



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Økonomisk modellering av klimatiltak i jordbruket

Dokumentasjon og anvendelser i CAPRI og Jordmod

Versjon 1.0 av 30.04.2018

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 60 | 2018



Klaus Mittenzwei

Divisjon for matproduksjon og samfunn, avdeling for økonomi og samfunn

TITTEL/TITLE Økonomisk modellering av klimatiltak i jordbruket: Dokumentasjon og anvendelser i CAPRI og Jordmod. Versjon 1.0 av 30.04.2018
FORFATTER(E)/AUTHOR(S) Klaus Mittenzwei

DATO/DATE: 30.04.2018	RAPPORT NR./ REPORT NO.: 4/60/2018	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: Åpen	PROSJEKTNR./PROJECT NO.: 10782 og 10954	SAKSNR./ARCHIVE NO.: 17/01397
ISBN: 978-82-17-02097-4	ISSN: 2464-1162	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: 86	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: 0	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER: Miljødirektoratet (MDir) og Finansdepartementet (FIN)	KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON: Maria Kvalevåg (MDir) og Anders Knutsen (FIN)
---------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

STIKKORD/KEYWORDS: Klimagassutslipp, klimatiltak, jordbruk, modellering Greenhousegas emissions, mitigation options, agriculture, modelling	FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK: Ressursøkonomi, klimapolitikk Resource economics, climate policy
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

SAMMENDRAG/SUMMARY: <p>Rapporten dokumenterer metoden for beregning av utslipp av klimagasser fra jordbruket i de to partielle sektormodellene Jordmod og CAPRI. Modellene er utviklet for hhv. norsk og europeisk jordbruk for å studere effekter av politikkendringer for jordbruket. Teknologiske og agronomiske sammenhenger i jordbudsproduksjonen, naturgitte forhold, økonomiske og politiske rammebetingelser for jordbrukssektoren er håndtert ulikt i modellene. Det har betydning for metoden for beregning av utslipp og hvordan klimatiltak kan implementeres i modellene. Modellenes evne til å analysere effekter av klimatiltak for norsk jordbruk er illustrert ved hjelp av scenarier som inneholder en teknisk karbonavgift øremerket jordbruket og tilskudd til ulike klimatiltak. Rapporten vil bli oppdatert ved endringer i metoden for beregning av utslipp av klimagasser fra jordbruk.</p> <p>Rapporten inngår i Miljødirektoratets rapportserie som rapport M-1026 2018.</p>

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Oslo
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Oslo
STED/LOKALITET:	Oslo

GODKJENT /APPROVED

Knut Øistad

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Klaus Mittenzwei

NAVN/NAME



Forord

Norge har forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser med minst 40 pst i 2030 sammenliknet med 1990. Videre er Norge i dialog med EU om en felles gjennomføring av utslippsforpliktelsen. En eventuell avtale med EU vil omfatte ikke-kvotepliktig sektor som også omfatter utslipp fra jordbruk.

Denne rapporten er et resultat av to prosjekter som har gått parallelt og startet høsten 2017. Begge har som formål å styrke kunnskapsgrunnlaget omkring økonomisk analyse av effekter av klimatiltak i jordbruket. En nødvendig forutsetning for dette er å få bedre innsikt i de analyseverktøyene som brukes i både EU og Norge på dette området.

I oppdraget «Oppdatering av det norske datagrunnlaget i CAPRI» (kontraktsnummer 17080064) har Miljødirektoratet bedt NIBIO om en gjennomgang av datagrunnlaget i CAPRI (Common Agricultural Policy Impact Analysis) modellen med tanke på å få bedre forståelse av tallgrunnlaget for EU-kommisjonens innsatsfordelingsbeslutning på jordbruksområdet.

I oppdraget «Videreutvikling av NIBIOs modellverktøy for økonomiske analyser av utslipp av klimagasser fra jordbruket» har Finansdepartementet bedt NIBIO å sette sektormodellen Jordmod i stand til å foreta konsekvensanalyser av ulike klimatiltak i norsk jordbruk, og å forstå eventuelle likheter og forskjeller mellom beregnede effekter av samme klimatiltak i Jordmod og CAPRI.

Hensikten med denne rapporten er å gi en oppdatert beskrivelse hvordan utslipp av klimagasser beregnes i CAPRI og Jordmod og hvordan utvalgte klimatiltak i jordbruket er implementert i de to modellene. Det er videre et ønske om at rapporten forblir et «levende» dokument som oppdateres fortløpende når grunnlaget for utslippsberegningene endres eller nye klimatiltak legges til. Eksempelvis publiseres i april hvert år Norges klimaregnskap der eventuelle metodeendringer beskrives.

Ås, 30.04.18

Knut Øistad

Innhold

1	Innledning.....	7
1.1	Formål med rapporten	7
1.2	Kort om utslippsregnskap og modeller.....	8
2	CAPRI	10
2.1	Kort oversikt	10
2.2	Utslipp av klimagasser	14
2.2.1	Metan.....	14
2.2.2	Lystgass	17
2.2.3	Karbondioksid	20
2.3	Klimatiltak.....	20
2.3.1	Biogass	20
2.3.2	Avl hos melkekyr for økt melkeytelse	21
2.3.3	Avl hos andre drøvtyggere enn melkekyr rettet mot økt føreffektivitet	22
2.3.4	Bedre timing av gjødsling.....	23
2.3.5	Nitrifikasjonshemmere.....	24
2.3.6	Tilpasset gjødsling	25
2.3.7	Restaurering av tidligere myr.....	26
2.3.8	Lav proteinføring.....	26
2.3.9	Presisjonsjordbruk.....	27
2.3.10	Linfrø som tilsetningsstoff til fôr	28
2.3.11	Økt andel belgfrukter i produksjon av fôr på fulldyrket jord	29
2.3.12	Nitrat som tilsetningsstoff til fôr	30
2.3.13	Vaksinering mot bakterier hos drøvtyggere.....	30
2.4	Utslippsberegninger	31
2.4.1	Teknisk karbonavgift øremerket jordbruket	32
2.4.2	Tilskudd til klimatiltak	42
3	Jordmod.....	46
3.1	Oversikt	46
3.2	Utslipp av klimagasser	51
3.2.1	Metan.....	52
3.2.2	Lystgass	54
3.2.3	Karbondioksid	60
3.3	Referansebane.....	60
3.4	Klimatiltak og utslippsberegninger	63
3.4.1	Biogass	63
3.4.2	Bedre grovfôrkvalitet	65
3.4.3	Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel.....	67
3.4.4	Bedre laglighet	68
3.4.5	Klimavennlig kraftfôr.....	70
4	Sammenligning av utslipp i utslippsregnskapet, Jordmod og CAPRI	72
4.1	Aktivitetsnivå.....	72
4.2	Metan	73

4.2.1	Metan fra fordøyelse	73
4.2.2	Metan fra gjødselhåndtering	74
4.2.3	Metan fra brenning av avlingsrester	74
4.3	Lystgass.....	75
4.3.1	Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp	75
4.3.2	Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp	75
4.3.3	Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp	76
4.3.4	Håndtering og spredning av gjødsel, indirekte utslipp gjennom avrenning	76
4.3.5	Håndtering og spredning av gjødsel, indirekte utslipp gjennom nedfall av ammoniak.....	77
4.3.6	Husdyrgjødsel på beite.....	78
4.3.7	Avlingsrester	78
4.3.8	Slam og organisk gjødsel.....	79
4.3.9	Brenning av avlingsrester.....	79
4.3.10	Dyrking av organisk jord.....	79
4.4	Karbondioksid.....	80
4.4.1	Kalking.....	80
4.5	Oversikt	80
5	Konklusjon	82
	Litteraturreferanse.....	85

1 Innledning

1.1 Formål med rapporten

Norge har gjennom Paris-avtalen forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser med minst 40 pst i 2030 sammenliknet med 1990. Norge er i dialog med EU om en felles oppfyllelse av utslippsforpliktelsen. I en eventuell slik avtale vil utslipp fra jordbruk, transport, avfall og bygninger inngå. Siden norsk jordbrukspolitik, i likeht med EUs jordbrukspolitik, kjennetegnes av mange og delvis motstridende mål, er det viktig med et bredt analyseverktøy.

EUs overordnede innsatsfordelingsbeslutning er supplert med en omfattende konsekvensanalyse (impact assessment) der sektormodellen CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis) ble brukt for å analysere klimatiltak i jordbruket. Kommisjonens forslag til fordeling av utslippsreduksjon i ikke-kvotepiktig sektor mellom EU-land er delvis basert på tiltakenes kostnadseffektivitet (beregnet i modellkjøringer som f.eks. CAPRI), men også på landenes bruttonasjonalprodukt per innbygger. CAPRI omfatter også Norge ved siden av EU-28, men datagrunnlaget for Norge har ikke vært oppdatert på flere år.

I Norge har det vært foreslått ulike tiltak for utslippsreduksjon i jordbruket, men få av disse har så langt blitt grundig konsekvensberegnet med tanke på kostnadseffektivitet og tilleggs effekter.

Den partielle sektormodellen Jordmod er godt egnet til analyser av politiske virkemidler, herunder av privat- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimatiltak. Modellen inneholder en detaljert beskrivelse av naturgitte forhold, produksjonsteknologi, etterspørsel, virkemiddelbruk og andre rammebetingelser for norsk jordbruk slik som verdensmarkedspriser og priser for innsatsvarer fra andre sektorer. Beregning av utslipp av klimagasser er en integrert del av modellen.

De to modellene vil ha ulike anvendelsesområder som grunnlag for politiske beslutningsprosesser. CAPRI har i mange år vært brukt av EU-kommisjonen til analyse av politikkenringer på jordbruksområdet. CAPRI kan derfor være velegnet for analyser av effekter av norske klimatiltak i jordbruket innenfor rammen av en avtale med EU om utslippsreduksjoner i ikke-kvotepiktig sektor. Jordmod har særlig vært brukt for å analysere effekter av handelspolitiske endringer (f.eks. EU-medlemskap, WTO Uruguay-avtalen, WTO Doha-runde), men også effekter av klimapolitiske tiltak (f.eks. for Grønn skattekomisjon). Sammenlignet med CAPRI inneholder Jordmod en mer detaljert beskrivelse av jordbruk og matindustri (f.eks. flere matvarer, flere regioner, strukturprofil i virkemiddelbruken, kostnader i næringsmiddelindustrien, tollsatser). Til tross for metodiske og datamessige likheter, kan en ikke utelukke at samme klimatiltak vil slå forskjellig ut i de to modellene. Det vil derfor være viktig å forstå årsaker til eventuelle forskjeller i resultatene.

Formålet for prosjektet for Miljødirektoratet er tredelt:

1. Å dokumentere datagrunnlaget for modellkjøringer med CAPRI for norske jordbruksforhold. Utslippsfaktorer og aktivitetsdata skal gjennomgås i CAPRI og sammenlignes med datagrunnlaget for det norske utslippsregnskapet.
2. Å dokumentere klimatiltak i jordbruket som er inkludert i CAPRI og hvilke av disse som har blitt brukt i modellkjøringer av CAPRI for Norge.
3. Å identifisere datahull der det ikke er tilstrekkelig informasjon for å gjøre modellkjøringer i Norge.

Formålet for prosjektet for Finansdepartementet er todelt:

1. Å sette sektormodellen Jordmod i stand til å foreta konsekvensanalyser av ulike klimatiltak i norsk jordbruk.

2. Å forstå eventuelle likheter og forskjeller mellom beregnede effekter av samme klimatiltak i Jordmod og CAPRI.

En oppdatering av Jordmod bør omfatte forbedringer av modelleringen av utslipp fra ulike aktiviteter basert på best tilgjengelige kunnskap, analyser av relevante scenarier for reduserte utslipp fra sektoren og sammenlikning av resultater fra hhv. CAPRI og Jordmod. Sammenlikningen med CAPRI bør baseres på de siste politikkanalysene som er gjort på Jordmod. I tillegg bør det gjøres en generell kartlegging av sammenhengen mellom ulike nivåer på en teoretisk karbonpris, utslippsnivå og produksjonstilpasning i sektoren.

Begge formålene ga grunnlag for at resultatene fra prosjektet kunne presenteres i samme rapport. Det vil gjøre det lettere å sammenligne metodikken for utslippsberegninger i de to modellene og resultater av effekter for jordbruket av innføring av klimatiltak. Det er beskrevet en rekke klimatiltak og i hovedsak klimapolitiske virkemidler for å få implementert disse: karbonavgift og tilskudd til klimatiltak.

1.2 Kort om utslippsregnskap og modeller

Norge, som andre land, rapporterer hvert år i sine utslipp av klimagasser. Det per dato nyeste utslippsregnskap ble publisert 13. april 2018 og finnes, sammen med klimagassregnskapene fra andre land, på nettsidene til FNs klimakonvensjon (UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change 2018]).

Regnskapet følger retningslinjer og en mal som er felles for alle land, og består av to dokumenter: 1) NIR (National Inventory Report) er en rapport som beskriver og dokumenterer metoden for og resultatene av utslippsberegningene for hver sektor; 2) CRF (Common Reporting Format) er et supplement til NIR og inneholder beregningenes detaljerte datagrunnlag slik som aktivitetsnivå, utslippskoeffisienter og andre data til beregning av utslipp¹. Eventuelle metodeendringer har tilbakevirkende kraft slik at det hvert år lages oppdaterte oversikter for alle år tilbake til 1990. Det betyr at utslippsmengder som ble rapportert for tidligere år kan endres ved fremtidige oppdateringer.

Utslippsregnskapet er et øyeblikksbilde for et år og har som formål å gi et så nøyaktig som mulig bilde av et lands utslipp av klimagasser på et rapporteringsformat som kan sammenlignes med andre land. Utslippsregnskapet i seg selv brukes ikke til analyser av f.eks. effekter av klimatiltak, men regnskapets datagrunnlag brukes som viktig kilde i analyseverktøy som studerer slike effekter. For utslippsregnskapet er det derfor avgjørende at aktivitetsnivå og utslippskoeffisienter gir et mest mulig riktig beskrivelse av virkeligheten.

Jordbruksmodeller som CAPRI og Jordmod, tjener et annet formål enn utslippsregnskapet. De ble opprinnelig utviklet til å studere effekter av endringer i politiske og økonomiske rammebetingelser for jordbruket. Det var først etter at begrensning av global oppvarming ble det viktig politisk tema, at modellene ble utvidet til å kunne beregne utslipp av klimagasser fra jordbruk og til å foreta konsekvensanalyser av f.eks. klimatiltak i jordbruket. For modellene er det avgjørende at de beskriver bondens eller jordbrukets tilpasning til endrede politiske og økonomiske rammebetingelser på en mest mulig riktig måte. Så vel CAPRI som Jordmod er likevektsmodeller. Det betyr at de beregner en situasjon der ingen aktør (bonde, forbruker, myndighet) har et insentiv for å endre sine valg. Dette er en nødvendig, men forenklet forutsetning i modellen, og lite realistisk på tanke på at verdenen er i stadig endring. Effekten av en politikkenring er definert som forskjellen mellom den modellberegnete situasjonen (eller likevekten) før og etter en gitt politikkenring. Med bakgrunn i modellenes oppbygging og teori, er det den relative endringen framfor den absolutte endringen mellom to likevekter som er effekten av politikkenringen. Kort sagt er det verken et mål i seg selv

¹ I rapporten brukes både NIR og CRF som kilde for utslippsregnskapet. På grunn av formatet (CRF rapporteres i Excel-regneark), er CRF oftest enklere å bruke i modelleringen.

eller i tråd med modellens logikk, at en likevektsmodell skal gjengi nøyaktig et observert aktivitetsnivå i et gitt år. Dette er en viktig forskjell mellom utslippsregnskapet og modellene.

Det er likevel slik at en modells resultater og evne til å illustrere effekter av politikkendringer, også vurderes ut fra modellens evne til å gjengi en observert virkelighet (f.eks. situasjonen i et basisår). Derfor er det vanlig at modeller «kalibreres» til en slik virkelighet. Det gjøres ved å velge eller beregne tallverdier for koeffisienter slik at modellens basisår stemmer «godt nok» overens med virkeligheten. Modellkalibrering er et eget fagfelt, men det finnes få holdepunkter eller faglige kriterier i litteraturen som angir når en kalibrering av en modell er «godt nok». Svaret på spørsmålet er i stor grad overlatt den som bruker modellen.

Siden aktivitetsnivået og utslippskoeffisienter av ovennevnte grunner som regel vil avvike mellom utslippsregnskapet og modellene, blir det også et spørsmål om og hvordan modellresultater eventuelt kan justeres for å kunne brukes til f.eks. beregne effekter av klimatiltak og utslippsbaner basert på utslippsregnskapets tallgrunnlag.

Formålet med denne rapporten er derfor blant annet (1) å dokumentere eventuelle avvik mellom aktivitetsnivå og utslippskoeffisienter i utslippsregnskapet, CAPRI og Jordmod, (2) å vurdere betydningen av disse avvikene, og (3) å foreslå metoder for å justere modellresultater slik at de blir konsistente med utslippsregnskapet.

2 CAPRI

2.1 Kort oversikt

CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis) er en matematisk optimeringsmodell for jordbrukssektoren og utviklet for å analysere økonomiske og miljømessige konsekvenser av fremtidige endringer i EUs felles landbrukspolitikk (CAP) og EUs handelspolitikk. På grunn av EUs betydning for verdenshandelen for matvarer inneholder CAPRI en verdenhandelsmodul for matvarer og beregner effekter av politikkenninger på globalt, nasjonalt, regionalt og lokalt nivå.

Modellen kan kort karakteriseres som følger:

- Komparativ-statisk partiell likevektsmodell som finner løsning gjennom en iterativ prosess mellom tilbudsmodulen og markedsmoduleen.
- Tilbudsmodulen består av separate regionale programmeringsmodeller som åpner for en detaljert beskrivelse av de fleste virkemidlene i CAP og mange differensierte produksjonsaktiviteter. CAPRI skiller mellom 280 regioner i EU, Norge, Balkan-landene (kandidatland for EU-medlemskap) og Tyrkia. Norge er delt inn i 18 regioner som følger fylkesgrensene. Jordbruksaktiviteten i Oslo er definert ut av modellen.
- Markedsmodulen er en global verdenshandelsmodell for matvarer som skiller mellom 47 handelbare matvarer og 77 land i 40 handelsblokker. Norge er et eget land i markedsmoduleen. Modellen tillater bilateral handel ved å anta at forbrukernes preferanser varierer med matvarens opprinnelse (Armington-forutsetning). Handelspolitiske virkemidler omfatter toll, importkvoter med nedsatt toll, subsidiert eksport og markedsregulering.
- Modellens oppsett tillater velferdsanalyse i tråd med økonomisk teori og modellens resultater inneholder en rekke indikatorer for analyse av økonomiske og miljømessige forhold.
- Resultater på regionnivå kan videre brytes ned til resultater for mindre regioner som består av én eller flere celler av 1x1 km størrelse som er homogene med tanker på naturgitte forhold som jordtype og klima.

Tilbudsmodulen skiller mellom 50 plante- og husdyraktiviteter i hver av de om lag 280 regionene på NUTS2-nivå² og inneholder omtrent 50 innsatsfaktorer og jordbruksvarer. Hver av regionmodellene maksimerer jordbruksinntekt. Allokeringen av produksjonsaktivitetene i én region styres under forutsetning av profittmaksimerende adferd gitt begrensninger i form av naturgitte og agronomiske forhold, gitt teknologi (inkludert fôr- og næringsbehov), og gitte priser for innsatsfaktorer og jordbruksvarer.

Fôrbehovet bestemmes endogent i modellen. For hver dyrekategori er det satt faste verdier for energi og råprotein samt en korridor for tørrstoff. For drøvtyggere er det videre satt krav til fiberinnhold. Modellen bestemmer den fôrsammensetningen som gir laveste kostnader basert på fem typer ikke-handelbare fôrråvarer og 5 handelbare fôrråvarer. I tillegg er det satt en øvre og nedre grense for andelen av hver fôrråvare i blandingen og en kvadratisk kostnadsfunksjon.

² NUTS (Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques) er EUs standard for en hierarkisk regional inndeling. NUTS-2 nivå består av 7 grupper av fylker: NO01: Oslo og Akershus, NO02: Hedmark og Oppland, NO03: Østfold, Buskerud, Vestfold og Telemark, NO04: Aust- og Vest-Agder og Rogaland, NO05: Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal, NO06: Sør- og Nord-Trøndelag og NO07: Nordland, Troms og Finnmark (Eurostat 2016). NUTS-3 tilsvarer de enkelte fylkene. Norge er i CAPRI regionalisert etter NUTS3, mens EU-28 følger NUTS2. Det er planer om å bruke NUTS2 for Norge også.

Mange husdyraktiviteter er delt i en «intensiv» og «ekstensiv» variant for ytelse og slaktevekt. Dette gjør det mulig å studere intensitetseffekter ved at modellen selv velger fordelingen av de to variantene. Videre er det bygd inn i modellen en tilbudsfunksjon for jordbruksareal som gir en smidig overgang mellom jordbruksareal i drift og areal ute av drift. Det er også tillatt fleksibilitet mellom fulldyrket jord og overflatedyrket jord/innmarksbeite.

Det norske tilskuddssystemet er forenklet i modellen. CAPRI skiller mellom 7 grupper tilskudd: (1) grunnstilskudd, (2) distriktstilskudd, (3) husdyrtilskudd, (4) driftstilskudd, (5) areal- og kulturlandskapstilskudd og tilskudd til beite og utmarksbeite, (6) avløsertilskudd og (7) andre tilskudd slik som investeringstilskudd, regionale miljøprogram, tilskudd til økologisk jordbruk og jordbruksfradrag. Den siste gruppen er en samlegruppe der tilskudd utbetales med en flat sats per dyr og daa. Inndelingen gjør at tilskuddene kan grupperes etter klassifikasjonene som brukes i Verdens handelsorganisasjon (World Trade Organization - WTO) og i Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling (Organization for economic cooperation and development – OECD). Siden CAPRI ikke er basert på gårdsbruk av ulik produksjon og størrelse, kan tilskuddssatsene og utbetalingskriterier ikke direkte legges inn i modellen. Distrikts- og strukturprofilen i det norske tilskuddssystemet ivaretas likevel ved at det utenfor modellen beregnes en tilskuddssats per jordbruksaktivitet og region som tar hensyn til observert bruksstruktur i modellens basisår. Regionale forskjeller i tilskuddssatsen vil da reflektere distrikts- og strukturprofilen samlet.

En kvadratisk kostnadsfunksjon for hver produksjonsaktivitet sikrer at små endringer i lønnsomhet ikke fører til store endringer i aktivitetsnivå. På den ene siden gir dette mer rimelige modellresultater. På den andre siden er sektorens tilpasning til endrede rammebetingelser i betydelig grad avhengig av kalibreringen av den kvadratiske kostnadsfunksjonen.

I basisløsningen er parametrene i kostnadsfunksjonen kalibrert slik at modellen «treffer» verdier for et 3-årig gjennomsnitt rundt et basisår. For tiden er basisåret satt til 2012. Parametrene er i referansebanen kalibrert slik at de «treffer» verdiene fra OECDs og FAOs modell Aglink.

Aktivitetsnivå og koeffisienter for innsatsfaktorer tillater beregning av utslipp av klimagasser på regionalt og lokalt nivå. Det beregnes også varestrømmer for næringsstoffer som nitrogen og fosfor.

Resultatene fra de regionale tilbudsmodellene er brukt til å parametrisere en implisitt tilbudsfunksjon og etterspørselsfunksjon for fôrråvarer i markedsmodulen. Denne parametriseringen justerer i hver iterasjon mellom tilbudsmodul og markedsmodul.

Datagrunnlaget er hentet fra mange ulike kilder der dataene fra Eurostat er viktigst. Rådataene er ikke nødvendigvis fullstendige og konsistente. Derfor er det utviklet en egen modul som «kverner» rådataene til å produsere en fullstendig og konsistent database til videre bruk i modellen. Datagrunnlaget kan derfor i noen grad avvike fra datagrunnlaget som de enkelte medlemsland legger til grunn i sine utslippsregnskap. Leip et al. (2010) sammenlignet aktivitetsdata og utslippskoeffisienter i CAPRI med medlemslandenes utslippsregnskap. De kom fram til at CAPRI beregnet EUs klimagassutslipp fra jordbruk til 79 % av summen av medlemslandenes utslippsregnskap. De anga tre grunner for dette: forskjell i beregningsmetode (Tier 1, Tier 2, ...), forskjell i bruk av IPCCs retningslinjer (CAPRI: 2006, utslippsregnskap: 1996), forskjell i aktivitetsdata og utslippskoeffisienter.

Norge er implementert på lik linje med EU-28 i tilbudsmodulen. Dette sikrer at f.eks. utslipp av klimagasser beregnes etter samme metode som i EU-28, men med ulike verdier for utslippskoeffisientene om nødvendig. For tiden er det brukt svenske utslippskoeffisienter i mangel av egne norske utslippskoeffisienter i modellen. Når det gjelder politikk, er norske støtteordninger aggregert til sju ulike tilskudd (fem tilskudd per areal og dyr, to tilskudd per produsert mengde). Tilskuddene kan aggregeres slik at de sammenfaller med OECDs PSE-kategorier og WTOs inndeling av intern støtte (gul boks, blå boks og grønn boks). Grunnlaget for de norske dataene er i all hovedsak

Budsjettnemnda for jordbruk, Landbruksdirektoratet og SSB. Dette fordi disse dataene gir den mest komplette oversikten over norsk jordbruk.

Markedsmodulen er en global, romlig og komparativ-statisk modell for verdenshandelen med matvarer. I motsetning til tilbudsmodulen foregår det ingen optimering i markedsmodulen. En entydig løsning sikres ved at det er definert et ligningssystem med samme antall ligninger som endogene variable. Markedsmodellen omfatter 47 matvarer som kan være prossessert (f.eks. meierivarer).

EU er delt inn i EU15 og EU10. I den aktuelle versjonen av markedsmodulen er også UK skilt ut fra EU som et eget land (der UKs nasjonale landbrukspolitikk er uendret i forhold til CAP). Bilateral handel er en viktig egenskap ved markedsmodulen. Dette er implementert ved å forutsette at importere varer ikke er fullt ut substituerbare med innenlandsk produserte varer. I tillegg er det forutsatt at forbrukerne skiller mellom varer fra ulike importland. Handelspolitiske virkemidler som toll, importkvoter og subsidiert eksport er implementert i tråd med medlemslandenes gjeldende forpliktelser i WTOs regelverk. Budsjettstøtte i land utenfor Europa er derimot ikke del av markedsmodulen.

Etterspørsel etter matvarer er implementert med egen-, krysspris- og inntektselastisiteter. Det betyr at konsumentenes etterspørsel etter en bestemt matvare er påvirket av prisen til selve matvarer, prisen på alle andre matvarene og endringer i inntektsnivå (i referansebanen). Koeffisientene for etterspørselsfunksjonene er kalibrert slik at de tillater velferdsanalyse i tråd med økonomisk teori. For prossesserte matvarer er det lagt på en fast foredlingsmargin som er uavhengig av etterspørsel og råvareproduksjon.

Dataene for markedsmodulen er i stor grad hentet fra FAOSTAT, mens handelspolitiske virkemidler er tatt fra AMAD databasen.

Resultater fra CAPRI omfatter velferd, inntekt, fysiske og monetære mengder og innsatsfaktorer, priser og en rekke miljøindikatorer slik som nærstoffstrøm for nitrogen og fosfor, utslipp av klimagasser, dyretetthet og verdifulle kulturlandskap (f.eks. High Nature value farmland index).

I tabell 1 sammenlignes jordbrukets sektorregnskap for basisåret «2012» (gjennomsnitt 2011-2013) i CAPRI med Budsjettnemndas totalalkalye. I tabell 1, som ellers i rapporten, er det brukt en omregningskurs på 7,6919 kr per € som var gjennomsnittlig valutakurs i «2012».

Vederlag til arbeid og kapital er definert som summen av markedsinntekter og tilskudd fratrukket driftskostnader. Vederlaget er godtgjøring til de innsatte produksjonsfaktorene arbeid, kapital og jord – uavhengig om de eies av jordbruket eller leies/kjøpes inn.

På overordnet nivå, dvs. vederlag, markedsinntekter, driftskostnader og tilskudd, reflekterer basisløsningen i CAPRI Totalalkylens sektorregnskap godt. Det samme gjelder de enkelte inntektspostene. Innenfor driftskostnadene er det imidlertid noen større avvik når det gjelder for eksempel handelsgjødsel og kalk. I CAPRI er mengdeenheten tonn næringsstoff N, P og K, mens mengdeenheten i Totalalkylen er tonn gjødsel. Likevel overvurderer CAPRI kostnadene knyttet til gjødsel. Kostnadene for energi i CAPRI og i Totalalkylen består er ulike komponenter slik som strøm, diesel og bensin, olje og smøremidler. I Totalalkylen er mengden til de ulike komponentene ikke omregnet til en felles energienhet. I tillegg angis det bare verdi, men ikke noen mengde for elektrisk lys og kraft. Prisen på energi i Totalalkylen er derfor indeksert til 1. I CAPRI er prisene for kostnadskomponentene indeksert. Siden kostnadsposisjonene for kraftfôr og såkorn, plantevern, enerig og andre kostnader noe lavere i CAPRI sammenlignet med Totalalkylen, er de samlede kostnadene omtrent likt. CAPRI forutsetter ingen substitusjonsmuligheter mellom innsatsfaktorer.

Tabell 1. Sektorregnskap for basisløsningen «2012» i CAPRI og i Totalkalkylen for jordbruket (verdier i mill. 2012-kr, mengder i mill. kg eller indeks, priser i 2012-kr per kg eller indeks, arbeid i årsverk)

	CAPRI			Totalkalkylen		
	Verdi	Mengde	Pris	Verdi	Mengde	Pris
Vederlag til arbeid og kapital	19 705			20 078		
Markedsinntekter	24 607			24 646		
Korn, oljefrø	2 517	1 115	2,26	2 425	1 025	2,36
Poteter	749	302	2,48	629	243	2,59
Hagebruk	3 674	380	9,66	3 790	404	9,38
Kumelk	7 342	1 552	4,73	7 188	1 514	4,75
Geitmelk	94	20	4,68	95	20	4,73
Storfe	3 522	99	35,63	3 624	81	44,69
Sau/Geit	957	24	40,61	985	23	42,16
Gris	3 107	131	23,76	3 190	130	24,55
Fjørfe	1 732	93	18,55	1 782	93	19,09
Egg	913	62	14,70	938	62	15,11
Driftskostnader	17 850			17 777		
Kraftfôr, såkorn	6 496	1 830	3,55	6 666	1 884	3,54
Plantevern ¹⁾	417	53	7,88	429	429	1,00
Handelsgjødsel, kalk	1 913	338	5,66	1 401	159	8,82
Veterinær, inseminering ¹⁾	988	83	11,92	1 017	1 017	1,00
Vedlikehold ¹⁾	1 823	307	5,94	1 874	1 874	1,00
Energi ¹⁾	2 866	323	8,87	2 949	2 949	1,00
Andre kostnader ¹⁾	3 345	184	18,20	3 441	3 441	1,00
Tilskudd	12 948			13 209		

1) Indeks med pris lik 1, prisindeks i CAPRI.

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a), Totalkalkylen: BFJ (2017)

Tabell 2. Omfang av husdyr og jordbruksareal per landsdel i CAPRI og i produksjonstilskudsregister som gjennomsnitt for årene 2011-2013 (1 000 dyr eller daa)

	CAPRI						Produksjonstilskudsregister					
	Sum	Øst	Sør	Vest	Midt	Nord	Sum	Øst	Sør	Vest	Midt	Nord
Areal	9 810	4 361	1 367	844	2 247	990	9 809	4 418	1 542	820	2 141	888
Korn og oljefrø	3 102	2 425	128	6	531	11	2 993	2 389	107	0	493	3
Poteter	131	90	15	1	18	6	127	90	14	1	17	5
Hagebruk	110	63	22	14	10	1	106	67	18	12	9	1
Grovfôr	6 468	1 782	1 202	823	1 688	973	6 583	1 872	1 404	807	1 622	879
- fulldyrket	4 765	1 381	854	486	1 325	719	4 825	1 490	841	440	1 338	717
- overfl.dyrket og innmark	1 703	401	348	337	363	253	1 757	382	563	367	284	162
Melkekyr	235	78	44	25	65	24	235	60	52	28	72	24
Ammekyr	68	30	14	4	14	6	69	30	14	4	14	6
Ungdyr storfe	534	162	111	56	150	55	588	174	128	62	167	57
Purker	56	22	17	2	12	3	53	21	16	2	11	3
Slaktegriser	1 575	625	485	55	327	83	1 573	624	484	55	327	83
Søyer og geiter	1 877	443	508	336	295	295	1 879	443	509	336	296	295
Høner	4 008	1 496	1 341	185	873	113	3 983	1 483	1 326	179	872	122
Kyllinger	65 964	31 138	10 824	1 702	22 297	3	67 913	32 105	11 168	1 758	22 879	3

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a). Produksjonstilskudsregister: Landbruksdirektoratet (2017).

2.2 Utslipp av klimagasser

Beskrivelsen av metoden for beregning av klimagassutslipp i CAPRI er i stor grad basert på Leip et al. (2010). Dokumentasjonen er noe foreldet, men ifølge CAPRI-teamet fortsatt gyldig for de aller fleste utslippskildene.

I det følgende vises formlene som brukes i beregningen av utslipp. For å få en enklere oversikt over metoden, er indekser over dyreslag og regioner utelatt. I modellen vil det i prinsippet være én formel per dyreslag. Basisåret for alle utlippskoeffisienter i CAPRI er «2012» og 2012 for det nasjonale utslippsregnskapet (National Inventory Report – NIR).

2.2.1 Metan

CAPRI beregner utslipp av metan fra fordøyelse og håndtering av husdyrgjødsel.

2.2.1.1 Fordøyelse

CAPRI beregner utslipp av enterisk metan etter Tier2-metoden for storfe og Tier1-metoden for alle andre dyreslag. Beregningen følger metoden foreslått av retningslinjene fra IPCC (2006). I det norske utslippsregnskapet benyttes Tier2-metoden både for storfe og sau. For sau gir Tier2-metoden høyere utslipp per dyr enn Tier1-metoden. For storfe beregnes det først et energikrav for dyrets vedlikehold, aktivitet, vekst, ytelse og drekthet, før dette kravet er brukt til å beregne brutto energioptak og utlippskoeffisient.

$$NE_G = 1,164 - 5,16 * DE\%/1.000 + 1,308 * (DE\%)^2 / 10.000 - 37,4 / DE\%$$

$$NE_R = 1,123 - 4,092 * DE\%/1.000 + 1,126 * (DE\%)^2 / 10.000 - 25,4 / DE\%$$

$$GE = (NE_G + NE_R) / DE\%$$

$$YM = 6.5 \%$$

$$CH_4E = GE * ((YM/100)/55.65)^{0.365}$$

der variablene er forklart i tabell 3.

Tabell 3. Koeffisienter for beregning av utslipp av metan fra fordøyelse fra melkekyr i CAPRI

Kode	Koeffisienter	Enhet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
GE	Brutto energioptak	MJ per dyr og dag	321,81	342,08
YM	CH4 omregningsrate	%	6,5	6,42
NE_G	Netto energikrav for vekstd	MJ per dyr og dag		
NE_R	Netto energikrav for annet (vedlikehold, ytelse, drektighet)	MJ per dyr og dag		
DE%	Fordøyelig energi som andel av brutto energiinntak	%	68,29	
CH₄E	Metanutslipp fra fordøyelse	kg CH ₄ per dyr	157,11	143,96

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a). NIR: NIR/CRF (2017), tabell 3.As1 og tabell 3.As2

Andel fordøyelig energi (DE%) beregnes på grunnlag av fórrasjonen som består av 11 grupper av fórråvarer i CAPRI som er aggregater for enkeltråvarene. Rasjonen varierer for hvert dyreslag og er modellendogen. Endringer i fórrasjonen vil på denne måten kunne påvirke utslippskoeffisienten for enterisk metan.

Tabell 3 viser tall for melkekyr, men det beregnes tilsvarende verdier for ammekyr, okser, kviger og kalver. Tabell 4 viser utslippskoeffisienter for andre dyr enn melkekyr.

Tabell 4. Utslippskoeffisienter for metan fra fordøyelse

Aktivitet	Enhet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
Ammeku	kg CH ₄ per dyr	94,80	109,96
Okse til slakt	kg CH ₄ per dyr	58,11	54,72
Kvige til slakt	kg CH ₄ per dyr	62,54	54,72
Kvige til oppdrett	kg CH ₄ per dyr	86,01	54,72
Slaktegris	kg CH ₄ per plass	0,42	1,50
Purke	kg CH ₄ per dyr	1,50	1,50
Voksen sau/geit	kg CH ₄ per dyr	8,00	11,93
Lam/kje	kg CH ₄ per dyr	2,33	11,93
Høne	kg CH ₄ per 1 000 dyr	0,00	20,00
Slaktekylling	kg CH ₄ per 1 000 dyr	0,00	3,60

Kilde: NIBIO (2018a). NIR: basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.As1

For fjørfe beregnes det i CAPRI ikke utslipp fra enterisk metan.

2.2.1.2 Håndtering av husdyrgjødsel

Utslipp av metan fra husdyrrom og gjødsellager beregnes i CAPRI etter Tier 2 metoden for melkekyr og annen storfe og Tier 1 metoden for alle andre husdyr. Formlene for beregning av utslipp fra storfe er vist under:

$$\text{VSDM} = \text{GE} * (1 - \text{DE}\%/100 + \text{UE}) * [(1 - \text{ASH})/\text{GE}_{\text{FEED}}] * 4,184$$

$$\text{CH}_4\text{M} = \text{VSDM} * 365 * \text{B}_0 * 0,67 * \text{MCF}_{\text{s,k}} * \text{MS}_s * \text{CLIM}_k$$

Koeffisientene er definert i tabell 5. I tillegg inneholder formelen for CH₄M en term som reduserer koeffisienten for metan ved anvendelse av utslippsreducerende tiltak.

Tabell 5. Koeffisienter for beregning av utslipp av metan fra håndtering av husdyrgjødsel fra melkekyr

Kode	Koeffisienter	Enhet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
VSDM	Volatile solids excreted per dag	kg per dyr og dag		1 522
GE	Brutto energiopptak	MJ per dyr og dag		
DE%	Fordøyelig energi som andel av brutto energiinntak	%	70	
UE	Energi fra urin som andel av GE	%		
ASH	Askeinnhold av husdyrgjødsel som andel av fôropptak målt i tørrstoff	%	8	
GE _{FEED}	Bruttoenergiinnhold per fôrråvare	Mcal per kg fôrråvare		
B ₀	CH ₄ producing potential	m ³ CH ₄ per kg VS	0,24	0,23
MC _{s,k} ^F	Omregningsfaktor for metan for håndteringssystem s og klimaregion k			
MS _s	Andel husdyrgjødsel i system s	%		
CLIM _k	Andel klimasone k i regionen	%		
CH ₄ M	Metanutslipp fra håndt. av h.d.gjød.	kg CH ₄ per ku	14,51	19,53

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a), NIR: NIR/CRF (2017) tabell 3.B(a)s1

Verdiene for ASH og GE_{FEED} er avhengige av fôrrasjonen og vil endre seg med endringer i fôrrasjonen. Dermed endres verdien på VSDM og videre utslippskoeffisienten.

I tabell 6 angis utslippskoeffisientene for metan fra håndtering av husdyrgjødsel for andre dyr enn melkekyr.

Tabell 6. Utslippskoeffisienter for metan fra håndtering av husdyrgjødsel

Aktivitet	Enhet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
Ammeku	kg CH ₄ per dyr	8,66	7,63
Okse til slakt	kg CH ₄ per dyr	5,72	4,11
Kvige til slakt	kg CH ₄ per dyr	6,52	4,11
Kvige til oppdrett	kg CH ₄ per dyr	8,27	4,11
Slaktegris	kg CH ₄ per dyr (CAPRI) og plass (NIR)	1,67	3,50
Purke	kg CH ₄ per dyr	9,00	11,63
Voksen sau/geit	kg CH ₄ per dyr	0,19	0,19
Lam/kje	kg CH ₄ per dyr	0,06	0,19
Høne	kg CH ₄ per 1 000 dyr	30,60	46,00
Slaktekylling	kg CH ₄ per 1 000 dyhr (CAPRI) og plasser (NIR)	3,02	13,00

1) Antall dyr i CAPRI

Kilde: NIBIO (2018a), NIR:NIR (2016), tabell 6.15, s. 178

2.2.1.3 Brenning av avlingsrester

Metanutslipp fra brenning av avlingsrester er ikke implementert i CAPRI.

2.2.2 Lystgass

Nitrogen-kretsløpet i CAPRI følger en metode utviklet for nitrogenmodellen MITERRA (Velthof et al. 2007). MITERRA inneholder ikke bare N₂O, men også NH₃, NO_x og N₂. Norge er ikke en del av MITERRA-modellen. I CAPRI er det derfor som en første tilnærming brukt koeffisienter for Sverige til å beregne utslipp for Norge.

Mengde nitrogen i husdyrgjødsel beregnes som følger:

$$NITH = CRP/6 - RET_N$$

der NITH er nitrogen i husdyrgjødsel, CRP er tilført mengde råprotein gjennom fôring og RET_N er mengde nitrogen tilbakeført gjennom husdyrprodukter. Tilført råprotein beregnes på samme måte som opptak av energi fra fôring og varierer dermed med dyrenes vekt, slaktevekt, melkeytelse og melkens fettinnhold. I tabell 7 vises nitrogen utskilt i husdyrgjødsel etter dyreslag.

Tabell 7. Nitrogen utskilt i husdyrgjødsel etter dyreslag

Aktivitet	Enhet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
Melkeku	kg N per dyr	122,34	126,61
Ammeku	kg N per dyr	78,03	64,52
Okser til slakt	kg N per slakt	44,39	42,50
Kviger til slakt	kg N per slakt	54,63	42,50
Kviger til oppdrett	kg N per dyr	78,42	42,50
Oksekalver til slakt	kg N per dyr	11,60	42,50
Kvigealver til slakt	kg N per dyr	12,49	42,50
Slaktegris	kg N per dyr (CAPRI) og plass (NIR)	6,71	3,20
Purke	kg N per dyr	43,38	34,29
Voksen sau/geit	kg N per dyr	8,26	11,60
Lam/kje	kg N per dyr	2,44	7,70
Høne	kg N per 1 000 dyr	759,02	669,8
Slaktekylling	kg N per 1 000 dyr (CAPRI) og plass (CFR)	113,90	29,7

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a), NIR: NIR/CRF (2017), tabell 3.F (storfe og geit), Karlengen et al. (2012) (sau, gris og fjørfe)

Utskilt N for beregnes endogen i modellen basert på fôrbehov, fôrrasjon og dyrenes levetid. Endringer i disse faktorene vil endre utskilt N per dyreslag i modellen.

Levetiden er beregnet til 19,9 mnd for okser (18,1 mnd i Jordmod), 22,1 mnd for kviger (22,8 mnd i Jordmod), 5,36 mnd for okskalver (7,52 mnd i Jordmod) og 5,60 mnd for kvigealver (8,18 mnd i Jordmod). Levetiden for lam og kje er beregnet til 108 dager. For slaktekylling er det 63,8 dager som gir 5,7 omløp per år.

2.2.2.1 Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp fra håndtering av husdyrgjødsel beregnes i CAPRI på grunnlag av virksomt N i husdyrgjødsel, gjødselhåndteringssystem og tap av nitrogen gjennom NH₃ og NO_x fra husdyrrom korrigert for beiteandel:

$$N_2OMM = (44/28) * NITH * (1 - \text{beiteandel}) * (1 - TAP_H_{NH_3_NOX}) * \sum_s MS_s * LF_s$$

der NITH er utskilt nitrogen (kg N per dyr), MS_s er andel husdyrgjødsel per husdyrrom s og LF_s er andel nitrogen tapt i husdyrrom s.

Beiteandel beregnes i modellen på bakgrunn av MITERRA. Det forutsettes 140 beitedager for melkekyr med et trekk for den tiden kyrne står inne for melking og «overnatting» på 46,2 %. Dette gir en effektiv beiteandel på 20,6 % for melkekyr. Effektiv beiteandel er 44 % for annen storfe og 50 % for sau og geit. I utslippsregnskapet er beiteandel for storfe 17 %.

Verdiene for husdyrrom kommer fra MITERRA og gjelder for Sverige.

Tabell 8 sammenligner utslippskoeffisientene i CAPRI og utslippsregnskapet.

Tabell 8. Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Aktivitet	CAPRI («2012»)	NIR (2012)
	kg N ₂ O per dyr	
Melkeku	1,09	0,68
Ammeku	0,46	0,46
Okser til slakt	0,28	0,22
Kviger til slakt	0,35	0,22
Kviger til oppdrett	0,50	0,22
Slaktegris (plass)	0,26	0,06
Purke	0,60	0,06
Voksen sau/geit	0,05	0,05
Lam/kje	0,01	0,05
Høne (1 000 dyr)	7,29	0,53
Slaktekylling (1 000 plasser)	1,09	0,53

Kilde: CAPRI: NIBIO (2018a), NIR: NIR/CRF (2017), tabell 3.B(b)

2.2.2.2 Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp ved spredning av husdyrgjødsel beregnes i CAPRI på grunnlag av virksomt N i husdyrgjødsel fratrukket tap av nitrogen fra beiting og tap av nitrogen gjennom stall- og lagringssystem av husdyrgjødsel.

$$N_2OM = (NITH * (1 - \text{beiteandel}) - TAP_H_{NH_3_NOX} - TAP_L_{NH_3_NOX}) * (1 - \sum_s MS_s * LF_s) * 44/28$$

der variablene med unntak av TAP_{L_{NH₃}_{NO_x} er beskrevet over. TAP_{L_{NH₃}_{NO_x} gjelder tap av nitrogen i form av NH₃ og NO_x fra system for lagring av husdyrgjødsel.}}

2.2.2.3 Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp ved spredning av kunstgjødsel beregnes i CAPRI på basis av N i kunstgjødsel, tap i form av NH₃ og NO_x, type handelsgjødsel og utslippskoeffisient for type handelsgjødsel:

$$N_2OS = (NITG - TAP_S_{NH_3_NOX}) * \sum_G FT_G * LF_G * 44/28$$

der NITG er mengde nitrogen tilført plantevekster fra kunstgjødsel i kg N per daa, TAP_{S_{NH₃}_{NO_x} er tap av nitrogen i handelsgjødsel gjennom NH₃ og NO_x, FT_G er andel handelsgjødsel der det skilles mellom Urea og annen handelsgjødsel og LF_G er andel nitrogen i typen handelsgjødsel tapt som N₂O.}

Andel Urea og annen handelsgjødning i CAPRI er basert på data fra foreningen for den europeiske gjødselindustrien og Eurostat, og deretter brutt ned i CAPRI på regioner og vekster basert på en egen algoritme. For Sverige er det beregnet 1 % Urea og 99 % annen handelsgjødning. Dette stemmer bra med data om bruk av handelsgjødning fra Budsjettnemnda for jordbruk.

2.2.2.4 Håndtering og spredning av gjødning, indirekte utslipp gjennom nedfall og avrenning

Indirekte utslipp fra håndtering og spredning av gjødning har i CAPRI følgende kilder: Avrenning fra spredning av kunstgjødning, avrenning fra spredning av husdyrgjødsel og husdyrgjødsel på beite, avrenning fra nedfall av ammoniak og avrenning fra biologisk N-fiksering og avlingsrester. CAPRI skiller videre mellom «runoff» og «leaching». Disse utslippene allokeres til plantevekster.

Indirekte utslipp fra avrenning fra lager for husdyrgjødsel allokeres til dyreaktiviteter.

2.2.2.5 Husdyrgjødsel på beite

Direkte utslipp av lystgass fra husdyrgjødsel på beite beregnes ved hjelp av følgende formel:

$$N_2OB = (44/28) * \text{beiteandel} * (1 - T_M) * (1 - TAP_{NH_3_NOX}) * NITH * EFN_2OB$$

der N_2OB er utslipp av lystgass på beite, T_M er antall timer ved melking i beitesesongen og EFN_2OB er utslippskoeffisient i kg N_2O-N per kg N. I tillegg er det fratrukket for nitrogen som volatilerer som NH_3 og NO_x . Denne korreksjonen gjøres i følge Leip et al. (2010) ikke i standard IPCC-metoden.

2.2.2.6 Avlingsrester

Utslipp fra avlingsrester beregnes etter følgende formel:

$$N_2OAVL = N_{CR} * F_{CR} * (1 - CRBU - CRFU - CRFE) * LF_{CR} (44/28)$$

der N_2OAVL er utslipp fra avlingsrester, N_{CR} er opptak av N i vekster og F_{CR} er vekstspesifikk faktor. N_{CR} er avhengig av avlingsnivået, mens F_{CR} beskriver forholdet mellom nitrogen i avlingsrest og plantenes totale nitrogenoppta. $CRBU$ er andel avlingsrest brent på jorda, $CRFU$ er andel avlingsrest brukt til bioenergi og $CRFE$ er andel avlingsrest brukt til fôr. LF_{CR} er andel nitrogenen i avlingsresten tapt som N_2O og satt til 1 % i tråd med IPCCs anbefaling fra 2006.

2.2.2.7 Brenning av avlingsrester

Utslipp fra brenning av avlingsrester er ikke implementert i CAPRI.

2.2.2.8 Dyrking av organisk jord

Utslipp fra organisk jord (myr) beregnes separert for grasareal og åpen åker med utslipp på 0,8 kg N_2O-N per daa organisk jord. I tillegg beregnes utslipp av karbon med hhv. 25 kg C og 500 kg C per daa, men dette inngår i utslippsregnskapet for LULUCF. etter følgende formel:

$$N_2OMYR = ANDELMYR * EFN_2OMYR * (44/28)$$

der N_2OMYR er utslipp fra myr per daa jordbruksareal (uavhengig av jordtype)., $ANDELMYR$ er andel organisk jord av samlet jordbruksareal per region og EFN_2OMYR er utslippskoeffisient i kg N_2O-N per daa myr med verdi 0,8 basert på IPCCs retningslinjer fra 2006. I de nye retningslinjene fra 2014 er verdien økt til 1,3 kg N_2O-N per daa åpen åker og 0,95 kg N_2O-N per daa gras (IPCC 2014).

For Norge som helhet er det antatt en myrandel av 5 %, derav 6,1 % for åpen åker og 2 % fra grasareal. Den regionale andelen av myr varierer i CAPRI mellom 16 % i Agder, 11 % i Nordland og Finnmark, 9 % i Møre og Romsdal og 1 % på Østlandet.

2.2.3 Karbondioksid

Utslippsregnskapet inneholder utslipp fra karbondioksid i forbindelse med kalking, spredning av urea og spredning av andre karbonholdige gjødseltyper. Kalking står videre for over 80 % av de totale CO₂-utslippene i utslippsregnskapet for jordbruk.

2.2.3.1 Kalking

Utslipp fra kalking beregnes etter følgende formel:

$$\text{CO}_2\text{KALK} = (44/12) * \text{KALK} * \text{EFCO}_2\text{KALK}$$

der CO₂KALK er utslipp fra kalking i kg CO₂ per daa, KALK er tilført kalk per daa EFCO₂KALK er utslippskoeffisienten med verdi 0,12 t CO₂-C per t C i kalk. Kalk er sammen med urea og andre karbonholdige gjødseltyper ikke en egen innsatsfaktor i CAPRI. Det er ikke lagt inn mengde kalk for Norge i CAPRI og det beregnes foreløpig derfor heller ikke utslipp fra kalking.

2.3 Klimatiltak

I dette kapitlet beskrives 13 klimatiltak som er implementert i CAPRI. Av disse regnes 11 tiltak å være i kommersiell bruk i 2030, mens det per i dag er usikkert om den teknologiske utviklingen av de to resterende tiltakene vil ha kommet langt nok innen 2030. Disse to tiltakene er nitrat som tilsetningsstoff i kraftfôr og vaksineringsmiddel av drøvtyggere. CAPRI skiller derfor mellom to utviklingsløp for teknologisk utvikling: Ett løp med «dagens» teknologiske utvikling som gir 11 klimatiltak i 2030 og ett løp med «raskere» teknologisk utvikling som gir 13 tiltak i 2030.

Beskrivelsen av alle tiltakene følger Pérez Dominguez et al. (2016). Det gjelder også vurderingen av klimatiltakenes biologiske effekt og omfang. Det kan således være avvik mellom vurderingene ang. klimatiltak i Pérez Dominguez et al. (2016) og dagens kunnskapsstatus. Det er videre ikke gjort egne refleksjoner av vurderingene i Pérez Dominguez et al. (2016). Beskrivelsen inneholder kostnader³ av å implementere tiltakene hos bonden. Siden dyr- og planteaktivitetene i CAPRI har ikke-lineære enhetskostnader, vil implementeringskostnadene være avhengig av tiltakets omfang. Derfor vises også implementeringskostnadene fra tre scenarier der klimagassutslippene for jordbruket reduseres med hhv. 10 %, 20 % og 40 % i 2030 sammenlignet med 2005.

2.3.1 Biogass

Biogass produseres av husdyrgjødsel og andre substrater (f.eks. planteprodukter eller planterester, annen avfall) i en anaerob prosess. Gassen kan brukes til produksjon av strøm og varme og/eller som drivstoff. Et biprodukt av prosessen er et næringsrikt reststoff som ofte er brukt som gjødsel. Biogass reduserer en betydelig mengde metan og lystgass fra håndtering av husdyrgjødsel. Husdyrgjødsel har et relativt lavt energiinnhold. Det er vanlig å tilsette plantemateriale og organisk avfall som substrat i tillegg til husdyrgjødsel. Kostnadene for innsamling av et slikt substrat er ikke verdsatt i modellen. Det er forutsatt at det bare bygges gårdsanlegg, ikke sambehandlingsanlegg. Tiltaket er begrenset til en bruksstørrelse på 200 storfeenheter (livestock units⁴) som tilsvarer et melkebruk med ca. 90 melkekyr og oppdrett av egne kalver. Informasjon om bruksstørrelse er hentet fra EUs driftsgranskinger (FADN). For Norge følger av denne forutsetningen at 15 % av alle melkekyr omfattes av tiltaket. Det er videre forutsatt at biogassreaktoren produserer strøm og varme der 30 % av den produserte varmen selges på markedet. Prisen for energi er tatt fra GAINS-modellen. For Norge er den svenske

³ Priser og verdier fra CAPRI er angitt i 2012-kr siden «2012» er modellens basisår. CAPRI forutsetter en prisvekst på 1,9 % per år.

⁴ melkeku = 1 LSU, ammeku = 0,8 LSU, kvige = 0,8 LSU, okse = 1 LSU, kalver mellom 1 år to 2 år = 0,7 LSU og kalver under 1 år = 0,4 LSU.

koeffisienten brukt som ifølge GAINS er 0,45 kr/kWt. Spart og solgt energi inngår i beregning av implementeringskostnaden.

Tabell 9. Nøkkeltall for tiltak «Biogass» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Melkekyr	Implementeringsgrad (%)	4	8	16
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	324,78	313,13	376,51
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	12,99	25,05	60,24
Ammekyr	Implementeringsgrad (%)	8	15	20
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	105,52	112,55	118,95
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	8,44	16,88	23,79
Ammekyr & okser og kviger til slakt	Implementeringsgrad (%)	7	14	20
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	129,21	128,81	126,35
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	9,04	18,03	25,27
Purker	Implementeringsgrad (%)	53	53	53
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	198,99	198,88	198,99
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	105,46	105,41	105,46

Kilde: NIBIO (2018a)

Implementeringskostnaden av biogass for melkekyr varierer mellom 313 kr per deltakende ku ved 10 % utslippsreduksjon og 377 kr per deltakende dyr ved 40 % utslippsreduksjon. Det kan se ut som om implementeringskostnaden går noe ned fra 10 % til 20 % utslippsreduksjon. Det skyldes imidlertid at implementeringsgraden avrundes. Det tyder likevel på at kostnadskurven er nokså flat innenfor dette intervallet for utslippsreduksjon. For andre storfe er implementeringskostnaden en gode del lavere med mellom 105 – 130 kr. Implementeringskostnaden for purker er om lag 200 kr per deltakende purke og varierer ikke med grad av utslippsreduksjon siden implementeringsgraden er konstant. Det tyder på at tiltaket er svært kostnadseffektivt under de valgte forutsetningene.

Implementeringsgraden er litt under 20 % for melkekyr og ammekyr ved 40 % utslippsreduksjon. For purker er implementeringsgraden høyere med over 50 %.

2.3.2 Avl hos melkekyr for økt melkeytelse

Det er mulig å rette avlsmål hos melkekyr mot reduserte metanutslipp ved å selekttere dyr som, alt annet likt, er karakterisert ved lavere metanutslipp enn gjennomsnittsbstanden. Imidlertid er det usikkert hvordan sterkere avlsmessig fokus på metanutslipp vil påvirke andre avlsmål som fruktbarhet og produktivitet. I CAPRI er tiltaket implementert ved å anta ulik grad av vekst i melkeytelse mellom land. Land der melkeytelsen er høyest i EU, er definert om «toppgruppe». Disse landene er Danmark, Finland, Sverige og Portugal. For de andre landene, inkludert Norge, er det antatt at tiltaket reduserer avstanden i melkeytelsen mot topp-landene i henhold til formelen under:

$$ytelse_etter = ytelse_før + ghgTechYtelse * (ytelse_topp - ytelse_før)$$

der $ytelse_etter$ og $ytelse_før$ er hhv. melkeytelsen etter og før eimplementeringen av tiltaket, $ytelse_topp$ er melkeytelsen i topp-gruppen og $ghgTechYtelse$ er en faktor som angir hvor mye av differansen i melkeytelse mellom medlemslandet og toppgruppen. En faktor på 1 betyr at medlemslandet har samme melkeytelse som topp-gruppen etter implementering av tiltaket. I CAPRI er $ghgTechYtelse$ satt til 0,2. Det betyr at tiltaket, ved full implementering, reduserer maksimalt 20 % av avstanden i melkeytelse til toppgruppen.

Tabell 10. Nøkkeltall for tiltak «Avl for økt melkeytelse» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Høytstående melkekyr	Melkeytelse (kg per dyr)	9 977	9 989	10 167
	Implementeringsgrad (%)	3	8	34
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	506,12	482,37	484,47
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	15,18	38,59	164,72
Lavtstående melkekyr	Melkeytelse (kg per dyr)	5 817	5 829	6 007
	Implementeringsgrad (%)	4	13	51
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	352,19	315,40	319,97
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	14,09	41,00	163,18

Kilde: NIBIO (2018a)

I referansebanen er melkeytelsen i Norge 9 971 kg per høytstående ku og 12 788 kg per høytstående ku i toppgruppen. En full implementering av tiltaket (dvs. hos alle melkekyr) øker melkeytelsen med 567 kg [= 20 % * (12 788 kg – 9 953 kg)] til 10 520 kg. Det er en økning på 5,7 %. Implementeringskostnaden av tiltaket er satt til 20 % av verdien av økningen i melkeytelsen, dvs. 567 kg melk multiplisert med melkeprisen i referansebanen. For Norge gir dette en implementeringskostnad på 482 kr per dyr.

I tabell 10 vises melkeytelse, tiltakets implementeringsgrad og –kostnad. I tillegg angis gjennomsnittlig implementeringskostnad for alle melkekyr uavhengig om de deltar i tiltaket. Ved en karbonskatt tilsvarende en utslippsreduksjon på 10 % implementeres hos 3 % av høytstående melkekyr og 4 % av alle lavtstående melkekyr. Ved 20 % utslippsreduksjon øker implementeringsgraden til hhv. 8 % og 13 % hos høyt- og lavtstående kyr. Tiltakskostnaden er hhv. 38,59 kr per dyr og 41,00 kr per dyr i gjennomsnitt for alle kyr i de to gruppene. Med en karbonskatt tilsvarende 40 % utslippsreduksjon implementeres tiltaket hos 34 % av alle høytstående kyr og 51 % av alle lavtstående kyr. Implementeringskostnaden er 165 kr for høytstående ku og 163 kr for lavtstående kyr.

2.3.3 Avl hos andre drøvtyggere enn melkekyr rettet mot økt fôreffektivitet

Bedre fôrutnyttelse hos drøvtyggere vil føre til mindre fôropptak og dermed lavere metanutslipp. Det vil ha en positiv klimaeffekt dersom produksjon av melk og kjøtt per dyr kan opprettholdes med et lavere fôrforbruk. For alle drøvtyggere unntatt melkekyr og kviger til oppdrett er det forutsatt at avlsmessig framgang gir en 10 % reduksjon i fôrrasjonens energiinnhold ved uendret melkeytelse og kjøttproduksjon. I tillegg er det forutsatt at andelen råprotein i fôret reduseres med 5 %. Denne antakelsen er begrunnet med at innholdsstoffene i kraftfôr må være balansert. En ensidig reduksjon av energi i fôret kan dessuten utløse substitusjonseffekter mot et høyere proteininnhold og dermed skape enda mer ubalanse i fôrsammensetningen. Tiltakets kostnad er definert som 10 % av de sparte kraftfôrkostnadene og minst 15 kr per dyr.

Tabell 11. Nøkkeltall for tiltak «Avl for økt føreffektivitet» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Ammeku	Implementeringsgrad (%)	14	24	23
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	27,02	31,29	35,03
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	3,78	7,51	8,06
Ammekyr & okser og kviger til slakt	Implementeringsgrad (%)	20	31	58
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	64,96	73,03	91,96
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	12,99	22,64	53,33
Sau & geit	Implementeringsgrad (%)	13	39	44
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	5,06	4,78	4,73
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	0,66	1,86	2,08

Kilde: NIBIO (2018a)

I tabell 11 vises implementeringsgrad og –kostnad for ulike drøvtyggere og utslippsscenarioer. Angitt er også gjennomsnittskostnad per dyr uavhengig av deltakelse i tiltaket. For ammekyr varierer implementeringskostnaden mellom 27,02 kr per dyr ved 10 % utslippsreduksjon og 35,03 kr per dyr ved 40 % utslippsreduksjon. Implementeringsgraden ligger mellom 14 % og 24 %. For gruppen ammekyr og okser og kviger til slakt er implementeringskostnaden 64,96 – 91,96 kr per deltakende dyr. For sau og geit gir 40 % utslippsreduksjon en implementeringsgrad på 44 % og en kostnad på 4,73 kr per deltakende dyr.

2.3.4 Bedre timing av gjødsling

Bedre timing av gjødsling betyr at spredning av gjødsel og plantenes opptak av næringsstoffer er bedre koordinert. Et eksempel er for ugunstig timing kan være spredning av gjødsel om høsten på usådd eller uplantet åker. Ifølge GAINS (2013), er dette tiltaket økonomisk dominert av tiltaket «tilpasset gjødsling» (jf. kap. 2.3.6) fordi det oppnår samme utslippsreduksjon med høyere kostnader. Imidlertid er ikke data fra GAINS for tiltaket «tilpasset gjødsling» brukt i CAPRI. Derfor kan tiltaket «bedre timing av gjødsling» har sin berettigelse i CAPRI.

Tanken bak tiltaket er å bedre utnytte tilgjengelig gjødsel utover plantenes behov. Et eventuelt overforbruk av næringsstoffer beregnes endogent i CAPRI i nitrogenmodellen. Tiltaket er begrenset til differansen mellom tilgjengelig gjødsel og plantenes opptak av næringsstoffer pluss 10 %. I tillegg er det forutsatt at bonden ta i bruk teknologier med lavere kostnader først. Tiltaket «presisjonsjordbruk» er vurdert som tiltak med lavest kostnad for en gitt utslippsreduksjon. Derfor er omfanget av tiltaket «bedre timing av gjødsling» i tillegg korrigert for reduksjonspotensialet av tiltaket «presisjonsjordbruk».

Tabell 12. Nøkkeltall for tiltak «Bedre timing av gjødsling» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Alle planteaktiviteter	Implementeringsgrad (%)	5	3	0
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	3,40	2,56	0,00
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,17	0,08	0,00
Korn	Implementeringsgrad (%)	8	6	0
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	3,56	2,65	0,00
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,29	0,16	0,00
Potet	Implementeringsgrad (%)	7	7	0
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	4,39	3,60	0,00
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,31	0,25	0,00
Grovfôr på fulldyrket jord	Implementeringsgrad (%)	1	1	0
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	9,87	4,39	0,00
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,10	0,04	0,00
Grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite	Implementeringsgrad (%)	9	4	0
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	3,05	3,29	0,00
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,27	0,13	0,00

Kilde: NIBIO (2018a)

Tabell 12 viser at tiltaket kun tas i bruk ved en utslippsreduksjon på 10 % og 20 %. Dette fordi andre tiltak blir mer effektive deretter. Med unntak av grovfôr på fulldyrket jord, er implementeringskostnaden under 5 kroner per daa. Grovfôr på fulldyrket jord har en kostnad på 10 kr per daa ved 10 % utslippsreduksjon. Implementeringsgraden er høyest for potet med 6 % og 2 % for korn og grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite. For alle planteaktiviteter under ett er implementeringsgraden om lag 5 %.

2.3.5 Nitrifikasjonshemmere

Nitrifikasjon er en prosess i jorden der ammonium først bakteriell omdannes til nitrit og deretter til nitrat. Nitrifikasjonshemmere brukes til å gjøre denne prosessen langsommere. Dermed tar det lenger tid til ammonium omdannes til nitrat og sannsynligheten for avrenning og andre utslipp minsker. Nitrifikasjonshemmer kan i prinsippet brukes både for kunstgjødsel og husdyrgjødsel. Det er ifølge litteraturen imidlertid betydelig mer usikkerhet rundt nitrifikasjonshemmere og husdyrgjødsel. Derfor anvendes i CAPRI nitrifikasjonshemmere kun på kunstgjødsel. Videre er det forutsatt at nitrifikasjonshemmere er begrenset til urea og andelen nitrogen i ammoniumgjødsel (dvs. 100 % ammoniumsulfat, 100 % ammoniumfosfat, 50 % av ammoniumnitrat og 50 % av NPK-gjødsel). Dette angir den øvre grensen for tiltakets omfang. Videre følger CAPRI forutsetningene i GAINS (2015) ved at nitrifikasjonshemmere koster 523 kr per t og fører til en utslippsreduksjon av lystgass på 34 %. GAINS (2015) forutsetter at nitrifikasjonshemmere også kan brukes på husdyrgjødsel, men dette er ikke forutsatt i CAPRI.

Som «bedre timing av gjødsling» er tiltaket begrenset til differansen mellom tilgjengelig gjødsel og plantenes opptak av næringsstoffer pluss 10 %. Siden tiltaket er dyrere enn «presisjonsjordbruk», reduseres tiltakets potential ytterligere.

Tabell 13. Nøkkeltall for tiltak «Nitrifikasjonshemmer» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Alle planteaktiviteter	Implementeringsgrad (%)	34	52	51
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	15,12	13,54	8,86
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	5,14	7,04	4,52
Korn	Implementeringsgrad (%)	31	48	50
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	15,70	13,64	112,81
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	4,87	6,54	56,40
Potet	Implementeringsgrad (%)	33	52	50
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	20,71	17,55	15,41
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	6,84	9,13	7,71
Grovfôr på fulldyrket jord	Implementeringsgrad (%)	34	54	53
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	20,60	17,39	12,29
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	7,01	9,39	6,51
Grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite	Implementeringsgrad (%)	35	54	49
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	13,59	14,16	7,14
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	4,76	7,65	3,50

Kilde: NIBIO (2018a)

Implementeringsgraden er omlag den samme for alle planteaktiviteter og øker fra 10 % til 20 % utslippsreduksjon og blir liggende på omtrent samme nivå opp til 40 % utslippsreduksjon. Det har blant annet sammenheng med at den maksimale implementeringsgraden er 54 %. Implementeringskostnaden for alle planteaktiviteter under ett er 13,54 kr per deltakende daa ved 20 % utslippsreduksjon og går ned til 8,86 kr per daa med nitrifikasjonshemmere ved 40 % utslippsreduksjon. Kostnaden er høyere for korn og potet sammenlignet med grovfôr.

2.3.6 Tilpasset gjødsling

I GAINS er presisjonsjordbruk definert som en kombinasjon av flere tiltak, herunder *Variable Rate Technology* (VRT). VRT er en metode som kontrollerer jord- og annen variasjon innenfor et jordstykke basert på kart og sensorer og optimerer gjødsling, plantervern, såing og jordbearbeiding. I CAPRI er det kun gjødsling som optimeres og fører til lavere utslipp av lystgass. Grunnen til at VRT ble tatt ut av kombinasjonstiltaket «presisjonsjordbruk» er fordi dataene for VRT i GAINS er hentet utelukkende fra studier basert på amerikansk jordbruk og derfor ble ansett for ikke å reflektere europeiske forhold. Istedenfor ble det brukt europeisk litteratur. Denne litteraturen skiller mellom tre anvendelser av VRT der forskjellen går på graden av innsatt teknologi (nitrogen-sensor, kart, GPS og moderne databehandling). I referansebanen i CAPRI er det forutsatt en 6 % årlig nedgang i bruk av nitrogen. Siden to av de tre VRT-teknologiene gir mindre enn 6 % årlig reduksjon, er det bare den tredje teknologien («full pakke») som gir en reduksjon utover referansebanen. Denne gir en reduksjon på 8,8 % årlig.

Implementeringskostnaden er basert på en investering på om lag 0,5 mill. kr, en levetid på 10 år, en rente på 5 % og et anvendelsesområde på 1 000 daa. Det kan tenkes ett bruk eller en entreprenør som kjører for flere bønder. Fratrasket sparte gjødselkostnader, gir dette en implementeringskostnad på ca. 510 kr per daa. Dette er mer enn 10 ganger høyere enn den tilsvarende kostnaden i GAINS og kan ha en forklaring i strukturen i amerikansk jordbruk.

I likhet med de to tiltakene «bedre timing av gjødsling» og «nitrifikasjonshemmere» er dette tiltaket begrenset til differansen mellom tilgjengelig gjødsel og plantenes opptak av næringsstoffer pluss 10 %. Siden tiltaket er dyrere enn «presisjonsjordbruk», reduseres tiltakets potential ytterligere.

Tabell 14. Nøkkeltall for tiltak «Tilpasset gjødsling» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		SUB80V_20	SUB80O_20	SUB80V_20TD
Alle planteaktiviteter	Implementeringsgrad (%)	0,00	10,00	3,00
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	53,99	413,30
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	5,40	12,40
Korn	Implementeringsgrad (%)	0,00	9,00	2,00
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	111,46	628,73
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	10,03	12,57
Potet	Implementeringsgrad (%)	0,00	4,00	2,00
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	304,50	853,47
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	12,18	17,07
Grovfôr på fulldyrket jord	Implementeringsgrad (%)	0,00	6,00	4,00
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	48,42	403,57
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	2,91	16,14
Grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite	Implementeringsgrad (%)	0,00	9,00	5,00
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	90,26	236,58
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	8,12	11,83

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket er ikke valgt implementert uavhengig av nivå for karbonavgift, og tiltaket fremstår derfor ikke som «konkurransedyktig» sammenlignet med andre tiltak. Derfor presenteres implementeringskostnader for to scenarier med tilskudd til klimatiltak (se kap.2.4 for en beskrivelse av scenariene). Kostnaden varierer mellom 54 – 413 kr per deltakende daa i snitt for alle planteaktiviteter. Korn og potet har betydelig høyere implementeringskostnad enn grovfôr. Implementeringsgraden i scenariene er på eller under 10 %.

2.3.7 Restaurering av tidligere myr

Myr er et viktig karbonlager. Tiltaket er implementert i CAPRI ved å brakklegge den andelen jordbruksareal per medlemsland som tilsvarer landets andel myr. En implementeringsgrad på 100 % tilsier at alt myr har blitt restaurert. Det er ingen direkte kostnader knyttet til tiltaket med unntak av verdien av den alternative anvendelsen (f.eks. grovfôrproduksjon). Dette er trolig en forenkling og undervurdering av kostnadene (f.eks. økt transport). På den annen side forutsettes at restaurering av tidligere myr kun har en klimaeffekt gjennom mindre utslipp av lystgass. Myr har imidlertid også en effekt på karbonlagring som er viktig for LULUCF.

Andel myr i CAPRI er 6,4 % av alt jordbruksareal i Norge. Andelen varierer mellom mindre enn 5 % i store deler av Østlandet og 17 % i Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Trøndelag.

2.3.8 Lav proteinfôring

Det er en direkte sammenheng mellom nitrogenopptak i fôr og utskillelse av nitrogen gjennom husdyrgjødsel. Mindre opptak av nitrogen vil føre til mindre utskilt nitrogen. Måten å gjøre dette på er å redusere mengden av overskytende råprotein i fôrblandingen. Tiltaket er begrenset til maksimal 50 % reduksjon av overskytende råprotein. Det er lagt inn en rekke fôrkrav i modellen som må overholdes, blant annet for råprotein. I kalibreringen vil ett av fôrkravene bli bindende, mens de andre kravene vil overopppfylles. Det er videre forutsatt at tiltaket kan anvendes hos alle enmagede dyr (gris, fjørfe) og drøvtyggere. For sistnevnte er tiltaket begrenset til tiden melkekyr står i fjøset (dvs. ikke går på beite) og halvparten av tiden andre drøvtyggere enn melkekyr står i fjøset. Tiltaket reduserer utslipp av lystgass fra husdyrgjødsel.

Tabell 15. Nøkkeltall for tiltak «Lav protein fôring» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Høytstående melkekyr	Implementeringsgrad (%)	0	1	2
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	0,00	323,41	1131,93
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	0,00	3,23	22,64
Melkekyr, kviger til oppdrett og kalver	Implementeringsgrad (%)	0	1	2
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	0,00	290,52	504,30
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	0,00	2,91	10,09
Saug & geit	Implementeringsgrad (%)	0	0	2
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	0,00	0,00	16,44
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	0,00	0,00	0,33

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket er spesielt dyrt for høytstående melkekyr med opp under 1 1132 kr per deltakende ku. Tilsvarende implementeres tiltaket bare ved 40 % krav til utslippsreduksjon og kun hos 2 % av alle høytstående melkekyr. For gruppen melkekyr, kviger til oppdrett og kalver er implementeringskostnaden lavere med mellom 300 – 504 kr per deltakende dyr. Implementeringsgraden er like lav som hos melkekyr. Kostnaden for sau & geit er 16 kr per deltakende dyr med like lav implementeringsgrad som for ovennevnte storfe. Tiltaket implementeres ikke for andre dyr.

2.3.9 Presisjonsjordbruk

Presisjonsjordbruk er en sammensatt teknologi som ved hjelp av data og informasjonsteknologi håndterer romlig og tidsrelatert variasjon på jordstykker og dermed bidrar til mer effektiv og potensiell klimavennlig bruk av innsatsfaktorer som gjødsel, plantevern og mekanisering. Presisjonsjordbruk kan anvendes både i planteproduksjon og i husdyrhold. I CAPRI er presisjonsjordbruk kun definert for planteproduksjon og reduksjon av utslipp av lystgass. CAPRI følger ellers forutsetningen i GAINS om at presisjonsjordbruk fører til en maksimal reduksjon av utslipp av lystgass på 36 %.

Tiltaket er begrenset til differansen mellom tilgjengelig gjødsel og plantenes opptak av næringsstoffer pluss 10 %.

Tabell 16. Nøkkeltall for tiltak «Presisjonsjordbruk» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Alle plante-aktiviteter	Implementeringsgrad (%)	11	34	47
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	47,19	40,84	27,35
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	5,19	13,88	12,85
Korn	Implementeringsgrad (%)	12	36	46
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	47,41	40,55	384,90
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	5,69	14,60	177,05
Potet	Implementeringsgrad (%)	13	38	48
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	59,41	52,51	47,85
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	7,72	19,95	22,97
Grovfôr på fulldyrket jord	Implementeringsgrad (%)	10	32	45
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	63,53	54,01	38,76
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	6,35	17,28	17,44
Grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite	Implementeringsgrad (%)	13	39	50
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	40,98	43,28	21,89
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	5,33	16,88	10,95

Kilde: NIBIO (2018a)

Presisjonsjordbruk har en implementeringsgrad på 11 % ved 10 % utslippsreduksjon og den øker til hhv. 34 % og 47 % ved 20 % og 40 % utslippsreduksjon. Implementeringskostnaden går ned med økende implementeringsgrad fra 47,19 kr per deltakende daa ved 10 % utslippreduksjon til 27,35 kr per daa ved 40 % utslippsreduksjon i snitt for alle planteaktiviteter. Kostnaden er høyest for korn med 385 kr per deltakende daa og lavest for grovfôr på overflatedyrket jord og innmarksbeite med 22 kr per deltakende daa.

2.3.10 Linfrø som tilsetningsstoff til fôr

Økt tilsetning av planteolje eller animalsk fett i kraftfôr gir et høyere energiinnhold og, sammen med lavere tørrstoffandel, bedre fordøyelse. Dette fører til økt (melke-)ytelse og reduserer utslipp av metan fra storfe per produsert enhet. Tilsetning av linfrø er begrenset til alle melkekyr og halvparten av alle andre storfe fordi tiltaket krever en viss kontroll av dyrenes fôropptak som er enklere å håndtere hos melkekyr. Tilsetning av linfrø er videre begrenset til maksimal 5 % total fett i tørrstoff.

Kraftfôrblandinger i CAPRI beregnes modellendogen. Prisen til linfrø er satt til 11,51 kr per kg fett. Det er forutsatt at for hver 1 %-poeng økt fettandel reduseres metanutslipp med 5 %. Tiltaket har ingen andre kostnader utover økt kraftfôrkostnad.

Tabell 17. Nøkkeltall for tiltak «Linfrø som tilsetningsstoff til fôr» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Høytstående melkekyr	Implementeringsgrad (%)	4	10	26
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	2099,41	2162,99	2162,66
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	83,98	216,30	562,29
Lavtstående melkekyr	Implementeringsgrad (%)	4	9	36
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	1543,04	1847,87	1748,90
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	61,72	166,31	629,60
Melkekyr, kviger til oppdrett og kalver	Implementeringsgrad (%)	3	7	21
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	1618,87	1746,24	1727,45
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	48,57	122,24	362,76
Ammekyr	Implementeringsgrad (%)	2	4	8
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	1271,70	1296,37	1158,65
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	25,43	51,85	92,69
Ammekyr & okser og kviger til slakt	Implementeringsgrad (%)	2	6	16
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	1367,63	1019,56	1034,29
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	27,35	61,17	165,49

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket har en implementeringskostnad på mellom 1 019 – 2 163 kr per deltakende dyr og en relativ høy implementeringsgrad på mellom 20 % og 40 % ved høy utslippsreduksjon. Implementeringskostnaden varierer lite med utslippsreduksjon.

2.3.11 Økt andel belgfrukter i produksjon av fôr på fulldyrket jord

Fôrproduksjon på fulldyrket jord i CAPRI er delt inn i tre aktiviteter: mais, rotfrukter og annet fôr. Sistnevnte kategori er størst og inneholder i all hovedsak gras, men også belgfrukter. Å øke andelen belgfrukter i grovfôr på fulldyrket jord har to positive effekter. Det øker karboninnholdet i jorden og reduserer behovet for nitrogen gjødsling siden belgfrukter fikserer nitrogen i rotsystemet. Tiltaket er implementert ved først å forutsette samme andel belgfrukter i aktiviteten «annet fôr på fulldyrket jord» i referansebanen som i basisåret (6,5 %). Deretter tillates at økning av andelen belgfrukter til maksimalt 20 % av denne aktiviteten som da tilsvarer en fikseringsrate av nitrogen på 15 %. Implementeringskostnaden tar hensyn til høyere variable kostnader ved økt andel belgfrukter i denne fôraktiviteten og motregner dette med innsparte gjødslingskostnader.

Tabell 18. Nøkkeltall for tiltak «Økt andel belgfrukter i fôrproduksjon» for tre scenarier med ulik grad av utslippsreduksjon

		Utslippsreduksjon		
		10 %	20 %	40 %
Grovfôr på fulldyrket jord	Implementeringsgrad (%)	0	2	38
	Implementeringskostnad (kr per deltakende daa)	0,00	18,09	20,37
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle daa)	0,00	0,36	7,74

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket har omtrent samme implementeringskostnad med om lag 20 kr per deltakende daa ved både 20 % og 40 % utslippsreduksjon. Implementeringsgraden øker fra 2 % til 38 % når utslippsreduksjonen øker fra 20 % til 40 %.

2.3.12 Nitrat som tilsetningsstoff til fôr

Nitrat som tilsetningsstoff til fôr er det første av to tiltak som vurderes å ikke ha kommet langt nok til kommersiell bruk innen 2030. Bakterier hos drøvtyggere kan bruke nitrat istedenfor hydrogen. Dette reduserer produksjon av metan i magen hos drøvtyggere. Potentialet for å redusere metanutslipp virker å være høyt, men krever også varsom og nøyaktig dosering for å unngå negative helseeffekter. Tiltaket er implementert hos alle melkekyr og halvparten av alle storfe til slakt samt kviger til oppdrett. Dette gjelder kun tiden dyrene er inne i fjøset. Andel nitrat i kraftfôret er begrenset til 1,5 % målt i tørrstoff og gis for melkekyr kun i laktasjonsperioden (10 mnd. per år). Nitrat er antatt å redusere enterisk metan med 10 % per 1 % tilsatt nitrat. Siden nitrogeninnholdet i kraftfôret øker, er det videre forutsatt en reduksjon i andel råprotein med 0,42 % per 1,5 % tilsatt nitrat.

Utover dette er det fortusatt at tiltaket kan kombineres med tiltaket «Linfrø som tilsetningsstoff til fôr» med en additiv effekt.

Tabell 19. Nøkkeltall for tiltak «Nitrat som tilsetningsstoff til fôr» for scenarier med raskere teknologisk utvikling

		HET20_TD	SUB80V_20TD
Alle storfe	Implementeringsgrad (%)	0,08	0,11
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	29394,47	29649,86
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	23,52	32,61
Høytytende melkekyr	Implementeringsgrad (%)	0,26	0,30
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	37253,02	37584,72
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	96,86	112,75
Lavtytende melkekyr	Implementeringsgrad (%)	0,07	0,13
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	29521,72	30106,01
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	20,67	39,14
Ammekyr & okser og kviger til slakt	Implementeringsgrad (%)	0,06	0,11
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	19916,07	17291,60
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	11,95	19,02

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket er kun aktuelt i scenariet med raskere teknologisk utvikling og har en implementeringskostnad på om lag 30 000 kr per deltakende dyr i snitt for alle storfe. Tiltaket har høyest implementeringsgrad hos høytytende melkekyr og lavest hos kjøttproduserende storfe (ammekyr og ungdyr til slakt). Implementeringskostnader er på nivået med landene i EU.

2.3.13 Vaksinerings mot bakterier hos drøvtyggere

Vaksinering mot metanproduserende bakterier hos drøvtyggere er det andre av to tiltak som vurderes å ikke ha kommet langt nok til kommersiell bruk innen 2030. En vaksine mot metanproduksjon i mager hos drøvtyggere er fortsatt under utvikling. Litteraturen på dette området viser sprikende resultater med tanke på utslippseffekt.

Likevel er tiltaket inkludert siden det også er definert i både GAINS (2013) og GAINS (2015). Forutsetningene ble ikke endret i oppdateringen i 2015. GAINS antar at vaksinering reduserer enterisk metan hos storfe og sau med 5 % til en kostnad på 77 kr per dyr. GAINS forutsetter videre at tiltaket vil være tilgjengelig fra 2030 og utover. I CAPRI er det antatt at tiltaket er fullt ut implementert i 2030.

Tabell 20. Nøkkeltall for tiltak «Vaksinering mot bakterier hos drøvtyggere» for scenarier med raskere teknologisk utvikling

		HET20_TD	SUB80V_20TD
Alle storfe	Implementeringsgrad (%)	0,37	0,72
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	9451,86	11960,30
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	34,97	86,11
Høytstående melkekyr	Implementeringsgrad (%)	0,67	0,57
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	8156,78	8212,61
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	54,65	46,81
Lavtstående melkekyr	Implementeringsgrad (%)	0,62	0,55
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	8178,02	8142,50
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	50,70	44,78
Ammekyr & okser og kviger til slakt	Implementeringsgrad (%)	0,35	0,77
	Implementeringskostnad (kr per deltakende dyr)	10101,60	9738,54
	Gjennomsnittskostnad (kr per alle dyr)	35,36	74,99

Kilde: NIBIO (2018a)

Tiltaket er kun aktuelt i scenariet med raskere teknologisk utvikling og har en implementeringskostnad på om lag 10 000 kr per deltakende dyr i snitt for alle storfe. Tiltaket har nokså lik implementeringsgrad hos storfe, men likevel høyere hos kjøttproduserende storfe (ammekyr og ungdyr til slakt). Implementeringskostnader er på nivået med landene i EU.

2.4 Utslippsberegninger

I Pérez Domínguez et al. (2016) er det kjørt flere scenarier med alle klimatiltak og ulike forutsetninger om karbonavgift, landenes utslippsforpliktelser og tilskudd. I den foreliggende rapporten er et utvalg av scenariene kjørt på nytt med fokus på karbonavgift og tilskudd. Det skilles mellom de to teknologiske utviklingsløp. Dette gir to hovedsett med scenarier:

- Innføring og gradvis økning av en **teknisk karbonavgift øremerket jordbruket** til 2 740 kr (eller 500 €) per t CO₂-ekv. på alle utslippskilder i jordbruket uten tilskudd under «dagens» teknologiske utvikling (11 klimatiltak) og frivillig implementering
- Krav om utslippsreduksjon under ulike forutsetninger om **tilskudd til klimatiltak** og teknologisk utvikling.

Navn	Utslippsreduksjon	Tilskudd	Teknologisk utvikling	Implementering av klimatiltak
HET20	20 %	Ingen tilskudd	Dagens	Frivillig
HET20_TD	20 %	Ingen tilskudd	Raskere	Frivillig
SUB800_20	30 %	80 % av impl.kostnad	Dagens	Krav om full impl. for biogass, tilpasset gjødsling og andel belgfrukterg
SUB80V_20	30 %	80 % av impl.kostnad	Dagens	Frivillig
SUB80V_20TD	30 %	80 % av impl.kostnad	Raskere	Frivillig

Den tekniske karbonavgiften øremerket jordbruket er implementert som den mest effektive løsningen for å redusere klimagassutslipp. Den har trolig mest illustrativ verdi på grunn av følgende forutsetninger: Alle utslippskilder kan måles nøyaktig og avgiftsbelegges direkte. Siden CAPRI skiller mellom ulik intensitet i husdyrproduksjonen (f.eks. høyt- og lavtytende melkekyr) vil disse dyrene få ulik avgift. Karbonavgiften måles på det enkelte bruk og tilbakeføres til bonden på en måte som ikke påvirker bondens beslutninger. Bonden tilpasser seg avgiften ved å vri jordbruksaktiviteten over til mindre utslippsintensive produksjoner. Denne tilpasningen kompenseres ikke og bonden kan velte noen av kostnadsøkningene over til forbrukere. I modellen er avgiften implementert i tilbudsmodulen som da endrer bondens tilpasning. Avgiften er derimot ikke implementert i markedsmodule slik at avgiften ikke har inntekts- eller velferdseffekt i jordbruket.⁵ Markedsmodulen beregner således kun inntekts- og velferdseffekter av bondens tilpasning til karbonavgiften.

Benevnelsen av scenariene med tilskudd til klimatiltak følger Pérez Domínguez et al. (2016) for å sikre konsistens. «HET20» betyr ulike reduksjonsforpliktelser for ulike medlemsland, det vil si at medlemslandenes krav til utslippsreduksjon varierer med kostnadseffektiviteten i de enkelte land. På EU-nivå er reduksjonen 20 %. Medlemslandenes krav til reduksjonsforpliktelse er beregnet ved å legge til grunn klimaavgift med samme sats i alle medlemsland som sikrer 20 % reduksjon på EU-nivå.⁶ «SUB80_20» innebærer et krav til utslippsreduksjon på 20 % der 80 % av implementeringskostnaden gis som tilskudd. «TD» betyr raskere teknologisk utvikling, det vil si at «nitrat som tilsetningsstoff til fôr» og «vaksinering mot bakterier hos drøvtyggere» gjøres tilgjengelig som klimatiltak. «O» står for at noen klimatiltak er obligatoriske, mens «V» står for at klimatiltak er frivillige.

Matthews (2016) viser til at tallet 20 % utslippsreduksjon for jordbruket i EU dukket opp i den offentlige diskusjonen da EU-kommisjonen la frem en konsekvensanalyse av det foreslåtte rammeverket for EUs klima-og energipolitikk i 2014 (EU-kommisjonen 2014). I denne konsekvensanalysen, som i senere analyser, ble CAPRI brukt som sektormodell for jordbruk, i en integrert modellanalyse som omfattet alle utslippssektorer i EU. I konsekvensanalysen av forslaget for innsatsfordelingsforordningen i 2016 (EU-kommisjonen 2016), vises direkte til Ecampa2-studien (Pérez Domínguez et al. 2016) når det argumenteres at bare en begrenset utslippsreduksjon kan oppnås uten å påvirke produksjonen.

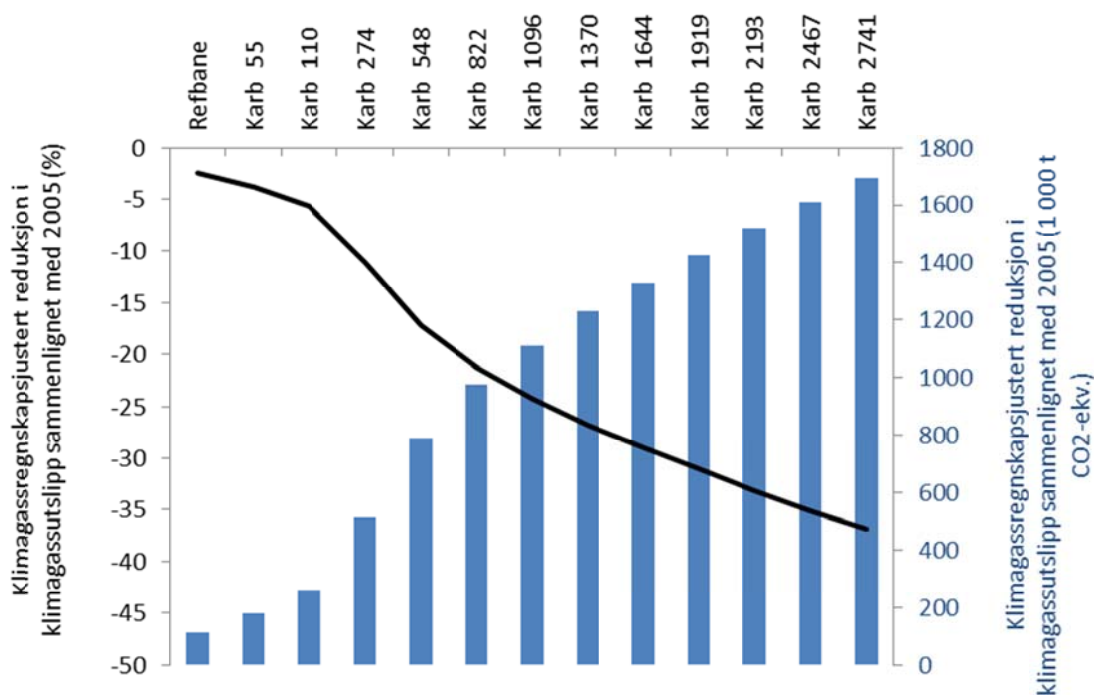
2.4.1 Teknisk karbonavgift øremerket jordbruket

Innføring og gradvis økning av en karbonavgift fra 55 kr per t CO₂-ekv. opp til 2 740 kr per t CO₂-ekv. gir en gradvis reduksjon i klimagassutslipp fra norsk jordbruk ned mot 50 % som vist i figur 1.

Utslippstallene fra CAPRI er klimaregnskapsjustert på tre måter. For det første er klimautslipp utenfor modellen (160 mill. t CO₂-ekv. fra reinsdyr m.m.) lagt til med samme mengde i 2030. For det andre er den faktiske utslippsendringen i klimaregnskapet mellom 2005 og 2012 hensyntatt siden CAPRI har «2012» som modellens basisår. For det tredje er den relative utslippsendringen mellom modellens referansebane og modellens simuleringer brukt til å endre utslippene i klimaregnskapet mellom 2012 og 2030. Denne justeringen gjør at utslippsreduksjonen vist i figur 1 skal være konsistent med klimaregnskapet.

⁵ Det foreligger en versjon av CAPRI der karbonavgiften også implementert i markedsmodule, men denne versjonen er ikke testet for Norge enda.

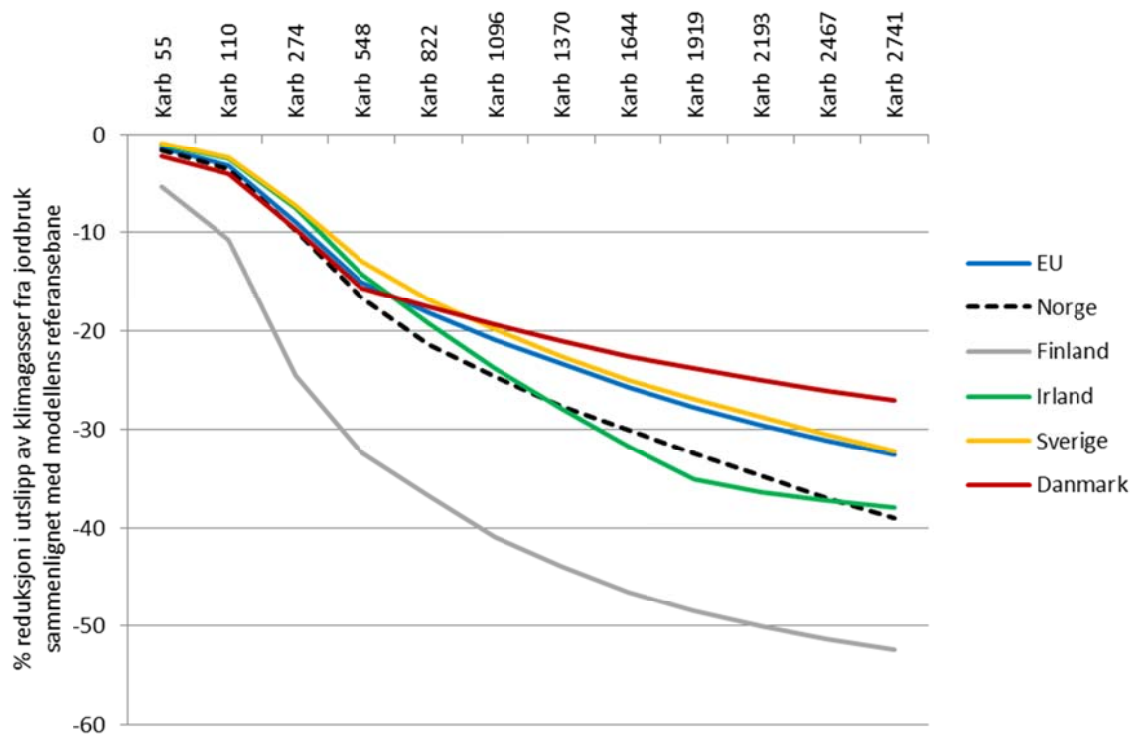
⁶ Ved en slik beregning får Finland det høyeste utslippskrav (27,8 %) blant de nordiske landene på grunn av stor mulighet for restaurering av myr. Danmark ligger noe over gjennomsnitt med 21, % og Sverige har 15,5 %.



Figur 1. Reduksjon i klimaregnskapsjusterte klimagassutslipp fra norsk jordbruk i 2030 sammenlignet med 2005

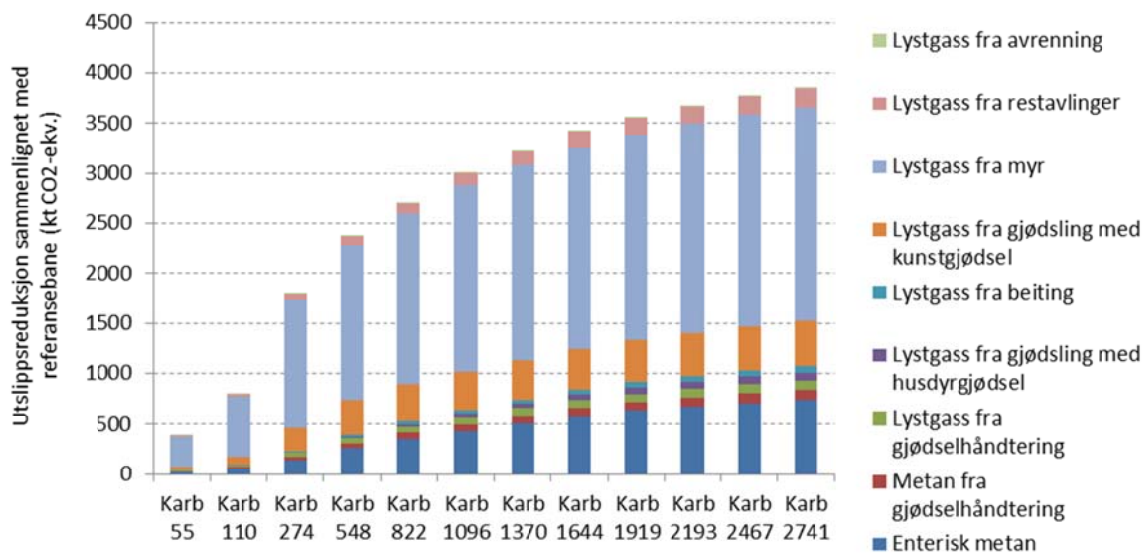
Uten karbonavgift reduseres utslippene med ca. 2,5 % som et resultat av noe lavere aktivitetsnivå og produktivitetsvekst. En karbonavgift på 55 kr per t CO₂-ekv. gir en uvesentlig større utslippsreduksjon på 3,3 %. Det er først når karbonavgiften er over 110 kr per t CO₂-ekv. at reduksjonene blir merkbare. En skatt på 274 og 1 096 kr per t CO₂-ekv. reduserer utslippene med hhv. 10 % og 20 %. Den høyeste karbonavgiften på 2 741 kr per t CO₂-ekv. gir en utslippsreduksjon på 35 %.

CAPRI gir mulighet til å sammenligne effekter av politikkenringer i Norge og andre europeiske land. I figur 2 er det vist hvordan innføringen av en karbonavgift påvirker utslippene fra jordbruket i EU under ett og nordlige medlemsland. Med unntak av Finland, gir samme nivå av karbonavgift en høyere relativ utslippsreduksjon i Irland og Norge sammenlignet med de andre EU-landene.



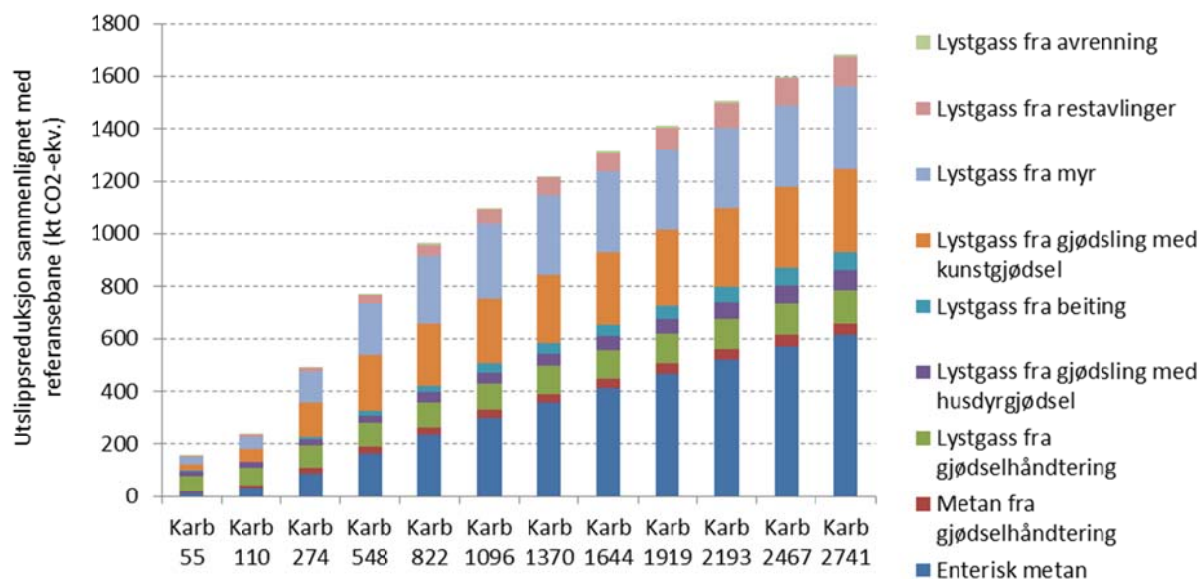
Figur 2. Reduksjon i klimagassutslipp fra jordbruk i utvalgte europeiske land og EU i 2030 sammenlignet med 2012 basert på CAPRI

Grunnen til at utslippene i Finland synker betydelig raskere enn i de andre landene er den høye andelen myr. Ved lavest karbonavgift står reduserte utslipp av lystgass fra myr for nesten 80 % av den samlede utslippsreduksjonen. Selv om flere andre tiltak tas i bruk etter hvert som karbonavgiften øker, står utslipp av lystgass fra myr fremdeles for over halvparten av de samlede utslippsreduksjonene.



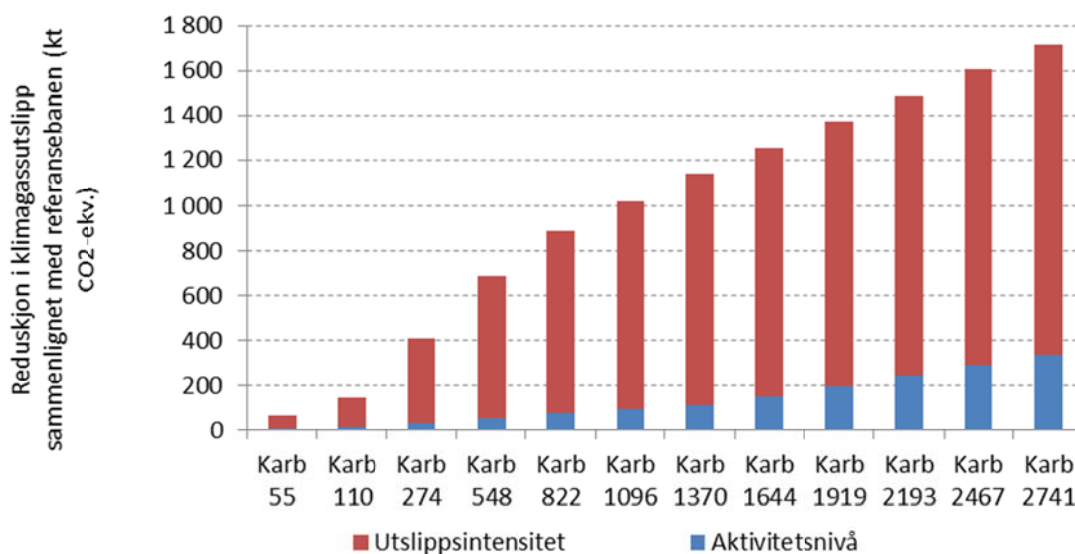
Figur 3. Reduksjon i klimagassutslipp fra finsk jordbruk for scenarier med karbonavgift etter utslippskategori i 2030 sammenlignet med 2012 basert på CAPRI (kt CO2-ekv.)

I figur 4 er utslippsreduksjon i Norge fordelt på de ulike utslippskildene. Generelt ser det ut som om det er mer kostnadseffektivt å redusere lystgass fremfor metan. Ved lave nivåer av karbonavgift er de tre viktigste tiltakene lystgass fra myr, lystgass fra gjødsling med kunstgjødsel og lystgass fra gjødselhåndtering. Fra et nivå på karbonavgift på rundt 550 kr per t CO₂-ekv. blir det mer effektivt å redusere metanutslipp, og da særlig enterisk metan. På dette stadiet virker kapasitetsgrensen på de tre førstnevnte tiltakene å være nådd.



Figur 4. Reduksjon i klimagassutslipp fra norsk jordbruk for scenarier med karbonavgift etter utslippskilde i 2030 sammenlignet med 2012 basert på CAPRI (kt CO₂-ekv.)

En annen måte å fremstille utslippsreduksjonene på er å sammenligne endringer i aktivitetsnivå og endringer i utslippsintensitet gjennom klimatiltak. I figur 5 er dette gjort ved å multiplisere aktivitetsnivå i de ulike scenariene med basisløsningens utslippskoeffisienter. Denne verdien vises i de blå søylene i figuren og resten opp mot samlet utslippsreduksjon tilskrives endringer i utslippsintensitet (og da er synonymt med scenarienes utslippsintensitet multiplisert med basisløsningens aktivitetsnivå).



Figur 5. Fordeling av reduksjon i klimagassutslipp fra jordbruk for scenarier med teknisk karbonavgift øremerket jordbruket etter endring i utslippsintensitet og aktivitetsnivå i 2030 sammenlignet med referansebanen

Mesteparten av utslippsreduksjonene skyldes endringer i utslippsintensitet. I scenariet med høyest karbonavgift er andelen endringer i aktivitetsnivå på nesten 20 %, mens den er på om lag 10 % frem til scenariet Karb 1370.

Tabell 22 viser et tredje perspektiv i analysen av utslippsreduksjoner i jordbruket ved innføring av karbonavgift. Tabellen viser hvilke klimatiltak som implementeres først og i hvilken omfang. Det skilles mellom tiltak som er rettet mot areal, storfe og andre husdyr. Blant arealtiltakene implementeres nitrifikasjonshemmere først fulgt av presisjonsjordbruk og bedre timing av gjødsling. Sistnevnte tiltak brukes imidlertid kun ved en karbonavgift på 247 og 548 kr per t CO₂-ekv. Dette mønster går igjen i andre EU-land også. Restaurering av myr tas i bruk fra en karbonavgift på 548 kr per t CO₂-ekv. og utnyttelsen øker raskt til 100 %.

Tabell 22. Utnyttelse av klimatiltak for jordbruksareal, storfe og andre husdyr ved ulike nivåer av karbonavgift (faktisk implementeringsgrad i % av maksimal implementeringsgrad)

		Bedre timing gjødsling	Presisjons- jordbruk	Nitrifikasjons- hemmere	Restaurering av myr	Økt andel belgfrukter
Jordbruks- areal	Karb 55	0	0	0	0	0
	Karb 110	0	0	13	0	0
	Karb 274	15	13	63	0	2
	Karb 548	9	42	96	50	7
	Karb 822	0	52	96	67	13
	Karb 1096	0	52	96	100	16
	Karb 1370	0	52	96	100	22
	Karb 1644	0	52	96	100	24
	Karb 1919	0	52	98	100	28
	Karb 2193	0	54	96	100	31
	Karb 2467	0	55	96	100	35
	Karb 2741	0	56	94	100	38
		Avl for økt melkeytelse	Avl for økt fôreffektivitet	Lav proteinføring	Linfrø i fôr	Biogass
Storfe	Karb 55	0	2	0	0	6
	Karb 110	0	12	0	4	11
	Karb 274	3	28	0	12	28
	Karb 548	9	38	0	23	56
	Karb 822	12	49	6	31	78
	Karb 1096	18	54	6	38	89
	Karb 1370	21	58	6	44	89
	Karb 1644	26	60	6	52	89
	Karb 1919	29	64	6	56	94
	Karb 2193	33	67	6	61	94
	Karb 2467	38	68	7	64	94
	Karb 2741	43	73	7	71	94
Andre husdyr	Karb 55		0	0	0	24
	Karb 110		10	0	0	45
	Karb 274		10	0	0	100
	Karb 548		22	0	0	100
	Karb 822		33	0	0	100
	Karb 1096		33	0	0	100
	Karb 1370		44	0	0	100
	Karb 1644		44	2	0	100
	Karb 1919		44	2	0	100
	Karb 2193		44	2	0	100
	Karb 2467		44	2	0	100
	Karb 2741		44	2	0	100

Kilde: NIBIO (2018a)

Blant tiltakende som er rettet mot husdyr oppnår biogass hos andre husdyr enn storfe relativt raskt maksimal utnyttelse (ved karbonavgift på 247 kr per t CO₂-ekv.). Blant storfe er avl for økt fôreffektivitet og biogass de to tiltakene som tas i bruk først og utnyttes mest. Linfrø som tilsetning til fôr kommer på tredje plass.

Tabell 23 viser utviklingen i matproduksjonen i Norge. Det er en reduksjon for alle produksjoner, men styrken er ujevn. Korn, oljefrø, kumelk, hvitt kjøtt og egg er minst berørt av en karbonavgift med en nedgang på mindre enn 4 prosent. Størst virkning har karbonavgiften på rødt kjøtt som storfe og sau med en nedgang på hhv. 22 % og 15 %.

Tabell 23. Produksjonsmengder og jordbruksareal i norsk jordbruk ved ulike nivåer av karbonavgift (mill. kg og 1 000 daa og relativ endring fra referansebanen i parentes)

	Korn, oljefrø		Kumelk		Storfe, sau		Gris, fjørfe		Egg		Jordbruksareal	
Referansebane	1 075	(100)	1 328	(100)	118	(100)	349	(100)	78	(100)	9 704	(100)
Karb 55	1 075	(100)	1 327	(100)	118	(100)	349	(100)	78	(100)	9 658	(100)
Karb 110	1 073	(100)	1 326	(100)	117	(99)	348	(100)	78	(100)	9 611	(99)
Karb 274	1 070	(100)	1 323	(100)	116	(98)	347	(100)	78	(100)	9 475	(98)
Karb 548	1 064	(99)	1 319	(99)	113	(96)	346	(99)	77	(99)	9 274	(96)
Karb 822	1 059	(99)	1 314	(99)	111	(93)	345	(99)	77	(99)	9 095	(94)
Karb 1096	1 055	(98)	1 310	(99)	108	(91)	343	(98)	77	(99)	8 947	(92)
Karb 1370	1 050	(98)	1 306	(98)	106	(89)	342	(98)	77	(99)	8 810	(91)
Karb 1644	1 046	(97)	1 303	(98)	104	(88)	341	(98)	76	(98)	8 691	(90)
Karb 1919	1 042	(97)	1 299	(98)	101	(86)	339	(97)	76	(98)	8 574	(88)
Karb 2193	1 037	(97)	1 295	(98)	99	(84)	338	(97)	76	(98)	8 456	(87)
Karb 2467	1 033	(96)	1 291	(97)	97	(82)	336	(96)	76	(97)	8 339	(86)
Karb 2741	1 028	(96)	1 288	(97)	95	(80)	335	(96)	75	(97)	8 222	(85)

Kilde: NIBIO (2018a)

I tillegg til en endring i aktivitetsnivå for landet under ett, påvirker innføringen av en karbonavgift også den regionale fordelingen av jordbruket. Dette er illustrert i tabell 24 for jordbruksareal og antall storfe.

Tabell 24. Regional fordeling av jordbruksareal og antall storfe (i prosent av referansebanen)¹⁾

	Jordbruksareal					Antall storfe				
	Nord	Midt	Vest	Sør	Øst	Nord	Midt	Vest	Sør	Øst
Karb 55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Karb 110	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Karb 274	100	99	99	100	100	100	99	99	100	100
Karb 548	99	99	98	100	99	99	99	98	100	99
Karb 822	99	98	97	99	99	99	98	97	99	99
Karb 1096	97	98	97	99	99	97	98	97	99	99
Karb 1370	96	97	96	99	98	96	97	96	99	98
Karb 1644	95	96	95	99	98	95	96	95	99	98
Karb 1919	93	95	94	99	98	93	95	94	99	98
Karb 2193	92	94	92	99	97	92	94	92	99	97
Karb 2467	91	93	91	98	97	91	93	91	98	97
Karb 2741	89	91	90	98	97	89	91	90	98	97

1) Øst: Østfold, Vestfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud; Sør: Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland; Vest: Hordaland, Sogn og Fjordane; Midt: Møre og Romsdal, Trøndelag; Nord: Nordland, Troms og Finnmark

Kilde: NIBIO (2018a)

Det er et tydelig mønster at jordbruksaktiviteten går relativt sett mest tilbake i Nord-Norge, Midt-Norge og Vestlandet. Sør-Norge og Østlandet beholder sin jordbruksaktivitet tilnærmet uendret. Det er imidlertid først ved en karbonavgift rundt 1000 kr per t CO₂-ekv. at effekten blir merkbart. I scenarioet med høyest karbonavgift går jordbruksarealet og antall storfe i Nord-Norge, Midt-Norge og Vestlandet tilbake med om lag 10 %.

I tabell 25 vises utslippskoeffisienter per produkt og deres andel av de samlede utslippene. Rødt kjøtt (dvs. storfe og sau/lam uten melk og grovfôr) står for over 40 % av de samlede utslippene i referansebanene og andelen synker noe til 36 %. Da er utslippene per kg rødt kjøtt redusert med om lag en tredje-del. Siden produksjon av rødt kjøtt synker mer enn produksjon av melk (og egg) øker den relative andelen av utslippene fra melk og egg marginalt fra 39 % i referansebanen til 42,5 % ved høyest karbonavgift. Utslipp fra grovfôr mer enn halveres, mens utslipp fra korn og oljefrø og hvitt kjøtt (dvs. gris og fjørfe) opplever en betydelig mindre reduksjon.

Tabell 25. Utlippskoeffisienter per produkt ved ulike nivåer av karbonavgift (kg CO₂-ekv. per tonn vare og andel av samlede utslipp i parentes)

	Korn & oljefrø		Grovfôr		A. planter		Rødt kjøtt		Hvit kjøtt		Melk & egg	
Referansebane	174	(4,2)	1 584	(2,9)	41	(0,5)	15 172	(43,5)	1 129	(9,5)	1 213	(39,4)
Karb 55	173	(4,3)	1 546	(3,0)	41	(0,5)	14 942	(43,3)	1 101	(9,4)	1 201	(39,6)
Karb 110	169	(4,3)	1 501	(3,0)	40	(0,5)	14 641	(43,1)	1 073	(9,4)	1 184	(39,8)
Karb 274	149	(4,0)	1 342	(3,2)	35	(0,4)	13 716	(42,6)	1 005	(9,4)	1 127	(40,4)
Karb 548	130	(3,8)	1 126	(3,4)	30	(0,4)	12 636	(41,5)	1 002	(10,1)	1 058	(40,9)
Karb 822	126	(3,8)	969	(3,5)	29	(0,4)	11 873	(40,4)	1 001	(10,6)	1 010	(41,2)
Karb 1096	123	(3,9)	829	(3,6)	28	(0,4)	11 393	(39,6)	1 001	(11,0)	977	(41,5)
Karb 1370	120	(3,9)	724	(3,7)	27	(0,4)	10 960	(38,8)	1 000	(11,4)	947	(41,7)
Karb 1644	118	(4,0)	721	(3,7)	27	(0,4)	10 620	(38,1)	999	(11,8)	924	(42,0)
Karb 1919	117	(4,1)	718	(3,8)	27	(0,4)	10 287	(37,3)	998	(12,1)	902	(42,3)
Karb 2193	115	(4,1)	714	(3,9)	26	(0,5)	9 952	(36,5)	997	(12,5)	878	(42,5)
Karb 2467	113	(4,2)	710	(3,9)	26	(0,5)	9 629	(35,8)	996	(12,9)	855	(42,8)
Karb 2741	111	(4,2)	707	(4,0)	26	(0,5)	9 351	(35,1)	996	(13,2)	834	(43,0)

Kilde: NIBIO (2018a)

Når norsk produksjon av rødt kjøtt faller med 15 %, øker importen og fører til karbonlekkasje i Norge. I CAPRI er det forutsatt at kun EU og Norge reduserer sine utslipp. Derfor øker ikke importen fra EU, men fra europeiske land utenfor EU, Mellom- og Sør-Amerika samt Australia og New Zealand. Importen tredobles fra referansebanen til scenariet med høyest karbonavgift.

Tabell 26. Import av kjøtt etter opprinnelsesregion ved ulike nivåer av karbonavgift (mill. kg og relativ til referansebanen i parentes)

	Europa utenfor EU	Afrika	Mellom- og Sør-Amerika	Australia og New Zealand
Referansebane	2,94 (100)	1,20 (100)	1,97 (100)	0,22 (100)
Karb 55	2,97 (101)	1,24 (103)	2,05 (104)	0,23 (105)
Karb 110	3,00 (102)	1,27 (106)	2,13 (108)	0,23 (105)
Karb 274	3,09 (105)	1,38 (115)	2,36 (120)	0,25 (114)
Karb 548	3,65 (124)	1,80 (150)	3,23 (164)	0,40 (182)
Karb 822	3,46 (118)	1,70 (142)	3,33 (169)	0,35 (159)
Karb 1096	3,71 (126)	1,84 (153)	3,95 (201)	0,44 (200)
Karb 1370	3,97 (135)	1,96 (163)	4,68 (238)	0,56 (255)
Karb 1644	4,22 (144)	2,05 (171)	5,50 (279)	0,71 (323)
Karb 1919	4,45 (151)	2,12 (177)	6,44 (327)	0,88 (400)
Karb 2193	4,66 (159)	2,18 (182)	7,49 (380)	1,08 (491)
Karb 2467	4,85 (165)	2,22 (185)	8,65 (439)	1,29 (586)
Karb 2741	5,02 (171)	2,23 (186)	9,87 (501)	1,52 (691)

Kilde: NIBIO (2018a)

En karbonavgift øker kostnadene i jordbruket, og noe av kostnadsøkningen veltes over fra primærjordbruket til aktører lenger opp i verdikjeden, dvs. forbrukere. Produsentprisene øker for alle produkter og mest for kumelk, storfe og sau med 20 %.

Tabell 27. Produsentpriser ved ulike nivåer av karbonavgift (kr per kg og relativ til referansebanen i parentes)

	Korn	Kumelk	Storfe	Sau	Gris	Fjørfe
Referansebane	2.00 (100)	4.25 (100)	31.28 (100)	35.59 (100)	13.10 (100)	16.29 (100)
Karb 55	2.01 (100)	4.28 (101)	31.46 (101)	35.78 (101)	13.17 (101)	16.34 (100)
Karb 110	2.01 (101)	4.31 (101)	31.64 (101)	35.96 (101)	13.23 (101)	16.38 (101)
Karb 274	2.02 (101)	4.39 (103)	32.17 (103)	36.47 (103)	13.42 (103)	16.50 (101)
Karb 548	2.04 (102)	4.57 (108)	34.07 (109)	39.22 (110)	13.74 (105)	16.74 (103)
Karb 822	2.06 (103)	4.64 (109)	33.97 (109)	38.39 (108)	13.97 (107)	16.88 (104)
Karb 1096	2.07 (104)	4.76 (112)	34.89 (112)	39.57 (111)	14.24 (109)	17.08 (105)
Karb 1370	2.09 (105)	4.88 (115)	35.81 (115)	40.78 (115)	14.51 (111)	17.27 (106)
Karb 1644	2.11 (106)	5.00 (118)	36.71 (117)	42.00 (118)	14.78 (113)	17.47 (107)
Karb 1919	2.13 (107)	5.12 (121)	37.61 (120)	43.19 (121)	15.06 (115)	17.67 (108)
Karb 2193	2.15 (108)	5.24 (123)	38.49 (123)	44.35 (125)	15.34 (117)	17.87 (110)
Karb 2467	2.17 (109)	5.36 (126)	39.37 (126)	45.47 (128)	15.62 (119)	18.08 (111)
Karb 2741	2.19 (110)	5.48 (129)	40.18 (129)	46.54 (131)	15.91 (122)	18.28 (112)

Kilde: NIBIO (2018a)

Prisøkningen hos forbrukerne er lavere enn hos produsentene fordi forbrukerprisene er sammensatt av flere elementer enn råvareprisen. Det er små endringer for korn, gris og fjørfe med mindre enn 5 % prisøkning ved alternativet med høyest karbonavgift sammenlignet med referansebanen. Den tilsvarende økningen for melk, storfe og sau er i størrelsesorden 10 – 15 %.

Tabell 28. Forbrukerpriser ved ulike nivåer av karbonavgift (kr per kg og relativ til referansebanen i parentes)

	Korn		Kumelk		Storfe		Sau		Gris		Fjørfe	
Referansebane	33,16	(100)	66,13	(100)	71,67	(100)	111,34	(100)	77,08	(100)	35,02	(100)
Karb 55	33,18	(100)	66,30	(100)	71,86	(100)	111,69	(100)	77,15	(100)	35,07	(100)
Karb 110	33,19	(100)	66,46	(101)	72,04	(101)	112,02	(101)	77,22	(100)	35,12	(100)
Karb 274	33,23	(100)	66,91	(101)	72,58	(101)	113,00	(102)	77,41	(100)	35,24	(101)
Karb 548	33,24	(100)	67,84	(103)	74,44	(104)	117,91	(106)	77,75	(101)	35,47	(101)
Karb 822	33,31	(101)	68,38	(103)	74,37	(104)	116,66	(105)	77,98	(101)	35,62	(102)
Karb 1096	33,36	(101)	69,11	(105)	75,27	(105)	119,00	(107)	78,26	(102)	35,81	(102)
Karb 1370	33,41	(101)	69,82	(106)	76,17	(106)	121,38	(109)	78,54	(102)	36,01	(103)
Karb 1644	33,46	(101)	70,54	(107)	77,04	(108)	123,77	(111)	78,82	(102)	36,20	(103)
Karb 1919	33,52	(101)	71,26	(108)	77,89	(109)	126,07	(113)	79,10	(103)	36,40	(104)
Karb 2193	33,57	(101)	71,98	(109)	78,72	(110)	128,28	(115)	79,39	(103)	36,61	(105)
Karb 2467	33,63	(101)	72,71	(110)	79,53	(111)	130,37	(117)	79,68	(103)	36,81	(105)
Karb 2741	33,69	(102)	73,46	(111)	80,28	(112)	132,31	(119)	79,97	(104)	37,02	(106)

Kilde: NIBIO (2018a)

Endringene i forbrukerprisene gir et noe lavere matvareforbruk samlet sett (regnet på energibasis) og vrir forbruket i retning av et mer plante- og fiskbasert kosthold. Selve retningsendringen skyldes at forbrukerne etterspør mindre av en vare når prisene øker. Styrken av denne endringen må likevel sies å være beskjedent. Matvareforbruket går tilbake med 2 % fra referansebanen til alternativet med høyest karbonavgift (Karb 2741). Andelen plantebasert kost og fisk i det samlede kostholdet øker minimalt fra 75,5 % til 75,8 %. Årsaken til at andelen plantebasert kost ikke øker mer skyldes først og fremst en nedgang i forbruket av ris og sukker med 9 % fra referansebanen til Karb 2741. Forbruket av rødt kjøtt går tilbake med 10 % og meierivarer synker med 3 %. Forbruket av hvit kjøtt går tilbake med 1 %. Substitusjonseffekten mellom de ulike matvarene styres av egen- og krysspriselastisitetene i CAPRI. Det er i utgangspunkt forutsatt svenske substitusjonselastisiteter som i neste omgang er kalibrert for å sikre beregning av velferd i tråd med økonomisk teori.

Tabell 29. Matvareforbruk ved ulike nivåer av karbonavgift (kcal per capita og dag)

	Alle matva- rer	Korn, olje- vekst.	Potet, belg- frukt.	Frukt, grønt	Ris, sukker	Oljer	Kaffe, te, sjo- kolade	Rødt kjøtt	Hvit kjøtt	Egg	Mei- eri- varer	Fisk, sjø- mat
Referansebane	3 157	782	59	460	353	515	79	97	270	43	363	135
Karb 55	3 153	782	59	460	350	515	79	97	270	43	363	135
Karb 110	3 151	782	59	460	348	515	79	96	270	43	362	135
Karb 274	3 144	781	59	460	343	515	79	96	270	43	362	135
Karb 548	3 135	780	59	460	338	515	79	95	269	43	361	136
Karb 822	3 128	778	59	461	334	515	79	94	269	43	360	136
Karb 1096	3 121	777	59	461	331	515	79	93	269	43	358	136
Karb 1370	3 116	777	59	461	328	515	79	92	269	43	357	136
Karb 1644	3 112	776	59	461	326	516	79	91	268	43	356	136
Karb 1919	3 109	775	59	461	325	516	79	90	268	43	355	136
Karb 2193	3 105	775	59	462	324	516	80	89	268	43	354	136
Karb 2467	3 102	774	59	462	323	516	80	88	267	43	353	136
Karb 2741	3 099	774	59	462	322	516	80	87	267	43	353	137

Kilde: NIBIO (2018a)

Siden effekten av prisøkningen er større enn effekten av produksjonsreduksjonen, øker jordbruksinntektene (definert som markedsinntekter og budsjettstøtte fratrukket kostnader for ikke-varige innsatsfaktorer – eller vederlag til arbeid og kapital). Dette resultatet er konsistent med effekten i EU-landene. Nedgangen i produksjonen resulterer i lavere budsjettstøtte, men netto-effekten på inntektene i jordbruket er positiv. Selve karbonavgiften forutsettes tilbakeført til bonden og inngår derfor ikke i beregningen av jordbruksinntektene og samlet velferd. Forbrukervelferd og samlet velferd er stabil i alle scenariene.

Tabell 30. Velferd i jordbrukssektoren ved ulike nivåer av karbonavgift (kr per kg og relativ til referansebanen i parentes)

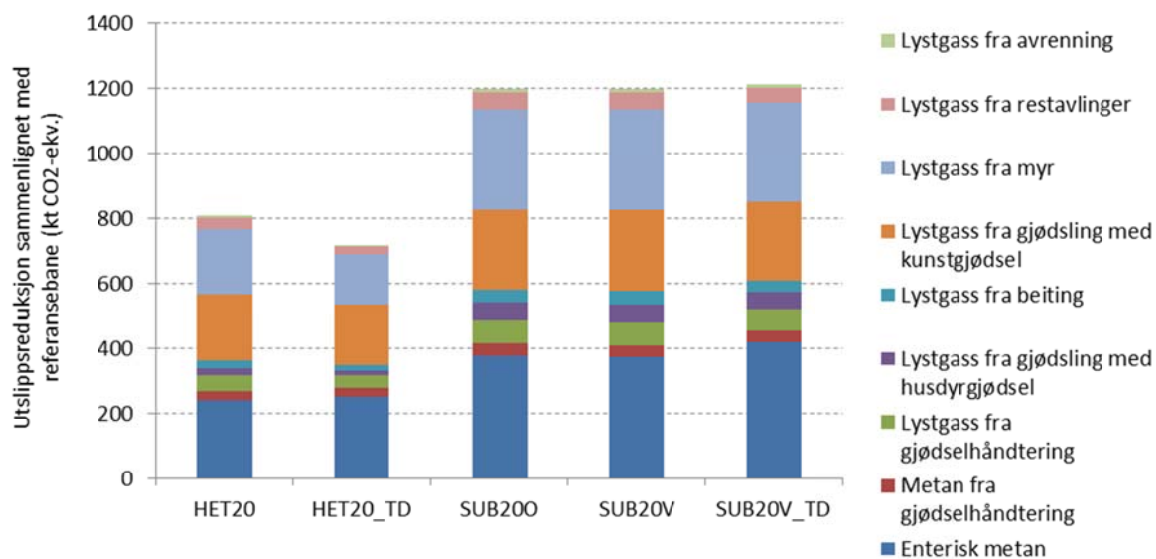
	Konsumentoverskudd		Jordbruksinntekt		... derav budsjettstøtte		Samlet velferd	
Referansebane	44 426.06	(100)	7 315.87	(100)	7 678.30	(100)	59 420.23	(100)
Karb 55	44 404.50	(100)	7 366.08	(101)	7 641.90	(100)	59 412.48	(100)
Karb 110	44 385.06	(100)	7 406.69	(101)	7 606.55	(99)	59 398.30	(100)
Karb 274	44 330.37	(100)	7 466.72	(102)	7 503.11	(98)	59 300.20	(100)
Karb 548	44 200.46	(100)	7 482.72	(102)	7 267.35	(95)	58 950.54	(99)
Karb 822	44 160.96	(99)	7 938.12	(109)	7 197.03	(94)	59 296.11	(100)
Karb 1096	44 073.81	(99)	8 246.68	(113)	7 066.35	(92)	59 386.83	(100)
Karb 1370	43 987.31	(99)	8 551.50	(117)	6 941.81	(90)	59 480.62	(100)
Karb 1644	43 900.93	(99)	8 855.51	(121)	6 826.31	(89)	59 582.75	(100)
Karb 1919	43 814.93	(99)	9 150.19	(125)	6 710.38	(87)	59 675.50	(100)
Karb 2193	43 729.75	(99)	9 433.86	(129)	6 592.75	(86)	59 756.35	(101)
Karb 2467	43 644.81	(98)	9 703.82	(133)	6 473.53	(84)	59 822.16	(101)
Karb 2741	43 561.37	(98)	9 957.78	(136)	6 355.56	(83)	59 874.71	(101)

Kilde: NIBIO (2018a)

2.4.2 Tilskudd til klimatiltak

Tilskudd til klimatiltak er et alternativ til en karbonavgift for å redusere utslipp av klimagasser fra jordbruket. I dette kapitlet presenteres resultater fra fem scenarier der to av disse (HET20 og HET20_TD) har et krav om utslippsreduksjon på 20 % uten tilskudd og tre av disse (SUB20O, SUB20V og SUB20V_TD) har krav om utslippsreduksjon på 30 % og der jordbruket får kompensert 80 % av implementeringskostnaden gjennom statlige tilskudd. I de to første scenariene er det kun satt et eksogent krav til utslippskutt og jordbruket velger selv uten andre insentiver hvordan kuttene skal foretas.

Figur 6 viser at det er særlig tre hovedkilder til utslippsreduksjon i de fem scenariene: Enterisk metan, lystgass fra gjødsling med kunstgjødsel og lystgass fra myr. I scenariene med tilskudd, står kutt i enterisk metan for en tredjedel av samlet utslippsreduksjon og lystgass fra myr for en fjerdedel.



Figur 6. Reduksjon i klimagassutslipp fra norsk jordbruk for scenarier med tilskudd til klimatiltak etter utslippsskilde i 2030 sammenlignet med 2012 basert på CAPRI (kt CO₂-ekv.)

Tabell 31 viser produksjonsmengder og jordbruksareal. Produksjonen går ned i alle scenarier og for alle produkter sammenlignet med referansebanen. Nedgangen er størst for rødt kjøtt (storfe og sau) med opp til 15 %. Også kornarealet går ned med opp til 10 % i de tre scenariene med tilskudd. Jordbruksarealet reduseres med opp til 9 % som skyldes implementering av tiltaket «Restaurering av myr».

Tabell 31. Produksjonsmengder og jordbruksareal i norsk jordbruk ved ulike kriterier for tilskudd til klimatiltak (mill. kg og 1 000 daa med relativ endring fra referansebanen i parentes)

	Korn, oljefrø	Kumelk	Storfe, sau	Gris, fjørfe	Egg	Jordbruksareal
Referansebane	1 075 (100)	1 328 (100)	118 (100)	349 (100)	78 (100)	9 704 (100)
HET20	1 008 (94)	1 310 (99)	107 (90)	338 (97)	76 (98)	9 168 (95)
HET20_TD	1 031 (96)	1 315 (99)	111 (93)	341 (98)	77 (99)	9 306 (96)
SUB800	970 (90)	1 309 (99)	98 (83)	331 (95)	75 (96)	8 867 (91)
SUB80V	980 (91)	1 310 (99)	98 (83)	331 (95)	75 (96)	8 883 (92)
SUB80V_TD	977 (91)	1 311 (99)	99 (84)	332 (95)	75 (97)	8 926 (92)

Kilde: NIBIO (2018a)

Restaurering av myr og økt andel belgfrukter i grovfôrproduksjonen er de to mest sentrale tiltakene rettet mot planteproduksjon. Begge tiltakene blir utnyttet fullt ut i alle scenariene med unntakt av HET20_TD der raskere teknologisk utvikling er forutsett. Disse tiltakene, vaksinerings av storfe og nitrat i fôr, tas i bruk og deres tilgjengelighet fører til at de andre klimatiltakene utnyttes i noe mindre grad. Presisjonsjordbruk har også en høy utnyttelsesprosent, mens både bedre timing av gjødsling og tilpasset gjødsling utnyttes lite. Innen husdyrproduksjon er biogass den dominerende teknologien for å redusere utslipp. Linfrø i fôr til storfe og avling for bedre fôreffektivitet hos både drøvtyggere og enmagede husdyr er andre tiltak med høy utnyttelse.

Tabell 32. Utnyttelse av klimatiltak ved ulike kriterier for tilskudd til klimatiltak (faktisk implementeringsgrad i % av maksimal implementeringsgrad)

		Bedre timing gjødsling	Presisjonsjordbruk	Nitrifikasjonshemmere	Tilpasset gjødsling	Restaurering av myr	Økt andel belgfrukter	
Jordbruksareal	HET20	0	43	94	0	100	10	
	HET20_TD	8	34	89	0	50	5	
	SUB80O_20	0	69	54	30	100	100	
	SUB80V_20	0	75	63	5	100	100	
	SUB80V_20TD	0	73	28	12	100	100	
		Melkeytelse	Fôreffektivitet	Vaksinering	Lav proteinfôr.	Linfrø i fôr	Nitrat i fôr	Bio-gass
Storfe	HET20	12	51	0	6	50	0	83
	HET20_TD	6	43	37	0	54	32	78
	SUB80O_20	53	70	0	41	88	0	100
	SUB80V_20	54	70	0	41	88	0	100
	SUB80V_20TD	31	65	72	38	88	42	100
Andre husdyr	HET20	0	33	0	0	0	0	100
	HET20_TD	0	33	0	0	0	0	100
	SUB80O_20	0	50	0	48	0	0	100
	SUB80V_20	0	50	0	48	0	0	100
	SUB80V_20TD	0	50	0	47	0	0	100

Kilde: NIBIO (2018a)

Samlet velferd i jordbrukssektoren er lite påvirket av innføringen av tilskudd for klimatiltak, og øker svakt med 3 % sammenlignet med referansebanen. Konsumentoverskuddet endres ikke og jordbruksinntektene øker betydelig med til dels over 30 %. Det samlede beløp for tilskudd til klimatiltak er rundt 900 mill. kr.

Tabell 33. Velferd i jordbrukssektoren ved ulike kriterier for tilskudd til klimatiltak (kr per kg og relativ til referansebanen i parentes)

	Konsumentoverskudd	Jordbruksinntekt	... derav budsjettstøtte	... derav klimatiltak	Samlet velferd
Referansebane	44 426.06 (100)	7 315.87 (100)	7 678.30 (100)		59 420.23 (100)
HET20	44 104.15 (99)	8 379.77 (115)	7 086.79 (92)		59 570.71 (100)
HET20_TD	44 234.72 (99)	8 038.27 (110)	7 269.38 (95)		59 542.37 (100)
SUBS80O	43 862.09 (99)	9 742.03 (133)	7 522.08 (98)	872.27	61 126.19 (103)
SUBS80V	43 874.12 (99)	9 711.88 (133)	7 536.66 (98)	864.33	61 122.66 (103)
SUBS80V_TD	43 969.75 (99)	9 523.81 (130)	7 615.54 (99)	888.36	61 109.10 (103)

Kilde: NIBIO (2018a)

Fordelingen av tilskuddene på de ulike aktivitetene i jordbruket går frem av tabell 34. En fjerdedel av tilskuddene går til brakklagt jord, det vil si areal innenfor tiltaket «Restaurering av myr».

Tabell 34. Fordeling av tilskudd til klimatiltak på aktiviteter (kr per dyr eller daa og andel av sum tilskudd i parentes)

	SUB800	SUB80V	SUB80V_TD
Korn	26.2 (3.0)	22.9 (2.7)	23.4 (2.6)
Oljefrø	1.4 (0.2)	1.3 (0.1)	1.7 (0.2)
Andre vekster på åker	1.8 (0.2)	1.5 (0.2)	1.6 (0.2)
Frukt og grønt	1.1 (0.1)	0.9 (0.1)	0.9 (0.1)
Grovfôr	123.6 (14.2)	119.1 (13.8)	137.0 (15.4)
Brakklagt jord	233.7 (26.8)	233.7 (27.0)	213.2 (24.0)
Kjøttproduserende storfe	25.5 (2.9)	25.7 (3.0)	35.5 (4.0)
Melkproduserende store	188.2 (21.6)	188.1 (21.8)	206.8 (23.3)
Andre husdyr	270.9 (31.1)	271.1 (31.4)	268.3 (30.2)
Sum	872.3	864.3	888.4

Kilde: NIBIO (2018a)

Over halvparten av tilskuddene går til husdyrproduksjon og da er tilskudd til grovfôr ikke medregnet.

3 Jordmod

3.1 Oversikt

Jordmod er en modell som benyttes til å analysere effekter for jordbruket av endringer i jordbrukets rammebetingelser (Mittenzwei og Gaasland 2008). Modellen ble først utviklet ved økonomimiljøet rundt Handelshøyskolen i Bergen. Senere har den blitt forbedret og videreutviklet av både Stiftelsen for Samfunns- og Næringslivsforskning (SNF) og Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF). Fordelen ved modellen er at den bruker en konsistent analyseramme forankret i økonomisk teori. Det betyr blant annet at alle resultater kan forklares ut fra modellens teoretiske forutsetninger og modellens empiriske data. Jordmod kan brukes til å synliggjøre hvordan politikkenringer og endringer i jordbrukets rammebetingelser vil kunne påvirke aktivitetsnivået i sektoren. Men modellen er ingen prognosemodell og flere av modellens egenskaper gjør at resultater bør tolkes med forsiktighet.

Jordmod er en partiell likevektsmodell for det norske jordbruket og omfatter de viktigste jordbruksproduktene som korn, melk, kjøtt, egg og hagebruksprodukter. En typisk simulering i modellen foregår ved å endre modellens eksogene rammebetingelser, for eksempel tilskudd eller verdensmarkedspriser. Modellen vil da beregne likevektspriser og -mengder ut fra gitte produktfunksjoner, etterspørselsfunksjoner samt økonomiske og politiske rammevilkår for øvrig. Prisene og mengdene sammenlignes med priser og mengder i en situasjon uten endring i eksogene rammebetingelser (også kalt 'referansebane'). Avviket mellom situasjonen med endring og situasjonen uten endring tolkes som den effekten endringen har for jordbrukssektoren.

Modellen inneholder ikke informasjon om prosessen fra en likevekt til en annen. Modellen tar heller ikke utgangspunkt i eksisterende struktur i primærjordbruket eller foredlingsindustrien når den skal beregne en ny likevekt. Isteden forutsetter den full mobilitet til og fra jordbrukssektoren av både arbeidskraft og kapital. Modellen tolkes derfor som en langsiktig modell. Modellen egner seg spesielt til å studere sammenhenger mellom anvendelse av ulike virkemidler og aktivitetsnivået i den norske jordbrukssektoren. Når Jordmod brukes til å belyse slike sammenhenger, er det først og fremst retning og styrke av resultatene i en simulering sammenlignet med referansebanen man bør legge vekt på og ikke tallene i seg selv.

Verdensmarkedsprisene er eksogene variabler i modellen. Det betyr at innenlandske produsenter og forbrukere ikke kan påvirke prisene på verdensmarkedet gjennom egen adferd.

Verdensmarkedsprisene definerer sammen med importvernet en øvre prisgrense i modellen. Den innenlandske prisen kan ikke bli høyere enn verdensmarkedsprisen pluss toll, for da vil det føre til at norskproduserte matvarer erstattes med import. I dette ligger en forutsetning om homogene varer, altså at norske forbrukere ikke skiller mellom importerte varer og norsk produserte varer.

Det antas i Jordmod at næringsdrivende i sektoren maksimerer profitt, og at de ikke har preferanser for bestemte driftsformer eller produksjoner. Dette kan medvirke til at små endringer i relativ lønnsomhet mellom produksjoner og regioner, fører til store endringer i den regionale fordelingen av produksjon og faktorinnsats. Det forutsettes at brukerne ikke kan påvirke prisene i markedene for innsatsfaktorer, herunder arbeidskraft, kapital og areal. For areal er det lagt inn et krav til en regional differensiert avkastning på mellom 0 og 150 kroner pr dekar (daa). Jordbruksareal som ikke oppnår en slik avkastning forutsettes å gå ut av drift. Dersom lønnsomheten på brukene i en region overstiger denne avkastningen, vil modellen beregne en grunnrente som kommer i tillegg til minimum-avkastningen. Prisene på arbeidskraft og kapital bestemmes utenfor modellen. Arbeidskraft, også gårdbrukerens egen arbeidskraft, som ikke får tilfredsstillt arbeidsmarkedets gitte krav til arbeidsvederlag, trekker seg ut av jordbruket. På samme måte forutsettes at kapital som ikke oppnår en gitt forrentning i jordbruket, forlater sektoren. Det er imidlertid viktig at krav til arbeidsvederlag i

utgangspunktet er satt lik observert avkastning av gårdbrukernes arbeidskraft, altså betydelig lavere enn arbeidsvederlaget i arbeidsmarkedet utenfor jordbruket. Avkastningen er differensiert mellom produksjoner og størrelse. Større bruk har et høyere avkastningskrav per time enn mindre bruk. Bruk med melkeproduksjon har høyere avkastningskrav per time enn for eksempel bruk med korn, sau eller ammekyr.

Det totale tilbudet av jordbruksprodukter består av innenlandsk produksjon og import. Innenlandsk produksjon og import forutsettes å være perfekte substitutter, det vil si at det ikke er lagt inn en prispreferanse for norske varer. Modellen tar ikke høyde for at norske produsenter kan ta høyere priser dersom de klarer å skape økt betalingsvilje for norskproduserte matvarer. Importen begrenses av importvernet. Tollsatsene tas for gitt, dvs. det tas i modellen ikke hensyn til at økende priser innenlands kan føre til redusert toll. Et unntak er korn der tollsatsene justeres i takt med prisene på verdensmarkedet. Dette for å reflektere markedsordningen for korn. Modellen vil derfor vise at norske priser går opp dersom tilbudt volum synker som følge av økte kostnader eller redusert støtte. Prisøkninger vil skje innenfor tollvernets handlingsrom, men modellen tar ikke hensyn til administrative tollnedsettelse hvis for eksempel markedsprisen når en øvre prisgrense.

Innenlandsk produksjon fremkommer i ulike produksjonsprosesser eller driftsformer. Primærjordbruket er representert gjennom i alt 11 ulike driftsformer (korn, potet, grønnsaker og blomster, frukt, kumelk, geitemelk, ammekyr, sau, gris, høner og slaktekyllinger). Det empiriske grunnlaget bygger blant annet på NIBIOs driftsgranskinger som består av regnskap fra faktiske gårdsbruk. For produksjonsomfang som ikke er vanlig i norsk jordbruk i dag, er dette materialet supplert med utenlandske tall. Totalt er variasjoner i driftsformer, produksjonsskala og geografisk lokalisering representert ved mer enn 760 modellbruk. Kostnadene varierer mellom regionene som følge av variasjoner i avlingsnivå. For øvrig er kostnadene ikke geografisk differensiert. I den grad det eksisterer regionale kostnadsforskjeller utover avlingsnivå (for eksempel på grunn av et regionalt arbeidsmarked eller naturlige forhold), kan det føre til at lønnsomheten i distriktene overvurderes, mens lønnsomheten i sentrale strøk undervurderes.

Innenlandsk produksjon finner til en hver tid sted på de modellbrukene som er mest lønnsomme under de gitte rammevilkårene. Måten støtteordningene er utformet på, påvirker i liten grad modellbrukenes driftsmåte (det vil si faktorintensitet). Unntakene er melkeproduksjon der ytelsen er basert på kombinasjonen av grovfôr og kraftfôr (Flaten 2001), og korn- og grasproduksjonen der avlingen er avhengig av nitrogengjødsling. I tillegg er det modellert stordriftsfordeler for arbeid og kapital. Disse er begrenset opp til en maksimal bruksstørrelse i modellen. Det er tillatt med 2,5 årsverk fra familien per jordbruksbedrift. Utover dette kan arbeidskraft kjøpes til tarifflønn.

De viktigste typer direkte tilskudd er modellert med satser og satsgrenser (trinn) fra utbetalingsåret 2011. Modellen skiller mellom grunntilskudd og distriktstilskudd, areal- og kulturlandskapstilskudd, husdyrtilskudd, avløsertilskudd, tilskudd til beite og utmark samt verdien av jordbruksfradraget. Andre tilskudd, slik som støtte til økologisk jordbruk og investeringsmidler (LUF), er modellert gjennom flate nasjonale satser per areal- og dyreenhet. For modellbrukene spiller det liten rolle om støtten gis som produksjonsavhengig eller produksjonsuavhengig tilskudd siden det er et fast forhold mellom produksjon og innsatsfaktorer med de unntak som er nevnt over.

Næringsmiddelindustrien er i Jordmod modellert på første foredlingsledd etter førstehåndsomsetningsnivå (for eksempel slaktning i kjøttforedlingen). Foredlingsmarginene for meieriprodukter og kjøttvarer beregnes ut fra primærproduksjon, dens geografiske fordeling samt antall og størrelse av foredlingsbedrifter. Det er egne moduler i Jordmod som minimerer foredlingskostnadene ut fra produksjonsmengden, stordriftsfordeler på industriledet samt transportkostnader mellom gårdsbruk og foredlingsbedrift. Foredlingsmarginene for produkter utenom meieriprodukter og kjøttvarer holdes uendret i alle simuleringer.

Markedene for førstehåndsomsetning er modellert med frikonkurranse. Det forutsettes med andre ord perfekte markeder og fri prisdannelse.

Landet er delt inn i 32 produksjonsregioner som hver har begrenset tilgang på areal. Inndelingen er gjort for å ta hensyn til topografiske og klimatiske forskjeller som eksisterer mellom landsdelene. Regioninndelingen bygger på kommuner som minste enhet og følger tre regionale inndelinger: fylkesgrenser, soner for areal- og kulturlandskapstilskudd og de agronomiske sonene som brukes i NILFs driftsgranskinger. Dette gjør det mulig å aggregere resultater i Jordmod opp til disse tre regionale inndelingene.

Den totale etterspørselen etter sluttprodukter består av innenlandsk konsum og eksport. Konsumentenes etterspørsel etter et sluttprodukt er kun avhengig av produktets pris, ikke andre produkters priser. Forskning tilsier at konsumenter endrer sin etterspørsel etter et produkt dersom prisen på et annet produkt endres. Eksempelvis er det vanlig å anta at etterspørsel etter hvitt kjøtt øker dersom priser på rødt kjøtt går opp. Denne effekten er ikke eksplisitt hensyntatt i modellen, men den er relevant i denne analysen. Eksport av sluttprodukter skjer til verdensmarkedspriser, mens innenlandsk etterspørsel er representert ved lineære etterspørselsfunksjoner.

Modellen finner fram til en likevektsløsning ved å maksimere summen av produsent- og konsumentoverskudd inkludert budsjettstøtte til jordbruket. Grovt sett er konsumentoverskudd definert som verdidifferansen mellom konsumentenes maksimale betalingsvillighet for jordbruksprodukter og de faktiske utleggene. Generelt øker konsumentoverskuddet med fallende priser (reduksjon i faktiske utlegg) og økt forbruk (høyere verdi ved samme prisdifferanse). Produsentoverskudd er grovt sett vederlaget til de produksjonsfaktorene som ikke er avlønnet i kostnadsfunksjonen. Siden modellen forutsetter full avlønning av alle (variable og faste) produksjonsfaktorene, vil produsentoverskuddet i de fleste tilfeller være et lite beløp. Modellen genererer et produsentoverskudd dersom inntektene på et gitt bruk er høyere enn de samlede kostnadene. I dette tilfellet vises produsentoverskuddet i form av høyere arealverdier eller høyere verdi for melkekvote. Summen av produsent- og konsumentoverskuddet fratrukket budsjettstøtte kalles «samfunnsøkonomisk overskudd» og er et mål på velferdsnivået. Det er viktig å poengtere at velferdsnivået gjelder kun de produkter som omfattes av modellen. Velferdsnivået omfatter heller ikke den samlede verdien av de kollektive godene som jordbruket antas å produsere (som for eksempel kulturlandskap, matvareberedskap og levende bygder).

De viktigste endogene variablene i Jordmod er produserte mengder, innenlandsk konsum, import og eksport, priser, sysselsetting, arealbruk, kapitalinnsats, støtten til jordbruket⁷ og det samfunnsøkonomiske overskuddet.

Støtten til jordbruket kan deles i budsjettstøtte og «reell skjermingsstøtte».⁸ Budsjettstøtten består av overføringer til jordbruket over statsbudsjettet. Den «reelle skjermingsstøtten» betales av de innenlandske konsumentene i form av norske priser på jordbruksvarer som er høyere enn hva de ville ha vært ved fri import. Det samfunnsøkonomiske overskuddet er definert som summen av produsent- og konsumentoverskuddet med fradrag av netto overføringer til jordbrukssektoren. Jordmod er som tidligere nevnt en langsiktig likevektsmodell, og den beregnede likevekten må antas å ligge en del år fram i tid.

⁷ Modellen inneholder de viktigste støtteordninger som prisstøtte (grunntilskudd, distriktstilskudd og markedsordningen for korn), direkte støtteordninger (for eksempel areal- og kulturlandskapstilskuddet, produksjonstillegg husdyr og driftstilskott melkeproduksjon) og velferdsordninger (refusjon av utgifter til avløser for ferie og fritid).

⁸ Det er viktig å være klar over forskjellen i «beregnet skjermingsstøtte» og «reell skjermingsstøtte». «Beregnet skjermingsstøtte» brukes i WTO-sammenheng og inngår i beregningen av internstøtte (såkalt gul støtte) eller Aggregate Measurement of Support (AMS). «Beregnet skjermingsstøtte» er definert som prisdifferansen mellom *norske målpriser* og et *fast sett av verdensmarkedspriser* (for referanseperioden 1986–88) multiplisert med produksjonsmengden. Med «reell skjermingsstøtte» menes den reelle verdien av skjermingen definert som prisdifferansen mellom *faktisk norsk pris* og *faktisk verdensmarkedspris* multiplisert med produksjonsmengden.

Resultatene fra Jordmod må tolkes i lys av de begrensninger som kjennetegner modellen. Som nevnt over er det sterke begrensninger på modellbrukenes mulighet til å substituere mellom innsatsfaktorer. Beregninger av modellbrukenes faktorbruk og kostnadsnivå er gjort med utgangspunkt i dagens situasjon på norske gårdsbruk. Datagrunnlaget for storskaladrift blir nødvendigvis noe mangelfullt. Følgelig får vi et ekstrapoleringsproblem når vi anvender våre økonometriske beregninger til å anslå faktorbruk og kostnadsnivå for bruk som drives med produksjonsskala utenfor vårt observasjonsmateriale. En del av usikkerheten blir redusert ved at vi har benyttet observasjoner gjort i Danmark og Tyskland av bruk som produserer med relativt stor skala.

Jordmod forutsetter samme teknologi (dvs. forhold mellom innsatsfaktorer og produksjon) i alle scenarier med unntak av avlingsnivå i korn- og grasproduksjon samt melkeytelse. Dette kan føre til at modellen undervurderer den enkelte bondes tilpasningsmuligheter. I virkeligheten vil bonden kunne tilpasse sin faktorinnsats ved endrede produsentpriser

Dagens virkemiddelsystem, som kompenserer for ugunstige naturgitte forhold og motvirker stordriftsfordeler, bidrar til å redusere forskjellene i enhetskostnader mellom bruk med samme produksjon. Det gjør at den implisitte tilbudsfunksjonen blir relativt flat. Det fører videre til at små endringer i likevektsprisene kan gi store utslag i tilbudet av en vare.

Modellens resultater forventes derfor å være mer ytterliggående enn den tilpasningen som trolig vil skje i virkeligheten, og det kan slå begge veier. Der modellen viser stor (liten) produksjon kan det i virkeligheten være mindre (større) produksjon. Derfor bør resultatene tolkes med forsiktighet. Særlig resultater på detaljert nivå, som endringer i aktivitetsnivå i små regioner, har liten utsagnskraft.

Enhver modell er en forenkling av en kompleks heterogen virkelighet, og Jordmod er ikke noe unntak i så måte. Modellens styrke ligger i dens evne til å belyse grunnleggende sammenhenger mellom ulike virkemidler og aktivitetsnivå. I slike analyser står retning og styrke av effektene av en politikkomlegging i sentrum.

Modellen er kalibrert til basisåret «2014», som er definert som et uveid gjennomsnitt for årene 2013-2015 med satser for tilskudd gjeldende kalenderåret 2014. Modellens egenskaper beskrevet over, medfører at Jordmod ikke «treffer» verdiene i basisåret, men at det vil være avvik mellom modellens beskrivelse av «2014» og den observerte situasjonen når det gjelder omfang av aktiviteter (dyr og dekar), produserte mengder, omfang av innsatsfaktorer og priser. Usikkerheten ved parameterverdiene i modellen, gir grunn til å justere disse med sikte på å oppnå større overenstemmelse mellom modellen og virkeligheten.

Viktige parametere som brukes til å justere modellen er alternativkostnaden til arbeidskraft, mengde arbeid, mengde kapital og foredlingskostnadene i førstehåndsomsetning. Jordmod har imidlertid ingen mekanisme som automatisk kalibrerer modellen mot observert virkelighet. Siden modellen uten slike mekanismer *ikke* skal reflektere den observerte virkeligheten, må det utøves skjønn i hvor langt en skal gå i å tilpasse resultatene til observert virkelighet.

I tabell 35 er det satt opp en sammenligning av resultater fra basisløsningen i Jordmod og tilsvarende tall fra Totalkalkylen for jordbruket fra Budsjettnemnda for jordbruket (BFJ). Modellen beregner et vederlag til arbeid og kapital på 280 179 kr per årsverk. Den treffer bra på inntekter, kostnader og tilskudd samlet. Innenfor disse tre hovedkategoriene er det til dels større forskjeller mellom modellen og Totalkalkylen. Det gjelder eksempelvis produsentprisen for sauekjøtt, der den registrerte prisen er lavere enn prisen i modellen.

Tabell 35. Sektorregnskap for basisløsningen «2014» i Jordmod og Totalkalkylen for jordbruket (verdier i mill. kr, mengder i mill. kg, priser i kr per kg eller årsverk, arbeid i årsverk)

	Jordmod			Totalkalkylen		
	Verdi	Mengde	Pris	Verdi	Mengde	Pris
Vederlag til arbeid og kapital	20 487		280 179	20 676		298 616
Arbeid	9 066	41,225			46 240	
Avskrivninger	5 866			6 868		
Vederlag kapital	1 234					
Vederlag jord	1 250		127			
Grunnrente areal	1 500		153			
Kvoterente melk	1 570		1,03			
Markedsinntekter ¹⁾	26 831			27 041		
Korn, oljefrø	2 810	1 064	2,64	2 778	1 073	2,59
Poteter	705	248	2,84	689	250	2,75
Hagebruk	4 121	454	9,08	4 144	422	9,83
Kumelk	7 703	1 527	5,05	7 793	1 530	5,09
Geitmelk	106	19	5,44	99	20	5,08
Storfe	4 013	81	49,68	3 950	81	48,92
Sau/Geit	1 145	24	48,09	1 268	24	52,22
Gris	3 227	132	24,51	3 307	129	25,57
Fjørfe	2 023	101	20,00	2 052	101	20,25
Egg	979	63	15,55	963	64	14,98
Driftskostnader	19 359			19 286		
Kraftfôr, såkorn	7 366	1 936	3,81	7 388	1 942	3,80
Plantevern	513	513	1,00	523	523	1,00
Handelsgjødsel, kalk ²⁾	1 707	351	4,87	1 620	339	4,77
Veterinær, inseminering	1 034	1 034	1,00	1 114	1 114	1,00
Vedlikehold	1 967	1 967	1,00	1 906	1 906	1,00
Energi	2 944	5 167	0,57	2 945	5 179	0,57
Andre kostnader	3 829	3 829	1,00	3 790	3 790	1,00
Tilskudd	13 014			12 920		
Driftstilskudd	1 368			1 373		
Avløsertilskudd	1 392			1 352		
Tilskudd til beite	686			787		
Husdyrtilskudd	2 549			2 504		
Grunn- og distriktstilskudd	1 524			1 509		
Areal- og kulturlandskapstilskudd	3 469			3 363		
Jordbruksfradrag	1 554			1 497		
Andre tilskudd ³⁾	2 026			2 032		

1) Totalkalkylen korrigerert for inntekter (f.eks. pelsdyr, kjøreinntekter) og kostnader (f.eks. pelsdyrfôr)

2) Prisforskjellen skyldes at BFJ har kilo handelsgjødsel som enhet, mens Jordmod regner på kilo næringsstoff.

3) Blant annet investeringstilskudd

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), Totalkalkylen: BFJ (div.)

Tabell 36 viser at totalarealet er rimelig bra fordelt mellom landsdelene i modellen, siden omtrent alt tilgjengelig areal må tas i bruk for å produsere de observerte mengdene. Når det gjelder planteproduksjon er det godt samsvar, både med tanke på nasjonal produksjon og regional fordeling. Den regionale fordelingen av melkekyr og geiter er i stor grad bestemt av produksjonskvotene for melk. Den regionale fordelingen av sauehold viser avvik. På Vestlandet er det ikke sauehold i

modellen, mens den er av betydning på Vestlandet ifølge produksjonstilskudsregistret. Det impliserer at en større andel sauehold enn i virkeligheten foregår i strøk med alternative produksjonsformer (for eksempel korn). Ved redusert lønnsomhet i sauehold kan det føre til at modellen isolert sett overvurderer overgang fra sauehold til slike produksjonsformer.

Tabell 36. Omfang av husdyr og jordbruksareal per landsdel¹⁾ i Jordmod og i Landbruksdirektoratets produksjonstilleggsregister (1 000 dyr eller daa)

	Jordmod						Produksjonstilskudsregister					
	Sum	Øst	Sør	Vest	Midt	Nord	Sum	Øst	Sør	Vest	Midt	Nord
Areal	9 825	4 499	1 589	898	2 217	622	9 748	4 638	1 302	809	2 132	868
Korn og oljefrø	2 847	1 973	153	-	721	-	2 893	2 382	30	0	479	3
Poteter	114	114	-	-	-	-	122	90	10	1	17	5
Hagebruk	109	78	7	8	16	1	112	77	13	12	10	1
Grovfôr	6 756	2 335	1 429	890	1 480	621	6 621	2 089	1 249	796	1 627	860
- fulldyrket	5 013	1 907	891	477	1 225	513	4 865	1 677	716	423	1 346	703
- overflate- dyrket	198	36	43	82	22	16	195	39	32	76	26	22
- innmarks- beite	1 545	393	496	331	233	92	1 561	373	502	297	255	134
Melkekyr	229	59	50	26	71	23	228	60	48	27	70	23
Ammekyr	69	37	7	14	10	1	73	34	13	4	15	6
Ungdyr av storfe	570	189	112	77	157	35	575	181	117	59	163	55
Purker	52	31	2	-	16	4	51	22	15	2	10	3
Slaktegriser	1 603	952	48	-	477	126	1 575	673	447	53	318	84
Søyer	841	551	291	-	-	-	877	222	217	159	146	132
Geiter	39	8	4	9	5	11	39	10	2	9	5	11
Høner²⁾	4.1	1.9	1.4	-	0.8	-	4.2	1.7	1.3	0.2	1.0	0.1
Kyllinger²⁾	72	36	17	3	17	0	72	36	12	2	23	0

1) Landsdeler: Øst: Østfold, Vestfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud; Sør: Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland; Vest: Hordaland, Sogn og Fjordane; Midt: Møre og Romsdal, Trøndelag; Nord: Nordland, Troms og Finnmark

2) mill dyr

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), Produksjonstilskudsregister: Landbruksdirektoratet (div.)

De kraftfôrkrevende produksjonene hvitt kjøtt og egg er mindre arealavhengige, og lokaliseringen av denne produksjonen kan derfor være følsom for små forskjeller i lønnsomhet. Det settes krav til spredeareal. Kravet overholdes innenfor en region og ikke på selve bruket, da kraftfôrkrevende produksjoner er definert uten areal i modellen. For å dempe sentraliseringen av de kraftfôrkrevende produksjoner, er det satt som krav at produksjonens omfang i en region ikke kan overstige det observerte omfanget i den enkelte region. Dette kan isolert sett bidra til at mulighetene for substitusjon fra rødt til hvitt kjøtt undervurderes.

3.2 Utslipp av klimagasser

Jordbrukets utslipp av klimagasser stammer i all hovedsak fra metan og lystgass. En mindre andel utslipp er relatert til karbondioksid. Jordmod inneholder de fleste utslippskilder knyttet til metan, lystgass og karbondioksid og følger så langt som mulig beregningsmetoden i Norges klimagassregnskap for IPCC (NIR 2018).

3.2.1 Metan

Beskrivelse av utslipp av metan med aktivitetsdata og utslippskoeffisienter

3.2.1.1 Fordøyelse

Med unntak av melkekyr beregnes metanutslipp fra fordøyelse ved hjelp av en fast utslippskoeffisient per dyr (tabell 37). Årsaken er delvis at utslippsregnskapet angir en fast koeffisient og delvis at Jordmod med unntak av melkekyr forutsetter samme koeffisienter når det gjelder fôring, slaktevekt og levetid slik at utslippskoeffisienten også ville forblitt uendret.

Tabell 37. Utslippskoeffisienter for metan fra fordøyelse

Aktivitet	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
Ammeku	kg CH ₄ per dyr	86,00	109,96
Okse til slakt	kg CH ₄ per dyr	49,86	54,72
Kvige til slakt	kg CH ₄ per dyr	49,86	54,72
Kvige til oppdrett	kg CH ₄ per dyr	49,86	54,72
Slaktegris	kg CH ₄ per plass	1,50	1,50
Purke	kg CH ₄ per dyr	1,81	1,50
Voksen sau	kg CH ₄ per dyr	14,08	11,93
Lam	kg CH ₄ per dyr ¹⁾	1,75	11,93
Geit	kg CH ₄ per dyr	13,00	13,00
Høne	kg CH ₄ per 1 000 dyr	20,00	20,00
Slaktekylling	kg CH ₄ per 1 000 dyr	3,60	3,60

1) Antall dyr. I NIR omregnes lam til årsdyr med en levetid på 143 dager per år.

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.As1

Koeffisienten for ammekyr er endret fra 109,96 kg CH₄ per dyr i utslippsregnskapet for 2014 til 86 kg CH₄ per dyr etter en ny gjennomgang av metoden for å beregne metanutslipp hos ammekyr (NIR 2018). Koeffisienten okser og kviger korrigeres med faktor hhv. 18,1/12 og 22,8/12 for å ta hensyn til dyrenes levetid i måneder siden utslipp regnskapsføres ved slaktetidspunkt. Koeffisientene for kalver er hhv. 7,52 og 8,18 for okse- og kvigekalver. Koeffisienten for slaktegris gjelder per plass og multipliseres i Jordmod med 0,29 for å omregne til utslipp per slaktegris. Koeffisienten for purker inkluderer ungpurker som ikke er en egen aktivitet i Jordmod. Koeffisienten for lam korrigeres for 143 dager levetid. Utslippsberegningen for melkekyr er basert på NIR (2016), men oppdatert med tall fra klimagasskalkulatoren per august 2017 (Grønlund 2017):

$$GE = 137,9 + 0,0249 * MELK + 0,2806 * FDRM / (FDRM + FGRV)$$

$$YM = 7,15 - 0,00004 * MELK - 0,00988 * FDRM / (FDRM + FGRV)$$

$$CH_4E = GE * ((YM/100)/55.65)*365$$

der variablene er definert i tabell 38.

Tabell 38. Variable for beregning av utslipp av metan fra fordøyelse fra melkekyr

Kode	Variable	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
GE	Brutto energiinntak	MJ per dyr og dag	321,81	342,08
YM	CH4 omregningsrate	%	6,85	6,42
MELK	Brutto melkeytelse	kg per ku og dag	20,22	21,13
FDRM	Kraftfôrinntak	FEm per ku	2 937	
FGRV	Grovfôrinntak	FEm per ku	3 887	
CH ₄ E	Metanutslipp fra fordøyelse	kg CH ₄ per ku	144,10	143,96

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.As1 og tabell 3.As2

3.2.1.2 Håndtering av husdyrgjødsel

Med unntak av melkekyr beregnes metanutslipp fra håndtering av husdyrgjødsel ved hjelp av en fast utslippskoeffisient per dyr som vist i tabell 39.

Tabell 39. Utslippskoeffisienter for metan fra håndtering av husdyrgjødsel

Aktivitet	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
Ammeku	kg CH ₄ per dyr	7,63	7,63
Okse til slakt	kg CH ₄ per dyr	2,73	4,11
Kvige til slakt	kg CH ₄ per dyr	2,73	4,11
Kvige til oppdrett	kg CH ₄ per dyr	2,73	4,11
Slaktegris	kg CH ₄ per plass	3,50	3,50
Purke	kg CH ₄ per dyr	11,63	11,63
Voksen sau	kg CH ₄ per dyr	0,19	0,19
Lam	kg CH ₄ per dyr	0,07	0,19
Geit	kg CH ₄ per dyr	0,13	0,13
Høne	kg CH ₄ per 1 000 dyr	46,00	46,00
Slaktekylling	kg CH ₄ per 1 000 plasser	13,00	13,00

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR (2016), tabell 6.15, s. 178

Koeffisienten for slaktegris gjelder per plass og multipliseres i Jordmod med 0,29 (3,5 innsett per år) for å omregne til utslipp per dyr. Koeffisienten for slaktekylling er multiplisert med 0,625 (7,5 innsett per år) for å omregne til utslipp per dyr. Koeffisienten for lam korrigeres for 143 dager levetid.

Utslippsberegningen for melkekyr følger IPCC og er basert på følgende formler:

$$\text{VSDM} = 795,219 + 0,09636571 * \text{KMLK}$$

$$\text{CH}_4\text{M} = \text{VSDM} * 365 * \text{B}_0 * \text{MCP} * 0.67$$

der variablene er definert i tabell 40.

Tabell 40. Variable for beregning av utslipp av metan fra håndtering av husdyrgjødsel fra melkekyr

Kode	Variable	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
VSDM	Volatile solids excreted per dag	kg per dyr og dag	1 491	1 522
B ₀	CH ₄ producing potential	m ³ CH ₄ per kg VS	0,23	0,23
MCP	CH ₄ conversion factor (average)		0,0002564	0,0002564
KMLK	Butto melkeytelse	kg per ku og dag	20,22	21,13
CH ₄ E	Metanutslipp fra håndt. av h.d.gjød.	kg CH ₄ per ku	21,50	21,95

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.B(a)s1, NIR/CRF (2017), tabell 6.8, s. 178

Metanutslipp fra håndtering av husdyrgjødsel er i Jordmod avhengig av melkeytelsen, men ikke av systemene for lagring av husdyrgjødsel (inkl. beiting). I utslippsregnskapet er metanutslipp avhengig av lagringssystemene. Koeffisienten for MCP i utslippsregnskapet er implisitt beregnet som residual og anvendt i Jordmod.

3.2.1.3 Brenning av avlingsrester

Metanutslipp fra brenning av avlingsrester beregnes på alt areal med korn, erter og oljefrø etter følgende formel:

$$CH_4B = AVL_{CERE} * EFCH_4B * FRACCERE BRN * DRMCERE$$

der variablene er definert i tabell 41.

Tabell 41. Variable for beregning av utslipp av metan fra brenning av avlingsrester

Kode	Variable	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
AVL _{CERE}	Avling	kg per daa	373,58	399,86
EFCH ₄ B	Utslipp metan ved bren. av avlingsrest	kg CH ₄ per kg TS	2,7	2,7
FRACCERE BRN	Andel avlingsrest brent på jordene	%	4	4
DRMCERE	Tørrstoffandel av avlingsresten	%	85	85
CH ₄ B	Utslipp metan	kg CH ₄ per daa	34,29	36,71

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.F

Avlingen er i utslippsregnskapet angitt i produsert mengde korn, erter og oljefrø. Metanutslipp fra brenning av avlingsrester er i Jordmod uavhengig av hvilken vekst som dyrkes. Avlingen er i utslippsregnskapet angitt i produsert mengde (1 174 kt) og i tabell 41 omregnet til avling per daa ved å forutsette 2,96 mill. daa korn, erter og oljefrø (Jordmod). Produksjon av korn, oljefrø og erter er 1 064 kt på 2,847 mill. daa i Jordmod.

3.2.2 Lystgass

Utslipp av lystgass fra de ulike utslippskildene avhenger i betydelig grad av mengde nitrogen utskilt i husdyrgjødsel. Tabell 42 angir utskilt brutto nitrogen i husdyrgjødsel for de ulike dyreslagene.

Tabell 42. Nitrogen utskilt i husdyrgjødsel etter dyreslag

Aktivitet	Enhet	Jordmod	NIR/CRF
Melkeku	kg N per dyr	126,61	126,61
Ammeku	kg N per dyr	64,52	64,52
Okser til slakt	kg N per slakt	42,50	42,50
Kviger til slakt	kg N per slakt	42,50	42,50
Kviger til oppdrett	kg N per dyr	42,50	42,50
Oksekalver til slakt	kg N per dyr	42,50	42,50
Kvigekalver til slakt	kg N per dyr	42,50	42,50
Slaktegris	kg N per dyr	3,20	3,20
Purke	kg N per dyr	34,29	34,29
Voksen sau	kg N per dyr	11,60	11,60
Lam	kg N per dyr	7,70	7,70
Geit	kg N per dyr	13,47	14,37
Høne	kg N per 1 000 dyr	669,8	669,8
Slaktekylling	kg N per 1 000 dyr	29,7	29,7

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.F (storfe og geit), Karlengen et al. (2012) (sau, gris og fjørfe)

Utskilt N per purker inkluderer spredgris før avvenning og 23,2 smågris fra avvenning til 30 kg levendevekt, mens utskilt N per slaktegris gjelder fra 30 kg til 115 kg levendevekt. Utskilt N for andre storfe til slakt justeres for levetid: 18,1 mnd for okser, 22,8 mnd for kviger, 7,52 mnd for oksekalver og 8,18 mnd for kvigekalver. Utskilt nitrogen er en fast koeffisient i modellen for alle dyr med unntak av melkekyr der utskilt N beregnes som følger:

$$\text{NITH} = \text{VSDM} * \text{VIRKSOMTNPRVS}$$

VSDM er gitt i kapittel 3.2.1.2 og VIRKSOMTNPRVS er utskilt N delt på standardverdien for VSDM (dvs. 1522). Formelen etablerer en sammenheng mellom melkeytelse (gjennom VSDM) og husdyrgjødsel. Høyere melkeytelse fører til mer N fra husdyrgjødsel.

3.2.2.1 Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp fra håndtering av husdyrgjødsel beregnes i Jordmod på grunnlag av virksomt N i husdyrgjødsel og utslippskoeffisienten korrigert for beiteandel:

$$\text{N}_2\text{OMM} = \text{NITH} * (1 - \text{beiteandel}) * \text{EFN}_2\text{OMM}$$

der NITH er utskilt N for alle dyr (kg N per dyr).

Beiteandel beregnes endogent i modellen på grunnlag av forholdet mellom fôropptak fra slått og fôropptak fra beite og vil variere etter brukstype og region. I modellens basisløsning er beiteandelen 14 - 50 % for melkebruk, 14 - 56 % for bruk med ammekyr og 31 - 58 % for sauebruk. Beiteandelen er beregnet som andel grovfôr produsert på beite inkludert innmarks- og utmarksbeite. I utslippsregnskapet er beiteandel for storfe 17 %.

Utlippskoeffisienten EFN₂OMM er definert i kg N₂O per kg N og dyr og beregnet ved hjelp av utslippsregnskapet der utslippskoeffisienten er angitt i kg N₂O per dyr (NIR/CRF (2017), tabell 3.B(b)).

Tabell 43 sammenligner utslippskoeffisientene i Jordmod og utslippsregnskapet.

Tabell 43. Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Aktivitet	EFN ₂ OMM	Jordmod	NIR/CRF
	kg N ₂ O per kg N	kg N ₂ O per dyr	
Melkeku	0.006497046	0,61	0,68
Ammeku	0.010419843	0,52	0,46
Okser til slakt	0.007449334	0,22	0,22
Kviger til slakt	0.007449334	0,22	0,22
Kviger til oppdrett	0.007449334	0,22	0,22
Slaktegris	0.006851666	0,02	0,06
Purke	0.006851666	0,23	0,06
Voksen sau	0.007467175	0,02	0,05
Lam		0,00	0,05
Geit	0.016602815	0,05	0,14
Høne (1 000 dyr)	0.001571429	1,05	0,53
Slaktekylling (1 000 dyr)	0.001571429	0,05	0,53

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.B(b)

3.2.2.2 Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp ved spredning av husdyrgjødsel beregnes i Jordmod på grunnlag av virksomt N i husdyrgjødsel og utslippskoeffisienten korrigert for beiteandel:

$$N_2OM = NITH * (1 - \text{beiteandel}) * EFN_2OM * 44/28$$

der variablene med unntak av EFN₂OM er som beskrevet innledningsvis i kap. 3.2.

Utlippskoeffisient EFN₂OM er 0,01 kg N₂O-N per kg N og dyr og hentet fra utslippsregnskapet (NIR/CRF (2017), tabell 3.D).

Tabell 44 viser utslippskoeffisientene per dyr i Jordmod og sammenligner mengde nitrogen fra husdyr i Jordmod med utslippsregnskapet.

Tabell 44. Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg N ₂ O per dyr	
Melkeku	1,48	
Ammeku	0,78	
Okser til slakt	0,81	
Kviger til slakt	0,81	
Kviger til oppdrett	0,81	
Slaktegris	0,10	
Purke	0,54	
Voksen sau	0,03	
Lam	0,02	
Geit	0,05	
Høne (1 000 dyr)	10,53	
Slaktekylling (1 000 dyr)	2,52	
Nitrogen (kt N pr år)	78,083	66,482

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.D

3.2.2.3 Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp av lystgassutslipp ved spredning av kunstgjødsel beregnes i Jordmod på grunnlag av N i kunstgjødsel og utslippskoeffisienten:

$$N_2OS = NITG * EFN_2OS * 44/28$$

der NITG er mengde nitrogen tilført plantevekster fra kunstgjødsel i kg N per daa. Utlippskoeffisient EFN₂OS er 0,01 kg N₂O-N per kg N i kunstgjødsel og hentet fra utslippsregnskapet (NIR/CRF (2017), tabell 3.D).

Tabell 45. Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg N ₂ O per daa	
Korn & oljefrø	0,12	
Grovfôr	0,19	
Annen planteproduksjon	0,06	
Nitrogen (kt N pr år)	103,22	102,07

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.D

3.2.2.4 Håndtering og spredning av gjødsel, indirekte utslipp gjennom nedfall og avrenning

Indirekte utslipp fra håndtering og spredning av gjødsel har fire kilder: nedfall av ammoniak og avrenning av hhv. håndtering av husdyrgjødsel og spredning av husdyr- og kunstgjødsel. Følgende formler beregner indirekte utslipp av lystgass:

$$N_2ONH_3MMNED = NITH * (1 - beiteandel) * EFN_2ONH_3MMNED * FRACMMNED * (44/28)$$

der N₂ONH₃MMNED er indirekte utslipp gjennom nedfall av ammoniak fra håndtering av husdyrgjødsel. EFN₂ONH₃MMNED er utslippskoeffisienten og definert som kg N₂O-N per kg N med verdier på 0,01571. FRACMMNED er andel N i nedfall fra ammoniak. Verdien er 6,09 %.

$$N_2ONH_3MMAVR = NITH * (1 - \text{beiteandel}) * EFN_2ONH_3MMAVR * FRACMMAVR * (44/28)$$

der N_2ONH_3MMAVR er indirekte utslipp gjennom avrenning fra håndtering av husdyrgjødsel. EFN_2ONH_3MMAVR er utslippskoeffisient for avrenning og definert som kg N_2O-N per kg N med verdi på 0,01178. $FRACMMAVR$ er andel N ved avrenning med verdi 3,57 %.

$$N_2ONH_3NED = NITH * EFN_2ONH_3MNED * FRACGASM * (44/28) + NITG * EFN_2ONH_3MNED * FRACGASF * (44/28)$$

der N_2ONH_3NED er indirekte utslipp gjennom nedfall av ammoniak fra beiting og spredning av husdyr- og kunstgjødsel. EFN_2ONH_3MNED er utslippskoeffisienten definert som kg N_2O-N per kg N med verdi 0,0157. $FRACGASM$ og $FRACGASF$ er andel nitrogen i hhv. husdyrgjødsel og kunstgjødsel som blir til ammoniak med verdi 20,87 % og 27,43 %, respektive.

$$N_2ONH_3AVR = (NITH + NITG + NAVL) * EFN_2ONH_3AVR * FRACAVR * (44/28)$$

der N_2ONH_3AVR er indirekte utslipp gjennom avrenning gjennom spredning av husdyr- og kunstgjødsel og nitrogen i avlingsrest. EFN_2ONH_3AVR er utslippskoeffisient definert som kg N_2O-N per kg N med verdi 0,0075. $NAVL$ er nitrogen i avlingsrest og $FRACAVR$ er andel N tapt til avrenning med verdi 22 %.

Tabell 46. Avrenning og nedfall av ammoniak gjennom Spredning av husdyrgjødsel, indirekte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg N_2O per dyr	
Melkeku	1,48	
Ammeku	0,78	
Okser til slakt	0,81	
Kviger til slakt	0,81	
Kviger til oppdrett	0,81	
Slaktegris	0,10	
Purke	0,54	
Voksen sau	0,03	
Lam	0,02	
Geit	0,05	
Høne (1 000 dyr)	10,53	
Slaktekylling (1 000 dyr)	2,52	
Nitrogen (kt N pr år)	78,083	66,482

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.D

3.2.2.5 Husdyrgjødsel på beite

Direkte utslipp av lystgass fra husdyr som går på beite beregnes ved hjelp av følgende formel:

$$N_2OB = (44/28) * \text{beiteandel} * NITH * EFN_2OB$$

der N_2OB er utslipp av lystgass på beite og EFN_2OB er utslippskoeffisient i kg N_2O-N per kg N med verdi 0,01604.

Tabell 47. Husdyrgjødsel på beite, direkte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg N ₂ O per dyr	
Melkeku	0,76	
Ammeku	0,37	
Okser til slakt	0,17	
Kviger til slakt	0,17	
Kviger til oppdrett	0,17	
Voksen sau	0,04	
Lam	0,02	
Geit	0,03	
Nitrogen på beite (kt N pr år)	20,133	21,677

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.D

3.2.2.6 Avlingsrester

Utslipp fra avlingsrester beregnes etter følgende formel:

$$N_2OAVL = EFN_2OAVL * NITR * FRACAVL * (44/28)$$

der N₂OAVL er utslipp fra avlingsrester, EFN₂OAVL er utslippskoeffisienten i kg N₂O-N per kg N med verdi 0,01, NITR er tilført nitrogen per daa og FRACAVL er andel nitrogen i avlingsresten som er satt til 7,8 %. Tallverdien for EFN₂OAVL og FRACAVL er tatt fra utslippsregnskapet (NIR/CRF 2017, tabell 3.D).

Tabell 48. Avlingsrester, direkte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg N ₂ O per daa	
Korn & oljefrø	0,01	
Grovfôr	0,03	
Annen planteproduksjon	0,01	
Nitrogen (kt N pr år)	14,17	14,89

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.D

3.2.2.7 Brenning av avlingsrester

Utslipp fra brenning av avlingsrester beregnes ved hjelp av samme formel som i kap. 3.2.1.3 med unntak at utslippskoeffisienten når gjelder lystgass (EFN₂OBRN) med verdi 0.0000699 i kg lystgass per kt tørrstoff. Utslipp i Jordmod er 1,4 t lystgass per daa.

3.2.2.8 Dyrking av organisk jord

Utslipp fra organisk jord (myr) beregnes etter følgende formel:

$$N_2OMYR = ANDELMYR * EFN_2OMYR * (44/28)$$

der N₂OMYR er utslipp fra myr per daa jordbruksareal (uavhengig av jordtype), ANDELMYR er andel organisk jord av samlet jordbruksareal per region og EFN₂OMYR er utslippskoeffisient i kg N₂O-N per daa myr med verdi 1,282. Den regionale andelen av myr varierer i Jordmod mellom 1 % i store deler av Østlandet og 18 % i Nord-Vestlandet (Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal) og Midt-Norge.

Beregningen i Jordmod er forenklet ved at den forutsetter at jordbruksareal som går inn eller ut av produksjon vil alltid ha samme andel myr som regionens jordbruksareal i basisløsningen.

3.2.3 Karbondioksid

Utslippsregnskapet inneholder utslipp fra karbondioksid i forbindelse med kalking, spredning av urea og spredning av andre karbonholdige gjødseltyper. Kalking er, i motsetning til urea og andre karbonholdige gjødseltyper, en egen innsatsfaktor i Jordmod. Kalking står videre for over 80 % av de totale CO₂-utslippene i utslippsregnskapet for jordbruk.

3.2.3.1 Kalking

Utslipp fra kalking beregnes etter følgende formel:

$$\text{CO}_2\text{KALK} = 3.66667 * \text{KALK} * \text{EFCO}_2\text{KALK}$$

der CO₂KALK er utslipp fra kalking i kg CO₂ per daa, KALK er tilført kalk per daa EFCO₂KALK er utslippskoeffisienten med verdi 0,12 t CO₂-C per t C i kalk.

Tabell 49. Avlingsrester, direkte utslipp

Aktivitet	Jordmod	NIR
	kg CO ₂ per daa	
Korn & oljefrø	7,99	
Grovfôr	7,99	
Annen planteproduksjon	4,08	
Kalk (kt pr år)	178,31	198,46

Kilde: Jordmod: NIBIO (2018b), NIR: Basert på NIR/CRF (2017), tabell 3.G-I

3.3 Referansebane

Referansebanen er basert på en videreføring av dagens politikk med en trendmessig framskrivning av naturgitte, politiske og økonomiske rammebetingelser samt gjeldende jordbrukspolitiske ambisjoner. Disse ambisjonene krever en tolkning eksempelvis i form av endringer i tilskuddssatser. Denne referansebanen avviker derfor fra den referansebanen som ble laget i forbindelse med Perspektivmeldingen (Miljødirektoratet 2017) og som ligger til grunn som referansebane i klimaregnskapet. Referansebanen for Perspektivmeldingen er i større grad enn denne referansebanene basert på historiske trender.

Storting og regjering har en ambisjon om et aktivt jordbruk over hele landet der matproduksjonen skal økes i takt med befolkningsveksten og innenfor det markedet etterspør. Denne politiske ambisjonen er lagt til grunn i referansebanen. I tabell 50 er det gitt anslag på eksogene variable, det vil si trender som jordbruket og jordbrukspolitikere i liten grad kan påvirke selv.

Det kan selvsagt diskuteres i hvilken grad teknisk fremgang i primærjordbruket, vekst i arbeidsproduktivitet, avlingsnivå og melkeytelse kan påvirkes av jordbruket selv. Vekst i størrelsesuavhengig arbeidsproduktivitet gjelder den delen som kan knyttes til substitusjon mellom arbeid og kapital og bedre arbeidsteknologi. Det er også vekst i arbeidsproduktivitet knyttet til strukturendring (dvs. utnyttelse av stordriftsfordeler). Denne beregnes endogen i modellen. Budsjettnemnda for jordbruket beregner samlet arbeidsproduktivitet til 4 % årlig (BFJ 2017, s. 28). Teknisk framgang og produktivitetsvekst er basert på historiske trender og reflekterer blant annet bedre sorter og

avlsmateriale og bruk av mer effektiv teknologi. Når det gjelder vekst i melkeytelse, gjelder denne under samme førsammensetning og –mengde som i basisløsningen og representerer derfor avlsmessig fremgang. Vekst i avlingsnivå er begrunnet i den politiske ambisjonen om økt matproduksjon kombinert med en historisk trend på arealbruk. Det tilsier at avlingsnivået må økes noe. De senere årene har vist små endringer i normaliserte avlinger (BJF 2017, s. 19ff).

Tabell 50. Anslag på eksogene variable i referansebanen

Variable	Verdi	Kommentar/kilde
Tidshorisont	2030	Egen forutsetning
Inflasjon	2,5 % årlig	SSB (2017)
Befolkningsvekst	0,92 % årlig	SSB (2017)
Teknisk fremgang i primærjordbruket	0,25 % årlig reduksjon i driftsmidler med unntak for arbeid og kapital	Egen forutsetning
Vekst i størrelsesuavhengig arbeidsproduktivitet	1,5 % årlig	Egen forutsetning
Avlingsnivå	0,42 % korn årlig, 0,66 % gras årlig	Egen forutsetning
Melkeytelse	0,62 % årlig	Egen forutsetning
Teknisk fremgang i matindustrien	0,25 % årlig kostnadsreduksjon	Egen forutsetning
Realrente	2,0 %	SSB (2015)
Real lønnsvekst	1,0 % årlig	Egen forutsetning
Endring i nominelle verdensmarkedspriser	ca. 0,1 % årlig	OECD/FAO (2015)

Hovedresultatene for referansebanen vises i tabell 51 som sammenlignes med basisløsningens tallverdier. Matproduksjonen går opp med 0,6 % årlig målt på energibasis. I takt med dette øker klimagassutslipp fra jordbruket med 0,30 % årlig. Det er ikke lagt inn klimaeffektiviserende tiltak i referansebanen. Økningen skyldes derfor utelukkende høyere aktivitetsnivå.

Melkeproduksjonen opprettholdes på dagens nivå til tross for at subsidiert eksport av ost opphører. Årsaken er at befolkningsveksten øker størrelsen på det norske markedet slik at den tilsvarende mengden melk kan omsettes innenlands. Det er likevel behov for økt import av meierivarer sammenlignet med i dag. Det samme gjelder import av kjøtt til tross for produksjonsøkningen som ikke er høy nok til å betjene økt etterspørsel alene. Uendret melkeproduksjon ved økt melkeytelse per ku resulterer i færre melkekyr og en tilsvarende betydelig økning i antall ammekyr for å øke norsk produksjon av storfekjøtt. Antall ammekyr nesten dobles fra basisløsningen til referansebanen. Økt produksjon krever også økt arealbruk, selv om det er forutsatt avlingsøkning for både korn og gras.

Reduksjonen i sysselsettingen er betydelig mindre enn den historiske trenden. Delvis skyldes dette produksjonsøkningen, men det kan også tenkes at modellen undervurderer veksten i arbeidsproduktivitet. I så fall vil det i mindre grad påvirke matproduksjonen, men heller budsjettstøtten til jordbruket.

Tabell 51. Hovedresultater for referansebanen sammenlignet med «2014» (løpende priser)

	"2014"	Referanse		2011/ 2014	2005/ 2014	1995/ 2014
			årlig %-vis vekst		årlig %-vis vekst	
Matproduksjon (GJ)	13 303	14 612	0,56	1,09	-0,56	0,31
Årsverk (1000)	42,028	34.471	-0,93	-2,24	-3,29	-3,32
Budsjettstøtte (mill. kr)	14 931	19 826	2,20	3,26	3,04	1,40
Klimagassutslipp (1 000 t CO ₂ -ekv.)	4 261	4340	0,25	1,00	-0,21	-0,22
Vederlag til arbeid per årsverk	338 453	498 273	2,44	10,03	7,74	4,60
Korn (mill. kg)	1 103	1113	0,04	-0,97	-2,12	-0,48
Poteter (mill. kg)	248	279	0,72	0,27	-0,89	-0,98
Hagebruk	452	617	1,96	3,99	2,32	0,82
Melk (mill. ltr)	1 530	1530	0,00	0,48	0,11	-0,63
Kjøtt (mill. kg)	340	388	0,88	1,43	1,81	1,85
-- Storfe (mill. kg)	82	90	0,71	-0,13	-0,85	-0,29
-- Sau (mill. kg)	25	25	0,47	0,52	-0,82	-0,29
-- Gris (mill. kg)	132	156	1,03	-0,26	1,39	1,53
-- Fjørfe (mill. kg)	101	117	0,93	5,47	6,37	6,82
Egg (mill. kg)	63	76	1,22	1,93	2,54	1,36
Total areal (1000 daa)	9 787	9 634	0,09	-0,41	-0,53	-0,22
Kornareal (1000 daa)	2 969	2 787	-0,26	-1,80	-1,57	-1,01
Grovfôrareal (1000 daa)	6 595	6 529	0,16	0,00	-0,06	0,47

Kilde: Jordmod

I tabell 52 er det vist en sammenligning av aktivitetsnivå i husdyrhold i utslippsregnskapets referansebane og Jordmods referansebane.

Den største forskjellen finnes hos melkekyr der utslippsregnskapets referansebane har et betydelig lavere nivå i basisår og framregningsår, men også en sterkere årlig nedgang i antall melkekyr.

Tabell 52. Aktivitetsnivå i husdyrhold i referansebanen i utslippsregnskapet og i Jordmod (dyr, %-vis årlig endring)

	Utslippsregnskapet			Jordmod		
	2014	2030	Prosentvis årlig endring	«2014»	2030	Prosentvis årlig endring
Melkeku	177 759	143 058	-1.35	229 423	208 086	-0.61
Ammeku	73 894	109 894	2.51	69 275	100 793	2.37
Kvige til påsett	99 556	93 141	-0.42	116 613	120 664	0.21
Kvige slaktet<1 år	3 117	3 599	0.90	9 540	6 932	-1.98
Okse slaktet<1 år	15 518	12 855	-1.17	8 811	7 905	-0.68
Kvige slaktet>1 år	34 421	26 694	-1.58	24 433	28 122	0.88
Okse slaktet>1 år	138 048	134 659	-0.16	134 721	140 528	0.26
Sauer < 1 år	476 015	526 751	0.63	970 091	929 526	-0.27
Sauer > 1 år	1 058 705	1 167 910	0.62	841 135	825 812	-0.11
Geit, melk	31 461	26 233	-1.13	38 537	37 623	-0.15
Purker	50 291	55 235	0.59	52 358	58 247	0.67
Slaktegris ¹⁾	481 210	521 741	0.51	1 603 328	1 783 807	0.67
Høne	4 320 632	4 709 351	0.54	4 142 730	4 696 264	0.79
Slaktekylling ¹⁾	1 119 406	1 220 117	0.54	71 653 542	77 781 178	0.51

1) Antall plasser i utslippsregnskapet og antall dyr i Jordmod

Kilde: Miljødirektoratet (2017), Jordmod

3.4 Klimatiltak og utslippsberegninger

Det er gjort beregninger av følgende klimatiltak: biogass, bedre grovfôrkvalitet, miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel, bedre laglighet og økt fettinnhold i kraftfôr for melkekyr.

Felles for beregningene er at matproduksjon kreves oppretthold på samme nivå som i referansebanen. Siden klimatiltak som regel innebærer økte kostnader for bonden, vil modellen beregne en implisitt pris for å opprettholde matproduksjonen. Denne (skygge-)prisen kan tolkes som et tilskudd som er nødvendig for at bonden oppnår samme lønnsomhet etter implementeringen av klimatiltaket som før.

3.4.1 Biogass

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel er karakterisert som et kostnadseffektivt tiltak til å redusere klimagassutslipp fra jordbruket (Pettersen et al. 2017). Det er relativ god kunnskap om klimaeffekten av tiltaket, men større usikkerhet om kostnadene siden det finnes få eksisterende anlegg i dag. Biogass produseres i to typer anlegg: Gårdsanlegg der biogass gjøres om til varme og sambehandlingsanlegg der det produseres biogass som substitutt for drivstoff i kjøretøy. Forutsetningene som er lagt til grunn i beregningene biogassanlegg vises i tabell 53.

Tabell 53. Forutsetninger for klimatiltaket «Biogass»

	Gårdsanlegg	Sambehandlingsanlegg
Omfang	Gårdsanlegg på bruk med husdyr i sentrale strøk på Østlandet, Jæren og i Trøndelag samt tilgrensende regioner. Totalt 50 % av all husdyrgjødsel	Sambehandlingsanlegg på bruk med husdyr i sentrale strøk på Østlandet, Jæren og i Trøndelag og gårdsanlegg på tilsvarende bruk i tilgrensende regioner. Totalt 50 % av all husdyrgjødsel
Investering per bruk	1 837 500	918 750
Investering per melkeku	30 600	15 300
Investering per ammku	30 600	15 300
Investering per sau	15 300	7 650
Investering per geit	6 125	3 063
Investering per purke	29 400	14 700
Investering per 1 000 høner	437 500	218 750
Investering per 1 000 slaktekyllinger	6 682	3 341
Vedlikehold	+ 17,39 %	+ 8,70 %
Energikostnader	- 16,95 %	- 8,48 %
Utslipp CH4 fra gjødselhåndtering	- 90 %	- 90 %
Utslipp N2O fra gjødselhåndtering	- 90 %	- 90 %

Kilde: Basert på Pettersen et al. (2017) og Grønlund (2017)

Kostnadene for et sambehandlingsanlegg er forutsatt å være halvparten av kostnadene for et gårdsanlegg. Det gjelder både investering, vedlikehold og sparte energikostnader. Pettersen *et al.* (2017) argumenterer fro at datamateriale ikke er tilstrekkelig for å kunne skille gårdsanlegg og sambehandlingsanlegg kostnadmessig. Sambehandlingsanlegg vil ha lavere enhetskostnader enn gårdsanlegg på grunn av stordriftsfordeler, men også føre til lengre transportavstander og dermed økte transportkostnader. Kostnadsforskjellen mellom de to anleggene i denne beregningen kan også begrunnes ut fra eksisterende usikkerhet om kostnadsestimater. I begge tilfellene utgjør utslippsreduksjonen 90 % av utslipp knyttet til håndtering av husdyrgjødsel. Det er sett bort fra at biogassanlegg trenger biomasse utover husdyrgjødsel for å kunne virke.

Investeringskostnadene er delt i en fast del som er uavhengig av bruksstørrelse og en variabel del som er avhengig av antall dyr på bruket. Dette for å ta høyde for stordriftsfordeler ved biogassanlegg.

Det forutsettes biogassanlegg for alle bruk med husdyr. Det skilles videre mellom to varianter for innføring av biogassanlegg: I alternativet «Gårdsanlegg» forutsettes gårdsanlegg på eget bruk. I alternativet «Gårdsanlegg/Sambeh.anlegg» forutsettes at sambehandlingsanlegg opprettes i sentrale strøk på Jæren, Østlandets flatbygder og Trøndelags flatbygder, mens gårdsanlegg bygges i områdene rundt disse sentrale strøkene. Biogassanlegg bygges ikke i Telemark, Agder, Vestlandet og Nord-Norge. Med denne forutsetningen leveres om lag 50 % av all husdyrgjødsel i modellen til biogassanlegg.

Tiltaket er implementert i modellen ved at alle berørte bruk «tvinges» til å investere i anlegg for biogass. Den driftsøkonomiske kostnaden dette medfører kompenseres gjennom statlige tilskudd. Disse beregnes endogent i modellen ved å kreve at den nasjonale produksjonen av korn, melk, kjøtt og egg opprettholdes på samme nivå som i referansebanen.

Hovedresultatene vises i tabell 54.

Tabell 54. Hovedresultater av klimatilaket «Biogass» ved to ulike innhøstingstidspunkt (Prosentvis avvik fra referansebanen i parentes)

	Referansebane	Gårdsanlegg	Gårds- og sambehandlingsanlegg
Matproduksjon (GJ)	14 612	14 653 (0.28)	14 686 (0.51)
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	4 771	4 641 (-2.72)	4 646 (-2.61)
Klimagassutslipp av metan fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	2 423	2 307 (-4.77)	2 307 (-4.78)
Klimagassutslipp av lystgass fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	1 838	1 799 (-2.11)	1 803 (-1.86)
Klimagassutslipp fra importerte matvarer (inkl. fôr) (1 000 CO2-ekv.)	1 672	1 639 (-1.97)	1 633 (-2.31)
Jordbruksareal (1 000 daa)	9 634	10 070 (4.53)	10 084 (4.67)
Budsjettstøtte (mill 2014-kr)	13 689	15 582 (13.83)	14 778 (7.95)
Endring budsjettstøtte (2014-kr per redusert t CO2-ekv.)		14 608	8 756

Kilde: Egne beregninger

Klimagassutslippene fra norsk jordbruk reduseres med 2,7 % og 2,6 % i de to alternativene og ved tilnærmet uendret matproduksjon på energibasis. Reduksjon av metan er høyere med litt under 5 % sammenlignet med reduksjon av lystgass med rundt 2 %. Substitusjonseffekten gjennom lavere strøm-/energiforbruk i jordbruket er ikke medregnet (og vil heller ikke bli kreditert utslippssektoren jordbruk). Jordbrukarealet viser en økning som skyldes en noe lavere gjødslingsintensitet i planteproduksjon og påfølgende noe lavere avlingsnivå. Det oppstår heller ingen karbonlekkasje. Tvert om øker kornproduksjonen noe som gir grunnlag for tilsvarende lavere import av fôrkorn. Budsjettstøtten øker med ca. 1 mrd kr og kan tolkes som driftsøkonomisk kostnad for å realisere biogassanlegg på de gårdsbruk som i modellen tvinges til å investere i slike anlegg. Sett i forhold til utslippeffekten, har tiltaket ifølge modellen en driftsøkonomisk kostnad på mellom 8 756 – 14 608 kr per tonn CO2-ekv.

3.4.2 Bedre grovfôr kvalitet

Bedre kvalitet på grovfôr gir mer energi i fôret per produsert enhet og kan derigjennom føre til lavere utslipp fra drøvtyggere. Et høyere energiinnhold oppnås ved tidligere høsting og reduserer avlingsnivået. Arealbehovet øker for å produsere samme mengde grovfôr.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i beregningene:

Tabell 55. Forutsetninger for klimatiltaket «Bedre grovfôr kvalitet» ved to innhøstingstidspunkt

	Veldig tidlig slått		Tidlig slått	
	Flatbygder	Dal- og fjellbygder	Flatbygder	Dal- og fjellbygder
Kvalitet (MJ/kg DM)	+ 11,7 %	+ 10,4 %	+ 16,6 %	+15,5 %
Avling (kg DM per daa)	- 18,2 %	-20,5 %	-16,9 %	-23,2 %
Utslippsreduksjon N2O fra håndtering av husdyrgjødsel	- 3,5%	- 3,5 %	- 3,5%	-3,5 %
Utslippsreduksjon CH4 fra håndtering av husdyrgjødsel	-10,6 %	-10,6 %	-10,6 %	-10,6 %
Utslippsreduksjon CH4 fra fordøyelse	- 6,8 %	- 6,8 %	- 6,8 %	- 6,8 %

Kilde: Baset på Flaten et al. (2015) og Storlien og Harstad (2015)

Forskjellen mellom de to alternativene går på innhøstingstidspunkt. I flatbygder gir veldig tidlig slått mindre økning i grovfôr kvalitet og sterkere avlingsreduksjon sammenlignet med tidlig slått. I dal- og fjellbygder er effektene ikke entydige. Tidlig slått gir bedre kvalitet sammenlignet med veldig tidlig slått, men også sterkere avlingsreduksjon. Tallmaterialet er basert på forsøk beskrevet i Flaten et al. (2015). Utslipp i relasjon til grovfôr kvalitet er beskrevet i Storlien og Harstad (2015, s. 6). Det er en tendens til at økt grovfôr kvalitet fører til lavere utslipp av enterisk metan og håndtering av husdyrgjødsel. I det foreliggende arbeidet er det forutsatt samme prosentvis utslippsreduksjon uavhengig av økningen i kvaliteten på grovfôret. Det er en forenkling og fører til at potensialet for utslippsreduksjon av tidlig slått tendensielt undervurderes sammenlignet med veldig tidlig slått.

Tiltaket er implementert ved at alle bruk med grovfôrproduksjon «tvinges» til å velge tidligere slått enn normalt i tråd med forutsetningene over. Den driftsøkonomiske kostnaden dette medfører kompenseres gjennom statlige tilskudd. Disse beregnes endogent i modellen ved å kreve at den nasjonale produksjonen av korn, melk og kjøtt opprettholdes på samme nivå som i referansebanen.

Resultatene vises i tabell 56.

Tabell 56. Hovedresultater av klimatiltaket «Bedre grovfôr kvalitet» ved to ulike innhøstingstidspunkt (Prosentvis avvik fra referansebanen i parentes)

	Referansebane	Veldig tidlig slått	Tidlig slått
Matproduksjon (GJ)	14 612	14 541 (-0.48)	14 445 (-1.14)
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	4 771	4 472 (-6.25)	4 662 (-2.27)
Klimagassutslipp av metan fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	2 423	2 036 (-15.94)	2 219 (-8.42)
Klimagassutslipp av lystgass fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	1 838	1 900 (3.39)	1 908 (3.84)
Klimagassutslipp fra importerte matvarer (inkl. fôr) (1 000 CO2-ekv.)	1 672	1 715 (2.58)	1 746 (4.42)
Jordbruksareal (1 000 daa)	9 634	10 158 (5.44)	10 129 (5.14)
Budsjettstøtte (mill 2014-kr)	13 689	17 248 (26)	20 010 (46.18)
Endring budsjettstøtte (2014-kr per redusert t CO2-ekv.)		11 931	58 251

Kilde: Egne beregninger

Klimagassutslippene fra norsk jordbruk reduseres med henholdsvis 6,3 % og 2,3 % i de to alternativene «veldig tidlig slått» og «tidlig slått». Matproduksjon på energibasis viser en svak reduksjon som skyldes en liten reduksjon av svinekjøtt der det ikke er satt til opprettholdelse av samme produksjon som i referansebanen. Reduksjonen av utslippene av metan er på mellom 8,4 % og 15,9 %. Dette skyldes at kraftfôrprosenten i melkeproduksjonen øker når grovfôr totalt sett blir dyrere. Samtidig er det en svak reduksjon i melkeytelsen slik at det blir færre ammekyr. Utslippene av lystgass øker derimot. Det har sammenheng med økningen i jordbruksarealet og forutsetningen om en konstant andel myrareal per region. Det oppstår en liten karbonlekkasje ved at importen av matvarer inkludert fôr øker noe. Budsjettstøtten øker med 3,5 – 6,3 mrd. kr. Sett i forhold til utslippseffekten, har tiltaket ifølge modellen en driftsøkonomisk kostnad på mellom 11 931 – 58 251 kr per tonn CO₂-ekv.

3.4.3 Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel

Bedre spredemetoder for husdyrgjødsel kan bidra til å redusere tapet av ammoniak og dermed redusere utslipp av lystgass fra nedfall av ammoniak og avrenning. Stripespredning og nedfelling er to aktuelle teknologier til erstatning for bredspredning som antas å være aktuelle for omtrent halvparten av arealet på gårdsbruk med husdyr i Norge (Grønlund og Harstad 2014). Merkostnaden ved å ta i bruk denne teknologien er av Stornes (2008) beregnet til 33 kr per daa ved stripespredning og 75 kr per daa ved nedfelling. Kostnadene er inflasjonsjustert til 2014. I tillegg til mindre utslipp av lystgass bidrar miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel til bedre plantetilgjengelig nitrogen og dermed bedre utnyttelse. I Stornes (2008) er det forutsatt at bredspredning reduserer plantetilgjengelig nitrogen med 65 % sammenlignet med stripespredning og nedfelling. I modellberegningene er det forutsatt et konservativt estimat på 20 % bedre utnyttelse av nitrogen i husdyrgjødsel.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i beregningene:

Tabell 57. Forutsetninger for tiltaket «Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel» ved to teknologier

	Stripespredning	Nedfelling
Regional omfang	Sentrale strøk på Østlandet, Jæren og i Trøndelag tilsvarende halvparten av landets jordbruksareal	
Merkostnad (kr per daa)	33	75
Utslipsreduksjon N₂O fra spredning av husdyrgjødsel (indirekte utslipp gjennom nedfall av ammoniak og avrenning)	20 %	60 %
Bedre tilgjengelighet og utnyttelse av nitrogen hos plantene	20 %	20 %

Kilde: Basert på Stornes (2008)

Begge teknologier anvendes i sentrale strøk på Østlandet, Jæren og i Trøndelag. Dette omfatter om lag halvparten av Norges jordbruksareal. Forskjellen mellom de to alternativene går på implementeringskostnader og utlippsreduksjon. Stripespredning er mindre kostbart, men gir også lavere utlippsreduksjon enn nedfelling. Det er forutsatt samme utnyttelsesgrad av nitrogen fra husdyrgjødsel.

Tiltaket er implementert ved at alle bruk med husdyrgjødsel i de berørte regionene «tvinges» til å implementere mer miljøvennlig spredningsteknologi. Den driftsøkonomiske kostnaden dette medfører kompenseres gjennom statlige tilskudd. Disse beregnes endogent i modellen ved å kreve at den nasjonale produksjonen av korn, melk og kjøtt opprettholdes på samme nivå som i referansebanen.

Resultatene vises i tabell 58.

Tabell 58. Hovedresultater av klimatilaket «Bedre spredning av husdyrgjødsel» ved to ulike teknologier (Prosentvis avvik fra referansebanen i parentes)

	Referansebane	Stripespredning	Nedfelling
Matproduksjon (GJ)	14 612	14 558	14 558
		(-0.37)	(-0.37)
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	4 771	4 719	4 684
		(-1.09)	(-1.82)
Klimagassutslipp av metan fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	2 423	2 383	2 383
		(-1.63)	(-1.63)
Klimagassutslipp av lystgass fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	1 838	1 811	1 777
		(-1.43)	(-3.3)
Klimagassutslipp fra importerte matvarer (inkl. fôr) (1 000 CO2-ekv.)	1 672	1 639	1 639
		(-1.92)	(-1.92)
Jordbruksareal (1 000 daa)	9 634	9 879	9 879
		(2.54)	(2.54)
Budsjettstøtte (mill 2014-kr)	9 634	14 938	14 942
		(9.12)	(9.16)
Endring budsjettstøtte (2014-kr per redusert t CO2-ekv.)		23 951	14 463

Kilde: Egne beregninger

Klimagassutslippene fra norsk jordbruk reduseres med henholdsvis 1,1 % og 1,8 % i de to alternativene «stripespredning» og «nedfelling». Matproduksjon på energibasis er tilnærmet uendret. Tiltaket fører til en begrenset reduksjon av metanutslippene selv om tiltaket i seg selv ikke reduserer metan. Effekten kommer av lavere gjødslingsintensitet og lavere melkeytelse som gir færre ammekyr. Utslippene av lystgass reduseres med mellom 1,4 % og 3,3 %. Det oppstår ingen karbonlekkasje. I tråd med lavere intensitet i planteproduksjonen, øker totalt jordbruksareal med 2,5 %. Budsjettstøtten øker med 5,5 mrd. kr. Det gir en driftsøkonomisk kostnad på mellom 14 463 – 23 951 kr per tonn CO₂-ekv.

3.4.4 Bedre laglighet

Tiltaket er i utgangspunktet et agronomisk tiltak som gir høyere avlingsnivå gjennom mindre jordpakking ved å vente til jorden har tørket opp bedre. Dermed utsettes såtidspunktet som isolert sett reduserer avlingsnivået og som derfor må balanseres mot avlingseffekten av bedre laglighet. Samtidig krever tiltaket høyere maskinkapasitet for å innhente utsetting av såtidspunktet. Avlingseffekten er høyest på store bruk som i utgangspunktet har liten maskinkapasitet. Om maskinkapasiteten økes for mye kan avlingseffekten bli negativ på leirjord siden såingen da vil være ferdig «for tidlig» (Riley 2016).

Tiltaket har en klimaeffekt fordi utlipp av lystgass er relatert til jordas vanninnhold. Våtere jord gir høyere utslipp. Bedre laglighet gir tørrere jord og dermed reduserte utslipp. Det er gjennomført noen få feltforsøk i Norge som måler sammenhengen mellom vanninnhold i jord og utslipp av lystgass. Resultatene fra disse forsøkene viser stor variasjon som kan delvis forklares med variasjon i været under forsøkene. I enkelte forsøk av utslippene av lystgass på gjødslet jord opp til 7 ganger høyere på laglig jord enn på pakket jord (Tesfai 2016). I modellberegningene er det antatt en halvering av direkte og indirekte utslipp av lystgass ved økt maskinkapasitet og laglig jord.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i beregningene:

Tabell 59. Forutsetninger for tiltaket «Bedre laglighet» ved to nivåer for økt maskinkapasitet

	33 % økt maskinkapasitet			50 % økt maskinkapasitet		
	Østlandet (600 daa)	Trøndelag flatygder (300 daa)	Resten av landet (150 daa)	Østlandet (600 daa)	Trøndelag flatbygder (300 daa)	Resten av landet (150 daa)
Omfang	Alle bruk med kornproduksjon					
Merkostnad (kr per daa)	24	24	48	149	149	147
Økt avlingsnivå (kg per daa)	8,4	8,8	4,4	11,0	16,8	6,7
Utslippsreduksjon N ₂ O fra spredning av gjødsel (direkte og indirekte utslipp)	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %

Kilde: Basert på Riley (2016) og Tesfai (2016)

Begge teknologier anvendes på kornbruk i alle deler av landet. Avlingseffekten er avhengig av bruksstørrelse, maskinkapasitet og jordtype. På Østlandet er det forutsatt en gjennomsnittlig størrelse på 600 daa og en maskinkapasitet på 50 daa per dag. Bruksstørrelsen er redusert til 300 daa og maksinkapasiteten til 37,5 daa per daa i Trøndelag og ytterligere halvert i resten av landet. Der er maskinkapasiteten satt til 25 daa per dag. De to teknologiene varierer med hensyn på økning i maskinkapasiteten, 33 % og 50 %. En økning med 33 % maskinkapasitet innebærer for kornbruket på Østlandet at jordbearbeidding og såing gjennomføres på 8 dager istedenfor 12 dager.

Tiltaket er implementert ved at alle kornbruk «tvinges» til å øke sin maskinkapasitet. Den driftsøkonomiske kostnaden dette medfører kompenseres gjennom statlige tilskudd. Disse beregnes endogent i modellen ved å kreve at den nasjonale produksjonen av korn, melk og kjøtt opprettholdes på samme nivå som i referansebanen.

Resultatene vises i tabell 60.

Tabell 60. Hovedresultater av klimatilskottet «Bedre laglighet» ved to alternative teknologier (Prosentvis avvik fra referansebanen i parentes)

	Referansebane	33 % økt maskinkapasitet	50 % økt maskinkapasitet
Matproduksjon (GJ)	14 612	14 675	14 692
		(0.43)	(0.55)
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk (1 000t CO₂-ekv.)	4 771	4 666	4 645
		(-2.2)	(-2.64)
Klimagassutslipp av metan fra norsk jordbruk (1 000t CO₂-ekv.)	2 423	2 383	2 389
		(-1.64)	(-1.4)
Klimagassutslipp av lystgass fra norsk jordbruk (1 000t CO₂-ekv.)	1 838	1 758	1 742
		(-4.31)	(-5.19)
Klimagassutslipp fra importerte matvarer (inkl. fôr) (1 000 CO₂-ekv.)	1 672	1 627	1 625
		(-2.66)	(-2.81)
Jordbruksareal (1 000 daa)	9 634	9 879	9 694
		(2.54)	(0.62)
Budsjettstøtte (mill 2014-kr)	13 689	14 933	14 632
		(9.09)	(6.89)
Endring budsjettstøtte (2014-kr per reduert t CO₂-ekv.)		11 842	7 499

Kilde: Egne beregninger

Reduksjonen i klimagassutslipp fra norsk produksjon reduseres med mellom 2,2 % ved 33 % økt maskinkapasitet og 2,6 % ved 50 % økt maskinkapasitet. Matproduksjonen er tilnærmet uendret. Det er først og fremst utslipp av lystgass som reduseres gjennom bedre laglighet, men det blir også en mindre reduksjon av metanutslippene grunnet lavere melkeytelse og færre antall ammekyr. Klimagassutslippet fra matvare- og fôrimporten avtar sammenlignet med referansebanen. Jordbruksarealet øker svakt. Budsjettstøtten øker med 1,0 til 1,2 mrd. kr. Det tilsvarer en driftsøkonomisk kostnad på mellom 7 499 – 11 842 kr per redusert t CO₂-ekv.

3.4.5 Klimavennlig kraftfôr

Det er kjent at økt fettinnhold i kraftfôr reduserer utslipp av enterisk metan (Storlien et al. 2014). Samtidig påvirker mer fett i fôrrasjonen melkens sammensetning og krever redusert bruk av karbohydrater.

I tråd med Thuen og Fjellhammer (2016) er det forutsatt at fettinnholdet i kraftfôr økes med 1 prosentenheter. Det økte fettinnholdet gir et mer konsentrert kraftfôr og reduserer kraftfôrbehovet. Denne effekten er i Thuen og Fjellhammer (2016) anslått til mellom 4,1 % og 4,2 % ved uendret melkeytelse. En følgeeffekt av dette er at behovet for (norsk) korn reduseres ved uendret melkeproduksjon.

Tilsetting av palmebasert fett gir en prisøkning på kraftfôret mellom 0,103 kr og 0,117 kr per FEM. Felleskjøpet har forpliktet seg frivillig til ikke å tilby kraftfôr med mer enn 3 % palmebasert fett. Denne andelen sies å være utnyttet i dag. Alternativet til palmebasert fett er rapsolje, soyaolje, solsikkeolje eller linfrø. Ekstrakostnaden ved å erstatte palmebasert fett med palmefritt fett er ifølge Thuen og Fjellhammer (2016) av Felleskjøpet Fôrutvikling anslått til ca. 3 kr per kg.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn i beregningene:

Tabell 61. Forutsetninger for tiltaket «Klimavennlig kraftfôr» ved to alternative teknologier

	Palmebasert fett	Palmefritt fett
Omfang	Alle bruk med melkekyr	
Merkostnad (kr per FEM)	0,10	3,12
Kraftfôrbehov ved uendret melkeytelse	- 4,2 %	- 4,2 %
Utslipp av enterisk metan	- 5 %	- 5 %

Kilde: Basert på Thuen og Fjellhammer (2016)

Begge teknologiene anvendes på alle bruk med melkekyr. Forskjellen mellom de to alternativene går på om fettinnholdet i kraftfôret økes med palmebasert fett eller palmefritt fett.

Tiltaket er implementert ved at alle bruk med melkekyr «tvinges» til å kjøpe kraftfôr med økt fettandel. Den driftsøkonomiske kostnaden dette medfører kompenseres gjennom statlige tilskudd. Disse beregnes endogent i modellen ved å kreve at den nasjonale produksjonen av korn, melk og kjøtt opprettholdes på samme nivå som i referansebanen.

Resultatene vises i tabell 62.

Tabell 62. Hovedresultater av klimatiltaket «Klimavennlig kraftfôr» ved to ulike innhøstingstidspunkt (Prosentvis avvik fra referansebanen i parentes)

	Referansebane	Palmebasert fett	Palmeфриtt fett
Matproduksjon (GJ)	14 612	14 547	14 549
		(-0.45)	(-0.43)
Klimagassutslipp fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	4 771	4 649	4 726
		(-2.55)	(-0.93)
Klimagassutslipp av metan fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	2 423	2 325	2 342
		(-4.05)	(-3.32)
Klimagassutslipp av lystgass fra norsk jordbruk (1 000t CO2-ekv.)	1 838	1 806	1 856
		(-1.73)	(1.01)
Klimagassutslipp fra importerte matvarer (inkl. fôr) (1 000 CO2-ekv.)	1 672	1 670	1 624
		(-0.11)	(-2.86)
Jordbruksareal (1 000 daa)	9 634	9 769	9 962
		(1.4)	(3.4)
Budsjettstøtte (mill 2014-kr)	13 689	14 809	14 929
		(8.18)	(9.06)
Endring budsjettstøtte (2014-kr per redusert t CO2-ekv.)		9 210	28 010

Kilde: Egne beregninger

Klimagassutslippene fra norsk jordbruk reduseres med henholdsvis 2,6 % og 0,9 % ved bruk av palmebasert fett og palmefritt fett. Matproduksjon på energibasis er tilnærmet uendret. Reduksjonen av klimagassutslippene av metan er på mellom 3,3 % og 4,1 %. Palmefritt fett gir en større økning i kraftfôrprisen og fører dermed til en noe lavere kraftfôrprosent som igjen gir lavere utslippsreduksjon. Melkeytelsen er tilnærmet upåvirket av fetttype. Klimagassutslippene fra importerte matvarer viser en svak tilbakegang som er noe mer utpreget ved bruk av palmefritt fett. Dette forholdet speiler forskjellen i reduksjonen i klimagassutslippene fra norsk jordbruk. Jordbruksarealet øker svakt. Budsjettstøtten øker med om lag 1,2 mrd. kr. Sett i forhold til utslippseffekten, har tiltaket ifølge modellen en driftsøkonomisk kostnad på mellom 9 210 – 28 010 kr per tonn CO2-ekv.

4 Sammenligning av utslipp i utslippsregnskapet, Jordmod og CAPRI

I dette kapitlet gis en sammenligning av aktivitetsnivå og utslippskoeffisient i CAPRI, Jordmod og utslippsregnskapet. Hensikten er å gi en enkel og lett tilgjengelig oversikt som dokumenterer sammenfall og avvik mellom datagrunnlaget i modellene og i regnskapet per utslippskilde.

4.1 Aktivitetsnivå

Aktivitetsnivå sammenlignes separat, siden det går igjen for alle utslippskilder. Når det gjelder utslippsregnskapet, vises bare tall for 2014 som er sammenligningsgrunnlaget for Jordmod. Det vil være noe forskjell i aktivitetsnivå i utslippsregnskapet fra 2014 til 2012. Tallene for CAPRI «2012» er derfor ikke direkte sammenlignbare med NIR/CRF 2014.

En viktig forskjell mellom utslippsregnskapet og modellene er at lam regnes om til årsdyr basert på en levetid på 143 dager.

Videre teller utslippsregnskapet plasser for slaktegriser og slaktekyllinger, mens Jordmod og CAPRI teller antall tilskuddsberettigede dyr. Det er brukt en faktor på 3,24 omganger per år for slaktegriser og 5,86 omganger per år for slaktekyllinger for å omregne fra tilskuddsberettigede dyr til dyreplasser. Faktorene er basert på en sammenligning av antall griser og slaktekyllinger i utslippsregnskapet og i Landbruksdirektoratets produksjonstilskuddsregister for 2014. Utslippsregnskapet omfatter også flere typer griser og fjørfe enn modellene. Antall gris i har utslippsregnskapet er summen av purker, råner, ungpurker, ungråner, smågriser mellom 4-10 uker og dyreplasser for slaktegriser. Jordmod og CAPRI teller kun purker og slaktegriser. Antall fjørfe i utslippsregnskapet består av verpehøner, kyllinger, ender, gås og kalkun. I modellene er det kun verpehøner og slaktekyllinger.

Antall annen storfe (okser, kalver og kviger) blir også justert for levetid ved å ta utgangspunkt. Det er delvis fordi slaktestatistikken er vurdert som godt grunnlag for aktivitetsnivået og benyttes som kilde.

Tabell 63. Aktivitetsnivå i utslippsregnskapet og i modellene (1000 dyr eller dyreplasser (fjørfe i mill. dyr) og relativ avvik fra NIR/CRF 2014)

Aktivitet	NIR/CRF 2014	Jordmod «2014»	CAPRI «2012»
Melkeku	221	229 3,8 %	235 6,3 %
Ammeku	74	69 - 6,1 %	68 - 8,0 %
Annen storfe	521	570 9,4 %	534 2,5 %
Sau/lam & geit	1 413	1 270 - 10,2 %	1 288 - 8,9 %
Gris	844	547 - 35,6 %	542 -35,8 %
- Purke		52	56
- Slaktegris ¹⁾		495	486
Fjørfe	17	16 - 5,9 %	15 -12,2 %
- Verpehøner		4	4
- Slaktekyllinger ¹⁾		12	11

1) Dyreplasser for slaktegris og slaktekyllinger.

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

Det er godt samsvar mellom antall dyr i de to modellene. Derimot er det større avvik mellom utslippsregnskapet og modellene. Disse kan delvis forklares gjennom forskjeller i omfang av dyreslag. For melkekyr, ammekyr og annen storfe er avvikene mindre enn 10 %. Det gjelder også for gruppen sau, lam og geit. Antall griser er i modellen derimot omlang en tredje-del lavere enn i utslippsregnskapet. Det skyldes at modellene ikke tar med ungdyr og rånere. Det betyr imidlertid ikke at utslippene fra gris vil være lavere også. Det er heller slik at den implisitte utslippskoeffisienten for purker og slaktegriser vil være høyere i modellene sammenlignet med utslippsregnskapet fordi utslipp fra ungdyr og rånere belastes purker og slaktegriser. Det samme gjelder fjørfe, der modellene ikke omfatter ender, gjess og kalkun og utslippene fra disse dyrene belastes slaktekyllinger og høner.

Det er også verdt å merke seg at utslippsregnskapet inneholder dyreaktiviteter som ikke omfattes av modellene. Det gjelder pelsdyr, hest, reinsdyr og hjort.

4.2 Metan

4.2.1 Metan fra fordøyelse

Tabell 68 viser at sum utslipp fra metan fra fordøyelse ligger på omtrent samme nivå i utslippsregnskapet og i modellene med mellom 81 - 85 kt CH₄. Innenfor de forskjellige dyregruppene er det imidlertid tydelige forskjeller. Jordmod er som regel mer i samsvar med utslippsregnskapet enn CAPRI. Et eksempel er utslipp fra melkekyr som er høyere i CAPRI og sau/lam og geit som er lavere i CAPRI.

Tabell 64. Metan fra fordøyelse

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku	221	143,96	32	229	144,1	33	235	157,11	37
Ammeku	74	109,96	8	69	86	6	68	94,8	6
Annen storfe	521	54,72	29	570	49,86	28	534	52,53	28
Sau/lam & geit	1 360	11,93	16	1 270	11,14	14	1 288	7,39	10
Gris	844	1,5	1	547	1,53	0,84	542	0,46	0,29
- Purke			0	52	1,81	0,09	56	1,5	0,08
- Slaktegris ¹⁾			0	495	1,5	0,74	486	0,42	0,20
Fjørfe	17	0,01	0,00	16	7,75	0,13	15	0	0,00
- Verpehøner			0,00	4	20	0,08	4	0	0,00
- Slaktekyllinger ¹⁾			0,00	12	3,6	0,04	11	0	0,00
SUM			85			83			81

1) Dyreplasser for slaktegris og slaktekyllinger.

Antall: 1 000 dyr eller dyreplasser (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg CH₄ per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt CH₄

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

Sammenligningen illustrerer også et annet viktig poeng: Positive og negative avvik bidrar til å utligne hverandre slik at det ikke er tilstrekkelig å vurdere modellenes egnethet til å analysere klimatiltak utfra aggregerte tall. I dette tilfellet vil CAPRI trolig overvurdere effekten av et klimatiltak rettet mot melkekyr (fordi utslippskoeffisienten er høyere enn i utslippsregnskapet) og undervurdere effekten av et klimatiltak for sau. Det illustrerer videre at modellsresultater best angis som relative (prosentvis) avvik og ikke som absolute avvik. Gris og fjørfe er av mindre betydning for utslipp av metan fra fordøyelse.

4.2.2 Metan fra gjødselhåndtering

Utslipp av metan fra gjødselhåndtering viser i grove trekk det samme bilde som utslipp av metan fra fordøyelse (tabell 65). Det er godt samsvar modellene i mellom, enkelte avvik innenfor aktivitetene og mindre avvik mellom utslippsregnskapet og Jordmod sammenlignet med utslippsregnskapet og CAPRI. Jordmod ligger 10 % høyere og CAPRI 15 % lavere enn utslippsregnskapet. Forskjellen i Jordmod er relatert til gris, mens CAPRI ligger konsekvent noe lavere enn utslippsregnskapet med unntak av annen storfe.

Tabell 65. Metan fra håndtering av husdyrgjødsel

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku	221	21,95	4,9	229	21,5	4,9	235	14,51	3,4
Ammeku	74	7,63	0,6	69	7,63	0,5	68	8,66	0,6
Annen storfe	521	4,11	2,1	570	2,73	1,6	534	5,3	2,8
Sau/lam & geit	1 414	0,19	0,3	1 270	0,19	0,2	1 288	0,17	0,2
Gris	844	2,26	1,9	547	6,19	3,4	542	1,96	1,3
- Purke				52	11,63	0,6	56	9	0,5
- Slaktegris				495	5,62	2,8	486	1,67	0,8
Fjørfe	17	0,02	0,4	16	22,16	0,4	15	4,37	0,2
- Verpehøner				4	46,01	0,2	4	30,6	0,1
- Slaktekyllinger				12	14,08	0,2	11	3,02	0,0
SUM			10,1			11,0			8,5

Antall: 1 000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg CH₄ per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt CH₄

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.2.3 Metan fra brenning av avlingsrester

CAPRI beregner ikke utslipp av metan fra brenning av avlingsrester (tabell 66). I Jordmod beregnes metan fra brenning av avlingsrester per daa korn, raps og erter, mens det i utslippsregnskapet beregnes per produsert mengde korn. Utslippskoeffisienten i Jordmod er estimert slik at sum utslipp stemmer overens med utslippsregnskapet.

Tabell 66. Metan fra brenning av avlingsrester

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn, raps, erter	1 174	0,09	0,11	2 936	0,03	0,10			
SUM			0,11			0,10			

Utslippsregnskap: Antall: mill. kg, koeffisient: kg CH₄ per kg korn, sum: kt CH₄

Modeller: Antall: 1 000 daa, koeffisient: t CH₄ per daa, sum: kt CH₄

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3 Lystgass

4.3.1 Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp

I tabell 67 vises direkte utslipp av lystgass fra håndtering av husdyrgjødsel. Tendensen i avvikene mellom utslippsregnskapet, Jordmod og CAPRI er sammenlignbart med utslippene av metan. Imidlertid er de samlede utslippene i CAPRI over 60 % høyere enn i utslippsregnskapet. Det er et betydelig avvik. Forskjellen er størst for gris og fjørfe, men også for melkekyr.

Tabell 67. Direkte utslipp av lystgass fra håndtering av husdyrgjødsel

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku	221	0,683	0,151	229	0,610	0,140	235	1,091	0,256
Ammeku	74	0,464	0,034	69	0,518	0,036	68	0,457	0,031
Annen storfe	521	0,219	0,114	570	0,216	0,123	534	0,285	0,152
Sau/lam & geit	1 414	0,049	0,069	1 270	0,038	0,048	1 288	0,055	0,071
Gris	844	0,058	0,049	547	0,054	0,029	542	0,295	0,160
- Purke				52	0,235	0,012	56	0,602	0,034
- Slaktegris				495	0,034	0,017	486	0,259	0,126
Fjørfe	17	0,001	0,009	16	0,301	0,005	15	2,717	0,041
- Verpehøner				4	1,053	0,004	4	7,290	0,029
- Slaktekyllinger				12	0,047	0,001	11	1,090	0,012
SUM			0,426			0,382			0,712

Antall: 1000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg N₂O per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.2 Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp

Når det gjelder direkte utslipp av lystgass fra spredning av husdyrgjødsel, er bildet annerledes. Tabell 68 viser at den absolutte avstanden i sum utslipp mellom modellene og utslippsregnskapet er omtrent likt (0,15 kt N₂O), men det går hver sin vei. Jordmod overvurderer utslippene, mens CAPRI undervurderer disse. Det er ikke mulig å sammenligne utslippene for de ulike aktivitetene direkte, fordi utslippsregnskapet bruker sum nitrogen i husdyrgjødsel som underlag for å beregne utslipp.

Mellom Jordmod og CAPRI er det tydelige forskjeller mellom de ulike aktivitetene. Utslipp fra drøvtyggere (storfe, sau/lam og geit) er høyere i Jordmod, mens utslipp fra fjørfe er høyere i CAPRI.

Tabell 68. Direkte utslipp av lystgass fra spredning av husdyrgjødsel

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku				229	1,475	0,338	235	1,454	0,342
Ammeku				69	0,781	0,054	68	0,541	0,037
Annen storfe				570	0,81	0,462	534	0,313	0,167
Sau/lam & geit				1 270	0,127	0,161	1 288	0,054	0,070
Gris				547	0,200	0,109	542	0,356	0,193
- Purke				52	0,539	0,028	56	0,73	0,041
- Slaktegris				495	0,164	0,081	486	0,313	0,152
Fjørfe				16	4,677	0,077	15	6,875	0,105
- Verpehøner				4	10,525	0,044	4	12,475	0,050
- Slaktekyllinger				12	2,697	0,033	11	4,882	0,055
SUM			1,045			1,202			0,914

Antall: 1000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg N₂O per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.3 Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp

Direkte utslipp knyttet til spredning av kunstgjødsel samsvarer godt i modellene og utslippsregnskapet. Tabell 69 viser at det er små avvik. Utslippsregnskapet beregner utslipp basert på mengde kunstgjødsel, mens modellene bruker en utslippskoeffisient per daa areal som varierer med type vekst.

Tabell 69. Direkte utslipp av lystgass fra spredning av kunstgjødsel

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn, raps, erter				2 847	0,121	0,344	3 102	0,157	0,488
Grovfôr				6 756	0,188	1,270	6 468	0,184	1,187
A. planteprod.				222	0,061	0,014	131	0,313	0,041
SUM	102,07	0,016	1,605			1,628			1,716

Utslippsregnskap: Antall: kt N, koeffisient kg N₂O per kg N, sum: kt N₂O

Modeller: Antall: 1000 daa, koeffisient: kg N₂O per daa, sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.4 Håndtering og spredning av gjødsel, indirekte utslipp gjennom avrenning

Utslippsregnskapet angir mengde nitrogen som går tapt gjennom avrenning og beregner utslipp på bakgrunn av det.⁹ I modellene beregnes disse utslippene for de enkelte aktivitetene. Det er store avvik mellom utslipp i regnskapet og i modellene (tabell 70).

⁹ Utslippsregnskapet angir mengde nitrogen i husdyrgjødsel fordelt på dyreslag slik at det i prinsippet er mulig å fordele utslippene i regnskapet på aktivitetene ved å ta hensyn til lagringssystemet for husdyrgjødsel.

Tabell 70. Indirekte utslipp av lystgass fra håndtering og spredning av husdyr- og kunstgjødse gjennom avrenning

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku				229	0,384	0,088	235	0,034	0,008
Ammeku				69	0,200	0,014	68	0,015	0,001
Annen storfe				570	0,085	0,048	534	0,011	0,006
Sau/lam & geit				1 270	0,042	0,053	1 288	0,003	0,004
Gris				547	0,042	0,023	542	0,006	0,003
- Purke				52	0,112	0,006	56	0,018	0,001
- Slaktegris				495	0,034	0,017	486	0,004	0,002
Fjørfe				16	0,978	0,016	15	0,393	0,006
- Verpehøner				4	2,179	0,009	4	0,499	0,002
- Slaktekyllinger				12	0,572	0,007	11	0,355	0,004
Korn, raps, erter				2 847	0,020	0,057	3 102	0,005	0,016
Grovfôr				6 756	0,031	0,209	6 468	0,004	0,029
A. planteprod.				222	0,010	0,002	131	0,008	0,001
SUM			0,924			0,511			0,074

Antall: 1000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg N₂O per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

Jordmod har kun 55 % av regnskapets utslipp, og CAPRI bare 8 %. Det er tydelig at modellene ikke «treffer», men det er uklart hva avviket skyldes. Mulige årsaker kan være forskjeller i beregningsmetode og valg av andre parameterverdier.

4.3.5 Håndtering og spredning av gjødse, indirekte utslipp gjennom nedfall av ammoniak

En lignende situasjon gjelder også for indirekte utslipp fra håndtering og spredning av gjødse gjennom nedfall av ammoniak. I motsetning til indirekte utslipp gjennom avrenning, er utslippsmengdene i modellene derimot nærmest sammenfallende. De er likevel bare ca. 40 % av regnskapets totale utslippsmengde.

Tabell 71. Indirekte utslipp av lystgass fra håndtering og spredning av huysdyr- og kunstgjødsel gjennom nedfall av ammoniak

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku				229	0,548	0,126	235	0,520	0,122
Ammeku				69	0,286	0,020	68	0,214	0,015
Annen storfe				570	0,121	0,069	534	0,133	0,071
Sau/lam & geit				1 270	0,058	0,074	1 288	0,016	0,020
Gris				547	0,061	0,034	542	0,116	0,063
- Purke				52	0,164	0,009	56	0,243	0,014
- Slaktegris				495	0,051	0,025	486	0,104	0,050
Fjørfe				16	1,421	0,023	15	1,778	0,027
- Verpehøner				4	3,205	0,013	4	2,178	0,009
- Slaktekyllinger				12	0,817	0,010	11	1,636	0,018
Korn, raps, erter				2 847	0,003	0,009	3 102	0,002	0,005
Grovfôr				6 756	0,005	0,034	6 468	0,002	0,011
A. planteprod.				222	0,002	0,000	131	0,003	0,000
SUM			0,924			0,388			0,335

Antall: 1000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg N₂O per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.6 Husdyrgjødsel på beite

Tabell 72 viser utslipp av lystgass fra husdyr på beite.

Tabell 72. Utslipp av lystgass fra husdyr på beite

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Melkeku	221	0,54	0,120	229	0,76	0,174	235	0,95	0,223
Ammeku	74	0,50	0,037	69	0,37	0,026	68	1,11	0,075
Annen storfe	521	0,33	0,173	570	0,17	0,097	534	0,64	0,342
Sau/lam & geit	1 414	0,108	0,153	1270	0,15	0,190	1 288	0,09	0,113
SUM			0,483			0,487			0,753

Antall: 1000 dyr (fjørfe i mill. dyr), koeffisient: kg N₂O per dyr (fjørfe i 1000 dyr), sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

Det er godt samsvar mellom utslippsregnskapet og Jordmod, også på aktivitetsnivå, men betydelig høyere utslipp i CAPRI. For storfe er de implisitte utslippskoeffisientene om lag dobbelt så høye som i utslippsregnskapet. Det er bedre samsvar på sau/lam og geit.

4.3.7 Avlingsrester

Tabell 73 viser utslipp av lystgass fra avlingsrester. Utslippene i CAPRI ligger nesten 5 ganger høyere enn utslippene i regnskapet og i Jordmod. Avviket skyldes i hovedsak den implisitte utslippskoeffisienten for grovfôr.

Tabell 73. Utslipp av lystgass fra avlingsrester

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn, raps, erter				2 847	0,014	0,041	3 102	0,023	0,071
Grovfôr				6 756	0,026	0,179	6 468	0,134	0,867
A. planteprod.				222	0,009	0,002	131	0,008	0,001
SUM	190,23	0,001	0,234			0,222			0,939

Utslippsregnskap: Antall: kt N, koeffisient kg N₂O per kg N, sum: kt N₂O

Modeller: Antall: 1000 daa, koeffisient: kg N₂O per daa, sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.8 Slam og organisk gjødsel

Slam og organisk gjødsel er ikke hensyntatt i Jordmod og CAPRI.

4.3.9 Brenning av avlingsrester

Utslipp fra brenning av avlingsrester er ikke implementert i CAPRI. Utslippene i Jordmod er om lag i samsvar med utslippsregnskapet. Utslippsregnskapet bruker mengde avling (korn og oljefrø), mens Jordmod har en implisitt utslippskoeffisient per daa korn, raps og erter.

Tabell 74. Utslipp av lystgass fra brenning av avlingsrester

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn, raps, erter				2 969	0,0014	0,004			
SUM	1 174	0,002	0,003			0,004			

Utslippsregnskap: Antall: kt N, koeffisient kg N₂O per kg N, sum: kt N₂O

Modeller: Antall: 1000 daa, koeffisient: kg N₂O per daa, sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.3.10 Dyrking av organisk jord

Utslipp av lystgass fra dyrking av organisk jord viser godt samsvar i begge modellene sammenlignet med utslippsregnskapet. Regnskapet benytter mengde organisk jord som grunnlag for utslippsberegningen. Modellene skiller ikke mellom organisk jord og andre jordtyper. Derfor justeres den implisitte utslippskoeffisienten for regional andel organisk jord og anvendes på hele regionens jordbruksareal.

Tabell 75. Utslipp av lystgass fra dyrking av organisk jord

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn				2 847	0,11	0,313	3 102	0,018	0,054
Oljefrø, erter				6 756	0,14	0,946	6 468	0,193	1,245
Grovfôr				222	0,01	0,002	131	0,018	0,002
SUM	664	2,014	1,337			1,261			1,302

Utslippsregnskap: Antall: 1 000 daa organisk jord, koeffisient kg N₂O per daa organisk jord, sum: kt N₂O

Modeller: Antall: 1 000 daa jordbruksareal, koeffisient: kg N₂O per daa jordbruksareal, sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.4 Karbondioksid

4.4.1 Kalking

Utslipp fra gjødsling med kalkholdig gjødsel som kalk og urea, er hensyntatt i Jordmod, men ikke i CAPRI. Utslippsregnskapet benytter mengde gjødsel til beregning av utslipp, mens i Jordmod beregnes utslipp ved hjelp av en utslippskoeffisient knyttet til jordbruksareal.

Tabell 76. Utslipp av karbondioksid fra kalking

Aktivitet	NIR/CRF 2014			Jordmod «2014»			CAPRI «2012»		
	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum	Antall	Koeff.	Sum
Korn				2 847	7,987	23			
Oljefrø, erter				6 756	7,987	54			
Grovfôr				222	4,083	1			
Kalk	198,46	446,5	88,61						
Urea	0,22	0,73	0,16						
SUM			89			78			

Utslippsregnskap: Antall: kt kalk tilført gjennom kalking, koeffisient: kg CO₂ per kg kalk, sum: kt N₂O

Modeller: Antall: 1000 daa, koeffisient: kg N₂O per daa, sum: kt N₂O

Kilde: NIR/CRF: NIR/CRF (2017), Jordmod: NIBIO (2018b), CAPRI: NIBIO (2018a)

4.5 Oversikt

Tabell 77 viser en sammenligning av utslipp av klimagasser etter kilde og modell. Det er verdt å merke seg at utslippsregnskapet omfatter utslipp utenfor den ordinære jordbrukssektoren. Det gjelder hest, reinsdyr og hjort, i tillegg til pelsdyr. Disse må trekkes ut før utslippene i regnskapet kan sammenlignes med modellenes utslipp.

Sum utslipp fra jordbruket stemmer fra modellene stemmer overens med utslippsregnskapet. For Jordmod gjelder dette også for klimagassene metan, lystgass og karbondioksid hver for gang. CAPRI underrapporterer utslipp av metan (5 %), overvurderer utslipp av lystgass (12 %) og mangler utslipp av karbondioksid. I sum blir utslipp målt i CO₂-ekvivalenter likevel «riktig».

De samlede utslippene per utslippskilde stemmer bedre overens i Jordmod sammenlignet med CAPRI. CAPRI er en betydelig mer kompleks modell enn Jordmod og det er ressurskrevende å etterprøve alle ligningene og parameterverdier som til slutt ender opp i en utslippskoeffisient. Det er åpenbart noen utslippskilder i CAPRI som trenger ettersyn, f.eks. utslipp fra avlingsrester som ligger nesten 5 ganger høyere enn utslippsregnskapet eller utslipp fra avrenning knyttet til gjødselhåndtering og gjødselspredning som ligger på 13 % av utslippsregnskapets verdi. Her kan en årsak være at CAPRI beregner og fordeler utslipp på en annen måte enn metoden i utslippsregnskapet.

Tabell 77. Utslipp av klimagasser etter kilde og modell (1 000 t CO₂-ekv.)

Utslippskilde	NIR (2014)	Jordmod ("2014")	Jordmod i % av utslippsregnskap	NIR (2012)	CAPRI ("2012")	CAPRI i % av utslippsregnskap
Sum klimagassutslipp i NIR	4 512			4 389		
Sum klimagassutslipp i modellene	4 257	4 242	100	4 229	4 248	100
Sum klimagassutslipp metan	2 362	2 348	99	2 361	2 239	95
<i>Fordøyelse</i>	2 125	2 073	98	2 125	2 026	95
<i>Håndtering av husdyrgjødsel</i>	234	275	118	234	213	91
<i>Brenning av avlingsrester</i>	3	2	91	2		
Sum klimagassutslipp lystgass	1 816	1 816	100	1 788	2 010	112
<i>Håndtering av husdyrgjødsel, direkte utslipp</i>	140	114	81	140	215	153
<i>Spredning av husdyrgjødsel, direkte utslipp</i>	302	358	118	302	271	90
<i>Spredning av kunstgjødsel, direkte utslipp</i>	448	484	108	448	508	113
<i>Håndtering og spredning av gjødsel, avrenning</i>	172	152	88	164	22	13
<i>Håndtering og spredning av gjødsel, nedfall</i>	103	116	113	99	99	100
<i>Husdyrgjødsel på beite</i>	167	145	87	167	225	135
<i>Avlingsrester</i>	70	66	94	58	282	484
<i>Slam og organisk avfall</i>	14			13		
<i>Brenning av avlingsrester</i>	1	1	142	1		
<i>Dyrking av organisk jord</i>	399	382	96	395	387	98
Sum klimagassutslipp karbondioksid	80	78	97	80	-	
<i>Kalking</i>	80	78	97	80		
<i>Gjødsling med urea</i>	0,163			0,226		

5 Konklusjon

I dette kapitlet gis det først en kort vurdering hvordan rapporten har svart til formålet for prosjektet gitt av Miljødirektoratet og Finansdepartementet. Miljødirektoratets formål har vært som følger:

1. *Å dokumentere datagrunnlaget for modellkjøringer med CAPRI for norske jordbruksforhold. Utslippsfaktorer og aktivitetsdata skal gjennomgås i CAPRI og sammenlignes med datagrunnlaget for det norske utslippsregnskapet.*

Dokumentasjon av datagrunnlaget er gitt i kapittel 2.2, mens utslippsfaktorer og aktivitetsnivå er sammenlignet med utslippsregnskapet i kapittel 4.

2. *Å dokumentere klimatiltak i jordbruket som er inkludert i CAPRI og hvilke av disse som har blitt brukt i modellkjøringer av CAPRI for Norge.*

Klimatiltakene er beskrevet i kapittel 2.3, mens resultatene av modellkjøringene er presentert i kapittel 2.4.

3. *Å identifisere datahull der det ikke er tilstrekkelig informasjon for å gjøre modellkjøringer i Norge.*

Det er identifisert utslippskilder som ikke er implementert i CAPRI. Det gjelder utslipp av metan og lystgass fra brenning av avlingsrester, utslipp fra slam og organisk avfall brukt i jordbruket, kalking og gjødsling med urea. Disse datahullene gjelder alle land i CAPRI og er ikke spesifikke for Norge. Det er fortsatt slik at mange koeffisienter som er nødvendige for å beregne utslipp (f.eks. data for systemer for gjødselhåndtering, mengde nitrogen utskilt per dyr), tas fra Sverige. Det gjelder først og fremst tall CAPRI henter fra nitrogenkretsløpsmodellen Miterra.

Finansdepartementets formål har vært som følger:

1. *Å sette sektormodellen Jordmod i stand til å foreta konsekvensanalyser av ulike klimatiltak i norsk jordbruk.*

Jordmod er utvidet med nye utslippskilder og oppdatert. Arbeidet er dokumentert i kap. 3.2.

Klimatiltak er beskrevet i kap. 3.3, mens modellresultater er presentert i kap. 3.4.

2. *Å forstå eventuelle likheter og forskjeller mellom beregnede effekter av samme klimatiltak i Jordmod og CAPRI.*

Biogass er ett av få tiltak som er implementert i både Jordmod og CAPRI. Imidlertid har det vært et mål om å gjenta simuleringene i CAPRI og der har ikke klimatiltakene blitt kjørt enkeltvis. I Jordmod er klimatiltakene derimot kjørt hver for seg. Forutsetningene som ligger til grunn for klimatiltaket biogass i Jordmod og CAPRI er derimot forskjellige. I CAPRI er det fulgt forutsetningene fra Ecampa2-studien (Pérez Domínguez et al. 2016), mens i Jordmod er det lagt inn forutsetninger basert på Pettersen et al. (2017). Blant de undersøkte klimatiltakene fremstår biogass blant de mer kostnadseffektive. Det gjelder for både Jordmod og CAPRI. En viktig forutsetning, og likhet, er at kostnader for andre substrater enn husdyrgjødsel ikke er hensyntatt. Det kan potensielt påvirke tiltakets kostnadseffektivitet.

Selv om formålet med begge modellene er likt og de følger samme modelltradisjon vil det trolig være krevende å etterprøve og forstå forskjeller i modellresultater av kjøring selv med identiske scenarier eller klimatiltak.

Erfaringene med oppdateringen og videreutviklingen av de to modellene samt gjenværende behov for videre arbeid sammenfattes i følgende kulepunkter.

- Jordmod omfatter noen flere kilder for utslipp av klimagasser enn CAPRI.

- Metoden for beregning av utslipp av klimagasser i Jordmod og CAPRI er i hovedtrekk den samme siden det følger IPCCs retningslinjer. CAPRI er rikere og mer detaljert (følger oftere Tier 2), og dermed også mer kompleks metodisk sett. Jordmod er noe enklere og følger Tier 1 eller en mellomløsning mellom Tier 1 og Tier 2.
- Endringer i utslipp av klimagasser per aktivitet (dyr/daa) i Jordmod påvirkes av tre variable: melkeytelse, kraftfôrprosent for melkekyr og beiteandel. Utover de tre variablene er det faste utslippskoeffisienter. Endringer i intensitet eller driftsmåte ikke vil føre til endringer i utslipp per aktivitet (med unntak av endringer i de tre ovennevnte variable) og må i så fall implementeres i modellen ved å endre utslippskoeffisient eksogent (manuelt).
- Endringer i utslipp av klimagasser per aktivitet (dyr/daa) i CAPRI er modellendogen for flere variable enn i Jordmod. Fôrsammensetning, dyrenes energibehov, gjødslingsintensitet og nitrogenkretsløpet er viktige faktorer som spiller inn.
- CAPRI har et mer detaljert opplegg for å implementere klimatiltak. Som oftest er det tilstrekkelig å oppgi en reduksjonskoeffisient eller å endre forholdstallet mellom tekniske løsninger (f.eks. husdyrrom, gjødsellagringsystem). Jordmod er mindre detaljert og det vil være nødvendig å endre utslippskoeffisient direkte heller enn tekniske løsninger.
- CAPRI er mindre detaljert når det gjelder modellering av enkeltbruk fordi den oppfatter en NUTS2-region som ett bruk. Jordmod inneholder enkeltbruk og tillater i prinsippet å være mer spesifikk på hvilke bruk som tar i bruk hvilke teknologiske løsninger. Dette er imidlertid ikke fullt utnyttet i dagens versjon.
- Jordmod kan enklere «kalibreres» til å reflektere observerte utslipp i basisåret. Denne prosessen er mer krevende i CAPRI, også fordi modellen i mindre grad tillater spesifikke løsninger for enkeltland (f.eks. bruke Tier 1 i ett land og Tier 2 i et annet land). Det vil derfor være avvik mellom Jordmod og CAPRI når det gjelder beregning av utslipp og selve utslippsnivået.
- Hverken Jordmod eller CAPRI er laget for å simulere årlige utviklingsforløp slik det kreves for referansebaner. Begge modeller er statiske. I Jordmod brukes 2030 som simuleringsår, CAPRI har blitt fremregnet til både 2020, 2030 og 2050. Teknisk sett er det uproblematisk å løse modellene for flere simuleringsår, men det vil aldri være en modellmessig sammenheng fra ett år til neste år. Siden 2017 leverer Norge data til OECDs jordbruksmodell Aglink som er komparativ-statisk og som gir resultater for enkeltår ti år fram i tid. Resultater fra Aglink brukes til å oppdatere referansebanen i CAPRI og vil da kunne brukes videre til å beregne årlige utslippsbaner for jordbruk.
- I en norsk kontekst vil som regel Jordmod være å foretrekke siden modellen er etablert og inneholder de viktigste elementene som kreves til å beregne utslipp og til å vurdere økonomiske og miljømessige effekter av klimatiltak. I den grad norsk klimapolitikk (og eventuelt norsk handelspolitikk) blir mer europeisk, kan CAPRI spille en viktig rolle for å kunne sammenligne økonomiske og miljømessige effekter av klimatiltak på tvers av land.
- Fortsatt tilkobling til CAPRI vil gjøre det mulig å høste «lavhengende frukter» i form av gevinster av nåværende og fremtidig modellutvikling (f.eks. i Ecamp3 med fokus på LULUCF og karbonkretsløp) som også vil kunne brukes til videreutvikling av Jordmod.
- Sammenligningen av utslipp fra utslippsregnskapet med Jordmod og CAPRI viser samsvar på overordnet nivå, men avvik på disaggregert nivå (utslippskilder). Det gjelder for CAPRI i større grad enn for Jordmod. Det er uklart om dette skyldes andre tallverdier for koeffisienter eller metodiske forskjeller.
- Modellkjøringene med CAPRI tyder på at norsk jordbruk ikke er ulikt jordbruket i EU når det gjelder muligheter for utslippsreduksjon. Simuleringer med en teknisk karbonavgift øremerket

jordbruket gir om lag samme relative utslippsreduksjon som i andre nordlige EU-land. Et unntak er Finland som har en stor andel organisk jord. Modellkjøringene med Jordmod tyder også på at klimatiltak i jordbruket kan bli kostbare.

- Beregningene med CAPRI viser at utslippsreduksjoner oppnås i større grad gjennom redusert utslippsintensitet enn gjennom redusert aktivitetsnivå. Dette funnet er noe i strid med allmenn oppfatning (f.eks. Matthews 2016) om at det er vanskelig å redusere klimautslipp fra jordbruket uten å redusere matproduksjonen. Det kan skyldes at forutsetningen er en teknisk karbonavgift som ikke vil kunne anvendes i praksis.
- Videre modellarbeid vurderes som potensielt hensiktsmessig på følgende områder:
 - Gjennomgang av utslippsberegninger i CAPRI for utslippskilder med store relative avvik og som har betydning for utslippsregnskapet. Det gjelder særlig lystgass som f.eks. direkte utslipp fra håndtering av husdyrgjødsel, indirekte utslipp fra avrenning fra håndtering og spredning av gjødsel og utslipp fra avlingsrester.
 - Løpende oppdatering av modellens datagrunnlag, også på andre områder enn utslipp av klimagasser for å øke modellens anvendelsesområde.
 - Modellkjøring med karbonavgift som er praktiserbar (f.eks. ved å avgiftsbelegge matvarer i henhold til deres karbonavtrykk slik det ble foreslått av Grønn skattekommisjon) for å undersøke om utslippsreduksjoner fortsatt i overveiende grad tas gjennom redusert utslippsintensitet framfor redusert aktivitetsnivå.

Litteraturreferanse

- Budsjettnemnda for jordbruket (div.) Totalkalkylen for jordbruket. Jordbrukets totalregnskap og budjett. Norsk institutt for bioøkonomi. Ås. [Årlig publikasjon]
- EU-kommisjonen. 2014. Impact assessment accompanying the document “Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030”. {COM(2014) 15 final}. Brussel. 22.1.2014
- EU-kommisjonen. 2016. Impact assessment accompanying the document “Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 for a resilient Energy Union and to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change”. {COM(2016) 482 final}. Brussel. 20.7.2016
- Eurostat. 2016. Statistical regions level 2 in Norway as of 11th July 2016. (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/statistical-regions-outside-eu>, nedlastet 16.04.2018).
- Flaten, O. 2001. Økonomiske analyser av tilpassinger i norsk mjølkeproduksjon. Dr.grads-avhandling D-01/1001. Norges Landbrukshøgskole. Ås.
- Flaten, O., Bakken, A.K., Randby, Å.T. 2015. The profitability of harvesting grass silage at early maturity stages: An analysis for dairy farming systems in Norway. *Agricultural Systems* 136:85-95, Appendix Table A.1
- GAINS database. 2013. Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Østerrike. (<http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/GAINS.en.html>).
- GAINS database. 2015. Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies .EU-28: GAINS model input data and results. Internal document produced for the JRC by the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg, Østerrike.
- Grønlund, A. 2017. Oppdaterte tall oversendt av Arne Grønlund for klimagasskalkulatoren dokumentert i: Grønlund, A. (2015). Kalkulator for klimagassutslipp fra jordbruket. Dokumentasjon til et beregningsprogram. Versjon 2. NIBIO Rapport 1(14), 2015.
- IPCC. 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. (edited by Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Jamsranjav, B., Fukuda, M. og Troxler, T.). IPCC. Sveits.
- Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P., Tubiello, F., Grandgirard, D., Monni, S., Biala, K. 2010. Evaluation of the livestock sector’s contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) – final report. European Commission. Joint Research Centre.
- Matthews, A. 2016. Mitigation potential in EU agriculture. Blog post av 3.10.2016. (<https://http://capreform.eu/mitigation-potential-in-eu-agriculture>, nedlastet 25.04.2018)
- Miljødirektoratet. 2017. Framskrivninger for jordbrukssektoren til Perspektivmelding 2017. Notat av 27.04.2017. Miljødirektoratet. Trondheim/Oslo.
- Mittenzwei, K. og Gaasland, I. 2008. *Dokumentasjon av Jordmod*. NILF-rapport 2008-3. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF). Oslo.

- Mittenzwei, K. 2015. Reduserte klimagassutslipp fra produksjon og forbruk av rødt kjøtt: Virkemiddelanalyse med Jordmod. NIBIO Oppdragsrapport 1(16). NIBIO. Ås
- NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi). 2018a. CAPRI programkode, versjon av xx.xx.2018 [CAPRI_Klima]
- NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi). 2018b. Jordmod programkode, versjon av xx.xx.2018 [Jordmod_Klima]
- Pérez Domínguez, I., Fellmann, T., Weiss, F., Witzke, P., Barreiro-Hurlé, J., Himics, M., Jansson, T., Salputra, G. og Leip, A. 2016. An economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture. Ecampa 2. JRC Science for policy report. Joint Research Centre. European Commission.
- Pettersen, I., Grønlund, A., Stengsgård, A.E. og Walland, F. 2017. Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fem tiltak. NIBIO-rapport 2(3). Norsk institutt for bioøkonomi. Ås.
- Riley, H. 2016. Tillage timeliness for spring cereals in Norway. Yield losses due to soil compaction and sowing delay and their consequences for optimal mechanization in relation to crop area. NIBIO Rapport 2(112). NIBIO. Ås.
- NIR. 2018. Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, Annexes to NIR 2018. M-986. Miljødirektoratet. Trondheim/Oslo (med bidrag fra Miljødirektoratet, Statistisk Sentralbyrå og Norsk institutt for bioøkonomi).
- NIR. 2016. The Norwegian Emission Inventory 2016. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Document 2016/22. Statistics Norway. Oslo/Kongsvinger.
- NIR/CRF. 2017. Inventory submission of common reporting format (CRF) of Norway for 2017 on 07 April 2017. (http://unfccc.int/national_reports_annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submission/items/101116.php, nedlastet 13.11.2017)
- Storlien, T.M., Harstad, O.M. 2015. Tiltak i husdyrproduksjonen: Potensial for reduksjon i utslipp av lystgass og enterisk metan fra mjølkepopulasjonen. M-471-2016.
- Stornes, O.K. 2008. Ammoniakkutslipp fra jordbruket. Ulike måter å spre husdyrgjødsel på. NILF-notat 2008-1. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Oslo.
- Thuen, A. og Fjellhammer, E. 2016. Samfunnsøkonomiske beregninger av klimatiltak i melkesektoren. M-638(2016). AgriAnalyse. Oslo.
- Tesfai, M. 2016. Emissions of N₂O from agricultural soils and mitigation options: A review with special reference to Norwegian agriculture. NIBIO Rapport 2(25). NIBIO. Ås.
- UNFCCC. 2018. National Inventory Submissions 2018. UNFCCC. Geneve. (<https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018>).
- Velthof, G.L., Oudendag, D., Oenema, A. 2007. Development and Application of the Integrated Nitrogen Model MITERRA-EUORPE. Alterra report 1663.1 Wageningen. Netherlands.

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

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

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

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