, samt rentenivået.

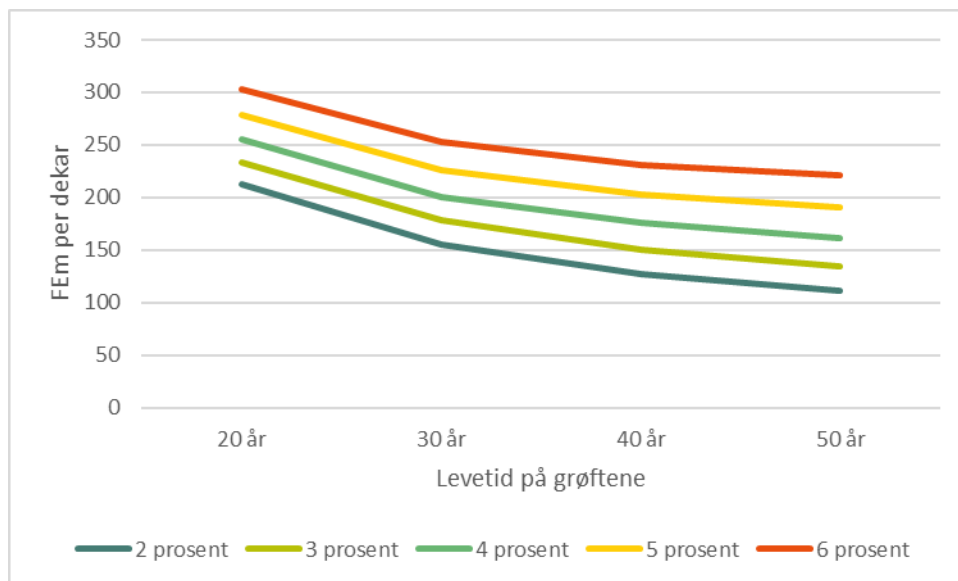
Annuiteten faller med lengre levetid og lavere realrenter. I dette prosjektet ble det utført simuleringer med hensyn til investeringsnivå med levealder på 20, 30, 40 og 50 år på grøftene. Rentenivået i disse simuleringene har variert mellom 2 og 6 prosent.

I snitt over 4 år, var det en økning i antall føreheter på 38 ved 12 meters grøfteavstand og 53 ved grøfteavstand på 6 meter. Prisen på grovfôr kan være vanskelig å fastsette, og vil variere mye. Grovfôr kan i en viss grad erstattes av kraftfôr til drøvtyggere. For å ha en entydig verdsetting av grovfôr, ble derfor kraftfôrpris på kr 3,70 per FEm benyttet. Dette gav produksjonsverdi på avlingsøkning på kr 141 per dekar for 12 meter grøfteavstand og kr 196 per dekar for 6 meter grøfteavstand. Dersom avlingsøkningen ble opprettholdt over hele levetiden til grøftene, kunne avlingsøkningen forsvare en grøftekostnad per dekar på kr 5 050 per dekar for 6 meter og kr 3 650 per dekar for 12 meter. I og med at grøftekostnader per dekar i området var ca. kr 11 200 for grøfting på 6 m og kr 5 600 for 12 m, ville ikke grøfting vært lønnsom for noen av grøfteavstandene. Ved tilskudd på kr 2 000 per dekar kunne grøfteavstand på 12 m være lønnsom ved rentenivå lavere enn 3 % og 50 års levetid på grøftene. Normalt vil effekten av grøfting falle over levetiden, og man har behov for større avlingsøkning for å få lønnsomhet i prosjektet (Haukås og Berger, 2018).

For å få lønnsomhet i grøfting på 6 m med en investeringskostnad på kr 11 200 per dekar, 3 % rente og 50 års levetid måtte man hatt en avlingsøkning på 118 FEm eller 20 % på Askvollfeltet. Tilsvarende for 12 m er 59 FEm eller 10 %. Ved fallende effekt av grøftene over levetiden må avlingsøkningen være enda større for at investeringen skal være lønnsom.

I beregningene som var gjort i rapporten Økonomi i drenering (Haukås og Berger, 2018), ble det lagt til grunn en gravehastighet på 40 meter per time. I ettertid har det vist seg at det ofte ikke er mulig å klare større hastighet på grøftegravningen enn 30 meter per time. Derfor ligger dette til grunn i regnearket. Investeringskostnaden vil da øke til 14 200 per dekar forutsatt 3 prosent rente og 50 år levetid. Kravet til avlingsøkning for at investeringen skal bli lønnsom vil da være en inntekt på kr 552 per dekar eller 135 FEm basert på kraftfôrpris og full effekt gjennom levetiden på grøftene.

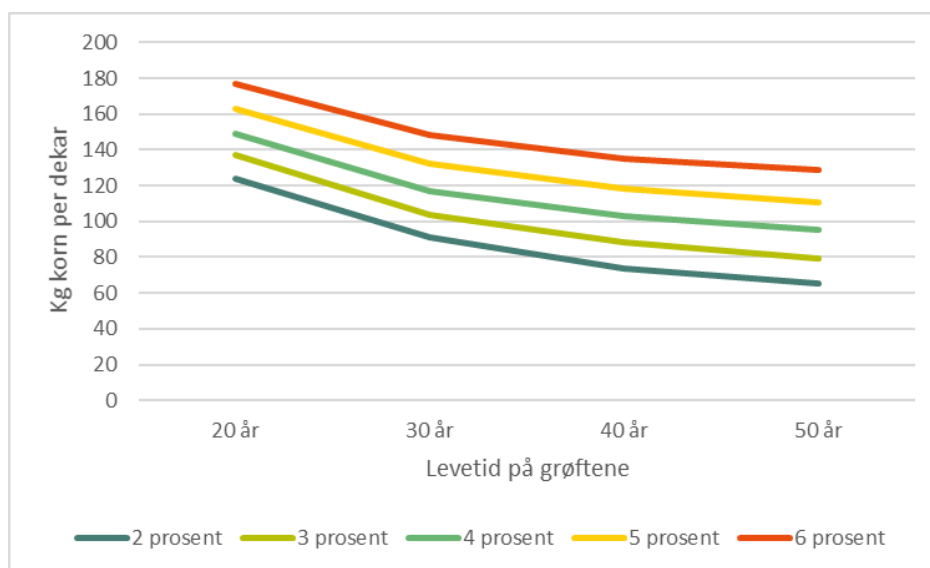
Dagens tilskudd til grøfter vil senke investeringskostnaden til 12 200 per dekar. Dette vil under de samme forutsetningene kreve en avlingsøkning på 116 FEm for å være lønnsom.



Figur 3: Behov for avlingsøkning for grovfôr i FEm ved ulikt rentenivå og levetid på grøftene for å få lønnsomhet ved investering på kr 14 200 per dekar.

For kornareal har man ikke norske resultater fra nyere feltforsøk. Beregninger er derfor gjort på litteratur delvis basert på spørreundersøkelser. Spørreundersøkelsen i prosjektet Optikorn er ikke ferdig, og vi har valgt å ikke bruke de foreløpige resultatene. Kornavlingen øker ved tidligere såtid, og dette kan muliggjøres gjennom grøfting. En avlingsøkning på 15 % ved drenering av kornareal kan være realistisk (Øygarden et al., 2009), og vi har valgt å bruke disse tallene basert på eldre kilder.

Med utgangspunkt i avlingsnivået på korn i driftsgranskingene i 2017 og veid oppnådd pris for korn samme året på hhv 472 kg per dekar og kr 2,69 per kg og en avlingsøkning på 15 % eller 71 kg, vil verdi av avlingsøkning være 190 kr per dekar. Er det enkel jord å drenere med en investeringskostnad på kr 5 300 per dekar, og regner 3 % rente og levetid på 50 år, kreves det en avlingsøkning på 77 kg per dekar for at investeringen skal være lønnsom med like stor avling gjennom hele levetiden. Med dagens investeringstilskudd på kr 2 000 per dekar vil kravet til avlingsøkning være 48 kg per dekar, og dreneringen ville være lønnsom for produsenten.



Figur 4: Behov for avlingsøkning kg korn ved ulikt rentenivå og ulik levetid på grøftene for å få lønnsomhet ved investering på kr 5 300 per dekar

Konklusjonen på lønnsomhetsberegningene er at det vil være lønnsomt å drenere dårlig drenert kornareal dersom man kan bruke Rådalshjul eller lignende utstyr. Det kan også være lønnsomt uten dagens tilskuddsnivå som er 38 prosent i eksempelet.

Drenering av grovfôrareal med gravemaskin er kostbart, og krever stor avlingsøkning for å være lønnsom. Med dagens tilskuddsnivå utgjør tilskuddet 14 prosent i eksempelet her, og vil ikke gjøre drenering lønnsomt for bonden.

Dreneringstiltak for å sørge for en tørrere jord trenger nødvendigvis ikke være tradisjonell grøfting med lukkede dreneringsgrøfter. I nedbørsrike område, og på jord som i utgangspunktet har dårlig vanngjennomtrengelighet (finkornet tekstur og høyt innhold av organisk materiale) er det like viktig med tiltak som hindrer vann fra omliggende områder å komme inn på jordbruksarealet ved hjelp av bl.a. avskjæringsgrøfter, og som gjør at nedbør renner av på overflaten ved hjelp av terrengforming. På myrjord er profilering og omgraving svært aktuelt.

En del av det dårlig drenerte arealet har store utfordringer når det gjelder å bedre dreneringstilstanden. I hovedsak gjelder dette lavtliggende arealer der det er vanskelig å få godt nok utløp for vannet, ofte fordi et torvlag er forsvunnet, eller arealer med tilførsler av vann fra omkringliggende areal gjennom kilder eller overflateavrenning. Disse arealene har kostnader som langt overstiger de tallene vi opererer med i kalkylene.

## 7 Norsk og internasjonal forskning

### Norsk forskning på lystgass og drenering

En har få helårige undersøkelser av sammenhengen mellom drenering og lystgassutslipp. Det er gjort noen undersøkelser, men mange av disse har lite omfang, og noen kan bedre betegnes som pilotprosjekter. De er ikke tilstrekkelige til å lage et estimat over utslippene i norsk landbruk generelt.

Tesfai og Hauge (2013) gjorde et forsøk basert på antakelsen om at nitrogengjødsling av landbruksarealer kombinert med høy jordfuktighet, slik en kan få ved dårlig drenering, kan føre til økte utslipp av lystgass ( $N_2O$ ). Resultatene er fra en pilotstudie med tre ledd; moderat godt drenert, utilfredsstillende drenert og dårlig drenert, der lystgassutslippene ble målt i vekstsesongen fra 2010-2012. I 2011 var utslippet fra dårlig drenert jord  $20-635 \mu g N_2O m^{-2} t^{-1}$  (6-878), fra utilfredsstillende drenert  $22-112 \mu g N_2O m^{-2} t^{-1}$  (11-1607), og fra moderat godt drenert  $4-33 \mu g N_2O m^{-2} t^{-1}$  (8-92) (tall fra 2012 i parentes). Det økte utslippet av lystgass var nært knyttet til høye tall for jordfuktighet og perioder med høy grunnvannsstand, noe som økte denitrifikasjon av nitrogengjødsel med svært store utslipp like etter gjødsling. I denne studien var grøftesystemet ødelagt på gjentak 2 og 3, så dreneringstilstanden var så dårlig at det knapt ble avling.

I målinger på eng på jord med ulik dreneringstilstand på Vestlandet (Tingvoll) fant Hansen et al. (2012) at lystgassutslippet øker med minkende avstand til vannspeilet fra vår til 1. slått. Der det var dårligst drenert fant man også utslipp av metan. I våt jord rik på organisk materiale vil metanogene mikroorganismer (Archaea) produsere metan. Disse utslippene kan bli store og utgjøre en betydelig del av drivhusgassutslippet også fra jord som ikke er myr. Målt i forhold til avlingsnivå ble effekten av dreneringstilstand på klimagassutslipp svært stor i målingene på Tingvoll.

I prosjektet Drainimp er det gjort helårsmålinger gjennom 2 år og 8 mnd. i sterkt gjødslet eng (29 kg N/daa) på Vestlandet (Askvoll) ved 12 og 6 m grøfteavstand. Det var et samlet utslipp av lystgass-N i hele måleperioden på rundt 900 g/daa fra arealet med 6 m grøfteavstand og 600 g/daa fra 12 m grøfteavstand. Det samla utslippet av metan ( $CH_4$ ) var i samme periode 1450 g  $CH_4-C$ /daa fra areal med 12 m grøfteavstand, mens det fra areal med 6 m grøfteavstand var et lite metanopptak. Sammenlagt for  $N_2O$  og  $CH_4$  var utslippa 360 og 380 kg  $CO_2$  ekv. per tonn grasørrstoff ved 6 og 12 m grøfteavstand i gjennomsnitt for åra 2014-2016 (Hansen et al. upublisert).

I Askvoll fikk man (2 år og 8 mnd.) altså større utslipp av lystgass fra 6 m grøfteavstand. Hvor stort lystgassutslippet blir er svært avhengig av forholda ved og rett etter gjødsling. Er det veldig vått kan man heller få et større utslipp av  $N_2$ . Et grøftesystem som fungerer godt kan også føre til raskere fluktuasjoner i vannstanden i jord og vekslinger mellom anaerobe og aerobe forhold, noe som kan føre til økte lystgassutslipp. Andre forhold som moldinnhold og pH kan ha virket inn på resultatene.

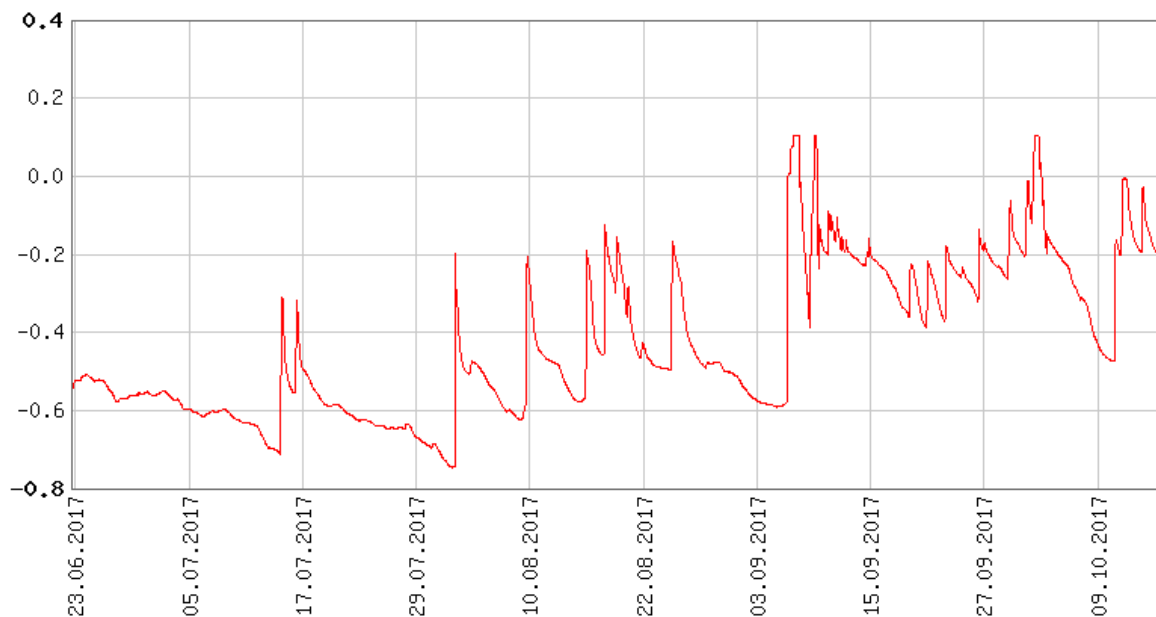
Målingene både på Tingvoll og Askvoll viser at man ved dårlig drenering og høyt innhold av organisk materiale i jorda kan få metanutslipp fra eng. Når man inkluderer dette og tar hensyn til at avlingen øker ved bedre drenering blir effekten positiv også i Askvoll. På grøtrefeltet i Askvoll var det i snitt for tre engår 10% større avling ved 6 m grøfteavstand i forhold til på ugrøfta areal. Variasjonen i avlingsutslag etter grøfting vil også være stor, og avhengig av dreneringstilstanden på arealet før man drenerer eller vedlikeholder dreneringssystemet.

Hauge (2018) har i flere felt logget grunnvannsstandendringer i norsk, drenert jord på timebasis, og en ser her at grunnvannsstanden endrer seg raskt i vårt våte klima. Deelstra (2015) gjorde tilsvarende målinger i et småfelt på Jæren/Rogaland og også registrerte meget raske endringer i grunnvannsstand. I tillegg ble det som en del av Klimasmart-prosjektet (Landbruksdirektoratet, rapport under utarbeidelse) foretatt målinger i tre småfelt, som viste meget raske endringer i grøfteavrenningen, noe som betyr at også grunnvannet i varierer meget rask. Selv i godt drenert jord vil grunnvannsstanden i

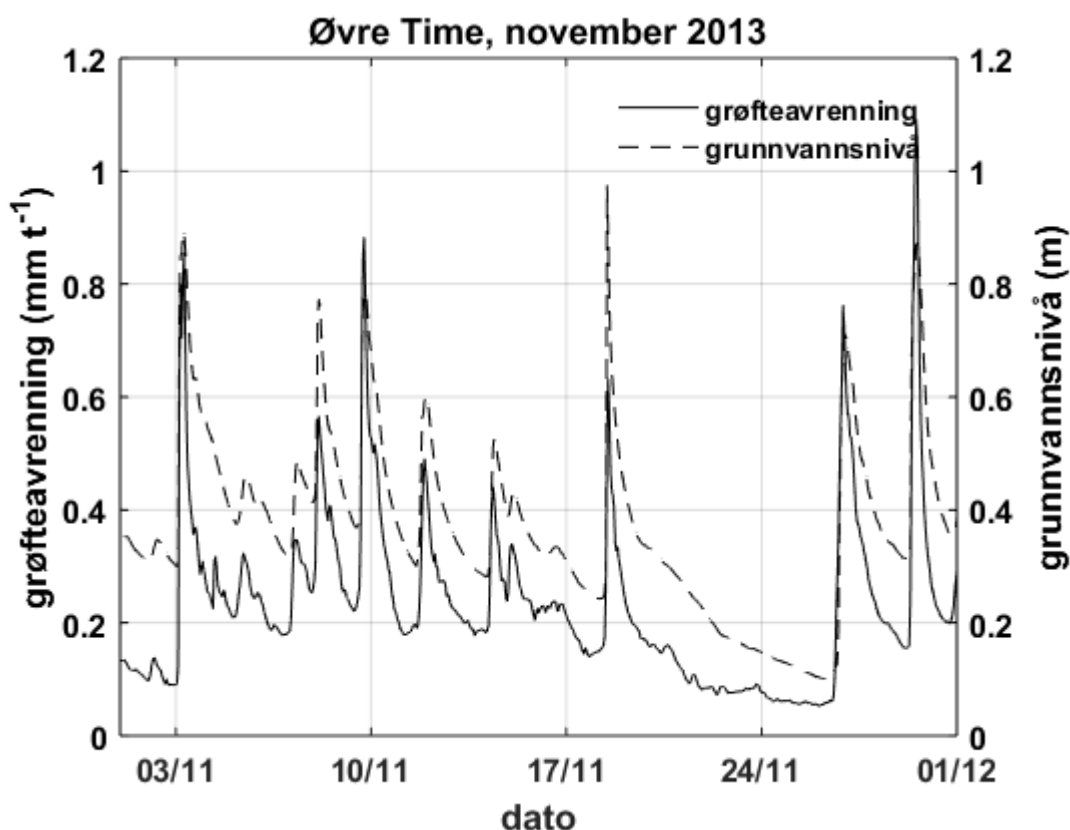


perioder komme nær eller helt i overflata, men raskt gå tilbake etter at nedbøren stopper. Disse forholdene er svært ulik det en finner i vekstsesongen i tørrere klima, der grunnvannsstanden kan være langt fra overflata i hele vekstsesongen.

Etter at det frie vannet er drenert ut, må en ha evapotranspirasjon for å komme ned i vanninnhold som ikke gir grunnlag for lystgassutslipp, noe som ikke alltid er til stede i Norge. En situasjon der grunnvannsstanden jevnlig kommer opp i overflata, kan gi grunnlag for utslipp av lystgass ulikt det en ser i varmere og tørrere strøk.



Figur 5: Eksempel på fluktasjoner i grunnvannspeilet i jord med velfungerende dreneringssystem, Larvik 2017. (Hauge 2018)



Figur 6: Det er nær sammenheng mellom fluktuasjonene i grunnvannsnivå og grøfteavrenningen. Tall fra målestasjon på Time i november 2013. (Deelstra, 2015)

### Internasjonal forskning på klimatiltak, lystgass og drenering

I forbindelse med rapporten er det tatt kontakt med kolleger i andre land med mer eller mindre lignende forhold som i Norge, for å undersøke om problemstillingen med drenering og lystgassutslipp er forsket på. Her kommer en liten sammenstilling av tilbakemeldingene. Forskere i følgende land har blitt spurt; Litauen, Latvia, Australia, Estland, Sverige, Finland, Irland og USA.

I de fleste av disse landene blir ikke drenering sett som et klimatiltak, med unntak av Sverige (SLU ved I. Wesstrøm), Irland (Teagasc ved O. Fenton) og USA (NCSU ved M. Youssef). Det blir forsket på effekter av f.eks utslipp av klimagass fra myrjord (Latvia, Irland) samt utslipp av klimagass på grunn av gjødslingsstrategier (Latvia). I Estland blir det nevnt at det er stor usikkerhet omkring utslipp av lystgass fra jordbruk og skog.

I Sverige ble det gjennomført et prosjekt med fokus på lystgassutslipp fra jordbruk der resultatene er gitt i rapporten: «Lustgas från jordbruksmark - Konkreta råd för att minska lustgasavgången på gårdsnivå» (Henriksson, M., M Stenberg og M. Berglund, 2015).

En av konklusjonene fra prosjektet er at dårlig drenering øker utslipp av lystgass. Samtidig konkluderer rapporten med at;

- god drenering fører til
  - redusert fare for jordpakking, dårlig drenering kan føre til jordpakking som igjen kan være en grunn til økt utslipp av lystgass
  - bedre utnyttelse av nitrat
- det er viktig med god jordstruktur og drenering for å redusere risiko for oksygenfattige forhold

- redusert jordarbeiding på dårlig drenert jord øker fare for utslipp av lystgass, særlig i områdene med mye nedbør, men det finnes unntak som motsier denne konklusjonen
- generelt er dannelse av lystgass større på jorder som har vært utsatt for jordpakking

**Tabell 5: Oversikt over internasjonale vurderinger av drenering som klimatiltak for å redusere lystgassutslipp.**

Land	Merknad
Litauen	Arvydas Povilaitis. I Litauen er ikke drenering sett på som tiltak for å redusere utslipp av lystgass
Latvia	Ainis Lagzdins. - Mye oppmerksomhet, særlig utslipp av klimagass fra myr/organisk jord - Foretatt målinger av utslipp etter tilførsel av - 1) mineralgjødsel - 2) restprodukter fra biogassproduksjon - 3) grisegjødsel  Grøfting blir ikke sett på som tiltak mot utslipp
Australia	Kontakt Willem Vlotman. Kjenner ikke til at dette er et tema
Estland	Arvo Iital. Drenering ikke sett på som tiltak for å redusere utslipp lystgass. Men det er stor usikkerhet omtrent utslipp av lystgass både fra jordbruk og skog
Sverige	Ingrid Wesstrøm Drenering blir sett som et tiltak som kan redusere utslipp av lystgass
Danmark	Kontrollert drenering /regulering av vann-nivå) for å redusere lystgasstap utenom vekstsesongen.
Finland	Helene Aijo Har ikke informasjon men har initiert aktuelle prosjekter hvor muligens måling av N <sub>2</sub> O kan bli en del av.
Irland	Owen Fenton. Informerer om at grøfting og lystgass er et veldig aktuelt tema i Irland. Merknader fra Irland: - På mineralsk jord anses drenering som bra tiltak for reduksjon av lystgassutslipp. De arbeider også med påvirkning av avløpsvannet. - På mineralsk jord med høyt innhold av organisk materiale må en regulere grunnvannsnivået, og det er også aktuelt å ta ut produksjonsarealer og stoppe drenering av arealene. Dette er aktuelt på opp til 40000 ha. - Dyrket myrjord – Drenering er forbudt fra nå av. De har til og med tatt informasjon om drenering av myr ut av dreneringskurset.
USA	Matthew Helmers, Iowa State Un. Forskning på sammenhengen karbon/nitrogen som funksjon av jordstruktur og vanninnhold. Ikke direkte relatert til grøftesystemer
USA	Mohamed Youssef, North Carolina State University. Positiv effekt av redusert grøfteavstand på lystgassutslipp.

## 8 Barrierer mot gjennomføring av drenering

Drenering vil være et klimatiltak som er en vinn-vinn situasjon, der innsatsen også gir andre fordeler, som økt avling, bedre bæreevne på jorda, mindre pakking og også en sannsynlig reduksjon av klimagassutslipp. Hvilke barrierer finnes for å oppnå forbedret drenering av landbruksareal?

Agri Analyse fikk i sin spørreundersøkelse følgende svar fra de som ikke skal drenere: 31 % sier at de ikke har behov, 28 % sier at de ikke har midler til drenering og 15 % mener at det ikke er lønnsomt.

Av de som har behov ser en at økonomiske faktorer er avgjørende, enten at de mangler kapital, eller at de mener at kostnadene er for høye i forhold til gevinsten. Drenering er et langsiktig tiltak, og inntjeningen vil skje over mange år.

Det er stor forskjell i pris fra områder der en kan bruke Rådalshjul eller grøfteplog, og der en må bruke vanlig gravemaskin. Prisen kan bli tredoblet der en ikke har tilgjengelig, eller ikke kan bruke Rådalshjul eller grøfteplog pga stein, bæreevne eller andre forhold i jorda.

Det finnes også praktiske barrierer. Den store og økende leiejordsandelen legger begrensninger på lønnsomheten i en så langsiktig investering som grøfting. En mangler sikkerhet for at en vil kunne drive arealene i nedbetalingstiden.

Grøfting vil også være sesongavhengig og væravhengig, og enkelte år er det vanskelige forhold. Det kan også være vanskelig å få tak i entreprenører lokalt til å ta på seg denne typen arbeid, fordi det ofte finnes annet gravearbeid som er bedre betalt. På grunn av lav betalingsvillighet kan landbruket tape i konkurransen om tilgjengelige maskiner. De stiller ofte bakerst i køen.

Ut fra dette kan vi sette opp hovedårsakene til at drenering ikke blir gjennomført:

- Kostbart tiltak, krever kapital
- Langsiktig inntjening av investeringene
- Usikker effekt på avling (lite sikker dokumentasjon)
- Leiejordandel øker, kortsiktige leieavtaler men langsiktige investeringer
- Mangel på entreprenører lokalt som tar denne typen arbeid
- Ulagelige forhold for grøfting i den perioden grøfting er avtalt med entreprenør
- Usikker effekt på klima, lite dokumentasjon

### **Kostnader, mangel på kapital**

Vi har brukt oppdaterte tall for grøftearbeid og bruker følgende i regnearket for kostnader.

Kostnader drenering: Kr 5 300 ved bruk av Rådahlshjul/grøfteplog

Kr 14 200 ved bruk av gravemaskin

### **Lønnsomheten ved grøfting**

Lønnsomheten av grøfting varierer mye, og både vekst, avlingsøkning, levetid på grøfter, investeringskostnader og rentenivå er usikre faktorer som har stor betydning for det økonomiske resultatet. Med de kostnadene en har ved bruk av gravemaskin er det vanskelig å oppnå lønnsomhet ved nygrøfting, i hvert fall ved grasproduksjon.

En mangler gode tall for levetiden på eksisterende grøfter, noe som betyr mye for lønnsomheten på lang sikt. Store arealer er fremdeles dekket av teglgrøfter fra før 1970. Bare langsiktig forskning kan avdekke hvor lenge grøfter fungerer. Disse opplysningene vil kunne gjøre det lettere å beregne lønnsomheten av grøftingen for ulike produksjoner i forskjellige deler av landet.

### **Leiejord**

Rasjonaliseringen innen landbruket har ført til at de aktive gårdbrukerne driver stadig større arealer, og økningen er for en stor del dekket opp med leiejord. Ofte er det usikre, muntlige eller kortsiktige avtaler for leiejorda, og usikkerheten gjør at det er vanskelig å foreta større investeringer som grøfting av arealet.

### **Lokal mangel på entreprenører**

Bønder med behov for grøfting bor ofte spredt, og ofte langt fra tilgjengelige entreprenører.

Grøftearbeid for bønder er vanligvis forholdsvis lavt betalt for entreprenører. Det er vanlig at entreprenører tar dette innimellom, når det ikke er andre oppdrag, og det er ikke uvanlig at arbeidet blir forskjøvet dersom det blir tilgjengelig bedre betalte oppdrag. Dette er igjen et økonomisk spørsmål, der landbruksnæringen ikke greier å konkurrere i pris på oppdrag med statlige og kommunale oppdrag, andre næringsdrivende eller private.

De store kundene har også mer makt til å stille krav om å bli prioritert enn en enkelt gardbruker.

### **Ulagelige forhold for grøfting**

Grøftearbeid bør foregå under rimelig tørre forhold for på få et tilfredsstillende resultat. Det er også ofte ønskelig at det tas utenom vekstsesongen, for ikke å miste et års avling. Dårlig bæreevne for maskiner kan repareres med et lite telelag, men blir telen for dyp, kan det hindre grøftearbeidet.

Dette betyr at vinduet for å utføre grøftearbeidet kan bli kort, og at det kan bli for våte forhold i lange perioder for å gjøre planlagt arbeid.

### **Avlingsøkning**

I feltforsøk har en funnet god avlingsøkning av drenering. I spørreundersøkelser er ikke deltakerne like sikre på avlingsøkningen, unntatt på mindre, svært våte problemområder og ved skader på eksisterende grøfter. For korn er tidligere såing en av de viktigste faktorene for avlingsøkning, og dette kan det være vanskelig å oppnå i praktisk drift med store arealer som skal jordarbeides og sås i våronna. Mange opplever grøftetilstanden som god nok for høy avling, men at problemer med våt jord og bæreevne er viktigere for en rasjonell drift.

### **Usikker klimaeffekt**

Den negative klimaeffekten av drenering av organisk jord er veldokumentert. Den sannsynligvis positive klimaeffekten av drenering av mineralsk jord er usikker og det foreligger liten dokumentasjon for norske forhold. Den varierer med grad av dreneringsproblemer, jordart, pakking, klima og nedbørsforholdene det enkelte år. Det er usikkert om den dreneringstilstanden som bøndene opplever som «dårlig» drenert, er den samme som gir lystgassutslipp.

## 9 Virkemidler for å fjerne barrierer

### **Økonomiske insentiver:**

Økte tilskudd vil kunne gjøre det mer attraktivt både for bønder, og for entreprenører å foreta grøftearbeid. Slike økonomiske insentiver (kr 2 000 per dekar i dag) er allerede igangsatt gjennom statlige grøftetilskudd. Dette har imidlertid ikke resultert i stor økning av grøfteaktiviteten, selv om den har økt. Mye av det bevilgede tilskuddet blir stående ubenyttet etter innvilgning.

Det er en tendens til at det dreneres mer på Østlandet i områder der en kan bruke Rådahlshjul eller grøfteplog. Dette er naturlig, siden kostnadene er såpass mye høyere med gravemaskin. Grøfting for grasproduksjon lønner seg mindre, både fordi avlingen har mindre verdi pr dekar, og fordi en i mange av de typiske husdyrfylkene har jord der det bare er gravemaskin som er aktuelt for grøftearbeid, så kostnadene er langt høyere.

Det vil være mulig å endre profil på tilskuddene. I dag er det flat sats uansett kostnad ved drenering. På lettgrøftet jord vil tilskudd dekke 40 % av kostnaden, på vanskelig jord å drenere kanskje bare 15 %. Tilskudd basert på andel av kostnadsoverslag slik det var tidligere inntil 40 % og et maks beløp, vil trolig øke interessen for drenering i deler av landet der en ikke har maskiner tilgjengelig, eller jord som er utfordrende å grøfte.

### **Administrative tiltak:**

Trenden for lovreguleringer innen eiendomsforvaltning, ved kjøp og salg av landbrukseiendommer er at staten i stadig større grad unnlater å gripe inn. Endringene knyttet til bo- og driveplikt, størrelse på odelseiendom, statens forkjøpsrett mm har medvirket til at en i mindre grad kan og vil gripe inn for å sikre jord til aktive bønder.

En mer konsekvent politikk på avtalefestet langsiktig bortleie for inaktive eiere av landbrukseiendom kan være et virkemiddel. Men på så langsiktige investeringer som grøfting blir selv 10 år en kort tid.

### **Forskning:**

Det er behov for bedre tall for sammenhengen mellom dreneringstilstand og avling for de viktige jordbruksvekstene. Slik kan en få gitt veiledningstjenesten et bedre verktøy for å gi råd om når det vil lønne seg å grøfte. Det er også behov for metoder for å bestemme fysisk hvilken grøftetilstand et område har, f.eks ved måling av hastighet på grunnvannsstandsending etter nedbør.

Når det gjelder effekten av grøfting på klimagassutslipp finnes det i dag svært usikre anslag for effekten. Helårsvirkningen på klimagassutslipp, og sammenhengen mellom dreneringsgrad, jordart, klima og klimagassutslipp er usikker, og forsket for lite på under norske forhold med forholdsvis våt og kjølig sommer og lang og ofte ustabile vinterforhold. Det må utføres helårs klimagassmålinger ved ulike dreneringstilstand på ulike jordarter i ulikt klima for korn og eng. Dreneringsforsøkene fra eng som er referert fra Vestlandet har pågått i få år. Det er behov for å gjøre tilsvarende forsøk i andre deler av landet og for andre produksjoner. Det er vanskelig for veiledningstjenesten å gi sikker tilrådning for reduksjon av klimagassutslipp på bakgrunn av dagens kunnskap.

Det er behov for godt fungerende småfelt og/eller ruteforsøk for slike undersøkelser av de nevnte sammenhengene. Forsøk med grøfting bør være langvarige for å oppnå pålitelige resultater. De første årene etter grøfting vil resultatene av slike forsøk være usikre på grunn av påvirkning av nygrøftingen. Dessuten vil effekter av drenering variere mye fra år til år på grunn av varierende værforhold. Derfor er det behov for å tenke langsiktig med et forsøksfelt for forskning på både agronomiske og miljømessige virkninger av grøfting.

Mer forskning vil også gi muligheter for å bestemme bedre hvor mye areal som kan være tilstrekkelig drenert i forhold til avling, økonomi og lystgassutslipp.

# 10 Valg av forutsetninger for beregning av drenering som klimatiltak

Som vedlegg til rapporten finnes et regneark om drenering som klimatiltak basert på de vurderinger som er gjort. I denne forbindelse er det gjort en del valg av faktorer i regnearket. Her er en oppstilling over de valg som er gjort i regnearket:

## Lystgass og drenering

Det er usikkert hvor mye drenering påvirker utslipp av klimagasser. Det er kjent at utslipp av lystgass er stort ved et gitt vanninnhold i jorda. Er jorda helt mettet med vann, er det lite utslipp, det samme gjelder når vanninnholdet kommer under 60 % av feltkapasitet. Drenering kan redusere tiden når vanninnholdet er i det kritiske område. Det er gjort en del målinger i feltforsøk på dette, men resultatene er ikke entydige. I denne beregningen har vi derfor basert oss på tidligere publiserte data med utslipp av klimagass tilsvarende 1 % av tilført nitrogen for godt drenert jord og 2 % for dårlig drenert jord (Bardalen et al., 2018).

## Areal som er dårlig drenert

For å finne hvor mye areal som er dårlig drenert, har vi benyttet tall fra jordbrukstillingen i 2010 (SSB). Det har blitt drenert en del etter 2010, men aktiviteten har ikke vært så stor. Vi har derfor regnet med at like mye nytt areal er kommet til som dårlig drenert som det som er drenert i perioden. Grunnlaget for beregningene er at 8 % av jordbruksarealet er dårlig drenert. Vi har delt mellom kornareal og grovfôrareal. Dette er gjort etter tall fra produksjonssøknader for 2018 (Landbruksdirektoratet). Dårlig drenert areal er derfor beregnet til 230 000 dekar for korn og 410 000 dekar for grovfôr.

## Tilført nitrogen

Tilført Nitrogen til henholdsvis korn- og grovfôrareal er brukt data fra rapport 24/2015 fra Statistisk sentralbyrå (Gundersen og Heldal, 2015). Der er det oppgitt 15,4 kg for høstvetete, 14,0 kg for vårhvete 11,3 kg for havre og 12,1 kg for bygg. Ved å vekte dette med kornarealet i 2018, får vi et gjennomsnitt tilført nitrogen på kornareal på 12,4 kg per dekar. Øygarden et al. 2009, brukte 12,2 kg nitrogen for kornareal. Når det gjelder grovfôrareal og nitrogen gjødsling, er det brukt 17,7 kg for grovfôrareal (Gundersen og Heldal, 2015). Øygarden et al., 2009 brukte 24,5 kg. Dette var basert på kalkyler fra NILF for produksjon av grovfôr mens SSB har tatt utgangspunkt i totalt tilført nitrogen i Norge. Sum tilført nitrogen vil da være 2 852 tonn på kornareal og 7 257 tonn nitrogen for grovfôrareal, i alt 10 109 tonn nitrogen. Regner vi at forskjellen mellom 1 og 2 prosent av dette blir reduksjonen av lystgass-N, får vi en årlig reduksjon i lystgass-N på 101,1 tonn fordelt på 28,5 tonn fra kornareal og 72,6 tonn fra grovfôrareal. Regner vi dette om til tonn lystgass, blir det brukt en faktor på 1,57 tilsvarende vektforhold mellom nitrogen og oksygen. Teoretisk reduksjon av lystgass blir da 158,9 tonn årlig etter at alt er drenert fordelt på 44,8 tonn fra kornareal og 114 tonn fra grovfôrareal som tilsvarer 47 300 tonn CO<sub>2</sub> ekv /år. På grunn av at tiltaksperioden går over 10 år, vil vi ikke ha effekt fra alt areal før i år 10 etter oppstart. Vi regner at effekt av drenering avtar lineært over 50 år slik at det i år 10 vil være en reduksjon i lystgassutslipp på 40,8 tonn for kornarealet og 103,8 tonn for grovfôrarealet. Effekten av tiltaket vil da avta gradvis til år 60 etter oppstart eller år 50 etter siste tiltaksår.

## Tiltaksperiode

Det vil ta tid å drenere et areal på 640 000 dekar. Vi regner med å kunne gjennomføre dette på 10 år, det vil si 64 000 dekar i året. Dette er likevel en god del høyere enn dreneringsnivå de siste årene som

har vært på rundt 50 000 dekar etter at tilskudd ble gjeninnført i 2013 (Landbruksdirektoratet). Mye av dette må komme i tillegg til ordinær drenering for å hente inn etterslep.

### **Investeringskostnader**

Det er kostbart å drenere. Variasjonen er stor i kostnader mellom ulike jordarter. På lett drenert jord med lite stein hvor det er mulig å drenere med Rådalshjul, er det brukt kr 5 300 per dekar. Det da basert på systematisk grøfting og 6 m grøfteavstand. Kostnaden er hentet fra kalkyleeksempel fra NLR-Øst (Kjus, 2018). Denne satsen er bruk på alt kornareal. Mye av jorda i Norge må grøftes med gravemaskin. Dette er mye dyrere. Kalkyleeksempel fra NLR-Vest med 4"rør og 30 m framdrift per time koster kr 14 200 per dekar. Vi har valgt å bruke denne satsen for alt grovfôrareal.

### **Inntekt av tiltaket (kostnadsreduksjon)**

For korn er det regnet med en avlingsvekst på 15 % etter drenering (Øygarden et al., 2009). Med et avlingsnivå på 472 kg og pris på kr 2,69 kg (Driftsgranskingene) vil verdi av avlingsvekst per dekar være 71 kg og verdien være 191 kr per dekar. Teoretisk inntekt av tiltaket vil være kr 41,8 mill. kr årlig når alt kornarealet er drenert.

Det er regnet med en økning i grovfôravlinger etter drenering på 9 % basert på forsøk over 4 år i Askvoll. Avlingsnivå i utgangspunktet var 585 FEm. Årlig økning var 53 FEm på areal drenert med 6 m avstand mellom grøftene. Verdien per FEm er satt til gjennomsnittskraftfôrpris, kr 3,99. Inntekt av tiltaket er beregnet til  $53 \cdot 4,08$  som er 216 per dekar. For alt arealet blir det da 88,7 mill. kr årlig for 410 000 daa med full effekt av tiltaket.

### **Resultat av beregningene**

#### **Korn**

Resultatet av beregningene viser et behov for investering i tiltakene på 1 219 millioner kroner i drenering av kornareal. Areal med dreneringsbehov er 230 000 dekar og kostnad per dekar er 5 300 kr. Det er regnet med investeringsperiode over ti år med likt beløp hvert år, kr 121,9 millioner kroner. Inntektene av tiltaket vil øke gradvis fram til år 11 etter første års investering når all drenering er gjennomført. Samlet inntekt av tiltakene over perioden er beregnet til 1 120 millioner kroner. Det er regnet med inntektene vil gradvis avta fram til år 51 etter siste investeringsår.

Drenering vil medføre økt kornavling slik at netto nåverdi av tiltaket med 4 % rente vil være 483,1 millioner kroner. Varighet av tiltaket er satt til 50 år og beregnet frem til 2080. Beregnet redusert utslipp av lystgass er 3 971 tonn fram til 2080. Det er ventet avtakende effekt av dreneringen utover i perioden. Reduksjon i utslipp av lystgass vil også avta.

Drenering vil også medføre økt avling slik at netto nåverdi av tiltaket med 4 % rente vil være 4 163 millioner kroner. Varighet av tiltaket er satt til 50 år og beregnet frem til 2080. Beregnet redusert utslipp av lystgass er 1 143 tonn fram til 2080 som tilsvarer 340 600 CO<sub>2</sub> ekv. For perioden 2021 til 2030 vil beregnet reduksjon i lystgass være 191 tonn tilsvarende 57 000 tonn CO<sub>2</sub> ekv. Det er ventet avtakende effekt av dreneringen utover i perioden. Reduksjon i utslipp av lystgass vil også avta.

Kostnad per tonn CO<sub>2</sub>-ekv. er beregnet til kr 1 418.

#### **Grovfôr**

Det er beregnet at 410 000 dekar grovfôrareal har behov for drenering. Det er regnet med kr 14 200 per dekar i dreneringskostnad, samlet behov for investering er 5 822 millioner kroner. Som for korn er det regnet med investeringsperiode over ti år med likt beløp hvert år, kr 582,2 millioner kroner. Inntektene av tiltaket vil øke gradvis fram til år 11 etter første års investering når all drenering er gjennomført. Samlet inntekt av tiltakene over perioden er beregnet til 2 260,8 millioner kroner. Det er regnet med inntektene vil gradvis avta fram til år 51 etter siste investeringsår.



Drenering vil medføre økt grovfôravling slik at netto nåverdi av tiltaket med 4 % rente vil være 3 701,7 millioner kroner. Varighet av tiltaket er satt til 50 år og beregnet frem til 2080. Beregnet redusert utslipp av lystgass er 2 908 tonn frem til 2080 som tilsvarer 866 600 CO<sub>2</sub> ekv. I perioden 2021- 2030 tilsvare dette 485,8 tonn lystgass eller 144 800 tonn CO<sub>2</sub> ekv. Det er ventet avtakende effekt av dreneringen utover i perioden. Reduksjon i utslipp av lystgass vil også avta.

Kostnad per tonn CO<sub>2</sub>-ekv. er beregnet til kr 4 272.

### **Privatøkonomi**

Vurderer man privatøkonomi for tiltakene i korn og tar hensyn til tilskudd til drenering, kr 2 000 per dekar, blir investeringskostnaden på kornareal redusert til kr 3 300 per dekar. Samlet investeringskostnad blir 759 millioner kroner mens inntekten blir den samme, 1 120 millioner kroner. Netto nåverdi for tiltakene 175,1 millioner kroner, og kostnaden per tonn CO<sub>2</sub> ekv reduseres til kr 514. Det er da forutsatt en rente på 5,5 %.

Tilsvarende forutsetninger for tiltak i dårlig drenert grovfôrareal, det vil si et tilskudd per dekar på kr 2 000 og en rente på 5,5 %, medfører en samlet investeringskostnad på 5 002 millioner kroner og samlet

inntekt på kr 2 260 millioner kroner. Netto nåverdi for tiltakene er beregnet til kr 2 969 millioner kroner. Kostnaden per tonn CO<sub>2</sub>-ekv. reduseres til kr 3 426.

# Referanser

- Bardalen et al. 2018. Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter. NIBIO Rapport 4 (149): 84 s.
- BFJ (Budsjettnemnda for jordbruket). 2018. Totalkalkylen for jordbruket. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). Ås.
- Butterbach-Bahl, K., Baggs, E.M., Dannenmann, M., Kiese, R., Zechmeister-Boltenstern, S., 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 368, 20130122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>
- Cayuela, M. L., Aguilera, E., Sanz-Coben, a. A., Adams, D. C., Abalos, D., Barton, L., Ryals, R., Silver, W. L., Alfaro, M. A., Pappa, V. A., Smith, P., Garnier, J., Billen, G., Bouwman, L., Bondeau, A. & Lassaletta, L. (2017) Direct nitrous oxide emissions in Mediterranean climate cropping systems: Emission factors based on a meta-analysis of available measurement data. *. Agric Ecosyst Environ.* **238**: 25-35
- Davidson, E. A. 1991. Fluxes of Nitrous Oxide and Nitric Oxide from Terrestrial Ecosystems.. *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides and Halomethanes.*, edited by J E Rogers and W B Whitman, no. 12, American Society for Microbiology, 1991, pp. 219–35.
- Deelstra, J., 2015. Climate change and subsurface drainage design: results from a small field scale catchment in south-western Norway. *Soil & Plant Science. Acta Agricultura Scandinavica Section B.* Vol 65, Supplement 1
- Dobbie, K.E., Smith, K.A., 2006. The effect of water table depth on emissions of N<sub>2</sub>O from a grassland soil. *Soil Use Manag.* 22, 22–28. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00002.x>
- Flechard, C.R., Ambus, O., Skiba, U., Rees, R.M., Hensen, A. & Amstel, A.M.F.v. 2007. Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. *Agricultural, Ecosystems and Environment* 121 (1-2), 135-152.
- Grossel, A., Nicoulaud, B., Bourennane, H., Lacoste, M., Guimbaud, C., Robert, C., Hénault, C., 2016. The effect of tile-drainage on nitrous oxide emissions from soils and drainage streams in a cropped landscape in Central France. *Agric. Ecosyst. Environ.* 230, 251–260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.015>
- Grønlund, A., Hauge, A., Hovde A. & D. Rasse (2008). Carbon loss for cultivated peat soils in Norway: a comparison of three different methods. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 81: 157-167.
- Gundersen, G.I. og J. Haldal. 2015. Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2013. SSB-rapport 24-2015.
- Hansen, S. 2014. Effekt of management and drainage on N<sub>2</sub>O emissions in grassland. *Proceedings of NJF seminar 480, Falkenberg*
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A., Ådlandsvik, B. 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NKSS rapport no. 2/2015.
- Haukås, T. og M. Berger. 2018. DRAINIMP – Økonomi i drenering. Resultat frå grøfting i Askvoll og omgraving av myr i Fræna. NIBIO-rapport nr 152-2018.
- Hauge, A. og M. Tesfai. 2013. Dreneringsforholdenes effekt på lystgassutslipp fra landbruksjord. Resultater fra en pilotstudie på marin leirjord med korndrift . *Bioforsk-rapport 8 (42) 2013.*

- Hauge, A., Filtermaterialer for drengrofter, NIBIO-rapport nr 4/146/2018
- Hauge, A., Kværnø, S.H., Deelstra, J., Bechmann, M. Hovland, I., Kristian Stornes, O. 2011. Dreneringsbehov i norsk landbruk – økonomi i grøftingen. Bioforsk rapport, Vol. 6, nr. 128.
- Henriksson, M., M Stenberg og M. Berglund. 2015. Lustgas från jordbruksmark. Konkreta råd för att minska lustgasavgången på gårdsnivå. Hushållingssällskapet, Halland 035-465 00.
- Hillestad, Margaret E. og Anne Bungler. 2019. Kornhøsting i våtere klima. AgriAnalyse. ISSN 1894-1192
- Hove, P. 1981. Bæreevne og stabilitet i jorda i relasjon til drenering. Sluttrapport Norges Landbruksvitenskapelige Forskningsråd. nr.362. ISBN 82-7290-076-9. 10 s.
- Hovlandsdal, L., 2011. Langtidseffekten av kalking på lystgassemissjonen frå dyrka organisk jord. Masteroppgåve, Universitetet for miljø- og biovitenskap, 43 sider
- IPCC 2006. The Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- IPCC 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Kjus, L. 2018. Lønnsomhet ved grøfting. Foredrag Kalnes 8. november 2018. Norsk landbruksrådgiving. <https://klimaostfold.no/wp-content/uploads/2018/11/L%C3%B8nnsomhet-ved-gr%C3%B8fting-Lars-Kjus.pdf>
- Kristiansen, B. (red.). 2019. Driftsgranskinger i jord- og skogbruk. NIBIO 2018.
- Lågbu, R., Nyborg, Å. A., Svendgård-Stokke, S. 2018. Jordsmonnstatistikk Norge. NIBIO Rapport 4 (13), 75 s.
- Riley, H., 1988. Virkningen av redusert jordarbeiding på jordfysiske og jordkjemiske forhold. Rapporter från jordarbetsavdelingen – Reduseret jordarbejdning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, 77, 45-57.
- Rivedal, S., Riley, H., Lunnan, T., Børresen, T. Øpstad, S., Stürite, I. 2016. Verknad av traktorkøyring på engavling og jordfysiske forhold. NIBIO Rapport 2,145: 78 p.
- Smith, K.A., Ball, T., Conen, F., Dobbie, K.E., Massheder, J., Rey, A., 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. Eur. J. Soil Sci. 54, 779–791.
- Tesfai, M., Hauge, A., Hansen, S., 2015. N<sub>2</sub>O emissions from a cultivated mineral soil under different soil drainage conditions. Acta Agric. Scand. Sect. B—Soil Plant Sci. 65, 128–138.
- Øygarden, L., Nesheim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., & Stornes, O. K. (2009). Klimatiltak i jordbruket-mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. Bioforsk Rapport Vol (4) nr 175. 2009.

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

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

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

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