



**KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET**

En rapport fra Klimakur 2020 – Klima- og forurensningsdirektoratet

Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren

TA
2593
2010



UTKAST

Forord

Etatsgruppen Klimakur 2020 skal vurdere tiltak og virkemidler for å oppfylle en målsetting om å redusere norske utslipp med 15-17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Resultatene vil danne grunnlag for regjeringens vurdering av klimapolitikken, som senere skal legges fram for Stortinget.

Miljøverndepartementet har gitt Klima- og forurensningsdirektoratet i oppdrag å lede etatsgruppen som har fått navnet Klimakur 2020. I tillegg til Klima- og forurensningsdirektoratet består kjernen i etatsgruppen av Norges vassdrags- og energidirektorat, Statens vegvesen, Statistisk sentralbyrå og Oljedirektoratet. Kjernegruppen trekker også inn andre sentrale aktører og relevante fagmiljøer som for eksempel Husbanken, Sjøfartsdirektoratet, Statens byggtkniske etat og Norsk institutt for skog og landskap. Også andre etater, forskningsmiljøer og organisasjoner har blitt trukket inn i arbeidet.

Mandatet for Klimakur 2020 har vært å utrede hvilke tiltak og virkemidler som må til for å nå Stortingets mål om å redusere de norske utslippene av klimagasser med 15-17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Klimakurs 2020 ble også bedt om å vurdere tiltak som er nødvendig også på lengre sikt enn 2020. Helhetlig vurdering av hvordan dette målet skal nås er gjengitt og vurdert i hovedrapporten fra Klimakur 2020 (TA-2590/2010).

Klima- og forurensningsdirektoratet har hatt ansvaret for å utrede tiltak og virkemidler innen jordbruk. Resultatene fra arbeidet presenteres i denne rapporten. I tillegg inngår resultatene fra arbeidet i hovedrapporten fra Klimakur 2020.

Versjon 5.1, utkast per 16.2.2010

Innholdsfortegnelse

0. SAMMENDRAG	7
1. INNLEDNING OG BAKGRUNN	12
1.1 OMFANG AV ANALYSEN	12
1.2.1 Andre delprosjekter i Klimakur 2020	12
1.2.2 Landbruks- og matdepartementets klimamelding	12
1.2.3 Tiltak rapportert i litteratur og databaser	13
2. HVA ER ALLEREDE GJENNOMFØRT ELLER BESLUTTET?	15
2.1 UTSLIPP I JORDBRUK, UTVIKLINGSTREKK OG UTSLIPPSREGNSKAP	15
2.2 FRAMSKRIVING AV JORDBRUKSUTSLIPPENE	16
2.3 EKSISTERENDE TILTAK OG VIRKEMIDLER	17
2.3.1 Jordbruksavtalen	17
2.3.2 Støtteordninger	17
2.3.3 Forskning	18
2.3.4 Kvoter og avgifter	18
2.5 INTERNASJONALE RAMMEBETINGELSER OG VIRKEMIDLER	18
3. TILTAK OG KOSTNADER	18
3.1 MULIGE TILTAK I 2020 OG UTSIKTER MOT 2030	18
3.2 TILTAK SOM IKKE KAN GJENNOMFØRES UAVHENGIG AV HVERANDRE	21
3.3 MILJØNYTTE OG FORBEDRING AV BEREGNINGSMETODIKK	22
3.4 PRODUKSJON AV BIOGASS FRA HUSDYRGJØDSEL (TILTAK 1-4)	22
3.4.1 Innledning	22
3.4.2 Teknologi	24
3.4.3 Separatbehandling av husdyrgjødsel	24
3.4.4 Sambehandling av husdyrgjødsel med våtorganisk avfall	26
3.4.5 Usikkerhet, følsomhet	28
3.4.6 Innbyrdes påvirkning mellom biogass tiltaket og gjødslingstiltakene	28
3.4.6 Barrierer og hindringer	29
3.5 MER EFFEKTIV GJØDSLING AV JORDBRUKSJORD (TILTAK 5-6)	29
3.5.1 Innledning	29
3.5.2 Optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan (tiltak 5)	30
3.5.4 Teknologi	31
3.5.5 Annen miljønytte	31
3.5.6 Usikkerhet, følsomhet	32
3.5.7 Barrierer og hindringer	32
3.5.8 Redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking (tiltak 6)	32
3.5.9 Teknologi	34
3.5.10 Annen miljønytte	34
3.5.11 Usikkerhet, følsomhet	34
3.5.12 Barrierer og hindringer	34
3.6 STANS I NYDYR KING AV MYR OG RESTAURERING AV DYRKET MYR (TILTAK 7)	34
3.6.1 Innledning	34
3.6.2 Teknologi	36
3.6.3 Stans i nydyrking av myr	36
3.6.4 Restaurering av myr som tas ut av drift av naturlige årsaker	36
3.6.5 Restaurering av myr med noe produksjonstap	36
3.6.6 Samlet effekt av tiltaket	37
3.6.7 Barrierer og hindringer	37
3.7 PRODUKSJON AV BIOKULL OG LAGRING I JORDBRUKSJORD (TILTAK 8)	38
3.7.1 Innledning	38
3.7.2 Teknologi	38
3.7.3 Råstoff, typer og mengder	39
3.7.4 Utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet	39
3.7.5 Andre effekter	41
3.7.6 Usikkerhet og følsomhet	41
3.7.7 Alternativ bruk av biokull	42

3.7.8 Barrierer og hindringer	42
3.8 REDUSERTE UTSLIPP AV KLIMAGASSER FRA VEKSTHUSNÆRINGEN (TILTAK 9-10)	42
3.8.1 Substitusjon av olje/propan og direktevirkende el med flisfyring	44
3.8.2 Substitusjon av fossil gass med biogass	45
3.8.3 Energiøkonomisering i veksthus.....	45
3.9 INNBLANDING AV 10 VOLUMPROSENT BIODIESEL I MERKET DIESEL (TILTAK 11)	46
4. VIRKEMIDLER FOR Å UTLØSE TILTAKENE.....	46
4.1 JURIDISKE VIRKEMIDLER	46
4.1.1 Forbud mot spredning av husdyrgjødsel utenfor vekstsesongen	46
4.1.2 Krav til klimaeffektiv spredning av husdyrgjødsel	47
4.1.3 Leveringskrav for husdyrgjødsel.....	47
4.1.4 Skjerpede krav til gjødselplanlegging	47
4.1.5 Forbud mot nydyrking av myr.....	48
4.1.6 Omsetningspåbud for biodiesel i merket diesel.....	48
4.2 ØKONOMISKE VIRKEMIDLER	48
4.2.1 Klimaretting av bevilgningene over jordbruksoppkjøret	49
4.2.2 CO ₂ -avgift på konkurrerende energibærere til biogass	49
4.2.3 Kunstgjødselavgift.....	50
4.2.4 Fond.....	50
4.2.5 Støtte til store anlegg for biogass og biokull.....	51
4.2.6 Produksjonsstøtte til biogass eller mottakplikt for energiselskapene	51
4.2.7 Støtte til investeringer på gårdsnivå	52
4.2.8 Støtte av gjødsel pelletsproduksjon	52
4.2.9 Støtte til binding av karbon i jordbruksjord.....	52
4.3 INFORMASJON	53
4.3.1 Generelt om informasjon til jordbrukstiltakene	53
4.3.2 Informasjon knyttet til utfasing av olje og propan i veksthus	53
4.3.3 Informasjon knyttet til mer effektiv utnyttelse av gjødsel	53
4.4 FORSKNING OG UTREDNING	53
4.4.1 Dokumentasjon av reelle opptak og utslipp av klimagasser i jordbruket	53
4.4.2 Forskning på mer effektiv gjødsling av jordbruksjord	53
4.4.3 Teknikker for produksjon av biokull og bioolje.....	54
4.4.4 Utredning av bruk av biorest fra biogassproduksjon i norsk jordbruk	54
4.5 VIRKEMIDDELPAKKER FOR ENKELTTILTAK.....	54
4.5.1 Virkemidler som kan utløse produksjon av biogass	54
4.5.1 Virkemidler som kan utløse produksjon av biogass	54
4.5.2 Virkemidler for mer effektiv gjødsling av jordbruksjord.....	55
4.5.3 Virkemidler for stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr	56
4.5.4 Virkemidler for produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord.....	56
4.5.5 Virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen	57
5 TILTAK SOM IKKE ER UTREDET I DETALJ	58
5.1 PRODUKSJON AV BOKULL FRA TREVIRKE.....	58
5.2 ØKT KARBONBINDING I ENG.....	58
5.3 BRUK AV FANGVEKSTER PÅ ÅKER.....	58
5.4 OMLEGGING AV ÅKERDRIFT TIL ENG OG VICE VERSA	59
5.5 FJERNING AV AVLINGSRESTER FRA ÅKERJORD OG UTNYTTELSE SOM BIOENERGI.....	59
5.6 ENØK OG ENERGIOMLEGGING I DRIFTSBYGNINGER	60
5.7 ØKOLOGISK LANDBRUK SOM KLIMATILTAK.....	60
5.8 FORING AV DRØVTYGGERE MED SENKET NITROGENINNHOOLD	60
5.9 OKSIDASJON AV METAN I VENTILASJONSLUFT HUSDYRROM	61
5.10 REDUSERE SVINN AV MAT I VERDIKJEDEN	61
5.11 DYR KING AV ENERGIVEKSTER TIL BIOENERGI I JORDBRUKET	62
5.12 ØKT PRODUKSJON OG KONSUM AV MAT FRA VEGETABILER PÅ BEKOSTNING AV KJØTT	62
5.13 ØKT EFFEKTIVITET I MELKE- OG STORFEKJØTTPRODUKSJON	63
5.14 ØKT EFFEKTIVITET I SAUEHOLD	63
5.15 ØKT PRODUKSJON OG KONSUM AV LYST KJØTT PÅ BEKOSTNING AV RØDT KJØTT	63
5.16 REDUSERT REINTALL	64
5.17 KOMPOST SOM SUBSTITUERER FOSSIL TORV	64

VEDLEGG	65
VEDLEGG 1	65
VEDLEGG 2	65
VEDLEGG 3	65
REFERANSER	65

UTKAST

0. Sammendrag

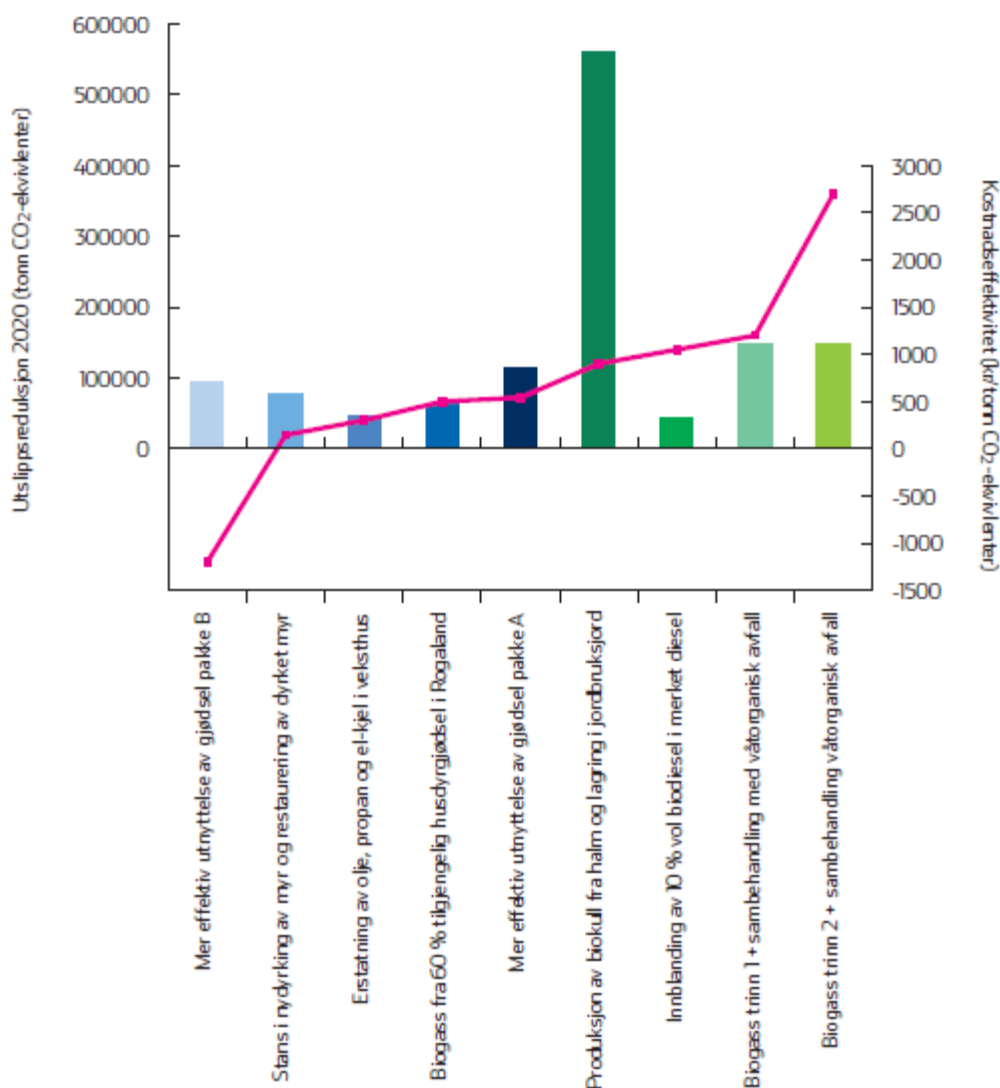
De klimagassreduserende tiltakene som er beskrevet i jordbruket kan grupperes i produksjon av biogass fra husdyrgjødsel, mer effektiv utnyttelse av gjødsel, karbonbinding og redusert mineralisering i jordbruksjord samt reduserte utslipp av klimagasser fra forbrenning av fossile kilder.

Tiltakene er sammenstilt i tabellen under, og kostnadskurven for tiltakene visualisert i figuren på neste side. For å oppnå full effekt i 2020 forutsettes det at innfasingen av de aktuelle tiltakene begynner så raskt som mulig.

Oversikt over tiltak, utslippsreduksjoner, kostnadseffektivitet og energiregnskap

Nr	Tiltak	Utslippsreduksjon 2020 (tonn CO ₂ -ekvivalenter)	Kostnadseffektivitet (kr/tonn CO ₂ -ekvivalenter)	Forbrukt energi	Lvert energi
1	Biogass trinn 1: 30 prosent husdyrgjødsel	136 500	1700	57 GWh elektrisitet	710 GWh biogass
2	Biogass trinn 2: 30 – 60 prosent husdyrgjødsel	136 500	3100	57 GWh elektrisitet	710 GWh biogass
3	Biogass trinn 1 + sambehandling med våtorganisk avfall	147 500	1200	57 GWh elektrisitet 80 GWh våtorg.	920 GWh biogass
4	Biogass trinn 2 + sambehandling med våtorganisk avfall	147 500	2700	57 GWh elektrisitet 80 GWh våtorg.	920 GWh biogass
5	Optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan	113 000	540	–	–
6	Redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking	93 000	-1200	–	–
7	Stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr	78 000	145	–	–
8	Produksjon av biokull fra halm og lagring i jordbruksjord	560 000	900	2,8 TWh halm	1,21 TWh bioolje
9	Erstatning av olje, propan og elkjel i veksthus med forbrenning av flis	45 500	300	390 GWh flis	121 GWh fyringsolje, 66 GWh propan, 200 GWh elektrisitet
10	Biogass fra 60 prosent tilgjengelig husdyrgjødsel i Rogaland innført på gassnettet	62 000 ¹	500	300 GWh biogass	300 GWh fossil gass
11	Innblanding av 10 prosent vol biodiesel i merket diesel	42 000	1050	170 GWh	170 GWh

¹ Herav reduksjoner på 23 000 tonn CO₂-ekvivalenter veksthus og 39 000 tonn CO₂-ekvivalenter som kan krediteres brukere av det øvrige gassnettet.



Kostnader og utslippsreduksjoner for tiltak i jordbrukssektoren

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel (tiltak nummer 1-4)

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel er utredet i to steg opp til 60 prosent av gjødselmengden: med og uten sambehandling med våtorganisk avfall². I henhold til den metodikken som benyttes i Klimakur 2020, bokføres CO₂-gevinsten ved erstatning av fossile brenslere i den sektor der erstatningen finner sted. Biogass kan anvendes direkte til å produsere varme og elektrisitet lokalt eller oppgraderes til fossil gasskvalitet for innføring på gassnett eller direkte til bruk i kjøretøyer. Bioresten fra biogassproduksjon kan spres på åker og eng som jordforbedringsmiddel.

Mer effektiv gjødsling av jordbruksjord (tiltak nummer 5-6)

Hovedstrategien ved disse to tiltakene er å redusere tap av nitrogen til luft og vann slik at behovet for tilførsel av nitrogen til jord minkes. Tiltakene medfører på denne måte reduserte utslipp av lystgass til luft. Det første tiltaket består i gjødsling etter en plan som tar hensyn til jordas

² Biogassiltakene for separatbehandling av husdyrgjødsel (tiltak 1 og 2) kan ikke gjennomføres hvis sambehandlingstiltakene (tiltak 3 og 4) gjennomføres, ettersom disse benytter den samme gjødselressursen.

gjødselbehov og næringsbalanse, spredning av husdyrgjødsel på optimalt tidspunkt og optimalisert spredning (tid og metode). For mange gårdsbruk er flere deltiltak for forbedret spredning og nedfelling bedriftsøkonomisk lønnsomme og kostnadene kan bli ytterligere redusert i synergi med biogasstiltakene³. Det andre tiltaket består i drenering av for våt jordbruksjord og tiltak for redusert jordpakking som kombineres med gjødsling under gjødselnorm. Dersom man ser deltiltakene i sammenheng, utnyttes gjødselen mer effektivt og netto avlingsreduksjon unngås. Det er imidlertid verd å merke seg at det er knyttet vesentlige barrierer til full utløsning av begge disse tiltakene.

Stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr (tiltak nummer 7)

I naturtilstand lagres karbon i form av biomasse. Ved oppdyrking av myr mineraliseres gradvis mye av denne biomassen og karbonet omdannes til CO₂. Tiltaket består av flere deltiltak. Stans av all nydyrking av myr som foregår i dag vil hindre frigjøring av lagret karbon. Dernest ser en på restaurering av myrjord som vil bli tatt ut av drift fram mot 2020 som en konsekvens av gårdbrukerens bedriftsøkonomiske vurderinger. Redusert mineralisering av myrjord som tas ut av drift kan oppnås ved å restaurere jorden tilbake til naturtilstanden. Alternativt kan man plante skog, der økningen av karbon i trærnes biomasse kompenserer for karbontapet fra jorden.

Produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord (tiltak nummer 8)

Tiltak 8 består i å behandle ulike typer biomasse slik at nedbryting av biomassen med dannelse av CO₂ stopper opp. Dermed trekkes CO₂ mer eller mindre varig ut av atmosfæren. Behandlingen omfatter en omdannelse ved pyrolyse til biokull og lagring i jordsmonnet etterpå. I prosessen oppstår ca. 50 prosent biokull, 30 prosent bioolje og 20 prosent såkalte syngasser⁴. Biokullet er inert og kan bidra til effektiv karbonbinding i flere hundre år mens oljen kan dels utnyttes som drivstoff i kjøretøyer⁵ og dels brukes til oppvarmingsformål. De mest aktuelle råstoffene til biokullproduksjon antas å være halm, ulike kategorier skogsavfall, samt tømmer og trevirke. Halm er den ressursen som i minst grad kommer i konflikt med annen utnyttelse. Både åker og eng er aktuelle spredningsarealer for biokull som jordforbedringsmiddel, og det er i utgangspunktet råstofftilgangen som begrenser dimensjoneringen av tiltaket.

Reduserte utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen (tiltak nummer 9-10)

Veksthus har i all hovedsak installert vannbåren varme og forholdene ligger derfor godt til rette for å ta i bruk fornybar energi til oppvarming, på bekostning av olje, propan og elektrisitet. Installering av flisfyring er vurdert som mest aktuelt, men det er ikke usannsynlig at varmpumper fram mot 2020 blir vel så kostnadseffektivt. Fossil gass benyttes til oppvarming i over hundre veksthus, primært i Rogaland. Innføring av biogass fra husdyrgjødsel på gassnettet er et tiltak som kan bidra til å redusere utslippene fra oppvarming av veksthus i denne regionen, en reduksjon som også øvrige gassbrukere vil bli kreditert.

Innblanding av 10 prosent volumprosent biodiesel i merket diesel (tiltak nummer 11)

Innblanding av 10 prosent volumprosent biodiesel i merket diesel er et tiltak som er synliggjort i transportsektoren. Ut fra omsetningsstatistikk vet vi at ca. 26 prosent av merket diesel benyttes i jordbruks- eller skogbrukssektoren i traktorer, maskiner og utstyr.

³ Redusert behov for bygging av større gjødsellager.

⁴ Syngasser består av flyktige, ikke kondenserbare gasser som CO₂, CO og CH₄.

⁵ 2. generasjons biodiesel

En rekke tiltak andre er beskrevet i rapporten uten å være utredet i detalj:

- Produksjon av biokull fra trevirke
- Redusert jordbearbeiding
- Bruk av fangvekster på åker
- Omlegging av åkerdrift til eng
- Utnyttelse av halm som bioenergi i forbrenningsanlegg
- Enøk og energiomlegging i driftsbygninger
- Økologisk landbruk
- Foring av drøvtyggere med senket nitrogeninnhold
- Oksidasjon av metan i ventilasjonsluft i husdyrrom
- Redusere svinn av mat i verdikjeden
- Dyrking av energivekster til bioenergi
- Økt produksjon og konsum av mat fra vegetabiler på bekostning av kjøtt
- Økt effektivitet i melke- og storfekjøttproduksjon
- Økt effektivitet i sauehold
- Økt produksjon og konsum av lyst kjøtt på bekostning av rødt kjøtt
- Redusert reintall
- Erstatning av torv med kompost fra hageavfall

Virkemidler

Juridiske virkemidler er vurdert:

- Forbud mot spredning av husdyrgjødsel utenfor vekstsesongen (forskrift om gjødselvarer med videre av organisk opphav)
- Krav til klimaeffektiv spredning av husdyrgjødsel (forskrift om gjødselvarer med videre av organisk opphav)
- Leveringskrav for husdyrgjødsel (forskrift om gjødselvarer med videre av organisk opphav)
- Skjerpede krav til gjødselplanlegging (forskrift om gjødselplanlegging)
- Forbud mot nydyrking av myr (forskrift om nydyrking)
- Omsetningspåbud for biodiesel i merket diesel (forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter)

Følgende økonomiske virkemidler er vurdert:

- Klimaretting av bevilgningene over jordbruksoppkjøret
- CO₂-avgift på konkurrerende energibærere til biogass
- Kunstgjødselavgift
- Fond
- Støtte til store anlegg for biogass og biokull
- Støtte til investeringer på gårdsnivå
- Støtte til produksjon av biogass eller mottakspåbud for energiselskapene
- Støtte av gjødsel pelletsproduksjon
- Støtte til binding av karbon i jordbruksjord

Informasjon brukt uten støtte av andre virkemidler er mest effektivt for tiltak som allerede er bedriftsøkonomisk lønnsomme, og er vurdert som spesielt viktig for følgende tiltak⁶:

- Utfasing av olje og propan i veksthus
- Mer effektiv utnyttelse av gjødsel

Hvis det gjennomføres juridiske eller økonomiske virkemidler i jordbrukssektoren er det generelt fornuftig å følge opp med god informasjon og veiledning for å få best mulig effekt.

Forskning og utredning anses å være spesielt viktig for følgende tiltak og på følgende områder:

- Dokumentasjon av reelle opptak og utslipp av klimagasser i jordbruket
- Forskning på mer effektiv gjødsling av jordbruksjord
- Teknikker for produksjon av biokull og bioolje
- Optimal bruk av biokull som jordforbedingsmiddel og avklaring av langtidsvirkninger
- Utredning av bruk av biorest fra biogassproduksjon i norsk jordbruk

⁶ Det er for øvrig antatt at juridiske og økonomiske virkemidler ledsages av tilstrekkelig informasjon til de som påvirkes.

1. Innledning og bakgrunn

1.1 Omfang av analysen

Tiltak for å redusere utslippene av klimagasser fra jordbruket har tidligere vært utredet i Klima- og forurensningsdirektoratets tiltaksanalyse fra 2007 (Statens forurensningstilsyn 2007). I Landbruks- og matdepartementets klimamelding, St.meld. nr. 39 (2008–2009) (LMD 2009) er flere tiltak for reduksjon av klimagassutslipp utredet. Disse tiltakene er utarbeidet innen rammen av landbruks- og matpolitikken. I denne rapporten inkluderes flere tiltak enn de som ble identifisert i tiltaksanalysen fra 2007 og Landbruks- og matdepartementets klimamelding. Sammenliknet med tiltaksanalysen fra 2007, er tiltakskostnadene forsøkt beregnet i mer detalj. Virkemidler som kan utløse de utslippsreducerende tiltakene er identifisert og analysert. Klimakurs analyse kan omfatte tiltak som strider mot landbruks- og matpolitikken.

Tiltakene i jordbruket har grenseflater mot tiltak i flere andre sektorer. Karbonlagring kan skje både i skog, skogsjord og jordbruksjord og omdisponering av arealer mellom skogbruk og jordbruk vil kunne ha betydning for den totale karbonbindingen. Biomasse fra skog kan benyttes som en ressurs i jordbrukssektoren, for eksempel ved at pyrolysert biomasse benyttes som et jordforbedringsmiddel og samtidig binder karbon i jorden. Biomassen kan også benyttes til oppvarming av veksthus og driftsbygninger for husdyr. Våtorganisk avfall fra avfallssektoren kan videre benyttes som en ressurs i jordbrukssektoren ved at det sambehandles med husdyrgjødsel i biogassanlegg. Bioenergi produsert i jordbrukssektoren er en ressurs som kan benyttes til oppvarming av bygninger, og biodiesel/-gass kan benyttes til framdrift av kjøretøyer i transportsektoren.

1.2 Forutsetninger for arbeidet

1.2.1 Andre delprosjekter i Klimakur 2020

I delprosjekt 1 i Klimakur er forventet kvotepris i 2012, 2015 og 2020 vurdert. Etersom utslippene i jordbruket ikke er omfattet av ordninger for omsettbare kvoter er ikke dette delprosjektet relevant for de tiltakene som er utredet for norsk jordbruk med tilhørende virkemidler. Delprosjekt 2 omhandler internasjonale mål og virkemidler i klimapolitikken. Per i dag er jordbruksvarer for en stor del beskyttet av tollbarrierer. Eksport og import av jordbruksvarer er imidlertid økende og WTO vil i tiden som kommer i større grad åpne for frihandel også på dette området. Metodenotatet i Klimakur er lagt til grunn å utrede tiltak og tilhørende virkemidler, men det har vært behov for visse tilpasninger særlig for karbonbindingstiltakene.

1.2.2 Landbruks- og matdepartementets klimamelding

Stortinget har ferdigbehandlet Stortingsmelding nr. 39 (2008–2009) Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen. Innstilling ble avgitt den 8. desember 2009 og saken ble behandlet i Stortinget den 15. desember 2009. I meldingen omtales en rekke tiltak, se tabell 1. Det vises også til sektormålet for primæringer og avfall fra St.meld. nr. 34 (2006–2007), Norsk klimapolitikk.

Tabell 1. *Potensialet for klimatiltak i landbruket som bidrar til å oppfylle Norges forpliktelser til reduserte utslipp av klimagasser innen 2020 fra stortingsmelding nr 39 (2008-2009)*

Tiltak	Virkemiddel	Ca. kostnad i kroner per tonn CO ₂	Gjennomførbarhet, Tidshorison for effekt o.a.	Utslippsred. Mill. tonn CO ₂ -ekv. per år
Biogass – bruk av husdyrgjødsel og matavfall	Økonomiske virkemidler, FoU, informasjon	Samfunns-økonomisk lønnsomt	2020	0,50
Økt effektivitet i melkeproduksjonen og storfekjøttproduksjonen		Foretaks-økonomisk lønnsomt	2020	0,25
Økt effektivitet i saueholdet	Veiledning	Foretaks-økonomisk lønnsomt	2020	0,04
Redusert reintall	Krav om øvre reintall	Ikke vurdert	2020	0,01
10 prosent reduksjon av N-gjødsling i korn	Juridiske krav og informasjon		2020	0,03
10 prosent reduksjon av N-gjødsling i gras og beiter	Juridiske krav, informasjon og vurdering av tilskudd	Ikke vurdert	2020	0,14
Energi og redusert lystgass fra vekstrest (halm med videre) i jordbruket	Generell energipris og investeringsstøtte		2020	0,14
Sum tiltak i landbruket relatert til sektormål for primærnæring og avfall				1,11

Tiltak omtalt i meldingen er likevel ikke nødvendigvis å anse som del av referansebanen, siden det ikke er fattet noen endelig beslutning om gjennomføring av de tiltakene som er beskrevet i meldingen. En effektivisering melkeproduksjonen, storfekjøttproduksjonen og sauehold samt redusert reintall ligger imidlertid i referansebanen.

I meldingen gis det uttrykk for at det er mulig å øke produksjonen av jordbruksbaserte matvarer i Norge for å holde følge med økningen i folketallet, men at dette kan øke utslippene fra jordbruket. Regjeringen legger til grunn at klimatiltak i jordbruks- og matpolitikken innrettes slik at klimagassutslippene ikke eksporteres til andre land. Økt import av matvarer til Norge ses derfor ikke på som et klimatiltak, noe som tolkes dit hen at det økte behovet for kraftfôr dekkes med økt fôrproduksjon innenlands. Mindre metangass fra kuenes fordøyelse gjennom overgang fra grov- til kraftfôr og færre kuer ligger i referansebanen og er følgelig ikke utredet her.

1.2.3 Tiltak rapportert i litteratur og databaser

SFTs tiltaksanalyse fra 2007 (Statens forurensningstilsyn 2007) er et bakteppe for de tiltakene som utredes i denne rapporten, se tabell 2.

Tabell 2. Reduksjoner av klimagasser i Norge – En tiltaksanalyse for 2020

Nr	Tiltak	Red CO ₂ - utslipp, uskalert (skalert)	Beskrivelse
L1	Senking av nitrogeninnholdet i fôr og forbedret foring alle husdyr	0,089	Optimalisering av fôr og fôring minker mengden nitrogen i gjødsla og dermed mindre utslipp av lystgass. I tillegg mindre utslipp av ammoniakk til luft og nitrat til vann som bidrar klart til nytten. For å gjennomføre et slikt tiltak kreves god kunnskap hos produsenter og brukere.
L2	Redusert N-gjødsling av jordbruksareal	0,167	Gjennom ytterligere optimalisering reduseres mengden tilført nitrogen uten avlingstap. Tilleggseffekter er mindre utslipp av ammoniakk til luft og nitrat, eventuelt også fosfor til vann. Disse bidrar sterkt til nytten. Tiltaket forutsetter økt kunnskap og vilje til endring av praksis hos myndigheter, produsenter og i landbruket.
L3	Biogassproduksjon ved anaerob nedbrytning av gjødsel og avfall	0,360	Gjødsla fra flere gårdsbruk blir transportert til felles anlegg, blandet med våtorganisk avfall og omdannet til biogass til et hygienisk gjødselprodukt. Mindre utslipp av lystgass og utnyttelse av energien som kan erstatte fossile brensler. Tiltaket krever samarbeid mellom landbruks og avfallssektoren, samt økt kunnskap om tiltaket.
L4	Oppsamling av metangass fra husdyrrom og gjødselkjeller	0,390 (0,273)	Ventilasjonslufta fra husdyrrom/gjødselkjeller samles og oksideres i metanfilter eller i fyringsanlegg. Dette er et helt nytt og lovende tiltak som er under utredning. Tiltaket er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt for det enkelte gårdsbruk. Tiltaket skaleres ned med 10 % i forhold til tiltak L1 og ytterligere 20 % pga tiltak L3.
L5	Alternativ behandling av vekstrester	0,137	Vekstrester (f. eks halm) fjernes fra åkeren og energien utnyttes i f. eks halmfyringsanlegg, ev. andre energianlegg eller til etanolproduksjon. Mindre utslipp av lystgass og utnyttelse av energien kan erstatte fossile brensler. Tiltaket kan være lite bedriftsøkonomisk lønnsomt for det enkelte gårdsbruk, vil avhenge av etterspørsel fra energianlegg eller etanolproduksjon.
L6	Redusert dyrking av organisk jord (torvmyr)	0,068 (0,055)	Reduksjon i lystgassutslippene. Ved å føre dyrket organisk jord tilbake til våtmarkstilstand opphører mineraliseringen og tilhørende utslipp av lystgass. Ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt for det enkelte gårdsbruk med dagens virkemidler. Tiltaket skaleres ned med andel torvmyr

I tiltaksanalysen fra 2007 er seks tiltak foreslått for jordbruket. Fire tiltak er videreført i denne rapporten og virkemidler utredet. Tiltakene vi ikke er gått videre med gis en kort omtale i avsnittet som beskriver tiltak som ikke er utredet i detalj. Tiltak L1 er ikke utredet i denne rapporten ettersom det kan være i strid med økt effektivitet i melke- og storfeproduksjonen, som også reduserer klimagassutslippene av metan fra storfe. For tiltak L4 er det ikke publisert forskning siden 2007, det eksisterer heller ikke noen kommersielle aktører som leverer renseutstyr, noe som indikerer at dette ikke er et gjennomførbart tiltak i praksis. Forbrenningsanlegg for halm er tilgjengelig teknologi, jf. L5. Vi har likevel ikke utredet dette nærmere fordi kostnadene til bygging av separate forbrenningsanlegg er uforholdsmessig kostbart, halmen oppstår i deler av landet der det allerede er god tilgang på biomasse fra skog og ikke minst produksjon av biokull fra halm ser ut til å være en mer kostnadseffektiv utnyttelse av halmressursen.

Rapporten Klimagasser fra landbruket – Utslppsreduksjoner, forslag til mål tiltak og virkemidler (Bioforsk 2008) redegjør stort sett for de samme tiltakene som i tiltaksanalysen av 2007:

- Redusert nitrogengjødsling
- Tiltak i myr
- Rensing av utåndingsluft fra husdyr

- Substitusjon av fossilt brensel ved produksjon av bioenergi
- Kostholdsendringer
- Øket produksjonsintensitet

En rapport med tittel Klimagasser og bioenergi fra landbruket – kunnskapsstatus og forskningsbehov (Universitetet for miljø og biovitenskap, 2007) har også mulige klimatiltak i jordbruket som tema. Rapporten har imidlertid et hovedfokus på forskningsbehovene. Tiltak som forfatterne mener kan iverksettes uten stor forskningsinnsats nevnes:

- Redusert nitrogengjødsling
- Redusert nitrogentap til luft
- Stans i nydyrking av myr
- Redusert energibehov i veksthusnæringen
- Redusert husdyrhold

1.3. Arbeidsmetode og prosess

Klima- og forurensningsdirektoratet har utredet mulige tiltak og virkemidler for jordbrukssektoren. Rapporten bygger delvis videre på jordbruksdelen av Landbruks- og matdepartementets klimamelding. Videre har Statens landbruksforvaltning gitt innspill til deler av teksten. Resultater fra prosjekter som er gjennomført i regi av Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket (Landbruks- og matdepartementet med flere 2008) har vært brukt som referanse, sammen med tidligere rapporter fra Bioforsk (2008), Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) (2007) og Enova (2008).

Klimakur har gitt tre oppdrag til Bioforsk, som med assistanse fra Universitetet for miljø- og biovitenskap og Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, har utredet spesifikke tiltak (Bioforsk 2009a,b/2010a,b). Miljøstiftelsen Zero har mottatt støtte fra Klima- og forurensningsdirektoratet for å utrede tiltak for reduserte klimagassutslipp og energiøkonomisering i veksthus i rapporten Reduksjon av utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen (Miljøstiftelsen Zero 2009). Det har vært diskusjoner underveis med oppdragstakerne om ambisjonsnivået for de enkelte tiltakene, beregninger av utslippsreduksjoner, kostnader og virkemiddelbruk.

2. Hva er allerede gjennomført eller besluttet?

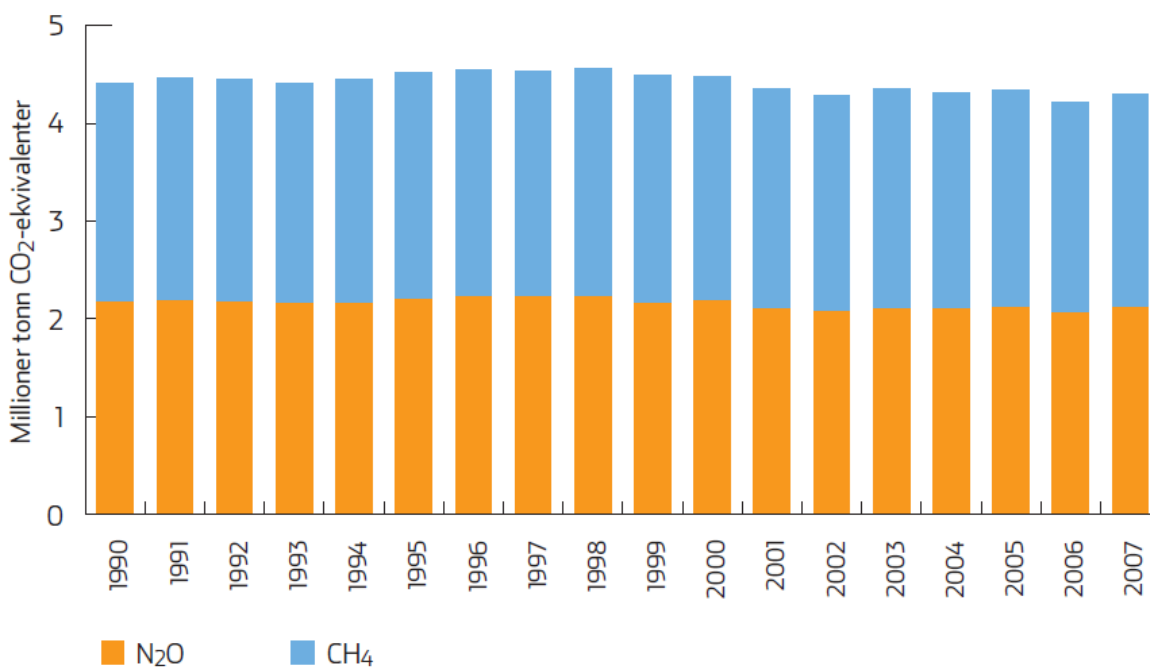
2.1 Utslipp i jordbruk, utviklingstrekk og utslippsregnskap

Utslippene fra jordbruket var i utslippsregnskapet for 2007 beregnet til 4,34 millioner tonn CO₂-ekvivalenter fordelt på 2,19 millioner tonn fra metan og 2,15 millioner tonn fra lystgass. I tillegg kommer utslipp av 0,48 millioner tonn CO₂ fra fossile brenslere fra oppvarming av driftsbygninger og drivstoff til maskiner, samt utslipp av ca. 2 millioner tonn CO₂ fra mineralisering av myr som dyrkes. De sistnevnte utslippene er fordelt på sektorene energibruk i bygg, transport og skog, arealbruk og arealbruksendringer (LULUCF). Utslippene har vært ganske stabile siden 1990 med bare små svingninger, uten noen klar trend, se figur 1

Utslippene av metan og lystgass står for over 90 prosent av utslippene fra jordbrukssektoren. For disse klimagassene er jordbruket den største bidragsyteren. Det meste av metanutslippene kommer fra drøvtyggernes fordøyelse, mens resten oppstår ved gjødsellagring. Lystgass dannes ved nedbryting av nitrogenforbindelser i jord og husdyrgjødsel lagret under oksygenfattige forhold. Økt tilførsel av nitrogenforbindelser til jord, for eksempel ved gjødsling, øker dannelse og utslipp

av lystgass. Avhengig av mengde, form, jordtilstand, gjødslingstidspunkt og værforhold, tapes nitrogen til luft i form av ammoniakk og lystgass og til vann i form av nitrat. En del av nitrogenet i nitrat og ammoniakk blir omdannet til lystgass i miljøet.

Beregningsmetodikken for jordbrukets utslipp av klimagasser er til dels basert på en sterk forenkling av virkeligheten og er følgelig beheftet med stor usikkerhet, spesielt for lystgass. Forenklingen gjør også at utslippsreduksjoner, ved visse tiltak, ikke krediteres i dagens utslippsregnskap.



Figur 1 Utslipp av klimagasser fra jordbruk, 1990–2007 (Kilde: SSB)⁷

2.2 Framskrivning av jordbruksutslippene

Gitt de framskrivningene for metan og lystgass som Klimakur 2020 baserer seg på fram mot 2020 og 2030, vil utslippene fra jordbruk endre seg ubetydelig i forhold til i dag, se tabell 3 nedenfor. Framskrivningene er basert på en befolkningsøkning som beskrevet i Perspektivmeldingen (Statistisk sentralbyrå 2009), økt produksjon av hvit kjøtt og melk i takt med befolkningsøkningen og konstant produksjon av rød kjøtt. Antall storfe forblir uendret og den økte melkeproduksjon oppnås gjennom økt avdrått (produksjon per ku). Konsekvensen er noen forskyvninger i utslippene mellom de ulike dyregruppene.

Det forutsettes et økt forbruk av kraftfôr (5–12 prosent) til erstatning for grovfôr (som reduseres med 15–25 prosent). Det er ikke klargjort hvilke konsekvenser dette har for produksjon av gras og korn i Norge og utslippene av lystgass fra åker og eng. Med dette utgangspunktet har en forutsatt at den samlede produksjon av fôr holdes uendret i referansebanen, men det er mulig med en forskyvning fra gras til korn med en endring av fordeling av utslippene mellom åker og eng.

⁷ Figuren omfatter ikke klimagassutslipp fra driftsbygninger i jordbruket, jordbruksmaskiner og skogbruk, arealbruk og arealbruksendringer (LULUCF).

Tabell 3 *Utslipp av klimagasser fra jordbruket 1990–2030, tusener tonn CO₂-ekvivalenter*

År	1990	2006	2007	2020	2030
Metan	2 244	2 146	2 185	2 176	2 190
Lystgass	2 170	2 059	2 106	2 077	2 077
Sum	4 414	4 205	4 291	4 253	4 267

Siden endringene i utslippene i referansebanen er ubetydelige sammenliknet med utslippene i 2007 er det tatt utgangspunkt i dette året. Feilen ved denne forenklingen anses å være ubetydelig sett i forhold til usikkerheten i beregningene.

2.3 Eksisterende tiltak og virkemidler

2.3.1 Jordbruksavtalen

Det viktigste økonomiske virkemiddelet i jordbrukssektoren er jordbruksoppgjøret. Hovedavtalen for jordbruket inngås årlig mellom staten, Norges Bondelag og Norsk Bonde- og Småbrukarlag.

I jordbruksoppgjøret for 2007 var det enighet om å igangsette et femårig utviklingsprogram for klimatiltak med fire millioner kroner per år, senere utvidet til seks millioner kroner. Hovedmålet for utviklingsprogrammet er å øke kompetansen om faktiske utslipp av klimagasser fra jordbruket og jordbrukspolitikken innvirkning på utslippene. Videre skal programmet legge til rette for gjennomføring og synliggjøring av effektive tiltak for reduksjon av utslippene.

Utviklingsprogrammet forvaltes av Statens landbruksforvaltning, og programmet har en styringsgruppe bestående av avtalepartene i jordbruksoppgjøret, samt representanter fra institusjoner med tilgrensende interessefelt.

Over jordbruksavtalen avsettes også årlig midler øremerket forskning. Formålet er å bidra til å dekke opp avtalepartenes behov for FoU med hovedvekt på anvendt kunnskap. Midlene forvaltes av et eget styre. Det er naturlig at midler fra jordbruksavtalen bidrar til forskning som reduserer landbrukets klimabelastning, og til at landbruket klarer å tilpasse seg klimaendringene. I 2009 er det satt av 46 millioner kroner over jordbruksavtalen til forskning.

Over jordbruksavtalen er det satt i gang storskalaforsøk for å teste ut effekter og kostnader ved bruk av mer avansert spredeutstyr. Dette inkluderer utstyr som legger gjødsel i striper langs bakken, eller som sprøyter gjødsel ned i bakken ved hjelp av høyt trykk. På denne måten gjøres næringsstoffene mer tilgjengelige for planten, nitratavrenningen minker og ammoniakkavdampning avtar med både direkte og indirekte klimaeffekter.

Redusert høstpløying av åker er et eksempel på et tiltak som har vært støttet, som i tillegg til redusert erosjon og avrenning av næringsalter, reduserer utslippene av lystgass samt karbontap.

2.3.2 Støtteordninger

Spesielle miljøtiltak i landbruket (SMIL) gir støtte til mange typer miljø- og kulturminnetiltak. Noen av tiltakene kan bidra til å sikre karbonbinding i jord.

Innovasjon Norge har et bioenergiprogram, som skal stimulere bønder og skogeiere til å produsere, bruke og levere bioenergi. Innovasjon Norge kan gi investeringsstøtte til mindre gardsanlegg gjennom dette programmet. Det er i dag etablert noen få mindre biogassanlegg i Norge; Åna fengsel i Rogaland, Opphaug i Sør-Trøndelag, Verdal i Nord Trøndelag og Halden Resirkulering i

Østfold. Det kan imidlertid se ut som støtten ikke er tilstrekkelig til å utløse bygging av anlegg i nevneverdig grad eller større anlegg.

Enovas støttordninger gjelder også landbruket. Enova er etablert for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Redusert energibruk betyr at elektrisitet kan frigjøres og komme til erstatning for klimagassutslipp i andre sektorer. Enova kan gi investeringsstøtte til større gardsanlegg og industrielle anlegg for behandling av husdyrgjødsel og produksjon av biogass. Mandatet er begrenset til energiproduksjon og investeringsstøtten har hittil ikke vært tilstrekkelig for å utløse investeringer i biogassanlegg for husdyrgjødsel.

2.3.3 Forskning

Forskningsrådet er det sentrale forskningsstrategiske organ i Norge. Viktige funksjoner er også å være en rådgiver i viktige spørsmål om landbruk og klima, videreutvikle møteplasser og nettverk og bidra til å spre kunnskap som grunnlag for læring og debatt. De viktigste programmer i regi av Norges forskningsråd relatert til klimalandbruk er Natur og næring, Norklima, Framtidens rene energisystemer (Renergi) og Strategiske instituttprogrammer.

2.3.4 Kvoter og avgifter

Jordbruket er ikke inkludert i noe internasjonalt system for handel med kvoter. Veksthus i jordbruket har fritak for el-avgift og er foreslått unntatt i en mulig CO₂-avgift på gass. Jordbruksmaskiner kan kjøre på avgiftsfri diesel. Denne typen diesel er imidlertid ikke fritatt for CO₂-avgift.

2.5 Internasjonale rammebetingelser og virkemidler

Jordbrukssektoren er ikke en del av EØS-avtalen, noe som innebærer at norske myndigheter står relativt fritt til å støtte jordbruket økonomisk, samt å innføre tollbarrierer på jordbruksprodukter uten at reglene om de fire friheter, statsstøttereguleringen og konkurransereguleringen i EØS-avtalen kan gjøres gjeldende. Implementering av EØS-reguleringer og forpliktelser i henhold til internasjonale konvensjoner kan likevel få implikasjoner for jordbruket direkte eller indirekte. Eksempler på slike reguleringer er nitratdirektivet, vanddirektivet og nordsjøavtalen.

Eksport og import av jordbruksvarer er økende og norsk landbrukspolitik er styrt av regelverket i WTO. Regelverket legger blant annet grenser for den totale jordbruksstøtten, og for størrelsen på grensevernet. Det forhandles om en ny WTO avtale for handel med jordbruksvarer.

3. Tiltak og kostnader

3.1 Mulige tiltak i 2020 og utsikter mot 2030

Grovt sett kan tiltakene deles i produksjon av biogass fra husdyrgjødsel, mer effektiv utnyttelse av gjødsel, karbonbinding og redusert mineralisering i jordbruksjord, samt reduserte utslipp av klimagasser fra forbrenning av fossile kilder. Tiltakene er sammenstilt i tabell 4. Tiltakenes beregnede utslippsreduksjon i 2020 er i tillegg grafisk framstilt i figur 2 for hovedgruppene av tiltak. I tillegg er kostnadskurven for tiltakene visualisert i figur 3. For å oppnå full effekt i 2020 forutsettes det at innfasingen av de aktuelle tiltakene begynner så raskt som mulig.

Tabell 4 Oversikt over tiltak, utslippsreduksjoner, kostnadseffektivitet og energiregnskap

Nr	Tiltak	Utslippsreduksjon 2020 (tonn CO ₂ -ekvivalenter)	Kostnadseffektivitet (kr/tonn CO ₂ -ekvivalenter)	Forbrukt energi	Levert energi
1	Biogass trinn 1: 30 prosent husdyrgjødsel	136 500	1700	57 GWh elektrisitet	710 GWh biogass ⁸
2	Biogass trinn 2: 30 – 60 prosent husdyrgjødsel	136 500	3100	57 GWh elektrisitet	710GWh biogass
3	Biogass trinn 1 + sambehandling ⁹ med 200 000 tonn våtorganisk avfall	147 500	1200	57 GWh elektrisitet 80 GWh ¹⁰ våtorganisk avfall	920 GWh biogass ¹¹
4	Biogass trinn 2 + sambehandling med 200 000 tonn våtorganisk avfall	147 500	2700	57 GWh elektrisitet 80 GWh våtorganisk avfall	920 GWh biogass
5	Optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan	113 000	540	–	–
6	Redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking	93 000	-1200	–	–
7	Stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr	78 000	145	–	–
8	Produksjon av biokull fra halm og lagring i jordbruksjord	560 000	900	2,8 TWh halm	1,21 TWh bioolje ¹²
9	Erstatning av olje, propan og el-kjel i veksthus med forbrenning av 260 000 m ³ flis	45 500	300	390 GWh flis	121 GWh fyringsolje 66 GWh propan 200 GWh elektrisitet
10	Biogass fra 60 prosent tilgjengelig husdyrgjødsel i Rogaland innført på gassnettet	62 000 ¹³	500	300 GWh biogass	300 GWh fossil gass
11	Innblanding av 10 prosent vol bio-diesel i merket diesel ¹⁴	42 000	1050	170 GWh	170 GWh

⁸ Tilsvarende 65 millioner m³ høygradig biogass.

⁹ Bidraget fra våtorganisk avfall til utslippsreduksjonen er synliggjort i dette tiltaket, men blir kreditert avfallssektoren.

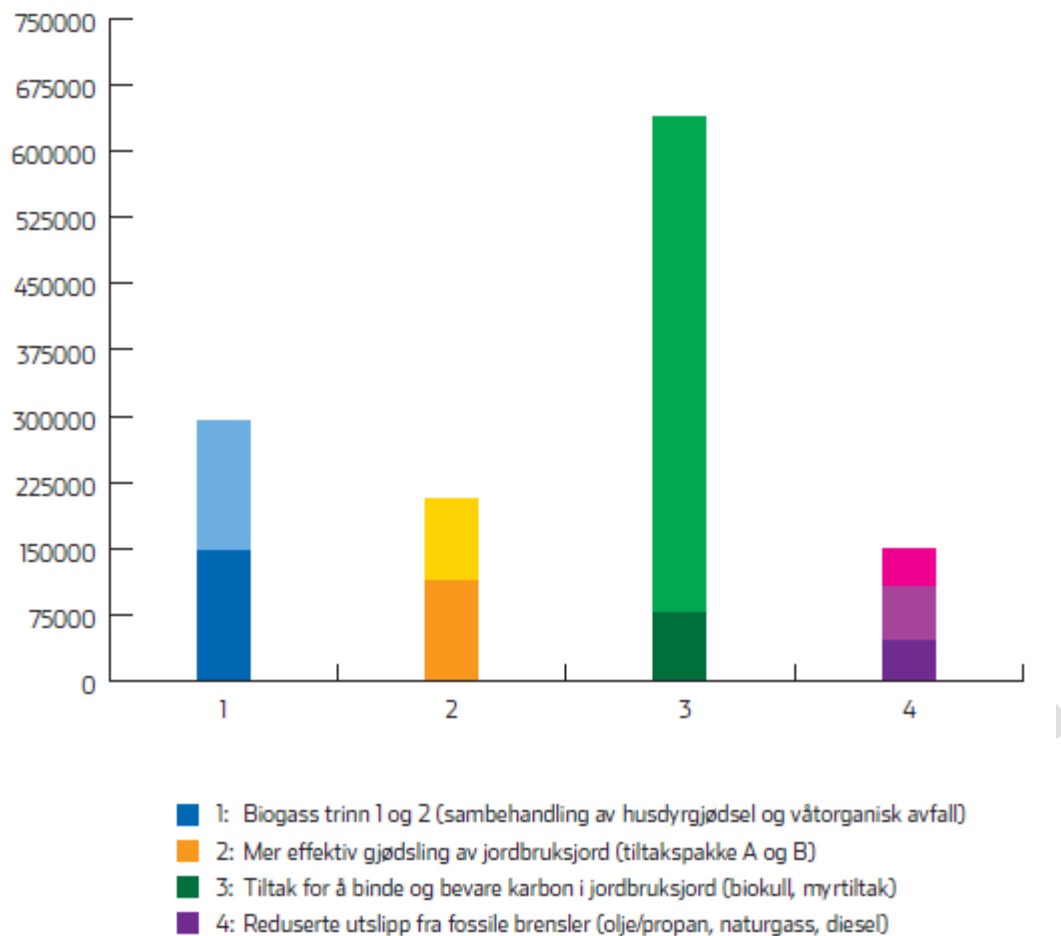
¹⁰ Tilsvarende 200 000 tonn våtorganisk avfall i hvert trinn, der vi antar at 50 prosent av avfallet forbrennes med varmegjenvinning.

¹¹ Tilsvarende 83 millioner m³ oppgradert biogass.

¹² Tilsvarende ca. 108 000 tonn bioolje.

¹³ Herav reduksjoner på 23 000 tonn CO₂-ekvivalenter veksthus og 39 000 tonn CO₂-ekvivalenter som kan krediteres brukere av det øvrige gassnettet.

¹⁴ Jordbrukets andel av anleggsdiesel er 26 prosent. Tiltaket inngår i transportsektoren, men er likevel synliggjort i tabellen. Tiltaket forutsetter at ca. 17 millioner liter biodiesel erstatter 16 millioner liter fossil diesel.

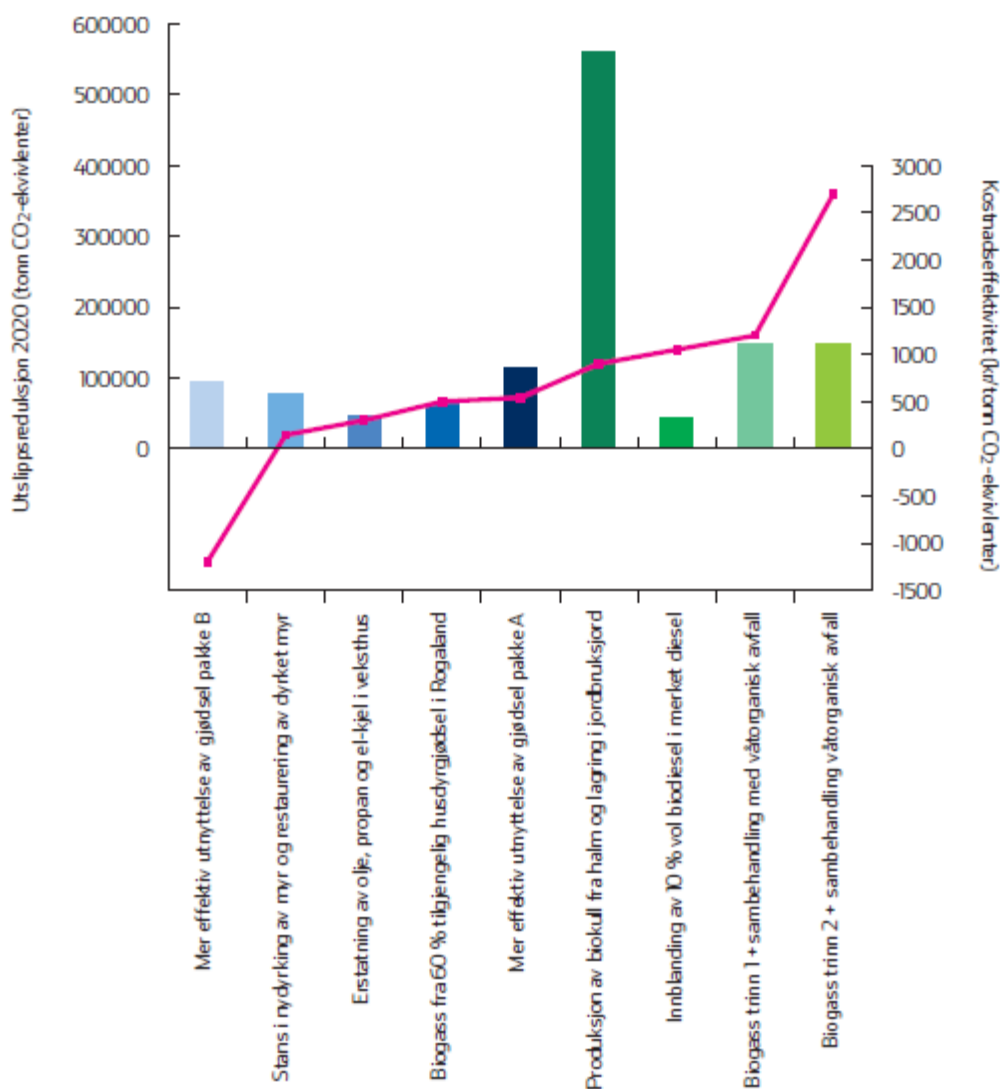


Figur 2. Grafisk framstilling av utslippsreduksjoner fordelt på hovedkategori av jordbrukstiltak

Frem mot 2030 er det vurdert at jordbruksjord kan lagre betydelige mengder biokull og det er tilgangen på råstoff som er den begrensende faktoren, se beregning i kapittel 3.4. Ved å anvende biomasse fra skogbrukssektoren kan dette tiltaket frem mot 2030 utvides *betydelig* sammenliknet med 2020. Dette er også diskutert nærmere å ta i bruk biomasse fra skogen i kapittel 3.7. Et slikt tiltak er også nevnt i kapittel 5.1 som ikke utredet i detalj. Se også Sektorrapport skog (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010c)

Også andre tiltak vil kunne bygges videre ut enn det som er beskrevet i tiltakstabellen etter 2020. For eksempel kan et tredje trinn av biogasstiltakene (tiltak 1–4) utnytte 60-90 prosent av gjødselen og man kan ta i bruk andre råstoffer til sambehandling av husdyrgjødselen. Hvis det blir et kommersielt gjennomslag for andregenerasjons biodrivstoff kan en også forvente høyere innblanding i merket diesel jamfør tiltak 11, frem mot 2030.

Tiltaket for binding av karbon i myr ved stans i nydyrking og restaurering av myr som tas ut av drift vil i perioden frem mot 2030 nesten fordobles til 135 000 CO₂-ekvivalenter. Tiltakskostnaden forblir omtrent den samme.



Figur 3. Kostnader og utslippsreduksjoner for tiltak i jordbrukssektoren

3.2 Tiltak som ikke kan gjennomføres uavhengig av hverandre

Biogasstiltakene for separatbehandling av husdyrgjødsel (tiltak 1 og 2) kan ikke gjennomføres hvis sambehandlingstiltakene (tiltak 3 og 4) gjennomføres, ettersom disse benytter den samme gjødselressursen. Sambehandlingstiltakene forutsetter at våtorganisk avfall stilles til disposisjon fra avfallssektoren¹⁵. Øvrige tiltak kan gjennomføres uavhengig av hverandre. Tiltakene er utredet i to trinn og det vil være mest kostnadseffektivt å starte med første trinn.

¹⁵ Ressursen må sees i sammenheng med alternative behandlingsformer for avfallet, som kan være forbrenning, kompostering og separat biogassproduksjon. Referansebanen for behandling av våtorganisk avfall fordeler seg på forbrenning og kompostering.

3.3 Miljønytte og forbedring av beregningsmetodikk

For de fire første tiltakene er kostnadseffektiviteten estimert med miljønytte fra redusert nitratavrenning og avdamping av ammoniakk. Prissettingen tar utgangspunkt i et forsiktig anslag av marginal miljønytte for tilførsel av nitrat til sårbart område¹⁶. Miljønyttene av reduserte ammoniakkutslipp er beregnet på grunnlag av LEVE-rapporten (SFT 2005)¹⁷.

Det er sannsynlig at de reelle utslippene av klimagasser i jordbruket, og dermed utslippsreduksjonene ved tiltak, avviker betydelig fra utslipp beregnet etter dagens metodikk. Mye tyder på at reduksjon av lystgassutslipp er underestimert. For å få klarlagt de reelle utslippsreduksjonene bedre samt å oppnå kreditt for eventuelt større reduksjoner i utslippsregnskapet vil det være nødvendig med mer forskning, utredning og dokumentasjon. Dette er særlig aktuelt for biogass tiltakene for å få kreditt for lavere lystgassutslipp fra spredning av biorest sammenliknet med husdyrgjødsel. Også drenerings- og jordpakkings tiltakene, som er deltiltak under samletiltaket for mer effektiv gjødsling av jordbruksjord, kan trolig få bedre uttelling ved en forbedret beregningsmetodikk.

3.4 Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel (tiltak 1-4)

3.4.1 Innledning

I Norge produseres det årlig ca 12 millioner tonn husdyrgjødsel (Bioforsk 2010b) fra dyr i husdyrrom. Denne gjødsla lagres i gjødselkjellere før de spres på jordene. Gjødsla inneholder betydelige mengder organisk materiale som representerer en potensiell energikilde. Under lagringen skjer en viss nedbryting av gjødsla og det dannes/slippes ut ammoniakk, karbondioksid, metan og lystgass.

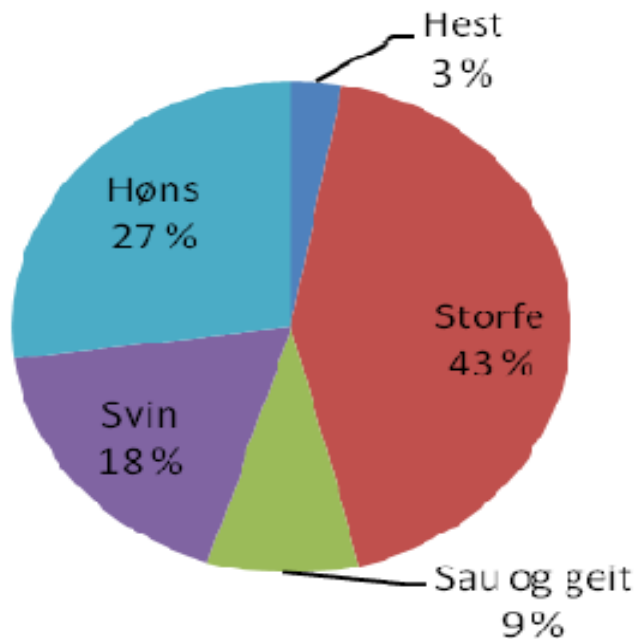
For å utnytte denne energien har det blitt utviklet biogassanlegg der gjødsla lagres i en lukket beholder. De mer lett nedbrytbare komponenter i gjødsla brytes ned til metan og karbondioksid som sammen med små mengder andre gasser som ammoniakk og dihydrogensulfid kalles biogass. Gjennom anaerob behandling blir den lett nedbrytbare delen av det organiske stoffet brutt ned til rå-biogass bestående 50 - 80 % metan, resten CO₂ samt små mengder andre gasser. Biogass er brennbar grunnet sitt innhold av metan og har vært utnyttet i mange år. Biogassen kan brukes til produksjon og salg av varme, elektrisitet og som drivstoff for kjøretøyer.

Det totale potensialet for produksjon av biogass fra husdyrgjødsel er anslått å være ca 2,5 TWh/år (StØ, UMB og Enova 2008), og fordelingen mellom husdyrtyper er angitt i figur 4.

Ved innfasing av tiltak for biogass kan bruken av hønsegjødsel med fordel vurderes spesielt. Gjødselen oppstår oftest ved store anlegg/i store driftsbygninger. Behandling av hønsegjødsel gir samtidig større reduksjon av metan- og ammoniakkutslipp og større energiproduksjon sammenliknet med annen husdyrgjødsel. Behandling av hønsegjødsel er teknisk mer krevende på grunn av det høye nitrogeninnholdet og innblanding av råstoff med høyt karboninnhold (og tilsvarende lavt nitrogeninnhold) kan være en løsning.

¹⁶ Vannforekomster som ligger i influensområdet til jordbruksområder som er særlig sårbare for overgjødsling.

¹⁷ Klima- og forurensningsdirektoratets prosjekt for Luftforurensninger - effekter og verdier (LEVE): Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning.



Figur 4. *Energipotensialet for husdyrgjødsel fordelt på type husdyr (StØ, UMB og Enova 2008)*

De flytende og faste stoffer som blir igjen, bioresten eller råtneresten, inneholder mesteparten av næringsstoffene i råstoffet enten det er slam, gjødsel eller organisk avfall. Bioresten kan anvendes som et gjødselprodukt. En vesentlig del av det organisk bundne nitrogen blir omdannet til ammoniumnitrat som er vesentlig bedre tilgjengelig for plantevekst. For å få full nytte av nitrogenet i bioresten og samtidig å begrense ammoniakkutslippene er direkte injeksjon (DGI) av biorest i jorda fordelaktig. Biogasstiltaket i Klimakur er utredet i kombinasjon med slik nedfellingsteknikk.

I Norge har biogassanlegg hittil begrenset seg hovedsakelig til slam fra renseanlegg for avløpsvann og våtorganisk avfall. Først i de aller siste årene har det vært bygget noen få anlegg for husdyrgjødsel.

Biogasstiltaket i Klimakur går ut på at gjødsla fra driftsbygninger og gjødselkjellere ved flere gårdsbruk blir transportert til felles utråningsanlegg. Der blir den enten behandlet separat eller blandet med våtorganisk avfall fra for eksempel næringsmiddelindustri, storkjøkken eller dagligvareforretninger.

Tiltaket bidrar til reduksjon av klimagassutslipp på følgende måter:

- Utslipp av metan, lystgass og ammoniakk fra lagringen av gjødsla reduseres
- Utslipp av lystgass, ammoniakk og lekkasje av nitrat fra spredning av gjødsla på jord reduseres sammenlignet med ubehandlet gjødsel¹⁸
- Produsert biogass kan substituere fossile brensler med de tilhørende utslipp av CO₂. Denne reduksjonen godskrives den sektoren der substitusjonen finner sted.
- Produsert biorest kan erstatte mineralgjødsla med de tilhørende utslipp av klimagasser under produksjonen.

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel er utredet i to steg – først 0-30 % dernest 30-60 % av gjødselmengden. Hvert av disse trinnene er utredet med og uten sambehandling med våtorganisk avfall. Tiltaket er både et energitiltak og et klimatiltak. Med den metodikken som benyttes i Klimakur 2020, bokføres CO₂-gevinsten ved erstatning av fossile brensler i den sektor der erstatningen finner sted. Dersom

¹⁸ Dette krediteres imidlertid ikke med de eksisterende utslippsfaktorer for lystgass og nitrat i utslippsregnskapet.

man tenker seg at energibæreren i sin helhet erstatter fossile fyringsolje, vil substitusjonseffekten tilsvare ca. 200 000 tonn CO₂-ekvivalenter for biogass fra husdyrgjødsel og 260 000 tonn CO₂-ekvivalenter for biogass fra sambehandling i hvert trinn, som altså kommer i tillegg til reduserte utslipp av lystgass og metan i jordbrukssektoren. Ved substitusjon av diesel blir utslippsreduksjonene ca 4 % lavere, men da forutsettes det at gassen oppgraderes.

Biogass kan anvendes direkte til å produsere varme og elektrisitet lokalt. Tiltak for bruk av biogass for oppvarming i bygg er omtalt i byggrapporten til Klimakur 2020 (NVE 2010) og i industrirapporten (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010a). Alternativt oppgraderes gassen til fossil gasskvalitet for innføring på gassnett eller direkte til bruk i kjøretøyer. Bruk av biogass til fremdrift av kjøretøyer er kort omtalt i transportsektoren (Statens vegvesen 2010). Kostnadene til oppgradering av lavgradig gass til biogass kan grovt anslås til 0,10 kr/kWh, og prisen er fallende.

Bioresten fra biogassproduksjon kan spres på åker og eng som jordforbedringsmiddel. Innholdet av nitrogen, fosfor og kalium er omtrent det samme som i ubehandlet gjødsel, men stoffene vil være lettere tilgjengelig for plantene. Biorest er hygienisert og luktulempere knyttet til gjødselspredningen blir redusert.

Sambehandling med våtorganisk avfall vil redusere kostnadene sammenliknet med separate anlegg for husdyrgjødsel, noe som gir seg utslag i en bedret kostnadseffektivitet for tiltaket. Tabell 5 synliggjør i tillegg ved en vesentlig forbedret energipris for sambehandlingstiltaket, gitt produksjon ved dagens rammebetingelser.

Tabell 5. *Energikostnad for biogassiltakene.*

Nr	Tiltak	Husdyrgjødsel behandlet separat	Sambehandling med våtorganisk avfall
1 og 3	Biogass 0–30 % husdyrgjødsel	0,79 kr per kWh	0,67 kr per kWh
2 og 4	Biogass 30 – 60 % husdyrgjødsel	1,07 kr per kWh	0,91 kr per kWh

Biogassanlegg kan dessuten behandle andre restprodukter fra jordbruket, som halm, høy og ensilasje som har blitt uegnet som fôr, samt gress fra hager og parker. Dette vil ytterligere øke produsert mengde biogass uten særlig økning i driftskostnadene.

3.4.2 Teknologi

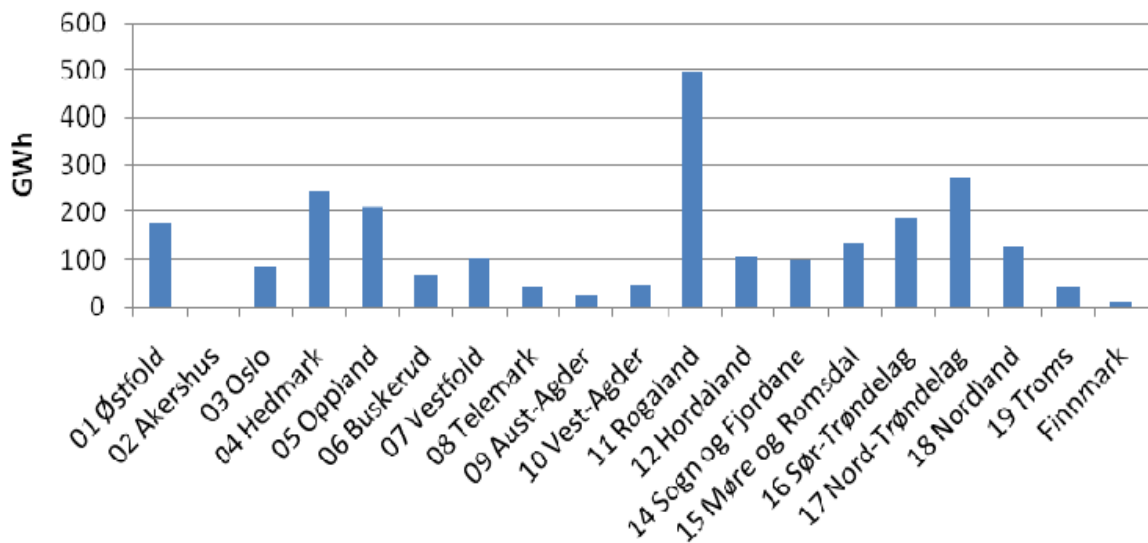
Ideen å produsere biogass fra lett nedbrytbart organisk material er gammel og anlegg har vært produsert og brukt i minst et århundre, først mest som enkle anlegg i utviklingsland, i de siste dekadene også i vestlige land. I Tyskland finnes det i dag flere tusen anlegg og i Danmark er biogass et satsingsområde. Biogass kan karakteriseres som en moden teknologi, men det er fortsatt et forbedringspotensial.

Anvendelse i Norge har hittil begrenset seg hovedsakelig til slam fra renseanlegg for avløpsvann og våtorganisk avfall. Først i de aller siste årene har det vært bygget noen få anlegg for husdyrgjødsel. En tilpasning av biogassanlegg til norske forhold – temperatur, sammensetning av gjødsel og våtorganisk avfall vil kunne gi optimalisering av forhold.

3.4.3 Separatbehandling av husdyrgjødsel

Bilgassiltaket er utredet i trinn 1, 30 % av gjødselmengden til biogassanlegg, trinn 2 for de neste 30 % slik at totalt 60 % av Norges totale mengde husdyrgjødsel som produseres i driftsbygninger omfattes. I tillegg er beregnet innblanding av våtorganisk avfall, 200 000 tonn i hvert trinn.

Trinn 1 tar først og fremst for seg gjødsel som oppstår i de fylkene som har størst husdyrtetthet som Rogaland, Østfold, Vestfold, Mjøsområdet og sentrale deler av Trøndelag. Vi har gjengitt en oversikt over fylker der husdyrgjødsel oppstår i figur 5.



Figur 5. Fylkesvis fordeling av teoretisk energipotensial fra husdyrgjødsel (StØ, UMB og Enova 2008).

I trinn 2 samles gjødsel fra områder med lavere gjødselintensitet inn. Det er forutsatt at dette gjennomføres med mindre anlegg, for at transportavstanden skal forbli den samme. Dette resulterer i større investeringer per tonn gjødsel og dermed høyere kapitalkostnader. De andre kostnader er regnet til å bli uforandret. Det er imidlertid ikke umulig at det kan være bedriftsøkonomisk vel så gunstig å bygge store anlegg også i områder med lavere husdyrtetthet.

Utslipp ved transport utgjør litt over tre tusen tonn CO₂-ekvivalenter. Disse utslippene regnskapsføres imidlertid i transportsektoren. Energiforbruket er tatt med i den nasjonale energibalansen.

Tiltak 1. Biogass trinn 1: 30 prosent husdyrgjødsel

Utslippsreduksjonen er beregnet å være 136 477 tonn CO₂-ekvivalenter, i tillegg kommer 2766 tonn ammoniakk/år. Investeringene er beregnet til 4,3 milliarder kroner og kapitalkostnader til 350 millioner/år. På grunn av verdien av biogass og kunstgjødsel¹⁹ er driftskostnader -110 millioner kroner. Miljønytte av redusert ammoniakkutslipp bidrar med en negativ kostnad på 7 millioner kroner. Summen av årlige kostnader 233 millioner. Kosteffektiviteten finner vi ved å dele årlige kostnader på utslippsreduksjonen: $233\,000\,000/136\,477 = 1700$ kr/tonn CO₂-ekvivalenter.

Energiinnhold i biogassen 710 000MWh. Intern bruk av elektrisitet i et biogassanlegg er 57 000 MWh til drift av røreverk, pumper med videre. Energien til transport er i følge Bioforsk (personlig kommunikasjon) 12 000 MWh.

Tiltak 2. Biogass trinn 2: fra 30-60 prosent husdyrgjødsel

Tiltak nummer 2 beregnes på tilsvarende måte. Utslippsreduksjonen er også her 136 477 tonn CO₂-ekvivalenter og 2766 tonn ammoniakk/år. Investeringene er beregnet til noe mer enn for tiltak nummer 1; 6,2 milliarder kroner med kapitalkostnader beløpende til 490 millioner/år. Driftskostnader er fortsatt negative -63 millioner kroner som en følge av inntekter av en tilsvarende

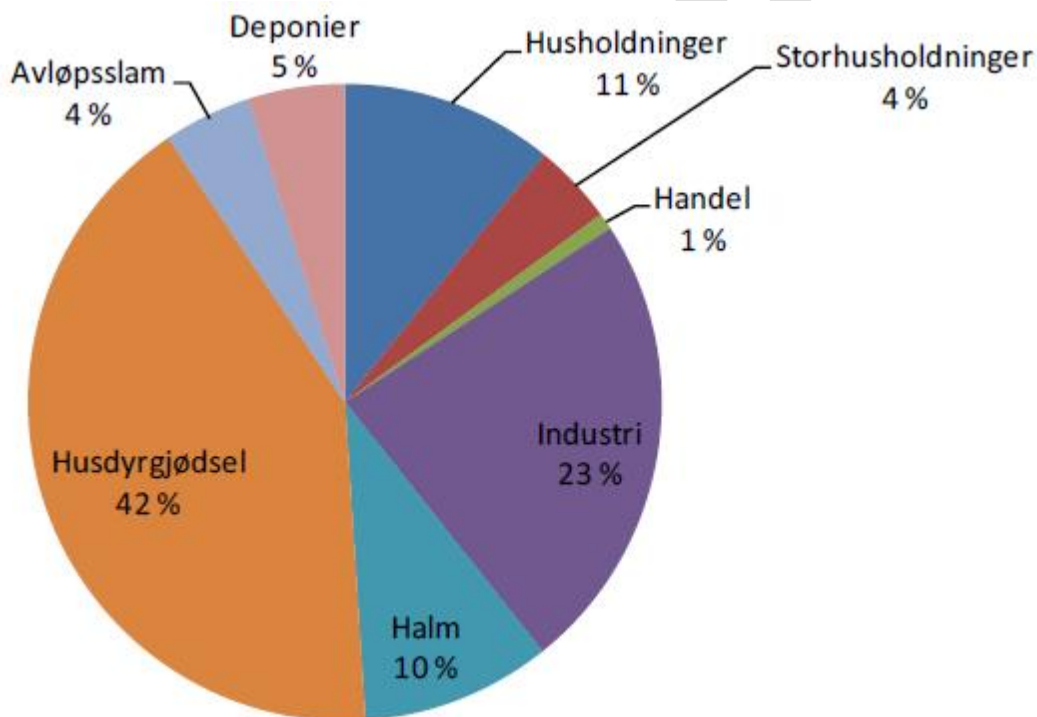
¹⁹ Biogassen har en verdi på 300 millioner kroner om man sammenlikner med tilsvarende energimengde levert av fyringsolje og spart mineralgjødsel utgjør 25 millioner kroner.

mengde biogass og kunstgjødsel om i tiltaket over. Miljønytte av redusert ammoniakkutslipp bidrar også i steg 2 med en negativ kostnad på 7 millioner kroner.

Summen av årlige kostnader er 420 millioner kroner. Kostnadseffektiviteten finner vi ved å dividere årlige kostnader på utslippsreduksjonen: $420\ 000\ 000/136\ 477 = 3100$ kr/tonn CO₂-ekvivalenter. Energibalansen blir identisk med trinn 1 av tiltaket.

3.4.4 Sambehandling av husdyrgjødsel med våtorganisk avfall

I avfallssektoren regner vi at en realistisk mengde våtorganisk avfall som kan behandles innen 2020 er 400 000 tonn. Avfallet oppstår i næringsmiddelindustrien, oppdrettsnæringen, storhusholdninger og husholdninger. Selv om mengden våtorganisk avfall som oppstår er betydelig mindre regnet i totalvekt, er potensielt energiinnhold omtrent likt som det fra husdyrgjødsel, se figur 6.



Figur 6. Fordeling av teoretisk energipotensial mellom ulike biogassressurser i Norge (StØ, UMB og Enova 2008).

Ut fra tabellen ser vi at summen av våtorganisk avfall fra husholdninger, storhusholdninger, handel og industri til sammen utgjør 39 %.

I sektorrapporten for avfall (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010b) er utslippsreduksjonen av klimagasser fra er den ovennevnte avfallsmengden for våtorganisk avfall sammenlignet med en referansebane som er en blanding av kompostering og forbrenning. Biogass tenkes behandlet i separate anlegg. Et alternativ til separatbehandling i våtorganisk avfall i avfallssektoren er sambehandling med avløpsslam.

I tiltaket for biogass fra våtorganisk avfall ble det beregnet en utslippsreduksjon på 22 000 tonn CO₂-ekvivalenter. Tiltakskostnaden for å behandle 400 000 tonn våtorganisk avfall i lukkede reaktorer er beregnet til 1 400 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. Grunnen til at tiltakskostnaden er relativt høy er at utslippsreduksjonen ved å produsere biogass av dette avfallet gir liten direkte

utslippsreduksjon i forhold til alternative disponeringsformer, som er kompostering og forbrenning.

Dersom en i stedet behandler det våtorganiske avfallet sammen med husdyrgjødsel i fellesanlegg husdyrgjødsel så fører dette til bare beskjedne økninger i kapital- og driftskostnader sammenlignet med anlegg for bare husdyrgjødsel. I følge Biogassrapporten utarbeidet som underlag til Klimakur (Bioforsk 2010b) vil behandling av 200 000 tonn våtorganisk avfall sammen med 30 % av husdyrgjødselmengden øke våtvekten med beskjedne 6 %. Tørrestoffmengden og dermed biogassproduksjonen øker mye mer (opptil ca 30 %) med tilsvarende økt økonomisk verdi. For å være på den sikre siden regner med en 10 % økning av investerings- og driftskostnadene. Økt transport er imidlertid ikke lagt inn siden behandlingen i biogassanlegg ikke antas å medføre mer transport enn i referansebanen.

I sambehandlingstiltaket har vi regnet at kompostering og forbrenning ikke gir energiutbytte slik at energien fra biogassproduksjonen kommer fullt ut som tillegg. Brennverdien er imidlertid inkludert i energibalansen.

Videre regner vi at sambehandling av avfall med husdyrgjødsel øker muligheten for kommersiell utnyttelse av nitrogen og fosfor, og anslår verdien til 80 kroner/tonn avfall. Ved alternativet, som er kompostering, vil denne verdien bli ivaretatt, ved forbrenning gå tapt. For enkelthets skyld regner vi med en gevinst i forhold til referansebanen på halvparten 40 kroner/tonn i gjødselverdi.

Tiltak 3. Biogass trinn 1 + sambehandling med 200 000 tonn våtorganisk avfall

Med 200.000 tonn avfall blir inntekten ca 8 millioner kroner. Utslippsreduksjonen er 136 477 CO₂-ekvivalenter/år, som for separat behandling. I tillegg regner vi en utslippsreduksjon på 11 000 CO₂-ekvivalenter/år, som igjen betyr at tiltaket reduserer utslippene med 147.500 tonn CO₂-ekvivalenter/år. I tillegg kommer en reduksjon på utslipp av 2766 tonn ammoniakk/år.

Investeringene er beregnet til 4,73 milliarder kroner og kapitalkostnader til 385 millioner kroner/år. Driftskostnader er -190 millioner kroner, også her blir verdien negativ på grunn av verdien av biogass (389 millioner kroner) og spart mineralgjødsel (33 millioner kroner). Miljønytte av redusert ammoniakkutslipp bidrar også i dette tiltaket med en negativ kostnad på 7 millioner kroner.

Summen av årlige kostnader blir 188 millioner. Kostnadseffektiviteten er summen av årlige kostnader dividert på utslippsreduksjonen, noe som gir 1250 kroner/tonn CO₂-ekvivalenter.

Bidraget fra våtorganisk avfall til utslippsreduksjonen er synliggjort i dette tiltaket, men blir kreditert avfallssektoren.

Tiltak 4. Biogass trinn 2 + sambehandling med 200 000 tonn våtorganisk avfall

I trinn 2 av tiltaket sambehandles ytterligere 200.000 tonn våtorganisk avfall med 30-60 % av husdyrgjødselen. Vi forutsetter altså at dette avfallet går til de mindre biogassanleggene som har høyere investeringskostnader. Også her forutsetter vi at kostnadene øker med 10 %.

Utslippsreduksjonen blir den samme som for sambehandlingstiltaket over, med tilsvarende reduksjoner i ammoniakkdannelse. Investeringene vil derimot være høyere og beløpe seg til 6,82 milliarder kroner og kapitalkostnader vil være 539 millioner kroner/år.

Driftskostnader er -138 millioner kroner, der vi regner inntekten til 389 millioner kroner og spart mineralgjødsel 33 millioner kroner. Miljønyttan av redusert ammoniakkutslipp bidrar på samme måte med en negativ kostnad på 7 millioner kroner.

Sum årlige kostnader blir 394 millioner og kosteffektiviteten blir 394 millioner/147500 som kan avrundes til 2700 kroner/tonn CO₂-ekvivalent.

Bidraget fra våtorganisk avfall til utslippsreduksjonen er synliggjort også i dette tiltaket, men skal krediteres avfallssektoren.

3.4.5 Usikkerhet, følsomhet

Det er spesiell usikkerhet knyttet til kostnadene til biogasstiltaket. Det nettopp kommet nye opplysninger som tyder på at noen av de forutsetningene som er lagt til grunn bør justeres. For det første kan investeringskostnadene kan være noe lavere enn beregnet, i størrelsesorden 15 %. Verdien av 710 GWh biogass kan være beregnet noe lavt slik at verdien kan oppjusteres fra 300 millioner kroner til 334 millioner kroner. Transportkostnadene og arbeidskostnader er oppjustert²⁰. For tiltak 1 (Biogass trinn 1: 30 prosent husdyrgjødsel) gir disse endringene bare beskjedent utslag. De årlige kostnader blir litt lavere (219 millioner kroner i stedet for 233 millioner) og kostnadseffektiviteten blir 1600 kr/tonn CO₂-ekv. Påvirkningen for de andre tiltak 2, 3 og 4 blir også relativt beskjedne.

Andre forutsetninger som kan endre seg er mineralgjødselprisen som er antatt å ligge på 11 kr/kg nitrogen. Hvis denne stiger til 22 kr, øker verdien av spart gjødsel fra 25 til 50 mill kr/år. Litteratur tyder på økt tilgjengelighet av nitrogenet i bioresten for plantevekst slik at bioresten kan erstatte mer mineralgjødsel-nitrogen og redusere avrenning av nitrater. Det vil i så fall gi reduserte årlige kostnader til mineralgjødsel samt reduserte miljøkostnader. En økning av prisen kan skje som en følge av endringer i verdensmarkedsprisen på kunstgjødsel.

Miljønytte av reduserte ammoniakkslipp er verdsatt til 7 millioner kr/år ved en pris på 2 500 kroner per tonn ammoniakk. Ved en kostnad på 10 000 kr/tonn NH₃ blir den økonomiske verdien av utslippsreduksjonen $2766 \times 10.000 = 27,6$ millioner kr, ved 50 000 kroner per tonn 138 millioner kr/år.

Samlet effekt av økt gjødselpris (25 millioner kroner), høyere verdsetting av NH₃-utslipp (20 millioner kroner) og sparte kostnader gjødsellager vil utgjøre ca 45 millioner kroner årlig. Det vil i så fall redusere årskostnadene av tiltak 1 fra 233 til 188 millioner kroner/år. Kostnadseffektivitet vil dermed tilvarende forbedret.

3.4.6 Innbyrdes påvirkning mellom biogasstiltaket og gjødslingstiltakene

Ett av gjødslingstiltakene innbefatter økt lagerkapasitet for husdyrgjødsel slik at gjødsel-spredningen kan foregå i de månedene som sikrer best utnyttelse av næringsinnholdet. Dette krever investeringer på opptil 2,3 milliarder kroner og kapitalkostnader på 122 millioner/år.

Ved biogassanleggene er det planlagt både for- og etterlagring. Kontrollert etterlagring er viktig for å hindre CH₄-utslipp fra bioresten. Dette vil i tillegg redusere behovet for økt lagringskapasitet på de enkelte gårdene og redusere investeringene tilsvarende hvis vi velger å gjennomføre tiltaket for optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan (tiltak 5). Dersom vi ser tiltakene i sammenheng og godskriver de sparte kapitalkostnader biogassproduksjonen vil tiltaket bli betydelig billigere. Dersom eksempelvis halvparten av det økede lagringsbehovet for husdyrgjødsel dekkes gjennom biogassanleggene ville sparte kapital-kostnader på gårdene også utgjøre halvparten av investeringen, det vil si 61 millioner kroner per år.

På den annen side er reduksjon av NH₃-utslippene i biogasstiltaket er beregnet under forutsetning av at bioresten tilføres jorda ved hjelp av nedfelling. I Bioforsks biogassrapport er imidlertid ikke økte kostnader for innkjøp og drift av slikt utstyr tatt med i kostnadene.

²⁰ Transportkostnadene kan se ut som de er høyere; 100 i stedet for 50 millioner kroner og siste estimat for arbeidskostnader er 50 i stedet for 30 millioner.

I gjødslingstiltakene er nedfelling og stripespredning for henholdsvis 15 % og 50 % av gjødselmengden inkludert og følgelig også kostnadsberegnet. Ved 60 % gjennomføring av biogasstiltaket er en slik antakelse i tiltak 5 tilstrekkelig til å dekke all biorest. Stripespredning er billigere, men vil ikke gi en så stor reduksjon av NH_3 -utslippene som nedfelling. For å være korrekt skulle en enten ha oppjustert kostnadene eller nedjustert utslippsreduksjonen av NH_3 og mengden spart gjødsel. Dersom disse halveres blir den økonomiske verdien av disse redusert med til sammen 16 millioner kroner per år. Dette gir noe mindre gunstig kostnadseffektivitet, som svarer til rundt 100 kroner/tonn CO_2 -ekvivalenter for alle biogasstiltakene.

3.4.6 Barrierer og hindringer

Hovedutfordringen knyttet til økt utnyttelse i av biogass fra husdyrgjødsel ligger i manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Hvis disse rammebetingelsene forbedres vil det kunne utløse bygging av biogassanlegg. En mulig hindring, gitt forbedrede rammebetingelser, ligger i utnyttelse av gassen. Norge er et land med lite utbygget infrastruktur for både fossil gass og biogass, og følgelig er produsenten avhengig av å finne en kostnadseffektiv avsetning for gassen lokalt. Bruk av gass til oppvarming lokalt krever samordning og ikke minst en investering i en transportledning til fjernvarmeanlegg eller industri som kan benytte gassen. Fremdrift av kjøretøyer krever også samordning. Ikke minst må gassen oppgraderes og det må etableres tankstasjoner for kjøretøyene som ligger gunstig plassert. Man må også komme til enighet med utvalgte brukergrupper for brukergrupper, så som kollektivtrafikk, kommunal hjemmetjeneste og renovasjonsbransjen.

En annen utfordring eller barriere er å finne optimal utnyttelse av bioresten. Norsk jordbruk har lokalt høye konsentrasjoner av husdyr, der gjødsel kan være i overskudd. Samtidig kan det være en betydelig transportavstand til de områdene der husdyrgjødsel kan erstatte kunstgjødsel. Det kreves med andre ord samordning og motivasjon for å utnytte gjødselressursen på en god måte. Sist men ikke minst kreves et samarbeid med avfallsbransjen for å kunne optimalisere byggingen av eventuelle sambehandlingsanlegg.

3.5 Mer effektiv gjødsling av jordbruksjord (tiltak 5-6)

3.5.1 Innledning

Utslipp av lystgass fra gjødsling øker med økt tilførsel av nitrogen. Det er imidlertid en rekke forhold i jorda som varierer og som er med på å bestemme hvor mye av nitrogenet som omdannes til lystgass. Videre antas også formen på nitrogenet å kunne spille en rolle. Disse forhold er bare delvis klarlagt og for å kunne ta hensyn til dem ved beregning av utslippene ville en trenge mer statistiske data. Beregning i utslippsregnskapet skjer derfor etter en enkel metode, såkalt "tier1", der utslipp av lystgass er proporsjonal med mengden tilført nitrogen og der den formen nitrogenet foreligger i ikke er tatt hensyn til.

Hovedstrategien ved gjødslingstiltakene er å redusere tap av nitrogen til luft og vann slik at behovet for tilførsel av nitrogen minkes. Dette kan oppnås gjennom en generell senkning av gjødslingsnivåene, optimalisering i tid, rom og tildelingsmåte, samt maksimal utnyttelse av husdyrgjødsel-nitrogen, slik at innsats av kunstgjødsel-nitrogen kan reduseres tilsvarende. Resultatet blir mindre utslipp av lystgass, men også av ammoniakk og nitrat. Videre spares utgiftene til innkjøp av kunstgjødsel. En reduksjon av gjødslingen til under gjødselnorm vil medføre avlingstap som i økonomisk verdi overstiger sparte utgifter til kunstgjødsel. Forholdet mellom pris på avlingen og gjødsel påvirker gjødselnormen.

Feltforsøk og teoretiske betraktninger tyder på at optimalisering av dyrkingsforhold ved bedre drenering og mindre pakking vil medføre at det dannes mindre av lystgass samt at avlingene øker. Med dagens beregningsmetodikk i utslippsregnskapet krediteres imidlertid bare redusert dannelse

og utslipp av lystgass proporsjonalt med mindre tilførsel av nitrogen, mens eventuell mindre lystgassutslipp ved bedre drenering og redusert jordpakking ikke krediteres.

Opprettholdelse av matproduksjon i norsk jordbruk er lagt til grunn ved utforming og utredning av tiltakene i Klimakur. Tiltakene er derfor sett i sammenheng slik at en økning av avlingene gjennom bedre dyrkingsforhold brukes til å kompensere avlingstap ved mer vidtgående reduksjoner av nitrogengjødslingen. Dette gjelder særlig tiltakspakken redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking. Alle tiltak som sikrer en mer effektiv utnyttelse av husdyrgjødselen gir dessuten en tilsvarende reduksjon av behovet for kunstgjødsel-nitrogen.

Mer effektiv gjødsling oppnås gjennom kombinasjon av å sette forventet avlingsnivå så realistisk som mulig i gjødselplanen, samt å tilpasse gjødslingsmengden deretter. Derrest er det viktig å finne optimalt tilførselstidspunkt. Dette innebærer at den tilpassede gjødslingsmengden tilføres over tid slik at mest mulig utnyttes og minst mulig går tapt, mest i første delen av vekstsesongen, spesielt for husdyrgjødsel. Gjødsling med husdyrgjødsel i den siste delen av og etter vekstsesongen gir liten eller ingen effekt, men skaper desto større avrennings- og overgjødslingsproblemer. Tilpasning av gjødslingsmengden etter geografisk fordeling, såkalt ”presisjonsgjødsling”, virker også positivt. Optimal tilførselsmåte som sikrer maksimal utnyttelse av nitrogen i husdyrgjødsel gir også mer effektiv utnyttelse av husdyrgjødselen. Optimalisering av dyrkingsforhold gjennom forbedret drenering og redusert jordpakking på utsatte jordarealer vil kunne gi økt avling selv uten økning av gjødslingen.

Gjennomføring av tiltak som nevnt over kan kreve økt lagringskapasitet, transport av husdyrgjødsel lokalt eller regionalt, eller endringer i geografisk fordeling av korn- og husdyrproduksjonen.

Det har vært vanskelig å tallfeste utslippsreduksjon isolert for hvert tiltak. For eksempel vil øket lagringskapasitet for gjødsel ikke føre til mindre lystgassutslipp i seg selv. Del-tiltaket har først effekt når den kombineres med begrensning av tidspunkt for gjødselspredning samt tilførsel av gjødsel etter forventet avling.

3.5.2 Optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan (tiltak 5)

Tiltaket for optimalisering av spredningstidspunkt og -metode for husdyrgjødsel og oppfølging av gjødselplan er en pakke av fem deltiltak:

1. Stripespredning 50 % og nedfelling 15 % av jordbruksarealet
2. Bygging av tilleggslager for husdyrgjødsel
3. Tilsetning av vann til husdyrgjødsel
4. Nitrogengjødsling korn og oppfølging gjødslingsplan
5. Nitrogengjødsling av eng og oppfølging gjødslingsplan

Pakken av utredete del-tiltak, er forutsatt å virke sammen for å oppnå de nærmere beskrevne reduksjonene i utslipp av klimagasser. Vi har beregnet samlet utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet men det er også mulig å se på effekten av hvert del-tiltak for seg.

Deltiltak en og tre har som mål å begrense nitrogentap gjennom å redusere fordampning av ammoniakk, som i stedet nyttiggjøres som plantenæringsstoff. Tiltakene vil redusere behovet for tilførsel av mer nitrogen, for eksempel gjennom kunstgjødsel. Ved stripespredning og nedfelling søkes å få gjødselen mest mulig ned i jorda ved mekaniske metoder. Når vann tilsettes blir gjødsel mer tyntflytende og trenger raskere ned i jorda.

I deltiltak fire og fem er målsettingen å oppnå at gjødslingsmengden tilpasses til plantenes behov. Dette forutsetter en optimalisering av tildelingen både med tanke på mengde og tidspunkt. Optimalisering innebærer også differensiering av jordstykkene med tanke på gjødselbehov. Det er allerede i dag et krav om gjødselplan. Ettersom det ikke eksplisitt kreves at planen skal være

tilpasset gjødsling etter plantenes behov eller at planen faktisk skal følges, gjødsler en del gårdbrukere mer enn nødvendig. For å kunne gjennomføre ovennevnte tiltak vil det i mange tilfelle være nødvendig å bygge ut lagringskapasiteten for husdyrgjødsel i del-tiltak to.

Dersom det skjer en utbygging av biogassanlegg for husdyrgjødsel vil lagringskapasiteten ved biogassanleggene kunne minke behovet for lagring på de gårdsbruk som ligger i deres nedslagsfelt og spare de store investeringskostnadene ved en slik utbygging. Tanken er at det er mye rimeligere å bygge *ett* stort lager ved biogassanlegget. Selv om stort lager isolert sett er en øket utgift for biogassanlegget øker det motivasjonen for levering fra bøndene noe som de kan være tjent med på sikt. Det er viktig at en vurdering av total lagerkapasitet i en region kommer frem i dialog med brukerne når eventuelle biogassanlegg skal etableres.

Se stort lager ved biogassanlegget har imidlertid noen ulemper. Om høsten og vinteren vil transporteres bli transportert til fra gårdene til anlegget. Om våren er situasjonen omvendt; store mengder gjødsel må transporteres ut i en relativt kort spredningssesong. Tankbilene kan dermed få en relativt sett høyere andel tomkjøring. Et sentralt lager ved biogassanlegget vil dessuten være mer sårbart om det er produksjoner av biorest som er kontaminert. I verste fall må et mye større parti kasseres enn om gjødselen er sendt ut til lager på gårdene.

3.5.4 Teknologi

Teknologien for disse tiltak er utviklet og godt utprøvd. Der er fortsatt et visst forbedringspotensial spesielt med tanke på ulike metoder for nedfelling. Det finnes en del teknisk utstyr til presisjonsgjødsling som vil kunne bidra til å minke gjødslingsmengden uten avlingstap. Slikt utstyr er fortsatt lite brukt, men redusert pris og stadige forbedringer i GPS-basert teknologi kan gjøre at utstyret fases inn uten ytterligere bruk av virkemidler. Nitrogen-sensorer er foreløpig også lite brukt i Norge. I følge Statens landbruksforvaltning var det imidlertid i 2009 tatt i bruk 70 sensorer i Sverige og over 400 i Tyskland. Ved riktig bruk kan man øke nitrogen-effektiviteten betydelig ved bruk av et slikt apparat og altså redusere de faktiske utslippene av lystgass.

3.5.5 Annen miljønytte

Som vist i vedlegg 1 fører gjennomføring av tiltakene også til betydelige reduksjoner av ammoniakk og nitrater. Verdsetting av denne miljønyttan senker de samfunnsøkonomiske kostnader og dermed kostnadseffektiviteten ved tiltaket vesentlig.

Miljønytte av redusert nitratutslipp ble i tiltaksanalysen (Klima- og forurensningsdirektoratet 2007) fastsatt til 40 000 kr/tonn nitrat-nitrogen, ut fra marginalkostnader for nitrogenreduksjons-tiltak. Det ble forutsatt at den ene halvparten av reduksjonen fant sted i såkalt sårbart område, med en marginalkostnad på 80 000 kr, mens den andre halvparten fant sted utenfor sårbart område der nitratreduksjon ikke har nytte. Det har ikke vært mulig å få noen tall i 2009 siden utredningen av tiltak i forbindelse med sukkertareprosjektet og oppfølging av vanndirektivet er under utarbeidelse. Vi har derfor valgt en konservativ verdi på 20 000 kroner.

Miljønyttan av reduserte ammoniakk utslipp ble i den samme tiltaksanalysen (Klima- og forurensningsdirektoratet 2007) fastsatt til 2500 kr/tonn basert på tall fra LEVE-rapporten og en forutsetning om en bestemt geografisk fordeling av reduksjonen. Med en forventet innskjerping av Gøteborgprotokollen vil det måtte gjennomføres flere tiltak for reduksjon av ammoniakktutslippet i Norge. Dette vil gi en vesentlig høyere marginalkostnad for ammoniakk, trolig fra 10 000 til 50 000 kr/tonn. Selv med en vesentlig lavere marginalverdi for nitrat-nitrogen vil verdsetting av miljønyttan fortsatt ha stor betydning for årskostnadene og dermed kostnadseffektiviteten.

Ved anvendelse av ovennevnte verdier blir miljønyttan av reduserte nitratutslipp verdsatt til $1700 \times 20.000 = 34\,000\,000$ kroner/år, av reduserte ammoniakktutslipp til $760 \times 21 \times 2500 = 2\,229\,000$ kr,

til sammen avrundet 36 millioner kr . Omregning av ammoniakknitrogen til ammoniakk gjøres ved å multiplisere med en faktor på 1,21.

Miljønyttan vil bli enda større når en tar med reduserte utslipp av fosfor som antakelig også vil bli en konsekvens av en mer bevist gjødsling/bedre oppfølging av gjødselplan.

3.5.6 Usikkerhet, følsomhet

Det er en betydelig usikkerhet knyttet til faktisk utslippsreduksjon. Usikkerheten knyttet til kostnadene er betydelig mindre ettersom vi i de fleste tilfellene ser på kjent og godt utprøvd teknologi.

Bruk av mer presise utslippsfaktorer som er mer differensierte for ulike forhold og aktiviteter vil kunne endre utslippsreduksjonene betydelig, både innbyrdes mellom aktivitetene og tiltaket sett under ett. Følsomhet for endringer i gjødselprisene for dette tiltaket er diskutert i virkemiddeldelen.

3.5.7 Barrierer og hindringer

Deltiltak fire og fem, som omhandler nitrogengjødsling åker og eng og oppfølging gjødslingsplan, er vurdert å være bedriftsøkonomisk lønnsomme. Vi antar at manglende kunnskap, blant annet om næringsinnholdet i husdyrgjødsel og jorden sett i forhold til forventet avling er en viktig hindring. Det er i dag, med unntak av jord med avrenning til områder omfattet av Nordsjøavtalen, ingen kvantitative krav i gjødselplan og dermed små muligheter for reaksjoner fra landbruksforvaltningen. For de tre første deltiltakene er manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet en klar hindring. Gitt at dette løses vil terrengforholdene på en del av jordbruksarealet skape tekniske hindringer for blant annet stripespredning.

3.5.8 Redusert norm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking (tiltak 6)

Tiltaket redusert gjødselnorm for gjødsling og tiltak for drenering og redusert jordpakking består av seks deltiltak:

1. Drenering kornareal, 40 % av behovet. Gir en liten avlingsøkning, se vedlegg 2
2. Drenering engareal, 40 % av behovet. Gir en liten avlingsøkning, se vedlegg 2
3. Redusere jordpakking på det totale kornarealet, gir en avlingsøkning på 5 %
4. Redusere jordpakking på det totale engarealet gir en avlingsøkning på 5 %
5. Redusert gjødselnorm åker med 15 %, gir en avlingsnedgang på 4,5 %
6. Redusert gjødselnorm gjødsling eng med 15 %, gir en avlingsnedgang på 9 %

Pakken av utredete del-tiltak, er forutsatt å virke sammen for å oppnå de nærmere beskrevne reduksjonene i utslipp av klimagasser. Vi har beregnet samlet utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet men det er også mulig å se på effekten av hvert del-tiltak for seg. I stedet for 10 % redusert gjødsling som foreslått i bakgrunnsrapporten (Bioforsk 2009b) har vi ved utforming av tiltaket i Klimakur stipulert avlingstapet ved 15 % gjødsling under norm.

Bedre drenering og redusert jordpakking skaper forhold i jorda som er antatt å minke dannelse av lystgass. Videre blir vekstforholdene bedre, noe som fører til økte avlinger uten at vi trenger å øke nitrogentilførselen. Det kan bidra til et lavere nitrogenoverskudd i jorda som igjen reduserer dannelse av lystgass ytterligere²¹. På den annen side gir gjødsling under gjødselnorm reduserte og krediterbare utslipp av lystgass men fører samtidig til lavere avlinger.

²¹ Disse utslippsreduksjonene krediteres ennå ikke i utslippsregnskapet.

Ved å sette sammen de ovennevnte tiltakene synliggjør vi en tiltakspakke som samlet sett opprettholder målsettingen om matproduksjonen på dagens nivå²², men som samtidig gir betydelige utslippsreduksjoner.

Tiltaket kan imidlertid ha visse uheldige fordelingsvirkninger. Gårdbrukere som har riktig drenert jord uten pakkeskader kunne få redusert avling (som en følge av gjødsling under gjødselnorm), mens andre får en økt avling når de gjennomfører drenerings- og pakketiltakene.

Del-tiltak for drenering

En betydelig del av det norske jordarealet er dårlig drenert, blant annet grunnet høy andel leiejord og opphør av tidligere grøftetilskudd. Dette, sammen med tyngre maskiner og større nedbørmengder, gjør at en betydelig del av jorda for høyt vanninnhold, som resulterer i reduserte avlinger. Trolig vil høyt vanninnhold i jorden også gi et vesentlig høyere utslipp av lystgass siden slike forhold gir gunstige betingelser for dannelse av lystgass²³.

Bedre drenering fører til større avlinger uten å måtte øke gjødslingen. Lystgassutslippene antas å gå ned, men dette fanges altså ikke opp i det nåværende utslippsregnskap.

Drenering er en velkjent teknologi, men det ligger en utfordring i manglende bedriftsøkonomi, spesielt ved dagens eiendomsstruktur i norsk jordbruk.

Del-tiltak for redusert jordpakking

Økt bruk av tunge maskiner har ført til jordpakking med uheldige konsekvenser for vekstforhold. Antatt økte lystgassutslipp fanges heller ikke her opp i utslippsregnskapet. Imidlertid er omfang og grad av pakkeskader mindre kjent slik at det er mye større usikkerhet knyttet til beregning av virkningene på avling og behovet for og nytten av tiltak. Det er likevel antatt at det er et stort potensial for avlingsøkninger med enkle tiltak som har lave kostnader uten økt innsats av gjødsel.

Forskning tyder på en sterk reduksjon i lystgassutslippene dersom en utbedrer pakkeskadene. På samme måte som for dreneringstiltaket kan disse reduksjonene ikke krediteres i utslippsregnskapet før en har gått over til en annen beregningsmetodikk.

Tiltakene er jevnt over enkle å gjennomføre i praksis. Redusere kjøring på jordene med motorredskap, spesielt under ugunstige forhold og senket dekktrykk virker positivt på graden av pakking. Kostnadene er anslått til å være langt lavere enn avlingsøkningen og tiltaket er følgelig svært bedriftsøkonomisk gunstig.

Utslippene av lystgass er i dagens utslippsregnskap proporsjonal med mengden tilført nitrogen. Det betyr at redusert gjødsling fører til reduserte utslipp av lystgass. Når en begynner å gjødsle under det som er økonomisk gjødselnorm vil tiltaket medføre kostnader i form av tapt avling. Vi har her utredet utslippsreduksjon og kostnader ved å gjødsle 15 % under den økonomiske gjødselnormen for å komme så nær som mulig en avlingsøkning som netto verken blir positiv eller negativ. Som vist i vedlegg 2 blir avlingstapet beregnet til å være litt mindre enn den økningen som bedre drenering og tiltak mot pakking kommer ut med. Bioforsks gjødslingsrapport til Klimakur (2009b) har til sammenlikning regnet på redusert gjødsling på 10 % med en netto avlingsøkning som følge.

²² Konstant matproduksjon er referansebanen. Hvis økt produksjon hadde vært referansebanen ville den økte bruk av kunstgjødsel medført økte klimagassutslipp. Drenering og tiltak mot jordpakking ville i dette tilfellet gitt en utslippsreduksjon direkte fordi produksjonsøkningen blir oppnådd uten økt bruk av kunstgjødsel.

²³ Disse ekstra høye utslippene føres imidlertid ikke i utslippsregnskapet.

3.5.9 Teknologi

Det er ikke behov for utvikling av ny teknologi for gjennomføring av tiltaket. Drenering og utstyr for regulering av dekktrykk er kommersielt tilgjengelig i dag. Det er desto viktigere å bestemme hvilke jorder er skadet/utsatt for pakkeskader for å velge riktig adferd. Det kan være behov for å utvikle utstyr som på en enkel måte kan indikere dette.

3.5.10 Annen miljønytte

Tiltak 6 fører også til en betydelig reduksjon av avrenning av nitrat samt en noe mindre reduksjon i ammoniakkslipp. De antakelsene som er gjort ved verdsetting av miljønytte her er de samme som i kapittel 3.5.5.

Ved anvendelse av ovennevnte verdier blir miljønyttan av reduserte nitratutslipp verdsatt til $1785 \times 20.000 = 35\,700\,000$ kroner/år, av reduserte ammoniakkslipp til $255 \times 2500 = 638\,000$ kr, til sammen avrundet $36\,000\,000\,000$ kroner. Omregningen fra ammoniakknitrogen til ammoniakk er gjort ved å multiplisere med en faktor på 1,21.

3.5.11 Usikkerhet, følsomhet

Vi har, ved utforming av tiltaket i Klimakur, stipulert avlingstapet ved 15 % gjødsling under norm. Tabell 8.2 A og B (Bioforsk 2009b) viser at avlingsreduksjonen for korn blir 1,6 ganger så stor når gjødslingsnormen reduseres fra -10 % til -15 %. Ut fra teksten i kapittel 7.3 i samme rapport tolker vi det dit hen at det er lineær sammenheng mellom nitrogenreduksjon og avlingsreduksjon i intervallet 0-30 % nitrogenreduksjon i forhold til dagens norm for gress. Vi har derfor antatt at avlingsreduksjonen ved 15 % gjødsling under gjødslingsnorm vil være ca 1,5 ganger så stor som ved 10 %. De økonomiske tapsverdiene er justert tilsvarende. For øvrig har en justert tallverdiene for utslippene og kostnadene tilsvarende redusert nitrogeninput.

Det er stor usikkerhet til tiltakspakken, spesielt effekten på avlingene. Dersom forutsetningen om størrelser på avlingstap ved mindre gjødsling og avlingsøkning skulle vise seg å være annerledes slår dette kraftig ut på kostnadseffektiviteten. Skulle eksempelvis avlingsøkningene ved tiltak mot pakking bli 25 % mindre enn forutsatt endrer kostnadseffektiviteten (uten miljønytte) seg fra -500 kr/tonn CO₂-ekvivalenter til ca 260 tonn. Med miljønyttan blir tallene henholdsvis - 880 og -120 kr /tonn CO₂-ekvivalenter. En fordobling av gjødselprisen, fra 12 til 24 kr/tonn N vil ha motsatt effekt som ovennevnte reduserte avlingsøkning og omtrent kompensere for den.

3.5.12 Barrierer og hindringer

For drenering kan kostnadene overskride inntektene, spesielt i et kort tidsperspektiv. Høy andel leirjord kan også hindre gjennomføring. For tiltak mot jordpakking er viktige barrierer manglende kunnskap og usikkerhet rundt effekten av tiltakene hos gårdbrukerne. Innføring av nye rutiner for kjøring kan også være en barriere i en hektisk hverdag for gårdbrukeren.

3.6 Stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr (tiltak 7)

3.6.1 Innledning

Myr fungerer som sluk for karbon ved at nedbryting av dødt plantemateriale er mindre enn oppbyggingen gjennom plantenes fotosyntese. På denne måten er det bygget opp et betydelig karbonlager. Det forekommer utslipp av metan. Når myr dreneres og oppdyrkes starter en nedbryting - mineralisering av dette lageret med utslipp av CO₂ og N₂O. Metanutslippene reduseres.

Tiltaket stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr består av fire deltiltak:

1. Stans i nydyrking av myr
2. Restaurering av dyrket myr som tas ut av drift av naturgitte årsaker
3. Restaurering av dyrket myr som krever omfattende drenering for fortsatt jordbruksproduksjon
4. Tilplanting av skog på tidligere dyrket myr

Pakken av utredete del-tiltak, er forutsatt å virke sammen for å oppnå de nærmere beskrevne reduksjonene i utslipp av klimagasser. Vi har beregnet samlet utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet men det er også mulig å se på effekten av hvert del-tiltak for seg.

Drenert og dyrket myr representerer en vedvarende kilde til utslipp av CO₂. I Norge er utslippet fra dyrket myr estimert til mellom 600 og 800 kg C per dekar og år og mellom 1,8 og 2 millioner CO₂ totalt per år for perioden 1950-1980 (Bioforsk, 2010a). På grunn av omdanning av torv og økning i mineralinnholdet er det sannsynlig at utslippet reduseres over tid. Det aktuelle utslippet fra dyrket myr er derfor trolig lavere, kanskje i størrelsesorden 0,5 tonn C (ca 1,8 tonn CO₂) per dekar og år for myr i vanlig drift. I tillegg bidrar dyrket myr også til betydelige N₂O-utslipp.

Vi må anta at en del dette arealet tas ut av naturlige grunner. Slike arealer antas ikke å være egnet for dyrking lenger. Grunneierne kan derfor antas å ikke kreve økonomisk kompensasjon for å ta arealet ut av drift.

For en annen del av arealet fungerer ikke dreneringssystemet, men det er mulig å gjenoppta driften ved å investere i ny drenering. Det foreligger lite om fordelingen mellom disse arealtypene, men det forutsettes at de utgjør like stor andel.

Størrelsen på tiltaket på er angitt i tabell 6.

Tabell 6 *Dimensjonering av stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr*

Del-tiltak/tidsrom	2010-2020	2021-2030	Netto årlig utslippsreduksjon per dekar
	dekar totalt	dekar totalt	tonn CO ₂ -ekvivalenter
Stans i nydyrking av myr	20 000	20 000	1,95
Restaurering av myr som tas ut av drift av naturlige årsaker (uten produksjonstap)	18 500	15 500	1,1
Restaurering av myr (med noe produksjonstap)	18 500	15 500	0,6

Gjennomføring av tiltak 1 og 3 vil forutsette nydyrking av tilsvarende areal på mineraljord, hvis en forutsetter samme matproduksjon og samme avling per arealenhet. Gjennomføring av tiltak 2 vil i seg selv ikke medføre behov for dyrking, fordi arealet i alle tilfeller må forutsettes å bli tatt ut av drift.

3.6.2 Teknologi

Gjennomføring av restaurering vil kreve at eksisterende dreneringsgrøfter og rør tas ut av drift, eventuelt demmes opp. Det kreves ingen spesielle nye tekniske løsninger.

3.6.3 Stans i nydyrking av myr

Nydyrking av myr kan antas å gi betydelige utslipp av klimagasser per flateenhet, se tabell 7.

Tabell 7. Utslipp av klimagasser per dekar myr som nydyrkes

Drivhusgass	Utslipp i kilo	CO ₂ -ekvivalenter i kilo
Karbondioksid fra mineralisering	600 kg	2200
Lystgass	1,26 kg	390
Metan	-6,5 kg	-137
Netto klimagassutslipp		2453

Ved å la være å dyrke myr vil vi altså redusere utslippene med ca 2,45 tonn CO₂-ekv/dekar årlig, isolert sett. For å ikke å redusere matproduksjon tenker vi oss å kompensere med å dyrke opp et tilsvarende areal mineraljord, for eksempel ved å gjøre om skog til jordbruksjord. Dette medfører en reduksjon av lagring av karbon i skogsbiomasse som tilsvarer 0,5 tonn CO₂-ekvivalenter. Netto effekt ved ikke dyrking blir da redusert til 1,95 tonn CO₂-ekvivalenter/år for hvert dekar. Hvis vi antar at vi totalt hindrer nydyrking av 20 000 dekar myr frem mot 2020 vil utslippsreduksjonen være 39 000 tonn CO₂-ekvivalenter/år, og dobbelt så stor reduksjon videre mot 2030 om vi tenker oss ytterligere 20 000 dekar myr som ikke dyrkes opp i neste periode.

Kostnadene ved tiltaket forutsettes å være merknadene ved nydyrking av mineraljord som kan antas å være 3000 kroner per dekar, som gir en årlig rentekostnad på 150 kroner ved 5 % rente. Ut fra dette beregner vi at kostnadseffektiviteten som følger: Det koster 150 kr å forhindre utslipp av 1,95 tonn, dvs. tiltaket koster 61 kr per tonn CO₂-ekvivalent.

3.6.4 Restaurering av myr som tas ut av drift av naturlige årsaker

Restaurering innebærer tiltak for å heve vannspeilet til naturlig nivå og reetablere den opprinnelige myrtilstand. Jord som tas ut av drift av naturlige årsaker må antas å ha dårlig produksjon som en følge av utilfredsstillende drenering. På grunn av den forhøyede grunnvannstanden kan vi følgelig regne med at utslippet er lavere enn myr som nettopp har blitt drenert og dyrket opp. En realistisk verdi kan være 0,3 tonn karbon og dermed 1,1 tonn CO₂ per dekar. Hvis vi multipliserer tilgjengelig areal for restaurering frem mot 2020 med karbonutslippet per dekar kommer vi til at del-tiltaket bidrar til 20 000 tonn CO₂-ekvivalenter i reduksjon frem til 2020 og dobbelt så stort i 2030.

Kostnadene er av beregnet til å være 185 kr/dekar per år. Dette inkluderer kapitalkostnadene av engangsarbeidet samt årlig vedlikehold. Kostnadene per tonn CO₂-ekvivalent beregnes til kostnaden per dekar og år dividert på utslippsreduksjonen per dekar og år som gir en kostnads-effektivitet på 168 kroner tonn CO₂-ekvivalent.

3.6.5 Restaurering av myr med noe produksjonstap

Restaurering av myr med noe produksjonstap beregnes som del-tiltaket over, men inkluderer nydyrking av skog for å kompensere for tapt produksjon på eksisterende jordbruksjord. Med de

forutsetningene som er satt over med hensyn til effekt av restaurering og skogproduksjon, kan netto klimagasseffekt av restaurering av myr med liten produksjon beregnes til 1,1 tonn CO₂ per dekar fratrukket 0,5 tonn CO₂, som svarer til netto 0,6 tonn CO₂-ekvivalenter per dekar.

Hvis vi antar at et tilsvarende areal som det som tas ut av drift av naturlige årsaker er tilgjengelig blir utslippsreduksjonen analogt tilgjengelig areal multiplisert med utslippsreduksjon per flateenhet, noe som betyr 11 000 tonn i 2020 og 20 000 tonn CO₂ -ekvivalenter i 2030.

Kostnader knyttet til gjennomføringen av tiltaket er spesifisert i tabell 8.

Tabell 8. *Kostnadene ved restaurering av myr med noe produksjonstap (Bioforsk 2010a)*

Investeringer	Kostnader pr. dekar
Restaurering (kapittel 2.6.2)	1700
Vederlag til grunneier (kapittel 2.6.3)	0-4000
Merkostnader ved nydyrking av mineraljord (kapittel 2.6.1)	4000
Sum investeringer	5700-9700
Årlige renter	285-485
Årlig vedlikehold (kapittel 2.6.2)	100
Sum årlige kostnader	385-585

Vederlag til grunneier gjenspeiler verdien av tapt produksjon. Den varierer med blant annet gjennomføringsgraden av tiltaket. Ut fra det er årlige kostnader per dekar varierer fra 410 – 560 kroner per dekar med et valgt gjennomsnitt på 420 kroner per dekar.

Kostnadene per tonn CO₂-ekvivalent redusert beregnes på vanlig måte ved å dividere kostnaden per dekar og år på utslippsreduksjonen per dekar og år. En kostnadseffektivitet på 700 kroner per tonn CO₂-ekvivalent gjør dette del-tiltaket dyrere enn de to andre.

3.6.6 Samlet effekt av tiltaket

Samlet effekt av tiltaker er i 2020 en utslippsreduksjon på 70.000 tonn CO₂ -ekvivalenter per år med en samlet årlig kostnad på 13,4 millioner kroner og en kostnadseffektivitet på 192 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. Utslippsreduksjonen i 2030 er 135 000 tonn CO₂ -ekvivalenter per år med en samlet årlig kostnad på 25 millioner kroner og en kostnadseffektivitet på 185 kroner per tonn CO₂ ekvivalent.

I stedet for restaurering av myr er skogplanting vurdert. Tiltaket reduserer ikke karbontapet fra jorda i samme grad som restaurering, men det bindes karbon i den voksende skogen. Det kan være aktuelt å vurdere skogplanting i stedet for restaurering. Selv om effekten er usikker sammenlignet med restaurering er kostnadene til skogplanting per dekar så mye lavere at kostnadseffektiviteten uansett kan antas være lavere. Skogplanting er diskutert mer i underlagsrapporten skrevet til denne rapporten (Bioforsk 2010a).

Restaurering av myr kan ha en gunstig effekt på landskap og biologisk mangfold. Denne effekten må også vurderes opp mot skogplanting som alternativ. For areal som tas ut av drift med lite produksjonstap, kan det tenkes at klimagasseffekten er eneste nytteeffekten, hvis en forutsetter at jordbruksareal i drift har samme verdi som kulturlandskap versus det økede biologiske mangfoldet i en restaurert myr.

3.6.7 Barrierer og hindringer

En barriere for gjennomføring av tiltaket kan være at tiltaket kan ha visse fordelingsmessige konsekvenser. Enkelte gårdbrukere har ikke egnet areal for nydyrking som ikke er myrjord og kan

dermed få problemer med å finne skogsjord å dyrke opp. Det kan likevel være grunn til å vurdere om det skal være en rettighet å dyrke myr når de konsekvensene det har for klimagassutslipp er kjent.

3.7 Produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord (tiltak 8)

Tiltaket vil gi en utslippsreduksjon på 560.000 tonn CO₂-ekvivalenter med en kostnadseffektivitet på 900 kr/tonn CO₂-ekvivalent. Forutsetningen er at 75 % av den praktisk tilgjengelige mengden halm omdannes til biokull. Reduksjonspotensialet økes betydelig høyere ved anvendelse av ved/skogsavfall.

Utslippsreduksjonen krediteres ikke med nåværende beregningsmetodikk i utslippsregnskapet.

Fordi kostnadene er svært usikre har vi valgt et konservativt (høyt) anslag. En halvering av tiltakskostnadene og vesentlig forbedring av kostnadseffektiviteten er realistisk dersom tiltaket får et kommersielt gjennomslag.

3.7.1 Innledning

Gjennom fotosyntesen tas CO₂ ut av atmosfæren, reduseres til karbon som inngår i ulike typer biomasse som for eksempel korn og trær. Bare en del av denne biomassen blir brukt til mat eller bioenergi. Biproduktene halm og kvist/røtter kan brukes til energiformål men blir i Norge for en stor del pløyd ned eller liggende igjen i skogen. I begge tilfellene blir karbonet oksidert til CO₂ i relativt kort tid og går tilbake til atmosfæren.

Biokulltiltaket består i å behandle disse typer biomasse slik at nedbryting og oksidasjon av karbonet med dannelse av CO₂ stopper opp. Dermed trekkes CO₂ mer eller mindre varig ut av atmosfæren. Behandlingen omfatter en omdannelse ved pyrolyse til biokull og lagring i jordsmonnet etterpå. Biokullet er inert og kan bidra til effektiv karbonbinding i flere hundre, muligens flere tusen (Bioforsk 2010a).

3.7.2 Teknologi

Trekull dannes av biomasse ved skogbranner eller styrte prosesser. Teknologien har vært anvendt i mange hundre år til å lage trekull og tretjære. I nyere tid er det utviklet mer kontrollerte og industrialiserte prosesser for å fremstille trekull, gass og bioolje. I pyrolyseprosessen varmes biomassen opp til 500-600 grader ved lav oksygentilgang. I prosessen omdannes ca 50 % av karbonet til biokull, 30 % til bioolje og 20 % til såkalte syngasser²⁴.

Energien i syngassene brukes til å drive pyrolyseprosessen og et eventuelt overskudd kan muligens utnyttes til oppvarmingsformål. Omtrent halvparten av oljen kan utnyttes som drivstoff i kjøretøyer (2. generasjons biodrivstoff) og resten til oppvarmingsformål. Mobile pyrolyseanlegg er under utprøving i Sverige. Slike anlegg vil ha store fordeler ettersom biokullet da kan produseres i nærheten av det området der det skal spres. Ved Universitetet for miljø og biovitenskap på Ås utprøves mikrobølgeteknikk og en fabrikk basert på denne teknologien er under bygging (med EU-støtte) på Notodden. Kapasiteten er på 15-20.000 tonn biomasse/år.

Ettersom utvikling av en teknologi for produksjon av biokull ved pyrolyse er i en tidlig fase er det knyttet stor usikkerhet til kostnadene og kostnadseffektiviteten.

²⁴ Syngassene er en blanding av CO₂, CO og CH₄ og mindre mengder av andre gasser.

3.7.3 Råstoff, typer og mengder

De mest aktuelle råstoffene til biokullproduksjon i Norge er halm og skogsavfall. For halm er referansebanen nedmolding, noe som fører til at biomassen brytes ned og gir marginal karbonbinding. Nedmolding gir heller ikke utnyttbar bioenergi. Treavfall som ikke utnyttes og blir liggende igjen i skogen vil på samme måte brytes ned.

I Bioforsks underlagsrapport (Bioforsk 2010a) er tiltaket for halm utredet for 930 000 tonn halm (tørrstoff). I denne rapporten har vi sett på 75 % av denne mengden, 700 000 tonn halm tørrstoff med et energiinnhold på 2,8 TWh, som et ambisiøst eksempel på tiltak. Halm anvendes til fyring bl.a. i Danmark, men høyt askeinnhold, med stor andel kalium gjør den til et mindre ideelt brensel. I Norge pløyes mesteparten ned, men noe brukes til strø og fôr.

For skogsavfall er ressursgrunnlaget mer usikkert og avhenger hva som regnes inn av grener og topper (GROT), stubber og røtter, tynningsvirke, ryddingsvirke langs infrastruktur med videre. Det er utredet at 750 000 tonn skogsavfall regnet som tørrstoff, med et energiinnhold på 3,5 TWh, omdannes til biokull og bioolje (Bioforsk 2010a). Skogsavfall kan imidlertid, på samme måten som tømmer og ved også benyttes til energiproduksjon og er bedre egnet til dette enn halm. Med det store behovet for fornybar energi som erstatning av strøm og fossil energi har vi derfor ikke gått videre med biokull fra skogsavfall i denne rapporten.

Både åker og eng er aktuelle spredningsarealer for biokull med en antatt jordforbedringseffekt. Ved et anslått lagringspotensial på 20 tonn C/dekar og 10 millioner da åker og eng blir det totale potensialet 200 millioner tonn C²⁵. Det vil i så fall kunne lagres 2 millioner tonn C per år i 100 år tilsvarende en CO₂-reduksjon på vel 7 millioner tonn/år. Det er derfor i utgangspunktet råstofftilgangen som begrenser dimensjoneringen av tiltaket.

Skulle det av ulike årsaker være grunner til å begrense spredningen av biokull på jordbruksjord kan lagring i deponi være et alternativ.

3.7.4 Utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet

Først er utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet beregnet for 1 tonn tørr biomasse. Disse er deretter multiplisert med de totale mengder biomasse forutsatt brukt til å fremstille biokull til karbonlagring, henholdsvis 700 000 tonn halm og 750 000 tonn ved/skogsavfall.

Tabell 9 viser utslippsreduksjon, energiinnhold i bioolje, kostnader og inntekter (salgsverdi av bioolje) regnet per tonn tørr biomasse for henholdsvis halm og ved/skogsavfall. Verdiene er hentet fra ulike tabeller i Bioforsks rapport (Bioforsk 2010a).

Vi har i Klimakur imidlertid brukt høyere verdier for inntekt ved verdsettingen av pyrolyseolje. Dette gir seg utslag i lavere verdier for driftskostnadene, totale kostnader og følgelig en forbedret kostnadseffektivitet. Vi har i denne rapporten valgt å ta utgangspunkt i et energiinnhold på 1,9 MWh resp 2,1 MWh i oljen fra 1 tonn biomassetørrstoff. Et forsiktig anslag av energiprisen er 0,42 kr/kWh, basert på fyringsolje omsatt til storforbruker. Gitt disse forutsetningene blir inntekten:

- $1900 \times 0,42 = 798$ kr/tonn halm
- $2100 \times 0,42 = 882$ kr/tonn ved/skogsavfall

Disse er avrundet nedover til henholdsvis 700 og 800 kr benyttet i tabell 9 ved beregning av driftskostnader, totale kostnader og kostnadseffektivitet som blir dermed gunstigere enn beregnet i underlagsrapporten (Bioforsk 2010a).

²⁵ Det må imidlertid forskes mer på hvilke jordtyper som egner seg til spredning av biokull, dette arealet er nevnt som et eksempel på potensialet.

Ved beregning av verdien av biooljen fra ett tonn biomasse har vi ikke trukket fra kostnadene av energien til transport ($160 \times 0,42 = 67$ kr) siden disse er inkludert i kostnadene til innsamling og transport henholdsvis 700 kr for halm og 250 kr for ved/skogsavfall. Denne energien er imidlertid lagt i energibalansen.

Kapitalkostnadene er i underlagsrapporten (Bioforsk 2010a) beregnet ut fra en nedskrivningstid for investeringen i fabrikken på 10 år og en rentefot på 5 %.

Tabell 9. *Biokull, energiinnhold, utslippsreduksjon og kostnader per tonn tørr biomasse*

PARAMETER / TYPE BIOMASSE	HALM	VED OG SKOGSAVFALL
Energi i råstoffet (MWh)	4	4,7
Karbon i biokull (kg)	220	250
Utslippsreduksjon (kg CO ₂)	807	917
Energiinnhold i biooljen (MWh)	1,9	2,1
Energi til innsamling og transport	0,16	0,16
Netto energi til energibalansen	1,74	1,94
Investering fabrikker (kroner)	1143	1143
1. Kapitalkostnader fabrikker (kr/år)	171	171
2. Driftskostnader fabrikker (kr/år)	129	129
3. Innsamling/transport (kr/år)	700	250
4. Andre kostnader (kr/år)	500	500
Sum driftskostnader 2+3+4 (kr/år)	1329	879
Kapital og driftskostnader 1+2+3+4 (kr/år)	1500	1050
Inntekter ²⁶	700	800
Netto driftskostnader (drift – inntekt) (kr/år)	629	79
Samlede kostnader (kapitalkostnader + netto driftskostnader)	800	250

De totale verdier er beregnet ved å multiplisere verdiene per tonn tørr biomasse med mengdene råstoff som er forutsatt anvendt til biokull, 700 000 tonn halm og 750 000 tonn for ved/skogsavfall. Disse er satt opp i tabell 10. Kostnadseffektiviteten beregnet til ca 1000 kr/tonn CO₂ for halm og 293 kr/tonn for ved/skogsavfall.

Tabell 10. *Karbonlagring, utslippsreduksjon, kostnader og kostnadseffektivitet*

PARAMETER / TYPE BIOMASSE	HALM	VED OG SKOGSAVFALL
Energi i biomassen (TWh)	2,8	3,5
Råstoffmengde (tonn tørrstoff/år)	700 000	750 000
Utslippsreduksjon (tonn CO ₂ -ekv/år)	560 000	640 000
Kapitalkostnader (millioner kr/år)	120	128
Driftskostnader (drift – inntekt) (millioner kr/år)	440	59

²⁶ Verdi pyrolyseolje ut fra energiinnhold og en energipris på kr 0,42/kwh kr/år

Totale kostnader (millioner kr/år)	560	188
Kostnadseffektivitet kr/tonn (CO ₂ -ekv/år)	1000	293
Energi til energibalansen bioolje (TWh/år)	1.22	1.46
Energi til energibalansen innhold i hele biomassen alternativ anvendelse (TWh/år)	-2,8	- 3,5

I Klimakur har vi beregnet kapitalkostnadene fra investeringen ut fra en lengre avskrivningstid enn det Bioforsk har lagt til grunn i sine beregninger (Bioforsk 2010a). Dermed blir også de totale kostnadene lavere. Lengre avskrivningstid gjør også kostnadseffektiviteten mer gunstig, henholdsvis 900 kr/tonn CO₂ for halm og 200 kr/tonn for ved/skogsavfall.

3.7.5 Andre effekter

Det antas at biokull har en positiv effekt som jordforbedringsmiddel. Effektene kan bestå i alt fra forbedret jordstruktur, evne til å absorbere vann og utnyttelse av nitrogen som plantenæringsstoff til mulige immobilisering av plantevernmidler. Denne mulige effekten er ikke verdsatt. Denne effekten kan utnyttes til å opprettholde avlingen ved redusert mengde gjødsling, med tilhørende lavere utslipp av klimagasser. Alternativt kan man hente ut en økt avling uten redusert gjødsling. I dette tilfellet er det ikke like klart at utslippene reduseres, men klimagassutslipp pr. produsert enhet blir redusert.

I utslippsregnskapet beregnes dannelse av lystgass i jord og utslipp i forbindelse med frigjøring av nitrogen ved nedbryting av halm som nedmoldes på jordene. Det er sannsynlig at utslippet vil bli redusert eller eliminert ved innsamling av halmen og bruk av ressursen til produksjon av biokull. Kreditering av dette vil kreve endringer i beregningsmetodikken.

3.7.6 Usikkerhet og følsomhet

Det foreligger liten erfaring med produksjon av biokull internasjonalt. Kostnadsanslagene er derfor ganske usikre og følgelig også kostnadseffektiviteten. I denne analysen (og i underlagsrapporten (Bioforsk 2010a)) er det ved kostnadsberegningen brukt tall fra en prosjektert fabrikk på Notodden. Kostnader ved innsamling og transport gir store utslag for kostnadene og bygger på tall fra NVE, henholdsvis 0,17 og 0,05 kr/kWh for halm og skogsavfall. Andre kostnader er en annen stor utgiftspost. For halm er summen disse kostnader til sammen 1200 kr/tonn som utgjør 80 % av bruttokostnadene. Verdsetting av biooljen utgjør er en annen vesentlig inntekt med en verdi på 700 kr per tonn råstoff ved en energipris på kr 0,42/kWh

Bioforsk har, etter at deres rapport var ferdigstilt (Bioforsk 2010a), kommet med ny informasjon som tyder på at kostnadene til innsamling av transport av halm kan reduseres fra 700 ned mot 350 kroner/tonn tørrstoff. Sammenligning med kostnadstall for innsamling og transport av husdyrgjødsel til biogassanlegg (se tiltak 1-4) trekker også i retning av lavere kostnader enn 700 kroner/tonn tørrstoff. En slik halvering av innsamlingskostnader ville senket driftskostnadene til 195 millioner kr/år og kostnadseffektiviteten til 463 kr/tonn CO₂. Samme forbedring av kostnadseffektiviteten kan oppnås med en 50 % økning i energiprisen fra 0,42 til 0,63 kr/kWh.

Bygging av en større fabrikk ville trolig senke enhetskostnadene betydelig. Samlokalisering og drift sammen med andre aktiviteter som produksjon av biogass fra gjødsel og våtorganisk avfall og biprodukter fra jordbruket som avlingsrester, gress og ensilasje med dårlig kvalitet vil også kunne gi muligheter til rasjonalisering, bedre ressursutnyttelse og kostnadsreduksjon.

I stedet for en sentralisert produksjon av biokull kan en velge mobilt pyrolyseutstyr som ville redusere kostnadene til innsamling og transport vesentlig. I dette tilfellet mister man mulighetene

for samlokalisering, men man kan antakelig behandle halmen samtidig eller i samme operasjon som man høster kornet.

3.7.7 Alternativ bruk av biokull

Det er mulig at biokull kan benyttes som reduksjonsmiddel i industrien og der det erstatter bruk av fossilt kull. Energiinnholdet i biokull er ca 8,5 kWh/kg. Energiinnholdet i biokull fra 700 000 tonn halm (tørrestoff) tilsvarer i overkant av 1 TWh. Det brukes i liten grad biokull i norsk industri i dag, men i industrisektoren i Klimakur har flere tiltak utredet substitusjon av fossile reduksjonsmidler i ferrolegeringsindustrien. Det er en forutsetning at norske biokullprodusenter kan oppfylle de strenge kravsspesifikasjonene som industrien stiller til reduksjonsmidlene

Skulle det av ulike årsaker være grunner til å begrense spredningen av biokull på jordbruksjord og bruk av resursen i industrien heller ikke er aktuelt, kan lagring i deponi være et alternativ. Forbrenning i kullkraftverk er neppe noen god løsning. For det første har vi ikke kullkraftverk i fastlands-Norge og produktet må i så fall eksporteres. Dernest kan biomasse til en viss prosentdel tilføres kullkraftverk *uten prosessering*, slik at det er tvilsomt om det er kostnadseffektivt først å bruke energi til pyrolysen for så å forbrenne biomassen i et kullkraftverk.

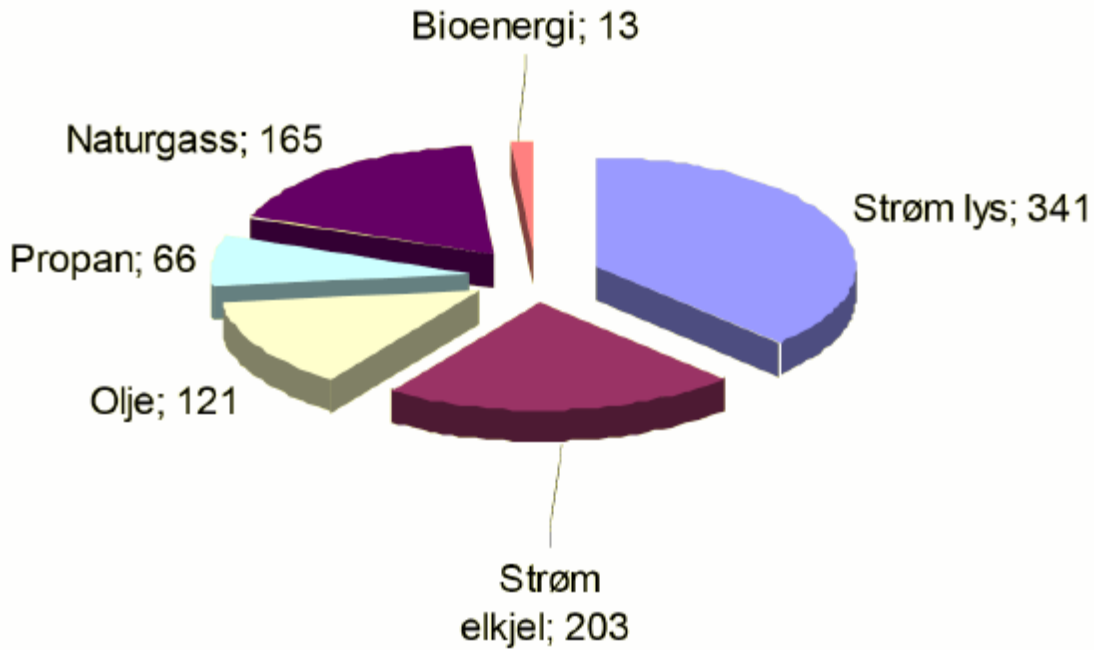
3.7.8 Barrierer og hindringer

Utslippsreduksjonene i forbindelse med tiltaket krediteres ikke med eksisterende beregningsmetodikk i utslippsregnskapet. Med stor internasjonal fokus og forskning som dokumenterer biokullets inerte egenskaper, vil beregningsmetodikken for skog, arealbruk og arealbruksendringer kunne endres fram mot 2020 slik at utslippsreduksjoner kan godskrives.

En annen hindring er at den kommeriselle teknologien lite moden, på tross av at pyrolyse som sådan har vært kjent lenge. Dette betyr også at kostnadene er lite avklart. I tiltaket har vi imidlertid regnet konservativt og det er grunn til å tro at produksjonskostnadene kan bli betydelig lavere om virkemidler settes inn i den grad at noen satser på å tilby produksjonsenheter mer eller mindre som byggesett.

3.8 Reduserte utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen (tiltak 9-10)

I følge en rapport utarbeidet av Miljøstiftelsen Zero med støtte av Klima- og forurensningsdirektoratet (Zero 2009) foregår oppvarming av veksthus i dag nesten utelukkende med fossil energi eller elektrisitet, se figur 7. Bioenergi benyttes hovedsakelig i større veksthus.

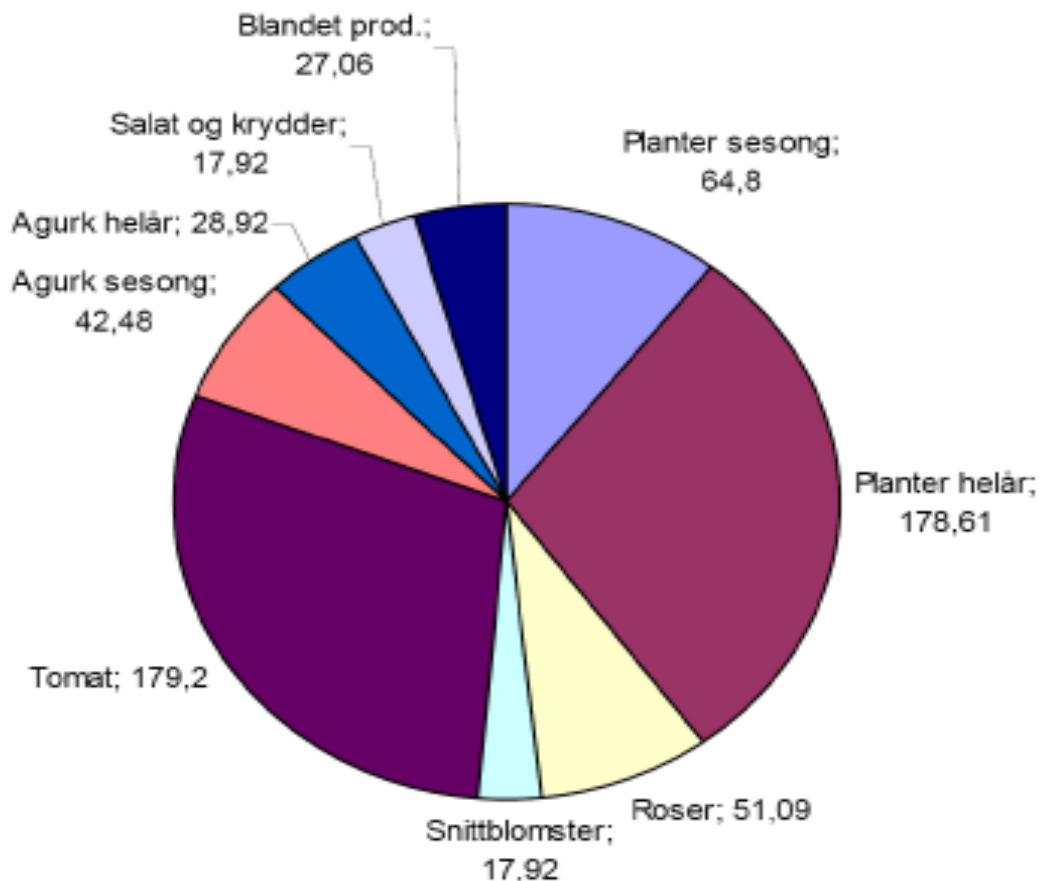


Figur 7. Energiforbruk i veksthus i 2007, totalt forbruk: 0,9 TWh. (Kilde: Norsk Gartnerforbund og Zero)

Veksthus har i all hovedsak installert vannbåren varme og forholdene ligger derfor svært godt til rette for å konvertere fra fossil til fornybar energi i form av biobrenselanlegg.

Tiltaket energiomlegging og enøk i veksthus er utredet som substitusjon av olje/propan samt elkjel med flisfyring og substitusjon av fossil gass med biogass på gassnettet i Rogaland. I tillegg er energiøkonomisering diskutert men ikke inkludert i tiltaket.

Som vi ser av figur 8 er energiforbruket til oppvarming fordelt ganske jevnt mellom plante-/blomsterproduksjon og produksjon av grønnsaker. Figuren viser et forbruk på 608 GWh til oppvarming. Den resterende energien, ca. 300 GWh brukes til belysning. De mest lyskrevende produktene er snittblomster, helårsagurk og salater samt krydder.



Figur 8. Energiforbruk til oppvarming i GWh fordelt på kulturer i 2006 (Zero med underlagsdata fra Norges gartnerforbund)

3.8.1 Substitusjon av olje/propan og direktevirkende el med flisfyring

I dette tiltaket er det sett på utfasing av olje, propan og direktevirkende elektrisitet til oppvarming av veksthus. Direktevirkende elektrisk kraft, en høyverdig energiform som i utgangspunktet ikke bør benyttes til oppvarming, foreslås også utfaset i det samme tiltaket. Veksthus som fyres med flis er fokusert i underlagsrapporten for Klimakur 2020 (Zero 2009). Vi kan likevel tenke oss at elektrisk strøm er en reserveløsning eventuelt alternativ spisslast for en del av veksthusene.

Ettersom kostnadsoverslag for varmepumper var svært sprikende har dette ikke vært utredet. Det er likevel godt mulig at luft-vann varmepumper for enkelte typer veksthus, i ikke alt for kalde klimasoner kan være et godt alternativ til biobrensel, eller at jord-/sjøvarme i form av vann-vann varmepumper har en bedre kostnadseffektivitet i et mer langsiktig perspektiv. Solfangere er også en mulig fremtidsløsning for oppvarming av veksthus. Investeringskostnadene for biobrenselanlegg og varmepumper ligger mellom 4 og 17 øre/kWh. Investeringskostnaden for dagens mest utbredte alternativer, elektrokjel og oljekjel, ligger mellom 3 og 7 øre/kWh. Biobrensel er rimeligere enn fossile brensel unntatt gass, men investeringskostnadene og ulike barrierer gjør at dagens virkemiddelregime ikke utløser konvertering til fornybar energi. Manglende kompetanse for drifting av biobrenselanlegg og varmepumper blant gartnerne, kombinert med lav investeringsevne og manglende langsiktighet i bransjen, er viktige årsaker til at tiltak ikke blir utløst.

Utfasing av propan og fyringsolje i vektshussektoren er beregnet å ha en tiltakskostnad på ca 300 kr/tonn CO₂. Utfasing av el-kjel vil medføre en investering på i overkant av 16 mill kr i biobrenselanlegg, som medfører innsparing av 203 GWh elektrisitet.

3.8.2 Substitusjon av fossil gass med biogass

Fossil gass benyttes i dag til oppvarming til i overkant av hundre veksthus primært i Rogaland. Hovedgrunnen er at det i denne regionen er etablert et rørnett, som sikrer stabil, rimelig tilgang på gass. Gass til jordbrukssektoren er ikke pålagt CO₂-avgift og kommer følgelig gunstig ut prismessig sammenliknet alternative energikilder, se virkemiddelkapittelet. Ettersom tilknytningen til gassnettet er gjort relativt nylig og investeringene foreløpig ikke er nedskrevet er det lite realistisk å tenke seg en snarlig frakopling av veksthusene fra gassnettet uten betydelig bruk av økonomiske incentiver. Innføring av biogass fra husdyrgjødsel på gassnettet et imidlertid et tiltak som kan bidra til å redusere utslippene fra oppvarming av veksthus i denne regionen.

For tiden leveres ca 450 GWh energi fra fossil gass på gassnettet i Rogaland. Potensialet for produksjon av biogass fra husdyrgjødsel i Rogaland er estimert av Enova (2008) til å være nær 500 GWh. Om man regner med at 60 % av gjødsla samles inn og behandles i biogassanlegg utgjør det 300 GWh. I tillegg kommer eventuell biogass fra våtorganisk avfall og avløpsslam i regionen som på samme måte kan tilføres gassnettet. Dersom en tenker seg at produsert mengde biogass erstatter fossil gass på nettet vil fornybar-andelen være 67 %.

Gitt disse antakelsene vil reduksjonene i Rogaland bli 62 000 tonn CO₂. Av dette vil reduksjonen i veksthusnæringen i Rogaland være 23 000 tonn CO₂-ekvivalenter, mens andre kundegrupper oppnår tilsvarende prosentvise reduksjon på 39 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

Det må understrekes at gass fra 60 % husdyrgjødsel i regionen er et ambisiøst tiltak, i samsvar med biogasstiltaket gjennomført til nivå 2 i denne rapporten. Man oppnår imidlertid og til enhver tid en reduksjon av klimagassutslippene som tilsvarer den mengden biogass som føres inn på nettet. Dersom ambisjonen senkes til behandling av 30 % husdyrgjødsel i regionen, som svarer til trinn 1 av biogasstiltaket, vil utslippene reduseres tilsvarende til 31 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

3.8.3 Energjøkonomisering i veksthus

Isolasjonstiltak i veksthus vil ifølge NGF medføre betydelig redusert energibehov. Ved installasjon av isolerende gardiner reduseres energibehovet med 30 – 50 %. En del veksthus har allerede installert gardiner, men i følge NGF er disse av varierende kvalitet. Statistikk på antall veksthus med gardin er ikke tilgjengelig. Investeringskostnader for isolerende gardin ligger på rundt 170 kr/m² for veksthus som er større enn 3000 m². For mindre veksthus er investeringskostnaden høyere og ligger på om lag 300 kr/m² (NGF). Det må presiseres at tallmaterialet er relativt begrenset. Installasjon av isolerende gardiner i samtlige veksthus er beregnet å koste omtrent 385 mill. kr.

Et tiltak som vil kunne ha betydning i veksthus frem mot 2020 er LED-lys (Light Emitting Diode) til belysning. Dette er enda på forsøksstadiet i Norge. Et norsk rosegartneri har byttet ut deler av lampene med LED og foreløpige tall viser at en investering på 1 mill. kroner gir en besparelse på 500 000 kWh /år. Elektrisitet benyttet til lys i veksthus utgjør 341 GWh/år. Anslaget er usikkert, og enkelte i bransjen mener at det ikke er godt nok dokumentert at LED-lys har god effekt. En norsk LED-leverandør mener, i følge Zero, at skepsisen er ubegrunnet (Zero 2009). Ifølge selskapet finnes nok internasjonal erfaring på området som viser at LED gir god plantevekst og redusert kraftforbruk til belysning.

3.9 Innblanding av 10 volumprosent biodiesel i merket diesel (tiltak 11)

Tiltaket økt innhold av biodiesel i avgiftsfri diesel er utredet som et eget tiltak i transportsektoren ”Biodrivstoff – krav om innblanding av opp til 10 volumprosent biodiesel i anleggsgjødning²⁷ i 2020 og 20 % i 2030”. Utslippene er bokført i transportsektoren under ”andre mobile kilder”.

Tiltaket omfatter innblanding av 10 % biodiesel all merket diesel og utslippsreduksjonen er anslått til 160 000 tonn CO₂-ekv. Jordbruket benytter ca 26 % av totalmengden merket diesel, følgelig vil utslippsreduksjonen være ca. 42 000 tonn i jordbrukssektoren.

4. Virkemidler for å utløse tiltakene

4.1 Juridiske virkemidler

4.1.1 Forbud mot spredning av husdyrgjødsel utenfor vekstsesongen

Spredning av husdyrgjødsel utenfor vekstsesongen gir unødige utslipp av lystgass, ammoniakk og nitrat. For å forhindre dette kan krav til spredetidspunkt skjerpes. Restriksjoner er i dag gitt i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav av 4. juli 2003 nr. 951. Hvis forskriften skal benyttes som et virkemiddel for reduserte klimagassutslipp er det en forutsetning at utslipp av bl.a. klimagasser inkluderes i forskriftens formålsbestemmelse.

Det er særlig kapittel 7 som er relevant med tanke på å redusere klimagassutslipp. Krav til spredetidspunkt for husdyrgjødsel er regulert i § 23. Spredning av husdyrgjødsel kan for eksempel begrenses til perioden 15. mars til 15. juli forutsatt at marken verken er snødekket eller frossen. Det kan i tillegg stilles krav til gunstige meteorologiske eller hydrologiske forhold ved spredning slik at forholdet mellom tap og opptak blir best mulig, men dette må vurderes opp mot hvor lett slike krav er å definere og håndheve. Kommunens anledning til å utvide spredningssesongen kan begrenses og/eller knyttes til strenge kriterier.

Selv om det ikke direkte bestemmer spredetidspunktet for husdyrgjødsel er lagerkapasiteten av klar betydning for gårdbrukerens mulighet til å overholde krav til spredetidspunkt. Krav til gjødsellager er følgelig regulert i § 20. Det er allerede i dag stilt krav til tilstrekkelig kapasitet på lageret. Med videre restriksjoner på spredeperioden kan det vurderes å øke minimumskravet (til lagringskapasitet) som i dag er åtte måneder til ti-tolv måneder.

Krav til størrelsen på gjødsellageret kan reduseres dersom gårdsbruket leverer gjødsel til et biogassanlegg; det må i så fall dokumenteres at den samlede lagringskapasitet på gården og ved biogassanlegget er tilstrekkelig. Samtidig kan det presiseres at det også skal være tilstrekkelig lagerkapasitet for biorest dersom denne mottas utenom vekstsesong.

Ettersom det allerede er etablert restriksjoner for spredning av gjødsel, vil forskriftsendringen neppe medføre store økninger i administrative kostnader i forhold til dagens kontrollregime. I områder der det etableres biogassanlegg vil regelmessig henting med tankbil gjøre at utvidelse av gjødsellager for mange gårdsbruk ikke er nødvendig. Andre gårdsbruk vil ha behov for en til dels betydelig utvidelse av lagerkapasiteten. For disse brukene kan det være aktuelt å kombinere denne reguleringen med andre virkemidler så som for eksempel en støtteordning for bygging/utvidelse av gjødsellager.

²⁷ Bruk i mobile anleggsmaskiner og traktorer i landbruket

Et generelt forskriftsfestet forbud mot spredning av husdyrgjødsel i visse perioder av året er et styringseffektivt virkemiddel som sikrer forutsigbarhet for aktørene. Det er mest relevant for tiltak rettet mot mer effektiv utnyttelse av husdyrgjødsel, men kan imidlertid også påvirke rammebetingelsene for biogassproduksjon, ettersom restriksjoner på tidspunkt for spredning av gjødsel kan øke gårdsbrukenes motivasjon for å levere gjødsel til biogassbehandling, særlig hvis avtalen med biogassanlegget er å få levert biorest i starten av vekstsesongen.

4.1.2 Krav til klimaeffektiv spredning av husdyrgjødsel

For å effektivisere opptaket av husdyrgjødsel kan det stilles krav til spredemetoder. Restriksjoner for bruk er i dag gitt i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav av 4. juli 2003 nr. 951. I forskriftens § 24 stilles det spesifikke krav til bruk av husdyrgjødsel. Under punkt 3 om krav til spredning/nedmolding kan enkelte spredningsmetoder forbys eller det kan stilles krav til innblanding av vann, stripespredning eller at nedfellingsutstyr benyttes.

4.1.3 Leveringskrav for husdyrgjødsel

For å sikre biogassanlegg tilgang på tilstrekkelig tilgang på råvarer, kan det stilles krav om levering av husdyrgjødsel i områder som ligger i anleggets nedslagsfelt. Restriksjoner på bruk av husdyrgjødsel er i dag gitt i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav av 4. juli 2003 nr. 951, § 24. Det kan stilles krav om levering av all husdyrgjødsel innenfor en gitt kjøreavstand fra anlegget. Et leveringskrav kan koples med tilbud om levering av biorest fra anlegget på et gunstig tidspunkt for gårdbruker. Dette innebærer at biogassanlegget står for sentral lagring av bioresten, i stedet for at hver enkelt gårdbruker bygger et forholdsvis kostbart tilleggs lager. Leveringskrav kan oppfattes som inngripende for gårdbrukerne, men er et styringseffektivt virkemiddel.

4.1.4 Skjerpede krav til gjødselplanlegging

Forskrift om gjødselplanlegging av 1. juli 1999 nr. 791 regulerer en rekke forhold rundt gjødsling av jordbruksjord. Hvis forskriften skal benyttes som et virkemiddel i klimasammenheng, må utslipp av klimagasser inkluderes i forskriftens formålsbestemmelse.

I forskriftens § 3 stilles det krav om at gjødslingsplan skal utarbeides før hver vekstsesong. Kravet kan suppleres med mer spesifikke krav om at tilført mengde næringsstoffer skal reflektere tidligere års avling og at det skal føres en næringsbalanse for alt jordbruksareal.

Fra et klimasynspunkt er koplingen av gjødselbehovet til næringsbalansen for nitrogen som er relevant. Uttak av jordprøver for nitrogen (ammonium og nitrat), jf. § 3 punkt 6 a) må skje tilstrekkelig hyppig for å verifisere at kalkulert næringsinnhold er i overensstemmelse med jordens faktiske innhold av næringsstoffer²⁸. Den eneste bestemmelsen som i dag setter øvre ramme for gjødsling er kravet om at i områder som drenerer til Nordsjøen skal tilførselen av total nitrogen ikke overstige 17 kilo total nitrogen tilsatt per dekar/år.

Det kan i samme forskrift vurderes å stille stramme inn slik at krav til at gjødselplanen følges opp i praksis og at dette dokumenteres. Det kan imidlertid åpnes for at gjødselplanen kan fravikes om spesielle agronomiske forhold tilsier det, men at dette i så fall rapporteres til jordbruksmyndigheten.

Det kan vurderes om overtredelser skal kunne sanksjoneres utover avkorting av produksjonstilskudd i jordbruket, for eksempel ved å gi myndighetene hjemmel til å ilegge tvangsgebyr og straff. Innstramming i forhold til dagens krav, samt tettere oppfølging og kontroll, vil kunne bedre virkemiddelets styringseffektivitet, men innebærer samtidig økte administrative kostnader.

²⁸ Det er knyttet usikkerhet til bruken av NITROGEN-prognoser, noe som kan være et tema for FoU

Innskjerpede krav i gjødselvereforskriften er mest relevant for tiltak rettet mot effektiv gjødsling. Restriksjoner på bruk av husdyrgjødsel kan imidlertid også gjøre det lettere/rimeligere for biogassanlegg å få tilgang på råvarer fra gårdsbrukene med lite gjødsellager, slik at virkemiddelet kan ha en viss betydning også for disse tiltakene. Forutsetningen for at gårdbrukerne skal se dette som en fordel er at biogassanlegget har etablert et sentralt lager og tilbyr lagring av bioest i perioden frem til spredningssesongen starter.

4.1.5 Forbud mot nydyrking av myr

Nydyrking av myr kan stanses ved et forbud. I dag er nydyrking regulert i forskrift om nydyrking av 2. mai 1997 nr. 423. I henhold til forskriften kan nydyrking bare skje etter plan godkjent av kommunen. Forskriften angir hvilke forhold som skal vektlegges ved vurderingen om godkjenning av nydyrking, og den angir kriterier for arealer der godkjenning til nydyrking ikke skal gis²⁹. Man kan tenke seg at bestemmelsen endres slik at kommunen mister kompetansen til å godkjenne nydyrking av myr eller man kan gi klimahensyn forrang overfor andre kriterier som skal vektlegges i godkjenningsprosessen.

Hvis forskriften skal benyttes som et virkemiddel i klimasammenheng, er det en forutsetning at begrensning av utslipp av klimagasser og binding av karbon i jord inkluderes i formålsbestemmelsen.

En måte å stanse nydyrking av myr på er å omtale myr i § 6 (der godkjenning ikke skal gis). Alternativt kan det gis et eksplisitt forbud ved å sette inn et kapittel mellom dagens kapittel I og II med overskrift forbud mot nydyrking av myr, med en bestemmelse som forbyr dyrking av myr. Et forbud forutsetter at myr kan defineres på en god måte. For å unngå at bestemmelsen får utilsiktede virkninger kan det gis muligheter til å dispensere.

En tredje mulighet er å fremheve klimahensyn som et forhold av betydning for avgjørelsen. Dette vil imidlertid ikke nødvendigvis gi den ønskede effekt ettersom kommunene kan velge å vektlegge andre hensyn tyngre.

Sanksjoner for overtredelse av kravet kan være bortfall av støtteordninger knyttet til den oppdyrkede jorden, produksjonsforbud og/eller straff.

Et generelt forbud mot nydyrking av myr er et styringseffektivt virkemiddel som er enkelt å håndtere i motsetning til en skjønnspreget godkjenningsvurdering utført av kommunene. Et forbud vil i motsetning til godkjenningsordningen, sikre lik håndhevelse i hele landet samt forutsigbarhet for berørte parter. Innføring av et generelt forbud medfører sannsynligvis ingen økte administrative kostnader ettersom dagens godkjenningsordning allerede krever tilsyn for å sikre etterlevelse.

4.1.6 Omsetningspåbud for biodiesel i merket diesel

Et styringseffektivt virkemiddel for å oppnå en innblanding av 10 prosent volum biodiesel i merket diesel er å innføre et omsetningspåbud. Et krav om innblanding av opp til 10 volumprosent biodiesel i merket diesel kan innføres i produktforskriften § 3-16³⁰, som regulerer kvaliteten på bensin, autodiesel og krav til omsetning av biodrivstoff til bruk i motorvogner. Virkemiddelet er nærmere beskrevet i Sektorrapport for transport i Klimakur.

4.2 Økonomiske virkemidler

²⁹ Forhold av betydning for avgjørelsen § 5 og forhold som tilsier at godkjenning ikke skal gis § 6.

³⁰ Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften) 1. juni 2004 nr. 922

4.2.1 Klimaretting av bevilgningene over jordbruksoppgjøret

Hvert år gjennomføres forhandlinger mellom staten og jordbruket om priser på jordbruksvarer, arealstøtte og andre bestemmelser for næringen. Jordbrukssektoren får gjennom oppgjøret overført betydelige midler fra staten. Det sonderes mellom fondsavsetninger (herunder Landbrukets utviklingsfond), markedsregulering, pristilskudd, direkte tilskudd (produksjonstilskudd og regionale miljøprogram) og utviklingstiltak. Produksjonstilskuddene består av tilskudd til drift og beiting av jordbruksareal (areal- og kulturlandskapstilskudd), husdyrhold og direkte tilskudd til en rekke produkter som grønt- og potetproduksjon, korn, kjøtt, melk med videre. Satsene fastsettes i jordbruksoppgjøret, og nærmere bestemmelser er gitt i forskrift om produksjonstilskudd i jordbruket.

Alle disse overføringene/tilskuddene kan gjennomgås systematisk med tanke på mulighetene for å ta hensyn til klimagassutslipp. Det er sannsynligvis mulig å redusere utslippene fra jordbruk signifikant gjennom å gi forbedrede økonomiske insitamenter til å gjennomføre tiltak beskrevet i dette kapitlet. Ved relativt beskjedne endringer i noen av de store støtteordningene i jordbruket, slik som dyrestøtte, arealstøtte og produksjonsstøtte, kan midler frigis til virkemidler som er klimaspesifikke. Et eksempel kan være å redusere areal- og kulturlandskapstilskuddet og i stedet innføre tilskudd for de gårdbrukerne som gjennomfører tiltak som reduserer lystgassutslipp, binder karbon eller kan dokumentere lav nitratavrenning per arealenhet. Et alternativ til å etablere nye støtteordninger kan være å stille krav til dokumentert gjennomføring av utslippsreducerende tiltak innen rammene av for eksempel arealtilskuddet.

Transportstøtten er et virkemiddel som det kan sees nærmere på ettersom den kan være med på å bidra til produksjon med høy transportintensitet i områder med lang transportavstand³¹. Det ligger imidlertid en målkonflikt i en slik støtte som har til hensikt å opprettholde et desentralisert jordbruk vs. reduserte utslipp av klimagasser.

Det er ikke noen spesiell grunn til å tro at klimaretting av midlene over jordbruksoppgjøret behøver å minke produksjonen av jordbruksvarer i Norge, slik at klimagassutslippene forbundet med matproduksjon i utlandet øker tilsvarende. Dette kan eventuelt utredes nærmere.

4.2.2 CO₂-avgift på konkurrerende energibærere til biogass

CO₂-avgift på konkurrerende, fossile energibærere vil gjøre at biogass blir mer konkurransedyktig. Stortinget har bestemt at CO₂-avgiften skal utvides til også å omfatte fossil gass fra den tid Finansdepartementet bestemmer. Avgiften vil omfatte gass som brukes til oppvarming av bygg, også bygg i landbruket. Det er imidlertid gitt avgiftsfritak for bruk av fossil gass i veksthus og til enkelte typer arbeidsredskaper. Ved innføring av en eventuell CO₂-avgift på bruk av gass i prosessindustrien må det tas hensyn til at bransjen allerede faller inn under kvotesystemet.

For bensin og autodiesel betaler forbruker en avgift som tilsvarer de kostnadene de påfører samfunnet i form av ulykker, kø, støy, utslipp til luft og veislitasje. Fossil gass til bruk i fremdrift av kjøretøyer betaler foreløpig ikke avgift tilsvarende bensinavgiften eller autodieselavgiften. Innføring av en slik avgift i tillegg til CO₂-avgift/energiavgift mens biogass, i en overgangsfase, ikke ilegges den samme avgiften vil ytterligere styrke konkurranseforholdet i favør av biogass.

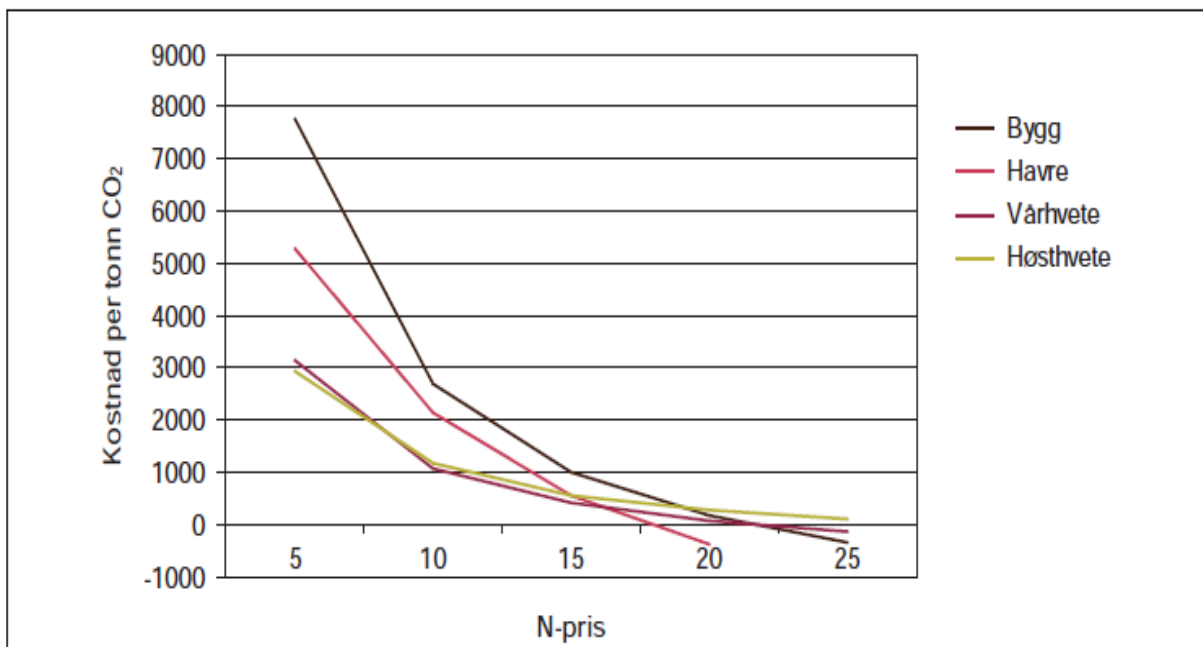
CO₂-avgiften på fossil gass må være høy for alene å kunne utløse bygging av biogassanlegg, ettersom den ikke fanger opp de positive samfunnsseffektene som slike anlegg har ved reduksjon av lystgass og metan. CO₂-avgiften kan derimot vurderes som ett av flere virkemidler som bidrar til å gjøre bygging av biogassanlegg basert på husdyrgjødsel mer bedriftsøkonomisk lønnsomt.

³¹ I klimaregnskapet vil disse reduksjonene bli synliggjort i transportsektoren.

4.2.3 Kunstgjødselavgift

Bruk av kunstgjødsel medfører utslipp av lystgass, både ved produksjon og ved spredning på jordene. Utslippene fra produksjon av kunstgjødsel omfattes helt eller delvis av kvotesystemet, slik at det i utgangspunktet er utslippene fra bruk av kunstgjødsel som kan vurderes avgiftsbelagt. En avgift vil styrke insentivene for mer effektiv utnyttelse av husdyrgjødning og biorest fra biogassanlegg.

En tidligere avgift på kunstgjødning på ca 20 % var ikke høy nok til å påvirke bruken i nevneverdig grad. De senere års svingninger i kunstgjødselsprisen på verdensmarkedet har imidlertid vist at forbruket har en følsomhet for pris når økningen nærmer seg 100 %. I Stortingsmelding nr. 39 (2008-2009) Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen (LMD 2009), se figur 9, er det vist sammenhenger mellom kostnad pr tonn CO₂-reduisert og nitrogenpris. Med en nitrogenpris på om lag 10 kroner per kilo nitrogen må en avgift legges på et nivå som tilsvarer om lag 1 000 kroner pr tonn CO₂-ekvivalenter for hvete og om lag 3 000 kroner pr tonn CO₂-ekvivalenter for bygg for å oppnå en reduksjon i bruken på 10 %.



Figur 9. Kostnader per tonn CO₂ redusert sett i forhold til prisen på nitrogen for fire kornslag

4.2.4 Fond

En klimafond som virker i hele jordbrukssektoren kan være et virkemiddel for å utløse de mest kostnadseffektive tiltakene. Et sektorfond kan sørge for at samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak også blir bedriftsøkonomisk lønnsomme. Et eventuelt fond dimensjoneres etter hvor store utslippsreduksjoner som man ønsker å oppnå, støttebehovet og kostnadseffektiviteten til de tiltakene som er utredet. Annen miljønytte kan med fordel også verdsettes og inkluderes i vurderingen av om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Slik miljønytte kan være redusert utslipp av næringssalter til vann, reduserte ammoniakktutslipp til luft, minsket ugressspredning eller reduserte luktulempere.

Jordbrukets klimafond kan være et kapitalfond som kun deler ut midler av avkastningen. Et fond som er innrettet på en slik måte gir større forutsigbarhet og frikopler fondet fra årlig behandling i statsbudsjettet. Fondet kan med fordel være en integrert del av klimarettningen av bevilgningene

over jordbruksoppjøret, omtalt i kapittelet over. I så fall kan midlene styrke Landbrukets utviklingsfond, som i dag i stor grad forvaltes av Innovasjon Norge. De deler av fondet som skal støtte tiltak som faller inn under energiøkonomisering og energiforsyning kan vurderes lagt til Enova.

Det blir en avveining av fordeler og ulemper hvilke tiltak som støttes av et klimafond og hva som kan tildeles ved en klimarettning over jordbruksoppjøret.

I de tilfellene der kapitalkostnaden er hinderet for gjennomføring av et ellers samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak bør investeringsstøtte vurderes. Investeringsstøtte kan være aktuelt for en rekke tiltak i jordbruket helt fra større industrielle anlegg for produksjon av biogass eller biokull til mindre investeringer som må gjøres som deltiltak for å effektivisere bruken av gjødsel.

4.2.5 Støtte til store anlegg for biogass og biokull

Innovasjon Norge gir allerede investeringsstøtte til gårdsanlegg for biogass. Enova gir støtte basert på energiproduksjonen fra større biogassanlegg. Til nå har ikke dette utløst bygging av anlegg av betydning, antakelig fordi støtten ikke har vært stor nok til å gjøre dem bedriftsøkonomisk lønnsomme. Hvis biogass fra husdyrgjødsel skal støttes i en grad som utløser trinn 1 av biogasstiltaket, uten annen virkemiddelbruk, må betydelige ressurser stilles til rådighet. Produksjon av biokull er i en så tidlig fase at det er knyttet svært stor usikkerhet til kostnadseffektiviteten. Slik regnestykket ser ut i dag må betydelige midler stilles til rådighet også her for å utløse investeringer av betydning.

Programmer for investeringsstøtte til biogassanlegg og produksjonsanlegg for biokull kan etableres som en del av et ev klimafond i landbruket. Støttesatsene kan beregnes på liknende måte som Enova beregner sine energitiltak, der samfunnsøkonomisk lønnsomme prosjekter kan støttes opp til en gitt prosentvis støttesats, og der de mest kostnadseffektive tiltakene får prioritet. Det er viktig at både fordelene reduserte klimagassutslipp, karbonbinding og energiproduksjon vektlegges. Annen miljønytte kan også med fordel prissettes og regnes inn i den samfunnsøkonomiske nytten.

4.2.6 Produksjonsstøtte til biogass eller mottakspålegg for energiselskapene

Det å betale en støtte for hver enhet biogass produsert er et styringseffektivt virkemiddel for å utløse produksjon av biogass. Støtten kan også knyttes til produsert mengde oppgradert biogass om det, ut fra en helhetsvurdering, er et ønske å oppnå størst mulig bruk av gassen i transportsektoren. Ved produksjonsstøtte kan betingelsene utformes slik at det gis anledning å redusere støttesatsene hvis anlegget slipper ut metan i prosessen eller ved etterlagringen. Overvåking av slike utslipp kan enten pålegges gjennom virksomhetens internkontroll eller ved uavhengige inspeksjoner.

Støtten kan også knyttes til levert mengde elektrisk energi (for eksempel gjennom en feed-in-tariff) eller varme levert inn til et fjernvarmenett (dersom gassen forbrennes på stedet). Ved produksjon av strøm stilles det krav til energiselskapene om mottak av en gitt mengde energi. En fast avtalt pris garanteres i ett gitt antall år og betales av energiselskapene, slik det er gjort i Tyskland og Østerrike. Dette sikrer lønnsomheten i biogassanleggene. På denne måten slipper en å bevilge midler over statsbudsjettet. Energi levert fra energiselskapene vil i stedet få et påslag til forbruker. Feed-in-tariff for biogass må sees i sammenheng med tilsvarende ordninger for strøm produsert fra andre fornybare kilder.

4.2.7 Støtte til investeringer på gårdsnivå

Investeringsstøtte kan også gis for tiltak gjennomført på gårdsnivå. Selv om juridiske virkemidler er satt i verk gjennom gjødselvareforskriften og gjødselplanforskriften, gjøre reguleringen mindre kontroversiell blant gårdbrukerne.

Eksempler på andre tiltak eller del-tiltak som kan støttes for å oppnå bedriftsøkonomisk lønnsomhet er:

- Bygging av gjødsellager
- Utstyr for nedfelling av gjødsel
- Utstyr for prøvetaking
- Etablering av forsøksringer
- Utstyr for GPS-basert presisjonsgjødsling
- Utstyr for fortløpende detektering av nitrogennivåer i åkervekster (nitrogensensor)
- Grøfting av for våt jordbruksjord
- Gjentetting av grøfter som en del av det å restaurere tidligere dyrket myr
- Utskifting av olje- og propankjel i veksthussektoren.

Støtte administrert gjennom fond vil være et styringseffektivt virkemiddel, men kostnaden pr redusert tonn CO₂-ekv vil kunne være høyere grunnet blant annet en fare for overkompensering som en følge av manglende kjenneskap til reelle kostnader.

Jordbrukets klimafond kan også inkludere støtte til forskning og utredning. En del av de klimatiltakene som foreslås i dette kapittelet krever til dels betydelig styrket innsats på forskningssiden.

Det kan vurderes om kostnadsøkningen ved en eventuell avgift helt eller delvis kompenseres gjennom jordbruksoppgjøret. Ved å innrette kompensasjonen spesielt mot dyrkings- og gjødslingsmetoder med lave klimagassutslipp, blir effekten ekstra stor.

4.2.8 Støtte av gjødsel pelletsproduksjon

Biorest har en mer homogen og definert sammensetning som plantene trolig lettere kan gjøre seg nytte av enn rågjødsel. Biorest fra biogassanlegg kan i mange tilfeller substituere kunstgjødsel direkte. Støtte av gjødsel pelletsproduksjon kan følgelig være et mulig virkemiddel, særlig i områder med stor husdyrtetthet, der det ikke er realistisk at omkringliggende gårder tar i mot hele produksjonen av biorest. Gjødsel pelletsproduksjon kan gjøres ved avvanning og videreforedling til et sertifisert gjødselprodukt som et alternativ til kunstgjødsel. Det forutsettes også at det ved FoU er mulig å finne en måte å anrike pelleten med nitrogen fra vannfasen.

Man kan tenke seg at en eventuell avgift på kunstgjødsel øremerkes til støtte av gjødsel pelletsproduksjon. En slik øremerking av midler kan ha visse fordelingsmessige konsekvenser gitt den høye husdyrkonsentrasjonen i blant annet Rogaland.

4.2.9 Støtte til binding av karbon i jordbruksjord

Støtte til spredning av biokull fra halm, skogsavfall eller andre avfallsfraksjoner fra jordbruk eller skogbruk kan være en måte å verdsette den samfunnsøkonomiske nytten av den karbonbindingen som skjer ved en slik behandling. Støtten gis enten til produsenten av biokull, som forplikter seg til å sørge for bruk etter gitte kriterier, eller man kan knytte arealstøtte i jordbruksoppgjøret til bruk av biokull som jordforbedringsmiddel.

Det er viktig å merke seg at eventuell støtte til spredning av biokull på jordbruksjord forutsetter at det er merverdi i en slik disponering av biomassen. Om ikke biokull kan oppvise positiv effekt på

avlingen ved bedre utnyttelse av næringsstoffer i jorden bør støtte til ulike former for deponering vurderes som et alternativ.

Størrelsen på et eventuelt støttebeløp for produksjon av biokull kan med fordel reflektere alternativ bruk av den biomassen som pyrolyseres. Hvis det for eksempel ut fra en livsløpsvurdering er samfunnsøkonomisk mest lønnsomt å benytte skogsavfall til bioetanolproduksjon og halm til biokull kan dette reflekteres ved at støtteordningen i større grad premierer biokullproduksjon fra halmen.

4.3 Informasjon

4.3.1 Generelt om informasjon til jordbrukstiltakene

Informasjon brukt uten støtte av andre virkemidler er mest effektivt for tiltak som allerede er bedriftsøkonomisk lønnsomme. Hvis det gjennomføres juridiske eller økonomiske virkemidler i jordbrukssektoren er det naturlig å følge opp med god informasjon og veiledning for å få best mulig effekt.

4.3.2 Informasjon knyttet til utfasing av olje og propan i veksthus

På tross av at tiltaket for utfasing av olje og propan i veksthus har en kostnad på 300 kr per tonn CO₂-ekvivalenter bransjen sett som helhet, kan tiltaket være bedriftsøkonomisk lønnsom for mange enkeltanlegg. Av denne grunn er et mulig virkemiddel å sørge for tilstrekkelig informasjon. Denne kan bestå i informasjon om mulighetene til å bytte energibærere til flis, hvem som kan gi gartnerne råd og hvem som kan gi pristilbud anlegg og serviceavtaler.

4.3.3 Informasjon knyttet til mer effektiv utnyttelse av gjødsel

Utløsning av flere del-tiltak, under tiltak for mer effektiv utnyttelse av gjødsel³², er avhengig av en generell kompetanseheving blant gårdbrukerne. God informasjon om at gjødsling utover gjødselnorm er bedriftsøkonomisk ulønnsomt kan være et effektivt virkemiddel³³. Informasjon og kompetanseheving kan også være et virkemiddel for oppnå forbedret spredning av gjødsel, redusert jordpakking og økt drenering av våt jord.

4.4 Forskning og utredning

4.4.1 Dokumentasjon av reelle opptak og utslipp av klimagasser i jordbruket

Det er til dels stor usikkerhet knyttet til utslippene av klimagasser fra jordbruket. Spesielt gjelder dette utslipp av lystgass fra jord samt forhold knyttet til karbonbalansen ved gjennomføringen av en del tiltak. Det er i tillegg et stort gap mellom antatte effekter av en rekke tiltak og de utslippsreduksjoner som kan krediteres i utslippsregnskapet. Antakelig er de faktiske utslippsreduksjoner for flere tiltak betydelig større enn det som krediteres i dag. Dette gjelder blant annet tiltak for mer effektiv spredning av husdyrgjødsel, bruk av bioest, bedre drenering og tiltak mot jordpakking. Effekten av tiltak som sikter på økt karbonlagring er lite dokumentert.

4.4.2 Forskning på mer effektiv gjødsling av jordbruksjord

Det kan med fordel forskes på å bedre kunnskapen om sammenheng mellom vanninnhold i jorden, pakningsgrad og avlingsnivå, slik at denne kan kvantifiseres og dokumenteres ved et tilstrekkelig antall forsøk. Videre utvikling, utprøving og demonstrasjon av praktiske tiltak mot effektiv drenering og pakkeskader vil synliggjøre for gårdbrukerne hva effekten av endrede rutiner er.

³² Tiltak 5 og 6 i tabell 6-2

³³ Dette gjelder særlig for gårdsbruk uten husdyr som kjøper kunstgjødsel til hele spredearealet

FOU kan også avklare effekter av disse del-tiltakene på utvikling av de reelle lystgassutslippene. Siktemålet kan være å få endret beregningsmetodikken i utslipperegnskapet slik at den bedre reflekterer utslippene og utslippsreduksjonene ved et forbedret regime med hensyn til drenering og forebygging og utbedring av jordpakkingskader.

4.4.3 Teknikker for produksjon av biokull og bioolje

Selv om produksjon av biokull ser svært lovende ut, må en god del forhold utredes nærmere.

Det kreves forskning for å avklare eventuelle jordforbedingsvirkninger, konsekvenser av spredning under norske klimatiske betingelser, en avklaring av hvilke jordtyper som er best egnet og ikke minst kartlegging eventuelle langtidsvirkninger av en karbontilførsel som i utgangspunktet er irreversibel.

Teoretisk sett er utslippsreduksjonene forutsigbare men det kreves forskning for å verifisere binding over tid i ulikt jordsmonn. Også effekten på jordmiljø ved redusert halmtilførsel ved nedmolding bør avklares.

Utredning av fremtidig kostnadsutvikling både for selve produksjonsanleggene og innsamlingen av råstoff kan med fordel gjennomføres parallelt med utredning av bruk av biokull på jordene, ettersom tiltaket ikke er avhengig av en slik disponering av ressursen. Mulige synergieffekter ved samlokalisering av biokull- og biogassproduksjon med fokus på jordforbedringsaspektet, biorest som karbonkilde og forbedret bedriftsøkonomi kan på denne måten avklares.

Generelt må bruk av biomasse vurderes ut fra et livsløpsperspektiv gitt alternativene:

- Energiutnyttelse ved forbrenning
- Produksjon av 2. generasjons biodrivstoff
- Bruk av tømmer i bygninger og konstruksjoner
- Pyrolyse – bruk av biokull til karbonlagring og jordforbedringsmiddel samt produksjon av bioolje (2. generasjons biodrivstoff)
- Pyrolyse – bruk av biokull som reduksjonsmiddel i industrien

4.4.4 Utredning av bruk av biorest fra biogassproduksjon i norsk jordbruk

Selv om biogassproduksjon er en relativt moden teknologi, er det forhold knyttet produksjon i Norge som bør avklares nærmere. Dette kan være effektivitet av biogassproduksjonen ved lave temperaturer og gjødslingseffekten av, og utslipp av lystgass og nitrater fra biorest sammenliknet med ubehandlet gjødsel brukt på norsk åkerjord. Forskning og utredning vil være nødvendig for en slik avklaring.

4.5 Virkemiddelpakker for enkelttiltak

4.5.1 Virkemidler som kan utløse produksjon av biogass

4.5.1 Virkemidler som kan utløse produksjon av biogass

Det er flere virkemidler som er aktuelle for å utløse bygging av anlegg for produksjon av biogass. For det første er avgifter på konkurrerende produkter til det som produseres i et biogassanlegg, biogass og biorest (biogjødsel) med på å bestemme salgsværdien på produktene. Både CO₂-avgift på fossil gass og nitrogenavgift på kunstgjødsel er diskutert over. Avgifter er i tråd med prinsippet om at forurenser betaler og vil være en kostnadseffektiv måte å legge til rette for etablering av biogassanlegg på. CO₂-avgiften på fossil gass kan for eksempel settes lik som for fyringsolje. En

kunstgjødselavgift kan settes til et nivå som gjenspeiler klimagassutslippene, alternativt innretter man avgiften slik at man oppnår den tilsiktede utslippsreduksjonen.

Juridiske virkemidler som er rettet mot mer effektiv gjødsling vil indirekte påvirke biogasstiltaket ved at det stilles strengere krav til håndteringen av husdyrgjødsel og krav til at gårdbruker kjenner innholdet av næringsstoffer i gjødselen. Kravene kan medføre at brukene ser seg tjent med å levere gjødsel til biogassanlegg for å unngå å bygge større gjødsellager og for å kunne få tilbake en biorest som kan gå inn i næringsbalansen. En mer inngripende juridisk regulering er å fastsette en leveringsplikt i biogassanleggenes nærområder.

Når de ovennevnte virkemidlene er vurdert har man bedre forutsetning til å se på innretning av eventuelle støtteordninger. Vi velger å ta for oss dette som regneeksempler. Alle eksemplene har tatt utgangspunkt i biogasstiltak 1, der 30 % av gjødsla samles inn til biogassproduksjon.

Regneeksempel 1. All støtte gis som investeringsstøtte

For å gå i balanse må kapitalkostnadene reduseres med 233 millioner per år. Det kan oppnås med en investeringsstøtte som er på $233/350 \times 4.3$ milliarder = 2,9 milliarder kr eller 67 %. Skal investoren ha en kommersiell interessant avkastning kan vi anta at støtten må være opp mot 80 %.

En investeringsstøtte er relativt enkelt å administrere. En søknad som inneholder all nødvendig dokumentasjon innvilges etter på forhånd fastsatte kriterier og dokumenterte utgifter til investeringen utløser utbetaling av det omsøkte beløpet. En forutsetning for at det skal være tilstrekkelig å gi investeringsstøtte er at virksomheten kan drives lønnsomt hvis vi kun ser på driftskostnadene.

Regneeksempel 2. All støtte gis som støtte til produsert mengde biogass

For å gå i balanse forutsetter vi først at inntekten fra biogass er høy nok til at summen av årlige kostnader blir tilnærmet null. Det betyr at inntekten må være 233 millioner kroner høyere enn de 300 brukt i ovennevnte eksempel, med andre ord $300 + 233 = 533$ millioner kroner. Strengt tatt må inntektene være 540 millioner siden det vanskelig lar seg forsvare å inkludere miljønyttene av ammoniakk i dette regnestykket. Det betyr at energiprisen må være 0,75 kr/kWh over. Skal vi oppfylle kommersielle avkastningskrav på opp mot 10 % kapitalavkastning og en nedskrivning på 10 år må inntekten fra biogass være $540 + 510$ millioner kroner. Det betyr en kWh pris på 1.08 per kWh. Ovennevnte priser kan oppnås som støtte som blir differansen mellom markedspris og ovennevnte beløp eller gjennom feed-in tariff.

Regneeksempel 3. Kombinasjon av investeringsstøtte og støtte til produsert biogass

I en start/demonstrasjonsfase kunne det være hensiktsmessig med en kombinasjon av investeringsstøtte og støtte per mengde biogass levert/brukt.

Et eksempel kan være 50 % investeringsstøtte kombinert med 0,51 kr/kWh. Hvis vi stiller et krav til 10 % forrentning ved en nedskrivning på 10 år vil den samme investeringsstøtten måtte suppleres med 0,67 kr/kWh.

Anlegg som sambehandler husdyrgjødsel med våtorganisk avfall vil kreve noe lavere satser enn nevnt i regneeksemplene over.

4.5.2 Virkemidler for mer effektiv gjødsling av jordbruksjord

Flere virkemidler kan med fordel benyttes i kombinasjon for å oppnå mer effektiv gjødsling av jordbruksjord. De to hovedtiltakene (tiltak 5 og 6) består av til sammen elleve del-tiltak som hver og ett kan utløses av ulike virkemidler. Vi kan tenke oss at en kunstgjødselavgift kombineres med ulike støtteordninger og god informasjon. Sammen med nødvendig FoU for å få full kreditt for tiltakene i utslippsregnskapet vil reduksjonspotensialet kunne bli utløst innen 2020.

En økning av gjødselprisen fra 12 til 18 kroner per kilo nitrogen i form av en kunstgjødselavgift fører til at de samlede årlige kostnader ved tiltak 5 går mot null og gjør tiltaket som helhet bedriftsøkonomisk lønnsomt. Dersom det gis støtte til 50 % av investeringen i gjødsellager³⁴ vil en gjødselpris på 14 kroner per kilo nitrogen være tilstrekkelig til å gi bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Nødvendig investeringsstøtte kan beregnes for flere av de del-tiltakene som er beskrevet i forbindelse med tiltaket, etter at man har satt en bestemt avgiftsnivå på kunstgjødsel, se punkt 4.2.3 om støtte til andre investeringer.

God informasjon og fokus på motivasjon for gjennomføring av tiltakene er spesielt viktig som ledd en virkemiddelpakke for dette tiltaket. Kartlegging og utredning av pakking for de ulike jordstykkene er dessuten viktig for å kunne begynne gjennomføring av tiltak for å unngå pakkeskader.

4.5.3 Virkemidler for stans i nydyrking av myr og restaurering av dyrket myr

Stans i nydyrking av myrjord kan oppnås ved et forbud, se over beskrivelse av dette juridiske virkemiddelet over. For den delen av tiltaket som omfatter myrjord som tas ut av drift grunnet av naturlige grunner er derimot støtte til restaurering en mulighet. For å utløse det del-tiltaket for myrjord med lav produktivitet kan kompensasjon for tapt produksjon vurderes som et tilleggsvirkemiddel.

Forskning på binding av karbon i jord bør vurderes før gjennomføring av dette tiltaket i stor skala. Ikke minst er kunnskap om og overvåkning av metandannelse ved tetting av grøfter av stor betydning for tiltakets effekt på kort sikt.

Sammen med øvrig virkemiddelbruk er det viktig å nå ut med tilstrekkelig informasjon om hvilke typer jord som omfattes av tiltaket og om hvem som kan søke støtte til restaurering.

4.5.4 Virkemidler for produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord

Virkemidler for produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord har noen likhetstrekk med biogasiltakene. I dette tilfellet er konkurrerende energibærere allerede pålagt CO₂-avgift, slik at dette i seg selv gir et konkurransefortrinn for biooljen. Dersom synsgassene lar seg samle opp og bruke som biogass vil de samme betenkningene som for biogass fra husdyrgjødsel måtte legges til grunn. Indirekte vil avgifter på kunstgjødsel påvirke etterspørsel etter mer effektiv utnyttelse. Dersom biokullet kan vise til dokumenterbar forbedret nitrogeneffektivitet vil dette være gunstig for biokulltiltaket. Det samme gjelder biokull brukt som reduksjonsmiddel i industrien. Økte avgifter på fossile reduksjonsmidler forbedrer konkurransekraften til biokullet. Ved innføring av en eventuell CO₂-avgift på bruk av fossilt kull i prosessindustrien må det tas hensyn til at bransjen allerede faller inn under kvotesystemet.

Når de ovennevnte virkemidlene er vurdert har man bedre forutsetning til å se på innretning av eventuelle støtteordninger, slik at rammebetingelsene for et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak også kan bli bedriftsøkonomisk lønnsomt.

En indikasjon for hva som må til for å få bedriftsøkonomisk lønnsomhet er at de totale kostnader (fratrasket eventuell miljønytte) blir negativ. Dette kan oppnås ved følgende kombinasjoner:

Investeringsstøtte på 50 % og en driftsstøtte på 230 kroner per tonn biokarbon produsert. Dersom innsamlingskostnader blir halvert som ovennevnt;

Investeringsstøtte på 50 % og en driftsstøtte på 110 kroner per tonn biokarbon. Dersom i tillegg energiprisen øker fra 0,42 til 0,63 kr/kWh;

Investeringsstøtte på 50 % og en driftsstøtte på 100 kroner per tonn biokarbon

³⁴ Innsamling av husdyrgjødsel til biogass produksjon reduserer imidlertid behovet for utvidet gjødsellager ved de gårdene som ligger i biogassanleggets nedslagsfelt.

4.5.5 Virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen

Virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen ved konvertering fra olje- og propan til biobrensel vil være de samme virkemidlene som kan benyttes for energiomlegging i byggsektoren, se sektorrapport for bygg til Klimakur 2020 (NVE 2010).

UTKAST

5 Tiltak som ikke er utredet i detalj

5.1 Produksjon av biokull fra trevirke

Frem mot 2030 kan produksjon av betydelige mengder biokull fra ulike typer trevirke fra skogbrukssektoren være aktuelt. Tiltaket er i all hovedsak likt som tiltaket for produksjon av biokull fra halm og er derfor omtalt i kapittel 3.7.

Grunnet den usikkerheten som ligger i en lite utviklet teknologi for pyrolyse, usikkerhet rundt disponering av biokull og det faktum at ved og skogsavfall i dag har annen alternativ utnyttelse har vi ikke utredet produksjon av biokull fra trevirke i Klimakur 2020. Det er imidlertid liten tvil om at tiltaket har et betydelig potensial hvis metoden får et kommersielt gjennombrudd.

5.2 Økt karbonbinding i eng

Planteforedling har til nå hovedsakelig hatt som mål å utvikle nye sorter med større avlingspotensial, bedre kvalitet og resistens mot sykdommer. Potensial for karbonbinding i jord har ikke vært noe mål i seg selv, men karbonbindingen må under ellers like forhold antas å være proporsjonal med netto fotosyntese. Det må antas å være betydelig variasjon mellom ulike planteslag og -sorter med hensyn til potensial for karbonbinding i jord.

Røtter antas å ha en gunstig effekt på karbonbinding, både ved at røttene blir igjen i jorden etter høsting og ved at det organiske karbonet i røtter har vist seg å være mer motstandsdyktig mot nedbryting en deler av planten som befinner seg over jorden. Planter med dype røtter, som for eksempel kløver og bladfaks, må antas å være mer beskyttet mot nedbryting på grunn av lavere oksygentilgang i jorda. Til slutt vil selve den kjemiske sammensetningen av det organiske materialet påvirke nedbrytingshastigheten.

Karbonbindingen i eng må antas å være størst de første årene etter gjenleggingen, på grunn av stort innslag av høytproduserende gressarter. Når engen blir eldre går en del av de høytproduserende artene ut og erstattes med mindre produktive vekster. Karbonbindingen må derfor antas å avta med alderen.

Fornyng av eng skjer vanligvis etter pløying og annen jordarbeiding, ofte i omløp med åkervekster. Den økte produksjonen av og karbonbindingen som følge av fornyingen blir langt på vei oppveid med et tap av karbon i perioden med åkervekst. For å optimalisere karbonbindingen i eng bør derfor fornyingen skje ved direkte såing av frø, uten jordarbeiding. Et vekstskifte med åkervekster og eng antas å være i omtrent karbonbalanse.

I LMDs klimamelding er redusert jordbearbeiding beskrevet som tiltak som binder karbon i jord. Nåværende kunnskap om tiltaket er i følge Bioforsk ikke tilstrekkelig til å beregne hvilke arealer som kan være aktuelle, hva karbonbindingen vil være og kostnader knyttet til tiltaket. Tiltaket kan i følge LMD forventes å øke karbonbinding i eng med 100 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

Mulige virkemidler for redusert jordbearbeiding er støtte gjennom produksjonstilskuddsforskriften og tilskudd til endret jordarbeiding.

5.3 Bruk av fangvekster på åker

Fangvekster (spesielle gresstyper eller andre plantearter) såes sammen med kornet og vokser til etter at kornet er høstet. Fangvekster binder karbon gjennom økt fotosyntese, tar opp nitrogen og fosfor løst i jorda og hindrer avrenning. I LMDs klimamelding er bruk av fangvekster på åker beskrevet som et mulig framtidig klimatiltak for karbonbinding. Med bakgrunn i vekstforsøk anbefaler ikke Bioforsk, på det nåværende tidspunkt, lavere nitrogengjødsling året etter bruk av fangvekst (Bioforsk 2008). Dermed har ikke tiltaket noen kvantifiserbar lystgasseffekt i norsk

sammenheng. Nåværende kunnskap om dette tiltaket er dessuten ikke tilstrekkelig til å beregne hvilke arealer som kan være aktuelle, hva eventuell karbonbinding vil være og hvilke kostnader som er knyttet til tiltaket. Et mulig virkemiddel for økt bruk av fangvekster er spesifikk støtte gjennom regionale miljøprogrammer.

5.4 Omlegging av åkerdrift til eng og vice versa

Eng og beite er driftsformer som gir større karbonbinding i jord enn åkerdyrking. Grunner til dette er at stor rotmasse, lang periode for fotosyntese og dannelse av aggregater beskytter det organiske materialet mot nedbryting. Gjennomsnittlig karboninnhold i eng på mineraljord i Norge er ca 20 tonn karbon per dekar, som er bygd opp over lang tid. Karbonbinding i eng er ikke lineær og man kan anta at den årlige bindingen er størst i begynnelsen, når karboninnholdet er lavt. Årlig binding avtar og nærmer seg null når det er oppnådd likevekt mellom tilførsel og mineralisering. Det er følgelig lite sannsynlig at det skjer karbonbinding i eng som har vært brukt til beite over lang tid. Økt nitrogen gjødsling eller økt CO₂-innhold i luften kan imidlertid tenkes å ha ført til perioder med fortsatt karbonbinding³⁵.

Muligheten for å oppnå høy karbonbinding i grasmark er størst på relativt nylig dyrket mineraljord med lavt karboninnhold gjerne i kombinasjon med gjødsling. En kan også vente økt karbonbinding ved overgang til gras på åkerjord, spesielt på bakkeplanert jord, der deler av karbonet er gravd ned til dypere lag. Bakkeplanert er også mer erosjonsutsatt enn tilsvarende uplanert jord. Omlegging fra åkerdrift til eng på bakkeplanert jord vil derfor bidra til redusert erosjon, i tillegg til effekten på karbonbinding i jord.

For å kompensere arealet som ikke lenger kan produsere korn og andre åkervekster kan et tilsvarende areal omdisponeres fra eng til åker. En slik omdisponering er nødvendig fordi klimaeffekten av karbonlagringen trolig vil bli mer enn oppveid av metan- og lystgassutslipp fra en eventuell øket husdyrproduksjon. Arealet som omdisponeres fra eng til åker bør også velges slik at minst mulig erosjon oppstår. Dersom en gjennomfører tiltaket uten å omdisponere tilsvarende fra eng til åker, kan det resultere i både redusert kornproduksjon og økte klimagassutslipp. Man må i så fall være oppmerksom på at tapte produksjon av korn og andre åkervekster må kompenseres med økt import.

Nåværende kunnskap om tiltaket er ikke tilstrekkelig til å beregne hvilke arealer som kan være aktuelle, hva karbonbindingen vil være og kostnader knyttet til tiltaket. Et prosjekt finansiert av Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket vil kunne gi en nærmere spesifisering og kvantifisering av kostnader.

Ved å avkorte eller stanse arealtilskuddet for åkerdrift i spesielt utsatte områder og i stedet gi støtte til grasproduksjon, vil sannsynligvis de fleste gårdbrukere innrette seg i henhold til de endrede rammebetingelsene. Tilsvarende kan økt støtte til åkerdyrking gis på dokumentert lite erosjonsutsatt jordbruksjord i de klimasonene der dette er aktuelt.

5.5 Fjerning av avlingsrester fra åkerjord og utnyttelse som bioenergi

Halm kan ikke uten videre benyttes i biobrenselanlegg ettersom askeinnholdet er høyt. Følgelig må det bygges anlegg som er spesialtilpasset for brenning av halm, eller det må gjøres vesentlige modifikasjoner på anlegg beregnet på forbrenning av annen biomasse, slik for eksempel flis. Dette betyr vesentlig høyere kostnader.

Teoretisk brennverdi for halm er 4 TWh. Dersom man skal unngå at jorden mister karbon i de øvre lagene bør hver fjerde års avling nedmoldes. Følgelig har vi 3 TWh disponibelt. Tiltaket var omtalt i SFTs tiltaksanalyse fra 2007, og kostnadseffektiviteten ble anslått å ligge mellom 200 og 600

³⁵ Resultater fra markinventering i Sverige kan tyde på en årlig karbonbinding i jord i beitemark på 2-7 kg per dekar.

kr/tonn CO₂-ekvivalenter. Halmbrenningsanlegg kan allerede i dag søke om støtte fra Enova, og blir tildelt investeringsstøtte etter generelle kriterier for kostnadseffektivitet.

Produksjon av biokull ved pyrolyse av ulike fraksjoner biomasse fra landbruket er et svært lovende alternativ til forbrenning, se beskrivelse tiltak 8. Sammenliknet med halmbrenning vil biokulltiltaket binde opp til 50 % av karbonet i form av inert biokull. Tiltaket vil rett nok gi mindre energi som kan utnyttes til oppvarmingsformål, men biooljen, et biprodukt av pyrolyseprosessen, kan imidlertid raffineres til biodiesel som kan erstatte fossil diesel i kjøretøy.

Virkemidler for å utløse utnyttelse av halm til bioenergi kan være å etablere en spesifikk støtteordning for energiproduksjon med forhøyet investeringsstøtte.

5.6 Enøk og energiomlegging i driftsbygninger

Driftsbygninger i jordbruket er ikke spesielt energiintensive, ettersom husdyrrom sjelden er oppvarmet. Enøk og energiomlegging i driftsbygninger er følgelig ikke utredet nærmere. Av den grunn har det vært fokusert på veksthus, som er innendørsarealer med et tilsvarende høyt forbruk av energi per m².

Enova støtter allerede i dag energiøkonomisering og energiomlegging generelt og gårdbrukere kan søke om støtte til energiøkonomisering og energiomlegging til driftsbygninger i jordbruket på lik linje som annen næringsvirksomhet. Våningshus i jordbruket kan også få tiltaksstøtte fra Enova på samme måte som privatboliger. Tiltak og virkemidler rettet mot byggsektoren er utredet i sektorrapport for bygg i Klimakur 2020 (Norges vassdrags- og energidirektorat 2010).

5.7 Økologisk landbruk som klimatiltak

Økologisk jordbruk har i enkelte undersøkelser vist lavere utslipp av klimagasser per arealenhet sammenliknet med konvensjonell drift. Det mest relevante er imidlertid å se på klimagassutslipp pr. produsert enhet næringsmiddel. På grunn av lavere avling kan økologisk landbruk i enkelte tilfeller gi høyere klimagassutslipp per produsert enhet. Dersom matproduksjonen skal opprettholdes kan større arealbehov også føre til mer nydyrking og tapt karbonbinding i skog. Økologiske driftsopplegg er i hovedregel basert på vekstskifte hvor gras til fôring av drøvtyggere har en sentral plass. Omlegging til økologisk drift i korndyrkingsdistriktene vil derfor i praksis føre til redusert kornproduksjon og økte utslipp av særlig metan fra husdyrproduksjon.

Følgelig er det på det nåværende tidspunkt usikkert om økologisk landbruk er et klimatiltak. Dette tiltaket er under utredning i et prosjekt finansiert av Nasjonalt utvalg for klimatiltak i jordbruket.

Det er allerede etablert støtteordninger for å fremme økologisk landbruk. Hvis det kan dokumenteres at økologisk landbruk medfører økede klimagassutslipp kan det vurderes å redusere støtteordningene. Tilsvarende kan støtteordningene økes om økologisk jordbruk viser seg å være et godt klimatiltak.

5.8 Foring av drøvtyggere med senket nitrogeninnhold

Tiltaket var omtalt i SFTs tiltaksanalyse fra 2007. Nyere forskning har imidlertid ikke kunnet fremskaffe sikker, kvantifiserbar informasjon om klimaeffekten av å gi drøvtyggere fôr med senket nitrogeninnhold. Det trengs mer forskning for å avklare betydningen sett i et livsløpsperspektiv ettersom klimagasser både slippes ut ved produksjon av fôr, fra fordøyelsen til drøvtyggeren og ved etterbehandlingen av gjødselen og redusert nitrogeninnhold påvirker i alle disse fasene.

Dersom vi får sikker, kvantifiserbar viten om klimaeffekten av foring av drøvtyggere med senket nitrogeninnhold, kan et egnet virkemiddel være å gi forstøtte til forblandinger med ønsket sammensetning.

Med dagens kunnskap er tiltaket dessuten vanskelig gjennomførbart i kombinasjon med en forventet økt effektivisering i melke- og storfekjøttproduksjonen fram mot 2020

5.9 Oksidasjon av metan i ventilasjonsluft husdyrrom

Oksidasjon av metan i ventilasjonsluft i husdyrrom er en teknologi som er beskrevet i litteratur i 2001. Tiltaket vil være effektivt både for utåndingsluft fra dyrene og for gjødsel som lagres/mellomlagres. Mest aktuelt er bruk av filtre med undertrykk (biologisk eller fotokatalytisk filter).

I biofiltere brytes metan ned av bakterier som bruker metan som karbon- og energikilde. Prinsippet er vel utprøvd ved rensing av metan fra deponier og lukt fra komposteringsanlegg. Et biofilter kan bestå av en blanding av kompost, torv og treflis. Renseeffekten har vist seg å være tilnærmet proporsjonal med metankonsentrasjonen i den innstrømmende luften og med oppholdstiden i filteret.

De største utfordringene med rensing av luft fra husdyrrom er at metankonsentrasjonen er lavere og lufthastigheten større enn fra deponier og gjødselkjellere. Det trenges derfor betydelig større filtervolum for å få tilstrekkelig renseseffekt. Teknologi rettet mot behandling av lave konsentrasjoner av metan kan ligge langt fram i tid, og det er ikke publisert forskning nylig som gir grunn til å tro at det lanseres kommersielt tilgjengelig utstyr frem mot 2020. I tillegg er det usikkert hvor effektivt en slik teknologi ville fungert i kaldt, norsk klima.

Bruk av fotokatalytiske filtre lar ventilasjonsluft passere gjennom et porøst materiale av f.eks. steinull impregnert med titandioksid. Filtret bestråles av ultrafiolett lys (bølglengde 385 nm), som bidrar til oksidasjonen. Heller ikke her er det fremkommet informasjon om teknologiutvikling som er kommersielt tilgjengelig siden tiltaksanalysen i 2007.

Maling av fjøs innvendig titanoksidholdig maling er nevnt i litteraturen fra Italia. Dette tiltaket er rimeligere enn filtrering, men også mindre effektivt (det ble observert 29 % reduksjon av CH₄). Forsøket er kun gjennomført i grisehus, ikke i husdyrrom for drøvtyggere der utslippene er størst. Forsøkene viste imidlertid at en tilleggseffekt var at ammoniakk og lystgass ble redusert med hhv. 63 %, 20 %, men heller ikke dette tiltaket er det forsket videre på i de senere årene.

Generelt er mange av drøvtyggerne i det norske landbruket ute store deler av året, noe som vanskeliggjør gjennomføring av tiltaket. Det er neppe realistisk å tro at det verken av dyrevelferdsårsaker eller med tanke på utnyttelse av utmarksbeite er ønskelig å holde dyra inne i store deler av året for å samle opp relativt beskjedne mengder metan.

Av de årsaker som beskrevet over er tiltak og virkemidler rettet mot oksidasjon av metan i ventilasjonsluft husdyrrom ikke utredet videre her.

Et virkemiddel som er aktuelt er i forskrifts form å pålegge eiere av driftsbygninger for drøvtyggere over et visst areal å etablere oppsamlingssystemer for metangass, om nødvendig kombinert med en støtteordning.

5.10 Redusere svinn av mat i verdikjeden

Betydelige mengder produsert mat går tapt på veien fra produsenten og til det tidspunkt forbruker har spist maten. Det kan være tap under transport, lagring og distribusjon, i næringsmiddelindustrien i storhusholdninger og hos forbrukerne.

Det er tap i alle ledd fra produsent til forbruker og forbrukeren selv bidrar selv til å kaste betydelige mengder mat. Særlig mat som er lettbederverlig er utsatt for svinn, ettersom logistikken er kritisk for at maten skal nå ut til forbrukeren i tide i tillegg til slike næringsmidler er utsatte hvis det oppstår brudd i kjølekjeden.

Det foreligger ingen gode data på omfanget i Norge, men tall fra andre land tyder på at dette kan være i størrelsesorden 20-40 %.

Dersom en kan redusere svinnet løser vi ikke bare et avfallsproblem, men vi kan dekke et økende matbehov uten å øke produksjonen, alternativt redusere produksjonen uten å redusere tilgangen på mat. I begge tilfelle vil de utslippene som er knyttet til produksjon, transport, foredling, lagring og distribusjon kunne reduseres gitt dagens referansebane. For å gi en idé av størrelsesorden er har vi satt opp følgende regneeksempel:

Utslipp av lystgass og metan fra jordbruket i Norge er ca 5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. I tillegg kommer utslippene knyttet til importerte matvarer, fiskeriene, transport, foredling og distribusjon/lagring. Dersom vi antar at de samlede utslipp er 35 % høyere enn de direkte jordbruksutslipp ende vi på ca 6.5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Forutsetter vi at tapet i Norge er på 30 % er utslippene knyttet til dette tapet ca 2 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. En reduksjon av dette tapet med 40 % ville medføre en utslippsreduksjon på nærmere 0,8 millioner tonn CO₂-ekvivalenter.

Tiltak for å redusere tapet ville kunne være bedre logistikk, endring av porsjonsstørrelser i storkjøkken og dagligvare, differensiert datostempling, mer behovstilpasset innkjøp³⁶ og bedre utnyttelse av matrester. Tiltak for å redusere svinn vil i mange tilfeller være kostnadseffektive, ikke minst hos forbrukeren.

Aktuelle virkemidler kan være i informere bedre om hvordan forbruker kan planlegge for klimariktige innkjøp. I tillegg vil avgifter på mat bidra til økt fokus på å forhindre svinn. Tiltakene vil ha til dels store barrierer knyttet til vanetenkning og forbrukerpreferanser for spesielle næringsmidler/pakkestørrelser. Regelverket for matsikkerhet kan også være en barriere for å redusere svinn.

5.11 Dyrking av energivekster til bioenergi i jordbruket

Dyrking av energivekster for produksjon av biodrivstoff i Norge er ikke utredet nærmere ettersom slik produksjon vil okkupere samme areal normalt kan benyttes til matproduksjon. Produksjon på norsk jordbruksjord vil nødvendigvis måtte fortrenge mat eller forvekster, og importen av mat må følgelig øke. Det kan imidlertid være et visst potensial for dyrking av energivekster på områder som ikke er egnet for matproduksjon, f. eks. på myr som er tatt ut av drift, som et alternativ til restaurering eller skogplanting.

Flere tiltak i sektoranalysen for transport baserer seg på import av biodrivstoff. Netto klimagassutslipp i Norge vil kunne øke som en følge av nasjonal produksjon av førstegenerasjons biodrivstoff i Norge, men strenge bærekraftskriterier og krav til lave utslipp av klimagasser ved raffinering vil kunne bidra til at de globale utslippene går ned.

Et virkemiddel som kan utløse tiltaket kan være å gi produksjonsstøtte til energivekster eventuelt å redusere produksjonsstøtten til tradisjonelle jordbruksvarer tilsvarende.

5.12 Økt produksjon og konsum av mat fra vegetabiler på bekostning av kjøtt

Klimagassutslipp fra matproduksjon henger sammen med både produksjonsmetode og hvilke matvarer som produseres. Kjøtt er blant de matvarene som har høyest utslipp, mens kornprodukter,

³⁶ Spesielt av ferskvarer både i detaljhandel og av forbruker

poteter og frilandsgrovnnsaker³⁷ har lavest utslipp. En dreining i kostholdet fra kjøtt til vegetabilsk mat vil derfor høyst sannsynlig føre til reduserte klimagassutslipp.

Tiltaket vil etter all sannsynlighet være kostnadseffektivt ettersom et ekstra ledd i kjeden overflødiggjøres. Tiltaket vil neppe ha noen helsemessige konsekvenser så lenge kjøtt ikke går helt ut av menyen. Det er imidlertid sterke forbrukerpreferanser knyttet til bruk av kjøtt i kostholdet, noe som vil være en betydelig barriere for gjennomføring av et slikt tiltak.

Mulige virkemidler er økt satsing på informasjon om klimaeffekter og andre positive konsekvenser av å innta mindre mengder kjøtt, innføring av kjøttavgift basert på klimagassutslippene ved produksjonen eller støtte innkjøp av vegetabilier og andre næringsmidler med lave klimagassutslipp, for eksempel ved ytterligere reduksjon i merverdiavgiften.

5.13 Økt effektivitet i melke- og storfekjøttproduksjon

I melkeproduksjonen kan utslippene, isolert sett, reduseres ved å øke ytelsen per ku og dermed produsere samme mengde melk med færre dyr. Ytelsen kan økes ved å øke bruken av kraftfôr. Dette vil både redusere metanutslippet og lystgassutslippet fra melkekubesetningen. Økning i kraftfôr andelen også ved framfôringen av okser vil øke tilveksten og dermed redusere levetiden til oksene. Dette gir lavere utslipp av både metan og lystgass i produksjonen av storfekjøtt.

LMD legger til grunn at et samlet tiltak for melk og storfekjøttsektoren har et potensial på om lag 250 000 tonn CO₂-ekvivalenter. Tallet er usikkert og basert på flere forenklinger. Tiltaket må vurderes med tanke på netto klimagevinst og øvrige effekter. Det er derfor behov for ytterligere forskning på dette området.

Tiltaket er av LMD vurdert til å være bedriftsøkonomisk lønnsomt, mange gårdbrukere vurderer å gå over til en mer intensiv drift, og en betydelig del vil ha gjort det frem mot 2020 uten ytterligere innfasing av virkemidler. Tiltaket vil av den grunn delvis være en del av referansebanen og er følgelig ikke utredet nærmere.

5.14 Økt effektivitet i sauehold

Ved produksjon av sau er det en utfordring å få høyest mulig kjøttproduksjon per mordyr. Dette kan gjøres ved å oppnå høyere lammetall og redusere dødeligheten. Tiltaket er beregnet ut fra at den samlede, norske lammeproduksjonen stiger til Sauekontrollens gjennomsnittsproduksjon frem mot 2020. Dette gir en reduksjon av utslippene på 40 000 tonn CO₂-ekvivalenter.

Tiltaket er av LMD vurdert til å være bedriftsøkonomisk lønnsomt, selv om det bemerkes at gjennomførbarheten kan være utfordring siden det er mange produsenter som skal øke effektiviteten. En del av potensialet for utslippsreduksjon vil utløses med dagens virkemiddelbruk og tiltaket er følgelig ikke utredet nærmere her.

5.15 Økt produksjon og konsum av lyst kjøtt på bekostning av rødt kjøtt

Enkelte livsløpsanalyser (Bioforsk 2008) har vist rødt kjøtt fra drøvtyggere står for større utslipp av klimagasser enn lyst kjøtt. En dreining i kostholdet fra rødt til lyst kjøtt vil derfor, isolert sett, føre til reduserte klimagassutslipp. For landbruket i Norge er imidlertid muligheten for å legge om til produksjon av lyst kjøtt begrenset fordi store deler av landbruksarealet bare er egnet til grasproduksjon som før til drøvtyggere, ikke kornbasert kraftfôr til kylling eller gris.

³⁷ Klimagassutslipp fra tomat og agurk fra veksthus kan imidlertid ha større utslipp enn tilsvarende frilandstrykede grovnnsaker.

Hvilket husdyrhold som er klimamessig mest fordelaktig er derfor ikke gitt, og det er viktig å se på klimagassutslippene gjennom hele livsløpet. Klimagassutslipp ved økt effektivitet i melke- og storfekjøttproduksjon må for eksempel vektas mot klimagassutslippene fra den økte mengden kraftfôr som benyttes. Det forskes nå blant annet ved Universitetet for miljø og biovitenskap på modeller for livsløpsutslipp av klimagasser fra husdyrhold og kjøttproduksjon, som de kommende årene vil gi svaret på hva som kan være den mest klimariktige fordeling av rødt og hvitt kjøtt i markedet.

Dersom det ikke skjer store endringer i innenlands produksjon vil det sannsynligvis være lave samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til tiltaket, ettersom det er en viss fleksibilitet innen eksisterende verdikjeder. Dersom det skal gjennomføres store endringer av husdyrbestanden i Norge kan det imidlertid være snakk om betydelige utgifter til investeringer i driftsbygninger og slakterier tilpasset nye dyreslag. Videre må det skje en vesentlig omlegging av eng til åker, noe også er beheftet med utgifter.

Et mulig virkemiddel for vridning av produksjon og omsetning av lyst vs. rødt kjøtt er økt satsing på informasjon om klimaeffekter og eventuelt andre positive konsekvenser av å innta hvitt kjøtt på bekostning av rødt kjøtt. Det er en forutsetning at slik informasjon ikke gjør at slik informasjon ikke bidrar til en økning av det generelle kjøttkonsumet som oppveier de eventuelle positive effektene av økt omsetning av lyst kjøtt. Innføring av en avgift på kjøtt fra dyr gradert etter klimagassutslipp er en mulighet. Alternativt kan støtteordningene i landbruket innrettes slik at de favoriserer produksjon av kjøtt med det laveste klimagassutslippet etter dyreslag og det føret som benyttes.

5.16 Redusert reintall

Landbruks- og matdepartementet arbeider for å tilpasse reintallet til ressursgrunnlaget. Dette vil innebære en viss nedgang i reintallet i årene framover, først og fremst i deler av Finnmark. En reduksjon på 30 000 dyr i vårflokk vil kunne gi en reduksjon på om lag 10 000 tonn CO₂-ekvivalenter. Tiltaket antas å være lønnsomt på lang sikt siden et tilpasset reintall til beitegrunnlaget legger til rette for en høyere avkastning og bedre økonomi for reindriftsutøverne.

5.17 Kompost som substituerer fossil torv

Karbon bundet i torvmyr kan betraktes som fossil i og med at materialet i prinsippet ikke lenger er en del av karbonkretsløpet. Uttak av torv har klare paralleller med fremstilling og forbrenning av olje eller kull. På samme måte som for fossile brensler skjer ikke utslippet av klimagasser ved selve uttaket, men når materialet frigir CO₂ til atmosfæren.

Etter at forbudet mot deponering trådte i kraft er kompostering den behandlingen som er rimeligst for kommunene. Kompostering ved mottaksstasjonene for hageavfall er bedriftsøkonomisk lønnsomt med dagens rammebetingelser og vil utløses uten ytterligere virkemiddelbruk. Hageavfall vil kunne substituere enkelte av bruksområdene for torv.

Et mulig virkemiddel som kan forsterke overgangen fra torv til kompost er å legge en avgift på torv³⁸. På denne måten minsker etterspørselen etter jordforbedringsprodukter basert på torv, samtidig som konkurransekraften til alternative, ikke fossile produkter forbedres. Det vil likevel neppe være realistisk å sette avgiften høyere enn avgiften på fossile brensler.

³⁸ Rent praktisk kan avgiften beregnes; per kubikkmeter tørrvekt av torv basert på et gjennomsnittlig karboninnhold i torven.

Vedlegg

Vedlegg 1

Biogass – beregning av utslippsreduksjon, kostnader og kosteffektivitet, modifisert etter ulike tabeller (Bioforsk 2010b)

Vedlegg 2

Tabelloversikt økt effektivitet av gjødsling tiltak 5. Reduksjon av nitrogen og utslipp av nitrater, ammoniakk og lystgass samt kostnader og kostnadseffektivitet, modifisert etter tabell 8.1 A og 8.1 B (Bioforsk 2009b).

Vedlegg 3

Tabelloversikt økt effektivitet av gjødsling tiltak 6. Reduksjon av nitrogen, utslipp av nitrat, ammoniakk og lystgass, avlingsendringer, kostnader og kostnadseffektivitet ved 15 % gjødsling under norm kombinert med bedre drenering og tiltak mot jordpakking. Modifisert etter tabell i underlagsrapport til Klimakur (Bioforsk 2009b).

Referanser

1. Stortingsmelding nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk (Miljøverndepartementet 2006)
2. Reduksjon av klimagasser i Norge, en tiltaksanalyse for 2020 (Statens forurensningstilsyn 2007)
3. Klimagasser og bioenergi fra landbruket – Kunnskapsstatus og forskningsbehov, Fagrapport 11 (ISSN 1503-9439) (Universitetet for miljø og biovitenskap, 2007)
4. Potensialstudie for biogass i Norge – OR 21.08 (Stiftelsen Østfoldforskning, Universitetet for miljø og biovitenskap og Enova 2008)
5. Klimagasser fra landbruket – utslippsreduksjoner, forslag til mål tiltak og virkemidler, Vol.3 nr 9. (Bioforsk 2008)
6. Stortingsmelding nr. 39 (2008-2009) Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen (Landbruks- og matdepartementet 2009)
7. Perspektivmeldingen 2009 (St.meld. nr. 9 (2008-2009) (Statistisk sentralbyrå 2009)
8. Reduksjon av utslipp av klimagasser fra veksthusnæringen (Miljøstiftelsen Zero 2009)
9. Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel, vol. 4, nummer 188 (Bioforsk 2009a)
10. Klimatiltak i jordbruket – mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold, vol 4, nummer 175 (Bioforsk 2009b)
11. Klimatiltak i jordbruket – binding av karbon i jordbruksjord, vol 5, nummer 5 (Bioforsk 2010a)
12. Behandling av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall mm. i biogassanlegg, vol 5, nummer 2 (Bioforsk 2010b)
13. Sektorrapport transport Klimakur 2020 (Vegdirektoratet 2010)
14. Sektorrapport bygg Klimakur 2020 (Norges vassdrags- og energidirektorat 2010)
15. Sektorrapport industri Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010a)
16. Sektorrapport avfall Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010b)
17. Sektorrapport skog Klimakur 2020 (Klima- og forurensningsdirektoratet 2010c)

Vedlegg 1. Biogass – beregning av utslippsreduksjon, kostnader og kosteffektivitet

Biogasstiltaket er utredet i to trinn:

- Trinn 1, 30 % av gjødselmengden til biogassanlegg
- Trinn 2 for de neste 30 % slik at totalt 60 % av Norges mengde husdyrgjødsel omfattes

Dette samsvarer med tiltak 2 og 2 i sektorrapporten. I tillegg har vi beregnet innblanding av 200 000 tonn våtorganisk avfall i hvert trinn, og kalt dette tiltak 3 og 4.

Trinn 1 tar først og fremst for seg gjødsel som oppstår i de fylkene som har størst husdyrtetthet som Rogaland, Østfold, Vestfold, Mjøsområdet og sentrale deler av Trøndelag. I trinn 2 tas gjødsel fra områder med lavere gjødselintensitet. Det er forutsatt at dette gjennomføres med mindre anlegg, mens transportavstanden forblir den samme. Dette resulterer i større investeringer per tonn gjødsel og dermed høyere kapitalkostnader. De andre kostnader er regnet til å bli uforandret.

Inntekter

• **Verdi biogass**

Ved et netto energiinnhold på 710 GWh i biogassen og en verdi på 0.47 kr/kWh ved substitusjon av lett fyringsolje blir den årlige økonomiske verdien 334 mill kr. Bioforsk har avrundet dette nedover til en verdi på 300 millioner kroner per år for biogassen ved 30 % av gjødsel til biogassanlegg

• **Spart mineralgjødsel**

Ved 30 % av gjødsel til biogass reduseres NH₃-utslipp med 2766 tonn, tilsvarende $14/17 = 0.82 * 2766 = 2268$ tonn N

Ved 60 % er tilsvarende tall 5533 tonn NH₃ og 4536 tonn N

Med en økonomisk verdi på kr 11 per kg N blir de årlige sparte utgifter til gjødsling $2268 * 1000 * 11$ kr = 24.948.000 kr, avrundet 25 millioner ved 30 % og 50 millioner ved 60 %.

• **Verdsetting eksterne virkninger (miljønytte)³⁹**

Miljønyttan av reduserte NH₃ utslipp ble i tiltaksanalysen av 2007 fastsatt til 2500 kr/tonn basert på tall fra LEVE-rapporten og en forutsetning om en bestemt fordeling av reduksjonen. Ved en verdi på 2500 kr/tonn NH₃ blir verdien av 2766 tonn NH₃ utslipp $2500 * 2766 = 6.915.000$ kr, avrundet 7 millioner kr. Ved 60 % gjødsel til biogass blir verdien 14 millioner kr.

Tiltak 1 Biogass trinn 1: 30 prosent husdyrgjødsel

Utslippsreduksjon (tallene er tatt fra tabell 9 og 10 i Bioforsks rapport):

○ Lystgass	181 tonn tilsv.	55 973 tonn CO ₂ -ekv
○ Metan	3834 tonn tilsv.	80 504 tonn CO ₂ -ekv

Sum 136 477 tonn CO₂-ekv

○ Ammoniakk	2766 tonn/år
-------------	--------------

³⁹ Med en eventuell innskjerping av Gøteborgprotokollen vil det måtte gjennomføres flere tiltak for reduksjon av NH₃ utslippet i Norge. Dette vil gi en vesentlig høyere marginalkostnad for NH₃, en regnet i Klimakur – 2500 kr/tonn, trolig fra 10.000 til 50.000 kr/tonn. Miljønyttan av reduserte utslipp av NH₃ ville i så fall variere fra $(10.000 - 50.000) * 2766 =$ avrundet 28-112 millioner kroner ved 30 % gjennomføring og 56-224 millioner kr/år. Dette ville i tilfelle senke kostnadene mye og dermed også kosteffektiviteten.

Utslipp ved transport er 3 211 tonn CO₂-ekv (tabell 11 i Bioforsks rapport), men disse kommer i annen sektor på samme måten som substitusjonseffekten av biogass og tas derfor ikke med. Imidlertid tas energiforbruket med i den nasjonale energibalansen;

Kostnader (investeringsverdien er tatt fra tabell 12 i Bioforskrapporten, de øvrige kostnadstall fra tabellen på siste siden i pkt 4.3 i rapporten, mens tallene for inntekt er forklart i teksten ovenfor):

○ Investering	= 4300 millioner
○ Årlige kapitalkostnader	= 350 millioner kroner
○ Årlige driftskostnader	= -110
▪ Transport	= 50
▪ Arbeid	= 30
▪ Elektrisitet	= 27
▪ Vedlikehold	= 108
▪ Årlig spart min. gjødsel	= -25
▪ Årlig øk verdi biogass	= -300

Sum - 110 millioner kroner

Eksterne kostnader

- Årlig verdi av redusert. NH₃ = -7

Sum årlige kostnader 233 millioner kroner og kosteffektiviteten er 233 000 000/136 477 = 1700 kr/tonn CO₂-ekv

Energimengder til energibalansen:

Energien i biogassen 710.000 MWh.

Intern bruk av el er 57.000 MWh.

Energien til transporten; 12.000 MWh⁴⁰

Tiltak 2. Biogass trinn 2: fra 30-60 prosent husdyrgjødsel

Utslippsreduksjon(tallene er tatt fra tabell 9 og 10 i Bioforsks rapport)

○ Lystgass	181 tonn tilsv.	55 973 tonn CO ₂ -ekv
○ Metan	3834 tonn tilsv.	80 504 tonn CO ₂ -ekv

Sum 136 477 tonn CO₂-ekv

- Ammoniakk 2766 tonn/år

Utslipp ved transport er 3 211 tonn CO₂-ekv (tabell 11 i Bioforsks rapport), men disse kommer i annen sektor på samme måten som substitusjonseffekten av biogass og tas derfor ikke med. Imidlertid tas energiforbruket med i den nasjonale energibalansen;

Kostnader (investeringsverdien er tatt fra tabell 12 i Bioforskrapporten, de øvrige kostnadstall fra tabellen på s.30. i rapporten, mens tallene for inntekt er forklart i teksten ovenfor)

○ Investering	= 6 200 millioner
○ Årlige kapitalkostnader	= 490 millioner
○ Årlige driftskostnader	= - 63
▪ Transport	= 50

⁴⁰ Personlig meddelelse fra Tormod Briseid, 1.2.2010 telefonsamtale

▪ Arbeid	= 30
▪ Elektrisitet	= 27
▪ Vedlikehold	= 155
▪ Årlig spart mineralgjødsel	= - 25
▪ Årlig øk verdi biogass	= - 300

Sum -63 millioner kroner

Eksterne kostnader

- Årlig verdi av redusert. NH₃-utslipp = -7

Sum årlige kostnader 420 millioner og kosteffektiviteten er 420 000 000/136 477= 3100 kr/tonn CO₂-ekv

Tiltak 3. Biogass trinn 1 + sambehandling⁴¹ med 200 000 tonn våtorganisk avfall

Dersom 200.000 tonn våtorganisk avfall sambehandles med 30 % av gjødselmengden reduserer dette kostnadene i forhold til referansebanens kompostering/forbrenning med nesten 40 millioner kroner per år. Ved separat behandling av våtorganisk avfall øker derimot årskostnadene med 192/2 = 96 millioner kroner. Utslippsreduksjonen er i begge tilfelle den samme; 11.000 tonn CO₂-ekv.

For avfallssektoren er utslippsreduksjonen av klimagasser beregnet ved å behandle 400.000 tonn våtorganisk avfall(fra næringsmiddelindustrien, oppdrettsnæringen, storhusholdninger, og husholdninger) i separate biogassanlegg, sammenlignet med en referansebane som er en blanding av kompostering og forbrenning. En kom opp med en utslippsreduksjon på 22.000 tonn CO₂-kv med årskostnader på 192 millioner kroner og en kosteffektivitet på 8800 kr/tonn CO₂-ekv

Dersom en i stedet behandler dette avfallet sammen med husdyrgjødsel i fellesanlegg husdyrgjødsel så fører dette til bare beskjedne økninger i kapital- og driftskostnader sammenlignet med anlegg for bare husdyrgjødsel. I følge Bioforskrapporten vil behandling av 200 000 tonn våtorganisk avfall sammen med 30 % av husdyrgjødselmengden øke våtvekten med bare 6%. Tørrstoffmengden og dermed biogassproduksjonen øker mye mer (opptil ca 30 %) men dette har lite å si for investeringskostnadene. For å være på den sikre siden regner med en 10 % økning av investerings- og driftskostnadene (men ikke transport siden behandlingen i biogassanlegg ikke antas å medføre mer transport enn i referansebanen).

En regner videre med at referansebanens kompostering/forbrenning ikke gir energiutbytte slik at energien fra biogassproduksjonen kommer fullt ut som tillegg. Videre regner en med at sambehandling av avfall med husdyrgjødsel øker muligheten for kommersiell utnyttelse av N og P;

1 tonn avfall inneholder 5 kg N og 2 kg P. Ved en gjødselpris på 11 kr/kg N og 18 kr/kg P representerer avfallet en gjødselverdi på ca 55 + 35 = 80 kroner. Ved alternativet vil kompostering denne verdien bli ivaretatt, ved forbrenning gå tapt. For enkelthets skyld regner vi med en gevinst i forhold til referansebanen på halvparten 40 kroner i gjødselverdi, 200.000*40 kroner = 8.000.000 kroner

Utslippsreduksjon 136 477 + 11.000 = 147.500 tonn CO₂-ekv

⁴¹ Bidraget fra våtorganisk avfall til utslippsreduksjonen er synliggjort i dette tiltaket, men blir kreditert avfallssektoren.

○ Investering (4300* 1.1)	= 4730 millioner
○ Årlige kapitalkostnader (350*1.1)	= 385 millioner
○ Årlige driftskostnader	
▪ Transport (50*1)	= 50
▪ Arbeid (30*1.1)	= 33
▪ Elektrisitet (27*1.1)	= 30
▪ Vedlikehold (108*1.1)	= 119
▪ Årlig spart mineralgjødsel (- 25-8)	= -33
▪ Årlig økt verdi biogass (-300*920/710) ⁴²	= -389

Sum - 190 millioner kroner

Eksterne kostnader

○ Årlig verdi av redusert. NH ₃ - utslipp	= -7
--	------

Sum årlige kostnader 188 millioner kroner og kosteffektiviteten er 188 millioner/147500 = 1250 kroner/tonn CO₂-ekv

Tiltak 4. Biogass trinn 2 + sambehandling⁴³ med 200 000 tonn våtorganisk avfall

Kostnader ved å blande de resterende 200.000 tonn våtorganisk avfall med 30 % av husdyrgjødsel trinn 2. Vi forutsetter at dette avfallet går til de mindre biogassanleggene som har høyere investeringskostnader. Også her forutsetter vi at disse øker med 10 %.

○ Investering (6200* 1.1)	= 6820 millioner
○ Årlige kapitalkostnader (490*1.1)	= 539 millioner
○ Årlige driftskostnader	
▪ Transport (50*1)	= 50
▪ Arbeid (30*1.1)	= 33
▪ Elektrisitet (27*1.1)	= 30
▪ Vedlikehold (155*1.1)	= 171
▪ Årlig spart mineralgjødsel (- 25-8)	= -33
▪ Årlig økt verdi biogass (-300*920/710) ⁴⁴	= -389

Sum -138 millioner kroner

Eksterne kostnader

○ Årlig verdi av redusert. NH ₃ - utslipp	= -7
--	------

Sum årlige kostnader 394 millioner kroner og kosteffektiviteten er 394 millioner/147500 = avrundet 2700 kroner/tonn CO₂-ekv

⁴² Ifølge Bioforskrappporten øker biogassproduksjonen ved sambehandling. med 200.000 tonn våtorganisk avfall fra 710 til 920 GWh. Inntekten fra biogassalg øker tilsvarende.

⁴³ Bidraget fra våtorganisk avfall til utslippsreduksjonen er synliggjort i dette tiltaket, men blir kreditert avfallssektoren.

⁴⁴ Se fotnote til tiltak 3.



KLIMA- OG FORURENSNINGS-DIREKTORATET

Vedlegg 2. Tabell tiltak 5, sammenstilling av del-tiltak for reduksjon av nitrogen og utslipp av nitrater, ammoniakk og lystgass samt kostnader og kosteffektivitet, modifisert etter Tabell 8.1 A og 8.1 B (Bioforsk 2009b)

Del-tiltak	Nitrogen-reduksjon/år	Reduksjon NO ₃ -nitrogen/år	Reduksjon NH ₃ -nitrogen/år	Redusert N ₂ O/år	Reduksjon CO ₂ -ekvivalenter/år	Investering	Kapital-kostnader/år **	Drifts-kostnader /år	Sparte kostnader gjødsel mm.	Drifts- og sparte kostnader/år	Samlede årlige kostnader	Kostnads-effektivitet	Verdsetting miljønytte ***	Kostnads-effektivitet med miljønytte
	tonn	tonn	tonn	tonn	tonn	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	Kr/tonn	tusen kr	Kr/tonn
1 Stripespredn./nedfelling	2000-2500	100	300	60		323 000	28 000	21 000	-27 000	-6000	22 000			
2 Gjødsellager	1300-1700	80	200	40		2 288 000	122 000	13 000	-18 000	-5000	117 000			
3 Vanntilsetning	900-1000*	50	120	25		0	3000	34 000	-10 000	24 000	27 000			
4 Gjødsel åker	2500-3500	500	40	80		3000	1000	1000	-37 000	-36 000	-35 000			
5 Gjødsel eng	5000-7000	1000	100	160		4000	2000	1000	-72 000	-71 000	-69 000			
Sum	13 700 (11 700-5 700)	1730	760	365	113150	2 618 000	156 000	70 000	-164 000	-94 000	62 000	548	-36 000	230

Vedlegg 3. Tabell tiltak 6, sammenstilling av del-tiltak for reduksjon av nitrogen, utslipp av nitrat, ammoniakk og lystgass, avlingsendringer, kostnader og kosteffektivitet ved 15 % gjødsling under norm kombinert med bedre drenering og tiltak mot jordpakking

Del-tiltak	Nitrogen-reduksjon/år	Årlig avlings- endring ****	Reduksjon NO ₃ -nitrogen/år	Reduksjon NH ₃ -nitrogen/år	Redusert N ₂ O/år	Reduksjon CO ₂ -ekvivalenter/år	Investering	Kapital-kostnader/år	Drifts-kostnader/år	Sparte kostnader gjødsel mm.	Kostnad ved avlingstap	Samlede årlige kostnader	Kostnads-effektivitet	Verdsetting miljønytte ***	Kostnads-effektivitet med miljønytte
	tonn	tusen kr	tonn	tonn	tonn	tonn	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	tusen kr	Kr/tonn	tusen kr	Kr/tonn
1/2 Drenering		+3 500 K +6 800 G					523 000	28 000	0	-2000	-13 000	13 000			
3 Jordpakking åker		+59 000 K					200 000	30 000	2000	0	-118 000	-86 000			
4 Jordpakking eng		+115 000 G					400 000	60 000	4000	0	-148 000	-84 000			
5 Åker redusert norm	3 750- 5 250	-56 000 K							1000	-61 500	112 000	51 500			
6 Eng redusert norm	6 000- 7 200	-106 500 G					6000	3000		-81 000	138 000	60 000			
Sum	11 100 (9 750-12 450)	+ 3500 t K + 15300 f.e.G	1785	255*	300	93 000	1 129 000	121 000	7000	-144 500	-29 000	-45 500	-500	-36 000	-880

*50 % gjennomføring av det totale potensialet, ** Det er brukt en kalkulasjonsrente på 4 %, *** Beregning av miljønytte er beskrevet i rapportteksten,

**** f.e.G= forenhet, gress (G) eller tonn korn (K) – tallene for gras er tusen fem (fôrenheter melk)

Ved kostnader/inntekter: Positive tall er kostnader, negative tall er inntekter. (Når en kommer ut med negative verdier for kostnadene betyr det at en har negative kostnader = inntekt)



**KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET**

**Klima- og forurensnings-
direktoratet (Klif)**

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.klif.no

Utførende institusjon Klima- og forurensningsdirektoratet	Kontaktpersoner Harold Leffertstra og Per Fjeldal	ISBN-nummer
---	--	--------------------

	Avdeling Klima- og industriavdelingen	TA-nummer 2593/2010
--	---	-------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Elin Økstad	År 2010	Sidetall 63 + vedlegg	Klifs kontraktnummer
--	-------------------	---------------------------------	-----------------------------

Utgiver Klima- og forurensningsdirektoratet	Prosjektet er finansiert av
---	------------------------------------

Forfatter(e) Harold Leffertstra og Per Fjeldal
--

Tittel - norsk og engelsk Klimakur 2020 – Sektorrapport jordbruk – Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser Klimakur 2020 – Sector report agriculture – Measures and instruments for reduced emissions of greenhouse gases

Sammendrag Denne sektorutredningen er en underlagsrapport for Klimakur 2020 og utreder virkemidler og tiltak for å redusere norske utslipp av klimagasser fra jordbruket. Det er beregnet utslippsreduksjonspotensial på 1,2 millioner tonn CO ₂ -ekvivalenter i 2020 fordelt på elleve tiltak. Tiltakene består i produksjon av biogass fra husdyrgjødsel, effektivisering av gjødsling, binding av karbon i jord og redusert mineralisering samt reduserte utslipp av fossile brensler. Tiltakene har en kostnadseffektivitet som spenner fra -1200 til 3100 kroner per tonn CO ₂ -ekvivalenter. Enkelte tiltak produserer energibærere som biogass, bioolje og biokull. Juridiske, økonomiske virkemidler samt informasjon og FoU er vurdert for alle tiltak som er utredet.

4 emneord Jordbruk Klimakur Tiltak Virkemiddel	4 subject words Agriculture Klimakur Measures Instruments
---	--



KLIMA- OG FORURENSNINGS- DIREKTORATET

Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,

0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@klif.no

www.klif.no

Om Klima- og forurensningsdirektoratet

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) er fra 2010 det nye navnet på Statens forurensningstilsyn. Vi er et direktorat under Miljøverndepartementet med 325 ansatte på Helsefyr i Oslo. Direktoratet arbeider for en forurensningsfri framtid. Vi iverksetter forurensningspolitikken og er veiviser, vokter og forvalter for et bedre miljø.

Våre hovedoppgaver er å:

- redusere klimagassutslippene
- redusere spredning av helse- og miljøfarlige stoffer
- oppnå en helhetlig og økosystembasert hav- og vannforvaltning
- øke gjenvinningen og redusere utslippene fra avfall
- redusere skadevirkningene av luftforurensning og støy

TA-2593 /2010