LANDBRUK OG KLIMAENDRINGER

RAPPORT FRA ARBEIDSGRUPPE

AVGITT 19. FEBRUAR 2016

FORORD

Klimaendringene stiller landbruket overfor to hovedutfordringer:

- Hvordan motvirke klimaendringene gjennom utslippsreduksjon og økt opptak og lagring av karbon
- Hvordan mestre produksjon under endret klima ved tilpasning til klimaendringer

Utvalget startet i april 2015 arbeidet med å skaffe en oversikt over gjeldende norsk klimapolitikk på landbruksområdet holdt opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanels 5. hovedrapport. Med henvisning til mandatet er det gjort bestillinger av forsknings- og utredningsmateriale fra ledende norske forskningsmiljøer på området. Dette har sammen med presentasjoner og diskusjoner med representanter for disse miljøene dannet det faglige grunnlaget for rapporten. Rapporten skal gi en bred og oppdatert kunnskap om de utfordringene og mulighetene landbruket vil ha i møtet med et endret klima.

Med et bredt sammensatt utvalg hvor landbruksnæringens utfordringer og muligheter skulle kombineres med myndighetenes krav til en bærekraftig produksjon og forsvarlig ressurs- og naturforvaltning, var det i utgangspunktet ingen selvfølge at gruppa kunne stå samlet bak konklusjonene og anbefalingene. Når dette likevel ble resultatet, må dette tilskrives den felles forståelsen utvalget kom fram til når det gjelder de utfordringene og mulighetene jord- og skogbruket har i en krevende tid - hvor oppgavene klimatilpasning, utslippsreduksjoner og fossil substitusjon må forenes.

Klimaendringene vil sette våre samfunn på alvorlige prøver. De vil kunne gi det globale landbruket betydelig utfordringer, med redusert matproduksjon og svekkete økosystemer som resultat. Rapporten trekker fram at norsk landbruk på en rekke områder er bedre rustet til å møte disse enn mange andre land og verdensdeler. Men med temperaturøkninger over 2 grader globalt er risikoen for negativ påvirkning av landbruksproduksjonen også betydelig her hjemme.

Samlet sett vil landbrukets bidrag til en fossilfri verdiskaping kunne bli betydelig i årene som kommer. FNs klimapanel legger i sin 5. hovedrapport også betydelig vekt på utfordringen og mulighetene som ligger i å redusere temperaturøkningen gjennom økt opptak av CO_2 og mer effektiv og økt produksjon av biomasse i matproduksjon, til materialer og energiformål og til ulike teknologier som kan reversere klimagassutslippene ved å trekke karbon av fossilt opphav ut av det atmosfæriske kretsløpet.

Vi håper rapporten vil gi markedsaktører, myndigheter og politikere et bedre grunnlag når beslutninger, prioriteringer og virkemidler skal utformes i tiden som kommer.

15. februar 2016

Erik Eid Hohle
Klimautvalgets leder

Foto på forsiden: Anna Rehnberg, Erling Fløystad (2), Arne Steffenrem og Anders Møyner Eid Hohle

1 SAMMENDRAG OG HOVEDKONKLUSJONER 8

2 INNLEDNING 17

2.1 Bakgrunn og mandat for utredningen 17

2.2 Arbeidsgruppens forståelse av mandatet 18

2.3 Organisering av arbeidet og rapporten 18

2.4 Politiske rammer 20

2.4.1 Nærmere om norsk klimapolitikk 20

2.4.2 Nærmere om EUs rammeverk mot 2030 22

3 KLIMAPANELETS 5. HOVEDRAPPORT 25

3.1 Utviklingsbaner i Klimapanelets 5. hovedrapport 26

3.2 Vår felles fremtid – togradersmålet 29

3.3 Beregning av klimaeffekt av utslipp 37

3.4 Virkninger og risiko ved fremtidige klimaendringer 39

3.5 Konsekvenser og tilpasninger i landbruket 39

4 KLIMA OG LANDBRUK I ENDRING 41

4.1 Klimasystemet og menneskelig påvirkning 41

4.2 Klimautfordringer, vegetasjon og landbruk 42

4.2.1 Klodens energibalanse og planters fotosyntese 43

4.2.2 Vegetasjonens betydning for overflate og albedo 43

4.2.3 Karbonets kretsløp: jord, planter, luft og hav 43

4.2.4 Verdier av karbon i jord 44

4.2.5 Nitrogenets kretsløp: gjødsel, jord og luft 45

4.2.6 Vannets kretsløp 45

5 ENDRET KLIMA I NORGE 46

5.1 Bakgrunnsmateriale 46

5.2 Klimautviklingen i Norge fram til 2014 46

5.3 Beregnet klimautvikling i Norge fram til 2100 48

5.4 Bruk av framskrivningene på kort og lang sikt 52

6 LANDBRUKSNÆRINGENE I NORGE 54

6.1 Jordbruk og mat 54

6.1.1 Naturgitte forhold for jordbruk 54

6.1.2 Struktur og økonomi i jordbruket 55

6.1.3 Forsynings- og markedssituasjon for mat 56

6.2 Jordbrukspolitikken 58

6.2.1 Virkemidler med klimavirkning 60

6.3 Skog og skogbruk 61

6.3.1 Skogressursene 61

6.3.2 Struktur og økonomi i skogbruket ... 63
6.3.3 Markedssituasjonen for skogsindustri og trevirke ... 64

7 UTSLIPP OG KLIMAPÅVIRKNING AV NORSK JORDBRUK ... 66

7.1 Nasjonale utslippsregnskap for klimagasser ... 66
7.1.1 Metodikk bak utslippstallene ... 70
7.1.2 Anslag for usikkerhet i utslippstallene ... 70
7.2 Utslipp og opptak - Kilder og prosesser ... 71
7.2.1 CO_2-utslipp fra maskin- og energibruk ... 71
7.2.2 CO_2-utslipp fra kalking og urea ... 72
7.2.3 Metan fra husdyrenes fordøyelse ... 72
7.2.4 Metan og lystgass fra gjødsellager ... 72
7.2.5 Øvrige kilder og prosesser for nitrogen og lystgassutslipp ... 72
7.2.6 Karbonbalanse, utslipp og opptak i jord ... 75
7.2.7 Drøvtyggere og klimagasser i dagens produksjon ... 80
7.3 Foreslåtte tiltak for utslippsreduksjoner i jordbrukssektoren i klimapanelets rapport ... 84
7.4 Tiltak for utslippsreduksjoner i jordbruket i Norge ... 86
7.4.1 Variasjon og substitusjon mellom produkter og produksjoner ... 87
7.4.2 Tiltaksanalyser på samfunnsnivå ... 90
7.4.3 Konsekvenser av klimatiltak for jordbruksareal ... 102
7.4.4 Tiltak på foretaksnivå for de enkelte produksjoner ... 102
7.5 Kostholdets betydning ... 113
7.5.1 Utviklingen i kjøttforbruk i verden og i Norge ... 113
7.6 Effekter av etterspørselsendringer ... 115

8 KLIMAGASSEFFEKTER FRA SKOG OG ANDRE LANDAREALER ... 117

8.1 Utviklingen i det norske utslippsregnskapet ... 118
8.2 Skog som karbonlager ... 119
8.3 Utslipp og opptak: Andre arealkategorier enn skog ... 121
8.4 Skog som biomasseressurs ... 122
8.5 Karbon i skogsjord ... 122
8.6 Klimapanelets omtale av skog og andre landarealer ... 123
8.6.1 Tiltak i Klimapanelets femte hovedrapport ... 124
8.7 Tiltak som er vurdert i Norge ... 126
8.7.1 Tiltak som øker opptak, reduserer utslipp eller bevarer karbonlageret ... 126
8.7.2 Tiltak som øker etterspørselen etter biomasse - substitusjon ... 130

9 TILPASNING TIL ENDRET KLIMA I JORDBRUKET ... 136

9.1 Effekter på produksjonsgrunnlaget ... 137
9.2 Muligheter for jordbruket i endret klima ... 138
9.3 Utfordringer ved endret klima ... 140
9.3.1 Abiotiske faktorer- økt nedbør ... 140

9.3.2 Endrede vinterforhold ... 142
9.3.3 Økt tørke ... 142
9.3.4 Vind ... 143
9.3.5 Miljøeffekter ved økt nedbør og avrenning ... 143
9.3.6 Konsekvenser for kulturminner og kulturlandskap ... 143
9.3.7 Biotiske faktorer – plantehelse ... 144
9.4 Spesifikke produksjons og driftsutfordringer ... 148
9.4.1 Kornproduksjon ... 148
9.4.2 Grovfôrproduksjon ... 149
9.4.3 Grønnsaker og poteter ... 151
9.4.4 Frukt og bær ... 152
9.4.5 Husdyrproduksjon ved endret klima ... 154
9.5 Kulturlandskap i endret klima ... 157
9.6 Tilpasningstiltak ... 157
9.6.1 Foredling ... 158
9.6.2 Driftsmessig tilpasning til våtere forhold ... 160
9.6.3 Tilpasning av gjødsling, jordarbeiding. ... 162
9.6.4 Tekniske tiltak for å skjerme frukt- og bærproduksjonen ... 163
9.6.5 Plantehelse ... 163
9.6.6 Tilpasning av miljøtiltak ... 164
9.6.7 Tilpasninger i husdyrproduksjonen ... 164
10 KONSEKVENSER AV ENDRET KLIMA FOR SKOGBRUKET ... 166
10.1 Skogproduksjon når klimaet endres – muligheter ... 166
10.1.1 Produksjonsareal ... 166
10.1.2 Biologisk produksjonspotensial ... 167
10.1.3 Klimaendringer og treslag ... 168
10.2 Abiotiske utfordringer i endret klima ... 169
10.2.1 Driftsforhold ... 169
10.2.2 Vindfelling ... 169
10.2.3 Brannrisiko ... 170
10.2.4 Tørkestress ... 171
10.2.5 Frostskader ... 172
10.3 Genetisk tilpasning til endret klima ... 173
10.4 Biotiske utfordringer i endret klima ... 174
10.4.1 Skoghelse ... 174
11 OVERORDNEDE PRINSIPPER OG VURDERINGER ... 178
11.1 Togradersmålet, utslippsmål og landbruk ... 179
11.2 Norsk landbruk i en global sammenheng ... 181
11.3 Tilpasning for økt produksjon og redusert risiko ... 184
11.4 Jordbrukets tilpasning til endret forbruk ... 188

12 JORDBRUKSSEKTOREN 192
12.1 Utslipp, opptak og lagring 192
12.1.1 Tiltak rettet mot de enkelte utslippskilder 193
12.1.2 Optimal sammensetning av produksjon og verdikjeder i Norge 198
12.1.3 Optimalisering av systemene på foretaksnivå 201
12.1.4 Kunnskapsutvikling og kunnskapsformidling 202
12.1.5 Oppsummering av forslag til nye prioriteringer og tiltak knyttet til praktisk jordbruk 203
12.1.6 Oppsummering og forslag til videre arbeid 204
12.2 Jordbrukets tilpasning til endret klima 205
12.2.1 Norsk politikk for tilpasning 206
12.2.2 Sikre produksjonsgrunnlaget 206
12.2.3 Jordbrukets muligheter under endret klima 207
12.2.4 Jordbrukets utfordringer i endret klima 208
12.2.5 Oppsummering 214
13 SKOGBRUKSSEKTOREN 215
13.1 Utslipp, opptak og lagring 215
13.1.1 Tiltak 216
13.1.2 Forslag til nye prioriteringer og tiltak 219
13.2 Klimatilpasning til endret klima i skogbruket 221
13.2.1 Muligheter for skogbruket i endret klima 222
13.2.2 Utfordringer for skogbruket i endret klima 223
13.2.3 Abiotiske utfordringer og skadeårsaker 223
13.2.4 Biotiske utfordringer 224
13.2.5 Oppsummering 224
14 BIOØKONOMI, LANDBRUK OG SUBSTITUSJON 226
14.1 Landbruk er bioøkonomi 226
14.2 Primærproduksjon, bioøkonomien og endret klima 227
14.3 Klimatiltak som grunnlag for bioøkonomien 228
15 FORSKNINGSPRIORITERINGER 231
15.1 Jordbruket 232
15.2 Skogbruket 234
16 ØKONOMISKE OG ADMINISTRATIVE KONSEKVENSER 236
REFERANSER 237

Del I

Sammendrag og hovedkonklusjoner

1 SAMMENDRAG OG HOVEDKONKLUSJONER

I Stortingets behandling av jordbruksoppgjøret for 2014 ble det besluttet at "landbrukets utfordringer i møte med klimaendringene" skulle utredes. Landbruks- og matdepartementet oppnevnte i mars 2015 en arbeidsgruppe med et oppdrag om å; (1) Vurdere norsk klimapolitikk på landbruksområdet (både jordbruk og skogbruk) opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanel sin 5. hovedrapport. (2) Kartlegge kunnskapsstatus nasjonalt, definere kunnskapshull og vurdere eventuelle forskningsbehov framover. (3) Undersøke hvilke muligheter klimaendringer vil kunne gi for norsk landbruk, og samtidig hvilke utfordringer, som vil måtte håndteres. Utredningen skal også omfatte opptak i skog og lagring i jord, basert på ny kunnskap fra klimapanelet og de nye klimaframskrivningene som Norsk klimaservicesenter utarbeidet i 2015. (4) Vurdere om norsk jordbruk er rustet for å møte eventuelle endringer i forbrukernes etterspørsel etter mat produsert med et lavere klimaavtrykk.

Som vedlegg følger det 10 fagnotater som er bestilt i forbindelse med utarbeiding av rapporten.

LANDBRUKET MÅ VÆRE EN DEL AV KLIMALØSNINGEN

I Klimapanelets 5. hovedrapport kommer det tydelig frem at klimaendringene er menneskeskapte og skyldes våre utslipp av klimagasser. Verdens befolkning er sterkt økende og vil nå 9 milliarder innen 2050. Dette betyr økt forbruk og økende press på arealer, natur og ressurser. For å unngå alvorlige konsekvenser for landbruk og samfunn, er det svært viktig at klimaendringene begrenses og at landbruket bidrar til dette samtidig som matproduksjonen må økes.

Den nye klimaavtalen fra Paris har som mål å begrense temperaturstigningen til 2 grader og tilstrebe en temperaturøkning begrenset til 1,5 grader sammenliknet med førindustriell tid.

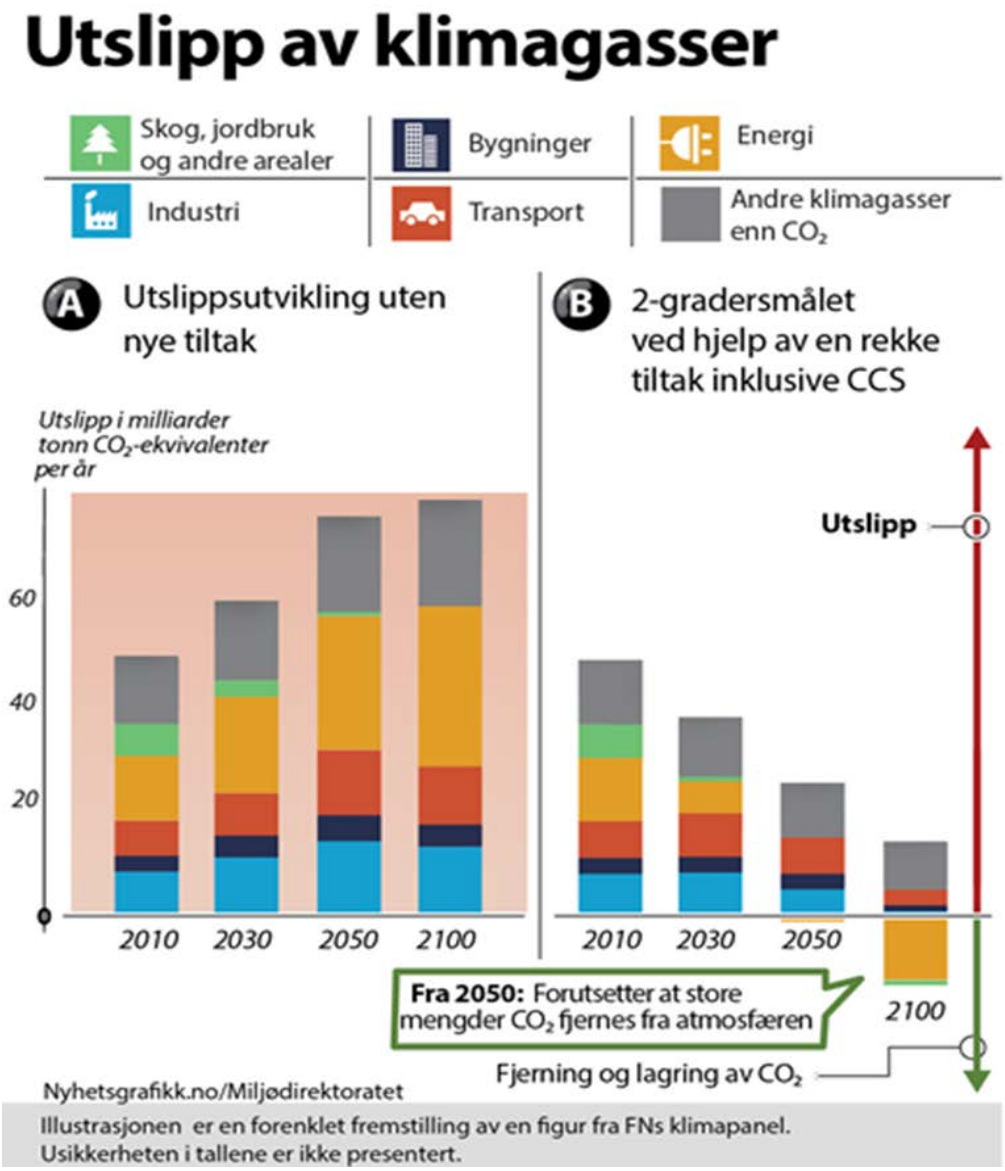
Videre er det et mål at de globale klimagassutslippene skal begrenses slik at toppnivået for globale utslipp inntreffer så fort som mulig, og at landene deretter ytterligere skal redusere sine utslipp raskt i tråd med best tilgjengelig kunnskap. Avtalen har også et mål om balanse mellom menneskeskapte utslipp og opptak av klimagasser i andre halvdel av århundret.

KLIMAPANELETS SCENARIER FOR ET 2 GRADERS MÅL

Figuren på neste side viser Miljødirektoratets forenklede framstilling av hvordan globale utslipp må reduseres fram mot 2100 for at vi skal nå et togradersmål. Utslippsreduksjoner må skje i alle sektorer, der utslipp fra avskoging, industri, bygg, transport og energiproduksjon må fjernes eller reduseres kraftig fram mot 2100, samtidig som lagrene av karbon i skog og andre landarealer må økes. Potensialet for utslippsreduksjoner fram mot 2100 er mindre for metan og lystgass fra jordbruket (i den grå delen av søylene) enn CO_2, siden disse i stor grad er knyttet til matproduksjon. Arbeidsgruppa vil peke på at virkemidler som landbrukssektoren stilles overfor må fange opp de særskilte utfordringene dette innebærer.

Globale klimagassutslipp må ifølge FNs klimapanel reduseres minst 40-70 prosent i perioden 2010-2050, om togradersmålet skal overholdes. Utslippene har allerede nådd 2/3 av budsjettet for et togradersmål.

Mange av scenarioene som ligger til grunn for klimapanelets lavutslippsbaner, forutsetter at påregnelige overskridelser av karbonbudsjettet kompenseres med vesentlige mengder negative utslipp. Negative utslipp kan skje ved storskala skogplanting, lagring av biokull i jord, eller bioenergi kombinert med fangst og lagring av CO_2 (BECCS – Bio-energy Carbon Capture and Storage). Lavutslippsscenarioer uten CCS krever også store mengder bioenergi, og må kompenseres med økt implementering av andre karbonnegative løsninger som biokull i jord og skogplanting.



Bruk av biomasse for å substituere fossile utslipp vil være et viktig bidrag til utslippskutt i de fleste sektorer; som eksempelvis biodrivstoff i transportsektoren, til energi og byggematerialer i byggsektoren, eller som energi, råstoff og reduksjonsmiddel (biokull) i industrien.

HVORDAN KAN NORSK LANDBRUK BIDRA?

Arbeidsgruppen mener at norsk klimapolitikk for landbrukssektoren på overordnet nivå fanger opp viktige tiltak og innsatsområder som er beskrevet i FNs klimapanel sin 5. hovedrapport. Det trengs imidlertid sterkere og mer målrettete virkemidler for å sikre at norsk landbruk kan fortsette å innfri Stortingets mål om matproduksjon over hele landet, samtidig som norsk landbruk bidrar til reduserte klimagassutslipp både i egen sektor og i andre samfunnssektorer.

Arbeidsgruppen mener at norsk landbruk må ha som mål å

- Bidra til matsikkerhet ved å produsere mer og riktig mat
- Mestre mer krevende produksjonsforhold som følge av klimaendringene
- Motvirke klimaendringer ved å redusere klimagassutslipp
- Motvirke klimaendringer ved å øke karbonlagringen, inkludert bruk av karbonnegative løsninger
- Levere fornybare alternativer som substituerer fossil energi og klimabelastende materialer
- Ivareta miljøverdier og økosystemtjenester

KLIMATILTAK I JORDBRUKET

Klimagassutslippene bokført til jordbrukssektoren har gått ned med om lag 13 prosent fra 1990 og utgjorde i 2013 i overkant av 8 prosent av de norske klimagassutslippene. En viktig årsak til dette er kraftig nedgang i antall storfe. Samtidig har økt import ført til at deler av utslippene som følger av norsk matkonsum fremkommer i produksjonslandets utslippsregnskap. Dersom utslippsreduksjonen i Norge skyldes at redusert norsk produksjon erstattes av importvarer, er det sannsynlig at denne har blitt oppveid av utslippsøkninger i andre land (karbonlekkasje). En politikk som legger til rette for reduserte utslipp av klimagasser fra norsk matproduksjon, må også omfatte hensynet til å begrense forbruk av matvarer fra andre land med tilsvarende høyt klimaavtrykk.

Norsk matproduksjon skjer med utgangspunkt i ressursgrunnlaget, og det er ikke mulig å produsere mat uten klimagassutslipp. De biologiske prosessene i landbruket kan ikke erstattes på samme måte som prosesser basert på ikke-fornybare råstoffer og fossilbaserte produksjonssystemer. Mesteparten av utslippene skyldes metan fra naturlige prosesser i fordøyelsen hos husdyr som storfe og sau, samt lystgass fra gjødsel som inngår i nitrogenets naturlige kretsløp. Norsk landbruk er undergitt de naturlige produksjonsmulighetene, med grasbasert husdyrhold som det viktigste. I utviklingen av virkemidler for landbrukssektoren må disse problemstillingene vektlegges.

Det hefter stor usikkerhet ved utslippstallene i jordbruket, fremfor alt grunnet diffuse utslipp av lystgass og CO_2 fra arealer og jordsmonn. Slik arbeidsgruppa vurderer det, fanger eksisterende tiltak opp viktige utfordringer på klimaområdet på en god måte. Det er likevel klart at man med dagens innsats ikke klarer å hente ut potensialet for utslippskutt og økt opptak raskt nok.

Den løpende utviklingen hvor ny forskning, teknologi og kunnskap tas i bruk er blant de viktigste tiltakene som kan gjennomføres for å få ned klimabelastningen fra landbruket. Arbeidsgruppen har gjennomgått eksisterende klimatiltak i norsk jordbruk, samt samlet inn og vurdert ny kunnskap som fremkommer i

tabellen nedenfor. Tabellen gir oversikt over tiltak innenfor dagens produksjonsstruktur. Eventuelle effekter av endret forbruk og produksjon inngår ikke i tabellen.

Tiltak som er gjennomførbare avhengig av politiske, markedsmessige og tekniske forutsetninger	Klima-gass	Kostnad (kr/tonn CO_2-ekv)	Utslipps-reduksjon (tonn CO_2-ekv)	Sektor som blir kreditert nasjonalt utslippsregnskap
Økt fett i fôrrasjonen	CH_4	Ikke kvantifisert	30 000 – 70 000	Jordbruk
Tidligere høstestadium av grovfôr kombinert med justert bruk av kraftfôr	CH_4, N_2O	Ikke kvantifisert	45 000 – 65 000	Jordbruk
Dyrehelse, fruktbarhet, avl	CH_4	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Jordbruk
Drenering	N_2O	Ikke kvantifisert	16 000 – 52 000	Jordbruk
Biogass fra husdyrgjødsel og restavling	CH_4, N_2O	>1500	100 000	Jordbruk Transport
Kombinasjon av bedre tilpasset mengde, metode og tidspunkt for gjødselspredning	N_2O (og avrenning + NH_3)	500 - 1500	50 000 - 100 000	Jordbruk
Presisjonsgjødsling med mineralgjødsel	N_2O	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Jordbruk
Utsatt/endret jordarbeiding	N_2O, CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Jordbruk/ LULUCF
Redusert matsvinn	CH_4, N_2O, CO_2	<500	56 000	Jordbruk/ LULUCF
Økt bruk av bio- og fornybart drivstoff i maskinparken	CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert, potensial er 300 000	Transport
Økt bruk av bio- og fornybar energi i bygg og oppvarming	CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert, men fullt potensial er 60 000	Bygg
Økt lagring av karbon i jord	CO_2	Ikke kvantifisert	100 000	LULUCF

Lavutslippsrapporten fra Miljødirektoratet har beregnet utslippsreduksjoner for tiltakene «biogass fra husdyrgjødsel og restavling» og «mindre matsvinn» som til sammen reduserer klimagassutslippene i jordbruket med 4 prosent i 2030. I tillegg er det i Storlien og Harstad (2015) beregnet at tiltak i melkeproduksjonen kan redusere utslippene med ytterligere 8 prosent. Dersom tiltakene i melkeproduksjonen også innføres i andre husdyrproduksjoner, kan potensialet øke med 1 prosent. Gjødslingstiltak kan redusere utslippene med opp mot 2 prosent. Bedre drenering ble i Klimakur beregnet gjennomført på 40 prosent av areal med dreneringsbehov, med potensiell utslippsreduksjon 1 prosent. Også innen planteproduksjonen kan optimalisering av agronomiske metoder og driftstilpasning som er ledd

i normal effektivisering, bidra til ytterligere utslippsreduksjoner. Alle disse tiltakene kan innføres uavhengig av hverandre og til sammen redusere utslippene fra jordbrukssektoren med 15 prosent.

Når vi inkluderer reduksjoner av utslipp fra transport, bygg og areal så er det videre potensialet for utslippsreduksjon anslått å være inntil 20 prosent fra i dag og fram til 2030. Det er likevel klart at man med dagens innsats ikke klarer å hente ut identifiserte potensialer for utslippskutt og økt opptak.

Det fremgår av tabellen over at det på en rekke områder ikke er gjort beregninger som viser kostnadene knyttet til gjennomføring av tiltakene. Man har også begrenset kunnskap om gjennomførbarhet og effekter av en del tiltak. For å kunne prioritere de riktige tiltakene bør utvikling av kunnskapsgrunnlaget prioriteres høyt, gjerne i et samarbeid mellom landbruks- og miljømyndighetene. Det bør etter et slikt arbeid vurderes om det er behov for å etablere et eget klimaprogram for jordbruket.

KLIMATILTAK I SKOGBRUKET

Klimapanelets 5. hovedrapport bidrar til å underbygge og forsterke vektleggingen av skogens rolle i klimapolitikken. Skogen kan redusere CO_2-utslippene i andre sektorer ved at trevirke erstatter fossile ressurser og andre klimabelastende produkter, samtidig som det bygges opp et høyt og robust karbonlager i skogen i et langsiktig perspektiv, med evne til fortsatt å ta opp CO_2. Klimapanelet viser at det er en forutsetning for å oppnå togradersmålet at karbonnegative teknologier tas i bruk i stort omfang utover i perioden mot år 2100. Det er fotosyntesen som gir opptak av atmosfærisk CO_2 og som er grunnlaget for å lykkes med slike teknologier.

<u>Arbeidsgruppas vurderinger av behovet for nye prioriteringer og tiltak:</u>

- Tiltak for å øke skogens karbonlager (planting på nye arealer, tettere planting, planteforedling og gjødsling) må øke betydelig i omfang dersom Norge skal ta sin forholdsmessige del av ansvaret for det globale behovet.
- Substitusjon til klimavennlige produkter basert på trevirke i ulike sektorer krever en aktiv politikk og utvikling av egnede virkemidler for å realisere det grønne skiftet.
- Bruk av tre som materialer gir spesielt stor klimagevinst da det både kan bidra til substitusjon av mer klimabelastende råstoff og i tillegg lagring av karbon gjennom trevirkets levetid. Økt bruk av tre forutsetter satsing på FoU og utvikling av industrialiserte løsninger. Økt trebruk bør også fremmes gjennom praktiseringen av plan- og bygningsloven, økt bruk av livsløpsanalyser i byggeprosjekter, og gjennom en bevisst offentlig byggepolitikk.
- Økt implementering av bioenergi er et sentralt klimatiltak i klimapanelets 5. hovedrapport. Med dette som utgangspunkt er det behov for å vurdere norske bioenergimål og virkemidler på nytt.
- Bærekraftig biodrivstoff kan bidra til å realisere utslippskutt i transportsektoren. En målrettet styrking av virkemidler bør vurderes. Det er også viktig at klimaforliket har mål om å utvikle lønnsomme verdikjeder for produksjon av 2. generasjons biodrivstoff.
- Det er behov for økt mobilisering av biomasse fra skogen. Det er derfor behov for økte investeringer både i opprusting av eksisterende skogsbilveier og i nybygging for å få tilgang til skogressursene på en effektiv måte. Behovet for nybygging gjelder særlig i plantet skog på Vestlandet og i Nord-Norge. Tilskuddsordningen bør stimulere til et rasjonelt veinett på tvers av eiendomsgrensene.

- For å stimulere til karbonnegative løsninger ved bruk av fangst og lagring av biologisk karbon (BECCS), skogplanting og sekvestrering av biokull i jord, er det viktig at det utvikles regneregler i klimaavtaleverket som krediterer alle karbonnegative bidrag.
- Det er en forutsetning at hensynet til biologisk mangfold og andre miljøverdier skal ivaretas samtidig som skogens muligheter i klimasammenheng utnyttes.

KLIMATILPASNING

Konsekvensene av klimaendringene kan bli alvorlige selv om togradersmålet nås. Hovedbildet for Norge er høyere temperatur og mer nedbør. Landbruket, både globalt og i Norge, vil møte meget store tilpasningsutfordringer dersom klimaendringene ikke begrenses.

KLIMAPTILPASNING I JORDBRUKET

Klimaendringer vil trolig redusere produksjonen i mange av verdens viktige matproduksjonsområder. Det er fare for temperaturøkning betydelig over 1,5-2 grader, noe om vil medføre dramatiske konsekvenser for matforsyningen globalt som også vår matforsyning er avhengig av. Den risiko som følger av klimaendringene begrunner at vi opprettholder eller øker innenlands kapasitet til produksjon av mat, trevirke og annen biomasse. Norsk klima- og landbrukspolitikk må også inkludere risikovurderinger knyttet til verdens framtidige matproduksjon. Det må derfor sikres en langsiktig produksjons- og forsyningsberedskap.

Klimatilpasning er avgjørende for å sikre arealer og opprettholde mat- og landbruksproduksjonen både under ekstremvær og gradvise klimaendringer. Tilpasningen må også gjøre landbruket mer tilpasset til krevende værforhold under dagens vær- og klimavariasjoner. Endringer i klimaet kan åpne for nye muligheter som landbruket kan utnytte, forutsatt at plantemateriale, plantehelse, teknologi, kunnskap og kompetanse utvikles i tråd med endringer i produksjonsforholdene.

Arbeidsgruppas vurdering av behovet for nye prioriteringer og tiltak:

- Overvannshåndtering i jordbruket kan bli mer krevende ved økende nedbør. Det bør utarbeides metodikk for hydrologisk risikoplan i jordbrukslandskapet for bedre kontroll med vann og erosjonssikring av arealene.
- Bedre drenering av jordbruksareal har direkte effekt på produksjonsmuligheter og er en forutsetning for sikker matproduksjon. Dreneringen av jordbruksarealet er heller ikke godt nok tilpasset dagens klima.
- Å beskytte og bevare jordressursene og produksjonsgrunnlaget er en viktig del av tilpasningsarbeidet for å sikre mulighetene for stabil matproduksjon. Forbedret høydekartlegging kan gi grunnlag for nye risikokart for skred, ras, hydrologiske strømningsveier til bruk i tilpasningsarbeidet.

- Våtere forhold skaper behov for å forsterke dagens miljøtiltak for fortsatt å kunne oppfylle målet om vannkvalitet i vassdragene. Endringer i nedbørsmønster i ulike sesonger kan føre til økte målkonflikter mellom produksjons- og miljøhensyn og gi nye behov for miljøtiltak samt behov for dokumentasjon og overvåking av utviklingen.
- Endringer i vekstsesongens lengde, nedbør og temperaturforhold kan gi endringer i vekstvalg og høsteregimer og behov for driftsmessige, agronomiske tilpasninger av f.eks. jordarbeiding, gjødsling, både tidspunkt og mengder, justering av normer, optimalisering av gjødselplassering, økt bruk av delt gjødsling, presisjonsgjødsling, spredemetoder for husdyrgjødsel tilpasset våte forhold.
- For å hindre spredning av ulike planteskadegjørere er det behov for overvåking- og beslutningsstøtte om tiltak og gode varslingsrutiner. Det bør utvikles systemer med fortløpende risikoanalyser for nye skadegjørere og for skadegjørere som kan få større betydning ved endret klima.
- Den genetiske variasjonen i kulturplanter kan inneholde løsninger på framtidige utfordringer knyttet til matproduksjon. Foredling for endrede produksjonsforhold, inkludert plantehelse er viktige og nødvendige tilpasningstiltak.

Jordbruket har alltid søkt best mulig tilpasning til vær- og klimavariasjoner og har kunnskap og erfaring. Endret klima kan gi nye muligheter for produksjon som bøndene vil utnytte, men endringen vil også medføre også stor usikkerhet. Utvikling av både tilpasset teknologi, forskningsbasert og praktisk agronomisk kunnskap er en forutsetning for å lykkes under mer krevende forhold. Norge er likevel sannsynligvis bedre rustet enn de fleste land til å mestre dette fordi vi har god tilgang på ressurser, solid kunnskapsgrunnlag og en godt organisert forvaltning. Kunnskapsberedskap og overvåkning må sikres slik at det kan gjøres gode risikovurderinger.

KLIMATILPASNING I SKOGBRUKET

Tilpasningstiltak i norsk skogbruk reiser særskilte utfordringer på grunn av skogens lange omløpstid. Det må tas høyde for økt fare for skogbrann på grunn av mer forsommertørke og vindfelling som følge av mer nedbør og manglende tele, noe som også vil ha konsekvenser for driftsforholdene på grunn av mindre tele og snødekt mark. Det er dessuten fare for økt tørkestress på Sør- og Østlandet og økt omfang av vinter- og vårfrostskader.

Truslene mot skogens helse og vitalitet i Norge vil også øke som følge av naturlig forekommende skadegjørere som sopper, insekter, hjortevilt og gnagere. I tillegg kan nye skadegjørere ved et endret klima etablere levedyktige populasjoner i Norge.

Samtidig vil klimaendringene innebære at skogarealet og arealenes produktivitet økes. Dette gir grunnlag for økt skogproduksjon og økt avvirkning over tid, noe som vil kunne gi viktige bidrag til en bioøkonomi.

Arbeidsgruppas vurdering av behovet for nye prioriteringer og tiltak:

- For å utnytte potensiell arealproduktivitet må plantematerialet være tilpasset endret klima. Dette må ivaretas i planteforedlingsarbeidet.

- I skogbehandlingen må det legges økt vekt på å redusere risikoen for stormskader. Det gjelder både ved etablering av foryngelse (bl.a. treslagssammensetning), ved stell av skogen og ved avvirkning. Det er spesielt behov for økte investeringer i ungskogpleie.
- Det er viktig at skogsbilveiene er robuste i forhold til de klimaendringer som må forventes og at de kan håndtere vann på en god måte.
- Bedre planlegging av driftsveier er avgjørende for å begrense omfanget av kjøreskader i terrenget. Et godt utbygd bilveinett av tilfredsstillende kvalitet vil også redusere behovet for terrengkjøring og dermed omfanget av kjøreskader.
- Det er behov for å gjennomgå beredskapsplanverket for å kunne være i stand til å takle svært store stormfellinger, store og samtidige skogbranner og andre store skogskader.
- Det er viktig å videreføre dagens prinsipper i skogbrannberedskapen når det gjelder overvåkingstjenesten, lederstøtteordningen og bruk av skogbrannhelikopter.
- Skogbruket må ta hensyn til skred og rasfare når skogsdrift planlegges. Samtidig bør det unngås at skogarealer i praksis tas ut av produksjon ved å legge byggefelt i rasfarlige områder som krever store hensynssoner.
- Overvåking av skogens helsetilstand, med vekt på å identifisere alvorlige skadegjørere, blir viktig. Kunnskapsberedskapen må opprettholdes slik at det kan gjøres gode risikovurderinger og tilrådinger når risikobildet endres for skadegjørere i skog.

Endret klima *kan* gi nye muligheter for skogproduksjon som næringen og samfunnet kan utnytte, men skogbruket vil møte krevende utfordringer når produksjonen skal tilpasses, ikke minst på grunn av skogens lange omløpstid. Norge er likevel sannsynligvis bedre rustet enn mange andre land til å mestre dette fordi vi har god tilgang på ressurser, solid kunnskapsgrunnlag og en godt organisert forvaltning. Kunnskapsberedskap og overvåkning må sikres slik at det kan gjøres gode risikovurderinger. Kunnskapen om aktuelle tiltak må utvikles i takt med risikobildet for skadegjørere i skog.

LANDBRUK ER BIOØKONOMI

Grunnlaget for bioøkonomien er tilgang på biomasse produsert og høstet etter bærekraftige prinsipper, og en landbruksnæring som kan drives med lønnsomhet. Arbeidsgruppa mener at dette vil være en helt sentral del av landbrukets bidrag i klimasammenheng. Det er de fornybare ressursene både i havet og på land som må utnyttes i større grad og mer effektivt, og det er nødvendig å legge til rette for økt produksjon av biomasse. Tiltak for utslippsreduksjoner, økt karbonlagring og klimatilpasset produksjon i jord- og skogbruket, må sees i sammenheng med den betydning disse næringene har for utviklingen av bioøkonomien.

Behovet for biomasse til nye anvendelser i industrielle prosesser er vanskelige å kvantifisere, men dersom betydelige deler av de fossile råstoffressursene skal erstattes med biomasse, vil det være behov for store volumer. Det er derfor nødvendig å opprettholde produksjonskapasiteten i norsk jord- og skogbruk også i lys av slike framtidige behov.

Utvikling av bioøkonomien i et klimaperspektiv stiller store krav til kunnskap, FoU, innovasjon og regler som legger til rette for overgang til fornybare løsninger i en sirkulær økonomi.

FORSKNINGSPRIORITERINGER

Klimautfordringene i landbrukssektoren er komplekse. I denne rapporten er det påvist betydelige kunnskapsbehov. Det er derfor nødvendig å prioritere forskning for disse utfordringene høyt innenfor norsk klimaforskning. For å mestre utfordringene er det behov for forskning av grunnleggende og anvendt karakter som favner komplekse sammenhenger. I forskningsprogram der klimaeffekter og tilpasninger i primærnæringene inngår, bør det særlig legges vekt på utvikling av kunnskap om følgende tema:

- Lagring av karbon i jord, herunder hvordan karbonlagringen kan økes og utvikling av måleserier som kan dokumentere utviklingen i ulike typer jord og jorddybder og for ulike driftsformer.
- Metanutslipp, herunder forskning på kvalitet på fôret, tilsetningsstoffer i fôret, dyresykdommer, kalvingsintervall og framfôringstid. Det er behov for å øke kunnskap om klimagassutslipp fra alle typer husdyr.
- Lystgassutslipp, herunder dokumentasjon av lystgasstap fra ulike produksjonssystemer og økt kunnskap om driftstiltak som kan redusere tap som tilpasset gjødsling, presisjonsgjødsling, bedre husdyrgjødselhåndtering.
- Samfunnsmessige og økonomiske forhold. Det er behov for bedre beregninger av kostnader ved ulike klimatiltak i jordbruket, der en samtidig ser på hvilke konsekvenser klimatiltakene kan få for matproduksjonen. Det er også behov for mer kunnskap knyttet til klimaeffekter av endret forbruk og konsekvenser for landbruket. Dagens kunnskap om klimaendringer og klimatiltak må omsettes til tiltak som kan gjennomføres på foretaksnivå og det må vurderes hvilke virkemidler som kan bidra til å utløse disse tiltakene
- Internasjonalt rammeverk, Norge søker å slutte seg til EUs klimarammeverk slik at det blir en felles oppfyllelse av klimamålene i Norge og EU. Det er behov for mer kunnskap om hva et eventuelt tettere samarbeidet med EU innebærer for landbruket.
- Planteskadegjørere, hvordan eksisterende og nye skadegjørere i jord- og skogbruket vil opptre under endret klima i Norge
- Tilpasning til våtere forhold, hvordan teknologi og driftsmetoder i jord- og skogbruk kan tilpasses et varmere og fuktigere klima med vesentlig lengre frostfrie perioder
- Planter og dyr i endret klima, hvordan genetiske ressurser (kulturplanter, skogtre og husdyr) kan medvirke til god klimatilpasning og hvordan disse blir påvirket av klimaendringer

2 INNLEDNING

Klimaendringene de siste 150 år kan ikke forklares uten at vi tar hensyn til menneskeskapte utslipp av klimagasser. Dersom denne utviklingen fortsetter, vil det få meget alvorlige konsekvenser for natur og samfunn i fremtiden. For landbruket er det viktig at temperaturstigningen begrenses i tråd med togradersmålet. Landbrukssektorens skal bidra til å redusere Norges utslipp av klimagasser, jf. Meld. St 13 (2014-2015). Landbrukets bidrag er matproduksjon med lavere utslipp og økt karbonlagring i jordsmonn og skog, men også råstoffer og produkter som erstatter fossile alternativer. Klimaet, i samspill med øvrige faktorer, er avgjørende for hvilket landbruk som kan drives i ulike land og regioner. Landbruket har alltid søkt best mulig tilpasning til klima- og værforhold. Men nå vet vi at klimaet vil endre seg i en bestemt retning, men det er usikkert hvor raske og store endringene vil bli.

2.1 BAKGRUNN OG MANDAT FOR UTREDNINGEN

Med bakgrunn i rapporter fra FNs klimapanel (IPCC) og St.meld. nr. 34 (2006-2007) "Norsk klimapolitikk" la Stoltenberg II Regjeringen i 2009 fram St. meld nr. 39 (2008-2009) «Klimautfordringene – Landbruket en del av løsningen» som omhandlet landbrukssektorens bidrag til utslippsreduksjoner. Meld St Meld. St 33 (2012-2013) "Klimatilpasning i Norge" trakk opp utfordringer og mål knyttet til klimatilpasning i jord- og skogbruket. Klimapolitiske mål inngår i målstruktur for landbrukspolitikken, jf. Prop. 1 S 2015-2016 budsjettproposisjonen for Landbruks- og matdepartementet. Klimautfordringenes plass i landbruks- og matpolitikken kommer til uttrykk i de overordnede landbrukspolitiske målene om økt matsikkerhet og om bærekraftig landbruk.

I forbindelse med jordbruksavtalen for 2014 ble det besluttet å utrede «landbrukets utfordringer i møte med klimaendringene». Landbruks- og matdepartementet oppnevnte i mars 2015 en arbeidsgruppe med et slikt oppdrag som mandat:

”Arbeidsgruppa skal avgi en rapport som vurderer gjeldende norsk klimapolitikk på landbruksområdet opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanel sin 5. hovedrapport. Basert på dette skal arbeidsgruppa kartlegge kunnskapsstatus nasjonalt og definere kunnskapshull. Arbeidsgruppa skal også vurdere eventuelle forskningsbehov framover.

Utredningen skal både omfatte hvilke muligheter klimaendringer vil kunne gi for norsk landbruk, og samtidig hvilke utfordringer, som vil måtte håndteres. Arbeidsgruppa skal også vurdere om norsk jordbruk er rustet for å møte eventuelle endringer i forbrukernes etterspørsel etter mat produsert med et lavere klimaavtrykk. Utredningen skal også omfatte opptak i skog og lagring i jord, basert på ny kunnskap fra klimapanelet og nye framskrivinger i Norge. Utredningen skal ha et nasjonalt perspektiv og gjennomføres innenfor målene som er satt for gjeldende norsk landbrukspolitikk.

Økonomiske, administrative og andre vesentlige konsekvenser av forslagene skal så langt som mulig, utredes i samsvar med utredningsinstruksen.

Arbeidsgruppa skal avgi sin rapport innen 31.12.2015. Frist for avlevering av rapport er senere endret til 15.2.2016».

2.2 ARBEIDSGRUPPENS FORSTÅELSE AV MANDATET

Arbeidsgruppa legger til grunn at landbruket omfatter et bredt spekter av næringsaktivitet, herunder jordbruk, skogbruk, reindrift og andre aktiviteter basert på landbrukets ressurser (bygdenæringer). Mandatet for denne utredningen er avgrenset til å gjelde jordbruk og skogbruk. Reindrift og andre bygdenæringer er derfor ikke inkludert.

Mandatet sier at utredningen skal omfatte en vurdering av om norsk jordbruk er rustet for å møte eventuelle endringer i forbrukernes etterspørsel etter mat produsert med et lavere klimaavtrykk. Arbeidsgruppen mener det ligger utenfor mandatet å foreslå virkemidler og tiltak som kan påvirke eller endre forbrukeretterspørselen. Som grunnlag for vurderinger av om jordbruket er rustet til å møte slike endringer, har arbeidsgruppa likevel omtalt enkelte faktorer som påvirker omfang og tempo i etterspørselsendringer.

Ansvaret for å beregne tallgrunnlag for utslipp og binding av karbon innen landbruks- og arealsektoren er ivaretatt av Miljødirektoratet og publisert i Lavutslippsrapporten 2014. Arbeidsgruppa har ikke sett det som del av sitt mandat å gjøre nye vurderinger av disse beregningene. For tiltakene vurdert i Lavutslippsrapporten har arbeidsgruppa også lagt til grunn denne rapportens kostnadsberegninger.

Landbrukssektoren i Norge har, til tross for at den er sterkt utsatt for endringer i klimatiske forhold, et godt utgangspunkt for å mestre konsekvensene. En viktig forutsetning for dette er at Norge har en godt organisert forvaltning, tilgang på ressurser og solid kunnskapsgrunnlag. Denne forutsetningen er lagt til grunn for arbeidet med denne utredningen. Det er også i produsentenes egen interesse å utnytte kommersielle muligheter og sikre at virksomheten er robust i møte med klimaendringer. En mer omfattende vurdering av landbrukssektorens institusjonelle rammer ligger utenfor mandatet.

2.3 ORGANISERING AV ARBEIDET OG RAPPORTEN

Arbeidsgruppa ble oppnevnt av Regjeringen 26. mars 2015. Arbeidsgruppas medlemmer har vært:

Erik Eid Hohle, Energigården, leder
Avdelingsdirektør Frode Lyssandtræ, Landbruks- og matdepartementet
Avdelingsdirektør Kristin Orlund, Landbruks- og matdepartementet
Rådgiver Kaja Næss Killingland, Klima- og miljødepartementet til 31.12.15
Seniorrådgiver Philip Mortensen, Klima- og miljøverndepartementet fra 1.1.2016
Rådgiver Siril Kvam, Finansdepartementet (deltok til september 2015)
Styremedlem og bonde Bjørn Gimming, Norges Bondelag
Styremedlem og bonde Arne Lofthus, Norsk Bonde- og Småbrukarlag
Direktør Nils Bøhn, Skogeierforbundet og NORSKOG
Daglig leder Marius Holm, Miljøorganisasjonen Zero

Sekretariatet

Spesialrådgiver Arne Bardalen, NIBIO (sekretariatsleder)
Seniorrådgiver Jon Magnar Haugen, Landbruksdirektoratet
Sjefingeniør Maria Malene Kvalevåg, Miljødirektoratet
Forsker Lillian Øygarden, NIBIO
Leder Inger Hanssen-Bauer, Klimaservicesenteret
Seniorrådgiver Finn Walland, NIBIO
Seniorrådgiver Jon Olav Brunvatne, Landbruks- og matdepartementet.

Arbeidsgruppa startet sitt arbeid i møte 21. april og har hatt 9 møter hvorav to todagersmøter. Sekretariatet har deltatt i alle møtene og i tillegg hatt en rekke egne møter. Tidsrammen for arbeidet har vært en viktig premiss for valg av arbeidsform og faglig innhold. Med kort utredningsperiode og begrensede ressurser til rådighet, har det ikke vært mulig å gjennomføre forskning eller bestille omfattende faglige utredninger. Utredningen bygger derfor på eksisterende forskning og annen faglig dokumentasjon. Eksterne ressurspersoner har gitt verdifulle faglige presentasjoner i arbeidsgruppas møter. Arbeidsgruppa har disponert et budsjett for finansiering av noen fagnotater. Rammen for dette var kr 700 000, hvorav kr 500 000 fra Landbruks- og matdepartementet og kr 200 000 fra Klima- og miljødepartementet. Det er bestilt 12 fagnotater og 10 av disse følger som vedlegg til rapporten. Fagnotatene har egne referanselister, og disse referansene er ikke gjentatt i hovedrapportens referanseliste. Politiske dokumenter som det er vist til i teksten, er ikke ført opp i referanselista.

Oppbygging av rapporten

Rapporten er delt inn i 3 deler. Del I består av et sammendrag med konklusjoner og hovedanbefalingene, samt innledning med omtale av mandat og arbeidsform. Del II gir en samlet fremstilling av det kunnskapsgrunnlaget rapportens vurderinger og konklusjoner bygger på. Kapittel 3 omtaler FNs klimapanels 5. hovedrapport, kapittel 4 sammenhenger mellom landbruk og klima, kapittel 5 beskriver klimaframskrivinger for Norge og kapittel 6 inneholder en kort beskrivelse av landbruket i Norge. I kapittel 7 omtales utslipp og tiltak i jordbruket og i kapittel 8 opptak og utslipp fra skog og andre landarealer. Kapittel 9 omtaler klimatilpasning i jordbruket og kapittel 10 konsekvenser av endret klima for skogbruket.

Del III inneholder arbeidsgruppas vurderinger og anbefalinger. Kapittel 11 inneholder overordnede vurderinger og prinsipper, kapittel 12 gir vurderinger av både utslippsreduksjoner i jordbruket og tilpasninger av produksjonen til endret klima. I kapittel 13 vurderes tiltak for økt opptak og lagring av karbon i skog og tilpasning av skogbruket til endret klima. I kapittel 14 vurderes sammenhenger mellom landbruk, klimaendringer og bioøkonomi. I kapittel 15 gis anbefalinger om forskningsprioriteringer.

Det er utarbeidet 10 fagnotater som underlag for rapporten. Disse er samlet i et separat vedlegg til rapporten. Rapporten og vedleggene er tilgjengelig på Landbruks- og matdepartementets hjemmeside www.lmd.dep.no eller hos NIBIO www.nibio.no.

2.4 POLITISKE RAMMER

Det er flere stortingsmeldinger som i løpet av de siste 6 årene har omtalt og satt mål for klimapolitikken som direkte eller indirekte gjelder landbrukssektoren. Klimapolitikken for landbrukssektoren ble utviklet i St.meld. nr. 39 (2008-2009) «Klimautfordringene – Landbruket en del av løsningen». Denne meldinga satte særlig fokus på hvordan landbrukssektoren kan bidra til å motvirke klimaendringene. NOU 2010: 10 «Tilpassing til eit klima i endring» ble fulgt opp med Meld. St. 33 (2012-2013) «Klimatilpasning i Norge». Denne meldinga omtalte både tilpasningsbehov og tilhørende kunnskapsutfordringer i landbruket. Meld. St. 9 (2011-2012) Landbruks- og matpolitikken (Velkommen til bords) viser at klimapolitikken er integrert i målstrukturen for landbrukspolitikken og omtaler landbrukets klimautfordringer. St. meld 21 (2011-2012) Norsk klimapolitikk definerte mål og rammer for klimapolitikken.

2.4.1 Nærmere om norsk klimapolitikk

Nasjonale mål i henhold til Prop. 1 S (2015 – 2016), Budsjettproposisjonen fra Klima- og miljødepartementet:

- Norge skal bli et lavutslippssamfunn i 2050.
- Norge skal være karbonnøytralt i 2050.
- Norge vil på ta på seg en betinget forpliktelse på minst 40 prosent utslippsreduksjon i 2030 sammenliknet med 1990.
- Som del av en global og ambisiøs klimaavtale der også andre industriland påtar seg store forpliktelser, skal Norge ha et forpliktende mål om karbonnøytralitet senest i 2030. Det innebærer at Norge skal sørge for utslippsreduksjoner tilsvarende norske utslipp i 2030.
- Norge skal fram til 2020 kutte i de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990.
- Reduserte utslipp av klimagasser fra avskoging og skogdegradering i utviklingsland, i samsvar med bærekraftig utvikling.
- Samfunnet skal forberedes på og tilpasses til klimaendringene.

Regjeringen har redegjort for ny utslippsforpliktelse for 2030, jf. Meld. St. 13 (2014 – 2015) og Innst. 211 S. Formålet med meldingen var å orientere Stortinget om hva som skal være Norges innspill til internasjonal forpliktelse for perioden 2021–2030. Meldingen presenterer ikke nye tiltak, men gir en beskrivelse av gjeldende virkemiddelbruk og en overordnet beskrivelse av sektorer hvor det ventelig er potensial for utslippsreduksjoner.

Meldinga slår fast at Regjeringen vil videreføre en ambisiøs nasjonal klimapolitikk. Norges nasjonale utslipp av klimagasser skal reduseres fram mot 2030 og regjeringen vil ha et langsiktig mål om at Norge skal bli et lavutslippssamfunn i 2050. I omstillingen er det viktig å bruke muligheten til ny næringsutvikling, og skape grønn konkurransekraft.

Norge vil påta seg en betinget forpliktelse om minst 40 prosent utslippsreduksjon i 2030 sammenliknet med 1990. Norge er i dialog med EU om å inngå en avtale om felles oppfyllelse av klimaforpliktelsen sammen

med EU, med et klimamål på minst 40 prosent i 2030 sammenliknet med 1990-nivået. En avtale om felles oppfyllelse med EU vil innebære at Norge i kvotepliktig sektor vil bidra til gjennomføring av utslippsreduksjoner på 43 prosent sammenliknet med 2005 innenfor EUs kvotesystem. Norge vil også bidra til utslippsreduksjoner i ikke-kvotepliktig sektor ved at det fastsettes et nasjonalt utslippsmål for ikke-kvotepliktig sektor på linje med sammenliknbare EU-land. EU legger opp til at noen av kuttene i ikke-kvotepliktig sektor kan gjennomføres ved kjøp av kvoter i EUs kvotesystem eller gjennomføring av klimatiltak i andre EU-land. Norge vil benytte seg av denne fleksibiliteten på lik linje med EU-land.

Slik det er i dag er jordbruket en del av ikke-kvotepliktig sektor[1]. For ikke-kvotepliktig sektor har EU samlet seg om en utslippsreduksjon på 30 prosent i 2030 sammenlignet med 2005. Det skal gjennomføres ved at hvert enkelt medlemsland gjennomfører kutt på mellom 0 og 40 prosent, der fordelingen bestemmes ut fra landenes BNP per innbygger og potensialet for kostnadseffektive utslippsreduksjoner.

Hovedvirkemidlene i norsk klimapolitikk er sektorovergripende økonomiske virkemidler i form av avgifter og deltakelse i det europeiske kvotesystemet. EUs kvotesystem er en kostnadseffektiv og styringseffektiv løsning som sikrer en gitt utslippsreduksjon til lavest mulig pris. Over 80 prosent av klimagassutslippene i Norge er dekket av kvoteplikt og/eller CO_2-avgift.

Som et tillegg til kvoter og avgifter brukes direkte regulering, standarder, avtaler og subsidier til utslippsreduserende tiltak. Satsning på forskning og utvikling er også viktig. Det er aktuelt å investere i infrastruktur og teknologiutvikling som er kostnadseffektive i lys av en forventet stigende karbonpris over investeringenes levetid, men som ikke nødvendigvis utløses av dagens virkemiddelbruk. Meldingen nevner også at det er aktuelt med tiltak som mobiliserer befolkningen til å omstille til forbruksmønstre som gir lavere utslipp.

Regjeringen stiller som forutsetning at avtalen om felles oppfyllelse ikke skal innlemmes i EØS-avtalen, men framforhandles som en bilateral overenskomst. Det er også en forutsetning at Norge ikke uten videre vil bli bundet av mål og regelverk på klima- og energiområdet utover det som følger av EØS-avtalen og avtalen om felles oppfyllelse med EU. Ettersom Norge allerede er fullt inkludert i EUs kvotesystem gjennom EØS-avtalen, er det særlig spørsmålene om utslippsreduksjoner i ikke-kvotepliktig sektor som overenskomsten må løse.

Utslipp innen ikke-kvotepliktig sektor er fremfor alt innen transportsektoren, bygg/husholdninger og jordbruk. Regjeringens prioriterte innsatsområder i klimapolitikken vil være

- reduserte utslipp i transportsektoren
- utvikling av lavutslippsteknologi i industrien og ren produksjonsteknologi
- CO_2-håndtering

1 Jf. EUs innsatsfordelingsbeslutning som bestemmer hvordan 2020-målet skal oppnås for ikke kvotepliktig sektor i EU samlet.

- styrke Norges rolle som leverandør av fornybar energi
- miljøvennlig skipsfart

Meld St. 13 (2014 – 2015) vektlegger at skog og andre arealer bør inkluderes i en framtidig klimaavtale, og at det bør skapes insentiver for økt utnyttelse av potensialet og ressursene som finnes i skog. For å sikre overgangen til et lavutslippssamfunn, både i Norge og andre land, må opptak av CO_2 i skog og på andre arealer som ikke skyldes nye tiltak, komme i tillegg til, og ikke til erstatning for, utslippsreduksjoner i andre sektorer. Her bør det ses på tiltak som kan ivareta og på en passende måte styrke skogens karbonlager, og tiltak som gjør at trevirke kan erstatte mer utslippsintensive materialer, samt at fornybar bioenergi fra skogen kan erstatte fossil energi. Regjeringen ønsker også å legge til rette for å øke avvirkningen av skog. Et bredt flertall på Stortinget var enig i at skogen bør inkluderes i en framtidig internasjonal klimaavtale. De pekte på at dette må gjøres slik at avtalen stimulerer til bærekraftig skogbruk der skogens karbonlagre ivaretas, samtidig som skogens muligheter til å levere fornybart råstoff utnyttes.

Den nye Paris-avtalen omfatter landsektoren og sier at parter bør iverksette tiltak for å ivareta karbonlagre og styrke disse på en passende måte slik det er referert til i klimakonvensjonen (inkludert skog). Avtalen anerkjenner viktigheten av å sikre alle økosystemers integritet, inkludert havet, og bevaring av biologisk mangfold når det gjøres tiltak for å adressere klimaendringer. Det ble vedtatt generelle regler om bokføring av landenes utslipp opp mot målene. Det ble også vedtatt noen overordnede prinsipper for slik bokføring. Norge arbeider for at veiledning og regelverk som skal utvikles skal legge til grunn faglig gode og etterprøvbare tilnærminger for å beregne opptak, utslipp og endringer i skog og andre landarealers karbonlager, og at disse skal gjelde for alle land. Regjeringen vil legge internasjonalt anerkjent metodikk og tilnærminger til grunn for forpliktelser og tiltak, for å støtte opp under internasjonalt samarbeid. Regjeringen legger til grunn at valg av tilnærming for bokføring av opptak og utslipp fra landsektoren ikke skal påvirke ambisjonsnivået for 2030 når skog ikke er inkludert.

2.4.2 Nærmere om EUs rammeverk mot 2030

I EUs klimarammeverk for 2020 er landbruket en del av ikke-kvotepliktig sektor, og omfattet av innsatsfordelingsbeslutningen som regulerer innbyrdes fordeling av utslippsmål mellom EU-landene. EU har ikke bestemt hvordan skog- og arealbrukssektoren skal inkluderes i klimarammeverket for 2030. EU-kommisjonen har presentert 3 ulike alternativer for hvordan utslipp fra landbrukssektoren skal håndteres fram mot 2030;

- Alternativ 1. En egen pilar for skog og arealbruk (LULUCF pillar)
- Alternativ 2. En samlet landsektorpilar som også inkluderer metan og lystgassutslipp fra jordbruk (land use sector pillar)
- Alternativ 3. Inkludering av skog- og annen arealbruk i innsatsfordelingsbeslutningen for ikke-kvotepliktig sektor (ESD, effort sharing decision pillar).

Norge har ikke tatt stilling til hvilket alternativ som støttes, men har i forbindelse med Kommisjonens høringsrunde i 2015 pekt på at følgende hensyn er sentrale;

- Sikre at valg av bokføringsregler for skog og arealbrukssektoren ikke skal påvirke det samlede ambisjonsnivået for utslippskutt.
- Fremme klimatiltak i landsektoren som virker både på kort og lang sikt.
- Gi insentiver til nye tiltak i landsektoren som reduserer avskoging og skogdegradering og som samtidig kan sikre en høy og vedvarende lavutslippsutvikling i andre sektorer.
- Fremme arealbasert tilnærming, der alt opptak og alle utslipp fra ulike arealer, skog, dyrket mark, beite, vann og myr, bebyggelse og annen utmark – inkluderes.
- Være basert på internasjonalt aksepterte metoder.
- Inkludere kontrollmuligheter av data som forhindrer utslippslekkasjer og manipulering av data.

Etter avtaleregelverket for en Kyoto-II forpliktelse frem mot 2020 er jordbrukets utslipp inkludert i et felles utslippsmål med andre sektorer. Skog og arealbrukssektoren er etter Kyotoforpliktelsen behandlet for seg etter en aktivitetsbasert tilnærming, der tiltak etter artikkel 3.3 (avskoging og skogplanting på nye arealer) avregnes mot forpliktelsen i sin helhet, mens tiltak etter artikkel 3.4 (skogforvaltning) er omfattet av et øvre tak (CAP) for kreditering. For Norge utgjør dette taket 3,5 prosent relatert til landets utslipp i 1990, når bidrag fra eventuelle felles gjennomføringsprosjekter under Kyotoprotokollen også er inkludert.

Hvordan Norges klimagassutslipp fra landbruk skal avregnes mot en endelig forpliktelse i 2030 er foreløpig uavklart, og avhenger også av en eventuell avtale med EU om felles oppfyllelse av klimamålene for 2030.

[Skriv inn tekst]

Del II

Kunnskapsgrunnlaget

3 KLIMAPANELETS 5. HOVEDRAPPORT

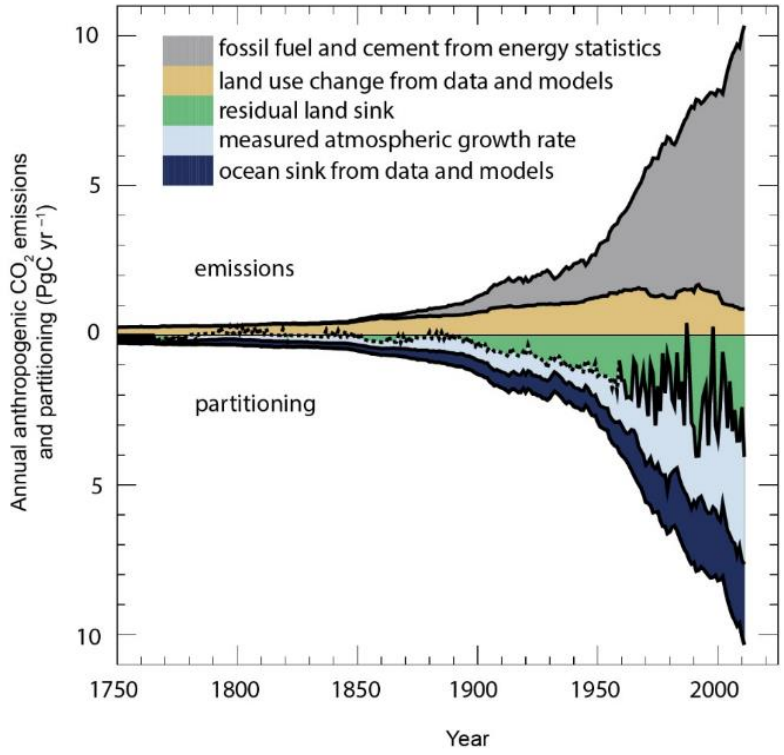
FNs klimapanel (IPCC) publiserte de ulike delene av den femte hovedrapporten (AR5) i 2013 og 2014. Dette er den største og mest omfattende sammenstillingen av vitenskapelig forskning om klimautfordringene noensinne. Sammenlignet med tidligere rapporter er AR5 mer entydig og sikker i konklusjonene om at klimaet er i endring, at hovedårsaken er menneskelige aktiviteter og at konsekvensene av klimaendringene allerede er observert. Klimapanelets hovedkonklusjoner danner bakteppet for arbeidet med rapporten «Landbruket og klimaendringer».

Klimapanelets femte hovedrapport er inndelt i fire delrapporter. Tre rapporter fra ulike arbeidsgrupper (IPCC 2013, IPCC 2014, IPCC 2014) og en synteserapport som sammenstiller resultatene fra de tre arbeidsgruppene (IPCC 2014). Arbeidsgruppe 1 (WG I) omtaler det naturvitenskaplige grunnlaget for klimaendringene, arbeidsgruppe 2 (WG II) tar for seg virkninger, sårbarhet og tilpasning til et endret klima («adaptation»), og arbeidsgruppe 3 (WG III) beskriver tiltak og virkemidler for å motvirke klimaendringer («mitigation»).

Målinger siden slutten av 1800-tallet viser at temperaturen i atmosfæren har økt med 0,85 grader Celsius fra 1880 til 2012. Hvert av de tre siste tiårene har vært varmere enn det foregående, og de tre siste tiårene har alle vært varmere enn noe tidligere tiår siden 1850. Perioden fra 1983 til 2012 er den varmeste 30-års-perioden på den nordlige halvkulen, i løpet av de siste 1400 årene. Klimapanelet konkluderer med at det er ekstremt sannsynlig (95 – 100 prosent) at klimagassutslippene fra menneskelig aktivitet, er hovedårsaken til temperaturendringene fra 1951 og fram til i dag.

Rapporten konkluderer også med at disse klimagassutslippene har ført til gradvis varmere hav, mindre snø og is og høyere globalt havnivå i samme periode. Klimaendringene de siste tiårene har hatt virkninger på natur og samfunn verden over. Endrede nedbørsmønstre og smeltende snø og is har påvirket vannkvalitet og vanntilgang i mange regioner. Permafrosten varmes og tines. På land og i vann har mange dyr og planter endret utbredelse eller atferd. Endringer i klima gjør også at det finstilte og komplekse samspillet mellom artene påvirkes.

Økende utslipp av CO_2 fra brenning av fossile råstoffer som kull, olje, gass, sementproduksjon og arealbruksendringer (avskoging) har økt konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. Disse utslippene kan ikke brytes ned kjemisk, men fjernes bare fra atmosfæren ved opptak i havet eller i det terrestriske på land. Figur 1 viser hvordan karbonbalansen mellom atmosfære, land og hav antas å ha vært fra den industrielle revolusjon og frem til i dag. Økende utslipp av CO_2 har ført til økende CO_2-nivåer ikke bare i atmosfæren, men også i karbonlagrene på land og i havet.



Figur 1. Karbonbalansen - hvordan CO_2-utslippene fra fossile brensler og arealbruksendringer (avskoging) fører til økt innhold av CO_2 i atmosfæren, i havet og i det terrestriske på land. Utslippsvolum og CO_2-innholdet i atmosfæren og i havet vet vi nokså nøyaktig via målinger. Landopptaket («residual land sink») blir derimot beregnet, som det gjenværende opptaket. *Kilde: Figure 6.8 IPCC AR5 WG I Chapter 6.*

For å kunne anslå konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren frem i tid må det gjøres forutsetninger om hvordan karbonbalansen utvikler seg over tid. Dette er beskrevet i såkalte utslippsbaner (RCPer), se faktaboks. Disse blir så brukt i globale klimamodeller til å beregne hvordan menneskelig aktivitet vil virke inn på klimaet frem til år 2100.

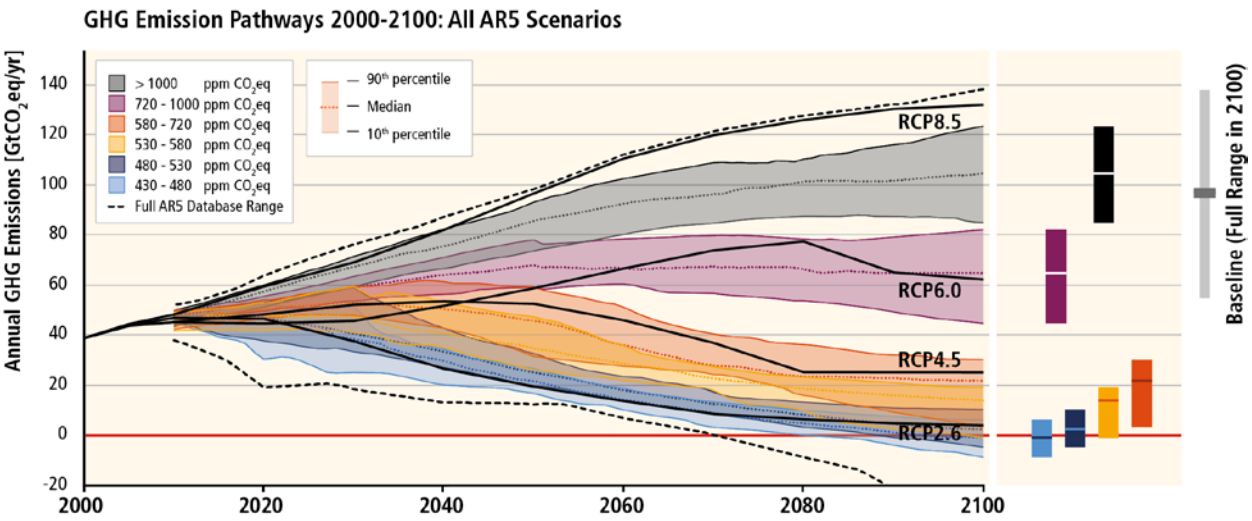
3.1 UTVIKLINGSBANER I KLIMAPANELETS 5. HOVEDRAPPORT

FNs klimapanel har i den femte hovedrapporten tatt i bruk fire nye, ulike utviklingsbaner som kalles «Representative Concentration Pathways» (RCPer). Utviklingsbanene gir en kvantitativ beskrivelse av konsentrasjonene av klimagasser i atmosfæren over tid, så vel som strålingspådriv i 2100 (utviklingsbanen RCP2.6 oppnår for eksempel et strålingspådriv på 2,6 watt per kvadratmeter (W/m^2) i 2100). At utviklingsbanene er representative betyr at hver bane kun viser ett av mange mulige scenarioer som vil føre til det bestemte strålingspådrivet.

De fire RCPene ble i WG I brukt til å representere spennet av scenarier i litteraturen som lå til grunn for scenarioarbeidet i WG III. I WG III ble det utarbeidet et utvidet antall scenarier (300 «baseline scenarier» og 900 tiltaks-scenarier) og man brukte da Integrated Assessment Models (IAMs). Mens WG I gikk mer i detalj på hvordan klimasystemet ville reagere på 4 utvalgte utslipps/konsentrasjonsbaner, gikk WG III mer inn på tiltak, utslippsreduksjoner og kostnader – men da med forenklet håndtering av de naturvitenskaplige aspektene. «Scenario-familiene» i WG III blir gruppert etter nivå av CO_2-ekvivalent konsentrasjon i

atmosfæren og sannsynlighet for å holde økning i global middeltemperatur under 1.5, 2, 3 og 4 grader Celsius (se tabell 3.1. i Synteserapporten). Figur 2 viser utslippsbanene for Kyotogassene (gasser omfattet av Kyotoavtalen) CO_2, CH_4, N_2O og F-gasser (gitt som CO_2-ekvivalent utslipp) for de ulike grupperingene av scenarier. Her ser vi at de fire RCPene fra WG I inngår i forskjellige scenario-grupper.

I WG II ble RCP'ene brukt til å vurdere virkninger og risiko som følger av klimaendringene og hvordan de ulike nivåene av temperaturendring påvirker økosystemenes tilpasningsevne.



Figur 2. Utslippsbaner for de ulike grupperingene av scenarioer. *Kilde: IPCC WG III figur 6.7*

En viktig del av RCP'ene, er den historiske og framtidige utviklingen av arealbruk samt av opptak i landøkosystemet som i stor grad styres av arealbruk. Data for arealbruk i femte hovedrapport er basert på Hurtt et. al (2011) og legger til grunn en global fordeling av arealbruk i perioden 1500-2005 basert på historiske data, potensiell biomassetetthet, tilvekstfunksjoner og historiske avvirkningsdata. Estimat over fremtidig avvirkning og arealbruk er basert på ulike forutsetninger i de fire RCP'ene, blant annet behov for mer skog til bioenergi med karbonfangst og lagring (se omtale av behov for arealer i 3.2).

FAKTABOKS: Utviklingsbanene i Klimapanelets femte hovedrapport

RCP2.6: stabile klimagassutslipp de første årene; kraftig reduksjon fra 2020

RCP2.6 er et lavt utslippsscenario. Klimagasskonsentrasjonene i atmosfæren minker fra 2040 og er mot slutten av århundret bare litt høyere enn dagens nivå (dagens konsentrasjoner av klima-gasser tilsvarer et pådriv på omtrent 2,6 W/m2). Scenarioet baserer seg på en forutsetning om fallende oljeforbruk, lavere energiforbruk og en verdensbefolkning på ni milliarder mennesker ved slutten av vårt århundre. Utslippene av klimagasser må reduseres kraftig fra 2020, og må rundt 2080 være redusert til 0. Det betyr at resterende menneskeskapte utslipp da må kompenseres ved at klimagasser fjernes fra atmosfæren. RCP2.6 er det eneste scenarioet som mest sannsynlig fører til en global oppvarming på mindre enn 2°C i forhold til perioden 1850-1900.

RCP4.5: stabile/ svakt økende utslipp til 2040; deretter reduserte utslipp

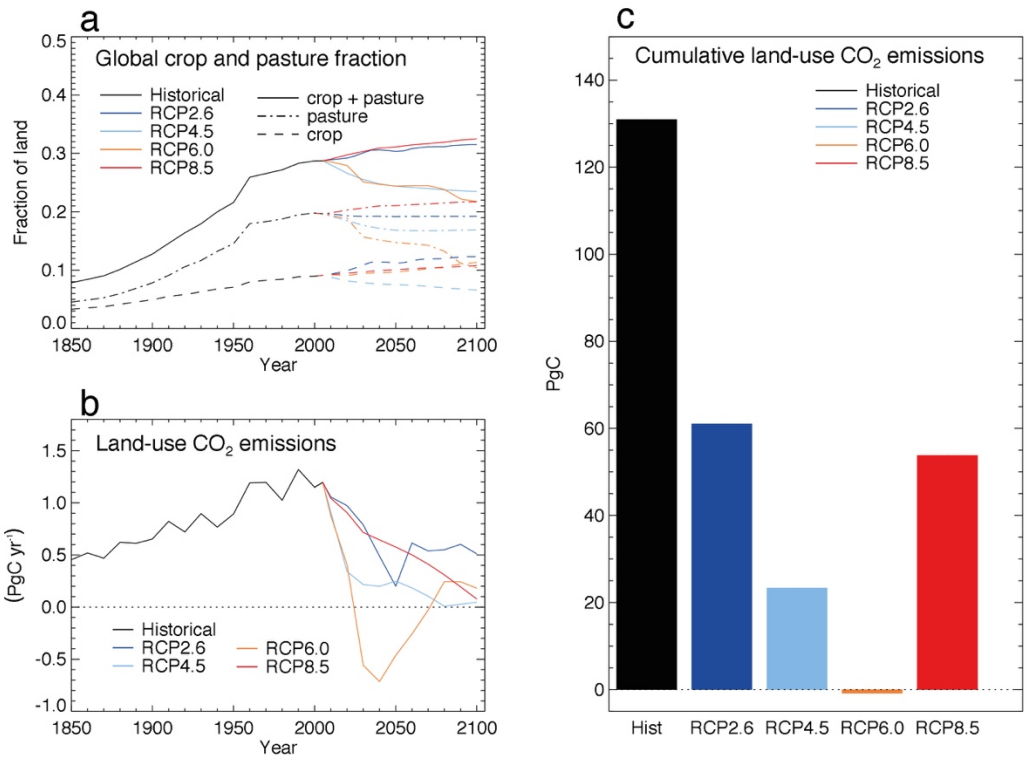
RCP4.5 innebærer at klimagasskonsentrasjonene i atmosfæren vil øke noe fram mot 2060, men at de stabiliseres ved slutten av århundret. Også dette scenarioet krever en kraftig reduksjon i klima-gassutslipp. Utslippene kan øke svakt i begynnelsen, men fra 2040 må de avta, og fra 2080 må utslippene stabiliseres på et nivå som tilsvarer ca. 40 % av utslippene i 2012.

Utslippsreduksjonen må skje samtidig som verdens befolkning – og behovet for matproduksjon – øker. RCP4.5 scenarioet kan nås i en energieffektiv verden med ambisiøs klimapolitikk i de fleste land. På global skala beregnes under dette scenarioet en temperaturøkning på rundt 2,5°C mot slutten av århundret, relativt til perioden 1850-1900.

RCP6.0: stabile utslipp til 2030, så moderat økende til 2080; deretter reduserte utslipp
RCP6.0 innebærer at klimagasskonsentrasjonene i atmosfæren vil øke noe fram mot 2100, og stabiliseres før 2150. Dette scenarioet tillater samlede klima-gassutslipp som i 2080 ligger 75 % høyere enn i 2012. Scenarioet innebærer fortsatt stor bruk av fossile brensel og økt dyrket mark men mindre gressletter, og stabile metanutslipp. På global skala beregnes under dette scenarioet en temperaturøkning på rundt 3,0°C mot slutten av århundret, relativt til perioden 1850-1900.
RCP8.5: kontinuerlig vekst i klimagassutslipp

RCP8.5 er et scenario med høye klimagassutslipp. Det kalles ofte 'business as usual' scenarioet, fordi økningen i klimagassutslipp i stor grad følger samme utvikling som vi har hatt de siste tiårene. Scenarioet innebærer at dagens CO_2-utslipp tredobles innen 2100 i tillegg til en rask økning i metanutslipp. Verdens befolkning antas å øke til 12 milliarder innen 2100. Under RCP8.5 er det svært sannsynlig at global temperaturøkning ved slutten av århundret blir mer enn 4°C relativt til perioden 1850-1900. I dette scenarioet vil dessuten klimagasskonsentrasjonen i atmosfæren – og global middeltemperatur - fortsette å stige etter år 2100.

Figur 3 går nærmere inn på hva de ulike RCP-ene innebærer av jordbruksareal. Av figur a fremgår at arealer med jordbruksdrift (både beitearealer og dyrkamark) øker i RCP 2.6, noe som skyldes kombinerte behov for mat og bioenergi. Figur b og c viser at slik omdisponering medfører CO_2-utslipp fra disse arealene, som i så fall vil beslaglegge deler av karbonbudsjettet som er til rådighet.

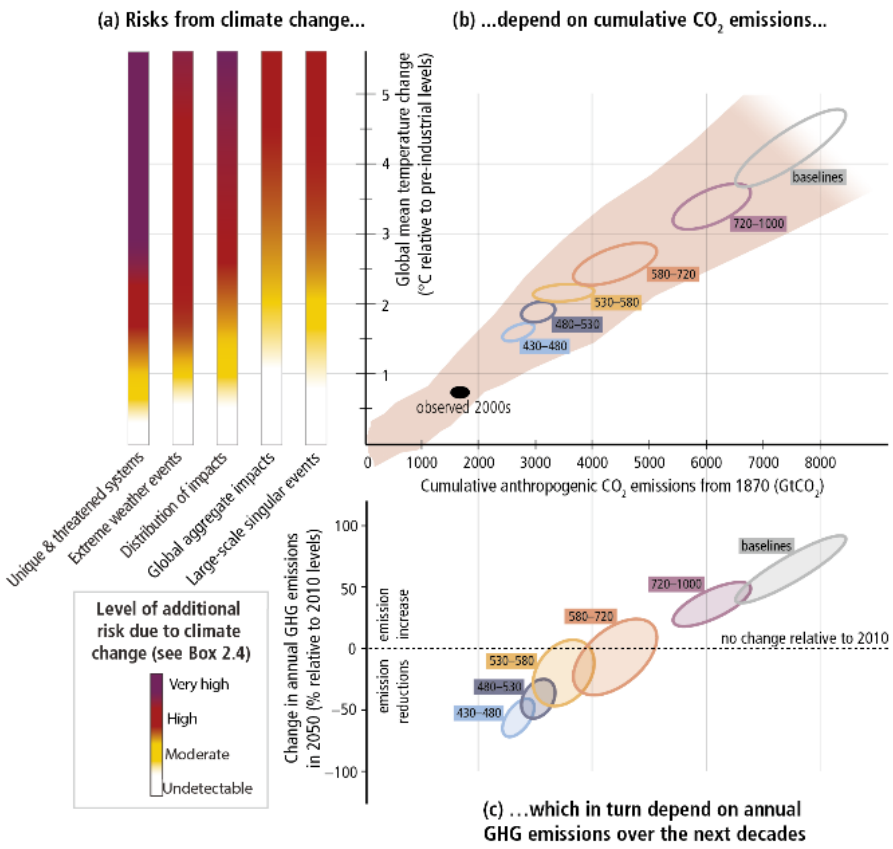


Figur 3. Utvikling i arealbruk for dyrket mark og beite (panel a), og tilsvarende CO_2-utslipp (panel b) historisk (1850 – 2005) og framskrivninger for de fire RCP'ene. Søylene i panel c) viser de samlede CO2-utslippene i milliarder tonn karbon (GtC = PgC) fra arealbruk historisk (1850-2005) og for de fire RCPene. *Kilde: IPCC AR5 WG I Figure 6.23.*

3.2 VÅR FELLES FREMTID – TOGRADERSMÅLET

Rapporten fra FNs klimapanel slår fast at dersom temperaturen øker med 4 grader eller mer, vil vi oppleve svært alvorlige virkninger som kan være irreversible. En slik temperaturøkning vil sannsynligvis overstige både naturens og vår egen evne til tilpasning.

Figur 4 viser sammenhengen mellom temperaturøkning og risikoen for virkninger på ulike systemer eller hendelser (panel a), og sammenheng mellom temperaturøkning og utslipp (panel b) og kutt (panel c) av klimagasser. For å unngå alvorlige klimaendringer ble verdens ledere i Cancun, Mexico, i 2010 enige om at temperaturøkningen ikke får overstige 2 grader sammenlignet med førindustriell tid (togradersmålet). Under klimaforhandlingene i Paris i desember 2015 ble ambisjonene ytterligere styrket gjennom enighet om at målet er å begrense den globale oppvarmingen til «godt under 2 grader», og at landene skal arbeide for å begrense temperaturstigningen til ned mot 1,5 grader sammenlignet med førindustriell tid. Avtalen har også et mål om netto-null utslipp (dvs. balanse mellom menneskeskapte utslipp og opptak av klimagasser) i andre halvdel av århundret. Figur 4 viser at selv en to graders oppvarming medfører høy risiko for omfattende virkninger på unike og truede systemer og for ekstreme værhendelser.



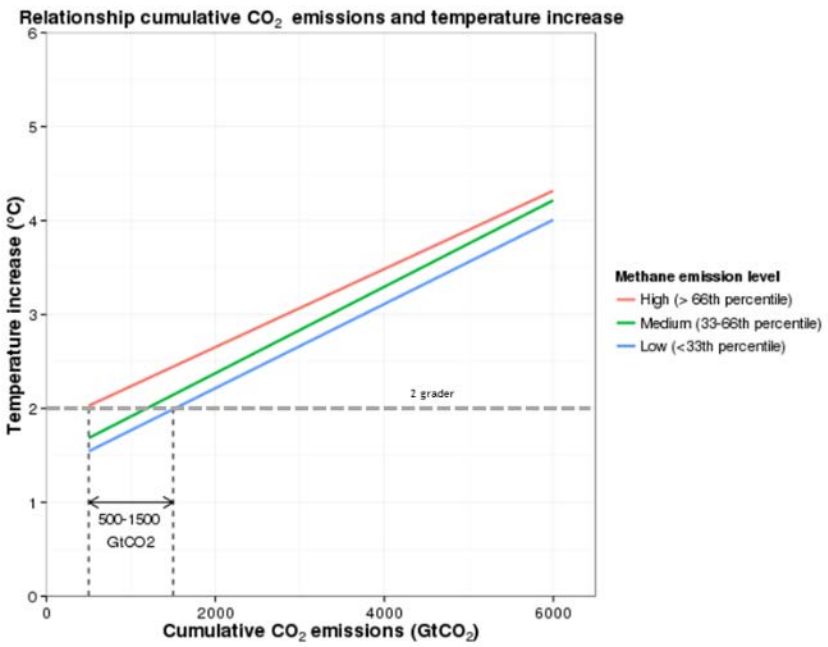
Figur 4. Figuren viser sammenhengen mellom risikoer fra klimaendringer, temperaturendringer, samlede utslipp av klimagasser, temperaturøkning og risiko. I panel b fremgår sammenhengen mellom samlede CO_2-utslipp og endringer i årlige klimagassutslipp innen 2050. Nivået tidlig på 2000-tallet er markert med svart. Panel c trekker linjen fra samlede utslipp til hva som avtegner seg for utviklingen fram til 2050. Bredden og høyden av de fargete ovalene i panel b og c illustrerer spennvidde som foreligger i estimater om hvor mye øvrige klimagasser, utover CO_2, vil virke inn.
Kilde: IPCC SYR AR5, Figure SPM.10

For å begrense oppvarmingen til to grader, ble det i rapporten fra FNs klimapanel anslått at konsentrasjonen av klimagassene i atmosfæren må tilsvare 450 (430 – 480) ppm (parts per million) CO_2-ekvivalenter i 2100 og gå ytterligere ned mot å stabiliseres på 360 ppm CO_2-ekvivalenter i 2300. På grunn av tregheten i systemet, vil det en periode være midlertidig høyere CO_2 konsentrasjon i atmosfæren. Etter hvert som land og hav-økosystemene tar opp CO_2 vil det innrette seg en stabilisert likevekt, og det er dette nivået klimamålene er knyttet til.

Lavutslippsscenarioene i femte hovedrapport viser at det er mulig å nå togradersmålet dersom utslippene av klimagassene reduseres betydelig fra år 2020, og er nær eller under null fra 2070. Dersom utslippene fortsetter å være lave etter dette, vil konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren etter hvert stabiliseres slik lavutslippsscenarioene krever. Togradersmålet er derfor et langsiktig mål, som tillater økosystemene å tilpasse seg naturlig slik det også er reflektert i Klimakonvensjonen formålsparagraf.

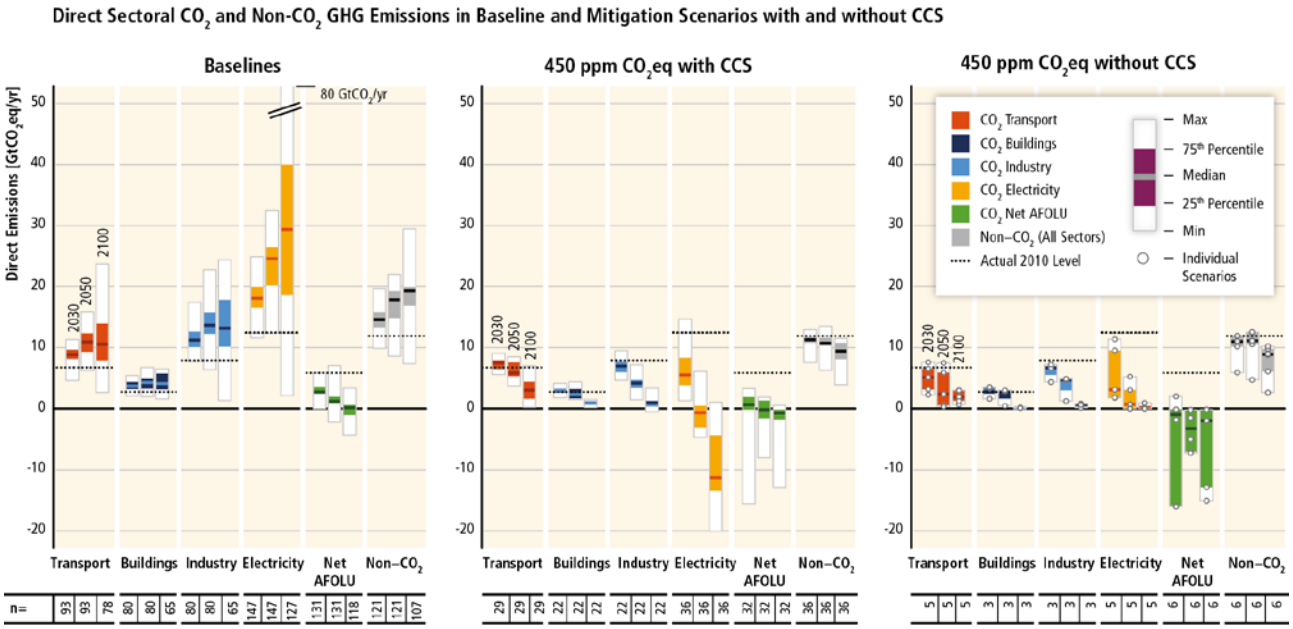
Et togradersmål setter føringer for hvor store klimagassutslipp vi kan tillate. FNs klimapanel konkluderer med at de samlede utslippene av klimagasser (historiske og framtidige) fra alle menneskeskapte kilder må begrenses til om lag 2900 milliarder tonn CO_2, dersom det skal være sannsynlig at oppvarmingen skal holdes under 2 °C sammenliknet med perioden 1861-1880, se panel b i Figur 4. Dette utgjør et karbonbudsjett for hva vi maksimalt kan slippe ut dersom togradersmålet skal oppfylles. Frem til 2011 var det sluppet ut om lag 1900 milliarder tonn CO_2, tilsvarende 531 milliarder tonn karbon, slik at 1000 milliarder tonn CO_2 gjenstod. Dersom den globale oppvarmingen skal begrenses til ned mot 1,5 grad sammenlignet med før-industriell tid, vil det sette ytterlige begrensning på karbonbudsjettet. Kunnskap om utslippsscenarioer for et 1,5 graders mål er svært begrenset. Bare et fåtall av utviklingsbanene i femte hovedrapport beskriver en utvikling som er tråd med et slikt mål. I Paris-avtalen inviteres FNs klimapanel til å utarbeide en spesialrapport i 2018. Denne rapporten skal omhandle scenarioer der oppvarmingen begrenses ned mot 1,5 grader, inkludert virkninger av slike scenarioer.

Figur 5 viser sammenhengen mellom temperatur og samlede utslipp av CO_2 og hvordan tre ulike nivåer av metanutslipp påvirker dette forholdet. Ved høye utslipp av metan (rød linje) begrenses de samlede fremtidige CO_2-utslippene seg til 500 Gt CO_2, mens ved lave utslipp av metan (blå linje) vil det innenfor et togradersmål innebære at det er «rom for» å slippe ut 1500 Gt CO_2 (sorte stiplete linjer). Dette viser hvor stor effekt metanutslipp har på karbonbudsjettet. Det er viktig å merke seg at CH_4 i motsetning til CO_2 brytes ned kjemisk i atmosfæren. Mens det er de samlede utslippene av CO_2 som er avgjørende for å nå togradersmålet, er det utslippsnivået til enhver tid som er avgjørende for metan.



Figur 5. Temperaturøkningen og karbonbudsjettet ved tre nivåer (høy, medium, lav) av metanutslipp. Figuren viser hvordan karbonbudsjettet er følsomt for utslippsnivået av metan. Den stiplete grå streken viser togradersmålet. *Kilde:* (Vuuren, Sluisveld og Hof 2015).

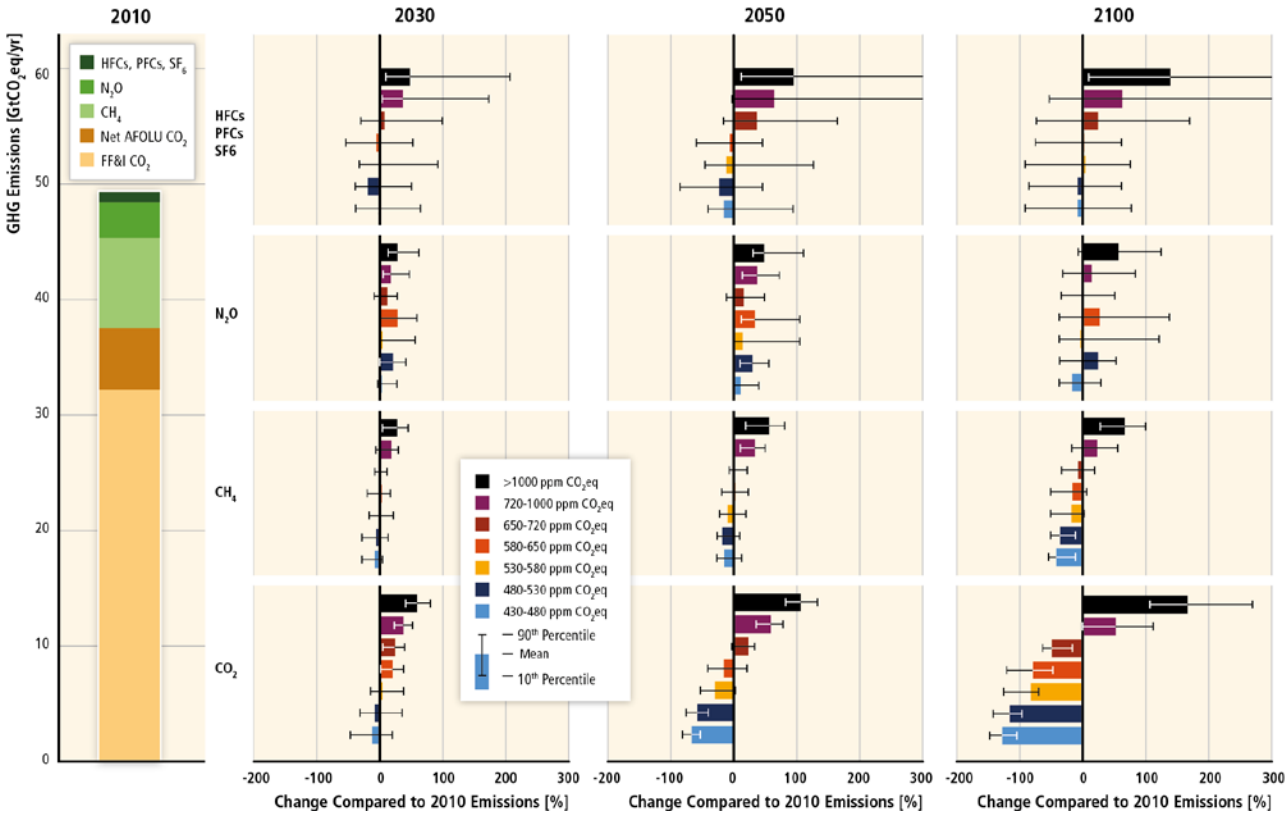
FNs klimapanel peker på mulige løsninger for å begrense oppvarmingen til to grader, og at dette vil kreve gjennomgripende endringer i alle sektorer. Klimapanelet har basert sin analyse på forskningsresultater fra 900 scenarioer for hvordan verden vil kunne utvikle seg dersom vi gjør nye utslippsreduserende tiltak. I scenarioene hvor det er sannsynlig å overholde togradersmålet (RCP2.6), forutsettes det at konsentrasjonen av CO_2-ekvivalenter i atmosfæren vil være 450 (430 – 480) ppm (parts per million) i 2100. En overskridelse av 450 ppm i slutten av dette århundret kan unngås ved å redusere globale utslipp av klimagasser med 40-70 prosent fra 2010-nivå innen 2050 (Figur 6) og nært eller over 100 prosent i 2100. Dette betyr at årlige globale utslipp må reduseres fra 49 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter i 2010 til 15-30 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter i 2050 og til nær eller under null i 2100.



Figur 6. Utslipp av CO_2 etter sektor og av andre klimagasser enn CO_2 (Kyoto-gasser, non-CO_2) samlet for alle sektorer i referansebanescenarioer (panel til venstre) og scenarioer med utslippsreduksjon (panel i midten (med CCS) og til høyre (uten CCS)), som når konsentrasjoner på ca. 450 (430–480) ppm CO_2-ekvivalenter i 2100 (og som det er *sannsynlig* at vil begrense oppvarmingen til 2 °C over førindustrielt nivå). Tallene under grafene viser til antall scenarioer som er inkludert i intervallet. Negative utslipp i energisektoren skyldes bruk av Bio-CCS. «Netto» AFOLU-utslipp omfatter etablering og gjenopprettelse av skog samt avskogingsaktiviteter. *Kilde: IPCC AR5 SYR Figure 4.1.*

Figur 6 viser sektorenes utslippsnivå i baseline scenario og for to lavutslippsscenarioer. Modellen i midten bygger på at elektrisitetsproduksjon foregår med løsninger uten CO_2-utslipp, blant annet ved fangst og lagring av CO_2 fra røykgass (CCS), etter hvert også ved å fjerne CO_2 fra det atmosfæriske kretsløpet hovedsakelig ved bruk av bioenergi kombinert med CCS (bio-CCS). I fravær av slik teknologi bygger modellen til høyre på at man oppnår storstilt akkumulering av karbon i biologiske system. Begge modellene for et lavutslippsscenario innebærer at landbruk er en avgjørende del av løsningen. Av begge modellene framgår en nedgang i utslipp av non-CO_2 gasser (grå søyler), hvor metan og lystgass fra jordbruk hører til, men nedgangen her er ikke like stor som for øvrige CO_2-utslipp.

Scenarioene i Klimapanelets femte hovedrapport innebærer ulike kuttnivåer for de respektive klimagasser basert på CO_2-ekvivalenter. I Figur 7 ser vi at scenarioene som er i tråd med et togradersmål (lyseblå horisontale søyler) vil kreve at CO_2 kuttes ca 130 prosent, mens metan og lystgass må reduseres hhv 50 prosent og 25 prosent i 2100 sammenliknet med nivået i 2010.



Figur 7. Utslippsreduksjoner (%) for ulike komponenter og scenarioer i 2030, 2050 og 2100, relativt til 2010. Venstre søyle gir fordeling av total utslipp i 2010 målt i CO_2-ekvivalente utslipp. Figuren viser også graden av usikkerhet forbundet med utslippskutt for de ulike klimagasser. *Kilde: IPCC AR5 WGIII figur 6.11.*

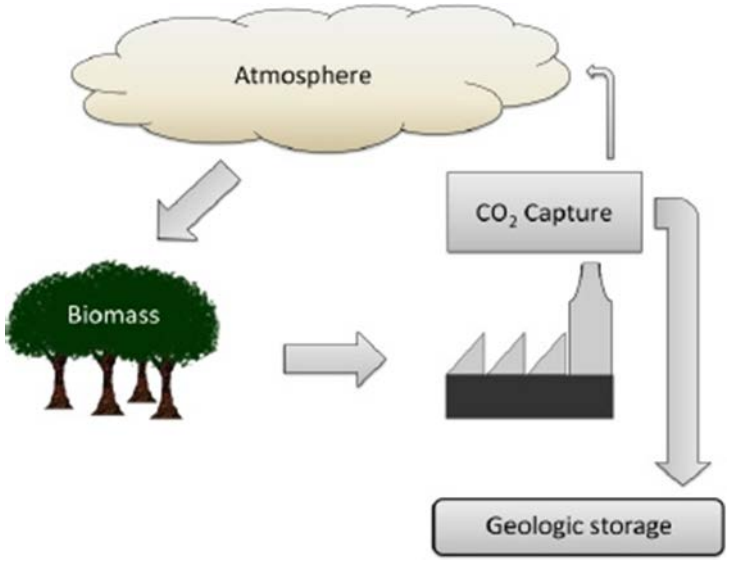
Mange av scenarioene som ligger til grunn for klimapanelets lavutslippsbaner, forutsetter vesentlige mengder negative utslipp (se nærmere omtale under). Scenarioene som er i tråd med togradersmålet innebærer at om lag 150 EJ (ca. 41 500 TWh[2]) av energibruken i 2050 og 300 EJ (ca. 83 000 TWh) i 2100 kommer fra bioenergi (IPCC, WG III, Figure 6.20). Moderne bruk av bioenergi til oppvarming, kraft og industri leverer globalt i dag 18 EJ (ca. 5000 TWh) (IPCC, WG III, Table SPM2). For å gi en målestokk på disse størrelsene; i 2014 var det innenlandske energiforbruket i Norge, utenom forbruk i energinæringene og forbruk til råstoff, 211 TWh (Kilde: SSB).

De av togradersscenarioene hvor totale CO_2-utslipp *ikke* går under null i løpet av århundret, krever minst 60 prosent reduksjon av globale klimagassutslipp innen 2050. Det er likevel nødvendig med en omfattende bruk av bioenergi også i disse scenarioene, i tillegg til tidlig implementering av utstrakt bruk av fornybar energi og kjernekraft.

2 1 EJ=277,77 TWh

Energi-investeringer har ofte en levetid på rundt 40-50 år. Det betyr at nye langsiktige investeringer i energisystemer bør baseres på teknologier som er eller kan bli CO_2-nøytrale om cirka 10 år (Vuuren, Sluisveld og Hof 2015).

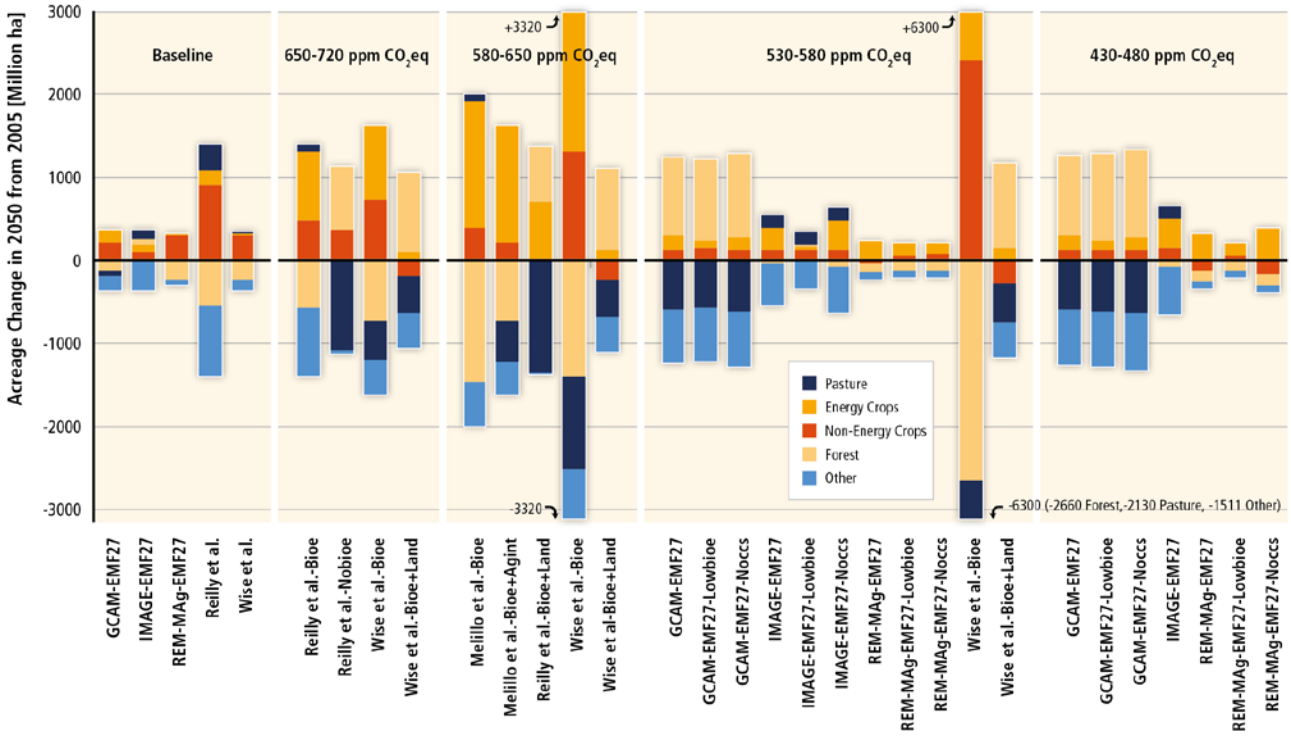
Et eksempel på teknologi som gjør det mulig å ha CO_2-utslipp mindre enn null (negative utslipp), er ved å øke naturens lager av karbon for eksempel ved planting av skog på nye arealer, eller ved tiltak som øker lageret av karbon i jordsmonn (f. eks. sekvestrering av biokull). Videre er det aktuelt å produsere energi fra biomasse der CO_2-innholdet i røykgassen fanges, og lagres i geologiske strukturer (CCS, Carbon Capture and Storage). Slike teknologier omtales i femte hovedrapport som bioenergi-CCS og som ofte forkortes til "Bio-CCS" («BECCS») der teknologien er illustrert i Figur 8. Klimapanelet har anslått at biokull i jord, Bio-CCS og planting av skog på nye arealer og tidligere skogsarealer, kan bidra til å trekke henholdsvis 130 (480), 125 (460) og 40-70 (150-260) milliarder tonn karbon (CO_2) ut av atmosfæren i et 100 års perspektiv (Table 6.15 i WG III). Klimapanelet omtaler disse tallene som svært usikre, men de kan gi en indikasjon av et mulig potensial.



Figur 8. Illustrasjon av hvordan atmosfærisk CO_2 blir tatt opp i biomasse, biomassen blir deretter omdannet til bioenergi og CO_2 fra industriell biomasseforbrenning blir fanget og lagret i geologiske formasjoner.
Kilde: The Global CCS institute https://hub.globalccsinstitute.com/publications/global-status-beccs-projects-2010/2-scientific-background-beccs

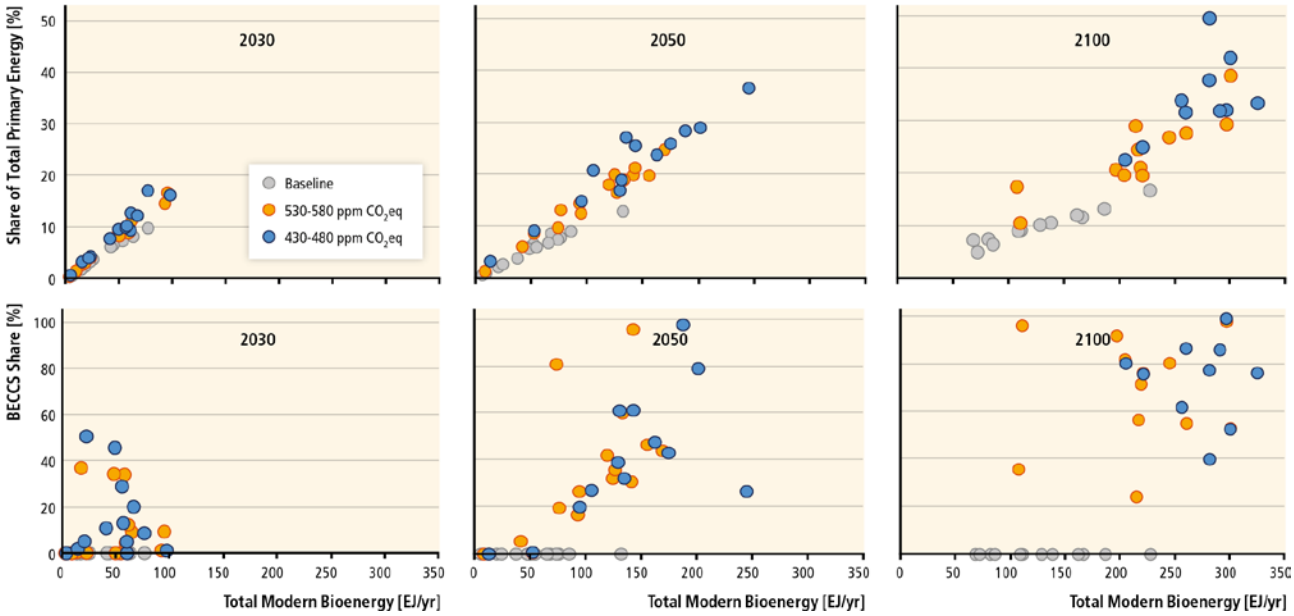
Behovet for biomasse til bioenergi og karbonnegative teknologier vil også kunne få store konsekvenser for arealbruken globalt. Figur 9 viser noen eksempler på modellresultater av arealbruk og arealbruksendringer for de ulike utslippsscenarioer. Det er stor variasjon både mellom og innad i kategoriene. Eksemplene på modellresultater legger til grunn ulike underliggende forutsetninger i modellene og faktorer som potensial for intensivering av jordbruk, bioenergi, skogplanting og redusert avskoging, arealer til energivekster, beite og dyrket mark. Noen av de presenterte modellkjøringene som er i tråd med lavutslippsscenariene (søylene i høyre panel, 430 – 480 ppm CO_2-ekvivalenter) omfatter arealer for skogplanting som samlet sett er større

enn Oceania innen 2050 (1 milliard hektar). I disse scenariene frem mot 2050, er det antatt en kostnadseffektiv implementering av tiltak som fører til en betydelig økning i skogutbredelse på bekostning av beite og andre arealer. I tillegg kreves en betydelig økning i arealandelen av energivekster og dyrket mark. Arealbruksendringer i mellomscenariene (530 – 580 ppm CO_2-ekvivalenter) tilsvarer i de mest ekstreme anslagene 1-2 ganger det Afrikanske kontinent (3 – 6 milliarder hektar). I beregningene for arealbruksendringer som er vist i Figur 9, er hensyn til konsekvenser for miljø og naturmangfold ikke vurdert.



Figur 9. Eksempler på modellkjøringer for arealbruksendringer for ulike kategorier i 2050 sammenlignet med 2005 for utvalgte utviklingsbaner. Søylene i panelet helt til høyre viser noen utviklingsbaner som er i tråd med togradersmålet (430-480 ppm CO_2-eq). *Kilde: IPCC WG III Figure 6.19.*

Figur 10 viser at bioenergiens andel av primær energiproduksjon i ulike scenarier som fører til togradersmålet (blå sirkler) er 0 – 20 prosent i 2030 og øker til 20 – 50 prosent mot slutten av århundret. Nederste panel viser hvor stor andel av moderne bioenergi som er bio-CCS i hvert scenario. For togradersmålet er denne andelen mellom 40 og 100 prosent. Nederste panel viser også at, som nevnt over, det i disse scenarioene er beregnet at rundt 300 EJ av energibruken i 2100 kommer fra bioenergi.



Figur 10. Øverste panel viser bioenergiens andel av primær energiproduksjon i ulike scenarier i 2030,2050 og 2100. Nederste panel viser andelen BECCS i hvert scenario. *Kilde: IPCC, AR V, WGIII, Figure 6.20*.

En omfattende energiproduksjon basert på biomasse vil bety en stor global omstilling. Dette kan blant annet skape utfordringer for matproduksjon i en verden hvor befolkningen øker. I arbeidsgruppe 2 henvises det til beregninger som viser at verden må øke matproduksjonen med 14 prosent per 10 år for å holde tritt med befolkningsøkningen. Samtidig vil avlingene globalt reduseres med 1 prosent per tiår på grunn av klimaendringene. Dersom vi vil unngå arealknapphet og arealkonflikter og være minst mulig avhengige av negative utslipp og teknologier som per i dag er lite utviklet, må vi redusere behovet ved å snu utslippsutviklingen før 2030.

Å utsette kraftige utslippskutt til 2030 eller senere vil øke kostnadene ved omstilling og de langsiktig økonomiske virkningene. Jo mindre vi klarer å kutte før 2050, jo mer må vi kompensere med negative utslipp fram mot 2100. Klimapanelet påpeker at det er risiko knyttet til å gjøre seg avhengig av negative utslipp. Scenarioene som ikke innebærer bruk av bio-CCS, men som likevel når togradersmålet, kommer ut som dyrere enn scenarioer som har bio-CCS i stor skala tilgjengelig i framtiden. I mange modeller er heller ikke togradersmålet oppnåelig ved vesentlige utsettelser av implementering eller manglende tilgang (ikke utviklet eller utprøvd i stor skala) på nøkkelteknologier.

3.3 BEREGNING AV KLIMAEFFEKT AV UTSLIPP

Bruk av metric (vektfaktor/målestokk) for å omregne utslipp til såkalte CO_2-ekvivalenter[3] er den mest brukte metoden for å beregne klimapåvirkning av et klimagassutslipp. Global Warming Potential (GWP) med en tidshorisont på 100 år (GWP 100) ble vedtatt brukt i Kyotoprotokollen under Klimakonvensjonen og benyttes ved rapportering av nasjonale utslipp, og oftest i tiltaks- og avtalesammenheng, for å sammenligne klimaeffekten av utslipp fra ulike gasser og sektorer. Det er også GWP100 som ligger til grunn for det norske klimagassregnskapet og det norske innmeldte nasjonalt bestemte foreløpige bidraget (Intended Nationally Determined Contributions, INDCs) om ny nasjonal utslippsforpliktelse i Paris-avtalen.

Det har skjedd en utvikling fra fjerde til femte hovedrapport når det gjelder beregning av vektfaktor for CO_2-ekvivalente utslipp som følge av mer forskning om temaet. I den femte hovedrapporten presenteres oppdaterte metrics for de ulike klimagassene, og det refereres til forskning på ulike beregningsmetoder. GTP (Global Temperature change Potential) er også omtalt som en alternativ beregningsmetodikk. I Klimapanelets forrige hovedrapport (AR4) ble bruk av GWP anbefalt, mens femte hovedrapport ikke anbefaler noen spesiell målestokk (metric), men understreker at valget av både målestokk og tidshorisont avhenger av hvilket formål som er lagt grunn, og at det er ingen metric som er optimal for alle politiske mål.

Mens GWP inkluderer klimapåvirkning gjennom hele perioden for en valgt tidshorisont, viser GTP temperaturøkningen ved et valg tidspunkt, uten å ta hensyn til årene før og etter. Det er betydelig usikkerhet knyttet til alle slike beregninger, og usikkerhetene varierer på tvers av metrics og tidshorisont. Generelt øker usikkerheten for beregningene langs årsak-virkning kjeden fra utslipp til effekter.

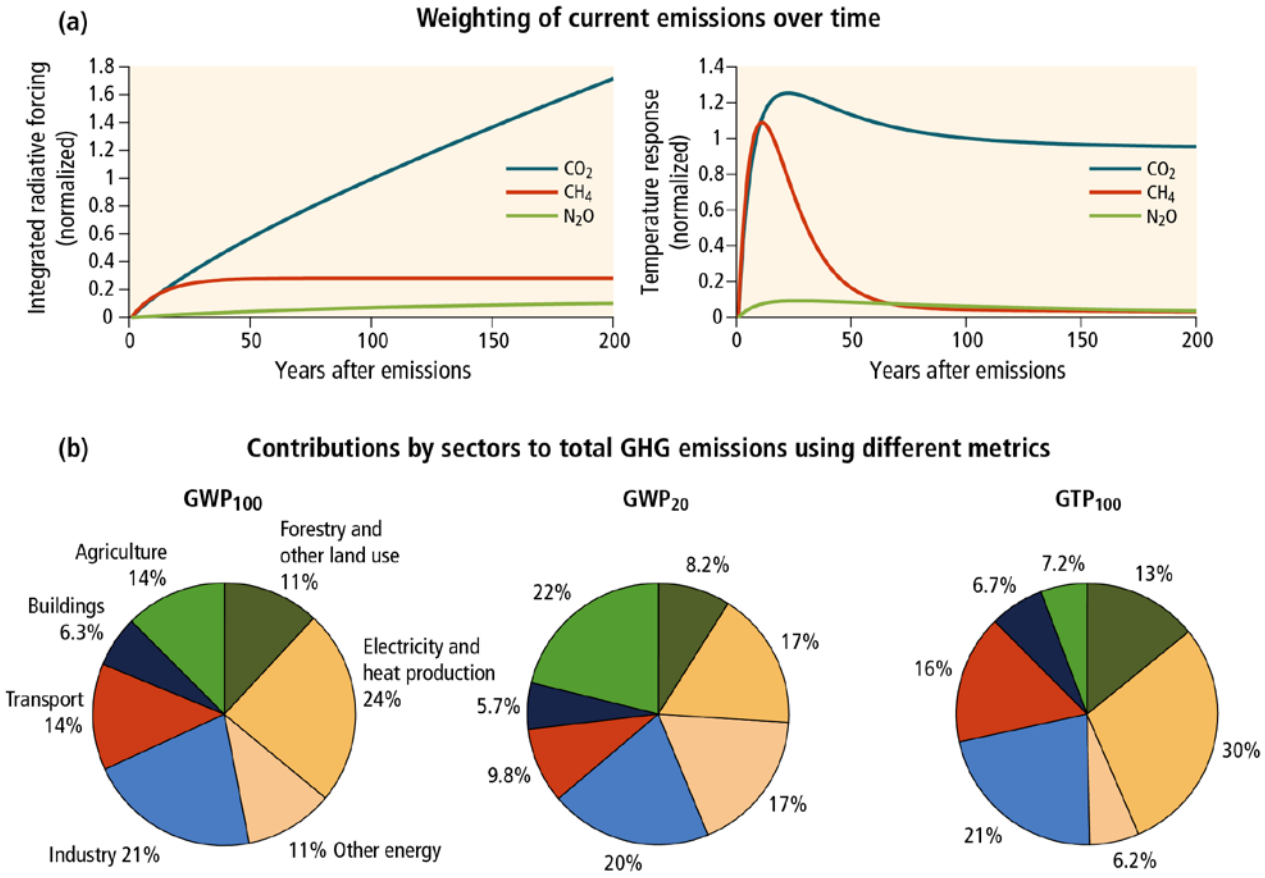
Metricen for metan vil variere avhengig av hvilket mål man setter, og dermed også for ulik beregningsmetodikk (GWP/GTP) og tidshorisont (20 eller 100 år). Siden jordbrukets klimagassutslipp særlig består av metan, har valg av metric større betydning for jordbruket enn for sektorer med CO_2 som hovedkomponent.

I klimapanelets femte hovedrapport blir metan omtalt som en «kortlevd klimadriver» fordi levetiden i atmosfæren er relativ kort (12 år) sammenlignet med CO_2, og at effekten på klima finner sted hovedsakelig første ti-år etter utslipp. Siden metanutslipp, ved bruk av GWP-metodikk, også har en klimaeffekt av betydning i et lengre perspektiv (se figuren til høyre i panel a i Figur 11) er metan med som en av Kyotogassene som knyttes til langsiktige klimamål.

---

3 For å kunne sammenligne de ulike klimagassenes evne til å varme opp atmosfæren, kan de regnes om til «CO_2-ekvivalenter». I tillegg til CO_2, regnes også metan (CH_4), lystgass (N_20) og F-gasser som klimagasser. Alle utslipp kan da sammenlignes direkte etter som de får samme enhet. Som metric (omregningsfaktor) benyttes i dag gassenes GWP (globalt oppvarmingspotensial). GWP uttrykker klimaeffekten av en gass sammenlignet med CO_2 over en gitt tidsperiode. Klimaeffekten etter 100 år (GWP100) for CO_2 = 1, CH_4 = 28, N_2O = 265 (IPCC AR5, WG I). Les mer om vurdering av klimaeffekt i notatet til denne utredningen (Fuglestvedt 2015).

Figur 11 b er en illustrativ sammenligning av hvordan ulike sektorers andel av de globale klimagassutslippene påvirkes av hvilken vektfaktor, og dermed hvilket politisk mål som er lagt til grunn. Utslipp fra jordbrukssektoren består særlig av metan og lystgass, og jordbrukets andel i forhold til alle sektorers klimagassutslipp vil variere med hensyn på valg av metric. I Figur 11 illustreres dette ved å benytte tre ulike metrics på klimagassutslippene. Metricen for metan er 28, 84 og 4 (IPCC AR5 WG1 Appendix 8.A.1) for henholdsvis GWP100, GWP20 og GTP100. Metricen for lystgass varierer mindre og er henholdsvis 265, 264 og 234. Jordbrukets andel av globale klimagassutslipp i Figur 11 b er dermed 14 prosent ved bruk av GWP100, 22 prosent ved GWP20 og 7,2 prosent ved bruk av GTP100. Dette viser at jordbrukets andel av de totale klimagassutslipp er spesielt følsom for valg av beregningsmetodikk.



Figur 11. Normalisert GWP og temperaturrespons (GTP) for CO_2, metan og lystgass. Figuren baserer seg på globale utslippsvolum fra de respektive klimagasser 1b: Sektorers andel av totale globale klimagassutslipp ved metricene GWP100, GWP20 og GTP100. *Kilde:* IPCC AR5 SYR: Box 3.2 Figure 1.

I klimapanelets femte hovedrapport introduseres også en egen metric for fossilt metan som kan benyttes ved omregning til CO_2-ekvivalenter fra fossile kilder. Disse verdiene inkluderer at CH_4 nedbrytes til CO_2 i atmosfæren; noe som gir en langtlevende tilleggseffekt for utslipp av metan. Biosfæriske metankilder utelukker denne effekten fordi det med rimelighet kan antas at det er en balanse mellom den CO_2 som blir produsert fra oksidasjon og den CO_2 som blir tatt opp i biosfæren ved fotosyntese. Det er således grunnlag for å si at det er en forskjell på klimavirkning fra metan fra fossile og biogene kilder. Differansen mellom metricene med og uten CO_2-komponenten er liten etter GWP100 metodikk, men betydelig etter GTP100 metodikk (1,5 ganger så stor).

3.4 VIRKNINGER OG RISIKO VED FREMTIDIGE KLIMAENDRINGER

Størrelsen på den globale oppvarmingen som beregnes – og hvilken konsekvens oppvarmingen får for andre klimavariable – avhenger av hvor store mengder klimagasser vi slipper ut, men mønstrene i de beregnede endringene blir stort sett de samme. Konsekvenser av klimaendringer som er omtalt i FNs klimapanels siste hovedrapport og som er relevante for arbeidet med denne rapporten er blant annet:

- Oppvarmingen over land vil bli større enn over hav, og oppvarmingen av Arktis vil skje raskest.
- Kontrasten mellom nedbørrike og tørre områder vil øke. Det beregnes økt nedbør i de polare områdene (høye breddegrader) og i tropene mot slutten av dette århundret. I mange tørre områder beregnes mindre nedbør. Hyppigere og mer intense nedbørsepisoder beregnes i mange områder.
- Havisen i Arktis vil fortsatt reduseres, og snødekket på land (den nordlige halvkule) vil minke.
- Mengden is i verdens isbreer vil bli redusert. Samlet reduksjon i 2100 vil kunne bli mellom 15-55 prosent for utviklingsbanen med de laveste utslippene (RCP 2.6) og 35-85 prosent for utviklingsbanen med de høyeste utslippene (RCP 8.5), sammenliknet med 1986-2005. Da er ikke issmelting fra Grønland og Antarktis tatt med i beregningen.
- Land- og havøkosystemenes evne som karbonsluk kan bli svekket som følge av klimaendringene.

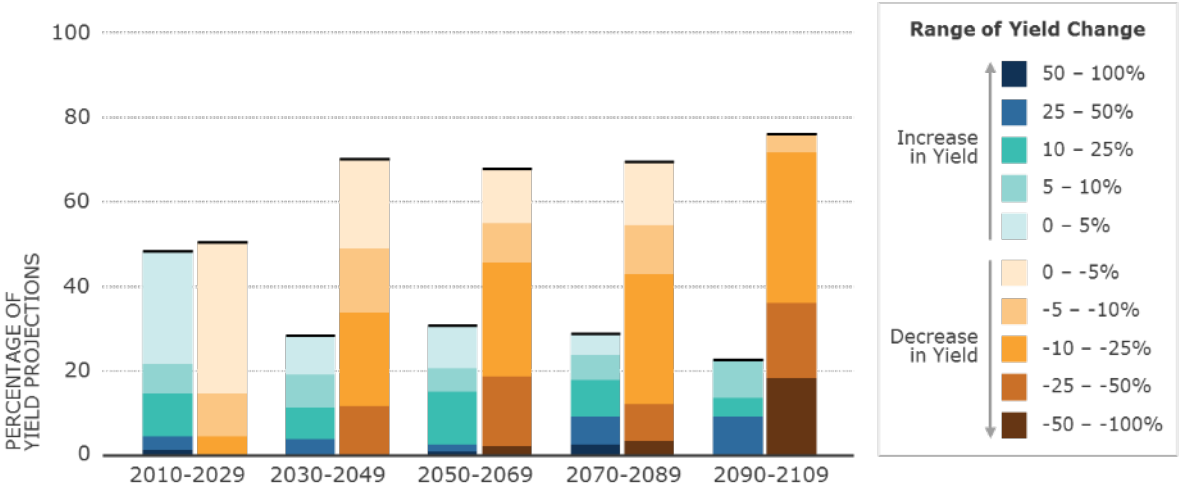
Hav, vegetasjon og jordsmonn tar opp og lagrer CO_2 fra atmosfæren og bidrar dermed til å dempe den globale oppvarmingen. Fram til i dag har om lag halvparten av de menneskeskapte utslippene blitt overført til karbonlagrene i havet og på landjorda. Av de 2000 milliarder tonn CO_2 som har blitt sluppet ut fra fossile brensler og arealbruksendringer siden 1750, har 880±40 milliarder tonn CO2 blitt akkumulert i atmosfæren. Det resterende karbonet har blitt tatt opp av havet (570 ±100 milliarder tonn CO_2) og det terrestriske økosystemet (590 ±330 milliarder tonn CO_2). Det er ventet at opptaket av CO_2 vil fortsette i denne størrelsesordenen fram mot 2100, men uten nye tiltak vil en gradvis større andel av framtidens CO_2-utslipp beregnes å bli værende lenger i atmosfæren. Hvis opptak av CO_2 i hav og på landjorda svekkes, betyr dette at klimaendringene forsterkes, og behovet for utslippsreduksjoner og tilpasning blir større.

3.5 KONSEKVENSER OG TILPASNINGER I LANDBRUKET

Både raske utslippskutt og tilpasning til klimaendringene er nødvendig for å unngå alvorlige klimaendringer og konsekvensene av dem i framtiden. Jo varmere det blir, jo større sjanse er det for at vi ikke lenger vil kunne tilpasse oss, og i den grad det er mulig å kompensere ved tilpasning, vil kostnadene bli høye.

Virkninger av klimaendringene på jordbruket

I rapporten fra Klimapanelets arbeidsgruppe 2 (Virkninger, tilpasninger og sårbarhet - Impacts, Adaptation and Vulnerability) blir virkningen av klimaendringene beskrevet, og Figur 12 viser hvordan klimaendringene vil kunne påvirke globale avlinger. For hvert tjuende årsperiode frem mot 2100 vil større og større andel av verdens landområder som produserer mat ha nedgang i avlingene. Figuren baserer seg på en mengde litteraturstudier og skiller ikke på tempererte eller tropiske områder eller mellom jordbruk med eller uten tilpasning.



Figur 12. Estimert prosentvis endring i avlinger frem mot 2100. *Kilde: IPCC WG II, Figure 7.5*

Tilpasning i jordbruket

Rapporten fra arbeidsgruppe 2 beskrives ulike former for tilpasning i jordbruket. Høyere temperaturer og mer ekstreme nedbørsforhold vil i fremtiden kunne redusere både størrelse og kvalitet på avlingene. Sortsfremgang, utvikling av sorter, tilpasning av såtidspunkt, optimalisering av vanning og endret gjødslingspraksis er ulike måter å tilpasse matproduksjonen på i et endret klima.

Effekten av tilpasningstiltak kan være svært usikker og variabel både i positiv og negativ retning. Gevinstpotensialet ved tilpasning er større for avlinger i tempererte enn tropiske regioner, og hvete- og risbaserte systemer er mer tilpasningsdyktige enn maisbaserte. Noen av tilpasningsalternativene er også mer effektive enn andre. Av de studiene som er presentert i femte hovedrapport er det flest som har sett på utvikling av sorter og endring av såtidspunkt som klimatilpasningstiltak med potensiell effekt på henholdsvis 23 og 17 prosent forbedring i avlingsnivå. Mer om tilpasning i Norge i kapittel 9 og 10.

4 KLIMA OG LANDBRUK I ENDRING

Landbruket dekker grunnleggende behov for mat, energi og materialer. Det er en stor og økende utfordring å skaffe nok mat og energi til en økende befolkning. Denne utfordringen må løses samtidig med store utslippsreduksjoner og tilpasning til endret klima. Landbruket påvirker klimaet og klimaforholdene er avgjørende for landbruket. Endringer i klimaet kan redusere matproduksjonen i store områder. Klimapanelet og FAO vektlegger at verdens landbruk må tilpasses slik at produksjonen kan videreføres og økes når klimaet endres. I dette kapitlet omtales grunnleggende sammenhenger mellom landbruk og klima.

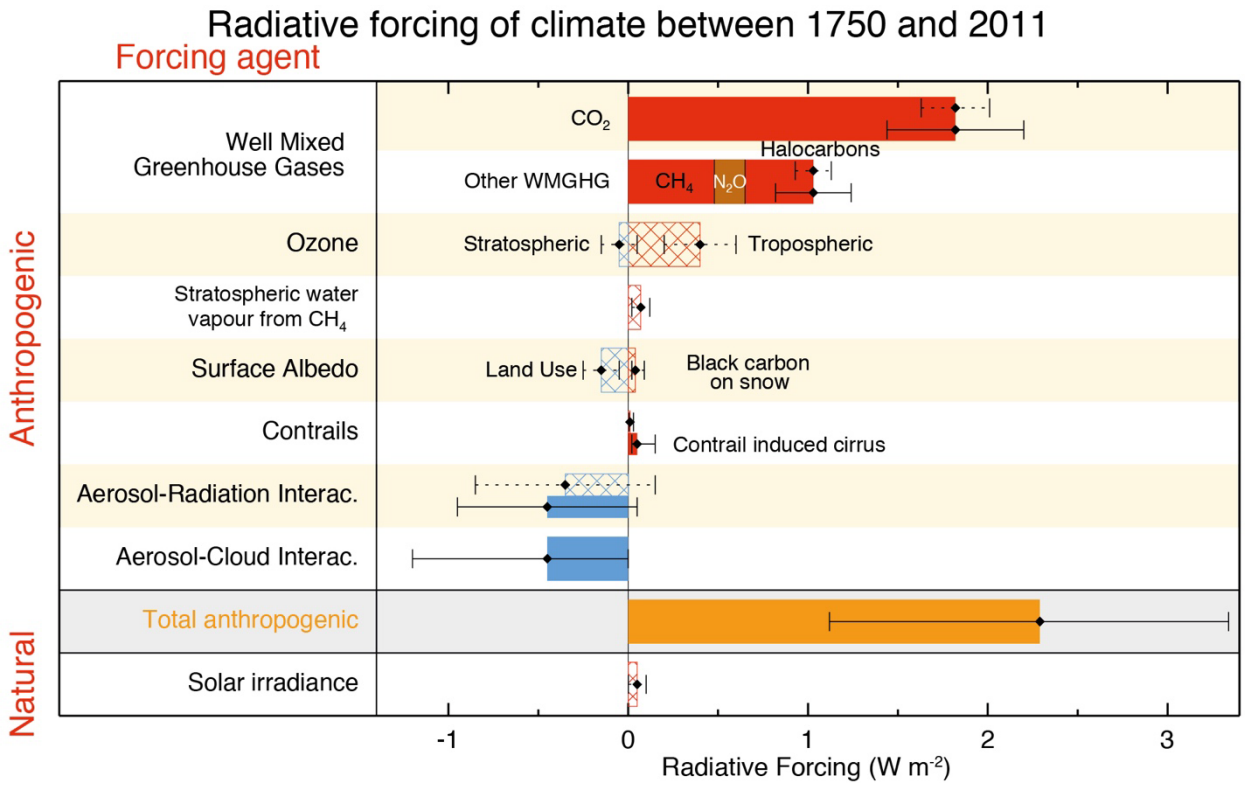
4.1 KLIMASYSTEMET OG MENNESKELIG PÅVIRKNING

Globale klimaendringer kommer av ubalanse i energiutvekslingen mellom jorden og verdensrommet (ytre klimapådriv). Menneskelig virksomhet har i stadig større grad påvirket energiutvekslingen, dels ved å endre jordens overflate, og dels ved å endre atmosfærens sammensetning.

Mennesket endrer atmosfærens sammensetning først og fremst ved utslipp av klimagasser, især CO_2, metan (CH_4) og lystgass (N_2O), se kapittel 3. Atmosfærisk konsentrasjon av CO_2, metan og lystgass har økt til nivåer som man ikke har sett tidligere på minst 800 000 år[4]. Det fører til at en større andel av varmestrålingen fra jordoverflaten tas opp i atmosfæren, varmer opp luftlaget og sender varmestråling tilbake til jorda. Jordoverflaten endres ved avskoging og jordbruk og slike endringer påvirker hvor stor andel av den kortbølgede solinnstrålingen som reflekteres tilbake (albedo, se kapittel 7.2.7).

Strålingspådriv, engelsk «radiative forcing», er et mål for endringen i klodens energibalanse som følge av ekstern påvirkning, og måles med enheten W/m^2. Siste rapport fra Klimapanelet beskriver strålingspådriv fra ulike faktorer i 2011, sammenliknet med referansesituasjonen som er førindustriell tid, se Figur 13. Denne viser at menneskeskapt strålingspådriv utgjorde om lag 2,3 W/m^2 i 2011. Strålingspådriv som følge av opphopning av drivhusgasser alene var vel 2,8 W/m^2. Noe av dette ble imidlertid oppveid av økende refleksjon fra kloden, primært fra partikler (aerosoler) i atmosfæren, og noe ved økende overflatealbedo.

4 Målinger er basert på iskjerneprøver



Figur 13. Menneskeskapte og naturlig bidrag til klimaendringene i perioden 1750 -2011. *Kilde: IPCC AR5 WG I, Figure 8.15*

4.2 KLIMAUTFORDRINGER, VEGETASJON OG LANDBRUK

Årsaken til klimaendringer er menneskeskapte forstyrrelser av naturlige, livgivende kretsløp som energiutveksling, vann, karbon og nitrogen. Klimaet påvirkes negativt når disse kretsløpene kommer i ubalanse. Landbruk foregår i åpne systemer, er avhengig av og utnytter disse kretsløpene. Landbruket kan derfor ikke unngå å påvirke klimaet, samtidig som endringer i kretsløpene i neste omgang endrer forholdene for plantevekst og landbruk.

Landbruket påvirker en rekke faktorer i klimasystemet, gjennom utslipp og opptak av klimagasser og gjennom å påvirke albedoeffekten. Jord- og skogbruk har stor betydning for hvor mye karbon tas opp og lagres i biomasse og jordsmonn, jf. Figur 1. Klimaet er avgjørende for landbruksproduksjonen og endret klima vil påvirke landbruket. Klimaendringer som påvirker tilgangen på vann er særlig kritisk globalt. Både for mye og for lite vann skaper problemer for landbruksproduksjonen.

Kretsløp av solenergi, vann, karbon og nitrogen bestemmer klimaet, men gjennom fotosyntesen utgjør disse elementene samtidig grunnlaget for plantevekst og landbruk. Når plantene vokser tar de opp vann og næringsstoffer fra jorda, og de tar opp CO_2 fra atmosfæren, som ved hjelp av solenergi omdannes til energirike karbonforbindelser. I prosessen frigjøres oksygen til atmosfæren. Fotosyntesen gir dermed livsgrunnlaget for alt annet liv på jorda. Landbruk utnytter de naturlige kretsløpene og samspillet mellom planter og dyr, sol og vann, karbon og andre sentrale næringsstoffer som nitrogen. Disse sammenhengene gir grunn å se klima og landbruk som samspill og avhengighet.

4.2.1 Klodens energibalanse og planters fotosyntese

Økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren påvirker jordens varmebalanse. Det meste av overskuddsenergien er tatt opp ved oppvarming av havet. Bare om lag 1 prosent av overskuddsenergien har gått til å varme opp atmosfæren. Noe har også gått til å varme opp overflaten på landjorda (IPCC 2013). Planter og vegetasjon har vesentlig betydning for energiutvekslingen på flere måter. Fremfor alt gir solstrålene energi til planters fotosyntese, hvor plantene omformer solenergi, CO_2 og vann til energirike karbonforbindelser (f.eks. sukker, cellulose og lignin) og oksygen. Dette gir grunnlag for alt annet liv på jorda. Gjennom tidens løp har fotosyntesen også gitt opphav til alle fossile reservoarer av kull, olje og gass.

Mengden av solenergi som treffer jorden i løpet av ett år, er om lag 15 000 ganger større enn befolkningens årlige energiforbruk. Om lag 1 – 2 prosent av lysenergien som treffer bladene blir utnyttet i fotosyntesen, resten blir reflektert, eller avgitt som langbølget varmestråling. Planters fotosyntese kan være begrenset av en rekke faktorer slik som innstråling, temperatur, vann og næringstilgang.

Det er gjort mange forsøk på å beregne størrelsen den totale produksjonen som skapes ved plantenes fotosyntese. De nyeste beregningene gir ca. 170×10^9 tonn tørrstoff per år. Det er netto primærproduksjon (NPP), som er differensen mellom brutto produksjon (= fotosyntese) og tap (= plantenes egen respirasjon). Plantenes respirasjon utgjør 40 – 70 prosent av bruttoproduksjonen. Landjorden utgjør ca. 30 prosent av jordens overflate, men ca. 2/3 av NPP foregår der, resten foregår i havet.

4.2.2 Vegetasjonens betydning for overflate og albedo

Albedo er et mål for hvor stor andel av solinnstrålingen som reflekteres av jordoverflaten, som en faktor mellom 0 og 1. Den del av solinnstrålingen som ikke reflekteres, blir absorbert og omdannet til langbølget varmestråling. Vegetasjonen virker vesentlig inn på jordoverflaten og derav albedo. Mørkere flater som skog absorberer mer energi og gir lavere refleksjon (albedoeffekt) enn dyrkamark og beitemark. Snødekte flater har særlig høy albedo. Se nærmere omtale av albedoeffekter og arealbruk i faktaboks i kapittel 7.2.

4.2.3 Karbonets kretsløp: jord, planter, luft og hav

For forståelse av drivhuseffekt har karbon og nitrogen stor betydning. Karbon befinner seg i kretsløp mellom landjorda, atmosfæren og havene, hvor det særlig utveksles som CO_2. Til enhver tid forekommer langt større mengder av CO_2 i havene enn i atmosfæren. Som følge av økende CO_2-innhold i atmosfæren, tar også havene opp mer CO_2 enn de avgir; henholdsvis 22,2 og 20 gigatonn karbon per år, jf. Figur 1. Slik danner havet en avgjørende buffer og stabilisator for klimasystemet. På sikt kan opptaket i hav stagnere og det kan bidra til å øke oppvarmingstakten[5]. Opphopning av CO_2 i havene fører til havforsuring som kan være skadelig for marine økosystemers produksjon og artsmangfold.

---

5 Faktaark: Havets opptak av CO_2 og forurensing: http://www2.bjerknes.uib.no/filer/1367.pdf

I tillegg til CO_2-utvekslingen mellom hav og atmosfære tar plantene opp CO_2 gjennom fotosyntesen. Karbonforbindelser som gjenstår etter plantenes respirasjon vil inngå i levende biomasse over og under bakken, dødt plantemateriale, og organisk materiale i jord. Denne biomassen blir nyttiggjort av andre organismer før karbonet igjen blir frigjort til atmosfæren. Om CO_2-utslipp fra biomasse følges av tilsvarende opptak, er dette over tid å forstå som en likevekt der karbonet inngår i et kretsløp.

Karbonkretsløpet kan ta veier som avviker fra dette. Under anaerobe forhold vil karbonforbindelser bli omdannet til metan som er en sterkere drivhusgass enn CO_2. Et annet viktig moment er om opptak og utslipp faktisk er i likevekt, eller om landjorda netto avgir eller akkumulerer karbon. Figur 1 viser at begge deler forekommer; avskoging og andre arealbruksendringer er kilde til utslipp, mens øvrige arealer bidrar til «residual land sink». Globalt inneholder jordsmonnet 3 ganger så mye karbon som levende vegetasjon og dobbelt så mye karbon som atmosfæren (Smith 2008). Dette er karbon som utelukkende er tatt opp gjennom fotosyntesen og over tid har bygget opp karboninnholdet i jordsmonnet.

Fotosyntesens biomasseproduksjon kan øke med atmosfærens innhold av CO_2 (CO_2-gjødslingseffekten), gitt at ikke andre faktorer er begrensende. Økt CO_2-konsentrasjon setter plantene i stand til å skaffe nok CO_2 og samtidig beskytte seg mot vanntap, slik at fotosyntesen blir mer effektiv. Landopptaket er beregnet å være høyt i nærmeste tiår på høyere breddegrader som følge av at skogen brer seg og vokser raskere med økt temperatur og CO_2 innhold i luften.

Ved avskoging, skogdegradering, oppdyrking eller nedbygging av jord, oppstår utslipp fra karbonholdig materiale som er med å forklare økt mengde CO_2 i atmosfæren. Klimaendringer med økt temperatur, tørke og kraftig vind, samt økt risiko for skogbranner og sykdommer kan føre til at mer blir frigjort. Frigjøring av metan fra tinende permafrost er også en vesentlig risiko fremover. Motsatt prosess med økning i karbonlagrene i jord går saktere, noen eksempler på det er oppbygging av organisk materiale i mineraljord (jf. kapittel 7), torvjord og reservoarene av kull, olje og gass gjennom tidens løp.

4.2.4 Verdier av karbon i jord

Karbon i jordsmonn og biomasse har stor betydning utover å bidra til å redusere CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren. Karbon og organisk materiale i jorda skaper matjord og dermed grunnlag for plantevekst, jordbruk og matproduksjon. I store områder globalt er forholdene for matproduksjon forringet som følge av tap av organisk materiale i jorda.

Nedgang i jordsmonnets karboninnhold kan gi agronomiske utfordringer med dårligere jordstruktur, vannbalanse og næringsforsyning, og samtidig økt miljøbelastning gjennom utslipp av klimagasser, økt næringsavrenning og økt erosjonsrisiko. Under norske forhold har man funnet at en fordobling av karboninnholdet i leirjord medførte at jordas lagringsevne for plantetilgjengelig vann økte med 50 – 100 prosent (Riley 2003). Det kan forebygge tørke, og samtidig ta av for nedbør. I klimasammenheng har derfor jordsmonn betydning for kretsløpene av både karbon og vann.

4.2.5 Nitrogenets kretsløp: gjødsel, jord og luft

Nitrogen inngår i viktige kretsløp som plantenæring, men bidrar også til utslipp av lystgass (N_2O). I naturlige systemer er nitrogentilgang ofte begrensende for plantevekst. Med mineralgjødsel fremstilt fra atmosfærisk N_2 har vi økt planteproduksjonen vesentlig. Dette har imidlertid også medført økte utslipp av nitrogenforbindelser.

I utslippsregnskapet beregnes lystgass som en konstant andel av den mengden nitrogen som tilføres jorda gjennom mineral- og husdyrgjødsel. Lystgass avgis ikke direkte fra mineralgjødsel, men gjennom mikrobielle prosesser i nitrogenholdig jord og biomasse. I hvilket omfang dette skjer avhenger av en rekke forhold, og det finnes dårlig grunnlag for å fastsette utslippstall. Mens beregnede N_2O-utslipp har vesentlig betydning i utslippsregnskapet, utgjør disse utslippene kun en marginal del av den totale nitrogenmengde som inngår i kretsløpet. Den største delen av nitrogenet tas opp av plantene eller lekker ut som nitrater til vann eller ammoniakk til luft. Slike utslipp kan gi opphav til flere effekter, herunder lystgass, før nitrogenforbindelsene til slutt stabiliseres som N_2.

4.2.6 Vannets kretsløp

Klimaendringer dreier seg ikke minst om endret fordeling av nedbør og vann. Som karbon går også vann i store kretsløp mellom hav, atmosfære og landjorda, hvorav ca. 97 prosent av klodens vann befinner seg i havene. I atmosfæren fungerer vanndamp som en drivhusgass, og variasjoner i mengden vanndamp i atmosfæren har stor betydning for drivhuseffekten. Denne mengden bestemmes primært av lufttemperaturen. Økt innhold av vanndamp i atmosfæren med økende temperatur innebærer at global oppvarming kan bli selvforsterkende. Denne effekten er integrert i gjeldende klimamodeller.

Oppvarming av kloden medfører økt fordamping, men samtidig økt nedbør. Fordamping og nedbør vil over tid være i likevekt, men nedbørens fordeling kan endres i tid og i rom. Mens vanntilgangen er avgjørende for vegetasjon og landbruk, virker samtidig både vegetasjonen og landbrukssystemene inn på hvordan vannet fordeler seg. Fordampingen til atmosfæren varierer med vegetasjonen. Mens slike tilførsler har liten betydning for drivhuseffekten globalt, kan det virke vesentlig inn på klima- og nedbørsforhold lokalt eller regionalt. Større skogsområder påvirker sitt eget klima, jf. betydningen av regnskogene i Brasil for regional nedbørfordeling i Sør-Amerika og betydningen av regnskogen i Kongobassenget for nedbøren i Etiopia (Nobre, 2006).

Opptak og fordamping fra plantene fører til økt vannforbruk per arealenhet og lavere tilførsler av vann nedstrøms i vassdragene. Vegetasjon kan skjerme mot avrenning og fordamping fra bakken, og kan dempe utslag av ekstremvær som flom og tørke. Vern om eksisterende vegetasjon kan dermed være viktig for å sikre grunnlaget for framtidig matproduksjon når klimaet endres.

5 ENDRET KLIMA I NORGE

5.1 BAKGRUNNSMATERIALE

Dette kapitlet bygger stort sett på informasjon om historisk klimautvikling og beregnede klimaframskrivninger for Norge som er nærmere beskrevet i tre ferske rapporter (Hanssen-Bauer, et al. 2015, Simpson, et al. 2015, Førland, et al. 2015). I alle disse rapportene er klimaframskrivningene for Norge basert på globale framskrivninger fra delrapporten om fysisk klima i siste hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC, 2013). Ifølge klimapanelet er menneskelig aktivitet hovedårsaken til den observerte økningen i globaltemperaturen siden 1950 (IPCC 2013). Hvor stort det menneskeskapte klimapådrivet kommer til å bli videre gjennom det 21. århundre vil avhenge kritisk av hvor mye klimagasser som blir sluppet ut framover. Forskjellige muligheter beskrives i såkalte «utslippsbaner» (se faktaboks i kapittel 3.1). I kapittel 5.3 er forskjellige utslippsbaner benyttet som grunnlag for beregninger av framtidsklima i Norge.

5.2 KLIMAUTVIKLINGEN I NORGE FRAM TIL 2014

Lufttemperatur og vekstsesong

I referanseperioden 1971-2000 var årsmiddel-temperaturen for Norge + 1,3 °C. Temperaturen var høyest langs kysten av Sør-Norge (opp til +7 °C) og lavest i høyfjellet (ned til - 4 °C). Årsmiddel-temperaturen økte med ca. 1 °C fra 1900 til 2014. I dette tidsrommet var det perioder med både stigende og synkende temperatur, men de siste 40 år har økningen vært svært markant. Temperaturøkningen de siste 100 år har vært størst om våren og minst om vinteren. Geografisk sett har den vært minst på Vestlandet og størst i Troms/Nordland. Ser vi på økningen de siste par tiårene er det i Finnmark temperaturen har økt mest, og økningen har i hele landet vært aller størst om høsten i denne perioden. Det er en tendens til større økning i minimumstemperatur enn i middeltemperatur.

Vekstsesongen, definert som døgn med middeltemperatur lik 5 °C eller mer, er lengst langs kysten av Vestlandet, og kortest i høyfjellet og deler av Varangerhalvøya. I perioden 1971-2000 var det ca. 37 000 km^2 av Norges areal som hadde vekstsesong på over 6 måneder. Dette arealet økte til over 45 000 km^2 fram til 30-årsperioden 1985-2014.

Nedbør

Midlere årsnedbør for Norge er beregnet til 1600 mm. Årsnedbøren er størst i midtre strøk på Vestlandet og minst i øvre Gudbrandsdal og indre Finnmark. Områdene rundt Oslofjorden og langs Sørlandskysten har den mest intense bygenedbøren. Årsnedbøren har økt over hele Norge siden år 1900, og for landet som helhet er økningen på ca. 18 prosent. Økningen har vært størst om våren og minst om sommeren. Prosentvis nedbørsøkning har vært minst i Varanger og på Sørlandet, og størst i Østfold og på Sør-Vestlandet. For kraftig nedbør i løpet av kort tid finnes kun serier på opptil 50 år. Disse viser i store trekk økning både i intensitet og hyppighet.

Vind

Langs kysten og i høyfjellet blåser det stiv kuling eller mer i 1 prosent av tiden. De siste 50 år har det vært en svak økning i vindhastigheten som overskrides i 1 prosent av tiden, men det er store variasjoner fra år til år og mellom ulike lokaliteter.

Avrenning og fordampning

Av den gjennomsnittlige årsnedbøren for Norge anslås at noe over 1100 mm går til avrenning, mens litt under 500 mm fordamper. Forskjellen i avrenning er stor mellom ulike landsdeler. Det er estimert en normalavrenning på over 5000 mm/år ved Ålfotbreen i Nordfjord, mens normalavrenningen i mindre, brefrie elver øverst i Gudbrandsdalen, samt på indre deler av Finnmarksvidda, er under 400 mm. Vannføringen varierer mye fra år til år og tiår til tiår. Den observerte temperaturøkningen har generelt ført til økt vannføring om vinteren og våren og tidligere snøsmelting.

Flom

Økt temperatur har ført til at vårflommene kommer tidligere. Det er ingen klar trend i størrelsen på flommer, men det er en tendens til økt hyppighet av regnflommer de siste tiårene. Dette er konsistent med økningen i ekstremnedbør.

Snø

Vanninnholdet i maksimal årlig snømengde på bakken varierer fra nær null til over 2000 mm. Kystnære nedbørfelt har i gjennomsnitt bare noen få dager i året med snødekke, mens breområder nesten alltid har noe snø som ligger over sommeren. Tidsserieanalyser viser i store trekk tendenser til større snømengder i fjellet og mindre i lavlandet, spesielt i Sør-Norge. Høydenivået for skille mellom positive og negativer trender har tendert til å krype oppover i landskapet med tiden.

Isbreer

Breer i innlandet har med få unntak smeltet tilbake på 1900-tallet, mens mange kystnære breer har hatt perioder med tilbaketrekning og perioder med framrykk. Mange breer rykket fram i 1990-årene på grunn av snørike vintre, men har siden rundt år 2000 smeltet tilbake. De fleste breene er nå mindre enn de har vært på flere hundre år.

Permafrost

I Norge finnes områder med permafrost først og fremst i fjellet, men i Nord-Norge også i en del myrområder og på Varangerhalvøya. Områder med permafrost dekker nå ca. 6 prosent av landområdene, mens de i perioden 1961-1990 beregnes å ha dekket ca. 10 prosent.

Skred

Skred forekommer særlig i bratt terreng, med unntak av leirskred i lavlandsområder under marin grense. Været er en av de viktigste utløsnings-faktorene for skred, særlig jordskred, flomskred og snøskred. Det er ikke datagrunnlag for å studere trender i forekomst av skred.

Havnivå

Havnivået utenfor norskekysten beregnes i gjennomsnitt å ha økt med 1,9 mm per år i perioden 1960-2010. Varmeutvidelse av havet og avsmelting av breer og iskapper er hovedårsakene til dette. Fortsatt landhevning i Norge etter siste istid gjør at observert endring i havnivå fra lokaliteter på land i perioden 1960-2010 spenner fra -13 cm (Oslo) til +6 cm (Stavanger). Målinger fra de senere tiår indikerer at havnivåøkningen har akselerert betydelig.

5.3 BEREGNET KLIMAUTVIKLING I NORGE FRAM TIL 2100

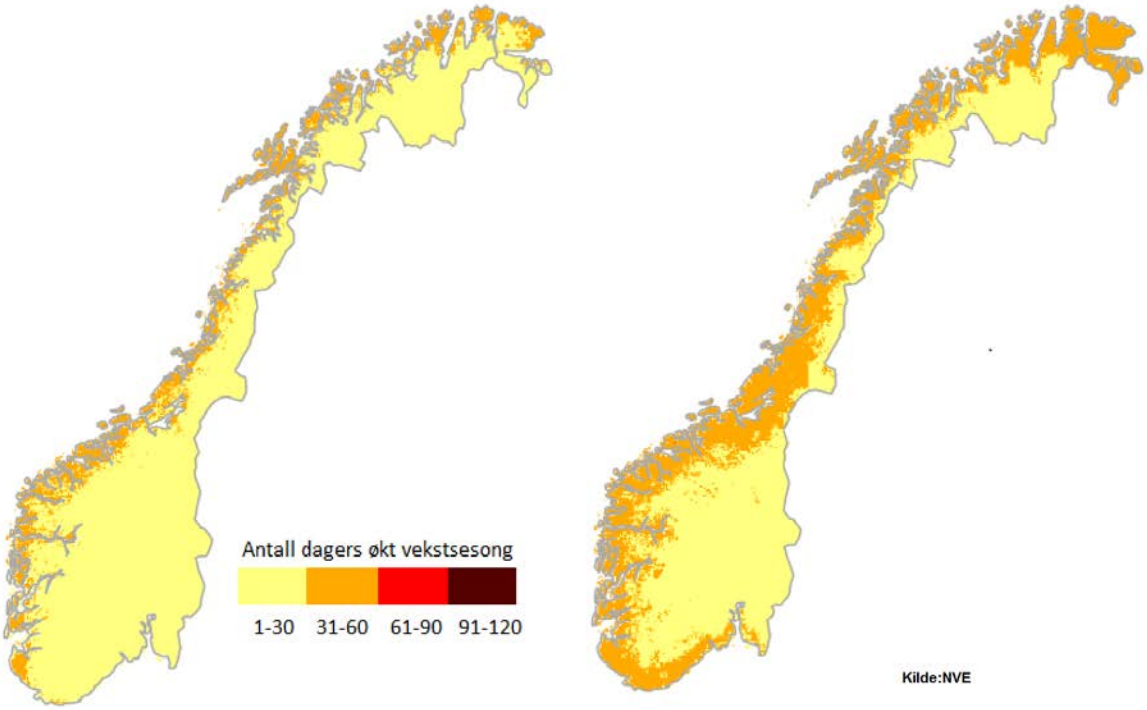
Klimaframskrivningene som er gitt her er basert på resultater fra globale klimamodeller kjørt med utslippsbanene RCP8.5, RCP4.5 og i noen grad for RCP2.6 (se faktaboks i kapittel 3.2). Vi vil her betegne dem som henholdsvis «høy», «middels» og «lav» utslippsbane. De globale modellresultatene er nedskalert og postprosessert som beskrevet i Hanssen-Bauer et al. (2015). Årsaken til at lav utslippsbane kun er brukt i noen få beregninger er at kun få nedskalerte framskrivninger er tilgjengelig basert på denne banen.

For å gi et bilde av usikkerheten knyttet til framtidig klimautvikling er det gjort beregninger for ensembler av nedskalerte klimaprojeksjoner for hver utslippsbane, og på grunnlag av disse er det beregnet både medianverdi, høy, og lav framskrivning. Spennet mellom høy og lav framskrivning omfatter 80 prosent av framskrivningene. Nedenfor er det medianverdiene som oppgis om ikke annet er nevnt.

Lufttemperatur og vekstsesong

Medianframskrivningen gir en økning i årsmiddeltemperaturen for Norge på ca. 2,4 °C fra 1971-2000 til 2031-2060 for høy utslippsbane (spenn: 1,5 til 3,4 °C). For Finnmark gir medianen en oppvarming på mer enn 3 °C, mens oppvarmingen på Vestlandet beregnes å ligge nær 2 °C. Størst oppvarming beregnes om vinteren, minst om sommeren. For middels og lav utslippsbane beregnes betydelig mindre oppvarming, med medianverdier for Norge på henholdsvis 1,8 og 1,5 °C. Det beregnes flere varme døgn (>20 °C), særlig i sørøstlige deler av landet.

Vekstsesongen beregnes å øke betydelig fra perioden 1971-2000 til 2031-2060, særlig langs kysten (Figur 14). I et bredt belte fra kysten og innover i landet beregnes vekstsesongen å øke med 1-2 måneder under høy utslippsbane (høyre panel). Under middels utslippsbane er dette beltet smalere, og det omfatter ikke Østlandet og Sørlandet (venstre panel). Fram mot slutten av århundret (2071-2100) beregnes ca. en måneds lengre økning av vekstsesongen. Arealet med vekstsesong lengre enn 6 måneder beregnes da å ha økt til henholdsvis ca. 105 000 og 165 000 km^2 under middels og høy utslippsbane.



Figur 14. Beregnet økning i vekstsesongen fra 1971-2000 til 2031-2060 ved median temperatur-framskrivning under middels (venstre) og høy (høyre) utslippsbane. *Kilde:* (Hanssen-Bauer, et al. 2015).

Nedbør

Både årsnedbør, antall dager med kraftig nedbør og nedbørmengden på dager med kraftig nedbør beregnes å øke. For høy utslippsbane viser medianframskrivningen en økning i årsnedbør for Norge på 9 % fra 1971-2000 til 2031-2060, en økning på oppunder 50 prosent av dager med kraftig nedbør og en økning i nedbørmengden på dager med kraftig nedbør på 12 prosent. Foreløpige analyser tyder på at økningen i intens nedbør for kortere varigheter enn ett døgn, kan bli enda større. Økningen i årsnedbør er sammenlignbar med langtidstrenden gjennom forrige århundre, til tross for at beregnet temperaturøkning for dette århundret under høy utslippsbane er 3 til 5 ganger større enn den observerte økningen de siste 100 år. Dette kan indikere en svakhet i klimamodellene, og større nedbørøkning enn modellene tilsier kan ikke utelukkes. Framskrivningene for nedbør er dessuten basert på færre klimasimuleringer enn for temperatur, og de er derfor mindre robuste enn for temperatur.

Prosentvis nedbørøkning beregnes å bli størst i Finnmark (12 prosent fram til 2031-2060 under høy utslippsbane) og minst på Sørlandet (6 prosent). Det er særlig vinter- og vårnedbør som beregnes å øke på Østlandet og Sørlandet. På Vestlandet beregnes en økning som er mer likelig fordelt mellom årstidene, mens sommer- og høstnedbør beregnes å øke mest fra Møre og Romsdal og nordover. På Finnmarksvidda beregnes betydelig prosentvis økning alle årstider. Antall dager med mye nedbør – og nedbørmengdene på slike dager – beregnes å øke over hele landet.

Vind

Det beregnes kun meget små endringer både i middelvind og i store vindhastigheter, men det er en svak tendens til sterkere vind om vinteren og svakere om sommeren.

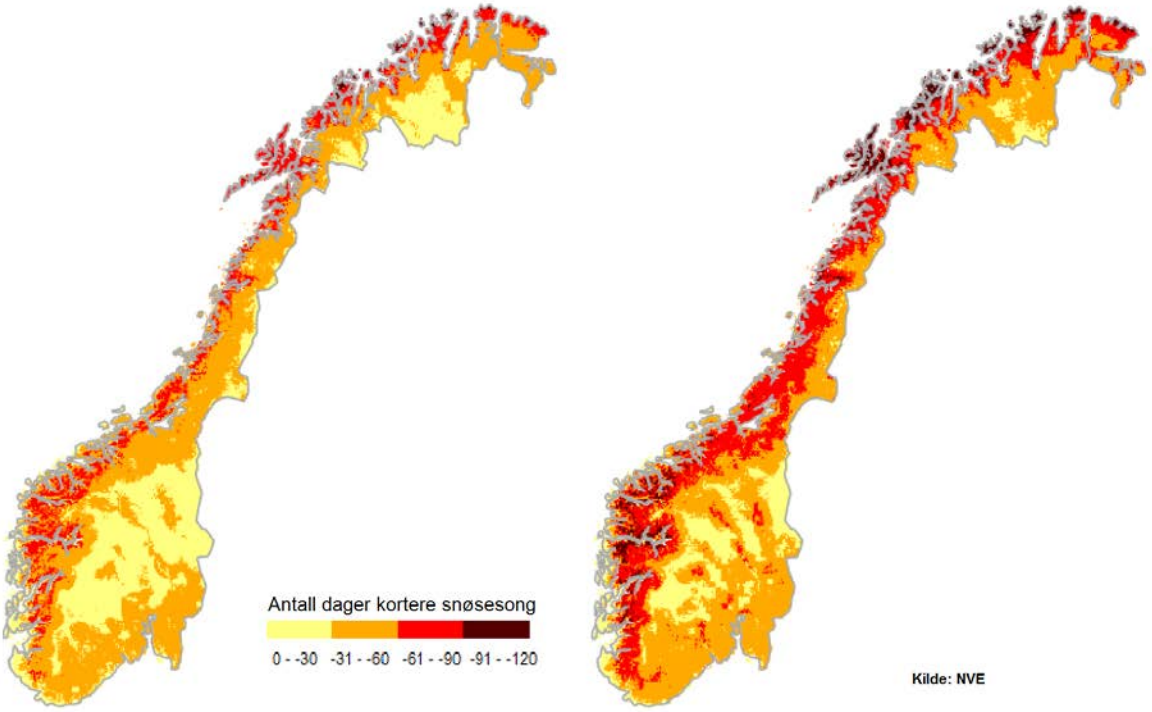
Det er ikke gjort kvantitative beregninger når det gjelder vindretning, men analyser av resultatene fra globale klimamodeller tyder på at polarfronten vil forflytte seg nordover. Dette kan føre til lokale endringer i vindforhold, men modellene er ikke gode nok til at vi kan si hvordan dette vil slå ut lokalt.

Avrenning

Avrenning og nedbørendringer henger sammen, men også økt temperatur påvirker avrenningen. Medianen av alle framskrivningene gir relativt liten endring i total årsavrenning for Norge de neste 50 år, og kun en liten økning mot slutten av århundret. Sesongendringene er imidlertid betydelig større. Det beregnes betydelig økt avrenning om vinteren og redusert avrenning om sommeren.

Snø

Det beregnes kortere snøsesong i hele landet. Reduksjonen i antall dager med snø beregnes å bli størst i kystnære strøk i Nord-Norge og midlere strøk på Vestlandet, der medianverdien for den høye utslippsbanen gir mer enn to måneders reduksjon i snøsesongen fra 1971-2000 til 2031-2060 (Figur 15, høyre panel). Dette skjer som følge av at økte temperaturer gir en senere start på snøleggingen, og tidligere start på snøsmeltingen. Det beregnes også en reduksjon i maksimal snømengde i løpet av året de aller fleste steder. Reduksjonen er størst i høyereliggende områder på Vestlandet og i Nordland, samt på kysten av Troms og Finnmark. I enkelte deler av høyfjellet beregnes imidlertid en økning i maksimal snømengde fordi mye av den forventede nedbør-økningen her vil komme som snø.



Figur 15. Beregnet reduksjon i snøsesongen fra 1971-2000 til 2031-2060 ved median framskrivning under middels (venstre) og høy (høyre) utslippsbane. (Hanssen-Bauer, et al. 2015).

Bre og is

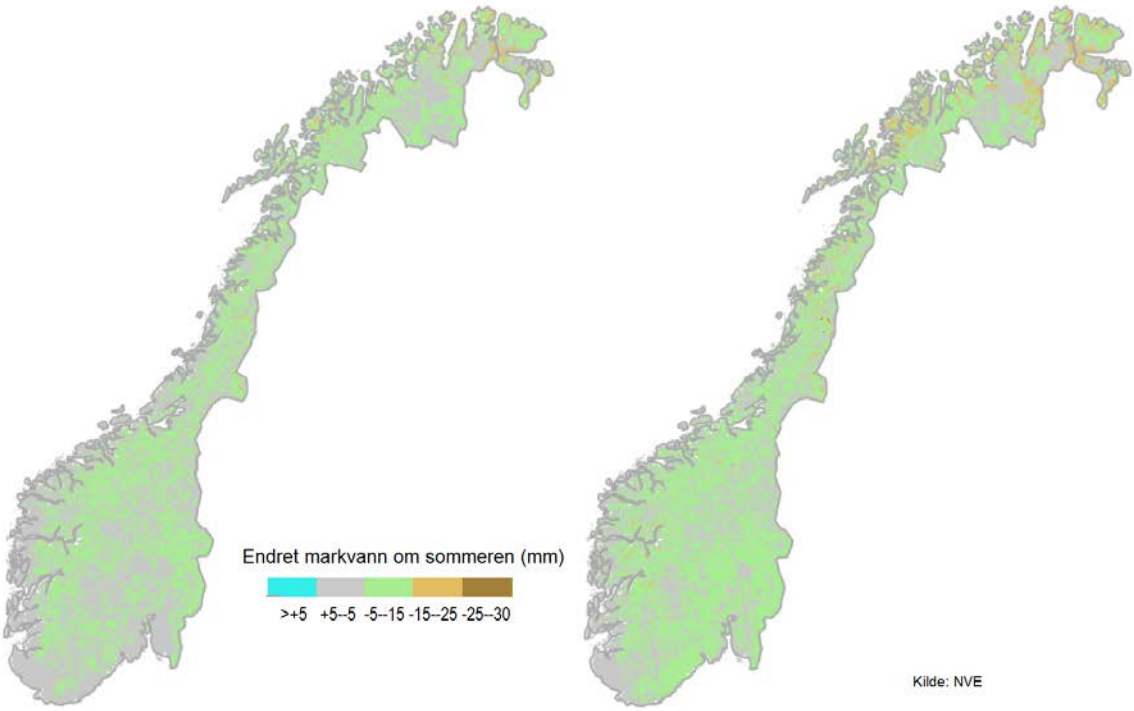
Analyser indikerer at de store isbreene fram mot 2100 kan bli redusert til en tredjedel av dagens volum og areal selv med middels utslippsbane, mens kun noen av de høyest beliggende små breene fortsatt vil

finnes. Etter en periode med nedsmelting og høyere vannføring vil dagens breelver ha liten eller ingen sesongpåvirkning fra bresmelting. Hovedtyngden av disse endringene vil skje etter 2050.

Perioden med islagte innsjøer er ventet å bli betydelig kortere enn i dag, og istykkelsen vil reduseres. Isganger vil på grunn av økt temperatur bli mer vanlig høyere til fjells og lengre inn i landet enn i dagens klima. I resten av landet vil de bli mindre vanlige.

Flom og tørke

Generelt beregnes størrelsen på regnflommer å øke, mens smeltevannsflommer vil avta på sikt. Høy utslippsbane gir både en større reduksjon i snøsmelteflommer og en større økning i regnflommer enn middels utslippsbane gir. Høyere temperatur fører til at flomtidspunktet forskyver seg mot tidligere vårflom, samtidig som faren for flommer sent på høsten og om vinteren øker. I de store vassdragene dominert av snøsmelteflom i innlandet, er det forventet en reduksjon i vårflommene på opptil 50 prosent mot slutten av århundret under høy utslippsbane. I vassdrag som i dag domineres av regnflom, beregnes flomstørrelsene å øke med opptil ca. 60 prosent under denne utslippsbanen. Flere og kraftigere lokale, intense regnepisoder i framtiden forventes å skape særlige utfordringer i små, bratte elver og bekker og i urbane strøk.



Figur 16. Beregnet endring i markvannsunderskudd om sommeren fra 1971-2000 til 2031-2060 ved median framskrivning under middels (venstre) og høy (høyre) utslippsbane. (Hanssen-Bauer, et al. 2015).

Det beregnes en økning i maksimalt markvannsunderskudd om sommeren, spesielt mot slutten av århundret, men også i noen grad fram mot 2031-2060 (Figur 16). Også varigheten av perioder med lav grunnvannstand og lav vannføring i elver kan øke flere steder i landet. Økningen blir vesentlig større ved høy enn ved middels utslippsbane. Økt markvannsunderskudd, lav grunn-vannstand og lengre perioder

med lav vannføring om sommeren kan få følger for blant annet jord- og skogbruk, vanningsbehov og skogbrannfare. I de sørligste landsdelene skyldes det økte markvannsunderskuddet at fordampningen om sommeren beregnes å øke, samtidig som de beregnede nedbørendringene er små. Men også i landsdeler der sommernedbøren beregnes å øke, kan maksimalt markvannsunderskudd øke, fordi fordampningen beregnes å øke mer enn nedbøren sommerstid.

Skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en viktig utløsningsfaktor. I bratt terreng vil klimautviklingen særlig kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til kraftig nedbør. Det gjelder først og fremst jordskred, flomskred og sørpeskred, og i noen grad steinsprang. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet eller erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer, kan utløse flere kvikk-leireskred. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimaendringen vil føre til økt hyppighet av store fjellskred. Økt temperatur vil føre til flere snøfrie områder mot slutten av århundret. Faren for tørrsnøskred reduseres mens faren for våtsnøskred øker.

Permafrost

Permafrostgrensen beregnes å stige med 200-300 høydemeter på 100 år. Mot slutten av århundret vil vi i så fall kun ha permafrost på de høyeste fjelltoppene både i Sør- og Nord-Norge. Store deler av permafrostområdene på Finnmarksvidda vil være svært utsatt for å tine allerede mot midten av århundret.

Havnivå

Framskrivningene for havnivå indikerer at det meste av Norge vil oppleve havstigning før slutten av dette århundret. For lav utslippsbane gir middelframskrivningen mellom -10 og +30 cm endring avhengig av sted, for middels utslippsbane mellom 0 og 35 cm og for høy utslippsbane mellom 15 og 55 cm.

5.4 BRUK AV FRAMSKRIVNINGENE PÅ KORT OG LANG SIKT

For de neste 10-20 år vil naturlige variasjoner i stor grad dominere over «klimasignalet» som skyldes økt drivhuseffekt. For planlegning på denne tidshorisonten anbefales det derfor at man bruker mest mulig oppdaterte klimadata i stedet for å bruke framskrivninger. Dersom man skal planlegge på lengre sikt, anbefales imidlertid at man ser på tendensene i framskrivningene.

Usikkerhet

I tillegg til klimaendringer forårsaket av endringer i ytre klimapådriv, foregår også energiutveksling internt i klimasystemet som skaper variasjon i værmønstrene på kloden. Slike variasjoner; - som finnes naturlig i klimasystemet, kan gi svært forskjellige utslag i ulike regioner. Det er en utfordring å skille dem fra endringene som skyldes ytre pådriv, og det er ofte uvisst i hvilken grad slike variasjoner påvirkes av global oppvarming. Både interne klimavariasjoner (for eksempel «El Niño – Southern Oscillation») og naturlige klimapådriv (for eksempel fra variasjoner i solens utstråling og store vulkanutbrudd) har påvirket klimautviklingen hittil og vil påvirke klimaet framover på ukjent vis. Dettefører til at alle klimaframskrivninger er usikre, særlig regionalt og lokalt, selv under en gitt utslippsbane. Det er også

usikkerhet knyttet til at vi ikke kjenner følsomheten til klimasystemet fullstendig. Det innebærer at vi ikke vet nøyaktig hvor stor global oppvarming et gitt klimapådriv gir.

Norge ligger så langt mot nord at landet har et netto strålingstap til verdensrommet. Storstilt sirkulasjon i luft og hav tilfører imidlertid energi. Variasjoner i disse sirkulasjonsmønstrene fører til variasjon i lokale værforhold på tidsskalaer opp til flere tiår. Dersom disse sirkulasjonsmønstrene skulle endre seg, for eksempel utstrekningen eller banene for vandrede lavtrykk, eller volum eller varmeinnhold i den norske Atlanterhavstrømmen, vil det bety mye for klimaet i Norge.

6 LANDBRUKSNÆRINGENE I NORGE

Dette kapitlet gir en beskrivelse av hovedtrekk ved norsk landbruk som bakgrunn for arbeidsgruppas senere vurderinger av klimapolitikken for landbrukssektoren i Norge. Det er de naturgitte, strukturelle, teknologiske, økonomiske og politiske forhold som danner rammene for landbrukssektoren i Norge. Landbruk vil til alle tider forsøke å gjøre det beste ut av de klima- og naturforhold som råder. Samtidig må landbrukets klimapåvirkning sees i sammenheng med rammevilkåra for landbruk i Norge.

Landbruk omfatter flere næringer og produksjoner, som plantedyrking, husdyrhold, reindrift og skogbruk (reindrift omfattes ikke av mandatet for denne utredningen). Hovedoppgaven er å produsere mat, energi, materialer, industriråstoffer og andre økosystemtjenester. Landbruksektoren forvalter mer enn 90 prosent av Norges landareal. Landbruket og dets ringvirkninger er viktige for bosetting og sysselsetting over hele landet. Landbruket har stor historisk og kulturell betydning. Verdikjedene i landbruket er blant de mest komplette i norsk næringsliv og omfatter både primærproduksjon, næringsmiddelindustri, handel og støttefunksjoner som rådgivning, forskning og utdanning.

I 2014 var totalt i underkant av 100 000 personer, eller om lag 3,6 prosent av arbeidsstyrken, sysselsatt i jordbruk, reindrift, skogbruk, skogindustri og matindustri utenom fiskeforedling. Det er vel 40 000 jordbruksforetak og om lag 180 000 landbrukseiendommer i Norge. Antall eiendommer med minst 25 dekar produktiv skog var i 2013 128 600 med et produktivt skogareal på 70,3 millioner dekar. 34 700 skogeiendommer ble drevet i kombinasjon med jordbruksdrift (Kilde SSB). Strukturen både i jord- og skogbruket er småskalapreget.

6.1 JORDBRUK OG MAT

6.1.1 Naturgitte forhold for jordbruk

Den norske matproduksjonen har særskilte utfordringer med vekstsesong, spredte landbruksarealer, kaldt klima og kostnadsnivå. Jordbruksarealet er lite både som andel av landarealet og i forhold til innbyggertallet, men det er store beiteressurser i utmark. Naturforhold, struktur og lønnsnivå ellers i samfunnet medvirker til høyt kostnadsnivå i norsk jordbruk.

Knapt tre prosent av landarealer er jordbruksareal, og en tredel av dette er godt egnet til korndyrking. Husdyrhold og reindrift utnytter øvrige landarealer gjennom beiting i utmark. Beiting i utmarka er viktig som fôrgrunnlag for husdyrhold og matproduksjon.

Jordbruket utvikles ut fra naturressurser og miljøforhold, påvirker miljøet og ressursene, og påvirkes av endringer i miljøforholdene. Et slikt samspill er særegent for jordbruket. Jordbruket både utnytter og utvikler økosystemtjenester og miljøgoder som naturmangfold, kulturlandskap, matjord og vann. Jordbruket er også kilde til forurensning og negative påvirkninger av økosystemer, klima, luft, jord og vann.

Statistikk for arealutviklingen i jordbruket kan oppgis i bruttotall som endres ved nydyrking eller omdisponering til andre formål, eller i nettotall over arealer i drift.

Tabell 1 viser nedgang i fulldyrka areal i drift. I perioden fra 2008–2013 ble over 94 000 daa areal godkjent til nydyrking, men ikke alt dette er oppdyrket. Omdisponeringen av dyrka mark til andre formål er nå på det laveste nivået de siste 30 årene. I 2004 ble det satt et nasjonalt mål om at den årlige omdisponeringen skulle halveres, og målet ble nådd i 2013 og for 2014 viser foreløpige tall at omdisponeringen var 5050 dekar. Stortinget vedtok i 2015 mål om å begrense omdisponeringen til 4000 dekar årlig innen 2020.

6.1.2 Struktur og økonomi i jordbruket

Det har vært store endringer i jordbruket de siste tiårene. Ny og forbedret teknologi og nye produksjonsmetoder har økt ytelser og produktivitet. I løpet av de siste 50 år er arbeidsforbruket i jordbruket redusert med nesten 80 prosent, mens produksjonen har økt med nesten 70 prosent. Produksjonen per foretak var 8 ganger høyere i 2013 enn i 1961. Slike forhold har ført til kontinuerlig utvikling mot færre og større driftsenheter. Figur 19 viser strukturutviklingen de siste tiårene, herunder en betydelig spesialisering med færre enheter innen hver produksjon og økt andel leiejord. Det har vært en kraftig nedgang i antall melkekyr, fra nær 400 000 i 1979 til 228 000 i 2015. Strukturendringer har ført til at små og mindre tilgjengelige arealer har gått ut av produksjon. Utviklingen har også ført til redusert utmarksbeiting, særlig for storfe. I pressområder møter jordbruk et press om å bruke arealer og arbeidskraft til andre formål.

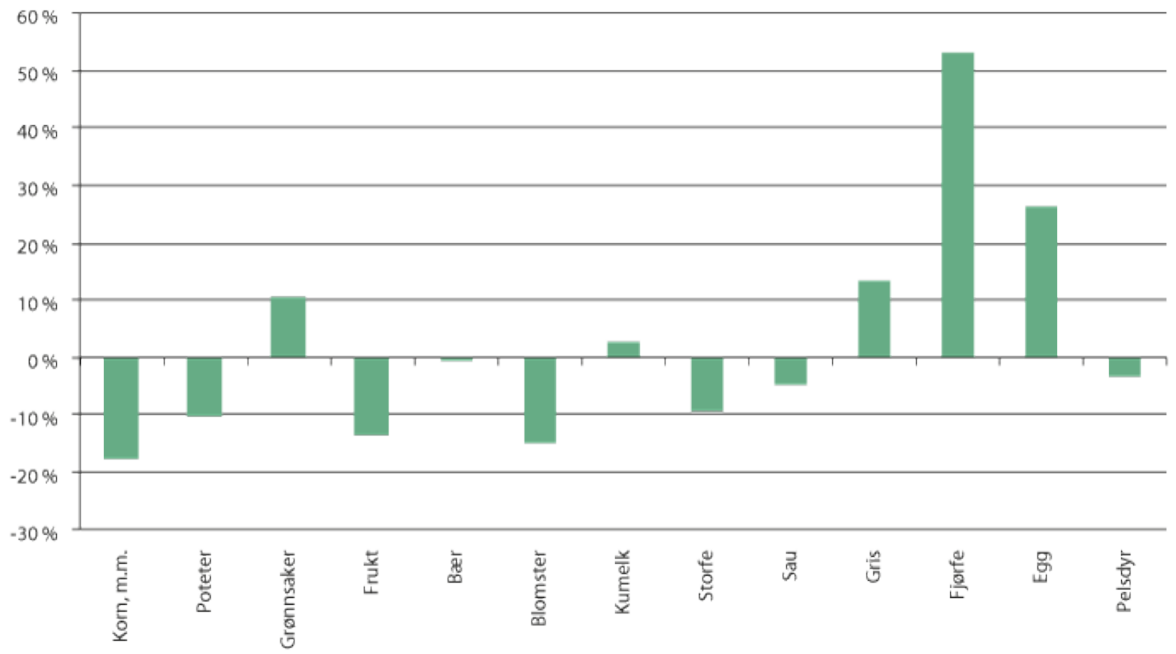
Tabell 1. Utvikling i antall registrerte jordbruksforetak, og foretak med ulike produksjoner.
Kilde: Resultatkontroll for gjennomføring av jordbrukspolitikken 2014

	1979	1989	1999	2009	2014*
Total jordbruksareal, 1000 dekar	**9679**	**10022**	**10452**	**10202**	**9959**
Fulldyrka areal, 1000 dekar	**8306**	**8814**	**8872**	**8394**	**8103**
Antall jordbruksforetak	**125 302**	**99 382**	**70 740**	**47 688**	**43 022**
Daa/bruk gj.snitt	**76**	**100**	**147**	**213**	**229**
Andel leiejord, prosent	**20**	**23**	**31**	**41**	**43****
Foretak med korn	**39 532**	**33 103**	**21 909**	**14 019**	**11 482**
Foretak med potet	**87 396**	**38 158**	**10 260**	**3 125**	**2 062**
Foretak med grønnsaker	**26 433**	**6 516**	**2 123**	**1 194**	**859**
Foretak med melkeku	**38 906**	**29 143**	**22 659**	**11 710**	**9 097**
Melkeku per jordbruksforetak	**9,6**	**11,7**	**13,8**	**20,5**	**24,6**
Foretak med ammeku			**5464**	**5148**	**4921**
Ammekyr per foretak			**6,7**	**12,9**	**15,4**
Foretak med sau***	**44 514**	**28 887**	**22 709**	**14 935**	**14 313**
Sau per jordbruksforetak	**19,4**	**31,1**	**42,1**	**54,9**	**61,8**
Foretak med purker	**8 914**	**5 229**	**3 676**	**1 584**	**1176**
Purke per jordbruksforetak	**9,2**	**18,1**	**26,5**	**65,1**	**78,3**
Foretak med verpehøner	**14 655**	**5 930**	**4 064**	**1 855**	**2010**
Verpehøne per jordbruksforetak	**261**	**580**	**783**	**2101**	**2110**

6.1.3 Forsynings- og markedssituasjon for mat

Mens norsk husdyrproduksjon dekker store deler av innenlands etterspørsel etter meieriprodukter, kjøtt og egg, er det stor import av planteprodukter. I perioden 2005 – 2015 økte verdien av den årlige importen av jordbruksvarer fra 22,3 til 56,8 milliarder kr. basert på definisjon av jordbruksvarer ut fra kapittel 01-24 i tolltariffen der fisk og trevarer er trukket ut. Selvforsyningsgraden kan måles på ulike måter. Andelen av matvareforbruket på engrosnivå, regnet på energibasis, som kommer fra norsk jordbruk utgjorde 46 pst. i 2014, ned fra 52 prosent i 2005. Andelen mat som er produsert på norske jordbruksarealer er tilsvarende redusert og lå i 2014 på 38 prosent. Selvforsyningsgraden for protein var i 2014 på 68 prosent (pers medd, Mads Svennerud, NIBIO).

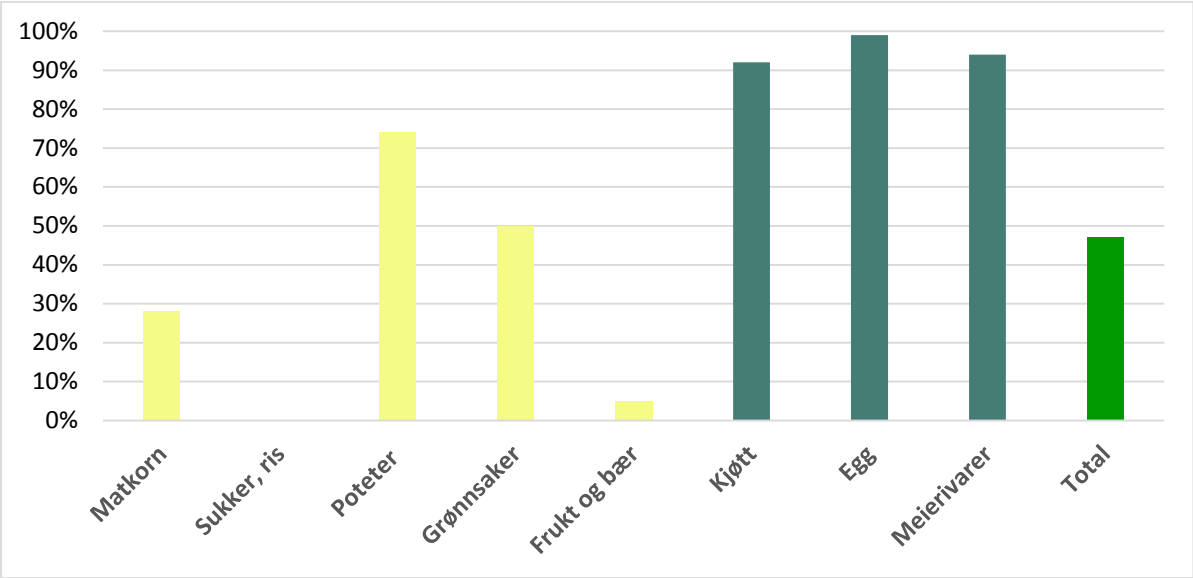
Produksjonsvolum i jordbruket har økt med om lag 2,5 prosent siste tiår (Prop. 1 S 2015 – 2016). Husdyrproduksjonen økte med om lag 6,5 prosent, mens planteproduksjonen falt med 7 prosent. Produksjon i kraftfôrbasert husdyrhold økte, især fjørfekjøtt som ble om lag doblet i perioden. Produksjon i grovfôrbasert husdyrhold har i hovedsak avtatt eller vært stabilt. Produksjonen av storfekjøtt og geitemelk har avtatt med 10 prosent siste tiår. Produksjonen av saue- og lammekjøtt har også gått ned, men har tatt seg opp de siste par årene. Produksjonen av kumelk har økt. Utvikling i de viktigste produksjoner i perioden 2006-2015 er vist i Figur 17.



Figur 17. Utviklingen i prosentvis endring i de viktigste jordbruksproduksjonene i Norge 2006-2015. (Kilde: Budsjettnemnda for jordbruket)

For tiden er vi stort sett selvforsynt med melk, svin og fjørfeprodukt. For storfekjøtt har importen de siste årene vært på omlag 10 000 tonn storfekjøtt. Antall mjølkekyr er redusert som følge av økende avdrått og redusert melkekonsum per pers. Reduksjonen oppveies ikke av økning i antall ammekyr, slik at sum mordyr

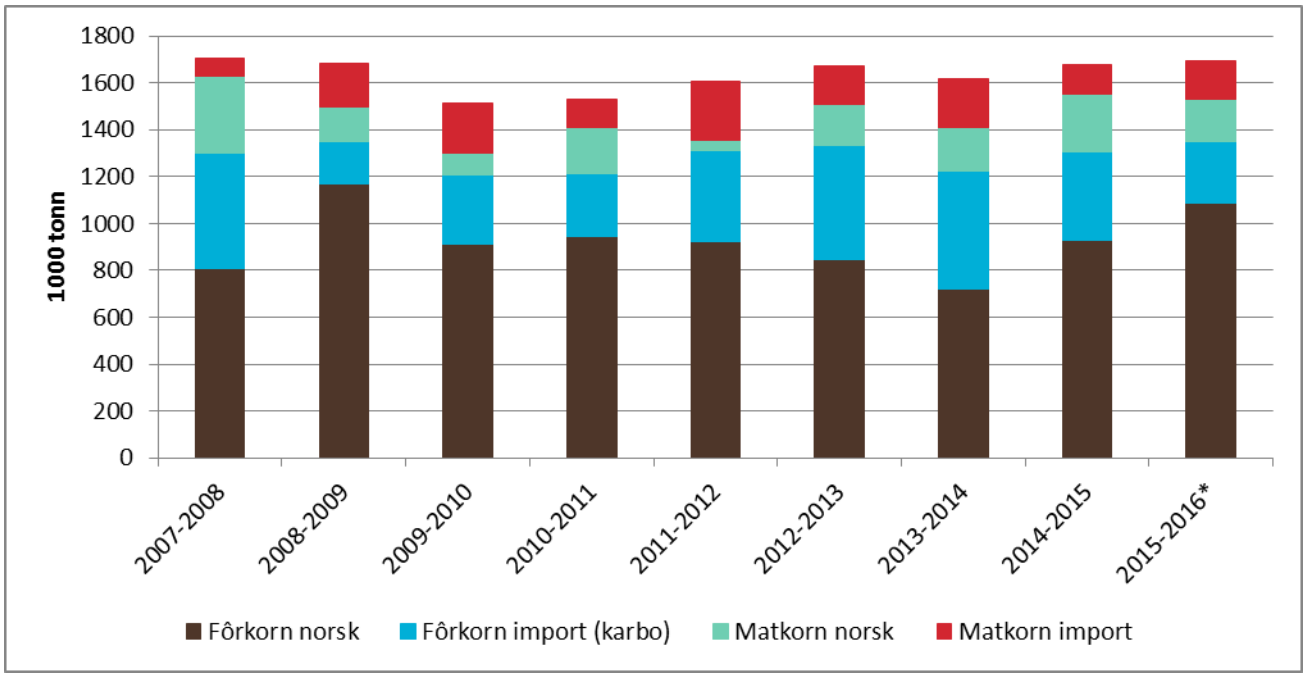
minker og dermed også grunnlaget for produksjon av storfekjøtt. Etter flere år med underdekning er det nå om lag markedsbalanse for lam. Av vegetabilske matvarer er det primært for potet vi har relativ høy og stabilt selvforsyningsgrad av. Selvforsyningsgraden for frilandsgrønnsaker og frukt er liten, noe som fremfor alt skyldes krevende dyrkingsforhold og at produktene ikke egner seg for langtids lagring. Selvforsyningen er høyest for lagringssterke produkter slik som rotgrønnsaker. Selvforsyning av veksthusgrønnsaker er fremfor alt et spørsmål om rammevilkår og konkurranseevne. En oversikt over selvforsyningsgrad av sentrale varekategorier er gitt i Figur 18.



Figur 18. Hjemmarkedsandeler for norsk jordbruk, regnet på energibasis 2014 (selvforsyningsgrad)

Produksjonen av norsk korn har gått ned nær 20 prosent siste 15 år, til vel en million tonn. Dette skyldes både en betydelig nedgang i kornareal de siste 20 årene (Vagstad 2013) og at økning i avlingsnivå stagnerte rundt 1995 og deretter har avtatt med nær 10 prosent siste tiår. I 2015 var imidlertid kornavlingene rekordhøye. Størsteparten av norske kornavlinger brukes i kraftfôr. Andelen av avlingene som holder matkornkvalitet varierer ut fra vekstsesongen og kvalitetskravene, derfor svinger også selvforsyningsgraden for matkornprodukter.

Mens norsk kornproduksjon har avtatt, har samlet kornforbruk og dermed importen økt, særlig gjelder dette kraftfôr til husdyr og fiskeoppdrett. Figur 19 viser hvordan markedet for matmel og kraftfôr i Norge fordeler seg mellom norsk og importert vare. Her inngår ikke fôrforbruk i oppdrettsnæringen, kun det som går til husdyr i jordbruket. Heller ikke inngår fett- og proteinråvarer som brukes i kraftfôr og som stort sett importeres.



Figur 19. Utviklingen i markedet for matmel og kraftfor fordelt på norskprodusert og importert vare. (Landbruksdirektoratet 2016)

6.2 JORDBRUKSPOLITIKKEN

Virkemidlene i landbruket skal bidra til å oppfylle de landbrukspolitiske målene. Målstruktur for norsk landbruk framgår av figuren nedenfor (Kilde Prop1 S 2015-2016). Utover dette skal landbruket også bidra til å nå mål på øvrige samfunnsområder, herunder i regional-, miljø- og klimapolitikken.

Matsikkerheit	Landbruk over heile landet	Auka verdiskaping	Berekraftig landbruk
Produsere og sikre tilgang til maten forbrukarane etterspør	Balansert geografisk utvikling i landbruket	Konkurransedyktig råvareproduksjon og næringsmiddelindustri	Ivareta landbrukets kulturlandskap
Sikre forbrukarane trygg mat	Robust og effektivt landbruk	Lønsam utnytting av gardens samla ressursar	Berekraftig bruk av og vern om landbrukets areal og ressursgrunnlag
God dyre- og plantehelse samt god dyrevelferd	Ei økologisk og økonomisk berekraftig reindrift	Berekraftig skogbruk og konkurransedyktige skog- og trebaserte verdikjeder	Redusert utslepp av klimagassar, auka lagring av karbon og gode klimatilpassingar

Ei effektiv landbruks- og matforvaltning

Forsking, innovasjon og kompetanse skal bidra til at hovudmåla i landbruks- og matpolitikken blir nådde

Ivareta norske interesser og sikre framgang i internasjonale prosessar

Figur 20. Målstrukturen for landbrukspolitikken. *Kilde Prop. 1 S 2015-2016*

Både lovgivning og økonomiske virkemidler påvirker lønnsomheten og utviklingen i landbruket. For å legge til rette for produksjon av mat i Norge er det et tollvern på mange jordbruksprodukt. Tollsatsene blir

bestemt i internasjonale handelsavtaler, herunder WTO-avtalen. Tollvernet for landbruksvarer skal administreres med sikte på å sikre avsetningsgrunnlaget for norsk produksjon blant annet i henhold til jordbruksavtalens prisbestemmelser og å hindre uønskede markedsforstyrrelser. Landbruksdirektoratet kan sette ned tollen for en rekke landbruksvarer. Formålet er å legge til rette for import av landbruksprodukter som supplement til norsk produksjon ut fra hensynet til forbrukere og næringsmiddelindustri.

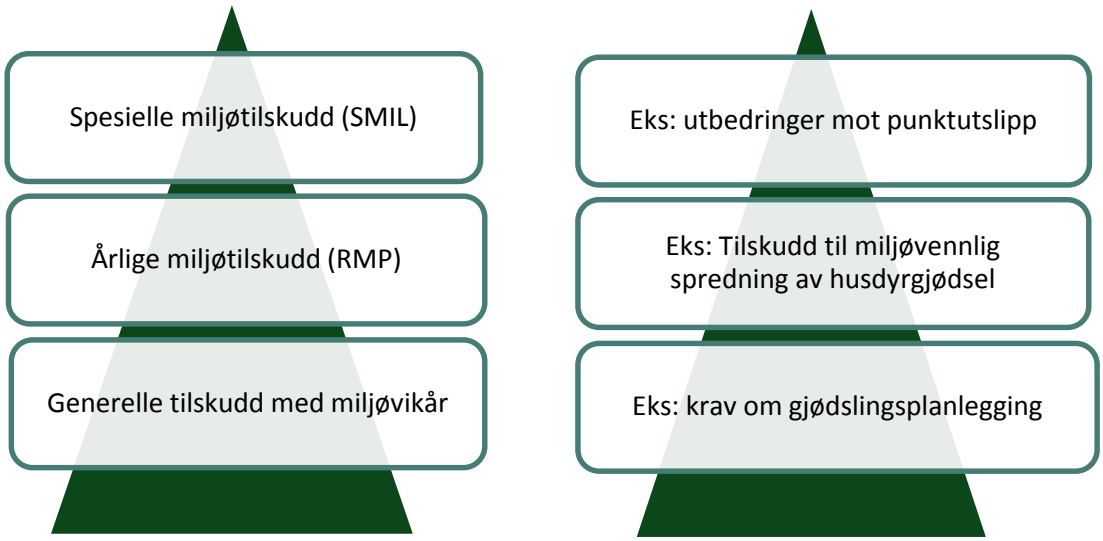
Jordbruksavtalen har bestemmelser om målpriser på noen råvarer, nivå og innretning på budsjettstøtten og enkelte andre tiltak. De siste årene er det gjennomført deregulering på noen sektorer, slik at det nå bare er målpriser på korn, poteter, melk, svin og noen produkter i grøntsektoren. Det betyr bl.a. at det ikke er målpriser for storfe- og lammekjøtt. Budsjettstøtten er på vel 14 milliarder kroner. Direkte tilskudd, pristilskudd, miljøtiltak, velferdsordninger, og ulike utviklingstiltak er de viktigste virkemiddeltypene. Direkte tilskudd utgjør nesten 60 prosent av avtalen, og er typisk knyttet til areal eller antall dyr i jordbruksforetaket. Over tid er andelen støtte knyttet til produsert mengde redusert betydelig (de siste 25 årene fra vel 45 prosent til rundt 13 prosent).

Tilskuddene styrker inntektsgrunnlaget og kompenserer for kostnader som oppstår i produksjonen. For å bidra til å nå mål om matsikkerhet og landbruk over hele landet, er tilskuddene differensiert slik at de best egnete arealene i hovedsak brukes til korn- og grønnsaksproduksjon, mens husdyrproduksjon med gras og beite foregår i øvrige deler av landet. Gjeldende produksjonsfordeling innebærer noen utfordringer. Åkerbruk med korn og grønnsaker innebærer ensidig drift med årlig jordarbeiding som kan tære på jordas karboninnhold og næringsreserver. Det er videre knapphet på denne typen areal, og de ligger dels i pressområder utsatt for nedbygging. På motsatt hold finnes problem med gjengroing i andre områder, særlig langs kysten, og enkelte steder har utfordringer med mye husdyrhold og overskudd av husdyrgjødsel.

For å videreføre jordbruksdrift med tilhørende miljøverdier, og samtidig løse miljømessige utfordringer driften medfører, finnes både juridiske og økonomiske virkemidler spesielt rettet mot dette. Gjeldende støtteordninger for miljøhensyn er samlet innenfor Nasjonalt miljøprogram i jordbruket. Disse utgjør om lag 4,8 milliarder kroner, hvorav arealtilskudd 3,2 milliarder, beitetilskudd 800 millioner og regionale miljøprogram om lag 430 millioner kroner. Noen spesifikke virkemidler har også redusert klimaavtrykk som eneste mål eller deleffekt. Miljøprogram med tilhørende virkemidler ble gjennomgått i rapporten «Helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidler i jordbrukspolitikken» (Arbeidsgruppe til jordbruksoppgjøret 2015).

Miljøprogram omfatter både krav og tilskudd. Rapporten viser til at generelle støtteordninger som AK-tilskudd og nasjonale beitetilskudd medvirker til å opprettholde jordbruksdrift landet rundt, samtidig må mottakerne oppfylle visse miljøkrav for å avverge forurensning og ivareta kulturlandskap. Disse ordningene har ikke et ensidig miljøformål, men skal medvirke til gjensidig beste for næring og miljø. Mer spesielle ordninger settes inn der det er nødvendig for å nå miljømålene. Tilskudd som gjelder årviss innsats med særlig miljøtilpasset drift og skjøtsel er samlet i regionale miljøprogram (RMP). I tillegg finnes engangstilskudd til varige tiltak med investeringer og istandsetting for å utbedre forhold av miljømessig betydning. Av slike ordninger kan nevnes SMIL (Spesielle miljøtiltak i landbruket), som omfatter en særskilt

budsjettramme for tilskudd til drenering. Oppbyggingen av miljøprogram, med generelle og mer spesielle ordninger er illustrert i figuren nedenfor.



6.2.1 Virkemidler med klimavirkning

Både generelle juridiske og økonomiske virkemidler og mer spesifikke tilskuddsordninger kan være av betydning i klimasammenheng. Av kapittel 7 fremgår at utslipp bokført jordbrukssektoren er redusert med 13 prosent siden 1990. Det har sammenheng med færre storfe og derav lavere metanutslipp, samt redusert salg av mineralgjødsel og derav lavere lystgassutslipp.

Bakgrunnen for nedgangen i storfetallene er primært en intensivering og produktivitetsutvikling. Samtidig har forbruket av storfeprodukter økt noe. Denne etterspørselsøkningen har i stor grad blitt dekket av import. Intensiveringen har kommet som en konsekvens av både økonomiske, tekniske og biologiske forhold. Høyere avdrått og tilvekst kommer av mer intensiv fôring med mer kraftfôr. Nye gjødslingsnormer og bedre bruk av husdyrgjødsel er, sammen med økte priser på mineralgjødsel, viktige årsaker til redusert bruk av mineralgjødsel.

Utslipp av metan og nitrogenforbindelser som oppstår i husdyrgjødsel kan unngås gjennom tekniske løsninger. Forskrift om organisk gjødsel stiller krav om tilstrekkelig lagerkapasitet slik at man kan ivareta gjødsla til det er gunstig å spre. Fra 2015 er det innført en særskilt tilskuddsordning over jordbruksavtalen for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg. Det er også etablert en pilotordning for investeringsstøtte til biogassanlegg for husdyrgjødsel. Både pilotordningen og leveringsstøtten er forankret i regjeringens biogasstrategi og samspiller med generelle energipolitiske virkemidler som medvirker til økt produksjon og bruk av bioenergi og biodrivstoff, inkludert biogass. Drivstoff i jordbruket og bruk av mineralolje til oppvarming og korntørker er underlagt CO_2-avgift. Bioenergiprogrammet i Innovasjon Norge gir støtte til investering i biobasert energiproduksjon i landbruket. Bioenergi vil bidra til reduserte utslipp av klimagasser når det erstatter fossile energikilder. Dette er virkemidler som begrenser fossil energibruk og samtidig fremmer produksjon av fornybar energi med kilde i jordbruk.

Rapporten «Helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidler i jordbrukspolitikken» som var avgrenset til ordninger over jordbruksoppgjøret, fremhevet følgende virkemidler som særlig relevant i klimasammenheng:

- Beitetilskudd
- Areal- og kulturlandskapstilskudd (AK-tilskudd)
- Krav om gjødslingsplan for å få tildelt produksjonstilskudd
- Tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel, med bedre spredemetoder og riktigere spredetidspunkt.
- Tilskudd til endret jordarbeiding
- Tilskudd til drenering

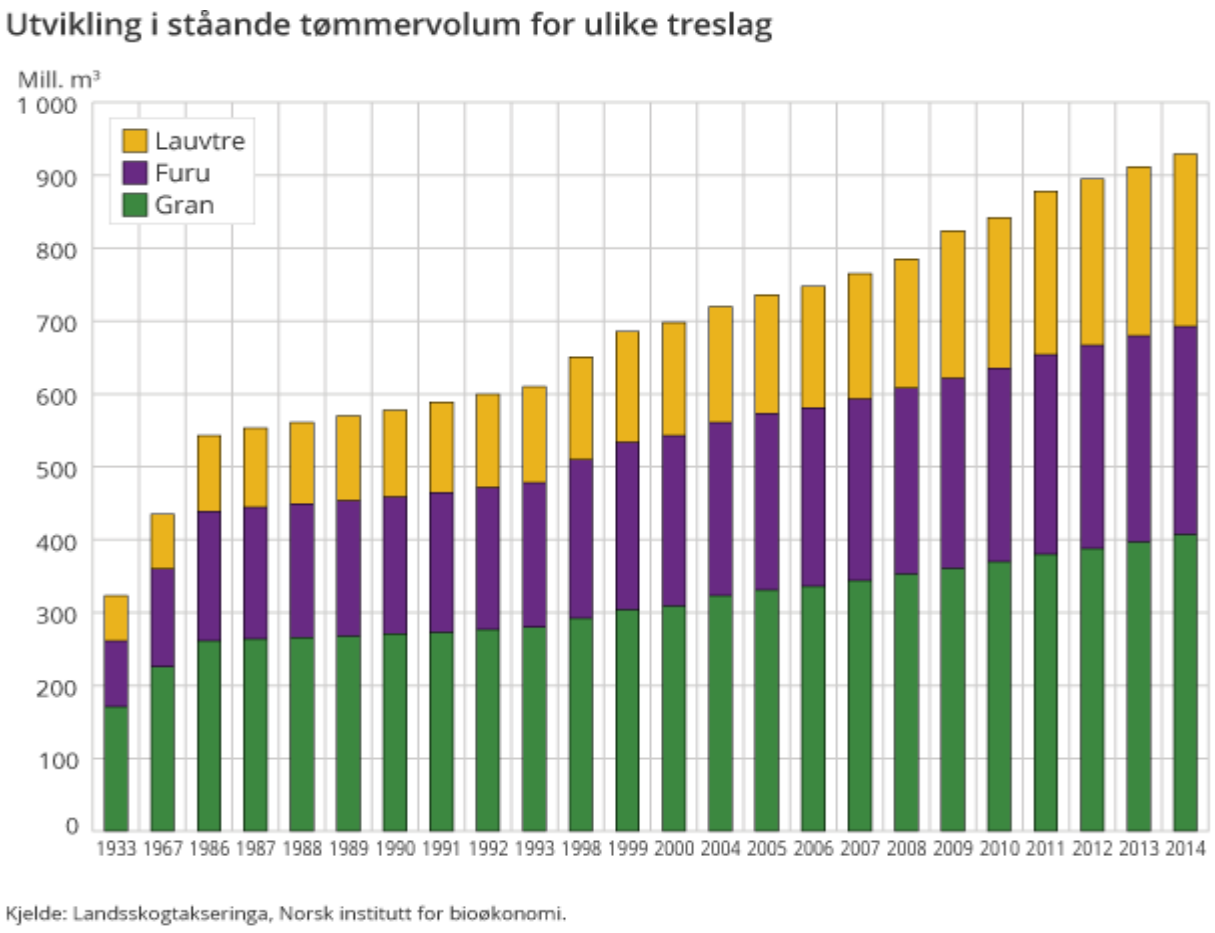
For å redusere lystgassutslipp er støtte til drenering og miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel aktuelle virkemidler. Det mest sentrale er å sørge for at nitrogen som tilføres jord, planter og husdyr kommer til nytte og ikke går til spille. Det er med andre ord ikke noe som enkelt kan løses gjennom enkeltvirkemidler. I jordbruket er det ofte mer å hente gjennom helhetlige løsninger som bidrar til god agronomi, god produktivitet, god ressursbalanse og utnyttelse av ressurser.

6.3 SKOG OG SKOGBRUK

6.3.1 Skogressursene

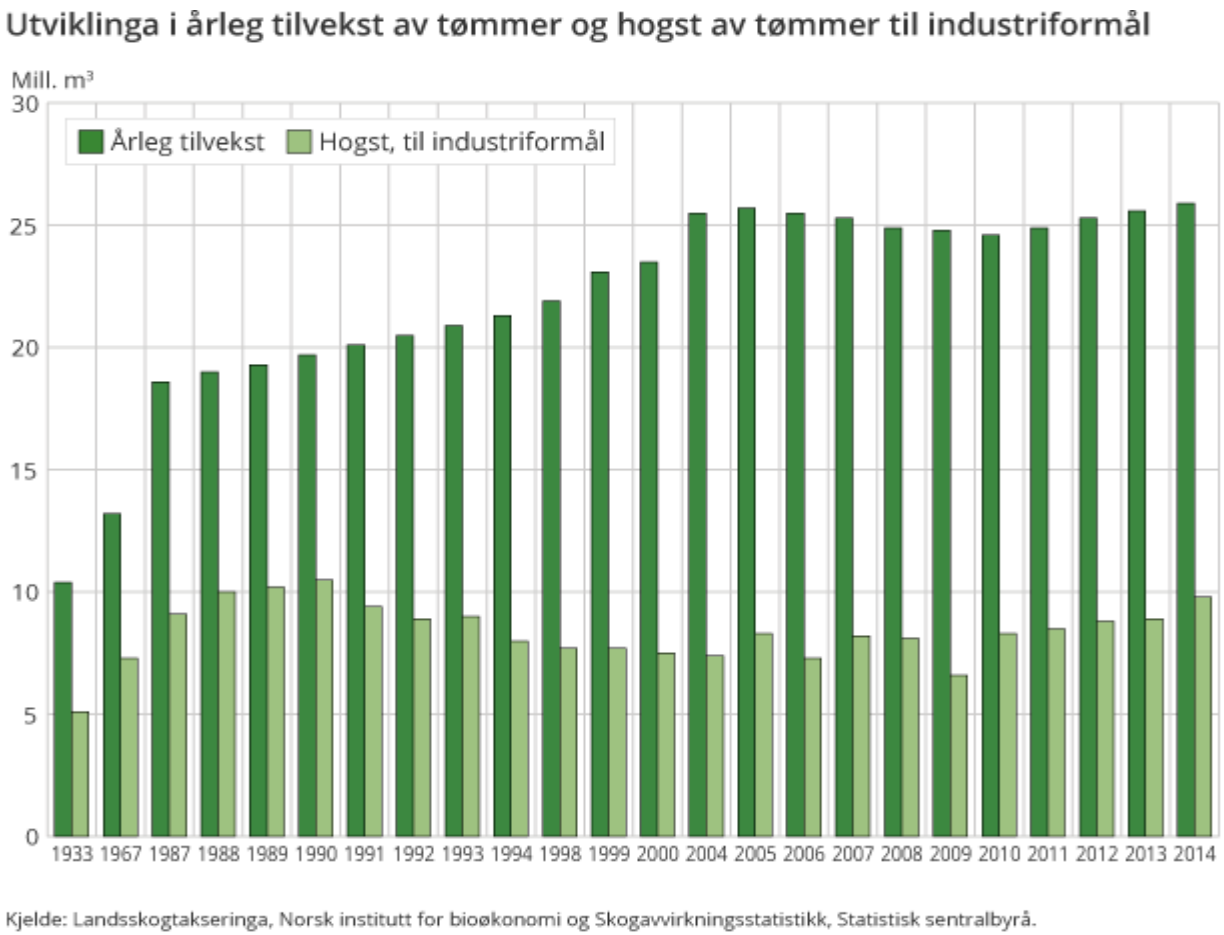
Skog er en vesentlig ressurs for verdiskaping, miljø og for å mestre klimautfordringene. Det bærekraftige skogbruket høster av ressurser skapt av fotosyntesen og karbonkretsløpet for å skaffe materialer, energi, industriråstoffer og et spekter av andre økosystemtjenester og samfunnsbehov. Skogbruk er mer enn andre næringer preget av langsiktighet.

Norges skogareal er økt siste 90 år, og dekker i dag litt over 120 millioner dekar (Tomter og Dalen 2014). Av dette er omtrent 86 millioner dekar produktivt skogareal (dvs. med produksjonsevne mer enn 0.1 kubikkmeter trevirke per dekar og år). En prosent av skogarealet består av skog med utenlandske treslag. De økonomisk viktigste treslagene er gran, furu og bjørk. Sentrale skogstrøk på Østlandet og i Trøndelag er dominert av gran og furu. Andre landsdeler er mer dominert av furu- og lauvskog.



Figur 21. Utviklingen av stående volum i norsk skog fordelt på treslag fra 1933 til 2014
Kilde: Landsskogtakseringen, NIBIO

Stående volum er kubikkmassen i skogen. Denne er tredoblet de siste 90 årene, fra rundt 300 millioner m^3 uten bark i 1925 til mer enn 930 millioner m^3 i 2014. Siden 1950 har avvirkningen vært vesentlig lavere enn årlig tilvekst. I perioden 2008 – 2012 var den årlige avvirkning på 11,1 millioner m^3, mens den årlige tilveksten for all skog var 24 millioner kubikkmeter. Selv om tilvekst (skogsvolum) og avvirkning (tømmervolum) ikke er direkte sammenlignbare størrelser, fører dette til en betydelig økning i stående kubikkmasse i skogen. Karbon utgjør om lag halvparten av tørrvekten i alle våre treslag. Nettoopptaket i norsk skog var derfor 31,2 millioner tonn CO_2-ekvivalenter i 2013, inkludert økt lager i død biomasse og skogsjord. Utslippet av klimagasser i Norge var 53,7 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Nettoopptak i skog tilsvarte dermed 60 prosent av de totale norske klimagassutslippene.



Figur 22. Utvikling i årlig tilvekst og hogst av tømmer til industriformål 1933-2014

Fra 1990 og frem til 2012 er et bruttoareal på 1,4 mill. daa avskoget (NIR 2014). Data fra Landsskogtakseringen viser at nedbygging er den viktigste årsaken (73 prosent av arealet), etterfulgt av omdisponering til beite (16 prosent). Om lag 29 prosent av skogen avvirkes før hogstmoden alder; 25 prosent i hogstklasse IV og 4 prosent i hogstklasse III eller yngre. Skog definert som "yngre skog" med forbud mot flatehogst og frøtrestillingshogst, etter kravpunkt 14 i nytt forslag til revidert PEFC skogstandard, utgjør 9 prosent. Skogarealet med svært lav eller ingen tresetting er gradvis blitt redusert og utgjør nå cirka 2 prosent av arealet. Skogplantingen har variert mye fra opptil 100 millioner planter på 1950-60 tallet til 16,8 millioner i 2005. Siden har plantaktivteten økt hvert år og var i 2014 28,6 millioner planter.

6.3.2 Struktur og økonomi i skogbruket

Den største delen av skogen i Norge drives som småskala gårdsskogbruk. Dette er en konsekvens av vekslende topografi, varierende produksjonsforhold og eiendomsstruktur. I 2011 var det over 130 000 skogeiendommer med minst 25 dekar skog. Den gjennomsnittlige størrelsen på privateide skogeiendommer var på 450 dekar. Det er omtrent like mange skogeiendommer og samme eiendomsstruktur i dag som for 50 år siden. Prispress, lønnsvekst og mekanisering har ført til

effektivisering. Resultatet er at skognæringen i dag utgjør en vesentlig mindre andel av norsk økonomi og sysselsetting enn i forrige århundre.

Ifølge SSB hadde skogsindustrien hadde i midten av 1950-åra bortimot 55 000 sysselsatte. Fram til 1970-åra holdt nivået seg rundt 50 000. Nye tall fra Statistisk sentralbyrå oppgir at sysselsettingen i skog- og treindustrien ved utgangen av 2014 til 14 500 årsverk og i primærskogbruket 5500. Årlig produksjonsverdi er beregnet til 43 milliarder kr. Skog- og trenæringens egen strategirapport "Skog22" har vurdert potensialet for økt omsetningsverdi i skog- og trenæringene i Norge til 180 milliarder kr årlig på noe sikt.

Det meste av avvirkningen benyttes til byggematerialer, treforedling primært til cellulose for papirproduksjon, og biobrensel primært som ved (stasjonær bioenergi). Forretningsområdene er nært sammenkoblet. Sagbruksnæringen bruker de beste virkeskvalitetene og betaler best, og sagtømmeret står for 70 prosent av tømmerinntektene til skogeiere. Lønnsomheten både i den enkelte tømmerdrift og i sagbrukene avhenger samtidig av avsetning for massevirke og flis.

Målt ut fra kvalitetskrav og betalingsvilje kan vi tegne et hierarki av råstoff og bruksområder:

- Sagtømmer til trelast
- Massevirke til fiber og papir
- Brensel (ved og energiflis)
- Massevirke til kjemikalier

Samlet førstehåndsverdi for tømmeret solgt til industri i 2011 var 3.1 milliarder kroner. Økende ressurstilgang, samt økt etterspørsel etter fornybare råstoff, danner bakgrunn for at myndighetene i St. meld 39 (2008-9) la til grunn at hogstkvantum vil øke til ca. 13 millioner m^3 i 2020. Arbeidsgruppen som utarbeidet Skog 22 rapporten i 2014 (Nasjonal strategi for skog og trenæringen) har vurdert at det bør være realistisk å øke hogsten fra dagens nivå på 11 millioner m^3 til 15 millioner m^3 i året innen rammen av bærekraftig skogbruk (Olofsson 2014).

6.3.3 Markedssituasjonen for skogsindustri og trevirke

Skog- og trenæringen opererer i internasjonale markeder. Fraktkostnader er høye slik at mye omsettes på hjemmemarkedet. Utover internasjonal konkurranse, møter næringen konkurranse fra olje, plast, sement, metaller mv. som i stor grad dekker samme bruksområder. Fossile råstoff har ikke fortrengt skogproduktene, men kommet som tillegg. I møte med klimautfordringen er det et mål å erstatte olje og fossile ressurser med andre løsninger som gir lavere utslipp (substitusjon og utvikling av en skogbasert bioøkonomi). For skog- og trenæringen forventes økt markedsmuligheter, blant annet for byggematerialer, industriråstoff og energi, jf. rapport fra Skog22 strategigruppen (Olofsson 2014).

Norsk byggsektor er dominert av trebruk, men i konkurranse med betong og metall. Byggsektoren er kilde til utslipp både ved produksjon av byggevarer og drift av bygninger. Samlet står bygg for 14 prosent av utslippene i det norske utslippsregnskapet. Det meste av dette, 10 prosent, knytter seg til fremstilling og transport av byggevarer. Tre som byggemateriale har fortrinn i klimasammenheng ved at det er basert på

at råstoffet tar opp CO_2 mens det vokser og lagrer karbon når det brukes. Trelast fra norsk skog kan i mange tilfelle ha vesentlig lavere klimagassutslipp enn alternative byggematerialer (se detaljer i kapittel 8.7.2).

EUs fornybardirektiv krever at 27 prosent av energibruken i Europa skal være fornybar innen 2030. Tall fra 2005 viser at total tilvekst av biomasse i Norge tilsvarer en energimengde på ca. 425 TWh, hvorav 325 er landbasert. Bioenergi i Norge i dag er i hovedsak trevirke brukt direkte som brensel, men biomasse er i prinsippet en kilde til alle slags energitjenester. Tall fra OED (https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/fakta-2013/id712168/) viser at netto energibruk i Fastlands-Norge i 2011 var ca. 230 TWh. Totalforbruk av fossil energi er snaut 100 TWh, med størst andel i transport. Olje- og energidepartementet utviklet en "Strategi for økt utbygging av bioenergi" i 2008 (Bioenergistrategien), der målsetningen var å sikre målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh i 2020. Denne strategien la til grunn at registrert bruk av bioenergi i Norge var på 14,5 TWh i 2006. Dette innebærer at volumet av energivirke omtrent kan fordobles.

I følge denne strategien kan tilgjengelige ressurser til bioenergiformål i jordbruket gi grunnlag for lag 7 TWh, og det er det anslått at energiutnyttelsen fra halm og kornavrens til varmeproduksjon kan økes til 4,5 TWh, mens energipotensialet i husdyrgjødsel er anslått til 1,2 TWh.

Råstoff og materialer fra skog vil spille en viktig rolle i utvikling av den norske bioøkonomien, se nærmere omtale av dette i kapittel 16. Klimapanelet legger til grunn at karbonnegative løsninger er en forutsetning for å nå globale klimamål. Skogsektoren må ha en nøkkelrolle om dette skal kunne lykkes.

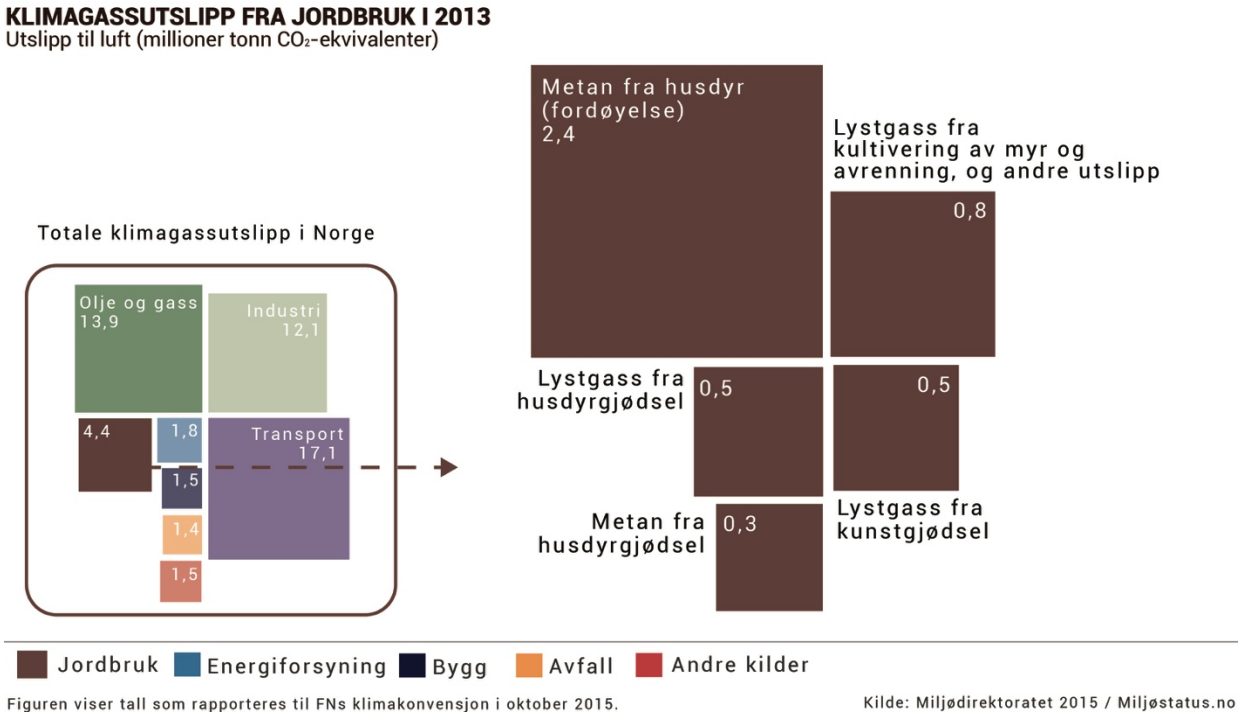
7 UTSLIPP OG KLIMAPÅVIRKNING AV NORSK JORDBRUK

Utslippsregnskapet for klimagasser gir nasjonale tall for utslipp. Utslippsforpliktelser setter mål for utviklingen fremover, med utgangspunkt i historiske tall. I utslippsregnskapet blir utslippene beregnet ut fra tilgjengelig statistikk og modeller. Faktiske utslipp kan variere ut fra de naturgitte og driftsmessige forhold på den enkelte gård. Faktorer og prosesser som påvirker utslippene i praktisk drift, samt oversikt over tiltak for å redusere utslipp er omtalt i 7.2 og 7.4.

7.1 NASJONALE UTSLIPPSREGNSKAP FOR KLIMAGASSER

I Klimapanelets femte hovedrapport er utslipp og bidrag fra jordbruket inkludert med øvrig landbruk, skogbruk og arealbruksendringer (Agriculture, Forest and Other Land Use, AFOLU). For jordbruket alene er de globale årlige utslippene anslått til 5,0-5,8 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter i gjennomsnitt i perioden 2000-2010. Den offisielle utslippsrapporteringen fordeler utslippene på sektor i henhold til forpliktelser i Kyotoprotokollen. Utslipp som bokføres i sektoren jordbruk er utslipp som oppstår av biologiske prosesser og bruken av innsatsfaktorer i jordbruket, slik som fra husdyr og gjødsel. I tilknytning til jordbruk og matproduksjon oppstår også utslipp som blir bokført i sektorene transport, industri, skog og andre arealer.

Bokførte utslipp av klimagasser fra jordbruket i Norge (Figur 23) utgjorde 4,4 millioner tonn CO_2-ekvivalenter i 2013. Metan fra husdyrenes fordøyelse og lagring og bruk av husdyrgjødsel utgjorde til sammen 2,7 millioner tonn. Lystgassutslipp som følge av dyrking av myr og bruk av husdyrgjødsel og mineralgjødsel utgjorde 1,6 millioner. I tillegg ble det i 2015 innført rapportering av CO_2-utslipp fra kalking og urea, estimert til i underkant av 70 000 tonn CO_2 (ikke vist i figur). Fordeling av utslippene på gasser og kilder fremgår i Tabell 2.



Figur 23. Jordbrukets kilder til klimagassutslipp i 2013. *Kilde: Miljøstatus.no.*

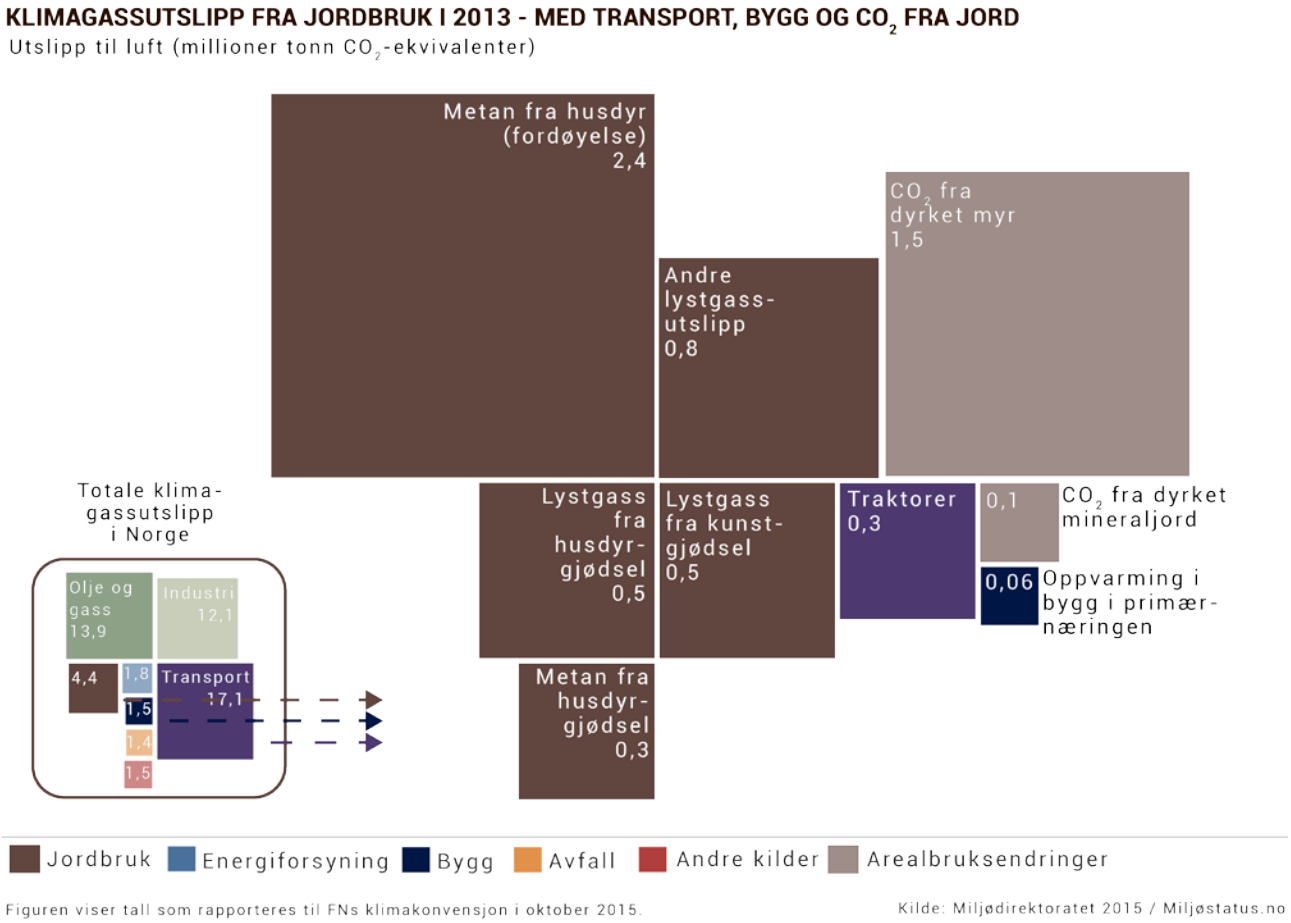
Tabell 2: Klimagassene fra jordbrukssektoren i 2014 fordelt på kilder.
Verdier oppgitt i prosent av summen, regnet som CO_2-ekvivalenter. SSB (2015).

	Totalt	CO_2	N_2O	CH_4
Jordbruk i alt	**100**	**2**	**39**	**59**
Utslipp fra fordøyelse	51	-	-	51
Gjødsellager og husdyrrom	9	-	2	7
Lystgass fra gjødsel (estimert ut fra beregnet N-input med bruk av oppgitt utslippskoeffisient i pst.)		-		
Beite (2 pst. av N)	4	-	4	-
Spredning av husdyrgjødsel (1 pst. av N)	7	-	7	-
Kunstgjødsel (1 pst. av N)	11	-	11	-
Øvrig organisk gjødsel (slam, planterester, mm.)	2	-	2	-
Indirekte lystgassutslipp etter gjødsling (sekundært fra utslipp av ammoniakk (0,75 pst. av N) og nitrater (1 pst. av N)	6	-	6	-
Dyrking av myrjord*	9	-	9	-
Kalk og urea	2	2	-	-
Brenning av planterester	0	-	0	0

* Merk at tallet her gjelder N_2O etter dyrking av myr. CO_2-utslipp forbundet med dyrking av myr rapporteres ikke under sektoren jordbruk.

I tillegg til utslipp som bokføres i sektoren jordbruk, kommer CO_2-utslipp fra energibruk og CO_2-utslipp fra jordbruksarealer som bokføres i andre sektorer (Figur 24). CO_2-tap som estimeres for myr og mineraljord inngår i utslippsregnskapet under sektoren for arealbruk, arealbruksendringer og skog (LULUCF[6]). Utslippene fra dyrket myr og mineraljord er estimert til å være henholdsvis 1,5 og 0,1 millioner tonn CO_2 (Grønlund og Harstad 2014). CO_2-utslipp fra traktorer var i 2013 300 000 tonn, og utslipp fra oppvarming i bygg var 60 000 tonn CO_2 (NIR 2015).

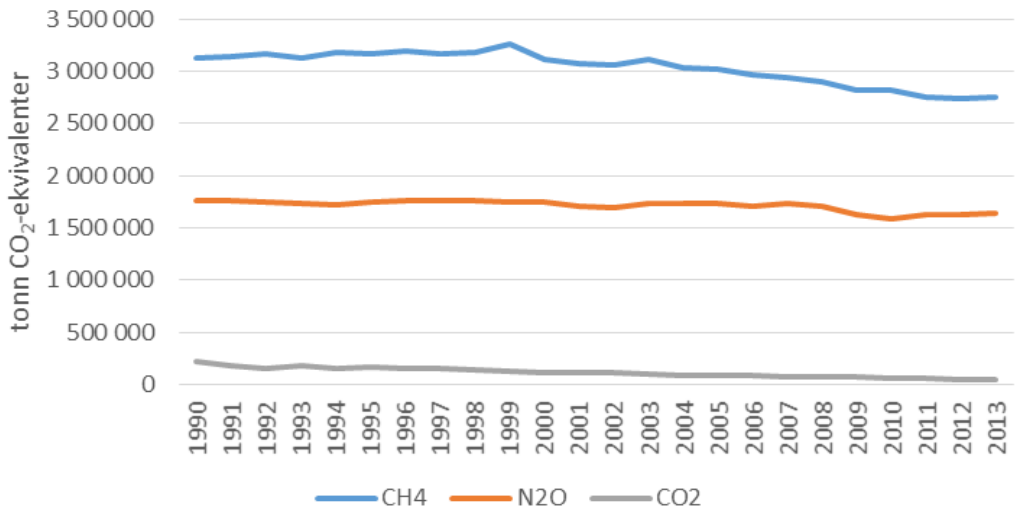
6 LULUCF – Land Use, Land Use Change and Forestry



Figur 24. Utslipp fra kilder i jordbrukssektoren og andre kilder knyttet til jordbruk, men som blir bokført i andre sektorer. *Kilde: Miljødirektoratet (2015) og Grønlund, et al.* (2014).

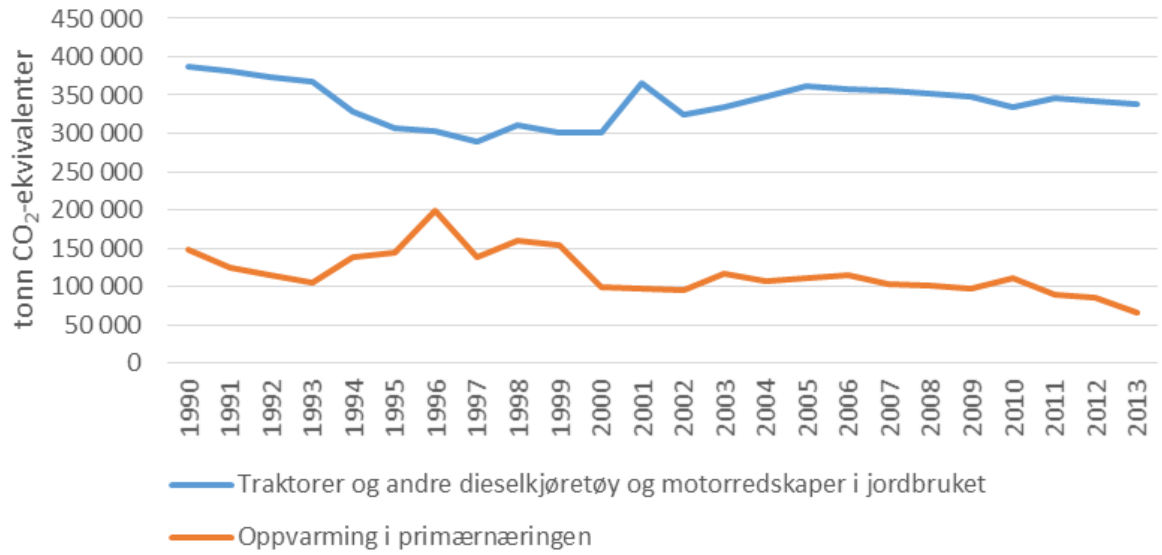
Det oppstår også andre utslipp i verdikjedene knyttet til landbruket, dels oppstrøms, i produksjonen av innsatsfaktorer, og dels nedstrøms, i foredling og omsetning. Blant annet oppstår utslipp av lystgass og CO_2 som følge av industriell produksjon av nitrogenholdig mineralgjødsel. Slik industri står for om lag 10 prosent av lystgassutslippene i Norge. Disse utslippene har blitt kraftig redusert siden 1990, etter innføring av ny renseteknologi. Disse utslippene fra produksjonen bokføres i det norske utslippsregnskapet for industrisektoren, uavhengig av om mineralgjødsla blir brukt i Norge eller utlandet.

Utviklingen av klimagassutslipp i jordbruket er vist i Figur 25. Klimagassutslippene bokført til jordbrukssektoren har gått ned med om lag 13 prosent fra 1990 og utgjorde i 2013 i overkant av 8 prosent av de norske klimagassutslippene. Nedgangen gjelder først og fremst metanutslippene som følge av færre storfe, samt at det er estimert noe lavere metanutslipp per dyr. Metanutslippene reduseres med økende kraftfôrandel og energikonsentrasjon i fôrrasjonen. En mindre nedgang i lystgassutslipp skyldes mindre bruk av mineralgjødselnitrogen, men lystgassutslippene har økt litt senere år.



Figur 25. Utslippsutvikling (1990—2013) for utslipp som rapporteres i jordbrukssektoren. *Kilde:* (NIR 2015).

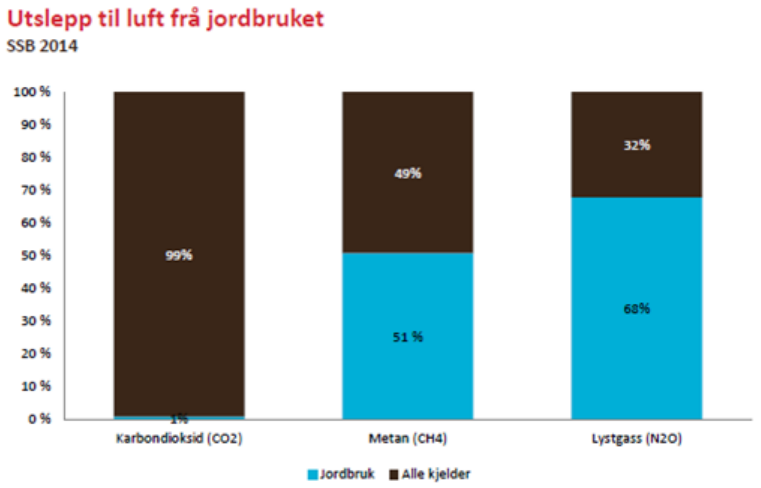
Figur 26 viser CO_2-utslipp fra traktorer og andre dieseldrevne motorredskaper som brukes i jordbruket og utslipp i forbindelse med oppvarming av veksthus i primærnæringen. I 2013 var utslippene fra transport i jordbruket om lag 340 000 tonn CO_2. Utslipp fra oppvarming av veksthus var i underkant av 60 000 tonn CO_2.



Figur 26. Utslippsutvikling (1990—2014) for CO_2-utslipp fra transport og oppvarming jordbruket. *Kilde:* (NIR 2015).

Den nedadgående trenden for CO_2-utslippene fra oppvarming kommer i stor grad av en forskyvning av forbruk fra fyringsolje til naturgass og bioenergi og en reduksjon i samlet energibruk.

Jordbrukets andel av utslipp av CO_2, metan og lystgass er vist i Figur 27. Mens det er kun 1 prosent av de nasjonale utslippene av CO_2 som kommer fra jordbruket, er andelen metan og lystgass henholdsvis 51 og 68 prosent.



Figur 27. Klimagassutslipp av CO_2, metan og lystgass fordelt på jordbruket og andre kilder. *Kilde: SSB (2015)*

7.1.1 Metodikk bak utslippstallene

Utslipp fra jordbruk er krevende å måle, derfor er utslippstallene estimert ut fra innsamlet statistikk og modellberegninger, basert på internasjonalt avklart metodikk. Den består i å kombinere aktivitetsdata (over antall husdyr, gjødsel, fôring) med tilhørende utslippsfaktorer/-koeffisienter. Eksempelvis blir utslipp av metan fra husdyrfordøyelse beregnet ut fra årlig statistikk over antall dyr og kraftfôrforbruk, kombinert med en faktor for fordøyelighet av fôret.

Generelt har vi godt tallgrunnlag fra melkeproduksjonen, som grunnlag for å finne representative verdier. Beregninger av lystgassutslipp er grovere anslag, som en prosentvis andel av nitrogenmengder i bruk, jf. Tabell 2. Metodikken er ment å gi et bilde av situasjonen og utviklingen på landsbasis, og ikke for situasjonen på enkelte driftsenheter hvor det kan være stor variasjon.

7.1.2 Anslag for usikkerhet i utslippstallene

Som del av norsk utslippsrapportering til Klimakonvensjonen følger også en vurdering av pålitelighet av tallene. Tabell 3 gjengir noen resultater fra denne usikkerhetsanalysen, fordelt på sentrale sektorer, hvorav jordbruksutslippene også er fordelt på gasser. Tall for energi omfatter energibruk i alle sektorer, både petroleumsutvinning, transport, husholdninger og i jordbruket. Disse utslippene anslås med stor sikkerhet, siden de stammer fra forbrenning og deres størrelse kan leses ut av salgstall for fossile brensler. Det er altså sikre metoder for å beregne utslipp av CO_2 fra energibruk i jordbrukets maskiner og bygninger. Utslippstall for metan er mer pålitelige og har mindre variasjon enn for tap av lystgass. Beregnet standardavvik i tall for lystgassutslipp i jordbruket er nærmest like stort som for CO_2-utslipp fra all energibruk, til tross for at utslippstallene fra sistnevnte er 25 ganger større.

Tabell 3: Norske utslippstall og usikkerhet i utslippstallene, fordelt på aktivitet/sektor. Tall for energi omfatter alle sektorer. Tall for jordbrukssektoren er fordelt på gasser, det er de samme utslippene som er oppsummert i Tabell 2. *Kilde: Miljødirektoratet 2015.*

	Utslipp per sektor og gass, mill. tonn		Usikkerhet i utslippstall 2013, 2 standardavvik	
	1990	**2013**	**Prosent**	**1000 tonn**
Totalt (utenom LULUCF)	**52**	**54**	**3,4**	**1802**
Energi (transport husholdninger, petroleum)	30,1	39,5	2,9	1137
Industri	14,5	8,3	7,4	616
Jordbruk				
CO_2*	0,23	0,07	11,2	8
CH_4	3,2	2,8	18,0	495
N_2O	1,8	1,6	64,4	1056
Avfall	2,3	1,5	31,3	462
Totalt (med LULUCF)	**41,4**	**27,7**	**16,7**	**4635**
LULUCF	-10,6	-26,0	16,4	4271

*Dette gjelder CO2 fra kalk og urea.

7.2 UTSLIPP OG OPPTAK - KILDER OG PROSESSER

I utslippsregnskapet er utslippene sortert etter gasser og sektorer. For vurdering av tiltak for å redusere utslipp, er det viktig å forstå kildene og prosessene som skaper eller påvirker utslippene. De største utslippskildene er husdyr, gjødsel, jord og energibruk. Siden en stor del av planteproduksjonen i Norge brukes til dyrefôr, kan også den største andelen av utslippene i planteproduksjonen knyttes til husdyrhold og animalske produkter. Produksjon av vegetabilske matvarer utgjør en mindre del av utslippene fra jordbruket.

Som nevnt har utslippsregnskapet sikrere metoder for å bestemme utslipp av CO_2 etter forbrenning, enn for utslippene av metan og især lystgass. I mer praktisk forstand er det en viktig forskjell at utslipp fra maskinbruk og gjødsellager er punktutslipp som gjør dem enklere å måle, og i teorien også avverge. Lystgass og CO_2 fra jordbruksarealer er diffuse utslipp som er krevende å måle også i enkeltsituasjoner. De kan variere mye i tid og rom ut fra naturgitte og driftsmessige forhold.

7.2.1 CO_2-utslipp fra maskin- og energibruk

Bruk av fossilt brensel i maskinparken i jordbruket og energibruk til oppvarming av driftsbygninger og veksthus fører til utslipp av CO_2. Utslippene fra transport og energiforbruk er moderate sammenliknet med jordbrukets utslipp av lystgass og metan, men kan være vesentlige, for eksempel for veksthusproduksjoner.

7.2.2 CO_2-utslipp fra kalking og urea

Både kalk og urea er gjødselprodukter med karboninnhold, og ved bruk på jordbruksareal oppstår det utslipp av CO_2. Omfanget av kalking i jordbruket er redusert de siste årene og urea brukes i svært liten grad i Norge sammenlignet med andre land. CO_2-utslippene fra disse gjødselslagene utgjør derfor en svært liten del av de rapporterte utslippene fra jordbruket.

7.2.3 Metan fra husdyrenes fordøyelse

Husdyrene (drøvtyggerne storfe, sau, geit og reinsdyr) slipper ut metan direkte fra fordøyelsessystemet, og indirekte fra gjødsla. Om lag 90 prosent av metanutslippene fra husdyrproduksjon kommer fra husdyrenes fordøyelse. Resten kommer fra lagring av husdyrgjødsla.

7.2.4 Metan og lystgass fra gjødsellager

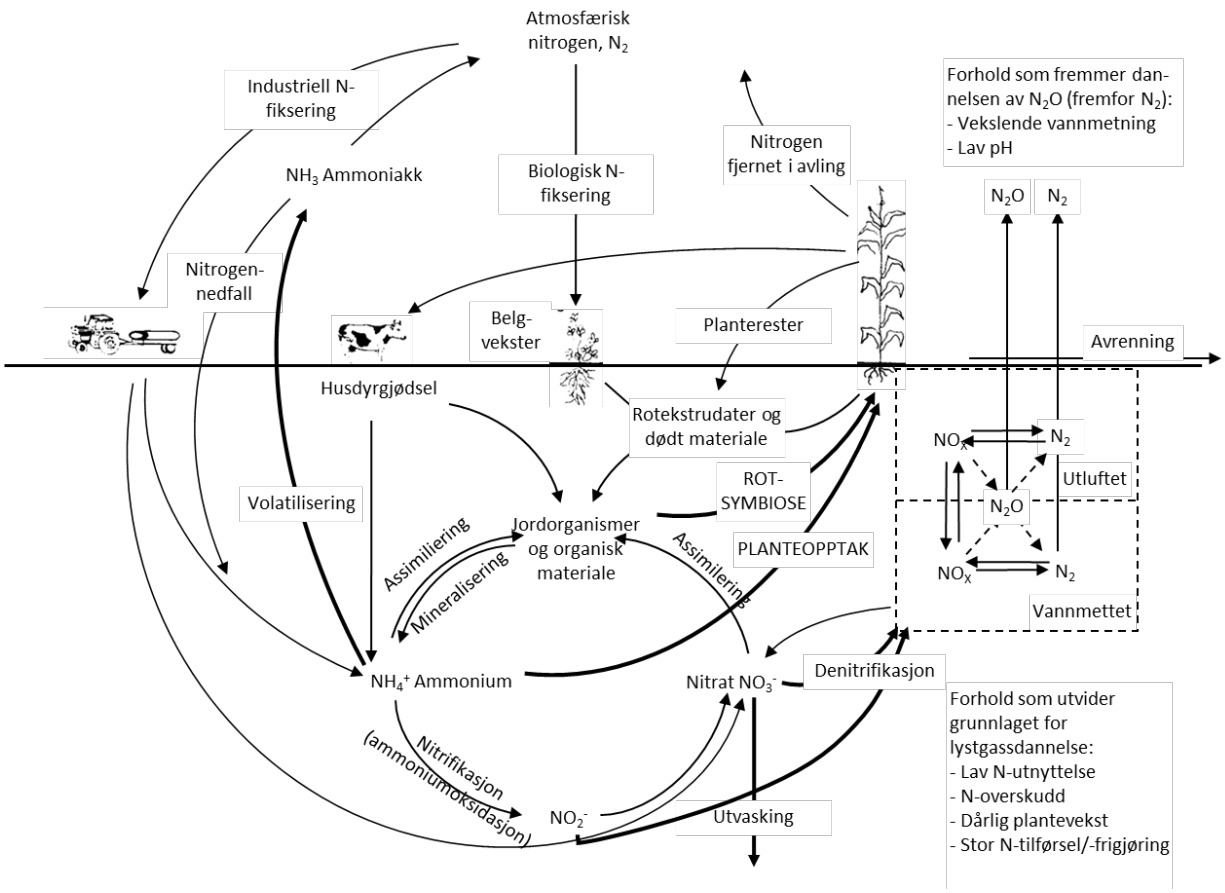
Under lagring av husdyrgjødsel kan det dannes metan og lystgass fra karbon- og nitrogenforbindelser i gjødsla. I utslippsregnskapet blir utslippene estimert ut fra nasjonale tall for blant annet gjødselmengder og lagerløsninger. Utslippene kan variere mye ut fra praktiske forhold.

Metan oppstår ved nedbrytning av organisk materiale under anaerobe forhold i gjødsellageret. Lystgass kommer fra mikronisjer i husdyrgjødsla der det er vekslende aerobe og anaerobe forhold. Da blir nitrogenforbindelser omdannet, og lystgass dannes som et mellomprodukt. Slike utslipp stagnerer under kjølige forhold om vinteren. Tak eller dekke over gjødsellager kan bidra til å holde tilbake utslipp, men kan også påvirke utslipp ved at slike tiltak endrer temperatur- og oksygenforholdene i gjødsellageret.

Det er økende satsing på utvikling av teknologier og bygging av anlegg for produksjon av biogass fra husdyrgjødsel for å redusere metanutslipp. Biogassproduksjon etterlater en næringsholdig biorest som er egnet som gjødsel, på linje med ubehandlet husdyrgjødsel.

7.2.5 Øvrige kilder og prosesser for nitrogen og lystgassutslipp

Tilførsel av nitrogen er nødvendig for plantevekst og gode avlinger, men er også en kilde til lystgassutslipp, særlig ved gjødsling utover plantenes behov. Figur 28 viser nitrogensyklusen i jordbruket og kilder og prosesser som kan gi lystgassutslipp. Figuren viser utslipp fra jordsmonn, men slike utslipp oppstår fra alt organisk materiale hvor det finnes nitrogen og nødvendig mikrobiell aktivitet, slik som husdyrgjødsel og komposthauger. Det oppstår uavhengig av hvor nitrogenet stammer fra: mineralisering i jordsmonn, mineralgjødsel, husdyrgjødsel, belgvekster eller avsetning via nedbør. Kilden til det siste er særlig ammoniakk som slipper ut ved gjødsling.



Figur 28. Nitrogenkretsløpet, og forhold som regulerer lystgassdannelse. Fete piler viser prosesser som fjerner nitrogenforbindelser fra jorda. Av disse er ønskelige prosesser markert med store bokstaver. Øvrige prosesser som bidrar til å fjerne nitrogen er mindre ønskelige: ammoniakk, utvasking av nitrater og denitrifikasjonsprosesser som gir lystgassdannelse. (Tilpasset fra U.S. Office of Technology Assessment, 1991)

I utslippsregnskapet beregnes lystgassutslipp direkte ut fra tilført mengde nitrogen fra husdyrgjødsel, restavlinger og mineralgjødsel. Mineralgjødsel utgjør største andel av nitrogentilførselen, og er derfor beregnet å være årsak til den største del av utslippene. Utslipp forbundet med gjødsling utgjør omlag ¾ av lystgassutslippene, mens det øvrige i hovedsak er N_2O etter oppdyrking av myr som følge av mineralisering av gammelt nitrogenrikt organisk materiale. Dette er en gradvis prosess, derfor ligger utslippstallene fra slike kilder nokså stabilt over tid. I praksis kan lystgassutslipp variere mye ut fra kjemiske og fysiske forhold i jorda. Av en internasjonal litteraturgjennomgang fremgår svært varierende lystgassutslipp fra jordbruksareal, fra 4 gram til drøyt 2 kg N_2O per dekar og år (Steen Jensen, et al. 2012) (Buckingham, Anthony, et al. 2014). Fra norske studier fremgår tilsvarende verdier, fra under hundre til drøyt tusen gram lystgass per dekar og år (Hansen et al. 1993; 2014, Nadeem et al.,2012). Man har også funnet store forskjeller mellom år avhengig av ulike værforhold. Hansen et al. (2015) fant ved lystgassmålinger på eng at det var ti ganger høyere lystgassutslipp fra ugjødslet felt i et varmt og tørt år sammenlignet med et vått og kaldt år.

Slik variasjon kan ikke forklares bare ut fra nitrogentilførselen, men også om det er nitrogenoverskudd i jorda, samt hvilke prosesser som dominerer i jorda. Nitrogenoverskudd kan skyldes at jorda ligger brakk,

dårlig plantevekst eller overforbruk av gjødsel. Hoel et al. (2015) angir at det er lite som tyder på utbredt overforbruk av gjødsel når det kun brukes mineralgjødsel. Ved bruk av husdyrgjødsel er det vanskeligere å treffe godt med riktig gjødselmengde. Usikkerhet om næringsinnhold i gjødsla kan føre til at bonden velger å gi ekstra mineralgjødsel. Det kan derfor forekomme at man gjødsler for en høyere avling enn det man oppnår, men bondens erfaring vil sammen med gjødselplanen være det beste grunnlaget for å treffe riktig med gjødselmengden.

Gjennom året kan det oppstå episoder med nitrogenoverskudd og utslipp fordi nitrogentilførsel og opptak i plantene ikke foregår samtidig. Feltforsøk i Norge har avdekket utslippsstopper etter gjødsling, særlig ved nedbør like etter gjødsling. Høyere lystgassutslipp er målt etter høsting og nedmolding av nitrogenrike vekster, gjennom vinteren og før planteveksten har begynt om våren. Vi har få tidsserier som viser hva episodene betyr for totalutslipp over tid, men noen målinger fra kløverrik eng viste at 50 – 70 prosent av årsutslippene skjedde i perioden oktober til mai, før arealene ble gjødslet (Sturite et al. 2014).

Prosessene påvirkes av en rekke kjemiske og fysiske forhold. Høyt vanninnhold og lite oksygen er ugunstig for plantevekst og nitrogenopptak. Samtidig betyr oksygenmangel at mikrobene i større grad bruker nitrogenforbindelser i sitt stoffskifte. I stabilt vannmettet jord vil imidlertid også sistnevnte prosesser stagnere, mens vekslende vannmetning vil øke lystgassutslippene. I en pilotstudie viste målinger i vekstsesongen fra korn på marin leire at utslippet var ca. 10 - 20 ganger høyere fra våt og svært våt jord, enn fra godt drenert jord (Hauge og Tesfai 2013). Høye utslipp ble funnet etter gjødsling (Tesfai et al., 2015).

Jordtype, jordstruktur, drenering og surhetsgrad (pH) påvirker planteveksten, vannbalansen og jordmikrobene. Jordpakking er ugunstig fordi det hemmer rotutvikling, plantevekst og vannbalanse (Øygarden, et al. 2009). God drenering er gunstig for plantevekst og næringsopptak, vannbalanse, gir bedre bæreevne og redusert risiko for jordpakking. Det er tegn til økende utslipp ved lavere pH. Det tilskrives at lav pH hemmer visse mikrober som omdanner lystgass til N_2. Generelt synker den mikrobielle aktiviteten ved synkende temperatur, men særlig i perioder med barfrost har man målt høye lystgassutslipp som ikke kan forklares fullt ut (P. Dörsch pers. medd.).

Husdyr- og mineralgjødsel virker inn på flere faktorer utover nitrogentilførselen. Mineralgjødsel kan over tid senke pH i jorda. Blaut husdyrgjødsel kan gi våte forhold, og fordi gjødsla ofte spres med tunge tankvogner kan det medføre jordpakking. Måleserier viser særlig høye utslippsrater hvis husdyrgjødsel og N-holdig mineralgjødsel spres samtidig. Det kan skyldes at mikrobene gis rikelig tilgang på både karbon og nitrogen samtidig som jorda blir våt.

Belgvekster som kløver, erter og bønner skaffer nitrogen fra lufta gjennom samarbeid med nitrogenfikserende bakterier. I slike plantekulturer observerer man lave lystgassutslipp i vekstsesongen fordi nitrogenet tas opp direkte til plantene (Sturite et al. 2014). Imidlertid har man observert forhøyede lystgassutslipp etter høsting eller nedmolding av slike vekster, på samme måte som etter gjødsling. Innholdet av organisk materiale i overflata har mye å si under våte forhold fordi det meste av lystgassen

dannes der når jorda er svært våt. Organisk materiale kan også komme fra knuste plantedeler som en følge av kjøring og sluring i våt jord.

Økologisk jordbruk avstår fra mineralgjødsel, og nitrogentilførselen dekkes derfor med husdyrgjødsel eller belgvekster. Driftsformen har særlig interesse av å ivareta og utnytte nitrogenet, samtidig som disse metodene kan være sårbare for nitrogenlekkasjer. Især bruk av grønngjødsling kan bidra til tap fordi nitrogenet i slike avlinger blir brukt som gjødsel, og ikke utnyttet til mat eller fôr.

For å redusere tap må nitrogenoverskudd søkes unngått og god drift må tilstrebe at nitrogenet utnyttes effektivt. God kunnskap og planlegging er nødvendig for at gjødslinga treffer plantenes behov. Det er også gunstig å fordele gjødsla i flere omganger utover i vekstsesongen. Ved gjødsling og jordarbeiding i åpen åker og stubb, er det ønskelig å raskt få etablert ny plantevekst som kan ta opp nitrogen. For å gjøre forholdene bedre for optimal plantevekst og effektiv utnyttelse av næringsstoffer er det derfor viktig med agronomiske tiltak som god jordstruktur, god vannbalanse og riktig pH.

Bedre nitrogenutnyttelse vil bidra positivt i utslippsregnskapet dersom det fører til mindre nitrogentilførsel for en gitt avling. Redusert nitrogentilførsel som sådan er derimot ikke uten videre gunstig. Dersom redusert gjødsling fører til lavere avling kan det utløse behov for å dyrke større areal for å oppnå samme produktmengde, med tilhørende utslipp, jf. avsnitt 7.4. De beregningsmetoder som brukes i utslippsregnskapet (% av tilført mengde gjødsel) omfatter ikke andre driftstiltak for å optimalisere næringsstoffbalanser i de enkelte driftsformer.

7.2.6 Karbonbalanse, utslipp og opptak i jord

Jordas innhold av karbon er bestemt av forholdet mellom tilførsel og tap. Karbonlager betegner karbon i stasjonær form i blant annet jord, mens dynamiske forhold med opptak og utslipp av CO_2 er omtalt som klimagassfluks. I en analyse kan man skille mellom omdisponering av areal fra et system til et annet (endret arealbruk) – hvor endringer i karbonlager er tydelige – og virkninger av driftsmetoder og behandlinger innen samme system. Det er også viktig å være presis på om analysen kun gjelder indre (endogene) forhold, altså endringer innenfor et gitt system eller areal, eller om man også skal ta inn ytre forhold, som virkninger av å eksportere eller importere biomasse, eller påvirkning på arealbruk andre steder.

I utslippsrapporteringen inngår utslipp av CO_2 fra jordbruksareal. Den dominerende kilden, 1,5 millioner tonn CO_2, er utslipp etter drenering og oppdyrking av myr, mens mindre bidrag, 150 000 tonn CO_2, er beregnet fra mineraljord. Sistnevnte bygger på at det foregår tap på drøyt 100 kg CO_2 per dekar årlig fra de drøyt 3 millioner dekar som brukes til åkervekster, og opptak på snaut 40 kg CO_2 per daa fra de snaut 6 millioner dekar som brukes til grovfôr og innmarksbeite, jf. vedlagt fagnotat om karbon i jord.

Karbon i jord – innhold, opptak og utslipp

Karbon og organisk materiale i jorda er grunnlag for matjord og fungerende økosystemer i jord. Tilførsel av organisk materiale skjer ved planters fotosyntese, enten direkte gjennom røtter og planterester, eller indirekte ved å tilføre husdyrgjødsel eller annet organisk materiale. Opptaket blir motvirket av nedbrytningsprosesser. Det er flere forhold som avgjør nedbrytningen:

- Nedbrytningsraten øker med karboninnholdet. Med økende karboninnhold vil derfor nedbrytningen øke, noe som innebærer at akkumuleringen etter hvert vil stagnere og det innstiller seg et likevektsnivå.
- Nedbrytningen blir påvirket av fysiske forhold som luft, varme mv. Den vil øke ved jordarbeiding og stagnere om det er kjølig eller mye vann som ved myrdannelse.
- Økologiske forhold spiller også inn. Mye planterester er lett nedbrytbart, men i en fruktbar matjord blir planterestene også lett tatt opp i nye forbindelser som kan bygge mer matjord. Noe materiale er særlig motstandsdyktig, eksempler på det er humussyrer og trekull.

Balansen varierer altså ut fra både naturgitte og driftsmessige forhold som jordarbeiding, plantevekst mv. Om tilførsel og nedbrytning får pågå nokså uforandret over tid vil det innstille seg et likevektsnivå der karboninnholdet vil stabiliseres. Dersom tilførselen eller nedbrytningen endres (eks ved endret arealbruk) vil også karboninnholdet endres, inntil det innstilles en ny likevekt.

Det er stor variasjon i flukser og lager av karbon i jord, med til dels mangelfull dokumentasjon av en rekke forhold, men i vedlagt fagnotat (Barcena et al. 2015) er de viktigste dyrkingssystemene rangert slik:

- Varig eng og beite er i nær balanse eller har nettoopptak inntil 100 kg C/daa/år.
- Åkerbruk i vekstskifte med gras, eventuelt med husdyrgjødsel, endret jordarbeiding, fangvekster eller nedmolding av halm er i balanse eller har nettoopptak inntil 20 kg C/daa/år.
- Ensidig åkerdyrking med høstpløying gir nettoutslipp, 30 - 60 kg C/daa/år.

I fagnotatet er det angitt et gjennomsnittlig karboninnhold i øvre jordlag på 2,5 g C/100 g jord ved ensidig korndyrking, som tilsvarer om lag 7,5 tonn C/dekar i jord ned til 25 cm dybde. For varig eng er det angitt ca. 3,5 g C/100 g jord, som tilsvarer drøyt 10 tonn C/dekar ned til 25 cm, med høyere verdier for torvjord. På grunnlag av arealstatistikken kan derfor samlet karboninnhold i jordbruksarealene summeres til om lag 69 millioner tonn C i topplaget i mineraljord og 79 millioner tonn dersom en inkluderer dyrket myr. Karboninnholdet ned til 1 meters dybde er i Grønlund et al. (2008) estimert til om lag 200 millioner tonn, og omlag 220 millioner tonn om en inkluderer myr til to meters dybde.

Endringer ved omdisponering av areal

Omdisponering av arealer kan medføre endringer både i den stasjonære og den dynamiske delen av karbonbalansen. Slik omdisponering skjer eksempelvis ved nydyrking eller ved opphør av drift. Omdisponeringen er en enkelthendelse, mens endringsprosessene vil skje kontinuerlig over lang tid.

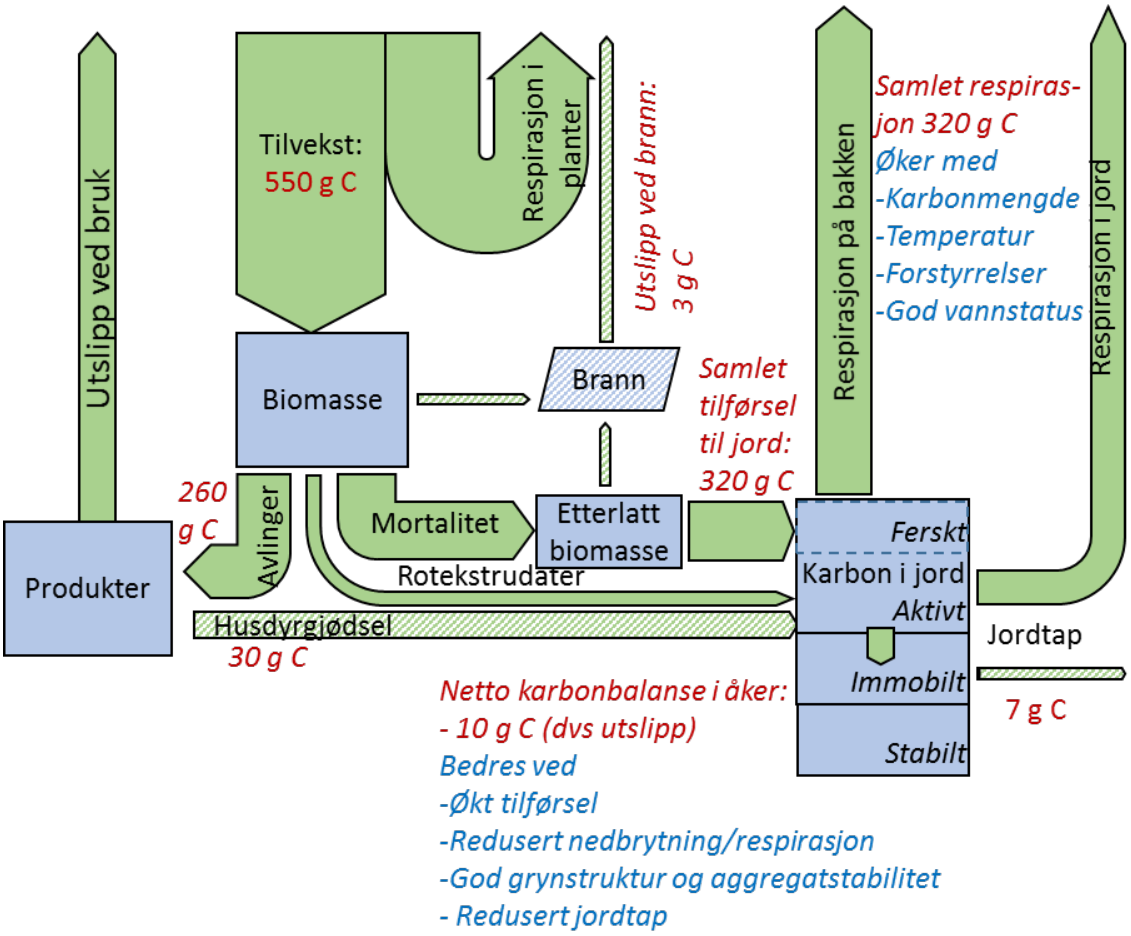
De store utslippene vi bokfører etter oppdyrking av myr skyldes at myr er dannet ved naturlig akkumulering av store mengder karbon. Ved oppdyrking og drenering stopper akkumuleringen og det starter nedbrytning som vil foregå over lang tid. Dagens utslippstall er derfor i stor grad resultat av tidligere oppdyrking. Etter hvert som torva blir nedbrutt kan det innstille seg en ny likevekt der karbontapene kan stagnere. Det er også gjort forsøk med å gjenopprette myr og våtmark. Dette vil ha motsatt effekt av dyrking ved at myra over tid får netto akkumulering av karbon i form av planterester. Det er også vurdert om oppdyrking ved

omgraving der man legger mineraljord oppå torva, kan være en effektiv metode for nydyrking av myr uten at det fører til store CO_2-utslipp.

I 2014 ble det omdisponert 5050 dekar jordbruksareal til andre formål. Stortinget har satt mål om å bringe omdisponeringen ned til 4000 dekar årlig innen 2020. Det er uklart hvordan det vil påvirke karboninnholdet og beregninger til utslippsregnskapet.

Karbonbalanse ved åkerdyrking

Figur 29 illustrerer flukser av karbon som man typisk finner i europeisk åkerbruk. Nettoutslipp fra jordsmonn på 10 g C/m^2/år er noe lavere enn hva som rapporteres i det norske utslippsregnskapet. Figuren viser at åkerbruk gir stort avlingsutbytte, hvilket eksporteres ut av driftssystemet, noe som over tid kan tære på karbonet i jordsmonnet.



Figur 29. Opptak og fordeling av karbon ved typiske driftsformer i europeisk åkerbruk. Alle tall er oppgitt i g C/m^2/år. Piler med heldekkende grønt er biologiske prosesser, mens piler med grønn skravur gjelder mer driftsmessige forhold som ikke alltid finner sted. Boksen nederst til høyre viser til at karbon i jord fordeler seg i flere fraksjoner. (Tilpasset fra Schulze, Gash, Freibauer, Luyssaert, & Ciais, 2009)

Fagnotatet om karbon i jord presenterer resultater fra åkerjord på Østlandet (Riley og Bakkegård, 2006) der det ble gjentatt uttak av jordprøver fra de øverste 25 cm over en 5-10 årsperiode før og etter 1990. Man fant en gjennomsnittlig årlig nedgang i karbon i jorda på nær 1 prosent av utgangsnivået, tilsvarende om lag

50 kg C/daa/år. Tallene viste et mønster der nedbrytningsraten var avhengig av karbonnivået i utgangspunktet:

- ved utgangsnivåer < 1,7 g C/100 g jord fant man økende karboninnhold
- ved utgangsnivåer > 1,7 g C/100 g jord fant man minkende karboninnhold
- ved utgangsnivåer > 4 g C/100 g jord fant man nedgang på drøyt 2 prosent per år, som tilsvarer drøyt 200 kg C/daa/år.

Kartleggingen viste at åkerjordas karboninnhold sank de fleste steder på Østlandet, med unntak for områder i Østfold og sørlige Akershus. Mulige forklaringer for dette unntaket er høyere oppslutning om endret/utsatt jordarbeiding, mindre halmbrenning, og høyere andel leirjord hvor karbonet blir beskyttet i aggregater («grynstruktur»). Disse områdene hadde i utgangspunktet også lavere karboninnhold noe som også påvirker nedbrytningsraten.

Korsaeth et al. (2014) fant i en LCA analyse av kornproduksjon i ulike regioner i Norge at jord med et karboninnhold høyere enn 1 prosent hadde betydelige bidrag til utslipp (angitt som CO_2 ekvivalenter) ved middels avlingsnivå. På gårder med over 4 prosent karboninnhold utgjorde tapet - CO_2 ekvivalenter- fra jord mer enn alle de andre utslippskildene i produksjonskjeden (basert på beregninger fra krybbe- til gårdsgrind). Dersom man reduserte karboninnholdet fra 2 til 1 prosent viste analysen at det førte til økt karbonopptak.

Resultatene viser at karbontapet ikke er en gitt størrelse, men kan variere mye i praksis. I dag er det økende oppmerksomhet internasjonalt om at tæring på jordsmonn kan bli dramatisk og at man bør snu denne utviklingen både av hensyn til matproduksjon, klimapåvirkning og klimatilpasning. Endringer i klima kan føre til at det organiske materiale omdannes hurtigere. Fagnotatet (Barcena et al. 2015) angir at det er ingen sikre indikasjoner på hva som er optimalt karbonnivå, og at en sammenligning mellom avling og karboninnhold i Norge viser store variasjoner. Notatet angir likevel at karbonnivået ved åkerdyrking bør være mellom 1- 5 prosent og at 2- 3 prosent kan ansees som optimalt.

Tiltak som gir økt fotosyntese og biomasseproduksjon vil være gunstig da det vil gi større rotmasse som etterlates i jorda. Man har funnet at tilførsel av organisk materiale fra husdyrgjødsel og halm øker lagrene helt spontant, men nedbrytningen skjer raskt og under 10 % av tilført organisk materiale er tilbake etter 20 år. Vekstskifte med eng i omløpet kan heve karbonnivået. Endret eller utsatt jordarbeiding kan redusere blottlegging og nedbrytning av organisk materiale. I langvarige studier - 30 år - av endret jordarbeiding (Riley, 2014) ble det ikke funnet forskjell i innholdet av organisk materiale mellom redusert og ikke redusert jordarbeiding. Redusert jordarbeiding førte imidlertid til økt aggregatstabilitet, økt meitemarkaktivitet og bedre jordstrukturegenskaper. Også Kätterer (2012) har for nordiske forhold funnet at selv om endret jordarbeiding øker karboninnholdet i det øverste topplag så endrer det ikke totalinnholdet om man også tar med dypere lag. Økt karboninnhold i topplaget kan og øke risikoen for lystgasstap.

Mens tiltak kan være gunstige for å øke karbonlageret lokalt, må dette også vurderes i en helhetlig sammenheng. Eksempelvis kan nytteverdien ved nedmolding av halm sammenliknes med

substitusjonseffekten av å bruke halm til bioenergi. Vedlagt fagnotat om karbon i jord peker på at tilbakeføring av halm til jorda bør velges framfor forbrenning og bioenergiproduksjon ved karbonnivåer mindre enn 2 g C/100 g jord. Vekstskifte med eng innebærer at grasavlingen må foredles via husdyr, med de utslipp som følger av det. Muligheter for bruk av husdyrgjødsel og vekstskifte vil være begrenset ved dagens produksjonsfordeling der matjorda i de klimatisk beste regionene er prioritert til kornproduksjon.

Prosesser i jorda og i dypere jordlag

Boksen nederst til høyre i Figur 29 illustrerer at noe av primærproduksjonen kontinuerlig overføres til mer varige lager i jorda («aktivt», «immobilt», «stabilt»), samtidig som det også foregår tap fra dette lageret. Det foregår også en overføring av karbon til dypere jordlag hvor karbonet kan bli ytterligere stabilisert. Planterøtter, meitemark og nedvasking av blant annet humussyrer er faktorer som bidrar til forflytning av karbon nedover i jordprofilet. Prosesser som styrer dette, hvilke forbindelser som lagres og hvor mye som lagres er lite dokumentert for norske forhold, ikke minst gjelder det utviklingen i dypere jordlag.

Situasjonen i grasmark

Karboninnholdet er stabilt høyere i gras- og beitemark enn i åkerjord. Det skyldes flere forhold:

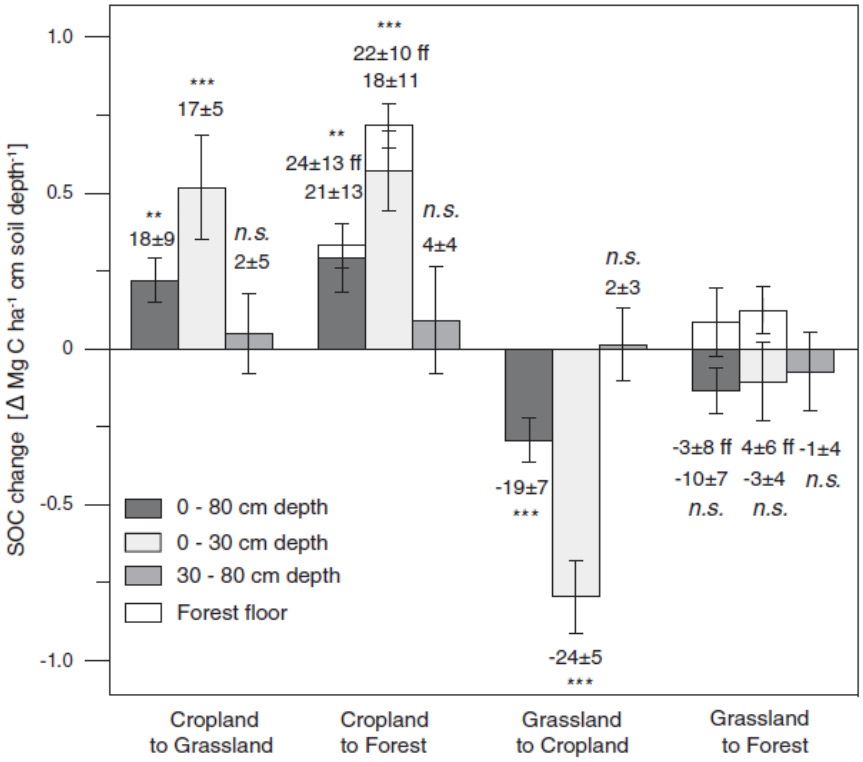
- gras har lang vekstsesong som gir mer planterester
- gras har god rotutvikling som gir en større andel av planterestene lenger nede i jorda
- jordarbeiding og fornying av eng skjer med lengre mellomrom eller aldri slik at jordsmonnet er mer skjermet mot nedbrytning

Jordprøver fra grasmark i Norge viser ofte 50 pst. høyere karboninnhold enn i åkerjord (3,5 % i grasmark og 2,5 % i åker). Noe av forskjellen kan skyldes at større andel av grasmarka er lokalisert i fuktigere og kjøligere klimasoner. Det er mangelfull kunnskap om utviklingen under slik drift og om virkningen av ulik driftspraksis.

Omlegging av driftssystem mellom åker og eng

Overgang fra eng til åker og motsatt vil medføre endringer i jordas karbonlager. Siden grasmark har høyt karboninnhold, vil omlegging til åker gi nokså rask nedbrytning av organisk materiale de første årene, som så gradvis avtar og stagnerer når det er skapt ny likevekt. Ved overgang fra åker til eng har man motsatt prosess, men økningen i karboninnhold går saktere og det tar lengre tid før prosessen stagnerer.

Figur 30 viser resultater fra en europeisk studie av endringer i karboninnhold observert etter slik driftsomlegging. Etter omlegging fra åker til eng har man funnet en samlet akkumulering på 50 kg C/daa/cm jorddybde. Det utgjør totalt 1,7 tonn karbon for øverste 30 cm av jordprofilet, som er noe lavere enn differansen mellom åker og grasmark som er oppgitt for Norge i vedlagte fagnotat. Dersom vi legger til grunn at akkumuleringen er fordelt over 50 år betyr det et gjennomsnittlig årlig opptak på 130 kg CO_2/daa. I et bredere perspektiv er det relevant å se en slik oppbygging av karbon i grasmark opp mot utslipp ved bruken av graset (utslipp fra drøvtyggerne), samt mot utviklingen i karbonbalanse ved å videreføre åkerproduksjon på samme areal, jf. avsnitt 7.4.



Figur 30. Endring i karbonlager i ulike jorddybder etter arealbruksendring fra ulike steder i Europa. Høyden til søylene viser endringer per cm jorddybde. Tallene ved søylene er totalsummen for hver jorddybde. Positive verdier indikerer økt karbonlager etter arealbruksendring og negative verdier det motsatte. Datagrunnlaget inkluderer prøver fra nordiske og baltiske land. Kilde: (Pouplau og Don 2013).

Det ble funnet størst endringer i de øvre jordlagene (0- 30 cm), dypere jordlag synes mer upåvirket, men det ble funnet signifikant økning ned til 80 cm. Av andre studier fremgår at mens karboninnholdet avtar nedover i jordprofilet er det stor variasjon innenfor hver jorddybde som kan ha sammenheng med både naturgitte og driftsmessige forhold Buckingham et al. (2014).

Metan fra myr og jordsmonn

I tillegg til flukser av CO_2 forekommer også flukser av metan fra jordsmonn. Dannelse av metan foregår ved anaerobe forhold i jorda, dette er best kjent fra intakte myrer og sumper, men skjer også i jordbruksareal. Samtidig foregår nedbrytning av metan i jord gjennom metanotrofe bakterier som bruker metan i sitt stoffskifte. For det meste vil denne utvekslingen foregå internt i jordsmonnet, noe som betyr at nedbrytningen kan utlikne den metanproduksjon som samtidig foregår. Fra målinger i andre land har man imidlertid funnet tegn til at nedbrytning foregår i et omfang ut over dette. Det tilskrives at jordøkosystemene også kan ta opp og bryte ned metan fra lufta nær bakken.

7.2.7 Drøvtyggere og klimagasser i dagens produksjon

Storfe- og saueholdet har stor betydning for jordbruket i Norge, både i sysselsetting, verdiskaping, arealbruk og klimapåvirkning. Slik husdyrproduksjon foregår i et driftssystem der fôrproduksjon, husdyrhold og gjødsel/næringstilførsel er knyttet sammen. Storfe produserer både kjøtt og melk, ofte i kombinasjon på det enkelte foretak. Det er altså flere driftsoppgaver og produkter i kombinasjon som er

avgjørende for produksjon, lønnsomhet og utslipp hos hver enkelt og på landsbasis. Utslippsregnskapet viser at det har vært en reduksjon i metanutslipp siden 1990. Det henger i stor grad sammen med en produktivitetsutvikling i melkeproduksjonen der avl og bedre fôring har resultert i stadig høyere ytelse per ku. Dermed kreves færre kyr for å produsere en gitt mengde melk, og færre kalver til å erstatte de som utrangeres. Går vi lenger tilbake i historien er denne utviklingen sterkere, jf. Tabell 1 i foregående kapittel som viser nær 400 000 melkekyr i 1979, mens det i 1960 var 603 000 (Saue 1980). Over tid har derfor nedgangen i utslippene vært større enn det som blir synliggjort i utslippsregnskapet der beregningene er basert på utgangsåret 1990. Hvert dyr slipper ut en viss mengde klimagasser uavhengig av ytelse, og utslippet er dermed redusert som følge av synkende dyretall. Utslippstallene har også sunket med endret fôring, økt bruk av kraftfôr og endringer i energiinnhold i fôrrasjonen. En følge av ytelsesutviklingen og færre melkekyr er at dette gir færre kalver til kjøttproduksjon. Noe av reduksjonen både i melkeku- og utslippstall er motvirket av en økning av spesialisert kjøttproduksjon fra ammeku med høyere utslipp. Samtidig har forbruket av storfekjøtt økt og statistikken viser at det er en økende underdekning på storfekjøtt som er dekket av import og som medfører utslipp bokført i andre land.

På gårdsnivå er metan fra husdyr del av et større bilde der også utslipp forbundet med fôrproduksjon og gjødsling hører med. Det er gjort en sammenligning av klimagassutslipp fra 30 melkeproduksjonsbruk (Bonesmo, et al. 2013) ved bruk av modellen HolosNor, som viser at det er stor variasjon i de beregnete utslipp mellom gårdene. Maksimum total klimagassbelastning (kg CO_2-ekv) per kg FPCM (fett og proteinkorrigert melk) og slag var hhv. 1,7 og 2 ganger høyere enn minimum. Det er verdt å merke seg at resultatene ikke er basert på utslippsmålinger, men på data for dyr, fôring, gjødsel og øvrig drift på hvert bruk, som behandles individuelt i modellberegninger.

Tabell 4. Gjennomsnittlig, minimum og maksimum klimagassbelastning ved produksjon av mjølk og kjøtt, uttrykt som kg CO_2-ekvivalenter per kg produkt, basert på data fra 30 mjølkebruk i 2008 beregnet ved bruk av modellen HolosNor. Verdier lavere enn 0 indikerer karbonlagring i jord (Bonesmo, et al. 2013)

* FPCM = Fett- og proteinkorrigert melk

	Kg CO_2-ekv./kg FPCM*		Kg CO_2-ekv./kg storfeslakt	
	Gjennomsnitt	Variasjon [Min; Maks]	Gjennomsnitt	Variasjon [Min; Maks]
Total klimagassbelastning	1.02	[0.82; 1.36]	17.25	[11.75; 22.90]
Enterisk CH_4	0.39	[0.36; 0.45]	6.84	[4.12; 8.06]
Husdyrgjødsel CH_4 og N_2O	0.18	[0.13; 0.23]	2.98	[2.21; 3.59]
Jord N_2O	0.21	[0.11; 0.41]	3.08	[0.29; 6.78]
Karbon endring jord	-0.03	[-0.14; 0.10]	-0.51	[-1.64; 1.45]
Innkjøpt bygg til fôr	0.06	[0.00; 0.13]	1.26	[0.00; 4.11]
Innkjøpt soya til fôr	0.09	[0.00; 0.17]	1.88	[0.00; 5.22]
Energi - indirekte	0.07	[0.00; 0.14]	0.97	[0.09; 1.99]
Energi - direkte	0.05	[0.00; 0.11]	0.75	[0.19; 1.45]

Tabellen viser hvordan utslippene fordeler seg mellom kilder internt på foretaket og innsatsfaktorer som hentes utenfra, slik som bygg og soya i kraftfôr. Den største kilden til utslipp var metan fra husdyrenes fordøyelse (enterisk CH_4) som utgjorde om lag 40 prosent av det totale utslippet. Den viktigste kilden til variasjon mellom gårdene var imidlertid N_2O fra jord, deretter karbonbalanse i jord som varierte fra positiv til negativ. Det må tilskrives forskjeller i gjødsling, jordkultur og plantekultur. Tabellen viser også stort sprik i utslipp fra fôr og øvrige innsatsfaktorer (jf. indirekte energi) hentet utenfra. Undersøkelsen fant ingen sammenheng mellom melkeytelse og klimagassutslipp per kg melk.

Resultatene og variasjonen mellom de brukene som kommer best og dårligst ut i undersøkelsen indikerer betydelig potensial for å redusere utslippene fra melkeproduksjonen, mest gjennom tiltak innen gjødsling og fôrproduksjon. Det drives betydelig forskning og forsøk med fôrkvalitet, fôrsammensetning, nye fôrråvarer, tiltak for bedre fôrutnytting og husdyravl der fôrutnytting og dermed også utslippsreduksjoner blir prioritert. Utover løsninger som kan redusere metanproduksjonen i dyra, er det aktuelt med indirekte tiltak som kan endre utslippet per produserte enhet.

Betydning av fôring, ytelsesnivå og sammensetning av storfeproduksjon

En vanskelig avveining i klimasammenheng gjelder ytelsesnivået i melkeproduksjon, og de konsekvenser det har for tilhørende kjøttproduksjon.

Institutt for husdyr og akvakulturvitenskap, NMBU har sett nærmere på konsekvenser av økende ytelsesnivå i melkeproduksjonen, blant annet for kjøttproduksjon og fôrbehov (Aass et al (2015); Åby et al. (2015)). Her sammenlignes dagens økning i melkeytelse med 2 pst. økning per ku og år med lavere økning (1 prosent økning) eller ingen økning i melkeytelse. En videreføring av dagens økning i melkeytelse vil redusere utslippene per kg melk i 2030 i takt med synkende antall melkekyr. Økt ytelse krever mer kraftfôr og et høyere protein- og energiinnhold i fôret. Det kan oppnås på flere måter, men utviklingen vi har sett så langt innebærer at det økte fôrbehovet og behovet for mer protein dekkes ved økt bruk av kraftfôr. Forfatterne trekker fram at i den grad det økte proteinbehovet dekkes ved soya, og arealpress og -endringer trekkes inn i beregningene, blir bildet mindre gunstig. Dersom en samtidig har mål om å opprettholde produksjonen av storfekjøtt, er det behov for å øke ammekuproduksjonen. Den reduksjon man oppnår ved å øke melkeytelsen blir utlignet som følge av økende antall ammekyr med høyere utslippsintensitet.

Dette regnestykket avhenger også av effektiviteten i kjøttproduksjonen. Generelt er utslipp av klimagasser i kjøttproduksjon med ammekyr høyt sammenlignet med kjøtt fra kombinert melkeproduksjon. Det skyldes at utslipp fra sistnevnte fordeles på begge produksjoner (melk og kjøtt). I tillegg er bruken av ammekyr oftest en ekstensiv driftsform som i mindre grad baserer seg på kraftfôr, og i større grad på grovfôr. For å øke effektiviteten er en mulighet også her å bruke mer kraftfôr.

Gitt videreføring av dagens utvikling i salget av melk og storfekjøtt, konkluderer Aass et al. (2015) med at økt melkeytelse ikke er egnet for å redusere utslipp av klimagasser fra jordbruket. Økt melkeytelse gir redusert klimagassutslipp fra den kombinerte melke og kjøttproduksjonen fordi det blir færre dyr, men dersom total kjøttproduksjon (fra storfe) opprettholdes ved økt ammekuproduksjon, vil dette ikke redusere

de totale klimagassutslipp. Dersom ytelsesøkningen per ku bygger på mer kraftfôr så kan det gi økt avhengighet av import og lavere utnyttelse av egne grovfôrressurser og -areal. Ved videreføring av dagens utvikling anslår Aass et al. (2015) at reduksjonen i utnyttelsen av grovfôr tilsvarer 1.1 millioner dekar fulldyrket eng, mens behov for kraftfôr og proteinfôr øker med hhv. 30 og 75 prosent.

Bedre grovfôrkvalitet gjennom tidlig høsting kan redusere behovet for kraftfôr for samme ytelse, men det kan gi lavere avlingsnivå og dermed behov for et større areal til forproduksjon. Har man ubrukte arealer vil det ofte være et gode om disse blir tatt i bruk, men regnestykket blir mindre gunstig hvis det krever nydyrking. Det er også slik at høyt proteinnivå ved å stimulere ytelsen kan gi lavere metanutslipp per kg melk, men samtidig kan utskillelsen av nitrogen, og derav ammoniakk og lystgass, øke med økt nivå av protein (Grønlund og Harstad 2014). Det er altså optimaliseringsutfordringer både mellom melke- og kjøttproduksjon, mellom kraftfôr- og grovfôrarealer, og mellom utslipp av metan og nitrogenforbindelser. Løsningen i jordbruket ligger oftest i å søke optimal balanse mellom ulike faktorer og produkter.

Effekter av dyr på beite, arealbruk og albedo

Norge er rikt på gras og beite, og grovfôrdyr er alene om å utnytte disse ressursene til matproduksjon. I tillegg til innmark, henter storfe og sau store fôrressurser fra utmarka. Disse husdyra står for stor del av landbrukets klimagassutslipp, men opphør av beiting fører også til at arealer gror igjen og med tap av miljøverdier som konsekvens.

Bruk av utmarksbeite har betydning for albedo, jf. tekstboks, fordi det bidrar til å opprettholde åpne landskap. Dyr på utmarksbeite benytter forholdsvis store arealer, typisk 10 daa per sau og nær det femdobbelte for ku. Flere steder i Sør-Norge ligger tregrensa lavere enn den klimatiske tregrensa, noe som i hovedsak skyldes beiting og seterdrift i fjellbygdene. Siden dette er områder med lang snøsesong kan effekten på albedo være særlig stor. Beitedyras betydning for albedo kan i noen grad veie opp for negative klimapåvirkninger av jordbruksdrift.

Prosesser i jordsmonnet kan variere med beitepraksis og beitetrykk. Riktig plantekultur og beitepraksis kan øke biomasseproduksjonen og tilførslene av biomasse til både husdyr og jordsmonn. I et forsøk fra fjellbeite i Norge fant man at beiting med lavt beitetrykk var gunstigere for karboninnhold og stabilitet av karbon i jord enn ved fravær av beitedyr, mens høyt beitetrykk var mindre gunstig (Austrheim, et al. 2014). Når det gjelder nitrogenbalanse fant man at beitedyrenes opptak av nitrogen var lite sammenliknet med nitrogennedfall, nitrogenreserver i jorda og hva som ledes bort i vann. I et ressursperspektiv er dette nitrogenopptaket gunstig fordi overskudd av nitrogen i naturen gjenvinnes i stedet for å lekke ut i vann og luft. I utslippsregnskapet vil imidlertid de samme dyrene fremstå som utslippskilder fordi man avgrenser analysen til de N-mengder de skiller ut. Dette illustrerer at beitedyr øver flere bidrag i klimasammenheng og at utslippsregnskapet ikke gir det fulle bildet av drøvtyggernes klimapåvirkning.

Det er beregnet at beite i utmark gir en årlig verdi på mer enn en milliard kroner. Med grunnlag i beitekartleggingen ved NIBIO (Yngve Rekdal, pers. medd.), er det regnet at beiteressursene kan gi grunnlag for minst en dobling av dette. For å øke bruken av utmarksbeite kreves imidlertid annet fôr utenom beitesesongen. Begrensende faktorer for å utnytte mer av beiteressursene er blant annet at foretakene er

lokalisert andre steder, vinterfôrproduksjonen på innmark og konkurranse med andre (ville) beitende dyr (Arnoldussen, et al. 2014).

Faktaboks: Albedo og arealbruk

Albedo beskriver jordoverflatens refleksjonsevne og albedoeffekten ved arealbruksendringer påvirker strålingsbalansen i klimasystemet. Albedo for et areal varierer mellom arealer og årstider som følge av solinnstråling, snødekke, vegetasjonstyper og andre arealegenskaper. Globalt har albedoeffekten på grunn av arealbruksendringer påvirket strålingsbalansen med -0,2 W/m2(±0,2 W/m2), altså med en global avkjøling (surface albedo i Figur 13), men det er store lokale og regionale forskjeller. Utslagene for albedoeffekten er størst for arealbruksendringer på høye breddegrader hvor snøsesongen er lang. Utviklingen må sees i sammenheng med framskrivninger for snødekke i kapittel 5.3, figur 15.

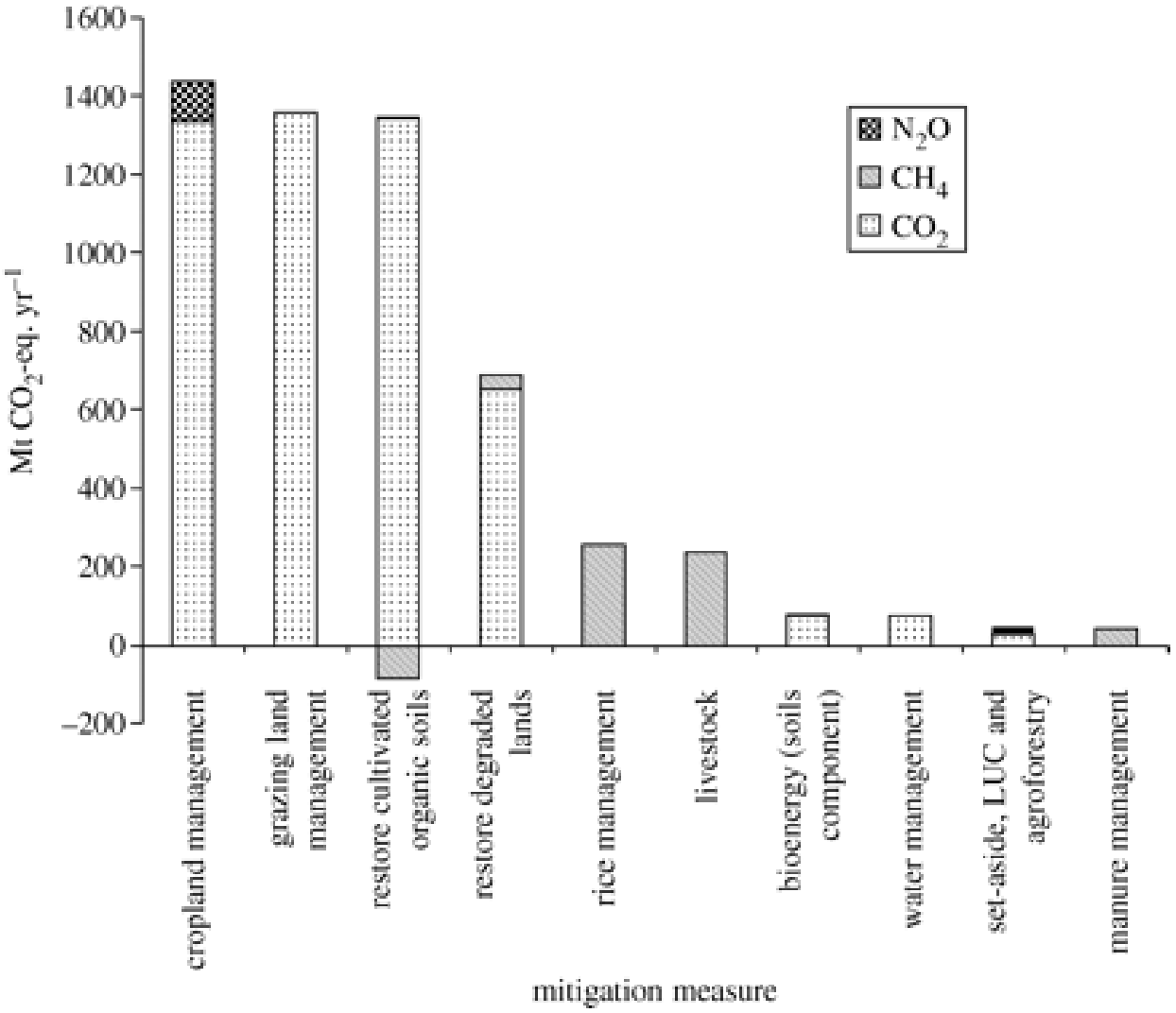
Som et eksempel fra Norge er det gjort sammenlikninger av albedoeffekt mellom hogstmoden og snauhogd granskog i Hedmark (Bright, Astrup og Strømman 2013). Her fant man at forskjell i strålingspådriv på grunn av albedoeffekten i årsmiddel utgjorde 6,9 W/m2. Differansen toppet seg i mars, ettersom sola ble kraftigere mens snaumarka fortsatt var snødekt.

Albedoeffekten ved arealbruksendring kan bli kompensert av karbonopptak eller -utslipp på samme areal. Ved avskoging for eksempel, øker arealets albedo (avkjøling) samtidig som det skjer et CO2-utslipp til atmosfæren (oppvarming). Hvilken effekt som dominerer, vil variere i hvert enkelt tilfelle på grunn av lokale forhold.

Bright, et al. (2015) påpeker at biofysiske prosesser som albedoeffekten alltid må inkluderes i analyse av klimaeffekter ved arealbruksendringer. Forfatterne oppfordrer videre til mer koordinert forskning for å kunne validere målemetoder som kan benyttes på et enkelt område eller region for å redusere usikkerheten i disse beregningene.

7.3 FORESLÅTTE TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJONER I JORDBRUKSSEKTOREN I KLIMAPANELETS RAPPORT

I Klimapanelets rapport er tiltak for å redusere klimagassutslippene i jordbrukssektoren fordelt mellom tiltak som kan gjøres i produksjonen og tiltak som rettes mot befolkningen for å endre etterspørselen etter matvarer med høyt klimaavtrykk. Beregninger av det globale potensialet for utslippsreduksjoner fra jordbruket varierer fra 0,5 til 10 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år, se Figur 31. Utslippsreduksjoner i den øvre delen av intervallet er bare mulig dersom det oppnås økt lagring av karbon i biomasse og jordbruksjord. Metan- og lystgassutslippene i jordbruket har mindre potensiale for utslippsreduksjoner enn potensialet for økt lagring av karbon.



Figur 31. Årlige reduksjonspotensialer for ulike klimatiltak i jordbrukssektoren fordelt på gassene N2O, CH4 og CO2. Kilde: (Smith, Martino, et al. 2008). Denne figuren ligger til grunn for figur 11.13 i WG III-rapporten fra IPCC AR5.

Figuren antyder at de største potensialene for utslippsreduksjoner globalt ligger i kategoriene bedre forvaltning av areal- og jordressursene for å oppnå økt lagring av karbon. Dette gjelder spesielt forvaltning av dyrkamark og beitemark ved økt bruk av «high input carbon practices» som vekstskifte, samplanting, bedre jordarbeiding og bedre utnyttelse av restavlinger. Noen av disse tiltakene vil også kunne bidra til reduserte lystgassutslipp. Restaurering av myr kan redusere CO_2 tap, men øker metanutslippet noe. Størst metanreduksjoner kan oppnås ved tiltak på risarealer og i husdyrproduksjonen. Endringer i husdyrproduksjonen er for eksempel bedre fôringsteknikker og bedre dyrehelse.

I tillegg til tiltakene på produksjonssiden som er vist i Figur 31, omtaler Klimapanelet at reduksjonspotensialet for etterspørselssiden av varer levert av jordbruk er betydelig, men usikkert. Dette er estimert til å være opp mot 5 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter i året i 2030. Klimagassutslippene kan reduseres ved å minske matsvinn og ved kostholdsendringer, men det er lite omtalt hvordan dette kan gjøres eller hvordan det er beregnet i forhold til en referansebane. Tiltak som endrer forbruk og reduserer etterspørselen er stort sett ikke inkludert i utviklingsbanene fra klimamodellene og kommer i tillegg til utslippsreduksjonene i Figur 31.

Mens utslippskutt på tilbudssiden stort sett går ut på å optimalisere produksjonen med tanke på lave klimagassutslipp per produsert enhet, endring av produksjonssystemene eller forbedrede tekniske løsninger, vil utslippskutt gjennom endret etterspørsel i større grad være styrt av markedsføring, pris og kvalitet. Klimapanelet påpeker at det vil være vanskeligere å finne styringseffektive virkemidler for endringer i etterspørselssiden enn for tilbudssiden.

I en global studie, publisert etter at klimapanelets rapport ble publisert, har Bennetzen et al. (2015) vist at siden 1970 har klimagassutslippene pr enhet produkt blitt redusert med 39 prosent og 44 prosent for plante og husdyrproduksjon respektivt. Analysen viser også at det er et fortsatt potensiale for å redusere klimagassutslippene fra jordbruket globalt med 20 - 55 prosent.

7.4 TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJONER I JORDBRUKET I NORGE

Utslippsregnskapet angir utslippstall basert på standardisert rapporteringsmetodikk. Regnskapet favner ikke alle klimapåvirkninger av jordbruksdrift, eller variasjoner mellom regioner, gårder og skifter ut fra naturgitte eller driftsmessige forhold. Tallgrunnlaget er ikke nødvendigvis godt egnet når en skal planlegge konkrete tiltak på det enkelte bruk og areal. Da må en ta hensyn til praktisk drift på den enkelte eiendom med stor variasjon både i utslipp og effekter av tiltak. Det er flere driftstiltak som kan bidra til bedre utnyttelse av næringsstoffer og gi mindre klimagassutslipp enn det som kommer fram av utslippsregnskapet.

Jordbrukets innsats mot klimautslipp kan innebære å redusere egne utslipp, øke karbonlageret i jord eller ved å substituere for mer utslippsintensive produkter i andre sektorer. Forbedringer innad i jordbruket kan videre skje ved å endre sammensetningen av produksjon og forbruk, eller ved optimalisering innen de enkelte produksjonssystem. Det er gjort flere utredninger i Norge de siste årene om aktuelle tiltak. De tar for seg gitte produksjonssystem, vurderer tilpasninger som er aktuelle, og hva det vil medføre av utslippsreduksjoner og kostnader sammenliknet med et gitt alternativ. Analyserammer, forutsetninger og metoder varierer mellom de ulike utredningene.

Som analyseramme kan man ta for seg samfunnsnivå («policy»), foretaksnivå («management») eller feltnivå («field»). Det er også forskjeller i hva man sammenlikner mot. På samfunnsnivå vil man typisk sammenlikne mot en referansebane (jf. «Business as usual», BAU, altså «hva som ellers ville skjedd»), eller mot en ønsket utvikling uttrykt i politiske mål eller internasjonale forpliktelser. Lavutslippssamfunnet 2050 (Miljødirektoratet, 2015) sammenligner mot en referansebane. På felt- og foretaksnivå vurderes beste tilpasning med utgangspunkt i resultat fra feltforsøk og praktiske situasjoner.

Utredninger på samfunnsnivå bygger i stor grad på samme grunnlag, forståelse og verdier som inngår i utslippsregnskapet. De legger gjeldende internasjonalt avklarte utslippsfaktorer til grunn (IPCC 2006), og vurderer potensial for utslippsreduksjon basert på statistikk og modellberegninger. I utslippsregnskapet er det husdyrhold, nitrogengjødsling og myr som bidrar mest til utslippstallene og det er avgjørende *hvor mye*: mengden (type og antall) av husdyr, nitrogengjødsel og myr som er i bruk. Variasjonen i praksis, som følge av naturgitte forhold og agronomisk praksis, blir i begrenset grad fanget opp av slik metodikk.

Slike utredninger legger vanligvis til grunn at matforsyningen ikke skal påvirkes og tilnærmingen blir derfor å analysere alternativ fordeling av produksjon og forbruk for å dekke et gitt matbehov. I de fleste tilfeller vil man også trekke inn muligheter for effektivisering slik at man oppnår samme produksjon med lavere utslipp. Det har vært økende fokus på matvaner, dvs. kosthold og matsvinn, som styrer sammensetning og nivå av produksjonen. Nedenfor gjengir vi resultat fra studier av nåværende produksjonsfordelinger, og hva variasjon og substitusjon mellom disse kan bety, før vi gjengir tiltaksanalyser som vurderer hvordan man kan optimalisere produksjonene framover.

7.4.1 Variasjon og substitusjon mellom produkter og produksjoner

For å belyse valgmuligheter er det mange studier som sammenlikner utslipp mellom produkter og produksjoner slik de ser ut i dag. Slike tall for utslipp per produkt kan angis ved ulike metoder. Én tar utgangspunkt i utslippsregnskapet og fordeler utslippene på de produktmengdene som inngår, hvilket resulterer i en gjennomsnittsverdi per produkt. Slike estimater (top-down) egner seg bedre til å dokumentere forskjellene *mellom* produksjoner, enn *innen* hvert produksjonssystem.

En annen beregningsmåte tar utgangspunkt i enkeltprodukter og baseres på livsløpsanalyser (LCA-analyser) som spenner over hele produktets verdikjede fra jord til bord. Utfordringen her er i hvilken grad slike verdier i enkelttilfeller (bottom-up) er generelt overførbare for hele produksjoner. En utfordring i begge tilfeller er usikkerhet knyttet til om alle påvirkninger som oppstår fra jord til bord fanges opp.

Estimat for klimagassutslipp kan angis per enhet produkt – for eksempel CO_2-ekvivalenter per kg, kcal eller mengde protein. Det innebærer en rekke forenklinger og forutsetninger når både klimabelastninger og produktegenskaper skal uttrykkes på samme skala. Det er viktig å være klar over hvilke forutsetninger og faktorer som inngår i analysene når det gjøres sammenligninger.

Ved utslippsberegninger per kg produkt, finner man med få unntak at vegetabilske matvarer har lavere utslipp enn animalske matvarer. Dette bildet er mindre entydig hvis man vurderer utslippsintensiteten på energibasis eller proteinbasis. Av animalske varer har melk og egg lavest utslippsintensitet. Kjøtt fra svin og fjørfe har lavere utslipp enn kjøtt fra storfe og sau. Ensidig kjøttproduksjon med drøvtyggere (sau og ammeku) har høyest utslipp. Det er likevel stort sprik i resultatene som oppgis for hver produktkategori, hvilket indikerer at det er behov for å utvikle bedre og mer standardiserte metoder for slike beregninger. Det er også forskjell i hvor god dokumentasjonen er for utslipp fra de ulike produksjoner. Nedenfor gis resultater fra noen slike analyser.

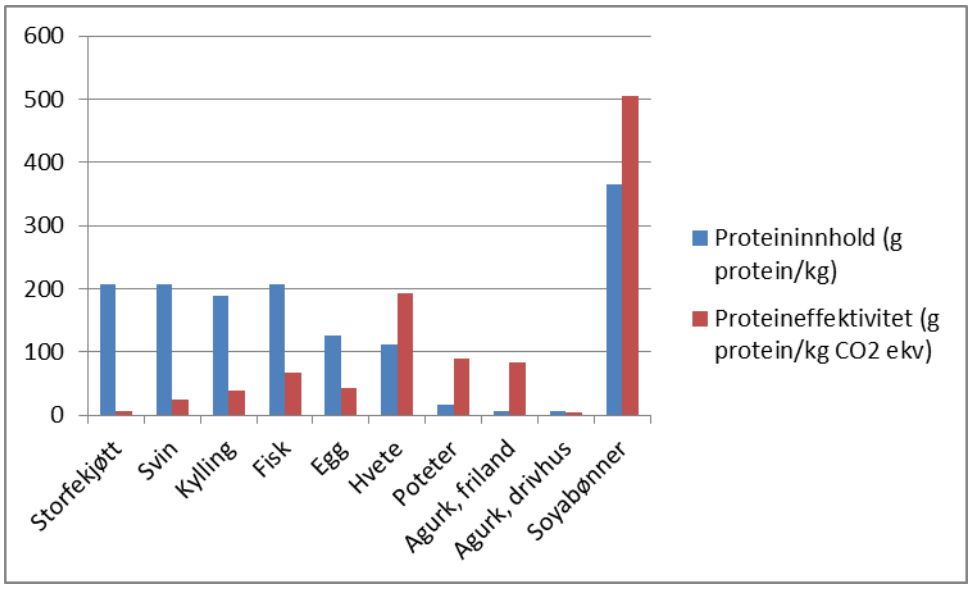
Variasjon mellom produkter

En livsløpsanalyse (LCA) som har fulgt norske produksjoner, fant at ett kilo kjøtt fra kombinert melkeproduksjon ga utslipp tilsvarende ca. 18 kg CO_2-ekvivalenter, mens det tilsvarende for melk var 1,5 og for brød 0,95 kg CO_2-ekvivalenter per kg produkt (Korsaeth, Jacobsen, et al. 2013, Roer, et al. 2013). I disse analysene var det brukt vide systemgrenser og inkludert produksjon av maskiner og bygninger og organisk materiale i jord. Det pågår et tilsvarende arbeid for ammeku og kombinasjon av svinekjøtt og kornproduksjon (Astrid Johansen, NIBIO, pers. medd.). I Tabell 5 er det gitt oversikt over resultater fra en LCA analyse som har studert klimagassutslipp ved ulike matvarer levert til havn i Sverige (González., Frostell og Carlsson-Kanyama 2011).

Tabell 5. Klimagassutslipp fra ulike typer matvarer, CO_2-ekvivalenter per kg produkt.
Kilde: (González., Frostell og Carlsson-Kanyama 2011).

Type produkt	Opprinnelsesland	Kg CO_2 ekv/kg matvare
Storfekjøtt	Sverige 1	32
	Sverige 2	20
	Storbritannia	23
	Frankrike	39
	Irland	29
	Argentina	22
	Uruguay	29
	Brazil	40
Svin	Sverige	7.2
	Storbritannia	9.2
Kylling	Sverige	2.9
	Storbritannia	6.6
Oppdrettslaks	Norge	2.6
	Chile	3.6
	Canada	3.6
Melk	Sverige	1
	Storbritannia	1.1
Egg	Sverige, lokalt fôr	5.5
	Sverige, importert fôr	1.6
	Storbritannia	1.9
Hvete	Sverige	0.38
	Storbritannia	0.83
	USA	0.8
Poteter	Sverige	0.16
	Sveits	0.14
	Danmark	0.09
	Storbritannia	0.27
	USA	0.35
Agurk	Sverige, drivhus oppvarmet med	2.6
	Sverige, friland	0.08
Tomater	Sverige, drivhus oppvarmet	3.7
	Spania, friland	0.37

Figur 32 viser klimagassutslipp fra noen matvarer målt i gram protein per kg CO_2-ekvivalente utslipp. Ut fra figuren er soyabønner en utslippseffektiv kilde til protein. Andre LCA-studier viser et annet bilde der utslippene kan komme opp i over 17 kg CO_2-ekvivalenter/kg produkt som tilsvarer hva man ofte finner ved kjøttproduksjon (Castanheira and Freire 2013).



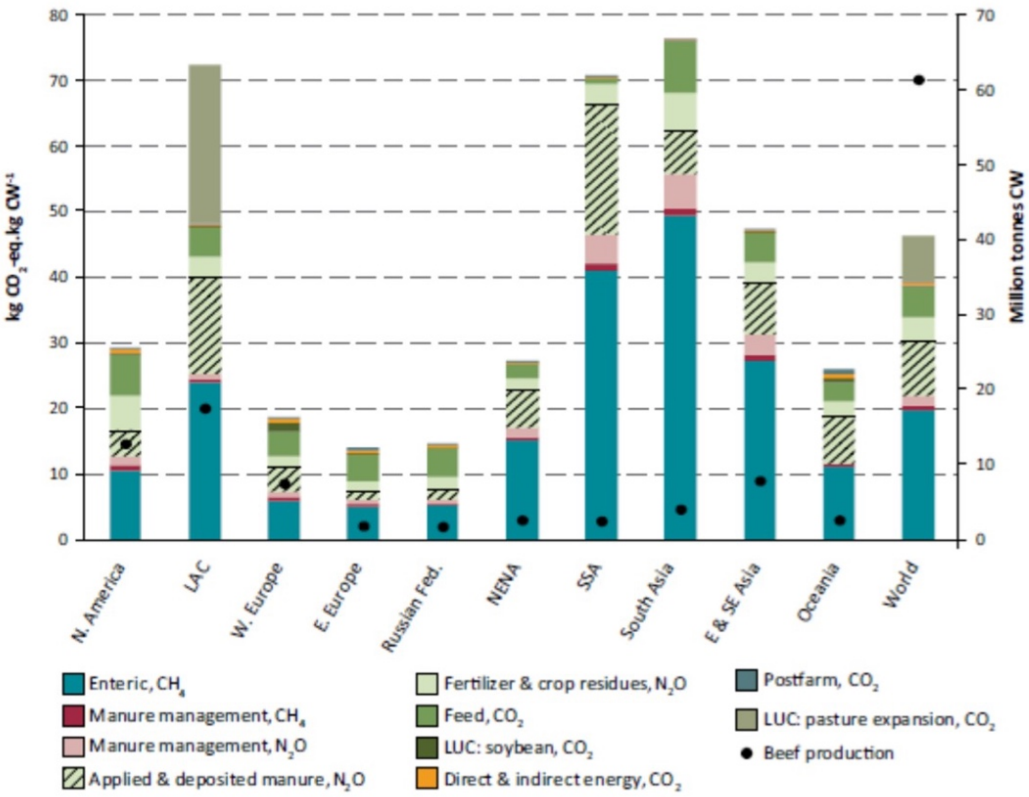
Figur 32: Proteininnhold og proteineffektivitet per kg CO_2-ekvivalente utslipp for ulike matvarer. *Kilde: Gonzalez et al. 2011*

Tabell 6 viser at CO_2 utslipp per kg kjøtt fra kombinert melk- og kjøttproduksjon i Norge er i en mellomposisjon i forhold til resultatene angitt i tabellen over (Grønlund 2015).

Tabell 6. Klimagassutslipp angitt som kg CO_2 ekvivalenter/kg kjøtt *(Grønlund, 2015)*

	Kg CO_2-ekv/ kg kjøtt
Storfe, komb. melk/kjøtt	15,4
Storfe ammeku	31,3
Lam	28,2
Svin	2,4
Fjørfe	1,0

I en FAO-rapport om klimagassutslipp fra husdyrproduksjon er det gjort en sammenstilling av klimagassutslipp i ulike deler av verden og hvilke kilder som bidrar til utslippene (Gerber, Dijkman og Falcucci 2013). Figur 33 viser klimagassutslipp for storfekjøtt (gjennomsnitt av kjøtt fra kombiku og spesialisert kjøttproduksjon) som er beregnet i denne studien. Det var høyest utslipp fra produksjon av kjøtt i Latin-Amerika og Karibien (LAC), sub-Sahara Afrika (SSA) og Asia (South Asia og E & SE Asia). Tall for Vest-Europa omfatter også Norge. Den største kilden til klimagassutslippene er enterisk metan, som varierer mellom ulike deler av verden på grunn av fôring. CO_2-utslipp knyttet til fôrproduksjonen (grønne farger) utgjør også jevnt over en stor andel, og større enn hva som fremgår i tilsvarende studier fra Norge. N_2O-utslipp etter spredning av husdyrgjødsel er den tredje viktige kilden. Forskjellene mellom verdensdelene gjenspeiler i stor grad forskjeller i effektivitet, dvs. at dyrene har lav tilvekst på grunn av dårlig fôr- og helsesituasjon.



Figur 33. Klimagassutslipp angitt som kg CO_2 ekv./pr kilo kjøtt og mengde kjøtt produsert i ulike deler i verden. Figuren viser også hvilke kilder som bidrar til klimagassutslippene. (Gerber, Dijkman og Falcucci 2013).

Dersom redusert kjøttproduksjon i Norge erstattes med importert kjøtt vil klimagassutslippene variere etter hvilket land det importeres fra. Tabell 5 og Figur 33 viser at ulike beregninger gir ulike svar, og at det er viktig å vite forutsetningene for et estimat før det blir tatt i bruk.

7.4.2 Tiltaksanalyser på samfunnsnivå

Det er utført flere tiltaksanalyser for å beregne reduksjon i klimautslipp i jordbruket. Klimakur (2010) og lavutslippsrapportene (Miljødirektoratet (2014, 2015) er analyser som omfatter klimatiltak i alle sektorer for å redusere nasjonale klimagassutslipp i tråd med klimapolitiske målsetninger. I tillegg er det beskrevet klimatiltak i Meld. St. 39 (2008-2009) og i utredninger fra forskningsmiljøer som NIBIO og NMBU. I slike analyser inngår vurdering av aktuelle tiltak, omfanget av gjennomføring, utslippsbesparelser og kostnader. Det er generelt lite og oppdatert kunnskap om kostnader for klimatiltak i jordbruket. I den grad det er vurdert, er det gjengitt Tabell 7.

I Miljødirektoratet (2014;2015) er det gjort en vurdering av tiltakenes kostnadskategori og gjennomførbarhet. På grunn av høy usikkerhet i kostnadsberegningene er tiltakene delt inn i ulike kostnadsgrupper istedenfor å oppgi konkrete tiltakskostnader; tiltakskostnader under 500 kroner per tonn, tiltakskostnader fra 500 – 1500 kroner per tonn og tiltakskostnader over 1500 kroner per tonn. Tiltakenes

gjennomførbarhet er vurdert på skalaen *mindre krevende, middels krevende* eller *mer krevende*. Dette er en skjønnsmessig inndeling.

Vurderingen er basert på:

- Tiltakets teknologimodenhet
- Hvorvidt det finnes, eller kan iverksettes et egnet virkemiddel (virkemidler) for å få utløst tiltaket. Det virkemidlet som er best egnet vurderes etter:
    - Grad av styringseffektivitet – vil virkemiddelet utløse tiltak og utslippsreduksjoner som anslått?
    - Fordelingsvirkninger – Er det slik at noen grupper rammes ekstra hardt, eller fordeles kostnadene på mange (for eksempel over statsbudsjettet)?
    - Administrative kostnader ved virkemiddelet – For eksempel vil detaljerte enkeltreguleringer av mange små utslippskilder ha høye administrative kostnader (utover tiltakskostnadene).

Gjennomførbarheten til noen tiltak er gjengitt i tabellen under, i den grad det er gjort en slik vurdering.

Tabell 7. Oppsummering av tiltak. Tiltakene gjelder for ulike tidsperioder, ulike referansebaner og kan være overlappende. Utslippsreduksjonene kan derfor ikke summeres. Referanser: (1)St. Meld. nr. 39 (2008-2009)(2) (Klimakur 2010) (3) (Grønlund og Harstad 2014) (4) (Miljødirektoratet 2015) (5) (Storlien og Harstad 2015) (6) (Klif 2013) (7) (Øygarden, et al. 2009)

Tiltak		Refe-ranse	Kostnad (kr/tonn)	Utslipps-reduksjon tonn CO_2-ekvivalenter	Forutsetning/ Gjennomførbarhet
Effektiv N-gjødsling av jordbruksjord	10 prosent reduksjon	(1)	-	30 000	I kornområder
	10 prosent reduksjon	(1)	-	140 000	I gras og beitemark
	Tiltakspakke A	(2)	540	113 000	Stripespredning, gjødselplan etc.
	Tiltakspakke B	(2)	-1200	90 000	Drenering, jordpakking, gjødsle under norm etc.
	Balansert N-gjødsling	(3)	Lavt	50 – 100 000	Uten avlingstap
	Økt lagerkapasitet for gunstigere spredetidspunkt	(7)	Høyt	12 000	Nybygging av lager med sikte på å eliminere høstspredning av husdyrgjødsel
	Miljøvennlig spredemetode	(7)	1000	10 – 15 000	Halvparten av foretak med melkeku
Drenering		(2)	-	16 000 – 52 000	I korn og gras/beite
Biogass av husdyrgjødsel		(1)	Samfunns-økonomisk lønnsomt	500 000	Inklusiv 600.000 tonn matavfall
		(2)	1700-3100	250 000 (136 500 + 136 500)	30 % + 30 – 60 % av husdyrgjødsel i 2020
		(6)	2300	300 000	30 % av husdyrgjødsel – anvendelse i bybusser
		(3)	Middels/høyt	100 – 300 000	30 % -100 % av husdyrgjødsel i dag

	(4)	>1500	100 000	35 % av tilgjengelig gjødsel i 2030. Gjennomførbarhet: Middels krevende.
Økt fett i fôrrasjonen	(5)	-	30 000 – 70 000*	1 – 2 % mer fett. Kun effekt på enterisk metan. I forhold til 2012.
Tidligere høstetidspunkt	(5)	-	45 000 – 65 000*	Enterisk metan. I forhold til 2012.
Overgang fra rødt til hvitt kjøtt	(3)	Lavt	235 000	10 000 tonn av dagens produksjon av storfekjøtt erstattes med svin og kylling
	(4)	<500	179 000	26 % reduksjon i storfekjøtt, tilsvarende økning i svinekjøtt i fht referansebane i 2030. Gjennomførbarhet: Mer krevende.
Overgang til et kosthold med mindre kjøtt	(4)	<500	152 000	Totalt kjøttforbruk reduseres med 11 prosent per person i 2030 i fht referansebane. Gjennomførbarhet: Mer krevende.
Mindre matsvinn	(4)	<500	56 000	Matsvinnet er redusert med 35 % i 2030 i fht referansebanen. Gjennomførbarhet: Middels krevende.
Økt effektivitet i saueholdet	(1)	Bedriftsøkonomisk lønnsomt	40 000	Høyere lammetall og lavere dødelighet.
Restaurering av myr	(2)	168-700	40 000	34 000 dekar dyrket myr er restaurert i 2030 med og uten produksjonstap
Stans i nydyrking av myr	(1)	-	335 000**	-
	(2)	61	78 000**	40 000 dekar myr er unngått dyrket i 2030.
	(3)	Lavt	200 000**	I 2030 i forhold til å dyrke 6000 daa myr pr år
	(4)	<500	131 000**	2030 i fht referansebane. Gjennomførbarhet: Mindre krevende.
Biokull fra restavling	(2)	900	560 000	75 % av halm i 2020
	(3)	Høyt	850 000	Fra 1 million tonn halm
	(4)	Høyt	350 000	30 % av tilgjengelig halm i 2050 i fht referansebane

* I en samlet beregning, hvor det i tillegg til disse to tiltakene også inngår en systematisk forbedring i alle ledd i melkekuproduksjonen, kan utslippene reduseres med 8 % av dagens totale utslipp av klimagasser fra jordbruket (Storlien og Harstad (2015).

** Både lystgassutslipp og CO_2-utslipp. Bare lystgassutslipp kan kreditert jordbrukssektoren i utslippsregnskapet.

Effektiv gjødsling av jordbruksjord

De agronomiske anbefalingene som gis for gjødsling er å tilpasse den mengden gjødsel som gir best forhold mellom avling og ressursinnsats.

Hos foretak med husdyr er hovedutfordringen å utnytte husdyrgjødsla best mulig. Reduksjonspotensialet ligger i å ta vare på nitrogenet i husdyrgjødsla slik at den kan utnyttes til plantevekst og dermed også redusere behovet for mineralgjødsel. For å få det til må det gjødsles på riktig tidspunkt og på riktig måte. Dette kan inkludere utstyr som fører gjødsla direkte ned på bakken (stripespredning) eller i jorda (nedfelling). Et annet område som er under utvikling i jordbrukssektoren, er presisjonsgjødsling (se omtale i 7.4.3.).

Til utredningen Klimakur 2020 ble det gjort beregninger av utslippspotensialet ved mer miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel (Øygarden, et al. 2009). Gjødselundersøkelsen 2000 fant at ca. 94 prosent av husdyrgjødsla ble spredd med bredspreder eller kanonspreder (Gundersen og Rognstad 2001). Med det som utgangspunkt beregnet man kostnader og utslippsbesparelser ved å øke bruken av stripespreder eller nedfeller, ved å øke lagerkapasitet og ved å tilsette vann til husdyrgjødsla, illustrert i tabell 8. Ved å ta i bruk stripespredning på 200 000 dekar (15 prosent) av aktuelle grasarealer ville lystgassutslippene bli redusert med 2700 tonn CO_2 ekvivalenter til en kostnad på 6 millioner kroner og spart mineralgjødsel til verdi av 3,8 millioner kr. Det innebærer en tiltaks-/rensekostnad på snaut 1000 kr per tonn CO_2-ekvivalenter. Ved å dimensjonere opp til halvparten av grasarealet ville lystgassutslippene bli redusert med ca. 14 500 CO_2-ekvivalenter. Om man i stedet gikk over til nedfelling ville lystgassutslippene bli redusert med 20 000 CO_2-ekvivalenter, men til en høyere kostnad.

Spredemetodene har varierende kostnader, gjennomførbarhet og utslippseffekt. Stripespreder og nedfeller forutsetter god arrondering og liten helling. For nedfeller kan det heller ikke være mye stein i jorda. Metodene krever nytt utstyr som er dyrere enn breispreder, og metodene er ikke regningssvarende overalt. Metoden med nedfelling har størst effekt mot utslipp, men metoden har liten arbeidsbredde og krever mer kjøring, og utstyret kan skade jordstrukturen slik at det kan dannes mer lystgass i jordsmonn (SLF 2012).

På bakgrunn av slike begrensende faktorer har Grønlund og Harstad (2014) angitt vurderinger av maksimalt potensiale for utslippsreduksjoner ved hver enkelt metode. Det ble antatt at disse metodene er aktuelle for halvparten av arealet på gårdsbruk med kyr. Dersom det benyttes stripespreder på 25 prosent av arealet og nedfeller på 25 prosent av arealet er samlet utslippsbesparelse anslått til 12 000 CO_2-ekvivalenter som er noe lavere enn anslaget fra 2009.

Tabell 8: Redusert NH_3-tap og N_2O-tap ved ulike spredemetoder for husdyrgjødsel. Alternativene er ikke overlappende, dvs. at man kun kan gjøre ett av dem på hvert areal. (Grønlund og Harstad 2014)

	Redusert NH_3-tap i forhold til breispredning	Maks. potensial for utslippsred.	
		Tonn CO_2-ekv.	Av landbrukets utslipp
Stripespreder	20 %	6 292	0,10 %
Vanntilsetning + stripespredning	40 %	12 585	0,20 %
Stripespreder og vanntilsetning	60 %	18 877	0,31 %
Nedfelling med DGI*	60 %	18 877	0,31 %
Nedfelling med skivenedfellere	60 %	18 877	0,31 %
Dyp nedfelling	90 %	28 315	0,46 %
Svartjordsnedfeller	60 %	18 877	0,31 %
Nedharving i løpet av tre timer	40 %	12 585	0,20 %
Nedpløying i løpet av tre timer	60 %	18 877	0,31 %

*DGI=direct ground injection=direkte innsprøyting i jord

Til Klimakur-utredningen ble det vurdert kostnader og besparelser av å bygge ekstra gjødsellager slik at mer gjødsel kunne spres på våren i stedet for sommer og høst. Det ble lagt til grunn samme spredemønster som i gjødselundersøkelsen fra 2000[7]. Man vurderte effekter av å eliminere høstspredning og halvere sommerspredning, og dermed oppnå økt nitrogenvirkning av gjødsla og redusert bruk og utslipp av mineralgjødsel. For foretak med eng fant man at nødvendig lagerutbygging ville innebære en årlig kostnad, inklusive avskrivninger, på 76 millioner kr, mens sparte mineralgjødselkostnader ble beregnet til 9,1 mill. kr. og sparte lystgassutslipp til 6600 tonn CO_2-ekvivalenter. For foretak med åker hvor det var større andel høstspredning fant man noe større besparelse per investerte krone.

Metodene for å spre husdyrgjødsel er i endring. Den siste SSB undersøkelsen (Gundersen og Heldal 2015) viste at for husdyrgjødsel på eng ble det brukt bredspreder (57 prosent), kanonspreder (20 prosent), stripespreder (18 prosent) nedfeller (1 prosent), gjødselvogn for fast gjødsel (4 prosent). I åpenåker var fordelingen nokså lik, med unntak for at 4 prosent av husdyrgjødsla ble felt ned, 9 prosent ble spredd med fastgjødselvogn. Man ser også en viss vridning mot gunstigere spredetidspunkt. Det er beregnet at det på eng og beite er spredd 59 prosent om våren, 38 prosent om sommeren og bare 3 prosent om høsten. På åkerareal ble 62 prosent spredd om våren, 23 prosent om sommeren og 15 prosent av N-mengden om høsten.

Utover lagerkapasitet kan det også være andre ulemper og praktiske problem med å flytte mer husdyrgjødselspredning til våren. For å treffe bedre med gjødselmengde og unngå stort nitrogenoverskudd om våren er det gunstig å avvente noe av spredningen utover i vekstsesongen, såkalt delt gjødsling. Fagnotatet om gjødsling peker på at knapphet på spredeareal i kort avstand fra lager kan legge

7 Undersøkelsen 2000 fant at husdyrgjødsla til eng og beite var fordelt med i snitt 2,8 m^3/daa om våren på 2,23 mill. dekar (57 prosent av gjødselmengde), 2,4 m^3/daa om sommeren på 1,65 mill. daa (37 prosent) og 2,3 m^3/daa på 0,26 mill. daa om høsten (5,5 prosent). Tilsvarende for husdyrgjødsla til åker var 3,6 m^3/daa. om våren på 0,93 mill. dekar (54 prosent), 3,2 m^3/daa. om sommeren på 0,56 mill. dekar (29 prosent) og 3,8 m^3/daa på 0,29 mill. dekar om høsten (17 prosent)

begrensninger for hvor mye som er aktuelt å spre om våren (Hoel et al., 2015). De angir likevel at det er et potensiale for bedre utnyttelse av gjødsla ved å spre minst mulig om høsten og endre spredetidspunkt.

I Klimakur-utredningen (2010) ble flere gjødslingstiltak vurdert sammen i tiltakspakker (A og B) for mer effektiv gjødsling av jordbruksjord og redusert utslipp av lystgass. Tiltakspakke A inkluderte bedre tilpasset gjødslingsplan, optimalt spredetidspunkt for husdyrgjødsel (inkludert større lagerkapasitet av husdyrgjødsel), spredemetoder (stripespredning, nedfelling, tilsetting av vann). Tiltakene ble beregnet til å kunne redusere utslippene med 113 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Tiltakene ble beregnet gjennomført på en viss andel av jordbruksarealet. Kostnadene ble beregnet til å være 540 kr/tonn CO_2-ekvivalenter.

Tiltakspakke B beregnet effekt av å redusere gjødsling til 15 prosent under norm, noe som ville gi større reduksjon i utslipp av lystgass. For å kompensere for uønsket avlingsnedgang, forutsatte man at tiltaket ble kombinert med tiltak for bedre drenering og redusert jordpakking som skulle gi bedre næringsstoffutnyttelse og opprettholde avlingsnivået. Det ble beregnet at dette tiltaket ville redusere lystgassutslippene med 90 000 CO_2 ekvivalenter. Dersom redusert gjødsling medfører avlingsnedgang kan det kreve mer dyrkingsareal for å opprettholde produksjonen. Dersom dette avlingstapet kompenseres med nydyrking av myr- eller skogarealer, kan utslipp fra disse arealene gi større klimagassutslipp enn besparelsen ved redusert gjødsling. Tiltakene er vurdert gjennomført på en viss andel av jordbruksarealet og beregnet kostnadseffektivitet på -1200 kr/tonn CO_2-ekvivalent (samfunnsøkonomisk lønnsomt).

I Grønlund og Harstad (2014) ble det antatt at gjødselforbruket kan reduseres med ca. 10 prosent uten av avlingene går ned. Dette vil gi en reduksjon i beregnet utslipp av lystgass fra jord på ca. 50 000 tonn CO_2-ekvivalenter i året, som utgjør ca. 0,8 prosent av dagens utslipp fra jordbruket. Redusert N-gjødsling må også antas å føre til redusert utslipp av lystgass fra avrenning. Den totale effekten av 10 prosent redusert gjødselforbruk kan anslås til mellom 50 000 og 100 000 tonn CO_2-ekvivalenter som tilsvarer mellom 1 og 1,5 prosent av jordbrukets utslipp. Kostnadene for et slikt tiltak ble vurdert til å være lave.

Drenering

Til Klimakur-utredningen ble det antatt at 5 prosent av arealet trengte grøfting og det ble beregnet effekt av å grøfte 40 prosent av dette arealet. Det ble antatt 15 prosent avlingsøkning og lystgassutslipp på 1,25 prosent av tilført mengde nitrogen på drenert jord og 3 prosent på dårlig drenert jord. Det ble estimert sparte lystgassutslipp på ca. 16 000 tonn CO_2 ekvivalenter fra kornarealet som tilsvarer 0,35 kg CO_2 ekvivalenter pr kg korn på arealet med forbedret drenering. For eng ble det estimert til 52 000 CO_2 ekvivalenter som tilsvarer 0,5 kg CO_2 ekvivalenter pr. kg grastørrstoff på areal med forbedret drenering.

Husdyrgjødsel brukt til biogassproduksjon

Biogass dannes når organisk materiale (gjødsel, matavfall, planterester, avløpsvann og annet) brytes ned av mikroorganismer i oksygenfritt miljø. Biogass består i hovedsak av metan. Ved forbrenning dannes CO_2 og vann. Siden råstoffet kommer fra biologisk materiale regnes forbrenningen som klimanøytral da utslippene går inn i det naturlige CO_2-kretsløpet. Etablering av biogassanlegg basert på husdyrgjødsel vil kunne gi en dobbel klimaeffekt ved at det bidrar til å redusere utslippene av klimagassene metan og lystgass fra lagring og spredning av husdyrgjødsel, samtidig som det blir produsert energi. Biogass kan utnyttes til produksjon av varme og drivstoff. De viktigste råvarene for biogassproduksjon er våtorganisk avfall, avløpsslam, husdyrgjødsel og annet organisk materiale. Husdyrgjødsel utgjør en stor kilde for produksjon av biogass. Dette tiltaket har vært utredet som et klimatiltak i jordbruket i flere omganger de siste årene.

I Meld St. 39 (2008-2009) ble det vurdert at ved å benytte 30 prosent av all husdyrgjødsel i Norge til biogassproduksjon sammen med 600 000 tonn matavfall, kunne utslippene av klimagasser reduseres med 500 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

I Klimakur (2010) ble det vurdert biogassproduksjon i to trinn med 30 prosent (trinn 1) og 30-60 prosent (trinn 2) av husdyrgjødselmengden og i tillegg vurdering av med og uten sambehandling med våtorganisk avfall. Utslippsreduksjoner ble vurdert til om lag 280 000 tonn CO_2 ekvivalenter for de to trinnene sammenlagt. Effekten av CO_2 gevinsten ved bruk av biogass bokføres i den sektor der fossile brensler erstattes.

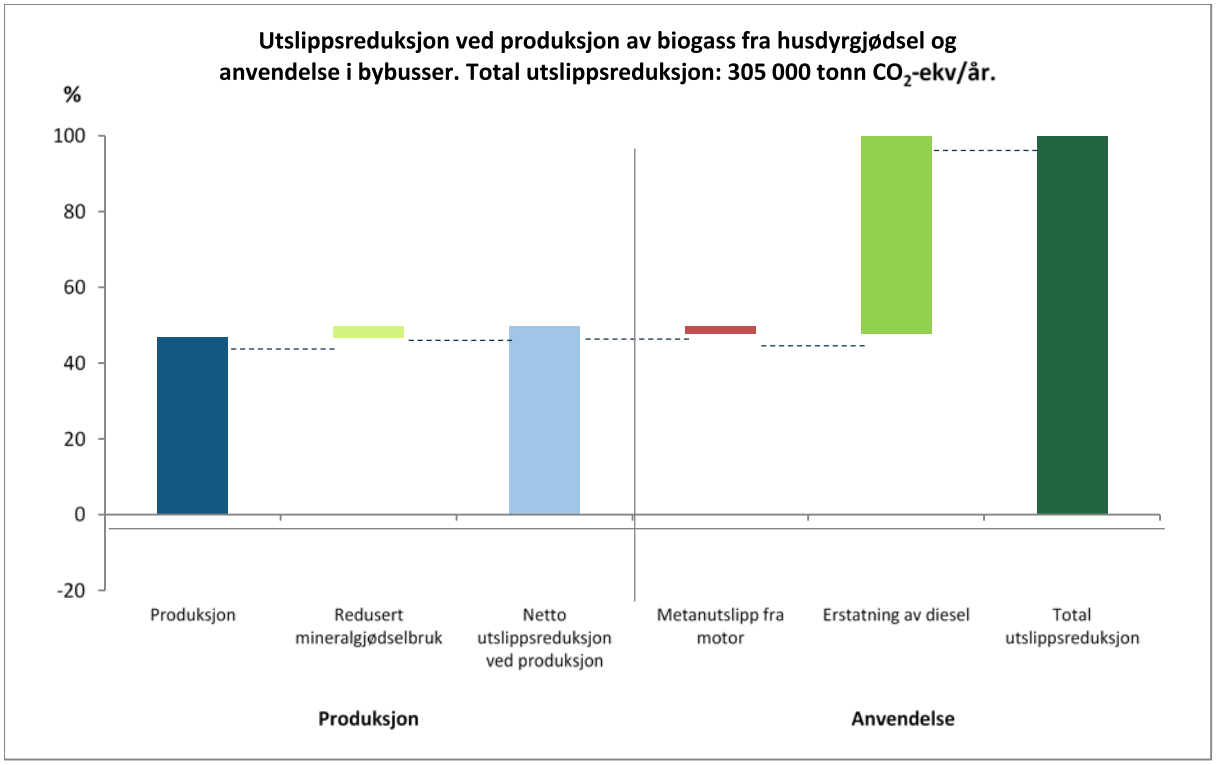
I underlagsmaterialet for tverrsektoriell biogass-strategi ble det beregnet utslippsreduksjoner for produksjonen av biogass fra husdyrgjødsel og våtorganisk avfall (Klif 2013). Det realistiske potensialet for biogassproduksjon i Norge mot 2020 ble anslått til å være rundt 2,3 TWh. Kun en liten del av potensialet er allerede utløst; per i dag produseres rundt 0,5 TWh med biogass. Det gjenstående realistiske potensialet for biogassproduksjon fram mot 2020 er dominert av våtorganisk avfall (i underkant av 1 TWh) og husdyrgjødsel (cirka 0,7 TWh). På lengre sikt kan andre råstoff som for eksempel skogsavfall, alger og slam fra fiskeoppdrett være aktuelle for biogassproduksjon og kan øke potensialet betraktelig. Forbedringer i produksjonsprosessen vil øke potensialet ytterligere. Det ble beregnet en utslippsreduksjon for dette potensialet for husdyrgjødsel på om lag 300 000 tonn CO_2-ekvivalenter per år, inkludert utslippsreduksjoner ved å erstatte fossilt drivstoff med biogass i buss. Tiltakskostnaden for biogassproduksjon for husdyrgjødsel ble beregnet til 2300 kr/tonn CO_2-ekvivalent, dersom biogassen blir benyttet til å erstatte diesel i bybusser. Figur 34 viser hvordan utslippsreduksjonen fordeler seg på klimagassutslipp fra produksjonen i jordbruket og på anvendelse i bybusser.

Faktaboks: Greve biogass - drivstoff produsert fra matavfall og husdyrgjødsel i stor skala

Lokalisert på Rygg utenfor Tønsberg, skal Greve biogass ta imot store mengder husdyrgjødsel fra landbruket. Dette skal sammen med matavfall fra bl.a. innbyggerne i Vestfold og Grenland behandles i fabrikken. Fabrikken produserer to klimanøytrale produkter, biogass til drivstoff og biogjødsel til bruk som erstatning for kunstgjødsel i landbruket.

Samarbeidet med landbruket har vært tett helt siden planene om et biogassanlegg i Vestfold kom på banen, og har bl.a. resultert i at Greve Biogass har fått tildelt 5,5 millioner kr i utviklingsmidler fra Innovasjon Norge, med status som Nasjonalt Pilotanlegg. Ved bruk av 60 000 tonn husdyrgjødsel, vil anlegget innfri sin del av et nasjonalt mål fra klimaforliket om at 30 prosent av at husdyrgjødsla skulle benyttes til biogassproduksjon allerede i 2016. Anlegget vil, med investeringsstøtte til utvikling av siste trinn, kunne bli et nasjonalt pilotanlegg med Nordens høyeste netto klimanytte per tonn behandlet matavfall.

Anlegget er i en oppstartsfase, offisiell åpning 1. juni 2016.



Figur 34. Reduksjon av klimagassutslipp gjennom verdikjeden ved biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel (øverst) og våtorganisk avfall (nederst), anvendt i bybusser. *Klif (2013)*

I Grønlund og Harstad (2014) ble det antatt at produksjon av biogass kan redusere utslippene fra husdyrgjødsla med ca. 90 prosent som følge av biogassproduksjon. Dersom det blir produsert biogass av all husdyrgjødsel (100 prosent) utenom beite vil det omfatte ca. 27 500 bruk og gi ca. 71 00 tonn metan som kan gi en substitusjonseffekt på ca. 214 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Utslippsreduksjonen fra gjødsellager er beregnet til ca. 321 000 CO_2-ekvivalenter og den totale klimagasseffekten er beregnet til ca. 535 000 CO_2-ekvivalenter. Kostnaden er vurdert til middels/høyt.

I Miljødirektoratet (2015) innebærer biogasstiltaket at det produseres biogass av husdyrgjødsel og restavlinger av potet og grønnsaker. Dette vil redusere direkte utslipp av metan og lystgass fra gjødsellager, samt lystgassutslipp fra spredning av husdyrgjødsel og fra restavlinger. Det er forutsatt at 35 prosent av tilgjengelig mengde husdyrgjødsel og restavling i 2030 ble brukt til biogassproduksjon. Utslippsreduksjon ble beregnet til 101 000 CO_2 ekvivalenter sammenlignet med referansebanen i 2030. Substitusjonseffekten på 151 000 CO_2 ekvivalenter vil bli bokført i den sektoren biogassen benyttes. Samme kostnadsberegning som i Klif (2013) ble lagt til grunn, og tiltaket ble plassert i kostnadskategorien «Høy» (> 1500 kr/tonn CO_2-ekvivalenter). Gjennomførbarheten er satt til middels krevende fordi det er barrierer knyttet til for eksempel infrastruktur og utnyttelse av biogassen og bioresten.

Økt fett i fôrrasjonen

Storlien og Harstad (2015) har gjort vurderinger av å tilsette 1 og 2 prosentpoeng ekstra fett i rasjonen. Basert på en 5 prosent reduksjon i enterisk CH_4 per prosentenhet økning i innholdet av fett i rasjonen beregnet man en reduksjon på 1,9 og 3,7 prosent av klimagassutslipp fra melkekupopulasjonen ved tilførsel av henholdsvis 1 og 2 prosent fett. Dette tilsvarer 0,7 prosent (30 000 tonn CO_2-ekvivalenter) og 1,5 prosent (70 000 tonn CO_2-ekvivalenter) av det totale utslipp fra jordbruket i dag. De anbefaler at dette diskuteres grundig sammen med fôr- og meieriindustrien før det stimuleres til å iverksettes et slikt tiltak. Det er ikke vurdert kostnader for dette tiltaket.

Tidligere høstetidspunkt

Resultatene fra Storlien og Harstad (2015) viser at dersom tidligere høstetidspunkt hadde hevet energikonsentrasjonen i grovfôret fra 0,82 (dagens nivå ligger omtrent på 0,83 – 0,85 FEm/kg TS) til 0,88 FEm/kg TS, vil metanutslippene fra melkekupopulasjonen bli redusert i størrelsesorden 2,5 – 3,6 prosent. Dette tilsvarer 1 – 1,4 prosent av jordbrukets totale utslipp (tilsvarer 45 000 – 65 000 tonn CO_2-ekvivalenter), med størst utslag ved det laveste ytelsesnivå. Resultatene viser også at slike tiltak vil ha liten betydning for hvor mye nitrogen – og derav lystgass – som kan slippe ut med gjødsel. Det er ikke vurdert kostnader for dette tiltaket.

Overgang fra rødt til hvitt kjøtt

I Miljødirektoratet (2015) ble det beregnet økt produksjon og forbruk av kjøtt fra svin på bekostning av kjøtt fra ammeku som brukes til spesialisert storfekjøttproduksjon. Dette fører til økt kraftfôrbasert produksjon og redusert grasproduksjon. Utslipp fra produksjon av svin og kyllingkjøtt har lavere klimagassutslipp pr kg kjøtt (se tabell 9). Grunnlag for en slik driftsomlegging er bare aktuelt der det er mulig å dyrke korn. I korndyrkingsområdene på Østlandet og Trøndelag er kornarealet i dag redusert og samtidig har det vært en økning i grasareal og antall ammekyr. Totalt var 43 prosent av

ammekuproduksjonen i 2012 lokalisert i korndyrkingsområdene. Grønlund og Harstad (2014) har beregnet at dersom 10.000 tonn kjøtt fra grasbasert kjøttproduksjon ble erstattet av kjøtt fra svin eller fjørfe, ville den årlig utslippsreduksjonen bli 235 000 tonn CO_2 ekvivalenter.

Tabell 9. Klimagassutslipp og kjøttproduksjon ved gras- og korndyrking på Østlandet. Grønlund og Harstad (2014).

	Grasbasert produksjon			Kornbasert produksjon		
	Sau	Amme-ku	Gj.sn. sau/ ammeku	Svin	Kylling	Gj.sn. svin/ kylling
Klimagassutslipp, kg CO_2-ekv. per dekar						
Metan fordøyelse	306	244	275	19	10	15
Metan gjødsellager	6	14	10	25	15	20
Lystgass fra husdyrgjødsel	191	63	127	33	67	50
Lystgass fra min.gjødsel og avrenning	85	92	88	94	99	96
CO_2-tap fra jord	-17	-9	-13	110	110	110
Sum utslipp	571	403	487	281	301	291
Kg kjøtt per dekar	22	16	19	70	154	112
CO_2-ekvivalenter per kg kjøtt	26	26	26	4,0	1,9	2,6

Det er viktig å være oppmerksom på at dersom den reduserte produksjon av grovfôrbasert kjøtt ble erstattet med økt import, ville det ikke nødvendigvis føre til reduserte globale utslipp. Tilsvarende kan omleggingen også innebære endringer i fôrimport, eksempelvis fra soya. Kornarealet i Norge er redusert, og det arbeides for økt norsk kornproduksjon. Det pågår også forskning og utvikling av andre fôrmidler, proteinkilder som kan påvirke fremtidige fôringsmuligheter og dermed også import av kraftfôr. Dette illustrerer kompliserte sammenhenger, nødvendigheten av å klargjøre forutsetninger for beregninger, og at ny kunnskap om for eksempel fôring kan gi store utslag.

Overgang fra storfekjøtt til svinekjøtt

I Miljødirektoratet (2015) ble det beregnet et lignende tiltak som «rødt til hvitt kjøtt» som er beskrevet over. Men på grunn av at økt fjørfeproduksjon lå til grunn i referansebanen for denne analysen, ville en ytterlig økning ikke være særlig realistisk. Tiltaket beregner derfor kun økt svineproduksjonen (ikke fjørfe) på bekostning av ammekuproduksjonen for å redusere forbruket av rødt kjøtt. Potensialet for utslippsreduksjon er beregnet til om lag 179 000 tonn CO_2-ekvivalenter i 2030. Dette forutsetter at forbruket av kjøtt fra ammekyr reduseres med 26 prosent i 2030 i forhold forbruket i 2012, og erstattes med svinekjøtt. Tiltakskostnaden er vurdert til å være samfunnsøkonomisk lav, og gjennomførbarheten er satt til mer krevende. Det vil blant annet være barrierer knyttet til å endre etterspørsel etter mindre rødt og mer hvitt kjøtt hos befolkningen.

Overgang fra kjøtt til vegetabilsk mat og fisk

I Miljødirektoratet (2015) ble det beregnet effekt av tiltak der forbruket av kjøtt er 11 prosent lavere i 2030 enn i 2012, fra 75 kg/person til 67 kg/person pr år. Både forbruket av storfekjøtt og svinekjøtt er lavere enn i referansebanen i 2030. Proteinbehovet dekkes ved økt forbruk av fisk, energibehovet dekkes ved økt forbruk og produksjon av kornprodukter, potet, frukt og grønnsaker i Norge. Korn og potet forutsettes økt med 3 prosent, frukt og grønt med 4 prosent og fisk med 15 prosent i forhold til 2012, egg og melk er forutsatt redusert med 16 og 7 prosent. Tiltaket er forventet å gi en utslippsreduksjon på 152 000 CO_2 ekvivalenter. Tiltakskostnaden er vurdert til å være samfunnsøkonomisk lav, og gjennomførbarheten er satt til mer krevende. Det vil blant annet være barrierer knyttet til å endre etterspørsel av kjøtt i befolkningen.

Mindre matsvinn

I Miljødirektoratet (2015) er matsvinnet pr person angitt til ca. 46 kg /år i 2012, om lag halvparten av dette svinnet er mat produsert i Norge. Klimagassutslipp i jordbruket fra matsvinn av norsk produsert mat utgjør ca. 200.000 tonn CO_2-ekvivalenter. Mindre matsvinn vil redusere behovet for produksjon av alle typer matvarer og resulterer derfor i lavere metan og lystgassutslipp. Mindre matsvinn påvirker også behov for jordbruksareal både kornareal og grasareal. Overskudd på grasareal kan gi handlingsrom for lavere intensitet i grasdyrking, tidligere høstetidspunkt for bedre fôrkvalitet og dermed mindre kraftfôrbehov og vektlegging av kulturlandskap. 35 prosent mindre matsvinn i 2030 ble beregnet å gi utslippsreduksjon på 56 000 tonn CO_2 ekvivalenter. Tiltakskostnaden er vurdert til å være lav, og middels krevende å gjennomføre fordi det blant annet er vanskelig å finne styringseffektive virkemidler.

Effektivisering av saueholdet

Ved produksjon av sau er det en utfordring å få høyest mulig kjøttproduksjon per mordyr. Dette kan gjøres ved å oppnå høyere lammetall (øke gjennomsnittlig antall lam per søye) og redusere dødeligheten. Medlemmene i sauekontrollen til Animalia (30 prosent av total norsk produksjon) har et høyere gjennomsnittlig lammetall per søye enn det som er gjennomsnittet for norsk produksjon samlet. Det tyder på at det er mulig å oppnå forbedringer. Tiltaket på dette området er beregnet ut fra at den samlede, norske produksjonen kommer opp på sauekontrollens gjennomsnittsproduksjon. Dette gir en reduksjon av utslippene på 40 000 tonn CO_2-ekvivalenter (Meld. St. (2009)). Tiltaket anses å være lønnsomt uten ytterligere virkemidler. Gjennomførbarheten er ikke vurdert, men det kan være en utfordring siden det er mange produsenter som skal øke effektiviteten.

Restaurering av myr

Restaurering av myr innebærer tilbakeføring av dyrket myr eller torvtak til naturtilstand gjennom heving av grunnvannet og reetablering av myrvegetasjon. Høyere grunnvannstand antas å føre til gjenoppbygging av torva og lagring av karbon og lavere utslipp av lystgass på grunn av reduksjon til nitrogengass (N_2), men også til noe høyere utslipp av metan.

I Klimakur (2010) ble det anslått at dersom det innen 2030 er restaurert 34 000 dekar dyrket myr som er tatt ut av drift vil det bidra til en utslippsreduksjon på 40 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Både utslipp av CO_2 og lystgass blir unngått. Det er ikke beregnet med økte metanutslipp. Det påpekes at det hefter stor usikkerhet ved estimatene på grunn av lite erfaring med restaurering av myr i Norge. Kostnadene er

beregnet til 168 – 700 kr/tonn CO_2-ekvivalenter, avhengig av om det medregnes at restaureringen fører til produksjonstap eller ikke.

Stans i nydyrking av myr

Tiltaket innebærer å ikke dyrke opp nye myrarealer, dette hindrer omdanning av karbonlageret med utslipp av CO_2 og lystgass. 7 prosent av dagens jordbruksareal er dyrket myr.

I Meld. St (2009) er det beregnet at stans i nydyrking av myr gjør at man avverger utslipp av 335 000 tonn CO_2-ekvivalenter samlet for CO_2 og lystgass. Dette potensialet innebærer også reduserte utslipp som følge av at myrjord på allerede drenerte arealer går over til mineraljord (myrsynking).

I Klimakur (2010) ble stans i nydyrking beregnet å gi en reduksjon på 78.000 CO_2 ekvivalenter i 2030 som forutsatte at 40 000 dekar myr er unngått drenert.

Grønlund et al. (2014) tok utgangspunkt i at det nydyrkes 6000 dekar myr per år og at årlige klimagassutslipp per dekar er ca. 2,45 tonn CO_2-ekvivalenter. Det kan vurderes opp mot et alternativ med å dyrke opp mineraljord hvor det står skog, som medfører bortfall av CO_2-opptak i skogbiomasse. Gjennomsnittlig årlig tilvekst i skog på dyrkbare arealer tilsvarer et opptak på ca. 0,5 tonn CO_2 per daa., som gir en besparelse ved å dyrke opp skog fremfor myr på snaut 2 tonn CO_2-ekvivalenter per daa. Utslippsreduksjonen ved å avstå fra nydyrking av myr er 200 000 tonn CO_2-ekvivalenter i 2030, og 440 000 tonn CO_2-ekvivalenter i 2050.

I Miljødirektoratet (2015) var det i referansebanen fram mot 2050 forutsatt en årlig nydyrking av myr på 2000 dekar, noe som er mindre enn den årlige avgangen av dyrket myr grunnet naturlig myrsynking. Stans i nydyrking av myr antas å føre til at arealet av dyrket myr i 2030 er redusert til 78 prosent av arealet i 2012, mens det i referansebanen er forutsatt en reduksjon til 86 prosent av nivå i 2012 (på grunn av myrsynking og arealer tatt ut av drift). Tiltaket stans i nydyrking av myr fører derfor til 8 prosent mindre dyrket myrareal i 2030 enn i referansebanen. Utslippsreduksjonen i år 2030 er beregnet til ca. 131 000 CO_2 ekvivalenter dersom stansen iverksettes fra 2016, fordelt på lystgass (31 000 tonn CO2-ekvivalenter) og CO_2 (100 000 tonn CO_2). Det er usikkerhet om omfanget av hvor mye myrareal som nydyrkes årlig. Referansebanen forutsetter 2000 dekar, men det er mulig at arealet er underestimert (anslått ca. 5000 daa). Dersom arealet er større er også potensialet for utslippsreduksjon underestimert.

Biokull

Biokull er forkullede rester biomasse, dannet ved pyrolyse av for eksempel halm, trevirke og skogsavfall. Pyrolysen gjør at karbonet blir motstandsdyktig mot nedbrytning og biokull kan dermed betraktes om som et «karbonnegativt» tiltak da prosessen hindrer nedbrytning av biomasse med utslipp av CO_2.

Biokull kan lages av halm, kornavrens, ved og skogsavfall og er ikke begrenset av råstofftilgang. I Klimakur 2010 ble det beregnet at dersom dagens halmmengde utnyttes vil det gi en total utslippsreduksjon på ca. 850 000 tonn CO_2 som karbonlagring og erstatning av fossilt karbon. Det ble lagt til grunn storstilt bruk av biokull – gjentatt årlig på basis av 75 prosent av tilgjengelige halmmengder. Biokull var imidlertid et nytt og uprøvd tiltak med usikker dokumentasjon og gjennomføring.

Dersom jordbruket skal ta i bruk biokull må det ha en positiv effekt på jordkvalitet, føre til økte avlinger eller redusere miljøpåvirkninger. Det pågår forskning på disse effekter i Norge nå. Den største barrieren for biokull som klimatiltak er kostnadene. Det må også etableres produksjonsanlegg og distribusjon. Det første norske demonstrasjonsanlegg for produksjon av biokull etableres i Vestfold i 2016.

7.4.3 Konsekvenser av klimatiltak for jordbruksareal

Klimatiltak i jordbruket kan også ha konsekvenser for behovet for jordbruksareal. Tabell 10 viser behov for jordbruksareal ved de ulike klimatiltak i jordbruket beregnet i lavutslippsrapportene (Grønlund, 2015). Tabellen viser arealbehov ved dagens matproduksjon og for ulike beregninger i 2030 med forventet befolkningsvekst og økt matproduksjon i takt med befolkningsøkningen. Med videreføring av dagens kosthold og produksjonssystem også ved en økende befolkning, er det forventet en økning i behovet for jordbruksareal fra 9,9 millioner dekar til 11,7 millioner dekar i 2030. I et lavutslippsscenario i 2030 hvor tiltakene Stans i nydyrking, Mindre matsvinn, Biogass og fra Kjøtt til vegetabilsk er innført, er det behov for 9,5 millioner dekar jordbruksareal.

Tabell 10. Arealbehov ved de ulike beregningene. Beregninger til lavutslippssamfunnet 2050. *(Grønlund, 2015., Bioforsk rapport nr. 24, 2015.).*

	Totalt	Korn	Andre mat-vekster	Høstet grovfôr	Innmarks-beite	Annet jordbruks-areal
Dagens areal	9,9	3,0	0,2	5,0	1,6	0,1
Areal 2030						
Med dagens praksis og effektivitet	11,7	3,6	0,3	5,9	1,9	0,1
10 % økte korn- og grasavlinger	10,7	3,2	0,3	5,4	1,7	0,1
Økt melkeytelse	11,1	3,5	0,3	5,5	1,7	0,1
Referansebanen NB2015	**10,3**	**3,4**	**0,3**	**5,0**	**1,6**	**0,1**
Rødt til hvitt kjøtt	9,8	3,4	0,3	4,6	1,5	0,1
Stans i nydyrking av myr	10,3	3,4	0,3	5,0	1,6	0,1
Mindre matsvinn	10,1	3,3	0,3	4,8	1,5	0,1
Biogass	10,3	3,4	0,3	5,0	1,6	0,1
Fra kjøtt til vegetabilsk	9,8	3,2	0,3	4,7	1,5	0,1
Lavutslippsscenario	9,5	3,1	0,3	4,6	1,5	0,1

7.4.4 Tiltak på foretaksnivå for de enkelte produksjoner

Reelle utslipp kan variere mye ut fra de naturgitte og driftsmessige forhold på den enkelte gård. Da kan også andre tiltak være mer virksomme enn de som er vurdert på samfunnsnivå. Her gis en oversikt over tiltak som kan gjennomføres i husdyr- og planteproduksjon inndelt etter de ulike driftsoppgaver. En

utfordring ved mange slike tiltak er at selv om de gir effekt, kommer det ikke nødvendigvis til syne i utslippsregnskapet.

7.4.4.1 Tiltak i husdyrproduksjonen

Tiltak mot utslipp fra husdyrproduksjon kan deles inn etter om de virker via fôret eller om de på annen måte påvirker dyras effektivitet, dvs. forholdet mellom produkt og utslipp. Eksempler på det er bedret fruktbarhet og flere kalvinger per ku som gir mer melk og kjøtt for hver ku. I tillegg kommer tiltak knyttet til fôrproduksjon som er omtalt ellers i rapporten. I rapporten «Klimagasser fra jordbruket» (Grønlund og Harstad 2014) beskrives mulige tiltak i husdyrproduksjonen.

Storlien & Harstad (2015) har gjort nye analyser og anslår, med bakgrunn i en undersøkelse som omfatter 30 melkebruk (Tabell 4) at det er et reduksjonspotensial for klimagasser fra melkeproduksjonen i 2030 på 20 prosent noe som utgjør 8 prosent av totalutslippet fra jordbruket. Dette kan oppnås dersom det gjøres systematisk forbedring i fôrdyrking, fôrhåndtering, fôring og stell, fruktbarhet, dyrehelse og avlsarbeid. Det drives betydelig forskning og forsøk med fôrkvalitet, fôrsammensetning, nye fôrråvarer, tiltak for bedre fôrutnytting og husdyravl der fôrutnytting og dermed også utslippsreduksjoner blir prioritert.

Fôrtiltak

Tiltak med fôr kan virke direkte mot fermenteringen og metandannelsen i vomma, på hva som slipper ut med husdyrgjødsla, eller på hvor godt dyra utnytter fôret.

Dersom en bytter ut deler av grovfôrrasjonen med kraftfôr vil en isolert sett kunne redusere utslippet av enterisk metan. Det skyldes at kraftfôr gir gunstigere forhold mellom de flyktige fettsyrene i vomma sammenlignet med grovfôr. Potensialet ved dette tiltaket er i praksis begrenset fordi forholdet mellom kraftfôr og grovfôr i rasjonen allerede er høy i mange situasjoner.

Kvaliteten på grovfôret har avgjørende virkning både på produksjon og klimautslippene. Opptaket av grovfôr i vomma, og dermed behov for kraftfôr, har nær sammenheng med energikonsentrasjonen (FEm/kg TS) i grovfôret. Energikonsentrasjonen i graset går ned med utsatt høsting og høstetidspunkt er den faktoren som har størst virkning på energikonsentrasjonen. Høsting ved et tidlig utviklingsstadium kan gi lavere utslipp av metan fra fordøyelsen sammenlignet med utsatt høsting.

Spesielle egenskaper i fôr eller bruk av fôrtilsetninger kan ha en direkte effekt på utslippet av enterisk metan. Det er lagt ned mye forskning for å komme fram til egnete løsninger og tilsetninger, herunder stoffer som tanniner, saponiner, eteriske oljer, gjær og propionproduserende bakterier. Kløver inneholder naturlig noe saponiner, noe som kan forklare at kløver har gitt mindre utslipp av enterisk metan enn gras. En litt mer fettrik rasjon er det tiltaket som har gitt størst og mest konsistent virkning. Imidlertid kan fett ha negative virkning på fordøyeligheten av fôret, og kan ha stor virkning på fettsyresammensetningen og dermed ernæringsmessig kvalitet og smaksegenskaper til melk og kjøtt. Utfordringen ligger i å komme fram til hensiktsmessige kilder for fett, og optimal nivå for tilsetting.

Dersom tilførselen av protein høyere enn det fysiologiske behovet til dyrene, vil utskillelsen av nitrogen i gjødsla øke, og lede til økt lystgassutslipp per enhet produkt. Derimot vil en økning av proteintilførselen

opp til norm kunne senke utslippet av lystgass per enhet produkt fordi veksten i produksjon er høyere enn veksten i utskillelse. I klimasammenheng er det derfor viktig å tilpasse proteinfôringa til behovet.

Hos enmagede dyr er det viktig at aminosyrene som blir tilført stemmer godt overens med hva som trengs til produksjonen av egg og kjøtt (høg biologisk verdi). Forskningen på dette området har bidratt til å øke effektiviteten i utnyttelsen av nitrogen i fôret slik at utslippet av lystgass per produktenhet er redusert.

Tiltak for høyere effektivitet

Forhold som har betydning for forholdet mellom produkt og utslipp i husdyrholdet er:

- Ytelsesnivået i melkeproduksjonen
- Lengde på ikke produktive perioder
- Helsetilstand
- Fruktbarhet
- Lengden på oppfôringstiden
- Levetid
- Tilveksthastighet i kjøttproduksjonen

For alle dyreslag gjelder det å minimere de ikke produktive periodene, eksempelvis ved å korte ned på kvigeperioden. Økt antall laktasjoner per ku innebærer at de produserer lengre før de må erstattes og det krever mindre rekruttering. God fruktbarhet gjelder både for alder ved første kalving, lengden på tørrperiodene og antall laktasjoner. God helse vil bidra vesentlig, både ved å hindre nedsatt daglig produksjon og ved å unngå ikke produktive perioder. Det kan være en avveining mellom økende ytelse på en side og god helse, fruktbarhet og laktasjoner på den annen, og tradisjonelt har norsk storfeavl og -produksjon holdt fast ved de sistnevnte.

7.4.4.2 Tiltak i planteproduksjon

Tiltak for å redusere klimagassutslipp i planteproduksjonen omfatter både mat- og fôrproduksjon. Tiltakene omfatter reduksjon av klimagassutslipp, lagring av karbon i jord og produksjon av bioenergi.

Drenering

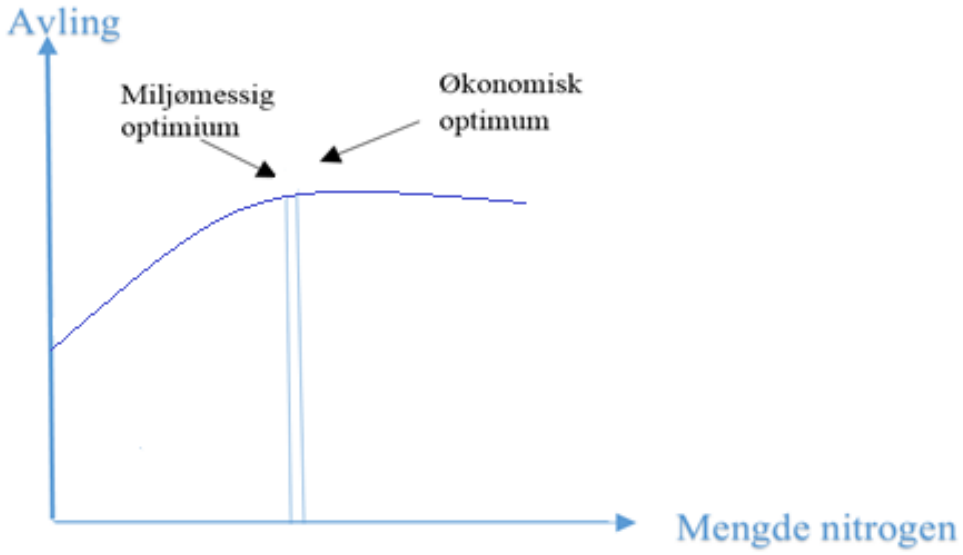
God drenering er en forutsetning for optimal planteproduksjon og høye avlinger, for kjørbarhet til arbeidsoperasjoner som våronn og innhøsting og for å redusere risiko for jordpakking. God drenering er viktig for at planteveksten skal kunne nyttiggjøre seg tilførte næringsstoffer til plantevekst og gi minst mulig tap til luft og avrenning. God utnyttelse av nitrogen minsker risikoen for lystgasstap, men det er sparsomt med norske målinger som dokumenterer effekten av dreneringstilstand på lystgassutslipp. En pilotstudie fra kornareal på marin leire viste at lystgassutslipp i vekstsesongen var ca. 10-20 ganger høyere fra våt og svært våt jord, enn fra tilstrekkelig godt drenert jord (Hauge og Tesfai 2013). Det pågår lystgassmålinger i dreneringsprosjektet «DRAINIMP» (2013- 2017): Verknad av drenering på jordfysisk tilstand, arealproduktivitet, lystgassutslipp og økonomi i grovfôrdyrkinga på Vestlandet. På mineraljord og omgravd torvjord testes bl.a. effekter av dreneringstilstand på produktivitet, nitrogenavrenning og lystgasstap.

En spørreundersøkelse blant bønder anslår at 8 prosent av dyrkingsarealet er dårlig drenert, men det er stor usikkerhet om omfanget av areal med dårlig drenering, hvilken avlingsøkning som kan oppnås, størrelsen av lystgassutslipp og grøftekostnader (Hauge og Deelstra, 2015).

Gjødsling

Riktig gjødsling med høy utnyttelse og lave tap handler om riktig mengde, riktig spredeteknikk og plassering av gjødsla, og riktig spredetidspunkt og spredeforhold. Lavere N-tilførsel vil gi lavere tall i utslippsregnskapet, men de reelle tapene av lystgass er mest avhengig av om nitrogenmengden overstiger eller treffer plantenes opptak og avlingsnivå. Opptaket av nitrogen er stigende opp til en viss mengde nitrogen, se figur 35 under. Forskning viser at miljømessig optimum (dvs. lavest utslipp per produsert enhet) ved nitrogengjødsling er svært nær bedriftsøkonomisk optimum. Gjødsles det med mer nitrogen enn dette, kan avlingen avta fordi for mye nitrogen gir en negativ effekt på veksten (for eksempel legde i korn). Forbruket av nitrogengjødsel er blitt redusert med 15 prosent de siste 20 årene, målt som omsatt mengde.

En reduksjon av nitrogengjødslingen til under optimalt nivå vil føre til avlingsnedgang. For å opprettholde, eller øke produksjonen, må arealet øke ved nydyrking av skog eller myr. Økt bruk av moderne sensorer for overvåking av gjødslingsbehov i jordsmonn kan bidra til å sikre mer optimal tilførsel av gjødsel.



Figur 35. Avlingskurve. Bedriftsøkonomisk optimum er på toppen av kurven. «Miljøoptimum» har ved forskning vist seg å ligge nært økonomisk optimum for det enkelte gårdsbruk. Figuren er en illustrasjon basert på teksten.

Værforhold det enkelte år med regnvær like etter gjødsling kan gi store tap av nitrogen både med avrenning og som lystgasstap. Notatet «Gjødsling i jordbruket» (Hoel et al., 2015) gir oversikt over kunnskapsstatus for gjødsling og potensialet for bedre tilpasning av gjødsling og høy N- effektivitet:

Dersom man gjødsler til et annet avlingsnivå enn man oppnår innebærer det risiko for tap. Det er i dag krav om at bonden har en gjødslingsplan som skal bidra til at gjødslinga treffer plantenes behov. Den krever god kunnskap både om næringstilstanden i jorda, produksjonspotensialet og reelle avlinger som oppnås.

Normer for anbefalt gjødsling er tilgjengelig via NIBIO sin gjødslingshåndbok (www.bioforsk.no/gjodslingshandbok). Hoel et al. (2015) angir at det er et potensiale for bedre gjødslingsplanlegging eksempelvis ved rådgivning og formidling, ved å gjøre gjødslingsplanen tilgjengelig online og bruke den mer aktivt, ved å planlegge gjødsling etter gjennomsnittsavling (faktisk oppnådde avlinger) over flere år som forventet avling og ved å ta i bruk delt gjødsling.

Delt gjødsling er vanlig både i gras- og hveteproduksjon. Ved å fordele gjødsla i flere omganger kan man redusere overskudd og utslippstopper. Delt gjødsling åpner for å endre doseringen dersom vekstsesongen utvikler seg annerledes enn forutsatt. Slik praksis vil ha nytte av metoder for å evaluere plantenes N-status i løpet av vekstsesongen, som N-sensor og verktøyet Nitrogenstatus. Slike hjelpemidler gir bedre muligheter for tilpasset gjødsling.

NIBIO har ansvar for gjødslingshåndboka som oppgir anbefalt næringstilførsel for hver vekst - gjødslingsnorm. Gjødslingsnorm for korn og gras er differensiert ut fra forventet avlingsnivå og de revideres jevnlig. Riley (2012) har analysert næringsbalanser i korn og sammenlignet med gjødselnormene. Ved bruk av normene ble det funnet N-overskudd ved et lavt- middels avlingsnivå og tilnærmet balanse ved høyt avlingsnivå.

SSBs gjødselundersøkelse (Gundersen og Heldal 2015) tyder på at gjødselmengder i korn i 2013 i gjennomsnitt lå 16 prosent over normen til kornartene. Dersom en legger til grunn at gjødselmengden for de gode avlingsårene 2014-2015 var på samme nivå som i 2013, så traff man nokså nær avlingas behov. Undersøkelser i enkelte områder eks JOVA programmet har vist et gjennomsnittlig N-overskudd for korn på 2,2 – 6,0 kg/daa (Øgaard, 2014). Fordi det forekommer et visst tap til utvasking også ved balanse mellom N-tilførsel og N-opptak i plantene, kan det aksepteres et visst overskudd av N for å opprettholde jordas N-reserver over tid.

Korsaeth (2008, 2012) har vist at dyrkingssystem med høy gjødsling kan ha lave tap dersom det tas store avlinger. Bedre agronomi med bedre drenering, mindre jordpakking, regelmessig kalking, nye og ytelsesrike sorter kan bidra til å hente ut mer av avlingspotensialet. Høy nitrogeneffektivitet vil derfor redusere risikoen for tap. En reduksjon av nitrogengjødsling til under det optimale nivå kan føre til avlingsnedgang. For å opprettholde produksjon kan det bli aktuelt å øke arealet ved nydyrking av skog eller av myr. Grønlund og Harstad (2014) har beregnet effekter av å redusere gjødsling med 5 prosent og at antatt 2 prosent nedgang i avling utliknes ved å utvide jordbruksarealene med 2 prosent gjennom nydyrking. Ved nydyrking i skog vil det tapte CO_2-opptaket som følger overgå besparelsen i lystgassutslipp i forholdet 5:1 målt som CO_2-ekvivalenter, det vil si at for hver arealenhet som må nydyrkes vil tapet være 5 ganger høyere enn det man vant på å redusere gjødslinga. Ved nydyrking av myr vil utslippene fra torva overgå sparte lystgassutslipp i forholdet 24:1.

Ved presisjonsgjødsling er målet å tilpasse gjødsling mer presis etter de stedsspesifikke behov. Forsøk har vist gode avlingsresultater i korn (Korsæth og Riley, 2006), og det er antatt at presisjonsgjødsling har ytterligere potensiale i potet og grønnsaker. Det er lite dokumentasjon om miljøeffekter av presisjonsgjødsling, men norske forsøk (Korsæth og Riley, 2006) har påvist en nedgang i ikke forbrukt N-

gjødsel ved presisjonsgjødsling. Nye studier (Russenes mfl under publ.) har vist lavest utslipp av lystgass ved riktig gjødslingsnivå og bruk av presisjonsgjødsling. Det ble funnet økte lystgassutslipp ved gjødsling lavere enn optimal mengde.

Husdyrgjødsel

Husdyrgjødsel kan gi klimautslipp under lagring og spredning av gjødsla. I tillegg vil samlede tilførsler av nitrogen være avgjørende for lystgassutslipp fra jordsmonn.

Det er mer krevende å tilpasse riktig mengde husdyrgjødsel enn mineralgjødsel da det kan være usikkerhet om næringsinnholdet i gjødsla og om tap ved lagring og spredning. Det kan gi problem med å optimalisere med mineralgjødsel til supplering og gi overforbruk av nitrogen. Overflatespredning av husdyrgjødsel på eng kan gi store ammoniakktap ved ugunstige værforhold med stor fordamping. Høstspredning kan gi høye utvaskingstap om vinteren.

Tapene fra husdyrgjødsel kan reduseres ved å gjødsle til riktig tid, i riktig mengde og på riktig måte. Kapittel 7.4.2 omtaler muligheter ved miljøvennlige spredemetoder samt å vri mer av spredninga til våren. Det er også andre praktiske tiltak som kan gjøres for å forbedre utnyttelsen av husdyrgjødsla. Tilsetting av vann eller syre til gjødsla vil dempe tapene av ammoniakk under spredning. Når gjødsla spres på åpen åker er det ønskelig med rask nedmolding av gjødsla. Især ved tradisjonell breispredning vil værforholdene under spredning spille stor rolle. Spredning i sterk varme og sol vil gi store tap av ammoniakk, mens spredning i regn og våte forhold kan øke både avrenning og lystgassutslipp, og bør derfor unngås.

Bedre utnyttelse av husdyrgjødsel har også effekt på lystgassutslipp ved at man kan spare på bruk og utslipp fra mineralgjødsel. For å oppnå slik besparelse er det avgjørende å tilpasse gjødselmengdene deretter. Som omtalt i kapittel 7.2.5 har det vist seg ugunstig å spre mineralgjødsla tett etter husdyrgjødsel, som kan skyldes at det blir mye vann, karbon og nitrogen på samme tid.

Kalking

Dannelse av lystgass favoriseres av sur jord og kalking er antatt å ville redusere utslipp. Kalksteinsmel ($CaCO_3$) inneholder imidlertid 44 prosent CO_2 som frigjøres når kalken løses opp jorda. En normal vedlikeholdskalking på 50- 120 kg kalksteinsmel per daa og år vil føre til et utslipp på 20 – 50 kg CO_2 som er nesten like stort som antatt lystgassutslipp fra mineralgjødsel i jord, regnet som CO_2 ekvivalenter.

Ved NMBU pågår det forskning (Peter Dörch og Lars Bakken) der man prøver ut alternative kalkingsmidler som kan øke pH uten å gi CO2 utslipp. I prosjektet Migmin testes det ut flere kalkingsmidler som ikke inneholder karbonater, men er silikatholdige.

Dyrking av høstkorn- økt avlingsnivå

Høstkorn gir generelt større avlinger enn vårkorn. Siden klimagassutslippene omtrent er de samme per arealenhet er det grunn til å forvente at klimagassutslippene per kg korn blir lavere. Dyrking av høstkorn er imidlertid vær- og sesongavhengig, og det er stor variasjon i vinteroverlevelse, avlingsnivå og arealomfang mellom år. Beregninger (Grønlund og Harstad, 2014) viser at i en gunstig sesong kan utslippene per kg korn være ca 19 % lavere sammenlignet med vårkorn. I tillegg kommer arealeffekten: Dersom arealet av

høstkorn (og dermed avling) reduseres, kan det gi behov for å ta i bruk større areal og nydyrking av mineraljord (skog) eller myr som også vil påvirke klimagassutslipp. Dersom endret klima gir mer nedbør om høsten kan det både gi problemer med å få etablert veksten og risiko for avrenning og erosjon kan øke. Dette kan gjøre effekten av høstkorndyrking på klimagassutslipp usikker.

Tiltak for å øke karboninnholdet i jord

Vekstskifte, fangvekster og jordarbeiding i åker. Ved åkerbruk er det ønskelig å minimere de uproduktive periodene. Utover høstkorn kan bruk av fangvekster være et nyttig bidrag. Vekstskifte med planter som har dypt rotsystem, god plante- og jordkultur og økologisk samspill kan være elementer som bidrar til å øke biomasseproduksjonen både over og under bakken. Endret jordarbeiding som direktesåing, grunn høstharving i stedet for dyp pløying kan føre til økt organisk materiale i topplaget, men som omtalt i kapittel 7.2.6 er ikke nødvendigvis samlet karbonlager høyere når man også inkluderer innhold i dypere jordlag.

Økt karbonlagring i grasmark. På areal med gammel grasmark (eng og beite) kan det være nær likevektsnivå for karbonlagring i jord. Det finnes også areal som har gras i hyppigere vekstskifte. Det kan likevel være muligheter for å øke karboninnholdet ved hjelp av grasvekster med dypere røtter og endre omløpsperioder. Riktig plantekultur, høsting og beiting, og godt økologisk samspill kan være elementer som bidrar til å øke biomasseproduksjonen både over og under bakken. Muligheter for ytterligere karbonlagring i gras er det lite undersøkt i Norge.

Omlegging fra åker til gras kan være et mulig tiltak på jord med stort potensial for karbonlagring og lavt avlingsnivå. Bakkeplanert jord på Østlandet og i Trøndelag inneholder betydelig mindre karbon og er mer erosjonsutsatt. Det er derfor på bakkeplanert jord en kan vente de største positive effekter ved omlegging til gras. Effekten på karbonlager ved slik omlegging må imidlertid vurderes opp mot metanutslipp når graset blir benyttet som fôr. En grasavling på f. eks. 500 kg tørrstoff per dekar inneholder ca. 215 kg C og bidrar til et utslipp på ca. 17 kg metan som tilsvarer ca. 430 kg CO_2-ekvivalenter. For at omlegging til gras skal kunne gi en netto reduksjon i klimagassutslipp må differansen mellom åker (tap) og gras (opptak) være minst 115 kg C per dekar, som ifølge fagnotatet (Barcena et al., 2015) må anses som usannsynlig høy. En omlegging fra åker til gras kan derfor bare foretrekkes på jord med svært lavt karboninnhold og avlingsnivå, eller på svært erosjonsutsatt jord i sårbare vassdrag.

Faktaboks: Globalt – 4 ‰ initiativet – lagring av karbon i jordbruksjord.

På global basis finnes det omkring dobbelt så mye karbon i jordsmonnet som i atmosfæren og vegetasjonen til sammen. I forkant av klimaforhandlingene i Paris lanserte Frankrike et initiativ med formål om å øke lagring av karbon i jord, 4 ‰ karbon i jorda per år. Det ble ikke lansert som mål for hvert

enkelt land, men hensikten med «The 4 ‰ initiative Soils for food security and climate» er å vise at selv en liten økning i jordas karbonlager kan være avgjørende for bedre jordkvalitet, landbruksproduksjon og bidra til å nå klimamålet. http://agriculture.gouv.fr/join-40-initiative-soils-food-securuty-ans-climate-o Hvor mye karbon som kan lagres i jord er stedsavhengig og varierer i forhold til jordtype, nedbørsmengde, temperatur og arealbruk (vekstvalg, jordarbeiding, gjødsling osv.). I områder med lavt karboninnhold i jorda vil tiltak for å øke karbonmengden også ha mange andre positive virkninger, som mindre erosjon, redusert forurensning og forbedret vannkvalitet, bedre forhold for biologisk mangfold osv. God jordkvalitet er avgjørende for å sikre matsikkerhet for en voksende befolkning. Bevaring av karbonrik jord, forbedring av forringet jord og lagring av karbon i jord (karbon sekvestrering) utgjør elementene i "the tripple win/three fold challenge"; økt matproduksjon, tilpasning til endret klima og reduserte klimagassutslipp.

Initiativet omfatter muligheter for økt organisk innhold og karbon sekvestrering innen agro-økologi, agroforestry, dyrkingssystemer i jordbruket, dyrkingsmetoder for bedre jordkvalitet og landskapsforvaltning. Initiativet har et sterkt fokus på at matsikkerhet og kamp mot endret klima og fremhever sterkt at landbruket kan bidra med løsninger til klimaendringene. På global basis er det beregnet at en 4 ‰ økning i karboninnholdet i jorda per år kan gjøre det mulig å stoppe nåværende økning i CO2 innhold i atmosfæren. Initiativet legger vekt på at det må tilpasses lokale løsninger og på internasjonalt forskningssamarbeid om karbon i jord og matsikkerhet.

Muligheter for å øke karboninnholdet i norsk jord

I notatet (Barcena et al., 2015) er muligheter for en 4 ‰ årlig økning i karboninnholdet i norsk jord vurdert. Teoretiske beregninger viser at dersom man kunne oppnå en årlig binding på 4 promille i det øverste jordlag (0 - 40 cm), tilsvarende mellom 30 - 40 kg C så ville det utgjøre i størrelsesorden 320 000 – 400 000 tonn C som tilsvarer ca. 1,1 – 1,4 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Noen hovedfunn fra eksisterende forskning om karbon i norsk jord er oppsummert her ;

- Karboninnholdet i dyrket jord i Norge er allerede høyt pga. betydelig andel dyrket myr, kjølig og fuktig klima som hindrer nedbrytning av organisk materiale og en stor arealandel med gras. For langvarig gras og beite der karboninnholdet er nær likevekt er det begrensede muligheter for økning.
- For myrdyrking er utfordringen å begrense karbontapet.
- For langvarig eng og beite med karboninnhold nær likevekt kan potensialet for ytterligere tilvekst være rundt 1 ‰ per år.

- Areal med ensidig åkerdyrking antas å ha fortsatt nedgang i karboninnholdet. Økt temperatur kan påvirke nedbrytningen. Det er potensiale for å redusere denne nedgang (og dermed forbedre lager og flukser for arealene totalt sett) ved tiltak som vekstskifte, bruk av vekster med dypere rotsystem, dypere nedpløying f.eks. av halm. Det er imidlertid mangelfull dokumentasjon av slike tiltak.
- Omlegging av åker til gras vil med stor sannsynlighet kunne øke karboninnholdet i jorda med minst 4 ‰ årlig, men i totalvurderingen må en også ta med metanutslipp ved fordøyelse av gras og effekt på import av kraftfor i husdyrproduksjonen. Dersom en omlegging fra åker til gras på bakkeplanert jord kan følges opp med et kryssbytte fra gras til åker på ikke-planert jord vil det kunne gi netto karbonopptak.
- Tilførsel av biokull er tiltaket med forventet størst potensial (tilnærmet ubegrenset) for karboninnhold ved åkerdyrking, men det krever teknologiutvikling og utprøving.

Fagnotatet angir at en gjennomsnittlig årlig økning på 4 ‰ av karboninnholdet på dyrket jord i Norge ikke er realistisk før det er mulig å tilføre biokull på større skala. Notatet fremhever imidlertid at det også finnes muligheter for en bedring i karboninnhold både for eng og åker i Norge, utover bruk av biokull. Det mangler imidlertid kunnskap om slike muligheter. Forhold som er lite dokumentert er;

- Biokull, teknologi for fremstilling, virkning i jord og for plantevekst.
- Effekter av arealbruk og arealbruksendringer (ikke dokumentert i Norge hittil), karbonlager i ulike jorddybder, særlig under pløyedybde, tidsdynamikk for karbonendringer ved endret arealbruk
- Transport og lagring av karbon i dypere jordlag, effekt av vekster med dypere rotsystem, betydning av nedvasking, betydning av jordfauna og mikrobiell aktivitet.
- Fornyingsmetoder for eng for å redusere perioder uten plantevekst og ompløyd eng.
- Effekter av nye metoder for jordarbeiding.
- Dyrkings og dreneringsmetoder som kan redusere karbontap fra myr og metoder for etterbruk av myr som kan øke opptaket.

Fagnotatet omhandler ikke andre muligheter for økt opptak og lager i landskaper – som også omtales i 4 ‰ initiativet – og der det også er behov for videre dokumentasjon av potensialet for norske forhold;

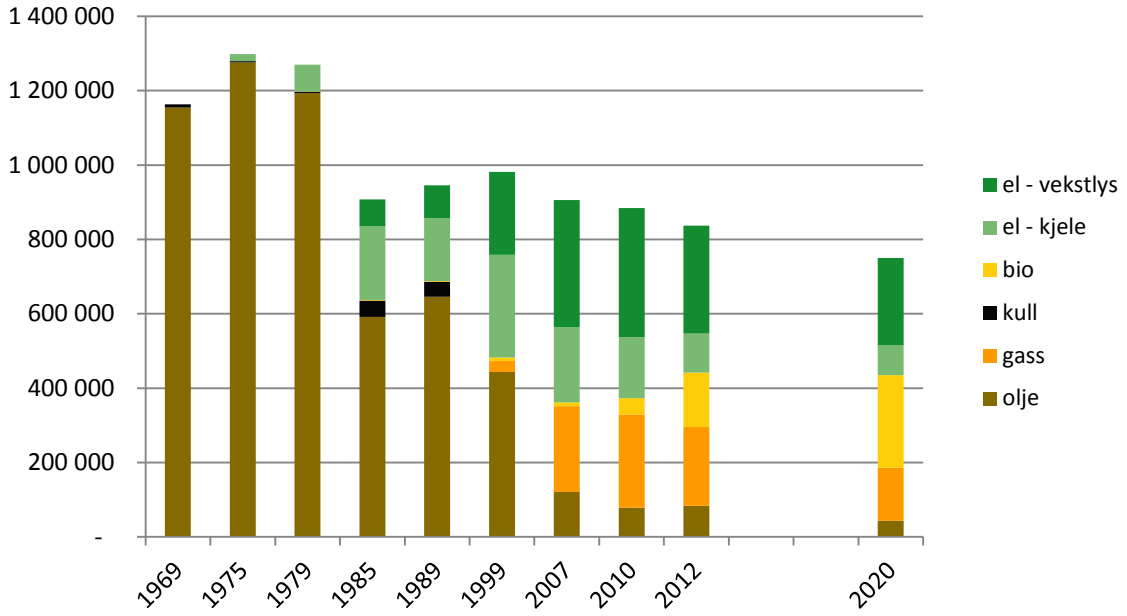
- Karbonregnskap for hver eiendom/gård der ulike landskapselementer inngår.
- Definering av «klimasmarte landskap» for norske forhold med potensiale for karbonlagring.
- Karbonlagring i landskapselementer som buffersoner/andre areal, der en utnytter eks planting av trær, vekster med dypere rotsystemer, trær i beiter, gjødsling for større produksjon og rotmengde mm. Slike vurderinger kan også bli aktuelle i forbindelse med miljøtiltak i landbruket og kulturlandskapstiltak.

Tiltak med energi og energibruk

Norges Gartnerforbundet (NGF) har de senere årene arbeidet for å få ned forbruket ved hjelp av energieffektivisering og overgang til andre fornybare energiformer. NGFs energiarbeid i veksthus har i dette arbeidet bidratt til å bytte 130 GWh fossil energi til fornybar. Dette tilsvarer 25 prosent av varmebehovet

og dekker 30 prosent av det totale veksthusarealet. Den største fossile energikilden i veksthusnæringen er nå gass som, i motsetning til bruk av mineralolje, er unntatt fra CO_2-avgift.

Prosjekter med støtte fra Bioenergiprogrammet, har siden 2003 bidratt til en utslippsreduksjon på 66 000 tonn CO_2 som følge av substitusjon av fossil energi. Det tilsier 188,4 tonn CO_2 per GWh produsert.



Figur 36. Energiforbruk (1000 kWh) fordelt på kilder i veksthussektoren i perioden 1969-2012,og målet veksthusnæringen har satt for 2020. *Kilde: Norsk gartnerforbund.*

Maskinbruk

Det er gjennomført enkelte pilot- og demonstrasjonsprosjekter for å effektivisere landbruksmaskinenes energibruk, blant annet gjennom Norsk Landbruksrådgivning og andre aktører på rådgivingssiden. Disse tiltakene har delvis til formål også å redusere kostnader, altså vinn-vinn tiltak for økonomi og utslippsreduksjoner.

Faktaboks: Klimarådgivning på gårdsnivå

For å kunne identifisere områder der er hensiktsmessig å endre praksis, må den enkelte gårdbruker ha kun som gir forutsetninger for å iverksette klimatiltak på eget bruk. Norges Bondelag og Norsk Landbruksrådgiv gjennom forprosjektet Gratis Førsteråd Klima gjort vurderinger av hva som trengs av kunnskap, kapasitet o ressurser for å etablere en enhetlig klimarådgiving som dekker et bredt utvalg av tema og hvordan arbeide distribusjon av denne kunnskapen i næringen kan organiseres. Formålet er å etablere et bredt anlagt rådgivningstilbud for klimasmart landbruk. Dette skal dreie seg om klima og landbruk generelt, klima- og miljøpåvirkning fra egen gård, muligheter for konkrete tiltak som kan utvikle gården i en mer klima- og miljøvennlig retning og sammenhenger mellom klimasmart landbruk og økonomisk gevinst. Hovedprosjekt igangsatt.

Energigården har i samarbeid med Norges Bondelag, Norsk Bonde og Småbrukarlag, FMLA og Norsk Landbruksrådgivning og NIBIO utviklet et konsept for en komplett klima- og energiplan på gårdsnivå. Dette basert på analyser av om lag 30 demonstrasjonsgårder, spredt over hele landet i samarbeid med lokale landbrukskontorer eller landbruksrådgivningen. Basert på de undersøkelser som blir gjort ved hver enkelt g har Energigården i samarbeid med referanse- og ressursgruppa anbefalt forskjellige tiltak ved de ulike gård Tiltakene omfatter energieffektivisering, energiomlegging og tiltak for reduksjon i utslipp av klimagasser. En plan kan omfatte følgende punkter:

- Energieffektivisering i bygningsmassen
- Konvertering til oppvarming med biovarme o.a. fornybare energikilder
- Redusert drivstofforbruk ved opplæring i optimal kjøring og bruk av skogs- og jordbruksmaskiner
- Omlegging til biodrivstoff
- Bedre karbonbalanse ved optimal planteproduksjon og gjødsling i jordbruket
- Håndtering av gjødselgass fra jord- og husdyrbruk
- Optimalisering av produksjon, høsting og lagring av biomasse fra jordbruket
- Optimalisering av produksjon, høsting og lagring av biomasse fra skogbruket
- Økt trebruk
- Innleie og utleie av maskiner og utstyr

Oppsummering av praktiske tiltak på gårds-/feltnivå

I flere utredninger, bla rapporter om lavutslippsutvikling for Miljødirektoratet, som i Grønlund (2015) er det i referansebanen forutsatt effektivisering og agronomiske forbedringer og det er derfor ikke gjort spesielle beregninger av dette. Det kan være store variasjoner mellom gårdsbruk og skifter avhengig av region, klima, jordtyper og agronomisk praksis. Ved rådgivning på gårdsnivå kan tiltak planlegges i detalj innen de ulike produksjons og driftssystem.

7.5 KOSTHOLDETS BETYDNING

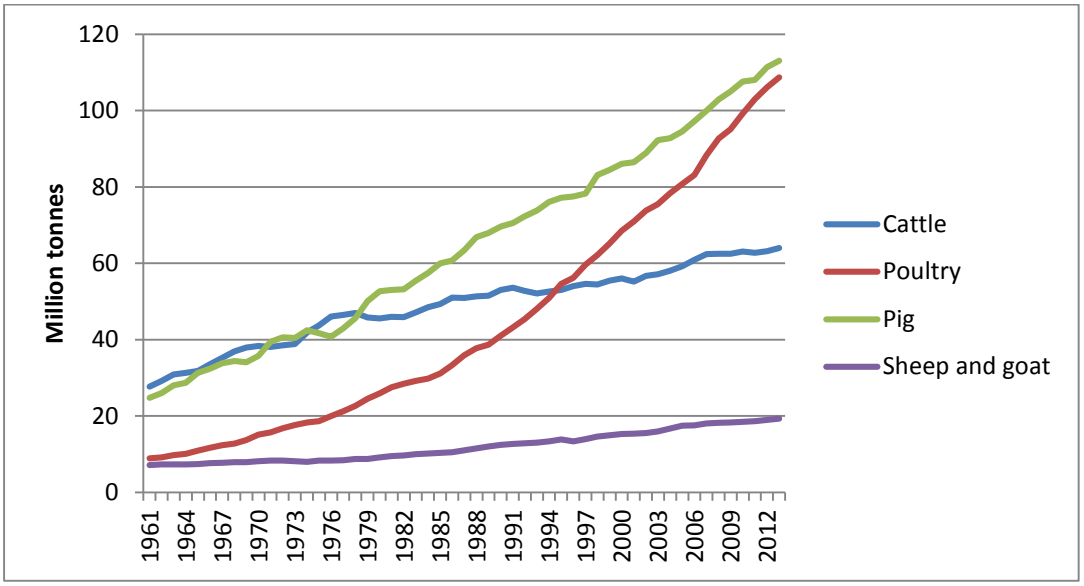
Siste hovedrapport fra FNs klimapanel viser at det ligger et betydelig potensial for utslippsreduksjoner i jordbruket globalt fram mot 2050 knyttet til omlegging til et mer klimavennlig matforbruk, samtidig understrekes det i Klimakonvensjonens formålsparagraf at klimagasskonsentrasjonen i atmosfæren skal stabiliseres uten at matproduksjonen trues. Dermed er matforbruket en viktig faktor.

Figur 32 viser større utslipp av klimagasser per enhet proteiner som kommer fra storfekjøtt enn fra soyabønner. Selv om egg og storfekjøtt inneholder mer proteiner per kg enn vegetabilsk mat, gir disse produktene større klimagassutslipp per enhet protein.

Helsedirektoratet anbefaler en viss mengde kjøtt for å sikre at kosten inneholder nok mineraler, essensielle aminosyrer og vitaminer. Større forbruk kan gi negative helsemessige effekter. Det anbefales å begrense mengden rødt kjøtt og bearbeidede produkter (gris inkludert) til 500 gram per person per uke. I 2014 lå beregnet forbruk 6 % over anbefalt mengde, en reduksjon fra 10 prosent i 2011 (Norkost3 2011). Noen grupper, særlig blant menn, ligger langt over anbefalt inntak mens nesten halvparten av kvinnene spiser mindre rødt kjøtt og bearbeidede produkter enn anbefalt.

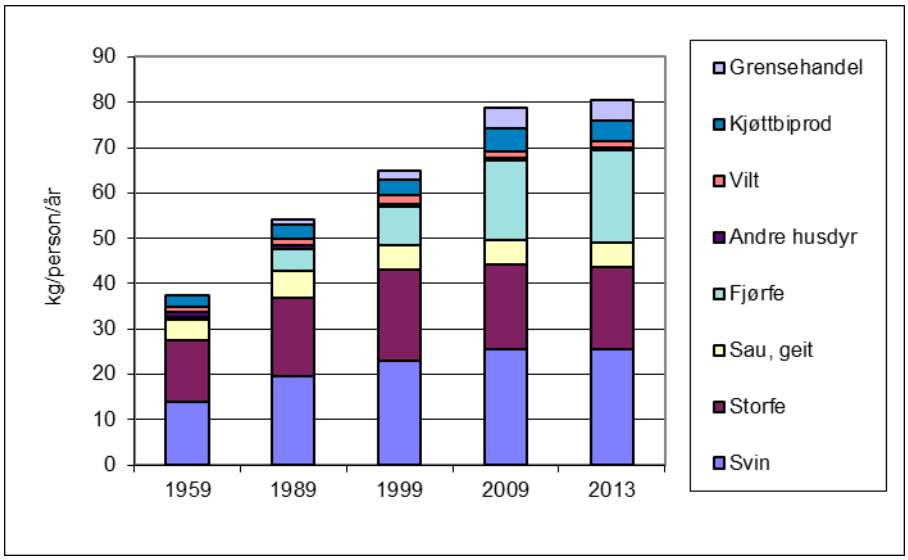
7.5.1 Utviklingen i kjøttforbruk i verden og i Norge

Mellom 1961 og 2011 økte verdens befolkning fra 3 til nesten 7 milliarder, mens det globale, gjennomsnittlige kjøttforbruket per innbygger økte med 75 prosent (FAO 2011), slik at det totale forbruket av kjøtt i verden ble nesten firedoblet. Det har vært en økning i hele verden, også i den vestlige delen, som i hele perioden har ligget langt over resten av verden. Økningen i vest har vært noe avtagende det siste tiåret, Norge inkludert. Det er stor forskjell i utviklingen i konsum for de ulike husdyrslagene, med veldig sterk økning i konsumet av kjøtt fra gris og fjørfe og omtrent en dobling for drøvtyggere.



Figur 37. Utviklingen i forbruk av ulike kjøttprodukter globalt. *Kilde: FAO*

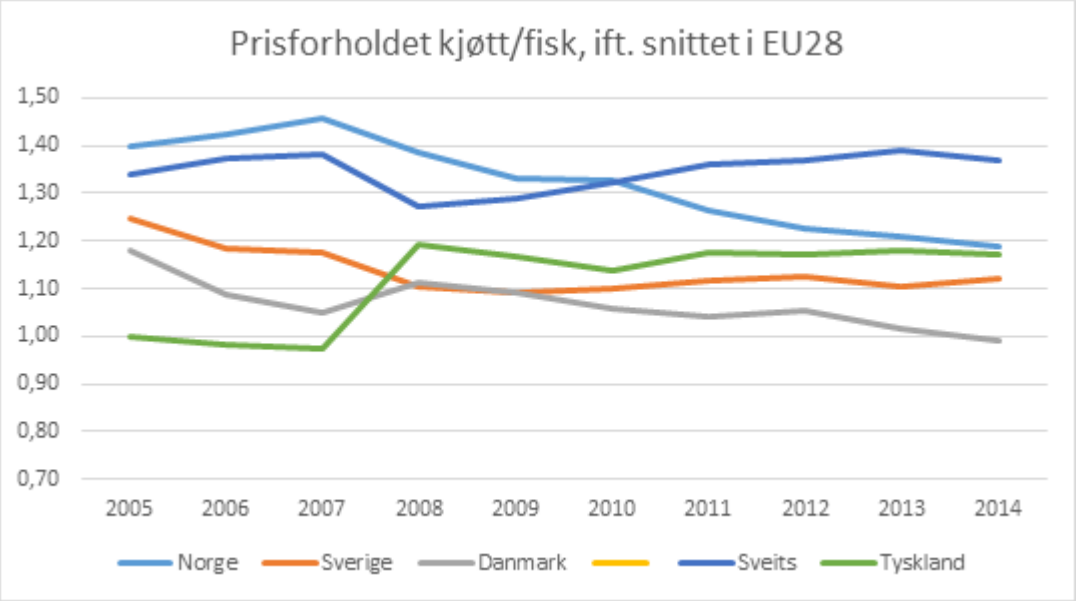
Utviklingen i Norge viser også at det totale forbruket av kjøtt har økt, og at det også her i landet hovedsakelig skyldes økningen i forbruket av kylling og svin.



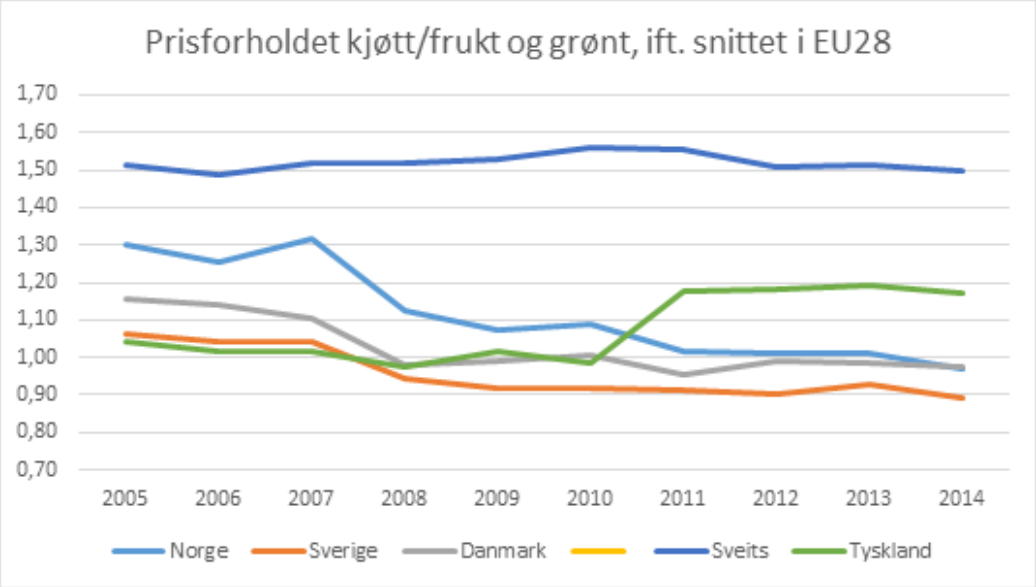
Figur 38. Utviklingen i forbruk av ulike kjøttprodukter Norge. *Kilde: Helsedirektoratet 2014*

Et annet trekk ved utviklingen siden 1960, er at det er mindre forskjell i sammensetningen av kostholdet mellom ulike land, noe som skyldes økt produktivitet innen jordbruket, lavere inntektsforskjeller mellom ulike land, mer matvarehandel og økt internasjonalisering av matvaner (de Boer, Helms og Aiking 2006).

Eurostats prisnivåindekser viser at prisnivå på mat er høyt i Norge. Særlig kjøtt og meieriprodukter skiller seg ut. Figurene nedenfor viser prisforholdet kjøtt vs. fisk og kjøtt vs. frukt og grønt i Norge og noen utvalgte land. Figurene viser at kjøtt, relativt sett, er dyrere enn fisk og frukt og grønt sammenlignet med gjennomsnittet i Europa. Grovt sett betyr det at vi har relativt klima- helsevennlige prisrelasjoner i Norge.



Figur 39. Utviklingen i prisforholdet mellom kjøtt og fisk i forhold til gjennomsnitt i EU28 (gjennomsnitt EU = 1.)



Figur 40. Utviklingen i prisforholdet mellom kjøtt og frukt/grønt i forhold til gjennomsnitt i EU28 (gjennomsnitt EU = 1).

7.6 EFFEKTER AV ETTERSPØRSELSENDRINGER

En spørreundersøkelse gjort i Norge i 2012 viste at bare 14 prosent av forbrukerne hadde redusert kjøttinntaket som følge av miljødebatten, mens 20 prosent hadde redusert klesforbruket, og 51 prosent forbruket av strøm (Austgulen 2012). En studie fra Finland viser at manglende på tro på at matforbruk påvirker klima, er en viktig årsak til at folk ikke reduserer kjøttforbruket sitt (Mäkiniemi og Vainio 2014). På verdensbasis er det ventet at trenden med en sterk økning i produksjon og forbruk av animalske produkter i de kommende år fortsetter, mens det for OECD-land kun er ventet en svak økning. For de fleste europeiske

land har det vært en jevn økning, men som de senere år har vært svakere enn tidligere. Det kan tenkes at dersom det i fremtiden blir en økende kunnskap om og forståelse for at forbruk av kjøtt bør reduseres som et klima- og miljøtiltak, vil flere forbrukere frivillig redusere kjøttforbruket sitt.

Det omfattende matsvinnet er vektlagt i en rekke sammenhenger. NILF har i 2013 gjort en beregning av volum av matsvinn og kvantifisert hva en halvering i Norge ville bety. De kom fram til at kjøttproduksjonen samlet kunne reduseres med 16 500 tonn i 2030.

Tabell 11. Ventet reduksjon i kjøttproduksjon i tonn som følge av halvering av matsvinn innen 2030 *(Kilde: NILF 2013)*

Redusert produksjon (i tonn) i 2030 som følge av halvering av matsvinn	
Storfe	3 611
Sau	1 134
Svin	7 470
Fjørfe	4 334

8 KLIMAGASSEFFEKTER FRA SKOG OG ANDRE LANDAREALER

Skoger og andre landarealer er sentrale i klimasammenheng av flere grunner, blant annet fordi disse har en sentral funksjon i karbonsyklusen. For forståelse av skog og andre landarealers betydning i karbonsyklusen kan vi skille mellom flere egenskaper. De *inneholder* til enhver tid store mengder karbon og dette karbonlageret varierer i tid og rom. Gjennom fotosyntesen *tas det opp* CO_2 og lagres karbon i levende biomasse. Denne planteveksten kan *øke* karbonlageret i levende biomasse over og under bakken, samt i død biomasse og jord. Samtidig *slippes det* ut karbon ved nedbryting av biomasse og organisk jord. I klimasammenheng er det av stor betydning at vi kan nyttiggjøre oss av skogressursene blant annet for å skaffe industriråstoffer, energi og materialer, som kan *substituere* fossile ressurser. Også dette medfører frigjøring av CO_2, men det vinnes inn igjen dersom ny skog får vokse opp. Et bærekraftig skogbruk forutsetter at avvirkningen ikke overstiger nettotilveksten over tid. Samtidig er det viktig at skogen forvaltes på en måte som gjør at økosystemet er robust i møtet med klimaendringene. Så lenge tilveksten er større enn avvirkning og naturlig avgang, vil skogens karbonlager øke.

Aktiv skogskjøtsel og bruk av skog som råstoff kan bidra til å redusere klimagassutslipp på tre hovedområder:

1. Redusere utslippene av klimagasser gjennom redusert avskoging og skogforringelse.
2. Fjerne klimagasser fra atmosfæren ved å fungere som karbonsluk og -lager.
3. Erstatte bruk av fossil energi direkte (bioenergi), ved bruk av produkter fra skog til å lagre karbon i langlevde produkter eller ved å erstatte produkter som er energikrevende i produksjon

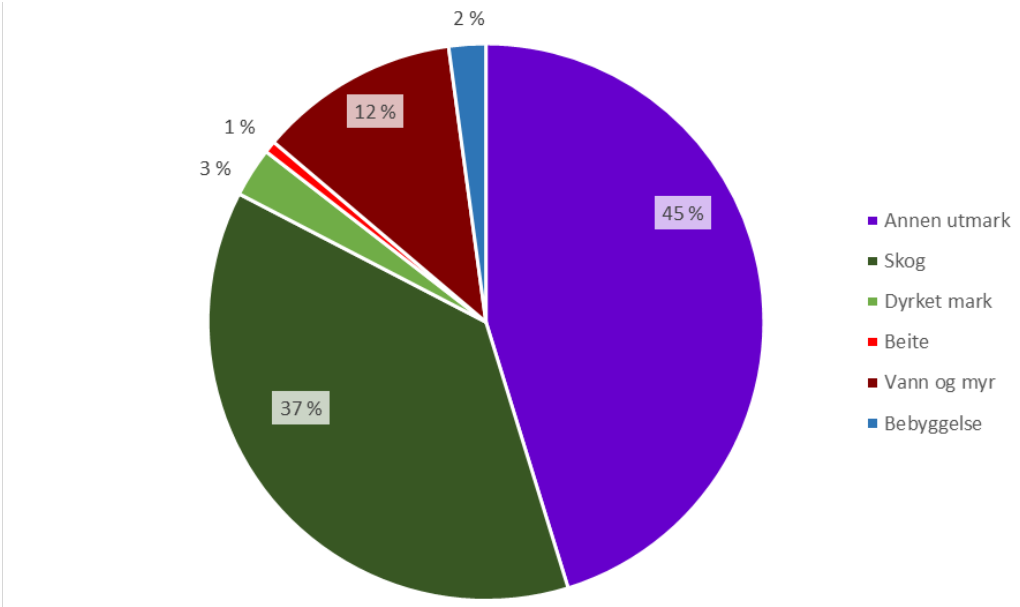
Skogen spiller derfor en viktig rolle for å oppnå togradersmålet fordi det landbaserte karbonopptaket bidrar til å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren på lang sikt. Denne stabiliseringen vil skje når karbonbalansen mellom hav, land og atmosfæren har kommet i likevekt, men det skjer først flere hundre år etter at klimagassutslippene har nådd de lave nivåene som er nødvendig for å nå togradersmålet (se også kapittel 3.1).

I internasjonalt klimaarbeid relateres utslipp fra sektoren «Skog og arealbruk» særlig til at arealer omdisponeres fra en arealkategori hvor det tas opp og/eller lagres karbon, til en arealkategori som er forbundet med utslipp, slik som avskoging når et skogsområde omdisponeres til bebyggelse eller ved oppdyrking av myr til jordbruksareal. Utslipp og opptak av klimagasser som resultat av menneskelig aktivitet i sektoren «Skog og andre landarealer» (i regnskapet til FNs Klimakonvensjon omtalt som Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) rapporteres hvert år som en del av Norges forpliktelse under Klimakonvensjonen og Kyotoprotokollen.

Utover vegetasjonens rolle i karbonsyklusen spiller den også en rolle for andre mekanismer i klimasystemet. Forskjellen mellom skog og snaumark kan ha stor betydning for refleksjonsevnen (albedo, se omtale i kapittel 4 og 7). På regionalt og lokalt nivå gjør skog forskjell ved å ta opp og magasinere både vann og varme, og skog kan ha stor betydning for utveksling av vann og energi regionalt.

8.1 Utviklingen i det norske utslippsregnskapet

I 2015 rapporterer Norge utslippsregnskapet for 2013. Hele sektoren «Skog og andre landarealer» hadde i 2013 et nettoopptak av klimagasser på 26,1 millioner tonn CO_2-ekvivalenter (Miljødirektoratet m.fl., 2015). Levende biomasse står for 86 prosent av karbonopptaket i skog. Dødt organisk materiale utgjør 13 prosent og mineraljord én prosent av opptaket (lagerendringen) (Skog og landskap 2013). Sektorens nettoopptak tilsvarer om lag halvparten av Norges samlede utslipp av klimagasser, og viser med det hvilken sentral rolle sektoren har i klimasammenheng. Figur 41 viser fordelingen av norsk landareal per arealbrukskategori i arealkategoriene som Norge rapporterer på fra sektoren «Skog og andre landarealer». Det fremgår av figuren at skog og annen utmark utgjør over 4/5 av Norges landareal. I tillegg utgjør områder med vann og myr om lag 12 prosent av arealet. Områder brukt til innmarksbeite, bebyggelse og dyrket mark utgjør henholdsvis 1, 2 og 3 prosent av det totale landarealet.



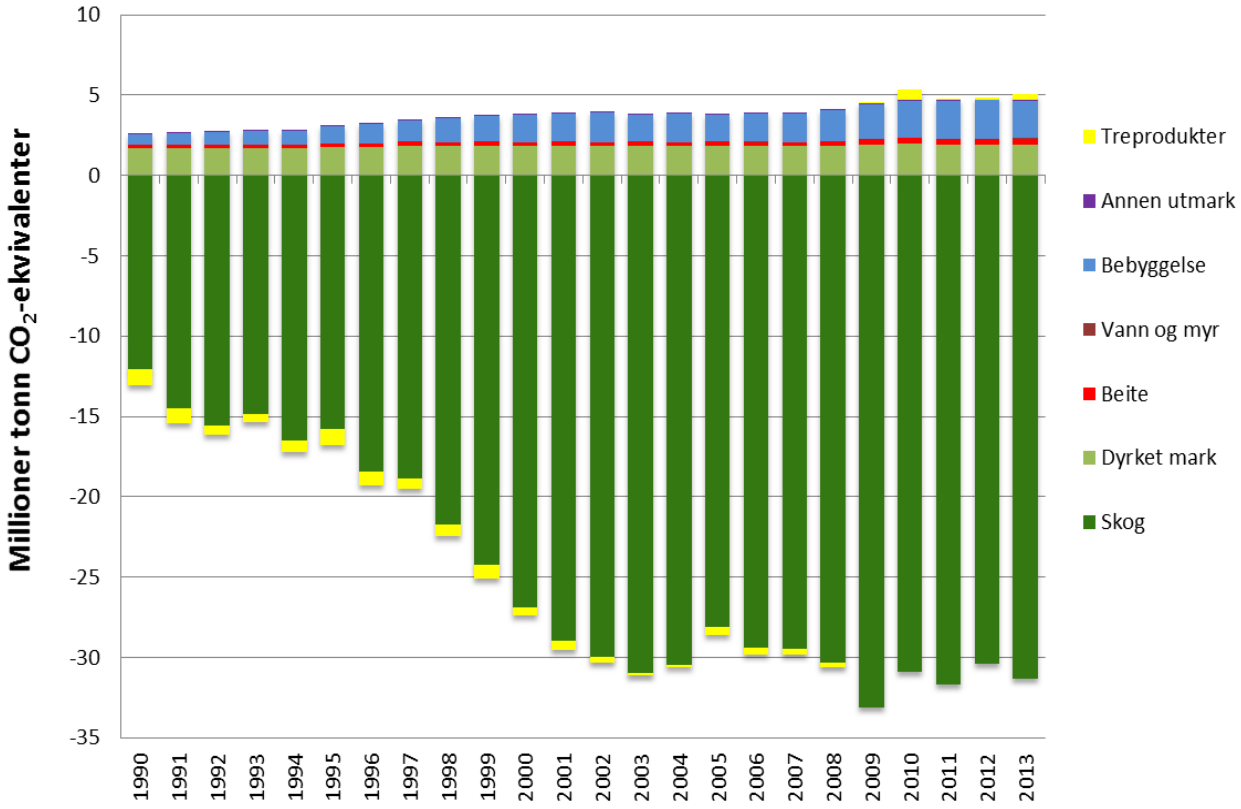
Figur 41. Fordeling av arealer (%) per arealbrukskategori i 2013. Kategoriene er i tråd med arealbrukskategoriene fra IPCC for rapportering i 2013. *Kilde: Miljødirektoratet mfl. 2015, datamateriale: Norsk institutt for bioøkonomi.*

Av Figur 42 ser vi at det ikke er samsvar mellom størrelsen på arealet som en arealkategori utgjør og de rapporterte opptak og utslipp av klimagasser. Merk at søylene i Figur 42 representerer netto opptak og utslipp av klimagasser, hvilket betyr at det innenfor hver kategori kan være både opptak og utslipp av klimagasser. Arealbrukskategorien som utgjør den største delen av landarealet, 'annen utmark' har et ubetydelig utslipp av klimagasser, arealets størrelse tatt i betraktning. Dette er et naturlig resultat av at kategorien representerer arealer med ingen eller tilnærmet ingen menneskelig aktivitet, eller lite karbonlager i vegetasjon eller jordsmonn (for eksempel berggrunn). Skog er den nest største arealbrukskategorien (37 prosent av landarealet) og har det absolutt største opptaket av klimagasser.

I 2013 var opptaket i skog alene på 31,2 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. For kategoriene beite (innmarksbeite), bebyggelse og dyrket mark, som totalt sett utgjør om lag 6 prosent av Norges arealbruk, bokføres et netto utslipp av klimagasser. I 2013 var utslippet fra disse kategoriene i underkant av 5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Utslippet relateres særlig til avskoging og drenering av organisk jordsmonn

i forbindelse med omdisponering og klargjøring av arealer til for eksempel bebyggelse- eller jordbruksformål. Kategorien treprodukter måler endringer i karbonlageret i varige treprodukter. Lageret øker når det tilføres mer karbon til lageret enn det som oksideres, eller når levetiden på treprodukter forlenges. Karbonlagring i treprodukter er fordelt på tre kategorier: sagtømmer, trebaserte produkter og papir/papp. Endringer i lageret reflekteres ved salg av trevirke. I prinsippet vil økt bruk av treprodukter gi et økt lager, og dermed nettoopptak, mens redusert bruk vil kunne gi et tilsvarende utslipp. Som det fremgår av figuren var det et netto opptak av karbon fra denne kategorien i perioden 1990-2008. Fra 2010 viser imidlertid det norske regnskapet et netto utslipp fra kategorien, det vil si at lageret blir mindre. Årsakene til endringen i karbonlagring i treprodukter er ikke analysert.

Regnskapsperioden (1990-2013) sett under ett viser at det har vært en økning i opptak og utslipp av klimagasser. Økningen i karbonopptak har vært større enn økningen i karbonutslipp. Økning i utslipp kommer i all hovedsak fra økt omdisponering av areal fra en arealkategori til en annen. Økt opptak i skog kommer fra aktiv skogskjøtsel, planting på nye areal og økt tilvekst på eksisterende skogareal.



Figur 42. Netto utslipp og opptak fra arealkategorier i sektoren 'Skog og andre landarealer' (millioner tonn CO_2-ekvivalenter per år) fra 1990-2013. *Kilde: Miljødirektoratet mfl. 2015, data: Norsk institutt for bioøkonomi.*

8.2 SKOG SOM KARBONLAGER

Karbon utgjør om lag halvparten av tørrvekten i alle våre skogstrær, og Norske skoger har i dag et karbonlager på om lag 2 milliarder tonn karbon (Grønlund, Bjørkelo, et al. 2010). Selv om skogen har et

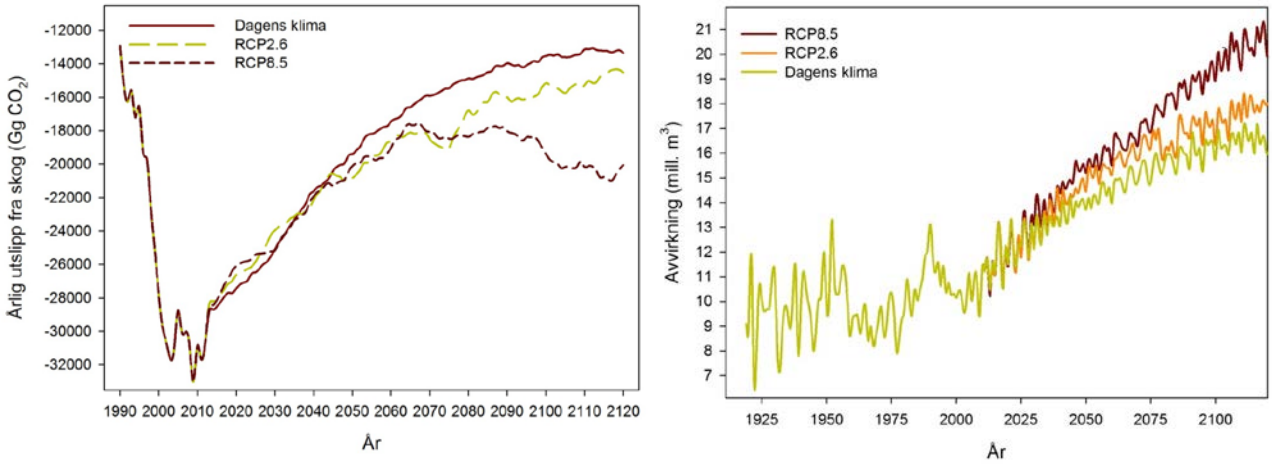
nettoopptak av karbon, foregår det kontinuerlig tap og utslipp av karbon i form av CO_2 og metan fra skog og skogsjord.

Som vist i Figur 42 har opptaket av klimagasser i skog økt betydelig siden 1990. Den stabile økningen i opptak av CO_2 i levende biomasse i skog de siste tiårene er i stor grad et resultat av skogplanting og aktiv, målrettet skogskjøtsel de siste 60-70 årene samtidig som avvirkningen har vært relativ stabil.

En betydelig andel av den norske skogen vil nå hogstmoden alder og vil dermed få avtakende årlig tilvekst de nærmeste årene. Mye av denne skogen vil sannsynligvis bli avvirket i relativt nær framtid (Søgaard, et al. 2015). På lengre sikt har det betydning hvor mange trær som plantes per år og hvordan denne skogen skjøttes og forvaltes. Mellom 1955 og 1992 ble det plantet mer enn 60 millioner trær hvert år. På det meste på 1960-tallet, ble det plantet over 100 millioner planter årlig. Deretter har plantingen vært nedadgående fra 1992 til 2005 da ble det plantet 16,8 millioner skogplanter, det laveste antallet siden begynnelsen av 1950-tallet. Plantestatistikken for 2014 viser fortsatt økning i planteaktivitet, til 28,6 millioner planter. Dette er det høyeste planteantallet registrert de siste ti årene (Landbruksdirektoratets statistikk).

Andre faktorer som vil virke inn på skogens vekst og utvikling er endringer i klima og næringstilførsler. Varmere vær og lengre vekstsesong kan øke både skogsarealene og tilveksten per arealenhet, jf. omtale i kapittel 10. Dette kommer i tillegg til mer direkte gjødslingseffekter som kan følge av mer CO_2 og nitrogen fra lufta.

Søgaard, et al. (2015) har utarbeidet framskrivninger for utslipp og opptak av klimagasser i LULUCF-sektoren under ulike klimascenarier. Figur 43 viser at det forventes en nedadgående trend i opptaket av CO_2 i skog i alle de tre klimascenarier i løpet av de neste 100 årene. Minst nedgang i opptak fra skog og høyest avvirkningsnivå oppnås ved den høyeste utviklingsbanen (RCP 8.5). Dette skyldes økt produktivitet i et varmere klima, som igjen vil resultere i et høyere avvirkningsnivå. Siden klimautviklingen vil påvirke utviklingshastigheten i skogen, vil den også ha betydning for hvilke volum som blir hogstmodne og avvirket til enhver tid. Netto opptak vil derfor bli størst i RCP8.5 selv med et høyere avvirkningsnivå. Det laveste avvirkningsnivået og den største nedgangen i opptak forventes i en situasjon der dagens klima vedvarer (ingen temperaturøkning). Framskrivningene tar ikke høyde for at temperaturøkningen i RCP8.5 kan føre til lekkasje fra lageret eller andre konsekvenser som økt omfang av sopp og insektskader, økt brannfrekvens eller mer omfattende stormfellinger. Det er også en risiko for at ekstremhendelser kan forstyrre karbonlagrene i skogen og gi utslipp, ved for eksempel brann, billeangrep eller stormfellinger.



Figur 43. Venstre) Årlig utslipp i skog (Gg CO2). Negative tall betyr opptak. Historiske data fra 1990-2012 og fremskrevne utslipp for 2013-2120 basert på IPCCs utviklingsbaner (RCP2.6 og RCP8.5). Høyre) Total årlig avvirkning i mill. m3 (inkluderer kommersiell hogst, vedhogst, og ikke-kommersiell hogst) for de tre ulike klimascenarioene. Volum er uten bark, men inklusive hogstavfall (topp, bult, etc.). Historiske data frem til og med 2012, framskriving fra og med 2013. *Kilde:* (Søgaard, et al. 2015)

Gjennom Landskogtakseringen innhentes data om skogressursene som gir grunnlag for å framskrive forventet utvikling for stående volum og tilvekst i skogsektoren. Merk at hele utslippet forbundet med avvirkning, med unntak av biomassen som inngår i treprodukter, i regnskapssammenheng rapporteres som utslipp umiddelbart ved hogst. Dette er en forenkling som gjøres av regnskapshensyn da faktisk nedbryting av biomasse og relaterte utslipp vil fordele seg over lengre tid.

8.3 UTSLIPP OG OPPTAK: ANDRE AREALKATEGORIER ENN SKOG

I tillegg til skog rapporteres utslipp og opptak fra arealkategoriene dyrket mark, bebyggelse, beite og CO_2 utslipp fra dyrking av myr og mineraljord, samt utslipp fra eller lagring i treprodukter. Nettoutslippet av klimagasser fra disse kildene var i 2013 om lag 5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Utslippene fra dyrket myr og mineraljord til jordbruksformål er estimert til å være henholdsvis 1,5 millioner tonn og 149 000 tonn CO_2 i 2012 (se Figur 24).

Arealkategoriene dyrket mark, beite, bebyggelse og annen utmark har alle netto utslipp. Dyrket mark vil ha en reduksjon i netto utslipp gjennom de nærmeste 100 år, grunnet reduksjon i areal, mens utslippene fra beite kun vil ha små endringer. Fra kategorien dyrket mark ble det i 2013 rapportert et netto utslipp av klimagasser. Utslippet stammer i hovedsak fra nedbryting av organisk jord. Nedbrytingen av jorden er et resultat av at organisk jordsmonn (torvjord) dreneres, med den konsekvens at karbonet i jorden oksideres. Årsakene til at et areal dreneres er vanligvis at arealet skal dyrkes opp eller bebygges. Selv om myrene i Norge ikke lenger grøftes og plantes til med skog, har store arealer tidligere vært grøftet og kultivert. Store deler av disse arealene har i dag skog som nærmer seg hogstmoden alder. Det aller meste av grøftingen foregikk på 30-tallet og frem mot 1970. Det ble anlagt 165 000 km med grøfter for å øke tilveksten av skog på myr og torvmark. Drenering av torvjord fører til økte utslipp av CO_2 og redusert utslipp av metan. Drenering kan også påvirke utslippene av lystgass som særlig dannes ved høy og varierende

grunnvannstand. Skogen som vokser på drenert myr og torvmark tar opp CO_2 og lagre dette som karbon i biomasse og jordsmonn.

Utover utslippet fra dyrket mark rapporteres det et netto utslipp av karbon i arealkategoriene bebyggelse og beite, samt redusert karbonlager i treprodukter. Utslippene fra bebyggelse relateres i stor grad til avskoging i forbindelse med nedbygging av tidligere skogarealer eller omdisponering av jordbruksarealer. Omdisponering av skog, myr og beite kan medføre økte utslipp av klimagasser fra biomasse og jordsmonn.

I tillegg til det betydelige opptaket i skog, er det et mindre nettoopptak fra arealkategorien vann og myr, som i hovedsak relaterer seg til opptaket av karbon i 'tresatte myrer'. Opptaket er beskjedent og vises ikke i Figur 42.

8.4 SKOG SOM BIOMASSERESSURS

Bruk og tilførsel av biomasse er en forutsetning for å opprettholde et stabilt lager i lengelevende treprodukter. Bruk av bioressurser som erstatning for fossile ressurser, enten til industriråstoff, energi eller i materialer, vil være et viktig bidrag fra skogsektoren for å nå klimamålene og for utvikling av bioøkonomien, jf. kapittel 14.

Når vi hogger skog og bruker trevirket, vil det medføre CO_2-utslipp fra både biomasse og jordsmonn. En viktig forskjell mellom utslipp fra bruk av biomasse og fossile ressurser er at bruken av biomassen regnes som nøytral med hensyn på klimagasser. CO_2-utslippet ved forbrenning av biomasse er tidligere tatt opp av biomassen gjennom fotosyntesen, og representerer derfor ikke noe nettotilførsel til det atmosfæriske kretsløp. Hogst innenfor bærekraftige nivåer, som ikke reduserer skogens karbonlager, kan derfor på lang sikt betraktes som å utnytte en kretsløpsressurs. Denne ressursen er skapt gjennom fotosyntesens utnyttelse av solenergi, vann, jordas næringsstoffer og atmosfærisk CO_2.

Hogst bidrar også til at karbon overføres fra lagring i levende biomasse til lagring i varige treprodukter, eller slippes ut til atmosfære og havøkosystem. Temporært vil det kunne oppstå en "karbongjeld" som over tid vil vinnes tilbake ved tilvekst av ny skog. Tiden det tar å gjenvinne frigitt karbon omtales som "tilbakebetalingstid". Foryngelse og videre skogskjøtsel er avgjørende for om fremtidsskogen samlede lager av karbon vil øke eller minke. Dersom skogens karbonlager reduseres i framtiden, kalles det "skogdegradering". Hvis karbonlageret i skog får en varig økning, reduseres den langsiktige konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren slik at effekten blir «karbonnegativ».

8.5 KARBON I SKOGSJORD

Karbon tilføres skogsjorda i form av dødt organisk materiale. Så lenge tilførselen er større enn frigjøring av karbon gjennom nedbrytning, vil det foregå en netto akkumulering. Over tid vil et betydelig lager av karbon kunne akkumuleres i jorda i form av delvis nedbrutt organisk materiale og restkomponenter av langsomt nedbrytbare karbonforbindelser. I 2013 var det et årlig nettoopptak på omlag 6 millioner tonn CO_2 i jord, strøfall og død ved (Miljødirektoratet, 2015).

De største konsentrasjonene av karbon i skogsjord finnes i de øvre jordsjikt (organisk sjikt og øvre mineraljordssjikt) hvor tilførsel fra røtter, og av strø fra bar og blad, greiner og stammer er størst, og hvor den biologiske aktiviteten av røtter, sopp, bakterier og jordfauna er høyest.

Hogst vil vanligvis føre til endringer i mengde karbon i jorda på kort sikt (<10 år). Etter flatehogst kan det forventes at karbonlageret i det organiske sjiktet øker kortvarig som et resultat av tilførsel fra hogsten, deretter vil det i en periode minke, for så å øke kontinuerlig etter hvert som vegetasjonsdekket øker, og når et omtrentlig maksimum i «moden» alder, ved ca. 70-120 år (Pregitzer og Euskirchen 2004).

Flatehogst eksponerer bakken for økt solinnstråling, slik at jordtemperaturen kan øke. Dette begunstiger nedbrytningsprosessene og bidrar til et tap av karbon fra de øvre sjikt av jordsmonnet. I tillegg påvirker hogsten fuktighetsforholdene, bunnvegetasjonen, sopp og jordorganismer. Etter hvert som ny skog vokser opp og gir økt tilførsel av organisk materiale og endrer jordas mikroklima, vil jordsmonnet igjen akkumulere karbon. Ved hogst av små flater eller grupper av trær skjermes jordoverflata i større grad mot direkte solinnstråling og uttørking sammenlignet med vanlig flatehogst. Men det er også slik at den totale biomasseproduksjonen er lavere ved bledningsskogbruk, noe som reduserer den totale innlagringen av karbon i biomasse og jordsmonn.

I skogsjord foregår et samspill mellom trærnes finrøtter og enkelte soppers langstrakte hyfer som har stor betydning for oppbygging av karbonlageret i jordsmonnet. Dette samspillet, som kalles mykorrhiza, gir soppene tilgang til karbohydrater fra trærne, mens trærne får vann og næringsstoffer fra soppen. Skoger med mykorrhizatyper som danner store sopphyfenettverk, slik som i våre nordlige skoger, lagrer 70 - 120 prosent mer karbon i jord enn for eksempel tropiske skog, som ikke har slike mykorrhizanettverk. Det viser seg at så mye som 50-70 prosent av karbonet i boreale skogsjord har sin opprinnelse fra røtter eller mykorrhizasopp. Når skogen hogges, eller trærne dør av andre årsaker, stopper tilførselen av karbon fra trærne til mykorrhizasoppene i jorden, og det er lite mykorrhiza å finne i bakken. Ung skog, med trær som er omtrent 20–30 år gamle, vokser raskt og trenger mye næring. Mens mykorrhizamengde er størst i ung skog, finner vi de høyeste verdiene av jordkarbon i eldre skog. Når skogen blir gammel avtar veksten, trærnes energibehov er lavere, og enkelte studier viser at 90–130 år gammel granskog har omtrent like lite mykorrhiza-biomasse som en hogstflate med ett år gamle granplanter (Børja 2014).

8.6 Klimapanelets omtale av skog og andre landarealer

Som det fremgår av Figur 1 i kapittel 3 bidrar landsektoren globalt til både opptak og utslipp av klimagasser. Opptaket av karbon i landøkosystem tilsvarer om lag 25 prosent av samlede globale CO_2 utslippene siden 1750. Når det gjelder utslippssiden omtaler FNs klimapanels Arbeidsgruppe 3 sektoren som vi i det norske utslippsregnskapet kjenner som 'Skog og andre landarealer' sammen med jordbrukssektoren under samlebetegnelsen 'Agriculture, Forest and Other land use' (AFOLU).

Klimagassutslippene fra AFOLU utgjør nesten 25 prosent av de totale menneskeskapte klimagassutslippene. Utslippene skyldes i hovedsak avskoging, utslipp fra jordbruket inkludert utslipp fra husdyr, gjødsel og jord. Skog og andre landarealer (Forest and Land Use - FOLU) stod for om lag en tredel av de menneskeskapte utslippene av CO_2 mellom 1750 og 2011, og 12 prosent av utslippene mellom 2000 og 2009.

De fleste studier viser at det har vært en nedgang i karbonutslippene fra FOLU de senere år, en utvikling som knyttes til en avtagende avskogingsrate. Den generelle utviklingen i opptak og utslipp er den samme i tempererte og boreale regioner, dvs. en nedgang i utslipp, i noen områder kombinert med økt opptak.

I følge Klimapanelet er de årlige netto klimagassutslippene fra skog og andre arealer (unntatt jordbruk) 4,3-5,5 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år basert på en sammenstilling av flere kilder. Tallene varierer fra studie til studie, og eksempelvis har en studie fra FAO basert på IPCC Tier 1 metodikk (det enkleste metodealternativet), beregnet et lavere totalt klimagassutslipp fra FOLU fra 2001 – 2010 på 3,2 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år, men mer oppdelt i undergrupper. Nettoutslippet inkluderer utslipp fra avskoging (3,8 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år), opptak fra forvaltning av skog (-1,8 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år), utslipp fra brann i biomasse og torvmark (0,3 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år) samt utslipp fra drenert torvjord (0,9 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år). Et gjennomsnittlig årlig nettoutslipp fra FOLU til atmosfæren på 3,2 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år i perioden 2001 - 2010 reflekterer en nedgang fra tiåret før (1991 - 2000), hvor det gjennomsnittlige nettoutslippet ble beregnet til å være 3,9 milliarder tonn CO_2-ekvivalenter per år.

Hovedtyngden av framskrivingene for sektoren viser at årlige globale nettoutslipp av CO_2 vil gå ned i fremtiden. Det er imidlertid betydelig større usikkerhet knyttet til framskrivningene for denne sektoren enn framskrivningene for utslipp fra fossile brensler bl.a. fordi mange av scenarioene er utviklet fra modeller som ikke eksplisitt ser på tiltak innen denne sektoren. Framskrevet nedgang skyldes delvis teknologiske framskritt, i tillegg til at det som et resultat av avtakende befolkningsvekst er forventet en nedgang i ekspansjonen av jordbruksområder.

Den kritiske ressursen i AFOLU er tilgangen til areal. Det er forventet at presset på, og konkurransen om arealene vil intensiveres i tiden fremover. Ulike tiltak i landbruket konkurrerer ofte om de samme arealene, og klimapanelet peker på at denne sektoren har en sentral rolle for matforsyning og bærekraftig utvikling. Samtidig er det viktig å redusere utslipp og å øke sektorens karbonlager. Koblingen mellom jordbruk, skog og andre landarealer i AFOLU skal medvirke til at konkurrerende behov om samme ressurs (tilgjengelig areal) vurderes helhetlig.

8.6.1 Tiltak i Klimapanelets femte hovedrapport

Ifølge Klimapanelet vil forvaltning av skog på global basis spille en viktig rolle for å oppnå togradersmålet, både på kort og lang sikt. Klimapanelets femte hovedrapport konkluderer på overordnet nivå med at de mest kostnadseffektive klimatiltakene i skog er skogplanting, bærekraftig skogforvaltning og redusert avskoging, og at bioenergi og karbonnegative teknologier kan spille en sentral rolle for utslippsreduksjon. Økt bruk av trevirke i ulike produkter vil også være et viktig tiltak i denne sektoren. Globalt vil tiltakenes relative betydning variere mellom ulike regioner.

Togradersmålet med tilhørende karbonbudsjett i Klimapanelets rapport er knyttet til den langsiktige stabiliseringen av konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. Alle scenarier Klimapanelet baserer seg på forutsetter økt hogst og økt bruk av biomasse globalt. Avvirkningen er forutsatt å øke med 51-200

prosent. Dette skyldes demografisk utvikling og flere av scenariene legger til grunn at avskoging og andre former for hogst som ikke er bærekraftig må opphøre.

Økt bruk av fornybar biomasse kan erstatte fossile utslipp som ellers ville gitt økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren. Klimapanelet har beregnet at kostnaden med å nå et togradersmål vil øke med 64 prosent (44 - 78 prosent) dersom moderne bioenergi er begrenset til 100 EJ/år, altså en 5-dobling fra dagens nivå. Med moderne bioenergi mener klimapanelet i denne sammenheng bioenergi ut over det som trengs i individuelle husholdninger for mat og oppvarming. Klimapanelets lavutslippsbane legger til grunn at bioenergi dekker opptil 50 % av primær energiproduksjon i 2100 (opptil 300 EJ bioenergi) (figur 10 kapittel 3.) Et togradersmål vil også være avhengig av at karbonnegative løsninger implementeres i stor grad mot slutten av den kommende 100 års periode der det forutsettes at opp mot 80 prosent av det moderne bioenergiforbruket er tilknyttet anlegg for fangst og lagring av karbon (BECCS). Karbonnegative teknologier blir nødvendig for å kompensere for alle overskridelser av karbonbudsjettet. Samtlige karbonnegative teknologier vi kjenner bygger på fotosyntesen, og for skog handler slike tiltak om industriell fangst og lagring av CO_2 i røykgass fra skogbiomasse (BECCS), sekvestrering av biokull i jord eller økt karbonopptak på eksisterende eller nye skogarealer.

Behovet for karbonnegative løsninger vil øke dersom verden som helhet ikke følger de utslippsbaner som forutsettes for å nå vedtatte klimamål. Behovet for karbonnegative løsninger kan reduseres hvis utslippene reduseres kraftigere i de kommende tiårsperiodene. Behovet for økt karbonopptak i skog, for å redusere CO_2-konsentrajsonen i atmosfæren, vil øke betraktelig dersom bio-CCS ikke blir implementert i tilstrekkelig grad. Konklusjonen fra Klimapanelet er at det er nødvendig med en betydelig andel bioenergi uansett om CCS blir tilgjengelig eller ikke.

8.6.1.1 Oversikt over tiltak

I Klimapanelets rapport fordeles FOLU-tiltakene mellom tilbudssiden (reduksjon av klimagassutslipp per enhet land/dyr eller per produktenhet) og etterspørselssiden (endringer i befolkningens etterspørsel etter et produkt).

Blant annet er følgende tilbudsside-tiltak foreslått i sektoren skog og andre landarealer:

- *Bevare eksisterende karbonlagre som ellers vil gå tapt:* I skogsvegetasjon, torvmark og jord ved å kontrollere avskoging, ved å forhindre avskoging, og ved å kontrollere antropogene forstyrrelser, slik som skogbrann

- *Redusere karbontap:* Fra biomasse og jord, for eksempel ved endret forvaltning i en arealkategori

- *Øke tilgangen på biomasse:* Ved planting av trær på ikke tilplantet areal, t ved å øke plantetettheten eller andre tiltak som øker skogens karbonlager. Biomassen blir brukt både til treprodukter, bioenergi og til karbonnegative teknologier.

- *Andre mulige tiltak:* Forvalte stående biomasse for bærekraftig tømmerproduksjon, forlenge omløpstiden i skog, utnytte hogstavfall (GROT) bedre, implementere jordbevarende praksiser, gjødsle for økt tilvekst og bruke biomasse mer effektivt til energiformål

- *Restaurere skog*: Tilrettelegge for at skog under gjengroing og degradert skog der karbonmengden i jord og biomasse er mindre enn maksimum, regenereres naturlig eller ved tilplanting/forvaltning slik at karbonmengden økes, samt rehabilitere degradert land

- *Substitusjon*: Erstatte sement og fossile produkter med store klimagassutslipp

- *Andre tiltak på andre landareal*: Restaurering av organisk jord og forvaltningstiltak på beiteområder

Klimapanelet trekker frem to tiltak for å øke etterspørselen etter biomasseprodukter:

- *Opprettholde/øke lageret av karbon i treprodukter: S*tyrke interessen/etterspørselen etter trevirke/langlevde produkter til bruk i konstruksjon, da disse kan erstatte produkter som er mer klimabelastende
- Økt bruk av skogbiomasse til bioenergi, ulike energibærere og formål

8.7 TILTAK SOM ER VURDERT I NORGE

8.7.1 Tiltak som øker opptak, reduserer utslipp eller bevarer karbonlageret

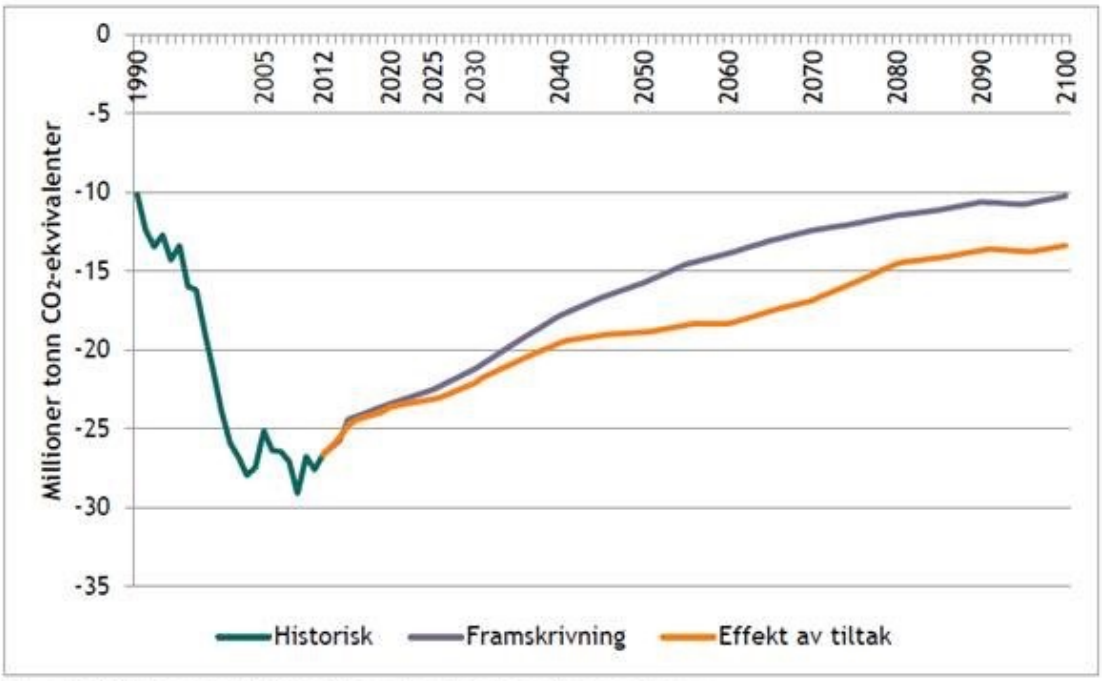
I Klimakur (2010) ble fire tiltak som kan bidra til økt opptak av karbon i skog utredet. Tiltakene som er kvantifisert er *planting av skog på nye arealer, økt plantetetthet på eksisterende skogarealer, skogplanteforedling,* og *gjødsling av skog.* Utslippsreduksjoner og tiltakskostnader i Figur 44 og viser at vi ikke kan forvente store endringer i årlig opptak fra skog og landarealer de første årene. Mot 2050 vil de kvantifiserte skogtiltakene kunne gi rundt 3 millioner tonn CO_2 i økt opptak. Dette kan leses ut fra Figur 44 ved å se forskjellen mellom kurvene "Framskriving" og "Effekt av tiltak".

Framskrivningene i rapporten til Miljødirektoratet viser at bærekraftig skogbruk der klimaforlikets signaler om planting av skog på nye arealer, tettere planting, gjødsling og skogplanteforedling også er fulgt opp, vil øke karbonlageret i skog med omtrent 1,5 milliarder tonn CO_2 i perioden fram til 2100. Forutsatt at det økte karbonlageret opprettholdes, vil disse tiltakene bidra til en lavere stabilisert konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren på lang sikt, noe som er avgjørende for å kunne begrense den globale oppvarmingen. Tiltakene vil dessuten øke den årlige skogproduksjonen med omtrent 1,5 millioner m^3 over tid, noe som vil gi et viktig bidrag til fremtidig bioøkonomi.

Tabell 12. Oversikt over mulige tiltak i sektoren skog og andre landarealer. Tallfestet effekt av skogtiltakene i forhold til referansebanen i årene 2030, 2050 og 2100. *Miljødirektoratet (2014).*

	Opptak 2030	Opptak 2050	Opptak 2100
Planting av skog på nye arealer	138.000	1.806.000	990.000
Gjødsling av skog (100.000 dekar årlig)	270.000	270.000	270.000
Skogplanteforedling	1.000	232.000	1.448.000
Økt plantetetthet	45.000	669.000	352.000
Sum	**454.000**	**2.977.000**	**3.060.000**

Det er viktig å merke seg at effekten av skogtiltakene vil avhenge av faktisk omfang, der omfanget av tiltak blant annet vil avhenge av politiske avveininger mellom mulige målkonflikter med naturmangfold og andre miljøverdier. I figuren er det lagt til grunn at tiltakene implementeres i 2015. Dersom det ikke blir tilfelle, vil effekten forsinkes tilsvarende. Klimakur 2020 viste at de fleste skogtiltakene er relativt rimelige, dersom man vurderer gevinster over et skogomløp. Felles for de fleste tiltakene er at de vil ha en årlig kostnad over en periode når de implementeres, og at gevinsten i form av økt opptak vil komme på lengre sikt. Tiltakskostnaden målt i koner per tonn CO_2-ekvivalenter vil være høyere på kortere sikt, siden tiltakene da ikke har oppnådd full effekt.



Figur 44. Effekt av kvantifiserte tiltak sammenlignet med referansebanen. *Miljødirektoratet (2014).*

Tiltaksanalysene som ble gjort i Klimakur2020 ble senere oppdatert og videre kostnadsberegnet i *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling* (Miljødirektoratet, 2014). Tiltaket planting av skog på nye areal som klimatiltak ble i 2013 fulgt opp med en rapport ved samme navn (Miljødirektoratet, Statens

landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap. 2013) og på bakgrunn av denne ble det i Prop. 1S (2014-2015) bevilget 15 millioner kroner til oppstart av en treårig pilotfase med hensikt å øke karbonlagret i skog. Tiltaket gjødsling av skog som klimatiltak er også videre utredet i rapporten *'Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak'* (Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap 2014). I *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling* (Miljødirektoratet, 2014) ble det beregnet at de fire nevnte tiltakene i 2050 kan øke karbonopptaket i levende biomasse i skog med 3 millioner tonn (for forutsetninger, se rapport *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*, M-229). Ut over satsingen med planting av skog på nye arealer, har regjeringen bevilget 33 millioner kroner over Statsbudsjettet 2016 som skal fordeles mellom tiltakene skogplanteforedling, økt plantetetthet etter hogst og gjødsling av skog.

I *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030* (Miljødirektoratet, 2015) ble det vurdert en rekke mulige, fremtidige tiltak som kan bidra til reduserte utslipp og økt opptak av karbon. Tiltakene er ikke kostnadsberegnet, og det er heller ikke gjort en fullstendig analyse av virkningene på naturmangfold på landskapsnivå, eller netto klimagasseffekt ved tiltakene. Vurderingene gir ikke grunnlag for å anbefale tiltak, men peker på behovet for å gjøre ytterligere utredninger. Under følger en kort oppsummering av tiltakene som ble vurdert i rapporten.

Planting av skog på nye arealer som klimatiltak

Med bakgrunn i rapporten '*Planting av skog på nye arealer som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier*' (Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap. 2013) er dette tiltaket nå iverksatt. Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet leder, på vegne av Klima- og miljødepartementet og Landbruks- og matdepartementet, et treårig pilotprosjekt for planting av skog på nye arealer som klimatiltak. Tiltaket er en oppfølging av Klimameldingen og Klimaforliket.

Det er valgt ut tre pilotfylker, Rogaland, Nord-Trøndelag og Nordland. I disse fylkene skal det i perioden fra 2015 til 2018 plantes skog på nye arealer som klimatiltak. Deltagelsen i pilotordningen forutsetter et nært samarbeid mellom fylkesmannens miljøvern- og landbruksavdeling.

Hensikten med tiltaket er å øke karbonlageret i skog gjennom planting på nye arealer. Pilotfasen er en begrenset uttesting av tiltaket og det er ikke satt mål for hvor store arealer som vil bli tilplantet i treårsperioden. I rapporten '*Planting av skog på nye arealer som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier*' (2013) ble det imidlertid beregnet at tilplanting av gran på 1 million dekar (50 000 dekar årlig, over en periode på 20 år - med start i 2014) gir et opptak på henholdsvis 138 000 tonn, cirka 1,8 millioner tonn og 990 000 tonn CO_2-ekvivalenter i 2030, 2050 og 2100. Det avtakende opptaket mot 2100 reflekterer at gammel skog binder mindre CO_2, samt forutsetningen om at skogen sluttavvirkes ved hogstmodenhetsalder.

Tiltaket planting av skog på nye arealer som klimatiltak er i *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling* (Miljødirektoratet, 2014) plassert i kostnadskategorien «lav», det vil si «under 500 kr/tonn». I *Klimakur 2020* ble tiltakskostnaden beregnet til cirka 50 kr/tonn. Tar vi med verdien av tømmerproduksjonen, vil tiltaket ha en positiv nåverdi og en tiltakskostnad på rundt -10 kr per tonn CO_2-ekvivalent (inntekt) Ved

tilplanting i størrelsesorden 50 000 dekar årlig vil den totale kostnaden være om lag 100 millioner kroner årlig. Denne beregningen inkluderer plantekostnaden, ryddig av areal for treslagsskifte samt kostnader knyttet til virkemiddelbruk. Tiltaket er vurdert som kostnadseffektivt i forhold til CO_2-opptak. Kostnadene vil i prosjektets pilotfase imidlertid være høyere enn beregnet tiltakskostnad for å muliggjøre at man gjennom pilotordningen når målsetningen om i tillegg til å øke karbonlageret i skog, høster læring av klima-, miljø- og næringseffekter av tiltaket.

Redusert avskoging

Tiltaket «Redusert avskoging» viser at årlige klimagassutslipp fra avskoging kan reduseres ved å unngå omdisponering av skogområder. Tiltaket vil ha størst klimaeffekt hvis avskoging av skogsområder på middels og høy bonitet reduseres. Tall fra Landsskogtakseringen (2008-2011) viser at avskoging knyttet til omdisponering i Norge i hovedsak er knyttet til god og middels god bonitet, med henholdsvis 41 prosent og 27 prosent av avskoget areal. Sammenlikning av fordelingen av avskoging i produktiv skog med bonitetsfordelingen i all produktiv skog (Granhus, Hylen og Nilsen 2012) viser at middels og høy bonitet er overrepresentert. Av produktiv skog som avskoges er 47 prosent på middels bonitet og 31 prosent på høy bonitet.

Forynge gran under en lavskjerm av bjørk

Tiltaket «Forynge gran under en lavskjerm av bjørk» omtaler mulighet for å maksimere volumproduksjonen i skogen ved bruk av lavskjerm av bjørk tidlig i omløpet ved foryngelse av gran. Dette kan være gunstig i klimasammenheng, da bjørkeskogen har en høyere årlig tilvekstrate i tidlig alder, og dermed vil bidra til økt opptak av CO_2 tidligere i omløpet sammenlignet med etablering av et ensartet granbestand. En faktor som kan gjøre tiltaket krevende, er dagens beitepress fra hjortevilt.

Oppfylling av foryngelsesplikten

Skogbruksloven (§ 6) og Forskrift om bærekraftig skogbruk (bærekraftforskriften §§ 6, 7 og 8) definerer minste lovlige planteantall per dekar, i tillegg til å anvise tilrådelig planteantall for optimal skogproduksjon. Tiltaket «Oppfylling av foryngelsesplikten» omtaler mulig potensial ved etterlevelse av lovverket.

Unngå hogst i ung produksjonsskog

Hogst av ungskog, særlig skog i sterk vekstfase, gir negativ klimagasseffekt da det reduserer potensielt årlig opptak av CO_2 fra skog. Trevirket fra slik hogst har i tillegg snevrere anvendelsesområde.

Forlenget omløpstid

Tiltaket «Forlenget omløpstid» viser at å overholde skogen utover normalt hogsttidspunkt vil øke det totale karbonlageret på avvirkningstidspunktet. Forlenget omløpstid på 30 - 70 år vil således kunne øke karbonlageret i skogen. Tiltaket må vurderes opp mot redusert tilvekst/karbonopptak i forhold til arealets maksimale produksjonsevne, samt risikoen for at hele eller deler av karbonlageret kan gå tapt på grunn brann eller vindfall. Risikoen for alvorlig sopp- og innsektangrep ved forlenget omløpstid var ikke inkludert i dette estimatet (Dalsgaard, et al. 2015). I tillegg må det tas hensyn til at man ved forlenget omløpstid går glipp av effekten av foredlet frø (2. generasjons frø) ved foryngelse som kan øke tilveksten med 15-25 prosent.

Tynning

Hensikten med tynning er å øke framtidig bestandsstabilitet og -kvalitet ved å gjøre bestandet mer robust mot skader over tid, og på den måten gi en samlet optimal verdi- og volumproduksjon.

Utnyttelse av hogstavfall (GROT)

Tiltaket «Utnyttelse av hogstavfall (GROT)» vil si at greiner og topper, som ellers ville blitt liggende igjen på hogstflaten etter avvirkning, tas ut og brukes som en ressurs, for eksempel i produksjon av bioenergi. GROT er også aktuelt som råstoff til produksjon av biokull. Dersom GROT blir liggende igjen etter hogst, vil imidlertid en del av dette bidra til å øke skogsjordas karboninnhold.

Skogvern som klimatiltak

Dette er et tiltak som er omtalt i klimameldingen. Det er bestilt en utredning om dette tiltaket fra Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet og NIBIO som skal leveres innen 15. februar 2016.

Skånsom markberedning

Tiltaket «Skånsom markberedning» kan gjennomføres for å gi planter og frø bedre livsbetingelser ved å høyne marktemperaturen, hindre uttørking og å redusere konkurransen fra annen vegetasjon. Dette er med på å gi raskere plantevekst, hvilket vil øke opptaket av CO_2 fra levende biomasse i den nye skogen. Enkelte former for kraftig markberedning kan imidlertid ha negative konsekvenser for naturmangfold og andre miljøverdier (Mjöfors 2015). Det er tidligere antatt at markberedning fører til tap av jordkarbon, men ny svensk forskning nyanserer dette bildet (Mjöfors 2015) og viser at karbontapet ikke øker etter markberedning eller stubbehøsting, verken på kort eller lang sikt (ca. 25 år).

Redusert uttak av torv

Bruk av torv til dyrkingsmedier og jordforbedring medfører et utslipp av CO_2 ved nedbryting av torvmarken. Tiltaket «Redusert uttak av torv» omtaler alternativer til bruk av torv til jordforbedring.

8.7.2 Tiltak som øker etterspørselen etter biomasse - substitusjon

Tiltakene i Miljødirektoratet (2015) som krever de største råstoffvolumene, er knyttet til å erstatte fossilt drivstoff og olje. Det ligger imidlertid også et potensiale i økt bruk av trevirke i smelteverksindustrien (tilsvarer et råstoffbehov på 0,5 millioner m^3 trevirke). Effekten av tiltakene som er basert på økt bruk av biomasse er vist i Tabell 13. Tiltakene er vurdert i ulike tiltakspakker etter kostnadskategori og gjennomførbarhet. Tiltakspakke 1 er de tiltakene som har lavest kostnad (<500 kr/tonn) og er minst krevende å gjennomføre. Tiltakspakke 2 har medium kostnad (500-1500 kr/tonn) og har middels krevende gjennomførbarhet. Tiltakspakke 3 inkluderer alle tiltak som er tiltakspakke 1 og 2, i tillegg til tiltak som har høyest kostnad (> 1500 kr/tonn) og mest krevende å gjennomføre.

Tabell 13. Effekt av tiltakspakker med substitusjon. Utslippsreduksjon i forhold til referansebane i 2030. *Miljødirektoratet (2015).*

Tiltak/tonn CO_2-ekvivalenter	Tiltaks-pakke 1	Tiltaks-pakke 2	Tiltaks-pakke 3
Økt bruk av biobrensel i sementindustrien	94.000	94.000	94.000
Økt andel trekull i ferrosilisiumindustrien		150.000	150.000
Økt andel trekull i silisiumkarbidindustrien		8.800	8.800
Energikonvertering i industrien	189.500	220.500	309.500
Biodrivstoff til veitransport	1.092.000	2.183.000	4.366.000
Biodrivstoff i andre mobile kilder		204.000	409.000
Biodrivstoff til innenriks luftfart		258.000	516.000
Bruk av vegetabilsk olje på lasteskip	36.000	182.000	182.000
Bruk av vegetabilsk olje i fiskeflåten	139.000	693.000	693.000
Fjernvarme: Erstatte fossil olje med biodiesel/olje		36.000	36.000
Sum	1.550.500	4.029.300	6.734.300
Totalt i tiltakspakkene	6.400.000	11.600.000	16.500.000
% bio i tiltakspakkene	24 %	35 %	41 %

De tiltakene som er vurdert i Miljødirektoratets rapport gir grovt sett et redusert klimagassutslipp på snaut 0,5 tonn CO_2 pr m^3 brukt trevirke. Råstoffet vil være trevirke som ikke er anvendbart til mer høyverdige produkter.

Tabellen under oppsummerer anslått etterspørsel etter bioenergivarer i 2030 som følge av tiltakspakkene.

Tabell 14. Scenarioer som viser økt etterspørsel etter ulike bioenergivarer i 2030. *Miljødirektoratet (2015).*

Energivarer	Tiltakspakke 1 (TWh)	Tiltakspakke 2 (TWh)	Tiltakspakke 3 (TWh)	Utslipps-reduksjoner tiltakspakke 3 (tonn CO_2-ekv)
Biodiesel/ biogass [1]	2,6	8,1	11,9	3 260 000
Biodrivstoff til luftfart	-	0,9	1,8	104 000
Bioetanol	0,4	0,6	1,2	344 000
Faste biobrensler	1,6	1,6	1,6	
Trekull til industri [2]	-	0,4	0,4	159 000
Total			16,9	3 708000

1. Inkluderer vegetabilsk olje/bio-olje. Noe av etterspørselen etter biodiesel vil kunne erstattes av biogass. (Tiltaket «Biogass fra husdyrgjødsel» ligger inne i tiltakspakke 3 og gir 0,7 TWh biogass).

2. Dette tilsvarer at cirka 4,5 % av ferrolegeringsindustriens kullforbruk erstattes av trekull (15 % av kullforbruket i ferrosilisium). Dersom hele kullforbruket i ferrolegeringsindustrien (cirka 1 million tonn fossilt kull) erstattes med trekull vil dette gi en etterspørselsøkning i størrelsesorden 8 TWh ferdig energivare.

Bruken av den delen av tømmeret som har høyest kvalitet til materialer (trelast), gir den aller største klimagevinsten. I gjennomsnitt vil økt bruk av tre redusere klimagassutslippene med 1.6 tonn CO_2 pr m^3 trelast. I St.meld. nr. 39 (2009) er det lagt til grunn at det er mulig å øke den årlige produksjonen av trelast med 1,25 millioner m^3. En slik økning vil redusere de globale klimagassutslippene med 1,8 millioner tonn CO_2.

Det er grunn til å peke på at tiltakspakkene er knyttet til utslipp i Norge. I dette regnskapet gir det ikke utslag å bruke klimavennlige produkter og materialer i stedet for produkter produsert i utlandet som har store klimagassutslipp i selve produksjons- eller framstillingsprosessen (med mindre dette fører til redusert produksjon av produktene i Norge). Dette innebærer f.eks. at økt bruk av tre i stedet for betong, stål og aluminium ikke nødvendigvis fører til mindre utslipp i Norge. Globale effekter er ikke beregnet i Miljødirektoratets rapport. Globalt kan substitusjon likevel gi reduserte utslipp av klimagasser. Det samme vil være tilfelle for en rekke andre trebaserte produkter som emballasje, trekompositter og andre bioraffineriprodukter (alt som kan produseres av olje kan også baseres på trevirke som råstoff), og ved bruk av trevirke som brensel for å erstatte bruk av elektrisitet. Tabell 15 viser substitusjonseffekten av å erstatte stål, sement og betong med tre.

Tabell 15. Substitusjonseffekten av å erstatte karbonintensive byggematerialer som stål, sement og betong med tre. *Klimakur (2010)*

Substitusjonseffekt	Kg CO2/m3	Gjennomsnitt (Kg CO2/m3)
Tre erstatter stål	26-530	247
Tre erstatter sement	93-1062	484,5
Tre erstatter betong	186-2124	969

I tillegg til substitusjonseffekten bidrar økt bruk av tre til at lageret av karbon i varige treprodukter øker. I forbindelse med forhandlingene om 2. forpliktelsesperiode til Kyotoavtalen, ble det enighet om endringer i lager i varige treprodukter (harvested wood products, HWP) skal bokføres i skog og arealbrukssektoren (LULUCF). Endringene i karbonlageret i treprodukter skal regnskapsføres det landet hvor avvirkningen skjer, mens endringer i karbonlageret fra importerte produkter ikke skal inngå i importlandets regnskap. I Meld. St. nr. 13 (2014-2015) holdes muligheten åpen for å anvende Kyotoprotokollens regler for lagring av karbon i treprodukter i en felles løsning med EU om en ny utslippsforpliktelse for 2030.

Karbon utgjør omtrent halvparten av tørrvekten i alle våre treslag. De ulike treslags evne til å lagre karbon vil derfor variere med treslagets densitet (egenvekt), se Tabell 16.

Tabell 16. Egenvekten til våre vanligste treslag og hvor mye CO_2 som er bundet i en fastkubikkmeter (fm^3) trelast av de respektive treslag.

Treslag	Egenvekt (Kg/fm^3)	Kg CO_2/fm^3
Gran	380	697
Furu	440	807
Bjørk	500	917

Under følger en kort beskrivelse av tiltakene i Tabell 13. Mer detaljert informasjon om hvert tiltak kan leses i tiltaksarkene i Miljødirektoratet (2015).

Økt bruk av biobrensel i sementindustrien

Sement produseres i dag ved Norcem Brevik og Norcem Kjøpsvik. Det er mulig å substituere deler av de fossile brenslene som brukes i produksjon av sement med brensler med høy andel biomasse. I tiltaket er det forutsatt en gradvis økning i biobrenselandelen over en periode på ti år fra inneværende år. Tiltaket har et reduksjonspotensial i 2030 på 94 000 tonn CO_2-ekvivalenter.

Økt andel trekull i industrien

Trekull kan erstatte bruk av fossilt kull som reduksjonsmiddel i ferrosilisumindustrien og silisiumkarbidindustrien. I disse tiltakene ble det beregnet at dersom andel trekull i ferrosilisiumindustrien med 20 prosent og i silisumkarbidindustrien med 10 prosent kan det bidra med utslippsreduksjon på henholdsvis 150 000 og 8800 tonn CO_2-ekvivalenter pr år. Trekullet erstatter da kull og koks som reduksjonsmiddel.

Energikonvertering

I treforedlingsbransjen kan bruk av biogass og andre biobrensler i stedet for fyringsolje være aktuelle tiltak, og for næringsmiddelindustrien kan det omlegges fra fossile brensler som olje og gass til bruk av bioenergi i energisentraler. Til sammen vil disse to konverteringstiltakene ha et reduksjonspotensial på 189 500 tonn CO_2-ekvivalenter.

Biodrivstoff

Det er flere tiltak med økt bruk av biodrivstoff i veitransport, annen mobile kilder og innenriks luftfart. Biomasse fra skogen kan brukes til å lage andregenerasjons biodrivstoff. Andregenerasjons biodrivstoff regnes for å være bedre enn førstegenerasjons biodrivstoff når det gjelder reduksjonspotensial for utslipp av klimagasser, arealeffektivitet, krav til benyttet landareal og konkurrerer ikke med arealer til matproduksjon.

For innblanding av biodrivstoff i veitransport ligger det i tiltakspakke 1 å øke innblandingen med 10 prosentprosentpoeng fra dagens nivå. I tiltakspakke 2 er innblandingen økt med 20 prosentpoeng, og i tiltakspakke 3 med 40 prosentpoeng.

I kategorien andre mobile kilder inngår småbåter, snøscootere, traktorer, anleggsmaskiner og andre motorredskaper. Tiltaket går ut på å øke innblandingen av biodrivstoff i fossilt drivstoff til andre mobile kilder fra 0 energiprosent i dag til 10 energiprosent i tiltakspakke 2 og fra 0 til 20 energiprosent i tiltakspakke 3.

Økt innblanding av biodrivstoff for innenriks luftfart i tiltakspakke 2 innebærer å øke innblandingen av biodrivstoff i fossilt flydrivstoff på innenriksflyginger som ikke er omfattet av klimakvotesystemet fra 0 prosent i dag til 20 prosent i 2030. Innenriks luftfart som ikke er underlagt kvoteplikt omfatter; militære fly, fly under 5,7 tonn (småfly), testflygninger og redningsflygninger. I tiltakspakke 3 omfatter tiltaket å øke innblandingen i innenriks luftfart med 40 prosent.

Vegetabilsk olje i lasteskip og fiskeflåte

Tiltaket innebærer å fase inn 100 prosent vegetabilsk olje i marint drivstoff brukt på lasteskip og i fiskeflåten. DNV GLs «realitetsorienterte scenario» innebærer et 100 prosent av lasteskip og fiskebåter tar i bruk vegetabilsk olje, og at eksisterende fartøy skifter drivstoff i et tempo som medfører at 1 prosent av de eksisterende fartøyene bygges om årlig for å kunne ta i bruk dette drivstoffet, fra og med 2016. Dette innebærer at i 2030 vil 848 lasteskip (det vil si 15 prosent av flåten) og 178 fiskefartøy (33 prosent av flåten) operere med 100 prosent vegetabilsk olje.

Fjernvarme

Bruk av bioenergi (bark, flis, tre og bio-oljer) som energivare i fjernvarmesektoren utgjorde i 2012 23 prosent av energiforbruket i fjernvarmesektoren. Tiltaket går ut på å fase ut fossile oljeprodukter, i hovedsak lett fyringsolje. Energibehovet dekkes inn ved økt bruk av biodiesel/bio-olje i eksisterende kjeler. Alternative måter å redusere bruken av fossil olje på, er å erstatte oljekjel med en ren bio- eller elkjel. Potensialet for utslippsreduksjoner er beregnet til 36 000 tonn CO_2 i 2030.

Tiltak som ikke er kvantifisert i Miljødirektoratet (2015) men omtalt eller kvantifisert i Klimakur eller i Klimapanelets rapport:

- **Produksjon av biokull og lagring i jordbruksjord**
  Det er i Klimakur 2020 (2010) utredet tiltak for produksjon av biokull enten av halm eller av skogsavfall. Tiltaket som omhandler bruk av skogsavfall forutsettes det at 750 000 tonn skogsavfall med et energiinnhold på 3,5 TWh, omdannes til biokull og bio-olje.

- **Bio-CCS**
  Røykgass fra forbrenning av bioenergi kan gjennomgå samme renseprosess som eksos fra fossile kilder (CCS). Ved å fange karbon fra røykgassen til forbrent biomasse er det mulig å trekke karbon ut av det atmosfæriske kretsløpet ved fangst og lagring i geologiske strukturer. Fordelen med å benytte biomasse til CO_2 fangst ligger i at man kombinerer fotosyntesens evne til å fange lavkonsentrert CO_2 fra atmosfæren (ca. 400 ppm) med industriell fangst fra røykgass med langt høyere CO_2 konsentrasjon (3-6 prosent). I global sammenheng er potensialet av tiltaket vurdert å være på 125 PgC. Tel-Tek miljøet i Grenland og Aker Kværners «Just Catch Bio» prosjekt har

tidligere vurdert karbonnegative teknologier i forbindelse med prosjektering av gasskraftverk. Sement bedriften Norcem i Brevik har erstattet store deler av sin kullfyring med fornybart brensel og er i gang med et prøveprosjekt for fangst av CO_2 fra produksjonsprosessene med et langsiktig mål om å drive karbonnegativ produksjon.

- **Biokull til sekvestrering (lagring) i jord**
  På samme måte som ved karbonfangst og lagring (CCS) basert på bioenergi, vil framstilling og anvendelse av biokull som jordforbedrende middel bidra til at karbon trekkes ut av det atmosfæriske kretsløpet, jf. omtale i kapittel 7. I global sammenheng er potensialet av tiltaket vurdert å være på 130 PgC[8] (Petagram karbon).

[8] 1 PgC (petagram karbon) = 1 Gigatonn karbon

9 TILPASNING TIL ENDRET KLIMA I JORDBRUKET

Politikk for klimatilpasning i norsk jordbruk er omtalt i Meld. St 33 (2012-2013). Meldinga sier at «tilpasning av landbruket til klimaendringene er avgjørende for å forebygge og begrense skadene fra både ekstremvær og gradvise endringer, samtidig som mulige produksjonsgevinster av et endret klima skal kunne tas ut. Det er behov for tiltak for å bedre jordstruktur og utvikling av mer klimarobuste produksjonssystem. Landbruket forvalter store arealer og kan gjennom riktig skjøtsel bidra til skadeforebygging i andre sektorer. Et vitalt landbruk er derfor en viktig underliggende forutsetning for å kunne møte klimautfordringene».

I dette kapitlet omhandles effekter og tilpasninger for produksjonsmulighetene i jordbruket. Kunnskapsgrunnlaget knyttet til utslipp og tiltak for å redusere klimagasser er behandlet i kapittel 7 og arbeidsgruppas vurderinger er gitt i kapittel 12. For mer detaljert omtale av tilpasning av jordbruket til endret klima vises til vedlagte fagnotater hvor det er gitt oversikt over kunnskapsstatus og omtale av kunnskapsbehov. I disse notatene er det også flere litteraturhenvisninger. Notatene dekker følgende tema:

- Kornproduksjon
- Grovforproduksjon
- Grønnsaker og poteter
- Frukt og bær
- Plantehelse og skoghelse
- Drenering og hydroteknikk
- Gjødsling
- Karbon i jord

Tilpasning til klimaendringene er avgjørende for å forebygge og begrense skadene fra både ekstremvær og mer gradvise endringer, og er samtidig en forutsetning for å kunne utnytte muligheter som følger av et endret klima. Klimaendringene vil i første rekke endre rammebetingelsene, og en forutsetning for tilpasning er å forstå hvilke prosesser som påvirkes. Klimaendringer virker sammen med andre påvirkningsfaktorer som arealbruksendringer, fysiske inngrep, utnyttelse av fornybare og ikke fornybare ressurser og forurensing. Klimaendringer vil kunne føre til sterkt redusert produksjon i mange av verdens viktige matproduksjonsområder. Det er derfor en viktig del av tilpasningsarbeidet i Norge å planlegge for god tilpasning av jordbruksproduksjonen også i et globalt perspektiv. Tilpasningsarbeidet må også innrettes for å gjøre landbruket mer tilpasset klimavariasjoner som forekommer også under dagens klima.

En totalanalyse av effektene av endret klima må inkludere både de positive og de negative effekter for hele driftssystemet, men i mange analyser er det ofte enkeltfaktorer som er undersøkt. Det kan være bruk av modeller for å studere endret plantevekstutvikling og avling i ulike deler av landet, men der en ikke inkludere alle faktorer som eks plantehelse, jordarbeiding og innhøstingsmuligheter. Slike modelleringer er avhengige av nedskalerte klimascenarier til et slikt nivå at de kan inngå i plantevekstmodeller. For jordbruket er det nødvendig å ha opplysninger om for eksempel jordtemperatur for å vurdere fryse- og

tineforhold, og om minimumstemperaturer som kan ha stor effekt for overlevelse av planter, utvikling av skadedyrsituasjon mv.

Faktaboks: MACSUR – modellering av fremtidig jordbruksproduksjon

Det pågår et omfattende modelleringsarbeid i Europa på modellering av fremtidig jordbruksproduksjon under endret klima. MACSUR – Modelling European Agriculture under Climate Change (www.macsur.eu) som pågår i perioden 2012- 2017 ble initiert med bakgrunn i utilstrekkelig kunnskap om jordbruk og endret klima i Europa. Det er et mål å bygge et sterkt modellerings nettverk i Europa. Norge deltar i dette nettverket med forskergrupper for modellering av plantevekst, husdyrproduksjon, handel og økonomi. Bidrag fra dette arbeidet er inkludert i analyser av positive og negative effekter i denne rapporten.

Det er stor usikkerhet om fremtidige endringer, både størrelsen og tidspunktet for endringer. I alt modelleringsarbeid er det lagt inn forutsetninger som det kan være stor usikkerhet forbundet med. Det er helt avgjørende for slik modellering å ha godt nedskalerte klimadata. Mye av planlegging og investeringer i landbruket har langsiktig karakter og det er viktig å tilpasse seg i tide, men samtidig kan man ikke sette i verk tiltak nå for hendelser eller endringer som først vil inntreffe noen tiår frem i tid. Det er behov for å avklare hvilke tiltak som bør iverksettes nå, og tiltak som i større grad representerer en beredskap for fremtidig utvikling, jf. drøfting av risiko og tidshorisont i kapittel 11.3. I en slik tilpasningsanalyse må det legges særlig vekt på nøkkelprosesser og nøkkelfaktorer for godt tilpasningsarbeid. Rapporten «Klima i Norge 2100» ble lagt frem høsten 2015 og har noen endringer sammenlignet med den tilsvarende rapporten fra 2009. Flere forskergrupper har gjort vurderinger basert på rapporten, men det er ikke gjort noen nye analyser og modellberegninger basert på de nye framskrivningene.

9.1 EFFEKTER PÅ PRODUKSJONSGRUNNLAGET

Sikring av produksjonsgrunnlaget ved ekstremvær

Sikring av jordressursene og produksjonsgrunnlaget ved fremtidige klimaendringer er en viktig del av tilpasningsarbeidet. Det gjelder flom, skred og ukontrollert avrenning inn på jordbruksarealene. Det er behov for risikovurderinger og planlegging av forebygging og tilpasningstiltak. Konsekvensene av å utsette tilpasning kan være svært store og føre til uopprettelige skader. Flere av de aktuelle tiltak er det også behov for ved dagens klima og ikke bare ved fremtidig ekstremvær.

Oversvømmelser og flomskader på jordbruksareal langs elver

Utarbeidelse av flomsonekart har pågått over tid i Norge og har sammen med risikoanalyser gitt grunnlag for flomsikringsarbeider av jordbruksareal langs de store elver. Det forventes mindre snøsmeltingsflommer, mens flom forårsaket av (ekstrem) nedbør i andre sesonger er forventet å øke. Flomskader kan føre til tap eller skade på jordbruksareal. Berørt areal kan gjenoppbygges, men også forbli tapt ved store skader. Kostnader med reetablering kan bli store. Oversvømmelser kan også føre til at årets avling går tapt eller får sterkt redusert kvalitet.

Skred, jordras og avrenning fra andre areal inn på jordbruksareal.

Det er observert økt forekomst av skred og ras som har gjort skade inn på jordbruksareal. Det kan være lokale bekker i fjellsider som ikke tidligere er vurdert å utgjøre noen risiko.

Det kan være vanskelig å forutse slike skader fordi de er avhengig av nedbørmengder, tidspunkt for nedbør og forhold i jorda (vannmetning). Det kan bli aktuelt å kartlegge risikoområder, utarbeide en hydrologisk risikoplan og planlegge for bedre kontroll med vann og erosjonssikring med avskjæringsgrøfter, flomvoller/kanaler, steinsetting av avløp etc. I 2016 startes et nasjonalt program for laserskanning av landarealet og utarbeidelse av en nasjonal høydemodell med stor nøyaktighet. En slik høydemodell vil gi vesentlig bedre grunnlag for å utvikle nye risikokart for skredutsatte områder, vannveier og bedre planlegging av overvannshåndtering ved ekstreme nedbørsepisoder.

Skader i planeringsfelt

I områder med bakkeplanert areal er det observert tilfeller med lukkingsanlegg der bunnledninger har kollapset og det har ført til utrasinger (Hauge og Deelstra 2015). Slike utrasinger gjør skade på jordbruksarealet, men kan også påvirke drikkevannskvalitet og arealer nedstrøms. Det er antatt at risikoen for slike skader kan øke ved økt forekomst av ekstremvær, men det foreligger ingen systematisk kartlegging av omfang, utbedringsbehov og kostnader.

Avrenning og ekstremepisoder på jordbruksareal.

Stor avrenning inne på jordbruksareal kan forårsake store skader på arealer som vanskelig lar seg reparere ved normal jordarbeiding. Høy nedbørintensitet ved ekstreme episoder kan gi så stor avrenning at hydrotekniske systemer har utilstrekkelig kapasitet til bortledning av vann. Kartlegging utført av NIBIO (tidligere Bioforsk) i flere nedbørfelt på Østlandet har avdekket feil og mangler med omfattende graveskader og behov for utbedringer og oppgradering av slike anlegg. Kartleggingen viser at hydrotekniske anlegg ikke er tilpasset dagens nedbørsituasjon. Det er registrert skader helt ned til dybde av drensrør, graving rundt nedløpskummer og ved utløp av drensrør i bekkeskråninger. Erosjon på jordbruksarealene kan føre til utrasinger i bekkekanter og påvirke vannkvalitet nedstrøms.

9.2 MULIGHETER FOR JORDBRUKET I ENDRET KLIMA

I dette avsnittet er generelle vurderinger av muligheter under endret klima omtalt, mens mer spesifikke forhold for ulike planteproduksjoner er gitt i avsnitt 9.4.

Lenger vekstsesong

Vekstsesongens lengde forventes å øke betydelig fra perioden 1971-2000 til 2031-2060, særlig langs kysten. I et bredt belte fra kysten og innover i landet er det beregnet en økning i vekstsesongen med 1-2 måneder under høy utslippsbane av klimagasser. Under middels utslippsbane er dette beltet smalere, og det omfatter ikke Østlandet og Sørlandet. Fram mot slutten av århundret (2071 - 2100) beregnes ytterligere ca. en måneds forlengelse av vekstsesongen.

Arealet med vekstsesong lengre enn 6 måneder beregnes å ha økt til henholdsvis ca. 105 000 og 165 000 km^2 under middels og høy utslippsbane, noe som er stor økning fra dagens areal på 45 000 km^2.

Det er ikke gjort detaljerte analyser av hvilke vekster det økte arealet kan bli egnet for. Molteberg og Vågen (2015) angir at det er behov for egnethetskart for radkulturer. Utvikling av slike egnethetskart er aktuelt også for øvrige vekster. Det gjelder også muligheter for beite på innmark og i utmark.

I tillegg til økt temperatur er det forventet økt CO_2-konsentrasjon i atmosfæren. Sammen med gunstige nedbørforhold kan dette gi muligheter for økt plantevekst, forutsatt at en kan mestre de utfordringene som følger av klimaendringene. En lenger vekstsesong kan utnyttes på ulike måter.

Utvidet dyrkingsområde

Lenger vekstsesong (og økt CO_2-konsentrasjon) gir muligheter for å utvide dyrkingsområdet for eksisterende vekster, ta større avlinger og kan gi muligheter for å ta i bruk nye arter og sorter.

For *korndyrking*sområdene på Østlandet og Trøndelag er det forventet omlag samme økning i årsmiddeltemperatur (2 grader til 2060). Forlenget vekstsesong for korn gir muligheter for tidligere såing om våren, tidligere modning og innhøsting. Det gir muligheter for å dyrke sorter /arter som modner seinere og har høyere avlingspotensial. Økt temperatur om høsten kan gi muligheter for økt dyrkingsområde av høstkorn og større avling, men det er en rekke usikre faktorer knyttet til fremtidig høstkorndyrking.

For *grovfor viser* simuleringer en økning på 10 - 30 prosent for engavlinger for perioder om våren og høsten som i dag er begrenset av lave temperaturer (Höglind, Persson, et al. 2015). Høyere vintertemperaturer kan utvide dyrkingsområde for flerårig raigras som i dag er begrenset til Sørvestlandet og områder rundt Oslofjorden. Økt temperatur kan gi muligheter for nye fôrvekster som fôrmais og fôrsukkerbeter for de beste strøk rundt Oslofjorden.

Potet- og grønnsakproduksjon er i dag begrenset av vekstsesongens lengde og varmesum. Lengre og varmere vekstsesong kan gi produksjonsmuligheter for grønnsaker utover dagens hovedområder rundt Oslofjorden og Agder, både for eksisterende vekster og nye vekster/sorter. For høye temperaturer – i områder som har høyest temperatur i dag – kan imidlertid hindre blomsterutvikling for noen kålvekster (blomkål, brokkoli) eller redusere kvaliteten.

Frukt- og bærdyrking er følsom for endringer i sommer- og vintertemperatur og nedbørforhold. Økt middeltemperatur og lengre vekstsesong kan gi bedre vilkår for norsk frukt- og bærproduksjon og utvide dyrkingsområde nordover og i høyden. Det kan dyrkes mer kravfulle sorter og gi bedre muligheter enn i dag, for eksempel aprikos, fersken og druer.

Økt avling

For grovfordyrking må det høstes flere ganger per år for å utnytte at lengre vekstsesong kan gi økt avling. Simuleringer for 2050 viser (forutsatt at det ikke er for vått) 1 – 2 flere høstinger av eng og utvidet beitesesong med 1 – 2 måneder i forhold til i dag. For både korn og grønnsaker er det en overgang til andre

sorter som kan gi økt avling fordi de kan utnytte lengre vekstsesong. For frukt vil økt sommertemperatur kunne gi større avlinger med bedre kvalitet.

Bedre kvalitet

Lengre vekstsesong kan gi muligheter for tidligere modning, tidligere innhøsting, innhøsting under gunstigere værforhold og dermed bedre kvalitet. Dette er angitt for grønnsaker, korn, frukt og bær, men det er også vurderinger av at for høye temperaturer kan gi dårligere kvalitet for noen grønnsaker. For grovfôrdyrking kan økt temperatur bidra til økt dyrking av belgvekster og dermed bidra til fôr med høyere proteininnhold.

Bedre mulighet for plantevern

Dersom ikke hele forlengelsen av økt vekstsesong brukes til å dyrke arter og sorter med lengre veksttid, kan det bli bedre tid til ugrasbekjempelse om høsten.

9.3 UTFORDRINGER VED ENDRET KLIMA

9.3.1 Abiotiske faktorer- økt nedbør

Endring i nedbørforhold kan direkte påvirke de enkelte produksjoner, men også mulighetene for praktisk jordbruksdrift på arealene. I alle framskrivningene er det forventet økt årlig nedbør, men ulik fordeling på landsdeler og sesonger. For jordbruksproduksjon er tidspunktet for nedbør avgjørende for såing, plantevekst og høsting. Tilgang på tilstrekkelig vann gjør at norsk matproduksjon har andre muligheter enn i mange andre områder på kloden – forutsatt at vi kan håndtere de våtere forholdene. Det har stor betydning om økt nedbør kommer i form av regnvær eller snø, om den kommer på frosset eller tint jord og tidspunkt i vekstsesongen. Nedbør på delvis tint jord kan føre til stor overflateavrenning og erosjon. Ved mindre snødekke kan plantedekke bli mindre beskyttet mot utfrysing og få dårligere vinteroverlevelse.

Drenering, hydrotekniske systemer

Det er antatt at to tredeler av den dyrka jorda i Norge har grøftebehov for å kunne brukes til jordbruksproduksjon. Dagens dreneringssystem er først og fremst anlagt for å kunne lede bort overflødig vann for å komme ut på arealer tidlig om våren. Drenering har også betydning for muligheter for å kunne ferdes på arealer, for jordarbeiding (vår og høst), innhøsting og miljøhensyn. Bortledning av overflatevann på høsten kan hindre vinterskader på eng.

Etablerte grøfter har en forventet levetid på ca. 30 år. Da grøftetilskuddet ble tatt bort på åttitallet sank grøfteaktiviteten umiddelbart. Det er allment antatt at dreneringstilstanden i mange områder er for dårlig, men det finnes ingen fullgod oversikt over dette. En spørreundersøkelse referert i (Hauge, Kværnø, et al. 2011) viste at bøndene ut fra egen vurdering oppga at 8 prosent av jordbruksarealet var dårlig drenert. For Østfold og Akershus som er dominert av korndyrking, ble det oppgitt at 12 og 15 prosent av arealet er dårlig drenert, mens det for Rogaland som er dominert av eng og beite ble oppgitt at 4 prosent av arealet var dårlig drenert. Også andre rapporter som Hoel et al. (2013) trekker frem dårlig drenering som årsak til

stagnerte kornavlinger. Disse analyser har imidlertid ikke vurdert det fremtidige behov for drenering ved endret klima. Hauge og Deelstra (2015) har vurdert potensielle effekter, men angir det er behov for å gjøre en mer detaljert analyse basert på de nye nedskaleringer av klimaframskrivningene for ulike regioner.

Investering i dreneringssystemer er langsiktig. Selv om man for planleggingsformål de neste 10- 20 år er anbefalt å bruke værdata for perioden 1985 – 2014 som planleggingsgrunnlag, så er det for drenering aktuelt også å se på framskrivninger lenger frem i tid. Sammenlignet med perioden 1985 - 2014 forventes det enda større økning i nedbør, flere dager med kraftig nedbør og økt mengde nedbør på dager med kraftig nedbør. Frem mot 2071 – 2100 er det forventet en økning i årsnedbør med 18 prosent. Det er større variasjoner mellom landsdeler og sesonger. For Østlandet forventes 15 prosent økning frem til 2071- 2100, men 7 prosent frem til 2031- 2060. For Sørvestlandet er det forventet 11 prosent frem til 2100 og 7 prosent frem til 2060, mens det for Trøndelag/Helgeland er forventet 21 prosent frem mot 2100 og 9 prosent frem mot 2060. For høst og vinternedbør er det for Norge forventet 16 prosent økning, med variasjon 10 - 28 prosent for ulike områder. Framskrivninger for årsavrenning gir relativt liten endring for Norge de neste 50 år, men det forventes økt avrenning om vinteren og redusert avrenning om sommeren. Hauge og Deelstra (2015) viser til at for JOVA programmet er det derimot klare sammenhenger mellom økt nedbør og økt avrenning. De anbefaler derfor å sammenligne nedbør og avrenningsforhold registrert i JOVA programmet med den nye «Klima i Norge 2100» rapporten, da endret avrenning har betydning for vurdering av dreneringsbehovet.

Økt nedbørintensitet. For alle nedbørregioner og årstider forventes det dobling av antallet dager med kraftig nedbør, størst i Nord Norge, men størst i endring målt i millimeter i kystnære strøk og spesielt på Vestlandet. Det er viktig å få klarlagt hvorvidt fremtidige intensiteter vil overstige jordas infiltrasjonskapasitet og hvilken betydning dette vil ha for kontroll med overflatevann og dimensjonering av hydrotekniske anlegg. Økt nedbørintensitet kan påvirke kapasiteten særlig av samleledninger og gir behov for å gjennomgå dimensjonering av side- og samlegrøfter.

Endret nedbør og snøsmelting har betydning for dimensjoneringskriteriene. Snøsmeltingsflommer har hatt liten betydning for dimensjonering av drenssystemer, det er de store regnværsepisodene som har vært bestemmende for dimensjonering av rør og kanaler. Dersom det i fremtiden vil forekomme mer snøsmelting kombinert med kraftig regn kan det gi store erosjonsskader og behov for å utarbeide nye kriterier for dimensjonering. Vinterforhold med is og frost kan påvirke innløpsåpninger, stikkrenner og utløpsåpninger slik at det er behov for å øke dimensjoneringen.

Dimensjoneringskriterier har vært utviklet mest for å oppnå raskt opptørking om våren for å gi høyere avling (særlig korn). Ved større endringer i nedbør må en også vektlegge andre driftsmessige forhold i sommer- og høstperioden sterkere, for å kunne kjøre på arealene under innhøstingen. Økt nedbør gjør det også aktuelt å vurdere dimensjoneringskriterier ut fra behov for å redusere risiko for jordpakking og ivareta muligheter for jordarbeiding. Det er behov for å se drenering og jordpakking i sammenheng. Redusert grøfteavstand kan raskere lede bort vann ved økt nedbør, men også gi risiko for større nitrogenavrenning. Miljøeffekter er lite dokumentert, det gjelder både effekt på nitrogenavrenning og tap av lystgass. Det pågår forskning i DRAINIMP-prosjektet om effekt av grøfteintensitet, avling, lystgasstap ved grasproduksjon

på Vestlandet (Fureneset). Tilsvarende helhetsvurderinger er ikke igangsatt for andre distrikt, driftsformer, jordtyper og værforhold.

Driftsmessige hensyn: Kjørbarhet på arealer, såing, innhøsting

Driftsmessige hensyn som bedre muligheter for å kjøre på arealer og dermed redusert risiko og sikrere innhøstingsforhold er ofte avgjørende for prioritering av grøfting. Økende nedbør kan gi behov for bedre drenering, men bedre drenering kan ikke løse alle behov. Etter at det frie vannet i jorda er drenert bort i grøftesystemene, er det behov for ytterligere opptørking før jorda har et akseptabelt vannivå som tillater transport uten pakkeskader. Derfor er det av stor betydning hvor lange opptørkingstørkeperioder man får før det kommer ny nedbør. Om våren vil opptørkingen gå fortere enn på høsten. Dersom en ikke kan drenere seg ut av våtere forhold, gir det behov for andre tiltak, jf. kapittel 9.4.

Kvalitet på produkter, lagringskvalitet

Økt nedbør med våtere og fuktigere forhold kan påvirke innhøstingsmuligheter og dermed kvaliteten på produktene. Dette kan også påvirke lagringsevne og kvalitet av lagrede produkter som grønnsaker og potet. Våtere forhold kan påvirke forekomst og utvikling av plantesykdommer (sopp) som igjen har effekt på produktkvaliteten. Våte forhold i kornets blomstringsperiode kan særlig påvirke utvikling av sopp i kornavlinga (fusarium og mykotoksiner). Regn i modningstid f.eks. søtkirsebær kan føre til sprekking og redusert kvalitet.

9.3.2 Endrede vinterforhold

Ustabile vintre med veksling mellom frysing og tining kan påvirke overvintringsforholdene til planter. Høstperioden med herdingsmuligheter er viktig for overvintring og varmere høster kan gi problemer med avherding og frosttoleranse. Endringer i snødekke kan påvirke overvintring, isdekke, kuldestress for både gras og høstkorn. For frukt kan snødekke verne røtter og deler av plantene mot frost, men våt snø kan også føre til grenbrekking. Frukt er følsom for temperaturendringer og særlig blomsterknopper er følsom for frost i blomstringstiden. Effekten for frukt er avhengig av tidspunkt for frost og utviklingsstadium for knopper og frukt (omtalt senere).

9.3.3 Økt tørke

Selv om årsnedbøren er forventet å øke, kan noen områder bli mer tørkeutsatt. Det er estimert at det kan bli 1- 2 måneder med markvannsunderskudd om sommeren mot slutten av hundreåret. Slik tørke antas å ramme deler av indre Østlandet og indre fjordstrøk, men noen scenarioer inkluderer hele Sørøst-Norge. Dette kan ha betydning for vekstvalg, endringer i vekstvalg og behov for vanningsanlegg. Økt markvannsunderskudd kombinert med uforutsette varmeperioder kan ha stor effekt på produksjonsmulighetene.

9.3.4 Vind

Sterkere vind kan særlig påvirke fruktdyrking ved å blåse trær overende, blåse ned frukt eller skrape opp frukt. Økt vind kan også gi raskere opptørking etter nedbør og redusere oppsprekking av frukt og soppangrep.

9.3.5 Miljøeffekter ved økt nedbør og avrenning

De samme klimaparametere som på virker jordbruksproduksjonen, drenering og plantevekst, kan også endre jordbrukets miljøeffekter. Både ekstremnedbør, økt normalnedbør, høyere temperatur og mer varierende temperatur (fryse/tine forhold) i den del av året da jorda ikke har plantevekst, medfører økt risiko for erosjon og avrenning av næringsstoffer og plantevernmidler til vassdrag.

Studier basert på data fra overvåkingsprogrammet JOVA (Jord- og vannovervåking i landbruket) har vist (Deelstra et al. 2011) at det er en nær sammenheng mellom nedbør og avrenning og tap av næringsstoffer. Erosjon er avhengig av tidspunkt for nedbør eller snøsmelting og tilstanden på arealene når avrenning skjer. Eksempler på situasjoner som øker erosjon er mindre stabilt snødekke, frysing og tining i kombinasjon med nedbør, kraftig regn på delvis tint mark med videre. Økt avrenning av næringsstoffer kan komme som følge av ugunstige forhold under jordarbeiding og ved mye nedbør etter såing og gjødsling, før plantene har begynt å ta opp tilført gjødsel. Kraftig og mye nedbør kan også føre til økt avrenning av plantevernmidler. Spredning av husdyrgjødsel kan bli vanskeligere under våtere forhold og dette kan føre både til økte kjøreskader ved spredning og at gjødsla spres under våte forhold slik at den ikke utnyttes optimalt. Behov for tilpassede spredemetoder kan derfor øke.

Dette er effekter som i stor grad utløses av nedbør, og dermed blir også hydrotekniske tiltak sentrale for å motvirke uheldige konsekvenser av endret klima. Det kan også oppstå behov for nye eller forsterkede miljøtiltak.

9.3.6 Konsekvenser for kulturminner og kulturlandskap

Utover de rene produksjonsarealene vil fuktigere klima være utfordrende når det gjelder landbrukets bygningsmasse. Omtrent 1/3 av de fredete bygningene i Norge er relatert til landbruket og omtrent alle middelalderbygningene (i underkant av 240). Disse vil ved et fuktigere klima være utsatt for råte, skadedyr, flom, erosjon og ras. Godt vedlikehold vil være et egna virkemiddel for å møte disse utfordringene. En del av denne bygningsmassen inngår ikke i den ordinære landbruksproduksjonen som for eksempel låver som ikke lenger er i bruk, møller, utløer, sommerfjøs og seterbebyggelse. Disse bygningene utgjør en del av landbrukets historie og har betydning for opplevelsen av landskapet og dermed ha en indirekte betydning for gards-/bygdeturisme.

Landskapet er dynamisk og har alltid vært i endring på grunn av forandringer i folketall, driftsmåter, samfunnsutvikling, økonomi og landbrukspolitikk. Når det gjelder jordbrukets kulturlandskap vil et mildere og/eller våtere klima kunne gi et helt annet landskapsbilde enn dagens i form av andre arter, lengre vekstsesong, høyere tregrense osv. Gjengroing i seg selv behøver ikke være en trussel mot de konkrete

kulturminnene men ut ifra et kulturmiljøperspektiv vil det kunne være negativt, eks. gjengroing av setervoller. Gjengroing har også betydning for opplevelsen av jordbrukets kulturlandskap og muligheten for å bedrive friluftsliv og rekreasjon og næringsutvikling/bygdeturisme. Et varmere og fuktigere klima vil forsterke den gjengroingen som vi i dag ser av kulturlandskapstyper (som f.eks. kystlynghei og slåttemyr), en gjengroing som startet med omlegginger i jordbruket. Uten at en iverksetter nødvendige tiltak vil dette kunne føre til tap av naturmangfold.

Alle typer jordarbeid som medfører inngrep i grunnen, for eksempel grøfting/drenering og bygging av skogsbilvei/driftsveier, er en trussel mot arkeologiske kulturminner. Noen av disse kulturminnene er kjent men mange er ikke kjent. Potensialet for å finne ikke kjente automatisk fredete kulturminner på dyrka mark er stort men forekomsten av automatisk fredete kulturminner i skogsområdene er også høyst reell.

9.3.7 Biotiske faktorer – plantehelse

Kontroll med plantehelse er en forutsetning for god planteproduksjon og plantehelse er sterkt påvirket av endringer i nedbør og temperatur. Aamlid et al. (2016) inndeler skadegjørere i fire kategorier og gir en detaljert omtale av ugras, skadedyr og plantesykdommer (sopp, bakterier, fytoplasma, virus og nematoder). De fire kategoriene av skadegjørere er omtalt under og det er gitt eksempler på organismer som kan skape økte problemer for landbruket ved en endring i klimaet og bli såkalte klimavinnere.

- Arter som gjør betydelig skade i Norge i dag, og som kan gi enda verre skader i framtiden. Disse kan vi kalle **«verstingene»**.
- Arter som finnes i Norge i dag uten å gjøre betydelig skade, men som er alvorlige skadegjørere andre steder i Europa. Disse kan vi kalle **«ulv i fåreklær»**.
- Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som er alvorlige skadegjørere lenger syd i Europa. Disse kan vi kalle **«de tålmodige»**, siden det kan ta lang tid før disse artene vil skape problemer i Norge etter som deres habitater først må forflytte seg nordover.
- Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som kan komme hit som blindpassasjerer med tømmerimport, plantehandel og annen handel med frø, planter og plantemateriale og trives i et fremtidig varmere klima. Disse kan vi kalle **«jokerne»**, siden vi ikke nødvendigvis kan forutse hvilke arter dette vil være.

Denne systematikken er godt egnet for å kunne forstå og responderer på risiko, men også som grunnlag for å prioritere kunnskapsutvikling, overvåkingstiltak og regelverksutvikling.

Klimapåvirkningen på skadegjørere kan være både direkte og indirekte effekter. *Direkte effekter* kan være hvordan temperatur og fuktighet påvirker utviklingshastighet, vinteroverlevelse, endret fenologi. Det forventes raskere utviklingshastighet for skadeinsekter, endret voltinisme for skadegjørere (flere generasjoner per år, overgang fra 2-årig til ettårig livssyklus), økt utbredelse mot nord og i høyden både for skadeinsekter og sykdomsorganismer samt økt forekomst av nye invaderende arter. *Indirekte effekter* som kan være vanskelig å modellerere er effekter som påvirker organismer gjennom samspill med deres naturlige fiender, konkurrenter og vertsplanter. Økt stressnivå for vertsplanter kan gi hyppigere og mer

omfattende skader, fenologisk mismatch mellom skadegjørere og vertsplanter eller naturlige fiender kan gi bedre forhold for skadegjørere. Slike effekter er ofte ikke-lineære og effekter kan opptre brått, for eksempel når temperaturen er kommet over et terskelnivå. Den samme inndeling i verstinger, ulv i fåreklær, de tålmodige og jokerne er brukt for insekter og skadedyr, sopp, ugras og nematoder.

Sopp

Verstingene blant sopper: Potettørråte (pseudosopp) er den viktigste potetsykdommen i Norge og halvparten av soppmiddelforbruket går med til å bekjempe tørråte. Patogenet overvintrer i settepotet og i jorda og gjør størst skade ved fuktig vær og temperaturer mellom 16 og 20 grader. Ved et varmere vær er det forventet større problemer i områder hvor sykdommen i dag er lite problematisk, som Nord-Norge og fjellbygdene. Aksfusariose i korn kan også produsere soppgifter (mykotoksiner) som er giftige for mennesker og dyr. Angrep av sopper i slekta *Fusarium* og forekomst av mykotoksiner har økt etter 2004. Endringer i klima som økt nedbør og høyere julitemperatur kan være medvirkende årsak.

Ulv i fåreklær blant soppene: For første gang på over 25 år var det sommeren 2014 til dels sterke angrep av gulrust (*Puccinia striiformis*) i norsk hvete. Sjukdommen gjorde seg også sterkt gjeldende sommeren 2015. Kartlegging har vist at vi har fått inn nye aggressive raser av gulrustsoppen, sannsynligvis ved sporespredning gjennom lufta fra Sør-Sverige og Danmark. Mildere vinterklima som tillater mer dyrking av høsthvete, og som gir gode overvintringsforhold også for soppen, har i tillegg til hvetesorter som ikke er resistente mot de nye rasene, bidratt til at sjukdommen på ny har etablert seg i Norge. God overlevelse gjennom vinteren medfører tidlige angrep påfølgende sesong. Tidlige angrep medfører behov for tidlig sprøyting og må ofte følges opp med en eller to sprøytinger til. Sammen med behov for sprøyting mot andre hvetesjukdommer, som bladflekksjukdommer og aksfusariose, vi fungicidforbruket øke, og dyrking av hvete kan bli mindre lønnsomt, og dermed bidra til enda mindre dyrking av mathvete i Norge.

De tålmodige blant soppene: Disse omfatter blant annet pseudosoppen *Phytophtora cinnamomi* som er påvist i importert *Rhododendron, Cassiope og tyttebær* i Norge, men der overlevelse og reproduseringsevnen i norsk natur er usikker.

Jokerne blant soppene: Disse omfatter arter som ikke finnes i Norge i dag, men kan komme som blindpassasjer via handel. *Phytophthota kernoviae* er eksempel på en slik skadegjører. *P. kernoviae* er så langt ikke funnet i norsk planteimport. Dette er en art som blant annet vil kunne gjøre store skader på vår egen blåbærart, *Vaccinium myrtillus*, slik som det er observert i England. *Phytophthora alni* er et annet eksempel som kan illustrere konsekvensen av å få inn «jokerarter». Denne pseudosoppen ble påvist på or i Norge første gang i 2012, og symptomer har siden blitt observert en rekke steder på Vest- og Østlandet. Det antas at smitten har spredd seg fra importerte prydplanter i hager og grøntanlegg. I flere land er det påvist smitte av *P. alni* på plantemateriale fra planteskoler, og ved import av slikt plantemateriale kan det være risiko for smittespredning. *P. alni* kan lett spres med elver og bekker over store avstander. Angrep kan føre til at trær dør, og for or som har en viktig funksjon ved etablering av skog i nitrogenfattig jordsmonn og som erosjonshindring langs vassdrag, kan dette få betydelige konsekvenser. Det er derfor av stor betydning å begrense smitte med importert materiale.

Svartrust (*Puccinia graminis*) kan angripe alle fire kornarter i Norge og mange grasarter. Denne sjukdommen kan under optimale forhold forårsake over 70 prosent avlingstap i hvete. En relativt ny rase av svartrust kalt Ug99 er den første kjente rasen av *P. graminis f.sp. tritici* som har brutt resistensgenet Sr31. Det forventes at den kan spres med luftmasser over store avstander. Det er uvisst hvor stor skade denne rasen kan gjøre om den skulle komme til Norge, men det forventes at soppen vil ha større potensiale som skadegjører i et varmere klima.

Forventet utvikling for soppsykdommer er at økt temperatur sammen med fuktigere vær, kan gi raskere oppformering av soppsmitte, mer aggressive angrep og større behov for plantevernmidler (for eksempel fusarium i korn). Dagens gjennomsnittstemperatur ligger like under soppens optimum. Mer styrtregn og flommer kan også gjøre det vanskelig å komme ut på jordet for å få gjort planteverntiltak i tide. Endringer i produksjoner kan føre til behov for å endre strategier, for eksempel for økende høstkorndyrking med redusert jordarbeiding eller mer intensiv drift. Det gir økende behov for å foredle sorter med bedre resistens mot sopp og unngå å fremme resistens mot plantevernmidler ved ensidig bruk av preparat.

Ugras

Verstingene blant ugras: Dette omfatter flerårige åkerugras som kveke, åkertistel og åkerdylle som det allerede brukes store ressurser på å bekjempe. Disse formeres ved krypende røtter og underjordiske stengler og kan vokse lenger ut over høsten ved økende temperatur, spesielt kveke som ikke er så lysfølsom. Noen arter kan også bli mer tolerant overfor glyfosat med økt CO_2-konsentrasjon.

Ulv i fåreklær blant ugras: Her regnes vinterettårige ugras som åkerreverumpe og åkerkvein. Dersom høstkorn- og høstrapsdyrking øker i Norge kan disse arter få innpass. Åkerreverumpe har vist evne til å utvikle resistens mot kjemiske ugrasmiddel.

De tålmodige blant ugras: Her regnes beiskambrosia som er et åkerugras, mest kjent for å ha ekstremt allergifremkallende pollen. Importerte fuglefrø kan inneholde beiskambrosiafrø, men så langt er bare enkeltplanter påvist.

Forventet utvikling for ugras er at mildere høst med lenger vekstperiode forventes å styrke utbredelsen av flerårige ugrasarter. Tidligere vår kan fremme spiring av ettårige ugrasarter og gjøre de mer konkurransedyktige. Dette kan også gi bedre vilkår for mer innførte aggressive arter. Utbredelsesområde mot nord og i høyden kan øke. Våtere forhold kan gi problemer med bekjempelse til optimalt tidspunkt og gi økt «forsikringssprøyting». Dersom redusert jordarbeiding øker, kan det også gi bedre forhold for ugras og øke behov for kjemiske tiltak. Flere skadegjørere kan utvikle resistens mot plantevernmidler som følge av flere generasjoner per sesong. Det kan også skje etablering av populasjoner med resistente individ fra sydligere land og færre tilgjengelig bekjempningsmiddel.

Skadedyr – insekter og edderkoppdyr

Disse er direkte påvirket av temperatur, men skadeomfanget er bestemt av samspill med en rekke andre faktorer som også er klimapåvirket. De fleste studier er basert på laboratorieforsøk. Skadedyr kan komme tidligere, ha raskere utvikling og flere generasjoner i løpet av sesongen. Dette krever hyppigere planteverntiltak. Grensen for utbredelse av eksisterende arter kan flyttes nordover og oppover i høyden,

samtidig som nye arter kan etablere seg, eksempel kålmøll. Bruk av nye vekster kan også gi betingelser for etablering av skadedyrbestander knyttet til disse. Milde vintre kan gi overlevelsesmuligheter for noen arter, spesielt de som ikke har vinterdvale som del av livssyklus. For arter som har vinterdvale kan høyere temperatur ødelegge tilpasningen. Ustabile og milde vintre med frysing, tining og ugunstige forhold kan også redusere overlevelse. Endringer i klima kan også endre forholdet mellom insekt og vertplante, det gjelder både endret CO_2-innhold som kan endre plantevekst og struktur i plantene, endret sukkerinnhold, endret C/N forhold som kan påvirke utviklingshastigheten av skadeinsekter, endret stress i plantene som kan svekke motstandsevne mot skadedyr. Planter, skadedyr og naturlige fiender kan reagere ulikt på endringer og komme i utakt. Dette kan både øke og redusere skadeomfang. Økt nedbør kan gi dårligere effekt av noen plantevernmiddel og behov for hyppigere behandling. Det er også mulighet for økte resistensproblemer i Norge.

Bakteriesykdommer

Soppsykdommer har vært tillagt større betydning enn bakterier fordi det, med noen unntak, ikke har vært velegnete forhold for bakterier som skadegjørere i norsk planteproduksjon. Endringer i klima sammen med blindpassasjerer med økende planteimport kan endre dette. Stormer kan spre bakterier over større avstander, sår og avrevne greiner kan bli innfallsport for bakterier. Flomhendelser kan også føre til lekkasjer fra kommunale renseanlegg som kan spre plantepatogene bakterier utover jordbruksarealer.

Bakteriesykdommer som pærebrann og grasvisnesyke eksisterer i dag og kan få større utredelse og høyere skadepotensiale. Pærebrann er alvorlig for fruktdyrking og har vært aktivt bekjempet de siste 40 år.
De nye regler om import av kjernefrukt kan føre til økt forekomst og pærebrann kan bli en klimavinner. Grasvisnesyke finnes over hele landet, og allerede en liten temperaturøkning kan øke utbredelsen. Den angriper eks morell, plomme, fersken samt pryd og hekkeplanter. Ved anaerobe forhold kan bløtråtebakterier trives, dette kan særlig gi angrep i potet. Økt import av plantemateriale , spesielt dersom det har blitt produsert under dårlige fytosanitære forhold, kan gi grunnlag for skader i kulturer som potet, jordbær og steinfrukt.

Virus

Varmere klima med høyere sommertemperatur og mildere vintre kan gjøre mange plantevirus til klimavinnere fordi en kan få flere vektorarter (bladlus, sugere, mjøllus, midd og nematoder) som også vil få økt overlevelse og aktivitet. I Norge er det observert uventede virusutbrudd i settepotetdyrking (bladlusoverført) og stripesjuke i hvete. Utsatte kulturer er potet, korn, jordbær og bringebær.

Fytoplasma

Dette er små veggløse bakterier som lever i ledningsvevet i planter. Heksekost i eple, dvergsjuk i bringebær er eksempler og har vist seg å ha stort potensiale som skadegjører. Pærevisnesjuke ble påvist for første gang i Norge i 2015. Fytoplasma kan gjøre større skade i varmere klima fordi bakterier vokser fortere ved høyere temperatur. Sykdommene spres med insektvektorer og skadeomfang er derfor avhengig av om de utvalgte insektarter trives i endret klima. Smittespredning skjer i samspill med infiserte planter. Dersom dyrkere fjerner infiserte planter kan smitteomfang reduseres.

Nematoder

Av verstingene blant nematodene er gul potetcystenematode som er den viktigste skadegjøreren i potetproduksjonen i dag. Varmere klima i Norge kan føre til utvikling av to generasjoner og dermed større avlingstap. Rotgallnematoder er eksempel på «ulv i fåreklær». Rotgallnematode som forekommer i grønnsaker har hatt økt utbredelse de seinere år og i tillegg er det påvist en (ny i Norge) art av rotgallnematode i korn. Disse er observert i kystnære strøk med forventet økt utbredelse.

Det er sannsynlig at nematoder som ikke finnes i Norge i dag, kan introduseres via handel og transport av jord, og deretter kan etableres her i et varmere klima. Av jokerne er for eksempel furuvednematode som kan gi visnesjuke i furu. Den spres av furubukker som kan få bedre utviklingsmuligheter og kortere generasjonstid ved varmere klima. Skadepotensialet er meget stort om den etablerer seg i norsk skog. Nematoder tilhører jordvannfaunaen og vil dra nytte av økt nedbør kombinert med høyere temperatur. Det er stor kunnskapsmangel om nematoder for norske forhold.

9.4 SPESIFIKKE PRODUKSJONS OG DRIFTSUTFORDRINGER

9.4.1 Kornproduksjon

Seehusen et al. (2015) trekker frem at dagens kornareal er synkende (redusert med 35000 dekar per år de siste år) og at avlingsfremgangen per år er redusert. En del av årsakene til stagnerte avlinger er forklart med dårligere jordfysiske forhold som dårlig drenering og jordpakking. Dette er forhold som forverres ved våtere forhold. Selvforsyningsgraden av forkorn er blitt redusert (eksempel på variasjon: 50 prosent i 2012 til 20 prosent i 2014). Østlandet og Trøndelag står for 96 prosent av norsk kornproduksjon. Norsk korn brukes hovedsakelig til fôr, men dyrking av hvete og rug er innrettet på matkornkvalitet.

En dobling av CO_2 konsentrasjon i atmosfæren kan øke biomasseproduksjonen med 10 – 30 prosent (Olesen 2014, Sæbø og Mortensen 1995), men for Norge er det antatt lavere effekt på grunn av lave temperaturer.
Økt biomasseproduksjon kan også gi lavere proteinkonsentrasjon og dermed være negativ for mat- og fôrkvalitet.

9.4.1.1 Temperatur og vekstsesong

Økt temperatur og lengre vekstsesong kan gi muligheter for tidligere såing om våren, tidligere modning og innhøsting, men det er avhengig av nedbørforholdene. Korn kan da dyrkes lenger nord og oppover i høyden på arealer som i dag brukes av andre vekster samt på en del arealer som i dag er ute av produksjon. Dette gir potensiale for utvidelse av kornarealet. Det kan gi mulighet for å dyrke arter og sorter som modner seinere og har høyere avlingspotensiale.

Dersom temperaturen blir for høy i løpet av vekstsesongen kan det gi kortere varighet av ulike vekstfaser og gi redusert avling. Det er viktig å vite i hvilken fase økt temperatur er forventet. I forsøk er det funnet at

3 grader økning i temperatur i kornfyllingsfasen, kan redusere avlingene med 7 prosent grunnet kortere kornfyllingsfase. Det er derfor en aktuell tilpasning å bruke kornsorter som har annen temperatur respons.

Økt temperatur om høsten forventes å øke perioden for såing av høstkorn og både arealet og total kornproduksjon er derfor forventet å øke, men det er flere usikre forhold. Varmere høst kan gi problemer for høstkorn med kortere avherdingsperiode og redusert frosttoleranse som igjen kan gi dårligere overvintring og svekket plantebestand til våren. Dersom beskyttende snødekke erstattes med isdekke, kan det øke risiko for at plantene kveles. Kort varighet av snødekke eller mangel på snødekke kan gjøre høstkorn mer utsatt for temperatursvingninger.

En lengre vekstsesong kan gi muligheter for mer vekstskifte. Dette er positivt både for avling, kvalitet og økonomi. For korn er det mest aktuelt med vekstskifter med oljevekster, erter og åkerbønner. Også flerårig eng, poteter og grønnsaker er gode vekstskifter, for kornprodusenter kan det være mulig med jordbytte med andre brukere.

9.4.1.2 Endret nedbør

Effekten på kornplantenes utvikling er avhengig både av vannmengder og intensiteter, men også av hyppighet og fordeling innen vekstsesongen. Kornsorter og arter har ulik toleranse for vannmetning, bygg er mest følsom mens havre tåler mest. Antall nedbørfrie dager på rad har stor betydning for muligheter for feltarbeid (jordarbeiding, såing, gjødselspredning, innhøsting). Det er stor usikkerhet om disse forhold og også om forekomst og varighet av tørkeperioder. Det er allerede i dag problemer med tresking på grunn av for våte forhold om høsten. Økt fare for avlingssvikt gjør det relevant å vurdere behov for økt lagringskapasitet for korn, herunder beredskapslager.

Dersom antall dager med lagelige forhold blir mindre, er det behov for større maskinkapasitet både høst og vår. Økt høstkornareal kan imidlertid også redusere behovet for økt maskinkapasitet. Økt treskerkapasitet og økte avlinger kan gi behov for økt lagringskapasitet.

9.4.2 Grovfôrproduksjon

I notatet fra Höglind et al. (2015) vises til at grovfôrproduksjonen er tett knyttet til husdyrproduksjonen. Tilgjengelighet og kvalitet av grovfôr og konsekvensene for husdyrproduksjon er ikke omfattet av dette notatet.

9.4.2.1 Avlingseffekter

Modellering for Norge (Höglind, Thorsen og Semenov 2013, Persson og Höglind 2014) har vist 10 - 30 prosent økning i grovfôravlinger avhengig av klimaframskrivning og lokalitet. Disse simuleringer er basert på klimaframskrivningene fra 2009 (Hanssen-Bauer, et al. 2009). Avlingsøkningen kan være underestimert da effekt av økt CO_2-konsentrasjon og forbedret plantemateriale ikke var inkludert. En dobling av CO_2-konsentrasjon frem mot 2050 antas generelt å øke produksjonen med 10 - 30 prosent på grunn av mer effektivt karbonopptak. Effekten på norske engvekster er forventet i underkant av dette intervallet siden en stor del av tilveksten foregår ved så lave døgnmiddeltemperaturer at CO_2-effekten uteblir.

Den største avlingseffekten er forventet å komme vår og høst, i perioder der dagens temperatur begrenser plantevekst. Det er ikke forventet økning i sommerperioden. For å få nytte av temperaturøkning må det høstes flere ganger enn i dag. Simuleringer for 2050 viser at forlengelse av vekstsesongen vil føre til at antall engslåtter kan økes med 1 - 2 pr år og at beitesesongen kan utvides med 1- 2 måneder i forhold til i dag- forutsatt at det ikke er for vått (Höglind, Thorsen og Semenov 2013, Persson og Höglind 2014). Økt beitesesong kan gi muligheter for mer variert fôr, og skaffe større del av fôrgrunnlaget fra beite og dermed sparte fôrkostnader.

En høyere vintertemperatur vil kunne gjøre det mulig å utvide dyrkingsområde for arter og sorter med høyere avlingspotensiale, men med lav toleranse for ugunstige vinterforhold. Flerårig raigras som i dag dyrkes i hovedsak på Sør-Vestlandet og områder rundt Oslofjorden kan få økt utbredelse i områder hvor det i dag er begrenset av kulde, langvarig snødekke, risiko for isdekke og soppinfeksjoner.

Økt temperatur kan gi muligheter for dyrking av mer varmekrevende ettårige vekster som fôrmais og fôrsukkerbete, men med unntak av de aller varmeste delene av landet (rundt Oslofjorden) vil imidlertid temperaturen ligge under kravet for sikker fôrmaisdyrking selv i 2050.

Økt temperatur kan også påvirke kvalitet av grovfôret ved at belgvekster stimuleres mer enn gras og dette er positivt for proteininnhold i foret.

9.4.2.2 Temperatur

Varmere høst og vinter kan endre herding- og overvintringsforhold og påvirke vinteroverlevelsen. Temperatur og daglengde styrer vekstavslutning og herdingsprosesser. For flerårige grovfôrvekster kan økt temperatur før herdingsperioden gi dårlig herding og frosttoleranse (Dalmannsdottir, et al. 2015), effekten er størst på nordlige breddegrader med kort daglengde. I nord kan også varm vinter og kort daglengde gi nye former for stress som ikke opptrer ved dagens kalde vintre. Uten lys kan ikke fotosyntese være aktiv og kompensere for tap av reservenæring som følge av økt ånding om vinteren.

Endinger om vinteren med kortere periode med snødekke kan gjøre plantene mer utsatt for lave temperaturer. Mindre snødekke kan også gi dypere tele i jorda. Hyppige vekslinger mellom frysing og tining kan også risiko for kuldestress. (Höglind, Thorsen og Semenov 2013) har gjort simuleringer for Nord-Europa med utgangspunkt i klimaframskrivningene i Klimapanelets fjerde rapport. Det ble funnet stor variasjon mellom klimaframskrivinger og lokaliteter med tanke på risiko for frostskader i raigrasbasert eng, med økt risiko om vinteren på en av tre norske lokaliteter, og økt risiko om våren på to lokaliteter (Höglind, Thorsen og Semenov 2013). Resultatene antyder at det ikke vil være mulig å utvide dyrkingsområdet for raigrasbasert eng i framtiden i så stor skala som tidligere antatt.

9.4.2.3 Nedbør

Økt nedbør om våren kan gjøre det vanskeligere å fornye eng, gi lengre omløpstid og dermed påvirke både avlingsnivå og kvalitet. Etablering under våte forhold kan også øke risiko for jordpakking som også kan redusere avlingsnivå. Vanskeligere forhold for såing av eng vil også kunne redusere mulighetene for å dyrke

arter og sorter med høyt avlingspotensial. Disse artene ofte har lav toleranse for vinterstress, trenger hyppigere reetablering og er dermed mer avhengige av gode såforhold enn andre arter og sorter.

Økt nedbør om høsten kan øke risiko for tråkkskader på beite og gjøre innhøsting og konservering av graset vanskeligere. Ugunstige høsteforhold kan gi kvalitetstap, øke risiko for feilgjæring og gi høyt innhold av sporer i surfôret som kan gå over i melk.

Langvarig oversvømmelse av eng kan gi direkte skade på plantene ved at jorda blir oksygenfattig, skadene er størst om oversvømmelsen skjer i vekstsesongen ved høyere temperatur. Oversvømmelse om høsten kan påvirke herdingsprosessen mens det om vinteren kan gjøre plantene utsatt for isdekke og oksygenstress.

Notatet fremhever at det er stor usikkerhet i framskrivningene for nedbør, og dette vil ha stor effekt på vurderingene for plantevekst I de ulike sesonger. Mindre nedbør i sommersesongen kan også gi tørkestress på tørkesvak jord som sandjord (Persson, Kværnø og Höglind 2015).

Et varmere og våtere klima vil kunne føre til økte angrep av bladflekk, rust og andre skadedannende sopper i vekstsesongen. Soppangrep på fôrgras i vekstsesongen er i dag vanligere lengre sør i Europa enn i Norge. En kan anta at risikoen for vintersoppsykdommer minker når lengden på perioden med snødekke minker (Rapacz, et al. 2014).

9.4.3 Grønnsaker og poteter

Grønnsak- og potetarealet utgjør ca. 2 prosent av jordbruksarealet (Molteberg og Vågen 2015) og arealet er økende. 70 prosent av grønnsaksproduksjonen og 73 prosent av potetproduksjonen foregår på Østlandet. Hedmark er det største potetfylket med 39 prosent av arealet. Gulrot er den største grønnsakskulturen. Forbruket av grønnsaker har økt med 25 prosent de siste ti år. Antall dyrkere har gått ned siste år, mens arealene er blitt stadig større. På grunn av behov for vekstskifte og krav om større produksjonsarealer er det omfattende bruk av leid jord langt borte fra hovedbruk og pakkerier. Store og effektive maskiner medfører større belastning på jord, jordpakking og lang transport til lager. Det er et stort mangfold av grønnsaker og potet og dermed også stor variasjon i krav som stilles og begrensninger i produksjonen. Poteten skiller seg ut ved å kunne dyrkes nær overalt, men da med lavere avling og bruk av tidlige sorter. Sortsutvikling av grønnsaker gjøres i hovedsak av utenlandske frøfirma.

9.4.3.1 Temperatur og vekstsesong

Økt veksttid og varmesum kan utvide dyrkingsområdene for grønnsaker, som i dag i hovedsak dyrkes i Oslofjordområdet og Agder. Fotosyntesen har optimum ved 16- 20 °C. Utvidet dyrking er aktuelt for potet og grønnsaker som persillerot, selleri, rosenkål, purre, sukkermais og asparges. Det dyrkes i dag grønnsaker også i Rogaland og Trøndelag, og det er spesielt her økt temperatur kan komme til å gjøre det mulig å dyrke flere av artene enn hva som er vanlig i dag - arter som allerede dyrkes rundt Oslofjorden og i Agder. Det kan bli mulig å dyrke helt nye arter som ikke dyrkes i dag. Tidligere modning og innhøsting kan også gi bedre kvalitet. Grønnsaker som i dag dyrkes i veksthus, kan bli aktuelle på friland- som eks tomat.

For noen grønnsaker, som kålvekster som i dag dyrkes i områder med høyest middeltemperatur, kan ytterligere temperaturøkning ha negative effekter. For grønnsaker som blomkål og brokkoli er det blomsterstanden som er det spiselige produktet. Initiering og utvikling av blomsterstanden går raskest ved moderat temperatur (10-17 °C). Ved høyere temperaturer forlenges tiden frem til høsteferdig produkt, og ved temperaturer over 22 °C risikerer man at det ikke skjer noen blomsterinitiering i det hele tatt. Høye temperaturer vil også kunne virke negativt på produktkvaliteten til mange av kålvekstene. Høye temperaturer kan hemme fotosyntese og biomasseproduksjon, påvirke vekstrytme og varighet av ulike stadier i plantenes utvikling. Utviklingen kan gå for fort eller gi vekststagnasjon som kan føre til kvalitetsproblemer.

Innstråling og lysets sammensetning kan ha betydning om høsten. Forholdet mellom rødt og mørkerødt lys endres på høsten. Dersom høstetid for grønnsaker blir mye senere på høsten enn i dag, kan risiko for stokkrenning i vekster øke (stengelstrekking i hodekål, kinakål eller knolldannende vekster som begynner å danne stengler). Lengre vekstsesong kan gi større utfordringer med kontroll av vanskelige ugras, spesielt aktuelt ved økologisk produksjon.

9.4.3.2 Nedbør

God vanntilgang er viktig særlig seint i sesongen, men også tidlig i sesongen for løk og i knolldanningsfasen i potet. I mange områder med potet og grønnsakdyrking brukes det i dag kunstig vanning. Endret klima med mer tørke kan øke behovet for vanning. Dryppvanning kan bedre utnyttelse av vann og redusere risiko for tap av næringsstoffer.

Vannmettet jord kan skade rotutvikling, spesielt når plantene er små eller når høy temperatur gir høy planteaktivitet. Potet og grønnsaker har mye bar jord som gir stor risiko for overflateavrenning, erosjon og næringsavrenning. Større nedbørmengder øker behov for god drenering og kontroll med overflatevann.

Også for grønnsaker og poteter er jordas laglighet, kjørbarhet og muligheter for innhøsting viktig for avlingsnivå og kvalitet. Selv om antall vekstdøgn økes, kan ugunstige innhøstingsforhold gi begrensninger. For grønnsaker kan flere dager med nedbør gi lengre perioder med høy luftfuktighet og lavere transpirasjon fra plantemassen. Dette kan medføre dårligere transport av næringsstoffer som for eksempel kalsium i plantevevet og gi bladrandskader.

Risiko for angrep av skadegjørere forventes å øke og bruk av vekstskifte kan bli viktigere. For videre prediksjoner av planteresponser i et endret klima er det behov for økt forståelse av samspillet mellom ulike vekstfaktorer og deres betydning for avling og kvalitet i de ulike vekstene.

9.4.4 Frukt og bær

Frukt- og bærproduksjonen i Norge er i dag bare lokalisert på de klimatisk beste stedene og er svært følsom for temperatur- og nedbørendringer. På Østlandet er det sterk sammenheng mellom temperatur i de kaldeste måneder og fruktdyrking, men skade på trærne er avhengig av når kuldeperioder inntreffer. Ved lite snødekke kan kalde vintre skade røttene. I indre deler av landet kan sommeren være for kort og kjølig til å utvikle kvalitetsfrukt. Frukttrær trenger lave vintertemperaturer for å bryte hvile og utvikle

blomsterknopper. På Østlandet er dyrkingsområdet lokalisert rundt Oslofjorden og noen innsjøer. På Sørlandet er det spredte frukthager innenfor kysten, mens det på Vestlandet er dyrking i indre og midtre bygder. Fruktdyrkingen er i dag avgrenset av både krav til vintertemperatur og sommertemperatur. Fra Sør-Vestlandet og nordover er det sommertempertuen som er begrensende da den påvirker utvikling av blomsterknopper og dermed avling. Halve eplearealet finnes på Vestlandet (Hordaland), mens det på Østlandet er konsentrert om Telemark, Buskerud og Vestfold. Hordaland og Sogn og Fjordane er dominerende fylker for plomme og sørkirsebærdyrking.

9.4.4.1 Temperatur og vekstsesong

Fruktdyrking er følsom for temperaturendringer og små endringer kan påvirke både avlingsstørrelse og kvalitet. En temperaturøkning på 2 grader vil gi Ullensvang et klima som er lik fruktdyrkingsområde ved Hamburg, Tyskland. Det er i dag store årlige kvalitetsforskjeller av norske eple på grunn av sommertemperaturer. Én grad økning i april kan gi fire dager tidligere blomstring. Meland et al. (2012) har for en femårsperiode funnet 8 dager tidligere blomstring av søtkirsebær på Ullensvang. Én grad økning i juni kan gi 5 - 6 dager tidligere modning av søtkirsebær. Økt temperatur i juli og august kan gi bedre kvalitet på frukten. Økt temperatur i september kan gi bedre forhold for utvikling av blomsterknopper og større avling påfølgende år. Frukt og bær som modner i juli og august har stort sett høy nok temperatur for god utvikling.

Høyere vintertemperatur har hittil ikke påvirket fruktproduksjonen, men dersom fruktdyrking utvides til nye områder på grunn av endret vekstsesong, kan det i randområder oppstå skader ved vinterfrost. Vårfrost kan påvirke knopper, men skadeomfang er avhengig av tidspunkt for frost og type kultur. Søtkirsebær og aprikos som blomstrer tidlig, er særlig utsatt.

9.4.4.2 Nedbør

Fruktdyrking er også følsom for nedbørendringer. Høy nedbør som påvirker soppsykdommer som kreft og skurv, begrenser dyrkingsområdet på Vestlandet i dag. Frukttrær er i dag ofte plantet på tørkesvak jord fordi den er varmest. Meland og Vangdal (2015) oppgir at alle som driver salgsproduksjon av frukt må ha vatningsanlegg og at dryppvatning er vanlig. Regn i blomstringstiden kan hindre pollentransport og insektaktivitet. Regn i modningstiden kan gi sprekking av søtkirsebær og er viktigste årsak til avlingstap. All kommersiell dyrking av søtkirsebær foregår nå under regntak eller i tunnel, mens plomme og surkirsebær er mindre utsatt. Fruktdyrking er også følsom for haglbyger som kan opptre lokalt i forbindelse med tordenbyger om sommeren. Snødekke verner røtter av frukttrær, mens både våt snø og skaresnø kan gi greinbrekking. Vind og storm kan velte trær og blåse ned fruktavlingen eller skrape frukten. Moderne plantinger med lavere trær er mindre utsatte. Vind kan imidlertid også ha positiv effekt ved å gi raskere opptørking etter regnvær. Leplanting er aktuelt tiltak, men krever også arbeid og konkurranse om jord, vann, næringsstoffer. Denne oversikten viser at frukt dyrking er følsom for endringer i temperatur og nedbør, aktuelle tilpasninger er omtalt i kapittel 9.4.

9.4.5 Husdyrproduksjon ved endret klima

Klimaendringene kan få alvorlige effekter på verdens landbruk og husdyrproduksjon som følge av økt temperatur, mer intens nedbør og økt hyppighet av ekstreme værforhold som tørke og oversvømmelser. I de nordiske landene kan det derimot oppstå noen positive effekter for husdyrproduksjonene ved bedre vilkår for produksjon av mer og bedre fôr, mulighet for lengre beitesesong. Det er også påpekt i en rapport fra Nordisk Ministerråd i (TemaNord 2014:552) at klimaendringene kan begrense fôrtilgangen i internasjonale markeder slik at prisene økes og at dette kan medføre behov for å endre bruken av fôrråvarer på lengre sikt.

9.4.5.1 Dyrehelse og dyrevelferd

Norge har en meget god situasjon når det gjelder dyrehelse og dyrevelferd. Viktige årsaker til dette er landets geografiske plassering med klima og topografi, små og spredte enheter, liten import av levende dyr. Et godt organisert og kompetent veterinærvesen, og husdyrnæringa og myndighetene har samarbeidet for å bekjempe husdyrsykdommer i mer enn 100 år.

Varmere og fuktigere klima kan føre til at nye- og for våre breddegrader ukjente dyresykdommer introduseres. Særlig effekt vil endringene får for infeksjoner som overføres med insekter eller andre vektorer. «Vanlige» smittestoff kan få økt betydning, det kan oppstå større problemer med parasitter, og enkelte vektorbårne sykdommer som også kan være zoonoser (smitte mellom dyr og mennesker).

De fremtidige konsekvensene for dyrehelse og dyrevelferd vil være resultater av et komplisert samspill mellom klimatiske faktorer, beite- og husdyrbruk, og tilstedeværelse eller introduksjon av smittestoffer. I tillegg vil metoder for høsting, konservering og lagring av fôr og mat ha en direkte betydning for mattryggheten og matsikkerheten. Demografiske og sosioøkonomiske forhold spiller også inn. Det er derfor viktig å presisere at det er stor usikkerhet knyttet til å vurdere årsak og fremtidig virkning i slike komplekse problemstillinger. For eksempel er det over hundre år senere fortsatt ingen åpenbar forklaring på hvorfor malaria forsvant fra Nord-Europa.

Det er likevel sannsynlig at det vil være en sammenheng mellom et varmere klima og dyrehelse og -velferd hos både husdyr og vilt. Temperatureffekten er stor og særlig vintertemperatur over en viss terskel kan gjøre det mulig at vektorene overlever. Økt fuktighet kan også fremme overlevelse. Både vektorbårne sykdommer og parasitter vil kunne gi større sykdomsproblem i norsk landbruk. Disse sykdommene er vanskelige å bekjempe og kontrollere på grunn av smittebærernes utbredelse i naturen. Ville dyr kan bli infisert og bidra til at en eventuell epidemi tiltar. Disse kan virke sammen med andre endringer som gjengroing og andre miljørelaterte forhold. Strukturendringer i landbruket som fører til økt konsentrasjon av husdyrmiljøene og større enheter kan forsterke effektene. Flere husdyrsykdommer overføres av vektorer som ved varmere klima kan etablere levedyktige populasjoner i Norge.

9.4.5.2 Vektorbårne infeksjoner

En av de mest sannsynlige konsekvensene av et varmere og våtere klima er en økning av vektorbårne sykdommer, det vil si infeksjoner med mikroorganismer og parasitter som overføres ved hjelp insekter som

mygg, sviknott (blåtunge) eller flått. Det er sannsynlig at klimaendringene vil gi større grad av overlevelse av slike smittebærere. Det er flere forhold som påvirker en slik økning, og disse forholdene påvirker også hverandre:

1. Høyere temperatur, økt nedbør og flere egnede biotoper er forhold som gir øket forekomst av vektorer og insekter generelt. Dette som et resultat av at kortere utviklingstid og raskere replikasjonstakt gir et høyere antall insekter. Dette fører også til større utbredelse og lengre aktiv sesong for insektene. Det ventes en generell økning i antall insekter. Disse vil også kunne fungere som passive eller mekaniske vektorer og overføre mikroorganismer. Sommermastitt er en av sykdommene som forventes å øke. Dette på grunn av at kuene vil være mer ute og større fluepopulasjon. Øket fluepopulasjon og varmere somre øker helt konkret sjansen for myiasis (fluelarveangrep) hos sau. Denne tilstanden har klare dyrevelferdsmessig konsekvenser.

2. Høyere temperatur, flere vektorer og en økt tilgang på verter gir øktet forekomst av mikroorganismer som fører til økt forekomst av infektive mikroorganismer i vektorene. Dette vil gjelde for alle de tradisjonelle vektorbårne sykdommene.

3. Klimaendringene vil gi økt mulighet for overføring av mikroorganisme til vert. Faktorer som medvirker til dette kan være økt beitebruk og ferdsel, tetthet av vektorer og verter. Økt beiteaktivitet vil følge av høyere metabolisme. Dette vil gjelde de tradisjonelle sykdommene og øke muligheten for overlevelse av nye og reintroduserte agens.

4. Introduksjon av nye vektorer og eller agens kan være en konsekvens av klimaendringer. Klimaendringer i kombinasjon med økt handel og reisevirksomhet, vil kunne føre til introduksjon og etablering av nye arter av både vektorer og mikroorganismer. Vi har de år senere hatt utbrudd av det som har vært oppfattet som eksotiske sjukdommer som blåtunge og Schmallenberg. Nye agens som West Nile virus og Rift Valley Feber virus, som i dag virker eksotiske, kan dukke opp i også i Nord Europa. Leishmania-parasitten er avhengig en sandflue for å replikere. Denne flua finnes per i dag ikke i Norge, men vil kunne introduseres og overleve ved høyere temperaturer. Det samme gjelder ulike typer flått.

9.4.5.3 Vektoroverførte sykdommer

Tradisjonelle vektoroverførte sykdommer er Babesiose, Anaplamose og Borreliose. Alle forkommer i Norge i dag, men forekomsten ventes å øke ved endret klima. Det kan være risiko for reintroduksjon av Louping ill, Blåtunge, Schmallenberg. Vi har eksempler fra nyere tid hvor disse sykdommene har forekommet i Norge, men blitt borte igjen fordi klimaforholdene er marginale for overlevelse. Mulige nye vektoroverførte sykdommer ved endret klima er West Nile Feber, Rift Valley feber, leishmaniose, Afrikansk hestepest. Noen av vektorene til disse mikroorganismene finnes i Norge allerede, andre kan introduseres og overleve som følge av høyere middeltemperatur. De vektorbårne humane sykdommene denguefeber, TBE, malaria, Krim-Kongo feber går ikke på husdyr, men er en del av bildet på konsekvenser for sykdomsspredning ved klimaendringer.

I 2009 var det utbrudd av blåtunge i Norge. Norge valgte som eneste land i Nord-Europa en ikke-vaksinasjons-strategi ved blåtunge utbruddet i 2009. Denne anbefalingen kunne Veterinærinstituttet gi med bakgrunn i en risikovurdering hvor klimaforholdene i Norge ble vurdert. Den lave vintertemperaturen gir en vektorfri periode og ingen mulighet for vektoren (sviknott) til å overleve. Dette sparte samfunnet for en kostnad på minst 100 millioner kroner. I en situasjon med et endret klima vil vurderingen kunne bli annerledes, og bruk av vaksiner og medikamenter bli nødvendig.

9.4.5.4 Sykdom forårsaket av parasitter

En annen sannsynlig konsekvens av klimaendringene vil være en økning i arter og mengde av parasitter som kan forårsake sykdom hos mennesker og dyr. Vinteren er en begrensende faktor for overlevelse av en rekke parasitter, og temperaturen om sommeren avgjør i stor grad formeringsevnen til mange arter.

Saueparasitten *Nematodirus battus* ble innført til Norge fra Storbritannia på 50-tallet, har tilpasset seg klimaet i Norge og påfører norsk sauenæring store tap som forventes å øke ved økende temperaturer.

I tillegg til en økning i forekomsten av de parasittene som allerede gir store tap i husdyrproduksjonen i Norge i dag, vil mer sykdomsfremkallende arter hos storfe og småfe som *Haemonchus, Ostertagia* og *Trichostrongylus* relativt sett øke i betydning. Den store leverikten, *Faciola hepatica*, forventes også å få en større betydning som følge av mer varme og fuktighet, også fordi den har et mellomstadium i snegler. Som følge av større behov for antiparasittærbehandling vil problemene med øket resistens mot disse midlene forsterkes. Også forekomsten av utvendige parasitter som lus og midd vil forventes å øke. Dette gjelder og hos viltlevende arter, hvor vi allerede ser en økende forekomst av parasitter som hjortelusflue på elg og hjort, og mer ektoparasitter hos rein.

En økning av forekomsten av parasitter hos dyr vil gi en økning i risikoen for overføring av zoonotiske parasitter som giardia og cryptosporidider til mennesker. Det er erfaring for at et nedbørsregime med store nedbørsmengder på kort tid gir utfordringer i forhold til kapasitet på renseanlegg både for vann og kloakk. Utskylling av smittestoffer til drikkevann kan øke i et slikt endret nedbørsregime. Det finnes eksempler fra Norge (giardiautbruddet i Bergen høsten 2004,) og Sverige (crytosporidiumutbruddet i Østersund i 2010) på at drikkevannsforsyningen er sårbar. Drikkevannet brukes også til dyr, og smitte vil kunne overføres til dyrepopulasjon og igjen videre til mennesker.

9.4.5.5 Sykdom forårsaket av bakterier

Virus og en del andre mikroorganismer er avhengige av formere seg i celler ved kroppstemperatur og er ikke direkte påvirket av en økning i omgivelsestemperaturen, med unntak av eventuelle oppformeringsstadier i insekter.

Generelt gir høyere temperatur økt forekomst av patogene bakterier som salmonella, shigella, STEC og camphylobacter. Øket beitebruk og utedrift vil øke risikoen for avrenning av bakterier og parasitter til drikkevann. Samonellose og STEC har en lav forekomst i Norge, med en håndfull tilfeller per år hos produksjonsdyr. Champylobacter er om talt spesielt i «Nordic Health Climate Chapter».

Vi har allerede sett en tendens til økning i forekomsten av infeksjoner som følge av en økning av jord- og vannbakterier i fôret. En kombinasjon av økt og mer uforutsigbar nedbør og tyngre maskiner har ført til en økning i innblanding av jord i fôret. I ett utbrudd av miltbrandsemfysem (*C. chauvoei*) på Hadeland høsten 2010 døde 77 storfe og mange hundre dyr ble vaksinert og behandlet (Groseth el al. Vet Rec 2011). Etter mange år med lav forekomst av *Listeria monocytogenes* infeksjoner hos småfe ser en nå en økning, mest sannsynlig som følge av en kombinasjon av økt utedrift og mer jordinnblanding i rundballene.

9.4.5.6 Økning i forekomsten av soppgifter i fôr og mat

Klimatiske endringer har stort potensial for å forandre hvilke sopparter som til enhver tid er dominerende i korn. Det er observert problemer med gradvis endring av fusarium arter som infiserer korn. Økt forekomst av de aggressive fusarium graminearum artene og økt innhold av mycotoksiner kan være en konsekvens av endret klima i Norge. Dette er nærmere omtalt i fagnotatet om plantehelse og skoghelse (Aamlid, et al. 2016) og i kapittel 9.3.7.

9.5 KULTURLANDSKAP I ENDRET KLIMA

Jordbrukets kulturlandskap er et resultat av mange generasjoners bosetting og ressursutnytting. I innmark og utmark finnes en mosaikk av åker og eng, kantsoner, slåttemark og beitemark, vann, bygninger, tun, gjerder, veier og andre typer natur- og kulturminneelementer. Ulike naturgitte forhold har gitt stor variasjon i produksjonsmåter og ressursutnyttelse i ulike deler av landet, med tilhørende særprega kulturlandskap med en rekke naturtyper og typer vegetasjon.

Endringer i kulturlandskapet er først og fremst en konsekvens av omlegging i jordbruksdrift og økt intensivering, for eksempel færre husdyr på beite, langt mindre utmarksslått, kraftig redusert og opphørt brenning av lyngheier og endringer i skogsdriften.

Men klimaendringer bidrar også til endringer i deler av dagens kulturlandskap. Dersom endringen i arealbruk fortsetter i samme takt som de siste 50 årene, vil det få store konsekvenser. Klimaendringene påskynder gjengroing og kan føre til tap av biologisk mangfold og viktige genressurser. Bestøvning kan bli utsatt og kraftig redusert hvis ikke villbier og humler beholder leveområdene sine. De gamle kulturlandskapene er også robuste økosystemer som har betydning for landskapets evne til å tilpasse seg et endret klima.

9.6 TILPASNINGSTILTAK

Fagnotater levert til denne utredning fremhever de store usikkerheter som gjør planlegging og gjennomføring av tilpasningstiltak krevende. Det er usikkerhet både om de generelle temperatur- og nedbørendringene, utvikling de nærmeste tiår, nedskalering til lokale forhold med tidspunkt for ekstremvær, tørkeperioder, kraftig regnvær, flom, vinterfrost og frekvensen av dette. Tilpasning til enkeltfaktorer kan analyseres og til en viss grad planlegges for, men når flere slike hendelser opptrer i kritiske perioder blir det mer uforutsigbart og vanskeligere å planlegge for. Som en del av

tilpasningsarbeidet er det behov for totalanalyser for å se flere hendelser og ekstremvær i sammenheng. I dette avsnittet er enkeltfaktorer og agronomisk tilpasning vurdert, mens tilpasning til ekstremvær og sikring av produksjonsgrunnlaget mot flom, skred etc. er omtalt i kapittel 9.1.

Klimadata for tilpasset planlegging i jordbruket

Det er nødvendig som grunnlag for tilpasningsarbeidet i jordbruket å ha tilgang på lokalt nedskalerte data. Jordbruksproduksjon er følsom for endringer i temperatur og nedbør. Blant annet for modellering er det nødvendig med data om nøkkelfaktorer. Landbruksmeteorologisk tjeneste (LMT) er i dag et grunnlag for blant annet varslingssystemene i VIPS (Varsling Innen Planteskadegjørere – nettbasert tjeneste fra NIBIO).

For å etablere et sikrere grunnlag for å vurdere framtidig arealbruk når klimaet endres, er det nødvendig å utvikle bedre modeller for klassifisering av arealenes egnethet for jordbruk, herunder ulike produksjoner. Slike modeller må både bygge på plantevekstmodeller, jordsmonninformasjon og nedskalerte meteorologiske data tilrettelagt fra Norsk klimaservicesenter. Med nøyaktige høydedata for landarealene i tillegg, vil det være mulig å utvikle bedre verktøy for analyser, tiltak for overvannshåndtering og som grunnlag for tilpasning av drifta både i husdyr- og planteproduksjonene.

9.6.1 Foredling

Det foregår et kontinuerlig arbeid med foredling av plantemateriale. Da dette er et arbeid med lang tidshorisont må tilpasning starte tidlig med spesifikke mål for de enkelte kulturer. Det må tas hensyn til muligheter for å utnytte lengre vekstsesong og økt CO_2 konsentrasjon, men også at daglengde ikke endres og at herdingsprosesser og overvintringsmuligheter kan bli mer komplisert. Det er behov for å teste ut foredlingsmateriale under mer ugunstige driftsforhold som forventes fremover.

Foredling korn

For kornforedling kan det ta minst 10 år før ny sort kan tas i bruk. Graminor driver egen sortsutvikling av bygg, havre og vårhvete for norske forhold der sentrale kriterier er tidlig modning, stråstyrke og resistens mot sopp, sykdommer, næringsinnhold. For høsthvete er også overvintringsevnen en viktig sortsegenskap. Da de norske kornområdene kan få vekstvilkår som ligner mer sørligere områder er det forventet at noe av sortsmaterialet derfra kan brukes. Endret nedbør gjør det nødvendig med sorter med robust og kraftig rotsystem for å utnytte vekstpotensialet bedre og være sterkere mot både tørke og vannmettet jord. Ideelt sett bør nye sorter kunne tåle både forsommertørke, fuktige forhold vår, sommer og høst samt tåle perioder med ekstrem nedbør. Økt fare for legde kan gjøre det viktigere med korte, stråstive sorter og økt spiretreghet for å unngå groskader.

Foredling i grovfôrproduksjon

Lokalt tilpassa sorter med høyt avlingspotensiale med god fôrkvalitet og sykdomsresistens er avgjørende for å sikre bærekraftig landbruk i Norge/Norden der de dominerende artene er gras og engbelgvekster. Det norske frømarkedet er lite og egnet sortsmateriale må i hovedsak utvikles i Norge eller Norden. Foredlingsomfanget må økes i forhold til dagens for å møte økte regionale forskjeller, og antall testlokaliteter må økes i forhold til i dag.

Sortsutvikling er en langvarig prosess (15-20 år) og godkjenning er avhengig av nasjonal (verdiprøving) og internasjonal (DUS, del av UPOV-konvensjonen som Norge er tilsluttet - The International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV)) test før såvaremarkedet overtar oppformering, markedsføring og salg. DUS-godkjenningen setter rammer for hvor stor den genetiske variasjonen i sorten er, og en må finne nasjonale alternativer for å lage nødvendig genetisk variasjon i kommersielle såvarer. Dette kan gjøres gjennom markedsføring av flere sorter og mer tilpassa og faglig baserte frøblandinger.

Den eksisterende genetiske variasjonen i engvekstene er begrenset i forhold til behovet på sikt for å kunne møte et framtidig klima. Dersom strategiske valg omfatter arter som til nå ikke eller i liten grad har vært dyrket i Norge, må det bygges opp et tilstrekkelig stort plantemateriale mht. genetisk variasjon, for å muliggjøre sortsutvikling på sikt. De potensielle effektene av klimaendringene er vanskelig å forutse, og foredlerapparatet må være handlingsdyktig i forhold til raske endringer.
Prebreeding er prosessen for å øke den genetiske variasjonen før den egentlige sortsutviklingen starter. Ved introduksjon av eksotisk materiale inn i eksisterende foredlingsprogram må de forbedringene som alt er skapt ivaretas. Prebreeding er et ressurskrevende arbeid som krever statlig støtte. Et nordisk samarbeid er ønskelig for flere arter, tilsvarende «Nordic Public-Private Partnership» som omfatter prebreeding i flerårig raigras (Rognli, et al. 2013).

Genomisk seleksjon gjør at foredlingsframgangen øker betydelig fordi generasjonstiden reduseres. Lang generasjonstid og omfattende testing gjør at avlsframgangen er liten i engvekstene. Utvikling og bruk av genomisk seleksjon i engvekstene vil derfor være et svært viktig verktøy for å øke foredlingsframgangen i disse vekstene. Utvikling av kostnadseffektive seleksjonsmetoder bør knyttes til egenskaper som for flerårige engvekster først synliggjøres etter 2-3 år i felt, til faktorer som kan knyttes til overvintringsevne. Slike metoder kan inkludere arbeid med genetiske markører, fenotypiske målinger av fysiologiske parametere som klorofyll fluorescensen og NDVI som kan benyttes som indikatorer for vekstavslutning (Østrem, et al. 2015).

Sortsutviklingsprosessen kan effektiviseres ved økt bruk av plantevekstmodeller. Slike modeller kan muliggjøre en vurdering av eksisterende sortsegenskaper under ulike klima, miljø og dyrkingsscenarier, der det ikke finnes tid og ressurser for tilsvarende evaluering i eksperimentelle forsøk. Modellene muliggjør også evaluering av hypotetiske framtidige sortsegenskaper, og kan dermed utgjøre et viktigere virkemiddel i arbeidet med å prioritere foredlingsmål gitt ulike klimascenarier og risikotoleranse (Semenov og Halford 2009, van Oijen og Höglind 2015). Simuleringsmodeller for Nord-Europa er i hovedsak utviklet for timotei. Det finnes modeller for andre grovfôrvekster som dyrkes i Norge, men disse modellene er ikke blitt tilpasset sorter og forhold for Norge og andre and re nord- europeiske land fullt ut. Det er behov for oppdateringer og supplering av simuleringer av de nye framskrivningene både for avling og risiko for vinterskader.

Fagnotatet angir foredlingsmål for timotei, flerårig raigras og raisvingel og for rød og hvitkløver.

Foredling potet og grønnsaker

Foredling av norske potetsorter foregår i Graminor der resistens mot sykdommer er et viktig foredlingsmål. Det er behov for å utvikle sorter som er robuste for ulike værforhold, vannstress og endret CO_2 konsentrasjon. Screening forsøk for nye sorter av stressfaktorer som varme, vann /tørkestress er aktuelt.

Generelt kan det forventes at store deler av de norske potetområdene får vekstvilkår som likner mer vilkårene på kontinentet (økt temperatur/lengre vekstsesong) og noe av sortsmaterialet derfra bør kunne brukes. Imidlertid kan ulik daglengde bidra til å påvirke dyrkingsegenskaper for disse sortene. Viktige foredlingsparametere for egen foredling vil være sorter med god sykdomsresistens og stresstoleranse.

Det er behov for sorter som har robust og kraftig rotsystem og rotvekst for å utnytte vekstpotensialet bedre og være sterkere mot både tørke og vannmettet jord. Nye sorter bør også gi rask etablering av plantedekke og være tilpasset endret sopp- og skadedyrsituasjon.

For grønnsakproduksjonen i Norge er man i dag avhengig av utenlandsk sortsforedling. God grønnsakproduksjon i fremtiden vil være avhengig av utstrakt og kontinuerlig sortsprøving for å finne det best egnede materialet for norsk klima og markedsønsker. Aktiv kommunikasjon og samarbeid med sortsforedlere vil være viktig. Eldre genressurser kan få større betydning i en fremtid med endret og mer ustabilt klima. Genmateriale med stor evne til å gi stabile og gode avlinger under ustabile vekstforhold, vil kunne gi bedre dyrkingssikkerhet. Materiale som er utvalgt under norske forhold og tilpasset gjennom lang tid kan tenkes å få ny aktualitet enten ved å tas i bruk på nytt eller som del i foredling av nytt sortsmateriale. Aktivt fokus på genressurser og kompetanse på fenotyping kan bli viktig for Norges fremtidige grønnsak- og potetproduksjon.

Høyere vintertemperatur kan gjøre det mulig å produsere mer overvintringsgrønnsaker av flere arter, som for eksempel blomkål og løk. Kulturen etableres da på høsten, overvintrer som liten plante og kommer i vekst igjen så snart forholdene på ettervinteren tillater det. Overvintringsproduksjon vil gi tilførsel av nye norske grønnsaker vesentlig tidligere enn dagens tidligkulturer. Høyere vintertemperatur kan i noen områder også gjøre det mulig å overvintre enkelte typer avlinger på felt, med høsting etter behov under lagelige forhold i løpet av vinteren. Dette kan være aktuelt for f.eks. arter som gulrot og purre. Det vil være behov for utvikling av gode metoder og tilpasning før slike produksjoner kan anbefales i Norge.

Foredling frukt og bærproduksjon

Det er bare for søtkirsebær og plomme at utenlandske foredlingsprogram bidrar med aktuelle sorter for norske forhold. I utenlandske foredlingsprogram prioriteres sorter med lengre vekstsesong og høyere temperaturkrav enn det som er aktuelt for Norge. I praksis er det NIBIO Ullensvang som prøver ut nye sorter i samarbeid med Graminor. Det tar vanligvis 7 år fra import av podekvist til oppformering av tre og dyrking i felt. Endrete importregler gir nå mulighet for direkte import av frukttre noe som kan gi raskere utprøving av nytt materiale. Også eldre genressurser er vurdert aktuelle. Det pågår utprøving av mer varmekjære vekster som aprikos og fersken, vindruer, men nåværende vekstsesong er for kort til å gi årviss avling med kvalitetsfrukt.

9.6.2 Driftsmessig tilpasning til våtere forhold

Bedre drenering

Drenering av jordbruksareal har direkte effekt på produksjonsmuligheter og er en forutsetning for mer sikker matproduksjon. Dagens jordbruksareal har ikke god nok dreneringstilstand tilpasset dagens klima, men omfang av dårlig drenert jord er usikkert. Drenering er et tiltak med lang planleggingshorisont. Basert

på at dagens dreneringsstatus er mangelfull, samt forventet økning i nedbør er bedre drenering et prioritert tilpasningstiltak. Det er behov for – basert på de nye framskrivningene- å gjøre vurderinger for ulike landsdeler /distrikter av nye dimensjoneringskriterier, utforming av dreneringssystemer og hydrotekniske anlegg. Det er nødvendig å involvere kulturminneforvaltningen på et tidlig stadium for å avklare forholdet til eventuelle automatisk fredete kulturminner i jorda. Ved økende nedbør der dreneringssystemet kan få problemer med å ta unna vannet raskt nok-blir det enda viktigere å sikre at overskuddsvann fra andre arealer ikke kommer inn på jordbruksarealene. Det er viktig å avklare situasjoner og forhold en ikke kan «drenere seg ut av« og der andre tiltak kan være aktuelle;

Endret vekstvalg

Våtere forhold gjør det aktuelt med bytte til vekster som tåler mer vann. Det kan være bytte fra korn til gras eller kornsorter som tåler våtere forhold (krever utvikling/foredling). Ved NMBU pågår det et doktorgradsstudium der en undersøker ulike kornsorters toleranse for våtere jord og mer jordpakking. Slik forskning og foredling er et aktuelt tilpasningstiltak også for andre vekster. Som tilpasningstiltak er det behov for å gjøre forskning under mindre optimale driftsforhold for å finne frem til mer robuste sorter.

For grovfôrdyrking kan dyrking av blandinger med sorter med ulike egenskaper, i stedet for sorter og arter i reinbestand, for å ta i bruk sortenes evne til å kompensere for hverandre, være en god strategi for å gardere seg mot mer variabelt klima. Økt dyrking av grovfôrvekster til dyreslag med lavere krav til fôrkvalitet, slik som hest kan øke fleksibiliteten i høstetidspunkt og redusere risiko for jordpakking.

Maskin og utstyrsutvikling

Dagens utstyr er ikke spesielt godt tilpasset våte forhold. Kjøring under optimale forhold kan ikke alltid oppnås for eksempel ved såing og innhøsting. Det er stort utviklingsbehov og utviklingsmuligheter for å redusere risiko for jordpakking og tilpasse utstyr til våtere forhold. Utvikling av lettere maskiner ved høsting og for spredning av husdyrgjødsel, bruk av roboter er eksempel på tilpasningstiltak til våte forhold og for å redusere risiko for jordpakking. Slangespredning av husdyrgjødsel ett annet eksempel. Mer bruk av faste kjørespor, kjøring med variabel last er andre eksempel.

Planleggingsverktøy for å redusere risiko for jordpakking

I praktisk jordbruksdrift er det behov for å ta raske avgjørelser og behov for lett tilgjengelige planleggingsverktøy. VIPS er et slikt verktøy innen plantevern (www.vips-landbruk.no). Terranimo (www.terranimo.dk) er et verktøy for å redusere risiko for jordpakking. Brukeren kan legge inn data om egne jordforhold (jordartsinformasjon fra KILDEN tilgjengelig via Google maps i løpet av 2016), egne maskinvalg (traktorer og redskap), hjulutrustning og dekktrykk og deretter kan risiko for liten, moderat eller, skadelig jordpakking til ulike dyp beregnes. Da kan man vurdere å vente med å kjøre eller vurdere effekt av å endre hjulutrustning, dekktrykk. Det er under utvikling modeller og rutiner for å koble til aktuell værvarsling (Hauge og Deelstra, 2015). Riley (2015) har utviklet modeller (korndyrking på Sør-Østlandet) som kan beregne antall dager tilgjengelig for jordarbeiding ved ulike fuktighetsinnhold i jorda og effekt på avling av å utsette jordarbeiding til jorda har ulike fuktighetsnivå. Det kan også beregnes behov for investeringer i ulik maskinkapasitet for å kunne rekke over ulike arealstørrelser.

9.6.3 Tilpasning av gjødsling, jordarbeiding.

Gjødslingsplanlegging

En lengre vekstsesong kan gi muligheter for flere høstinger og økte avlinger. Ved endringer i vekstvalg og høsteregimer kan det bli behov for endringer i gjødslingsanbefalinger, tidspunkt og mengder, justering av normer, optimalisering av gjødselplassering. Våtere vær kan gi økt behov for delt gjødsling, presisjonsgjødsling, spredemetoder for husdyrgjødsel tilpasset våte forhold. Ved sterkere fokus på å redusere klimagassutslipp ved grovfôrproduksjon og husdyrdrift kan bruk av N-sensor i engvekster være aktuelt. Økt bruk av belgvekster kan redusere behovet for mineralgjødsel. Det er behov for et kontinuerlig utviklings- og oppfølgingsarbeid av praktiske driftsutfordringer for god næringsutnyttelse, gode avlinger og reduserte tap til luft og vann. Tilpasning av gjødselanbefalinger og strategier må ta hensyn til forventede nedbørendringer.

Presisjonsjordbruk

Presisjonsjordbruk tar i bruk avansert teknologi for å tilpasse behandling av jord og planter til variasjoner innen det enkelte skifte. Det kan være et viktig tiltak for å realisere potensialet for økt produksjon under et endret klima. Presisjonsgjødsling kan bidra til bedre næringsstoffutnyttelse og redusere risiko for nitrogentap og er også aktuell innen plantevern (ugrasbekjempelse). Teknologien er foreløpig lite utbredt, mest på grunn av investeringskostnader.

Jordarbeiding

Jordarbeiding påvirker jordstrukturen og har effekt på plantenes rotvekst, vanninfiltrasjon og muligheter for lagring av vann og næringsstoffer. God jordstruktur er viktig for å kunne håndtere økte nedbørsmengder. Redusert jordarbeiding, grøfting, kalking og tilførsel av organisk materiale er eksempler på agronomiske tiltak som kan forbedre jordstrukturen. På erosjonsutsatt jord ved høy høst- og/eller vårnedbør og milde vintre med delvis tint jord bør halmen beholdes og jorda kun bearbeides om våren. Halmen bør kuttes og spres jevnt for god utnyttelse og erosjonsbeskyttelse og for å redusere problemer med dårlig spiring og vinteroverlevelse. Endrete nedbørforhold har stor effekt på muligheter for å kunne utføre jordarbeiding og risiko for jordpakking (se over). Det er behov både for å tilpasse tidspunkter og måte for jordarbeiding samt valg av maskiner og utstyr. Jordarbeiding har også stor effekt på erosjon og valg av tidspunkt og jordarbeidingsmetode er avgjørende. Høstarbeiding og vårsådde vekster har størst erosjonsrisiko og vårarbeiding er et tilpasningstiltak. Ved høstkorndyrking kan det oppstå erosjonsproblem ved nedbør før plantedekke er etablert, som kan øke i takt med økende høstkorndyrking. Valg av arealer for høstkorndyrking, tidspunkt for etablering og andre tiltak som grasdekte vannveier og fangvekster kan ha betydning for risikovurderingen. Områder og jord som er utsatt for forsommertørke bør ikke pløyes på våren. Integrerte plantevernstrategier vil være nødvendig for å unngå økt behov for plantevernmidler.

Økt bruk av vekstskifte

Vekstskifte kan redusere noen av de negative effekter av våtere klima. Vekstskifte har positiv effekt på avlinger og kvalitet, det kan redusere ugras og skadedyrsituasjon, øke moldinnholdet i jorda og stimulere mikrobiologiske aktivitet. Det kan motvirke en utvikling mot synkende karboninnhold som er registrert og som kan bli forsterket av høyere jordtemperatur under endret klima. Innen korndyrking har mulighetene

for vekstskifte vært begrenset, men lengre vekstsesong kan gi bedre muligheter for vekstskifte. Det gjelder oljevekster, erter og åkerbønner. Dyrking av gras, kløverfrø, poter og grønnsaker er aktuelt. For korndyrkere kan det være mer aktuelt med jordbytte mellom dyrkere (trenger å etablere system for dette). Også for potet og grønnsaksdyrking er vekstskifte aktuelt, særlig for å redusere sykdomssmitte.

Bruk av planleggingsverktøy.

Utvikling av nye og videreutvikling av varslings- og beslutningsstøttemodeller er viktig for å gi brukerne gode verktøy for å ta dyrkingsmessige beslutninger. Slike systemer som innen plantevern (VIPS), gjødsling (Nitrogenstatus), EU-Rotae-N (grønnsakskulturer) og jordpakking (Terranimo) viser noe av det modellerings- og utviklingsarbeid som pågår og som er aktuelt for videre tilpasningsarbeid. Det krever kombinasjon av modellutvikling, datafangst og kobling til værdata.

9.6.4 Tekniske tiltak for å skjerme frukt- og bærproduksjonen

Bruk av dekkematerialer, dyrking i tuneller i frukt- og bærproduksjon

Nedbør i vekstsesongen kan føre til sprekking av eks søtkirsebær, redusert kvalitet og redusert avling. Det kan også gi større risiko for soppangrep. Dyrking i tuneller eller dyrking under tak kan redusere risiko for slike skader, men reiser etableringskostnader. Tunneldyrking kan også redusere omfang av skadegjørere, gi raskere modning og dermed også forlenge vekstsesongen. Dekking av søtkirsebær fra før blomstring til etter høsting har fremskyndet modning med en uke og kan dermed forlenge vekstsesongen.

Beskyttelse mot vårfrost - knoppefrost.

Vatning eller brusing med dyser kan beskytte mot vårfrost. Når vannet fryser til is på plantene kan varme frigis slik at frostskader unngås. Vindmaskiner eller tåkesprøyter kan brukes for å blande kald luft ved bakken med varmere luft lenger opp og redusere skader ved strålingsfrost. Direkte oppvarming med gass eller oljebrenner kan varme opp lufta i trekroner i frukthager. Røyklegging kan hindre utstråling så luften ikke bli nedkjølt. Slike metoder er i kjent og i bruk i Norge, men det har hittil ikke vært så stort problem, men det kan bli mer aktuelt dersom vekstsesongen starter tidligere.

9.6.5 Plantehelse

For plantehelsesituasjonen er det behov for overvåking av spredningsbilde, vurdering av behov for tiltak og gode varslingsrutiner. En trenger utvikling av system med fortløpende risikoanalyser for nye skadegjørere og for skadegjørere som kan få større betydning ved endret klima. Gode beslutningsstøttesystemer som eks VIPS- «varsling av planteskadegjørere» (www.vips-landbruk.no) gir grunnlag for raske råd til bonden. Det kan redusere «forsikringssprøyting» og således hindre at bruk av plantevernmiddel øker.

Det kreves detaljert kunnskap om klimaets påvirkning på den enkelte skadegjører og deres vertplanter for å iverksette effektive tiltak. Et bedre kunnskapsgrunnlag kan øke antall arter som omfattes av VIPS.

Foredling av sortsmateriale med ny og varig resistens blir stadig viktigere. Samtidig er det viktig å utarbeide strategier som bidrar til å redusere utvikling av resistens mot plantevernmidler, inkludert varslingsmodeller

og verktøy for å finne riktig tidspunkt for tiltak. Det vil være viktig å satse mer på produksjon og sertifisering av såvare fritt for ugrasfrø, særlig ved import av frø og såkorn.

Ved endret klima og nye skadegjørere øker behovet for å utvikle nye, både kjemiske og biologiske plantevernmidler. Presisjonstiltak, for eksempel avanserte automatiske registrerings- og artsgjenkjenningsmetoder for ugras er aktuelt for samtidig vurdering av behov for nødvendige tiltak.

Det vil generelt være behov for flere og mer komplekse risikovurderinger og mer forskning på epidemiologi for skadegjørere inkludert vektorer. Spesielt for nye vekster /arter /sorter og endrete dyrkingsmåter bør en kartlegge sammenhenger mellom klima, planteresistens, skadegjørere og naturlige fiender og plantevernmiddelresistens hos skadegjørere og sykdomsorganismer (vektorbårne sykdommer).

9.6.6 Tilpasning av miljøtiltak

Dersom økt nedbør fører til økt avrenning og tap av næringsstoffer og plantevernmiddel kan det oppstå behov for nye eller forsterkede miljøtiltak for å oppfylle krav til vannkvalitet satt i Vannforskriften. Det gjelder både tiltak på arealer (jordarbeiding, gjødsling, grasdekte vannveier, fangvekster) og rensetiltak nedstrøms som buffersoner, fangdammer. Det kan bli behov for nye tiltak som rensing av grøftevann, sikring av bekkeskråninger for å hindre erosjon og fosfortap. Endringer i nedbørsmønster i ulike sesonger kan føre til målkonflikter og nye vurderinger om behov for miljøtiltak. Et eksempel er dyrking av høstkorn som er forventet å få økt utbredelsesområde ved lengre vekstsesong. Dersom høstkornet jordarbeides før såing og det kommer økende eller mer intens nedbør like etter såing kan det bli stor erosjon. Det kan derfor bli behov for å vurdere miljøtiltak for høstkorndyrking, både prioritering av arealer for dyrking, tilpasning av jordarbeidingsmetoder og kontroll med overflateavrenning. Endret jordarbeiding kan hindre erosjon og avrenning gjennom vinterperiode og snøsmelting. Bruk av delt gjødsling og presisjonsgjødsling kan bli mer aktuelt ved endret nedbør. I husdyrproduksjonene kan endrete nedbørforhold påvirke avrenning fra eks husdyrgjødselspredning. Det vil være behov for å klimatilpasse miljøtiltak og miljøtilpasse klimatiltak, eksempelvis sørge for god utnyttelse av biorest fra biogassanlegg. Dette er omtalt i andre kapitler, jf. kapittel 7 og 12.

9.6.7 Tilpasninger i husdyrproduksjonen

Norge har god dyrehelse og et godt utviklet regelverk for å sikre god dyrevelferd. Dette er også viktige forutsetninger å bygge videre på når husdyrproduksjonene i Norge skal tilpasses for å mestre klimaendringer. De faktorer som har bidratt til dette blir det dermed også viktig å opprettholde i som del av jordbrukets klimatilpasning.

God beredskap både i form av overvåkning og dermed evne til å avdekke endringer, nye vektorer eller økt forekomst av eksisterende vektorpopulasjoner vil være sentralt. Tverrfaglig samarbeid mellom veterinærmedisinske fagmiljøer og entomologer vil da bli av stor betydning. Likeledes samarbeid mellom ulike fagmyndigheter innen både human- og veterinærmedisin både nasjonalt og internasjonalt. Det kan ventes at også viltlevende dyr rammes av nye sykdommer og derfor blir det av betydning å utvikle

helhetlige strategi for helsemessige utfordringer der husdyr, viltlevende dyr og mennesker sees i sammenheng.

En lengre og samtidig våtere beitesesong kombinert med mildere vintre kan på den ene side gi økt fôropptak på beite og lengre beitesesong, men samtidig økt forekomst av parasitter og f.eks. klauvsykdommer grunnet våtere forhold. Det vil derfor være større behov for å følge med på utviklingen av slike forhold og tilpasse bruken av beiter slik at skaderisiko reduseres.

Generelt vil endret klima føre med seg utfordringer for husdyrproduksjonene som begrunner kunnskapsutvikling, kunnskapsberedskap og relevante overvåkingsprogrammer.

10 KONSEKVENSER AV ENDRET KLIMA FOR SKOGBRUKET

Dette kapitlet handler om hvordan skogen påvirkes av klimaendringene. Tiltak for å håndtere utfordringene er vurdert i kapittel 13. Det forventes at behovet for biomasse fra skog vil øke, jf. kapittel 14 om Bioøkonomi. Både togradersmålet og «det grønne skiftet» bygger på forutsetninger om at skogen skal bidra mer til opptak og lagring av karbon, men også materialer, energi og industriråstoffer. Det er derfor avgjørende å sikre produktive og robuste skoger med god sunnhetstilstand når klimaet endres.

Tilpasning til endret klima skogbruket innebærer mange og komplekse utfordringer. Skogen er direkte eksponert for endring i klimavariable som temperatur og vekstsesongens lengde, nedbør både i mengde og fordeling, luftfuktighet, vindstyrke og vindretning. Økt fuktighet og lengre perioder med skogbrannfare kan begrense skogsdrifta.

Skogsøkosystemenes grunnforutsetninger styres av klimafaktorer som temperatur, nedbør og sollys. Et endret klima vil påvirke trærnes fotosyntese, respirasjon og tilvekst. Samspillet mellom arter og risiko for skader påvirkes. Indirekte effekter som følger av endringer i temperatur, nedbør og luftfuktighet kan øke risikoen for skader som av både eksisterende og nye skadegjørere.

De trærne som plantes i dag skal mestre de direkte og indirekte effektene av klimaendringene gjennom et 40 til 120 års omløp. Klimatilpasningen i skogbruket blir derfor utfordrende både på grunn av langsiktigheten i skogproduksjonen og den store usikkerheten om framtidas vekstforhold. Dette vil stille store krav til kunnskap for å håndtere usikkerhet og risiko, men også i dagens skogbruk er den grunnleggende tenkningen basert på prinsipper om langsiktighet og bærekraftig skogforvaltning.

10.1 SKOGPRODUKSJON NÅR KLIMAET ENDRES – MULIGHETER

10.1.1 Produksjonsareal

Rapporten Klima i Norge 2100 viser at vekstsesongen vil bli lengre i alle deler av landet. Andel av landarealet med vekstsesong på over 6 måneder, kan øke fra 45 000 km^2 i dag til 105 000 km2 for RCP 4.5 og til 165 000 km^2 for RCP 8.5 i perioden 2071-2100. Økningen er størst i ytre kyststrøk fra Nord-Vestlandet og nordover til Finnmark.

Norge har store arealer som også i dagens klima kan tas i bruk til skogproduksjon. I en rapport om skogplanting som klimatiltak (Miljødirektoratet, rapport M26-2013) ble bruttoareal som kunne være egnet for skogplanting beregnet til 9,78 millioner dekar. I tillegg til dette vil skoggrensen når temperaturen øker og veksttida forlenges, flytte seg både oppover og nordover. Snøsesongen blir kortere, særlig i kyststrøk slik at arealer som ikke bør tilplantes av hensyn til albedo avtar. Kombinasjonen av mer varme og CO_2 vil, i områder der redusert sommernedbør ikke gir underskudd på markvann, gi grunnlag for økt tilvekst og derved økt opptak av CO_2. I endret klima vil derfor større arealer kunne benyttes til skogproduksjon. Dersom potensialet skal utnyttes effektivt forutsettes skogplanting og aktiv skogskjøtsel.

Potensialet for økt tilvekst må sees i sammenheng med den årlige avskogingen når skogareal tas i bruk til andre formål. Fra 1990 og frem til 2012 er et bruttoareal på 1,4 millioner dekar avskoget (NIR 2014). Data fra Landsskogtakseringen viser at nedbygging er den viktigste årsaken (73 prosent av arealet), etterfulgt av omdisponering til beite (16 prosent). I en rapport fra Skog og landskap (Søgaard et al 2015) estimeres gjennomsnittlig årlig endring i skogareal for perioden 2008-2012 til en årlig økning i skogarealet ut fra Landsskogtakseringens statistikk på snaut 30,5 km^2, og et årlig areal med avskoging på drøyt 71,2 km^2. Sett over noe lengre tidsrom (fra 1990) er estimatet for avgang 60 km^2 pr år. Disse tallene baserer seg på et lite antall prøveflater i Landsskogtakseringens landsdekkende nett, og må betraktes som usikre. Det må også tas hensyn til at fjellskogen først nylig kom med in Landsskogtakseringens flatenett. Arealer som går ut av skogproduksjon, har større andel høy og middels bonitet enn gjennomsnittet for norske skoger (Kilde: Stein Tomter pers. medd. og NIBIO rapport 2016, in press).

Det er usikkert hva som blir sumeffekten av avgangen og eventuelle klimabetingende økninger i skogareal. I hvilket omfang potensialet for økt skogproduksjon på nye arealer faktisk blir utnyttet, avhenger av både politiske valg, skogeierens målsettinger og foretaksøkonomiske beslutninger.

10.1.2 Biologisk produksjonspotensial

Potensialet for økt skog produksjon skyldes både at større arealer blir egnet for skogproduksjon og at tilveksten pr arealenhet øker. Arealproduktiviteten (tilvekst pr dekar) i skog er avhengig av en rekke faktorer. Biomasseproduksjonen responderer positivt på økt CO_2 konsentrasjon i atmosfæren, men effekten kan begrenses av tilgang på næringsstoffer, for høy temperatur eller tørke. Det er også usikkert om denne CO_2-effekten vil føre til økt vekst på lengre sikt under forhold der tilgang på næringsstoffer kan være begrenset (Kirschbaum 2007). Økt CO_2 innhold i atmosfæren kan sette trærne i stand til å husholdere bedre med knappere vanntilgang slik at fotosyntesen blir mer effektiv. Dette skyldes at fordampningen reduseres som følge av at spalteåpningene i bladene ikke trenger å åpnes like mye når CO_2-innholdet øker.

Selv om klimatiske forhold er noe ulike i Norge, Sverige og Finland, er det også store likheter mellom disse landenes skogproduksjon. I rapporter fra det nordiske forskningsprosjektet ENERWOODS konkluderes det med at biomasseproduksjonen i de nordiske skoger, kan økes betydelig også uavhengig av klimaendringene. Prosjektet beskriver også scenarier som indikerer økt tilvekst på omlag 30 prosent som følge av klimaendringene i dette århundret. Prosjektet har beregnet at stående kubikkmasse pr hektar i gjennomsnitt vil øke fordi bare to tredjedeler av tilveksten skjer i områder hvor det avvirkes i dag.

Skogsstyrelsen i Sverige har i et stort analyseprosjekt (SKA 2015: Skoglig konsekvensanalys), utarbeidet scenarier for å belyse mulige utviklingsbaner for Sveriges skoger mot 2100. For perioden 2070-2100 beregnes klimaendringene å kunne bidra til å øke tilveksten med ca. 21 prosent for RCP 4.5 og med 37 prosent for RCP 8.5 sammenliknet med 1970-2000. Analysene viser at tilveksten øker markert mer i nord enn i sør, og at gran øker tilveksten mer enn dobbelt så mye som furu. Effekter av økt vindfelling eller biotiske skadegjørere er ikke inkludert i scenariene da man anser datagrunnlaget for svakt som grunnlag for kvantitative beregninger.

Beregninger i Finland viser at økt tilvekst verken avhenger av klimaendring eller økt skogareal. I et «Working Paper of the Finnish Forest Research Institute 2014:302) konkluderes det med at Finland kan øke årlig, bærekraftig avvirkning av industritømmer med 40 prosent og at skogbrukets leveranse av energivirke kan øke med 10 millioner kubikkmeter. Økt tilvekst som følge av endret klima er ikke regnet inn. Begrunnelsen for dette var at man selv om man har gode tilvekstmodeller som gir positive utslag for vekstrespons som følge av økt temperatur og CO_2, mangler modeller som med tilfredsstillende sikkerhet kan predikere effekter av skaderisiko som følge av storm, insekter, sopp, hogstskader etc. Ut fra dette konkluderte man med at det var mest riktig å utelate de positive effektene siden man ikke kunne kvantifisere de negative effektene. Man valgte altså å la usikkerheten om de negative faktorene effekt på tilveksten i finske skoger oppveie de mulige positive effektene for å unngå at analyseresultatene resulterer i beslutninger på sviktende grunnlag (pers. medd. Jari Hynynen, Luononvarakeskus, Finland). Svenskene har i sine beregninger lagt vekt på å synliggjøre klimaets innvirkning på tilvekstutviklingen, men også i de svenske rapportene tas det klare forbehold om at effekter av biotiske og abiotiske skader med dagens modellverktøy og kunnskapsgrunnlag, ikke lar seg beregne med tilstrekkelig sikkerhet.

For Norge er det gjort beregninger knyttet til LULUCF-rapporteringen. I kapittel 8.2 er det vist til hvordan framskrivninger av utviklingen under dagens klima, RCP 2.5 og RCP 8.5 vil påvirke fremtidig årlig avvirkning (inkluderer kommersiell hogst, vedhogst, og ikke-kommersiell utnytting) (Søgaard et al 2015). Beregningene viser det samme hovedbildet som de andre skandinaviske land, der tilveksten av skogbiomasse øker med økende temperatur, veksttid og CO_2 innhold i atmosfæren. Tilvekstberegningene i Norge er ikke korrigert for biotiske og abiotiske skader som kan redusere økning av tilvekst eller føre til skade på eller tap av stående biomasselager.

10.1.3 Klimaendringer og treslag

Trærnes og dermed skogens framtidige funksjoner, produktivitet og bærekraft er avhengig av sunnhet, stabilitet og vekst. Treslag som ikke er tilpasset framtidens klima, og som blir mer utsatt for sykdommer og skadedyr, vil svekke skogens kapasitet til å ta opp CO_2 og lagre karbon. Trær som plantes i dag forventes å leve i 40-120 år før skogen igjen skal forynges. Samtidig kan ikke skogbruket bruke plantemateriale som ikke vil overleve og vokse i det klimaet som faktisk er i dag.

Gjennom skogbestandets livsløp vil trærne bli utsatt for stress på grunn av endret klimapåvirkning. Det er usikkerhet om omfang og tempo i klimaendringene og hvordan de direkte og indirekte effektene vil utvikles. Valg av treslag og genetisk materiale må derfor så langt som mulig være tilpasset klimautviklingen for å sikre at skogen kan utnytte tilvekstmulighetene i endret klima. Det er derfor av stor betydning å velge treslag og trær med genetiske egenskaper som kan bidra til å forebygge at endret klima påfører framtidas skogbruk problemer og økonomisk tap.

Økt temperatur kan øke utbredelsen av dagens og eventuelt også nye, mer varmekjære arter. På lang sikt kan det også skje endringer i dominerende treslag. Det vil være betydelige regionale forskjeller, blant annet økt tørkestress på Sør- og Østlandet, jf. kapittel 5. Eksempelvis viser beregninger at en temperaturøkning på +2 grader flytter nordgrensa for bøk omtrent til Rena i Østerdalen (Solberg, Madsen og Finne 2013).

10.2 ABIOTISKE UTFORDRINGER I ENDRET KLIMA

Skogen påvirkes direkte og indirekte av endringer i temperatur, nedbør, tele, vanntilgang, vind og brann. Konklusjoner om hvordan skogbruket påvirkes av klimaendringene kan ikke trekkes bare ut fra informasjon om hvordan ulike aspekter av klimaet endrer seg hver for seg. Oftest er det en kombinasjon av ulike aspekter (klimavariable) som endringer i middelverdier, kombinasjoner, ekstremer eller sekvenser av hendelser som avgjør effektene. Eksempel på samspill mellom abiotiske og biotiske skadeårsaker kan være når en storm inntreffer mens marka tint og våt og derfor gir større stormskader som etterfulgt av varm vår og sommer kan gi store barkbilleangrep.

10.2.1 Driftsforhold

Skogbruket er en fullmekanisert næring og er avhengig av forutsigbar avvirkning og leveringsdyktighet. Dette forutsetter at entreprenørene har god kompetanse og utstyr som er egnet for aktuelle driftsforhold. Kravene til effektivitet må kombineres med hensyn til miljø, risiko for terrengskader og skader på gjenstående trær. Klimaendringene vil øke utfordringene knyttet til balansere disse hensynene.

Økt i temperatur fører generelt til at nedbøren faller mer som regn enn som snø i vintersesongen. Snøsesongens lengde vil bli kortere i de deler av landet hvor vi har de største skogressursene. Vinternedbøren vil øke og telen i jorda vil bli redusert. Det vil bli økt frekvens av intense nedbørsepisoder. For skogsdriften fører dette til redusert framkommelighet og økt risiko for kjøreskader i terrenget.

Vinterdrift har tradisjonelt vært en viktig driftsform for store deler av det skogarealet på grunn av mye bæresvak mark. To til tre måneders kortere snø- og telesesong vil gjøre det mer vesentlig mer krevende å opprettholde en slik driftsform. Mer intense nedbørshendelser kan også føre til at skogsveier skades eller vaskes bort. Dette kan gi tilleggskostnader på drift og vedlikehold samt mer usikker virkesforsyning til industrien. Skogsbilveier med dårlig terrengtilpasning eller som er dårlig vedlikeholdt kan også endre de naturlige dreneringsløpene for overvann og føre til økt fare for jordskred og nedstrøms flomskader.

10.2.2 Vindfelling

De siste ti årene har Europa vært rammet av kraftige stormer med store ødeleggelser av skog. I Norge var vindefellingen etter stormene Hilde (0,2 millioner m^3 i 2013), Ivar (0,2 millioner m^3 i 2013) og Dagmar (0,8 millioner m^3 i 2011). Til sammenlikning førte stormen Ivar til vindfelling av 8 millioner m^3 i Sverige og Stormen Gudrun til 70 millioner kubikkmeter vindfall i Sverige i 2005.

Omfanget av stormskader kan særlig øke høst- og vinterstid. Årsakene er en svak økning i frekvensen av episoder med sterk vind, økt nedbørmengde, mer tien og våt jord vinterstid, samt akkumulering av gammel granskog. Andre forhold som kan bidra til mer stormskader er kraftige nedbørepisoder og mer rotråte. Endring i dominerende vindretning eller episoder med ekstremvær der vinden kommer fra nye retninger, kan føre til økt skade på skog som tidligere har stått seg godt.

Faren for vindfelling (rotvelt) øker når jorda er vannmettet og rotfestet er svakt. Stammebrekk forekommer også, særlig når marka er frosset. Snøskader forårsaker hovedsakelig toppbrekk. Våt snø i trekronene øker

vindfanget og utgjør en betydelig kraftkomponent når trærne svaier. Storm fører gjerne til noen totalskadde områder der stormen er på sitt sterkeste, fordi trærne velter hverandre ned. Skog i Norge er generelt utsatt for stormfelling, fordi skogsjorda generelt har liten dybde og grana har grunt rotsystem.

Skogskjøtselen påvirker skogbestandets utsatthet for stormskade dersom ungskogpleie utelates eller gjennomføres for sent eller ved for sen og for kraftig tynning. I skogforsikringsselskapet Skogbrands veiledning om skogbehandling for redusert stormskaderisiko informeres det om at skogskjøtsel som øker trærnes stabilitet reduserer risikoen for stormskader, men kan gi redusert kvalitet. Trærnes stabilitet påvirkes særlig i ungskogfasen før rotkonkurranse inntreffer. Rota er ofte et speilbilde av krona. Stor internkonkurranse gir mange ustabile trær, men med god oppkvisting. I bestand med lav stormrisiko gis det derfor råd om at skogbehandling som fremmer verdiproduksjon bør prioriteres.

I tillegg til de direkte effektene av storm, kommer de indirekte, slik som sjørokkskader, påfølgende barkbilleangrep, og økt risiko for erosjon og ras. Stormskader fører dessuten med seg kostnader for skogbruket. Dette kan være redusert tømmerpris som følge av store hogstkvanta, verditap på grunn av kvalitetsreduksjon, økte driftskostnader, mer lagringsskader, økte lagringskostnader og redusert omløpstid.

Selv om klimaframskrivningene ikke med sikkerhet kan si at det blir mer kraftig vind, og et geografisk mønster for stormskadene er usikkert, vil Vestlandet være mest utsatt der vindstyrken og nedbørmengden i utgangspunktet er høyest og jorda kan være tien gjennom store deler av året. Samtidig har Vestlandet stor akkumulering av stående kubikkmasse med gran. Skogstrøkene på Østlandet (og i Trøndelag) har store arealer med granskog, og høy forekomst av rotråte er en betydelig risikofaktor.

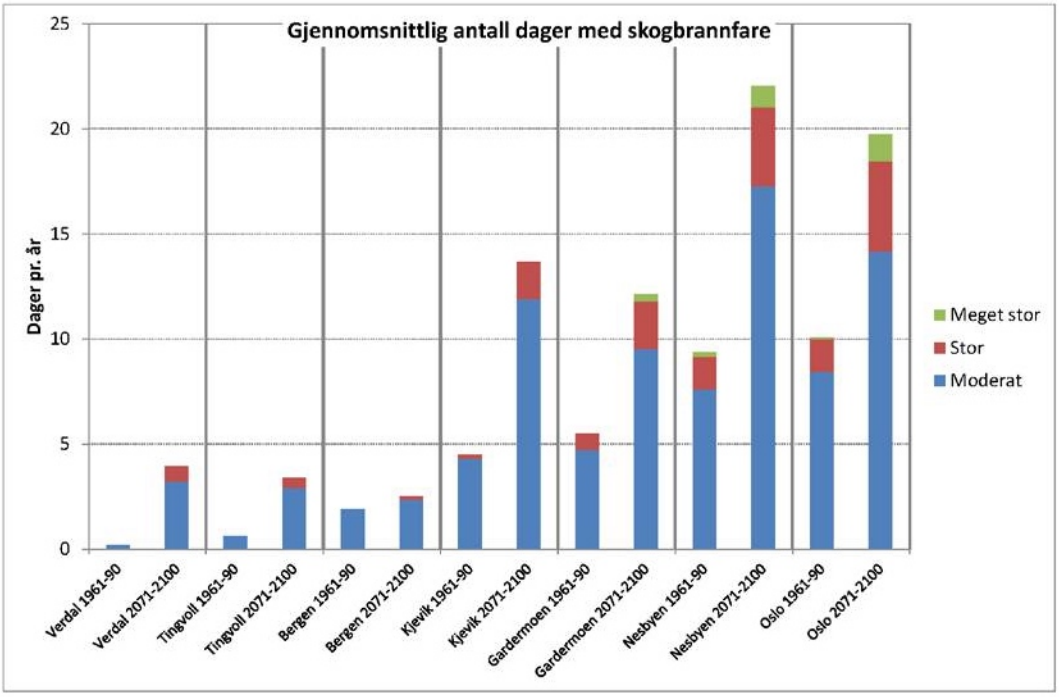
10.2.3 Brannrisiko

Skogbrann er normalt ikke et stort problem, men opptrer enkelte år med lengre tørre perioder og kan bli hyppigere i Sørøst-Norge i framtida. I Sverige har Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen 2015) beregnet at klimaendringene mot slutten av århundret vil forlenge brannrisikosesongen med opptil 50 dager i områdene mot Østersjøen og i Mälardalen og med 10-30 dager lenger nord. I tillegg er det regnet med at varmere klima vil føre til økt frekvens av tordenvær og lynnedslag. Også endret treslagssammensetning antas å bidra til å øke brannrisikoen i Sør-Sverige. Samlet sett vurderer de svenske analysene det slik at brannrisikoen vil øke mer enn det som skyldes lengre tørkeperioder. Også frekvensen av høyrisikoperioder for brann øker fra dagens to av tre år til å inntreffe hvert år.

I en rapport fra Meteorologisk institutt (Tveito 2014) er det gjort beregninger av endringer i skogbrannfare i ulike landsdeler fra 1961-90 til 2071-2100. Sørlandet og Østlandet som får en meget markert økning i skogbrannrisiko. På Østlandet vil klimaendringene kunne føre til fordobling av antall dager med skogbrannrisiko fram mot 2050. frem mot 2050 I skogstrøkene på Østlandet vil det på grunn av klimaendringene kunne bli en fordobling i antall dager med stor skogbrannfare frem mot 2050 (figur nedenfor).I andre landsdeler er mer det marginal endring. Nord-Norge er ikke inkludert i beregningene. Skogbrann kan føre til stor økonomisk skade for skogbruket, men også representerer fare for liv og helse, hus og hjem. I følge Skogbrand viser statistikken at 9 av 10 skogbranner startes av menneskelig aktivitet.

Risikoen for spredning av skogbrann påvirkes av vegetasjonstype, skogens alder, treslag og graden av oppkvisting. Selv om skogbranner sprer seg raskest ved kronebrann, vil tilgangen på dødt virke og hogstavfall på bakken øke temperaturen og gnistspredningen slik at brannen blir vanskeligere å slukke. Uttak av GROT og annen død ved kan redusere mengden «ground fuel» men øke risikoen for antennelse under drift (gnist fra belter etc.).

Vinteren 2014 opplevde vi store utmarksbranner (lyng og buskvegetasjon)langs kysten i Midt-Norge (Flatanger, Frøya) og brannen i Lærdal sentrum som skadet verneverdig trehusbebyggelse spredte seg raskt i vegetasjonsbelter mellom bebyggelsen. Under ekstreme værforhold står det ikke i noe brannvesens makt å stoppe slike branner hvis det ikke finnes naturlige barrierer som stopper ilden. I Mellom-Europa legges det nå til rette for at landbruket pleier arealer som er kritiske for viktige samfunnsstrukturer slik at de blir mindre sårbare ved ulike hendelser. Konkret kan det handle om målrettet beiting av brannutsatt vegetasjon eller forhåndbrenning av arealer. I tillegg til å skape en mosaikk av naturlig barrierer ved brann, kan slike tiltak også ha nytte i landbrukssammenheng (beitekvalitet) og i forhold til biologisk mangfold.



Forekomst av skogbrannfare i Verdal (Trøndelag), Tingvoll (Nord-Møre), Bergen, Kjevik (Vest-Agder), Gardermoen (Akershus), Nesbyen (Buskerud) og Oslo i perioden 1961-90 og 2071- 2100 (MET. Report no.25/2014)

Figur 45. Forekomst av skogbrannfare, framskrivninger for utvalgte steder 1961 til 20171.
Kilde Met Report no 25/2014

10.2.4 Tørkestress

I Norge er det først og fremst i lavlandet på Østlandet og på Sørlandet at vanntilgangen er begrensende for skogens vekst (Dalen & Solberg 2007). Årringserier fra gran viser at tørt og varmt vær fører til redusert tilvekst på steder der normalverdien for junitemperatur er høy, det vil si mer enn 12,5 °C.

Klimaendringene vil føre til økt markvannsunderskudd og økt risiko for tørke i granskog på Østlandet og Sørlandet. Effekten av tørke er økt nålefelling og kroneutglisning, avdøing av småplanter, årsskudd på småtrær, topper, greiner og hele trær. I resten av landet er tørke et lite problem og det ventes å bli enda mindre med økt nedbør i framtida.

Vedvarende tørkestress over flere uker gir gule og visne blader på løvtrær, mens bartrærne ofte får en forsinket effekt, med gulning og uvanlig sterk nålefelling på sensommeren og høsten. Redusert barmasse gir redusert fotosyntese og primærproduksjon og dermed mindre karbohydrater tilgjengelig for produksjon av forsvarsstoffer, noe som svekker trærnes motstandskraft mot angrep av rotråtesopper og barkbiller. Tørkestress fører også til rotavdøing, og særlig finrøttene i humuslaget er utsatt. Slike rotskader følges ofte av angrep av honningsopp (Armillaria spp.)som kan forårsake toppskranting og avdøing av hele trær. Også andre råtesopper, da særlig rotkjuke (Heterobasidion spp.), kan angripe tørkeskadede røtter. Generelt kan angrep av råtesopper redusere trærnes opptak av vann og næringsstoffer og dette kan utløse toppavdøing og næringsmangel. Barkbilleangrep er hyppigere i tørkesomrer, dels på grunn av at barkbillene favoriseres av varmt og tørt vær, og dels fordi trærne er svekket av tørkestress.

Skog og landskap har i det såkalte Grantørkeprosjektet forsket på tørkeproblemer i granskog i lavlandet på Østlandet. Toppskranting og avdøing har forekommet på enkelte lokaliteter i veksterlige granbestand i hogstklasse 3-4. Prosjektet har fokusert på klimaendringene og risikoen for at tørkeskader på gran kan øke over tid. Toppskrantingen som ble undersøkt i dette prosjektet hadde de samme symptomer som observert tidligere, dvs. misfarging og avdøing av topper og gradvis forverring av skadene nedover i krona, etterfulgt av avdøing av hele trær. Resultatene bekrefter at tørkestress om sommeren har vært utløsende faktor for skadene, og at de undersøkte skadene i dette prosjektet ble utløst av moderat tørke i somrene 2004-06. Disse somrene hadde perioder i juni og juli med høy fordampning på grunn av høye temperaturer, vedvarende vind og lite nedbør. Dette førte til nedbørunderskudd og moderat tørkestress.

10.2.5 Frostskader

Varmere vintre med flere dager med minimumstemperaturer over 0 °C vil kunne føre til økning i frostskader på skog. Slike varme perioder vil redusere trærnes herdighet og toleranse for påfølgende frost. Klimaendringer kan derfor øke omfanget av vinter- og vårfrostskader, særlig i innlandet, men også øke klimatiske sviskader på gran i kyststrøkene i Sørøst-Norge.

Kunnskap om trærnes årlige vekstrytme og hva som styrer denne er viktig for å forstå hvordan klimaendringer kan påvirke omfanget av frost- og vinterskader. Vekstrytmen er et resultat av en tilpasning mellom behovet for å utnytte så mye som mulig av vekstsesongen og nødvendigheten av å unngå frostskader.

I Norge forekommer frost i store deler av året, men trærne er spesielt utsatt i vekstsesongen på sommeren når frostherdigheten er lav og frostepisoder kan da gi stor skade. Frost kan gi skader både på bladverk, knopper, skudd og greiner, på kambiet, og på rotsystemet. Frostskader gjør dessuten trærne mer utsatt for sopp- og insektskader. Mest velkjent er frostskader på gran om våren og forsommeren, som gir hengende, ofte brune skudd. Furu er lite utsatt for dette, mens løvtrær i en del tilfeller kan få visne skudd og blader.

Sterke sommerfrostepisoder har vært observert og registrert i over 100 år. Av større frostskader i nyere tid kan nevnes en uvanlig kraftig frostepisode over innlandet på Østlandet 23. juni 1992, der årsskudd helt opp til 20 m over bakken ble drept.

På høsten avslutter trærne veksten og går inn i hvilefasen og oppnår frostherdighet. Så lenge temperaturen ikke går over 0 °C over lengre perioder og det ikke er store svingninger i temperaturen, kan trærne tåle svært lave temperaturer. Frostskader i vinterhalvåret forekommer oftest ved brå temperatursvingninger eller vedvarende sterk kulde, og flere faktorer som sjørokk, vind og tørke kan medvirke til slike skader. Selv om symptomene vanligvis er ensartede; barnålene blir rødbrune og misfarget, så er årsakene ofte sammensatte og vanskelige å bestemme, og skadene kalles gjerne klimatiske vinterskader. Slike skader kan opptre over store områder, ramme både unge og gamle trær og føre til redusert tilvekst og omfattende avdøing også på store trær.

Når det gjelder sommerfrost forventes det en nedgang, dels som en følge av økt temperatur og dels fordi temperaturinversjon vil opptre sjeldnere på grunn av mer vind og økt skydekke med redusert utstråling om natten. Scenariet for vind og skydekke er imidlertid usikkert, og et varmere og tørrere sommervær kan gi mindre skydekke, og økt frostfare kan dermed ikke utelukkes.

Risikoen for høstfrost, det vil si frostepisoder etter vekstavslutningen, ventes å avta som en følge av den ventede temperaturøkningen. Dessuten styres vekstavslutningen hovedsakelig av daglengde og det ventes derfor små endringer i tidspunktet for vekstavslutning. Sein høstfrost knyttet til modningsproblemer kan komme til å øke.

Fordi høyere vintertemperatur vil redusere herdigheten og føre til tidligere vekststart på våren kan vi vente en økning i vinter- og vårfrostskader. Det kan ventes avherding av trærne i mildværsperioder og frostskader i påfølgende kuldeperioder. Slike fryse-tinesekvenser og langvarige mildværsperioder kan redusere herdigheten i flere uker. Brå opptining kan også i seg selv gi skader som en følge av uttørking.

10.3 GENETISK TILPASNING TIL ENDRET KLIMA

Skogtrærne er tilpasset klimaet over meget lang tid gjennom naturlig innvandring og tilpasning til stedlige klimatiske forhold og andre faktorer som påvirker skogens sunnhet og vekst. Skogtrærne er av de organismer som viser størst genetisk variasjon, og en rekke faktorer bidrar. De viktigste er artenes historie (små isolerte populasjoner i refugier under gjentatte istider, innvandringshistorien etter istida), naturlig seleksjon, mutasjoner, formeringsmåte (vind- eller insektbestøvning, grad av selvbestøvning), genspredning med pollen og frø, menneskelig påvirkning og fenotypisk plastisitet. Den siste faktoren uttrykker det enkelte individs fysiologiske evne til å tilpasse seg variasjoner i vekstvilkårene (Skrøppa & al 2015).

Det er store forskjeller på treslag i evne til å tåle flytting. Noen treslag er «plastiske» og kan flyttes over betydelige avstander uten at det inntreffer kalamiteter. Gran er et godt eksempel. Furua, derimot, er lite

plastisk og derfor utsatt ved proveniensforflytning. Svenske forsøk viser imidlertid at furua er mer plastisk enn tidligere antatt.

Trærnes naturlige tilpasning blir påvirket av klimaet. Grana, som er det viktigste økonomiske treslaget i Norge, har vist seg å ha en meget fleksibel tilpasning til endret temperatur. Kunnskapen om epigenetikken forteller oss at gran og har effektive tilpasningsmekanismer der frøets egenskaper i tillegg til å være styrt av foreldrenes gener, også påvirkes av vekstforholdene på det stedet morplanten vokser. I dette ligger en innebygd kapasitet hos gran til tilpasning til endret klima.

Planteforedling for økt vekst kan bidra til økt tilvekst og dermed vesentlig økning av CO_2 opptak og oppbygging av skogens karbonlager. Effekten av vellykket foredling av skogplanter kan gi gevinster på flere millioner tonn økt lagring av karbon, gitt at skogene skjøttes riktig og at plantematerialet som brukes er godt tilpasset både direkte klimapåvirkninger og indirekte effekter av klimaendringene.

De fysiologiske mekanismene som styrer planteveksten er godt kjent. I tempererte og nordlige skoger, hvor det er frost i deler av året, er plantene tilpasset slik at veksten avsluttes i god tid før frosten kommer og ikke starter igjen før etter at faren for frost om våren er liten. Trærnes vekstrytme er derfor meget viktig. For tidlig knoppskyting eller for sen knoppsetning kan føre til store frostskader.

Foredling for økt resistens er generelt mindre aktuelt for bartrær enn for lauvtrær. (pers. medd. Tor Myking). Det er kun gran det drives foredlingsarbeid på i Norge i dag.

10.4 BIOTISKE UTFORDRINGER I ENDRET KLIMA

10.4.1 Skoghelse

De viktigste truslene for skogens helse og vitalitet i Norge er større skader forårsaket av naturlig forekommende skadegjørere som sopper, insekter, hjortevilt, gnagere og fremmede (nye) organismer som ved endret klima kan etablere levedyktige populasjoner i Norge. Eksisterende arter kan få gunstigere betingelser og medføre mer alvorlige skader. Insekter som kan føre til vesentlig økt skade omfatter arter som allerede er tilstede og gjør skade i Norge i dag, men som ved økt temperatur kan passere en terskel som gir to, i stedet for som nå, en generasjon pr år. Andre innsekter finnes i Norge i dag uten å gjøre alvorlig skade, men er alvorlige skadegjørere i naboland i sør, disse kan ved økt temperatur utvikle mer livskraftige og skadegjørende bestander. Det er også en rekke arter som normalt vil bruke tid på sin migrasjon da egnede habitater må utvikles i Norge før skadevoldende populasjoner kan utvikles. Den siste gruppen er skadegjørere som ikke finnes i Norge i dag, men som kan komme med import av trevirke og som ved varmere klima raskt kan finne fotfeste i norsk natur. Se ellers omtale i vedlagt fagnotat (Aamlid, et al. 2016).

Hyppigere/kraftigere vindfellinger kan gi mer vindfall (ynglesubstrat for barkbiller) og mer skader på stående skog. Større temperatursvingninger og frost/tine-sykluser kan gi økt plantestress som fremmer

sykdomsorganismer (*Gremeniella*). Økt temperatur og endrete nedbørsmønstre kan gi trærne økt tørkestress og gi bedre forhold for skadeinsekter og soppsykdommer, direkte tørkeskader, og samspillseffekter mellom tørkestress og skadegjørere. Vi kan få økte problemer med frosttørke på grunn av høye temperaturer på senvinter og tidlig vår mens bakken er frosset. Vedvarende vind kan forsterke problemene (jfr. vinteren 2014).

Nordlig skog er det aller største natursystemet på Jorden. I perioden 2002-2009 dokumenterte forskningsprosjektet «Climate warming and insect outbreaks in sub-arctic birch forest» at omlag 10 000 kvadratkilometer av bjørkeskogbeltet i Nord-Norge, Nord-Sverige og Nord-Finland ble alvorlig rammet av bjørkemålerangrep. I Nord-Norge og i fjellområder i Sør- Norge har det også de siste årene vært kraftige, årvisse angrep av bjørkemåler. Skadene tilskrives både klimaendringer og at nye arter av bjørkemålere (*Epirrita spp)* har fått større og skadevoldende bestander de senere årene.

I vedlagt fagnotat er de aktuelle skadegjørere i skogbruket omtalt mer i detalj. I vedlegget er det gjort en systematisk gruppering ut fra to dimensjoner. Den ene dimensjonen knytter seg til i*nndeling av skadegjørere i* fire kategorier organismer, eksempelvis av insekter og skadesopper, som kan skape økte problemer for skogbruket ved en endring i klimaet og bli såkalte klimavinnere.

1. Arter som gjør betydelig skade i Norge i dag, og som kan gi enda verre skader i framtiden. Disse kan vi kalle **«verstingene»**.

2. Arter som finnes i Norge i dag uten å gjøre betydelig skade, men som er alvorlige skadeinsekter andre steder i Europa. Disse kan vi kalle **«ulv i fåreklær»**.

3. Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som er alvorlige skadeinsekter lenger syd i Europa. Disse kan vi kalle **«de tålmodige»**, siden det kan ta lang tid før disse artene vil skape problemer i Norge etter som deres habitater først må forflytte seg nordover.

4. Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som kan komme hit som blindpassasjerer med tømmerimport og annen handel og trives i et varmere klima. Disse kan vi kalle **«jokerne»**, siden vi ikke nødvendigvis kan forutse hvilke arter dette vil være.

Denne systematikken er godt egnet for å kunne forstå og responderer på risiko, men også som grunnlag for å prioritere kunnskapsutvikling, overvåkingstiltak og regelverksutvikling. Det er graden av risiko, dvs. produktet av sannsynlighet og konsekvens som avgjør risiko og danner grunnlag for prioriteringer.

Verstingene er eksempel på arter som gjør betydelig skade i Norge i dag, og som kan gi enda verre skader i framtiden. Granbarkbillen er en slik art. Angrep fra granbarkbillen førte til store skader og betydelige kostnader i årene 1976-82. Tidlig på 1980-tallet var ca. 50 % av årlig avvikling i Norge billeskadd tømmer. Granbarkbillens mulighet til reproduksjon styres i stor grad av temperatur. Innsektene i denne kategorien finnes allerede i Norge og kan reagere svært raskt på endringer i klimaet. Men responsen behøver ikke være gradvis - det kan også være at insektene først reagerer når klimaendringene har passert en viss grense. I så tilfelle vil vi kunne oppleve plutselige endringer – såkalte ikke-lineære endringer. Et aktuelt

eksempel er generasjonstiden til granbarkbillen. Så lenge varmesummen om sommeren er under en bestemt grense vil granbarkbillen bare kunne fullføre en generasjon per år. Dette skyldes at kun voksne barkbiller er i stand til å overleve vinteren, mens larver og pupper fryser i hjel. En påbegynt, men ikke fullført andre generasjon, er dermed et rent tapsprosjekt for billene. Men når sommerens varmesum passerer en viss grense, vil billene kunne gjennomføre to generasjoner per sommer. Dette kan få store konsekvenser for skogen siden vi da vil få to perioder per sommer der billene kan angripe levende trær.

Klimaendringene fører til at vi kan få nye verstinger (kategori 2, 3 og 4 ovenfor). Hvilke arter dette gjelder er det gitt oversikt over i vedlagte fagnotat.

Det er også gjort en kategorisering ut fra hvordan klimaet og klimaendringer påvirker skadegjørerne

- **Direkte effekter. E**ffekter av endring i klimaparametere som påvirker organismene direkte, f.eks. gjennom endret utviklingshastighet, endret vinteroverlevelse, endret fenologi. Det vil ofte være forholdsvis enkelt å modellere de direkte effektene dersom en har grunnleggende kjennskap til skadeorganismenes temperaturkrav. Forventede direkte effekter kan være raskere utviklingshastighet for skadeinsekter, endret *voltinisme* for skadeinsekter (overgang fra en til flere generasjoner per år, overgang fra 2-årig til 1-årig livssyklus), økt utbredelsesområde mot nord og oppover i høyden for skadeinsekter og sykdomsorganismer, større utbruddsområde (det området der organismen er så tallrik at den forårsaker betydelige skader) for skadeinsekter og sykdomsorganismer, økt forekomst av fremmede invaderende arter (fordi klimaet blir levelig for flere arter).
- **Indirekte effekter. E**ffekter som påvirker organismene indirekte gjennom samspillet med deres naturlige fiender, konkurrenter, og vertsplanter. Det er ofte vanskelig å modellere de indirekte effektene fordi de omfatter kompliserte biologiske samspill med andre organismer. Forventede indirekte effekter kan være økt stressnivå for vertsplantene som gir hyppigere eller mer omfattende skader, fenologisk «mismatch» mellom skadegjørere og vertsplanter eller naturlige fiender kan gi bedre forhold for skadegjørerne (men kan også gi dårligere forhold).
- **Ikke-lineære effekter**. Effektene og endringene vil ikke nødvendigvis være lineære – endringer i f.eks. antall generasjoner per år vil først finne sted når temperaturen har økt tilstrekkelig til at organismen kan gjennomføre en ny generasjon innenfor vekstsesongen. Dette vil skje brått når temperaturen har kommet over den nødvendige terskelen.

Klimaendringer påvirker også interaksjonen mellom vertstre og skadegjører, gjennom påvirkning på trærnes forsvarsmekanisme og livssyklus hos innsekter og sopper. Risiko for angrep påvirkes også gjennom skogskjøtselen. En skog som består av ulike treslag ulike aldre er ofte mindre utsatt for omfattende angrep av artsspesifikke skadegjørere enn en monokultur, og biologisk mangfold kan generelt minske risiko for insektutbrudd i produksjonsskog gjennom forekomst av naturlige fiender. Samspillet i den skjøttede skogen kan romme artsmangfold samtidig som artene i sin tur medvirker til å øke produksjonsskogens resiliens.

[Skriv inn tekst]

Del III

Arbeidsgruppas vurderinger og forslag

11 OVERORDNEDE PRINSIPPER OG VURDERINGER

Arbeidsgruppas mandat er å vurdere norsk klimapolitikk på landbruksområdet opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanels sin 5. hovedrapport. Klimapanelet publiserte de ulike delene av den femte hovedrapporten (AR5) i 2013 og 2014, jf. omtale i kapittel 3. Sammenlignet med tidligere rapporter er AR5 mer entydig og sikker i konklusjonene om at klimaet er i endring og at konsekvensene av klimaendringene allerede er observert. Uten nye tiltak kan global gjennomsnittstemperatur øke mer enn fire grader i 2100 i forhold til førindustriell tid. Klimakonvensjonens formålsparagraf slår fast at utslippsreduksjoner skal skje uten at matproduksjonen trues. Bare en rask og sterk nedgang i utslippene kan begrense oppvarmingen til under to grader. Klimapanelets hovedkonklusjoner danner bakteppet for denne rapporten.

Klimapanelet sier at risikoen for klimaendringer kan reduseres. Tilpasning og utslippsreduksjoner må skje samtidig. Utslippene må kuttes mye og raskt for å begrense framtidige klimaendringer til et nivå vi evner å tilpasse oss til. Det å finne en god balanse mellom tiltak som reduserer skadevirkningene av de kortlevde og de langlevde klimagassene vil bli viktig for all aktivitet inklusive landbruk i årene som kommer.

Arbeidsgruppens vurdering er at norsk klimapolitikk for landbrukssektoren på overordnet nivåfanger opp viktige utfordringer som følger av Klimapanelets 5. hovedrapport. Ved å følge opp anbefalinger i denne rapporten vil landbruket bli bedre tilpasningen til klimaendringer og bidra mer til å oppfylle regjeringens klimamål.

Jord- og skogbrukets oppgave er å produsere mat, biomasse og produkter som dekker samfunnets behov, med minst mulig klimabelastning. Verden står overfor store utfordringer der jord- og skogbruket både må produsere mer og samtidig utvikle mer bærekraftige produksjonssystemer (bærekraftig intensivering). Klimapanelet legger vekt på at tiltak for å hindre klimaendringer ikke må gå på bekostning av matproduksjon og matsikkerhet.

Klimaendringene stiller verdens landbruk overfor to hovedutfordringer:

- Å motvirke klimaendringene gjennom utslippsreduksjon, økt CO_2-opptak og karbonlagring
- Å mestre produksjon under endret klima ved tilpasning til klimaendringer

Begge utfordringer må håndteres samtidig. Klimaendringene vil fortsette utover i dette århundret og tilpasningsbehovene vil øke. Det er usikkert om tilstrekkelige tiltak blir iverksatt i tide slik at togradersmålet kan oppnås (eller det ønskelige 1,5 gradersmålet). Det er også usikkert i hvor stor grad tilpasning kan kompensere for de belastninger klimaendringene vil påføre landbruksproduksjonen, både globalt og nasjonalt. Arbeidsgruppas utgangspunkt er derfor at det er betydelig risiko knyttet til de effekter utslipp av klimagasser påfører både klimasystemet, verdens landbruksproduksjon og dermed også matsikkerheten.

En kraftig økt landbruksproduksjon har bidratt til at det i dag kan leve mer enn sju milliarder mennesker på kloden. Dette er oppnådd ved å ta i bruk større arealer og ved økt arealproduktivitet, men store arealer er gått ut av bruk og arealproduktiviteten har stagnert eller avlingene har blitt mer usikre i mange land senere tiår.

Fortsatt befolkningsøkning og økt kjøpekraft gir ifølge FAO behov for å øke matproduksjonen med 60 prosent innen 2050. FNs siste oppdatering anslår en økning fra 7,3 milliarder mennesker i dag til mellom 10 og 12,4 milliarder i 2100 (FAO 2015). Mat fra jordbruket dekker om lag 95 prosent av verdens matkonsum.

Menneskelig aktivitet er imidlertid i ferd med å skape alvorlige forstyrrelser i planetens artsmangfold og dyrebestander, biologisk-kjemiske sykluser, skoger, hav og klima. Det kan føre til fallende matproduksjon, ikke minst koblet til økende problem med tørke og annet ekstremvær i deler av verden.

Landbruket er både direkte og indirekte påvirket av værforholdene og dermed særlig utsatt for effektene av klimaendringer. Hvis ikke klimaendringene begrenses, vil jordbrukets evne til å produsere mat kunne bli redusert.

Landbrukets hovedutfordringer i møtet med klimaendringene kan i lys av dette oppsummeres i følgende 6 punkter:

1. Bidra til matsikkerhet ved å produsere mer, nok og riktig mat
2. Motvirke klimaendringer ved å redusere klimagassutslipp
3. Motvirke klimaendringer ved å øke karbonlagringen
4. Levere fornybare alternativer som substituerer fossil energi og klimabelastende materialer
5. Mestre mer krevende produksjonsforhold som følge av klimaendringene
6. Ivareta miljøverdier og økosystemtjenester

Sektorovergripende økonomiske virkemidler som avgifter og kvoter er sentralt i norsk klimapolitikk. Over 80 prosent av de norske klimagassutslippene er omfattet av det felles europeiske kvotesystemet, utslippsavgifter, eller begge deler. I tillegg til kvoter og avgifter brukes direkte reguleringer, standarder, avtaler og subsidier til utslippsreduserende tiltak.

Landbruket er i en særstilling sammenliknet med andre deler av norsk økonomi, ettersom det finnes svært få virkemidler eller tiltak som kun er innrettet med sikte på å redusere utslipp av klimagasser. Samtidig viser denne rapporten et betydelig potensial for utslippskutt, muligens 10- 20 prosent utslippsreduksjon fra i dag og fram til 2030. Det må vurderes nærmere om potensialet vil bli realisert gjennom dagens politikk, eller om det er behov for å vurdere nye tiltak og virkemidler for å realisere potensialet. Klimahensynet bør derfor tillegges større vekt i utviklingen av jordbrukspolitikken, slik at også jordbruket i større grad kan bidra til å oppfylle Norges klimamål.

Framtidas klimaavtrykk fra norsk matproduksjon er i stor grad bestemt av framtidas kosthold. Produksjon av ost, melk, sau og storfekjøtt, medfører betydelige utslipp av klimagasser. Det finnes også mange alternative matvarer med et mye lavere klimaavtrykk, for eksempel de fleste typer frukt, korn og grønnsaker. Også fisk og lyst kjøtt fra kylling eller svin medfører lave utslipp. Heldigvis er et mer klimavennlig kosthold for de fleste også et sunnere kosthold.

11.1 TOGRADERSMÅLET, UTSLIPPSMÅL OG LANDBRUK

Jordbruket har redusert utslippene betydelig siden 1990. En viktig årsak til dette er kraftig nedgang i antall storfe. Samtidig har økt import ført til at deler av utslippene som følger av norsk matkonsum fremkommer i produksjonslandets utslippsregnskap. Dersom utslippsreduksjonen i Norge skyldes at redusert norsk

produksjon erstattes av importvarer, er det sannsynlig at denne har blitt oppveid av utslippsøkninger i andre land (karbonlekkasje). Etter Paris-avtalen har alle land sluttet seg til mål og felles rammeverk for å redusere utslipp av klimagasser. Det er eksportlandets ansvar å redusere utslipp fra egen produksjon. Men en politikk som legger til rette for reduserte utslipp av klimagasser fra norsk matproduksjon, må også omfatte hensynet til å begrense forbruk av matvarer med tilsvarende høyt klimaavtrykk. Se nærmere omtale om karbonlekkasje i 11.4.

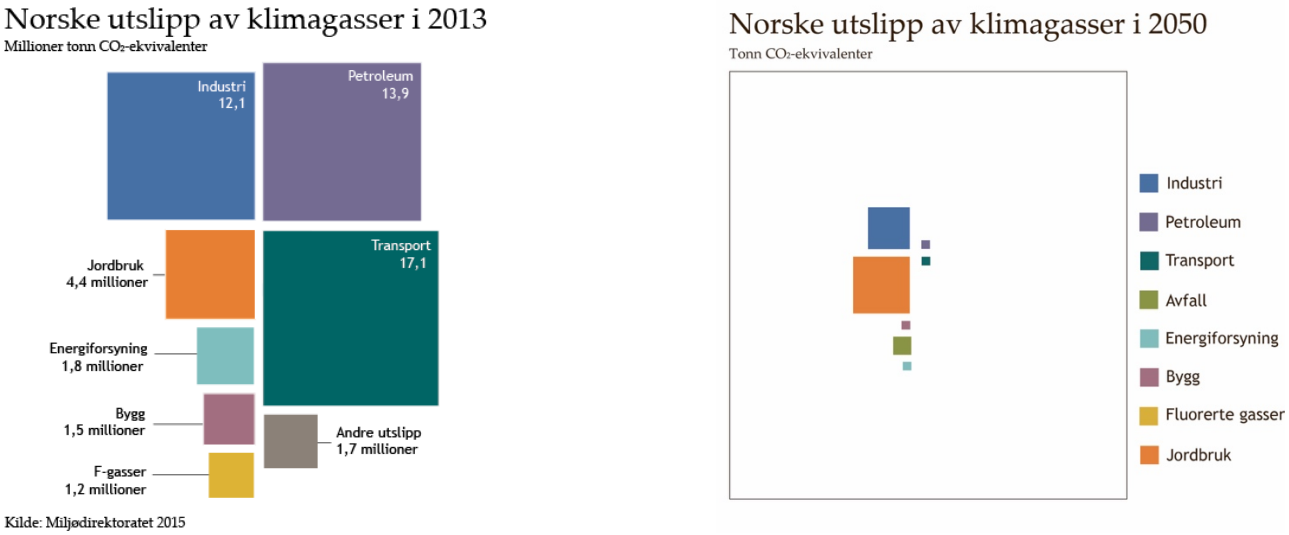
Bruken av tall fra utslippsregnskapet i resultatmåling og målstyring må bygge på forståelse av forskjeller i de prosesser som skaper utslipp innen ulike sektorer og fra ulike kilder. Utslipp fra arealer og biologiske prosesser er komplisert, og mer krevende å måle enn de fleste andre klimagassutslipp, jf. omtale i kapittel 7.

Utslipp fra biologiske prosesser kan reduseres, blant annet ved riktig fôring av drøvtyggere. Samtidig er det ikke mulig helt å unngå klimagassutslipp i noen former for matproduksjon.

I jordbruket er resultatmåling oftest basert på antall husdyr eller mengde gjødsel. Oppnåelse av miljømål i jordbruket rapporteres ofte gjennom aktiviteter, som antall dyr på beite, antall dekar med miljøvennlig gjødselspredning. Med aktivitets- eller mengdebaserte rapporteringsmetoder avdekkes forskjeller mellom driftssystemer, jf. kapittel 7. Tallene i utslippsregnskapet er en aggregering av data fra produksjonen, som ikke gir informasjon om utslipp fra enkeltgårder eller driftsmetoder. Uavhengig av muligheter for å redusere utslippene ved å redusere volum, er det et potensial for å tilpasse gårdsdriften for å redusere utslippene.

Metodikken fører til en tilnærming til utslippsreduksjoner i jordbruket der volumet i produksjonen blir uttrykk for problemets omfang. Gitt målene for økt matproduksjon i Norge, er det vel så viktig å se på forbedringstiltak i produksjonssystemene, jf. omtale i kapitlene 7 og 12. Det er derfor store behov for å utvikle gode verktøy og metoder som kan gi bedrede utslippsdata som grunnlag for rådgivning og tiltak for utslippsreduksjoner på enkeltbruk.

Miljødirektoratets analyse av kunnskapsgrunnlaget for en lavutslippsutvikling (Miljødirektoratet, 2015) viser at jordbruket kan redusere sine klimagassutslipp, men muligheten er begrenset i forhold til andre sektorer siden utslippene er uløselig knyttet til matproduksjon. Figur 46 viser sektorvise klimagassutslipp i 2013 og for et lavutslippssamfunn i 2050. Dersom klimagassutslipp skal reduseres fra 10,5 til 1 tonn CO_2-ekvivalenter per person i et lavutslippssamfunn, tilsier det at utslipp fra jordbruket er den sektoren som gjenstår med høyest utslipp i 2050, selv etter å ha innført klimatiltak som reduserer utslippene i forhold til referansebanen. Det er da forutsatt en befolkningsøkning til 6,7 millioner i 2050 og at matproduksjonen øker i takt med befolkningen. Vi må nå et nullutslippssamfunn når det gjelder fossile CO_2 utslipp, men et nullutslippssamfunn er verken oppnåelig, eller nødvendig for metan og lystgass i forhold til togradersmålet (Figur 7, Kapittel 3.2).



Figur 46. Utslipp av klimagasser fra sektorer i Norge i 2013 og hvordan det kan se ut i et lavutslippssamfunn dersom det er innført tiltak i alle sektorer. Utslippene per person i 10,5 tonn per person i 2013 og illustrert med 1 tonn i 2050. *Miljødirektoratet (2014).*

Arbeidsgruppa vil påpeke at det kan oppstå risiko for at utviklingen går i feil retning, jf. de 6 utfordringene angitt ovenfor, dersom landbrukssektoren stilles overfor virkemidler som ikke fanger opp de særskilte utfordringer som knytter seg til utslippsreduksjoner fra biologiske prosesser. De biologiske prosessene i landbruket kan ikke erstattes på samme måte som prosesser basert på ikke-fornybare råstoffer og fossilbaserte produksjonssystemer. I utviklingen av virkemidler for landbrukssektoren må disse problemstillingene vektlegges.

11.2 NORSK LANDBRUK I EN GLOBAL SAMMENHENG

Norsk landbruk vil være utsatt for negative påvirkninger når klimaet endres. Rammen for denne utredningen er det nasjonale perspektivet. Det er likevel nødvendig å se norsk mat- og landbruksproduksjon i sammenheng med globale utfordringene. Klimapanelet, FAO og andre fagmiljøer peker på at landbruket i andre deler av verden er vesentlig mer utsatt. («All aspects of food security are potentially affected by climate change, including food production, access, use, and price stability.”) Politikk og virkemidler for norsk landbruk i møte med klimaendringene må derfor utvikles i lys av disse globale perspektivene.

FAO begrunner behovet for økt matproduksjon med kombinasjonen av befolkningsøkning og framtidig økt kjøpekraft både i dagens fremvoksende økonomier og i de fattige landene. BNP per capita forventes ifølge OECD å utjevnes stadig mer fram mot 2050 og absolutt fattigdom antas da kun å eksistere i deler av Sub-Sahara og India (OECD 2012). Eksempelvis legger OECD til grunn antakelser om at BNP per capita i Kina og Russland i 2050 vil være om lag halvparten av de ledende økonomiene i verden. Dette tilsvarer det inntektsnivå som USA hadde i 2011. Afrikas befolkning ventes å øke mest med 129 prosent fram til 2050 (OECD 2012).

FAKTABOKS: Matsikkerhet og selvforsyning

Matsikkerhet

Matsikkerhet dreier seg om at alle skal ha tilgang til nok og trygg mat. Befolkningsvekst, klimaendringer, press på naturressurser og stigende råvarepriser de siste årene har løftet matsikkerhet opp på dagsorden, både i Norge og internasjonalt.

FN definerer matsikkerhet slik: «Matsikkerhet eksisterer når alle mennesker til enhver tid har fysisk og økonomisk tilgang til nok og trygg mat for et fullgodt kosthold, som møter ernæringsmessige behov og preferanser, og som danner grunnlag for et aktivt liv med god helse.»

Selvforsyning

Ut fra et beredskapshensyn bør et samfunn produsere så mye som mulig av maten innbyggerne i landet selv trenger. I krigs- eller krisetider er stabil matforsyning spesielt viktig, og selvforsyning er en vesentlig faktor for matsikkerheten. For at selvforsyningsgraden skal opprettholdes må den landbaserte matproduksjonen øke i takt med etterspørselen til en økende befolkning.

Norge er i stor grad selvforsynt med husdyrprodukter, mens selvforsyningsgraden er klart lavere og synkende for planteprodukter. Mellom 2005 og 2014 sank selvforsyningsgraden for jordbruksprodukter, regnet på energibasis, fra 52 til 46 prosent. Når det gjelder fisk er Norge stor netto eksportør. Vi produserer med andre ord vesentlig mer fisk enn det som etterspørres i Norge. Selvforsyningsgraden beskriver hvor mye av energien vi spiser som er produsert i Norge. Den varierer fra år til år, blant annet avhengig av været.9 Regnet på proteinbasis var selvforsyningsgraden i 2014 på 68 prosent. Norsk jordbruk produserer med andre ord vesentlig mer av protein- enn av energitilførselen, pga. stor produksjon av husdyrprodukter.

Internasjonal matsikkerhet

Utrydde sult, oppnå matsikkerhet og bedre ernæring, og fremme bærekraftig landbruk er blant FNs nye bærekraftsmål som ble vedtatt i august 2015. Nær 800 millioner mennesker er rammet av sult, mens nesten 2 milliarder opplever manglende matsikkerhet i perioder. Barn er spesielt sårbare. Nesten halvparten av alle barnedødsfall skjer på grunn av feil- og underernæring.10

FNs klimapanel påpeker at klimaendringene er forventet å svekke matsikkerheten. Produksjonen av hvete, ris og mais kan bli påvirket i deler av verden som fra før har store utfordringer med matsikkerhet, blant annet i deler av Afrika og Asia.11 For landbrukets del vil for eksempel en svekket kornproduksjon ha både lokale og globale konsekvenser. Det vil være mindre tilgang til mat der korn dyrkes, og prisene

9 https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/mat/innsikt/matsikkerhet/id2357158/
10 Matvaresikkerhet / FN-sambandet
11 FNs klimapanels synteserapport på norsk

vil øke over hele verden. Også fiskeri og akvakultur spiller en viktig rolle i arbeidet med global matsikkerhet.

Blant annet gjennom utenriksdepartementet og FNs organisasjon for ernæring og landbruk (FAO) engasjerer Norge seg også for å øke matsikkerheten globalt. Det norske bidraget er særlig knyttet til utvikling av et mer klimarobust landbruk i utviklingsland.[12]

Skogsstyrelsen (2015) i Sverige har nylig publisert en analyse av global etterspørsel etter trevirke fram mot 2050. De viktigste drivkreftene som påvirker etterspørselen er den globale økonomiske utvikling, arealbruk og produktivitetsutviklingen og endringer i anvendelsen av råvarene. Analysene konkluderer med at økt levestandard for en stor del av verdens befolkning, og fortsatt befolkningsvekst, økte miljøhensyn og økte behov for mat, vann, fornybare materialer og fornybar energi, vil kunne føre til betydelig økt global etterspørsel etter trevirke. Analysen peker også på at kombinasjonen av økt behov for produksjon av både mat og biomasse, vil øke konkurransen om arealene og at økt arealproduktivitet dermed synes å være en forutsetning for å dekke behovene. Resultatene av denne analysen er relevante for vurdering av markedsutvikling og behov for råstoffer fra norsk skogbruk.

Disse globale analysene indikerer at behovene for vesentlig økt mat- og trevirkeproduksjon må dekkes samtidig som klimaet endres. Også andre faktorer kan true den globale mat- og landbruksproduksjonskapasiteten. Ett eksempel på det er økende forringelse av jordsmonnet der 40 prosent av matproduksjonsarealene til dels er betydelig forringet. Produksjonspotensialet svekkes også ved betydelig avgang av arealer, tap av jordsmonn ved erosjon og overutnytting av ferskvannsressursene.

Norsk økonomi tilsier at Norge vil tåle betydelige prisendringer i verdens matmarkeder. Det kan på noe sikt likevel ikke utelukkes at forutsetningene for Norges import av mat og forvarer vil kunne endres vesentlig, både når det gjelder tilgang og priser. Det kan heller ikke utelukkes at endringer i verdens matvaremarkeder, både kan gi nye begrunnelser for høy produksjon i Norge, og i tillegg gi grunnlag for noe mer eksport fra norsk landbruk. Klimaendringene gir derfor flere sterke grunner for, i et langsiktig perspektiv, å sikre høy innenlands kapasitet til produksjon av mat, trevirke og annen biomasse. Dette er nødvendig for å redusere risiko knyttet til endringer i globale markeder som kan følge av befolkningsøkningen, økende ressursknapphet og klimaendringer i kombinasjon. Gitt en vanskeligere global matforsyningssituasjon, må det også tas med i utviklingen av norsk landbrukspolitikk at de land som under endret klima kan tilpasse sitt landbruk og opprettholde eller øke produksjonen, ikke bare har ansvar for matsikkerheten til egen befolkning, men også et etisk ansvar for å bidra til verdens matsikkerhet. Dette ikke minst fordi det generelt er slik at klimaendringene rammer sterkest i fattige land med langt mindre tilpasningskapasitet enn Norge.

Norsk landbrukspolitikk har ambisiøse mål for utviklingen i matproduksjonen, som i stor grad fanger opp disse utfordringene. I Meld. St. 9 (2011-2012) står følgende: «All matproduksjon fører til utslipp av

12 https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/matsikkerhet-i-et-klimaperspektiv-/id726999/

klimagasser. Verdens matproduksjon må økes betydelig i årene som kommer, samtidig som de totale klimagassutslippene må reduseres. Landbruks- og matsektoren må ta sin del av ansvaret for å redusere klimagassutslippene. Befolkningsvekst og økt etterspørsel etter mat gjør at behovet for reduksjon av klimagassutslipp fra matsektoren vil komme i konflikt med behovet for økt matproduksjon. Sektorens klimagassreduksjoner må primært skje ved reduserte utslipp per produsert enhet og ved endret sammensetning av forbruk.»

Skogressursene i Norge skal utnyttes bedre både for økt verdiskaping, for å utnytte skogens potensial for å motvirke klimaendringer og som råstoffgrunnlag for bioøkonomien. Landbruket har også en viktig regionalpolitisk funksjon ved å utnytte ressursgrunnlaget og sikre sysselsetting og bosetting i alle deler av landet. Klimapolitiske tiltak for landbruket, kan dersom de i vesentlig grad bidrar til å endre volum av de største produksjonene (husdyr og melk) ha stor betydning for landbrukets struktur og regionale produksjonsfordeling. Lokalisering av storfeproduksjon til distriktene er grunnfjellet i kanaliseringspolitikken. Ved utvikling av klimapolitiske virkemidler for endringer i disse produksjonene, må konsekvenser for jordbruksproduksjonen lokalisering inngå i konsekvensvurderingene.

Tall for utslipp viser at importerte matvarer kan ha lavere eller høyere utslipp per enhet enn norsk produksjon, jf. kapittel 7.4.1. Det meste av matimporten til Norge kommer fra EU-land. Innenfor OECD-landene er forskjellene små, men det er ellers dokumentert stor variasjon i klimaavtrykket mellom produksjon i ulike verdensdeler og land fordi produksjonsformer og effektivitet varierer mye (Gerber, Dijkman og Falcucci 2013).

En slik global tenkning om produksjonsfordeling ut fra naturgitte forhold, vi imidlertid kunne slå negativt ut i det norske utslippsregnskapet. Utslippsregnskapet kan bedres dersom en større del av den norske produksjonen består av planteprodukter for direkte konsum, forutsatt at kjøttforbruket reduseres.

11.3 TILPASNING FOR ØKT PRODUKSJON OG REDUSERT RISIKO

Risiko er en funksjon av sannsynlighet for at en hendelse skal inntreffe og konsekvensen dersom det skjer. Selv om det er lite sannsynlig at en hendelse inntreffer, men konsekvensen er alvorlig, defineres risikoen som høy. Risikoen vil også være høy dersom konsekvensen er mindre alvorlig, men sannsynligheten for at hendelsen inntreffer er høy.

Klimapanelet sier at det er meget stor sannsynlighet for at klimaet endres. Samtidig er det betydelig usikkerhet knyttet til både klimamodeller, utslippsscenarier, naturlige variasjoner og klimamodeller. Det er usikkert om målet om å begrense temperaturøkningen til 2 grader vil nås selv om det også er flere positive tegn på en utvikling i riktig retning, jf. blant annet at mens utslippene i perioden 2000–2013 økte med 2,4–3,2 prosent hvert år, var veksten i utslipp av drivhusgasser på bare 0,6 prosent i 2014.

Meld. St. 33 (2012–2013) Klimatilpasning i Norge, la til grunn at for å være føre var, skal det i arbeidet med klimatilpasning legges til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimaframskrivningene når konsekvensene av klimaendringene vurderes. Dette er uttrykk for at betydelig usikkerhet må tas i betraktning, og at risikovurderinger også må stå sentralt i vurdering av landbruket i møtet med klimaendringene.

Klimapanelet beskriver klimautviklingen i global skala, og i ulike regioner. Nedskalerte klimaframskrivninger for Norge bygger på dette datagrunnlaget. Klimapanelet sier også at det er sannsynlig at temperaturen på høye breddegrader, som i Norge, vil øke mer enn global gjennomsnittstemperatur. Men det er større usikkerhet om hvordan dette vil slå mellom årstider og landsdeler.

Matproduksjon og matsikkerhet er en absolutt og grunnleggende forutsetning for bærekraftig utvikling og menneskenes framtid. Når matsikkerheten trues representerer det en meget alvorlig konsekvens. Klimapanelet påpeker at klimaendringene vil redusere jordbrukets produksjonskapasitet og at dette særlig kan utfordre matsikkerheten i folkerike deler av verden. Risikoen for alvorlige forstyrrelser i verdens matproduksjon på noe sikt vurderes derfor som høy. Håndtering av usikkerhet og risiko blir derfor vesentlig for landbruket. Konsekvensen bør være at tiltak for å redusere jordbrukets sårbarhet og øke produksjonssystemenes resiliens, prioriteres høyt. Dette har også relevans fordi trygg matforsyning er en vesentlig del av samfunnets helhetlige beredskapssystem. Norsk klima- og landbrukspolitikk må inkludere risikovurderinger knyttet til verdens framtidige matproduksjon.

Usikkerheten i kunnskapsgrunnlaget har også den konsekvens at det kan oppstå risiko for mistilpasning både av produksjonssystemer og i valg utslippsreduserende tiltak. Det kan være usikkert om tiltakene har ønsket effekt og tiltak kan stå i motstrid til hverandres formål. Det er også risiko for at tiltak kan være samfunns- eller bedriftsøkonomisk ulønnsomme. Risiko for ulønnsomme investering kan være knyttet til usikkerhet om tiltak blir iverksatt for tidlig eller for sent.

Det bør ikke aksepteres høy risiko knyttet til framtidig matsikkerhet og biomasseproduksjon. Tilpasningstiltak derfor må derfor prioriteres og iverksettes, og når det er relevant eller mulig, inkludere vurdering av konsekvenser dersom temperaturen globalt øker mer enn togradersmålet. Helhetlige risikoanalyser (dvs. som inkluderer alle kjente forhold og vurdering av usikkerhet der kunnskapsgrunnlaget er mangelfullt) må inngå i utvikling av klimapolitikk og tiltak for landbruket.

Risiko betyr at man står overfor en der man ikke med sikkerhet vet om det er tilgjengelige ressurser eller systemene er slik innrettet at en hendelse kan kontrolleres hendelse kan kontrolleres. Resiliens brukes om et systems evne til å gjenopprette en normaltilstand etter å ha vært utsatt for en kraftig og unormal ekstern påvirkning. Hvis systemet har høy resiliens, betyr det at systemet har høy evne til å gjenopprette normaltilstand etter en kraftig påvirkning.

Behovet for tilpasningstiltak må vurderes ut fra systemenes utsatthet og resiliens. Dernest er det viktig å forstå hvilke tilpasningstiltak som bidrar til at systemene får høyere resiliens eller blir mindre sårbare. Særlig viktig blir dette når man forholder seg til en situasjon med stor usikkerhet og hvor tiltakene i tillegg må være effektive også for endringer langt fram i tid, men hvor det må tas en konkret beslutning om iverksetting av tiltakene nå.

For landbrukssektoren vil slike vurderinger være ulike for henholdsvis jordbruk og skogbruk. Dette skyldes både produksjonssystemene og den grunnleggende forskjell på ettårige kulturplanter og skogtrær med 40-120 års omløpstid. Se mer om dette i kapittel 9 og 10.

I kapittel 5 er det anbefalt at tilpasningstiltak for de nærmeste tiår, bør ta utgangspunkt i historisk klima, dvs. siste 30 årsperiode 1985-2014. Rapporten «Klima i Norge 2100» viser at framskriving av klimaendringer utover i dette århundret, representerer en forsterkning av de utviklingsbaner som er observert i siste 30 årsperiode. Jordbruket og skogbruket har betydelig kunnskap om at klima- og værrelaterte påvirkninger både har gitt muligheter, men også forsterket eksisterende eller skapt nye problemer.

Usikkerhet om tempo og omfang av klimaendringene og konsekvenser av disse, innebærer usikkerhet. Dette kan føre til mistilpasning[13]. Eksempel på mistilpasning kan være at det gjøres feil beslutning med hensyn på når det er optimalt å iverksette et tilpasningstiltak. Det er risiko for feil ressursbruk og økonomisk tap dersom et tiltak iverksettes for tidlig. Da kan tiltaket være uten nytte inntil endring i tilstrekkelig omfang har skjedd, alternativt kan tiltaket vise seg å være uten effekt hvis den faktiske utviklingen ikke blir som forutsatt. Dette gjelder først og fremst tiltak som det er aktuelt å oppskalere i forhold til forventning om fremtidig økt behov for kapasitet. Risikoen vil i så tilfelle knytte seg til kostnaden ved økt dimensjonering for eksempel å ta unna mer vann. Slike problemstillinger må vurderes i forhold til anleggets forventede tekniske og økonomiske levetid.

Når et tiltak er nyttig under dagens klima, og de forholdene tiltaket retter seg mot vil bli forsterket i framtida, er det generelt lite sannsynlig at gjennomføring av tiltaket er en mistilpasning. Når det gjelder overvannshåndtering er ikke spørsmålet om det er lønnsomt å gjøre tiltaket i dag, men hvor mye man skal øke dimensjoneringen for også å kunne håndtere økte vannmengder og økte frekvens av ekstremvær. Men det kan også være slik at økt dimensjonering av tradisjonelle løsninger ikke er tilstrekkelig til å håndtere en ny situasjon. Da kan «mer av det samme» likevel bli uttrykk for mistilpasning.

Investeringens tekniske og økonomiske levetid må avveies mot omfang av endringer i klima og værforhold som kan ventes å inntreffe i anleggets levetid. Spørsmål om tidspunkt for tilpasningstiltak må inkluderes når det skjer endringer i regelverk eller økonomiske støtteordninger for landbruket.

Landbruket er utsatt for klimaendringer, men kan ved riktige tilpasningstiltak oppnå økt resiliens og redusert sårbarhet. Det er avgjørende for vellykket og kostnadseffektiv tilpasning av landbruksproduksjonene at tiltakene settes inn i rett tid. Tiltak bør i tillegg sjekkes ut slik at de er nøytrale eller bidrar positivt i forhold til karbonlagring eller utslippsreduksjoner.

Kunnskapsgrunnlaget tilsier behov får å gjøre en rekke tilpasninger for å redusere sårbarheten og øke landbrukets resiliens allerede under dagens klima og værvariasjoner, jf. kapittel 9 og 10. Samtidig må det sikres at alle tilpasningstiltak vurderes i forhold til potensiell mistilpasning.

---

13 Klimapanelets definisjon av mistilpasning: “In a general sense maladaptation refers to actions, or inaction that may lead to increased risk of adverse climate-related outcomes, increased vulnerability to climate change, or diminished welfare, now or in the future”.

Effekt på andre sektorer - landbruksarealer, flom og skred

I Norge disponeres over 90 prosent av landarealet til jordbruk, skogbruk eller andre former for utmarksutnyttelse. Byer og tettsteder er som følge av klimaendringer utsatt for skader på infrastruktur, bygninger og eiendomsverdier. NOU 2015: 16 «Overvann i byer og tettsteder» anslår at de årlige kostnader på grunn av overvann i byer og tettsteder er i størrelsesorden 1,6 til 3,6 mrd. kroner pr år. Byer og tettsteder er ofte omgitt av jord- og skogbruksområder og lokalisert ved vassdrag, elver og bekker der landbruket forvalter arealene. Både bruken av landbruksarealene og tiltak for å håndtere økte nedbørsmengder i landbruksområdene, vil ha betydning for hvordan særlig flommer ved ekstreme nedbørsepisoder kan påvirke byer og tettsteder nedstrøms.

Økt risiko for ras og skred er en dokumentert konsekvens av økt nedbør. Bebyggelse og infrastruktur kan som følge av klimaendringer bli mer utsatt for skade, herunder også økt risiko for skade på liv og helse. Landbrukssektorens arealbruk kan påvirke jordstabiliteten i brattlendte områder da skog eller permanent grasmark kan bidra til å redusere skredrisiko. Landbrukets arealbruk, herunder skogskjøtsel og utbygging og vedlikehold av veier og andre tekniske anlegg, bør derfor ta hensyn til konsekvenser i form av påvirkning av risiko for ras og skred.

11.4 JORDBRUKETS TILPASNING TIL ENDRET FORBRUK

Arbeidsgruppen skal vurdere om norsk jordbruk er rustet til å møte eventuelle endringer i forbrukernes etterspørsel etter mat produsert med et lavere klimaavtrykk.

Ettersom det er stor forskjell mellom utslippene knyttet til produksjon av ulike typer mat har kostholdet betydning og mange studier har vist at det er et betydelig potensiale for forbrukerne til å begrense karbonfotavtrykket ved å endre sammensetning av dietten.

Som vist i kapittel 7 kan det legges til grunn at utslippene per enhet er om lag de samme i OECD-området. Dette innebærer at det bare to veier til lavere klimaavtrykk av forbrukernes matkonsum. Det er enten å redusere utslippene per produsert enhet, eller å endre kostholdet. Med uendret kosthold vil endringer i produksjonsvolumene i jordbruket i Norge ha begrenset klimaeffekt globalt. Samtidig vil det norske jordbrukets markedsandeler på hjemmemarkedet reduseres, mens import og tilhørende utslipp i andre land kan øke.

FAKTABOKS: Karbonlekkasje

Betydelige forskjeller i bruk av klimapolitiske virkemidler mellom land kan påvirke virksomheters lokaliseringsbeslutninger. Endret lokalisering av produksjon kan skje ved fysisk flytting av virksomhet, eller ved at bedrifter i andre land overtar markedet når bedrifter i ett land reduserer produksjonen eller blir nedlagt.

Hvis et land eller en gruppe av land reduserer sine utslipp som følge av klimapolitikk, og dette fører til at utslippene i minst ett annet land uten tilsvarende klimapolitikk øker, har vi karbonlekkasje. Graden av karbonlekkasje vil blant annet avhenge av hvor mange land som har den samme stramme klimapolitikken.

Hvis mange land går sammen om en ambisiøs klimapolitikk, kan konkurranseutsatte virksomheter ha mulighet til å velte deler av den økte klimakostnaden over i sin salgspris. For små, åpne økonomier som den norske vil bedriftenes kostnader ved en ensidig klimapolitikk i liten grad kunne overveltes i salgsprisen. Dermed kan potensialet for karbonlekkasje øke. Tollvern som begrenser internasjonal konkurranse i et marked kan redusere risiko for karbonlekkasje.

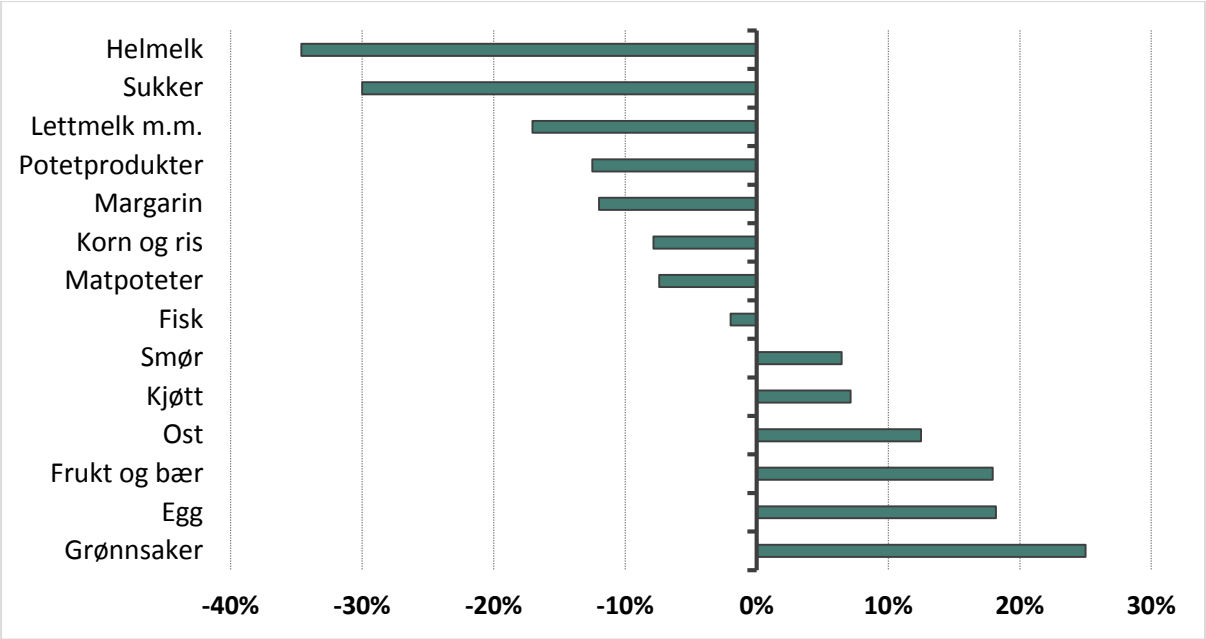
Den brede oppslutningen om ambisiøse mål og et felles globalt rammeverk i Paris-avtalen er et positivt utviklingstrekk som på sikt kan bidra til å redusere risiko for store skjevheter i virkemiddelbruk og vektlegging av klimapolitikk mellom landene.

Etterspørsel etter mat med lavere klimaavtrykk kan komme til uttrykk ved at forbruket gradvis dreier vekk fra matvarer som for eksempel fra okse- eller fårekjøtt. Ettersom det er betydelig import av rødt kjøtt til Norge, vil redusert etterspørsel i første omgang ramme importen. Et fall i forbruket av rødt kjøtt i størrelsesorden 5-10 pst vil ut fra dagens situasjon ha liten betydning for norsk jordbruk, fordi fallet kan kompenseres ved redusert import. Større endringer vil på sikt påvirke produksjonen i norsk jordbruk og

dermed bidra til å redusere norske utslipp av klimagasser. Det vil styrke Norges muligheter til å oppfylle Norges klimamål. Redusert produksjon av rødt kjøtt i Norge vil gi lavere norske utslipp, men dette vil samtidig kunne medføre økte utslipp i andre land gitt at det kompenseres med import. Om særnorske klimatiltak kun fører til redusert norsk markedsandel, økt import og tilhørende karbonlekkasje svekkes effekten av slike tiltak. Tollvernet rundt norske jordbruksprodukter begrenser utenlandsk konkurranse på det norske matmarkedet. Tollvernet rundt norske jordbruksprodukter begrenser utenlandsk konkurranse på det norske matmarkedet. Tollvernet kan gjøre det noe lettere å innføre særnorske tiltak i kjøttsektoren for å redusere utslipp i produksjonen uten at dette medfører tapte markedsandeler. Det vil imidlertid være politisk svært krevende å bruke tollvernet til å hindre import ved underskudd av kjøtt i det norske markedet. Landbruksdirektoratet kan sette ned tollen for en rekke landbruksvarer. For eksempel vil tollen, av hensyn til forbrukerne, bli satt ned i tilfeller med underdekning i det norske markedet. Dette har de siste årene vært tilfelle for storfekjøtt.

Det er store forskjeller mellom de ulike produktgruppene på hvor store markedsandeler jordbruket har på hjemmemarkedet. Markedsandelene er lave for planteprodukter til humankonsum, mens de gjennomgående er høye for husdyrproduktene, jf. Figur 18 i kapittel 7 som viser hjemmemarkedsandelene, regnet på energibasis for 2014. Dels skyldes dette naturgitte forhold. Norge er rikt på beiteressurser, men har mindre rik matjord i gode klimasoner. Innretningen av norsk landbrukspolitikk har også betydning. Forbruket avgjør produksjonsmulighetene i jordbruket og behovet for import av mat.

Det har skjedd relativt store endringer i kostholdet, bare de siste 10 årene, jf. figur 50. Eksempelvis har forbruket av kyllingkjøtt og grønnsaker økt til dels betydelig. Jordbruket har vært i kontinuerlig utvikling, og har hatt sterk produktivitetsvekst i lang tid. Forbruksendringer går normalt gradvis. Det gir jordbruket tid til å tilpasse seg endret etterspørsel. Nødvendigheten av tilpasning til etterspørselen kan illustreres med etterspørselssjokket i kyllingmarkedet, hvor etterspørselen falt med 20 prosent i 2015 etter oppmerksomheten om bruk av narasin. Produksjonen ble nødvendigvis redusert tilsvarende, men med betydelige konsekvenser for produsentene. På liknende måte vil matprodusentene også tilpasse seg til en eventuell økt etterspørsel etter mat med lavere klimaavtrykk.



Figur 47. Endring i forbruk per person fra 2004 til 2014. *Kilde: Helsedirektoratet.*

En eventuell reduksjon i forbruket av grasbaserte husdyrprodukter har størst potensial for å påvirke produksjonsvolumene i jordbruket, og også komme i konflikt med landbrukspolitiske målsettinger, bl.a. om økt produksjon og landbruk over hele landet. Imidlertid har Norge i lang tid hatt underdekning med norsk storfekjøtt, noe som betyr at forbruket kan reduseres med 13 prosent, uten at eksisterende produksjonsnivå i jordbruket reduseres. Dersom for eksempel storfekonsumet reduseres med 13 prosent, og konsumet av hvitt kjøtt, fisk og planteprodukter øker, vil klimaavtrykket av norsk matkonsum bli redusert (i utlandet) og norsk produksjon vil kunne øke. Utslippene i Norge vil da kunne øke, men mindre enn reduksjonen fra storfekjøtt i utlandet.

Dersom forbruket av rødt kjøtt faller mer, får det konsekvenser for strukturen i norsk jordbruk. Selv om det legges til grunn at samlet produksjon kan opprettholdes gjennom økt produksjon av lyst kjøtt og plantebasert mat som for eksempel korn og grønnsaker, vil verdiskapning og sysselsettingen samlet kunne reduseres. For planteprodukter er norske markedsandeler gjennomgående så lave at økt konsum først og fremst vil gi økt import.

Jordbruksavtalens virkemidler påvirker i all hovedsak tilbudssiden, dvs. utviklingen i jordbruket, og i svært liten grad etterspørselen og kostholdet, med unntak for de få sektorene som fortsatt har målpris (melk, svin, korn og noen grønnsaker). Prisforholdet mellom ulike produkter påvirker sammensetningen av kostholdet. Tall fra Eurostat[14] viser at det særlig er for kjøtt at prisnivået i Norge er høyt (jf. kapittel 7.4). Norge har dermed et mer klimavennlige prisforhold mellom matvaregruppene enn det som er vanlig i

14 http://ec.europa.eu/eurostat

Europa. På den andre siden har norske forbrukere meget høy kjøpekraft, noe som bidrar til at kjøttkonsumet likevel er om lag som i Europa.

All mat, enten det er kjøtt eller grønnsaker, bør produseres med minst mulig klimaavtrykk. Gjennom hele verdikjeden er det muligheter til å begrense utslipp. Hvordan redskapen som traktor eller skurtresker brukes, hvordan drivhus varmes opp, hvordan det arbeides med jorda og hva slags fôr som brukes til husdyrene har betydning, jf. kapittel 7 og 13. I møte med klimautfordringen blir det viktig at norske matprodusenter og næringsmiddelindustri kan vise at den maten som lages skjer på en mest mulig klimavennlig måte. Videre utvikling av merkeordninger eller annen informasjon til forbruker kan være en del av dette bildet. Det kan for eksempel tenkes at forbrukernes etterspørsel kan dreies i klimavennlig retning, uten endring i kostholdet, ved at det utvikles produksjonssystemer som gir lavere utslipp for samme produksjon. Det vil kreve betydelige ressurser, informasjon og merking lignende den man har for økologisk produksjon, for å gi forbrukerne reelle valg mellom like varer med ulikt klimaavtrykk grunnet ulike produksjonsmåter. Også muligheten for leverandører til å kompensere egne utslipp med for eksempel tiltak for økt karbonopptak eller kvotekjøp bør undersøkes nærmere.

12 JORDBRUKSSEKTOREN

Arbeidsgruppas mandat er å vurdere gjeldende norsk klimapolitikk på landbruksområdet opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanels 5. hovedrapport. Utredningen skal omfatte utslipp og opptak i jordbruket, basert på ny kunnskap fra klimapanelet og nye klimaframskrivinger i Norge. Utredningen skal også omfatte vurderinger av nye muligheter og utfordringer for norsk jordbruk i lys av klimaendringene, herunder tilpasningsbehov. I dette kapitlet gir arbeidsgruppa sine vurderinger av disse spørsmålene, på bakgrunn av kunnskapsstatus som særlig fremgår av kapittel 7 og 9.

12.1 UTSLIPP, OPPTAK OG LAGRING

Norge har satt mål om at utslippene av klimagasser skal reduseres 40 prosent i perioden 1990-2030, jf. Meld.St.13 (2014-2015), se omtale i kapittel 2.4. Alle sektorer og næringer må utnytte sitt potensial for å bidra til å nå dette målet. Norsk matproduksjon skal i tråd med gjeldende norsk landbrukspolitikk, øke i takt med befolkningsutvikling og etterspørsel.

FNs klimapanel oppsummerer kunnskap om tiltak og virkemidler som kan redusere klimagassutslipp og bevare og øke karboninnholdet i vegetasjon og jord. Flere av tiltakene som Klimapanelet omtaler er relevante for norske forhold, og noen er allerede gjennomført i norsk politikk. Klimapanelet viser til at en helhetlig vurdering av hvordan jordbruket kan bidra til utslippsreduksjoner tilsier at produksjon og forbruk av matvarer må sees i sammenheng. Det finnes i dag ingen virkemidler i regi av norske myndigheter som er innrettet for å stimulere til økt forbruk av matvarer med lavt klimaavtrykk, eller redusert forbruk av matvarer med høyt klimaavtrykk.

Den fremtidige norske matproduksjonen har koblinger til befolkningsutvikling, forbruksmønster, arealbruk og klimagassutslipp. Meld. St. 9 (2011 - 2012) legger opp til at nasjonal matproduksjon og skal øke i takt med forventet befolkningsøkning for å opprettholde selvforsyningsgraden. Dette vil tilsvare ca. 20 % økning frem mot 2030. Det er ulike alternativer for hvordan en slik produksjonsøkning kan skje med konsekvenser for arealbruk og klimagassutslipp. Ved samme forbruksmønster som i dag viser utredninger, jf. kapittel 7, at det kan være behov for nydyrking for å øke matproduksjonen og at utslippene som følge av dette vil kunne øke. Nydyrking av myr vil gi større utslipp enn nydyrking på mineraljord. Økt produksjonsnivå per arealenhet er et annet alternativ for økt produksjon. En forbruksendring kan redusere behovet for nydyrking og gi mindre klimagassutslipp.

Jordbruksavtalen påvirker forbrukerprisene gjennom fastsetting av målpris (for melk, korn, grønnsaker og svinekjøtt). Jordbruksavtalen påvirker også enkelte kostnader i jordbruket (som kraftfôrprisen), som igjen kan ha innvirkning på forbrukerpriser på mat. En rekke andre faktorer påvirker i større grad enn jordbruksavtalen priser og kostnader i jordbruket. Jordbruksavtalens virkemidler er i all hovedsak rettet mot produksjon (og ikke forbruk). I den grad endringer i produksjon har innvirkning på klimaavtrykket bør man ved utformingen av jordbruksavtalens virkemidler vektlegge hvordan dette kan gjøres slik at man oppnår et lavest mulig klimautslipp fra norsk jordbruk.

Det er to hovedstrategier for å redusere klimagassutslippene fra jordbrukssektoren

- Endret konsum og sammensetning av matforbruket, se omtale i kapittel 11.4
- Redusere utslippene innenfor samme produksjonsvolum (optimalisere produksjonen), som omtales i dette kapittelet.

I tillegg må det arbeides for å redusere utslipp av CO_2 fra fossil energi og drivstoff i redskap og bygninger, samt utslipp av CO_2 fra jord. Redusert produksjon av rødt kjøtt i Norge vil gi lavere norske utslipp, men dette vil samtidig kunne medføre økte utslipp i andre land gitt at det kompenseres med import.

I kapittel 7 er det vist til forskningsresultater som dokumenterer at det kan være betydelige forskjeller i utslipp mellom bruk med samme type produksjon. Det indikerer at det kan være et betydelig potensial for å redusere utslippet av klimagasser fra de enkelte produksjoner, som fra melkeproduksjonen, selv om også noe av variasjonen skyldes stedegne forhold som jordtype og lokalt klima. Utslippene oppstår i en sammenheng og en oppgave er å finne helhetlige løsninger på utslippene. Tiltak for utslippsreduksjoner i jordbruket må derfor både utvikles med sikte å

- redusere utslipp fra de enkelte prosesser og kilder
- optimalisere systemene på foretaksnivå
- optimalisere produksjonsfordeling og ressursbruk på samfunnsnivå

Det siste gjelder blant annet optimal sammensetning av storfeproduksjonen, riktig prioritering av jordbruksarealene, arealtilgangen totalt (jf. nedbygging og nydyrking), og problemstillinger med matsvinn.

12.1.1 Tiltak rettet mot de enkelte utslippskilder

12.1.1.1 Metanutslipp fra husdyr

Metanutslipp fra drøvtyggere er den største kilde til utslipp av klimagasser i jordbruket. Utslippene kan påvirkes ved god drift. Grovfôr av god kvalitet, balansert fôring med protein, god fôrutnyttelse, god helse, fruktbarhet og avlsarbeid er sentralt for å redusere metanutslipp fra husdyr. Fôrkvalitet og fôrstrategier vil ha en direkte påvirkning på dannelse av enterisk metan i vomma, mens alle tiltak kan virke inn på produktivitet og effektivitet i husdyrholdet som virker inn på utslipp per produserte enhet.

For å redusere utslipp fra drøvtyggernes fordøyelse er det pekt på lovende resultater med å forbedre kvaliteten av grovfôret og tilsette mer fett i fôrrasjonen. Mer fett reiser foreløpig uavklarte spørsmål både om hensiktsmessige fettkilder og om hvilke effekter det gir på produktkvalitet, som fettsyresammensetning, næringsinnhold og smakskvalitet av melk. Dette må vurderes nærmere sammen med fôr- og meieriindustrien. Det må derfor prioriteres å utvikle av kunnskap om hvordan fôringen og endret forsammensetning kan bidra til lavere metanutslipp fra fordøyelsen hos drøvtyggerne.

Lystgass og metan fra husdyrgjødsel

Utslipp av lystgass og metan fra husdyrgjødsla forekommer i alle ledd i gjødselhåndteringa, både under lagring, spredning og fra jordsmonn. For å redusere utslipp er en type tiltak å redusere utslippene i de ulike prosessene i drifta. En annen type tiltak er å anvende gjødsla i biogassproduksjon.

Det er etablert regelverk og tilskuddsordninger bidrar til å redusere utslipp fra husdyrgjødsel. Generelt regelverk er forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav som omfatter krav til lagerkonstruksjoner og -kapasitet, nødvendig spredeareal, tillatt spredetidspunkt, og tidsfrist for nedmolding av gjødsla. Regelverket er under revisjon blant annet med sikte på miljøhensyn. Bestemmelser om gjødslingsplanlegging danner vilkår for tilskudd innen jordbruket. I tillegg finnes mulighet for tilskudd til utbygging av gjødsellager, og miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel.

Behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg kan redusere metanutslippene fra gjødsellager og utnytte metan til energiformål. For å stimulere til slike løsninger finnes en ordning over jordbruksavtalen med tilskudd for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg, og det gis støtte over Bioenergiprogrammet til mindre biogassanlegg. I tillegg har KLD støtte til å etablere pilotanlegg for biogassproduksjon basert på husdyrgjødsel. Erfaringen så langt er at slik behandling har høy tiltakskostnad og krevende verdikjeder. En satsing på biogass må derfor veies opp mot eventuelle andre klimatiltak som kan gi større utslippsreduksjoner per krone.

Biogassbehandling etterlater en næringsholdig biorest som er ønskelig å resirkulere tilbake til jordbruket. En utfordring med større biogassanlegg er å avklare innholdet av ønskede og uønskede stoffer i biorest slik at gårdbrukerne kan utnytte den riktig og forsvarlig. Det er også kostnader med transport og lagring av store mengder biorest, noe som kan lede til dårlig areal- og tidsmessig utnyttelse av gjødsla. For å oppskalere biogasstiltaket er det behov for videre utvikling av teknologier og markeder, og av regelverk som legger riktige føringer. Arbeidsgruppa merker seg en interessant utvikling senere tid når det gjelder både gårdsbaserte og sentrale biogassanlegg, for eksempel Greve biogass i Vestfold.

Endringer i krav til lager (og -kapasitet) for å avverge utslipp og ta vare på gjødsla fram til det er lagelig å spre, vil bli vurdert i forbindelse med den pågående revisjon av forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. Et aktuelt tiltak kan være å sette vilkår om dekke på gjødsellager ved innvilgning av investeringsstøtte over BU-ordningen.

Arbeidsgruppa mener de nevnte tiltakene er relevante virkemidler som er egnet til å redusere utslipp av klimagasser fra gjødsellager og gjødsling av jordbruksarealer. Tiltakene bør derfor videreføres og utvikles, både gjennom utvikling av kunnskap, gjennomgang av regelverk og de økonomiske støtteordningene som allerede er etablert. Husdyrgjødslas verdi som både plantenæring og til biogass er argumenter for å holde selvforsyningsgraden og opprettholde innenlands matproduksjon på et høyt nivå.

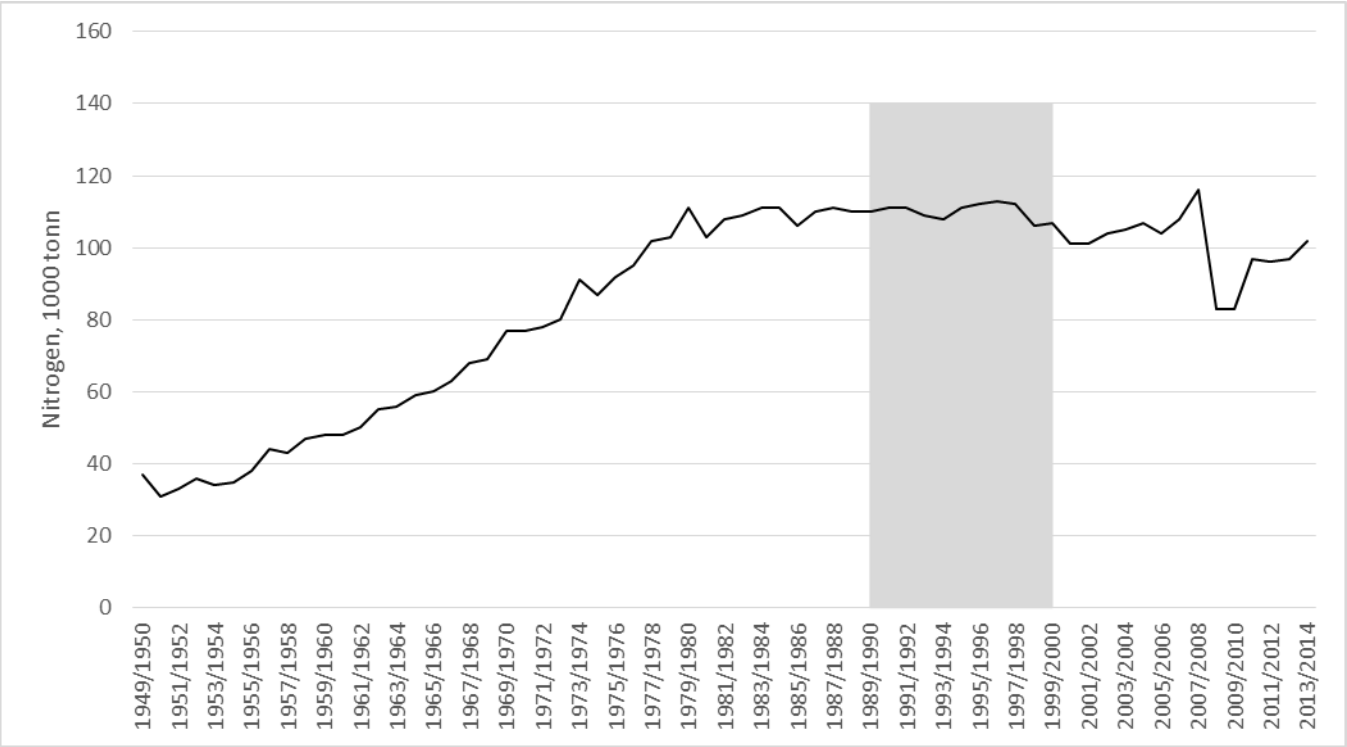
12.1.1.2 Lystgass fra jord

Lystgassutslippene fra jord påvirkes av blant annet gjødselmengde, jordas vannmetning, jordstruktur og pH. Tilførsel av gjødsel til jorda reguleres gjennom forskrift om gjødslingsplanlegging. Formålet med virkemidlet er at utslipp til vann og luft skal reduseres ved at det gjødsels mest mulig riktig i forhold til plantenes behov. Rapporten «helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidlene» viste til at gjødslingsplan som virkemiddel fungerer godt der man kun benytter mineralgjødsel, fordi det gir all grunn til å dosere etter behov. Husdyrgjødsel er mer krevende og utnyttes ikke alltid like godt – som følge av mangel på tid, spredeareal, lagerkapasitet eller store transportavstander.

Statistikken for de siste to tiårene viser en viss nedgang i nitrogenforbruk og lystgassutslipp. Gjennom bedre gjødslingsplanlegging, delt gjødsling, presisjonsgjødsling, bedre teknisk utstyr og bedre utnytting av husdyrgjødsel, kan trolig nitrogenutnyttelsen forbedres, slik at forbruket kan gå ytterligere ned. Dersom vi antar at det på landsbasis er mulig å spare ca. 10 pst. uten at avlingene går ned, vil det gi en reduksjon i beregnet utslipp av lystgass fra jord på om lag 50 000 tonn CO_2-ekvivalenter i året, som utgjør 0,8 pst. av dagens utslipp fra jordbruket.

NOU 15:2015 fra Grønn skattekommisjon (2015) vurderer muligheter for å sette en pris på lystgassutslipp i jordbruket. Kommisjonen peker på at stor usikkerhet om faktiske utslipp og de mange utslippskildene gjør det komplisert å rette en avgift direkte mot utslippene. Som en praktisk løsning foreslår kommisjonen å avgiftsbelegge nitrogeninnholdet i mineralgjødsel, slik som var tilfelle på 90-tallet.

En slik avgift kan virke inn på etterspørsel etter mineralgjødsel, og fremme substitusjon til annen type nitrogentilførsel. Figur 48 viser hvordan bruken av nitrogen i mineralgjødsel endret seg fra 1950-2014. Avgiften som virket fra 1988 til utgangen av 1999 tilsvarte et prispåslag på om lag 20 prosent. Statistikken tyder ikke på at det virket særlig inn på forbruket. Derimot viser statistikken et stort sprang rundt år 2008. Det kom som følge av en kraftig prisøkning på gjødsla på denne tida, som medførte hamstring i forkant og redusert salg i etterkant. Det taler altså for at pris virker inn på etterspørsel, men avgiftsnivået fra 1990-tallet markerte seg ikke vesentlig.



Figur 48. Statistikk over omsatt mengde nitrogen i mineralgjødsel i perioden 1949-2014. Grå skravur markerer perioden 1. april 1988 til 21. desember 1999 da det var miljøavgift på mineralgjødsel.
Kilde: Mineralgjødselstatistikk 2013-2014 fra Mattilsynet
(http://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/mineralgjodselstatistikk_20132014.17531)

Mineralgjødsel er en helt nødvendig innsatsvare i norsk matproduksjon. Dagens kunnskap gir ikke grunnlag for å slå fast om det er vesentlig overforbruk av gjødsel i Norge i dag. Tvert imot viser studier at agronomisk og økonomisk optimal gjødsling trolig er svært nær hva som er miljø- og klimamessig optimalt. Dermed vil innføring av en slik avgift i seg selv trolig ikke medføre noen vesentlig nedgang i klimagassutslipp.

En avgift på mineralgjødsel vil især ramme de som ikke har andre kilder til plantenæring, dvs. store deler av åkerbruket i Norge, som er konsentrert i områder uten husdyrhold. Det vil medføre utgiftsøkning for landbruksnæringen, og især innen produksjonen av korn og grønnsaker som ellers er ønskelig i klimaperspektiv.

Som ledd i å oppnå riktig bruk av gjødsel med lave utslipp er regelverk, gjødslingsplan og tilskuddsordninger viktige elementer. Det kan være riktig å videreutvikle og styrke regelverk, tilskudd og informasjon/beslutningsstøtte på sentrale områder som:

1. lagerkapasitet som sikrer at spredning skjer til de tider utslippet blir minst
2. biogassbehandling og miljøvennlige spredemetoder for husdyrgjødsel
3. gjødslingsplanlegging som verktøy for beslutningsstøtte

For å dempe utslipp av lystgass fra jord er det viktig med oppdatert rådgivningstjeneste slik at kunnskapen om lokale forhold kan inkluderes i rådgivningen om temaet. Av tiltak og innsatsområder vil arbeidsgruppa fremheve er:

- tilskudd til drenering
- å videreutvikle kunnskapen om å håndtere vann i jordbruket
- å videreutvikle tilbud om klimarådgivning på gårdsnivå

12.1.1.3 Lagring av karbon i jordbruksjord

Bevaring av eksisterende matjord og jordsmonn er viktig både av produksjonshensyn og på grunn av jordas høye karboninnhold. Tap av karbon fra jord vil både gå ut over klimaet og produksjonskapasiteten – som ev. må erstattes med nydyrking. På global basis finnes det omkring dobbelt så mye karbon i jordsmonnet som i atmosfæren og vegetasjonen til sammen. I forkant av klimaforhandlingene i Paris lanserte Frankrike et initiativ med formål om å lagre 4 ‰ karbon i jorda per år «4 pour 1000» (se faktaboks i kapittel 7.4.3). Hensikten med initiativet er å vise at også en liten økning i jordas karbonlager kan være avgjørende for å bidra til å nå klimamålet. Hvor mye karbon som kan lagres i jord er stedsavhengig og varierer i forhold til jordtype, nedbørsmengde, temperatur og arealbruk (vekstvalg, jordarbeiding, gjødsling osv.). I områder med lavt karboninnhold i jorda vil tiltak for å øke karbonmengden ha mange andre positive virkninger, som mindre erosjon, redusert forurensning og forbedret vannkvalitet, bedre forhold for biologisk mangfold osv.

God praksis for åkerjord er å oppnå god plantevekst, opprettholde plantedekke og begrense perioder der jorda er blottlagt uten plante- eller snødekke. Det finnes støtteordninger for endret eller utsatt jordarbeiding som er innført av hensyn til vannmiljø, men som også er fordelaktig ut fra klimahensyn.

I senere år har kornarealet blitt mindre og arealproduktiviteten har stagnert, med unntak for høye avlinger siste to år. Om lag halvparten av arealet som går ut av kornproduksjon, erstattes av grasproduksjon. drøvtyggere. Slik omlegging styrker karbonbalansen, men kan føre til redusert kornproduksjon og svekket utslippsregnskap dersom konsekvensen er økt antall drøvtyggere.

Det finnes sannsynligvis ingen enkelt løsning for økt opptak av karbon enten i åker eller eng. Dersom det er ønskelig at jordbruksarealer skal lagre mer karbon, kan en løsning være å tilføre biokull. Biokull lages ved forbrenning av plantemateriale uten tilførsel av oksygen (pyrolyse). Biokull kan brukes som jordforbedringsmiddel og kan redusere lystgassutslipp.

Bruk av biokull omtales som en av flere CDR (carbon dioxide removal) teknologier som må implementeres i betydelig grad dersom vi nå skal et togradersmål. Fotosyntesen er basis for alle CDR teknologier vi kjenner. Tiltaket er foreløpig svært lite utviklet og kostnadene anses å være høye.

Det er betydelig behov for mer kunnskap om karbon i jord. Arbeidsgruppa mener at det også i lys av 4 promille- initiativet bør gis høy prioritet til kunnskapsutviklingen på dette feltet. Det er behov for et tryggere kunnskapsgrunnlag før det innføres særskilte tiltak på området. Tematisk mangler vi især kunnskap om:

- Situasjonen og utviklingen i dypere jordlag
- Måleserier som viser utviklingen over tid og som muliggjør sammenlikning av arealbruk
- Situasjonen og utviklingen i ulike typer grasmark og beite
- Økologisk samspill i jord
- Biokull som lagringsmedium i jord

12.1.1.4 Utslipp fra energibruk i jordbruket

Fossil energibruk må reduseres kraftig og på sikt fases helt ut for å nå et togradersmål. Dette betyr at også jordbrukets energibruk må effektiviseres og etter hvert erstattes med fornybare alternativer. Fossil energibruk i jordbruket anvendes til:

- Oppvarming av veksthus og andre landbruksbygg
- Drivstoff og smøremidler i maskiner

Landbruket kan bidra til økt produksjon fornybart drivstoff, som kan erstatte fossil energibruk i andre deler av norsk økonomi. Økt produksjon av bioenergi kan være aktuelt som et selvstendig mål for et bærekraftig norsk landbruk.

Det er etablert tilskuddsordninger (Innovasjon Norge og ENOVA) som bidrar til økt bruk av bioenergi i veksthus og annen oppvarming på gårdsbruk. Dette er ordninger som fungerer etter hensikten, men omfanget av utbygging av bioenergi påvirkes av konkurranseflatene mot andre energibærere. Det er derfor viktig at regelverk og økonomiske ordninger gjennomgås slik at målene i bioenergistrategien kan nås. Landbruket har store muligheter på flere energiflater (sol, vind og vann).

Det er ikke særskilte ordninger for overgang til bruk av fornybart drivstoff i landbruksmaskiner, men det er gjennomført enkelte pilot- og demonstrasjonsprosjekter for å effektivisere landbruksmaskinenes energibruk, blant annet i regi av landbrukets rådgivningsaktører. Det finnes også piloter/prototyper for utprøving av landbruksmaskiner som drives med nye energiløsninger og utslippsfri teknologi. Disse tiltakene har delvis til formål også å redusere kostnader, altså vinn-vinn tiltak for økonomi og utslippsreduksjoner.
Dersom landbruket skal redusere utslipp fra energibruk, vil det kreve tiltak som for eksempel:

- Fremme utvikling, demonstrasjon og innføring av lavutslippsteknologi i landbruket
- Omsetningskrav for biodrivstoff til ikke-veigående transport
- Andre virkemidler for å fremme økt bruk av fornybar energi i landbruket

Økte avgifter på fossil energibruk generelt, for eksempel økt CO2-avgift på mineralolje og diesel kan også i landbruket fremme omstilling og reduserte klimagassutslipp.

Tiltak for reduserte CO_2-utslipp fra energibruk i jordbruket bør gis høy prioritet. Støtteordninger hos Innovasjon Norge og ENOVA som bidrar til utfasing av fossil energi på gardsbruk, i fjernvarmeselskaper og i veksthusnæringen bidrar positivt. Forskning og utvikling for teknologier som bidrar til å øke produksjon og bruk av fornybart drivstoff bør prioriteres. Det bør som ledd i en slik satsing, vurderes å iverksette et program for redusert bruk av fossilt og overgang til fornybart drivstoff i landbruket. I forbindelse med dette kan det også legges bedre til rette for demonstrasjon og introduksjon av lavutslippsteknologi.

Arbeidsgruppa mener i hovedsak at drivstofforbruk i landbruket ikke bør stilles ovenfor andre reguleringer og avgiftssystemer enn hva som gjelder innen andre sektorer. Det kan imidlertid være aktuelt å vurdere særskilte tiltak dersom det er ønskelig at landbruket utvikles til en fossilfri næring, der substitusjon av fossile ressurser blir et selvstendig mål for et bærekraftig norsk landbruk.

Arbeidsgruppa mener likevel at tiltak for redusert energibruk i jordbruket bør gis høy prioritet. Støtteordninger hos Innovasjon Norge og ENOVA som bidrar til utfasing av fossil energi på gardsbruk, i varmeselskaper og i veksthusnæringen bør videreføres. Forskning og utvikling for teknologier som bidrar til å øke produksjon og bruk av fornybart drivstoff bør prioriteres. Det bør som ledd i en slik satsing, vurderes å iverksettes et program for redusert bruk av fossilt og overgang til fornybart drivstoff i landbruket. I forbindelse med dette kan det også legges bedre til rette for demonstrasjon og introduksjon av lavutslippsteknologi.

12.1.2 Optimal sammensetning av produksjon og verdikjeder i Norge

På samfunnsnivå står man overfor strategiske valg omkring sammensetning av storfeproduksjonen, riktig prioritering av jordbruksarealene, arealtilgangen totalt (jf. nedbygging og nydyrking) og problemstillinger med matsvinn.

Ytelsen i melkeproduksjonen har betydning for antall melkekyr og tilhørende kjøttproduksjon og klimagassutslipp. Melkeforbruk per person er i nedgang. En økning i melkeytelse per dyr vil føre til færre melkekyr, redusert kjøttproduksjon og økt behov for kvalitetsfôr. Et underskudd på kjøtt må dekkes ved:

- Økt ammekuproduksjon
- Overgang til hvitt kjøtt basert på kraftfôr
- Redusert totalforbruk av kjøtt
- Import av kjøtt

Dette illustrerer at produksjonsnivå, forbruksmønster, fôring og klimagassutslipp bør vurderes samlet.

12.1.2.1 Ytelsesnivå og sammensetning av storfeproduksjonen

Etterspørsel etter storfekjøtt utover det som dekkes gjennom kombinert melkeproduksjon, blir dekket med ammeku eller import. Slik substitusjon reiser spørsmål om hvilken sammensetning av produksjonen som er mest optimal for målet om utslippsreduksjoner:

1. Et høyere antall mordyr i kombinert melkeproduksjon – hvilket baserer seg på en lavere melkeytelse per melkeku
2. Et høyere antall mordyr i ensidig kjøttproduksjon – hvilket baserer seg på høyere melkeytelse per melkeku

Dersom totalvolumene av både melk og kjøtt tas for gitt, konkluderer Aass et al. (2015) med at økt melkeytelse ikke er egnet for å redusere utslipp av klimagasser fra jordbruket, jf. omtale i kapittel 7.2.7. Med økende melkeytelse vil både dyretallet og utslippsintensiteten (utslipp per enhet melk og kjøtt) i den kombinerte melke- og kjøttproduksjonen synke. Her er det lav utslippsintensitet allerede. Synkende dyretall i kombinert produksjon vil følges av høyere dyretall i spesialisert kjøttproduksjon, som har høyere utslippsintensitet. Lavere melkeytelse er imidlertid heller ikke gunstig fordi det gir høyere utslippsintensitet i denne produksjonen. I en samlet vurdering teller altså både dyretall og effektivitet, noe som henger sammen.

Økt effektivitet (ytelse per ku) forutsetter høyere energikonsentrasjon i rasjonen og mer protein. Så langt har det blitt dekket opp ved økende bruk av kraftfôr som har alternativ utnyttelse eller også er importert. Det vil slå ugunstig ut dersom det baserer seg på soya som stammer fra areal i ødelagt regnskog. Norsk fôrindustri har samlet seg om «The Norwegian Commitments on Sustainable Soy and Forests» for å avverge slike problemer.

Totalresultatet vil også avhenge av effektivitet og utslipp innenfor ammekuproduksjonen. Mye av ammekuproduksjonen er en ekstensiv driftsform. Beregninger ved livsløpsanalyser viser at utslippet per kg kjøtt fra slik produksjon er høyere enn for kjøtt fra kombinert produksjon. Oversikten over fôring, produktivitet og utslipp av klimagasser i denne produksjonen er foreløpig mangelfull i Norge.

Arbeidsgruppa finner ikke grunnlag for å konkludere om at ytelsesnivået i melkeproduksjonen i seg selv har avgjørende vekt i klimasammenheng. Ytelsesnivået må snarere være et resultat av hvilke produksjonsforutsetninger – herunder fôrgrunnlag – som er til stede hos de enkelte foretak.

12.1.2.2 Fôrgrunnlaget for storfe- og øvrig husdyrproduksjon

Utviklingen i senere år er at kraftfôrforbruket har økt, både som følge av økt produksjon og etterspørsel etter svine- og fjørfekjøtt og mer energirikt kraftfôr i mjølkeproduksjon. Kornarealet har gått ned og vi har derfor økende import av kraftfôrråvarer. Samtidig har vi ubenyttede reserver av både grovfôr og beite, og opphør av drift og beiting fører til at arealer og kulturlandskap gror igjen.

12.1.2.3 Riktig prioritering av jordbruksarealene

I klimasammenheng er produksjon av korn og vegetabilier særlig ønskelig. Kanaliseringspolitikken innebærer at det er lagt til rette for slik produksjon på de mest produktive arealene og husdyrproduksjon basert på grovfôr og beite i områder som er mindre egnet for korn- og grønnsaksproduksjon. Dersom den norske jordbruksproduksjonen skal optimaliseres slik at arealene brukes til de produksjonene de er best egnet for, gitt lokalt klima, er det viktig at hovedtrekkene i iden regionale produksjonsfordelingen opprettholdes. Dette vil også være gunstig for jordbrukets samlede klimaavtrykk, sett i sammenheng med også andre politiske mål for jordbruket i Norge.

12.1.2.4 Arealbehov og -tilgang for matproduksjon

Vern og bruk av eksisterende matjord er til beste for både produksjon og klima. Den jorda som kan brukes til å dyrke korn og vegetabilier er i stor grad i bruk allerede. Den beste jorda er allerede dyrket opp, ved nedbygging av jord må man utlikne med et større nydyrkingsareal dersom matproduksjonen skal opprettholdes. Nydyrking vil i mange tilfeller medføre reduserte karbonlager i skog eller økte utslipp fra myr. I forbindelse med revisjon av forskrift om nydyrking vil hensynet til klima ved nydyrking av myr bli vurdert, herunder alternative dyrkingsmetoder for myr.

Arbeidsgruppa vil peke på at hovedprioritet må være å utnytte eksisterende jordbruksarealer best mulig slik at arealproduktiviteten økes. Ved behov for nydyrking bør mineraljord prioriteres foran myrjord. Kriterier for eventuell dyrking av myrjord er under utredning og ventes avklart ved revisjon av nydyrkingsforskriften. Det er betydelige kunnskapshull knyttet til disse spørsmålene. Politikk for å skaffe nok produksjonsarealer med best resultat for klima bør omfatte å unngå nedbygging av jordbruksareal, ta i bruk areal som er ute av drift, og ved behov for nydyrking prioritere mineraljord foran myr.

12.1.2.5 Bedre utnyttelse av produkter og redusert svinn i verdikjedene

Matsvinn og andre årsaker til tapte ressurser i verdikjedene bidrar til unødvendige utslipp og svekket økonomi. Både tiltak for redusert svinn og tiltak for å utnytte produkter som i dag kasseres vil bidra til reduserte utslipp. Hvert år kastes ifølge opplysninger på nettsiden til ForMat (se matsvinn.no) som er næringslivets satsing for å redusere matsvinn, over 360 000 tonn mat som kunne ha vært spist i Norge. ForMat opplyser at dagligvarehandelen og næringsmiddelindustrien på eget initiativ har bestemt seg for å bidra til å redusere matsvinnet med 25 prosent innen 2015. Utslipp fra dagens matsvinn tilsvarer om lag 200 000 tonn CO_2-ekvivalenter fra norskprodusert mat.

Arbeidsgruppen mener det er nødvendig å fokusere på tiltak som reduserer svinn i hele verdikjeden fra jord til bord. I tillegg til tiltak nevnt ovenfor er det viktig med tiltak som gir god plante- og dyrehelse, god produktkvalitet, utnyttelse av produkter som i dag kasseres grunnet ukurant form og fasong, eller at det

ikke er etablert kommersielle anvendelser. Tiltakene bør derfor se helhetlig på alle ledd i verdikjeden og hvilke faktorer som bidrar til at deler av den produserte biomassen ikke utnyttes til nyttige formål eller anvendes suboptimalt.

Tiltakene bør inkludere gjennomgang av produktstandarder, produktutvikling, markedstiltak og forbrukerinformasjon som bidrar til at markeder for «ukurante» produkter kan utvikles.

En betydelig del av matsvinnet er i husholdningene. Ny teknologi med holdbarhetsindikatorer og bedre merking av varer er eksempel på tiltak som bransjen selv iverksetter, og som ikke medfører kostnader for det offentlige. Tiltak for å øke forbrukerkunnskapen om matsvinnproblematikk vil i hovedsak dreie seg om informasjon, og bør kunne løses innenfor budsjettene hos relevante aktører og institusjoner.

12.1.3 Optimalisering av systemene på foretaksnivå

Det er dokumentert at utslipp innen samme produksjonssystem kan variere mye. Optimalisering dreier seg om hvordan drifta på den enkelte gård er organisert og drives i samsvar med lokale naturgitte forhold og hvordan alle ledd i drifta spiller sammen på optimalt vis. Kunnskapsgrunnlaget for å utvikle utslippsregnskap og grunnlag for rådgivning på gårdsnivå er mangelfullt. Men landbrukssektoren har tilgang til omfattende data om arealer, produksjonsformer, innsatsfaktorer og produktleveranser. Det bør derfor arbeides videre for å undersøke hvordan bedre og mer samordnet bruk av landbrukets «big data» kan gi bedre grunnlag for analyser, rådgivning og konkrete tiltak på gårdsnivå. Konseptet «Landbrukets dataflyt» representerer eksempel på en slik tilnærming.

Faktaboks: Landbrukets dataflyt

Landbruket kan bidra med å bedre datadokumentasjonen i ulike produksjonssystemer ved å ta i bruk et datasystem som er under utvikling i regi av NIBIO (tidligere NILF) og selskapet Landbrukets Dataflyt. Dette systemet (som også heter Landbrukets Dataflyt) kommer til å inneholde omfattende og detaljert informasjon om produksjon og resultater på enkeltbruk. Ved å kombinere disse omfattende datamengdene med en miljø- og klimakalkulator (f.eks. HolosNor) kan det utarbeides klimaregnskap på gårdsnivå for beregning den enkelte gårds miljø- og klimapåvirkning.

12.1.3.1 Optimalisering av storfeproduksjonen

Gjennom en systematisk forbedring i alle ledd (beste praksis; fôrdyrking, fôrhåndtering, fôring og stell, fruktbarhet, dyrehelse, avlsarbeid etc.) er det grunn til å forvente en ytterligere reduksjon i utslippet av klimagasser per kg mjølk (og kjøtt). Med bakgrunn i en undersøkelse som omfattet 30 melkebruk som vist i Tabell 4 og ytterligere kunnskap om husdyrtiltak (Storlien og Harstad 2015) kan utslipp fra mjølkeproduksjonen i 2030 (1525 millioner liter mjølk) reduseres i størrelsesorden 20 prosent fra dagens nivå. Forutsatt at mjølkeproduksjonen (inklusiv rekruttering) står for 40 prosent av alle utslippene utgjør denne reduksjonen fra mjølkeproduksjonen 8 prosent av dagens totale utslipp av klimagasser fra jordbruket. Undersøkelsen av de 30 melkebrukene viste også at de viktigste faktorene for variasjon mellom brukene skyldes utslipp av lystgass fra jord samt karbontap fra jord. Det illustrerer behovet for

optimalisering både innen plante og husdyrproduksjonen. Det er derfor viktig å undersøke hvordan jordbrukspolitiske virkemidler og forskning kan bidra til å fremme en utvikling der disse gevinstene bli realisert. Rådgivning som tiltak er omtalt nedenfor.

Bedre bruk av grovfôr og beite

Deler av svaret på hvordan utslippene fra drøvtyggere kan reduseres er økt kvalitet i fôret. Dette kan oppnås ved

- import av kraftfôrråvarer
- mer norsk kraftfôr
- bedre kvalitet på grovfôret

Disse alternativene er ikke likeverdige. Norge har ledige ressurser av areal for produksjon av grovfôr og beite, blant annet fordi kornareal brukes til grasproduksjon, mens det er knapphet på arealer for kornproduksjon, og særlig matkornproduksjon. Derfor er det viktig både å prioritere tiltak som gir bedre og stabil kvalitet på grovfôret, men også bedret tilgang på norsk korn for produksjon av kvalitetskraftfôr. De viktigste tiltakene for å oppnå dette er kunnskapsutvikling, planteforedling, og praktisk utprøving herunder nye fôrvekster, samt å opprettholde hovedtrekkene i den regionale produksjonsfordelingen i Norge.

12.1.4 Kunnskapsutvikling og kunnskapsformidling

12.1.4.1 Klimarådgivning på gårdsnivå

Forskjeller i utslipp mellom gårder med ganske like produksjoner og produksjonsvilkår indikerer at det kan være betydelige forskjeller i hvordan drifta er organisert og hvordan innsatsfaktorene anvendes.

Forskning viser store forskjeller for både metanutslipp, lystgassutslipp og karbonbalanse innen samme driftssystem. Forskjellene skyldes både naturgitte og driftsmessige forhold, og tiltak for optimalisering av produksjonen må vurderes ut fra rammebetingelsene i hvert tilfelle. Løsninger for utslippsreduksjon kan derfor variere fra gård til gård. For å utløse potensialet er det nødvendig å vurdere situasjonen og behovet hos hvert enkelt foretak og slik at man kan sette inn riktig tiltak på riktig sted. Arbeidsgruppa mener at det er spesielt viktig å etablere et tilbud om rådgivning og oppfølging av klimatiltak hos den enkelte bonde.

Tema for rådgivningen kan være både på foretaksnivå, dvs. helheten i driftssystemene og sammensetningen av produksjonen på gården. Det kan også dreie seg om eller dreie seg om enkeltelementer som innretning av de ulike produksjonene, tekniske endringer, teknologimplementering. Det kan også være rådgivning knytte til utvikling av nye klimapositive produkter og tjenester som bidrar til utslippsreduksjoner, bedre tilpasning eller redusert sårbarhet i andre sektorer.

12.1.4.2 Forskning og utprøving

Grunnlaget for rådgivning er forskning som utvikler og verifiserer metoder som kan gi redusert utslipp, både på kildenivå og gjennom en systemorientert tilnærming. Forskningsprioriteringer er omtalt i kapittel 15.

12.1.5 Oppsummering av forslag til nye prioriteringer og tiltak knyttet til praktisk jordbruk

Arbeidsgruppa har ovenfor konkludert med at Norge har tiltak og virkemidler som er relevante i lys av de tiltak som er omtalt og anbefalt i Klimapanelets femte hovedrapport. Arbeidsgruppa mener likevel at det er behov for å videreføre, forsterke eller innføre nye tiltak og virkemidler med spesielt hensyn på å redusere klimagassutslipp i jordbrukssektoren. Tabellen nedenfor oppsummerer hvilke tiltak som bør prioriteres, jf. omtale ovenfor i kapittel 12.1.1. Effekter av forbruksendringer er ikke inkludert i denne oversikten. Utslippsreduksjoner, kostnader og gjennomførbarhet er hentet fra kapittel 7.4.

Tabell 17. Oversikt over tiltak som arbeidsgruppen mener er aktuelle

Tiltak	Klimagass	Kostnad (kr/tonn CO_2-ekv)	Utslippsreduksjon* (tonn CO_2-ekv)	Gjennom-førbarhet	Sektor som blir kreditert i det nasjonale utslippsregnskapet
Økt fett i fôrrasjonen	CH_4	Ikke kvantifisert	30 000 – 70 000**	Ikke beregnet	Jordbruk
Tidligere høstetidspunkt av grovfôr kombinert med justert bruk av kraftfôr	CH_4, N_2O	Ikke kvantifisert	45 000 – 65 000**	Ikke beregnet	Jordbruk
Dyrehelse, fruktbarhet, avl	CH_4	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert**	Ikke beregnet	Jordbruk
Drenering	N_2O	Ikke kvantifisert	16 000 – 52 000	Ikke beregnet	Jordbruk
Biogass fra husdyrgjødsel og restavling* **	CH_4, N_2O	>1500	100 000	Middels krevende	Jordbruk/Transport
Tilstrekkelig lager til å kunne spre gjødsla ved gunstig tidspunkt** **	N_2O	>1500	10 000 – 15 000	Ikke beregnet	Jordbruk
Miljøvennlig spredemetode for husdyrgjødsel** **	N_2O (og NH_3)	500 - 1500	10 000 – 15 000	Ikke beregnet	Jordbruk
Kombinasjon av bedre tilpasset mengde, metode og tidspunkt for gjødselspredning	N_2O (og avrenning + NH_3)	500 - 1500	50 000 - 100 000	Ikke beregnet	Jordbruk
Dekke på åpne gjødsellager	CH_4	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Ikke beregnet	Jordbruk
Presisjonsgjødsling med mineralgjødsel	N_2O	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Ikke beregnet	Jordbruk
Utsatt/endret jordarbeiding	N_2O, CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert	Ikke beregnet	Jordbruk/LULUCF
Redusert matsvinn * **	CH_4, N_2O, CO_2	<500	56 000	Middels krevende	Jordbruk/LULUCF
Økt bruk av bio- og fornybart drivstoff i maskinparken	CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert, men fullt potensial er 300 000	Ikke beregnet	Transport
Økt bruk av bio- og fornybar energi i bygg og oppvarming	CO_2	Ikke kvantifisert	Ikke kvantifisert, men fullt potensial er 60 000	Ikke beregnet	Bygg
Økt lagring av karbon i jord	CO_2	Ikke kvantifisert	100 000*****	Ikke beregnet	LULUCF

*Tallene for utslippsreduksjoner er beheftet med usikkerhet i samme størrelsesorden som tallene i utslippsregnskapet, se Tabell 3.
** I en samlet beregning, hvor det inngår en systematisk forbedring i alle ledd (blant annet bedre grovfôr, mer fett, bedre dyrehelse, fruktbarhet og avl) i melkekuproduksjonen, kan utslippene reduseres med 8 prosent av dagens totale utslipp av klimagasser fra jordbruket (Storlien og Harstad 2015). Det tilsvarer om lag 350 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Disse tallene gjelder kun for tiltak i melkekuproduksjonen. Det er anslått at det i tillegg kan reduseres om lag 50 000 tonn CO_2-ekvivalenter fra andre husdyr.
*** Tiltak utredet i lavutslippsrapporten (Miljødirektoratet, 2015)
**** Tiltakene inngår også i tiltaket «Kombinasjon av bedre tilpasset mengde (….)», og utslippsreduksjonen kommer derfor ikke i tillegg til dette.
***** Anslag basert på vurderinger omkring 4 ‰ initiativet i kap 7 – uten bruk av biokull. En utfordring ved en slik ambisjon er også å dokumentere det til bruk i utslippsregnskapet.

12.1.6 Oppsummering og forslag til videre arbeid

Jordbruket er i en særstilling i norsk økonomi, ettersom det er få virkemidler som er innrettet med hovedformål å redusere sektorens utslipp av klimagasser. Gjennomgangen i denne rapporten viser imidlertid at det finnes en rekke tiltak og virkemidler som bidrar til å redusere klimautslippene i jordbrukssektoren. Utslippene har også blitt betydelig redusert siden 1990. Slik arbeidsgruppa vurderer det, fanger eksisterende tiltak opp viktige utfordringer på klimaområdet på en god måte. Det er likevel klart at man med dagens innsats ikke klarer å hente ut potensialet for utslippskutt og økt opptak raskt nok.

Lavutslippsrapporten fra Miljødirektoratet beregnet utslippsreduksjoner for tiltakene «biogass fra husdyrgjødsel og restavling» og «mindre matsvinn» som til sammen kan redusere klimagassutslippene i jordbruket med 4 prosent i 2030. I tillegg er det i Storlien og Harstad (2015) beregnet at tiltak i melkeproduksjonen kan redusere utslippene med ytterligere 8 prosent. Dersom tiltakene i melkekuproduksjonen også innføres andre husdyrproduksjoner, kan potensialet øke med 1 prosent. Gjødslingstiltak kan redusere utslippene med opp mot 2 prosent (Grønlund og Harstad, 2014). Bedre drenering ble i Klimakur beregnet gjennomført på 40 prosent av det arealet som ble vurdert å ha dreneringsbehov (5 prosent av arealet) og dette kan redusere jordbrukets utslipp med ca 1 prosent. Drenering er et prioritert tema for tilpasning til våtere forhold og grunnlag for optimal planteproduksjon. Det er grunn til å tro at dreneringsbehovet er større enn beregnet for klimakur og større gjennomføring vil derfor kunne redusere utslipp ytterligere. Også innen planteproduksjonen kan optimalisering av agronomiske metoder, driftsmessige tilpasninger bidra til ytterlige reduksjoner. Slike tiltak inngår ofte som vurdering av naturlig effektivisering i jordbruket (blant annet i referansebaner) og effekter beregnes ikke spesielt. Dersom en også inkluderer slike tiltak vurderer arbeidsgruppen at det er et potensialet for å redusere utslipp fra jordbruket i størrelsesorden 15- 20 prosent.

Det er også mulig å gjennomføre tiltak i jordbruket som vil bli bokført i andre sektorer enn jordbruk i det norske utslippsregnskapet. Det er anslått at bedre forvaltning av jord som blir bokført i LULUCF-sektoren kan redusere CO_2 utslipp minst 100 000 tonn (fordelt på økende opptak i matjord, og redusert dyrking av myr). Tiltak knyttet til å redusere energibruk fra transport og bygg er anslått til 200 000 tonn CO_2 (litt mer enn halvparten av fullt potensial som er på 360 000 tonn CO_2 dersom all energi blir fossilfri).

Som Tabell 17 viser, mangler det på en rekke områder beregninger av kostnadene knyttet til gjennomføring av tiltakene. Man har også begrenset kunnskap om gjennomførbarhet og effekter av en del tiltak. For å kunne prioritere de riktige tiltakene bør utvikling av kunnskapsgrunnlaget prioriteres høyt, gjerne i et samarbeid mellom landbruks- og miljømyndighetene. Det bør etter et slikt arbeid vurderes om det er behov for å etablere et eget klimaprogram for jordbruket som inkluderer både tiltak for reduserte klimagassutslipp og for tilpasning til endrete klimaforhold.

Arbeidsgruppen vil peke på at det er stort behov for økt forskningsinnsats på flere områder, jf. kapittel 15. Dette gjelder spesielt forskning som kan bidra til å redusere metanutslippene fra husdyrproduksjonen, samt kunnskap som kan bidra til økt lagring av karbon i jord. Det er svært viktig at ny kunnskap raskt blir formidlet ut til produsentene slik at endringer kan blir gjort på den enkelte gård. Arbeidsgruppa

understreker derfor betydningen av å videreutvikle et program for klimarådgivning på gårdsnivå, der formidling av FOU må være et vesentlig element. Klima- og miljøprogrammet som Landbruksdirektoratet forvalter, vil i denne sammenhengen være et viktig virkemiddel for å sikre koblingen mellom FOU og praktisk rådgivning.

Som det går fram av Tabell 17, blir jordbrukets utslippskutt kreditert i ulike sektorregnskap, herunder jordbruks-, areal -(LULUCF), transport- og byggsektoren. Det er derfor en utfordring for jordbruket å få synliggjort sine samlede bidrag i klimaarbeidet. Det er kun metan og lystgass som blir regnet inn i jordbrukssektorens regnskap. Det er en særskilt utfordring at endringer som skjer på gårdsnivå ikke nødvendigvis blir fanget opp i de modellene som ligger til grunn for resultatberegninger i dette regnskapet. Det bør derfor igangsettes et arbeid med deltakelse fra jordbrukssektoren, landbruks- og miljømyndighetene SSB, og andre eksperter for å se nærmere på hvordan jordbrukets samlede utslippsregnskap videreutvikles og synliggjøres bedre.

12.2 JORDBRUKETS TILPASNING TIL ENDRET KLIMA

I dette kapitlet vurderes muligheter og utfordringer i jordbrukssektoren basert på beskrivelse i kapittel 5 om klimaframskrivninger for Norge og kapittel 9 om tilpasning i jordbruket, samt vedlagte fagnotater.

Rapporten Klima i Norge 2100, jf. kapittel 5, anbefaler at tilpasning for de nærmeste tiårene bygger på klimadata for perioden 1985-2014. Det er mange indikasjoner fra praktisk jordbruk på manglende tilpasning til dagens klima. Usikkerhet og risiko i klimatilpasningen er drøftet i kapittel 11. Vurderingene av tilpasning i jordbruket skjer under betydelig usikkerhet, dette gjelder særlig for forekomst av ekstreme hendelser.

Kombinasjonen av identifiserte behov for bedre tilpasning til dagens klima og høy sannsynlighet for hvilken retning endringen vil gå, gir likevel et ganske solid grunnlag for vurdering av tilpasningstiltak de nærmeste 20 årene. For tilpasningstiltak med lengre tidsperspektiv, bør i de fleste tilfelle klimaframskrivningene for perioden 2031-2060 legges til grunn. Enkelte tiltak i jordbruket kan ha så langt tidsperspektiv at klimaframskrivningene for perioden 2061-2100 bør benyttes. Dette gjelder først og fremst infrastrukturinvesteringer med lang levetid hvor det er lønnsomt at disse anlegges med tilstrekkelig dimensjonering allerede nå. For andre tilpasninger vil usikkerheten om forholdene i andre del av århundret være så store at det er riktigere å rette tilpasningstiltakene inn mot en nærere framtid.

Klimaendringer som gir lengre vekstsesong vil øke potensialet for planteproduksjon i Norge. Men i lys av den store usikkerheten er det ikke hensiktsmessig å forsøke å kvantifisere en mulig økt verdiskaping grunnet endret klima. Det viktigste er at jordbrukssektoren forstår de endringer som vil komme og utvikler kunnskapsgrunnlag og hensiktsmessige teknologier for å mestre endrede produksjonsforhold. Det er behov for å øke innsatsen for å redusere ulemper og skader. Dette er en forutsetning også for at nye muligheter skal kunne utnyttes.

I FNs klimapanels rapport beskrives ulike former for tilpasning i jordbruket. Høyere temperaturer og mer ekstreme nedbørsforhold vil i fremtiden kunne redusere både størrelse og kvalitet på avlingene.

Sortsfremgang, utvikling av sorter, tilpasning av såtidspunkt, optimalisering av vanning og endret gjødslingspraksis er ulike måter å tilpasse matproduksjonen på i et endret klima.

Klimapanelet sier videre at tilpasningstiltak kan være usikre og ha variabel effekt, både i positiv og negativ retning.

12.2.1 Norsk politikk for tilpasning

Politikk for klimatilpasning i norsk jordbruk er omtalt i Meld. St 33 (2012-2013). Meldinga sier at «tilpasning av landbruket til klimaendringene er avgjørende for å forebygge og begrense skadene fra både ekstremvær og gradvise endringer, samtidig som mulige produksjonsgevinster av et endret klima skal kunne tas ut.» «Et vitalt landbruk er derfor en viktig underliggende forutsetning for å kunne møte klimautfordringene». Meldingen inneholder oversikt over 8 grupper av aktuelle tilpasningstiltak og 12 prioriterte forskningstema. I denne meldinga ble det omtalt at det ville bli innført en egen tilskuddsordning for drenering fra 2013 på 100 millioner kr. per år. Meldinga omtaler ellers tilpasningstiltak innen følgende tema:

- Forvaltning og bevaring av arealressurser
- Bevaring av landbrukets genetiske variasjon
- Tilskudd til finansiering av planteforedling
- Tiltak mot vannforurensning ved fuktigere klima
- Jord- og vannovervåkingsprogram i landbruket – JOVA
- Tiltak for redusert avrenning fra jordbruksarealer
- Videreutvikling av varsling av planteskadegjørere
- Økt tilsyn for å avdekke nye dyre og plantesykdommer

Arbeidsgruppas vurdering er at St meld 33 har en omtale av behov for klimatilpasning i norsk jordbruk som på overordnet nivå dekker de fleste kategorier av tilpasningsutfordringer og kunnskapsbehov norsk jordbruk står overfor også i lys av ny kunnskap i Klimapanelets 5. hovedrapport. Aktuelle tilpasningstiltak er omtalt i kapittel 9.6. og i vedlagte notater.

12.2.2 Sikre produksjonsgrunnlaget

Jordbrukets produksjonsgrunnlag for matproduksjon under fremtidig klima må sikres. Det gjelder jordvern for å sikre størst mulig produksjonsmuligheter på areal med god kvalitet, men også sikringstiltak for eksisterende areal mot ødeleggelse ved ekstremvær. Det er for 2016 bevilget midler over statsbudsjettet til et nasjonalt program for laserskanning av landarealet. Basert på denne kartleggingen vil det utarbeides en nasjonal høydemodell med stor nøyaktighet som vil gi grunnlag for å utvikle nye risikokart for skredutsatte områder, vannveier for kartlegging og bedre planlegging av overvannshåndtering ved ekstremnedbørsepisoder. Høydemodellen vil også gi vesentlig forbedret grunnlag for planlegging av dreneringstiltak på jordbruksareal og analyser av erosjonsrisikoutsatte arealer. Sammen med flomrisikokart vil dette gi bedre total grunnlag for risikovurderinger og planlegging av tilpasning.

Det er aktuelt å utarbeide en hydrologisk risikoplan (gårdsnivå) for bedre kontroll med vannets strømningsveier. Det inkluderer risiko for ukontrollert innstrømning av vann fra andre areal, dreneringsplan, hydrotekniske vurderinger, kontroll med overflatevann og erosjonssikring. Vurdering av risiko og tilpasning vil kunne sikre arealer og produksjonsmuligheter mot store uopprettelige skader som følge av ekstreme nedbørsepisoder. Skader på areal og overflateavrenning fra jordbruksareal kan ha påvirkning på andre sektorer nedstrøms i jordbrukslandskapet og på vannkvalitet, sedimentering. Kontroll med vann i landskapet er en forutsetning for tilpasningsarbeidet og slike tiltak er også relevant for dagens klima.

12.2.3 Jordbrukets muligheter under endret klima

Det forventes økende markeder for mat og annen biomasse. Samtidig gir klima og naturgitte forhold rammer for hva slags planter det er mulig å dyrke på en økonomisk bærekraftig måte. Tilstrekkelig vanntilgang kombinert med lengre vekstsesong og høyere CO_2 innhold i atmosfæren gir i utgangspunktet muligheter for økt planteproduksjon i Norge sammenlignet med andre områder med tørkeproblemer. Det er mange usikre forhold både knyttet til de generelle endringer og til forekomst av ekstremvær som gjør det usikkert i hvilken grad slike muligheter lar seg realisere. Arbeidsgruppa mener at identifisering av nøkkelfaktorer tidlig og planlegging av tilpasningstiltak kan gjøre norsk landbruk mer rustet til å takle endringer og utnytte muligheter.

Endringer i klimaet kan åpne for nye muligheter for landbruket, forutsatt at plantemateriale, plantehelse, teknologi, kunnskap og kompetanse utvikles i tråd med utfordringene endret klima vil medføre. Dette forutsetter at produksjonsarealenes utstrekning og kvalitet bevares, både dyrket mark, dyrkbar mark, beiter i innmark og utmark, vannressurser. Likeledes er det en forutsetning at den agronomiske kompetansen utvikles i takt med nye forutsetninger og at driftsapparatet er i god stand. Jordbruket må også ha en økonomi som gir grunnlag for nødvendig rekruttering til næringen samt til å gjøre de investeringer som kreves for å tilpasse driften slik at nye muligheter kan utnyttes og mestre nye og krevende produksjonsutfordringer.

Arbeidsgruppa vil understreke at den grunnleggende forutsetningen for å kunne utnytte nye muligheter, er effektiv og robust planteproduksjon der kulturplantene (matplanter og fôrvekster) er tilpasset klima og øvrige vekstvilkår. Det må derfor drives kontinuerlig og målrettet planteforedling der en må ta høyde for den usikkerhet som knytter seg til endringene i de viktigste klimavariable, og indirekte påvirkninger som følger av endringer i klimavariablene. Utvikling av plantemateriale er en svært tidkrevende prosess, men satsing på planteforedling kan gi store gevinster for framtiden. Økt forskning som resulterer i egnet sortsmateriale tilpasset mer variable og ugunstige forhold og tilpassede driftsteknikker, kan bidra til å gjøre landbruk i alle landsdeler mer bærekraftig. Dersom det skal tas i bruk arter og underarter som ikke finnes naturlig i Norge, må dette først skje etter grundige risikovurderinger og i tråd med de rammebetingelser som følger av bl.a. forskrift om fremmede organismer og Naturmangfoldloven.

Arbeidsgruppa vurderer fortsatt god plante og dyrehelse i Norge å være en avgjørende forutsetning for å kunne utnytte potensielle muligheter i for økt produksjon og verdiskaping i jordbruket når klimaet endres.

Internasjonalt samarbeid bidrar til kunnskap om plantehelsesituasjonen utenfor Norge og er en viktig forutsetning for en god beredskap. Utveksling av kunnskap om bekjempningsmetoder og samarbeid om internasjonale standarder på plantehelseområdet er viktig for å skape gjensidig forståelse og bidrar til å forhindre spredning av skadegjørere.

Mot slutten av hundreåret vil område med mer enn 6 måneders vekstsesong kunne øke til henholdsvis ca. 105 000 og 165 000 km^2 under middels og høy utslippsbane, noe som er stor økning fra dagens areal på 45 000 km2. Egnethetsvurderinger av dette arealet for ulike vekster kan sammen med nedskaleringene i «Klima i Norge i 2100» gi bedre kunnskapsgrunnlag for modellering av produksjonspotensialet og utvikling av tilpasset plantemateriale for tilgjengelige arealer under forventede klimatiske endringer.

Endringer i vekstsesongens lengde, økt CO_2-konsentrasjon i atmosfæren og gunstige nedbørforhold gir i plantevekstmodeller en økning i produksjon på 10- 30 prosent (Höglind et al. 2015, Persson og Höglind, 2014, Olesen, 2014) forutsatt at driftsmessige forhold lykkes. Det er viktig for tilpasningsarbeidet at forskning og kunnskap om driftsmessige forhold prioriteres. I tillegg til økte avlinger kan lengre vekstsesong utvide dyrkingsområde for noen vekster og gi muligheter for å dyrke nye vekster og sorter i Norge eller i landsdeler der de ikke er dyrket tidligere. I varme og tørre områder i sør vil biomasseproduksjonen reduseres.

Innen korndyrking kan lengre vekstsesong gi muligheter for tidligere såing om våren, tidligere modning og innhøsting, muligheter for å dyrke sorter/arter som modner seinere og har høyere avlingspotensiale. Dyrkingsområdet for korn, særlig for høstkorn forventes å øke. For grovfôrdyrking gir lengre vekstsesong muligheter for flere høstinger og høyere avling, men også muligheter for bedre kvalitet av foret ved høsting på tidligere utviklingsstadium. Beitesesongen kan bli utvidet med 1- 2 måneder (2050). Høyere vintertemperatur kan gi muligheter for utvidet dyrkingsområde av flerårig raigras som har høyt avlingspotensiale. Av varmekrevende ettårige vekster vil det (2050) bare være i de varmeste delene av landet, rundt Oslofjorden at fôrmaisdyrking kan bli aktuelt. Det er økende etterspørsel etter grønnsaker og lengre vekstsesong kan gi muligheter for økt dyrking også i områder som i dag ikke er brukt til grønnsaker. Innen frukt og bærdyrking kan dyrkingsområder utvides og nye aktuelle vekster kan være innen fersken aprikos.

12.2.4 Jordbrukets utfordringer i endret klima

Klimaendringer kan inndeles i langsiktige endringer og ekstreme hendelser og krever ulike tilpasningstiltak. Det er mange usikre faktorer knyttet til klimaendringer og effekter av klimaendringer jf. drøfting av risiko og klimatilpasning i kapittel 11.3. Langsiktige endringer inkluderer lengre vekstsesong, høyere gjennomsnittstemperatur, endringer i nedbørsmønster mellom årstider og høyere minimums- og maksimumstemperaturer. Den andre type utfordring knytter seg til ekstremhendelser og avvik i værvariasjoner fra år til år og innen år.

12.2.4.1 Usikkerhet og risiko

For jordbruksproduksjon kan små endringer i temperatur og nedbør ha større konsekvenser, slik som forholdet frost/ikke frost, endring i antall dager med nedbør og dager med oppholdsvær, nedbørintensiteter. Det kan ha stor påvirkning på driftsforhold som kjørbarhet (såing/innhøsting), muligheter for plantevern etc. For tilpasningsarbeidet i jordbruket er det av stor betydning å ha tilgang på gode meteorologiske data. Det er ikke gjort nye modellanalyser knyttet til nedskaleringer av den nye KLIMA 2100 rapporten (Hanssen- Bauer et al., 2015). Ved å anvende disse klimadataene i kombinasjon med forbedrete modeller, kan usikkerheten i nye vurderinger reduseres.

Da manglende tilpasning til ekstremvær kan medføre store skader er sikring av produksjonsgrunnlaget mot flom, skred, ukontrollert overflateavrenning, etablering av velfungerende hydrotekniske systemer nødvendige forebyggende tiltak. Varsling av ekstremvær kan gi tid til å iverksette enkelte tiltak for å beskytte arealer/produksjoner mot ødeleggelse, men tiltaksmuligheter kan være begrenset. Ved episoder som slår ut ett års avling (nedbør, frost, tørke, vind, skadedyr/sykdommer) kan selve produksjonsgrunnlaget være intakt, men den økonomiske effekten for bonden kan være stor. Et tilpasningstiltak for korn områder kan være mulighet for å dyrke gras om vårflom har rasert kornavling, men det krever tilgang på egnet utstyr, såfrø og avsetningsmuligheter. Arbeidsgruppa mener at det er viktig å undersøke slike alternative muligheter for tilpasning.

12.2.4.2 Tilpasning til våtere forhold

Dagens jordbruksareal har ikke god nok dreneringstilstand, men omfang av dårlig drenert jord er usikkert. Basert på den nasjonale jordsmonnkartleggingen som NIBIO utfører er det for noen områder utarbeidet kart som viser behov for grøfting. Dette grunnlaget kan brukes for å fremskaffe indikasjoner på grøftingsbehov ut fra jordas naturlige dreneringsbehov, men sier ikke noe om status på grøftingen i dag. Arbeidsgruppa mener det basert på forventet økning av nedbør vil være et godt tilpasningstiltak å gjøre nye vurderinger av dreneringsbehovet.

For å utbedre dreneringstilstanden i norsk jordbruk er det behov for tiltak på flere nivå. Systematisk kartlegging utført i nedbørfelter på Østlandet, har påvist mangler ved drenering og hydrotekniske systemer ved dagens klima og gitt grunnlag for utbedringsplaner. Slik kartlegging er aktuelt i tilpasningsarbeidet for flere områder. Det er også behov for å gjennomgå og revidere dimensjoneringskriterier for ulike distrikter. Dette vil gi grunnlag for bedre rådgivning om utforming av dreneringssystemer og hydrotekniske anlegg. Vurdering av drenering bør inngå i den hydrologiske risikoplanen som bør utarbeides på gårdsnivå.

Utdannings- og forskningsmiljøet for drenering og hydroteknikk trenger styrking. Kunnskapsgrunnlaget for dimensjonering og utforming av dreneringssystemer bygger dels på forskning og erfaringer fra sytti-åttitallet og trenger revidering. Det er behov for å avklare under hvilke situasjoner og forhold der drenering ikke er tilstrekkelig og det er behov for andre tiltak. Slike tiltak kan være en kombinasjon av åpne grøfter og profilering av jorda. Det kan også være dyrking av andre vekster, vekster som tåler våtere forhold, maskiner som er bedre tilpasset kjøring under våte forhold. Grøfting og andre hydrotekniske tiltak har normalt høye kostnader, og det kan være behov for bedre tilskuddsordninger for å sikre tilstrekkelig gjennomføring av slike tiltak.

12.2.4.3 Overvåking, varsling og bruk av planleggingsverktøy.

Brukerne må ofte ta viktige beslutninger i ulike situasjoner ute på jordet. Utvikling av online planleggingsverktøy, app'er og liknende er allerede tatt i bruk i dagens rådgivning. Overvåking, varsling og bruk av slike planleggingsverktøy kan bli en viktig del av det lokale tilpasningsarbeidet. Utvikling av nye og videreutvikling av eksisterende varslings og beslutningsstøttemodeller er viktig for å gi brukerne gode verktøy for å ta dyrkingsmessige beslutninger. Slike systemer finnes nå innen plantevern (VIPS), gjødsling (Nitrogenstatus), EU-Rotae-N (grønnsakkulturer) og risiko for jordpakking (Terranimo). Slike systemer er aktuelle for videreutvikling i tilpasningsarbeidet og krever kombinasjon av modellutvikling, tilgang på data, kobling til værdata og aktive fagmiljø.

12.2.4.4 Tilpasning av plantemateriale og planteforedling.

For alle produksjoner er det fremhevet at endringer i vekstvilkår krever tilpasning av plantemateriale, både endringer ved bruk av dagens plantemateriale, men også behov for foredling for bedre tilpasset plantemateriale. Det norske frømarkedet er lite og egnet sortsmateriale må utvikles i Norge eller Norden. Siden det forventes mer ustabile værforhold er det behov for at foredlingsarbeidet prioriterer mer robuste sorter som kan tåle større variasjoner i klimatiske forhold (nedbør, temperatur) og tester dette under mer ugunstige driftsforhold (stressforsøk). En pågående pilotstudie der en undersøker ulike genetiske varianter innen bygg, havre og hvete og deres toleranse for å tåle oversvømmelse og jordpakking er eksempel på slik tilpasningsbehov og mulighet for foredlingsarbeidet. Sortsutvikling er en langvarig prosess. Det er mulig å ta i bruk kostnadseffektive seleksjonsmetoder for å øke foredlingsfremgangen og kople dette til økt bruk av plantevekstmodeller.

For korn er det behov for korte og stråstive sorter for å unngå legdeproblemer og økt spiretreghet. Nye sorter bør være tilpasset endret sopp og skadedyrsituasjon. For grovfôr er det behov for sorter tilpasset ulike vekstbetingelser rundt i landet der særlig endringer i vekstsesong og vinterforhold krever god vinterherdighet. Varmere høst og vinter påvirker herdings og overvintringsforhold og dermed vinteroverlevelse med størst effekter i nord der daglengden er kort. Grønnsaksorter foredles ikke i Norge, men frøfirmaene prøver ut aktuelle sorter og arter. Da etterspørsel etter grønnsaker er økende samtidig som lengre vekstsesong kan gi bedre muligheter for grønnsakdyrking er det økende behov for utprøving og anbefalinger av arter og sorter. Utprøving av utenlandske frøsorter i Norge må forutsettes å være drevet av utviklingen i markedet og finansiert av frøfirma og bransjeaktørene. Det kan imidlertid ikke forventes at europeisk planteforedling skal ta ansvar for foredling for norske forhold. Det er derfor behov for å øke foredlingsomfang og antall testlokaliteter i forhold til dagens nivå for bl.a. tilpasning til regionale forskjeller.

Også for frukt og bærdyrking er det nødvendig med foredling og tilpasning av nytt plantemateriale for å kunne utnytte mer kravfulle sorter som krever lenger veksttid. Det kan gi muligheter for nisjeproduksjoner, bedre fruktkvalitet og utvidet dyrkingsområde. Siden frukt og bærproduksjon er følsom for små endringer i temperatur og nedbør i ulike vekstperioder er tilpasset plantemateriale av stor betydning. Det er få utenlandske foredlingsprogram som bidrar med sorter som er aktuell for dyrking med salgskvalitet i Norge, unntak er søtkirsebær og delvis plomme. NIBIO Ullensvang har ansvar for rettleiingsprøving i frukt og prøver ut nye sorter fra Graminor og utenlandske foredlingsprogram med årlig finansiering fra LMD. Det tar

minst syv år fra import av podekvist til oppformering av tre og dyrking i felt. Nye regler om direkte import av plantemateriale av frukttre fra sykdomsfrie soner i Europa gir nå mulighet for mer effektiv og raskere utprøving av nytt sortsmateriale.

12.2.4.5 Driftsmessig tilpasning, jordarbeiding, gjødsling.

Endringer i lengde av vekstsesong og endringer i vekstvalg kan føre til endringer i jordarbeiding, gjødsling mm. Flere høstinger og større avlinger kan gi behov for endringer i dyrkingsanbefalinger, som en naturlig del av rådgivningen. Våtere forhold kan gi spesielle driftsmessige utfordringer avhengig av tidspunkt for nedbør som såtidspunkt om våren og innhøsting av avling i vekstsesong og høstperioden. Muligheter for plantevern i vekstsesongen, innhøsting og kvaliteten på avlingene kan påvirkes (både korn og grovfôr). Mer nedbør om våren kan gjøre det vanskeligere å fornye eng, forlenge omløpstid og redusere muligheter for å dyrke sorter med høyere avlingspotensiale.

Driftsmessige problemer kan forsterkes ved dårlig drenert jord og ved kjøring med tunge maskiner som pakker jorda. Oversvømmelser om høsten kan påvirke herding av gras ved varmere høster, men s det om vinteren kan føre til isdekke og oksygenstress. Aktuelle tilpasningstiltak inkluderer bedre drenering og reduksjon av risiko for jordpakking. Det vil være behov for teknisk utvikling for å redusere pakkingskader, som bruk av lettere maskiner, faste kjørespor, spredning av husdyrgjødsel med slange i stedet for kjøring med tunge tankvogner. Det er behov for teknologisk utvikling med mer bruk av roboter og sensorteknikk. Spredning av biorest etter biogassbehandling i stedet for tunge tankvogner (vann) er andre eksempel.

Dagens utstyrsutvikling er ikke spesielt fokusert på våte forhold, men er eksempel på område der det forventes og er behov for tilpasning. Planleggingsverktøy som "Terranimo" (www.terranimo.dk) er eksempel på et hjelpemiddel som kan hjelpe bonden til vurdering av risiko for jordpakking. Dersom slike hjelpemiddel utvikles med kobling til aktuelle værforhold, meteorologiske data kan de aktivt brukes for varsling og tilpasningsarbeid. Selv med slike hjelpemiddel kan man ikke alltid unngå pakkingskader eller være sikre på å få gjort innhøsting.

Andre tilpasninger kan være å endre fra korn til gras- som tåler våtere forhold, bruke sorter som modner tidligere eller foredle sorter som tåler våtere forhold. Våtere forhold om våren kan gi færre antall tilgjengelige dager for å gjøre våronn. Aktuell maskinkapasitet kan avgjøre om man kan så 25 eller 50 daa/dag, dette har stor betydning hvor mye areal man kan rekke over pr dag og for investeringsbehov og kostnader. Bruk av maskinentreprenører og tilgjengelig kapasitet for kjøring vil i praksis også påvirke muligheter for kjøring under optimale forhold og risikoen for skadelig jordpakking.

Presisjonsgjødsling kan bli mer aktuelt som tilpasningstiltak, både for å redusere risiko for økt utvasking av nitrogen ved våte forhold og lystgasstap. Omfanget i praktisk drift er i dag relativt lite på grunn av kostnader. Andre tiltak kan være bruk av N-sensor for å måle nitrogenstatus, teknikker for å måle næringsinnhold i husdyrgjødsel.

Klimaframskrivningene viser også at det i noen områder kan bli risiko for tørkestress, spesielt på tørkesvak sandjord og det kan gi bli behov for økt bruk av vatningsanlegg. Økt bruk av blandinger av sorter med ulike

egenskaper kan være en god strategi for tilpasning til variabelt klima, det gjelde både toleranse for tørkestress, men også for å tåle våtere forhold.

12.2.4.6 God jordkvalitet

Det er usikkert hvordan endringer i klima vil påvirke organisk materiale i jord og dermed jordkvaliteten. Potensialet for å øke karboninnholdet i norsk jord er (kapittel 7) vurdert mindre enn i en del andre områder. Det skyldes at vi allerede har mye grasareal og høyere innhold av karbon. Det er usikkert hvordan endringer i klima vil påvirke karboninnholdet i jorda. En aktuell problemstilling er at økt temperatur kan gi utfordringer for å bevare dagens karboninnhold. Organisk materiale er viktig for god jordstruktur som er av stor betydning ved våtere forhold, for å bidra til høy aggregatstabilitet, god rotutvikling og utnyttelse av næringsstoffer og dermed avlingsnivå. Arbeidsgruppa mener det er behov for å vurdere muligheter for karbonlagring i norske jorder, bedre dokumentasjon av effekter av ulik driftspraksis, endret arealbruk, vekstskifter, sorter med dypere røtter, økt avlingsnivå, bruk av biokull. Det er behov for bedre kunnskap om hvordan jordbruket og jordbrukslandskapet kan bidra til økt karbonlagring.

12.2.4.7 Plantehelse.

Endringer i klima (temperatur og fuktighet) kan påvirke skadegjørere, plantesykdommer og ugras og gi økt skadeomfang enn i dag og dermed påvirke avlingsnivå og matsikkerhet. Sammenlignet med områder lenger sør har vår nordlige beliggenhet gitt mindre risiko og forekomst av ugras, skadedyr og plantesykdommer. Vi har likevel betydelige skader eks av potettørråte, fusarium som kan produsere soppgifter (mykotoksiner) som to eksempel. Det forventes økt risiko i forhold til i dag (se omtale i kapittel 7 og vedleggsrapport). Risikovurderingene gjør en inndeling i «verstinger«, «ulv i fåreklær«, de tålmodige og jokerne. Klimaet kan ha direkte effekter på skadegjørerne, indirekte effekter og brå endringer i forekomst kan gi ikke lineære effekter. Det er et stort antall ulike sykdommer, skadedyr, ugras som kan forekomme. En strategi i tilpasningsarbeidet er å etablere /øke kunnskap om disse organismene, overvåke forekomst, varsle og gi råd om bekjempelse. Dagens varslingssystem VIPS (Varsling inne Planteskadegjørere) er et etablert system som det er behov for å videreutvikle også for flere tema. Dette kan redusere skadeomfang og redusere bruken av plantevernmidler. Etablering av gode diagnoseverktøy er viktig for tidlig gjenkjennelse og varsling. Et prognose og varslingssystem krever at hver enkelt skadegjører studeres.

En viktig del av strategiarbeidet er forebyggende tiltak og å foredle for mer robust plantemateriale mot plantesykdommer. Et annet tiltak er økt bruk av vekstskifter som kan redusere smittepress, mens økt intensivering og flere hold av grønnsaker kan øke risiko. Økt utredelse av høstkorn kan føre til at plantesykdommer kan overvintre i vertplanten eller planterester og illustrerer at endret vekstvalg også kan endre sykdomsforekomst. Andre tiltak kan være dekking med plast, dyrking i veksthus, tuneller (fysisk utestenging), biologisk bekjempelse, massefangst av skadedyr.

Endret klima kan øke risikoen for at skadegjørere fra varmere områder som kommer inn i landet overlever og sprer seg i Norge. Økt import av plantemateriale kan gi grunnlag for skader i kulturer som potet, jordbær og steinfrukt. De nye regler om import av kjernefrukt kan f.eks. føre til økt forekomst og spredning av for eksempel pærebrann som kan bli en klimavinner.

Arbeidsgruppa mener det er viktig med god kunnskap og beredskap om plantehelse både for forebyggende tiltak og for iverksettelse av tiltak ved større skadeomfang. Plantehelse er et tema der en delvis kan forebygge, men der det er forekomst av den enkelte skadesituasjon- tidspunkt for forekomst, omfang og bekjempingsmuligheter som avgjør anbefalinger om tiltak. Slike råd må gis når det er etablert et skadeomfang og det krever at en har overvåking og varslingssystem, samt fagmiljø med kunnskap om bekjemping av aktuelle sykdommer, skadedyr etc.

12.2.4.8 Miljøtiltak i jordbruket

Jordbruksproduksjonen skal foregå på en bærekraftig måte med minst mulig utslipp til vann (avrenning) og luft (klimagasser) samt forringelse av biologisk mangfold og kulturmiljø. Internasjonale avtaler som Vannforskriften (EUs vannrammedirektiv) setter krav til vannkvalitet. Miljøtiltak i jordbruket blir fulgt opp med ulike virkemidler bla gjennom regionale miljøprogram (RMP) i tillegg til lover og regler om utslipp fra punktkilder og arealer. Økt hyppighet av ekstremvær kan føre til utrasinger i bekkeskråninger, kollaps av dreneringssystemer fra planeringsfelt, erosjon fra jorder og kan påvirke både vannkvalitet og medføre tapt dyrkingsgrunnlag.

Våtere forhold med økt avrenning (større avrenningsmengder eller økt intensitet) kan øke risiko for erosjon, tap av næringsstoffer og plantevernmidler. Betydningen av snøsmeltingsperioden for avrenning og tap kan reduseres, men miljøeffektene er likevel usikre. Det er avgjørende ved hvilket tidspunkt avrenningen forekommer, tilstand på arealer, vekstutvikling og miljøtiltak. Ustabile vintre med veksling mellom fryse og tine perioder kan gi store tap ved nedbørepisoder, men også nedbør i høstperioden etter jordarbeiding eller like etter spredning av husdyrgjødsel kan også gi store tap.

Ved økt omfang av høstkorn som jordarbeides før såing om høsten kan det bli stor erosjon ved intense nedbørsepisoder etter såing. Også intense nedbørepisoder etter gjødsling, etter spredning av husdyrgjødsel eller etter bruk av plantevernmidler kan gi store tap. Faren for overflateavrenning og erosjon i potet og grønnsaker med mye bar jord gjennom vekstsesongen kan også øke. Dette illustrerer behovet for tiltak på selve jordbruksarealene (kontroll med overflateavrenning, jordarbeiding, gjødsling, fangvekster) men også sikringstiltak i nedbørfeltet som vegetasjonssoner, fangdammer, sikring i bekkeskråninger og i gamle planeringsfelt. Vurdering av hvilke arealer som brukes til ulike vekster og krav til miljøtiltak (bufferarealer mellom høstkornfelt og vann) er også en del av nye tilpasninger.

Arbeidsgruppa mener at for å oppfylle krav til vannkvalitet gitt i Vannforskriften kreves det fortsatt stor innsats på miljøtiltak i jordbruket. Det er behov for å overvåke effekter av endret klima på driftssystemer og deres påvirkning på avrenning samt gjennomgå behovet for tilstrekkelige miljøtiltak i forhold til endret avrenningsmønster og ekstremvær.

12.2.4.9 Tilpasning av husdyrproduksjonen

Norge har god dyrehelse og et godt utviklet regelverk for å sikre god dyrevelferd. De faktorer som har bidratt til dette blir det dermed også viktig å opprettholde i som del av jordbrukets klimatilpasning.

Det er viktig å opprettholde god beredskap både i form av overvåkning og dermed evne til å avdekke endringer, nye vektorer eller økt forekomst av eksisterende vektorpopulasjoner. Tverrfaglig samarbeid mellom veterinærmedisinske fagmiljøer og entomologer vil da bli av stor betydning. Likeledes samarbeid mellom ulike fagmyndigheter innen både human- og veterinærmedisin både nasjonalt og internasjonalt. Det viktigere å utvikle helhetlige strategi for helsemessige utfordringer der husdyr, viltlevende dyr og mennesker sees i sammenheng.

En lengre og samtidig våtere beitesesong kombinert med mildere vintre kan på den ene side gi økt fôropptak på beite og lengre beitesesong, men samtidig økt forekomst av parasitter og f.eks. klauvsykdommer grunnet våtere forhold. Det vil derfor være større behov for å følge med på utviklingen av slike forhold og tilpasse bruken av beiter slik at skaderisiko reduseres.

Generelt vil endret klima føre med seg utfordringer for husdyrproduksjonene som begrunner kunnskapsutvikling, kunnskapsberedskap og relevante overvåkingsprogrammer.

12.2.5 Oppsummering

Norsk jordbruk har et godt utgangspunkt for å mestre konsekvensene av klimaendringer. Jordbruket har kunnskap og erfaring. Endret klima kan gi nye muligheter for produksjon som bøndene vil utnytte. Men jordbruket møter også krevende utfordringer når produksjonen skal tilpasses, særlig på grunn av endrede nedbørsforhold.

Norge er likevel bedre rustet enn de fleste land til å mestre dette fordi vi har god tilgang på ressurser, solid kunnskapsgrunnlag og en godt organisert forvaltning. Kunnskapsberedskap og overvåkning må sikres slik at det kan gjøres gode risikovurderinger knyttet til alle identifiserte utfordringer som kan oppstå når klimaet endres. Kunnskapen om aktuelle tiltak må utvikles i takt med risikobildet for skadegjørere i jordbruket.

Arbeidsgruppa vil videre framheve viktigheten av planteforedling og løpende vurdering av valg av arter og sorter på det enkelte areal for å sikre en godt klimatilpasset jordbruksproduksjon. Videre er vedlikehold, dimensjonering og kvalitet hydrotekniske anlegg svært viktig både for jordbrukets egen klimatilpasning, men også for å unngå at avrenning fra jordbruksområder påvirker annen infrastruktur negativt.

13 SKOGBRUKSSEKTOREN

Arbeidsgruppas mandat er å vurdere gjeldende norsk klimapolitikk på landbruksområdet opp mot ny kunnskap som fremkommer i FNs klimapanel sin 5. hovedrapport. Utredningen skal også omfatte opptak i skog og lagring i jord, basert på ny kunnskap fra klimapanelet og nye framskrivinger i Norge. Utredningen skal også omfatte vurderinger av nye muligheter og utfordringer for norsk skog i lys av klimaendringene, herunder tilpasningsbehov. I dette kapitlet gir arbeidsgruppa sine vurderinger av disse spørsmålene, på bakgrunn av kunnskapsstatus som særlig fremgår av kapittel 8 og 10.

13.1 UTSLIPP, OPPTAK OG LAGRING

Skogens og skogbrukets rolle i klimasammenheng har vært en sentral del av klimaarbeidet i mange år og tema er behandlet i mange stortingsmeldinger. Aktuelle melding de seneste årene er St.meld. nr. 39 (2008–2009) og Stortingets behandling av denne, jf. Innst. 100 S (2009–2010). Skogbruk er også behandlet i St. Meld. St.21 (2011-2012)-Norsk Klimapolitikk, Innst. 390 S (2011–2012) og konklusjonene i meldingene som ble utgitt før Klimapanelets femte hovedrapport i 2014-2015, samt resultatene i skograpporten til Klimakur 2020 samsvarer med de konklusjoner som er gjort i FNs klimapanels fjerde hovedrapport fra 2007; «I et langsiktig tidsperspektiv vil bærekraftig skogforvaltning som tar sikte på å øke skogens karbonlager, samtidig som det årlig produseres virke til tømmer, fiber og bioenergi, gi størst klimaeffekt». I Meld. St 14 (2015-2016) vises det til at uttak av biomasse fra skog kan økes samtidig som det biologiske mangfoldet ivaretas gjennom å styrke miljøhensynene i skogbruket.

Klimapanelets 5. hovedrapport bidrar i hovedsak til å underbygge og forsterke vektleggingen av skogens rolle i klimapolitikken. Det følger at dette at skogens funksjon er å redusere CO_2-utslippene i andre sektorer ved at trevirke erstatter fossile ressurser og andre klimabelastende produkter, samtidig som det bygges opp et høyt og robust karbonlager i skogen fram mot 2100, med evne til fortsatt å ta opp CO_2virke som karbonsluk. De mest kostnadseffektive skogtiltakene er økt skogplanting, redusert avskoging og bærekraftig skogforvaltning. Tiltak som kan styrke skogens bidrag til substitusjon av fossile ressurser og til karbonnegative løsninger er tillagt stor vekt i 5. hovedrapport.

Globalt vil tiltakenes relative betydning variere mellom ulike regioner. Avskoging er særlig et u-lands problem som Norge internasjonalt, og gjennom regjeringens klima- og skogprosjekt, i betydelig grad har bidratt økonomisk til å begrense siden prosjektet ble lansert i 2007.

Dette samsvaret med regjeringens overordnete politikk på området. Norske mål for skogens rolle i klimapolitikken er seinest omtalt i Meld. St. 13 (2014-2015) «Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU». I meldingen sies at: «Regjeringen vil legge større vekt på klimapolitiske målsettinger i forvaltningen av norske skoger. For å sikre overgangen til et lavutslippssamfunn, både i Norge og andre land, må opptak av CO_2 i skog og på andre arealer som ikke skyldes nye tiltak, komme i tillegg til, og ikke til erstatning for, utslippsreduksjoner i andre sektorer. Her bør det ses på tiltak som kan ivareta eller styrke skogens karbonlager, og tiltak som gjør at trevirke kan erstatte mer utslippsintensive materialer, samt at fornybar bioenergi fra skogen kan erstatte fossil energi. Regjeringen ønsker også å legge til rette for å øke

avvirkningen av skog.» Videre peker meldingen på at: «Tiltak som øker karbonlageret og reduserer utslippene av klimagasser fra skog og andre landarealer gjennom en mer aktiv skog- og arealpolitikk, vil også bidra til gjennomføring av ny norsk klimaforpliktelse. Økt bruk av bioressurser til erstatning for fossile brensler og utslippsintensive materialer vil også være et viktig bidrag til lavutslippssamfunnet. Den nedadgående trenden i tilvekst kan begrenses på lengre sikt ved gjennomføring av nye skogskjøtseltiltak og målrettete klimatiltak i landsektoren.

Det er godt samsvar mellom kunnskap og prioriteringer som framkommer i Klimapanelets 5. hovedrapport og overordnet norsk klimapolitikk for skogsektoren.

13.1.1 Tiltak

13.1.1.1 Økt opptak og lagring i skog

Som en oppfølging av klimaforliket er flere tiltak vurdert, utredet eller iverksatt i Norge, se nærmere omtale i kapittel 8.6. Kostnaden og potensialet ved ulike klimatiltak i skog ble vurdert i Klimakur2020 og sammenstillet i Meld. St. nr. 21 (2012) "Norsk klimapolitikk". Skogtiltakene er kostnadseffektive og vil i sum kunne bidra med økt langsiktig opptak i størrelsesorden 6,6-12,3 millioner tonn CO_2 ekvivalenter.

Tabell 18. Oppsummering fra Klimakur 2020 over tiltak som bidrar til økt opptak og reduserte utslipp av klimagasser i skogbruket.

Tiltak	Årlig endring i opptak av CO_2		Tidshorisont (år)	Tiltakskostnad[1)] (kr/tonn)
	2020	Slutten av omløps-tiden		
1. Økt plantetetthet på eksisterende arealer	0,022	2,0	100	190
2. Planting av skog på nye arealer - 1mill. dekar - 5mill. dekar	 -0,017 -0,009	 2,2-0,5 8-8,4	 50-70 50-100	 -10 -10
3. Gjødsling av skog	0,45	0,45	10	-13 til 0
4. Skogplanteforedling 15% foredlingsgevinst[2)]	0,00067	1,41	100	0
5. Redusert avskoging[3)]	0,3	Ikke kvantifisert		Ikke kvantifisert
6. Endret avvirkningsnivå[4)] *(pr år)* - Øke til 15 mill. m^3 - Red. til 10 mill. m^3	 -2,2 3,3	 -1,9 2,82	 100 100	Ikke kvantifisert

[1]Eksterne effekter knyttet til for eksempel biologisk mangfold er ikke inkludert i beregningene.
[2] I dette eksempelet er det forutsatt økt hogst og dagens plantetetthet.
[3] Det er lagt til grunn at avskoging halveres fra dagens nivå, som tilsvarer et utslipp på om lag 0,6 mill. tonn CO_2-ekvivalenter.
[4] Økte eller redusert avvirkning vil endre tilgangen på bioenergi og byggeråstoff og dermed påvirke utslippene i andre sektorer.

Vern av skog som karbonlager som ellers vil gå tapt (hindre avskoging) er nevnt som klimatiltak i klimapanelets femte hovedrapport. Vern av skog mot bærekraftig skogbruk er imidlertid ikke nevnt som klimatiltak. Med bakgrunn i klimaforliket er det satt ut et fellesoppdrag til Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet og NIBIO om å vurdere kunnskapsgrunnlaget om skogvern som klimatiltak i Norge, med leveringsfrist 15. februar 2016.

Klimapanelet peker på betydningen av å øke det produktive skogarealet gjennom redusert avskoging og skogforringelse og gjennom en aktiv bærekraftig politikk for økt tilplanting på nye arealer. Dette er fulgt opp i Stortingets klimaforlik hvor det bestilles en strategi for økt skogplanting. Regjeringen har iverksatt en treårig pilotordning for skogplanting med oppstart i 2015. For 2016 er det bevilget 15 millioner kroner til tiltaket. Pilotordningen har i seg selv ubetydelig klimaeffekt, men vil bidra til å høste erfaring med hvordan dette kan gjennomføres i praksis. En betydelig oppskalering i tråd med konklusjonene i rapporten «Planting av skog på nye arealer som klimatiltak» til et nivå der det plantes på 50 000 dekar årlig over en 20-års periode, vil gi stor og langvarig effekt.

Skogplanteforedling, økt plantetetthet og gjødsling kan øke arealproduktiviteten og dermed styrke karbonlageret i norske skoger. Regjeringen har bevilget 33 millioner kroner over Statsbudsjettet 2016 som skal fordeles mellom de ovennevnte tiltakene. En intensivert og styrket skogplanteforedling kan gi økning i tilvekst og karbonlagring på 15-25 prosent. Gjødsling av skog har rask effekt med tilvekstøkning i 6-10 år etter gjødsling, i et omfang som vurdert som aktuelt i rapporten «Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak» kan effekten være 0,14 til 0,27 millioner tonn CO_2 i året etter 10 år.

Forbud mot hogst av ungskog ble introdusert i klimaforliket (Meld. St. 21 (2011–2012). Tiltaket skal sikre at trærne ikke hogges før den har nådd den fasen hvor karbonlagringen er betydelig. Gjennom revisjonen av PEFC skogstandard som ble innført fra 2016 er det satt krav som innebærer at det ikke er anledning til hogst av skog i hogstklasse 3 og yngre hogstklasse 4. Disse kravene vil gjelde for så godt som all skog i Norge.

En aktiv og bærekraftig skogpolitikk inkluderer tiltak for økt plantetetthet og bedre regulering av treantall i bestandspleien. Avstandsregulering og tynning har både langsiktig effekt på CO_2 opptak, fremmer virkeskvalitet og kan også bidra til å gjøre skogen mer robust mot vind- og snøbrekkskader. Dette gir både mer stabilt biomasselager og bedre kvalitet på det tømmeret som skal brukes til materialer og substitusjon.

13.1.1.2 Tiltak for substitusjon for fossil energi og byggevarer med stort karbonfotavtrykk.

Substitusjon til varmeproduksjon basert på bioenergi blir stimulert gjennom bioenergiprogrammet til Innovasjon Norge som gir investeringsstøtte til etablering av biovarmeanlegg, og ENOVA sine støtteprogrammer som har til formål å øke bruken av skogråstoff til bioenergi. I perioden 2012-2014 ble fornybar varme i gjennomsnitt støttet med 5,5 øre/KWh av ENOVA. Grønne sertifikater hadde til sammenlikning en pris på over 18 øre/KWh i 3. kvartal 2015. Energiflisordningen som blant annet støttet uttak av GROT (greiner og topper) og som ble etablert som et sysselsettingstiltak under finanskrisen i 2009 ble avskaffet i 2013. Økt bruk av GROT er et punkt fra klimaforliket, og i dag er det ingen virkemidler som spesifikt stimulerer til uttak av GROT.

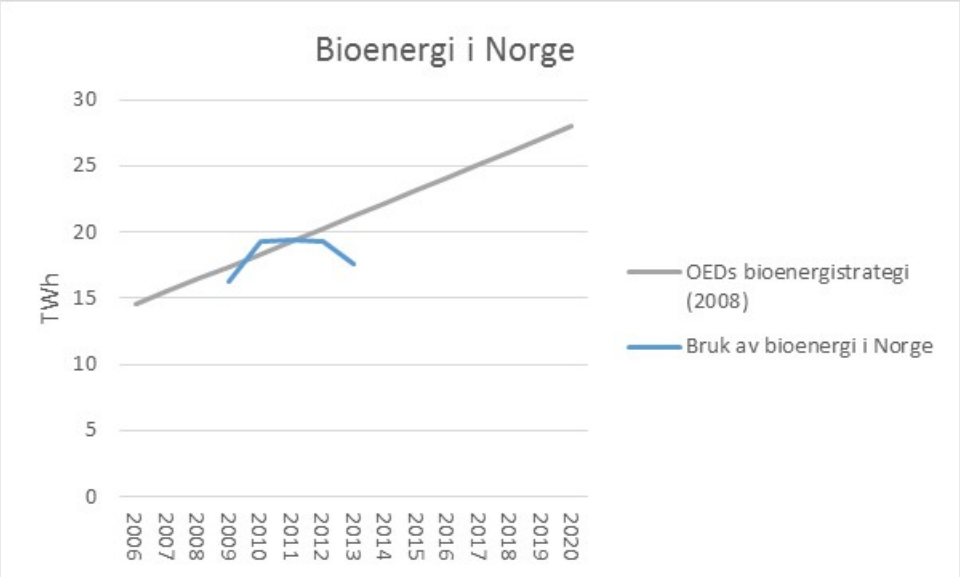
Insentivene for bruk av tre som byggemateriale og bruk av bioenergi til oppvarming av nybygg eller bygg som rehabiliteres ble redusert gjennom TEK15. Gjennom avgiftspolitikken og omsetningspåbud for biodrivstoff i veitrafikken er det etablert et betydelig marked for biodrivstoff i Norge.

Bruk av tre som materialer er den bruksmåte som gir størst klimagevinst pr. m^3 trevirke. Slik bruk av tre utelukker heller ikke senere bruk av trevirket til bioenergi eller karbonnegative teknologier når materialene en gang i framtiden ikke skal brukes lenger. Trebasert innovasjonsprogram i Innovasjon Norge har vært et målrettet tiltak for å utvikle nye konsepter og løsninger med bruk av trevirke i bygg. Programmet har f.eks. vært avgjørende for å få fram prosjekter som viser hvordan tre kan brukes på nye måter i blant annet bruer, store signalbygg og høyhus.

Det er gitt betydelig støtte til forskning og utvikling knyttet til biodrivstoff fra skog og til grunnleggende forskning for anvendelse av skogråstoff til forproduksjon for fisk og husdyr (Forskningsrådets støtte til NMBUs SFI «Foods of Norway»). Disse områdene kan få stor betydning for etterspørsel etter massevirke og skogsavfall framover.

Dette viser at regjering og Storting har lansert, utredet og iverksatt de mest aktuelle tiltak for å utnytte skogens rolle i å begrense klimaendringene og dermed på en god måte fanger opp utfordringer som følger av ny kunnskap i Klimapanelets 5. hovedrapport. Foreløpig er imidlertid tiltakene ikke dimensjonert i en størrelsesorden som kan gi forholdsmessige bidrag til signaliserte behov i Klimapanelets siste hovedrapport.

Det et betydelig avvik mellom politisk uttalte målsetninger på bioenergiområdet og dagens produksjon og bruk av bioenergi. Dette reiser blant annet spørsmål om rammebetingelser og konkurranseflater for bioenergi. Landbruks- og matdepartementet får nå utredet om dagens virkemidler i dette markedet er nøytrale mellom varme fra elektrisitet og varme fra bioenergi, og om det eventuelt er behov for nye virkemidler for å nå de politiske målsettingene på området.



Figur 49. Regjeringens bioenergistrategi fra 2008 målsatte inntil 14 TWh ny bioenergi innen 2020, noe som ville tilsvare økt utbygging med inntil 1,2 TWh i året gjennomsnittlig fordelt over perioden. Bruk av bioenergi i Norge viser en nedadgående trend. Nedleggelse av papirindustri er bare en del av forklaringen. Tall bygger på (Trømborg 2015) på IEA Bioenergy Task 40 –Country report 2013 for Norway.

13.1.2 Forslag til nye prioriteringer og tiltak

Selv om de aktuelle tiltak er tatt med i politisk prioriteringer og utvikling av tiltak, er det likevel spørsmål om tempo og omfang av implementering står i rimelig forhold til behovet for raske og virksomme tiltak for begrensning av klimaendringene, slik de står beskrevet i klimapanelets scenarioer for 2 graders målet.

Skogplanting og andre tiltak for økt karbonlagring i skog spiller en sentral rolle i klimapanelets lavutslippsscenarioer. Tiltaket blir spesielt viktig i fravær av andre tiltak for fangst og lagring av CO_2, da skogen og landarealene må stå for en større del av opptak og lagring av karbon. Klimapanelets scenarioer inkluderer skogplanting i størrelsesorden 1 milliard hektar globalt. Dette tilsvarer et areal større enn Oceania i størrelse. I en rapport om «Skogplanting som klimatiltak» utarbeidet av Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet og Skog og landskap synliggjøres at 1 million dekar kan tilplantes i Norge og med akseptable konsekvenser for naturmangfold, kulturmiljø og kulturlandskapet. Norges bidrag (gitt at vi planter til 1 million dekar) i forhold til behovet for 1 milliard hektar skogplanting blir da 0,1 promille av det arealet som må tilplantes globalt. Norske utslipp utgjør til sammenlikning én promille av globale utslipp. Dagens virkemiddelbruk er langt unna å kunne bidra til 1 million dekar, så her trengs det betydelig økt innsats, dersom det er politisk ønske om at Norge skal bruke mulighetene knyttet til skog for å bidra til å nå togradersmålet.

Statsbudsjettet for 2016 innebærer en satsing på planteforedling, gjødsling og tettere planting. En bør vurderes å styrke tiltakene etter hvert som en har fått erfaringer med disse ordningene.

Økt implementering av bioenergi er sentralt klimatiltak i Klimapanelets 5. hovedrapport. Lavutslippsscenarioene for et togradersmål krever implementering av moderne bioenergi innen 2100, tilsvarende 27 000-83 000 TWh på globalt nivå. Registrert bruk av bioenergi i Norge er på om lag 13-14 TWh. I nasjonal bioenergistrategi er det satt mål om å øke produksjonen med inntil 14 TWh innen 2020. Svekket konkurranseevne mot både fossile og andre fornybare energiformer har forsinket implementeringen av bioenergi, og vi er ikke i nærheten av å utnytte det tilgjengelige ressurspotensialet for bioenergi. Dersom Norge skal bidra til å dekke det enorme behovet for bioenergi som skisseres i klimapanelets lavutslippsbaner, er det grunn til å vurdere norske bioenergimål og virkemidler på nytt. Den gjennomgang LMD nå gjør, (jf. punkt 14.1.1) er derfor viktig.

Gjennom veibruksavgiften og omsetningspåbud for biodrivstoff i veitransport er det etablert et marked for biodrivstoff i Norge. Skal en gjennomføre de utslippskutt i vei-, fly- og sjøtransport som er synliggjort i Miljødirektoratets tiltakspakker, må imidlertid virkemidlene rettet mot veitransport ytterligere forsterkes, samtidig som det etableres virkemidler rettet mot fly- og sjøtransport. Etablering av markeder er viktig, men det er like viktig at det blir utviklet lønnsomme verdikjeder for produksjon av 2. generasjons biodrivstoff i Norge basert på trevirke. For å oppnå dette er det behov en helhetlig, langsiktig politikk for produksjon av 2. generasjons biodrivstoff i Norge.

Fangst og lagring av CO_2 (CCS) kombinert med bioenergi (BECCS) er et sentralt tiltak for å nå to-gradersmålet i Klimapanelets 5. hovedrapport. CO_2 fangstanlegg (CCS og BECCS) på kraftverk kan komme til å få en krevende konkurranseflate mot sol, vindkraft og annen ny fornybar energi. Norge har imidlertid flere forutsetninger for å kunne lykkes med teknologier basert på CCS og BECCS. Dette dreier seg om at vi har store industrielle punktutslipp, teknologisk spisskompetanse, erfaring med CCS fra fossile energibærere, egnede geologiske lagringsplasser på norsk sokkel og betydelige biomasseressurser. I sum kan dette være viktige suksesskriterier for utvikling av karbonnegative CCS teknologier i sammenheng med produksjon av bioenergi.

Dersom det utvikles teknologier basert på BECCS, vil skogbiomasse som høstes til slike formål bli beregnet som utslipp til atmosfæren ved avvirkningstidspunktet. Dette utslippet vil bli bokført i LULUCF regnskapet, uten at det finnes en tilsvarende konto hvor den mengde biologisk karbon som overføres til sikker lagring i geologiske strukturer kan krediteres. For å kunne lykkes med karbonnegative teknologier, er det avgjørende at reelle bidrag kan bokføres og krediteres i klimaavtaleverket.

Substitusjon til klimavennlige produkter innenfor ulike sektorer krever en aktiv politikk for de grønne skiftet. For å utvikle byggenæringen ytterligere i klimavennlig retning, bør det vurderes å inkludere krav til dokumentasjon av materialenes klimapåvirkning i hele livsløpet. Det vil være opp til industrien og markedet å finne materialer og byggemetoder som tilfredsstiller kravene. Tre og trebaserte produkter vil være et de materialene som er med i konkurransen, men for at tre og trebaserte produkter skal bli foretrukket må de samtidig være er konkurransedyktig på pris og funksjonalitet. Dersom biomasse skal bidra til den substitusjonen av fossil energi og materialer, slik det beskrevet i lavutslipp scenariene i 5. hovedrapport, så trengs det økt satsing både på FoU, utvikling av industrialiserte løsninger, spesielt rettet mot urbane strøk.

Økt trebruk bør også fremmes gjennom praktiseringen av plan- og bygningsloven, økt bruk av livsløpsanalyser i byggeprosjekter og gjennom en bevisst politikk ved bygging av nye offentlige bygg.

Lønnsomt uttak av biomasse fra skog forutsetter tilgang til skogressursene og akseptable transportkostnader fra skogen fram til industri. Dette forutsetter et godt utbygd veinett av tilfredsstillende standard både i skogen og på offentlig vei. Det er både behov for opprusting av eksisterende veinett og behov for nybygging for å få tilgang på skogressursene på en effektiv måte. Nybyggingsbehovet er spesielt knyttet til kyststrøkene der det er behov for veier for å kunne drive kulturskogen. Denne regjeringens har satset på skogsveier. Tilskuddsordningen stimulerer til et rasjonelt veinett på tvers av eiendomsgrensene. Dersom samfunnet ønsker å øke utnyttelsen av skogressursen, så trengs det fortsatt støtte til veiutbedring og til bygging av nye veier. Næringen må likevel ta en betydelig del av investeringskostnadene selv. Skogfondsordningen er et virkemiddel som både krever og muliggjør nødvendige investeringer i bærekraftig skogbruk for skogeieren.

Både tiltak for økt skogproduksjon, avvirkning og nye skogsveier kan ha negativ påvirkning på naturmangfold og andre miljøverdier. Et bærekraftig skogbruk forutsetter at slike verdier ivaretas ved gjennomføring av tiltakene. Hensynet til biologisk mangfold skal ivaretas samtidig som skogens muligheter i klimasammenheng utnyttes. Utnytting av skogens muligheter i klimasammenheng innebærer økt produksjon, uttak og bruk av trevirke. Selv om det tas hensyn ved gjennomføring av tiltakene, kan dette likevel gi negative konsekvenser for det biologiske mangfoldet i de norske skoger. Det er derfor viktig å ha god kunnskap om utviklingen av det biologiske mangfoldet i skog, slik at en fortløpende kan vurdere om det er behov for å sette i verk tiltak for å ivareta hensynet til biologisk mangfold på en bedre måte. Artsdatabankens rødlister for arter og naturtyper og resultatene fra Landsskogtakseringen vil være spesielt viktige ved slike vurderinger.

13.2 KLIMATILPASNING TIL ENDRET KLIMA I SKOGBRUKET

For å sikre at skogens helse og produksjonsevne opprettholdes også under endret klima, er det behov for å motvirke risiko for ulike typer negative påvirkninger og skader. I dette kapittel omtales aktuelle tiltak for å utnytte muligheter for økt skogproduksjon som kan oppstå under endret klima, og de trusler skogene blir utsatt for når klimaet endres.

Tilpasningstiltak skogbruket reiser særskilte utfordringer på grunn av den lange omløpstiden for et skogbestand i Norge. De trærne som spirer i dag må opprettholde sunnhet og produksjonsevne også mot slutte av omløpstiden. Det betyr at trærne må mestre klimatiske forhold som kan ligge fra 40 til 120 år fram i tid. Sett i sammenheng med de klimaframskrivningene som er gitt i rapporten Klima i Norge 2100, betyr det at trær som plantes i dag må mestre et klima der vekstsesongen kan være 2 måneder lengre, temperaturforholdene, nedbørmengde og -fordeling vesentlig annerledes. Det samme gjelder påvirkningen på skogen fra biotiske og abiotiske skadegjørere og skadeårsaker.

St meld Meld. St. 33 (2012–2013)-Klimatilpasning i Norge omtaler klimatilpasning i skogbruket. «Skogpolitikken bidrar gjennom satsing på økt bruk av trevirke til ulike former for trebruk og til

energiformål, og en aktiv utnytting av skogen i nærings- og klimasammenheng.
Det er behov for økt kunnskap om:

- sammenhenger mellom nedbør, jordsmonn og teknologi samt bevaring av genetisk mangfold som kan bidra til mer robuste skogproduksjonssystemer
- treslagsvalg, skjøtsel og sammenhengen mellom skogbehandling og skaderisiko
- overvåking og utvikling av forebyggende tiltak mot fremmede skadegjørere
- gjennomgang av eksisterende kartleggings- og overvåkingsprogrammer i skogbruket for å avklare behov for eventuelle endringer på grunn av klimatilpasning»

13.2.1 Muligheter for skogbruket i endret klima

Når klimaet endres vil temperatur og termisk vekstsesong øke. Skogproduksjonen i Norge kan derfor øke når klimaet endres. Økt produksjon kan skyldes både at større areal kan bli egnet for skogproduksjon og at arealproduktiviteten øker. Dette betyr at det kan bli lønnsomt å plante og drive skogkultur på arealer som under dagens klima ikke er gjenstand for aktiv skogskjøtsel. I et lengre perspektiv kan også andre treslag enn de som er dominerende i norsk skogbruk i dag, bidra både til både økt og mer variert produksjon.

Dersom økt termisk vekstsesong skal føre til økt tilvekst, forutsettes også tilstrekkelig nedbør og at biotisk og abiotiske faktorer ikke medfører større skader. For å utnytte potensialet for økt tilvekst og stående volum av kvalitetsskog, forutsettes også økt skogplanting og mer aktiv og klimatilpasset skogskjøtsel.

For å utnytte økt potensiell arealproduktivitet er det avgjørende at plantematerialet er tilpasset endret klima og værvariasjoner. Planteforedlingen må derfor inkludere foredlingsmål der tilpasning til endret klima balanseres mot de genetiske egenskapene som må til for at skogplantene også skal overleve i dagens klima. Dette vil dreie seg om at blant annet vinterherding og frosttoleranse kan bli viktigere egenskaper i et mer variert vær.

Skogfrøverkets forslag til «Strategi for skogplanteforedlingen» er omtalt i kapittel 10. Strategien inneholder mål for skogplanteforedling for tilpasning til klima:

- Foredlet frø skal gi foryngelser med bedre overlevelse enn bruk av frø fra skogbestand
- Foredlet frø skal kunne brukes over et større geografisk område enn frø fra skogbestand
- Foredlet frø skal gi et mer robust materiale i en fremtid med et mer ustabilt klima
- Foredlingspopulasjonene og frøplantasjene skal være et dynamisk verktøy for foredling og valg av frømaterialer ved et scenario med raske klimaforandringer

Arbeidsgruppa mener de tiltakene som er satt i gang knyttet til foredling (herunder de mål og strategier som framgår av foredlingsstrategien), planting og skogskjøtsel er dekkende og relevante for å utvikle skogbruket slik at effekter av endret klima kan utnyttes. Foredlingsmål, proveniensvalg ved planting, plantetetthet og skogskjøtsel forutsettes å utvikles i tråd med endringer i klima og værvariasjoner, og ny kunnskap både om klimaendringene og hvordan disse skogtiltakene best kan benyttes. Dette vil være en del av en naturlig og løpende utvikling i skogbruket som ikke krever særskilte tilpasningstiltak.

13.2.2 Utfordringer for skogbruket i endret klima

De utfordringer for skogbruket som følger av endret klima er omtalt i kapittel 10. Utfordringene kan deles i henholdsvis abiotiske og biotiske trusler eller skadeårsaker, men det er også et samspill mellom ulike skadeårsaker.

13.2.3 Abiotiske utfordringer og skadeårsaker

13.2.3.1 Driftsforhold og veier

Det er stort behov for opprusting av eksisterende veinett slik at de blir robuste i forhold til de klimaendringer som må forventes, og slik at de kan håndtere vann på en god måte. Dette krever gode veinormaler. God kompetanse hos veiplanleggere og kunnskap om vedlikehold hos veiens eier er en forutsetning for å håndtere disse utfordringene. Beregninger som vurderer kostandene ved oppgradering til å være flere milliarder kroner.

Et godt utbygd veinett av tilfredsstillende kvalitet er også viktig med tanke på å redusere behovet for terrengkjøring og dermed omfanget av kjøreskader. For å redusere terrengskader under våtere forhold, mindre tele og snødekke er det også behov for å utvikle og ta i bruk planverktøy som gjør det mulig å planlegge driftsveger ut fra fuktighetsforhold og topografi. Samtidig er det behov for å utvikle og ta i bruk teknologi som er tilpasset drift på mark med svak bæreevne.

13.2.3.2 Vindfelling

Tiltak for å redusere risiko for stormskader må vektlegges sterkere i skogbehandlingen. Mulighetene for å skape skogbestand som er robuste mot vind påvirkes både av treslagsvalg, hvordan skogen skjøttes og hvordan avvirkningen skjer.. Ungskogpleie er det tiltaket som har aller størst betydning for å skape stabile og stormsterke bestand. Det er derfor et stort behov for å øke investeringene i ungskogpleie.

Det er også behov for å gjøre en gjennomgang av beredskapsplanverket i forhold til å vurdere konsekvenser av stormfellinger tilsvarende det Sverige opplevde under Stormen Gudrun i 2005 da 70 millioner kubikkmeter tømmer ble skadet. Beredskapsplanverket bør i størst mulig grad koordineres mellom privat og offentlig skogforvaltning. Tilgrensende etater og virksomheters beredskapsplaner må inkluderes slik at man får enhetlige og samstemte krisehåndteringsplaner.

Det må sees nærmere på hvordan en større andel av norsk skogareal kan sikres mot økonomiske tap ved klimarelaterte naturskader, og det må legges bedre til rette for informasjon om skogeierens eget ansvar for å forebygge og forsikre seg mot stormskader og annen naturskade.

13.2.3.3 Brannrisiko

Det er viktig å videreføre dagens prinsipper i skogbrannberedskapen når det gjelder overvåkingstjenesten, lederstøtteordningen og bruk av skogbrannhelikopter. Videre er det viktig at dimensjoneringsforskriften følges opp regionalt slik at skogbrannreserver eller skogbranntroppene øves i tråd med forskriften. Når det gjelder skogbrann er det også behov for å videreføre oppfølgingen av Johnsenutvalgets innstilling fra 2008

som påpeker viktigheten av fullt ressurspådrag i en tidlig fase for å forhindre at små skogbranner utvikler seg til store og uhåndterlige hendelser av sektorovergripende karakter.

13.2.3.4 Tørkestress og frostskader

Aktuelle tiltak er inkludert i foredlingsmålene for skogplanter samt å vurdere risiko når det tas beslutninger om treslags- og proveniensvalg ved foryngelse.

13.2.3.5 Skred

Som ledd i klimatilpasningen åpnes det for å avsette såkalte «hensynssoner» i arealplanleggingen under plan og bygningsloven. Ved arealplanlegging i bratte områder blir det gjerne avsatt "hensynssoner" på skogkledte arealer der det stilles krav til minste treavstand. Betydelige arealer blir i praksis vernet mot avvirkning uten vederlag for grunneier. I forhold til den betydning tilgang på fornybar biomasse vil få i et lavutslippssamfunn, bør arealplanleggingen i størst mulig grad unngå at nye byggeområder legges til rasfarlige områder som fører til behov for å avsette hensynssoner der skogarealer tas ut av produksjon.

Uavhengig av at kommunene har avsatt slike hensynssoner, må skogbruket ta spesielle hensyn til skred og rasfare når skogsdrift planlegges. Dette innebærer bl.a. at en ved planlegging må ta i bruk den offentlig tilgjengelige informasjonen som finnes om skred- og rasfare.

13.2.4 Biotiske utfordringer

13.2.4.1 Skoghelse

For å ivareta god skoghelse bør skogens helsetilstand overvåkes, med vekt på å identifisere alvorlige skadegjørere. Kunnskapsberedskapen må opprettholdes slik det kan gjøres gode risikovurderinger og tilrådinger når risikobildet endres for skadegjørere i skog. God skoghygiene ved at vindfall og annet substrat for skadeinsekter tas ut raskt er av betydning særlig etter litt større stormfellinger og når været i påfølgende sommer er varmt. Likeledes er det viktig å håndheve de bestemmelser som finnes i skogbruksloven med tilhørende forskrifter når det gjelder skoghygiene, lagringsbestemmelser og frister for uttransport av tømmer.

13.2.5 Oppsummering

Norsk skogbruk har stor betydning for norsk klimapolitikk. For å utnytte skogens potensial for opptak og lagring av karbon og som råstoffleverandør til norsk bioøkonomi, er det avgjørende at skogbruket tilpasses klimaendringene. Det er bare gjennom å sikre sunne skoger med god tilvekst at skogen kan bidra optimalt til å mestre disse utfordringene.

Skogbruket i Norge har et godt utgangspunkt for å mestre konsekvensene av klimaendringer. Skogbruket har kunnskap og erfaring. Endret klima kan gi nye muligheter for produksjon som skogeiere vil utnytte. Men skogbruket møter også krevende utfordringer når produksjonen skal tilpasses på grunn av den lange tidshorisonten i skogbruket.

Norge er likevel bedre rustet enn de fleste land til å mestre dette fordi vi har god tilgang på ressurser, solid kunnskapsgrunnlag og en godt organisert forvaltning. Kunnskapsberedskap og overvåkning må sikres slik at det kan gjøres gode risikovurderinger knyttet til de utfordringer som kan oppstå når klimaet endres. Kunnskapen om aktuelle tiltak må utvikles i takt med risikobildet for skadegjørere i skog.

14 BIOØKONOMI, LANDBRUK OG SUBSTITUSJON

Samfunnet må omstilles for å stanse klimaendringene og samtidig erstatte fossile ressurser med klimanøytrale, fornybare ressurser. Begreper som «det grønne skiftet» og «bioøkonomien» står sentralt i forståelsen av denne omstillingen. Dette er uttrykk for endringer i ressursbruk, produksjonssystemer og forbruk. Slike endringer som også er nødvendig for å begrense klimaendringene. Bioøkonomi handler om verdiskaping nært knyttet til kretsløpet av biomasse og biobaserte produkter i natur og samfunn. Det er ulike definisjoner av bioøkonomien. Norges forskningsråd benytter denne:

Bioøkonomi som begrep kan forstås på mange måter**[1]**. Her legges til grunn at begrepet omfatter: *«Bærekraftig, effektiv og lønnsom produksjon, utnyttelse og foredling av fornybare biologiske ressurser til mat, fôr, ingredienser, helseprodukter, energi, materialer, kjemikalier, fiber og andre produkter. Bruk av muliggjørende teknologier, som bioteknologi og industriell prosessteknologi, er sentrale for utviklingen innenfor en moderne bioøkonomi.»*

I en rapport fra Nordic Innovation (2014) er bioøkonomien i de nordiske landene beregnet med utgangspunkt i standard næringskoder for de sektorene som antas i sin helhet å være knyttet til produksjon og utnyttelse av bioråvarer. Omsetningstallene for Norge summerer seg til ca. 300 milliarder NOK, eller ca. 6 prosent av totaløkonomien.

Bioøkonomiens verdikjeder forutsetter ressurseffektiv og bærekraftig produksjon. Jord- og skogbrukets rolle i bioøkonomien er både som leverandører av egne produkter og som leverandør av råstoff (biomasse). Det er store forventninger til økt volum, sysselsetting og verdiskaping i bioøkonomien både nasjonalt og globalt, jf. også Regjeringens arbeid med utvikling av en norsk bioøkonomistrategi. Noen sammenhenger mellom primærnæringer, utvikling av bioøkonomi, utslippsreduksjoner og klimatilpasning i jord- og skogbruket omtales i dette kapitlet.

14.1 LANDBRUK ER BIOØKONOMI

Det er nyanser i forståelsen av begrepet bioøkonomi. EU inkluderer konvensjonelt landbruk i større grad enn OECD. Det bærende prinsippet i bioøkonomien er kretsløpsbaserte systemer der alle komponenter av råstoffet anvendes eller tilbakeføres og inngår i neste produksjonsomløp. Dette er godt i samsvar med prinsipper for avfallsminimering som utslippsreduserende tiltak. Fotosyntesen er grunnlaget for jord- og skogbrukets primærproduksjon og dermed også for bioøkonomien.

Bioøkonomien innebærer integrasjon av tradisjonelle produkter fra jordbruk, skogbruk og havbruk med raffinering til et bredt spekter av ingredienser, helseprodukter, tekstiler, kjemikalier, komposittmaterialer og energi. Dette kommer i tillegg til landbrukets historiske og framtidige rolle innen den del av

[1] Jf. EUs og OECDs definisjoner av bioøkonomien.

bioøkonomien som dreier seg om å sikre verdens matsikkerhet, mattrygghet, material- og energibehov. Behovet for produkter og råstoffer fra primærnæringene vil øke betydelig dersom bioøkonomien i økende omfang skal erstatte deler av petroleumsøkonomien.

Landbrukets utfordringer i møtet med klimaendringene må sees i sammenheng med utvikling av bioøkonomien. Usikker eller sviktende biomasseproduksjon, vil svekke fundament for bioøkonomien som grunnlag for verdiskaping i fremtiden. Dersom klimaendringer eller tiltak for å motvirke klimaendringer svekker biomasseproduksjonen, vil også grunnlaget for bioøkonomien bli svekket.

Satsing på bioøkonomien er en hovedstrategi i realiseringen av det grønne skiftet. Bioøkonomien må være en driver i utviklingen av teknologier og produksjonssystemer for både å redusere utslipp av klimagasser og øke opptak og lagring av karbon. Klimatilpasset primærproduksjon i kombinasjon med lavutslipps produksjonssystemer og teknologier, er dermed også en forutsetning for at bioøkonomiske verdikjeder skal bidra effektivt i omstillingen til lavutslippssamfunnet.

14.2 PRIMÆRPRODUKSJON, BIOØKONOMIEN OG ENDRET KLIMA

Klimaendringene kan både gi muligheter for økt og mer variert jord- og skogbruksproduksjon, se kapittel 9 og 10. Dette kan bidra til en større og mer konkurransedyktig bioøkonomi. Samtidig innebærer endret klima og vær økt usikkerhet. Endringene skaper behov for betydelige og krevende agronomiske og forstlige tilpasninger i jord- og skogbruket.

Dersom bioøkonomien skal bidra til en vesentlig større andel av norsk verdiskaping og reduserte klimagassutslipp ved blant annet substitusjon av fossile ressurser, er det nødvendig å legge til rette for økt produksjon av biomasse. Terrestriske biomasseproduksjonen er arealavhengig. Det er derfor behov for god kunnskap om arealenes egenskaper og produksjonspotensial, også under endret klima.

Ressursgrunnlaget for norsk jord- og skogbruk utnyttes ikke i dag. Skog 22 rapporten ble det lagt til grunn at bærekraftig uttak av tømmer i de norske skogene, kan økes med 35 prosent sammenliknet med nivået i 2008-2012. Under dagens klima kan skogproduksjonen i Norge også økes vesentlig, jf. bl.a. Miljødirektoratets rapporter om Skogplanting som klimatiltak (2014) og Gjødsling av skog som klimatiltak. I tillegg vil både skogdekket areal og tilvekst pr arealenhet kunne øke i endret klima, jf. rapporten Klima i Norge 2100 og omtale i kapittel 10 foran.

Landbruksdirektoratets statistikkviser at ca. 10 prosent eller 1 million dekar jordbruksareal ute av drift. Dette er gjerne spredte, små og mindre lettdrevne arealer, men indikerer likevel at Norge har potensial for, under noe endrede rammebetingelser for jordbruket, å øke arealet i drift. I en rapport fra Bioforsk ble det dokumentert at Norge har 12,5 millioner dekar landareal som teknisk sett kan dyrkes opp (Grønlund, Stokke og Hoveid 2013). Oppdyrking av disse arealene vil ha en rekke konsekvenser både for miljø, klimagassutslipp og produktive skogarealer. Med endret klima vil også arealer som i dag ikke er egnet for kornproduksjon kunne benyttes til annet enn grovfor. Dette illustrerer at Norge, dersom det er politisk

ønskelige og rammebetingelsene legges til rette, har potensial for å øke både jordbruksarealet og det produktive skogarealet betydelig. Og klimaendringer vil i utgangspunktet øke produksjonspotensialet i mange områder. Dette er en del av ressursgrunnlaget for norsk bioøkonomi.

På kort sikt er det neppe sannsynlig at disse potensialene vil bli tatt i bruk i stort omfang. Når dette likevel tas frem i denne rapporten, er det for å illustrere koblingen mellom bioøkonomi, arealbruk, utslippsreduksjoner og tilpasninger i landbrukets primærproduksjoner. Norge har potensial for å øke landbruksproduksjonen for å dekke bioøkonomiens behov for produkter og råstoffer. Men slike behov må veies mot klimapolitiske mål. Behovet for økt biomasseproduksjon må også sees i sammenheng med agronomiske og forstlige klimatilpasningstiltak som er nødvendige for å øke produksjonen gjennom økt arealproduktivitet framfor å ta i bruk nye arealer eller flere produksjonsdyr.

Sammenhengene mellom produksjonenes klimagassutslipp og ressurseffektivitet kan også illustreres med at selv med dagens gode plantemateriale og landbrukspraksis forårsaker planteskadegjørere (ugras, skadedyr, sykdommer) betydelige tap i mat- og fiberproduksjon. Reduksjon av planteskadegjørere er vesentlig for målet om å produsere mer vekster til mat, fiber og energi. I framtidens bioøkonomi er det nødvendig å koble biologi og teknologi på en slik måte at en får til en effektiv produksjon og redusert klimagassutslipp pr konsumert enhet.

Teknologiutviklingen i landbruket har vært rask og produktivitetsøkningen høy over lengre tid, jf. kapittel 6. Ny teknologi gjør det mulig ytterligere å effektivisere produksjonssystemene og tilpasse for å redusere miljøbelastninger. Roboter kan ta over for førerstyrte traktorer og minske jordpakking og energiforbruk, samtidig som produksjonen øker og doseringen av innsatsfaktorer gjøres mer presist.

Teknologiutvikling for landbrukets klimatilpasning som del av bioøkonomien er derfor et eksempel på vinn-vinn situasjon. Teknologiutvikling kan bidra effektivt til både å redusere landbrukets klimagassutslipp og fremme tilpasning til endrede produksjonsvilkår når klimaet endres. Utvikling av både teknologier og produksjonssystemer for utslippsreduksjoner og klimatilpasninger i landbruket, kan derfor betraktes som en del av bioøkonomiens teknologikomponent. Det er sammenfallende behov når landbruket både skal møte klimaendringene og bli en del av en innovativ bioøkonomi på samme tid.

Tiltak for utslippsreduksjoner, økt karbonlagring og klimatilpasset produksjon i jord- og skogbruket, må sees i sammenheng med den betydning disse næringene har for utviklingen av bioøkonomien. Samfunnsnytten av tilpasning i jord- skogbruket må vurderes ut fra effekter for basisproduksjonene, men også sees i sammenheng med næringenes betydning som leverandør av produkter og råstoffer til industrielle prosesser.

14.3 KLIMATILTAK SOM GRUNNLAG FOR BIOØKONOMIEN

Mange klimatiltak i ulike sektorer går ut på å substituere fossile ressurser og utslipp med fornybare løsninger, herunder løsninger som vil kreve betydelige mengder biomasse. Bioenergiens rolle i en

lavutslippsutvikling mot et togradersmål i global sammenheng er beskrevet i kapittel 3.2 og det er omtale av substitusjonstiltak omtalt i Lavutslippsrapporten (Miljødirektoratet 2015) kapittel 8.7.2

Lavutslippsscenarioene i Klimapanelets rapport forutsetter implementering av 100-300 EJ (41500-83 000 TWh) bioenergi innen 2100. Bioenergiens rolle i en lavutslippsutvikling underbygges også av nasjonale analyser. De fleste av tiltakene som ble utredet i Klimakur2020 (Klima- og forurensingsdirektoratet 2010) reduserte bruken av fossile energibærere, enten ved energieffektivisering eller ved omlegging til bruk av andre energibærere.

Biomasse kan erstatte fossile ressurser til de fleste formål hvor slike anvendes i dag, jf. at «alt som kan lages av olje kan også lages av tre». Det avtegner seg et bredt spekter av framtidige anvendelser av biomasse fra landbruket i et slikt perspektiv. I Norge er jordbruksarealene begrenset og skal primært anvendes til matproduksjon, men det er også ulike restprodukter og «avfall» i jordbruket som kan inngå i nye bioøkonomiske verdikjeder. Samtidig krever utvikling av teknologier for industriell bearbeiding av biomasse betydelig forsking og innovasjon.

Faktaboks: Forskning for innovativ bruk av skogens råstoff

Forskningsrådet støtter oppbyggingen av en nasjonal infrastruktur for forskning i Norge. Et eksempel en nasjonal satsing på forskning for den framtidige bioøkonomien er Norsk Bioraffineri laboratorium (NorBioLab). Dette skal bli et verktøy for forskere som vil utvikle nye miljøvennlige produkter og prosesser. Det nye laboratoriet skal ledes av Papir- og fiberinstituttet. «Vår ambisjon er å få på plass et fremtidsrettet laboratorium som skal bidra i overgangen fra oljeøkonomi til den grønne økonomien», sier forskningssjef Karin Øyaas ved PFI. Mindre utslipp av klimagasser, nye miljøvennlige produkter og miljøvennlig energi er stikkord for NorBioLab.

Laboratoriet skal få utstyr som kjemisk eller biologisk bryter ned biomasse slik at det kan konverteres videre til en ny anvendelse. Gjennom gjæringsprosesser og dyrking av mikroorganismer kan man utvikle nye kjemikalier og drivstoff fra trevirke. For eksempel kan pyrolyseolje fungere som drivstoff i skipsmotorer. Det er også mulig å utvikle gasser fra tre og planter som kan brukes i energiproduksjon.

De viktigste samarbeidspartnerne til PFI er NTNU, Sintef, NIBIO og Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås. NorBio-Lab retter seg både mot forskningsmiljøer og industrien, både i Norge og internasjonalt.

Summen av alle tiltakene utredet i Klimakur 2020 ville gi stor økning i etterspørsel etter bioenergiressurser. Avhengig av hvilke tiltak som ble, ville det etterspørres mellom 13–20 TWh ulike former for bioenergivarer, tilsvarende 19–28 TWh bioenergiressurser avhengig av produksjonsteknologi. Dette er betydelige volumer som nesten i sin helhet må komme fra norsk skogbruk.

Tilgjengelige ressurser til bioenergiformål i jordbruket kan gi grunnlag for lag 7 TWh. I Bioenergi i Norge (2007) er det anslått at energiutnyttelsen fra halm og kornavrens til varmeproduksjon kan økes til 4,5 TWh,

mens energipotensialet i husdyrgjødsel er anslått til 1,2 TWh. Noe av etterspørselen etter biodiesel til veitransport vil kunne erstattes av biogass. Biogass kan produseres med alle slags biomasse som råstoff, men mest aktuelt er avfall, husdyrgjødsel, men også innblanding av skogsflis vurderes av aktører i bransjen som gunstig for prosessene (pers. medd. Pål Jahrs Nilsen, Cambi). Tilgjengelige ressurser til bioenergiformål i jordbruket kan gi grunnlag for lag 7 TWh. I Bioenergi i Norge (2007) er det anslått at energiutnyttelsen fra halm og kornavrens til varmeproduksjon kan økes til 4,5 TWh, mens energipotensialet i husdyrgjødsel er anslått til 1,2 TWh.

Behovet for biomasse til nye anvendelser i industrielle prosesser er vanskelig å kvantifisere, men dersom betydelige deler av de fossile råstoffressursene skal erstattes med biomasse, vil det være behov for store volumer. Det er derfor nødvendig å opprettholde produksjonskapasiteten i norsk jord- og skogbruk også i lys av slike framtidige behov.

15 FORSKNINGSPRIORITERINGER

Meld. St. 18 (2012–2013) (forskningsmeldingen) trekker opp ambisiøse mål for norsk forskning. Disse målene er konkretisert i Meld. St. 7 (2014–2015) Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2015–2024. Norsk klimaforskning har prioritert forskning for å bidra til både å forstå klimasystemet, hindre klimaendringer og som grunnlag for samfunnets tilpasning til endret klima. En internasjonal evaluering av norsk klimaforskning i 2012 viste at norsk klimaforskning, spesielt klimasystemforskningen, har høy internasjonal kvalitet og anseelse. De sektorrettede programmene i Norges forskningsråd finansierer også mer klimaforskning som følge av at klimaforskningen kobles tettere til sektorområdene, herunder skog- og landbruk.

Norske kunnskapsmiljøer har god grunnkunnskap om samspillet mellom klimavariable, plantevekst og andre faktorer som påvirker de biologiske produksjonene. Forskningen har i mindre grad fokusert på langsiktige konsekvenser og tilpasning til klimaendringer i primærnæringene. En hovedutfordring for landbruksforskningen kan synes å være behov for å styrke forskning om klimatilpasning og sammenhengene mellom tilpasning, utslippsreduksjoner og karbonopptak. Klimautfordringene i landbrukssektoren er komplekse og krever både forskning av grunnleggende og anvendt karakter som favner komplekse sammenhenger gjennom tverrvitenskapelig tilnærming.

De utfordringer klimaendringene fører med seg, øker betydningen av god flyt av kunnskap mellom FoU, næring, forvaltning og næringsutøvere. Et godt samordnet forsknings- og kompetansemiljø innen jord- og skogbruk, biologi og utmark, er viktig for å sikre relevant forskning, samhandling og formidling; som dekker hele bredden av kunnskapsbehov.

Arbeidet i denne utredningen viser at det er store udekkede kunnskapsbehov og det det er behov for å tilføre disse forskningsområdene økte ressurser innen opptrappingen av den vedtatte opptrappingen av norsk forskningsfinansiering. Arbeidsgruppas forslag til prioriteringer nedenfor bør derfor inngå i grunnlaget for revisjon av forskningspolitiske dokumenter og prioritering av kommende forskningsprogrammer.

Nedenfor er det gitt en oversikt over områder hvor det er behov for mer forskningsbasert kunnskap. De fleste tema er spesifikke for henholdsvis jordbruks- eller skogbrukssektoren. Noen tema som omtales innledningsvis er av mer overordnet og tverrgående karakter:

- Det er behov for bedre kunnskap om landbrukets totale rolle og påvirkning av klimasystemet. Forskning må bidra til bedre forståelse av hvordan både økte opptak og reduserte utslipp kan kombineres med de særskilte utfordringer og muligheter som følger at næringene er basert på biologiske prosesser som både binder og tar opp karbon.
- Arealbruk og produksjon i skog og utmark har konsekvenser for både utslipp og opptak. Dette er et område hvor jordbrukets beiting og skogbrukets biomasseproduksjon har ulike virkninger og det kan være komplekse sammenhenger. Det er derfor behov for bedre kunnskap om hvordan landbrukets arealbruk kan optimaliseres både ut fra produksjonshensyn og klimahensyn.

- Det er av betydning for prioritering av tiltak internt landbrukssektoren og i forhold til andre sektorer hvordan utslipp av henholdsvis kort- og langlivede klimagasser avveies. Det er behov for mer kunnskap som grunnlag for bedre forståelse av det biogene metanets rolle i klimamodellene og de langsiktige påvirkninger av klimasystemet.
- Kostander ved ulike klimatiltak i landbruket varierer mye, fra negativ kostnad ved tiltak for karbonlagring i skog fordi tiltaket også skaper verdier (skogbruket)til betydelige kostnader ved tekniske og dyrkingsmessige tilpasninger i jordbruket. Det er derfor behov for bedre kunnskap om både direkte kostander ved ulike tiltak og om tiltakenes kostnadseffektivitet.

15.1 JORDBRUKET

Dette kapitlet oppsummerer viktige kunnskapshull som bør inngå i prioriterte FoU-tema for jordbrukssektoren. Det er særlig behov for økt kunnskap om de tema og problemstillinger som er omtalt kort i punktene nedenfor. Flere punkter har en klare sammenhenger med hverandre og forskningen må derfor innrettes slik at helhetsperspektivet ivaretas.

Kunnskapshull/FoU-behov generelle problemområder

- **Karbon i jord.** Det er behov for å følge (overvåke) hvordan karboninnhold i norske jordarter og landskap påvirkes av endringer i klima og driftssystemer.
- **Tap av lystgass.** Dette varierer mye med dyrkingssystem, drenering og jordpakkingsforhold, pH, nedbørforhold i forhold til gjødsling, og faktorer som påvirker tap gjennom vinterperioden.
- **Metan.** Metan er en kortlivet klimagass fra husdyr og står for jordbrukets største utslipp. Teknologi og forbedrede løsninger for anvendelse av husdyrgjødsel i jordbruket og til biogass bør prioriteres i forskningen.
- **Forbrukeretterspørsel og matvaner.** Utslipp av klimagasser er sterkt avhengig av volum av ulike produksjoner og dermed forbrukernes matvaner og etterspørsel. Det er behov for forbedret dokumentasjon av effekter av ulike matvalg der alle forhold ved produksjon er inkludert og modellverktøy for å kunne gjøre slike beregninger.

Kunnskapshull/FoU-behov knyttet til jordbrukets bidrag til redusert klimabelastning

- **Metan.** Utslipp fra husdyrproduksjonen utgjør en stor andel av jordbrukets klimagassutslipp. Metanutslipp fra drøvtyggere er avhengig av dyretallet (og dermed intensitet i produksjonen). Det er behov for økt kunnskap om tiltak som kan redusere utslipp, som kvalitet på fôret, tilsetningsstoffer i fôret, dyresykdommer, kalvingsintervall, framfôringstid. Det er også behov for å øke kunnskap om klimagassutslipp fra alle typer husdyr.
- **Binding av karbon**. Det er behov for økt kunnskap om hvordan jordbruket i Norge kan bidra til økt karbonbinding, karbonbinding i dypere jordlag, i beite, vekster med dypere rotsystem, økt bruk av vekstskifter. Iverksette overvåking med den hensikt å anskaffe måleserier som viser utviklingen over tid og som muliggjør sammenlikning av ulike bearbeidinger av jord, ulike typer grasmark og beite og økologisk samspill i jord

- **Lystgass.** Det er behov for dokumentasjon av lystgasstap fra ulike produksjonssystemer og økt kunnskap om driftstiltak som kan redusere tap som tilpasset gjødsling, presisjonsgjødsling, bedre husdyrgjødselhåndtering.
- **Samfunnsmessige og økonomiske forhold.** Det er behov for bedre beregninger av kostnader ved ulike klimatiltak i jordbruket, der en samtidig ser på hvilke konsekvenser klimatiltakene får for matproduksjonen. Dagens kunnskap om klimaendringer og klimatiltak må omsettes til tiltak som kan gjennomføres på foretaksnivå og det må vurderes hvilke virkemidler som kan bidra til å utløse disse tiltakene. Sammenhengen mellom rammebetingelsene for norsk jordbruk og potensialet for utslippsreduksjon
- Norge søker å slutte seg til EUs klimarammeverk slik at det blir en felles oppfyllelse av klimamålene i Norge og EU. Det er behov for mer kunnskap om hva et eventuelt tettere samarbeidet med EU innebærer for landbruket.

Kunnskapshull/FoU-behov knyttet til tilpasning i jordbruket

- **Ekstremvær.** Jordbruket er direkte utsatt for, og dermed svært sårbart for ekstremvær. Det er behov bedre kunnskap som grunnlag for risikovurderinger av areal utsatt for flom, skred og overvann og forebyggende tiltak (inkludert varsling) for å bevare dyrkingsgrunnlaget. Det er behov for utarbeidelse av en hydrologisk risikoplan (gårdsnivå) for bedre kontroll med vannets strømningsveier.
- En kopling av klimafremskrivninger med plantevekstmodeller kan gi bedre forståelse av sensitivitet i modeller og gi grunnlag for egenskaper som bør prioriteres for planteforedling. Eksempel på nøkkeldata er; antall dager med nedbør, dager med opphold mellom regnvær, fryse/tine episoder, jordtemperatur. Tilrettelegging av klimadata (f.eks. fra Norsk klimaservicesenter) kan redusere usikkerheter og bidra til utvikling av bedre planleggingsverktøy.
- **Tilpasning til nye værforhold.** Andre, og særlig våtere, værforhold krever kunnskap og tilpasning på en rekke områder, blant annet driftsformer (f.eks. økt beitebruk), dyrkingsteknikk (potensielt lengre sesong, frostskader, vannproblematikk), samfunnsmessige og økonomiske konsekvenser av dreining av landbrukets produksjoner og områder for produksjon og matkvalitet (f.eks. å unngå at økt smittepress fra sopp gir giftstoffer i mat og fôr), miljøeffekter av plantevernmidler, og alternativer til kjemiske plantevernmidler, landbruksarealers rolle mht. klimatilpasning/skadeforebygging i andre sektorer, for eksempel flom, brann og skred, landbrukets sektoransvar for vannforurensning som følge av avrenning og tap av næringsstoffer til vann og vassdrag. God drenering er nødvendig for tilpasning til våte forhold, det er behov for bedre vurdering i ulike regioner av dreneringsstatus, reviderte kriterier for dimensjonering av dreneringssystemer og hydrotekniske anlegg, filtermaterialer.
- **Planteforedling.** Lengre vekstsesong kan gi produksjonsmuligheter forutsatt tilgang på tilpasset plantemateriale og mestring av varierende og ugunstige vekstforhold. For alle kulturer er det behov for tilpasset plantemateriale til faktorer som lengre vekstsesong uten endring i daglengder, avherding om høsten, overvintringsevne, mer robust for økt forekomst av sykdommer skadedyr og våtere forhold.

- **Plantehelse.** Varmere og våtere vær (fuktigere) er forventet å gi økt forekomst av skadedyr, sykdommer og ugras. Det er behov for forskning på diagnostikk, forebygging, behandling, smittespredning og smittebekjempelse. Tilpasningstiltak inkluderer bl.a. planteforedling, bruk av vekstskifter, men også god kunnskap om de enkelte skadegjørere, deres livssyklus og bekjempningsmetoder. Det er behov for å bygge god beredskap på overvåking, varsling, analyse og tidlige råd om tiltak- f.eks. webbaserte verktøy som VIPS (Varsling innen planteskadegjørere). Økt sykdomsforekomster kan gi økt behov for bruk av plantevernmidler, det er derfor nødvendig med mer kunnskap om miljøeffekter av plantevernmidler, og alternativer til kjemiske plantevernmidler
- **Husdyrsykdommer.** Det er behov for mer kunnskap om spredning av husdyrsykdommer som følge av varmere og våtere klima og om sykdommer som smitter mellom dyr og mennesker (zoonoser). Det er også behov for mer kunnskap om artsvariasjoner, evne til å oppformere og overføre mikroorganismer, reservoarer, biotoper, overlevelse, vektorer, parasitter og endringer i forekomst og overlevelse under ulike klimatiske forhold hos mellomverter og vertsdyr, samt kunnskap om dyrehelse og mattrygghet (miltbrann/miltbrannsemfysem, andre sporedannende bakterier, zoonotiske parasitter og bakterier).

15.2 SKOGBRUKET

Utfordringene for skogbruket som er beskrevet foran krever utvikling av kunnskap, metoder og teknologier for bedre beslutningsstøtte, optimering og kostnadsreduksjoner. Dette inkluderer de fleste problemstillinger og operasjoner i skogbrukets verdikjeder.

Kunnskapshull og FoU-behov knyttet til skogens rolle i klimasystemet

Det er behov for økt kunnskap og forståelse av hvordan skogen bør forvaltes for å gi maksimal klimanytte. Det største behovet er knyttet til en bedre helhetlig forståelse av skogens rolle og muligheter til å begrense den globale oppvarmingen til 2 grader.

En god helhetlig forståelse innebærer imidlertid også god kunnskap om de ulike faktorene som har betydning. Kunnskapshullene/FoU-behovet er størst på følgende områder:

- **Karbondynamikken i gammel skog.** Det er spesielt behov for mer kunnskap om utviklingen av stående volum og naturlig avgang i gammel skog i et klima i endring med risiko for abiotiske og biotiske skader. Et endret klima med varmere vær vil framskynde skogens hogstmodenhetsalder, med de utfordringer dette gir.
- **Karbonlagring i skogsjord.** Det er spesielt behov for økt kunnskap om mekanismene knyttet til lagring av karbon i jord, og hvordan karbonlagrene påvirkes gjennom skogforvaltningen.
- **Andre klimadrivere enn karbon.** Det er behov for økt kunnskap om betydningen av albedo, evapotranspirasjon, BVOC og eventuelt andre mekanismer som har betydning for klimaet, og hvordan disse påvirkes av skogbehandlingen.
- **Substitusjon.** Det er behov for oppdatert og bedre kunnskap om substitusjonseffekten ved bruk av trevirke til ulike formål.

FoU-behov knyttet til økt klimabidrag fra skogen

Det er behov for forskning for å kunne utnytte skogens muligheter optimalt. Dette er både knyttet til hvordan en kan øke karbonlagringen og til utvikling av produkter som erstatte fossil energi og klimabelastende materialer. FoU-behovene er størst på følgende områder:

- **Gjennomføring av skogbrukstiltak.** Det er behov å få økt kunnskap om effekten av økt skogplanting og gjødsling og av tiltak som er pekt på som aktuelle i Miljødirektoratets rapport «Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030», jf. kapittel 8.6. Det er også behov for økt kunnskap om hvordan disse tiltakene bør gjennomføres for å maksimere klimagevinsten.
- **Skogplanteforedling.** Det er behov for økt grunnleggende genetisk kunnskap for å optimalisere foredlingsarbeidet med tanke på verdiskaping, skogproduksjon, CO_2-opptak og tilpasning til et endret klima.
- **Trebaserte produkter.** Det er et betydelig behov for FoU for å utvikle en verdikjede for 2. generasjons biodrivstoff basert på trevirke, bruk av trevirke i metallindustrien og andre produkter som kan erstatte fossil energi. Det er også et betydelig FoU-behov knyttet til bruk av tre i bygg og utvikling av nye bygningsartikler basert på trevirke.
- **Karbonnegative teknologier.** Det er behov for å vurdere hva slags tekniske utfordringer BECCS vil ha i forhold til kjente CCS teknologier som benyttes på fossile utslippskilder. Videre er det behov for å vurdere hva slags muligheter som ligger i sekvestrering av biokull i jord under norske forhold.

Kunnskapshull/FoU-behov knyttet til skogbrukets klimatilpasning

Det er stor usikkerhet knyttet til hvilke utfordringer skogbruket står overfor og hvordan disse bør løses. Det er spesielt behov for mer kunnskap om:

- **Skogbehandling tilpasset et klima i endring**. Behovet for økt kunnskap er knyttet til en optimal forvaltning av en skog fra foryngelse (foryngelsesmetode/valg av treslag), stell av skogen (ungskogpleie, tynning) og avvirkning (avvirkningstidspunkt/metode) med sikte på maksimal verdiskaping, skogproduksjon og karbonlagring i et klima som er i endring.
- **Skogsveier.** Det er behov for økt kunnskap om hvordan veiene bør bygges/opprustes for å tåle de forventete klimaendringer og håndtere vann på en god måte.
- **Planlegging.** Det er behov for å utvikle bedre planleggingsverktøy for å minimalisere kjøreskader i terrenget. I tillegg er det behov for metode- og teknologiutvikling for å redusere slike terrengskader.
- **Skadegjørere.** Det er et stort behov for mer spesifikk kunnskap om skadegjørende «klimavinnere» blant innsekter og sopper.

16 ØKONOMISKE OG ADMINISTRATIVE KONSEKVENSER

Arbeidsgruppen har i rapporten pekt på en rekke tiltak gruppa vurderer som vesentlige for at landbrukets muligheter og utfordringer i møte med klimautfordringene, og landbrukets forpliktelser når det gjelder utslippsreduksjoner, skal kunne løses. Eventuell oppfølging av arbeidsgruppas rapport og kostnader knyttet til dette, vil måtte vurderes i forbindelse med de de årlige jordbruks- og budsjettproposisjonene.

Det er ikke forventet større administrative konsekvenser av arbeidsgruppens forslag.

REFERANSER

Aamlid, D., et al. *Plantehelse og skoghelse.* NIBIO, fagnotat til arbeidsgruppens rapport om Landbruk og klimaendringer, 2016.

Aass, L., B. A. Åby, og O. M. Harstad. *Norsk mjølk- og kjøttproduksjon- hva nå.* Buskap: Medlemsblad for Geno 2015 (8) s. 23-27. NMBU, 2015.

Arbeidsgruppe til jordbruksoppgjøret. «Helhetlig gjennomgang av miljøvirkemidler i jordbrukspolitikken.» 2015.

Arnoldussen, A. H., et al. *Økt matproduksjon på norske arealer.* Agri Analyse; Bioforsk; Bygdeforskning; NILF; Skog og Landskap, 2014.

Austgulen, M.H. *Nordmenns holdninger til klimaendringer, medier og politikk.* SIFO prosjektnotat nr. 4-2012, 2012.

Austrheim, G., J. D. M. Speed, V. Martinsen, J. Mulder, og A. Mysterud. *Experimental Effects of Herbivore Density on Aboveground Plant Biomass in an Alpine Grassland Ecosystem.* Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Vol 46(3): 535-541, doi: 10.1657/1938-4246-46.3.535, 2014.

Barcena, T.G., Grønlund, A., O' Toole, A., Rasse, D. *Karbonbalansen i dyrket mark.* NIBIO, fagnotat til arbeidsgruppens rapport om Landbruk og klimaendringer, 2015.

Bennetzen, E.H., P. Smith, og J. M. Porter. *Decoupling of greenhouse gas emissions from global agricultural production:1970- 2050.* Global Change Biology. doi:10.1111/gcb.13120, 2015.

Bonesmo, H., A. K. Beauchemin, O.M Harstad, og A.O Skjelvag. *Greenhouse gas emission intensities of grass silage based dairy and beef production: A systems analysis of Norwegian farms.* Livestock Science. Volume 152, Issues 2–3, April 2013, Pages 239–252, 2013.

Bright, R. M., K. Zhao, R. B. Jackson, og F. Cherubini. *Quantifying surface albedo and other direct biogeophysical climate forcings of forestry activities.* Global change biology 10.1111/GCB.12951, 2015.

Bright, R. M., R. Astrup, og A. Strømman. *Empirical models of monthly and annual albedo in managed boreal forests of interior Norway.* Climatic Change 120: 183-196, 2013.

Buckingham, S., et al. *Review and analysis of global agricultural N_2O emissions relevant to the UK.* Science Total Environment. 164-172, doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.122, 2014.

Buckingham, S., et al. *Systematic review of the impacts of land management on Carbon sequestration in UK relevant soils.* Hentet fra http://www.greencarbon-ca.eu/, 2014.

Børja, Isabella. *Ser ikke skogen for bare trær.* NIBIO. 2016.

Castanheira, E.G, and F. Freire. *Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems.* Journal of cleaner production. Volume 54, 1 September 2013, Pages 49–60, 2013.

Dalen, og Solberg. *Effekter av klimaendringer på skogens helsetilstand.* Skog og landskap, 2007.

Dalmannsdottir, S., et al. *Temperature before Cold Acclimation Affects Cold Tolerance and Photoacclimation in Timothy (Phleum pratense L.), Perennial Ryegrass (Lolium perenne L.) and Red Clover (Trifolium pratense L.).* Agro Crop. Sci. Doi: 10.1111/jac.12149, 2015.

Dalsgaard, L., et al. *Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirknings-strategier.* En litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog. Oppdragsrapport fra Skog og landskap, 04/2015. 83 s., 2015.

de Boer, J., M. Helms, og H. Aiking. *Protein consumption and sustainability: Diet diversity in EU-15.* Ecological Economics, 59(3), 267-274., 2006.

Deelstra, J., et al. *Hydrological pathways and nitrogen runoff in agricultural dominated catchments.* Agriculture, Ecosystems and Enivornment, 198 ss 65-73, 2014.

FAO. *The state of Food insecurity in the World 2013, 2014, 2015.* FAO, 2015.

Fuglestvedt, J. *Beregningsmetodikk for klimaeffekten av metantiltak.* CICERO. Fagnotat til arbeidgruppens rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Førland, E. J., J. Mamen, L. Grinde, A.V. Dyrrdal, og S. Myrabø. *Dimensjonerende korttidsnedør.* MET report 24/2015, Meteorologisk Institutt., 2015.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., J. Dijkman, og A. & Tempio, G. Falcucci. *Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf, 2013.

González., A. D., B. Frostell, og A. Carlsson-Kanyama. *Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: potential contribution of diet choices to climate change mitigation.* Food Policy, 36, 562–70., 2011.

Granhus, Aksel, Gro Hylen, og Jan Erik Ørnelund Nilsen. *Skogen i Norge. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2005-2009.* Skog og landskap, 2012.

Grønlund, A. *Kalkulator for klimagassutslipp fra jordbruket Dokumentasjon til et beregningsprogram.* Bioforsk Report. Vol. 10 nr. 25, 2015.

Grønlund, A. *Vurdering av klimatiltak i jordbruket. Beregnet reduksjon i klimagassutslipp av ulike tiltak i 2050.* Bioforsk Report. Vol. 10 Nr. 24, 2015.

Grønlund, A., K. Bjørkelo, G. Hylen, og S. Tomter. *CO_2-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO_2 og andre klimagasser.* Bioforsk Vol. 5 Nr. 162, 2010.

Grønlund, A., K. Zarruk, D. Rasse, H. Riley, O Klakegg, og I. Nystuen. *Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord.* Bioforsk rapport vol. 3 nr. 132, 2008.

Grønlund, A., og O.M. Harstad. *Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene.* Bioforsk Rapport Vol. 9 Nr. 11, 2014.

Grønlund, A., S. S. Stokke, og Ø. Hoveid. *Grunnlag for prioritering av områder til nydyrking.* Bioforsk rapport vol 8 Nr. 151, 2013.

Grønn skattekommisjon. «NOU 15:2015 fra grønn skattekommisjon. Sett pris på miljøet.» 2015.

Gundersen, G. I., og J. Heldal. *Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2013. SSB-rapport 2015/24.* Statistisk sentralbyrå, 2015.

Gundersen, G. I., og O. Rognstad. *Lagring og bruk av husdyrgjødsel. SSB-rapport 2001/39.* Statistisk Sentralbyrå, 2001.

Hansen, S., J.E. Mæhlum, og L.R. Bakken. *N2O and CH4 fluxes in soil influenced by fertilization and tractor traffic.* Soil Biology & Biochemistry, 25, 621- 630, 1993.

Hansen, S., M. E. Bernard, P. Rochette, J. K. Whalen, og P. Dörsch. *Nitrous oxide emissions from a fertile grassland in Western Norway following the application of inorganic and organic fertilizers.* Nutrient cycling in agroecosystems, vol. 1, 71-85, 2014.

Hanssen-Bauer, I, et al. *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing.* Norsk klimasenter, 2009.

Hanssen-Bauer, I., et al. *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert 2015.* Norsk klimaservicesenter, NCCS report no 2/2015, 2015.

Hauge, A., og J. Deelstra. *Drenering og hydroteknikk- konsekvenser av klimaendringer.* Fagnotat til arbeidsgruppen rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Hauge, A., og M. Tesfai. *Dreneringsforholdenes effekt på lystgassutslipp fra landbruksjord. Resultater fra en pilotstudie på marin leirjord med korndrift.* Bioforsk Rapport. Vol. 8 Nr.42 2013, 2013.

Hauge, A., S. Kværnø, J. Deelstra, M. Bechmann, I. Hovland, og K. Stornes. *Dreneringsbehov i norsk landbruk - økonomi i grøftingen. .* Bioforsk Rapport, vol 6, nr 128, 2011.

Hoel, B., L. Nesheim, H. Riley, T. Lunnan, A. Ø. Kristoffersen, og A. Korsæth. *Gjødsling i jordbruket.* Fagnotat til arbeidsgruppens rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Hoel, B., U. Abrahamsen, E. Strand, M. Åssveen, og H. Stabbetorp. *Tiltak for å fobedre avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon.* Bioforsk rapport, vol 8, Nr 14. 95 s., 2013.

Hurtt, G. C., et al. *Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands.* Climatic Change (2011) 109:117–161 DOI 10.1007/s10584-011-0153-2, 2011.

Höglind, M., S. M. Thorsen, og M.A. Semenov. *Assessing uncertainties in impact of climate change on grass production in Northern Europe using ensembles of global climate models.* Agricultural and Forest Meteorology 170, ss. 103-113, 2013.

Höglind, M., T. Persson, L. Østrem, og M. Jørgensen. *Effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Norsk grovfôrproduksjon.* Fagnotat til arbeidgruppas rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

IPCC. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* IGES, Japan: Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds)., 2006.

IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., 2013.

IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A:Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp., 2014.

IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2014.

IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva, Switzerland, 151 pp: IPCC, 2014.

Kirschbaum. «Modelling forest response to increasing CO_2 concentration under nutrient-limited conditions.» 2007.

Klif. *Underlagsmateriale for tverrsektoriell biogasstrategi.* Klima- og forurensingsdirektoratet (nå Miljødirektoratet), TA3020, 2013.

Klimakur. *Klimakur2020. Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020.* : Klima- og forurensingstilsynet, Norges Vassdrag- og energidirektorate, Oljedirektoratet, Statistisk sentralbyrå og Statens vegvesen. TA2590, 2010.

Korsaeth, A. *N, P, and K Budgets and Changes in Selected Topsoil Nutrients over 10 Years in a Long-TermExperiment with Conventional and Organic Crop Rotations.* Applied and Environmental Soil Science, 2012, 17s.

Korsaeth, A. *Relations between nitrogen leaching and food productivity in organic and conventional cropping systems in a long-term field study.* Agriculture, Ecosystems and Environment, 2008, 177-188.

Korsaeth, A., et al. *Environmental life cycle assessment of cereal and bread production in Norway.* Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science, DOI:10.1080/09064702.2013.783619, 2013.

Kätterer, T., M.A. Bolinder, K. Berglund, og H. Kirchmann. *Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe.* Acta Agriculturae Scand Section A, vol 62, no 4, 181-198, 2012.

Landbruks- og matdepartementet. *Meld. St. 39 (2008-2009). Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen.* Landbruks- og matdepartementet, 2009.

Landbruksdirektoratet. *Markedsrapport 2015. Pris- og markedsvurderinger av sentrale norske landbruksråvarer og RÅK-varer.* Landbruksdirektoratet, 2016.

Meland, M., og E. Vangdal. *Endra klima - verknader av endra klima og behov for tilpassingar, fruk og bær.* Fagnotat til arbeidsgruppas rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Miljødirektoratet. *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling.* Miljødirektoratet M229, 2014.

Miljødirektoratet. *Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. Tiltaksbeskrivelser og utslippsbaner mot 2030.* Miljødirektoratet M386 - 2015, 2015.

Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap. *Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak – Egnede arealer og miljøkriterier.* Miljødirektoratet M-17/2014, 2014.

Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning og Norsk institutt for skog og landskap. *Planting av skog på nye arealer som klimatiltak.* Miljødirektoratet M-26/2013, 2013.

Mjöfors, K. *Effects of site preparation and stump harvest on carbon dynamics in forest soils.* Doctoral thesis Swedish Universtiy of Agricultural Sciences Uppsala, 2015.

Molteberg, E.L, og I. Vågen. *Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Potet og grønnsaksproduksjon.* Fagnotat til arbeidgruppas rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Mäkiniemi, J. P., og A. Vainio. *Barriers to climate-friendly food choices among young adults in Finland.* Appetite, 74, 12-19., 2014.

Nadeem, S., S. Hansen, M. Azzaroli Bleken, og P. Dörsch. *N2O emission from organic barley cultivation as affected by green manure management.* Biogeosciences 9, 2747–2759, doi:10.5194/bg-9-2747-2012, 2012.

NIR. *Greenhouse Gas Emissions 1990-2012. National Inventory Report.* Miljødirektoratet, 2014.

NIR. *Greenhouse Gas Emissions 1990-2013, National Inventory Report (NIR).* M-422. Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Norsk institutt for bioøkonomi., 2015.

Nobre, A.D. «The Future Climate of Amazonia, Scientific Assesement Reoport.» 2006.

OECD. *Medium and long-term scenarios for global growth and imbalances.* OECD Economic Outlook Volume 2012/1., 2012.

OED. *Strategi for økt utbygginga av bioenergi.* Olje- og energidepartementet, 2008.

Olesen, J. E. *Agricultural crops.* Climate Change and primary industries: Impacts, adaptation and mitigation in the Nordic Countries. Nordic council of Ministers, Copenhagen, 2014.

Olofsson. «Skog 22 Nasjonal strategi for skog og trenæringen.» 2014.

Persson, T., og M. Höglind. *Impact of climate change on harvest security and biomass yield of two timothy ley harvesting systems in Norway.* The journal of Agricultural Science 152, ss 205-216, 2014.

Persson, T., S. Kværnø, og M. Höglind. *Impact of soil type extrapolation on timothy yield under baseline and future climate conditions in south-eastern Norway.* The journal of agricultural sciences, 152, ss. 205-216, 2015.

Pouplau, Christopher, og Axel Don. *Soil carbon changes under Miscanthus driven by C4 accumulation and C3 decompostion – toward a default sequestration function.* : GCB Bioenergy, Volume 6, Issue 4, pages 327 - 338, 2013.

Pregitzer, K., og E. Euskirchen. *Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age.* Global Change Biology, Volume 10, Issue 12, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2004.00866.x, 2004.

Rapacz, M., et al. *Overwintering of herbaceous plants in a changing climate. Still more questions than answers.* Plant science, 225, ss. 34-44, 2014.

Riley, H. *Grain yields and soil properties on loam soil after three decades with conservation tillage in soitheast Norway.* Acta Agriculturae, Section B- Soil and Plant science, doi: http://dx.doi.org/10.1080./09064710.2014.901406, 2014.

Riley, H. *Mold i jord.* Planteforsk Grønn forskning 1-2003, s. 260-273, 2003.

Riley, H., og M. Bakkegård. *Declines in soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway.* Acta Agric. Scand. Section B, Soil and Plant Sci., vol. 56, 217-223, 2006.

Roer, A.-G., A. Johansen, A. K. Bakken, K. Daugstad, G. Fystro, og A. H. Strømman. *Environmental impacts of combined milk and meat production in Norway according to a life cycle assessment with expanded system boundaries.* Livestock Science 155, pp. 384–396, 2013.

Rognli, O. A., et al. *The Nordic Public - Private Parnership (PPP) for prebreeding in perennial ryegrass (Lolium perenne L.).* Book of abstracts of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, June, s.88, 2013.

Saue, Oddmund. *Fôring av mjølkekyr. Kompendium.* 1980.

Schulze, E.-D., J. Gash, A. Freibauer, S. Luyssaert, og P. Ciais. *An Assessment of the European Terrestrial Carbon Balance.* Jena: CarboEurope, 2009.

Seehusen, T., W. Waalen, B. Hoel, A.K. Uhlen, T. Persson, og E. Strand. *Endret klima- effekter av endret klima og behov for tilpasninger- norsk kornproduksjon.* Fagnotat til arbeidsgruppas rapport om landbruk og klimaendringer, 2015.

Semenov, M. H., og N. G. Halford. *Identifying target traits and molecular mechanisms for wheat breeding under a changing climate.* Journal of Experimental Botany 60, ss. 2791-2804, 2009.

Simpson, M. J. R., et al. *Sea Level Change for Norway: Past and Present Observations and Projections to 2100.* . Norsk klimaservicesenter, NCCS report 1/2015. ISSN 2387-3027, Oslo, Norway, 2015.

Skogsstyrelsen. «Effekter av ett förändrat klimat.» 2015.

Skogsstyrelsen. «Global framtida efterfrågan på og möjligt utbud av virkesråvara.» 2015.

Skrøppa, Edvardsen, Kvaalen, Steffenrem, og Myking. *Norsk perspektiv på nordisk samarbeid i skogfrøforsyningen.* Skog og landskap, 2015.

SLF. *Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Rapport-nr.: 9/2012.* Statens landbruksforvaltning, 2012.

Smith, P. *Land use change and soil organic carbon dynamics.* Nutrient Cycling in Agroecosystems, 81, 169-178., 2008.

Smith, P., et al. *Greenhouse gas mitigation in agriculture.* : Biological sciences. Volume: 363 Issue: 1492, DOI: 10.1098/rstb.2007.2184 , 2008.

Solberg, Madsen, og Finne. *Norsk skogbruk*, 2013.

Steen Jensen, Erik, et al. «Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review.» *Agronomy for Sustainable Development*, April 2012: Volum 32, Utgave 2, side 329-364.

Storlien, T. M., og O.M. Harstad. *Tiltak i husdyrproduksjonen. Potensial for reduksjon i utslipp avystgass og enterisk metan fra mjølkekuproduksjonen.* Rapport på oppdrag fra Miljødirektoratet, 2015.

Sturite, I., et al. *Effects of fertilization and soil compaction on nitrous oxide (N2O) emissions in grassland.* In: EGF at 50: The Future of European Grasslands Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Feder (94-96), 2014.

Sturite, I., S. Rivedal, og P. Dörsch. *Nitrogen-tap i form av N2O fra kløverrik eng gjennom vinteren.* Fløistad, E. og Günther, M. (red.).Bioforsk FOKUS, vol. 9 Nr. 2, s. 86, 2014.

Sæbø, A., og L. M. Mortensen. *Growth and regrowth of Phleum pratense, Lolium perenne, Trifolium repens and Trifolium protense at normal and elevated CO_2 concentration.* Agric. Ecosyst. Envirionment, 55, ss.29-35, 1995.

Søgaard, G., R. Astrup, L. D. Fernandez, L. Dalsgaard, S. Borgen, og N. von Lupke. *Framskrivninger for skog og andre landarealer (LULUCF-sektoren), Skog og landskap.* Skog og Landskap, Rapport 14/2015, 2015.

Søgaard, Granhus, Gizachew, Clarke, Andreassen, og Eriksen. *En vurdering av utvalgte skogtiltak - innspill på veien mot Lavutslippssamfunnet 2050.* Skog og landskap, 2015.

TemaNord. *Climate change and primary industries.* Nordisk ministerråd, 2014.

Tesfai, M., A. Hauge, og S. Hansen. *N2O emissions from a cultivated mineral soil under different soil drainage conditions.* Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, vol 65, s. 128-138, 2015.

Tomter, og Dalen. *Bærekraftig skogbruk i Norge.* Norsk institutt for skog og landskap, 2014.

Trømborg, E. *IEA Bioenergy Task 40 – Country report 2013 for Norway.* NMBU, ENOVA, IEA Bioenergy, 2015.

Tveito. *Klimaendringer og betydning for skogbruket.* Meteorologisk institutt, 2014.

U.S. Office of Technology Assessment. «The food system.» I *Changing by degrees: Steps to reduce greenhouse gases*. U.S. Office of Technology Assessment, 1991.

Vagstad, N., et al. *Økt norsk kornproduksjon.* Utredning fra ekspertgruppe til LMD, 39s, 2013.

van Oijen, M., og M. Höglind. *Towards a Bayesian procedure for using process-based models in plant breeding.* Euphytia, in press. , 2015.

Vuuren, D. P. van, M. van Sluisveld, og Andries F. Hof. *Implications of long-term scenarios for medium-term targets (2050).* PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, på oppdrag fra Miljødirektoratet, M-449|2015, 2015.

Østrem, L., M. Rapaca, A., Dalmanndsottir, S. Larsen, og M. Jørgensen. *Influence of growth cessation oand photoacclimatication on winter survival of non-native Lolium Festuca grasses in High-latitude regions.* Environmental and Experimental Botany 111, ss. 21-31, 2015.

Øygarden, L., et al. *Klimatiltak i jordbruket - mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold.* Bioforsk Rapport Vol. 4 Nr. 175 2009, 2009.

Åby, B. A., L. Aass, og O. M. Harstad. *Klimagassutslipp fra norsk melk- og storfekjøttproduksjon.* Buskap : medlemsblad for Geno 2015 (8) s. 28-28. NMBU, 2015.