

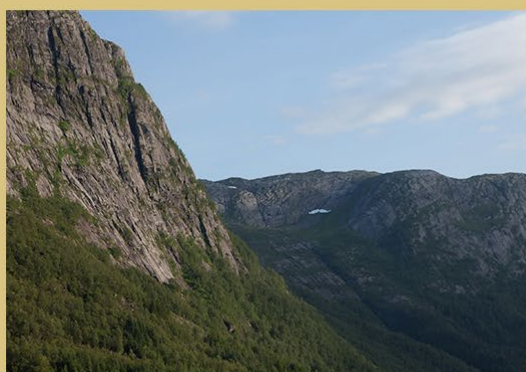


NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Framskrivninger for arealbrukssektoren (LULUCF) under FNs klimakonvensjon og EUs klimarammeverk

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 95 | 2024



Christian Wilhelm Mohr, Gunnhild Sjøgaard, Ignacio Sevillano, Gry Alfredsen, Katharina
Hobæk
Divisjon for skog og utmark

TITTEL/TITLE

Framskrivninger for arealbrukssektoren (LULUCF) under FNs klimakonvensjon og EUs klimarammeverk

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Mohr, C. W., Søgaaard, G., Sevillano, I., Alfredsen, G., og Hobrak, K.,

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
10.09.2024	10/95/2024	Åpen	52664.4	22/00132
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03557-2	2464-1162	92	2	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Klima- og miljødepartementet (KLD)
Landbruks- og matdepartementet (LMD)

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Gurminder Kaur, KLD
Heidi Garberg, LMD

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimagassregnskap, arealbrukssektoren, skog
GHG accounting, Land use, Land-Use Change
and Forestry, LULUCF

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimagassregnskap
Greenhouse gas inventory

SAMMENDRAG:

Arealbrukssektoren (engelsk: Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende utslipp og opptak av CO₂, CH₄ og N₂O, og er en del av det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon.

Framskrivningene presentert her er basert på data og metodikk fra Norges siste rapportering til FNs klimakonvensjon, innsendt 15. mars 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024). Perioden 2009–2022 har vært lagt til grunn som referanseperiode, og framskrivning av arealutvikling og utslipp er i all hovedsak basert på rapporterte data for denne tidsperioden.

Utviklingen i gjenværende skog er framskrevet ved hjelp av simuleringsverktøyet SiTree og jordmodellen Yasso07. Klimaendringer under klimascenariet i RCP 4.5 er lagt til grunn.

Framskrivningen er framstilt både i henhold til FNs klimakonvensjon sitt regelverk for klimagassregnskapet (alle arealbrukskategorier og kilder) og basert på EUs regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841) (European Union 2018).

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Akershus
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Ås
STED/LOKALITET:	Ås

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT / APPROVED

Bjørn Håvard Evjen

BJØRN HÅVARD EVJEN

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER

Christian Wilhelm Mohr

CHRISTIAN WILHELM MOHR



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Norge har flere rapporteringsforpliktelser på klimaområdet, både til FN under Klimakonvensjonen og Parisavtalen, til ESA i henhold til klimaavtalen med EU, og i tillegg skal det rapporteres til Stortinget etter klimaloven. Klimaloven stiller krav om at Regjeringen skal redegjøre til Stortinget hvert år for status og framgang mot klimamålene. Siden klimaloven ble vedtatt har redegjørelsen etter klimalovens § 6 vært i Klima- og miljødepartementets budsjettproposisjon som blir lagt fram i oktober hvert år. Gjennom FNs klimakonvensjon og Parisavtalen er Norge forpliktet til å rapportere på klimapolitikk og framgang mot målene. I 2024 skal det leveres to rapporter til FN innen 31. desember 2024 (Biennial Report og National Communication). I tråd med klimaavtalen med EU må Norge rapportere på hvordan vi ligger an til å nå forpliktelsene i avtalen, og denne rapporten skal leveres i mars 2025. De fleste av disse rapporteringene skal inneholde noenlunde samme informasjon, men med noen nyanser og med ulike formkrav. Alle klimarapporteringene skal inneholde en status for hvordan Norge ligger an til å nå klimamålene, og hvilken politikk som er på plass for å nå målene. Som underlag for å rapportere på status for oppfyllelse av klimamål ligger klimagassregnskapet, informasjon om nasjonal klimapolitikk og virkemidler, framskrivinger av utslipp og opptak av klimagasser med eksisterende politikk og effektberegninger av planlagt politikk.

Klima- og miljødepartementet og Landbruks- og matdepartementet har gitt NIBIO i oppdrag å levere framskriving for utslipp og opptak av klimagasser fra skog- og arealbrukssektoren på to ulike formater, både iht. FNs klimakonvensjon sitt regelverk og EUs regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841). Som en del av det siste er det også utarbeidet en oppdatert versjon av den framoverskuende referansebanen.

Arbeidet har vært basert på data og metodikk fra Norges siste rapportering til FNs klimakonvensjon, jamfør National Inventory Report og CRF tabeller innsendt 15. mars 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024) samt på metodikk fra referansebanen for skog som publisert i Norges bokføringsplan (Klima- og miljødepartementet 2020).

Takk til Arne Rannem, Landbruksdirektoratet, for å hente ut og tilrettelegge statistikkene for tettere planting, årlig areal nyplanting gran og nitrogengjødsling i skog, samt drøfting av referansenivå for nitrogengjødsling.

Takk til Arne Steffenrem, Skogfrøverket/NIBIO, for oppdatering av referansetall for bruk av foredlet plantemateriale.

Takk til Aksel Granhus for hjelp med tilrettelegging av statistikk fra foryngelseskontrollen, og Clara Antón Fernández for faglige innspill til SiTree-simuleringene og kvalitetssikring av disse. Begge i NIBIO.

Prosjektet har vært ledet av Christian Wilhelm Mohr.

Ås, 10.09.24

Gunnhild Søgaard

Avdelingsleder

Sammendrag

Arealbrukssektoren (engelsk: Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O, og er en del av det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon.

Framskrivningene presentert her er basert på data og metodikk fra Norges siste rapportering til FNs klimakonvensjon (UNFCCC), Norges National Inventory Report (NIR), innsendt 15. mars 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024). Perioden 2009–2022 har vært lagt til grunn som referanseperiode, og framskrivning av arealutvikling og utslipp er i all hovedsak basert på rapporterte data for denne tidsperioden. For treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) er referanseperioden 2017–2022. Referanseperiodene anses til å best representere dagens situasjon («business as usual»).

Utviklingen i gjenværende skog er framskrevet ved hjelp av simuleringsverktøyet SiTree og Yasso07. Klimaendringer under klimascenariet i RCP 4.5 er lagt til grunn.

Framskrivningen er framstilt på to ulike formater: Både i henhold til FNs klimakonvensjon sitt regelverk (alle arealbrukskategorier og kilder) og basert på EUs regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841) (European Union 2018).

FNs klimakonvensjon

I gjennomsnitt for referanseperioden (2009–2022) har årlig netto opptak i sektoren vært 17,8 mill. tonn CO₂-ekvivalenter. Dersom en ser på den årlige utviklingen, har det vært en nedgang i årlig opptak siden toppåret 2009. Framskrivningene viser en videre nedgang, før det flater noe ut. I perioden 2030–2050 forventes i gjennomsnitt et årlig netto opptak i størrelsesorden 9,6 mill. tonn CO₂. Deretter forventes noe økning, og i 2090–2100 forventes det i gjennomsnitt et årlig netto opptak på 12,3 mill. tonn CO₂-ekv. Denne utviklingen er i stor grad styrt av utviklingen av netto opptak i skog.

For skog var årlig netto opptak i referanseperioden (2009–2022) i gjennomsnitt 23,0 mill. tonn CO₂-ekv., mens det forventes at det i gjennomsnitt vil være 14,5 mill. tonn per år i perioden 2030–2050, og 17,9 mill. tonn CO₂-ekv. per år i perioden 2090–2100.

For dyrka mark var det et netto utslipp på 2,5 mill. tonn CO₂-ekv. årlig i referanseperioden (2009–2022). Dette forventes å øke framover, til gjennomsnittlig 2,7 mill. tonn per år i perioden 2030–2050, men så flate ut og ligge på 2,7 mill. tonn CO₂-ekv. per år også i perioden 2090–2100. Hovedkilden til utslipp er tap av karbon fra drenert organisk jord (tidligere myr) både fra eksisterende og nye arealer. I tillegg er tap av karbon fra levende biomasse og dødt organisk materiale når skog dyrkes opp en betydelig utslippskilde.

For beite var det et netto utslipp på 0,18 mill. tonn CO₂-ekv. årlig i referanseperioden (2009–2022). Utslipet forventes å øke framover, til gjennomsnittlig 0,53 mill. tonn per år i perioden 2030–2050, og 0,62 mill. tonn CO₂-ekv. per år i perioden 2090–2100. Her er tap av karbon fra levende biomasse og dødt organisk materiale ved omlegging av skog til beite en betydelig utslippskilde. I tillegg er tap av karbon fra drenert organisk jord (tidligere myr) fra eksisterende og nye arealer en viktig kilde til utslipp. Det er imidlertid samtidig et årlig netto opptak av CO₂ i levende biomasse (trær) på gjenværende beitearealer som er høyere enn karbontapet ved omlegging, slik at i sum er det et netto opptak i levende biomasse i beite.

Også i kategorien vann og myr er det netto utslipp. Det var på 0,34 mill. tonn CO₂-ekv. årlig i referanseperioden (2009–2022). Dette forventes å øke framover, til gjennomsnittlig 0,36 mill. tonn per år i perioden 2030–2050, og 0,42 mill. tonn CO₂-ekv. per år i perioden 2090–2100.

Utslippskildene i denne arealbrukskategorien er torvuttak og grøfta myr. Utslipp fra oppdemt areal inkluderes i denne kategorien, men beregnes ikke per i dag.

Utslipp fra utbygging er en betydelig utslippskilde i det nasjonale klimagassregnskapet. Dette er primært tap av karbon ved utbygging av skog, myr og andre arealbrukskategorier til veier, boligformål, mv. De fleste karbonbeholdninger forventes å ha ingen endring på gjenværende arealer i kategorien utbygd areal, men det beregnes utslipp fra drenert organisk jord. Det var et utslipp på 2,1 mill. tonn CO₂-ekv. årlig i referanseperioden (2009–2022) for arealbrukskategorien utbygd areal. I 2030–2050 forventes utslippet å ligge på om lag 1,9 mill. tonn per år, som er noe lavere enn i referanseperioden (2009–2022). Hovedårsaken til at utslippet er noe lavere i 2030–2050 enn referanseperioden (ca. 0,2 mill. tonn CO₂-ekv. per år lavere) skyldes et år i referanse perioden med relativt store utslipp på grunn av nedbygging av skog på dyp torvmark til infrastruktur. Slike overganger er imidlertid sjeldne, noe som reflekteres i endringsraten for skog til utbygd areal på organisk jord. Utslippene i kategorien forventes å øke til om lag 2,1 mill. tonn CO₂-ekv. per år i gjennomsnitt i perioden 2090–2100.

Den siste arealbrukskategorien, annen utmark, er arealer som per definisjon ikke har signifikante karbonbeholdninger. Dette er også arealer som er klassifisert som «ikke forvaltet», og det beregnes ikke utslipp eller opptak for disse.

For karbonlageret i treprodukter var det i perioden 2009–2022 i gjennomsnitt en årlig netto lagring tilsvarende 0,007 mill. tonn CO₂. Både historisk og i framskrivingene veksler det mellom å ha årlig lagring eller tap av karbonbeholdning i treprodukter. I perioden 2009 til 2016 var det en lang periode med årlige tap, som ikke er representativ for dagens situasjon. Perioden 2017 – 2022 er derfor lagt til grunn som referanseperiode. Det forventes at gjennomsnittlig årlig netto karbonlagring vil være ca. 0,605 mill. tonn CO₂ i perioden 2030–2050, og 0,187 mill. tonn CO₂ i perioden 2090–2100.

Indirekte N₂O utslipp er en liten kilde, som kommer fra avrenning og atmosfærisk deponisjon, som er koblet til utslipp fra nitrogengjødsling og nitrogenmineralisering. Det ligger på 0,008 mill. tonn CO₂-ekv. årlig i referanseperioden (2009–2022). Dette forventes å øke framover, til gjennomsnittlig utslipp på 0,008 mill. tonn per år i perioden 2030–2050, og 0,009 mill. tonn CO₂-ekv. per år i perioden 2090–2100. Hovedgrunnen til utslippsøkningen er økning av grøntareal i utbygde arealer, som forventes å føre til økt gjødsling.

EU sitt regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841)

Påskoging er arealer konvertert fra dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal, og annen utmark til skog. Arealene vil kun inngå i bokføringskategorien påskoging så lenge de er i overgangsperioden (20 år). Under EUs regelverk er det forventet et årlig opptak på i gjennomsnitt 1,1 mill. tonn CO₂-ekv. i første forpliktelsesperiode (2021–2025).

Avskoging er arealer endret fra skog til annen arealbruk (dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal eller annen utmark). Dette er en betydelig utslippskilde, og utslippet er forventet å øke. Under EUs regelverk er det forventet et årlig utslipp på i gjennomsnitt ca. 2,8 mill. tonn CO₂-ekv. i første forpliktelsesperiode (2021–25).

Forvaltet dyrka mark er dyrka mark som fortsatt er dyrka mark, nydyrket areal siste 20 år (arealer konvertert fra beite, vann og myr, utbygd areal, annen utmark til dyrka mark), og dyrka mark konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Utslippet vil som beskrevet under konvensjonen øke, og det forventes et gjennomsnitt netto utslipp sammenliknet med referanseperioden, 2005–2009, for første forpliktelsesperiode, 2021–2025, på om lag 0,12 mill. tonn CO₂-ekv. per år.

Forvaltet beite er beite som fortsatt er beite, og arealer konvertert fra dyrka mark, vann og myr, utbygd areal og annen utmark til beite og beite konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Det forventes et gjennomsnitt netto opptak sammenliknet med referanseperioden, 2005–2009, for første forpliktelsesperiode, 2021–2025, på om lag 0,1 mill. tonn CO₂-ekv. per år. Årsaken er økning i opptak i levende biomasse (trær) sammenliknet med referanseperioden (2005 – 09), som er større enn økningen i utslipp for andre kilder.

Eksisterende, forvaltet skog (skog som fortsatt er skog) sammenliknes med en framoverskuende referansebane (*eng.* Forest Reference Level, FRL) som framskriver utvikling av skog over tid basert på en referanse periode 2000–2009. Det er forventet et gjennomsnitt netto utslipp sammenliknet med referansebanen på om lag 5,5 mill. tonn CO₂-ekv. per år for første forpliktelsesperiode, 2021–2025.

Samlet for alle bokføringskategoriene under EUs regelverk vil et gap mot netto-null målet på om lag 36,4 mill. tonn totalt bokføres for første forpliktelsesperiode, 2021–2025.

Innhold

1	Innledning	10
2	Materiale og metoder	12
2.1	Datagrunnlag fra det nasjonale klimagassregnskapet	12
2.1.1	Landsskognetakseringen	12
2.1.2	Supplerende datakilder	13
2.2	Arealbrukskategoriene	13
2.2.1	Skog	14
2.2.2	Dyrka mark	14
2.2.3	Beite	14
2.2.4	Vann og myr	14
2.2.5	Utbygd areal	15
2.2.6	Annen utmark	15
2.3	Utslippsberegning - kilder	15
2.3.1	Levende biomasse	15
2.3.2	Død ved og strø (dødt organisk materiale)	15
2.3.3	Mineral- og organisk jord	15
2.3.4	Treprodukter	16
2.3.5	Metan (CH ₄) og lystgass (N ₂ O)	16
2.4	Framskrivning av arealutvikling	17
2.4.1	Arealbruksendringer	17
2.5	Framskrivning av utslipp/opptak (utenom gjenværende skog og treprodukter)	22
2.5.1	Karbonbeholdninger	22
2.5.2	Levende biomasse for påskogingsarealer	23
2.5.3	Utslipp av lystgass og metan for andre kilder	25
2.6	Framskrivninger av utviklingen i gjenværende skog	26
2.6.1	Om simuleringsverktøyet SiTree	26
2.6.2	Jordkarbonmodellen - Yasso07	28
2.6.3	Klimaendringer – RCP 4.5 scenario	31
2.6.4	Hogst	32
2.6.5	Foryngelse	35
2.6.6	Ungskogpleie	36
2.6.7	Vern	40
2.6.8	Miljøhensyn ved hogst	40
2.6.9	Naturlige forstyrrelser – skogskader	40
2.6.10	Tilskudd til tettere skogplanting som klimatiltak	40
2.6.11	Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak	41
2.6.12	Foredlet plantemateriale	43
2.7	Framskrivning treprodukter	43
3	Framskrivninger under klimakonvensjonen	46
3.1	Framskrivning av arealutvikling	46
3.2	Utslippsframskrivninger	48
3.2.1	Skog	49
3.2.2	Dyrka mark	50

3.2.3	Beite	51
3.2.4	Vann og myr	52
3.2.5	Utbygd areal	53
3.2.6	Utslipp av lystgass (N ₂ O) og metan (CH ₄)	54
3.2.7	Framskrivninger for treprodukter	56
4	Framskrivninger for bokføringskategorier under EUs rammeverk for klima og energi.....	57
4.1	Framskrivning av arealutvikling	58
4.2	Avskoging (Deforested land)	59
4.3	Påskoging (Aforested land)	60
4.4	Eksisterende, forvaltet skog (Managed forest land)	61
4.5	Forvaltet dyrka mark (Managed cropland).....	64
4.6	Forvaltet beite (Managed grassland).....	66
4.7	Forvaltet våtmark (Managed wetland).....	67
4.8	Treprodukter (HWP)	68
4.9	Utslipp av N ₂ O og CH ₄ for de ulike bokføringskategoriene	70
4.10	EUs målsetning om netto null utslipp for arealbrukssektoren	71
5	Diskusjon.....	72
5.1	Usikkerhet.....	72
5.2	Foryngelse	73
5.3	Sammenlikning med tidligere framskrivninger.....	74
5.3.1	Metodeforbedringer i det nasjonale klimagassregnskapet	75
5.3.2	Metodeforbedringer i arealframskrivningene	76
5.3.3	Endringer i forutsetninger for framskrivning av gjenværende skog i SiTree.....	76
5.4	Sammenlikning med referansebanen i Norges bokføringsplan	80
5.5	Kort vurdering av hvordan endring i forutsetninger knyttet til vern og hogstnivå kan påvirke framskrivningene.....	81
5.6	Miljødirektoratets framskriving av utbygd naturareal	82
6	Ordliste	84
	Litteraturreferanser.....	87

1 Innledning

Arealbrukssektoren (*eng.* Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O, og er en del av det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon.

Norge rapporterer sine menneskeskapte klimagassutslipp og opptak til FNs klimakonvensjon hvert år. NIBIO er gitt i oppgave å levere framskriving for utslipp og opptak av klimagasser fra arealbrukssektoren basert på dagens situasjon. I framskrivingen skal det skilles mellom de seks arealbrukskategoriene i sektoren, i tillegg til karbon i treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products HWP), men også presentere hele sektoren samlet. I [kapittel 3](#) presenteres framskriving av sektoren i henhold til FNs klimakonvensjon sitt regelverk, basert på metodikk fra det siste publiserte nasjonale klimagassregnskapet (*eng.* National Inventory Report, NIR¹), levert til FN 15. mars 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024).

Perioden 2009–2022 har vært lagt til grunn som referanseperiode, og framskriving av arealutvikling og utslipp og opptak er i all hovedsak basert på rapporterte data for denne tidsperioden. Referanseperioden anses til å best representere dagens situasjon («business as usual»). For øvrige utslippsberegninger er det lagt til grunn utslippsnivå fra perioden 2009–2022, uten justering for klimaendringer.

Utviklingen i gjenværende skog er framskrevet ved hjelp av simuleringsverktøyet SiTree. Her er referanseperioden 2008–2022, og klimaendringer under klimascenariet i RCP 4.5² er benyttet. Det er også lagt inn effekt av implementerte klimatiltak i skog (tettere planting, nitrogengjødsling og bruk av foredla plantemateriale).

Framskrivningene representerer et bilde på hvordan utviklingen kan bli gitt dagens situasjon (vedtatt politikk), og tar ikke innover seg framskrivinger av befolkningsutvikling, endringer i konsum/produksjon av landbruksprodukter, eller annet som vil kunne påvirke arealutviklingen i en annen retning enn det utviklingen i referanseperioden skulle tilsi.

De historiske tallene viser et trendskifte for utviklingen i skogen rundt 2010. Etter det økte årlig karbontap på grunn av både hogst og mortalitet (tredød) raskere enn tidligere, samtidig som trærnes vekst gikk fra å øke til å avta slik at karbonlagringen gikk ned. Dette har ført til en rask reduksjon i årlig netto CO₂-opptak i levende biomasse i skog.

Generelt sett kan en forvente at skogen med klimaendringene vokser bedre fremover (Søgaard mfl. 2017), i alle fall på kort sikt (frem til 2050) (VKM 2022). Dette fanges opp i framskrivningene, basert på klimascenariet RCP 4.5 (se Figur 7). Det er usikkert hvilke faktorer som fører til at det motsatte er observert de siste årene, men værhendelser som tørkesommeren 2018, en økning i andel eldre skog samt effekter av redusert innsats i skogkultur på 1990- tallet og tidlig 2000-tall kan være årsaker til redusert tilvekst.

Samtidig peker både Søgaard mfl. (2017) og VKM (2022), som begge er litteratursammenstillinger, på økt risiko for skader på skogen i et framtidig klima. Større framtidige kalamiteter i norsk skog, som store skogbranner, insektangrep eller stormskader fanges ikke opp i denne framskrivingen.

¹ I rapporten vil det ofte refereres til klimagassregnskapet for et gitt år. Her vil forkortelsen «NIR» kombinert med året for publisering brukes. F.eks. klimagassregnskapet sendt FN og publisert i 2024 vil forkortes til «NIR 2024».

² RCP (*eng.* «Representative Concentration Pathway») er utviklingsbanescenarier for framtidige konsentrasjoner av klimagasser. Et RCP4.5-scenario er en modellert utviklingsbane for økningen i klimagasser og forurensninger i atmosfæren, som resultat av utslipp fra menneskelig aktivitet, arealbruk og skog, som da resulterer i en strålingspådriv i 2100 tilsvarende 4,5 watt/m². Klimascenariet er ansett som et scenario med ambisjos klimapolitikk i de fleste land. Klimascenariet beregner en global temperatur som er +2,5 °C varmere i 2100 enn gj.snitt temperaturen i perioden 1850-1900. For Norge er det estimert at median temperaturen vil være +2,7 °C varmere i 2071-2100 enn 1971-2000 (Hanssen-Bauer 2016).

Skogskadene vil i framskrivingene være på det nivå som de var i referanseperioden (2009–2022). Dersom mortaliteten fortsetter å være på det nivået det har vært de siste årene i referanseperioden, eller fortsetter å øke, så vil framskrivningene underestimere mortalitet.

I oktober 2019 inngikk EU, Island og Norge en avtale om felles oppfyllelse av 2030-målet. Avtalen innebærer at i tillegg til fortsatt deltakelse i EUs kvotesystem, vil også EUs klimaregelverk for ikke-kvotepliktige utslipp (innsatsfordelingsforordningen) og regelverk for utslipp og opptak i skog og annen arealbruk, bli gjeldende for Norge i perioden 2021–2030. EU har siden den gang utviklet et nytt klimarammeverk, Klar for 55. Regnereglene for første forpliktelsesperiode (2021–2025) er de samme som regelverk gitt i LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018) om inkludering av utslipp og opptak av klimagasser i arealbrukssektoren i 2030-rammeverket for klima og energi. I [kapittel 4](#) presenteres tall i henhold til EU sitt regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841). Det er utarbeidet en oppdatert framoverskuende referansebane for eksisterende forvaltet skog (*eng.* Forest Reference Level, FRL) for utarbeiding av gapanalyse.

2 Materiale og metoder

Arealbrukssektoren omfatter arealbruk og arealbruksendringer, med tilhørende utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O, og er en del av det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon. Den omfatter hele Norges landareal, og landarealet er kategorisert i seks ulike arealbrukskategorier skog, dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark, basert på IPCCs regelverk.

Framskrivningene presentert her er basert på data og metodikk fra Norges siste rapportering til FNs klimakonvensjon, Norges nasjonale klimagassregnskap (*eng.* National Inventory Report, NIR) innsendt 15. mars (Miljødirektoratet mfl. 2024). Perioden 2009–2022 har vært lagt til grunn som referanseperiode, og framskrivning av arealutvikling og utslipp er i all hovedsak basert på rapporterte data for denne tidsperioden. Referanseperioden anses til best å representere dagens situasjon («business as usual»). For øvrige utslippsberegninger er det lagt til grunn utslippsnivå fra perioden 2009–2022 uten justering for klimaendringer.

Den mest sentrale datakilden er Landsskogtakseringen. Landsskogtakseringen er et omfattende og landsdekkende overvåkingssystem basert på utvalgskartlegging, som dekker alle arealbrukskategorier. Det totale arealet i de ulike arealbrukskategoriene, og overgangene mellom disse, er basert på data fra Landsskogtakseringen. Landsskogtakseringen er også den mest sentrale datakilden for beregning av utslipp og opptak, basert på registreringer i felt og supplert med kartinformasjon. Det måles trær ikke bare i skog, men også på myr, beitearealer og noen typer utbygd areal.

Utviklingen i arealer og utslipp foruten skog er basert på trender i referanseperioden. Utviklingen i opptak i gjenværende skog er framskrevet ved hjelp av simuleringsverktøyet SiTree og Yasso07. Klimaendringer under klimascenariet i RCP 4.5 er lagt til grunn.

Nedenfor følger en mer detaljert beskrivelse av datagrunnlag, definisjoner av arealbrukskategoriene og kort om utslippsberegning i det nasjonale klimagassregnskapet, samt detaljert beskrivelse av metoder benyttet og forutsetninger lagt til grunn i framskrivningen.

2.1 Datagrunnlag fra det nasjonale klimagassregnskapet

2.1.1 Landsskogtakseringen

Det totale arealet i de ulike arealbrukskategoriene, og overgangene mellom disse, er basert på data fra Landsskogtakseringen. Landsskogtakseringen er et omfattende og landsdekkende overvåkingssystem basert på utvalgskartlegging (Breidenbach mfl. 2020).

Landsskogtakseringen er en såkalt stikkprøvebasert utvalgskartlegging, og består av et nettverk av permanente prøveflater over hele Norges fastlandsareal, og som dekker alle arealbrukskategorier og naturtyper. Nettverket med prøveflater har ulike tettheter, med 3 x 3 km under barskoggrensen, 3 x 9 km over barskoggrensen og 9 x 9 km utenfor barskogen i Finnmark. Hver prøveflate er sirkulær med et areal på 250 m² (Figur 1). Flatene er ulikt arealvektet i de ulike rutenettene. Med det menes at hver prøveflate representerer en gitt andel av Norges landareal, avhengig av hvilket rutenett de tilhører. Flatene i 9 x 9 km nettet representerer et større areal enn flatene i 3 x 3 km-nettet. På denne måten blir alle arealer korrekt representert i klimagassregnskapet.



Figur 1. Landsskogtakseringen i NIBIO er et landsdekkende overvåkingssystem basert på utvalgskartlegging, består av et nett av prøveflater på 3 x 3 km under barskoggrensen, 3 x 9 km over barskoggrensen og 9 x 9 km over barskoggrensen i Finnmark. Hver prøveflate utgjør 250 m², og prøveflater i skog, myr og beite oppsøkes i felt dersom de har minst et tre (stamme over 5 cm i diameter ved bryst høyde, dbh) (Kilde: NIBIO)

Takseringen omfatter en klassifisering av det totale fastlandsarealet, med hensyn på arealtype og arealanvendelse. Klassifiseringen skjer ved hjelp av kart og flyfoto. Areal i ulike arealbrukskategorier, og endringer mellom disse er estimater basert på Landsskogtakseringen.

Om lag en femtedel av flatene takseres hvert år. Alle tresatte flater (med noen få unntak) oppsøkes i tillegg i felt, og på en 250 m² stor prøveflate måles alle trærne. I tillegg registreres en rekke andre skogvariabler, som markas produksjonsevne (bonitet), skogstruktur, skogskader, vegetasjonstype, og terrenghelning, samt variabler som driftsforhold og avstand til bilvei. Disse detaljerte dataene danner grunnlaget for beregninger av endring i karbonbeholdninger i skog i det nasjonale klimagassregnskapet, samt for framskrivninger av utviklingen i norsk skog med verktøyet SiTree.

2.1.2 Supplerende datakilder

Arealinformasjon fra Landsskogtakseringen suppleres blant annet med informasjon fra Jordsmonnkartlegging og arealressurskart AR5 (Tenge 2016) for å klassifisere jordtype (mineraljord/organisk jord) for arealer med jordbruksjord. I tillegg innhentes flere ulike statistikker, blant annet for skogbrann og skoggjødsling for skog, og for frukttrær, fordeling av dyrkingsvekster, mfl. for dyrka mark. Dette er beskrevet i klimagassregnskapet publisert i 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024) under de ulike kildekapitlene.

2.2 Arealbrukskategoriene

Norges landareal deles inn i arealbrukskategoriene skog, dyrka mark, beite, utbygd areal, vann og myr, og annen utmark. Her følger en beskrivelse av arealbrukskategoriene slik de er definert i det nasjonale klimagassregnskapet.

2.2.1 Skog

Skog er i det internasjonale klassifikasjonssystemet definert som et areal med trær som kan nå en høyde av 5 meter på den aktuelle lokaliteten med en kronedekning > 10 %. Hvis arealet er midlertidig uten trevegetasjon, defineres det fortsatt som skog. Med midlertidig forstås at det fortsatt er stubber eller døde trær etter forrige generasjon av trær, og at arealet ikke har fått en annen anvendelse (for eksempel beite) i mellomtiden. Hogstflater faller altså under skogdefinisjonen. Kravet til kronedekning gjelder ikke hvis arealet er tilplanta eller naturlig forynget med en tetthet som holder kravet til ungskog. Skog finnes både på mineraljord og organisk jord.

2.2.2 Dyrka mark

Dyrka mark er jordbruksareal som klassifiseres som fulldyrka jord etter Økonomisk Kartverks (hentes fra AR5) definisjon. Det vil si at det er jordbruksareal som er dyrket til vanlig pløedybde, og kan benyttes til åkervekster eller til eng, og som kan fornyes ved pløying. Fulldyrka jord som benyttes til beite regnes som dyrka mark. Ved gjengroing av dyrka mark går arealet over til skog når antallet trær tilsvarer hogstklasse II, eller kronedekningsprosenten er på 10 % eller mer. Dyrka mark finnes både på mineraljord og organisk jord.

2.2.3 Beite

Beite er definert i to underkategorier: Aktivt beita innmarksarealer, og åpne og tresatte utmarksarealer med vegetasjonsdekke og mineraljord.

2.2.3.1 Aktivt beita innmarksarealer

Dette er innmarksarealer som er aktivt i bruk til beiting, og som ikke kan pløyes (fulldyrka areal som beites klassifiseres som dyrka mark). Arealet samsvarer i stor grad med definisjonene i AR5 av innmarksbeite og overflatedyrka jord. Minst 50 % av arealet skal være dekket av gressarter. Arealet kan være jevnet i overflaten, men det kan også ha treklynger, stubber, steiner o.l. Beitebruk vurderes som mer sentralt enn skogbruk på dette arealet. Det er verdt å legge merke til at for en del beiteområder kan det fortsatt være nok trær til at det møter skogdefinisjonen (>10 % kronedekning). På disse områdene er det tydelig preg av gressarter og forvaltningspraksis som vil klassifisere arealene som beite og ikke skog. Skog som beites defineres som skog, mens beite som har trær defineres som beite (selv om de trærne til sammen gir en kronedekning på over 10 %, altså når skogdefinisjonen). Beite innmarksarealer finnes både på mineraljord og organisk jord.

2.2.3.2 Åpne og glissent tresatte utmarksarealer på mineraljord

Dette er åpne og glissent tresatte (men ikke skogkledde) utmarksarealer på mineraljord som har minimum 50 % vegetasjonsdekke og/eller er tresatt. Hvis arealet når skogdefinisjonen blir det skog, hvis det er organisk jord blir det myr (kategorien vann og myr), og er det uten vegetasjonsdekke (bar jord, steinur, bart fjell og isbreer) så er det annen utmark. Dette er den delen av utmarka som ikke inngår i de tre forutgående kategoriene. Implisitt følger at dette er arealer med stor variasjon i naturtyper, fra rike høgstaudeenger til fattige lavheier, over og under skoggrensa. Det er ikke noe krav om at det skal beites, så beitetrykk vil variere fra ikke noe beiting til svært høyt beitetrykk.

Det bemerkes at kategorien ikke dekker skog og myr, og dermed bare dekker en del av den utmarka som er tilgjengelig for og egnet til utmarksbeite.

2.2.4 Vann og myr

Vann og myr omfatter ferskvann og myrer. Åpen og tresatt myr inngår, men dersom de når skogdefinisjonen tilhører de kategorien skog. Neddemt areal og areal som benyttes til torvuttak

inkluderes i denne arealbrukskategorien. Den inneholder også myr som er grøftet, men som ikke har endret arealbruk. All myr er organisk jord, og alt vann er rapportert som mineraljord.

2.2.5 Utbygd areal

Utbygd areal omfatter bygninger og arealer som kan klassifiseres som teknisk impediment og omkringliggende opparbeidet areal. Dette gjelder bl.a. bebyggelse, hager, veier, velteplasser, lagerplass, parkeringsplasser og grustak. Alle veier må være av varig karakter med minst 4 m bredde for å skilles ut som egne enheter. Eventuelle grøfter eller sidestriper som regelmessig holdes fri for trær regnes som del av veien. Traktorveier må være av permanent karakter, og vil vanligvis være bygget ved hjelp av anleggsmaskiner. Stikkveier til utkjøring av tømmer i forbindelse med drift og andre midlertidige veier (for eksempel i forbindelse med gravehogst) er ikke definert som traktorvei, men anses som en del av skog. Innenfor kategorien utbygd areal kan det også finnes arealer med > 10 % kronedekning (for eksempel parker og hager). Disse defineres likevel som utbygd areal. Utbygd areal finne både på mineraljord og organisk jord.

2.2.6 Annen utmark

Annen utmark inkluderer bar jord, steinur, bart fjell og isbreer (arealer uten signifikant karbonbeholdning). Det er ikke organisk jord i denne arealbrukskategorien, og alt areal er klassifisert som mineraljord, uavhengig av om det er jorddekke eller ikke.

2.3 Utslippsberegning - kilder

For alle arealbrukskategoriene foruten annen utmark beregnes det endringer for karbonbeholdningene levende biomasse, død ved og strø (dødt organisk material), mineraljord og organisk jord. Endringene i disse karbonbeholdningene brukes for å beregne utslipp og opptak av CO₂.

2.3.1 Levende biomasse

Levende biomasse er først og fremst estimerer av endring i karbonbeholdning i trær. Det beregnes vekst og tap av levende biomasse fra trær på skog, myr, og åpen og glissent tresatte utmarksarealer på mineraljord, i tillegg til arealbruksendringer til og fra disse arealbrukskategoriene. På dyrka mark estimeres det vekst og tap av levende biomasse for frukttrær basert på arealstatistikk. Det beregnes også vekst og tap av biomasse fra avlinger for overganger til og fra dyrka mark. Vekst og tap for biomasse fra gress beregnes for overganger til og fra beite og utbygde arealer med vegetasjon.

2.3.2 Død ved og strø (dødt organisk materiale)

For gjenværende skog, og overganger til og fra skog beregnes det økning og tap av død ved og strø.

2.3.3 Mineral- og organisk jord

Arealene defineres enten som mineraljord eller organisk jord.

I det nasjonale klimagassregnskapet benyttes noe ulike definisjoner av organisk jord, avhengig av hvilket datagrunnlag som er tilgjengelig. I prioritert rekkefølge benyttes følgende datakilder:

1. Landsskogtakseringen. Areal som har et over 40 cm dypt organisk jordlag (all utmark med jorddekke: åpne, glissent tresatte og skog, samt annen arealbruk når det er overgang fra disse).
2. Jordsmonnkartleggingen. Areal som har et over 40 cm dypt organisk jordlag (dekker deler av dyrka mark og noe beite i innmark).

3. AR5. Areal som har et over 30 cm dypt organisk jordlag på myr og i skog, og over 20 cm på jordbruksareal (benyttes der det ikke er informasjon fra 1 eller 2).
4. På deler av utbygd areal er det ikke tilgjengelig informasjon. Her settes mineraljord som jordtype.

Videre er det etablert praksis å skille mellom grunn torvmark (≤ 1 m tykkelse) og dyp torvmark (> 1 m tykkelse). Dette skillet mellom grunn og dyp torvmark benyttes både i Landsskogtakseringen (NIJOS 1995), Jordsmonnkartleggingen (Olsen mfl. 2016) og i Økonomisk kartverk (Bjørdal 2007).

2.3.4 Treprodukter

I klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon beregnes lagerendringen av karbon i treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP). Det er flere måter man kan rapportere karbonlagerendring i treprodukter på. Norge bruker «production approach», noe som kort fortalt vil si at i tillegg til nasjonalt forbruk rapporteres eksport, men ikke import, i det nasjonale regnskapet. Det rapporteres for tre kategorier av treprodukter: trelast (*eng.* sawnwood), trebaserte plater (*eng.* wood-based panels) og papir- og kartongprodukter (*eng.* paper and paperboard).

Metodikken som benyttes for treprodukter er beskrevet i 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC 2019). Aktivitetsdata er hentet fra [FAOSTAT](#). Det er Statistisk sentralbyrå som rapporterer data til Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Tidsserien med aktivitetsdata går tilbake til 1961. I modellen for treprodukter (IPCC 2019) er data for 1950–1960 estimert basert på de fem årene 1961–1965.

De ulike produktkategoriene har ulike halveringstider (*eng.* half-lives). Her snakker vi ikke om nedbrytning i form av råte, men bruker den mer tekniske tilnærmingen basert på en første ordens nedbrytningsfunksjon. Det benyttes standard verdier fra IPCC for halveringstider, tiden det tar (år) før halvparten av et gitt volum har gått tapt fra lageret i en kategori av treprodukter (Tabell 1). Dette betyr at mye av lageret forsvinner tidlig samtidig som man får en lang hale hvor en liten del av lageret varer lengre. Det er viktig å nevne at dette er en forenklet modell (Pingoud mfl. 2001). Tier 1 halveringstider fra IPCC (2019) er gitt i Tabell 1, sammen med faktorer for omregning fra aktivitetsdata (oppgitt som m³ for trelast og trebaserte paneler og tonn for papir- og kartongprodukter i FAOSTAT) til karbon (Mg C eller t C).

Tabell 1. Tier 1 standard verdier for halveringstider, samt omregningsfaktorer (fra m³ eller tonn til Mg C (t C)).
Kilde: IPCC (2019), henholdsvis tabell 12.3 og 12.1.

Produktkategori	Halveringstid (år)	Omregningsfaktor
Papir- og kartongprodukter	2	0,386 Mg C/Mg
Trebaserte plater	25	0,269 Mg C / m ³
Trelast	35	0,229 Mg C / m ³

2.3.5 Metan (CH₄) og lystgass (N₂O)

I tillegg til karbonbeholdningsendringer, som brukes for å beregne utslipp og opptak av CO₂, beregnes det også utslipp av metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Disse beregnes for en rekke kilder som nitrogengjødsling, drenert organisk jord, nitrogen mineralisering, indirekte N₂O utslipp fra atmosfærisk deposisjon og avrenning, og skogbrann.

2.4 Framskrivning av arealutvikling

Framskrivning av arealutvikling er utviklet med det som utgangspunkt at trenden videre legges så nært dagens situasjon som mulig, for på den måten best mulig representere dagens politikk og virkemiddelbruk. Det er i de fleste tilfeller komplekse sammenhenger mellom utvikling i arealbruk og ulik politikk, og mange indirekte årsakssammenhenger. Det er per i dag ingen metodikk på plass for å koble arealutvikling til andre eksternt beregnede utviklinger som befolkningsvekst og økonomisk vekst. Framskrivningen bruker derfor trenden i arealutvikling som funksjon av tid. Om referanseperioden for trenden er for kort, vil helt tilfeldige endringer mellom to observasjoner ende opp med å estimere utviklingen framover. Om perioden er for lang vil en ikke lenger fange dagens praksis, men også fange trender basert på en annen politikk enn dagens. Virkemidler som går direkte på en gitt arealbruk, som for eksempel et konkret forbud mot en viss arealbruksendring, kan legges inn. Arealene er framskrevet basert på observerte data i perioden 2009-2022 fra Landsskogtakseringen. Dette er samme datagrunnlag som er benyttet for arealestimatene i klimagassregnskapet publisert i 2024. Ikke alle flater er oppsøkt i 2022 på grunn av strukturen med fem paneler (også kalt takstpuljer) i Landsskogtakseringen, noe som betyr at arealestimatene fra klimagassregnskapet publisert i 2024 påvirkes av ekstrapolering fra de siste fire årene. Denne problemstillingen er ikke relevant for framskrivningen. I framskrivningen er arealestimatene beregnet direkte fra grunnlagstallene som er brukt til arealestimatene i klimagassregnskapet publisert i 2024. På den måten blir trenden kun basert på reelle observasjoner, og ikke ekstrapolerte data.

2.4.1 Arealbruksendringer

Arealbruksendringer er framskrevet basert på historisk trend observert i Landsskogtakseringen. De tre siste observasjoner for hver prøveflate er benyttet, noe som gir en referanseperiode fra 2009–2022. I Landsskogtakseringen oppsøkes 1/5 av flatene per år. Det gir 5 paneler med observasjoner, som hver for seg brukes for å beregne rater for hver arealbruksovergang. Hver observasjon representerer endringer i løpet av de siste fem år siden sist observasjon. Årene brukt for beregning av rater for arealbruksendring er 2013 (2009-2013) og 2018 (2014-2018) for panel 1; 2014 (2010-2014) og 2019 (2015-2019), for panel 2; 2015 (2011-2015) og 2020 (2016-2020), for panel 3; 2016 (2012-2016) og 2021 (2017-2021), for panel 4; og 2017 (2013-2017), og 2022 (2018-2022), for panel 5. Hvert panel dekker en tidsperiode på 10 år som trenden er basert på. Arealer i overgang ble brukt for å framskrive arealene for skog (F = forest land), dyrka mark (C = cropland), aktivt beita innmark (Gi = intensive grassland), åpen og glissent tresatt utmark mineraljord (Ge = extensive grassland), forvaltet vann og myr (Wm = managed wetlands), ikke forvaltet vann og myr (Wu = unmanaged wetlands), og utbygd areal (S = settlements). Det finnes ingen arealendring for annen utmark (O = other land). Summen av endret areal for hver arealbruksendring kategori og arealjordtype for hvert panel blir brukt for å estimere endringsraten for tidsperioden på 10 år. Arealsummen delt på 10 år gir den årlige endringsraten. Oversikt over endringsratene for arealbruksendringene på mineraljord og organisk jord arealer er presentert i tabell 2 og 3.

Tabell 2. Summerte årlige endringsrater fra alle paneler for mineraljord arealer (2009–2022). ± standardfeil for raten er oppgitt med raten for overgangen. Tall oppgitt i ha/år.

		Til				
		C	F	Gi	S	Wm
Fra	C		351 ± 155		838 ± 267	
	F	1181 ± 302		1451 ± 334	3100 ± 447	
	Ge	108 ± 108	3316 ± 941	54 ± 54	270 ± 145	90 ± 90
	Gi	171 ± 107	261 ± 140		243 ± 128	
	S	90 ± 90	667 ± 216	234 ± 138		
	Wu				81 ± 56	
	O				36 ± 36	

Tabell 3. Summerte årlige endringsrater fra alle paneler for organisk jord arealer (2009–2022). ± standardfeil for raten er oppgitt med raten for overgangen. Tall oppgitt i ha/år.

		Til				
		C	F	Gi	S	Wm
Fra	C			27 ± 27	36 ± 18	
	F	90 ± 90			99 ± 77	90 ± 90
	Gi	63 ± 63				
	Wu	27 ± 27	559 ± 216	135 ± 101	90 ± 90	90 ± 90

Tabell 2 og Tabell 3 er en oversikt over de nasjonale arealendringsratene. Arealframskriving beregnes per panel for mineraljord og organisk jord separat.

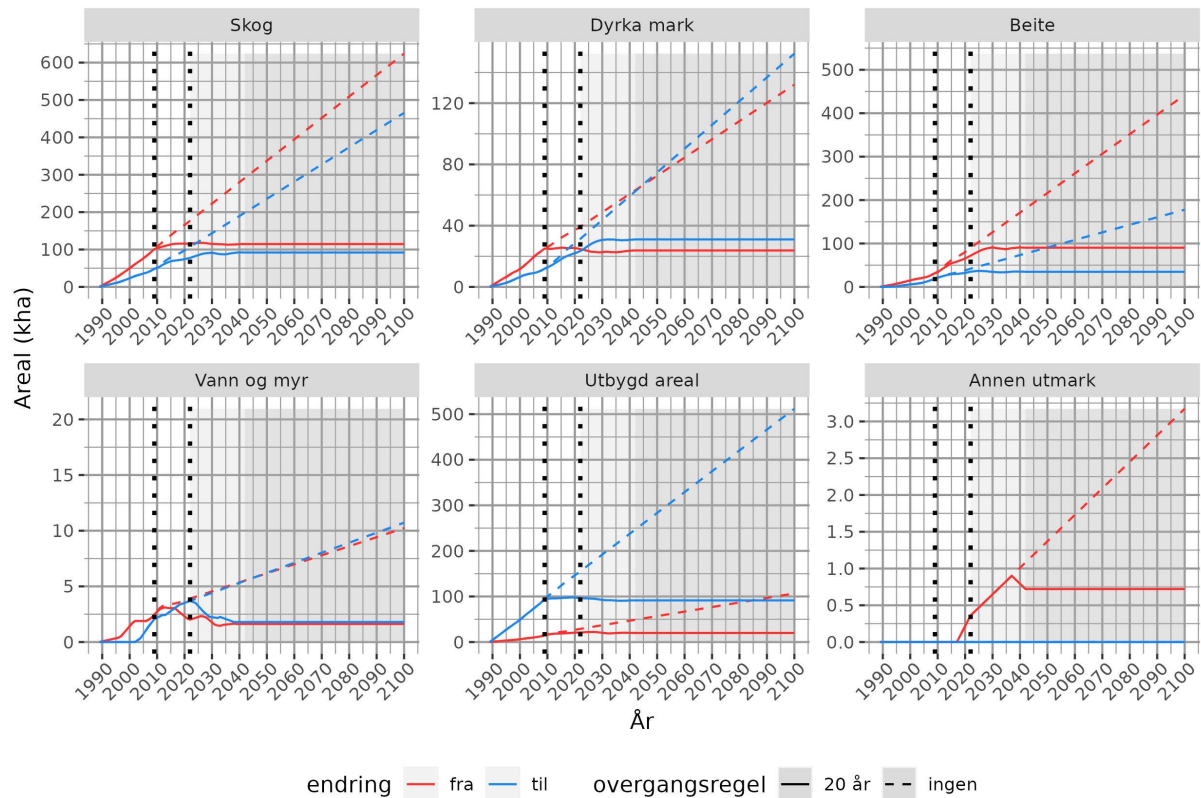
Alle endringsrater omgjøres til en andel relativt til totalarealet av arealbrukskategorien som arealendringen går fra. Totalarealet for arealbrukskategorien er arealet i det siste år registrert for panelet. For panel 1 for eksempel hentes totalarealet for arealbrukskategorien i 2018. Det er andelsraten som brukes i framskrivningen av arealene. Ved å bruke rater basert på andel hindrer man muligheten til å overtrekke arealer fra totalen av arealbrukskategorien (dvs. at en havner på negative arealer).

Under klimakonvensjonen brukes en 20-års regel for alle arealer i overgang. Arealer i overgang vil være i en overgangskategori i 20 år. Etter 20 år vil arealene i overgang bli en del av det gjenværende arealet. For eksempel vil skogarealer som bygges ned («FS») i 2010 gå inn i den gjenværende kategorien for utbygd areal («SS») i 2030. Det antas at arealbruksendringer kun går fra gjenværende kategorier.

EU sitt regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841) følger i utgangspunktet samme 20-års regel som gjelder under klimakonvensjonen.

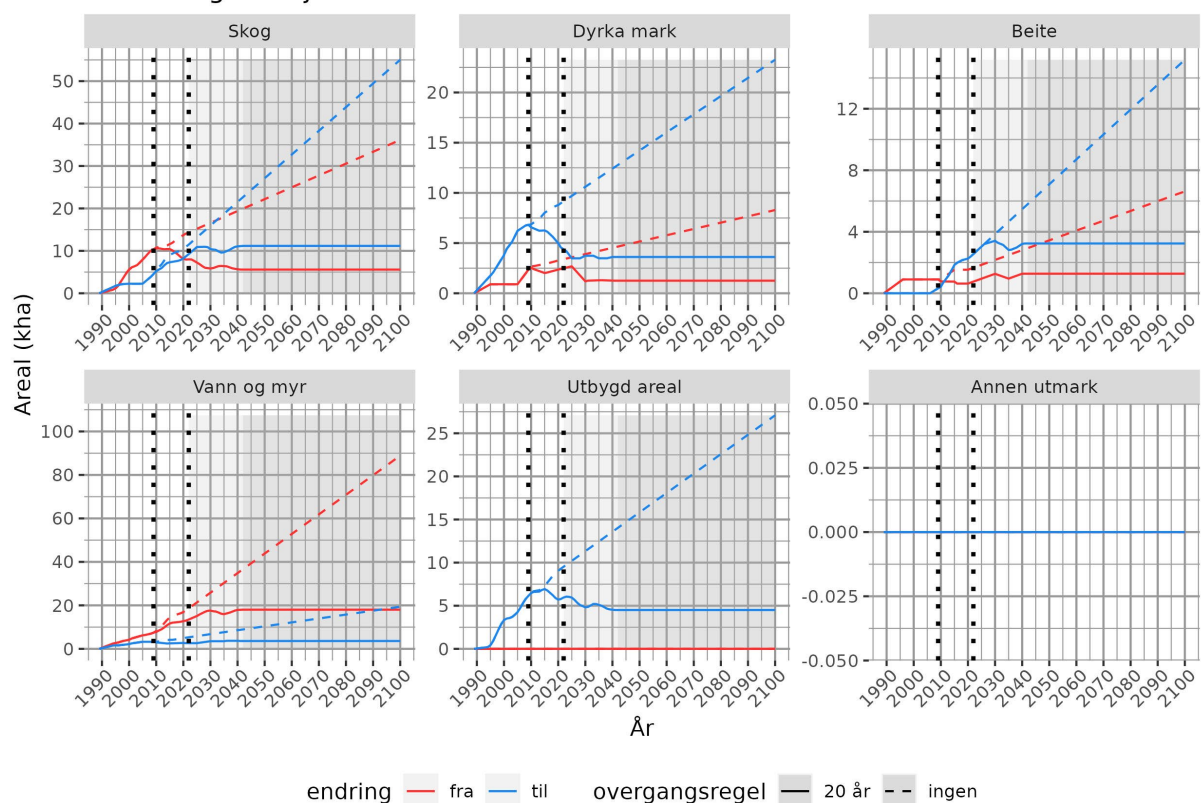
I Figur 2 og Figur 3 vises arealoverføringer fra og til de forskjellige arealbrukskategorier for mineraljord og organisk jord fra 1990–2100 etter 20-års regel (konvensjonen). Basert på endringsratene for hver arealoverføring, vil totale arealoverføringer fra og til en arealbrukskategori være ulik, noe som vil resultere i en jevn økning eller reduksjon av arealbrukskategorien (se gjenværende arealer i Figur 4 og Figur 5). Under konvensjonen vil arealendringen stabilisere seg etter år 2042; 20 år etter siste observerte arealbruksendring (2022). Figurene er illustrativt ment for å se arealutviklingen når arealendring starter i 1990. I klimagassregnskapet publisert i 2024 vil perioden 1990–2009 være korrigert for å ta hensyn til arealbruksendringer som skjedde i 1970–1989. Fordi tilbakeskrivningskorrigeringen er ekskludert i Figur 4 og Figur 5, vil man se en kunstig knekk i 2010, 20 år etter første arealbruksendring i 1990.

Endret mineraljord areal



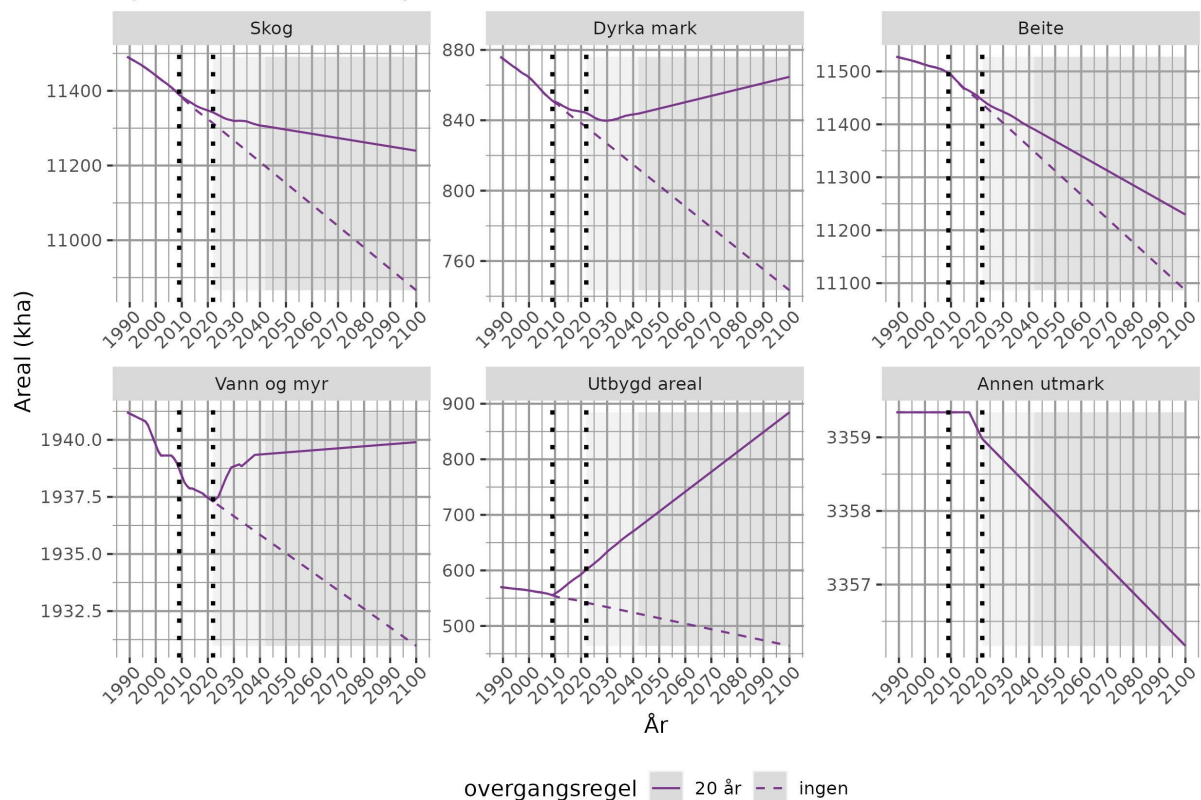
Figur 2. Endringer i arealer for overganger på mineraljord med og uten tilbakeføringsregler (20 år og ingen). For vann og myr tilsvarer mineraljord arealer med åpent vann. De svarte stiplede linjene i 2009 og 2022 markerer referanseperioden. Lysgrå bakgrunn markerer framtidige arealberegninger (etter 2022). Mørkgrå bakgrunn markerer 20 år etter sist observerte areal i overgang (etter 2042).

Endret organisk jord areal

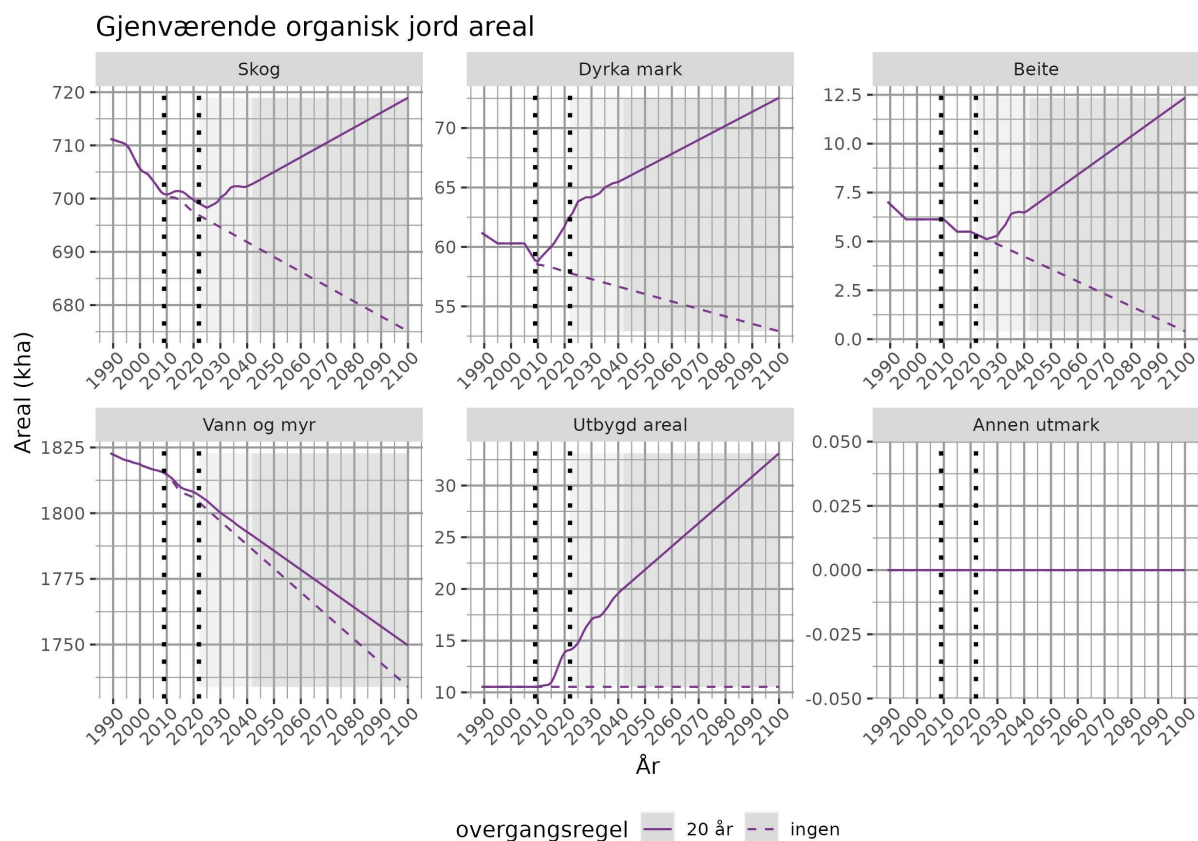


Figur 3. Endringer i arealer for overganger med organisk jord, uavhengig av dreneringsstatus. For utbygd areal, dyrka mark og beite forutsettes at alt er drenert. For arealer som går over til infrastruktur utbygd areal forutsettes at all organisk jord fjernes, og dermed et umiddelbart utslipp (eng. instant oxidation) av hele karbonbeholdningen. For skog og vann og myr vil det være en kombinasjon av drenert og urørt organisk jord (torvuttak inngår her, men er ikke en del av trendanalysen). Det er ikke organisk jord i annen utmark. De svarte stiplede linjene i 2009 og 2022 marker referanseperioden. Lysgrå bakgrunn markerer framtidige arealberegninger (etter 2022). Mørkgrå bakgrunn markerer årene etter sist observerte areal i overgang (etter 2042).

Gjenværende mineraljord areal



Figur 4. Utvikling i gjenværende areal med mineraljord (for kategorien vann og myr er arealene med vann klassifisert som mineraljord). De svarte stiplede linjene i 2009 og 2022 markerer referanseperioden. Lysgrå bakgrunn markerer framtidige arealberegninger (etter 2022). Mørkgrå bakgrunn markerer årene etter sist observerte areal i overgang (etter 2042).



Figur 5. Utvikling i gjenværende areal med organisk jord. For utbygd areal, dyrka mark og beite forutsettes at alt er drenert. For arealer som går over til infrastruktur utbygd areal forutsettes at all organisk jord fjernes, og dermed et umiddelbart utslipp (eng. instant oxidation) av hele karbonbeholdningen. For skog og vann og myr vil det være en kombinasjon av drenert og urørt organisk jord (torvuttak inngår her, men er ikke en del av trendanalysen). Det er ikke organisk jord i annen utmark. De svarte stiplede linjene i 2009 og 2022 marker referanseperioden. Lysgrå bakgrunn markerer framtidige arealberegninger (etter 2022). Mørkgrå bakgrunn markerer årene etter sist observert areal i overgang (etter 2042).

2.5 Framskrivning av utslipp/opptak (utenom gjenværende skog og treprodukter)

2.5.1 Karbonbeholdninger

Det rapporteres endringer i karbonlager for karbonbeholdninger i levende biomasse, strø og død ved (dødt organisk materiale, DOM), mineraljord og drenert organisk jord. Det er ulike metodikker for hvordan endringer i karbonbeholdningene beregnes for de ulike arealbrukskategoriene (se kildekapitler i NIR 2024 kapittel 6 for nærmere beskrivelse). I framskrivningene er det benyttet implisitte utslippsfaktorer (eng. implied emission factors, IEF³) hentet fra endelige tall brukt i rapporteringstabellene (eng. Common Reporting Format, CRF) for alle arealbrukskategorier foruten

³ Metodikkene brukt til å beregne de rapporterte utslippene/opptakene i klimagassregnskapet varierer for de forskjellige arealbrukskategoriene og kildene. En implisitt utslippsfaktor (eng. implied emission factor, IEF) er en utslippsfaktor som er beregnet ved å ta rapportert utslipp/opptak for en kilde delt på arealet for en gitt arealbrukskategori (i overgang eller i gjenværende status) for ett gitt år. Dermed er det et nasjonalt gjennomsnitt av netto utslipp/opptak per arealenhet, som da fanger alle de forskjellige sted og tids -spesifikke utslippene/opptakene. De implisitte utslippsfaktorene brukt her er ikke direkte hentet ut fra rapporteringstabellene, men fra tabeller med endelige rapporteringstall, som brukes for å fylle inn rapporteringstabellene. Disse tabellene er noe mer disaggregert enn rapporteringstabellen, noe som gjør at man kan skille implisitte utslippsfaktorer mellom f.eks. levende biomasse på trær og gress.

levende biomasse, død ved, strø, og mineraljord for gjenværende skog under klimakonvensjonen (eksisterende forvaltet skog under EUs bokføringskategorier), og levende biomasse for trær for arealer i overgang til skog under klimakonvensjonen (påskoging under EUs bokføringskategorier). De implisitte utslippsfaktorene brukt er et gjennomsnitt av de implisitte utslippsfaktorene i referanseperioden 2009–2022.

For torvuttak ble det ikke brukt implisitte utslippsfaktorer, men et gjennomsnitt av utslippene for perioden 2011–2022. Arealet på 2 000 ha er uendret i den historiske perioden i det nasjonale klimagassregnskapet, og er forutsatt stabilt også i framskrivningen. Det beregnes utslipp fra volum torv høstet (CO₂), samt utslipp fra de drenerte arealene (CO₂, N₂O og CH₄). Det er en annen referanseperiode enn de andre karbonbeholdningene da aktivitetsdata fra torvuttak ikke er fra Landsskogtakseringen, som går på 5 års syklus (se kapittel 2.4), men fra spørreundersøkelser (volum) og fjernmåling (areal).

2.5.2 Levende biomasse for påskogingsarealer

For å estimere netto opptak fra levende biomasse fra framskrevet påskogingsareal, så er det estimert utslippsfaktorer for 5-årsklasser etter overgang. For overganger fra forvaltede arealer (innmarksbeite, dyrka mark eller bebyggd areal) er utslippsfaktorene basert på:

Tall fra historiske overganger for de første 20 år. De fem siste årene fra Landsskogtakseringen (2018–2022) ble brukt, men med sporing av alle flater som har endret seg siden 1994 (de første omdisponeringer ble observert fra 1994).

Etter overgangsperioden på 20 år går arealene over til gjenværende skog, og er inkludert i simuleringene utført med SiTree (se kap. 2.6.1).

For overganger fra myr- og åpent og glissent tresatte utmarksarealer, som i stor grad er uproduktiv skog, ble det brukt en fast utslippsfaktor for alle 5-årsklasser under antagelsen om at tilveksten ikke endrer seg og at det ikke skjer hogst. Tall fra historiske overganger for de første 20 år ble brukt for å beregne en gjennomsnittlig karbonendringsrate per arealenhet (det vil si en utslippsfaktor).

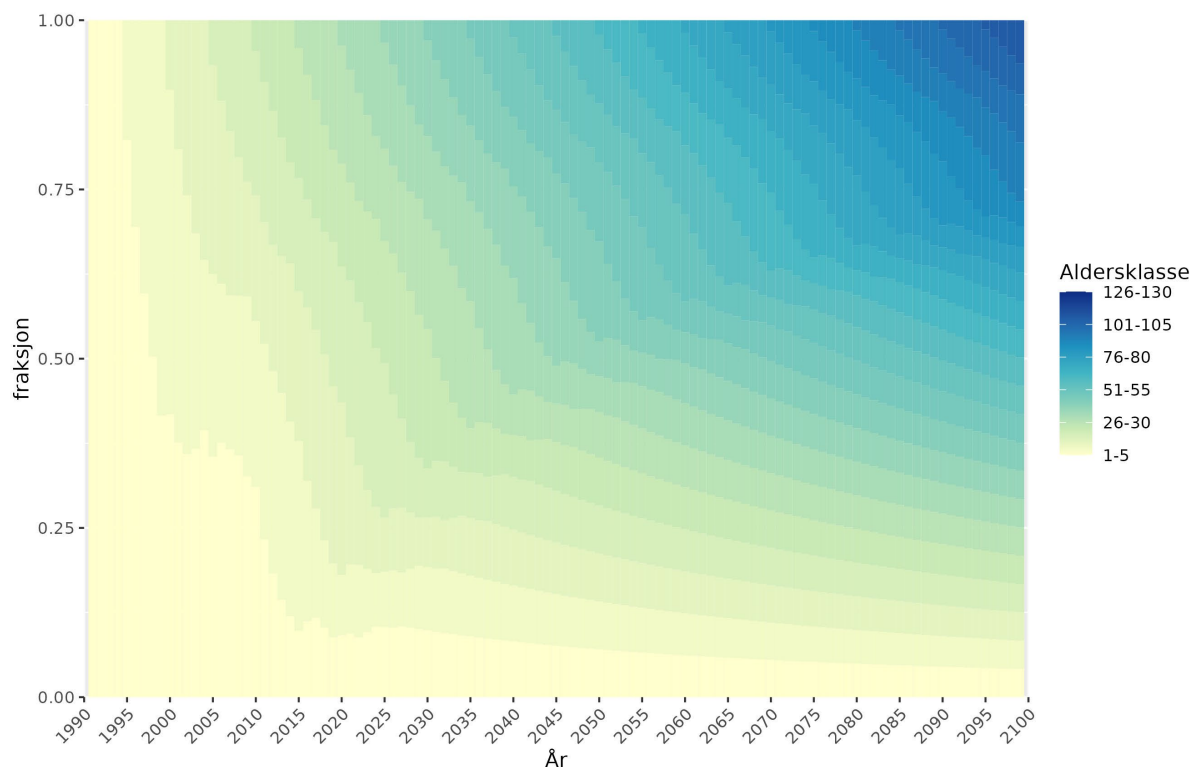
Utslippsfaktorer for levende biomasse for ulike arealbruksoverganger vises i Tabell 4.

Tabell 4. Utslippsfaktorer for endring i levende biomasse for ulike arealbruksoverganger for de ulike alderstrinnene i t C/ha. Alder er år siden overgang («bestandsalder»)⁴.

Alder min	Alder maks	Fra myr og åpen og glissent tresatt utmark mineraljord	Fra dyrka mark, innmarksbeite og utbygd areal
1	5	0,53	0,00
6	10	0,53	0,59
11	15	0,53	1,05
16	20	0,53	1,73
21	25	0,53	1,48
26	30	0,53	2,29
31	35	0,53	2,34
36	40	0,53	2,09
41	45	0,53	2,38
46	50	0,53	1,83
51	55	0,53	1,70
56	60	0,53	1,30
61	65	0,53	1,38
66	70	0,53	1,03
71	75	0,53	0,57
76	80	0,53	0,86
81	85	0,53	0,38
86	90	0,53	0,37
91	95	0,53	0,40
96	100	0,53	0,33
101	105	0,53	0,10
106	110	0,53	0,53
111	115	0,53	0,31

Utslippsfaktorene for levende biomasse er forskjellige for bestand med forskjellig alder. Det er derfor beregnet aldersfordeling for de aggregerte arealene. Påskogingsarealene inkluderer areal påskoget fra og med 1990. Ved å holde oversikt over hvor mye areal som overføres for hvert år og hvor lenge siden arealet ble endret, kan vi benytte riktig utslippsfaktor for bestandet. Bestandsalder settes lik år siden overgang. På denne måten kan utslippet/opptaket fra levende biomasse for arealene vektet etter aldersfordelingen (se Figur 6).

⁴ I tabellen er utslippsfaktorer for alder over 20 år fra Landsskogtakseringen, og ikke fra SiTree simulering. Til tross for at de er beregnet, så er ikke utslippsfaktorene etter 20 år brukt i framskrivning, siden levende biomasse estimerer for gjenværende skog kommer fra SiTree. For estimatene i tabellen etter 20 år er de samme fem siste årene fra Landsskogtakseringen benyttet som grunnlag. Netto CO₂ opptak i levende biomasse for hver flate ble brukt til et nasjonal vektet gjennomsnitt. Det har blitt lagt til grunn at bestandsalder i eksisterende skog på påskogingsarealene tilsvarer antall år siden arealbruksendring. Siden bonitetsfordelingen for påskogingsareal er annerledes enn bonitetsfordelingen for gjenværende skog generelt, ble kun bonitetene observert benyttet for påskogingsarealene. Metodutvikling er nødvendig for å speile endringen i bonitetsfordeling som skjer i skogen som helhet som følge av påskoging og avskoging.



Figur 6. Eksempel på aldersfordelingen av påskogingsarealet under overgangen dyrka mark til skog uten overgang til gjenværende areal (det vil si at arealet beholdes i aktiviteten påskoging i denne eksemplet).

Under klimakonvensjonen (UNFCCC) vil arealer være i overgang i 20 år, før de flyttes til gjenværende skog. Påskogingsflater vil derfor aldri være eldre enn 20 år under konvensjonen. Derfor kan vi se bort fra alle overganger mer enn 20 år gamle. Arealer over 20 år faller under gjenværende skog og levende biomasse framskrives ved hjelp av skogsimulatoren SiTree (se kapittel 2.6.1).

2.5.3 Utslipp av lystgass og metan for andre kilder

Det er ulike kilder til utslipp av lystgass (N_2O) og metan (CH_4). I likhet med for karbonbeholdningene, brukes implisitte utslippsfaktorer for lystgass- og metan fra drenert organisk jord siden estimerer for utslipp også er basert på arealendringer. Det er spesielt for skog, hvor det er tatt hensyn til at ikke all organisk jord er grøftet. Det er kun utslipp fra grøftede arealer som brukes i beregning av utslipp fra drenert, organisk jord i skog. I denne framskrivningen er det kun arealoverganger fra dyrka mark, innmarksbeite, utbygd areal, og forvaltet myr til skog som fører til økende utslipp fra drenert organisk jord i skog. Når disse arealovergangene til skog kommer inn i den gjenværende skogkategorien, vil utslippene legges til de siste rapporterte utslippene i 2022 for gjenværende skog.

N_2O -utslipp fra N-mineralisering er basert på det beregnede tapet av karbon fra mineraljord (der det er tap). Basert på arealbruksendringer og beregnet netto tapt karbon fra mineralisering, kan N-mineralisering beregnes. I NIR 2024 blir N_2O utslippet beregnet med forskjellige utslippsfaktorer basert på forskjellige klimasoner etter IPCC sine oppdatert metodikk, «2019 Refinements to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» (se beregningsmetodikk i NIR 2024, kapittel 6.13). I denne framskrivningen kan vi ikke skille på forskjellige klimasoner, så derfor beregnes det en gjennomsnittlig implisitt utslippsfaktor for referanseperioden (2009-2022). Den implisitte utslippsfaktoren er forholdet mellom N_2O fra N-mineralisering og tapt karbon i mineraljord. Denne faktoren kan så multipliseres med tapt karbon i mineraljord i framskrivningsperioden for å gi N_2O -estimer.

Utslipp av N_2O og CH_4 knyttet til skogbrann knyttes ikke til arealestimatene. Her brukes gjennomsnittsutslipp fra referanseperioden 2009–2022, i framskrivningen. For N_2O knyttet til uorganisk N-gjødsling i skog, brukes gjennomsnittsutslipp fra referanseperioden 2018–2022 (se kapitlet 2.6.11 om [Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak](#)). N_2O knyttet til organisk N-gjødsling på grøntområder i utbygd areal er satt til å være korrelert med totalarealet for kategorien utbygd areal basert på data fra 1990 til 2022 ($R^2 = 0,5556$; $p < 0,000001$). Vi lager derfor en utslippsfaktor for referanseperioden 2009–2022 basert på N_2O -utslippet og utbygd areal i den perioden. Vi bruker så det framskrevne arealet med utbygd areal, og ganger med utslippsfaktoren, for å beregne N_2O -utslipp fra organisk N-gjødsling.

I NIR 2024 beregnes indirekte N_2O -utslipp fra avrenning direkte fra estimatene for N-gjødsling (uorganisk-N i skog og organisk-N i grønn utbygdareal) og N-mineralisering. For indirekte N_2O -utslipp fra atmosfærisk deposisjon beregnes utslippet kun fra estimatene for N-gjødsling (se beregningsmetodikk i NIR 2024, kapittel 6.14). I framskrivning brukes multivariat linear regresjon for å beregne indirekte N_2O -utslipp pga. manglende informasjon ang. klimasoner arealfordelingen for skog og utbygdareal i framskrivningen. Avrenning er satt opp som funksjonen av N_2O utslipp fra uorganisk N-gjødsel, organisk N-gjødsel, og N-mineralisering ($R^2 = 0,9999$; $p < 0,000001$). Atmosfærisk deposisjon er satt opp som funksjonen av N_2O utslipp fra uorganisk N-gjødsel og organisk N-gjødsel ($R^2 = 0,9999$; $p < 0,000001$).

Som i klimagassregnskapet er det benyttet en GWP100-faktor på 28 for metan, og 265 for lystgass for å regne om utslippsmassen av disse gassene til CO_2 -ekvivalenter. Disse tallene er basert på den femte hovedrapporten fra IPCC og er i tråd med rapportering under Paris avtalen.

2.6 Framskrivninger av utviklingen i gjenværende skog

Framskrivninger av levende biomasse for gjenværende skog (*eng.* forest remaining forest) under klimakonvensjonen er utført med skogsimulatoren SiTree (Antón-Fernández og Astrup 2022) basert på data fra Landsskogtakseringen fra perioden 2018–2022, satt opp som i klimagassregnskapet. Det vil si at det er situasjonen på flatene slik den er registrert i felt i denne perioden (1/5 av flatene registreres hvert år) som danner utgangspunkt for simuleringene. De beregnede tallene er benyttet også for arealet under forvaltet skog (*eng.* Managed Forests) i EU sitt regelverk under LULUCF-forordningen (2018/841). Karbonendringsestimatene for levende biomasse, basert på SiTree framskrivningene, blir så brukt videre med Yasso07 modellen (kapittel 2.6.2) til estimater for karbonendring for død ved, strø, og mineraljord. Alle disse karbonbeholdningene blir arealjustert for utviklingen i det gjenværende skogsarealet (se kapittel 2.4).

2.6.1 Om simuleringsverktøyet SiTree

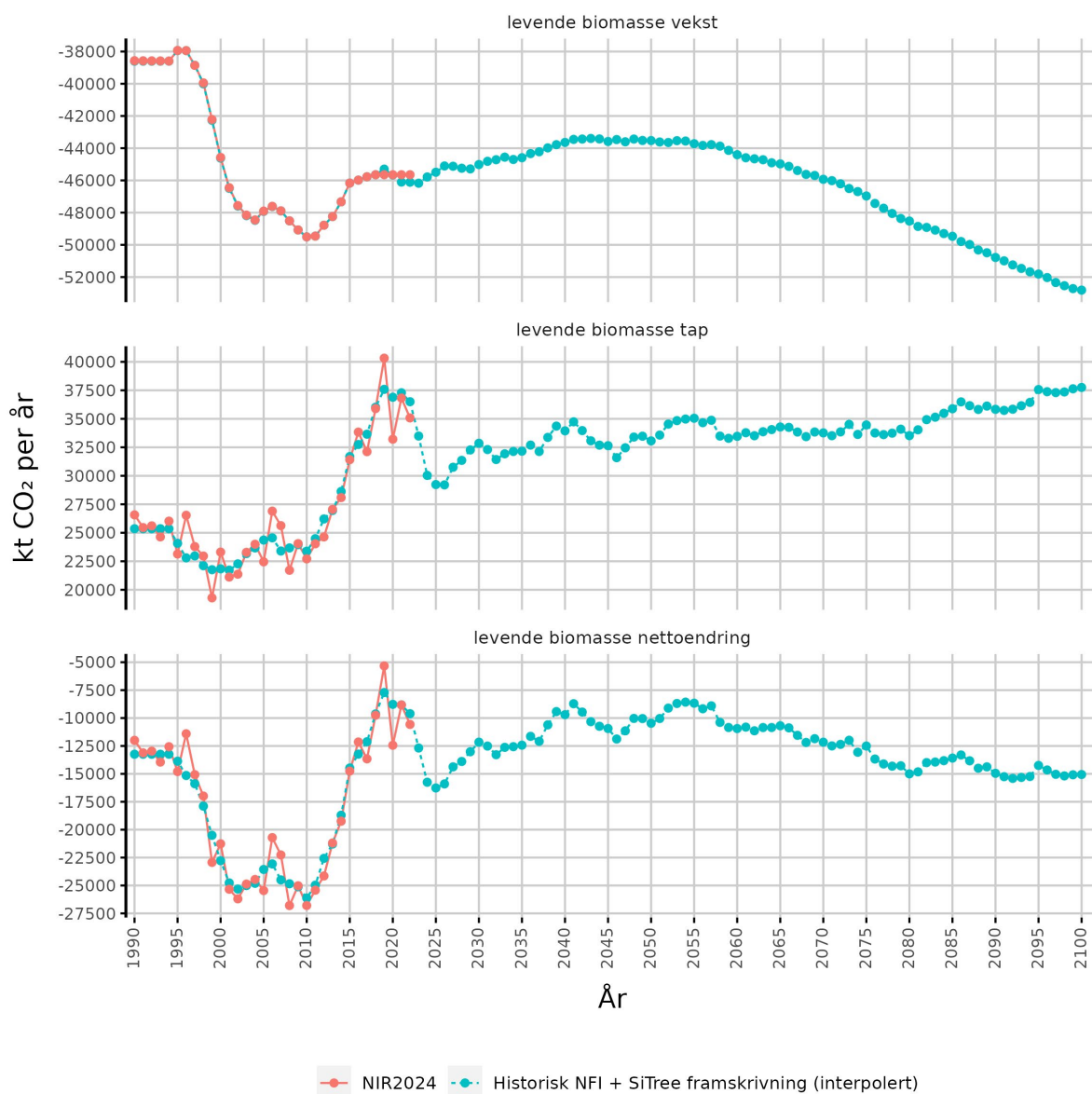
SiTree er en fleksibel enkelttre-åpen-kilde-simulator med kode skrevet i R (Antón-Fernández og Astrup 2022). SiTree er velegnet til å simulere utviklingen av Landsskogflater med utgangspunkt i framskrivninger på enkelttrenivå, og med mulighet for å inkludere effekten av ulik skogbehandling og endrede vekstforhold (for eksempel effekten av et endret klima). SiTree er koblet til jordmodellen Yasso07 i beregningene, slik at endringer i jordkarbon inkluderes. SiTree fungerer slik at den legger eksisterende, målte trær på Landsskogtakseringens prøveflater til grunn (i dette tilfellet trær målt i perioden 2018–2022), og modellerer bestandets videre utvikling med naturlig mortalitet og etablering av nye trær. Tilveksten modelleres på enkelttrenivå for de til enhver tid eksisterende trær på flata. Videre er det rutiner i SiTree for å fjerne trær etter spesifiserte regler, som følge av ulike typer hogst (sluttavvirking, tynning og annen hogst).

Vi brukte tilskrivningsbasemetoder (*eng.* imputation) for å estimere tilveksten (trenivå), mortalitet (trenivå) og innvoksing (flatenivå). Nærmeste-nabo-tilskrivningsbasealgoritmer (1–NN) er metoder for å estimere en eller flere variabler, enten for hvert tre eller hver flate, ved å bruke verdier hentet fra

relaterte tilfeller i referansedatabasen. Tilskrivningsbase er basert på en referansedatabase med historiske data fra Landsskogtakseringen (i denne studien er referanseperioden 2009–2022). Denne databasen består av et sett med variabler som beskriver utgangssituasjonen i bestandet, og innvoksing etter fem år av nye trær på flata. For å finne nærmeste nabo for hvert tre (tre av interesse) i hver femårsperiode har vi beregnet avstanden mellom treet av interesse og trær i referansedatabasen for samme treslagsgruppe (gran, furu og lauv). For tilvekst og mortalitet ble avstanden beregnet basert på følgende variabler: bonitet, initialdiameter i brysthøyde, breddegrad, grunnflate av større trær og bestandets grunnflatesum. Når det nærmeste nabotreet ble funnet, ble dets vekst (tilvekst av grunnflate og volumtilvekst) og status (levende/dødt/høstet) tilskrevet treet av interesse. For å beregne innvoksing på flatenivå ble avstanden beregnet basert på bonitet, breddegrad, bestandets grunnflatesum, antall trær per dekar, andel gran og andel lauv, og når nærmeste nabo-flaten var identifisert ble innvoksing av nye trær tilskrevet til den flata vi var interessert i.

SiTree starter sine simuleringer av veksten til det enkelte tre ved en diameter i brysthøyde (dbh) på 5 cm (det vil si at for eksempel ved foryngelse starter simuleringene når det er etablert foryngelse som er 5 cm dbh og større, eller ved innvoksing av nye trær i bestandet så er disse 5 cm dbh eller større når de inkluderes i simuleringene). For å kunne simulere utviklingen etter hogst av eksisterende skog angis en ventetid mellom hogst og etablering av det nye bestandet, avhengig av foryngelsesmetode (planting og eventuell naturlig foryngelse), bonitet og treslag. Videre må det etableres en fordeling (gjennomsnitt og standardavvik) med hensyn på treantall i den etablerte foryngelsen, samt tid til trærne når en brysthøydiameter på 5 cm.

Hundre simuleringer ble utført for å jevne ut effekten av stokastiske prosesser som ble bygget inn i simuleringene. Resultatene vises som gjennomsnittet av de hundre simuleringene.



Figur 7 Sammenligning av beregninger fra klimagassregnskapet publisert i 2024 (NIR 2024) for levende biomasse (rød kurve), med simuleringen fra SiTree (starter med historiske tall fra Landsskogtakseringen, blå kurve). NIR 2024 estimerer fra den historiske perioden (1990–2022) skiller seg metodisk fra framskrivningsmetodikken i at historisk tap av levende biomasse, registrert gjennom Landsskog, blir årsjustert basert på hogstdata fra SSB, Landsskogtakseringens registrering av hogstår og Global Forest Change (NIR 2024). Videre så vil de siste 4 årene i de historiske dataene fra NIR 2024 være påvirket av ekstrapolering. I framskrivningen blir levende biomasse estimerer basert på Landsskogtakseringen og resultater fra SiTree interpolert, slik at ekstrapolering ikke er benyttet her. Derimot er Global Forest Change benyttet for å avgjøre hvilke flater som avvirkes i første simuleringsperiode i SiTree.

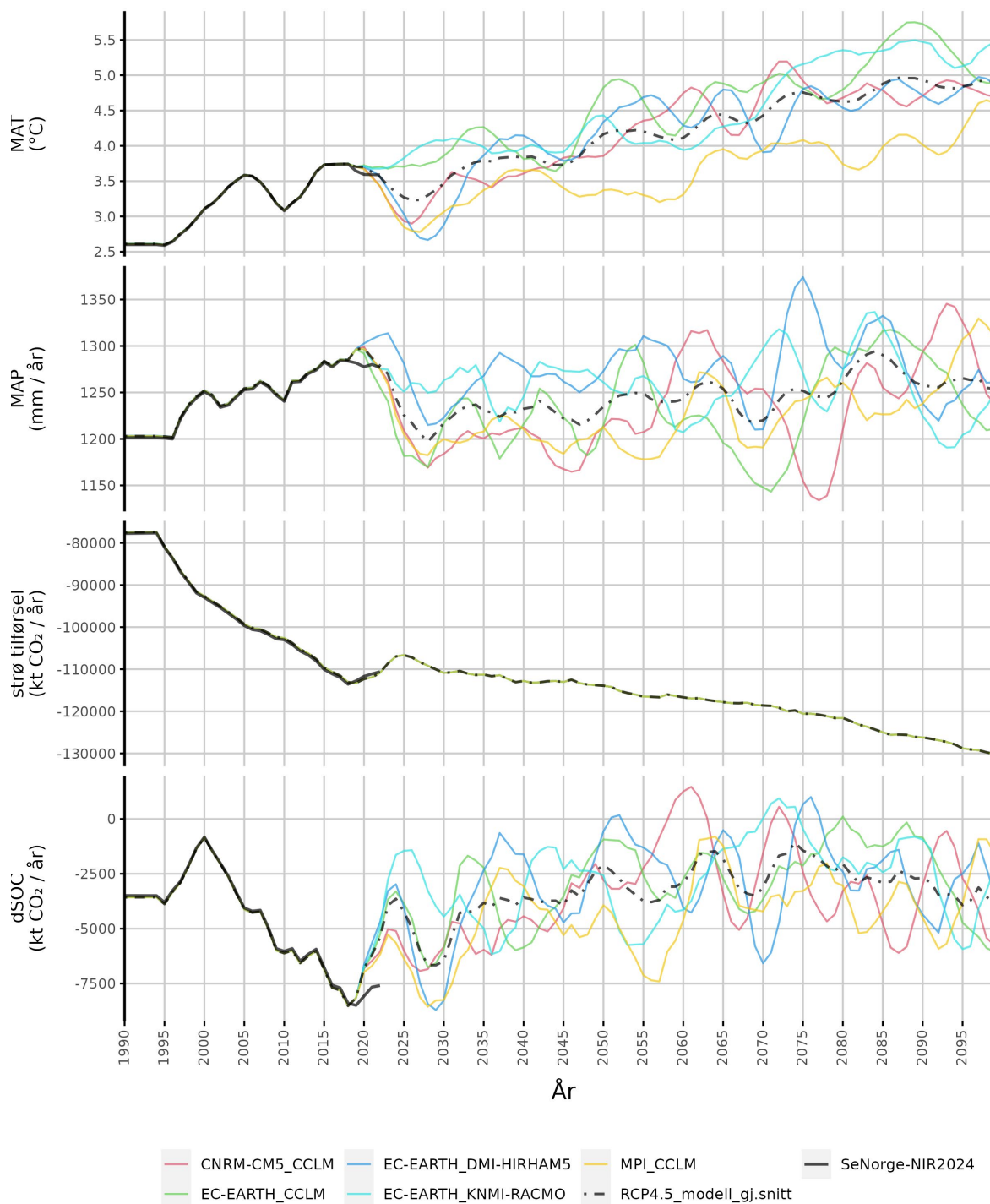
2.6.2 Jordkarbonmodellen - Yasso07

For skog beregnes endring i karbonlageret i død ved, strø, og mineraljord samlet med modellen Yasso07. Når vi i rapporten omtaler jordkarbon generelt, i forbindelse med gjenværende skog, så inkluderer det alle disse tre karbonbeholdningene. Statisk fordeling av de tre karbonbeholdninger er lik som i den nasjonalklimagassrapport (Miljødirektoratet mfl. 2024); mineraljord 1,9%, strø 81,6%, og død ved 16,5%.

Endringer i karbonlager i jord oppstår ved at det ikke er balanse mellom nedbrytning av organisk materiale og tilførsel av organisk materiale. Tilførsel av organisk materiale beregnes basert på data (biomasse, alder, bonitet, og treslag) fra Landsskogtakseringen. Yasso07 beregner nedbrytningen av

organisk materialet, og estimerer balansen mellom disse to fluksene (tilførsel og nedbrytning), som er det som gir karbonendringer. Det gjør den basert på matematiske funksjoner kalibrert på et stort, globalt datamateriale. Nedbrytningen er avhengig av klimatiske variabler som årlig gjennomsnittstemperatur (MAT), differansen mellom maks årlig månedlig gjennomsnittstemperatur og minimum årlig månedlig gjennomsnittstemperatur delt på 2 (ATamp), og årlig nedbør (MAP), strøvariabler som kjemisk sammensetning, og dimensjonsstørrelse.

Beregningene gjøres på hver enkelt Landsskogflate i skog, basert på klimadata for den enkelte flate (viktig for nedbrytningshastighet) og tilførsel av organisk materiale estimert, basert på biomassen (tremålingene) på flaten (detaljert beskrivelse finnes i Miljødirektoratet mfl. 2024). I framskrivningen kommer biomasseestimatene fra SiTree simuleringen. Det er kjørt framskrivninger med gjennomsnitt av fem RCP 4.5 klimamodeller (Figur 8).



Figur 8. MAT, MAP er klimatiske variabler brukt i Yasso07 modellen (se kapittel 2.6.2). Endring i summen av netto CO₂ opptak fra død ved-, strø-, og jordkarbon på mineraljordsflater i gjenværende skog («dSOC» presentert i kt CO₂ per år) modellert med Yasso07 modellen: Yasso07 modellen bruker strøtilførsel-estimer («strø tilførsel» presentert i kt CO₂ per år) basert på historisk og framskrevet (SiTree) levende biomasse estimer i kombinasjon med klimadata, hentet fra SeNorge 2018 (historisk data 1957–2023) og RCP-4.5-scenariomodeller (2024–2100). De fargede linjene viser resultatet når Yasso07 er kjørt med hver av klimamodellene. Den stiplede linjen er gjennomsnittet av alle RCP4.5 klimamodeller kjørt med Yasso07 («RCP4.5_modell_gj.snitt»), og er det som er benyttet i framskrivningene. Den svarte linjen («SeNorge-NIR2024») er det historiske datasettet brukt til rapportering av død ved-, strø-, og jordkarbon på mineraljordsflater i gjenværende skog i NIR2024).

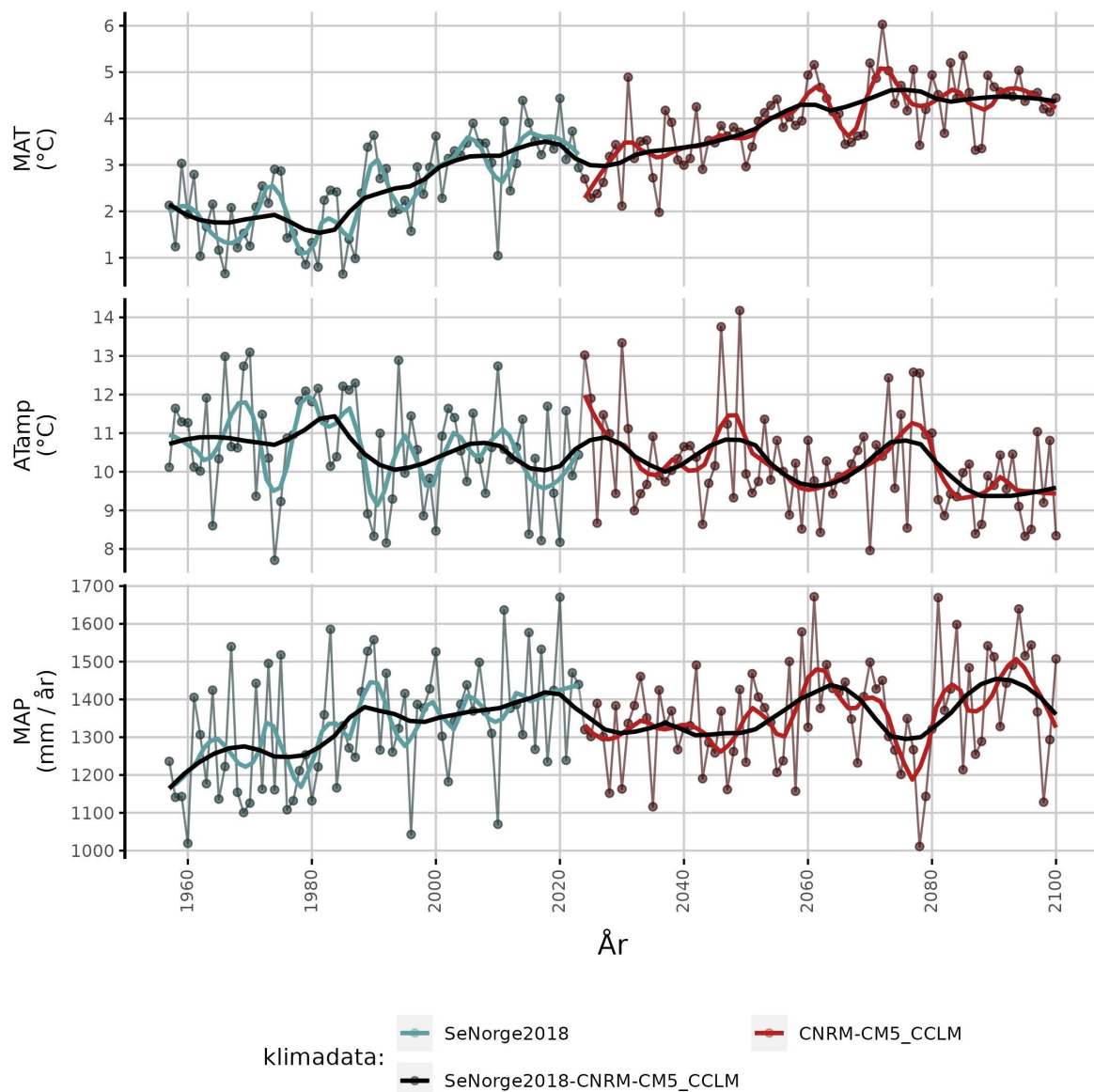
2.6.3 Klimaendringer – RCP 4.5 scenario

Vi har lagt til grunn framtidige klimaendringer tilsvarende RCP 4.5 i framskrivningene både med SiTree og Yasso07. Jamfør «Klima i Norge 2100» (Norsk klimaservicesenter 2015) krever dette scenariet en kraftig reduksjon i klimagassutslipp (kan øke de første årene, men må avta fra 2040). De betegner det som et scenarium som «kan nås i en energieffektiv verden med ambisiøs klimapolitikk i de fleste land». RCP 4.5 tilsvarende en temperaturøkning på rundt 2,5 °C på global skala mot slutten av århundret, relativt til perioden 1850–1900. Framtidige effekter av klimaendringer er inkludert i beregningene i SiTree som en bonitetsendring estimert på grunnlag av Antón-Fernández mfl. (2016). Modellen viser i prinsippet at varmere og fuktigere klima fører til økende bonitet og dermed mer tilvekst. Derimot vil økt risiko for skade relatert til ekstremvær ikke fanges. Vi bruker klimadata fra fem klimamodeller (se Tabell 5) fra Meteorologisk institutt for hver Landsskogflate som er inkludert i datasettet (NVE, 2016). Klimamodellene er en kombinasjon av globale klimamodeller (GCM) og regionale klimamodeller (RCM) produsert av EURO-CORDEX prosjektet (www.euro-cordex.net), og nedskalert av Meteorologisk institutt til 1 x 1 km gridceller og bias-korrigert mot observasjonsdatasettet SeNorge versjon 1.1. Klimavariablene som brukes i SiTree er et 30-års gjennomsnitt for temperaturer for april–mai–juni, samt differansen mellom 30-års gjennomsnittsnedbør i juni og gjennomsnittlig evapotranspirasjon i juni, og er innarbeidet basert på Antón-Fernández mfl. (2016). I SiTree brukes et gjennomsnitt av alle modellene til simuleringen.

Tabell 5. Oversikt over EURO-CORDEX GCM/RCM modellene brukt (NVE 2016).

Global klimamodell (GCM)	Regional klimamodell (RCM)	RCP4.5 Tidsperiode	Institusjon
CNRM-CERFACS-CM5	CCLM4-8-17	2024–2100	Climate Limited-area Modelling Community
ICHEC-ECEARTH	CCLM4-8-17	2024–2100	Climate Limited-area Modelling Community
ICHEC-ECEARTH	HIRHAM5	2024–2100	Danish Meteorological Institute
ICHEC-ECEARTH	RACMO22E	2024–2100	Royal Netherlands Meteorological Institute
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	2024–2100	Climate Limited-area Modelling Community

I Yasso-kjøringene brukes en kombinasjon av observasjonsdata og klimamodellene. Observasjonsdata, SeNorge2018, kommer fra Meteorologisk institutt (Lussana mfl. 2019), og i likhet med klimamodellene brukes datasettene for hver Landsskogflate. Datasettene må retrendes til SeNorge2018 datasettene (ver23.09), da de er opprinnelig tilpasset SeNorge vers. 1. Retrending er en justering som gjøres for å få klimamodelldatasettene i perioden 1971–2000 (den historiske perioden), til å stemme overens med observasjonsdatasettene i samme periode. Tidsperioden for observasjonsdataene er fra 1957 til 2023. For RCP4.5 scenariet brukes 2024–2100 fra hver av klimamodellene. Datasettene kombineres for å lage et stort datasett med tidsserier fra 1957–2100 for hver klimamodell. I Figur 9 ser vi eksempel på klimavariablene brukt med Yasso07 modellen for resultatene presentert for gjenværende skog (forvaltet skog under EUs LULUCF forordning).



Figur 9. Grafen illustrerer hvordan sammenslåing av de klimatiskevariablene (MAT, ATamp, og MAP) for observasjonsdatasetet SeNorge2018 og en tilfeldig RCP 4.5 klimamodell (modell CNRM-CM5_CCLM i denne eksemplet) vil se ut aggregert på nasjonal nivå.

2.6.4 Hogst

Både i framskrivningen (under konvensjonsregelverket) og i den framoverskuende referansebanen beskrevet i Norges bokføringsplan (Klima- og miljødepartementet 2020), er hogst klassifisert inn i tre former: sluttavvirkning (flatehogst, frøtrestilling, skjermstilling, mv.), tynning (fritynning og høytynning) og annen hogst (for eksempel ikke strukturert hogst som vedhogst, fjerning av vindfall, og ungskogpleie). Annen hogst, som ikke følger et gjenkjennbart mønster, er implementert gjennom et tilskrivningsbasert utvalg fra databasen på samme måte som tilvekst og naturlig mortalitet (avgang er basert på tilskrivning av verdi, basert på nærmeste nabo) (se kapittel 2.6.1).

Hogstintensiteten i framskrivningene er definert etter stratum og hogstmodenhet basert på en referanseperiode (2009–2022). Stratum og hogstmodenhet er definert på samme måte som i den framoverskuende referansebanen. Det innebærer at skogarealet er inndelt i syv strata basert på bestandstreslag, bonitet og driftskostnader ved hogst. Alder for hogstmodenhet som vist i Tabell 6 (gjengitt fra bokføringsplanen).

Hogstintensitet er definert for hvert stratum og hogstmodenhet (Tabell 6) som forholdet mellom arealet avvirket og totalarealet i hver gruppe (stratum og hogstmodenhet). I framskrivningen (under konvensjonsregelverket) er referanseperioden som er benyttet (2009–2022) annerledes enn den som ble benyttet i den framoverskuende referansebanen (2000–2009). Tilsvarende som i den framoverskuende referansebanen bruker vi sannsynlighet for hogst (Antón-Fernández og Astrup 2012) for å velge prøveflater som vil bli avvirket, men det er implementert stokastisk (ved tilfeldig utvalg). Det vil si at hver flate er tildelt en sannsynlighet for hogst basert på metodikken beskrevet i Antón-Fernández og Astrup (2012), og et tilfeldig unikt nummer. Flatene blir rangert i henhold til forskjellen mellom sannsynligheten for hogst og det tilfeldige genererte nummeret (flater med stor differanse avvirket først).

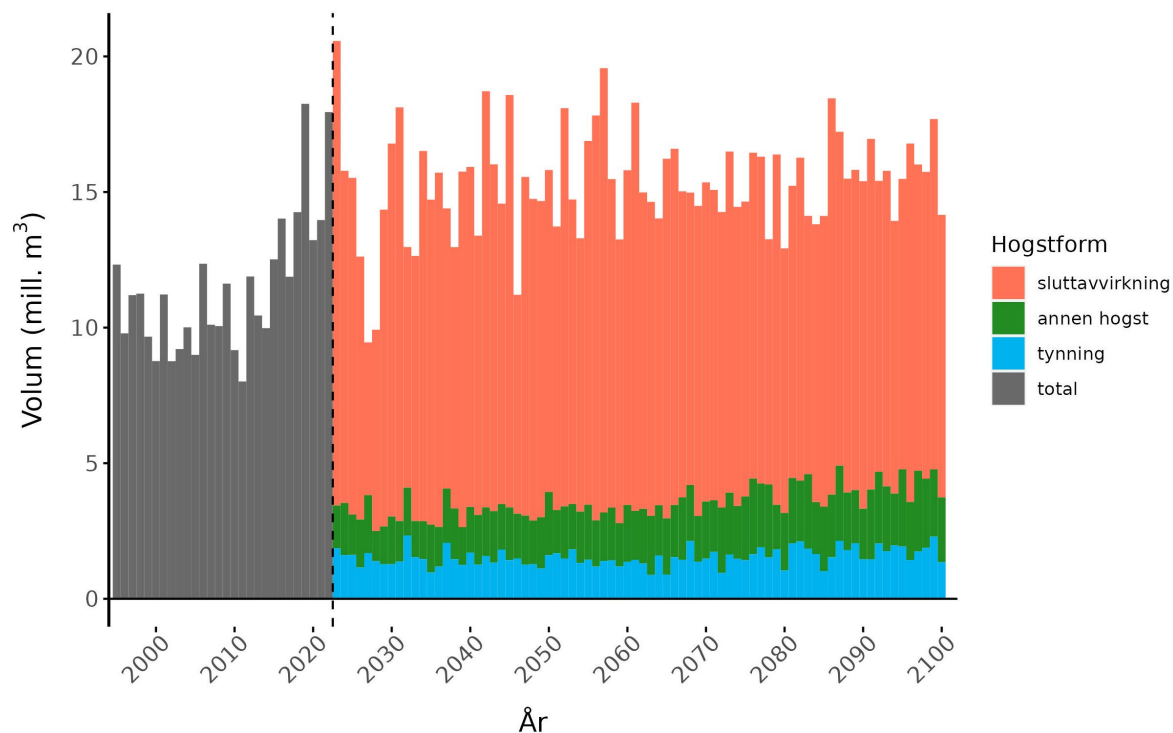
Tabell 6. Nedre aldersgrense for å definere en bestand som hogstmodent. Gjengitt fra tabell 7 i Norges bokføringsplan (Klima- og miljødepartementet 2020).

Bonitet	Bartrær	Lauvtrær
6	100	60
8	90	50
11	80	50
14	70	50
17	60	40
20	50	30
23	40	20
>23	40	20

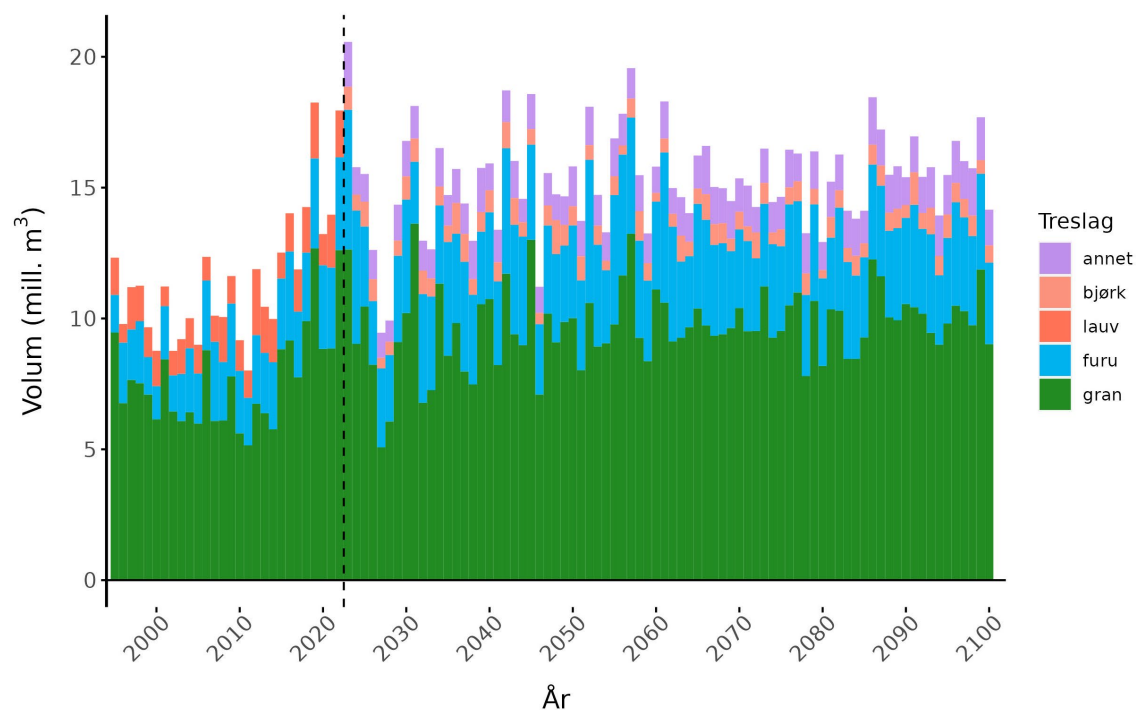
Intensiteten av tynning og sluttavvirkning i hvert stratum i både ung skog og hogstmoden skog ble estimert basert på observert hogstintensitet i referanseperioden (2009–2022). Intensiteten varierer en god del mellom strata, men følger logiske trender (høyere for intensiv gran og furu, enn for forvaltet og uproduktiv skog). Intensiteten for ulike strata er gjengitt i Tabell 7, og denne tabellen korresponderer med tabell 8 i bokføringsplanen (Klima- og miljødepartementet 2020).

Tabell 7. Hogstintensitet i ulike stratum (% av arealet forvaltet i løpet av hver 5-års periode i referanseperioden 2009–2022). Denne tabellen korresponderer til tabell 8 i bokføringsplanen (Klima- og miljødepartementet 2020), men tallene er noe ulike da det ligger en annen referanseperiode til grunn her (2009–2022) enn i bokføringsplanen (2000–2009).

Stratifisering av skogarealet			Tynning		Sluttavvirkning	
Treslag		Bonitet	Ung skog	Hogstmoden skog	Ung skog	Hogstmoden skog
Ikke vern	Gran	>=17	3,37	1,63	2,36	19,95
	Gran	>=14 - <17	1,87	0,80	1,13	16,23
	Furu	>=14	8,57	5,73	2,05	12,36
	Lauv	>=14	1,49	3,64	0,90	3,37
	Alle	>=6 and <14	1,30	0,31	1,05	2,48
	Alle	<6	0,00	0,00	0,00	0,10
Vern	Alle	Alle	0,00	0,00	0,00	0,00



Figur 10. Hogstvolum fordelt på hogstformer for skog under framskrivningen (uten flate-interpolering). Stiplet linje skiller historiske tall fra framskrivningstall.



Figur 11. Hogstvolum fordelt på treslag for skog under framskrivningen (uten flate-interpolering). Stiplet linje skiller historiske tall fra framskrivningstall.

Figur 10 og 11 presenterer årlige tall basert på Landsskogstakseringen (historisk) og fremskrevet hogst fra SiTree simulering uten interpolering. Årlig variasjoner i den historiske perioden skyldes primært

variasjoner i årlig hogst. Men det er en betydelig usikkerhet knyttet til allokering av hogst til enkeltår. Ettersom Landsskogflatene oppsøkes i felt hvert femte år, så allokeres observert hogst til et år i femårsperioden som har gått siden sist flaten ble målt. Global Forest Change brukes til å øke presisjonen de siste årene. Lignende variasjoner er det i SiTree simulasjonen, da alle flater over en 5-års periode er simulert som et tidspunkt (f.eks. tidspunkt 1 = 2023-2027, tidspunkt 2 = 2028-2032, osv.), selv om figuren presenterer observasjonsårene for flatene. Derfor skal man være forsiktig med å overtolke de årlige variasjoner i disse figurene.

2.6.5 Foryngelse

Tabell 8 viser forutsetningene som er anvendt med hensyn på tetthet i etablert foryngelse og antall år fra etablert foryngelse til trærnes diameter i brysthøyde når 5 cm, gruppert etter bonitetsklasse og dominerende treslag. For grandominert skog er de angitte plantetallene basert på innrapporterte oppgaver for de senere årene før antall utsatte planter per dekar (data hentet ut fra Økonomisystem for Skogordningene av Landbruksdirektoratet). Antallet planter i etablert foryngelse i furu- og lauvtredominert skog samt antall sekundære treslag er skjønnsmessig satt. Det er videre forutsatt at skogen forynges etter snauhogst i grandominert og lauvtredominert skog, og etter frøtrestillingshogst i furuskog.

Jamfør den årlige kartleggingen av foryngelse og miljøhensyn ved hogst og skogkulturtiltak var foryngelsesplikten oppfylt på 78 % av arealet i perioden 2011 til 2022. Det var liten variasjon mellom årene (+/- 5 %), men betydelig forskjell mellom fylkene (Landbruksdirektoratet 2023). Vurderingen av om skogeieren har oppfylt foryngelsesplikten gjøres på grunnlag av antall utviklingsdyktige planter per dekar, hogstføringen og grad av tilrettelegging, sett i forhold til voksestedets muligheter for naturlig gjenvekst. Andelen på 78 % omfatter alle foryngelsesformer.

Tall fra den årlige Resultatkartleggingen, som utføres av kommunal skogbruksmyndighet, viser at en ikke ubetydelig andel av hogstarealene ikke blir tilplantet eller tilrettelagt for naturlig foryngelse (Granhus mfl. 2018). Kartleggingen viser også en klar tendens til at områdene utenfor de tradisjonelle skogstrøkene har en høyere andel hogster hvor foryngelsesplikten ikke er overholdt. For å ta høyde for dette forholdet har vi delt landet inn i to regioner, hvor det er satt ulike forutsetninger med hensyn på andelen forsømt areal. I Region 1, som omfatter Østlandet med Telemark, Aust-Agder, Trøndelag og deler av Nordland⁵, er det med utgangspunkt i nyere data fra Resultatkartleggingen, forutsatt at 10,0 % av arealene som avvirkes hverken blir tilplantet eller tilrettelagt for naturlig foryngelse. For Region 2, som omfatter resten av landet, er den tilsvarende andelen satt til 25,5 %. Inndelingen følger i grove trekk det man vil kunne definere som «tradisjonelle skogbrukskommuner» (region 1) og «skogreisningskommuner» (region 2), hvor det meste av skogen som hogges i dag er gran fra skogreisningsperioden i tiårene etter andre verdenskrig. Utvalget av flater som forutsettes å ikke bli tilplantet eller tilrettelagt for naturlig foryngelse er tilfeldig valgt regionvis inntil angitt prosentandel (Region 1 = 10,0%, Region 2 = 25,5%) er nådd, og det ble for arealene uten foryngelsestiltak forutsatt en plantetetthet og utvikling i det nye skogbestandet lik lauvtredominert skog (Tabell 8).

⁵ Følgende kommuner (kommunennummer) i Nordland (midtre og indre Helgeland) er inkludert i Region 1: '1811', '1824', '1825', '1826', '1832', '1833'

Tabell 8. Forutsetninger i simuleringene ved etablering av nytt bestand etter hogst. Bonitet angir markas produksjonsevne (i Norge benyttes H40-systemet). Det første tallet i kolonnen for plantetetthet angir gjennomsnittlig antall planter av hovedtreslaget, mens det andre sifferet er antall naturlig foryngede individer av sekundære treslag. Det er forutsatt 10 % avgang (0,1 % standardavvik) fra foryngelsen er etablert og til bestandets middeldiameter har nådd 5 cm. Den siste kolonnen angir antall år før trærne i bestandet når 5 cm i diameter i brysthøyde (dbh).

Bonitet	Dominerende treslag	Plantetetthet trær/ha	Alder når 5 cm dbh er nådd
26	Gran	1871/200 (bjørk)	14
23	Gran	1871/200 (bjørk)	15
20	Gran	1871/200 (bjørk)	16
17	Gran	1871/200 (bjørk)	18
14	Gran	1602/200 (bjørk)	23
11	Gran	1602/200 (bjørk)	25
8	Gran	1239/200 (bjørk)	31
6	Gran	1239/200 (bjørk)	34
26	Furu	1500/200 (bjørk)	11
23	Furu	1500/200 (bjørk)	12
20	Furu	1500/200 (bjørk)	13
17	Furu	1500/200 (bjørk)	14
14	Furu	1200/200 (bjørk)	19
11	Furu	1200/200 (bjørk)	22
8	Furu	1200/200 (bjørk)	28
6	Furu	1200/200 (bjørk)	34
26	Lauvtre	2000/400 (gran)	8
23	Lauvtre	2000/400 (gran)	9
20	Lauvtre	1000/200 (gran)	10
17	Lauvtre	1000/200 (gran)	10
14	Lauvtre	1000/200 (gran)	15
11	Lauvtre	1000/200 (gran)	17
8	Lauvtre	1000/200 (gran)	22
6	Lauvtre	1000/200 (gran)	28

2.6.6 Ungskogpleie

Størrelsesorden av arealer med behov for ungskogpleie er beregnet ut fra Landsskogtakseringens registreringer i hogstklasse II i perioden 2018–2022. Det er tatt utgangspunkt i opplysninger om totalt treantall, fordelingen mellom treslag og høydeforskjeller mellom bartrær og lauvtrær. Tilsvarende vil arealer med stor gruppering av trærne gi grunnlag for regulering av treantallet.

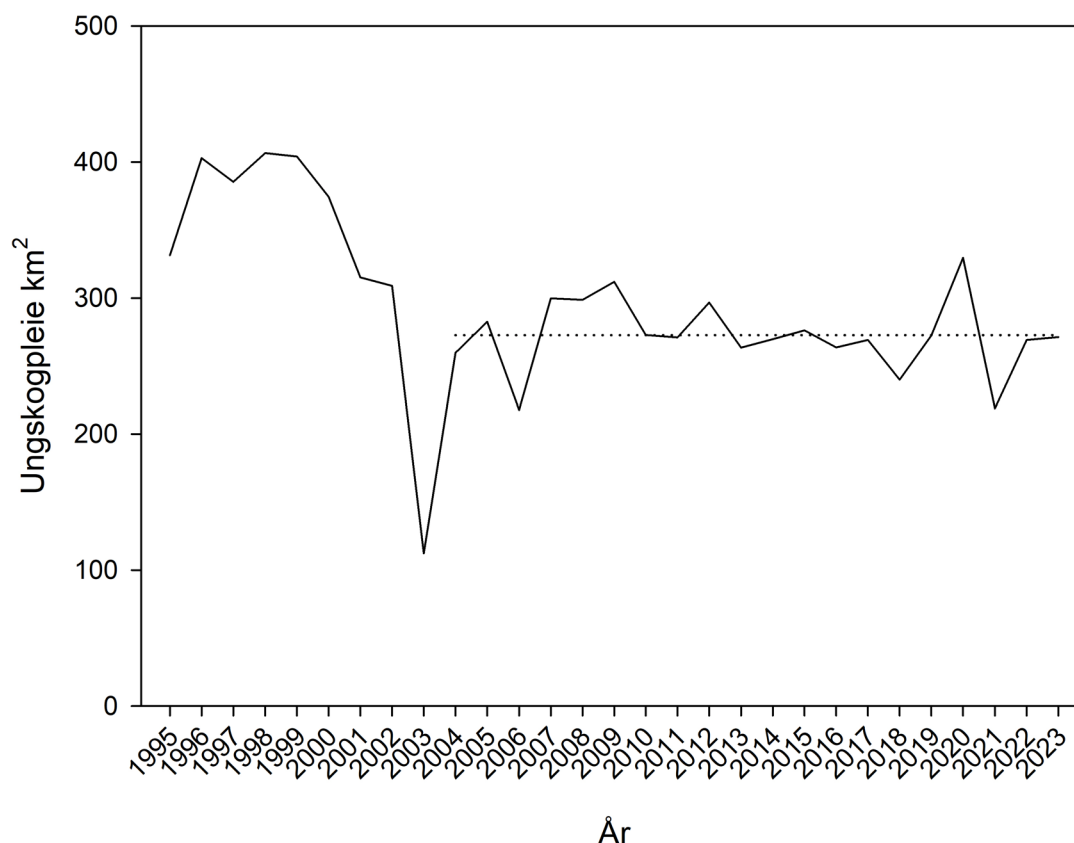
Det er vurdert å være behov for ungskogpleie dersom ett av følgende kriterier er oppfylt (Tomter 2015):

1. Treantall bar før regulering > 300 per dekar.
2. Treantall bar før regulering > 200 per dekar og treantall lauv før regulering > 100 per dekar; samt minst ett av følgende:
 - a) Middelhøyde lauv før regulering > 0,5 x middelhøyde bar etter regulering.
 - b) Treantall bar før regulering > 2 x treantall bar etter regulering.
3. Treantall før regulering 200–300 per dekar; samt:
 - a) Treantall før regulering > 2 x treantall etter regulering og middelhøyde før regulering > 0,7 x middelhøyde etter regulering
4. Treantall totalt > 300 per dekar; samt:

a) Middelhøyde før regulering > 0,7 x middelhøyde etter regulering

I tillegg er det lagt inn en forutsetning om at bestand med middelhøyde for bartrær under 1,3 m, og som har bonitet lavere enn H40 = 17, ikke har behov for ungskogpleie ennå.

Med «treantall etter regulering» og «middelhøyde etter regulering» menes her antall trær og disse trærnes middelhøyde etter en tenkt regulering slik det er registrert på prøveflatene, eventuelt totalt antall utviklingsdyktige trær med tilhørende middelhøyde dersom det allerede er gjennomført ungskogpleie på prøveflata.



Figur 12. Årlig areal med ungskogpleie, basert på statistikk fra Statistisk sentralbyrå tabell 05544. Tallene gjelder arbeid som er utført med skogavgiftsmidler og/eller som har fått statstilskudd. Det årlige omfanget av ungskogpleie har vært ganske stabilt siden 2004, og har i perioden 2004 – 2023 i gjennomsnitt vært på 272,7 km² (stiplet linje).

Statistikk fra SSB viser at det årlige omfanget av ungskogpleie har vært ganske stabilt siden 2004, og har i perioden 2004 - 2023 i gjennomsnitt vært på 273 km² (Figur 12). Det er ikke tilgang på oppdatert statistikk for hogstareal. I perioden 2009 – 2018 lå det årlige hogstarealet (sluttavvirkning) i gjennomsnitt på rundt 400 km² (Granhus mfl. 2018). I framskrivningen har vi basert på dette valgt å sette som forutsetning at et areal tilsvarende 2/3 av det årlige hogstarealet blir pleid, mens 1/3 forutsettes ubehandlet. Dette forutsettes proporsjonalt fordelt på ulike treslagsgrupper og boniteter.

For arealene som ikke pleies har vi lagt som grunnforutsetning at vekstraten forsinkes med 30 % gjennom et bestandsomløp (basert på Søgaard mfl., 2020), at det blir høyere lauvtreandel, og at diameterfordelingen blir mere ujevn (Fahlvik mfl., 2015). I prognoseverkøyet SiTree håndteres disse forutsetningene ved å øke ventetiden ved initiering av ny foryngelse etter hogst, slik at det tar lengre tid før nye trær vokser inn i diameterklassene ≥ 5 cm, og ved å variere treslagsandelen i henholdsvis «pleide» og «upleide» bestand. Det forutsettes også at diametervariasjonen til de innvokste trærne er

høyere enn i pleid skog (Tabell 9). Også for de laveste bonitetene (6 og 8) i forløpet med ungskogpleie er det lagt inn noe ventetid før foryngelse.

Forutsetningen om 30 % vekstreduksjon må imidlertid betraktes som en noe skjematisk tilnærming, da effekten vil variere avhengig av for eksempel treslagssammensetning, tretetthet, bonitet, mv. En utgangssituasjon med tette lauvtreoppslag vil medføre en intens konkurranse om lys, vann og næring, slik at veksten til bartrærne i bestandet settes kraftig tilbake (Andersson og Björkdahl, 1984, Braathe, 1988). Eksempelvis viser Brække og Granhus (2004) at høydeveksten til gran kan reduseres i størrelsesorden 35-80 % i ungskog når tettheten av bjørk i bestandet er fra om lag 200 trær per dekar og oppover. Motsatsen til dette er dersom det gjennomføres en ren avstandsregulering i bartreforyngelser uten overvoksende lauvtrær, hvor en endog vil kunne få noe redusert produksjon ved en kraftig reduksjon av tretettheten (Fahlvik mfl. 2017).

Tabell 9. Forutsetninger for ventetid, treantall per hektar i etablert foryngelse, samt diameterfordeling når nytt skogbestand er etablert for videre framskriving i SiTree (DBH Start). Ventetid er alder når 5 cm dbh er nådd (Tabell 8) pluss estimert ventetid ved initiering av ny foryngelse etter hogst.

Ungskogpleie	Hovedtreslag	Bonitet	Ventetid (år)	Plante-tetthet trær/ha	DBH start (mm)	
					Hovedtreslag	Sekundærtreslag
JA (Gjennomført ungskogpleie)	Furu	6	44	1 200 (furu) + 200 (bjørk)	50	55
		8	38			
		11	27	1 500 (furu) + 200 (bjørk)	50	65
		14	24			
		17	19			
		20	18	1 500 (furu) + 200 (bjørk)	50	75
		23	17			
		26	16			
	Gran	6	44	1 239 (gran) + 200 (bjørk)	50	55
		8	41			
		11	25	1 602 (gran) + 200 (bjørk)	50	65
		14	23			
		17	18			
		20	16	1 871 (gran) + 200 (bjørk)	50	75
		23	15			
		26	14			
	Lauvtre	6	33	1 000 (bjørk) + 200 (gran)	55	50
		8	27			
		11	22	1 000 (bjørk) + 200 (gran)	65	50
		14	20			
		17	15			
		20	15	2 000 (bjørk) + 400 (gran)	75	50
		23	14			
		26	13			
NEI (Ikke ungskogpleie-forsinka utvikling 30 %)	Furu	6	77	1 200 (furu) + 1 000 (bjørk)	50	55
		8	71			
		11	57	1 500 (furu) + 1 000 (bjørk)	50	65
		14	54			
		17	40			
		20	39	1 500 (furu) + 2 000 (bjørk)	50	75
		23	38			
		26	37			
	Gran	6	77	1 239 (gran) + 1 000 (bjørk)	50	55
		8	74			
		11	46	1 602 (gran) + 1 000 (bjørk)	50	65
		14	44			
		17	39			
		20	37	1 871 (gran) + 2 000 (bjørk)	50	75
		23	36			
		26	35			
	Lauvtre	6	54	1 000 (bjørk) + 200 (gran)	55	50
		8	48			
		11	43	1 000 (bjørk) + 200 (gran)	65	50
		14	41			
		17	30			
		20	30	2 000 (bjørk) + 400 (gran)	75	50
		23	29			
		26	28			

2.6.7 Vern

Dagens vernede skogareal ligger inne i datasettet (til og med 31.12.2023). For å ta høyde for politiske målsetninger om å øke skogvernet fra dagens nivå til 10 %, er dagens takt for vern av nye arealer (de siste års vern, 2019–2023) lagt inn som framtidige restriksjoner inntil et nivå på 10 % nås for både produktiv og uproduktiv skog. Siden vi ikke vet hvilken type skogarealer (for eksempel treslag, bonitet) som vil bli prioritert i et framtidig skogvernregime, og heller ikke de nye vernede arealenes geografiske fordeling, har vi anvendt følgende forutsetninger:

Alle prøveflatene i databasen er gitt en rangering basert på kriterier som tar utgangspunkt i skogbestandets alder og registrerte livsmiljøer (MiS), etter samme metode som beskrevet for utvalg av biologisk viktige områder i rapporten *Tilgang på hogstmoden skog fram mot 2045* (Granhus mfl. 2014). Ut fra denne rangeringen er det valgt ut et antall flater som forutsettes vernet («ikke hogst») inntil arealet som allerede er vernet pluss nytt vern utgjør 10 % av det totale skogarealet.

Landet er delt inn i seks regioner, som alle er forutsatt at skal oppnå 10 % vern av både produktiv og uproduktiv skog. De ulike regionene har ulik andel vern per nå, fra 2,4 til 5,6 % for produktiv skog, og fra 3,4 til 12,8 % i uproduktiv skog.

Med dagens vernetakt vil det ta om lag 79 år før det er oppnådd 10 % vern av produktiv skog og 21 år før det er oppnådd 10 % vern av uproduktiv skog på nasjonalt nivå.

2.6.8 Miljøhensyn ved hogst

Fratrekk for miljøhensyn er kun gjort indirekte ved at andel av volum som fjernes er basert på observasjoner i referanseperioden, på tilsvarende måte som i den framoverskuende referansebanen. Ved tynning er 35 % av levende biomasse over bakken tatt ut (32 % i referansebanen), og i sluttavvirkninger er 94 % tatt ut (88 % i referansebanen). Det vil si at fratrekk på grunn av livsløpstrær og annet som påvirker andel av volumet som høstes på det avvirkede arealet indirekte fanges opp.

2.6.9 Naturlige forstyrrelser – skogskader

I framskrivningene er det lagt til grunn at nivået på skogskader på grunn av barkbiller, vindfellinger, skogbrann, osv. vil være tilsvarende som i referanseperioden. Dette følger implisitt når en bruker en tilskrivningsbasert tilnærming («nærmeste nabo») for tilvekst og avgang. En eventuell generell økning i skader grunnet klimaendringer vil følgelig ikke fanges opp gjennom disse framskrivningene. Dette er identisk med hvordan det er gjort i den framoverskuende referansebanen.

Nivået på naturlig mortalitet vil kunne øke eller avta grunnet endringer i skogstruktur (f.eks. større andel eldre skog, og mer skog samlet sett som gir større volum). Dette vil fanges opp i framskrivningene.

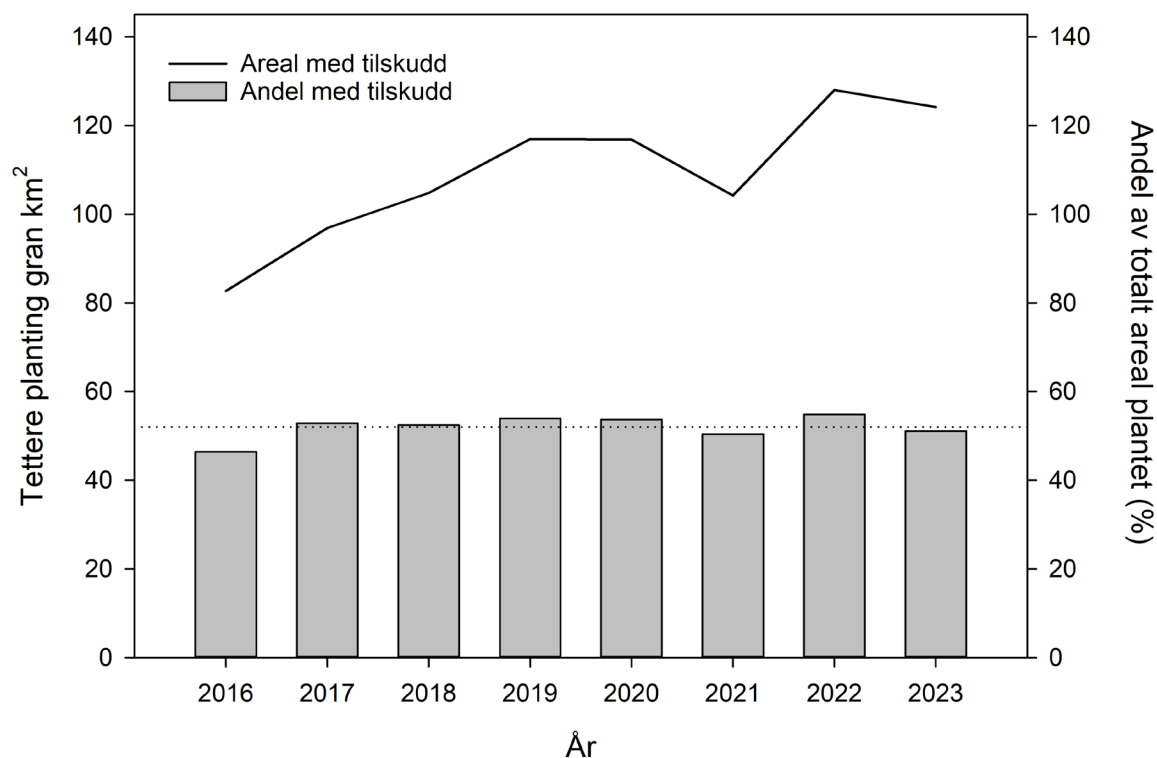
Nivået på mortalitet vil kunne variere over korte perioder (enkeltår/få år) basert på værforhold. Tørkesommeren 2018 er et eksempel på vær i et enkeltår som kan øke mortaliteten det året, og noen påfølgende år. Dette vil ikke kunne fanges opp i framskrivningene.

2.6.10 Tilskudd til tettere skogplanting som klimatiltak

Tilskudd til tettere planting som klimatiltak ble innført i 2016. I perioden 2016–2023 ble i gjennomsnitt 52 % av foryngelsesarealet med gran forynget også med tilskudd til tettere planting. Andelen har vært relativt stabil, selv om foryngelsesarealet har økt (Figur 13). Vi har lagt den gjennomsnittlige andelen på 52 % til grunn i framskrivningene. I gjennomsnitt ble det for årene med tilskudd (2016–2023) plantet 360 granplanter ekstra per hektar. Med estimert 10 % avgang gir det 320 planter ekstra per hektar ved modellens inngang (når bestandet når 5 cm diameter i brysthøyde).

Det ble i disse årene gitt tilskudd til tettere planting også av andre treslag, men omfanget var begrenset, så dette har ikke blitt tatt inn i framskrivningene.

Tilskudd til suppleringsplanting har ikke blitt inkludert.



Figur 13. Areal med tilskudd tettere planting med gran som klimatiltak (kurve), og andelen det utgjør av totalt areal plantet med gran hvert år. I perioden 2016–2023 ble i gjennomsnitt 52 % av foryngelsesarealet med gran forynget også med tilskudd til tettere planting (stiplet linje). Data fra Landbruksdirektoratet.

Tabell 10. Sammendrag basert på plantestatistikk for 2016–2023. Data fra Landbruksdirektoratet.

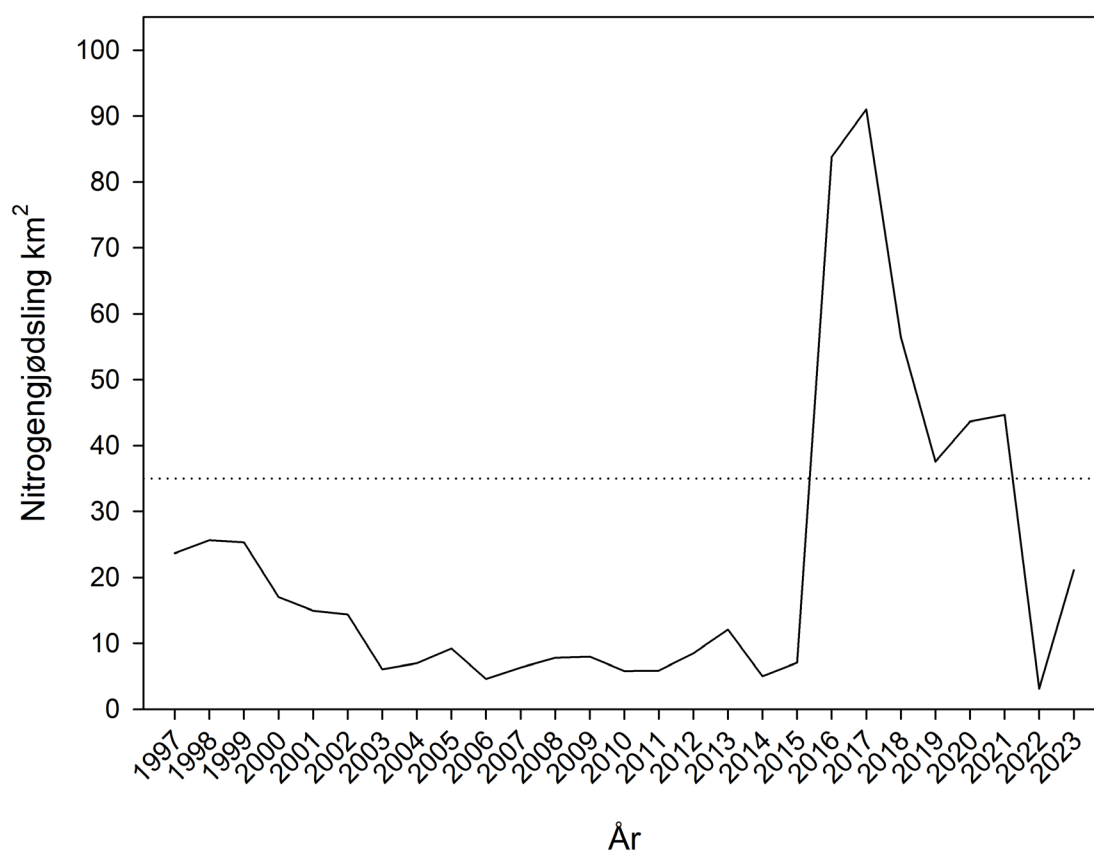
Beskrivelse	Størrelse
Årlig areal nyplanting gran (ha) (alt areal)	20 994
Årlig areal med tilskudd tettere planting gran (ha)	10 931
Andel med tilskudd	52 %
Ekstra planter per ha i gjennomsnitt	360

2.6.11 Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak

Det ble i 2016 innført tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak. Aktiviteten økte kraftig ved innføring av tilskuddet i 2016, men har ligget på et lavere nivå i perioden 2018–2023 enn de to første årene med ordningen (Figur 14). Ordningen ble evaluert i 2021 (Landbruksdirektoratet mfl. 2021) og hovedkonklusjonen var at «Det har ikke kommet ny forskning eller resultater fra overvåking som tilsier at konklusjonene fra rapport M174–2014⁶ bør endres, hverken med hensyn på den geografiske avgrensningen av hensynssonen med arealmessig tak, eller Landbruksdirektoratet de øvrige

⁶ Miljødirektoratet mfl. 2014. Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak – egnede arealer og miljøkriterier. Rapport M-174

retningslinjene som gjelder for tiltaket.». Vi har derfor lagt til grunn at ordningen videreføres med de samme retningslinjer.



Figur 14. Årlig areal med gjødslet skog som har fått statstilskudd. Kilde: Tabell 05543: Gjødsling av skog, etter år og statistikkvariabel (SSB) og Landbruksdirektoratet. Totalt areal som er gitt tilskudd var snaut 3 500 ha årlig i gjennomsnitt for perioden 2018–2023 (stiplet linje).

Totalt areal som er gitt tilskudd var snaut 3 500 ha årlig i gjennomsnitt for perioden 2018–2023 (Figur 14). Det samsvarer med omsøkt/bestilt areal for 2024 (pers. medd. Landbruksdirektoratet), og vi har lagt denne arealstørrelsen til grunn for nivået framover. Vi har lagt til grunn at et areal tilsvarende femårskvoten på 2 500 ha i restriksjonssonen vil bli gjødslet, tilsvarende et gjennomsnitt på 500 ha per år (likt som i Mohr mfl. 2022). Hvilket gir 3 000 ha per år for sonen uten restriksjoner (reduksjon fra 4 100 ha i Mohr mfl. 2022).

Vi har ut fra dette gjort et tilfeldig utvalg av flater som forutsettes å bli gjødslet, blant det totale antallet flater som oppfyller følgende sett av kriterier for gjødsling gitt av Landbruksdirektoratet (2024):

- Bartredominert (> 80 % av volumet)
- Bonitet F8–17 eller G8–20
- Vegetasjonstypene blokkebærskog, bærlyngskog, blåbærskog, småbregneskog og storbregneskog
- Hogstklasse IV

Utvalget er gjort slik at det totale gjødslingsarealet innenfor området med et øvre tak for tilskuddsberettiget gjødsling ikke overskrider 2 500 ha per femårs periode. Restriksjonssonen inkluderer hele arealet i fylkene Østfold, Akershus, Oslo, Vestfold og Agder, i tillegg til deler av fylkene Buskerud, Telemark og Rogaland.

Det er lagt til grunn at det gjødsles 10 år før sluttavvirkning. Hogstsimuleringene er gjort ut fra en modellbasert hogst sannsynlighet, hvor gjødslede bestand har en «hogstkarantene» på 10 år. De vil altså ikke bli hogd de første 10 årene, men først etter minimum 10 års karanteneperiode. De vil da ha prioritet for hogst.

2.6.12 Foredlet plantemateriale

Foredlet plantemateriale er bruk til foryngelse siden 1970-tallet. Andelen i foryngelsene har imidlertid økt betydelig slik at fra 2006 har mellom 75–90 % av frøet brukt til foryngelse kommet fra frøplantasjer. Siden da har andelen foredlet plantemateriale vært stabilt over 90 %. Tabell 11 viser en forenklet sammenstilling av forventet bruk av foredlet frø nå og framover. Andelen foredlet frø vil variere i perioder siden produksjonskapasiteten i frøplantasjene er sårbar for variasjon i tiden mellom frøår og patogen som skader frøet. Det forutsettes at innsatsen i skogplanteforedlingen opprettholdes på sikt for å holde kapasiteten på produksjon av foredla frø opp mot 100 %.

Tabell 11. Forenklet oversikt over forventet andel av plantede trær med opphav fra frøplantasjer (foredlet plantemateriale) beregnet av Skogfrøverket. Forventet genetisk gevinst for høydevekst ved 15-20 års alder angis i parentes. Verdiene er estimat basert på upubliserte analyser av avkomforsøkene i Skogfrøverkets foredlingsprogram og internasjonale publikasjoner fra Finland og Sverige. Økningen i høydevekst er vanligvis ledsaget av en tilsvarende økning i diametertilvekst. Siden avlsmaterialet er valgt fra gammel skog, forventer vi at veksten ikke avtar over tid.

Region	Treslag	Første 10 år	Etter 10 år
Sør- og Østlandet < 350 m (G1)	Gran	95 % [8]	95 % [10]
	Furu	90 [6]	90 [8]
Sør- og Østlandet 350–650 (G2)	Gran	95 % [8]	95 % [10]
	Furu	90 [6]	90 [8]
Sør- og Østlandet > 650 (G3)	Gran	95 % [8]	95 % [10]
	Furu	65 [6]	65 [8]
Vestlandet < 350 (G4)	Gran	100 % [8]	100 % [10]
	Furu	25 [6]	25 [8]
Trøndelag / Helgeland < 250 (G5)	Gran	90 % [8]	90 % [10]
	Furu	50 [6]	50 [8]
Trøndelag / Helgeland 250-450 (G6)	Gran	25 % [8]	25 % [10]
	Furu	50 [6]	50 [8]
Nordland nord og Troms/Finnmark < 250 m (G7)	Gran	25 % [8]	25 % [10]
	Furu	25 [6]	25 [8]

Selv om mellom 75–90 % av frø brukt til foryngelse har kommet fra frøplantasjer siden 2006, har vi her kun lagt inn en framoverskuende effekt. Det vil si at økt vekst på grunn av bruk av foredlet plantemateriale kun er lagt inn i de bestandene som forynges i simuleringsperioden (2021–2100), og vi har ikke justert for at foredlet plantemateriale har vært benyttet på en signifikant andel av foryngelsesarealet med gran siden 2006. Det gir en liten tidsforsinkelse av når effekten får betydning.

I prognoseverkoeyet SiTree håndteres forutsetningen om genetisk gevinst ved at vekstforbedringen medfører en tilsvarende økning av høydeboniteten og dermed bonitetsklassen.

Når det gjelder prognosene for furu, så er disse noe mer usikre siden tilgang til frøkilder bl.a. fra Sverige fortsatt er uavklart. Det er også noe usikkerhet knyttet til arealandelen som forynges med planting og naturlig foryngelse.

2.7 Framskrivning treprodukter

Framskrivningene for treprodukter (*eng.* Harvested Wood Products, HWP) for 2023–2100 er basert på en modifikasjon av den eksisterende modellen som benyttes i klimagassregnskapet for beregning av

karbonendring i treprodukter (se [kapittel 2.3.4](#)), på historiske tall fra klimagassregnskapet publisert i 2024 for referanseperioden 2017–2022 (til fordeling av treprodukter). ‘Roundwood’ fra FAOSTAT 1990–2022 er angitt som hogstdata (hogstdata brukes ikke i utregningene klimagassregnskapet), i tillegg til hogstsimuleringsdata med 5 års glidende gjennomsnitt for 2023–2100 fra modellkjøringen (SiTree).

Simulert hogstvolum er et estimat av trestammens volum uten bark og anses å ligge nært opp til JFSQ definisjonen (JFSQ 2021). ‘Roundwood’ har en litt bredere definisjon, men det legges til grunn at de i praksis er tilnæringsvis like. For referanseperioden 2017–2022 ble forholdet mellom årlige hogstdata (‘roundwood’ fra FAOSTAT) og årlige aktivitetsdata for nasjonalt forbruk og eksport beregnet for hver av de tre produktkategoriene trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter (FAOSTAT 2022). Deretter ble gjennomsnittene (Tabell 12) brukt til å beregne bidraget fra nasjonalt forbruk og eksport for hver produktkategori fra 2023–2100.

Tabell 12. Faktorer for fordeling av årlig hogst til de tre produktkategoriene for framskrivningen 2023–2100 er basert på historiske tall fra referanseperioden 2017–2022 (fordelt på nasjonalt forbruk og eksport). Tallene angir andelen de ulike kategoriene utgjør av totalt hogstvolum.

År	Trelast		Trebaserte plater		Papir- og kartongprodukter	
	Nasjonalt	Eksport	Nasjonalt	Eksport	Nasjonalt	Eksport
2017	0,164	0,053	0,027	0,016	0,014	0,137
2018	0,160	0,054	0,018	0,025	0,010	0,143
2019	0,154	0,057	0,021	0,019	0,034	0,121
2020	0,155	0,073	0,019	0,027	0,012	0,122
2021	0,160	0,053	0,020	0,025	0,010	0,120
2022	0,139	0,066	0,018	0,023	0,019	0,114
Gjennomsnitt	0,155	0,060	0,020	0,022	0,016	0,126

Framskrivningen for treprodukter under klimakonvensjonen inkluderer all hogst fra skog (gjenværende skog, påskoging og avskogingsarealer), mens under EUs regelverk inkluderer framskrivningen for treprodukter ikke hogst fra avskoging.

For å allokere hogst mellom skogforvaltning, påskoging og avskoging ble relative forhold basert på gjennomsnitt for referanseperioden 2010–2020⁷ brukt (Tabell 13). Videre ble faktorene fra Tabell 12 brukt til å beregne bidraget fra nasjonalt forbruk og eksport for hver produktkategori fra 2023–2100 for konvensjonen (resultater i Figur 25 og Vedlegg 2) og EU. For EU ble kun volum fra påskoging, ikke avskoging, lagt til volumet fra simuleringene (resultater i Figur 35 og Vedlegg 2).

⁷ Dataene er hentet fra datasettet brukt til 2022 framskrivningsrapporten, men perioden er forskøvet med to år.

Tabell 13. Relativ fordeling av hogst mellom gjenværende skog, påskoging og avskoging i referanseperioden 2010–2020 (perioden brukt for SiTree⁵).

År	Gjenværende skog	Påskoging	Avskoging
2010	0,9414	0,0015	0,0501
2011	0,9449	0,0015	0,0464
2012	0,9457	0,0030	0,0452
2013	0,9548	0,0037	0,0350
2014	0,9586	0,0037	0,0317
2015	0,9652	0,0038	0,0258
2016	0,9699	0,0039	0,0211
2017	0,9705	0,0033	0,0210
2018	0,9665	0,0029	0,0254
2019	0,9652	0,0029	0,0265
2020	0,9618	0,0029	0,0294
Gjennomsnitt	0,9586	0,0030	0,0325

3 Framskrivninger under klimakonvensjonen

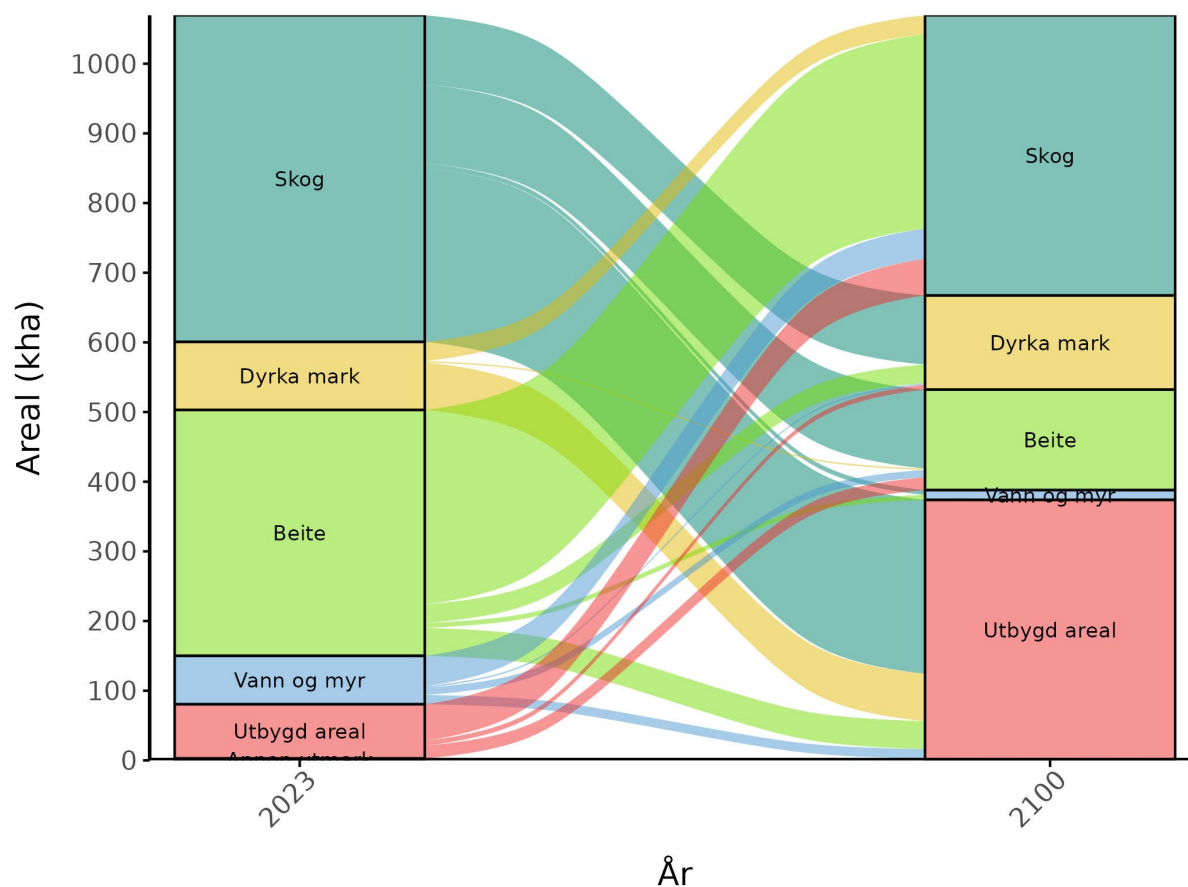
3.1 Framskrivning av arealutvikling

Historiske (rapporterte) tall fra klimagassregnskapet publisert i 2024 er gjengitt for perioden 1990–2022, mens tall fra 2023 er framskrivninger basert på arealoverganger i referanseperioden 2009–2022.

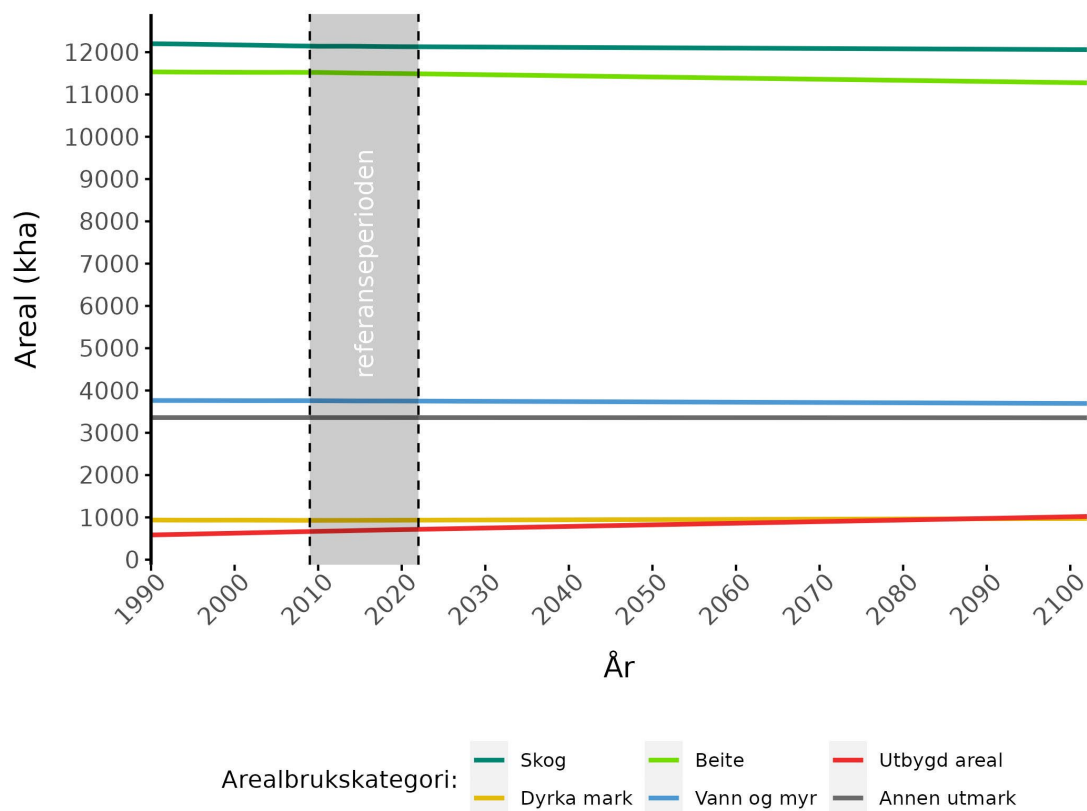
Det er estimert at kumulativt vil skje 1 070 kha med arealbruksendringer fra 2023 til 2100. Mesteparten av arealbruksendringene vil skje i form av fra og til endringer for skogarealer (se Tabell 14 og Figur 14). Mesteparten av arealene som vil gå fra skog, vil gå over til utbygd areal (249 kha, 53 %). Mesteparten av arealet som går til skog vil komme fra beite (279 kha, 69%). Totalt vil 469 kha gå fra, og 402 kha til skog, en nettoendring på -67 kha. Denne nettoendringen forklarer den svake nedgangen i totalt skogareal presentert i og Tabell 15 og Figur 15. Arealet med utbygd areal øker (296 kha), beiteareal minker (-209 kha), mens dyrka mark (37 kha), vann og myr (-55 kha), og annen utmark (-3 kha) har mindre endringer.

Tabell 14. Kumulative arealbruksendringer (fet) og uendra areal (kursiv) fra 2023–2100. Kha = 1000 ha.

		Areal (kha) til (2100)					
		Skog	Dyrka mark	Beite	Vann og myr	Utbygd areal	Annen utmark
Areal (kha) fra (2023)	Skog	11 659	99	113	7	249	0
	Dyrka mark	27	837	2	0	68	0
	Beite	279	27	11 136	7	40	0
	Vann og myr	44	2	11	3 681	13	0
	Utbygd areal	52	7	18	0	640	0
	Annen utmark	0	0	0	0	3	3 356



Figur 15. Diagrammet viser hvor mye areal som kumulativt går fra og til mellom hver arealbrukskategori fra 2023 til 2100 (bare endringer). Dette er en type flyttdiagram, der bredden på strømmene illustrerer størrelsen på arealet i overgangen.



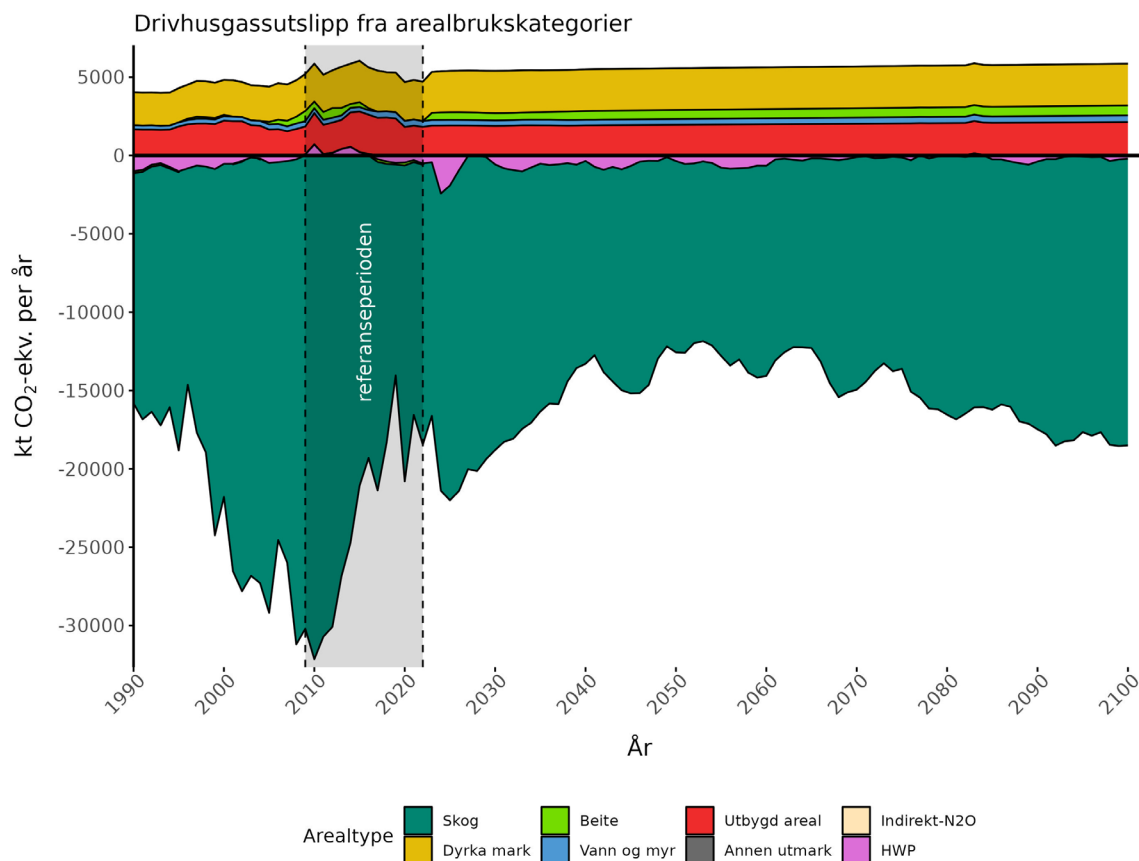
Figur 16. Endring i totalareal for arealbrukskategoriene fra 1990 til 2100. Oppgitt i kha (1000 ha).

Tabell 15. Totalareal og prosent endring fra 2009 til 2100. Historiske tall fra referanseperioden over stiple linje.

År	Dyrka mark		Skog		Beite		Annen utmark		Utbygd areal		Vann og myr	
	kha	%	kha	%	kha	%	kha	%	kha	%	kha	%
2009	928,6	0,00	12143,6	0,00	11521,6	0,00	3359,3	0,00	665,7	0,00	3759,4	0,00
2022	934,5	0,64	12128,2	-0,13	11488,7	-0,29	3359,0	-0,01	717,3	7,76	3750,5	-0,24
2030	938,4	1,05	12121,4	-0,18	11467,2	-0,47	3358,7	-0,02	747,7	12,32	3744,8	-0,39
2040	943,1	1,56	12112,9	-0,25	11440,5	-0,70	3358,3	-0,03	785,7	18,03	3737,7	-0,58
2050	947,9	2,08	12104,4	-0,32	11413,7	-0,94	3358,0	-0,04	823,7	23,73	3730,6	-0,77
2060	952,7	2,60	12095,8	-0,39	11387,0	-1,17	3357,6	-0,05	861,7	29,44	3723,4	-0,96
2070	957,5	3,11	12087,3	-0,46	11360,2	-1,40	3357,2	-0,06	899,6	35,14	3716,3	-1,15
2080	962,3	3,63	12078,8	-0,53	11333,4	-1,63	3356,9	-0,07	937,6	40,85	3709,2	-1,33
2090	967,1	4,14	12070,2	-0,60	11306,7	-1,87	3356,5	-0,08	975,6	46,55	3702,1	-1,52
2100	971,9	4,66	12061,7	-0,67	11279,9	-2,10	3356,2	-0,09	1013,6	52,26	3695,0	-1,71

3.2 Utslippsframskrivninger

Netto opptak i arealbrukssektoren kan ventes å avta mot 2050, før det etter hvert vil øke mot 2100 (Figur 16). Det er skog som har de største endringene. Endringene her er basert på framskrivninger ved hjelp av SiTree, og nøyaktigheten er størst den første delen av framskrivingsperioden. Det er relativt stor usikkerhet knyttet til tallene mot slutten av perioden. I de følgende kapitlene vises utviklingen for karbonbeholdningene for hver av arealbrukskategoriene. Tallene bak figurene er gjengitt i Vedlegg 2.



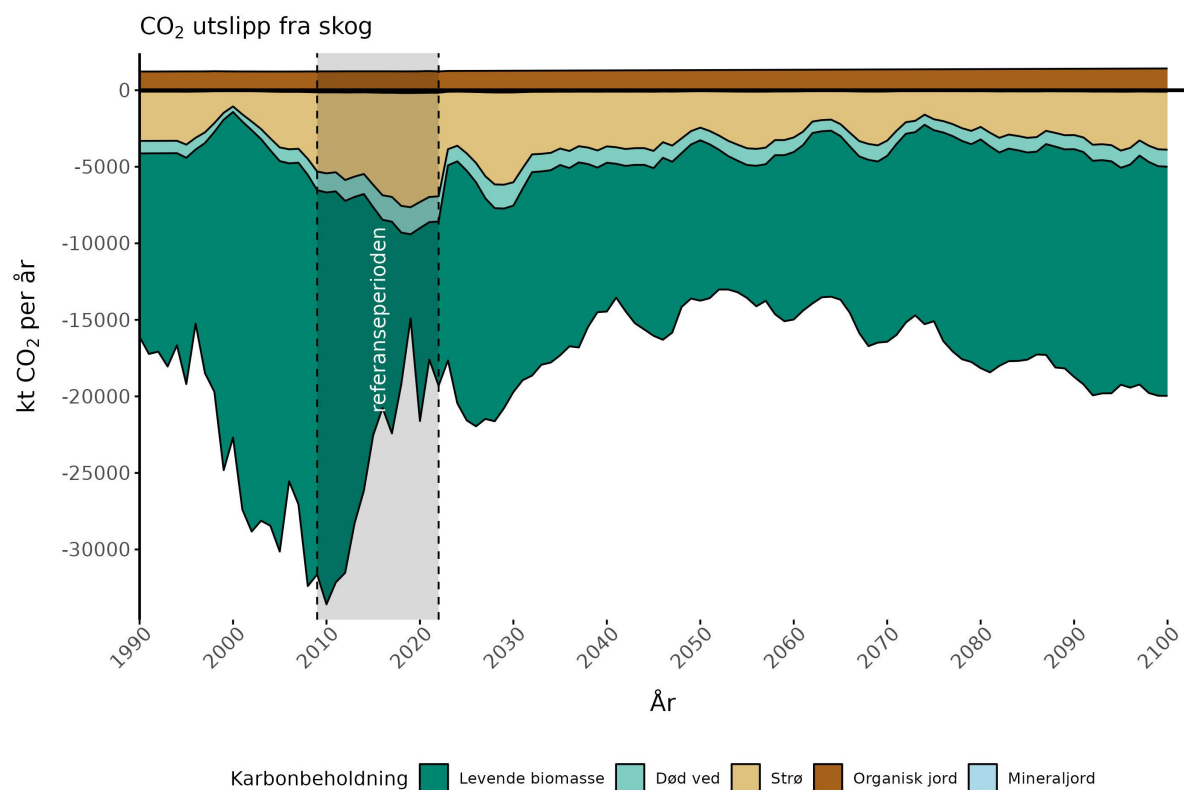
Figur 17. Samlet netto utslipp og opptak fra alle arealbrukskategorier, inkludert CO₂, N₂O og CH₄, oppgitt i CO₂-ekvivalenter. Rapporterte arealer og utslipp fra referanseperioden 2009–2022 danner grunnlag for beregningene. Tall fram til og med 2022 er historiske tall, som rapportert i klimagassregnskapet 2024. Utslippstallene inkluderer utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990, eller det er over 20 år siden overgang).

3.2.1 Skog

Under skog er det et netto opptak av karbon, og det er netto opptak i alle karbonbeholdninger utenom drenert organisk jord (Figur 17). Årlig netto opptak i skog har avtatt siden 2009, og forventes å fortsatt avta de nærmeste tiårene. Usikkerheten i estimatene øker utover i framskrivingsperioden. Netto opptak i skog er mye styrt av utviklingen i levende biomasse, som simuleres ved av SiTree.

Endringer i karbonbeholdninger i mineraljord, død ved og strø er estimert ved hjelp av Yasso07-modellen, både for historiske tall og for framskrivningene.

Utslipp fra drenert organisk jord beregnes med standard utslippsfaktorer fra retningslinjene som ganges med arealet. Nygrøfting av myr for skogproduksjon ble forbudt i 2006, slik at arealet vil være relativt stabilt framover. Nye arealer kan komme inn gjennom gjengroing av jordbruksarealer, og arealer går ut på grunn av nydyrking og nedbygging.



Figur 18. CO₂-utslipp/opptak fra skog fordelt på karbonbeholdninger. Utslipp av metan og lystgass kommer i tillegg (se kapittel 3.2.6). Figuren viser utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990 eller det er over 20 år siden overgang).

3.2.2 Dyrka mark

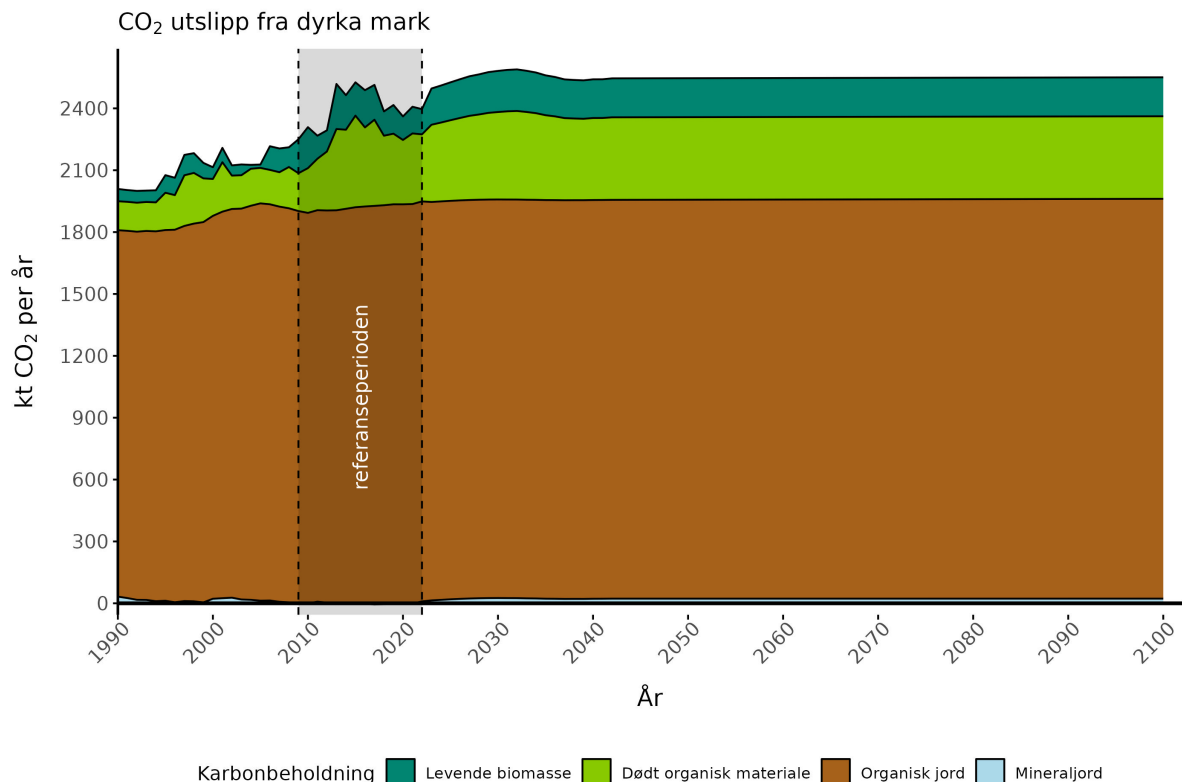
Dyrka mark er jordbruksareal som klassifisert som fulldyrka jord etter Økonomisk Kartverks (AR5) definisjon. Det er en svak økning i arealet dyrka mark, også på organisk jord, og dermed blir det en svak økning i utslippet (Figur 18).

Endringer av karbonlager i levende biomasse på dyrka mark beregnes bare for flerårige treaktige vekster, det vil si frukttre. Dette er relativt lave tall. Men det vil være hovedsakelig nettoutslipp fra levende biomasse knyttet til nydyrking (litt opptak skyldes avlingsproduksjon i første år av endring, se kapittel 2.3.1), og det er det som dominerer utslippet knyttet til levende biomasse.

For dødt organisk materiale brukes en Tier 1-metodikk hvor det forutsettes at det ikke er noen endring i beholdningen av karbon i dødt organisk materiale for gjenværende arealer. De utslipp som rapporteres her for død ved er derfor fra nydyrking.

Mesteparten (93 %) av jordbruksproduksjonen foregår på mineraljord, og det rapporteres et lite netto karbontap i mineraljorden hovedsakelig pga. nydyrking. Mineraljord på gjenværende dyrka mark har både historisk og i framskrivningene en liten akkumulering av jordkarbon.

Den store utslippskilden er drenert organisk jord (Figur 19).



Figur 19. Netto CO₂-utslipp fra dyrka mark, fordelt på karbonbeholdninger. Utslipp av metan og lystgass kommer i tillegg (se kapittel 3.2.6). Figuren viser utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990 eller det er over 20 år siden overgang). Merk at vi her har lagt inn utvikling basert på aktiviteten i perioden 2009–2022. Ved stans i nydyrking av myr vil kurven endres, og en vil ikke se en økning i utslipp fra drenert organisk jord.

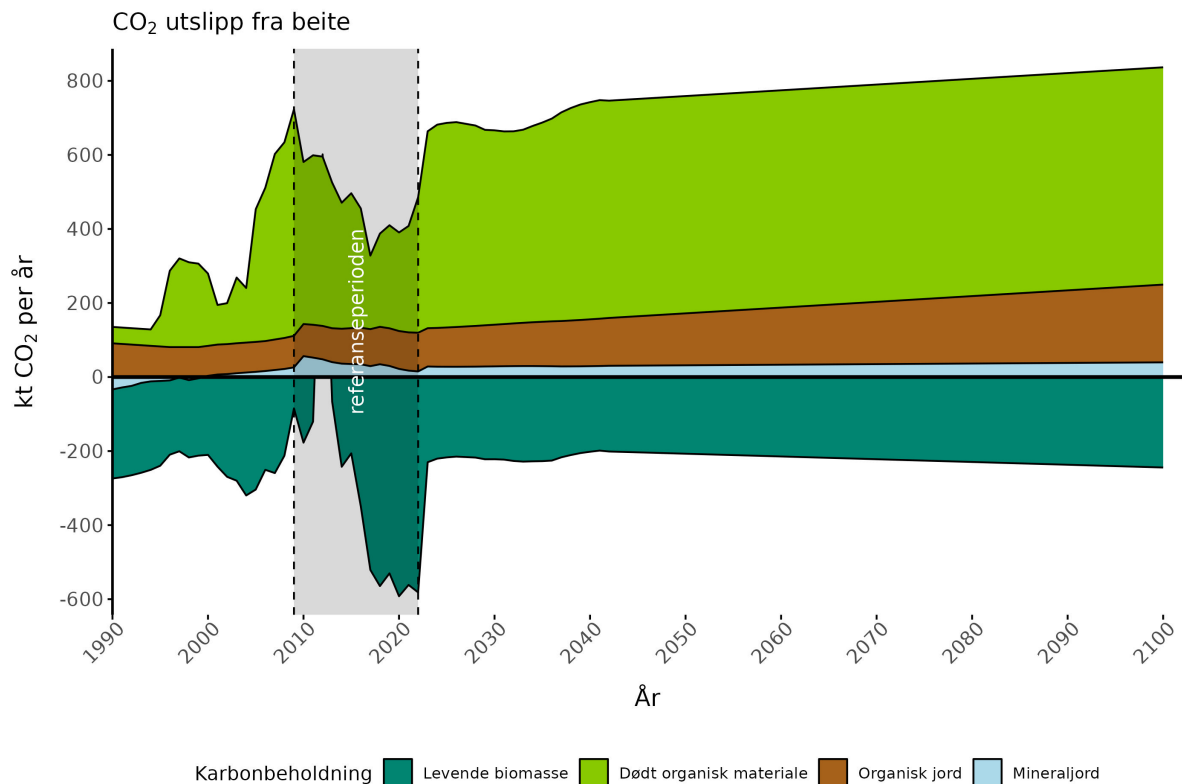
3.2.3 Beite

Landsskogtakseringen har målt trær på beitearealer siden 2007, og disse målingene danner grunnlaget for en Tier 2-metodikk. Det gjør at det vil være i stor grad opptak fra trær på gjenværende arealer.

Det brukes en Tier 1-metodikk for beregning av karbonendringer for dødt organisk materiale (død ved og strø). Endringer i karbonbeholdningen i dødt organisk materiale er antatt neglisjerbart for gjenværende beitearealer ettersom det genereres svært lite dødt materiale på disse arealene. Det rapporteres derfor ikke endringer i dødt organisk materiale på gjenværende arealer. På arealer som legges om til beite fra skog beregnes tap av karbon fra dødt organisk materiale. Dette er en relativt stor utslippskilde (Figur 19).

Norge bruker en Tier 1-metodikk for beregning av karbonendringer i mineraljord på beite, og det er her samlet sett et svakt netto opptak hovedsakelig på grunn av arealbruksendringer til beite.

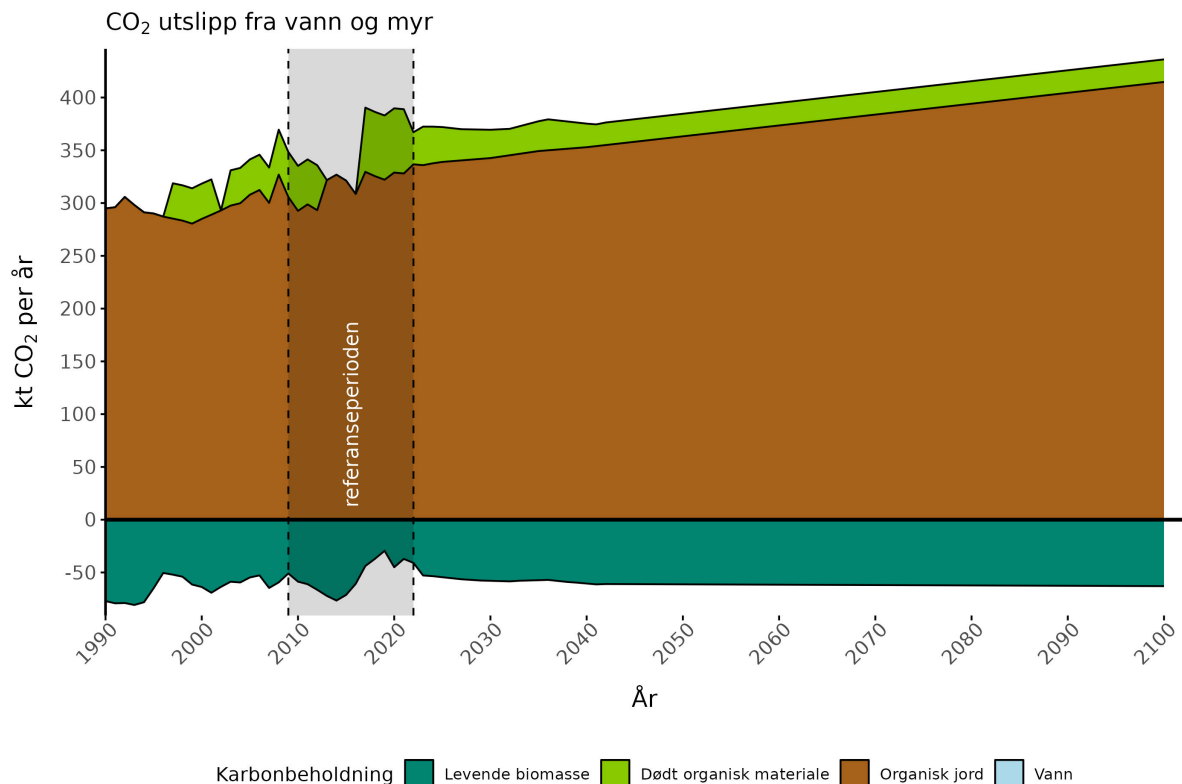
Drenert organisk jord er en kilde til utslipp. Det er en svak økning i utslippene fra beite, blant annet på grunn av en økning i arealet drenert organisk jord (Figur 20).



Figur 20. Netto CO₂-utslipp fra beite fordelt på karbonbeholdninger. Utslipp av metan og lystgass kommer i tillegg (se kapittel 3.2.6). Figuren viser utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990 eller det er over 20 år siden overgang). Når synlig trend i referanseperioden i figuren ikke intuitivt tilsvarer trenden i framskrivningene skyldes dette at figuren viser et samlet bilde av flere ulike trender (forklares nærmere i kapittel 2.3.2 Drenert organisk jord). Merk at vi her har lagt inn utvikling basert på aktiviteten i perioden 2009–2022. Nydyrking til overflatedyrka jordbruksareal vil komme inn her. Ved stans i all nydyrking av myr kan derfor kurven endres.

3.2.4 Vann og myr

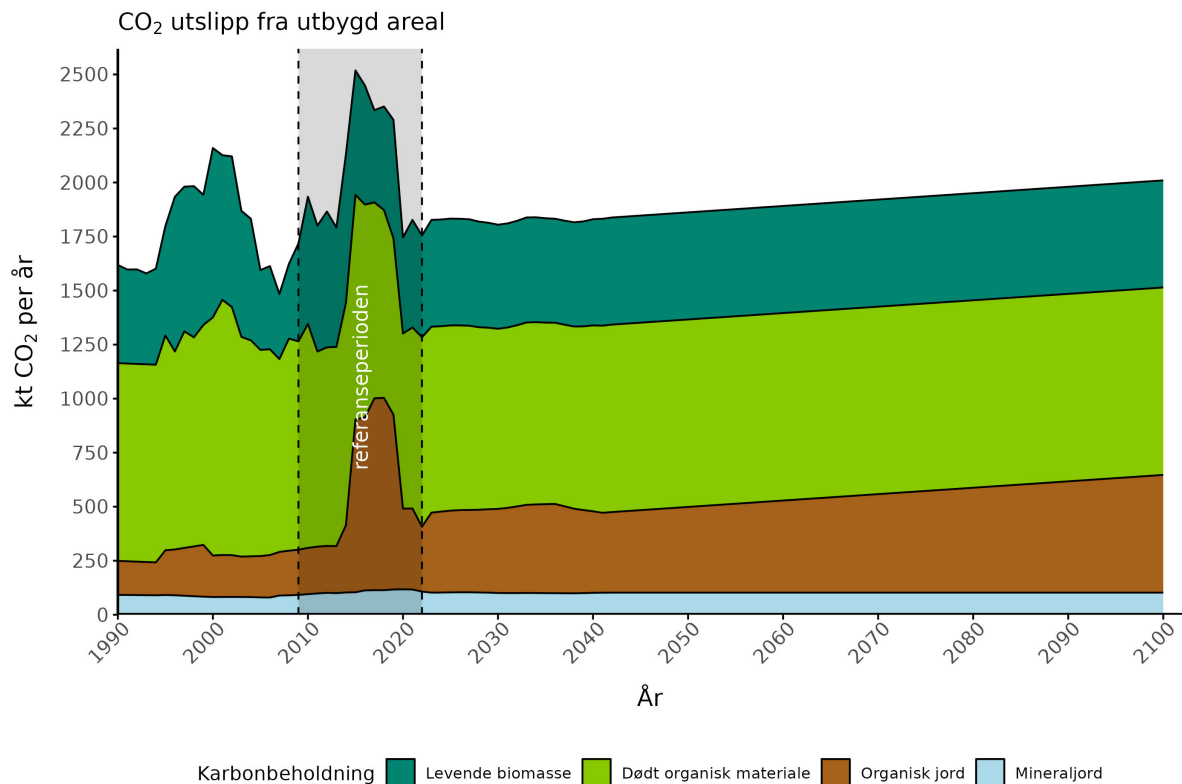
Under kategorien vann og myr rapporteres utslipp fra torvuttak og grøfta myr (organisk jord i Figur 20), og opptak i trær på tresatte myrer (levende biomasse), samt utslipp og opptak knyttet til arealoverganger. Det vil for eksempel kunne være tap av dødt organisk materiale når arealer går fra skog til myr.



Figur 21. CO₂-utslipp/opptak rapportert i kategorien vann og myr fordelt på karbonbeholdninger. Utslipp av metan og lystgass kommer i tillegg (se kapittel 3.2.6). Figuren viser utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990 eller det er over 20 år siden overgang). Legg merke til skala på y-aksen; dette er svært små utslipp/opptak relativt sett. Utslipp fra drenert organisk jord stammer fra torvuttak og fra grøfta myr som ikke har endret arealbruk.

3.2.5 Utbygd areal

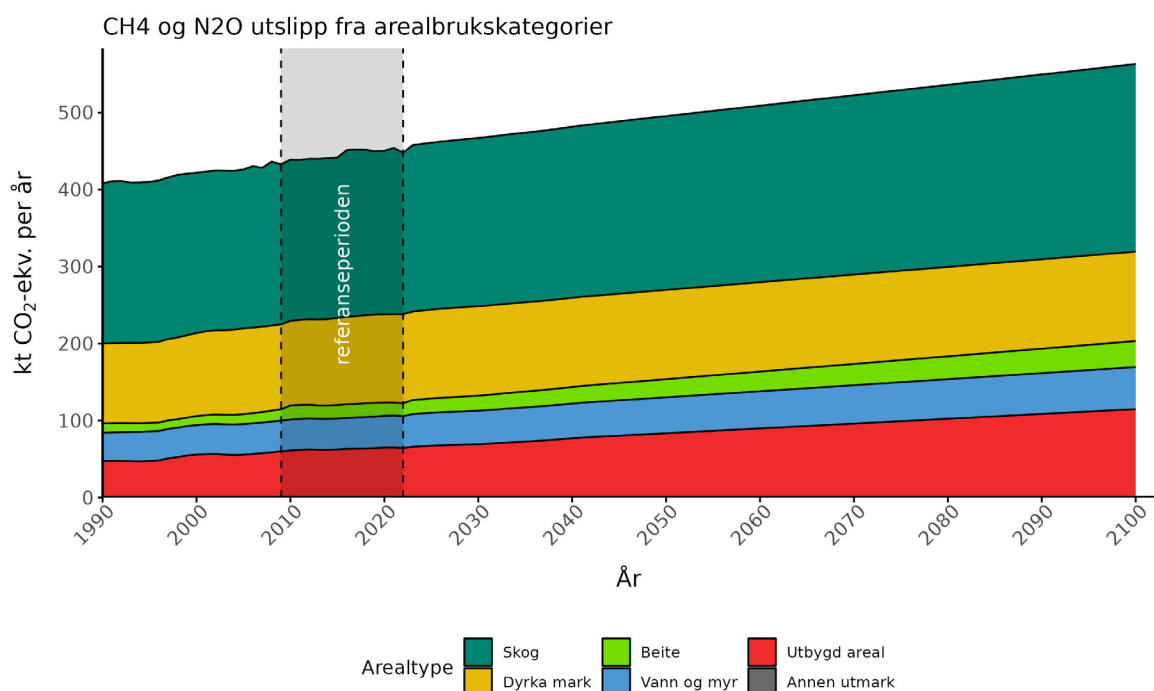
Utslipp av CO₂ vil øke på grunn av økning i areal med drenert organisk jord, mens utslipp fra levende biomasse, mineraljord, dødt organisk materiale (DOM), og tap av organisk jordkarbon for overganger til infrastruktur vil stabiliseres med en lineær utvikling av arealet (like stort areal som bygges ut hvert år), da det ikke estimeres utslipp fra disse etter overgangsperioden. Utviklingen i netto CO₂-utslipp i kategorien utbygd areal fordelt på karbonbeholdninger er vist i Figur 21.



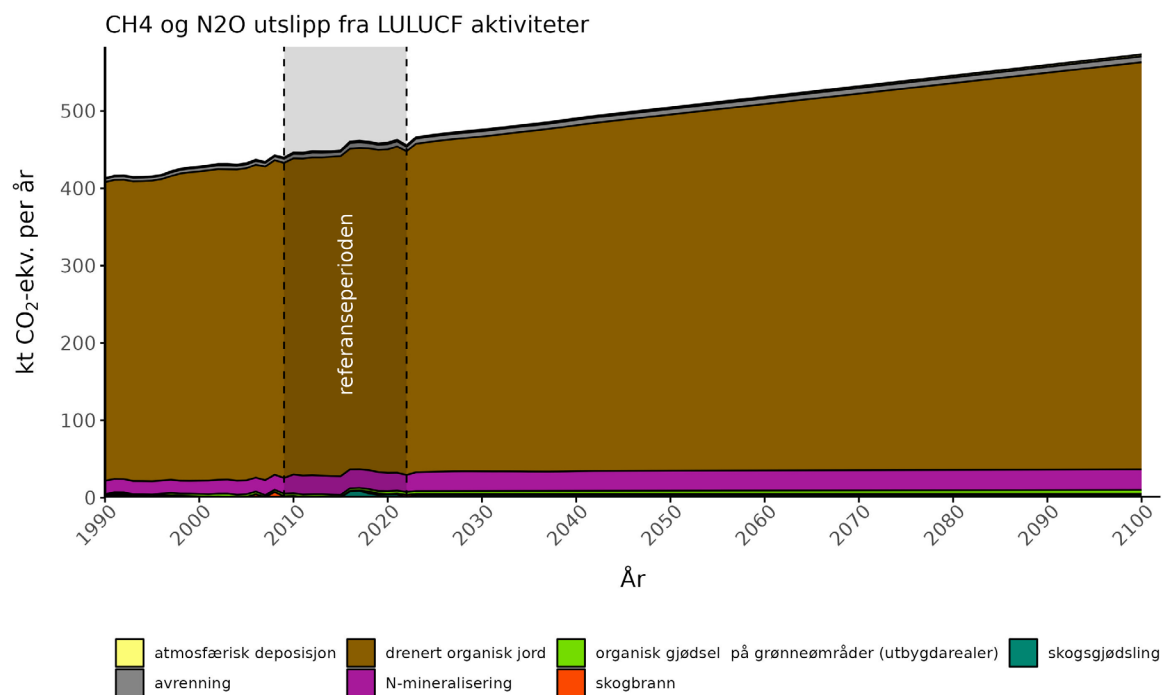
Figur 22. Netto CO₂-utslipp i kategorien utbygd areal fordelt på karbonbeholdninger. Utslipp av metan og lystgass kommer i tillegg (se kapittel 3.2.6). Figuren viser utslipp fra både arealer i overgang, og gjenværende arealer (var i kategorien i 1990 eller det er over 20 år siden overgang).

3.2.6 Utslipp av lystgass (N₂O) og metan (CH₄)

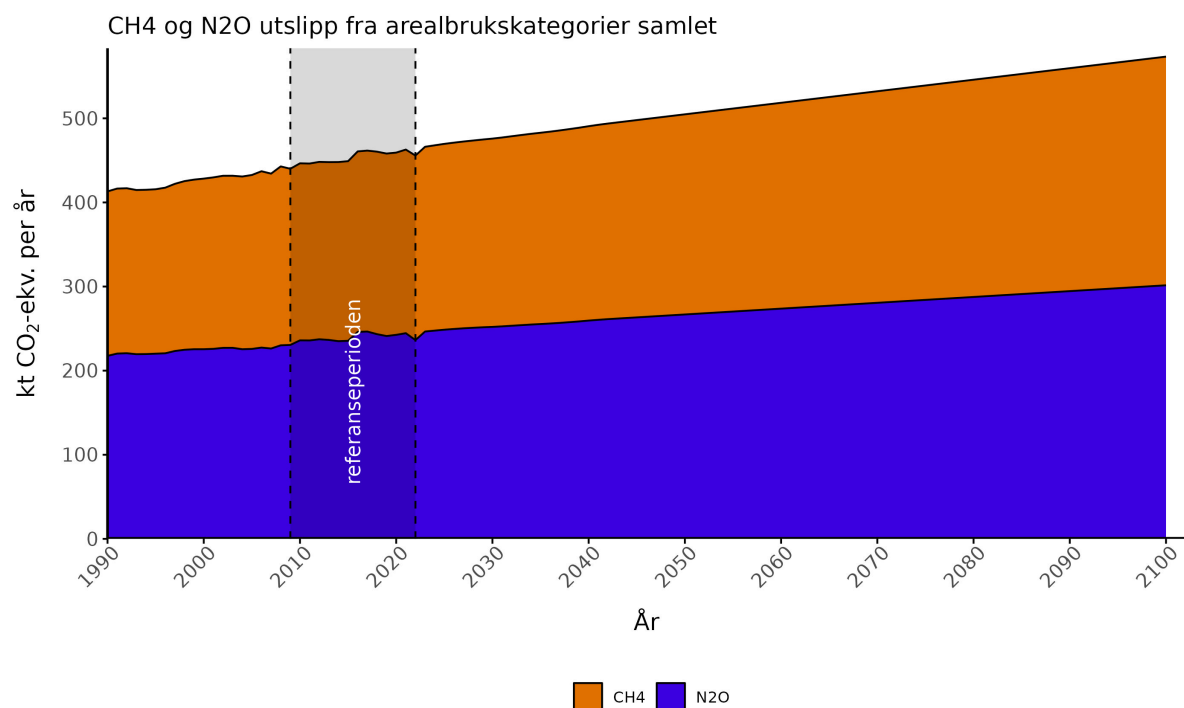
I tillegg til utslipp og opptak av CO₂ fra endringer i karbonbeholdninger, rapporteres utslipp av lystgass (N₂O) og metan (CH₄) fra ulike kilder (Figur 22 - Figur 24). Se kapittel 2.5.3 for nærmere beskrivelse.



Figur 23. Utslipp av lystgass og metan fordelt på arealbrukskategoriene i konvensjonen (omregnet til CO₂-ekvivalenter).



Figur 24. Utslipp av lystgass og metan fordelt på ulike kilder (omregnet til CO₂-ekvivalenter).



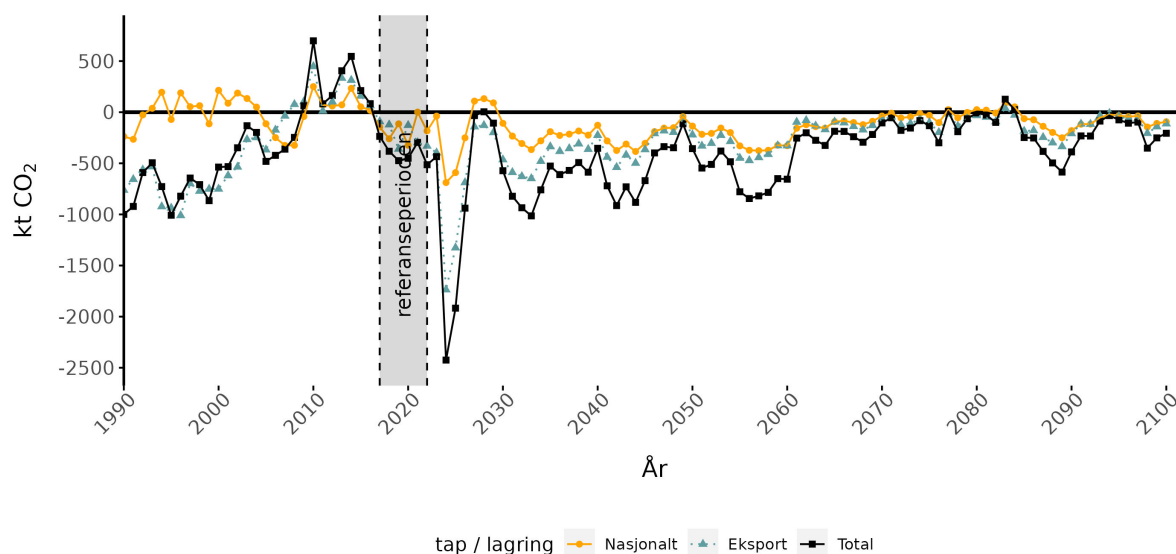
Figur 25. Utslipp av lystgass og metan fra arealbrukskategoriene samla (omregnet til CO₂-ekvivalenter).

3.2.7 Framskrivninger for treprodukter

Netto årlig endring (tap/lagring) for karbon i treprodukter under klimakonvensjonen er vist i Figur 25. Dataene bak Figur 25 er gitt i Vedlegg 2.

Den viktigste faktoren som forårsaket netto årlig tap totalt fra 2010–2020 var nedgang i eksport av papir- og kartongprodukter som følge av nedleggelse av papirfabrikker. Treprodukter rapporteres som nasjonalt forbruk samt eksport fra nasjonal produksjon av de tre produktkategoriene (trelast, trebaserte plater, papir- og kartongprodukter). Når for eksempel massevirke ikke brukes til nasjonal papirproduksjon, men eksporteres, inkluderes det ikke i Norges karbonlager i treprodukter. Om det rapporteres i klimagassregnskapet i importlandet eller ei, avhenger av hvilke produkter som produseres av massevirket, samt hvilken rapporteringsmetodikk importlandene bruker. Utslaget i 2009 var forårsaket av resesjonen, og var hovedsakelig grunnet reduksjon i nasjonalt forbruk av trelast. Trendene i perioden 1961–2014 er beskrevet i mer detalj i Alfredsen mfl. (2017) og for perioden 1961–2019 i Alfredsen mfl. (2022).

For framskrivningen ser vi store variasjoner mellom år som følge av variasjoner i hogstvolum, men hovedsakelig gir framskrivningen årlig netto lagring. For nasjonalt forbruk er det trelast som bidrar til de største svingningene mellom år (også det største volumet), mens for eksport er det papir- og kartongprodukter som bidrar til de største svingningene.



Figur 26. Årlig netto endring (tap/lagring) i kt (1000 tonn) CO₂ for treprodukter beregnet som under klimakonvensjonen. Inkluderer alle arealer. Referanseperioden 2017–2022, brukt for fordeling på produktkategorier, er illustrert i grått. Dataene bak figuren er gitt i vedlegg.

Utslaget i 2023 skyldes en kombinasjon av ulike faktorer:

Det er i all hovedsak forårsaket av endringen i eksportvolumet av papir- og kartongprodukter ved overgangen fra historiske tall til framskrivningstall.

Aktivitetsdata for papir- og kartongprodukter for 2023 ligger 1 113 012 m³ over 2022-verdien. Dette som en effekt av at hogsttallene går kraftig opp i framskrivningene, særlig i 2023. Framskrivningen av eksporten av papir- og kartongprodukter er trolig også noe overestimert fordi vi bruker 2017–2022 som referanseperiode og produksjonsvolumene har en synkende tendens fram mot 2022.

Fordi halveringstiden (*eng.* half-life) er 2 år på papir- og kartongprodukter, ser man effekt av hogstvolum raskt.

4 Framskrivninger for bokføringskategorier under EUs rammeverk for klima og energi

I dette kapitlet presenteres framskrivninger i tråd med forordning 2018/841 av 30. mai 2018 (European Union 2018) om inkludering av utslipp og opptak av klimagasser i sektoren for skog og annen arealbruk i 2030-rammeverket for klima og energi, slik som oversatt og beskrevet i EØS-notat datert 5.4.2019⁸.

Følgende bokføringskategorier/landarealer inngår:

Påskoging (arealer konvertert fra dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal, og annen utmark til skog)

Avskoging (arealer konvertert fra skog til dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal, og annen utmark)

Forvaltet dyrka mark (dyrka mark som fortsatt er dyrka mark, og arealer konvertert fra beite, vann og myr, utbygd areal, annen utmark til dyrka mark, og dyrka mark konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark)

Forvaltet beite (beite som fortsatt er beite, og arealer konvertert fra dyrka mark, vann og myr, utbygd areal og annen utmark til beite og beite konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark).

Eksisterende, forvaltet skog (skog som fortsatt er skog)

Forvaltet vann og myr (frivillig i første femårsperiode, men vi har lagt det inn i framskrivningene for hele perioden)

Kun forvaltede arealer inngår. For de fem første bokføringskategoriene er alt areal forvaltet, mens for arealbrukskategorien «vann og myr» så vil det være torvuttak og grøfta myr som inkluderes (ikke uberørt myr, vann og vassdrag per i dag). Åpne og glissent tresatte arealer med vegetasjonsdekke i utmark (kun mineraljord) er definert som beite og forvaltet under konvensjonen og derfor er inkludert under EUs bokføringskategori som «forvaltet beite».

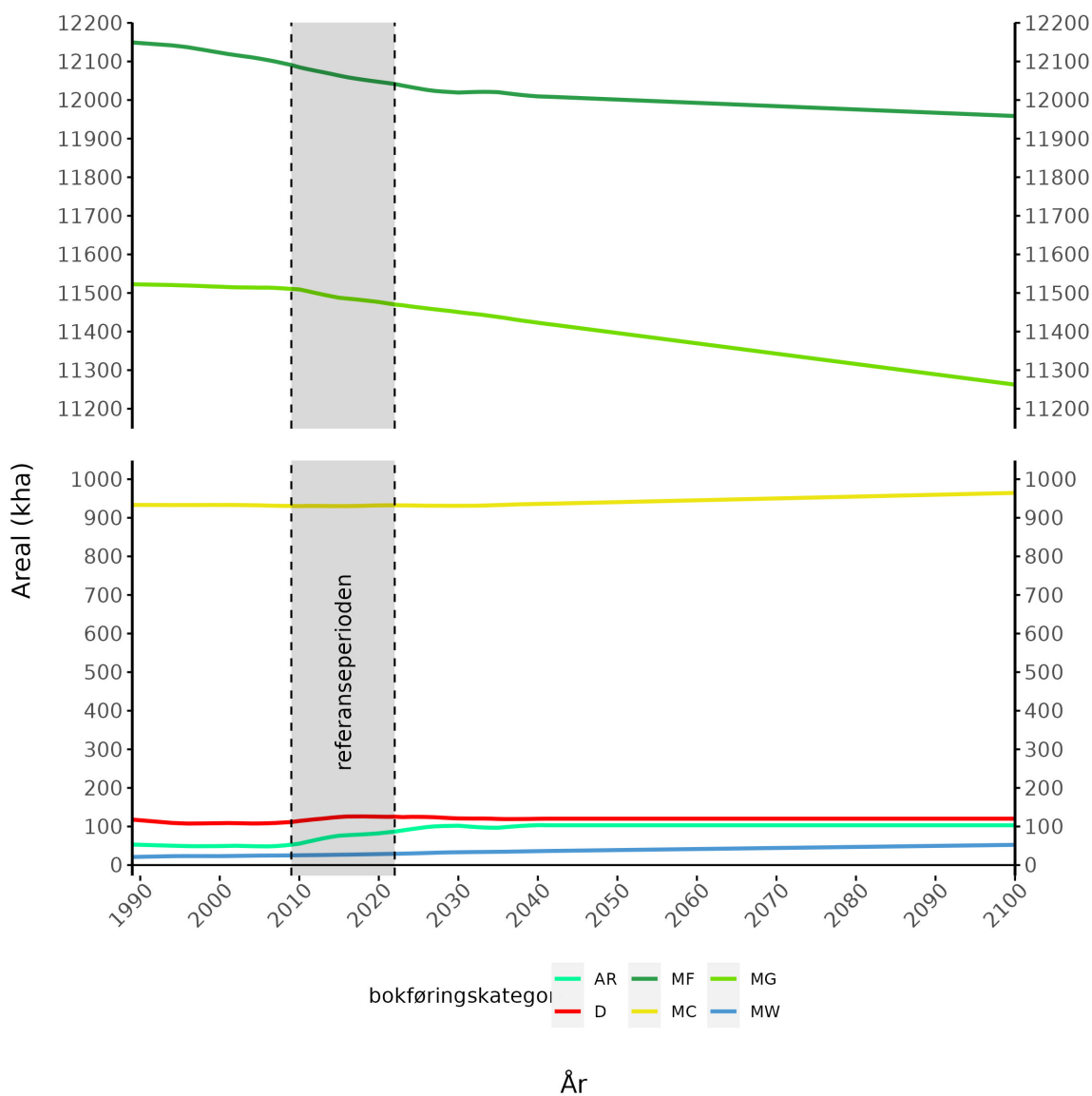
Videre er det presisert at ved arealbruksendring skal arealene være i en overgangskategori i 20 år, og deretter overføres til en gjenværende kategori.

Treprodukter bokføres for påskoging og forvaltet skog.

⁸ <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/okt/lulucf-forordningen/id2525483/>

4.1 Framskrivning av arealutvikling

Det er en nedgående trend i arealet for forvaltet skog og forvaltet beite. For forvaltet skog skyldes det i hovedsak at avskoging, der skog endres til utbygd areal og til jordbruksformål, er høyere enn arealet som kommer til gjennom påskoging. For forvaltet beite er påskoging der beitearealer går over til skog, samt endring til utbygd areal, årsaker.



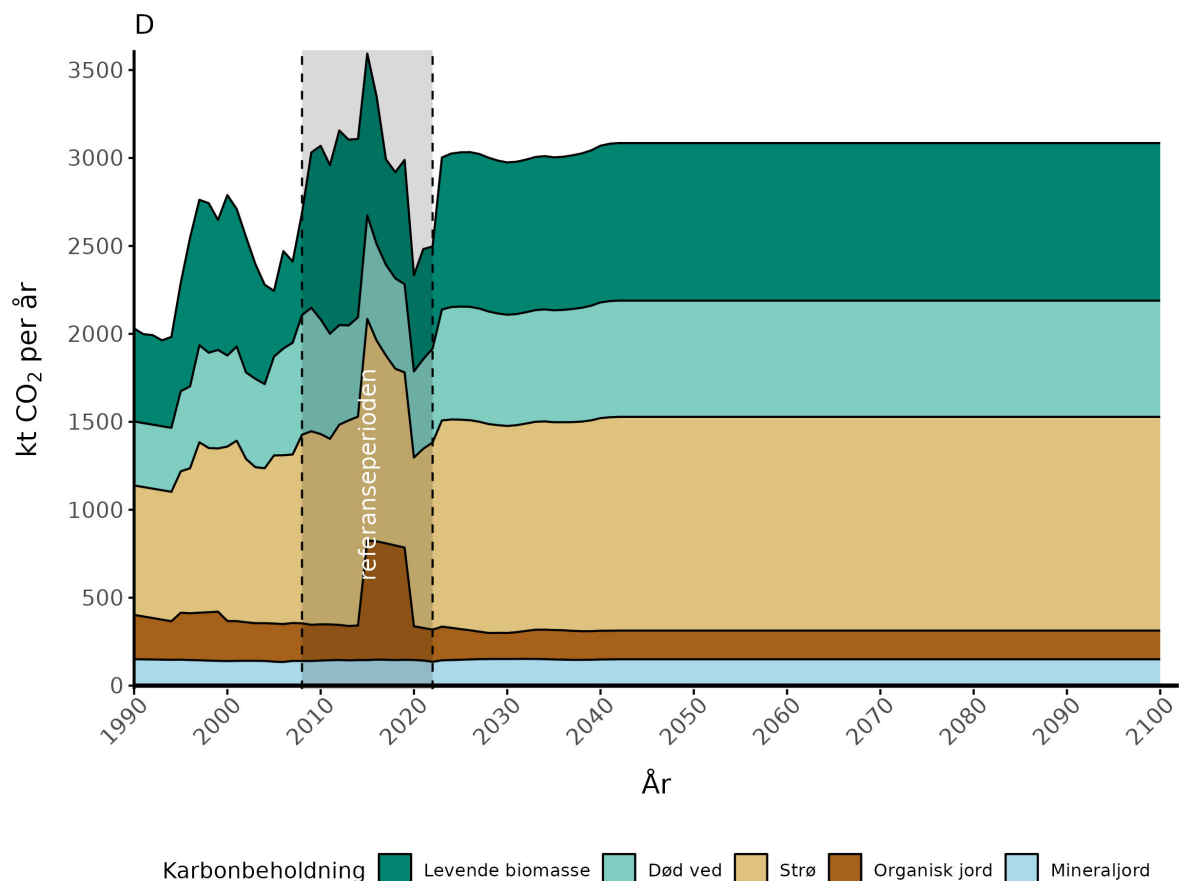
Figur 27. Utvikling i arealer under EUs bokføringskategorier: påskoging (AR, turkis), avskoging (D, rød), forvaltet skog (MF, mørk grønn), forvaltet dyrka mark (MC, gul), forvaltet beite (MG, lys grønn), og forvaltet vann og myr (MW, blå) fra 1990 til 2100 (tall for perioden 1990–2022 som rapportert i klimagassregnskapet fra 2024).

4.2 Avskoging (Deforested land)

Avskoging er under EUs LULUCF-forordning 2018/841 av 30. mai 2018 (European Union 2018) definert som arealer konvertert fra skog til dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark; det vil si alt areal som endres fra skog til annen arealbruk. For avskoging er referanseverdi 0 (null), det vil si at hele opptaket/utslippet i denne bokføringskategorien bokføres i forpliktelsesperioden. Dette er en såkalt "brutto-netto" tilnærming.

I følge LULUCF forordningen skal landene *"account for emissions and removals resulting from ... deforested land, as being the total emissions and total removals for each of the years in the periods from 2021 to 2025 and from 2026 to 2030"*.

Utviklingen i årlig opptak og utslipp av karbon (vist i CO₂) er vist i Figur 27. Sum netto utslipp av CO₂ og av N₂O og CH₄ for de to forpliktelsesperiodene (omregnet til CO₂-ekv.) er vist Tabell 16. Historiske tall fra klimagassregnskapet vil vise store årlige variasjoner pga. umiddelbart tap av karbonbeholdningene for levende biomasse, død ved, strø, og organisk jord (for overganger til infrastruktur utbygd arealer) i enkelte år. I framskrivingen brukes implisitte utslippsfaktorer som fanger gjennomsnitt over referanseperioden 2009–2022. Derfor vil det årlige utslippet være stabilt i framskrivning gitt en fast trend i avskoging etter dagens politikk.



Figur 28. Netto årlig utslipp av CO₂ fra de ulike karbonbeholdningene fra avskoging under EUs LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018). Det er ikke opptak fra avskoging.

Tabell 16. Summen av årlig netto utslipp av CO₂ (alle karbonbeholdninger) samt N₂O og CH₄ (i CO₂-ekv.) og summen av disse for årene 2021–2025 slik det vil kunne bli rapportert under EUs LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018). Tallen bak summene ligger i Excel vedlegg.

Drivhusgass	2021–2025
CO ₂	14 039
N ₂ O, CH ₄	166
Total	14 205

Arealene vil gå over til nye gjenværende kategorier etter overgangsperioden på 20 år.

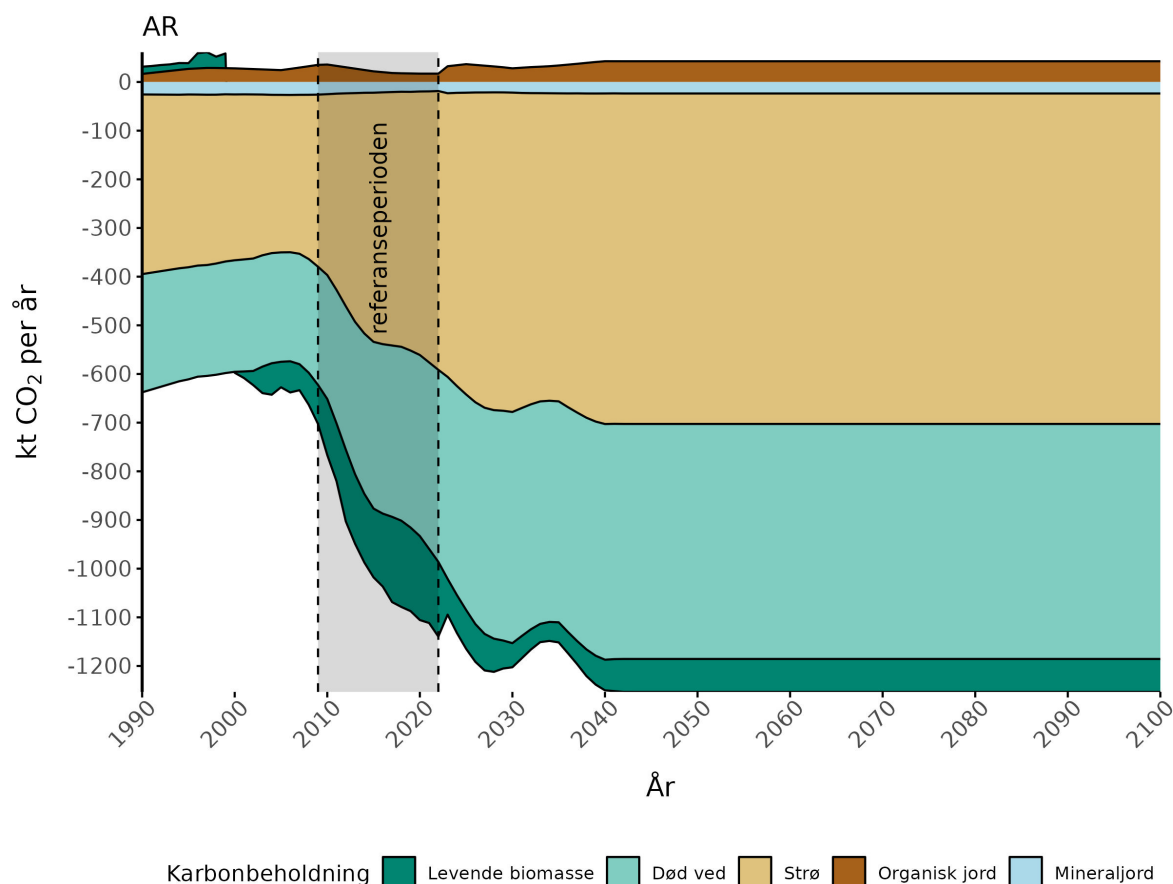
4.3 Påskoging (Afforested land)

Påskoging er under EUs LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018) definert som arealer konvertert fra dyrka mark, beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark til skog. Dette inkluderer aktiv planting av skog på nye arealer, men også gjengroing av jordbruksarealer og arealer i utmark på grunn av redusert bruk eller andre forhold. Treprodukter fra påskoging er også inkludert. For påskoging er referanseverdi 0 (null), det vil si at hele opptaket/utslippet i denne bokføringskategorien bokføres i forpliktelsesperioden. Dette er en såkalt "brutto-netto"-tilnærming.

Tilsvarende som for avskoging skal landene: *“account for emissions and removals resulting from afforested land ..., as being the total emissions and total removals for each of the years in the periods from 2021 to 2025 and from 2026 to 2030.”*

Det benyttes en 20-års overgangsperiode før arealene går over i forvaltet skog.

Utviklingen i årlig opptak og utslipp av karbon (vist i CO₂ og uten treprodukter) er vist i Figur 28, mens sum netto utslipp av CO₂ og av N₂O og CH₄ (omregnet til CO₂-ekv.) er vist i Tabell 17.



Figur 29. Netto årlige utslipp og opptak fra påskogingsarealer under EU-bokføring. Utslipp er fra drenert organisk jord. Drenering av myr for skogproduksjon ble forbudt fra 2006, men ved etablering av skog på for eksempel dyrka mark og beite på drenert organisk jord vil det allikevel komme inn nytt areal med skog på drenert organisk jord. Figuren inkluderer ikke treprodukter.

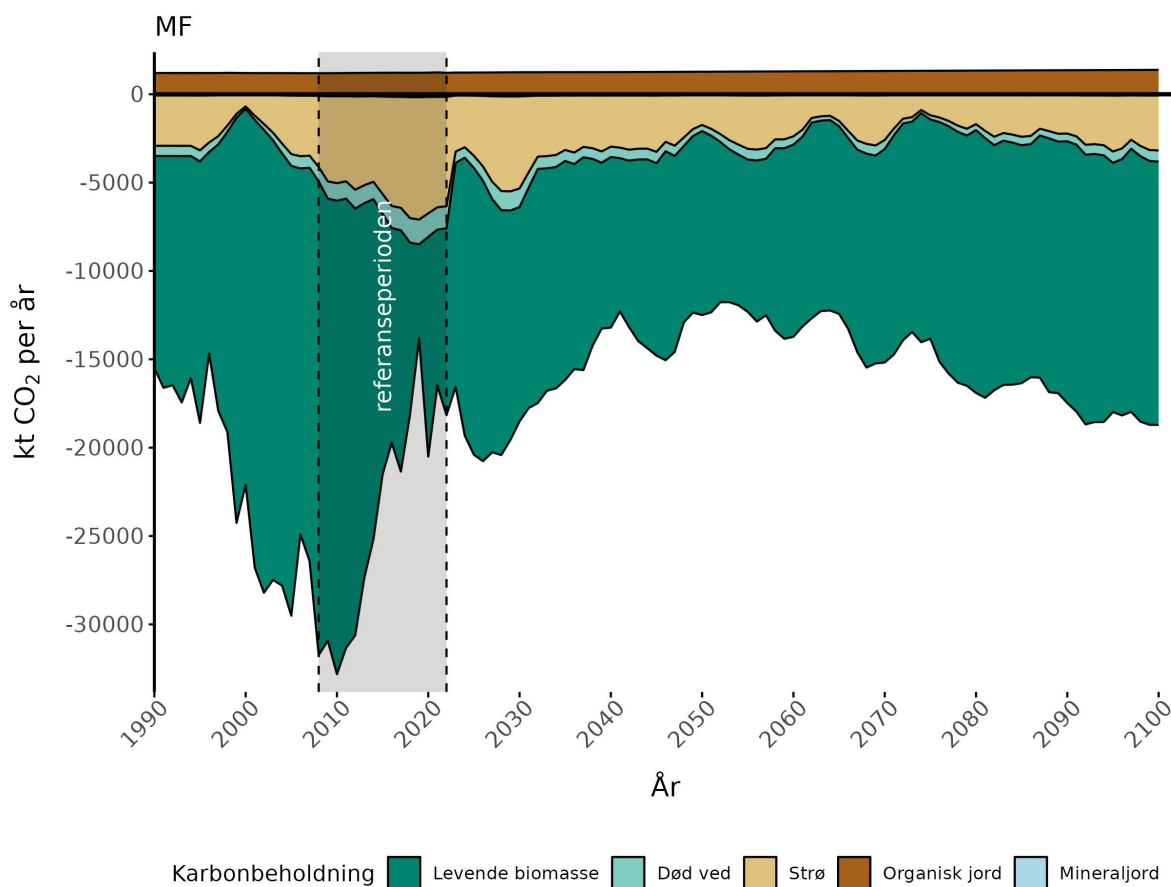
Tabell 17. Summen av årlig netto utslipp av CO₂ (alle karbonbeholdninger og treprodukter) samt N₂O og CH₄ (i CO₂-ekv.) og summen av disse for årene 2021–25 slik det vil kunne bli rapportert under EUs LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018). Tallen bak summene ligger i Excel vedlegg.

Drivhusgass	2021–2025
CO ₂	-5 522
N ₂ O, CH ₄	24
Total	-5 498

4.4 Eksisterende, forvaltet skog (Managed forest land)

Opptak fra for eksisterende forvaltet skog er presentert i Figur 29, og viser utviklingen basert på framskrivningene gjort under konvensjonsregelverket for gjenværende skog og med dagens politikk lagt til grunn (se kapittel 2.6). I motsetning til de andre EU-bokføringskategoriene må flere av karbonbeholdningene for forvaltet skog sammenlignes med en framoverskuende referansebane for forvaltet skog (*eng.* Forest Reference Level, FRL). Referansebanen er en framskriving av skogens levende biomasse basert på referanse perioden 2000–2009. Og fordi estimer for død ved, strø, og mineraljord (fra Yasso07) og treprodukter er koblet til estimatene for levende biomasse, så er de også estimert i referansebanen. For andre kilder fra forvaltet skog som drenert organisk jord, skogbrann, N-mineralisering, og N-gjødsling brukes det et gjennomsnitt av utslippet fra 2000–2009. Gapet mellom

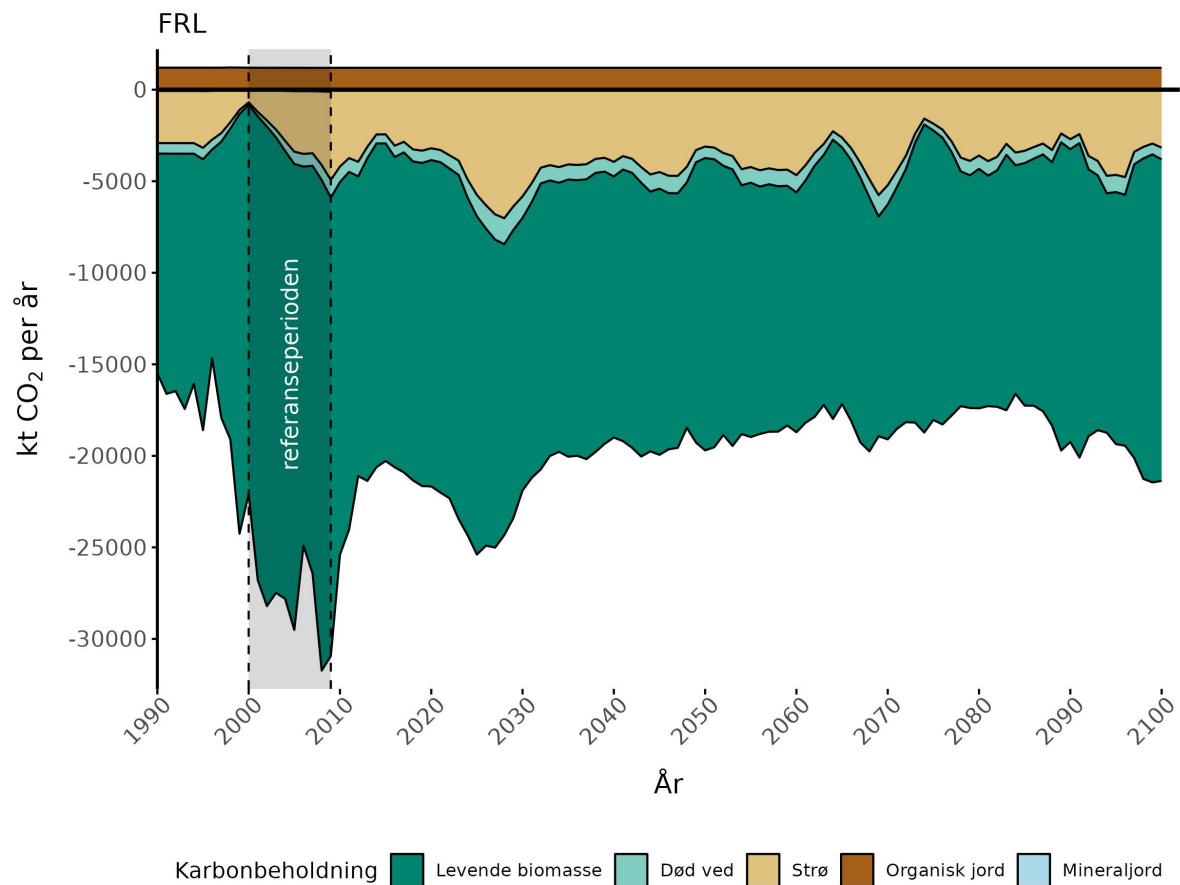
framskrivningen etter dagens politikk og referansebanen brukes i bokføringen av utslipp/opptak for forvaltet skog i den første forpliktelsesperioden (2021–2025).



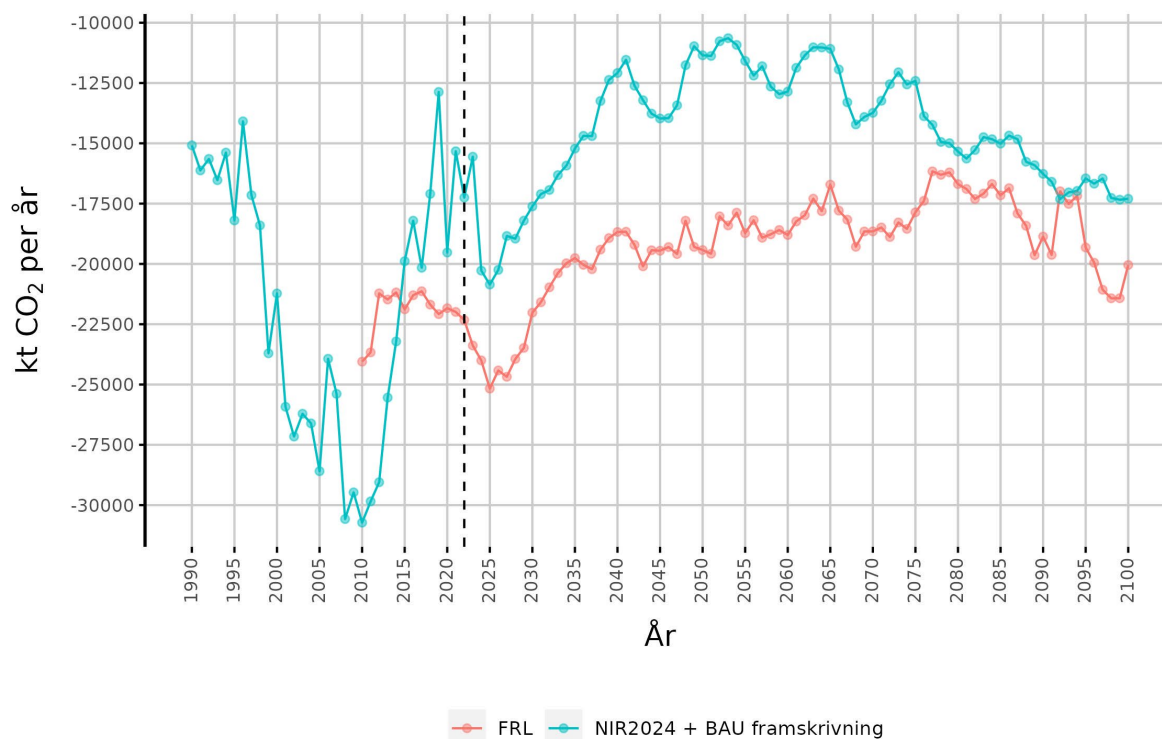
Figur 30. Netto utslipp/opptak i ulike karbonbeholdninger (kt CO₂ per år) i eksisterende, forvaltet skog med 20-års regel for påskoging basert på framskrivningen presentert i denne rapporten. Som illustrert i denne figuren er det en annen referanseperiode enn den framoverskuende referansebane (2000–2009), slik at politikk implementert etter den perioden er inkludert.

Norge har levert inn en framoverskuende referansebane for forvaltet skog i Norges bokføringsplan, innsendt i november 2020 (Klima- og miljødepartementet 2020). Men på grunn av oppdatert metodikk for Yasso07 modellen brukt i klimagassregnskapet, oppdatert RCP4.5 klimamodell datasett, og oppdatert datasett fra Landskogstakseringen, så kan ikke referansebanen fra bokføringsplanen 2020 sammenlignes med dagens framskrivninger. EUs LULUCF-forordning 2018/841 av 30. Mai 2018, sier i Art. 8(11) at «*In order to ensure consistency as referred to in paragraph 5 of this Article, Member States shall, where necessary, submit to the Commission technical corrections not requiring amendments to the delegated acts adopted pursuant to paragraph 8 or 9 of this Article by the dates referred to in Article 14(1).*» Datoen det refereres til i Art. 14(1) er 15. Mars 2027, hvor «*Member States shall submit to the Commission a compliance report containing the balance of total emissions and total removals for the relevant period on each of the land accounting categories specified in Article 2, using the accounting rules laid down in this Regulation.*».

En oppdatert framoverskuende referansebane for forvaltet skog ble derfor produsert (se Figur 30). Den bygger på akkurat de samme forutsetningene som ble lagt til grunn i bokføringsplanen fra 2020, men inkluderer oppdaterte datasett og beregningsmetodikker fra det nasjonale klimagassregnskapet.



Figur 31. Netto utslipp/opptak i ulike karbonbeholdninger (kt CO₂ per år) fra Norges framoverskuende referansebane for forvaltet skog. Historisk data fra klimagassregnskapet publisert i 2024 er presentert fra 1990–2009, og referansebanen fra 2010–2100. Referansebanen bruker 2000–2009 som referanseperioden.



Figur 32. Sammenligning av oppdatert framoverskuende referansebane (FRL) (2010–2100) med rapporterte tall fra klimagassregnskapet (NIR 2024, 1990–2022) og ny framskrivning (2023–2100) for forvaltet skog under dagens praksis (Business-As-Usual, BAU). Her inkluderes alle kilder bokført under forvaltet skog (se Tabell 24).

Tabell 18. Summen av årlige utslipp og opptak utslipp/opptak av CO₂ (alle karbonbeholdninger og treprodukter) og utslipp av N₂O og CH₄ (i kt CO₂-ekv.) for perioden 2021–2025 for eksisterende forvaltet skog fra referansebanen i bokføringsplanen fra 2020, oppdatert framoverskuende referansebane, og framskrivningen med dagens politikk. Differensen mot referansebanen er presentert for eksisterende forvaltet skog slik det vil kunne bli rapportert under EUs LULUCF-forordning 2018/841 for den første forpliktelsesperioden. Tall bak summene ligger i Vedlegg 2.

Drivhusgass	Referansebane 2021-2025 (fra 2020 bokføringsplan)	Endring	Oppdatert referansebane 2021-2025	Dagens praksis, framskrivning 2021-2025
Total (CO ₂ , N ₂ O, CH ₄)	-130 425	13 555	-116 870	-89 269
Differanse				27 601

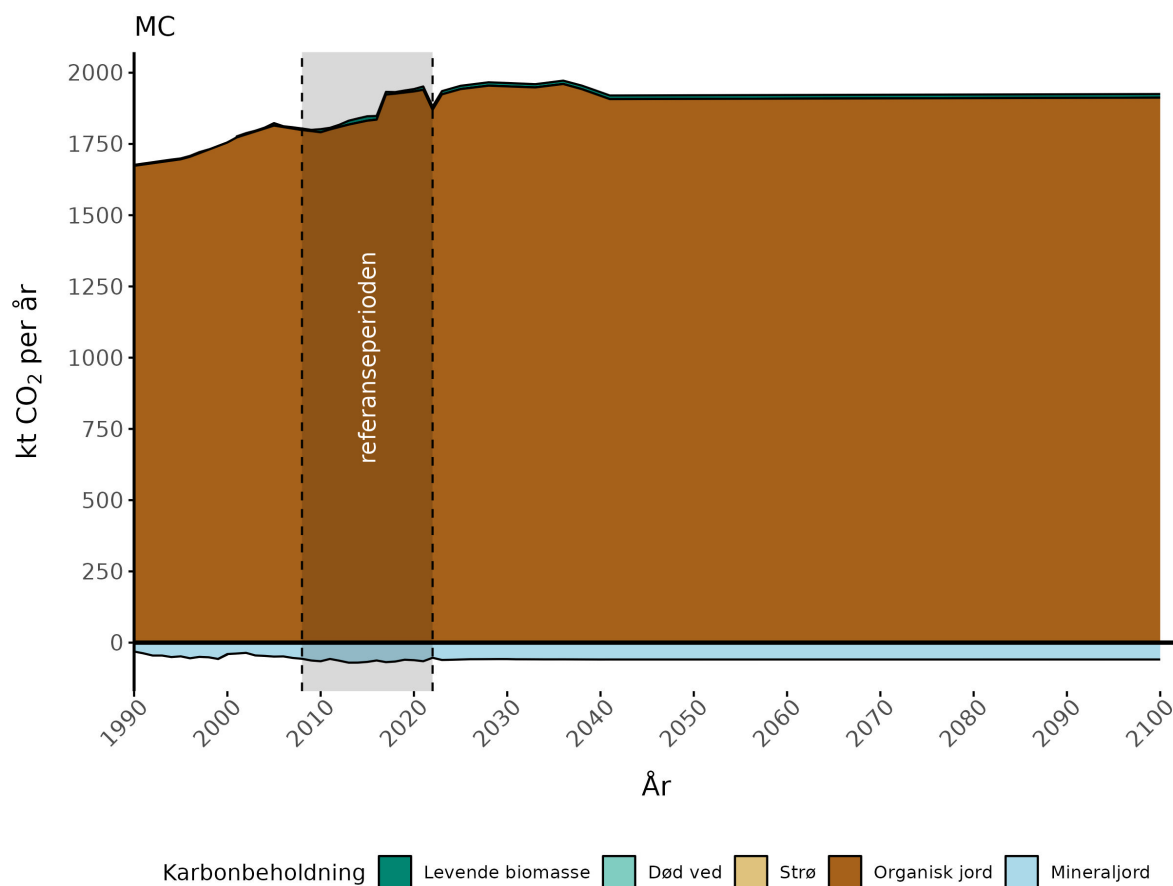
Se kapittel 5.4 for mer utfyllende drøfting av forskjeller mellom referansebaner og framskrivninger.

4.5 Forvaltet dyrka mark (Managed cropland)

Bokføringskategorien forvaltet dyrka mark er definert som dyrka mark som fortsatt er dyrka mark, og arealer konvertert fra beite, vann og myr, utbygd areal og annen utmark til dyrka mark, og dyrka mark konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Utviklingen i årlig netto utslipp for ulike karbonbeholdninger er vist i Figur 32.

EUs LULUCF-forordning 2018/841 Article 7 sier at «Each Member State shall account for emissions and removals resulting from managed cropland calculated as emissions and removals in the periods from 2021 to 2025 and from 2026 to 2030 minus the value obtained by multiplying by five the Member State's average annual emissions and removals resulting from managed cropland in its

base period from 2005 to 2009.” Basert på det som ble rapportert i klimagassregnskapet fra 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024) og denne framskrivningen ble sum netto utslipp av CO₂ og av N₂O og CH₄ (omregnet til CO₂-ekv.) og differansen relativt til 2005–2009 perioden vist i Tabell 19. Oppsummert EU bokføring for perioden 2021–2025 er vist i Tabell 22.



Figur 33. Utviklingen i årlig netto utslipp for ulike karbonbeholdninger for forvaltning av dyrka mark. Referanseperioden som er angitt er den som danner grunnlag for framskrivningen. Måloppnåelse sammenliknes med nivået i perioden 2005 – 09.

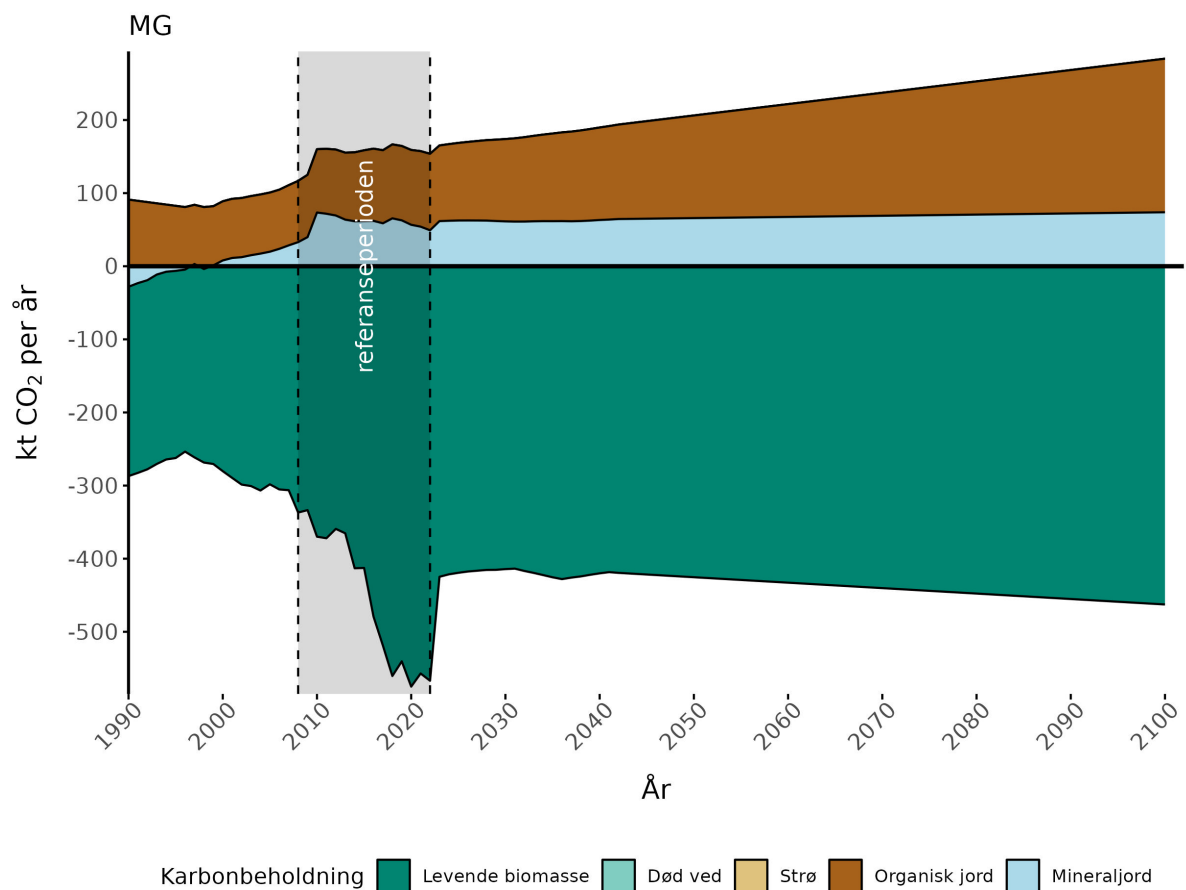
Tabell 19. Summen av årlige utslipp av CO₂ (alle karbonbeholdninger) og utslipp av N₂O og CH₄ (i CO₂-ekv.), samt summen av disse, for henholdsvis årene 2005–2009, 2021–2025, og 2026–2030, og differensen mot 2005–2009 perioden slik det vil kunne bli rapportert under EUs LULUCF-forordning 2018/841. Forvaltet dyrka mark tall bak summene ligger i Vedlegg 2.

Drivhusgass	2005–2009	2021–2025
CO ₂	8 777	9 369
N ₂ O, CH ₄	509	530
Total	9 286	9 898
Differanse		613

4.6 Forvaltet beite (Managed grassland)

Forvaltet beite er definert som beite som fortsatt er beite, og arealer konvertert fra dyrka mark, vann og myr, utbygd areal og annen utmark til beite og beite konvertert til vann og myr, utbygd areal og annen utmark. Utviklingen i årlig netto utslipp for ulike karbonbeholdninger er vist i Figur 33.

EUs LULUCF-forordning 2018/841 Article 7 sier at «*Each Member State shall account for emissions and removals resulting from managed grassland calculated as emissions and removals in the periods from 2021 to 2025 and from 2026 to 2030 minus the value obtained by multiplying by five the Member State's average annual emissions and removals resulting from managed grassland in its base period from 2005 to 2009.*» Basert på det som ble rapportert i klimagassregnskapet fra 2024 (Miljødirektoratet mfl., 2024) og denne framskrivningen ble sum netto utslipp av CO₂ og av N₂O og CH₄ (omregnet til CO₂-ekv.) og differansen relativt til 2005–2009 perioden vist i Tabell 20. Oppsummert EU-bokføring for perioden 2021–2025 er vist i Tabell 22.



Figur 34. Utviklingen i årlig netto utslipp for ulike karbonbeholdninger under forvaltning av beitearealer. Referanseperioden som er angitt er den som danner grunnlag for framskrivningen. Måloppnåelse sammenliknes med nivået i perioden 2005 – 09.

Tabell 20 Summen av årlig netto utslipp av CO₂ (alle karbonbeholdninger) samt N₂O og CH₄ (i CO₂-ekv.) og summen av disse for årene 2021–2025 slik det vil kunne bli rapportert under EUs LULUCF-forordning 2018/841 (European Union 2018). Tallen bak summene ligger i Excel vedlegg.

Drivhusgass	2005–2009	2021–2025
CO ₂	-1 022	-1577
N ₂ O, CH ₄	71	102
Total	-951	-1475
Differanse		-524

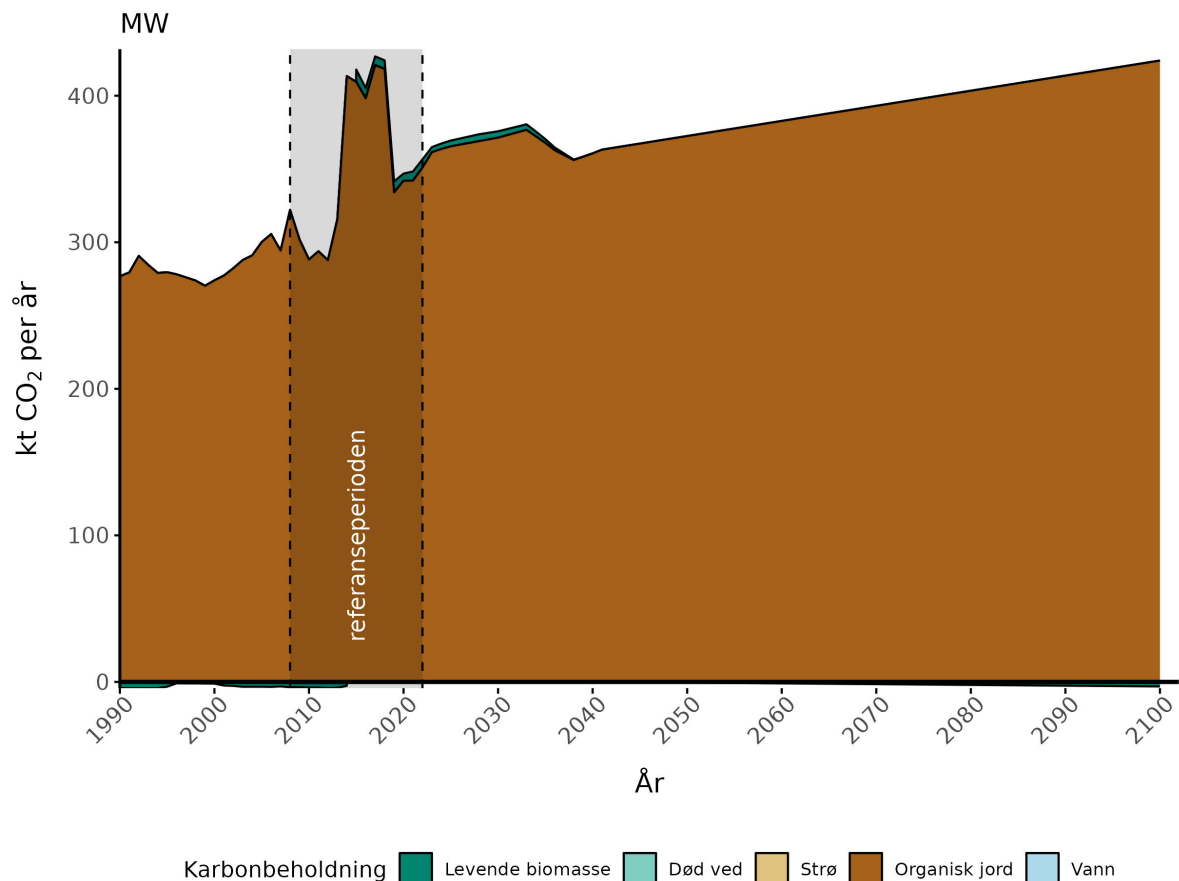
4.7 Forvaltet våtmark (Managed wetland)

Forvaltet våtmark er definert som arealbrukskategorien vann og myr som fortsatt er vann og myr (gjenværende), og utbygd areal og annen utmark konvertert til vann og myr, og vann og myr konvertert til utbygd areal og annen utmark. Vi har lagt til grunn at forvaltet «vann og myr» er det som i dag er definert som forvaltet i denne arealbrukskategorien; torvuttak, grøfta myr og demninger («flooded lands»). Det rapporteres ikke opptak eller utslipp knyttet til demninger i det nasjonale klimagassregnskapet per i dag (rapporteres som «ikke estimert»), så i dagens regnskap er utslipp fra torvuttak og grøfta myr de utslippene som rapporteres fra forvaltet vann og myr.

Vi har i framskrivningene lagt til grunn at de siste ti års data fra klimagassregnskapet publisert i 2024 ekstrapoleres videre, og at arealet dermed holdes konstant og gjennomsnittlig produksjon vil ligge på samme nivå. Utslipet fra arealene vil være konstant så lenge arealet er konstant (og det rapporteres som et konstant areal gjennom hele tidsperioden rapportert i klimagassregnskapet 2024; 1990 – 2024). Utslipp fra produksjon (høsting av torv) vil ha naturlig årlige variasjoner grunnet væravhengig høsting.

EUs LULUCF-forordning 2018/841 Article 7 sier at “... all Member States during the period from 2026 to 2030, shall account for emissions and removals resulting from managed wetland, calculated as emissions and removals in the respective periods minus the value obtained by multiplying by five the Member State’s average annual emissions and removals resulting from managed wetland in its base period from 2005 to 2009.”

Forvaltet våtmark er frivillig i første femårsperiode. Men land som ikke velger å inkludere forvaltet våtmark i sin bokføring i den første femårsperioden, skal likevel rapportere utslipp og opptak fra denne kategorien. Vi har derfor ikke beregnet gap for denne kategorien, men historisk og framskrevet utslipp for torvuttak og grøfta myr er gjengitt i Figur 35. Utslipp av N₂O og CH₄ kommer i tillegg.

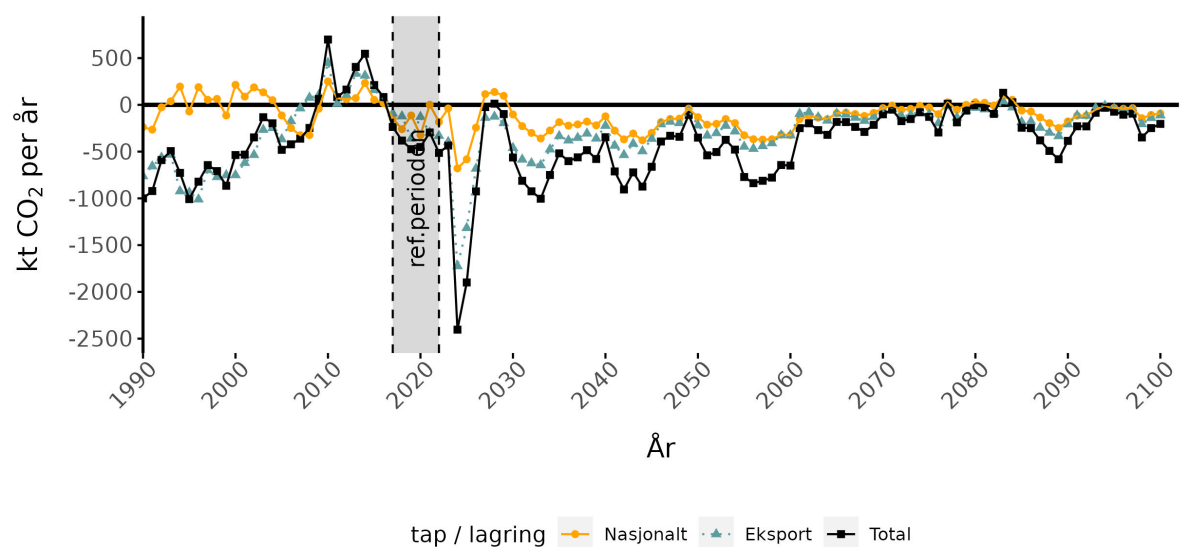


Figur 35. CO₂-utslipp fra bokføringskategorien forvaltet vann og myr. Alt utslipp som rapporteres her er relatert til torvuttak og grøfta myr. CO₂-utslipp beregnes som utslipp fra arealet for arealer drenert for torvuttak og for myrarealer som er grøfta, og som utslipp fra produksjonen i form av umiddelbar oksidasjon i det torva høstes (tas ut av myra). Høstingen er væravhengig, og det er derfor til dels store årlige variasjoner i den historiske perioden. Referanseperioden som er angitt er den som danner grunnlag for framskrivningen.

4.8 Treprodukter (HWP)

Netto årlig karbonendring (tap/lagring) for treprodukter i bruk under EUs LULUCF forordning er illustrert i Figur 35. Her inkluderes ikke tømmer fra avskogingshogst. Det er noe hogst på påskogingsarealer⁹, og det er inkludert. Figur 35 er svært lik Figur 25 siden bidraget fra hogst fra avskogingsarealer er lavt. Dataene bak Figur 35 er gitt i Vedlegg 2.

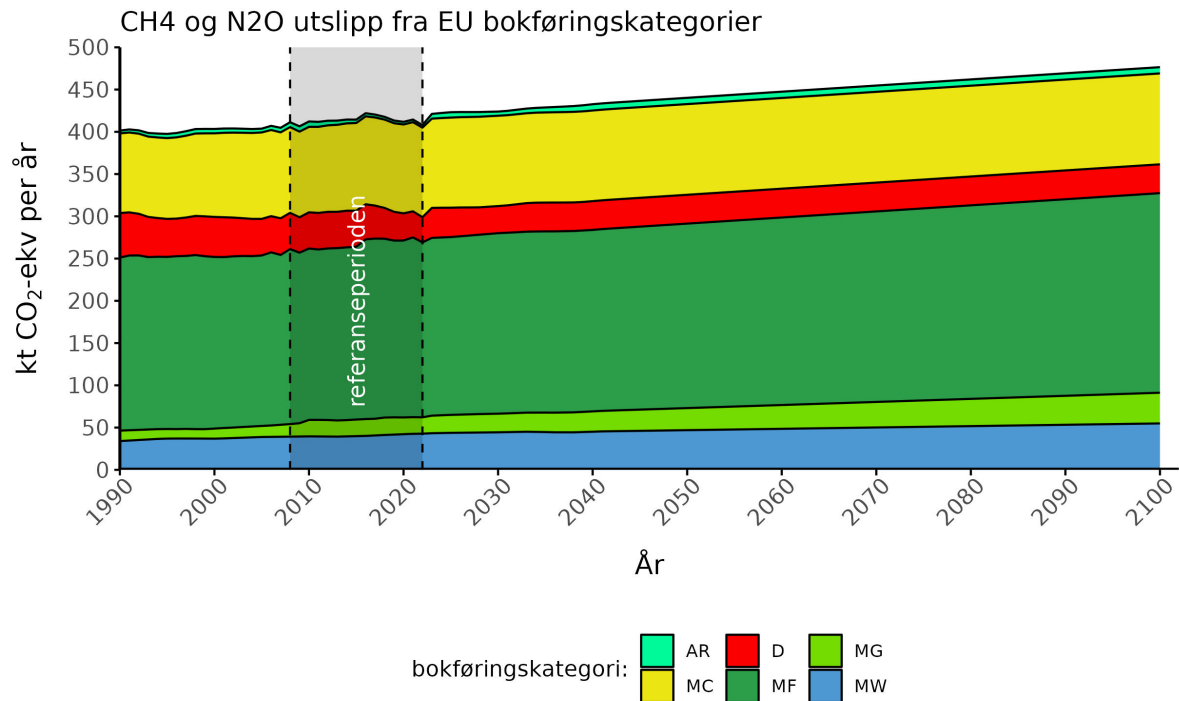
⁹ Arealer rapporteres under påskoging de første 20 år etter arealbruksendring. Det vil si at denne skogen ikke blir hogstmoden før den endres til forvaltet skog (nedre aldersgrense for h.kl. V er fra 60 til 120 år). På de beste bonitetene er 20 år nedre aldersgrense for h.kl. III, det vil si at skogen i all hovedsak heller ikke vil ha vokst nok til å være klar for tynning. Men det er noe hogst av eldre trær som sto på arealene før overgang.



Figur 36. Årlig netto endring (tap/lagring) i 1000 tonn (kt) CO₂ for treprodukter under EUs LULUCF forordning. Det rapporteres ikke for treprodukter fra avskogingshogst. Det er noe hogst på påskogingsareal, og dette er inkludert. Referanseperioden 2017–2022 illustrert i grått. Dataene bak figuren er gitt i Vedlegg 2.

4.9 Utslipp av N₂O og CH₄ for de ulike bokføringskategoriene

Årlig utslipp av N₂O og CH₄ fordelt på bokføringskategorier under EUs LULUCF-forordning 2018/841 er vist i Figur 36.



Figur 37. Årlig utslipp av N₂O og CH₄ fordelt på bokføringskategorier under EUs LULUCF-forordning 2018/841: Påskoging (AR, turkis), avskoging (D, rød), forvaltet skog (MF, mørkegrønn), forvaltet dyrka mark (MC, gul), forvaltet beite (MG, lysgrønn), og forvaltet vann og myr (MW, blå).

4.10 EUs målsetning om netto null utslipp for arealbrukssektoren

EUs regelverk for arealbrukssektoren regulerer hvor mye av det faktiske opptaket og utslippene fra de ulike bokføringskategoriene som skal telle med i vurderingen av om utslippsforpliktelsen for sektoren er oppfylt. EUs LULUCF-forordning pålegger hver stat å sikre at utslippene fra sektoren ikke overstiger opptaket av CO₂ (netto null utslipp) basert på disse regnereglene. Vi har lagt utslippstall rapportert i klimagassregnskapet 2024 (Miljødirektoratet mfl. 2024) til grunn, og sammenliknet med utslippstall i denne framskrivningen for bokføringskategoriene påskoging, avskoging, forvaltet dyrka mark og beite (Tabell 22). Da vil både referansenivå og framskrivningstall være basert på samme data- og metodiske grunnlag. For eksisterende, forvaltet skog bruker vi den godkjente framoverskuende referansebanen fra 2020 (Klima- og miljødepartementet 2020), men oppdatert med metodeforbedringer fra klimagassregnskapet og nyeste datasett (se kapittel 4.4).

Gapet mot netto-null målet har økt sammenliknet med framskrivningen utført i 2022 (Mohr mfl. 2022). Med oppdaterte tall så viser denne framskrivningen et årlig gap på 7,3 mill. tonn CO₂-ekv., mot 6,7 mill. tonn CO₂-ekv. årlig basert på framskrivningen i 2022 (Tabell 22).

Tabell 21. Tilnærming til hvordan Norges bokføring for perioden 2021–2025 kan se ut når en legger utslippstall rapportert i klimagassregnskapet til grunn, og sammenlikner med utslippstall i framskrivningen for bokføringskategoriene påskoging, avskoging, eksisterende forvaltet skog, forvaltet dyrka mark og beite. Tall i kt CO₂-ekv. (kt = 1000 tonn). Bokføringstall basert på framskrivning og revidert framoverskuende referansebane fra Mohr mfl. (2022) og denne rapporten.

Bokføringskategori	Framskrivning 2022	Framskrivning 2024
Påskoging	-5 352	-5 498
Avskoging	14 424	14 205
Forvaltning dyrka mark	291	613
Forvaltning beite	365	-524
Eksisterende, forvaltet skog	23 940	27 601
SUM	33 669	36 396

5 Diskusjon

I denne rapporten presenteres en framskrivning av utviklingen i arealbrukssektoren basert på dagens politikk. Framskrivningene er utelukkende basert på trender i historiske data, og tar ikke innover seg framskrevet utvikling i andre sektorer¹⁰. Framskrivningene viser følgelig hvordan det kan se ut framover dersom utviklingen fortsetter slik den var i perioden 2009–2022 som er brukt som referanseperiode. Endringer i politikk, som for eksempel innføring av forbud mot bygging på myr eller torvuttak, eller endringer i tilskuddene knyttet til skogkultur, vil kunne ha direkte innvirkning på utviklingen i utslippsnivåene. Viktige endringer som påvirket arealbruksendringer, som forbud mot drenering av myr for skogproduksjon, trådte i kraft før 2007. Mens andre endringer, som konjunktursvingninger, økt etterspørsel som følge av andre sektors behov for biomasse for å nå sine klimamål vil kunne ha indirekte effekter gjennom å påvirke etterspørsel etter treprodukter eller press på nye arealer for utbygging. Det lå ikke inne i oppdraget å se på effekter av endringer i ytre faktorer.

5.1 Usikkerhet

Det vil alltid hefte en viss usikkerhet med framskrivninger som presentert her. Dels vil det være usikkerhet knyttet til aktivitetsdata og beregningsmetodikk som benyttes. Det er benyttet samme metodikk som i det nasjonale klimagassregnskapet så langt som det er mulig, og usikkerhet knyttet til aktivitetsdata og metodikk i det nasjonale klimagassregnskapet er beskrevet i National Inventory Report (NIR) som følger med regnskapet hvert år. Men det vil i tillegg være usikkerhet knyttet til metodikken som er brukt for framskrivninger, for eksempel knyttet til valg av referanseperiode.

Perioden 2009–2022 er lagt til grunn som referanseperiode. Ved å velge den siste del av tidsperioden det er rapportert for i det nasjonale klimagassregnskapet som referanseperiode, så vil dagens situasjon fanges bedre opp enn om en legger hele tidsserien (1990–2022) til grunn. Det har vært endringer i arealpolitikk etter 1990 som påvirker arealbruksendringer, men primært før 2009 som er første året i referanseperioden vi har lagt til grunn. Samtidig vil datagrunnlaget bli mindre. Mindre datagrunnlag kan gi rom for mer tilfeldig variasjon i trendene, noe som er særlig påvirker de arealbruksovergangene som har lite omfang (men som dermed også er mindre viktige for utslippsutviklingen). Usikkerheter i arealtrender er presentert i Tabell 2 og Tabell 3.

SiTree simulerer forvaltning av skog der vi kan forsøke å fange dagens praksis ved å bruke en rekke statistikk om gjødsling, planting, hogst, osv. for en gitt referanse periode (2009–2022 i denne framskrivningen). Det eksisterer usikkerheter relatert til ukjente faktorer som påvirker skogforvaltninga og kjente men indirekte faktorer som f.eks. endringer i global import-eksport handel av tømmer og treprodukter. Det er også viktig å være klar over at resultatet er følsomt for hvilket datasett som er lagt til grunn, og hvilken referanseperiode som er benyttet. SiTree fungerer slik at den legger eksisterende, målte trær på Landskogtakseringens prøveflater til grunn (i dette tilfellet trær målt i perioden 2009–2022), og modellerer bestandets videre utvikling med naturlig mortalitet og etablering av nye trær. Tilveksten modelleres på enkelttrenivå for de til enhver tid eksisterende trær på flata. Etablering av nye trær er simulert basert på en referansedatabase for innvoksing av nye trær basert på historiske data fra Landsskogtakseringen (i denne studien er referanseperioden 2009–2022). Et annet datasett (en annen periode fra Landsskogtakseringen), eller en annen tidsperiode som referanse for hogst og innvoksing, vil gi andre tall.

Simuleringene for skog slik de er gjennomført er mest presise på kort sikt (frem mot 2030), men har stor usikkerhet på lang sikt. Ideelt dersom en ønsker gode tall for både kort (klimaforpliktelser) og lang (2100) sikt er å kjøre to ulike typer simuleringer. Skogens vekst og mortalitet i siste periode gir

¹⁰ Framskrevne arealer for drenert organisk jordbruksjord (dyrka mark og beite på innmark) leveres som underlag for framskrivninger for jordbrukssektoren, slik at det skal være samsvar mellom datagrunnlaget.

det beste bilde av utviklingen på kort sikt («imputation», slik som benyttet her). For framskrivning av effekter på lang sikt er det bedre å bruke parametriske modeller. Det er imidlertid ikke gode nok slike modeller tilgjengelig per i dag.

Selv om tilnærmingen benyttet («imputation»), er den mest presise tilnærmingen for framskrivning på kort sikt, så vil usikkerheten for enkeltår være stor. Klimamodellene som benyttes er ikke egnet til å angi konkret vær i enkeltår. Årlige variasjoner i vær kan ha stor betydning for både vekst (opptak) og mortalitet (utslipp) i enkeltår.

Dessuten er det slik at all prognoseforskningen har usikkerhet knyttet til modellene brukt og til tidshorisonten. Siden simuleringer er utviklet for å gi høyest nøyaktighet på kort sikt (frem til 2030), inkluderer langtidsprediksjoner mange usikkerheter som øker med lengden av simuleringen. Simuleringsmodellene predikerer naturlig mortalitetsrater drevet av konkurranse mellom trær i bestandene og trærs alder uten menneskelige forstyrrelser. Dog eksisterer det risiko forbundet med biotiske og abiotiske påvirkninger som kan redusere presisjonen til simuleringene. For eksempel kan klimadrevne risikoer for skogstabilitet, tørke, skogbrann, utbrudd av skadeinsekter eller -sopp, fundamentalt påvirke estimater og prognoser for skogutviklingen (Amiro mfl. 2010, Anderegg mfl. 2020, Friedlingstein mfl. 2014).

En annen usikkerhet knyttet til SiTree-prognosen er knyttet til skogvekst og hogst. Som rapportert i tidligere forskning er vår hogstmodell basert på antakelsen om at hogstaktivitet er avhengig av skogvekst og utvikling og stående volum, noe som er usikkert med endra klima (Hagenbo mfl. 2022).

Det finnes usikkerheter relatert til hogst, og dermed tap av levende biomasse. Hvilke flater som velges og når de blir valgt til hogst er basert på sannsynligheten for at hogsten vil skje basert på bl.a. visse hogstkriterier for skogbestandet. Det er usikkerheter i kriteriene, og det er tilfeldigheter i at hogst ikke alltid skjer når alle kriteriene er møtt eller er gunstige. Derfor vil en stokastisk kjøring, der noe tilfeldighet blir inkludert i valgene, gi en mer realistisk framskrivning. Derimot må det gjennomføres flere simuleringer (100 ganger i denne framskrivningen) for å fange tilfeldighetene relatert til hogsten, og dermed usikkerhetene i levende biomassetap (se mer beskrivelse i kapittel 2.6.4). Levende biomassevekst er avhengig av en bonitetsmodell som tar for seg treslag, alder og klima. Usikkerhet rundt levende biomassevekst er derfor relatert til planting av nye trær (treslag), som er avhengig av hogsten, og usikkerheten i klimamodellene. Det brukes et gjennomsnitt av flere klimamodeller (fem modeller i denne framskrivningen) for å unngå en bias fra en tilfeldig modell (se kapittel 2.6.3).

Det er en rekke usikkerheter assosiert med Yasso07-modellen og kjøringene. De fleste usikkerheter i forhold til modellen og variabler for biomasse komponenter koblet til strøtilførsel er beskrevet i klimagassregnskapet fra 2024 (kapittel 6.4). Framskrivningsusikkerhetene for netto utslipp/opptak fra mineraljord, død ved og strø for gjenværende skog skyldes først og fremst levende biomasseestimer fra SiTree kjøringene (se kapittel 2.6.1) og RCP4.5-klimadatasettene (se kapittel 2.6.3). Usikkerhetene relatert til SiTree-simuleringene av levende biomasse vil påvirke strøtilførselen. Som vist i Figur 8 fanger vi ikke opp denne variansen i strøtilførselen, da SiTree simuleringen er kjørt på en bonitetsmodell (basert på gjennomsnitt av RCP4.5 modellene), og er gjennomsnitt av alle 100 stokastiske kjøring.

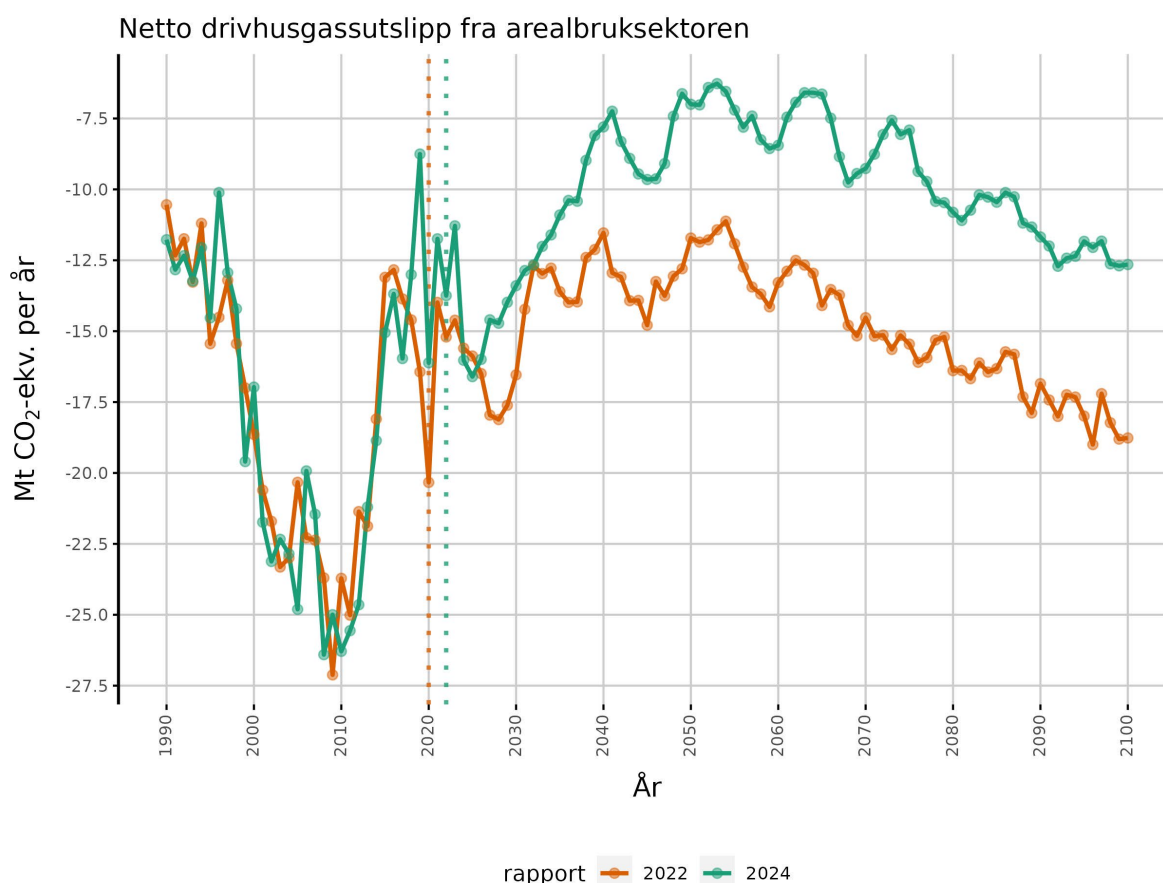
5.2 Foryngelse

Vi har i våre analyser tatt høyde for at en viss andel av det årlige foryngelsesarealet blir forsømt, i den forstand at det hverken blir tilplantet etter hogst, eller tilfredsstillende tilrettelagt for naturlig foryngelse. Det vil si arealer hvor den lovpålagte plikten til å etablere ny foryngelse innen rimelig tid etter hogst ikke er etterlevd. Vi har derfor forutsatt at en viss prosentandel av arealene som er avvirket i simuleringene ikke blir forynget optimalt. De prosentandelene vi har valgt å bruke er hentet ut fra data registrert gjennom fra Resultatkartleggingen, hvor personell fra kommunal skogbruksmyndighet på landsbasis utfører kontroll av om lag 1 000 tre år gamle hogstfelt årlig. Det er imidlertid påvist at

data fra Resultatkartleggingen viser en systematisk høyere andel av arealer som blir tilplantet etter hogst enn det en kan tolke ut fra dataene til Landsskogtakseringen og statistikk over utført planting fra Økonomisystem for Skogordningene (Granhus mfl. 2018). Selv om det er noe usikkerhet knyttet også til de andre kildene på dette området, kan dette misforholdet indikere at vi i prognosene undervurderer andelen forsømte arealer. Dette vil naturlig nok kunne innvirke i betydelig grad på estimert karbonopptak på arealene, sett over en lengre tidshorisont.

5.3 Sammenlikning med tidligere framskrivninger

Nettoopptak for hele sektoren, beregnet i henhold til reglene for rapportering under FNs klimakonvensjon, viser en lignende trend i framskrivningsperioden som i framskrivningen presentert i Mohr mfl. (2022), men der netto opptaket er noe lavere. Hovedårsaken til forskjellen er oppdatert referanseperiode og nye observasjoner. Framskrivningen i Mohr mfl. (2022) har historiske tall fram til og med 2020, mens framskrivningene som presenteres i denne rapporten har historiske tall fram til og med 2022. De historiske tallene viser en topp i opptaket rundt 2008–2010, og en nedadgående trend etter det. Både tidligere framskrivninger (Søgaard mfl. 2019, Mohr mfl. 2022) og denne viser en nedadgående trend også videre (frem til rundt 2055). I siste halvdel av århundret ser opptaket ut til å stige igjen, men det må bemerkes at det er svært høy usikkerhet for denne siste perioden. (Figur 37).



Figur 38. Framskrivningen presentert i denne rapporten (grønn kurve) sammenliknet med framskrivning publisert i 2022 (Mohr mfl. 2022) og benyttet i Nasjonalbudsjettet 2023 (Meld. St. 1 (2022–2023) (oransje kurve).

Skog er den dominerende faktoren. Tall fra Landsskogtakseringen viser økning i hogst, økning i mortalitet, og reduksjon i tilvekst for levende biomasse i skog. Vi har ikke analysert de ulike driverne til trendene, så vi kan her bare peke på mulige årsakssammenhenger. Nedgangen observert etter 2009 skyldes en kombinasjon av ulike faktorer. Det var en brå nedgang i plantetall på 1990-tallet og tidlig

2000-tall, og også en nedgang i ungskogpleie tidlig 2000-tall (Figur 12), som kan påvirke tilveksten vi ser nå negativt. Det er en økende andel med eldre skog (skog som ikke lenger er i sin mest produktive fase). Denne vil både kunne ha lavere tilvekst og høyere mortalitet (både på grunn av konkurranse og skogskader). Det har også vært værhendelser, som tørkesommeren 2018, som har medført både lavere tilvekst og økning i mortalitet. Nedgangen bremser opp og flater ut utover i perioden, noe likt som framskrivningen fra 2022 rapporten. Dette har sammenheng med klimascenariene, som under en RCP 4.5 scenariet vil gi langsiktig (30 års bevegende gjennomsnitt) varmere og våtere klima, noe som gir økt vekst. Derimot fanges ikke mulig økning i skogskader som resultat av økning klimaekstremer relatert klimaendringer opp i framskrivningene. Begge framskrivningene er kjørt med samme RCP 4.5 klimascenario modeller, slik at forskjellen mellom disse to framskrivningene tilskrives først og fremst mer oppdaterte data (altså reelle endringer i skogbildet), samt i noen grad forbedringer i metodikk.

Vi vil i dette kapitlet gå nærmere inn på metodeforbedringer. Analyse av årsaker til endringer i skogens vekst og utvikling ligger utenfor rammen av dette oppdraget.

5.3.1 Metodeforbedringer i det nasjonale klimagassregnskapet

Klimagassregnskapet 2022 ble brukt som grunnlag for framskrivningene i 2022. Tilsvarende er klimagassregnskapet 2024 brukt som grunnlag for framskrivningene i 2024. Metodiske oppdateringer gjort i NIR2023 og NIR2024, vil derfor ha noe innvirkning på forskjellene observert mellom 2022 og 2024-framskrivningene.

5.3.1.1 Gjenværende skog: død ved, strø og mineraljord (Yasso07)

Det er implementert en endring i metodikken for strøtilførsel brukt i Yasso07 modellen. I klimagassregnskapet 2023 (og tidligere) ble naturlig mortalitet og annen hogst (ikke tynning og sluttavvirkning) biomasse estimert basert på bonitet, skog bestandsalder, og mengde stående biomasse per flate. I klimagassregnskapet 2024 har observasjoner av mortalitet og annen hogst fra Landsskogtakseringen blitt brukt i perioden der observasjoner finnes (etter 1998). Før 1999 blir det fortsatt brukt estimer som brukt i tidligere klimagassregnskap. Denne oppdatering i metodikken betyr at estimer av naturlig mortalitet og annen hogst fra SiTree kan brukes direkte inn Yasso07-modellen som strøtilførsel. Resultatet av denne metodeforbedringen er at mer strøtilførsel er fremskrevet enn det som var estimert i framskrivningsrapporten fra 2022.

5.3.1.2 Levende biomasse ekstrapolering

Utfordringer med store rekalkuleringer¹¹ for de siste fire årene i klimagassregnskap for arealbrukssektoren skyldes ekstrapoleringsmetodikken for areal og opptak/utslipp for de årene som ikke har fullt sett med observasjoner¹². Standard metodikk er å bruke de 10 siste årene for å fange raten (arealendring og opptak/utslipp) og fremskrive for årene uten observasjoner. For levende biomasse blir det store rekalkuleringer hovedsakelig fordi det er veldig varierende hvor mye som kommer til å bli hogd fra år til år. I klimagassregnskapet 2024 ble ekstrapoleringsmetodikken endret. "Global Forest Change (GFC)", et produkt basert på satellittobservasjoner ble brukt for å identifisere tap av trær for de siste fire årene på Landsskogtakserings prøveflater som ikke har blitt observert i felt. Informasjonen brukes for å avgjøre om skogsflaten har hatt sluttavvirkning eller har blitt avskoget. Resultatet er at rekalkuleringer fra rapporteringsår til rapporteringsår reduseres. Betydningen for metodikkoppdateringen for framskrivningen er at SiTree må tvinges til å hogge på de

¹¹ Hvert år vil nye beregninger utføres for hele tidsserien i det nasjonal klimagassregnskap. Forskjeller i årets estimer fra fjor årets estimer kalles for rekalkuleringer. Rekalkuleringer kan oppstå pga. metodiskendringer eller oppdatert datagrunnlag. Arealbrukssektoren er spesielt utsatt for store rekalkuleringer i de siste 4 årene pga. mangel på komplett observasjoner for 4/5 av flatene (mer om Landsskogtaksering finner du i kap. 2.1.1).

¹² Landsskogtakseringen gjenmåler 1/5 av prøveflatene hvert år. Dvs. at siste rapporteringsår har kun 1/5 med observasjoner, året før det har 2/5 med observasjoner, osv. Data ekstrapoleres for de manglende observasjonene.

flatene som GFC har detektert tap av trær i årene mellom 2018-2023, på flater ikke observert av Landsskogstaksering i den samme periode. Dette gjelder kun for første fremskrivningsperiode for SiTree, 2023-2027.

5.3.1.3 Levende biomasse beite

Ny metodikk har blitt implementert for levende biomasse for hele tidsserien. Tidligere var en nasjonal utslippsfaktor (basert på observasjoner fra Landsskogstakseringen etter 2006) brukt sammen med arealestimatene (Tier 2 metodikk). I årets regnskap brukes Tier 2 metodikk kun fram til 2011 for innmarksbeite. Fra 2012 og utover brukes de årlig observasjoner fra Landsskogstaksering (Tier 3 metodikk). For åpen og glissent tresatte utmarksarealer på mineraljord brukes nå en Tier 3 metodikk for hele tidsserien. Denne metodeendringen påvirker gapet for bokføringskategorien Forvaltet beite, slik at det nå er et netto opptak, mens det i forrige framskrivning var et netto utslipp.

5.3.1.4 Metodikk for utbygd areal grøntareal

Tier 1 metodikken for utbygd areal inkludert i klimagassregnskapet 2022, har blitt videreutviklet i klimagassregnskapet 2024 der det inkluderes nå tilvekst og tap av gressbiomasse for arealbruksendringer til og fra utbygdarealer med vegetasjonsdekke. Denne oppdatering har minimalt betydning for framskrivningen siden mesteparten av levende biomasseendringer kommer fra trær.

5.3.1.5 «2019 refinements to IPCC 2006 good practice guidelines»

En rekke små endringer i utslippsfaktorer har blitt gjort i forbindelse med overgang fra «IPCC 2006 good practice guidelines» til «2019 refinements to IPCC 2006 good practice guidelines». Det har hovedsakelig vært endringer i N₂O utslippsfaktorer relatert N-mineralisering, N-gjødsling, skog brann, og indirekte N₂O utslipp (atmosfærisk deposisjon og avrenning). Utslippsfaktorene er mer detaljerte, og arealer må skilles etter forskjellige klimasoner for å kunne anvende de oppdaterte utslippsfaktorene. Dette har skapt noen utfordringer med å bruke framskrivningsmetodikken fra 2022. 2024 framskrivningsmetodikken for N-mineralisering og indirekte N₂O er derfor oppdatert (se kap. 2.3.5).

5.3.2 Metodeforbedringer i arealframskrivningene

I framskrivningen i 2022 var arealendringsratene beregnet fra data fra Landsskogstakseringen med 2006-2020 som referanseperiode. Metodikken brukte interpolert data aggregert for hvert panel, arealbruksendringskategori, og jordtype (mineral- og organisk jord). Lineær regresjon over 11 år med kumulativarealutvikling ble brukt for å finne endringsraten ("slope"). I årets framskrivning er det ikke brukt lineær regresjon eller 11 år, og referanse perioden er forskjøvet med to år. I stedet er observasjoner av arealbruksendring direkte fra Landsskogstakseringen over 10 år (ref. periode 2009-2022) summert og delt på 10 år, for å gi årlige endringsrater per panel, arealbruksendringskategori, og jordtype. Fordelen med metodikken er at usikkerheten relatert til Landsskogstakseringen "sampling design" fanges her, i motsetning til 2022-framskrivningen som bare fanget usikkerheten til lineær regresjonen.

5.3.3 Endringer i forutsetninger for framskrivning av gjenværende skog i SiTree

Norges framoverskuende referansebane under EUs LULUCF forordning, framskrivningen i 2022 (Mohr mfl. 2022) og denne framskrivningen er alle utført med de samme verktøyene og modellene, og i hovedsak bygget opp på samme måte, blant annet ved at de er basert på datasett fra det nasjonale klimagassregnskapet. Men det er noen ulikheter i noen av forutsetningene. I Tabell 23 vises de ulike forutsetningene som er benyttet i SiTree-simuleringer for referansebanen (Klima og miljødepartementet 2020), framskriving i 2022 (Mohr mfl. 2022), oppdatert referansebane og ny framskriving.

Utviklingen i netto opptak for bokføringskategorien «eksisterende, forvaltet skog» i denne framskrivningen skiller seg fra referansebanen framstilt i Norges bokføringsplan (Klima og miljødepartementet 2020) og framskrivingen i 2019 på følgende punkter:

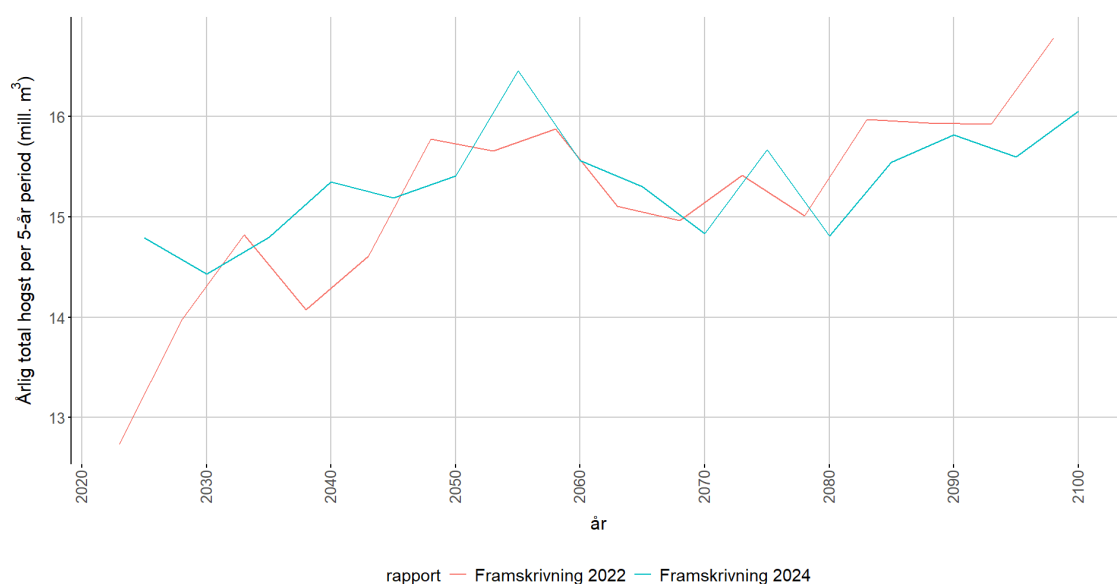
Datasett og referanseperiode

De nyeste tilgjengelige data, med både nyere referanseperiode (2008–2022), og nyeste datasett fra klimagassregnskapet 2024, er lagt til grunn. I denne analysen er referanseperioden (2008–2022) og datasettet (NIR2024) som er benyttet annerledes enn det som ble benyttet i den framoverskuende referansebanen (2000–2009; NIR2020) og i framskrivingen i 2022 (2006–2020; NIR2022). I referansebanen benyttes et konstant areal (ingen på- eller avskoging), mens i framskrivningene korrigeres det for endring i skogareal basert på arealframskrivningene.

Dagens virkemiddelbruk

Et viktig prinsipielt skille mellom den framoverskuende referansebanen (Klima- og miljødepartementet 2020) og framskrivningen i 2022 (Mohr mfl. 2022) og denne, er at mens i referansebanen er det virkemiddelbruken i referanseperioden 2000–2009 som skal legges til grunn så er det i framskrivningene (2022 og denne) dagens virkemiddelbruk som legges til grunn. Det betyr at virkemidler slik som tilskudd til tettere planting og gjødsling, implementert i 2016, ikke er inkludert i referansebanen. Det er heller ikke en økning til 10 % vern. Denne framskrivningen er oppdatert med hensyn på aktivitetsnivå siden framskrivningen i 2022.

Fratrekk for miljøhensyn er kun gjort indirekte ved at andel av volum som fjernes er basert på observasjoner i referanseperioden (historiske data). Det vil si at fratrekk på grunn av livsløpstrær og annet som påvirker andel av volumet som høstes på det avvirkede arealet indirekte fanges opp. Ny Norsk PEFC Skogstandard inneholder 30 krav og var gjeldene fra 1.mars. 2023. Det er ikke gjort en systematisk gjennomgang og analyse av i hvilken grad endringene vil kunne påvirke framskrivningene. Fratrekk for miljøhensyn er derfor det samme i både referansebanen, og i framskrivningene publisert i 2022 (Mohr mfl. 2022) og denne framskrivningen, og det er ikke lagt inn endringer i trenden framover siden nye retningslinjer ikke er vedtatt. Men det er en liten endring i prosentandelene benyttet, forårsaket av ulike historiske referanseperioder. I Figur 39 vises det årlige totale hogstvolumet per 5-år periode i mill. m³ i framskrivingen fra 2022 (Mohr mfl. 2022) og denne framskrivningen.



Figur 39. Årlig totalt hogstvolum per 5-år periode (mill. m³) i framskrivningen fra 2022 (Mohr mfl. 2022) og denne framskrivningen.

Vi har lagt til grunn forutsetninger for initialtilstanden i ungskog som skiller seg fra forutsetningene i bokføringsplanen fra 2020. Dette er en forbedring i oppsettet for å gjenspeile at ungskog som ikke blir behandlet vil ha et høyere treantall per dekar, forsinket utvikling samt et høyere innslag av lauvtrær i forhold til arealene som pleies med ungskogpleie. Effekten av å inkludere nåværende nivåer av ungskog som ikke blir behandlet sammen med hogst, ser ut til å ha en innvirkning på levende biomasse fra 2050–2060, en effekt som også ble sett i tidligere rapport (Søgaard mfl., 2020).

Stokastisk tilnærming til hogst

I både referansebanen og i framskrivningene bruker vi sannsynlighet for hogst (Antón-Fernández og Astrup 2012) for å velge prøveflater som vil bli avvirket. I framskrivningene (Søgaard mfl. 2019, Mohr mfl. 2022 og denne) er det implementert fullt stokastisk (ved tilfeldig utvalg), mens i referansebanen ikke-stokastisk (deterministisk). Stokastisk vil si at hver flate er tildelt en sannsynlighet for hogst basert på metodikken beskrevet i Antón-Fernández og Astrup (2012), og et tilfeldig unikt nummer. Flatene blir rangert i henhold til forskjellen mellom sannsynligheten for hogst og det tilfeldige genererte nummeret (flater med stor differanse avvirkes først).

Tabell 22. Oversikt over ulike forutsetninger i Norges referansebane til EU (Klima- og miljødepartementet 2020), framskrivning publisert i 2022 (Mohr mfl. 2022), oppdatert referansebane (2024) og ny framskrivning (2024). NIR (fra eng. National Inventory Report) er en forkortelse for det nasjonale klimagassregnskapet.

Forutsetning	Referansebanen 2020	Framskrivning 2022	Referansebanen 2024	Framskrivning 2024
NIR-datasett	NIR 2020	NIR 2022	NIR 2024	NIR 2024
Klimadatasett	Gjennomsnitt av 10 RCP4.5 modeller + fast dagens klima med Yasso07	Gjennomsnitt av 5 RCP4.5 modeller + dynamisk klima med Yasso07. Linear gradient fra observasjon til klimamodell.	Gjennomsnitt av 5 RCP4.5 modeller + dynamisk klima med Yasso07. Direkte overgang fra observasjon til klimamodell.	Gjennomsnitt av 5 RCP4.5 modeller + dynamisk klima med Yasso07. Direkte overgang fra observasjon til klimamodell
Strø og død ved tilførsel fra naturlig mortalitet og annet hogst til Yasso07	Beregnet med som funksjon av bonitet, alder, og stående levendebiomasse	Beregnet med som funksjon av bonitet, alder, og stående levendebiomasse	Fra SiTree simuleringen	Fra SiTree simuleringen
Referanseperiode	2000–2009	2006–2020	2000–2009	2008–2022
Skogvern	⊗	Øke skogvernet fra dagens nivå til 10 %	⊗	Øke skogvernet fra dagens nivå til 10 %
Foryngelse	Alt granareal som hogges forynges med gran	78 % av granareal som hogges forynges med gran	Alt granareal som hogges forynges med gran	78 % av granareal som hogges forynges med gran
Nitrogengjødsling	⊗	*Restriksjonssone: 500 ha/år *Utenfor restriksjonssone: 4100 ha/år	⊗	* Restriksjonssone: 500 ha/år * Utenfor restriksjonssone: 3000 ha/år
Tettere planting	⊗	53 % av foryngelsesarealet med gran blir forynget med tilskudd til tettere planting (35 planter ekstra per dekar)	⊗	52 % av foryngelsesarealet med gran blir forynget med tilskudd til tettere planting (35 planter ekstra per dekar)
Foredlet plantemateriale	⊗	På 100 % dekning med foredlet gran: *Til 10 år: 6% økning av bonitet *Etter 10 år: 10 % økning av bonitet	⊗	På 100 % dekning med foredlet gran og furu: *Til 10 år: 8% og 6% økning av bonitet for gran og furu *Etter 10 år: 10 % og 8% økning av bonitet for gran og furu
Ungskogpleie	Ikke øke ventetiden for foryngelse etter hogst dersom ikke ungskogpleie gjennomføres: Forutsetter ungskogpleie på alt	Øke ventetiden for foryngelse etter hogst dersom ikke ungskogpleie gjennomføres: 1/3 av det årlige hogstarealet forutsettes ubehandlet	Ikke øke ventetiden for foryngelse etter hogst dersom ikke ungskogpleie gjennomføres: Forutsetter ungskogpleie på alt	Øke ventetiden for foryngelse etter hogst dersom ikke ungskogpleie gjennomføres: 1/3 av det årlige hogstarealet forutsettes ubehandlet
Stokastisk tilnærming	Non-stokastisk (deterministisk)	Ja: simuleringene kjørt 100 ganger	Non-stokastisk (deterministisk)	Ja: simuleringene kjørt 100 ganger
Areal	Konstant	Korrigert	Konstant	Korrigert

5.4 Sammenlikning med referansebanen i Norges bokføringsplan

Den framskrivningen som er gjengitt her for utvikling i eksisterende forvaltet skog (EUs LULUCF forordning 2018/241) kan ikke sammenlignes med den framoverskuende referansebanen som ble levert til EU i november 2020, og beskrevet i Norges plan for telling av opptak og utslipp fra forvaltet skog i 2021–2025 (Klima- og miljødepartementet 2020). Det er metodiske forbedringer som gjør at framskrivningen utført nå ikke direkte kan sammenliknes med referansebanen som ble produsert i 2020 (Klima- og miljødepartementet 2020) for å vurdere måloppnåelse. Det er derfor produsert en revidert referansebane i denne rapporten, en oppdatering av referansebanen fra 2020. Den reviderte referansebanen benytter et nyere datasett som grunnlag, noe som påvirker tallene noe. Det er også en oppdatering i metodikken brukt med Yasso07-modellen for estimering av karbonbeholdningsendringer i mineraljord, strø, og død ved i gjenværende skog (eksisterende forvaltet skog under EU bokføring). Det brukes strøtilførsel, naturlig mortalitet og annen hogst fra Landsskogtakseringens observasjoner og SiTree simuleringer. Tidligere var all strøtilførsel, naturlig mortalitet og annen hogst estimert basert på bonitet, bestandsalder, og massen av den levende biomassen. Det brukes også dynamisk klima i klimagassregnskapet f.o.m. 2021, og dette brukes også i framskrivningen (se kapittel 5.3.1.1). Klimamodellsammensetningen har endret seg: Det ble brukt 10 RCP4.5-klimamodeller for å lage en gjennomsnitts RCP4.5-klimamodell, brukt med SiTree. Den reviderte referansebanen i denne rapporten i likhet med framskrivningen etter dagens praksis bruker 5 av de 10 RCP4.5 klimamodeller, da det har vist seg å være en bias i 5 av modellene.

Framskrivningene etter dagens praksis og den framoverskuende referansebanen skiller seg på flere måter. Framskrivningene i denne rapporten har en nyere periode som referanseperiode (2008–2022), enn referansebanen (2000–2009). I tillegg er dagens politikk lagt til grunn. Det innebærer at effekter av virkemiddelbruk innført etter 2009 (som for eksempel tilskudd til tettere planting) er inkludert. I prinsippet kunne en tenke seg at disse framskrivningene ville kunne representere et mulig scenario hvor Norge vil havne i forhold til referansebanen gitt dagens politikk. Det er også gjort noen justeringer i hvordan hogst behandles i simuleringene. I framskrivningene er utviklingen korrigert for arealbruksendringer, mens det i referansebanen ikke er gjort en slik korrigering. Det er også endret forutsetninger for foryngelse sammenliknet med referansebanen. Se [kapittel 5.3.3](#) for en mer detaljert beskrivelse.

For treprodukter er det forskjell i fordelingen på produktkategorier i referansebanen (Klima- og miljødepartementet 2020) og framskrivningene. Dette skyldes at det er ulike referanseperioder. Framskrivningene baserer seg på den historiske fordelingen mellom de tre produktkategoriene i den definerte referanseperioden og hogstvolum fra simuleringene i SiTree. Perioden 2006–2016 var preget av store omveltninger (inkl. nedleggelse av papirfabrikker og resesjon) og disse omveltningene gav utslag i regnskapet. I perioden 2009–2016 var det årlig tap, istedenfor årlig lagring i lageret av treprodukter. Dette medfører at fordelingen i referanseperioden brukt for referansebanen 2000–2009 gir en annen fordeling enn referanseperioden 2017–2022 som er brukt i denne rapporten. Med andre ord, nivået (den totale størrelsen) på karbonendringer i treprodukter svinger i takt med hogstvolum fra simuleringene i SiTree. Allokeringene mellom produktkategorier i framskrivningen er basert utelukkende på historiske trender, og er ikke påvirket av framskrivninger for konjunkturutvikling, industribygging, eller andre samfunnsøkonomiske trender.

Tabell 23. Tallene som ble rapportert i Tabell 1 i Norges National Forest Accounting (Klima- og miljødepartementet, 2020) som årlig gjennomsnitt, sammenliknet med det årlige gjennomsnittet for 2021–2025 fra framskrivingen i 2022 (Mohr mfl. 2022), og en ny, oppdatert framoverskuende referansebane, fra denne framskrivningen. Tall er oppgitt basert på gjennomsnitt for perioden 2021–2025, og er oppgitt i kt CO₂-ekv. per år (kt = 1000 tonn).

Kilde	Referansebanen 2020	Referansebanen 2022	Framskrivning 2022	Referansebanen 2024	Framskrivning 2024
Levende biomasse (CO₂)	-18 290	-17 974,5	-14 756,2	-18 353,0	-12 804,8
Mineraljord, død ved og strø (CO₂)	-7 604	-6 198,0	-5 089,2	-5 250,6	-5 379,3
Under bakken	-145	-117,8	-96,7	-99,8	-102,2
Død ved	-1 255	-1 022,7	-839,7	-866,4	-887,6
Strø	-6 205	-5 057,5	-4 152,8	-4 284,5	-4 389,5
Drenert organisk jord (CO₂, N₂O, CH₄)	1 036	1 431,9	1 485,2	1 396,2	1 431,4
CO ₂	695	1 215,7	1 260,9	1 195,9	1 226,1
N ₂ O	290	167,2	173,4	146,3	150,0
CH ₄	51	49,0	50,8	54,0	55,3
Skogbrann (N₂O, CH₄)¹³	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
N ₂ O	0,8*	0,5	0,5	0,5	0,6
CH ₄	0,5*	0,8	0,8	0,9	1,1
N-gjødsling (N₂O)	0,1	0,5	2,8	0,9	3,1
N-mineralisering (N₂O)	-	-	-	0,3	0,1
Treprodukter (HWP) (CO₂)	-1 227,6	-1 114,4	-709,1	-1 168,9	-1 106,0
Trelast	-844,4	-814,5	-376,0	-837,0	-678,5
Trebaserte plater	-292,8	-282,8	-12,9	-294,8	-66,3
Papir- og kartongprodukter	-91,6	-17,1	-320,3	-37,0	-361,2
Total uten HWP	-24 857,4	-22 738,8	-18 356,1	-22 205,2	-16 747,9
Total med HWP	-26 085,0	-23 853,1	-19 065,2	-23 374,0	-17 853,9

5.5 Kort vurdering av hvordan endring i forutsetninger knyttet til vern og hogstnivå kan påvirke framskrivningene

Redusert hogst vil generelt sett øke netto CO₂-opptak i skog på kort sikt. Dette er knyttet både til redusert karbontap fra hogst, samt at en mindre andel av skogarealet går over i en fase med lavt CO₂-opptak (det tar noe tid før ny skog er etablert etter hogst). Effekten og tidsperspektivet av effekten vil imidlertid avhenge av hvordan denne reduksjonen innrettes. Dersom skogen som avvirkes er i en fase med høy tilvekst (tidlig hogst¹⁴) vil effekten være større, enn dersom hogsten skjer i skog med lav tilvekst på grunn av skogskader og/eller høy alder. Effekten av ulike virkemidler som påvirker hogstnivå på netto CO₂-opptak i norsk skog og utslippsforpliktelser er ikke analysert for norske forhold. Hysten mfl. (2022) studerte hvordan ulike forhold som regulering av nedre hogstalter og innretning av vern kunne påvirke fremtidig volum tilgjengelig for hogst (balansekvantum), men disse resultatene kan ikke overføres direkte til hvordan det kan påvirke netto CO₂-opptak.

¹³ *Skogbrann for CH₄ og N₂O er rapport feil i bokføringsplanen fra 2020. Estimaten for CH₄ og N₂O skal egentlig bytte plass: CH₄ = 0,833 kt CO₂-ekv. og N₂O = 0,549 kt CO₂-ekv.

¹⁴ I overkant av 20 % av hogstarealet hvert år avvirkes før det når h.kl. V, som normalt regnes for når bestanden er hogstmodent, basert på Resultatkartleggingen for skogbruk og miljø (Bergseng mfl., 2018; Bjørken & Gjellan, 2021). Skogskader kan imidlertid være en årsak til tidlig hogst, og i en spørreundersøkelse om tidlig hogst oppga om lag 30 % av skogeierne skoghelseproblemer som viktigste motiv for hogst (Belbo og Granhus 2023).

Effekten av økt andel vern og økt andel bevaring/beskyttelse vil avhenge av innretning og omfang. Vernes det i stor grad skog som uansett ikke ville blitt avvirket, så vil effekten være begrenset. Men redusert tilgang til ressurser kan påvirke hva som vil være økonomisk lønnsomt i fremtiden, slik at økt andel vern kan flytte hogst til områder som ellers ikke hadde blitt avvirket. Økt andel vern kan også redusere hogst. Dersom vernet innrettes på en slik måte at det reduserer hogst, vil det medføre økning i opptak på kort sikt (ref. avsnittet over).

Effekten beskrevet over er samlet effekt på karbonlageret i skog. Hogst medfører i første omgang karbontap fra levende biomasse (trær som hugges), og videre redusert tilvekst og dermed redusert CO₂-opptak i trær på det aktuelle arealet over en periode på noen år før et nytt bestand er etablert og vokser godt. Videre vil det være en umiddelbar økt tilførsel til karbonbeholdningene i strø og død ved fra greiner, topper, mv. som blir liggende igjen etter hogst, slik at karbonlageret i strø og død ved kan øke. Dette er en kortvarig effekt. Det vil umiddelbart være positivt for jordkarbon som får økt tilførsel, men så vil det en tidsperiode etter hogsten normalt være tap av jordkarbon på grunn av redusert strøtilførsel og økt omdanning. Generelt vil det være tap av jordkarbon etter flatehogst, opp mot 10 % (Mayer mfl. 2020, Mäkipää mfl. 2023). Yasso07-modellen reflekterer disse prosessene i mineraljord. Det er begrenset kunnskap om effektene av hogst på organisk jord (grøftet myr) (Mäkipää mfl. 2023). Hogsten vil påvirke vannstand, og fluksene av både CO₂, CH₄ og N₂O (som alle tre rapporteres). Slike effekter vil imidlertid ikke fanges opp med dagens metodikk for drenert organisk jord i skog (Tier 1).

Det relative forholdet mellom de ulike karbonbeholdningene, og tidsperspektivene av de ulike effektene, vil avhenge av en rekke faktorer som klima, treslag, bonitet, alder og helsetilstand på skogen før hogst. Samt hvordan hogsten utføres, og kvaliteten på foryngelsesarbeidet etter hogsten. For levende biomasse (trær) er det gode historiske data gjennom målinger på Landsskogtakseringens prøveflater, og ulike forhold nevnt over vil reflekteres i framskrivningene. For strø, død ved og mineraljord er usikkerheten større, både i historiske data og i framskrivning (begge deler modellert med Yasso07).

Økningen i årlig CO₂-opptak ved redusert hogst, eller ved vern av et areal, vil avta over tid, når skogen blir eldre og veksten avtar. Slik at en må vurdere den kortsiktige effekten på netto CO₂-opptak opp mot den mer langsiktige effekten. Reduksjon i hogstnivå vil medføre redusert tilgang til råvarer som kan erstatte fossilt og fossilintensive produkter (substitusjon), og dermed gi begrensinger i handlingsrommet for å nå mål i andre sektorer. Mens substitusjon ikke er reversibelt (kan ikke gjøres ugjort), er det en mulig risiko for at et karbonlager i skog kan slippes ut gjennom skogbrann, billeangrep, eller andre hendelser.

Det er viktig å presisere at vern er en sentral del av et bærekraftig skogbruk og diskusjonen bør ikke være bruk eller vern, men å finne den beste balansen mellom de ulike komponenter i en bærekraftig skogforvaltning.

5.6 Miljødirektoratets framskriving av utbygd naturareal

Vi er bedt om å vurdere om det kan tas utgangspunkt i resultatene fra felles leveranse med SSB om utvikling i utbygd areal (Rørholt mfl. 2024) og Miljødirektoratets framskriving av utbygd naturareal (notat 2.4.2024) i arbeid med framskrivningene.

SSB og NIBIO har på oppdrag fra Miljødirektoratet sammenliknet to ulike metoder som estimerer utbygging av naturareal, henholdsvis SSB sin matrikkelmetode og Landsskogtakseringen/klimagassregnskapet (Rørholt mfl. 2024). I rapporten konkluderes det med følgende: «Sammenstillingen av de aggregerte tallene gir resultater som stemmer godt overens, og hovedinntrykket fra beregningene etter begge metodene er at utbyggingen av naturareal har ligget relativt jevnt gjennom hele perioden. Metodene har ulike styrker og svakheter, som både gjør at de kan komplettere hverandre og at de hver for seg kan brukes til å forklare ulike forhold.». Metodikken

i klimagassregnskapet, som ligger til grunn for denne framskrivningen, gir altså sammenfallende resultater som matrikkelmetoden historisk sett der de to statistikkene kan sammenliknes direkte.

Miljødirektoratet har i et notat til Klima- og miljødepartementet 2. april 2024 gjort en vurdering av hvor mye naturareal som sannsynligvis vil bygges ned mot henholdsvis 2030 og 2050, basert blant annet på Rørholt mfl. (2024). Miljødirektoratet *«mener det er gode argumenter for at kraftlinjer, skiløyper o.a. inngår i utbygd naturareal.»*. Det vil si at de legger til grunn en definisjon av utbygd areal i tråd med definisjonen benyttet i det nasjonale klimagassregnskapet (og dermed denne framskrivningen).

Miljødirektoratet gjør i notatet en gjennomgang av DFØs omtale av nullalternativ som et utgangspunkt, og om det har skjedd viktige endringer i rammebetingelser i referanseperioden. Miljødirektoratet har lagt 2009 – 2023 til grunn som referanseperiode, noe som med unntak av det siste året sammenfaller med referanseperioden for denne framskrivningen (2009 – 2022). Deres vurdering er at de antatt viktigste rammebetingelsene for disponering av (natur)areal har ligget fast i referanseperioden, og de konkluderer med at de *«ser derfor ikke at det er grunnlag eller tilgjengelig metodikk for annet enn en framskriving basert på historisk utvikling»*. Dette er i tråd med den vurdering og tilnærming som er lagt til grunn i denne framskrivningen.

Der denne framskrivningen skiller seg fra Miljødirektoratets framskrivning er at den tar inn kompleksiteten i at samtlige arealbruksoverganger har en trend, at det er en begrensning i noen arealtyper (kan ikke ha negative arealer), samt at Norges landareal skal være det samme for alle år i framskrivningen. Men siden Miljødirektoratets framskrivning i stor grad er sammenfallende for de viktigste forutsetningene, så er det ikke betydelig avvik.

Miljødirektoratet anbefaler *«at en framskriving baseres på en årlig utbygging av naturareal i intervallet 35-40 km².»*. I denne framskrivningen er årlig utbygging av naturareal (overgang fra skog, vann og myr, annen utmark og beite til utbygd areal) 34-44 km².

6 Ordliste

Noen begreper brukt i rapporten med engelsk oversettelse og forklaring/definisjon.

Begrep	Engelsk	Forklaring
Aktivitetsdata	Activity data	Data for en aktivitet, som landareal, mengde N-gjødsel tilført, hogstvolum, osv. Aktivitetsdata omgjøres til utslipp ved å bruke formel eller modeller spesifikke til metodikken for kilden.
Tilnærming	Approach	Angir den metodiske kompleksiteten for arealberegningene. Approach 1 er den enkleste tilnærmingen, Approach 3 den mest avanserte.
Arealbrukssektoren	Land Use, Land-Use Change and Forestry	Den sektoren i det nasjonale klimagassregnskapet, under FNs klimakonvensjon som dekker skog og andre landarealer
ATamp	ATamp	Differansen mellom årlig maks månedlig gjennomsnittstemperatur og årlig minimum månedlig gjennomsnittstemperatur delt på 2 (Annual Temperature Amplitude), og oppgitt i Celcius.
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 justert 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.
CRF	CRF	Se «Rapporteringstabeller»
Dødt organisk materiale	Dead organic matter (DOM)	Strø og død ved.
DBH	DBH	Stammediameter ved brysthøyde, som tilsvarer 1,30 m over bakken.
Gjenværende areal	Remaining	Benyttes om areal som har vært i en arealbrukskategori siden 1990 eller i over 20 år (ref. engelsk «forest remaining forest»)
Halveringstid	Half-life	Antall år det tar før halvparten av et gitt volum har gått tapt fra lageret i en kategori av treprodukter (HWP) (IPCC, 2019)
Implisitt utslippsfaktor	Implied Emission Factor	Utslippsfaktor beregnet av CRF som gjennomsnittlig utslippsfaktor, vil være identisk med utslippsfaktoren benyttet der én faktor er benyttet på alt areal, men et vektet gjennomsnitt der for eksempel to ulike faktorer er benyttet på ulike deler av arealet (alt er direkte utslipp)
Karbonbeholdning	Carbon Pool	Karbonbeholdning betegner de ulike reservoar med karbon i karbonsyklusen. For terrestre økosystem er dette levende biomasse (over og under bakken), død ved, strøsjikt og jord (mineraljord og organisk jord).
Karbonfluks	Carbon flux	Utveksling av karbon mellom ulike karbonbeholdninger (for eksempel mellom karbonlagret i biosfæren og i atmosfæren).
Karbonlager	Carbon Stock	Karbonlager i ulike økosystem er lageret av karbon i følgende karbonbeholdninger: levende biomasse (over og under bakken), død ved, strøsjikt og jord (mineraljord og organisk jord).
Karbonlagring	Carbon sequestration	Når karbon fjernes fra atmosfæren og lagres/avsettes i en annen karbonbeholdning.

Karbonsluk	Carbon sink	Karbonsluk er karbonbeholdninger i havet og på jorda som øker i størrelse, og derved bremser tilførselen av CO ₂ til atmosfæren. Sluk angir altså retning på endringen.
Kilde	Source	Brukes i klimagassregnskapet om utslippskilde, uavhengig av retning på endringen (kilden kan ha netto opptak). I andre sammenhenger brukes kilde primært om en utslippskilde («emissions by source and removals by sink»)
Nasjonalt klimagassregnskap	National Inventory Report (NIR)	Det nasjonale klimagassregnskapet for menneskeskapte klimagassutslipp og -opptak under FNs klimakonvensjon. For et gitt rapporteringsår, for eksempel 2024, vil det brukes forkortelsen NIR 2024. NIR refererer til rapporten som følger klimagassregnskapet, men også om hele regnskapet (inkludert tallene som rapporteres i FNs Common Reporting Format, CRF).
Lagerendring	Stock change	Klimagassregnskapet er basert på lagerendring, ved at årlige endringer i ulike karbonbeholdninger beregnes
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.
MAT	MAT	Årlig gjennomsnittstemperatur (Mean Annual Temperature) oppgitt i Celcius.
MAP	MAP	Årlig nedbør (Mean Annual Precipitation) oppgitt i mm per år
Mineraljord	Mineral soil	All jord som ikke er definert som organisk jord er per definisjon mineraljord. Alt vannareal er klassifisert som mineraljord.
Nullkode	Notation key	Det kan ikke rapporteres med tallet 0 for en utslippskilde. Nullkode betegner ulike koder som benyttes når utslippet som rapporteres i en celle i CRF er null, enten fordi det er rapportert et annet sted (IE), ikke er estimert (NE), utslippet ikke forekommer (NO) eller det ikke er relevant (NA).
Nøkkelkategori	Key Category	En nøkkelkategori er en kategori/kilde som er prioritert siden den har en signifikant betydning for landets totale klimagassregnskap i form av absolutt størrelse, trend eller usikkerhet (IPCC, 2006).
Organisk jord	Organic soil	Defineres basert på dybde på organisk lag, og der hvor kjent på innhold av organisk materiale eller karbon. I Landsskogtakseringen (skog) definert som minimum 40 cm dypt topplag med organisk jord. I jordsmonnkartleggingen (dyrka mark, beite) definert som minimum 40 cm dybde og minimum om lag 10 % karboninnhold.
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.
Rapporterings-tabeller	Common Reporting Format tables, CRF	CRF er en serie standardiserte tabeller for rapportering av klimagassregnskapet (kvantitativ rapportering)
Retningslinjer	Guidelines	2006 IPCC Guidelines oversettes til 2006 retningslinjene under FNs klimakonvensjon
RCP	RCP	«Representative Concentration Pathway» er utviklingsbanescenarier for framtidige konsentrasjoner av klimagasser. Et RCP4.5-scenario er en modellert utviklingsbane for økningen i klimagasser og forurensninger i atmosfæren, som resultat av utslipp fra menneskelige aktiviteter, arealbruk og skog, som da resulterer i en strålingspådriv i 2100 tilsvarende 4,5 watt/m ² .
Standard utslippsfaktor	Default emission factor	Brukes vanligvis om standard utslippsfaktorer i retningslinjene fra IPCC.

Tier	Tier	Metodisk nivå for utslippsberegningen. Tier 1 er den mest grunnleggende tilnærmingen, med standard faktorer og metodikk fra IPCC sine retningslinjer. Tier 3 er den mest avanserte.
Tilbakeskriving, tilbakeføring	Backcasting	Arealer tilbakeskrives til 1971, slik at en kan ha riktig areal i de ulike kategoriene i 1990. Norge benytter i dag en Approach 2-tilnærming.
Torvjord	Peat 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, for eksempel skog på grøfta torvmark, torvuttak på torvmark, etc. Kan brukes for å skille grøfta torvjord («drained organic soils») fra uberørte myrer («pristine mires»).
Treprodukter	Harvested Wood Products (HWP)	I denne sammenheng menes med treprodukter de tre produktkategoriene som rapporteres under «Harvested Wood Products» i det nasjonale klimagassregnskapet, sagtømmer, trebaserte paneler og papir og kartongprodukter.
Umiddelbar oksidasjon	Instant oxidation	Umiddelbart utslipp. Innebærer at hele karbonlageret i for eksempel organisk jord eller treprodukter slippes ut i atmosfæren ved tidspunkt for høsting (oksidasjon betegner at karbon blir oksidert av oksygen, og karbondioksid dannet).
Utslippsfaktor	Emission Factor	Størrelsen av utslipp eller opptak av klimagasser som kan forventes per arealenhet og år (angis for eksempel som t C per ha og år). En utslippsfaktor kan ha et positivt fortegn (+) som indikerer et utslipp, eller et negativt fortegn (-) som indikerer et opptak av klimagasser.

Litteraturreferanser

- Alfredsen, G., Sandland, K.M. og Sogaard, G. 2017. Norges klimagassregnskap for treprodukter og trebruk i fleretasjes bygg – en analyse av trender. NIBIO-Rapport 3(35). <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2435009>
- Alfredsen, G., Nordhagen, E., Breidenbach, J. og Ross, L. 2022. Materialflyt av treprodukter i Norge - 1961-2019. NIBIO-Rapport 8(8) 2022. <https://hdl.handle.net/11250/2875295>
- Andersson, S.-O. og Björkdahl, G. 1984. Om björkstubbkottens höjdtveckling i ungdomsskedet. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 82(3-4): 61-67.
- Amiro, B.D., Barr, A.G., Barr, J.G., Black, T.A., Bracho, R., Brown, M., Chen, J., Clark, K.L., Davis, K.J., Desai, A.R., Dore, S., Engel, V., Fuentes, J.D., Goldstein, A.H., Goulden, M.L., Kolb, T.E., Lavigne, M.B., Law, B.E., Margolis, H.A., Martin, T., McCaughey, J.H., Misson, L., Montes-Helu, M., Noormets, A., Randerson, J.T., Starr, G. og Xiao, J. 2010. Ecosystem carbon dioxide fluxes after disturbance in forests of North America. J. Geophys. Res. Biogeosciences 115. <https://doi.org/10.1029/2010JG001390>
- Anderegg, W.R.L., Trugman, A.T., Badgley, G., Anderson, C.M., Bartuska, A., Ciais, P., Cullenward, D., Field, C.B., Freeman, J., Goetz, S.J., Hicke, J.A., Huntzinger, D., Jackson, R.B., Nickerson, J., Pacala, S. og Randerson, J.T. 2020. Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests. Science (80-). 368. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7005>
- 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 27 (4): 379–92. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.644576>
- Antón-Fernández, C. og Astrup, R. 2022. SiTree: A framework to implement single-tree simulators. SoftwareX 18, 100925. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100925>
- Antón-Fernández, C., Mola-Yudego, B., Dalsgaard, L. og Astrup, R. 2016. Climate-Sensitive Site Index Models for Norway. Canadian Journal of Forest Research 46 (6): 794–803. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0155>
- Belbo, H. og Granhus, A. 2023. Årsaker til tidlig hogst: Undersøkelser rettet mot skogeiere, virkekjøpere og kommunal skogbruksmyndighet. NIBIO-rapport 9(149). https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3107574/NIBIO_RAPPORT_2023_9_149.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bergseng, E., Eriksen, R. Granhus, A. Hoen, H. F. og Bolkesjø, T. 2018. Utredning om hogst av ungskog. NIBIO rapport 4(38). https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2574616/NIBIO_RAPPORT_2018_4_39.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Björdal, I. 2007. Markslagsklassifikasjon i Økonomisk kartverk. Handbok frå Skog og landskap - 01/2007.
- Bjørken, A. M. og Gjellan, P. 2021. Kartlegging av foryngelse og miljøhensyn ved hogst (Nr. 1/2021; s. 24). Landbruksdirektoratet. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/kartlegging-av-foryngelse-ogmiljohensyn-ved-hogst>
- Braathe, P. 1988. Utviklingen av gjenvekst med ulike blandingsforhold mellom bartrær og løvtrær –II. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 8: 1-50.
- Breidenbach, J., Granhus, A., Hølen, G., Eriksen, R. og Astrup, R.A. 2020. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. Forest Ecosystems 7:41. <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-020-00261-0>
- Brække, F.H. og Granhus, A. 2004. Ungskogpleie i naturlig foryngnet gran på middels og høy bonitet. Rapport fra skogforskningen 10: 1-24.
- European Union. 2018. REGULATION (EU) 2018/841 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. Official Journal of the European Union 19.6.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>
- Fahlvik, N., Ekö, P.M. og Petersson, N. 2015. Effects of precommercial thinning strategies on stand structure and growth in a mixed even-aged stand of Scots pine, Norway spruce and birch in southern Sweden. Silva Fennica 49(3). article id 1302. 17 s.
- Fahlvik, N., Berglund, M., Holmström, H. og Nilsson, U. 2017. Simulation of the long-term effects of different strategies for precommercial thinning in Pinus sylvestris. Scandinavian Journal of Forest Research 33: 347-356.
- FAOSTAT, 2022. Forestry Production and Trade. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

- Friedlingstein, P., Meinshausen, M., Arora, V.K., Jones, C.D., Anav, A., Liddicoat, S.K. og Knutti, R. 2014. Uncertainties in CMIP5 climate projections due to carbon cycle feedbacks. *J. Clim.* 27, 511–526. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00579.1>
- Granhus, A., Von Lüpke, N., Eriksen, R., Søgaaard, G., Tomter, S.M., Antón-Fernández, C. og Astrup, R. A. 2014. Tilgang på hogstmoden skog fram mot 2045. Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2014 <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2440184>
- Granhus, A., Breidenbach, J., Eriksen, R., Gjertsen, A. K. og Solberg, S. 2018. Tilstand i foryngelsesfelt. Analyse basert på data fra Resultatkartleggingen, Landsskogtakseringen og Økonomisystem for skogordningene (ØKS). NIBIO-Rapport 4(159).
- Hagenbo, A., Antón-Fernández, C., Bright, R.M., Rasse, D. og Astrup, R. 2022. Climate change mitigation potential of biochar from forestry residues under boreal condition. *Science of The Total Environment*, Volume 807 (3). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151044>.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A., og Ådlandsvik, B. 2016. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, ISSN nr. 2387-3027 https://www.met.no/kss/_/attachment/download/4140d58a-d368-4145-9c1f-e85de3d5fe74:1760c9f2c4acae80b91f61299dcf9e1187ce81cb/klima-i-norge-2100-opplag2.pdf
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. og Tanabe, K. (red.). Publisert: IGES, Japan.
- IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. og Federici, S. (red.). Publisert: IPCC, Sveits.
- JFSQ. 2021. Joint Forest Sector Questionnaire Definitions. European Commission DG Eurostat, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Tropical Timber Organization, United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/forestry-timber/documents/2022/04/informal-documents/jfsq-2021-definitions>
- Klima- og miljødepartementet. 2020. National Norway Forestry Accounting Plan for Norway, including forest reference level for the first commitment period 2021 – 2025. Revised version 9 November 2020. https://www.regjeringen.no/contentassets/cd6543b5e7f947cd9a086c3528adc654/norways-national-forestry-accounting-plan_2021-2025.pdf
- Landbruksdirektoratet. 2021. Kartlegging av foryngelse og miljøhensyn ved hogst. Rapport nr. 1/2021.
- Landbruksdirektoratet. 2023. Kartlegging av foryngelse og miljøhensyn ved hogst - Rapport 2022. Rapport nr. 36/2023.
- Landbruksdirektoratet. 2024. Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak. Informasjon hentet 28. juni 2024. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/ordninger-for-skogbruk/tilskudd-til-gjodsling-av-skog-som-klimatiltak>
- Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet og Norsk institutt for bioøkonomi. 2021. Vurdering av tilskuddsordning for gjødsling av skog Rapport nr. 36/2021. https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/filarkiv/rapporter/Vurdering%20av%20tilskuddsordning%20for%20gj%C3%B8dsling%20av%20skog%20Rapport%2036_2021.pdf/_attachment/inline/84ce3162-Off6-43ac-b5ae-c307356a24a2:1e9b2813fc7c081951e5211b724ca37baef0bf53/Vurdering%20av%20tilskuddsordning%20for%20gj%C3%B8dsling%20av%20skog%20Rapport%2036_2021.pdf
- Lussana, C., Tveito, O. E., Dobler, A. og Tunheim, K. 2019. seNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway. *Earth Syst. Sci. Data* 11, 1531–1551.
- Mäkipää, R., Abramoff, R., ..., Aleksa Lehtonen. 2023. How does management affect soil C sequestration and greenhouse gas fluxes in boreal and temperate forests? – A review. *Forest Ecology and Management*, Volume 529.
- Mayer, M., Prescott, C.E., ..., Lars Vesterdal. 2020. Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management*, Volume 466.
- Meld. St. 1 (2022-2023). *Nasjonalbudsjettet 2023*. Det kongelige finansdepartement. <https://www.regjeringen.no/contentassets/85ceadfc04b4f23b291223280efc83f/no/pdfs/stm202220230001000dddpdfs.pdf>
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå og Norsk institutt for bioøkonomi. 2022. Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2020, National Inventory Report. Rapport M-2268.

- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå og Norsk institutt for bioøkonomi. 2023. Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2021, National Inventory Report. Report M-2507
- Miljødirektoratet, Statistisk sentralbyrå og Norsk institutt for bioøkonomi. 2024. Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2022, National Inventory Report. Rapport M-2727.
- Mohr, C. W., Søgaard, G., Alfredsen, G., Antón-Fernández, C., Hobrak, K. og Sevillano, I. 2022. Framskrivninger for arealbrukssektoren (LULUCF) under FNs klimakonvensjon og EUs klimarammeverk. NIBIO-rapport 8(124). <https://hdl.handle.net/11250/3023928>
- NIJOS. 1995. Landsskogtaksering og overvåking. Upublisert feltinnstruks. 133 s.
- NVE. 2016. Gridded 1 x 1 km climate and hydrological projections for Norway. NVE Report no. 59 – 2016. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_59.pdf
- Olsen, H., Svendgård-Stokke, S. og Hofmeister, F. 2016. Jordsmonnkartlegging. NIBIO-POP 2(16)
- Pingoud, K., Perala, A.-L. og Pussinen, A. 2001. Carbon dynamics in wood products. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 6: 91–111.
- Rørholt, A., Steinnes, M., Engelen, E., Søgaard, G., Eriksen, R. og Svensson, A. 2024. Utbygd naturareal 2009-2023. Sammenstilling av to ulike metoder for estimering av utbygging av naturareal. SSB Notater 2024/23. 36 s.
- Søgaard, G., Astrup, R. A., Allen, M., Andreassen, K., Bergseng, E., Fløistad, I.S., Hanssen, K.H., Hietala, A., Kvaalen, H., Solberg, S., Solheim, H., Steffenrem, A., Stokland, J. og Økland, B. 2017. Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring. NIBIO Rapport 3(99)
- Søgaard, G., Mohr, C. W., Antón-Fernández, C., Alfredsen, G., Astrup, R. A., Breidenbach, J., Eriksen, R., Granhus, A. og Smith, A. 2019. Framskrivninger for arealbrukssektoren – under FNs klimakonvensjon, Kyotoprotokollen og EUs rammeverk. NIBIO-Rapport 5(114). 105 s.
- Søgaard, G., Alfredsen, G., Antón-Fernández, C., Astrup, R.A., Belbo, H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus, A., Hanssen, K.H., Hietala, A.M., Kockum, F., Mohr, C.W., Nordbakken, J-F., Stokland, J.N., Sverker, J. og Økland, T. 2020. Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. Supplement. NIBIO-Rapport 6(153). <https://hdl.handle.net/11250/2711196>
- Tenge, I. M. 2016. Arealressurskart AR5. NIBIO-Brosjyre/Informasjonshefter. 8 s. <http://hdl.handle.net/11250/2415670>
- Tomter, S.M. 2015. Analyse av skogressursene i Hedmark. Basert på Landsskogtakseringens data. NIBIO-Rapport 2(53). 41 s.
- VKM. 2022. Impacts of climate change on the boreal forest ecosystem – Scientific Opinion of the Panel on Alien Organisms and Trade in Endangered species (CITES) of the Norwegian Scientific Committee for Food and environment. VKM Rapport 2022:15. <https://vkm.no/download/18.1e2d4d5a18053e243c18509e/1651210236085/Impacts%20of%20climate%20change%20on%20the%20boreal%20forest%20ecosystem.pdf>

VEDLEGG 1 Referanseperioder

Referanseperiode framskrivninger	År
Arealframskrivninger	2009-2022
SiTree	2008-2022
HWP	2017-2022

Referanseperiode EUs LULUCF forordning	År
Framoverskuende referansebane skog	2000-2009
Dyrka mark	2005-2009
Beite	2005-2009

VEDLEGG 2 Tabeller

I Vedlegg 2 (Excel regneark) ligger det tabeller av utslipps/opptak estimer for drivhusgassene CO₂, CH₄, og N₂O, areal og areal endringer for de forskjellige LULUCF-kategoriene og EU-bokføringskategoriene. Historiske tall, 1990 – 2022, kommer fra klimagassregnskapet 2024, og tallene fra 2023 – 2100 er framskrevet basert på dagens politikk (referanseperiode 2009–2022).

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

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

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

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