

Rapport
fra Skog og landskap

14/2015



skog +
landskap

Norsk institutt for
skog og landskap

FRAMSKRIVNINGER FOR SKOG OG ANDRE LANDAREALER (LULUCF-SEKTOREN)

Gunnhild Søgaard, Rasmus Astrup, Clara Antón Fernández, Lise Dalsgaard,
Signe Borgen og Nikolas von Lüpke



FRAMSKRIVNINGER FOR SKOG OG ANDRE LANDAREALER (LULUCF-SEKTOREN)

Gunnhild Sjøgaard, Rasmus Astrup, Clara Antón Fernández, Lise Dalsgaard,
Signe Borgen og Nikolas von Lüpke

ISBN: 978-82-311-1017-0

ISSN: 1891-7933

Omslagsfoto: Skoglandskap.
Foto: John Y. Larsson, Skog og landskap.

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

FORORD

Skog og landskap ble i april 2014 bedt om å bistå Finansdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Landbruks- og matdepartementet, og Miljødirektoratet med nye framskrivninger av opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser fra skog og andre landarealer (LULUCF-sektoren) fram til 2120. Bakgrunnen var blant annet at metodene som er brukt for å beregne historisk opptak og utslipp fra sektoren er videreutviklet og forbedret i tråd med retningslinjer for utarbeiding av klimagassregnskap. Resultatene ble presentert for oppdragsgiverne i et møte 12. august 2014, og endelig notat levert 22. august 2014.

I denne rapporten presenteres disse framskrivningene. Framskrivningene for alle arealkategorier innen LULUCF-sektoren er utført i tråd med metodikken brukt i klimagassregnskapet for Norge i 2014 (Miljødirektoratet mfl. 2014).

Prosjektet har vært ledet av Gunnhild Sjøgaard ved Norsk institutt for skog og landskap. Norsk institutt for skog og landskap står ansvarlig for innholdet i rapporten.

Ås, juni 2015.

Gunnhild Sjøgaard

SAMMENDRAG

Framskrivninger av opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser fra skog og andre landarealer (LULUCF-sektoren) fram til 2120, utført i tråd med metodikken brukt i klimagassregnskapet for Norge i 2014 (Miljødirektoratet mfl. 2014), presenteres i denne rapporten.

Framskrivningene er basert på tre ulike scenarier for fremtidig klima:

- Dagens klima.
- 2-gradersmålet, det vil si en global temperaturøkning som flater ut på to grader i 2100 ("oppfyller" 2-gradersmålet). Her er RCP 2.6 lagt til grunn.
- Business-as-usual, det vil si forventet klimaendring dersom nye tiltak ikke gjennomføres. Her er RCP 8.5 lagt til grunn.

En videreføring av dagens politikk og virkemiddelbruk er lagt til grunn for framskrivningene. Videre legges til grunn en sannsynlig utvikling for avvirkning ut fra hogstmodenhet og tilgjengelighet av tømmer i norske skoger (Antón Fernández og Astrup 2012).

Skog er den viktigste arealkategorien for opptak av klimagasser, med et netto opptak på 30 741 Gg CO₂-ekvivalenter i 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014). Framskrivningene viser at *skog* også i fremtiden vil være den viktigste arealkategorien for opptak av klimagasser, men opptaket vil reduseres betydelig over de nærmeste 100 år. Dette vil skje uavhengig av klimascenario, og skyldes en kombinasjon av økende avvirkning og endring av skogens alderssammensetning. Den skogen som ble plantet i tiårene etter 2. verdenskrig begynner nå å bli hogstmoden, og det vil være et betydelig volum i skog som vil bli hogstmoden de kommende 30 år (Granhus mfl. 2014). Det gir større arealer med hogstmoden skog nær vei, og denne skogen har også større volum per arealenhet enn eldre hogstmoden skog. Dette vil gi økt avvirkning, og dermed høyere utslipp (ettersom all avvirkning regnes som utslipp ved avvirkningstidspunktet i klimagassregnskapet). Skogen i Norge har i dag en ujevn alderssammensetning, med en stor andel av arealet i de mest produktive faser (høy tilvekst, som gir høyt opptak). Med fortsatt forvaltning som i dag vil alderssammensetningen langsomt bli mer jevn, og vi vil få en større andel av gammel skog. Dette resulterer i redusert tilvekst.

Lageret av karbon i levende biomasse i *skog* har økt gjennom hele rapporteringsperioden (1990 – 2012), og fortsetter å øke i framskrivningene. Økningen i rapporteringsperioden skyldes blant annet en aktiv skogforvaltning de siste 60 – 70 årene. Den fremtidige økningen forutsetter at skogen som avvirkes re-etableres med samme treslag og produktivitet som skogen har i dag.

Utslippsendringer for de øvrige arealkategoriene vil i større grad være betinget av arealendringer, hvor den totale størrelsen på opptak og utslipp påvirkes av størrelsen på arealet. Gitt en fortsettelse av trenden for perioden 2006 – 2010, vil den største endringen være i arealkategorien *bebyggelse*, som øker mest både i areal og prosent. Arealet med *vann og myr* og *annen utmark* vil være noenlunde stabilt, arealet *skog* og *dyrket mark* reduseres, mens arealet *beite* øker noe. Arealkategorien *vann og myr* bidrar til netto opptak. Dette skyldes karbonopptak i trær på tresatt myr (myrarealer med trær, men som ikke når skogdefinisjonen). 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.

Nøkkelord: Klimagassregnskap, klimagassutslipp, framskrivninger, skog, tilvekst, avvirkning, CO₂, lystgass, metan

INNHold

Forord	ii
Sammendrag	ii
1. Innledning	1
2. Generelle forutsetninger	2
3. Framskrivninger	5
3.1. Utslipp og opptak i LULUCF-sektoren (FNs klimakonvensjon)	5
3.2. Artikkel 3.3: Påskoging og avskoging (Kyotoprotokollen)	9
3.3. Artikkel 3.4: Skogforvaltning (Kyotoprotokollen).....	9
4. Usikkerhet i framskrivningene	11
5. Innføring av nytt regelverk fra og med 2015	12
5.1. Endringer i utslippsnivåer under FNs klimakonvensjon	12
5.2. Nye aktiviteter under Kyotoprotokollen.....	13
6. Metodebeskrivelse.....	14
6.1. Landsskogtakseringen	14
6.2. Generelle forutsetninger for framskrivninger av arealer/arealbruk	14
6.3. Klimadata brukt i jordkarbonmodell (Yasso07) og biomassemodell	15
6.4. Estimering av endring i jordkarbon i skog (Yasso07).....	15
6.5. Levende biomasse	18
6.6. Dødt organisk materiale (DOM).....	19
6.7. Mineraljord	19
6.8. Kalking av land og innsjøer	20
6.9. Andre klimagasser.....	21
6.10. Artikkel 3.3: Påskoging og avskoging.....	21
6.11. Artikkel 3.4: Skogforvaltning.....	22
Ordliste	23
Referanser.....	24
Tabeller.....	26

1. INNLEDNING

FNs klimakonvensjon (UN Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), som ble vedtatt i 1992, utgjør rammeverket for verdens klimasamarbeid. Konvensjonen inkluderer en rekke krav og henstillinger til landene, blant annet om rapportering av utslipp og opptak av klimagasser, men setter ingen bindende begrensninger for partslandenes klimagassutslipp.

Kyotoprotokollen, som ble vedtatt i 1997, er forankret i FNs klimakonvensjon. Den inneholder tallfestede utslippsforpliktelser for de landene som er med (bare Anneks I-land¹). Første forpliktelsesperiode var for årene 2008-2012. Norge ratifiserte Kyotoprotokollen i 2002, og forpliktet seg derved til å begrense gjennomsnittlige årlige utslipp i 2008-2012 til én prosent over nivået i 1990. Utslipp og opptak fra skogreising og avskoging (art. 3.3), samt skogforvaltning (art. 3.4), er med i Norges utslippsforpliktelse.

I denne rapporten har vi utarbeidet framskrivninger for utslipp og opptak av klimagasser slik det rapporteres under både konvensjonen og Kyotoprotokollen for LULUCF-sektoren. Utslipp og opptak er beregnet i tråd med den metodikk og de utslippsfaktorer som er benyttet i Norges klimagassregnskap for 2012, publisert i National Inventory Report 2014 (senere referert til som NIR 2014).

I rapporten presenterer vi både historiske tall, for perioden fra referanseåret 1990 og frem til 2012, slik det er publisert i NIR 2014, og framskrivningene for perioden fra 2013 og frem til 2120.

¹ Anneks I er et anneks til Klimakonvensjonen, og inneholder en liste over hvilke land som regnes som industrialiserte/rike. Det er bare Anneks I-landene som har tallfestede utslippsforpliktelser i Kyotoprotokollen. Land som ikke står i Anneks I regnes som utviklingsland (omtales ofte som "ikke-Anneks I-land").

2. GENERELLE FORUTSETNINGER

En videreføring av dagens politikk og virkemiddelbruk er lagt til grunn for framskrivningene. Videre legges til grunn en sannsynlig utvikling for avvirking ut fra hogstmodenhet og tilgjengelighet av tømmer i norske skoger (Antón Fernández and Astrup 2012), slik det ble gjort i forutgående analyser til perspektivmeldingen.

Klimagassregnskapet for første forpliktelsesperiode, fra referanseåret 1990 og frem til 2012, publisert i NIR 2014, for Norge er lagt til grunn (Miljødirektoratet mfl. 2014). Det innebærer at figurer og tabeller presenterer historiske tall frem til og med 2012, og framskrivninger fra og med 2013. Framskrivningene er laget fram til 2120.

Framskrivningene dekker alle områder innen LULUCF-sektoren, foruten HWP (Harvested Wood Products).

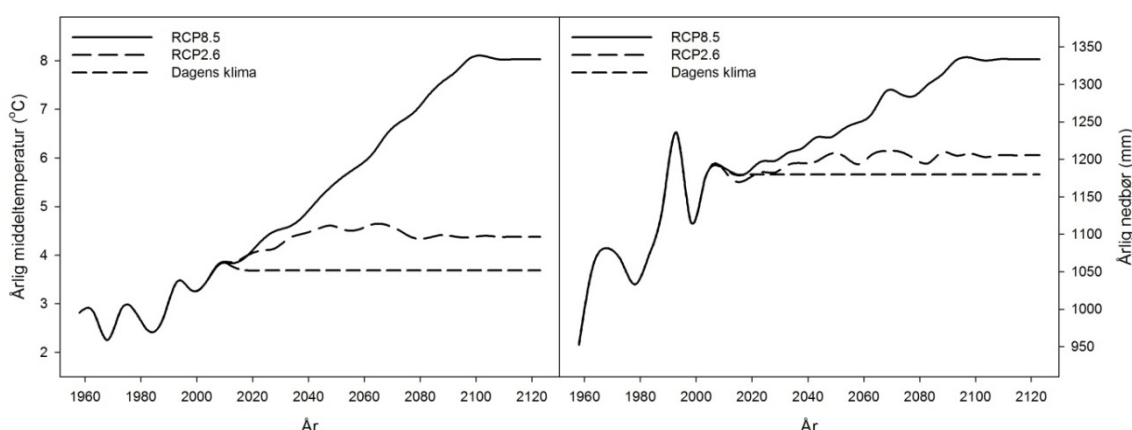
Arealbruken er definert i seks kategorier som følger av internasjonale definisjoner:

- skog
- dyrket mark
- beite (innmarksbeite og overflatedyrket grasareal som beites årlig)
- vann og myr
- annen utmark (snaumark og tresatt utmarksareal)
- bebyggelse (arealer med ulike tekniske inngrep som boliger, veier, kraftlinjer, parkanlegg, mv.).

Framskrivningene er basert på tre ulike scenarier for fremtidig klima:

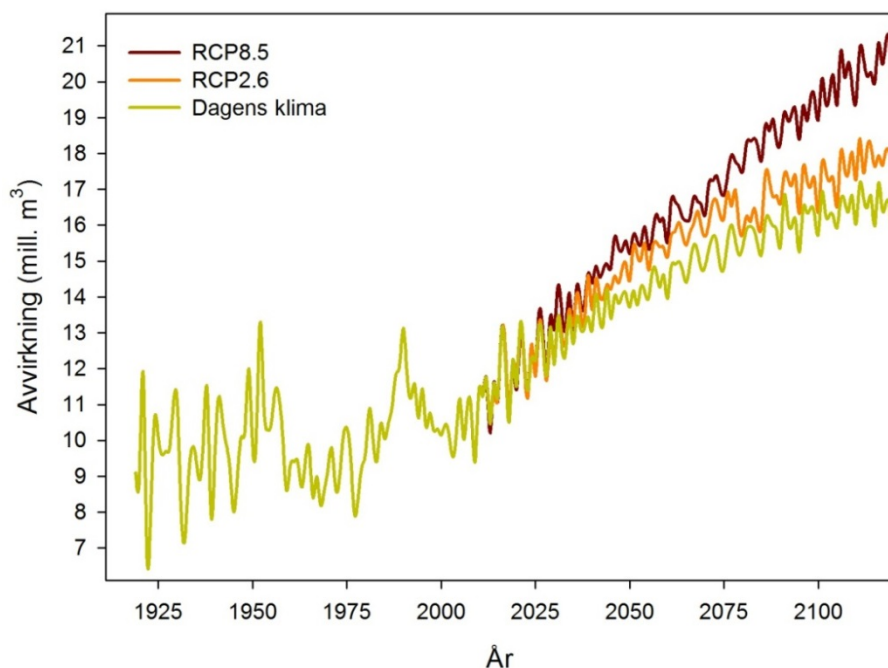
- Dagens klima (nedbør, temperatur).
- 2-gradersmålet, det vil si en global temperaturøkning som flater ut på to grader i 2100 ("oppfyller" 2-gradersmålet). Her er RCP 2.6² lagt til grunn.
- Business-as-usual, det vil si forventet klimaendring dersom nye tiltak ikke gjennomføres. Her er RCP 8.5² lagt til grunn.

Temperatur- og nedbørsutviklingen for skogarealet i Norge for de tre ulike scenarier er vist i Figur 1.

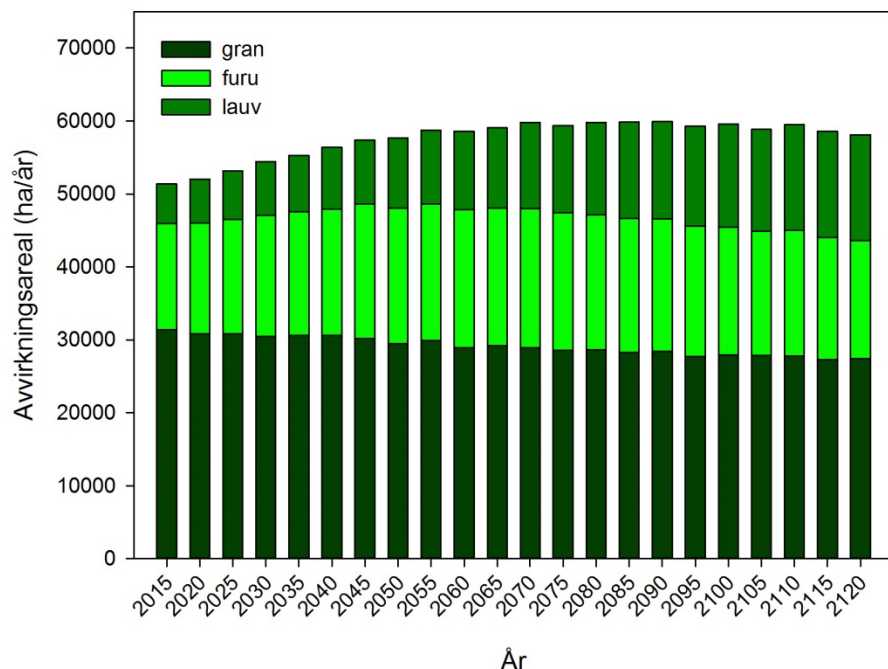


Figur 1. Årlig middeltemperatur og gjennomsnittlig årsnedbør for de tre klimascenariene; dagens klima, «business-as-usual (RCP8.5), og togradersmålet (RCP2.6). Klimadata fra: http://climexp.knmi.nl/selectfield_cmip5.cgi?id=rtisdale@snet.net#surface.

² I FNs klimapanel sin femte hovedrapport (AR5) presenteres fire nye utviklingsbaner (Representative Concentration Pathways, RCP), hver karakterisert av strålingspådrivet (watt/m²) ved utgangen av perioden (2100). De er den siste generasjonen av scenarier som forsyner klimamodeller med data.



Figur 2. Total årlig avvirking i mill. m³ (inkluderer kommersiell hogst, vedhogst, og ikke-kommerisiell hogst) for de tre ulike klimascenarioene. Volum er uten bark, men inklusive topp, bult, etc. («skogskubikk»³). Historiske data frem til og med 2012, framskriving fra og med 2013.



Figur 3. Utvikling i årlig avvirkningsareal (ha) med dagens klima, fordelt på hovedtreslag (boniteringstre).

³ Med «skogskubikk» menes det totale stående volum i skogen (stammevirke). Dette er større enn det volumet som faktisk kommer til salgs som tømmer (forskjellen forårsakes av råte, små trær, dårlig kvalitet, dimensjon på trær, mv.). Dette gjør at avvirkningstallet kan sammenlignes direkte med tilveksten, men vil være høyere enn tall for omsatt virke fra SSB.

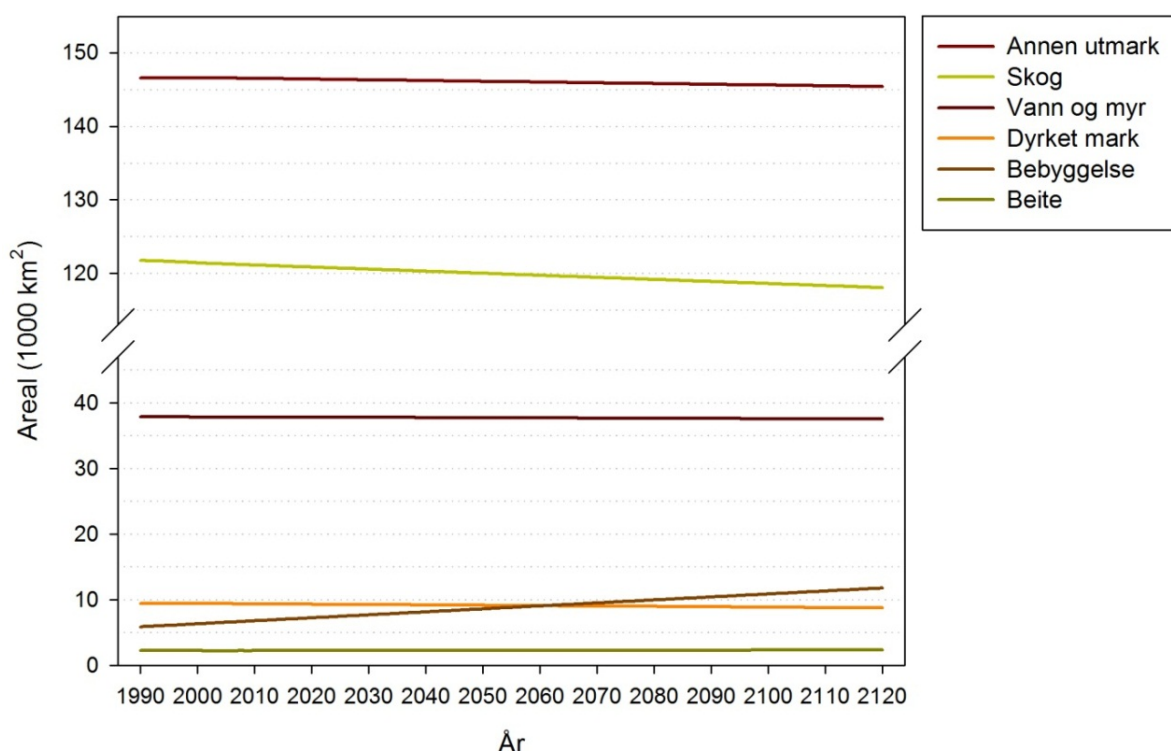
Idet de ulike klimasenarioer påvirker utviklingshastigheten i skogen vil klimasenarioene også påvirke den forventede avvirkningsaktiviteten. Figur 2 viser avvirkningskvantum fram til 2120 gitt de tre ulike klimascenarioene. Med et økende stående volum, og en større andel hogstmoden skog nær vei, så vil avvirkningskvantumet øke. Figur 3 viser utviklingen i avvirkningsareal ved dagens klima.

Den totale størrelsen på opptak og utslipp påvirkes av størrelsen på arealet. Gitt en fortsettelse av de siste års trend (2006 – 2010), vil den største endringen være i arealkategorien *bebyggelse*, som øker mest både i areal og prosent. Arealet med *vann og myr* og *annen utmark* vil være noenlunde stabilt, arealet *skog* og *dyrket mark* reduseres, mens arealet *beite* øker noe (Tabell 1, Figur 4).

Alle framskrivningene er i henhold til relevante COP/CMP-beslutninger om beregning av opptak og utslipp og om referansebaner.

Tabell 1. Endring fra 2012 til 2120 i areal (km²) og prosent for de ulike arealbrukskategoriene. Endringen er basert på en forlenging av den historiske trenden for perioden 2006 – 2010.

	skog	dyrket mark	beite	vann og myr	bebyggelse	annen utmark
Areal (km²)	-3015	-611	85	-277	4906	-1088
Prosent (%)	-2	-7	4	-1	72	-1



Figur 4. Endringer i arealbruk (km²). Historiske tall for perioden 1990 – 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014), og framskrevne tall fra 2013 (basert på historisk trend for perioden 2006 til 2010).

3. FRAMSKRIVNINGER

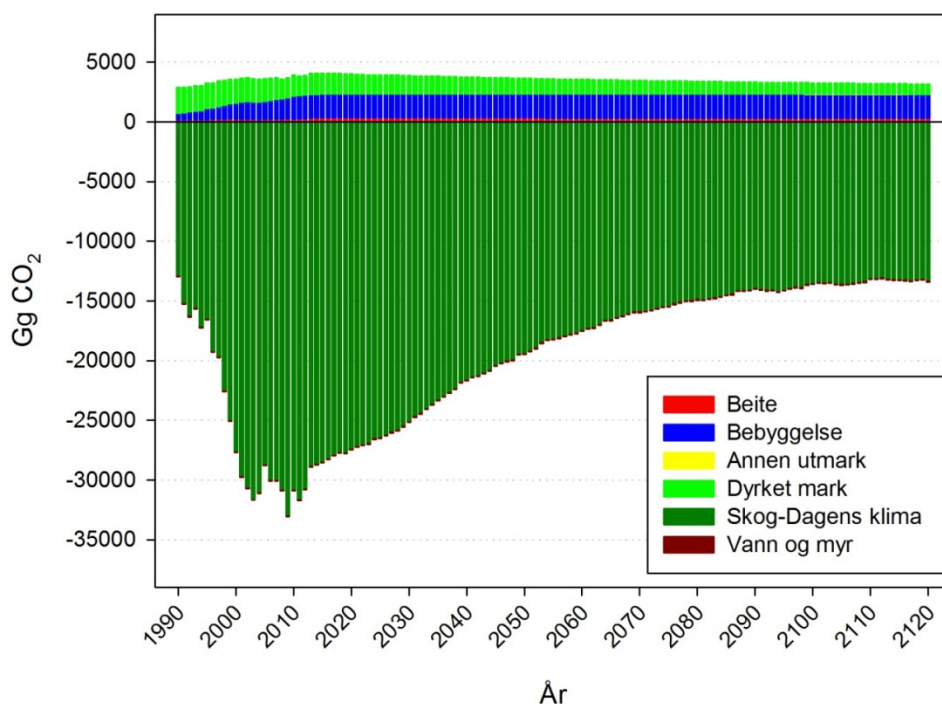
3.1 Utslipp og opptak i LULUCF-sektoren (FNs klimakonvensjon)

LULUCF-sektoren har for hele perioden som er rapportert så langt, 1990 til 2012, et gjennomsnittlig årlig netto opptak 21 576 Gg CO₂-ekvivalenter⁴. Opptaket har imidlertid økt gjennom hele perioden, fra et netto opptak på 10 162 CO₂-ekvivalenter i 1990, og fram til et netto opptak på 26 678 Gg CO₂-ekvivalenter i 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014). Dette opptaket er betydelig, og utgjør om lag halvparten av utslippene fra alle øvrige sektorer. Framskrivningene viser at LULUCF-sektoren fortsetter å ha et netto opptak av klimagasser de nærmeste 100 årene, men at opptaket reduseres kraftig

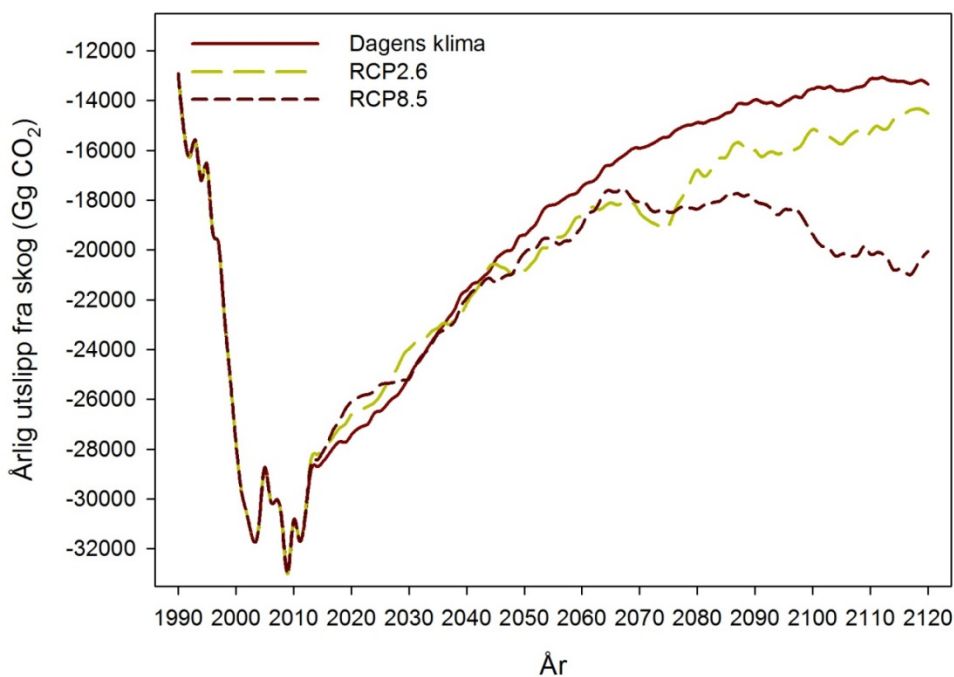
Skog er den viktigste arealkategorien for opptak av klimagasser, med et netto opptak på 30 741 Gg CO₂-ekvivalenter i 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014). Framskrivningene viser at *skog* også i fremtiden vil være den viktigste arealkategorien for opptak av klimagasser, men opptaket vil reduseres betydelig over de nærmeste 100 år (Figur 5). *Vann og myr* bidrar til netto opptak gjennom karbonbinding i trær på myr (tresatt myr, myrareal med trær som ikke når skogdefinisjonen), mens *dyrket mark, beite, bebyggelse* og *annen utmark* alle bidrar til netto utslipp. Utslipp relatert til arealkategorien *bebyggelse* er det som har økt mest i den perioden som er rapportert så langt (1990 – 2012), og var i 2012 over fire ganger så høye som i 1990. Ettersom utslippene fra *bebyggelse* og *annen utmark* i LULUCF-regnskapet er knyttet til arealbruksendring til disse kategoriene, vil nivået stabiliseres gitt våre forutsetninger (samme hastighet og retning på endring som i perioden 2006 – 2010). *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 (Figur 5).

Nettoopptaket av CO₂ i skog økte fra 1990 til en topp i 2003, før det frem til 2012 har fluktuert på et nivå på i overkant av 30 000 Gg CO₂ per år. Nettoopptaket av CO₂ i skog var 30 753 Gg i 2012 (inkluderer ikke andre klimagasser, CH₄ og N₂O). Uavhengig av klimasenario viser framskrivningene at nettoopptaket vil avta over de nærmeste 100 år. Nedgangen i nettoopptak skyldes kombinasjonen av en økende avvirkning og skogens alderssammensetning. Avvirkning regnes som et utslipp fra sektoren, og med økende avvirkning vil en få en proporsjonal økning i utslipp. Den skogen som ble plantet i tiårene etter 2. verdenskrig begynner nå å bli hogstmoden, og det vil være et betydelig volum i skog som vil bli hogstmoden de kommende 30 år (Granhus mfl. 2014). Det gir større arealer med hogstmoden skog nær vei, og denne skogen har også større volum per arealenhet enn eldre hogstmoden skog. Dette vil gi økt avvirkning, og dermed høyere utslipp (ettersom all avvirkning regnes som utslipp ved avvirkningstidspunktet i klimagassregnskapet). Skogen i Norge har i dag en ujevn alderssammensetning, med en stor andel av arealet i de mest produktive fasene (høy tilvekst, som gir høyt opptak). Med fortsatt forvaltning som i dag vil alderssammensetningen langsomt bli mer jevn, og vi vil få en større andel av gammel skog. Dette resulterer i redusert tilvekst. Minst nedgang i opptak (Figur 6) og høyest avvirkningsnivå (Figur 2) oppnås ved den største temperaturøkningen (RCP 8.5). Dette skyldes økt produktivitet i et varmere klima, som igjen vil resultere i et høyere avvirkningsnivå. Den økte produktiviteten er på alt skogareal, også det som ikke avvirknes. Netto opptak vil derfor bli høyest i RCP8.5 selv med et høyere avvirkningsnivå. Det laveste avvirkningsnivået og den største nedgangen i opptak får en dersom en forutsetter at dagens klima vedvarer (ingen temperaturøkning) (Figur 6).

⁴ Inkluderer, i tillegg til CO₂, også klimagassene N₂O og CH₄, omregnet til CO₂-ekvivalenter.

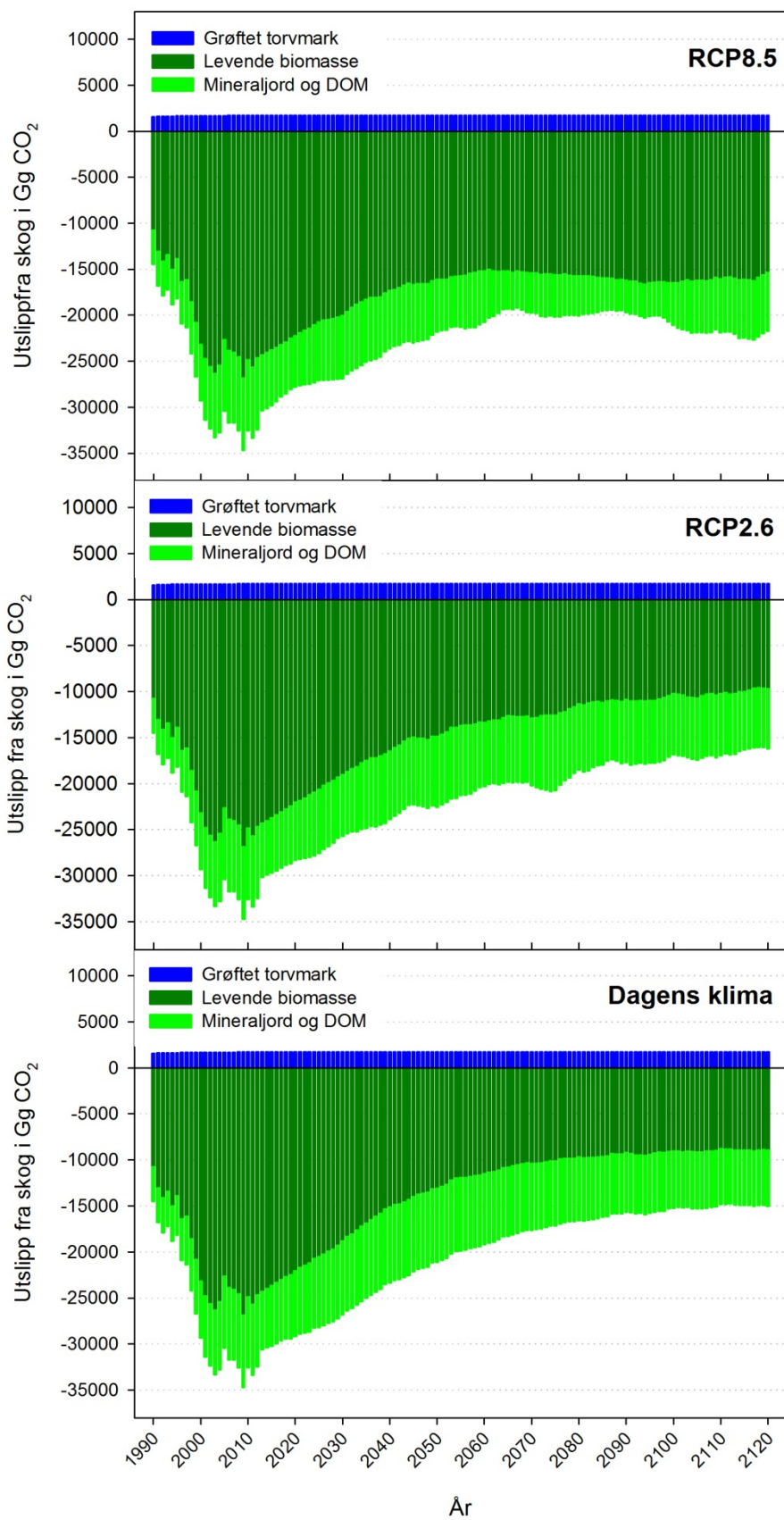


Figur 5. Netto CO₂-utslipp for alle arealkategorier. Historiske data for 1990 – 2012 og fremskrevne utslipp for 2013 – 2120. Dagens klima er lagt til grunn for framskrivningene⁵.



Figur 6. Årlig utslipp i skog (Gg CO₂). Negative tall betyr opptak. Historiske data for 1990 – 2012 og fremskrevne utslipp for 2013 – 2120

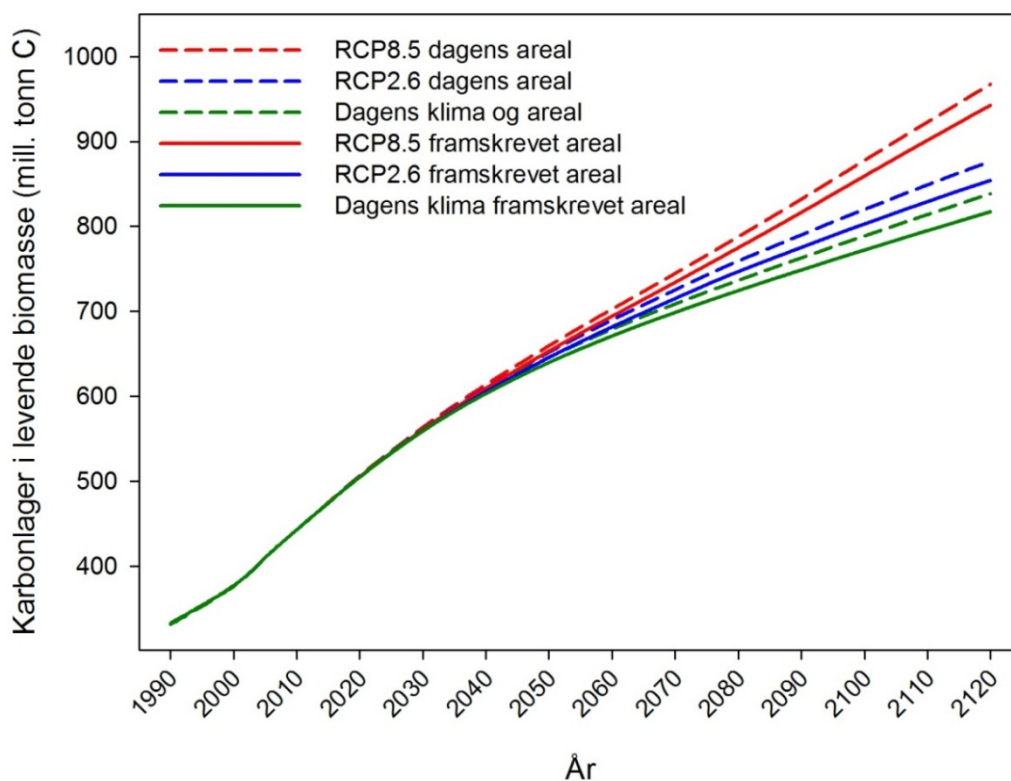
⁵ I beregningen av de historiske tall (Miljødirektoratet mfl. 2014) ligger gjennomsnittstall for klima til grunn, mens i framskrivningene er det brukt årlige tall for temperatur og nedbør. Endringene i klimainnputt bidrar til den litt større endringen mellom siste år med rapporterte data (2012) og første år med framskrivninger (2013).



Figur 7. Utslipp fra skog (Gg CO₂ per år), fordelt på grøftet organisk mark, levende biomasse (over og under bakken) og mineraljord inkl. dødt organisk materiale (strø, død ved, mv.). Historiske data for 1990 – 2012 og fremskrevne utslipp for 2013 – 2120.

Levende biomasse utgjør størstedelen av opptaket i skog. Av det totale opptaket i 2012 utgjorde levende biomasse 76 %, dødt organisk materiale (strø, død ved, mv.) 24 %, mens mineraljorden kun utgjorde en marginal del. Om lag 2 % av skogarealet er grøftet torvmark, og denne jorda sto for et netto utslipp på 1 727 Gg CO₂ i 2012. Nygrøfting i skog ble forbudt i 2007, og utslippene er forutsatt konstant på det samme nivået. Framskrivningene viser at i de nærmeste 100 år vil nettoopptaket i skog bli dominert av endringene i levende biomasse. Framskrivningen viser at et varmere klima fører til et høyere opptak i levende biomasse, samtidig som andelen av opptaket fra dødt organisk materiale og jord reduseres (Figur 7). Dette skyldes økt tilvekst i levende biomasse, samtidig som nedbrytningen av dødt organisk materiale i simuleringene øker mer enn økningen i tilførslene av dødt organisk materiale.

Lageret av karbon i levende biomasse i skog har økt gjennom hele rapporteringsperioden (1990 – 2012), og fortsetter å øke i framskrivningene (Figur 8). Økningen i rapporteringsperioden skyldes en aktiv skogforvaltning de siste 60 – 70 årene, men også faktorer som et varmere klima, høyere CO₂-konsentrasjon i lufta og mer nitrogennedfall kan ha hatt en positiv effekt. Den fremtidige økningen forutsetter at skogen som avvirkes re-etableres med samme treslag og produktivitet som skogen har i dag. Endring i lager er beregnet både med dagens skogareal, og med et framskrevet skogareal. Fortsetter dagens reduksjon i skogarealet med samme hastighet gjennom hele framskrivingsperioden (som vist i Figur 4) vil det bety en redusert oppbygging av karbonlager i levende biomasse fram til 2120, sammenliknet med konstant areal, på mellom 21,5, 22,4 og 24,8 mill. tonn karbon for henholdsvis dagens klima, RCP 2.6 og RCP 8.5 (Figur 8).



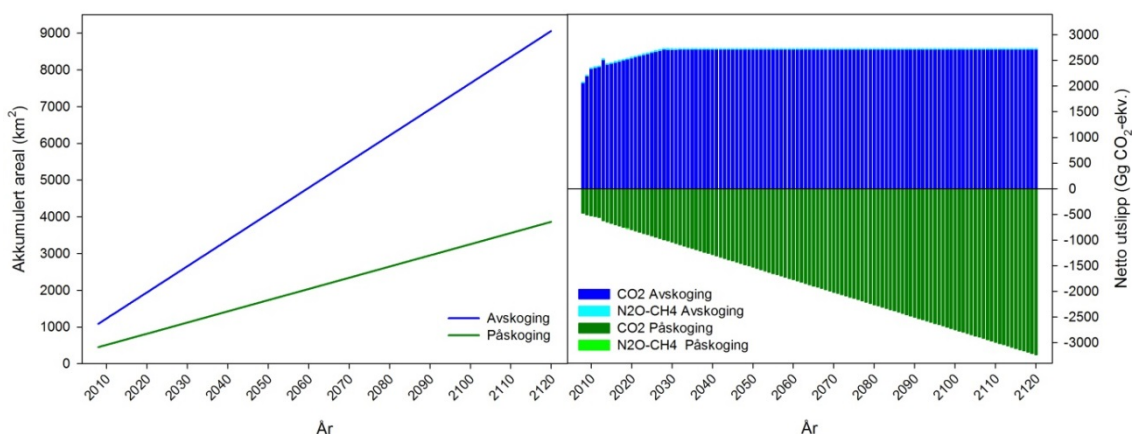
Figur 8. Utviklingen i karbonlageret i levende biomasse (i mill. tonn C). Biomasse over og under bakken er inkludert. De hele linjene viser utviklingen gitt framskrevet areal (følger trenden i arealutvikling for perioden 2006 – 2010), mens de stiplede linjene viser utviklingen gitt at arealet opprettholdes på dagens nivå. Historiske data for 1990 – 2012 og framskrevne tall for 2013 – 2120.

3.2 Artikkel 3.3: Påskoging og avskoging (Kyotoprotokollen)

Artikkel 3.3 i Kyotoprotokollen for første forpliktelsesperiode åpner for godskrivning av CO₂-opptak i skog som følge av menneskelige aktiviteter etter 1990, herunder påskoging og avskoging som er et resultat av direkte menneskelig påvirkning.

Vi har forutsatt en lineær utvikling i arealet, basert på gjennomsnittlig årlig areal i perioden 2008-2012. Dette gir et årlig areal med påskoging på snaut 30,5 km², og et årlig areal med avskoging på drøyt 71,2 km² for hvert år i framskrivingsperioden (Figur 9). Akkumulert for perioden 1990 – 2120 gir det et totalt areal på 3861 km² med påskoging og 9059 km² med avskoging.

Utslippene er estimert basert på gjennomsnittlige utslippsfaktorer for den samme perioden (2008 – 2012), altså forutsatt dagens klima også i fremtiden. Gitt arealforutsetningene beskrevet over vil en etter en tid oppnå et stabilt netto utslipp fra avskoging tilsvarende det årlige arealet, mens en for påskoging vil ha økende opptak ettersom den etablerte skogen fortsetter å vokse og ta opp CO₂ (Figur 9). Alt utslipp fra levende biomasse er beregnet samme år som arealendring. Utslipp fra jord forutsettes å være null 20 år etter arealendringen, når jordas karbonlager antas å ha inntatt en ny likevekt.



Figur 9. Akkumulert areal og netto utslipp fra av- og påskoging under artikkel 3.3 i Kyotoprotokollen (CO₂-ekvivalenter). Historiske tall for perioden 2008 – 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014), og framskrevne tall for 2013 – 2120. Basert på dagens klima.

3.3 Artikkel 3.4: Skogforvaltning (Kyotoprotokollen)

Under artikkel 3.4 i Kyotoprotokollen for første forpliktelsesperiode kan Annex I-land rapportere data om sitt karbonlager i 1990, for å muliggjøre beregninger av endringer i karbonlager i etterfølgende år. Norge har valgt å inkludere skogforvaltning her. All skog i Norge er definert som «forvaltet», og følgelig rapporteres endring i karbonlager for alt areal i kategorien skog her. Framskrivninger er basert på trend fra rapporteringsperioden (2008 – 2012). Det har vært en relativt stabil årlig reduksjon⁶ i arealet som inngår under artikkel 3.4 i perioden, med i gjennomsnitt 59,5 km²/ år

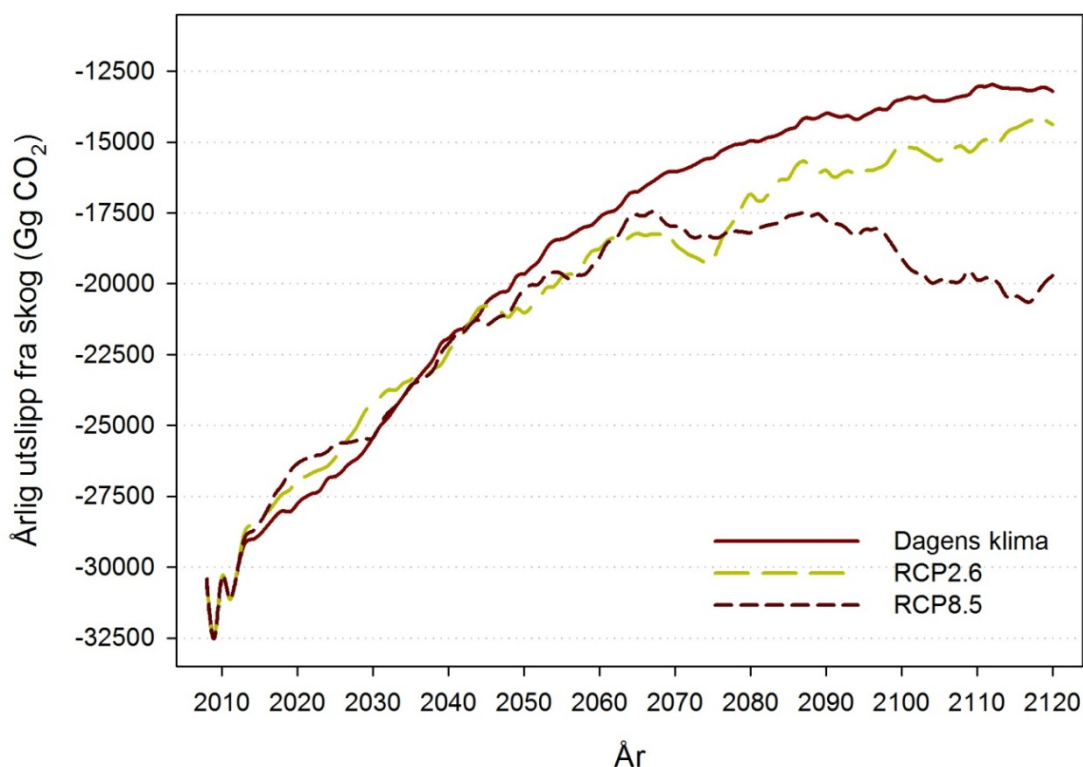
⁶ Arealet under art. 3.4 påvirkes av menneskeskapt avskoging (art. 3.3), men også av naturlig påskoging og avskoging. I motsetning til for skogarealet under konvensjonen, praktiseres ikke 20-årsregelen (det er ingen overgangskategori). Skogarealet under art. 3.4 vil være tilnærmet lik, men ikke helt identisk, med skogarealet i gjenværendekategorien under klimakonvensjonen («Forest remaining forest»).

(variasjon innen +/- 0,3 km²). Vi har forutsatt en fortsatt stabil reduksjon på samme nivå.

I 2012 var arealet 120 500 km², og netto opptak av CO₂ beregnet til 30 199 Gg CO₂. Med andre klimagasser inkludert ble opptaket 30 187 Gg CO₂-ekvivalenter. Utviklingen framover for utslipp av CO₂ for skog under Artikkel 3.4 gitt de ulike klimascenariene er vist i Figur 10. Netto utslipp av CO₂ og CO₂-ekv. (andre klimagasser inkludert) i 2120 for de ulike klimascenariene er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Netto opptak i 2120 under artikkel 3.4 Skogforvaltning gitt ulike klimascenarier, for CO₂ alene (Gg CO₂), og med CH₄ og N₂O inkludert (Gg CO₂-ekv.). Opptaket i 2012 er gjengitt for sammenlikning.

2120	RCP8.5	RCP2.6	Dagens klima	2012
CO ₂	19 714	14 382	13 211	30 199
CO ₂ -ekv.	19 705	14 376	13 204	30 187



Figur 10. Netto utslipp av CO₂ under artikkel 3.4 Skogforvaltning i Kyotoprotokollen (Gg CO₂). Rapporterte tall for perioden 2008 – 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014), og framskrevne tall for 2013 – 2120.

4. USIKKERHET I FRAMSKRIVNINGENE

Her beskrives kort sentrale usikkerhetsmomenter i framskrivningene.

Framskrivningene som er presentert inkluderer vekst, temperaturrevet bonitetsøkning, tilførsel og nedbrytning av karbon i jord, inkludert dødt organisk materiale, skogsdrift og endringer i skogarealet. Men også andre prosesser kan gjennom de neste 100 år få stor effekt på skogens opptak og lager av karbon. Stormskader, brann og angrep av sopp og barkbiller er en naturlig del av skogens dynamikk. Opptre slike hendelser over store områder, kan de i enkelte år, eller over en kort årrekke, ha stor effekt på karbonopptaket (Astrup mfl. 2008). Det er stor sannsynlighet for at et endret klima vil kunne øke både frekvens og intensitet av slike hendelser (se f.eks. Woods mfl. 2005, Nitschke 2006). Framskrivningene i denne rapporten inkluderer ikke en økning i slike effekter ut over dagens nivå, noe som kan bety at nettoopptaket i noen perioder kan være overestimert. Størrelsen på et potensielt overestimert er avhengig av omfanget på fremtidige skader og er vanskelig å kvantifisere. Det bør dog nevnes at når den totale stående biomassen⁷ øker slik som predikert vil potensielle utslipp fra skader bli betydelig større enn de er i dag.

Temperatur er en viktig begrensning for tilvekst i skog i Norge i dag, og det er i modellen forutsatt en økning i produksjon, gitt ved en bonitetsheving, ved et endret klima. Skogøkosystemet er komplekst, og det vil nødvendigvis være stor usikkerhet ved å modellere responser til så store klimaendringer som gitt for eksempel ved «business-as-usual»-scenariet (RCP8.5).

I framskrivningene er det relativt store utslipp knyttet til grøftet torvmark. Her er det imidlertid stor usikkerhet knyttet både til det reelle arealet og prosessene som vil pågå videre. Nygrøfting i skog ble forbudt i 2007, men grøfterensk er tillatt. Det er dermed både usikkerhet med hensyn til arealutvikling og prosesser gitt manglende grøfterensk. Minkinen og Laine (1998) konkluderte med at grøftet torvmark etter en tid ikke nødvendigvis fortsetter å være kilde til utslipp av karbon til atmosfæren. Dette betyr at utslipp for denne arealtypen kan være overestimert i framskrivningene. Hele metodikken knyttet til grøfting av torvjord er under evaluering i forbindelse med overgang til nytt regelverk (2013 Wetlands Supplement; IPCC 2014), og det arbeides også med bedre arealestimater. Vi har her tatt utgangspunkt i metodikk og arealgrunnlag brukt i NIR 2014 (Miljødirektoratet mfl. 2014).

I framskrivningene øker levende biomasse gjennom de neste 100 år. I denne sammenheng må det nevnes at det er stor usikkerhet forbundet med tilvekst i gammel skog. I disse framskrivningene er det forutsatt en positiv tilvekst også for veldig gammel skog. Dette betyr at det muligens er en tendens til at tilveksten spesielt i den siste halvdel av framskrivningene er overvurdert (se f.eks. Dalsgaard mfl. 2015 for beskrivelse av karbondynamikk i gammel skog).

I framskrivningene av arealet er en videreføring av dagens politikk og virkemiddelbruk lagt til grunn, og vi har forutsatt en videre utvikling tilsvarende de siste års trend (2006 – 2010). Det vil selvfølgelig være usikkerhet knyttet til denne arealutviklingen.

⁷ Karbonlager

5. INNFORING AV NYTT REGELVERK FRA OG MED 2015

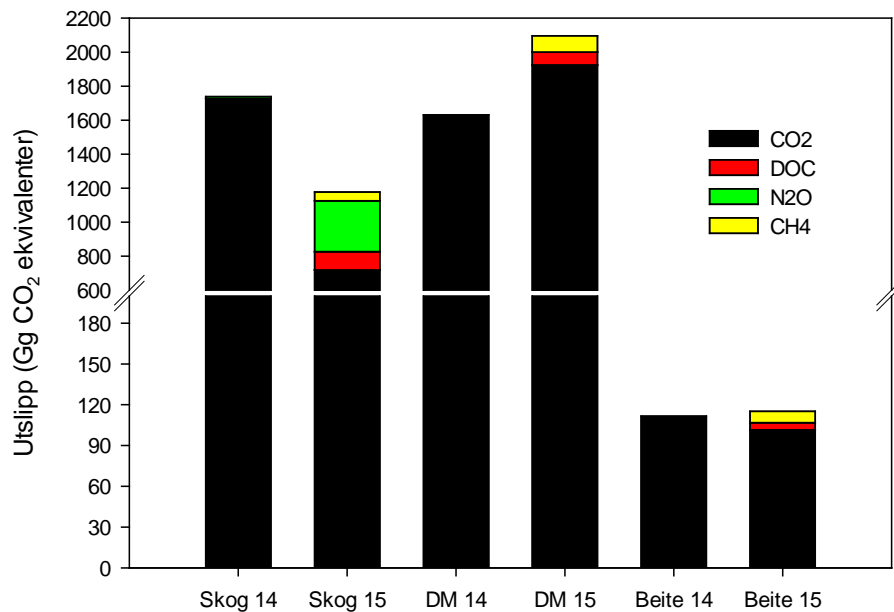
5.1 Endringer i utslippsnivåer under FNs klimakonvensjon

Fra og med rapporteringen i 2015 (NIR 2015) vil nye retningslinjer, 2006 IPCC Guidelines og 2013 Wetlands Supplement, brukes⁸ (IPCC 2006, 2014). Da det meste av metodene beskrevet i 2006 retningslinjene allerede var implementert i NIR 2014, forventes implementeringen av de nye retningslinjene ikke å skape veldig store endringer i regnskapet for LULUCF-sektoren. Mindre utslipp fra indirekte N₂O fra atmosfærisk deponering og fra utvasking og avrenning skal som noe nytt rapporteres. Men de største endringene ved å ta i bruk de nye retningslinjene gjelder for torvmark, da 2013 Wetlands Supplement inneholder ny arealinndeling, utslippsfaktorer og metoder for estimering av nye kilder, mer presist utslipp relatert til DOC (dissolved organic carbon) og CH₄ som det tidligere ikke var gitt rapporteringsregelverk for. Der hvor det i 2014 kun ble rapportert utslipp av CO₂ og N₂O fra grøftet skogsmark og CO₂ fra grøftet dyrket torvmark og beite på torvmark, forventes det i 2015 rapportering for CO₂, N₂O og CH₄ fra grøftet skogsmark; CO₂ og CH₄ fra dyrket torvmark og beite, og i tillegg CO₂ utslipp fra *bebyggelse* på organiske jorde. N₂O fra dyrket torvmark og torvmark bruk til beite blir fortsatt rapportert under jordbrukssektoren.

Norge har hittil brukt en relativ høy nasjonal utslippsfaktor for CO₂ fra torvjord i *skog*. Det betyr at CO₂ utslipp for *skog* vil bli noe mindre med de nye utslippsfaktorer fra 2013 Wetlands Supplements. Samtidig blir N₂O utslippet en del større, så totalt blir det en liten nedgang selv om utslipp fra CH₄ og DOC inkluderes (Figur 11). Om man bruker arealtallet publisert i NIR 2014, vil totalutslippet for 2012 reduseres fra 1739 CO₂ ekvivalenter til 1177 CO₂ ekvivalenter. For *dyrket mark* og *beite* er de nye utslippsfaktorene for CO₂ henholdsvis høyere (7.9 Mg C / ha) og lavere (6.1 Mg C / ha), sammenliknet med den gamle nasjonale faktoren som var lik for begge (6.7 Mg C/ha). Inkludering av CH₄ og eventuelt DOC vil øke totalt utslippet fra 1632 CO₂ ekvivalenter til 2096 CO₂ ekvivalenter for *dyrket mark*, og fra 112 CO₂ ekvivalenter til 115 CO₂ ekvivalenter for *beite* (Figur 11). Disse tallene er foreløpige, og kan forventes å endres til publiseringen av NIR 2015 da nye estimater er nødvendige hvor arealene er stedfestede.

De nye utslippsfaktorene fra 2013 Wetlands Supplement krever en stratifisering av arealet for klima eller vegetasjonssoner, næringsklasse og dreneringsdybde for noen arealbruksklasser. Dette krever at alle Landskogstakseringens flater klassifiseres som enten mineraljord eller organisk jord, og i tillegg at det kreves informasjon omkring grøfting- I dag gjøres dette ved å bruke informasjon i eksisterende jordsmonnskart og arealressurskart (Borgen mfl. manuskript). Det kan ha stor betydning om klima eller vegetasjonssoner brukes til å klassifisere utslippsfaktoren, hvilket har betydning for alle utslipp for *skog* og *beite* men også fra DOC for *dyrket mark*. I disse foreløpige estimatene antar vi at den norske skogen er i den boreale vegetasjonssone, men at beite og dyrket mark primært er i den tempererte sone. Om det klassifiseres etter klimasone vil hovedparten av skogen også finnes i den tempererte sone, hvilket vil mer enn fordoble CO₂ utslippet fra skog (Borgen mfl. manuskript).

⁸ Mens 2006 retningslinjene er obligatorisk, så er 2013 Wetlands Supplement bare obligatorisk om et land velger aktiviteten Drainage and Rewetting under Kyotoprotokollen (og det har Norge ikke gjort). Norge har imidlertid valgt å bruke 2013 Wetlands Supplement så langt det er mulig.



Figur 11. Klimagassutslipp fra grøftet torvmark i skog, dyrket mark (DM) og beite beregnet for 2012 med utslippsfaktorer bruk i NIR 2014 (14 i figur) og med nye utslippsfaktorer og kilder fra 2013 Wetlands supplement (15 i figur).

5.2 Nye aktiviteter under Kyotoprotokollen

Anneks I-landene kan for andre forpliktelsesperiode under Kyotoprotokollen velge om de vil rapportere menneskeskapt utslipp og opptak fra følgende aktiviteter: revegetation, cropland management, grazing land management, og wetland drainage and rewetting. Norge har valgt å rapportere for cropland management (CM) og grazing land management (GM) (2/CMP.7).

Rapporteringen for LULUCF-aktiviteter under Kyotoprotokollen følger retningslinjer i beslutning 16/CMP.1 (første forpliktelsesperiode) eller beslutning 2/CMP.7 (andre forpliktelsesperiode). Cropland management og grazing land management var frivillige aktiviteter også under første forpliktelsesperiode, og definisjonene følger av 16/CMP.1.

Norge lar definisjonene for GM under Kyotoprotokollen følge definisjonen for *beite* under konvensjonen, og likeledes følger CM definisjonen for *dyrket mark* under konvensjonen. Estimer for disse kategoriene forventes følgelig å bli tilsvarende de som presenteres for *dyrket mark* og *beite* under konvensjonen.

6. METODEBESKRIVELSE

6.1 Landsskogtakseringen

Alle tall for arealbruk og utvikling i levende biomasse kommer fra Landsskogtakseringen.

Gjennom Landsskogtakseringens utvalgskartlegging blir alt landareal i Norge kartlagt med hensyn på arealtype og arealanvendelse i løpet av en 5 års-periode (ett omløp). I løpet av hvert omløp blir om lag 21 500 permanente prøveflater (Landsskogflater) oppsøkt av feltpersonell eller tolket ved hjelp av ortofoto. Ved bruk av bilder av god kvalitet fastsettes flatens arealtype, arealanvendelse og kronedekningsprosent for 1 daa, samt en vurdering av hvorvidt det kan finnes trær av "målbare" dimensjoner innenfor 250 m² rundt flatesentrum.

Er det målbare trær på flata vil den bli oppsøkt i felt, og i tillegg til arealinformasjon registreres skoglige data og forhold (dette inkluderer flater i h.kl. I og II, selv om de ikke skulle ha målbare trær). Dersom flata ikke har målbare trær, og ikke er i skog, vil opplysningene om arealtype bli fastsatt ut fra ortofoto og inngå i resultatene for arealbruk.

Helt siden 1919 har Landsskogtakseringen tilpasset takseringsopplegget for å kunne bidra til å finne svar på aktuelle nærings- og miljøspørsmål. Landsskogtakseringen har hvert år fra 1986 og frem til i dag samlet inn skog- og miljøinformasjon på faste prøveflater i skog som ligger i et 3x3 km nett under barskoggrensen (det ordinære flatenettet, dekker hele landet unntatt Finnmark). Senere har dette blitt utvidet med fjellet over barskoggrensen (3x9 km flatenett) og Finnmark (9x9 km i bjørkeskog og 3x3 km i barskog).

6.2 Generelle forutsetninger for framskrivninger av arealer/arealbruk

Tall for arealbruk tilbake til referanseåret 1990 er basert på data fra Landsskogtakseringen, og er for perioden 1990 – 2012 vist som rapportert i NIR 2014 (Miljødirektoratet mfl. 2014).

I klimagassregnskapet under klimakonvensjonen plasseres arealer som endrer bruk i en overgangskategori i 20 år før de kommer over i den nye arealkategorien. For eksempel vil skogareal som bygges ned være 20 år i kategorien *skog til bebyggelse* før arealet kommer i kategorien *bebyggelse*. I klimagassregnskapet er 1990 satt som referanseår. Det innebærer at fra og med 2011 vil areal overføres fra overgangskategoriene til de nye arealkategoriene.

For framskrivning av arealbruksendringer har vi tatt utgangspunkt i endringer i perioden 2006 – 2010 (siste 5 år før tilbakeføring startet). Vi har beregnet gjennomsnittlig årlig endring for denne perioden, og lagt dem til grunn for framskrivning av arealendringer fra 2013 og frem til 2120 (Figur 3). Disse framskrevne arealene er videre lagt til grunn ved beregning av utslipp for alle kategorier.

En forenkling i forhold til beregningene i NIR 2014 er at totalt areal med torvjord i framskrivningene er i gjenværendekategoriene, mens alt areal i overgang er satt til å være på mineraljord. Samme utslippsfaktor brukes for torvjord i både gjenværende- og overgangskategori, og totalt areal med torvjord er konstant, så denne forenklingen skal ikke være av betydning for størrelsen på utslippsestimatene.

For arealet med grøftet torvmark i skog er dette arealet forutsatt konstant etter at forbudet mot nygrøfting av myr og sumpskog med sikte på skogproduksjon trådte i kraft i 2007 (Forskrift om berekraftig skogbruk).

6.3 Klimadata brukt i jordkarbonmodell (Yasso07) og biomassemodell

For alle tre klimascenariene er initiering av jordkarbonmodellen (spin-up til likevekt) gjennomført med 30-års normalen for perioden 1961 til 1990, nedskalert til hver Landsskogflate (Engen-Skaugen mfl. 2008). Etter spin-up, går jordkarbonmodellen fra 1960 til 2120. Perioden 1960 til referanseåret 1990 er ansett som en pre-simuleringsperiode, basert på en tidsserie for strødata til jordkarbonmodellen som er spesielt etablert for dette formålet (se under beskrivelse av jordkarbonmodellen). I de tre scenariene anvendes ulike klimadata for perioden 1960-2120, som beskrevet i kapitlet med generelle forutsetninger.

For scenariet med dagens klima er klimaet brukt i jordkarbonmodellen gjennomsnittet for hver Landsskogflate (perioden 1991-2008), og for hver flate er det identisk for alle årene 1960-2120 (dagens klima konstant frem til 2120).

I FNs klimapanel sin femte hovedrapport (AR5) presenteres fire nye utviklingsbaner (Representative Concentration Pathways, RCP), hver karakterisert av strålingspådrivet (watt/m²) ved utgangen av perioden (2100). De er den siste generasjonen av scenarier som forsyner klimamodeller med data. Vi har lagt til grunn RCP2.6 som en tilnærming til togradersmålet, og RCP8.5 for «business-as-usual».

Følgende tekniske justeringer ble gjort for å kunne bruke klimadata fra RCP:

1. RCP klimadata er ikke tilgjengelig i samme oppløsning som flatenettet i Landsskogtakseringen. Dette er løst ved at gjennomsnittet for 1979-2008 beregnet fra RCP klimadata, og koblet til hver Landsskogflate via deres gjennomsnittsverdi for klima i perioden 1979-2008. Basert på dette forholdet er hver Landsskogflate tildelt årlige klimadata fra RCP.
2. Basert på disse årlige RCP-baserte klimadata er femårs gjennomsnitt beregnet. Dette tilsvarer den tidsmessige oppløsningen av andre variable brukt i jordkarbonmodellen.
3. RCP klimadata går frem til år 2100. Gjennomsnittlig klima 2090-2100 er brukt til å representere den siste delen av framskrivningen (2101 - 2120).

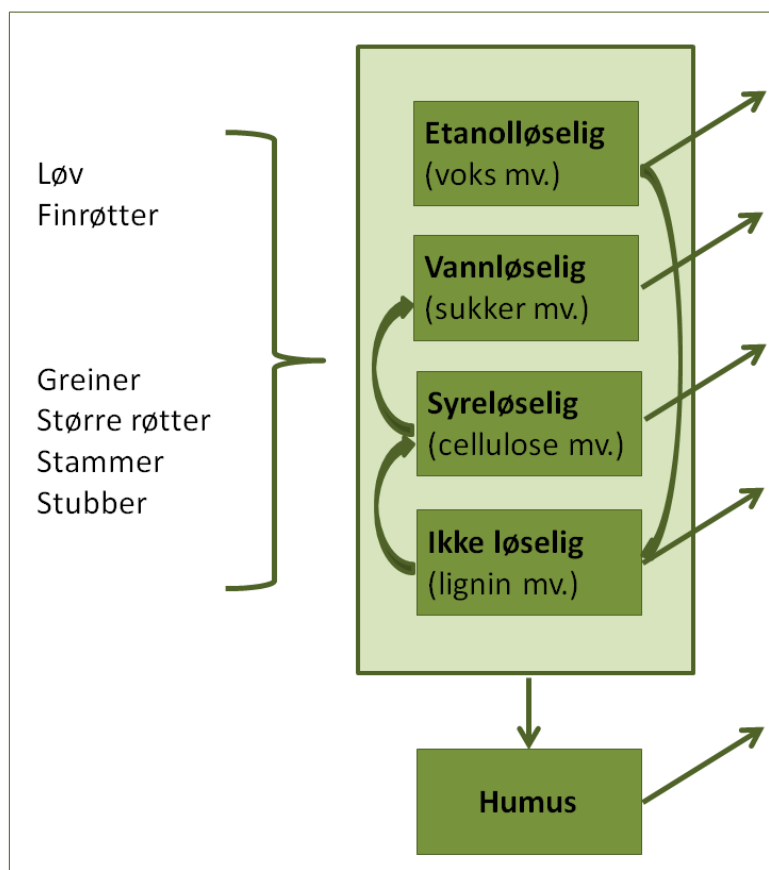
Det er i NIR 2014 brukt konstant klima for estimatene for jordkarbon (gjennomsnittet for hver Landsskogflate for perioden 1991-2008), mens det i simulerte data basert på RCP2.6 og RCP8.5 er brukt temporær (årlig) variasjon gjennom hele tidsserien (det vil si fra 1960 og fram til 2120). Når vi presenterer jordestimater som er identiske med rapporterte tall fram til 2012 (Miljødirektoratet mfl. 2014), og simulerte tall fra og med 2013, kan det forårsake en noe større overgang fra 2012 til 2013 enn om simulerte tall hadde vært vist for hele perioden (1990 – 2120).

6.4 Estimering av endring i jordkarbon i skog (Yasso07)

Metodikken som brukes for estimering av endring i jordkarbon i skog på mineraljord er den samme som brukes i klimagassregnskapet, og er basert på modellverktøyet Yasso07. En oversikt er gitt her, mens en mer detaljert beskrivelse kan leses i NIR 2014. To mindre endringer er gjort i forhold til metoden beskrevet i NIR 2014. Den ene er at det ble gjort mulig å bruke klimadata som reflekterer endringer i klima i løpet av modellberegningen; den andre er relatert til oppstart av modellen (se nærmere beskrivelse nedenfor). For skog på mineraljord gjøres en samlet (total) estimering av

endring i DOM og i jord. Til bruk for rapportering deles dette opp i etterkant i forhold til kravene til National Inventory Report, NIR. Denne oppdeling er ikke gjort for framskrivningene.

Utslipp og opptak av organisk karbon i jord (alt dødt organisk materiale og jordkarbon i sjikt ned til 1 m) fra skog på mineraljord er estimert ved hjelp av nedbrytingsmodellen Yasso07 (Tuomi et al., 2008, 2009, 2011a, 2011b). Yasso07 representerer prosesser for mineraljord ned til en dybde på 1 m og opererer med fem kjemiske grupper innen total karbonbeholdningen i jord (Figur 12). Gruppene er fortrinnsvis definert i forhold til oppløselighet. Nedbryting (utslipp av CO₂) og flukser blant kjemiske grupper innen totalbeholdningen er regulert av klimatiske inngangsdata og parametre som styrer nedbryting, transformasjon og fraksjonering av stort strø. Modellen anvendes i tidsserien for hver enkelt Landsskogflate. Det kjøres på en årlig tidssteg, men kun anslag for registreringsår i Landsskog blir brukt (tidsskala av strøfall er fem år, ettersom Landsskog opererer med femårige omdrev). Begrepet "inngang" nedenfor viser til en kombinasjon av en Landsskogflate og registreringsåret. Historiske registreringer (Landsskogdata) og framskrivninger (fremskreven utvikling på Landsskogflaten) brukes på samme måte og i teksten nedenfor er det ingen forskjell mellom de to.



Figur 12. Flytskjema for Yasso07. Flukser signifikant forskjellig fra 0 er indikert med pilene (fritt oversatt fra Liski mfl. 2009).

For hver inngang (ca. 11 200 Landsskogflater) er årlig strøfall fra levende trær beregnet basert på flateregistreringer. På flater i de historiske data der tidsserien ikke var komplett, ble tilbakeskriving (backcasting) brukt (se NIR 2014, seksjon 7.3.2.1). Biomassemodeller ble brukt for å estimere biomasse komponenter fra trær (Marklund 1988, Petersson og Ståhl 2006, se tabell 7.15 i NIR 2014). Strøfall generert fra bakkevegetasjon er estimert ved hjelp av modeller basert på bestandstreslag og -alder

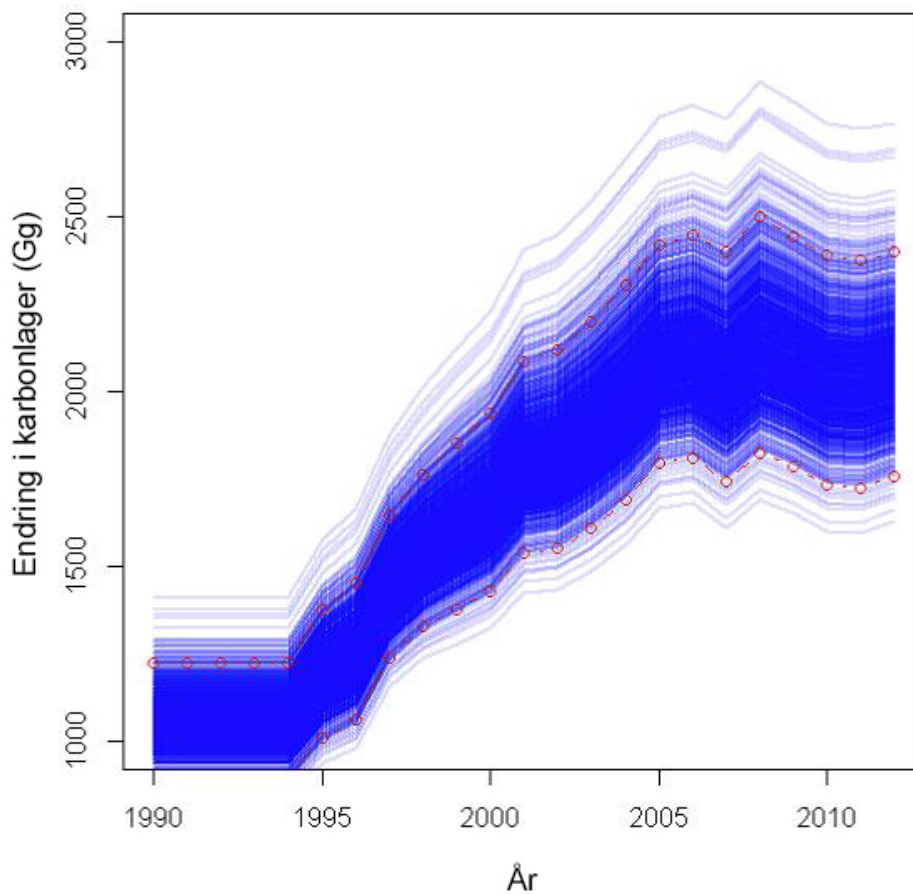
(Muukkonen mfl. 2006, Muukkonen og Mäkipää, 2006). Årlig rater for strøtilførsel fra blader og nåler, røtter og grener ble brukt til å beregne den årlige strøproduksjon (se tabell 7.16 og tabell 7.17 i NIR 2014). Strøfallets kvalitet (kjemisk sammensetning) er beskrevet ved hjelp av standardverdier (Tabell 7.18 i NIR 2014).

Årlig strøfall fra trær basert på naturlig avgang og hogstavfall fra ikke kommersiell hogst (det vil si ikke fra kommersiell tynning eller sluttavvirkning) er beregnet for alle innganger (entries) i prosent av stående biomasse. Data fra åttende (2000-2004) og niende omdrev (2005-2009) ble brukt til å opprette oppslagstabeller for dette formålet (Antón Fernández og Astrup, 2012). Oppslagstabellene er gruppert etter treslag (lauvskog eller barskog), bonitet (opp til seks klasser) og alder (opp til ni klasser). Hogstavfall fra kommersiell tynning og sluttavvirkning ble estimert fra registreringer av hogstkvantum på hver flate (registrert siden 1994).

Oppslagstabellene som er nevnt ovenfor inneholdt også faktorer (prosent) som beskriver utvikling i biomasse mellom hver gang flaten er taksert (5-årig omdrev). Disse ble brukt til å etablere en tidsserie av levende biomasse og hogstavfall (kommersiell tynning og sluttavvirkning) tilbake til 1960. Feltregistreringer fra sjette omdrev (1986-1993) på tidligere arealbruk og skogbruksvirksomhet ble brukt til å etablere tidsserier tilbake i tid. Estimering av strø fra tidsserien tilbake i tid (inkludert naturlig avgang og ikke kommersiell hogst) fulgte de samme prosedyrer som for Landsskogs tidsserier. Den tilbakeskrevne tidsserien (1960-1990) brukes for å redusere effekten av likevektantagelsen på estimater av endring i jordkarbon.

For hver Landsskogflate er startverdier (mengder) for de fem kjemiske grupper i total karbonbeholdningen (Figur 12) etablert ved hjelp av en pre-simulering eller spin-up. Dette ble gjort i to trinn: 1) kjøring av modellen i 5000 årlige tidssteg til likevekt i alle kjemiske grupper og 2) kjøring av modellen med en tidsserie for tilførsel av strø som starter i 1960. Inngangsverdier for strø til likevekt spin-up var gjennomsnittlig verdi for strø estimert for det første omdrevet i Landsskogtakseringen med permanente flater, gruppert etter treslag og bonitet (det vil si ca 1990, dette er forskjellig fra metoden i NIR 2014 og gir noe lavere jordkarbonendringer i begynnelsen av tidsserien).

Strøfall ble inndelt i tre grupper etter størrelse/dimensjon, ikke vedaktig (løvverk, fine røtter, alt strø fra bakkevegetasjon), vedaktig i små dimensjoner (levende og døde greiner, grove røtter og bark) eller vedaktig i grove dimensjoner (stammer og stubber). Dimensjonene av de tre størrelsesgruppene er henholdsvis 0, 2 og 10 cm og disse er nødvendige inngangsdata til modellen. Parametersettet for Yasso07 er dokumentert i Tuomi mfl. (2011b). Usikkerhet for jordkarbonendringen er blitt anslått til 15,5 % (pkt. 7.4.1.2 i NIR 2014, Figur 13).



Figur 13. Resultatet av tusen Monte Carlo simuleringer (blå linjer) og 95 % konfidensintervaller (røde linjer og sirkler).

6.5 Levende biomasse

For skog er levende biomasse framskrevet ved hjelp av tabeller som beskriver dagens endringer i biomasse for ulike treslag, boniteter og treslag (Antón Fernández og Astrup 2012). Bruken av disse tabellene forutsetter at skogen etter hogst gjenetableres lik den skog som er i dag. Endringen i produksjon i et endret klima er modellert som en bonitetsøkning i henhold til Antón Fernández mfl. (manuskript), og er tilsvarende til det som er gjort i tidligere framskrivninger (Astrup mfl. 2010). Boniteten øker mest i de områder der temperaturen øker mest, men øker ikke på lokaliteter med dårlig vann- og næringstilgang. Framskrivningene er gjort for de tre ulike klimascenariene (dagens klima, RCP2.6 og RCP8.5), med et konstant skogareal. Dette har gitt grunnlag for utslippsfaktorer for hvert år som er brukt på det framskrevne skogarealet.

For øvrige arealkategorier er gjennomsnittlig estimater for karbonopptak/-utslipp beregnet ut fra en utslippsfaktor multiplisert med arealet. Utslippsfaktorene er avledet fra gjennomsnittsverdien for 2008 - 2012 rapportert i NIR 2014.

Biomassen regnes om til karbon ved formelen (biomasse*0,5), og videre til CO₂ ved omregningsfaktoren CO₂ = karbon*(44/12).

6.6 Dødt organisk materiale (DOM)

Utslippsfaktorer er utledet som beskrevet i NIR 2014 og multiplisert med arealet. Endringer i beholdningen av DOM er kun beregnet for arealkonverteringer til og fra skog. For skog er endring i DOM inkludert i totalendringen for jord.

Endringsrater for karbonlager ble estimert for hver overgangskategori til skog (*dyrket mark, beite, vann og myr, annen utmark og bebyggelse* konvertert til skog). Endringsratene ble beregnet som summen av ratene for endringene i karbonbeholdning (C pools) i død ved og strø, og basert på et estimat for forventet karbonlager etter 20 år, i henhold til standardverdien for lagerendringsavhengighet (default value stock change dependency).

En referanseverdi på 61 Mg C/ha for hele strølaget (skogjordas L,F og H sjikt) er beregnet ved hjelp av gjennomsnittlig karbontetthet (Mg C/ha) i hvert av disse tre lagene fra 893 mineraljordprofiler i skog (Esser og Nyborg 1992, deWit og Kvindesland 1999, Tau Strand mfl. manuskript)⁹.

En referanseverdi for karbonlager i død ved i skog er basert på ekspertvurderinger (5 Mg C/ha, Stokland pers. medd.). For all arealovergang, bortsett fra annen utmark til skog, antok vi at karbonlageret på 61 Mg C/ha vil nås på 20 år, noe som gir en endringsrate på 3,05 Mg C/ha/år og 10 % av referanseverdien for karbonlager i død ved i skog. Dette gir en endringsrate på 0,025 Mg C/ha/år for død ved. Størstedelen av overganger fra annet land til skog er fra tresatt areal med lav produktivitet, og for denne overgangen er endringsraten begrenset til 5 % relativ bygget opp som resulterer i en endringshastighet for strø på 0,15 Mg C ha/år og for død ved på 0,013 Mg C ha/år.

6.7 Mineraljord

For skog er endring i mineraljord inkludert i totalendringen for jord.

Endringsraten for lager av organisk karbon i jord ved arealbruksendringer (Soil Organic Carbon, SOC) ble utledet ved å beregne forskjellen mellom gjennomsnittsverdiene for tidligere arealbrukskategori og ny arealbrukskategori, og dele forskjellen på 20 år i henhold til IPCCs retningslinjer¹⁰. Gjennomsnittsverdier for jordkarbonlager for *skog* og *dyrket mark* er basert på målinger. For *beite* og *vann og myr* er de avledet fra IPCC sine standard referanseverdier i henhold til klima.

Det nasjonale gjennomsnittet for organisk karbon i skogsjord er 57 Mg C/ha (basert på den samme skogsjorddatabasen som beskrevet for dødt organisk materiale, med 893 jordprofiler). Ekstrapolering til en dybde på 30 cm ble laget på grunnlag av feltregistreringer, og gjennomsnittstetthet ble estimert fra funksjonen til Baritz mfl. (2010). Kun mineraljordprofiler (inkludert folisols¹¹) ble inkludert.

⁹ Også tørr organisk jord (folisols) var inkludert. Jordprofilene ble klassifisert i henhold til det kanadiske jordklassifiseringssystemet (The Canadian System of Soil Classification), med følgende fordeling på jordtyper: Podisols (443), Brunisols (158), Gleysols (76; våte jordsmonn), Regosols (95, lite utviklede og overfladiske jordsmonn), Hemic Folisols (35, tør organiske jord typisk utviklet direkte på fjell), og Non-soils (20, lite jordbunnsutvikling og veldig overfladisk). På grunn av registreringsmetodikken brukt så ble ikke LFH-lagene identifisert for Folisols, men karbonbeholdningen for strø ble beregnet for hele profilen samlet. Gjennomsnittstetthet (bulk density) ble beregnet på målinger i norsk skogsjord (Tau Strand mfl. manuskript).

¹⁰ For skog har vi brukt modelltallene på alt areal (FF + LF), så her mister vi muligens noe utslipp fra mineraljord for LF. Totalt netto utslipp fra mineraljord på LF tilsvarer omtrent totalt netto opptak fra FF, med henholdsvis 131 og 139 Gg CO₂ årlig i snitt for 2008 – 2012. Men mineraljord utgjør en svært liten del (0,4 %) av det totale opptaket i skog.

¹¹ Tørre organiske, ofte overfladiske jordsmonn, oftest direkte på fjell.

Det nasjonale gjennomsnittet for organisk karbon i jordbruksjord i *dyrket mark* ble estimert basert på 418 jordprofiler tatt over hele landet i perioden 1980 til 2012. Dataene er en sammenstilling av flere ulike prøvetakingsprosjekter der jordprofiler ble undersøkt ved hjelp av jordbor, og jordtype og -tykkelse ble registrert i ulike sjikt (horizons). Den organiske karbonkonsentrasjonen ble målt ved tørrforbrenningsanalyse (dry combustion analysis). For å estimere gjennomsnittlig karbonlager for hele landet ble karbontettheten beregnes for hvert sjikt (soil horizon) og summert ned til 30 cm dybde basert på tetthetsfunksjoner (bulk density functions) for *dyrket mark* i Norge fra Riley (1996) og antatt nullvekt % av grus/stein. Gjennomsnittlig karbonlager for *dyrket mark* i Norge er 83 Mg C/ha.

Det nasjonale gjennomsnittet for organisk karbon i jord på *beite* er 98 Mg C/ha og ble utledet ved å multiplisere IPCC sine standard lagerendringsfaktorer med referanseverdi for organisk jordkarbon for norsk *beite*. Dette estimatet er basert på det nasjonale forholdet mellom bearbeidet og ikke bearbeidet beite (improved and unimproved grassland management), og den nasjonale fordelingen av IPCC definerte jordtyper for beite. Mer presist, gjennomsnittlig endringsfaktor ble beregnet som $F = 0,82 \times 1 + 0,18 \times 1,14 = 1,03$, basert på gjennomsnittlig fordeling av bearbeidet og ikke bearbeidet beite (henholdsvis 18 og 82 %), og standardlagerendring faktorer av 1,14 og 1 for bearbeidet og ikke bearbeidet beite (IPCC 2006). En gjennomsnittlig SOC referanselager ble beregnet under forutsetning følgende fordeling: 85 % høy aktivitet leirjord¹², 2 % sandjord, 9 % spodic jord, og 4 % gleysols, noe som resulterer i et estimat for $SOCREF = (0,85 \times 95 + 0,02 \times 71 + 0,09 \times 115 + 0,04 \times 87)$ Mg SOC/ha = 96 Mg SOC/ha. Gjennomsnittlig karbonlager for *beite* i Norge er $1,03 \times 96$ Mg C/ha = 98 Mg C/ha.

IPCC sin standard referanseverdi for organisk karbon i jord på våtmarkarealer i et temperert klima er 87 Mg C/ha (IPCC 2006).

For arealtypen *bebyggelse* ble endring i karbonlager basert på gjennomsnittlig karbonlager i jord for hver arealkategori, og en forutsetning om 20 % karbontap ved overgang til *bebyggelse* i forhold til forrige arealkategori over 20 år (IPCC 2006, vol. 4, chap.6). Gjennomsnittlige karbonlager i jord for *skog* og *dyrket mark* var basert på målinger som er beskrevet over, og for *beite* og *vann og myr* på IPCC sin standardverdi. De gjennomsnittlige nasjonale lagerverdiene for organisk jordkarbon er 57 Mg C/ha for *skog*, 83 Mg C/ha for *dyrket mark*, 98 Mg C/ha for *beite*, og 87 Mg C/ha for *vann og myr*. Vi antok ingen endring i organisk jordkarbon når *annen utmark* ble omgjort til *bebyggelse*.

For å estimere endringer i organisk jordkarbon for *beite* konvertert til *annen utmark* vi brukte Tier 2 metoden beskrevet ovenfor antatt at standard referanseverdien for annen utmark er null men at bare 5 % tapes over en 20 årsperiode i forhold til lager av organisk jordkarbon i *beite*. Det svarer til en omsetning av jord karbon på -0,25 Mg C/ha/år.

6.8 Kalking av land og innsjøer

Spesifikke utslippsfaktorer for kalkstein og dolomitt for kalking av jordbruksland ble brukt. Standard verdier for utslippsfaktor levert av IPCC er 0,12 Mg CO₂-C/Mg for

¹² Liteforvitret leirjord i motsetning til leirjord m. fremskreden forvitring (low activity clay). Engelsk: 85 % high-activity clay soil, 2 % sandy soils, 9 % spodic soil, and 4 % wetland soils (i.e. gleysols).

kalkstein og 0,13 Mg CO₂-C/Mg for dolomitt. For kalkstein tilsvarer dette utslipp av 0,44 Mg CO₂ per Mg CaCO₃ anvendt. Utslippsfaktorene er basert på støkiometrien av kalktyper. For utslippsestimater for kalking på innsjøer er en utslippsfaktor for kalkstein brukt (0,12 Mg CO₂-C/Mg), ettersom bare den totale mengden av kalk brukt var tilgjengelig. Aktivitetsdata for kalking av land er avledet fra forbruksstatistikk fra Mattilsynet. Mengden av kalk brukt på innsjøer ble hentet fra Miljødirektoratet (tidligere Direktoratet for naturforvaltning).

6.9 Andre klimagasser

Utslipp av andre klimagasser er beregnet for grøfting og gjødsling av skog, skogbrann, og ved endring av arealbruk til *dyrket mark*.

Det globale oppvarmingspotensial i en 100 års tidshorisont er lagt til grunn for omregning av CH₄ og N₂O til CO₂-ekvivalenter, med faktorene 310 for N₂O og 21 for CH₄ (FNs Klimapanel 2. hovedrapport fra 1996).

N₂O fra areal endret til dyrket mark

For mineraljorda brukte vi standardmetodikk basert på 2003 retningslinjene (IPCC 2003) for å estimere N₂O-utslipp. Vi brukte følgende ligning: $N_2O-N = A \times \Delta CLC \times 1 / CN \times EF$, der A er området, ΔCLC er C tap av karbonlager i jord per hektar på land omgjort til *dyrket mark*, CN er C/N forholdet mellom jordsmonn på *dyrket mark* og EF er standard utslippsfaktor. Vi anser metoden som en Tier 2 fordi nasjonal verdi for C/N forholdet ble brukt. Tapet av organisk jordkarbon (ΔCLC) ble også avledet ved hjelp av en Tier 2 metode. Estimater for C/N-forhold for organisk jordmateriale for Norge var 13,4 (i stedet for standardverdien på 15). Denne verdien ble gitt av Bioforsk som landsgjennomsnittet for Norge. Standardutslippsfaktor innebærer at 1,25 % av N mineralisert avgis som N₂O. For å estimere tap av karbon brukte vi metoden beskrevet under mineraljorda, med en modifisering for skog omgjort til *dyrket mark*. For å få et netto positiv karbontap, antok vi at beholdningen av strø (litter pool) i tillegg til mineraljord (mineral soil pool) bidrar til mineralisering av N mineralisering når skogen blir pløyd til jordbruksformål.

6.10 Artikkel 3.3: Påskoging og avskoging

Utslipp fra avskoging inkluderer det utslippet som forårsakes av hogst i det øyeblikket arealbruken endres. Det er her ikke beregnet eventuelt videre utslipp eller opptak på de arealene som har gått ut av skog og inn i andre arealkategorier.

Utslipp fra påskoging inkluderer årlig opptak på alle arealer som har gått fra andre arealkategorier og blitt til skogarealer etter 1990 på grunn av menneskeskapt påvirkning. Estimaterne er basert på utslippsfaktorene for perioden 2008 – 2012, og tar ikke høyde for endring i tilvekst etter hvert som skogen blir eldre.

Framskrivningen forutsetter en lineær utvikling basert på trenden i perioden 2008 – 2012.

Framskrivningen av areal er basert på gjennomsnittlig årlig økning i areal for perioden 2008-2012. Det er estimert et fast årlig areal med påskoging og avskoging basert på gjennomsnittlig årlig arealendring i denne perioden. Dette gir et årlig areal med påskoging på snaut 30,5 km², og et årlig areal med avskoging på drøyt 71,2 km².

Utslippsfaktorer (Mg CO₂/ha) ble beregnet basert på gjennomsnitt for perioden 2008 - 2012. For påskoging ble utslippsfaktoren beregnet som et gjennomsnitt for avvirket og

ikke avvirket areal. Det ble beregnet separate utslippsfaktorer for CO₂ og andre klimagasser (CH₄ og N₂O). Betydningen av andre klimagasser er marginal for påskoging, men utgjør 0,6 % av utslippene ved avskoging. Utslippsfaktorene ble multiplisert med framskrevet areal for hvert år.

6.11 Artikkel 3.4: Skogforvaltning

Artikkel 3.4 Skogforvaltning inkluderer årlig netto økning av levende biomasse på skogarealene, samt karbon bundet i jordsmonn og dødt organisk materiale, omregnet til CO₂.

Utslipp av andre klimagasser, som følge av grøfting av torvmark, gjødsling og skogbrann, er estimert til å være i samme størrelsesorden som i rapporteringsperioden 2008 – 2012 (0,05 %).

Norge har ikke rapportert for andre aktiviteter under artikkel 3.4 for første rapporteringsperiode under Kyotoprotokollen.

ORDLISTE

Norsk	Engelsk	Forklaring
Arealbruk	Land use	
Beholdning/ karbonbeholdning	Pool / Carbon Pool	Et karbonlager kan bestå av flere ulike karbonbeholdninger, dvs. i skog kan karbonlageret bestå av karbonbeholdning i strø (litter pool), død ved, levendebiomasse, og jord.
Bonitet	Site index	Indeks som rangerer markas evne til å produsere trevirke. I Norge anvendes høydebonitet (H40) som tar utgangspunkt i gjennomsnittshøyden av de 100 grøvste trær (i henhold til diameter i brysthøyde) per hektar ved en referansealder på 40 år i brysthøyde (1,3 meter over bakkenivå). Ved fastsetting av boniteten blir alderen om nødvendig nedjustert i forhold til reell alder, dersom de dominerende trærne har vokst unormalt sakte i ungdommen på grunn av konkurranse fra overstandere. Boniteten oppgis normalt i 3-meters klasser, med midtverdien som indeks. Dermed vil for eksempel bonitetsklasse 11 omfatte skog med høydebonitet fra 9,5 til 12,5 meter. Man angir bonitetsindeksen med en bokstav for hvert treslag først, for eksempel G11 for et grandominert bestand.
Dødt organisk materiale	Dead organic matter (DOM)	
Grøftet torvjord	Drained organic soils	
Lager / karbonlager	Stock / Carbon stock	
Løst organisk karbon (oppløst organisk karbon)	Dissolved organic carbon, DOC	Løst organisk karbon (DOC) er en bred klassifisering for organiske molekyler av forskjellig opprinnelse og komposisjon i akvatiske systemer. Den løste delen av organisk karbon er en operativ klassifisering. Mange forskere bruker begrepet løst for forbindelser under 0,45 mikrometer, men 0,22 mikrometer er også vanlig, da brukes begrepet «kolloidalt» for litt større partikler.
Nullkode	Notation key	Ulike koder (NA, NO, NE, IE) som brukes for å forklare hvorfor den aktuelle kategorien er 0.
Nøkkelkategori	Key Category	
Organisk karbon i jord	Soil Organic Carbon (SOC)	Karbon i jord i alle kjemiske forbindelser som normalt finnes i jord unntatt karbonat, bikarbonat, karbonsyre og karbondioksid.
Retningslinjer	Guidelines	2006 IPCC Guidelines oversettes til 2006 retningslinjene under FNs klimakonvensjon
Standard utslippsfaktor	Default emission factor	Brukes vanligvis om standard utslippsfaktorer i regelverket.
Tilbakeskriving, tilbakeføring	Backcasting	I motsetning til framskriving.
Torvjord	Organic soils	«Torvjord, tidligere kalt myrjord, jord som i det vesentlige er sammensatt av mer eller mindre fortorvede eller formoldede organiske stoffer. Myrjord skiller seg klart fra mineraljordartene.» (Store Norske Leksikon, https://snl.no/torvjord)
Torvmark	Peatland	Dyrka eller udyrka mark med torvjord. Over 40 cm torvlag i Landsskog. Betegner vanligvis grøftet/drenert torvjord, f.eks. skog på grøftet torvmark, torvuttak på torvmark, etc. Kan brukes for å skille grøftet torvjord («drained organic soils») fra uberørte myrer («pristine mires»).
Utslippsfaktor	Emission Factor	

REFERANSER

Antón Fernández C og Astrup R. 2012. Empirical harvest models and their use in regional business-as-usual scenarios of timber supply and carbon stock development. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol 27 (4): 379 - 392.

Antón Fernández C, Mola Ydego B, Astrup R og Dalsgaard L. (manuskript). Climate sensitive site index models for Norway.

Astrup R, Coates KD og Hall E. 2008. Recruitment limitation in forests: Lessons from an unprecedented mountain pine beetle epidemic. *Forest Ecology and Management* 256:1743-1750.

Astrup R, Dalsgaard L, Eriksen R og Hysten G. 2010. Utviklingsscenarioer for karbonbinding i Norges skoger. Oppdragsrapport 16/2010 fra Skog og landskap. 31 s.

Baritz R, Seufert G, Montanarella L og Van Ranst E. 2010. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management* 260:262-277.

Borgen SK, Breidenbach J, Stokland JN, Søgaard G og Dalsgaard L. (manuskript) Greenhouse gas emissions from managed organic soils in Norway: effects of land-use and climate change using IPCC methodology.

Dalsgaard L, Granhus A, Søgaard G, Andreassen K, Børja I, Clarke N, Kjønnaas OJ og Stokland J. 2015. Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirkningsstrategier. En litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog. Oppdragsrapport fra Skog og landskap, 04/2015. 83 s.

DeWit HA og Kvindesland S. 1999. Carbon stocks in Norwegian forest soils and effects of forest management on carbon storage. Rapport fra skogforskningen, supplement 14.

Engen-Skaugen T, Haugen J E og Hanssen-Bauer I. 2008. Dynamically downscaled climate scenarios available at the Norwegian meteorological Institute (per December 2008). In Met.no report 24: Norwegian meteorological Institute.

Esser JM og Nyborg Å. 1992. Jordsmonn I barskog - en oversikt for Norge. Rapport nr. 3/92. NIJOS. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging.

Granhus A, von Lüpke N, Eriksen R, Søgaard G, Tomter S, Antón Fernández C og Astrup R. 2014. Tilgang på hogstmoden skog fram mot 2045. Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2014: IV, 31 s.

IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K og Wagner F (red.). Publisert: IGES, Japan.

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T og Tanabe K (red.). Publisert: IGES, Japan.

IPCC. 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M og Troxler TG. (red.). Publisert: IPCC, Sveits.

- Marklund LG. 1988. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. Swed. Univ. of Agric. sciences, Dep. of For. Surv., Report 45. 73 s. (på svensk, med engelsk sammendrag).
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå og Norsk institutt for skog og landskap. 2014. Greenhouse Gas Emissions 1990-2012, National Inventory Report. M-137. 474 s.
- Minkkinen K og Laine J. 1998. Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*. 28(9): 1267-1275
- Muukkonen P og Mäkipää R. 2006. Empirical biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes. *Boreal Environment Research* 11:355-369.
- Muukkonen P, Mäkipää R, Laiho R, Minkkinen K, Vasander H og Finér L. 2006. Relationship between Biomass and Percentage Cover in Understorey Vegetation of Boreal Coniferous Forests. *Silva Fennica* 40(2):231-245.
- Nitschke CR. 2006. Integrating climate change into forest planning: a spatial temporal analysis of landscape vulnerability. PhD dissertation, The University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Petersson H og Ståhl G. 2006. Functions for below-ground biomass of *Pinus Sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *B. pubescens* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21, 84-93.
- Riley H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. *Norw. J. Agr. Sci. Supplement* 2, 51 s.
- Tau-Strand L, deWit HA, Callesen I og Dalsgaard L. (manuskript) Factors determining the distribution of carbon stocks in Norwegian forest soils.
- Tuomi M, Laiho R, Repo A og Liski J. 2011a. Wood decomposition model for boreal forests. *Ecological Modelling* 222:709-718.
- Tuomi M, Rasinmäki J, Repo A, Vanhala P og Liski J. 2011b. Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. *Environmental Modelling & Software* 26:1358-1362.
- Tuomi M, Thum T, Järvinen H, Fronzek S, Berg B, Harmon M, Trofymow JA, Sevanto S og Liski J. 2009. Leaf litter decomposition - Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling* 220:3362-3371.
- Tuomi M, Vanhala P, Karhu K, Fritze H og Liski J. 2008. Heterotrophic soil respiration - comparison of different models describing its temperature dependence. *Ecological Modelling* 211(1-2): 182-190.
- Woods A, Coates KD og Hamann A. 2005. Is an Unprecedented Dothistroma Needle Blight Epidemic Related to Climate Change? *Bioscience* 55: 761-769.

TABELLER

Tabell A1. Total avvirkning i mill. m³ (inkluderer kommersiell hogst, vedhogst, og ikke-kommersiell hogst) for de tre ulike klimascenariene. Volum er uten bark, men inklusive topp, bult, etc. («skogskubikk»). Vist som femårig gjennomsnitt (2015 viser gjennomsnittet for 2013 – 2017, osv.).

År	RCP8.5	RCP2.6	Dagens klima
2015	11,68	11,73	11,73
2020	11,90	12,03	11,98
2025	12,52	12,33	12,38
2030	13,29	12,65	12,63
2040	14,44	14,02	13,43
2050	15,48	14,95	13,96
2060	16,22	15,48	14,51
2070	16,78	16,14	15,18
2080	17,91	16,22	15,60
2090	18,73	16,99	16,03
2100	19,51	17,19	16,35
2110	20,28	17,73	16,63
2120	20,93	18,10	16,59

Tabell A2. Netto utslipp av CO₂ fra alle arealbrukskategorier (Gg CO₂). Perioden 2008 – 2012 viser historiske tall (Miljødirektoratet mfl. 2014), mens 2015 – 2020 er framskrevet. Dagens klima er lagt til grunn.

År	Total CO ₂	Skog	Dyrket mark	Beite	Vann & myr	Bebyggelse	Annen utmark	Annet (kalking)
2008	-27 135	-30 856	1 803	254	-62	1 705	2	19
2009	-29 169	-33 010	1 812	285	-60	1 786	2	17
2010	-26 817	-30 861	1 872	283	-61	1 935	2	12
2011	-27 657	-31 664	1 799	299	-57	1 947	3	17
2012	-26 723	-30 753	1 767	306	-52	1 991	3	15
2015	-24 475	-28 515	1 747	351	-56	1 978	3	16
2020	-23 466	-27 430	1 656	365	-57	1 979	4	16
2025	-22 587	-26 469	1 576	377	-59	1 967	5	16
2030	-21 271	-25 102	1 516	369	-59	1 984	5	16
2035	-19 547	-23 318	1 455	355	-60	2 000	5	16
2040	-17 908	-21 622	1 401	351	-60	2 000	5	16
2045	-16 741	-20 399	1 349	348	-60	2 000	5	16
2050	-15 803	-19 410	1 301	345	-60	2 000	5	16
2055	-14 636	-18 194	1 255	342	-60	2 000	5	16
2060	-13 954	-17 466	1 212	339	-60	2 000	5	16
2065	-13 127	-16 595	1 171	336	-60	2 000	5	16
2070	-12 484	-15 911	1 132	334	-60	2 000	5	16
2075	-12 061	-15 449	1 096	331	-60	2 000	5	16
2080	-11 528	-14 880	1 062	329	-60	2 000	5	16

2085	-11 189	-14 506	1 029	327	-60	2 000	5	16
2090	-10 683	-13 968	999	325	-60	2 000	5	16
2095	-10 834	-14 089	970	323	-60	2 000	5	16
2100	-10 310	-13 536	943	321	-60	2 000	5	16
2105	-10 418	-13 615	917	319	-59	2 000	5	16
2110	-9 956	-13 127	892	318	-59	2 000	5	16
2115	-10 078	-13 227	871	316	-59	2 000	5	16
2120	-10 205	-13 338	856	315	-59	2 000	5	16

Tabell A3. Netto utslipp av klimagassene CO₂, N₂O og CH₄ fra alle arealbrukskategorier (Gg CO₂-ekv.). Perioden 2008 – 2012 viser historiske tall (Miljødirektoratet mfl. 2014), mens 2015 – 2020 er framskrevet. Dagens klima er lagt til grunn.

År	CO ₂	Ikke-CO ₂	SUM CO ₂ -ekv.
2008	-27 135	50	-27 085
2009	-29 169	45	-29 124
2010	-26 817	46	-26 770
2011	-27 657	45	-27 612
2012	-26 723	45	-26 678
2015	-24 475	52	-24 423
2020	-23 466	51	-23 415
2025	-22 587	47	-22 540
2030	-21 271	48	-21 223
2035	-19 547	49	-19 497
2040	-17 908	49	-17 859
2045	-16 741	49	-16 691
2050	-15 803	49	-15 754
2055	-14 636	49	-14 587
2060	-13 954	49	-13 904
2065	-13 127	49	-13 077
2070	-12 484	49	-12 434
2075	-12 061	49	-12 011
2080	-11 528	49	-11 478
2085	-11 189	49	-11 139
2090	-10 683	49	-10 634
2095	-10 834	49	-10 785
2100	-10 310	49	-10 261
2105	-10 418	49	-10 368
2110	-9 956	49	-9 907
2115	-10 078	49	-10 029
2120	-10 205	49	-10 155

Tabell A4. Fremtidig optak i skog (nettooptak CO₂, andre klimagasser er ikke inkludert). Historiske tall for 2010.

År	RCP8.5	RCP2.6	Dagens klima
2010	-30861	-30861	-30861
2015	-28130	-27987	-28515
2020	-26102	-26614	-27430
2025	-25412	-25844	-26469
2030	-25190	-23969	-25102
2040	-21942	-22160	-21622
2050	-20115	-20821	-19410
2060	-19041	-18639	-17466
2070	-18058	-18494	-15911
2080	-18355	-16787	-14880
2090	-18015	-15996	-13968
2100	-19371	-15160	-13536
2110	-20172	-15252	-13127
2120	-20050	-14524	-13338

Tabell A5. Fremtidig optak i skog (kun CO₂, andre klimagasser er ikke inkludert), fordelt på levende biomasse, mineraljord (ink.. dødt organisk materiale) og grøftet torvmark.

År	RCP8.5			RCP2.6			Dagens klima		
	biomasse	mineraljord	torvmark	biomasse	mineraljord	torvmark	biomasse	mineraljord	torvmark
2010	-24 832	-7 753	1 724	-24 832	-7 753	1 724	-24 832	-7 753	1 724
2015	-23 764	-6 088	1 723	-23 678	-6 032	1 723	-23 631	-6 607	1 723
2020	-22 195	-5 630	1 723	-21 982	-6 355	1 723	-22 051	-7 102	1 723
2025	-20 719	-6 416	1 723	-20 579	-6 988	1 723	-20 487	-7 704	1 723
2030	-20 032	-6 881	1 723	-19 016	-6 675	1 723	-18 806	-8 019	1 723
2040	-17 338	-6 326	1 723	-16 448	-7 435	1 723	-15 092	-8 253	1 723
2050	-16 076	-5 762	1 723	-14 848	-7 696	1 723	-13 084	-8 050	1 723
2060	-15 152	-5 611	1 723	-13 349	-7 012	1 723	-11 468	-7 721	1 723
2070	-15 392	-4 389	1 723	-12 864	-7 352	1 723	-10 348	-7 286	1 723
2080	-15 709	-4 369	1 723	-11 324	-7 186	1 723	-9 699	-6 904	1 723
2090	-16 175	-3 564	1 723	-10 837	-6 882	1 723	-9 208	-6 483	1 723
2100	-16 435	-4 659	1 723	-10 194	-6 689	1 723	-9 044	-6 215	1 723
2110	-16 033	-5 862	1 723	-10 217	-6 758	1 723	-8 782	-6 068	1 723
2120	-15 342	-6 432	1 723	-9 666	-6 581	1 723	-8 943	-6 118	1 723

Tabell A6. Karbonlager i levende biomasse (mill. tonn C). Historiske tall for 2010. Framskrevne tall for øvrige år.

År	RCP8.5			RCP2.6			Dagens klima		
	over bakken	under bakken	i alt	over bakken	under bakken	i alt	over bakken	under bakken	i alt
2010	345	97	443	345	97	443	345	97	443
2020	393	112	505	392	112	505	392	112	505
2025	414	120	534	414	119	533	414	119	533
2030	434	126	561	433	126	559	433	126	559
2040	471	139	609	468	138	606	466	137	603
2050	503	150	653	498	148	646	493	147	640
2060	534	161	694	524	157	682	516	155	671
2070	564	170	734	550	166	715	537	162	699
2080	594	181	775	573	173	747	557	168	724
2090	626	191	817	595	180	775	575	174	749
2100	658	201	859	616	187	803	593	180	772
2110	690	212	901	636	193	829	610	185	795
2120	720	222	943	654	200	854	626	191	817

Tabell A7. Akkumulert areal og netto årlig utslipp fra på- og avskoging under artikkel 3.3 (negativt utslipp betyr opptak).

År	PÅSKOGING				AVSKOGING			
	Areal (km ²)	CO ₂	ikke-CO ₂	SUM	Areal (km ²)	CO ₂	ikke-CO ₂	SUM
2010	509	-530	0	-530	1 226	2 340	14	2 386
2015	660	-675	0	-675	1 581	2 443	15	2 458
2020	813	-797	0	-797	1 937	2 549	16	2 565
2025	965	-919	0	-919	2 293	2 655	16	2 671
2030	1 118	-1 041	0	-1 041	2 649	2 715	17	2 732
2040	1 423	-1 284	0	-1 284	3 361	2 718	17	2 735
2050	1 727	-1 528	0	-1 528	4 073	2 718	17	2 735
2060	2 032	-1 772	0	-1 772	4 785	2 718	17	2 735
2070	2 337	-2 015	0	-2 015	5 498	2 718	17	2 735
2080	2 642	-2 259	0	-2 259	6 210	2 718	17	2 735
2090	2 947	-2 503	0	-2 503	6 922	2 718	17	2 735
2100	3 252	-2 746	0	-2 746	7 634	2 718	17	2 735
2110	3 556	-2 990	0	-2 990	8 347	2 718	17	2 735
2120	3 861	-3 234	0	-3 234	9 059	2 718	17	2 735

Tabell A8. Netto utslipp av CO₂ under Artikkel 3.4 Skogforvaltning (Gg CO₂).

År	RCP8.5	RCP2.6	Dagens klima
2010	-30 345	-30 345	-30 345
2015	-28 431	-28 286	-28 851
2020	-26 343	-26 901	-27 763
2025	-25 671	-26 139	-26 807
2030	-25 443	-24 219	-25 432
2040	-22 116	-22 405	-21 927
2050	-20 209	-21 029	-19 661
2060	-19 077	-18 771	-17 663
2070	-17 976	-18 585	-16 050
2080	-18 206	-16 843	-14 962
2090	-17 766	-15 994	-13 995
2100	-19 088	-15 113	-13 507
2110	-19 868	-15 151	-13 053
2120	-19 714	-14 382	-13 211

Tabell A9. Foreløpige estimater for areal og utslipp fra grøftet torvmark med stedfestede data (beregnet i henhold til 2006 retningslinjene), og areal og utslipp som rapportert i NIR 2014 for 1990 (Miljødirektoratet mfl. 2014).

Status for 1990	Dyrket mark	Skog	Beite	Annen utmark	Bebyggelse	Vann & myr	SUM
Areal (ha)							
Torvjord	55 426	779 479	7 300	3 958	6 399	1 765 448	2 618 010
Mineral jord	877 715	11 396 411	214 734	14 655 322	365 065	2 023 747	29 532 994
Ingen info	9 553	0	6 128	0	211 512	0	227 193
							0
Grøftet torvmark stedfestede data	55 426	61 735	7 300	0	6 399	0	130 860
Grøftet torvmark NIR 2014	79 239	229 071	5 418				313 728
Utslipp (Gg CO₂-C / år)							
Utslipp 2006 ret.	437	154	45	0	51	0	687
Utslipp NIR 2014	528	435	36	0	0	0	999