

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

2018

ISSN 2535-2806

MINA fagrapport 53

# Klimagassutslipp i skogbruket – tiltak og allokeringsmodeller

Johann K. Næss  
Anders Q. Nyrud  
Lars Gunnar Tellnes



Næss, J.K., Nyrud, A.Q. & Tellnes, L.G. 2018. **Klimagassutslipp i skogbruket – tiltak og allokeringmodeller**. - MINA fagrapport 53. 27 s.

Ås, desember 2018

ISSN: 2535-2806

RETTIGHETSHAVER

© Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Forskningsutvalget, MINA, NMBU

OPPDRAUGSGIVER

Splitkon AS, Regionale forskningsfond Oslojordfondet

FORSIDEBILDE

Tømmerlager på Hauer seter. Foto: Anders Q. Nyrud, NMBU

NØKKELOD

Tømmer, LCA, allokering, skogskjøtsel, skogbruk, skogprodukter

KEY WORDS

Roundwood, LCA, allocation, silviculture, forestry, forest products

Johann K. Næss, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Postboks 5003 NMBU, NO-1432 Ås.

Anders Q. Nyrud ([anders.qvale.nyrud@nmbu.no](mailto:anders.qvale.nyrud@nmbu.no)), Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Postboks 5003 NMBU, NO-1432 Ås.

Lars Gunnar Tellnes ([lars@ostfoldforskning.no](mailto:lars@ostfoldforskning.no)), Østfoldforskning AS, Stadion 4, NO-1671 Kråkerøy.

## Sammendrag

Klimagassutslipp fra norsk skogbruk har tidligere blitt beregnet av Timmermann og Dibdiakova (2013). Skogindustriens kunder etterspør i økende grad om miljødokumentasjon for produktene de kjøper, for eksempel miljødeklarasjoner (EPDer). Det er derfor viktig at oppdaterte data for klimautslipp er tilgjengelige for alle treslag og materialkvaliteter som industrien benytter som råstoff (dvs. tømmerstammer), og at det gjennomføres beregninger med alle aktuelle metoder for allokering av utslipp. I studien beregnes og allokeres utslipp for fem relevante problemstillinger: I) Produktspesifikke beregninger for enkeltår, II) Produktspesifikke beregninger for en periode, III) Produktspesifikke beregninger basert på historiske data, IV) Produktspesifikke utslipp av gjødsling av skog og V) Produktspesifikke utslipp på regionalt nivå. Beregningene viser at beregnede klimagassutslipp kan variere betydelig (opptil 30%) avhengig av valg av .

Nøkkelord: Tømmer, LCA, allokering, skogbruk, skogprodukter

## Summary

Climate gas emissions from Norwegian forestry have previously been estimated by Timmermann og Dibdiakova (2013). The Norwegian forest industry is increasingly being requested for environmental documentation by its customers, e.g. Environmental Product Declarations (EPDs). It is therefore important that data on climate gas emissions are available for all industrial wood species consumed by the domestic industry. Methods for allocation of climate gas emissions to wood products can be improved. In the study, emissions of estimates for five relevant scenarios are presented: I) Estimations based on data from single years, II) Estimations based on calculated averages, III) Estimates based on data from when measures actually took place, IV) Sensitivity analysis on effects of fertilization, and V) Estimates based on regional data. The estimates indicate that results from the five scenarios differ by up to 30 % for single products.

Key words: Roundwood, LCA, allocation, forestry, forest products



## Forord

Rapporten er skrevet i som en del av forskningsprosjektet *Storformatproduksjon av krysslåst tre – dokumentasjon og forbedring av miljøprestasjon*, finansiert av Regionale forskningsfond Oslofjordfondet.

Prosjektleder for prosjektet er Forsknings- og innovasjonssjef Kristine Nore, Splitkon AS. Ansvarlig ved NMBU er Professor Anders Q. Nyrud. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Splitkon AS, Treteknisk og Østfoldforskning.

Følgende personer har bidratt med innspill og kommentarer underveis: Per Kristian Rørstad (NMBU), Vegard Ruttenborg (Treteknisk) og Kristine Nore (Splitkon AS).

Ås, 2018-11-30

<b>INNLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>MATERIALE OG METODE</b>	<b>8</b>
I) Klimagassberegning basert på data for enkeltår	8
II) Klimagassberegning basert på gjennomsnittstall	8
III) Klimagassberegning basert på data for året prosessen fant sted (casestudie om gjødsling)	8
IV) Følsomhetsanalyse om effekt av gjødsling	9
V) Klimagassberegning basert på regionale data (casestudie med to regioner)	9
Metode	9
Valg av referanseår	11
Fordeling på treslag	11
Forutsetninger	12
<b>RESULTATER</b>	<b>13</b>
I) Klimagassberegning basert på data for enkeltår	13
II) Klimagassberegning basert på gjennomsnittstall	18
III) Historiske tall for tiltak (casestudie for gjødsling)	19
IV) Følsomhetsanalyse om effekt av gjødsling	20
V) Regionale forskjeller	21
<b>DISKUSJON</b>	<b>24</b>
<b>REFERANSER</b>	<b>26</b>

## Innledning

Klimagassutslipp fra norsk skogbruk har tidligere blitt beregnet av Timmermann og Dibdiakova (2013). Dagens byggeindustri bruker i økende grad miljødeklarasjoner, eller EPDer (EPD: *Environmental Product Declaration*, EN 15804), til å dokumentere byggematerialers miljøegenskaper. EPDer er basert på livssyklusanalyser (LCA, jfr. Cunnan 2015). Tilgjengelige EPDer for trebaserte produkter (jfr. EPD-Norge 2018) er, uten unntak, basert på aggregerte volumer (verdier) for råstoff til skogindustrien, dvs. de er aggregert for enkeltår på nasjonalt nivå. Klimagassutslippene presenteres gjennomgående som kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kubikkmeter produsert bartretømmer (dvs. *Global Warming Potential* eller GWP, jfr. IPCC 1995). GWP er den indikatoren som er mest omtalt og benyttet til karbonavtrykk i LCA per i dag (Klein, Wolf, Schulz, & Weber-Blaschke, 2015), og er en omregningsfaktor for ulike klimagasser til kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Fra norsk skogbruk foreligger det i skrivende stund bare klimagassutslipp for to typer råvare: sagtømmer av bartre og massevirke av bartre. Dette innebærer at man ikke skiller på sagtømmer fra gran og furu, selv om produktene omsettes som treslagsegne produkter. For å forbedre livssyklusanalyser av treprodukter, er det behov for å beregne treslagsspesifikke klimagassutslipp for tømmer. Flere av forutsetningene som brukes til beregning (allokering) av klimagassutslipp bruker data for skogbrukets aktivitet i enkeltår, noe som bl.a. medfører at beregnede utslipp varierer fra år til år.

I rapporten beregnes klimautslipp for gran- og furutømmer i henhold til gjeldende standard for miljødeklarasjoner for byggevarer (EN 15804). Egne utslippstall presenteres for sagtømmer av gran, massevirke av gran, sagtømmer av furu og massevirke av furu. Rapporten viser også hvordan beregnede klimagassutslipp endrer seg fra år til år for sluttprodukter av tømmer, når man bruker gjeldende metode for å beregne utslipp (jfr. EN 15804). Utslipp beregnet på grunnlag av data fra enkeltår sammenlignes med utslipp beregnet fra gjennomsnittstall for en lengre periode, dvs. på grunnlag av gjennomsnittverdier for skogtiltak og tømmerpriser. Det gjennomføres også en analyse der det benyttes regionale data, for å vise hvordan utslipp varierer på fylkesnivå.

## Materiale og metode

Skogbruket produserer innsatsfaktorer til tremekanisk- og treforedlingsindustrien: sagtømmer av gran og furu, og massevirke av gran og furu. I livsløpsanalyser beregnes gjerne utslipp for to aggregerte produkter, bartre sagtømmer og bartre massevirke (aggregert for gran og furu), evt. fire treslagsrene produkter (gran sagtømmer, gran massevirke, furu sagtømmer og furu massevirke).

Klimagassutslipp fra skogbruket kan knyttes til følgende prosesser i skogen:

1. Markberedning
2. Frøproduksjon
3. Planteproduksjon
4. Planting
5. Sprøyting
6. Ungskogpleie
7. Gjødsling
8. Nybygg skogsbilvei
9. Ombygg skogsbilvei
10. Hogst (maskinell med hogstmaskin)
11. Terrengtransport fram til velteplass (maskinell med Lassbærer)

For å beregne klimagassutslipp fra skogbruket, kreves det kunnskap om utslipp pr funksjonell enhet ( $m^3$ , jfr. formel 1) for hver av disse prosessene (jfr. Timmermann og Dibdiakova 2013). I tillegg må omfang av hver av de elleve prosessene dokumenteres. Det er vanlig å benytte data for avvirking, og relativ verdi av sluttproduktene i slike beregninger. I rapporten analyseres fem alternative problemstillinger:

### I) Klimagassberegning basert på data for enkeltår

Ved beregning av klimagassutslipp fra skogbruket, dvs. alle prosessene som inngår i produksjon av tømmer, har det vært vanlig å benytte datagrunnlag fra samme referanseår for alle prosessene. Dette fører til at klimagassberegningene er avhengige av omfanget på avvirking og prisnivå for det året beregningen gjennomføres. Klimagassberegninger gjennomføres for hvert enkelt år i perioden 2009-2016/2017.

### II) Klimagassberegning basert på gjennomsnittstall

Klimagassberegningene gjennomført med utgangspunkt i gjennomsnittstall for en periode kan være mer relevante enn beregninger for enkeltår fordi dette vil fordele variasjonen over en lengre periode. Klimagassberegninger gjennomføres med gjennomsnittstall for perioden 2009-2016/2017.

### III) Klimagassberegning basert på data for året prosessen fant sted (casestudie om gjødsling)

Reelt klimagassutslipp bør i utgangspunktet baseres på reelle tall fra det året hvert enkelt tiltak fant sted. For eksempel, vil både planting og ungskogpleie gjennomføres flere tiår før et tre/en bestand avvirkes.



Det kan imidlertid være vanskelig å innhente slike historiske data fordi de forutsetter at (1) at vi vet når hvert enkelt tiltak fant sted, (2) at vi har kunnskap om omfanget av hvert tiltak og (3) at vi har kunnskap om utslipp pr funksjonell enhet for hvert av disse tiltakene. Det er derfor gjennomført en case-studie for å vise hvordan bruk av historiske data påvirker beregningene av klimagassutslipp, tiltaket som analyseres er gjødning av hogstmoden skog. For 2016 er gjennomsnittlige tall for gjødning i perioden 2005-2007 benyttet (Landbruksdirektoratet 2018, SSB 2018).

#### IV) Følsomhetsanalyse om effekt av gjødning

Det er usikkerhet knyttet til effekten av lystgass ( $N_2O$ ) fra gjødning som benyttes i skogbruket. Utslippene fra gjødningproduksjon avhenger av teknologien som benyttes, i tillegg vil utslippene i skog variere, blant annet hvilken vegetasjonstype som behandles, jfr. Haugland m.fl. (2014). Følgende multipliseringsfaktorer ( $F$ , jfr. formel 1 på neste side) ble benyttet til å beregne klimagassutslipp: lavt utslipp  $F_{lav} = 0,059$ ; høyt utslipp  $F_{hoy} = 0,422$ . Forutsetningene for lavt lystgassutslipp ved produksjon av gjødning er at lystgassutslipp fra salpetersyreproduksjon settes lik null, mens alternativet med høyt utslipp fra gjødningproduksjon tar utgangspunkt i gjødningproduksjon fra ammoniumnitrat, slik det fremgår i databasen Ecoinvent (versjon 3.4). I praksis kan man forvente at faktiske utslipp fra gjødningproduksjon er ca. 10 % høyere enn det beste alternativet, fordi *best available technology* (BAT) vil ha lystgassutslipp fra salpetersyreproduksjon. Lystgassutslipp fra gjødning i skog tar utgangspunkt i Haugland m.fl. (2014), som igjen baserer seg på IPCC (2003).

#### V) Klimagassberegning basert på regionale data (casestudie med to regioner)

Det er regionale forskjeller mht. skogavvirkning (f.eks. avvirket volum, treslagsfordeling, terrengtransport osv.). De regionale forskjellene kan påvirke beregnet klimagassutslipp. Det er derfor gjennomført en case-studie for å vise hvordan bruk av fylkesvise data fra Hedmark og Buskerud påvirker beregningene av klimagassutslipp.

#### Metode

Produkter (så vel som tjenester) påvirker miljøet på flere måter over produktets levetid. Fra utvinning og høsting av råmateriale til avfallshåndtering, via steg som transport, produksjon, bruk, eventuelt gjenbruk og gjennom alle nødvendige prosesser knyttet til disse stadiene. Med livsløpsvurdering (LCA) ønsker man å dokumentere denne påvirkningen gjennom hele livsløpet (jfr. Baumann & Tillmann 2004 og Cunnann 2015).

Klimagassutslipp påvirker miljøet. I LCA regner man bl.a. ut klimagassutslipp over produkters livsløp. Skogbrukets klimagassutslipp regnes ut ved å summere utslipp fra alle prosessene i skogbrukets forsyningskjede, dvs. fra foryngelse til velteplass. Pålessing av tømmerbil og frakt til industri inngår ikke i analysen. For en gitt analyseperiode, allokeres (fordeles) total mengde av det aktuelle produktet på alle relevante skogbruksprosesser. Etter allokering beregnes utslipp ved å multiplisere volumet med en GWP-faktor for den aktuelle skogbruksprosessen. Slike multipliseringsfaktorer for norsk skogbruk er tidligere

beregnet av Timmermann og Dibdiakova (2013). Oppdaterte GWP-faktorer foreligger i Ecoinvent versjon 3.4. Ecoinvent er en database som blant annet benyttes i programvaren for livsløpsberegninger Simapro. Databasen samsvarer med tilgjengelig offentlig- og bransjestatistikk, og oppdateres jevnlig. Enhetene som benyttes for skogbruksprosesser er: vekt i kilo, kg (frøproduksjon), antall planter (planteproduksjon), areal i kvadratmeter, m<sup>2</sup> (markberedning, planting, sprøyting, ungskogpleie, gjødsling), lengde angitt i meter, m (bygging og oppgradering av vei), volum angitt i kubikkmeter, m<sup>3</sup> (avvirkning og terrengtransport).

Klimagassutslipp (GWP) fra prosesser i skogbruket kan beregnes med følgende formel:

$$(1) \quad GWP = \frac{P \cdot A \cdot T}{V} \times F \text{ kg CO}_2 \text{ eq/m}^3 ,$$

der  $P$  angir aktivitetsnivået i gitt kategori,  $A$  er allokering,  $T$  er treslagsandel,  $V$  er totalt produsert volum av sluttproduktet og  $F$  er multipliseringsfaktor (*impact category*) for sluttproduktet.  $A$  og  $T$  angir henholdsvis allokeringsandel og treslagsandel, og ligger i intervallet 0 - 1. Funksjonell enhet for tømmer er kubikkmeter (m<sup>3</sup>). Totale klimagassutslipp for et produkt regnes ut ved å summere av klimagassutslippene fra alle prosessene i skogen.

Alle skogbruksprosessene er økonomisk allokert med unntak av terrengtransport med lassbærer, som er allokert etter volum. I henhold til EN 15804 skal samproduksjon av flere produkter allokeres etter verdien av produktet med høyest omsatt markedsverdi (ved en verdiforskjell over 25% mellom produktene), med mindre arbeidsoppgaven kan deles opp i forskjellige deler. Ved terrengtransport av tømmer med lassbærer, forutsettes det at tømmeret er forhåndssortert av hogstmaskin, og produktene er dermed ikke avhengige av hverandre i denne prosessen.

Den økonomiske allokeringen er foretatt på to måter:

1. Alle skogbruksprosesser med unntak av sluttavvirkningen, er fordelt etter relativ verdi av sagtømmer i forhold til massevirke, for samlet norsk avvirkning i aktuell analyseperiode. Salgsinntekter på sagtømmer av bartre utgjorde i 2016 74 % av den totale omsatte verdien av bartretømmer, dvs. at allokeringsandelen,  $A$ , i formel (1) settes til 0,74, og tilsvarende 0,26 for bartre massevirke.
2. Ved sluttavvirkning med hogstmaskin er allokeringsandelen,  $A$ , satt til 1,3. Allokeringsandelene for sluttavvirkning angir relativt drivstofforbruk per avvirkede kubikkmeter sagtømmer i forhold til massevirke, og er lik for både gran og furu. For sagtømmer blir allokeringsandelen,  $A$ , 1,3 ved sluttavvirkning. For massevirke blir allokeringsandelen,  $A$ , den inverse, dvs.  $1/1,3 = 0,77$ .

## Valg av referanseår

I henhold til EN 15804 skal datagrunnlaget som benyttes være representativt for utviklingen over flere år, og samtidig være så nytt som praktisk mulig (jfr. avsnitt 6.3.8.2, s. 32). I de fleste tilfeller er det derfor hensiktsmessig å bruke så nye data som mulig, i skrivende stund data fra 2017.

Markedene for skogprodukter er konjunkturavhengige, og både høstet volum og priser kan variere mye fra år til år. Ved å bruke data for enkeltår i beregningene, tas det ikke hensyn til slik variasjon. Dersom det er stor variasjon mellom år (f.eks. over en tiårsperiode), vil trolig et gjennomsnittstall for en lengre periode brukes.

Det er vanlig praksis å bruke nye data i LCA-beregninger, gjerne data fra de siste to/tre publiserte år. Nylig publiserte data kan i enkelte tilfeller være lettere tilgjengelige, men vil imidlertid ikke nødvendigvis være det mest relevante datagrunnlaget når produksjonsprosessen er så lang som i skogbruket. Dersom datagrunnlaget som benyttes er nytt, vil det ikke nødvendigvis reflektere prosesser som har funnet sted for avvirkning, situasjonen da et skogbestand ble etablert eller når ungsogpleie ble foretatt. Tiltak for etablering av ny skog (f.eks. planting eller markberedning) vil i mange tilfeller ikke gjennomføres samme år som sluttavvirkning, men finne sted et av de påfølgende årene. Det kan derfor være aktuelt å koble plantestatistikk eller data for markberedning fra året etter sluttavvirkning. Gjødsling av gammelskog gjennomføres noen år før sluttavvirkning, og det bør derfor brukes historiske data for dette tiltaket (f.eks. gjødsling foretatt ti år før sluttavvirkning). På denne måten følger man den faktiske arealbruken i skogbruket. Slike problemstillinger belyses i studien ved at det gjennomføres en casestudie med bruk av historiske data for gjødsling.

## Fordeling på treslag

For flere av prosessene i skogbruket er det vanskelig å anslå hvor stor andel av aktivitetene som skal fordeles på treslag (gran og furu). Det er derfor nødvendig å forutsette at beregnet klimagassutslipp ikke beregnes for treslagsrene gran- eller furubestander, men for bestander der gran- eller furu er det dominerende. For mange av prosessene er det ikke lik fordeling mellom gran og furu, for eksempel planting som hovedsakelig gjennomføres for gran.

For prosessene sprøyting, ungsogpleie og ombygg/nybygging av vei, er fordelingen på treslag regnet ut fra relativ andel avvirket for hvert treslag det referanseåret beregningen gjelder for. For eksempel, var andelen gran om lag 74,7% av totalt avvirket bartretømmer i 2016. I beregningene for 2016 blir treslagsandel, dvs.  $T$  i ligning (1), lik 0,747 for prosessene sprøyting, ungsogpleie og ombygg/nybygging av vei. Markberedning er fordelt med 50 % på furudominert skog og 50 % på grandominert skog. Denne fordelingen er basert på erfaringstall fra Hedmark (pers. medd. Hedmark Fylkeskommune) og bør valideres for andre fylker. For frøproduksjon, planteproduksjon og planting foreligger det god dokumentasjon fra Skogfrøverket (Skogfrøverket 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018a, 2018b). Gjødsling har tradisjonelt vært mest benyttet i furuskog. I eldre statistikk angis ikke

dominerende treslag i gjødslede bestand, mens Landbruksdirektoratet rapporterer dominerende treslag for de siste to tilgjengelige årene (2016 og 2017), jfr. Landbruksdepartementet (2018). For disse årene fordeles gjødsling på gran og furu i henhold til faktisk gjødslet areal. For årene før 2016 brukes gjennomsnittet av 2016 og 2017 til å fordele gjødslet areal. For sluttavvirkning benyttes tall fra SSBs skogstatistikk (SSB 2018). I skogstatistikken angis faktisk avvirkning fordelt på region, treslag og tømmersortiment.

### Forutsetninger

Det settes ikke et fast referanseår i beregningene som inngår rapporten, i stedet brukes det data fra hele perioden 2009-2017. Det forutsettes at stående volum skog ved sluttavvirkning er identisk for all skog som avvirkes. Det forutsettes også at det utelukkende står gran i gran-dominert skog, og furu i furu-dominert skog, slik det angis i gjødslingsstatistikken fra Landbruksdirektoratet for 2016 og 2017 (Landbruksdirektoratet 2018). Foryngelse ved såing av furufrø er ikke inkludert i analysene. Ved beregning av GWP for prosessene nybygg og ombygging av skogsbilvei benyttes samme multipliseringsfaktor for vinterbilvei og -traktorvei som for helårs- og sommerskogsbilvei.

## Resultater

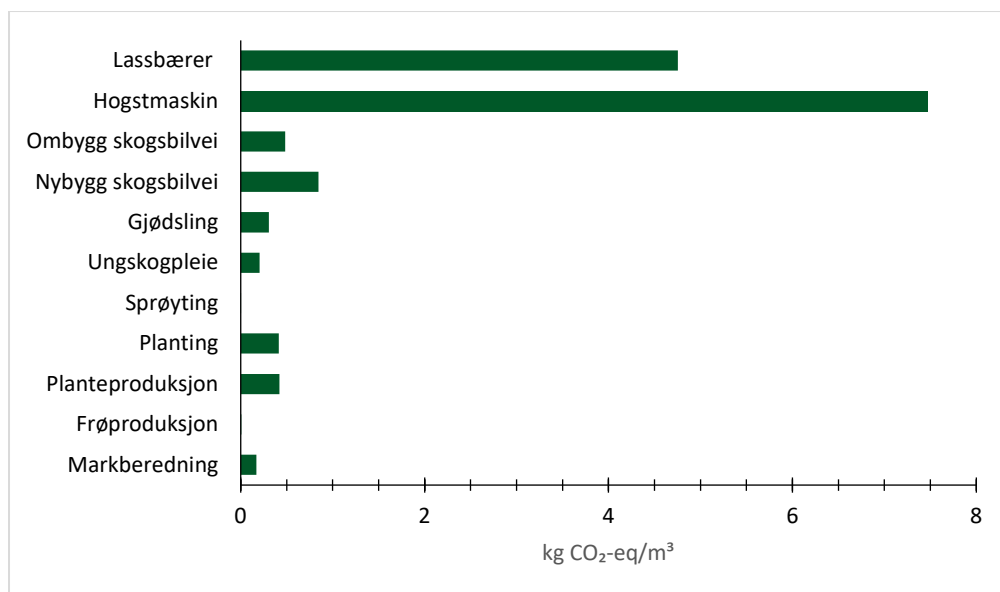
Modelleringsresultater for de fire problemstillingene rapporteres i teksten under.

### I) Klimagassberegning basert på data for enkeltår

Klimagassutslipp, GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>), for seks tømmerstimer er beregnet for hvert enkelt år i perioden 2009-2017. Utslippene ligger i intervallet 10,6 til 18,9 GWP. Utslippene fra sagtømmer av gran og furu (Tabell 1 og Tabell 2) er noe høyere enn for massevirke av gran og furu (Tabell 3 og Tabell 4). Tilsvarende tall for sagtømmer og massevirke av bartre ligger innenfor det samme intervallet (Tabell 5). For sagtømmer og massevirke av gran, utgjør avvirking med hogstmaskin og terrengtransport de største utslippene (jfr. Figur 1). For sagtømmer og massevirke fra furu, utgjør gjødsling, avvirking med hogstmaskin og terrengtransport de største utslippene (jfr. Figur 2).

Tabell 1. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for sagtømmer av gran, årlige beregninger i perioden 2009-2017.

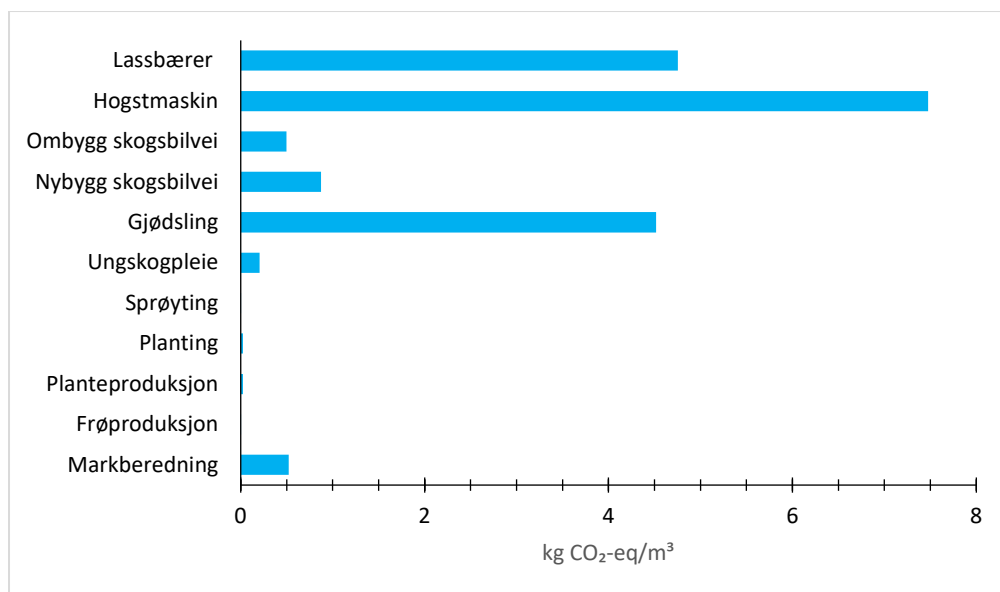
Prosess	år	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Markberedning		0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Frøproduksjon		6E-03	4E-03	4E-03	5E-03	5E-03	4E-03	4E-03	5E-03	5E-03
Planteproduksjon		0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
Planting		0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sprøyting		7E-03	5E-03	4E-03	6E-03	5E-03	3E-03	2E-03	3E-03	2E-03
Ungskogpleie		0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gjødsling		0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,6
Nybygg skogsbilvei		1,7	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	0,9	0,8	0,9
Ombygg skogsbilvei		0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
Hogstmaskin		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Lassbærer		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sum GWP		15,9	14,8	14,4	14,7	14,8	14,6	14,7	15,1	15,4



Figur 1. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) sagtømmer av gran, 2016.

Tabell 2. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for sagtømmer av furu, årlige beregninger i perioden 2009-2017.

Prosess	år	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Markberedning		0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Frøproduksjon		2E-03	6E-04	6E-04	5E-04	9E-04	2E-03	2E-03	2E-03	2E-03
Planteproduksjon		5E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	2E-02	4E-02
Planting		5E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	3E-02	2E-02	4E-02
Sprøyting		7E-03	4E-03	4E-03	5E-03	5E-03	3E-03	2E-03	3E-03	2E-03
Ungskogpleie		0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gjødsling		0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,3	0,4	4,5	3,8
Nybygg skogsbilvei		1,7	1,0	0,8	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9
Ombygg skogsbilvei		0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
Hogstmaskin		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Lassbærer		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sum GWP		16,1	14,8	14,4	14,7	15,2	14,6	14,7	18,9	18,1



Figur 2. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) sagtømmer av furu, 2016.

Tabell 3. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for massevirke av gran, årlige beregninger i perioden 2009-2017.

Prosess	år	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Markberedning		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Frøproduksjon		4E-03	2E-03	3E-03	3E-03	3E-03	2E-03	2E-03	3E-03	2E-03
Planteproduksjon		0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Planting		0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sprøyting		4E-03	3E-03	3E-03	4E-03	3E-03	1E-03	1E-03	1E-03	1E-03
Ungskogpleie		0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gjødsling		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3
Nybygg skogsbilvei		1,1	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
Ombygg skogsbilvei		0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hogstmaskin		4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Lassbærer		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sum GWP		11,5	10,6	10,7	10,8	10,6	10,3	10,3	10,5	10,6

Tabell 4. klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for massevirke av furu, årlige beregninger i perioden 2009-2017.

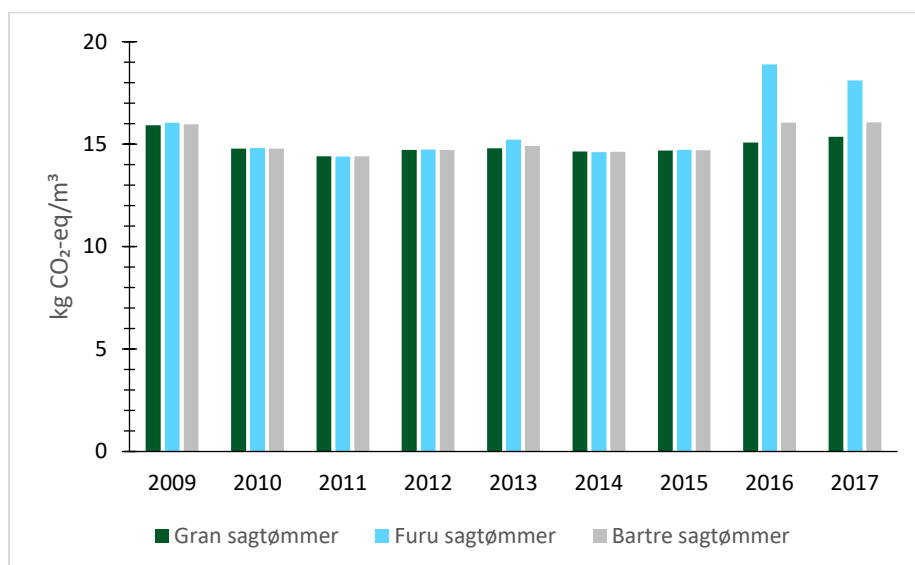
Prosess	år	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Markberedning		0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Frøproduksjon		8E-04	3E-04	4E-04	3E-04	5E-04	7E-04	1E-03	8E-04	9E-04
Planteproduksjon		3E-02	2E-02	2E-02	2E-02	2E-02	1E-02	1E-02	1E-02	2E-02
Planting		3E-02	2E-02	2E-02	2E-02	2E-02	1E-02	1E-02	1E-02	2E-02
Sprøyting		4E-03	2E-03	2E-03	3E-03	3E-03	1E-03	1E-03	1E-03	1E-03
Ungskogpleie		0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gjødsling		0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	2,0	1,7
Nybygg skogsbilvei		0,9	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4
Ombygg skogsbilvei		0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hogstmaskin		4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Lassbærer		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sum GWP		11,3	10,5	10,6	10,7	10,7	10,2	10,2	12,1	11,8

Tabell 5. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for bartretømmer (sagtømmer og massevirke), årlige beregninger for perioden 2009-2017.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bartre sagtømmer	16,0	14,8	14,4	14,7	14,9	14,6	14,7	16,1	16,1
Bartre massevirke	11,4	10,6	10,6	10,8	10,6	10,3	10,3	10,9	10,9

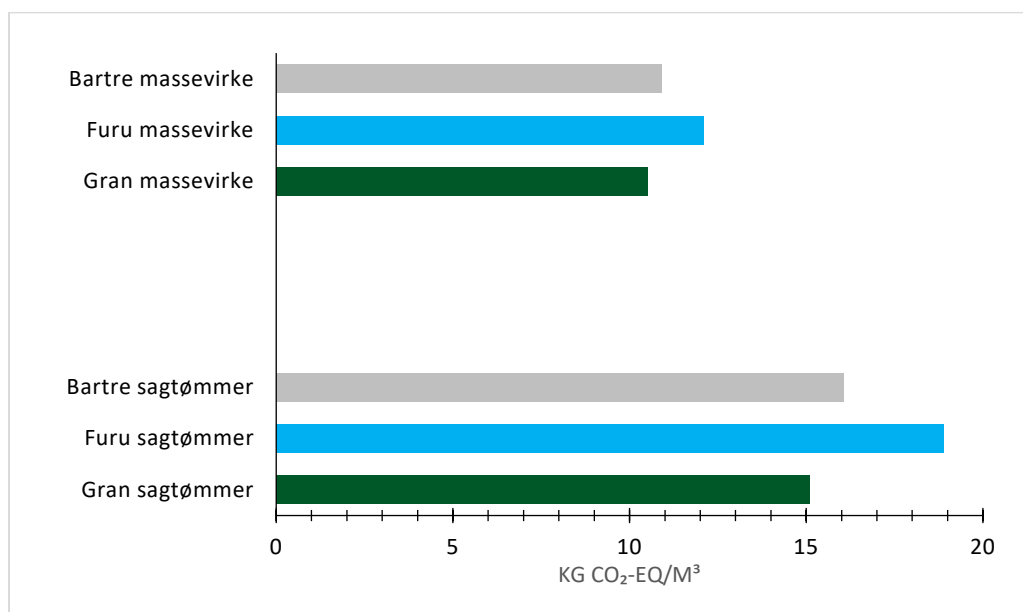
Når klimautslipp beregnes for enkeltår, vil utslippene variere fra år til år, dette er vist for sagtømmer i Figur 3. Variasjonen er minst for massevirkesortimentene, ca 10 % differanse mellom høyeste og laveste utslipp. Men for sagtømmer av furu er det en differanse på 31,25 % mellom utslippene beregnet for 2016 (18,9 GWP) og 2011 (14,4 GWP).





Figur 3. Sum klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)), årlige beregninger for perioden 2009-2017.

Figur 4 viser klimautslipp for forskjellige tømmerprodukter (sagtømmer og massevirke) for hvert treslag (gran og furu) og for begge treslag (bartre).



Figur 4. Sum klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) tømmerprodukter, 2016.

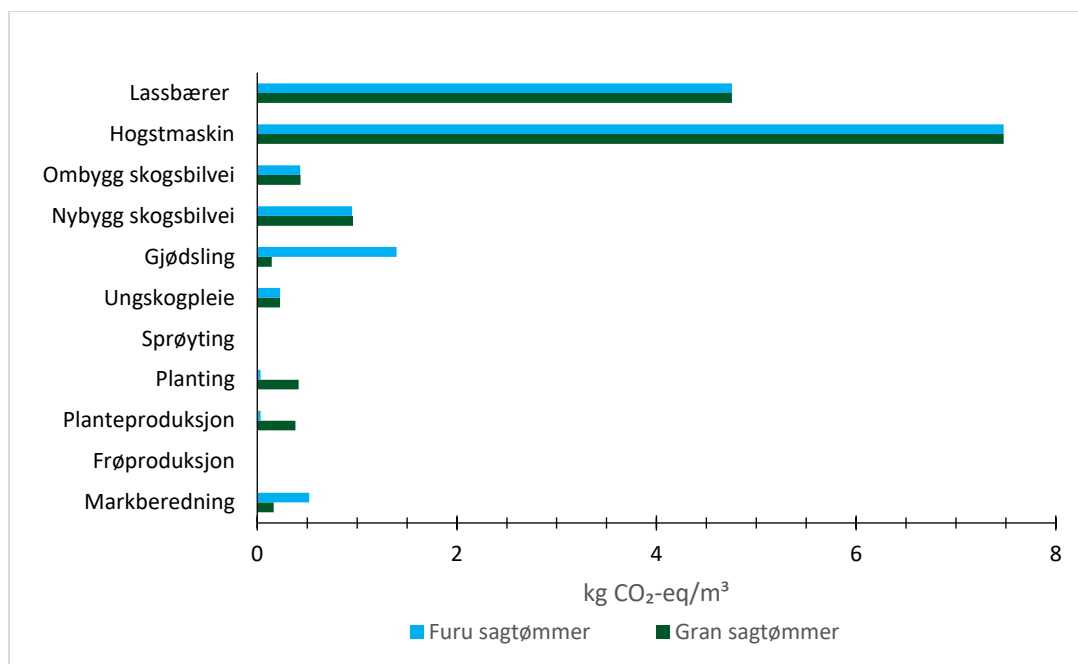
## II) Klimagassberegning basert på gjennomsnittstall

Klimagassutslipp, GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>), for seks tømmerstammer er beregnet for perioden 2009-2017 (Tabell 6). Utslippene ligger i intervallet 10,7 til 15,8 GWP. Som for beregningene utført for enkeltår, er utslippene fra sagtømmer noe høyere enn for massevirke. Utslipp for gran avviker lite fra beregningene for enkeltår, men utslippene fra furu sagtømmer er vesentlig lavere enn enkeltårene der utslippene fra furu var høyest.

Tabell 6. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) for treslag fordelt på sagtømmer og massevirke, gjennomsnitt 2009-2017.

Prosess	Sagtømmer			Massevirke		
	gran	furu	bartre	gran	furu	bartre
Markberedning	0,2	0,5	–	0,1	0,3	–
Frøproduksjon	5E-03	1E-03	–	3E-03	7E-04	–
Planteproduksjon	0,4	3E-02	–	0,2	2E-02	–
Planting	0,4	3E-02	–	0,2	2E-02	–
Sprøyting	2E-03	2E-03	–	1E-03	1E-03	–
Ungskogpleie	0,2	0,2	–	0,1	0,1	–
Gjødsling	0,1	1,4	–	0,1	0,7	–
Nybygg skogsbilvei	1,0	1,0	–	0,5	0,5	–
Ombygg skogsbilvei	0,4	0,4	–	0,2	0,2	–
Hogstmaskin	7,5	7,5	–	4,4	4,4	–
Lassbærer	4,8	4,8	–	4,8	4,8	–
Sum GWP	15,0	15,8	15,2	10,7	11,0	10,7

For sagtømmer og massevirke av gran, utgjør avvirking med hogstmaskin og terrengtransport de største utslippene, mens for sagtømmer og massevirke fra furu, utgjør gjødsling, avvirking med hogstmaskin og terrengtransport de største utslippene. Utslipp fra vegbygging har også større betydning enn for enkelte av beregningene for enkeltår.



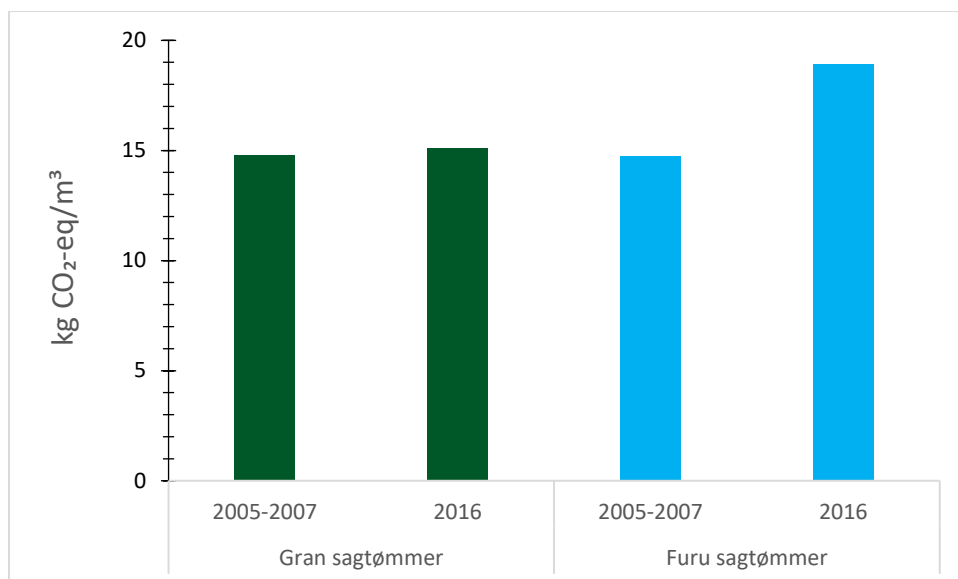
Figur 5. Oppbygning klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)), gjennomsnittsdatabe 2009-2017.

### III) Historiske tall for tiltak (casestudie for gjødsling)

Fra 2016 har gjødsling av gammelskog økt, den gjødsla skogen vil sannsynligvis ikke bli avvirket før omtrent om ti år. Det er beregnet utslipp fra tømmerproduksjon i 2016, der man har tatt hensyn til dette (Tabell 7 og Figur 6), dvs. gjennomsnittlig gjødslet areal for ti år siden (2005 til 2007) benyttes i beregningen. Beregnet GWP for gran sagtømmer bli 14,8 CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>, mens beregnet utslipp blir 15,1 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> med gjødslingsdata fra 2016. Tilsvarende vil sum GWP for furu sagtømmer bli 14,7 med ti år gamle gjødslingsdata, og 18,9 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> med gjødslingsdata fra 2016.

Tabell 7. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) ved gjødsling fordelt på treslag, gjødslet areal i 2005-2007 sammenlignet med gjødslet areal i 2016.

Referanseår gjødsling	Gran sagtømmer		Furu sagtømmer	
	2005-2007	2016	2005-2007	2016
Gjødsling	0,02	0,3	0,4	4,5
Sum	14,8	15,1	14,7	18,9



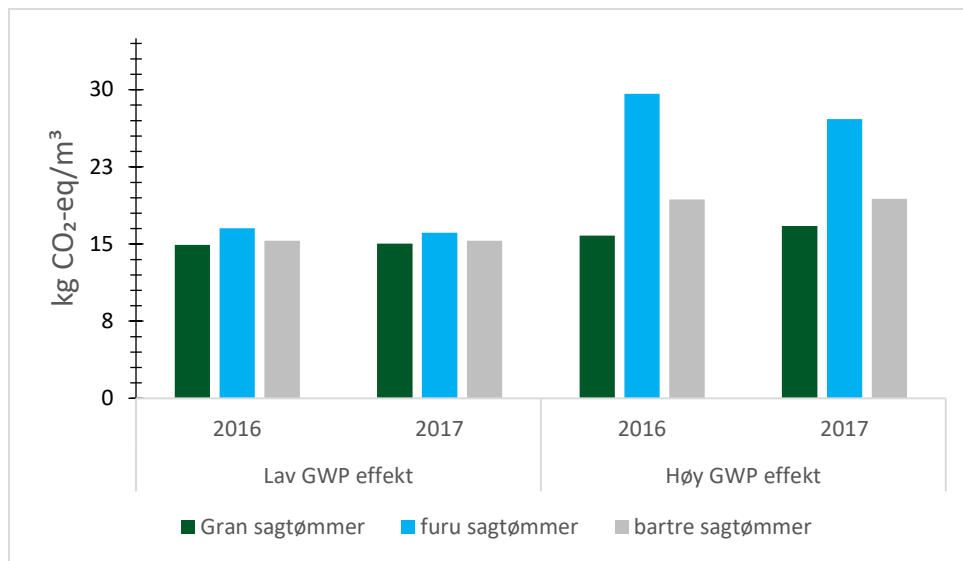
Figur 6. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) ved gjødsling fordelt på tømmerprodukter, gjødslet areal i 2005-2007 sammenlignet med gjødslet areal i 2016.

#### IV) Følsomhetsanalyse om effekt av gjødsling

Klimagassutslipp er beregnet for øvre og nedre yttergrenser av gjødselbidraget for å kunne angi øvre og nedre yttergrenser for utslipp fra gjødsling. Endringer i forutsetningene om gjødsling har liten innvirkning på resultatene for grantømmer, dette stemmer godt over ens med resultatene over, jfr. Tabell 8 og Figur 7. For furu vil imidlertid endrede forutsetninger ha vesentlig betydning, med et nettobidrag på mellom 1,8 og 15,2 GWP per kubikkmeter tømmer. Hvis forutsetningen gitt i øvre grenseverdi stemmer, vil utslippene nesten fordobles for furutømmer.

Tabell 8. Høyeste og laveste anslag for klimagassutslipp for sagtømmer av gran og furu (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) ved gjødsling fordelt på treslag, 2016 og 2017. Utslipp angitt som intervall mellom øvre og nedre anslag (lavt utslipp – høyt utslipp).

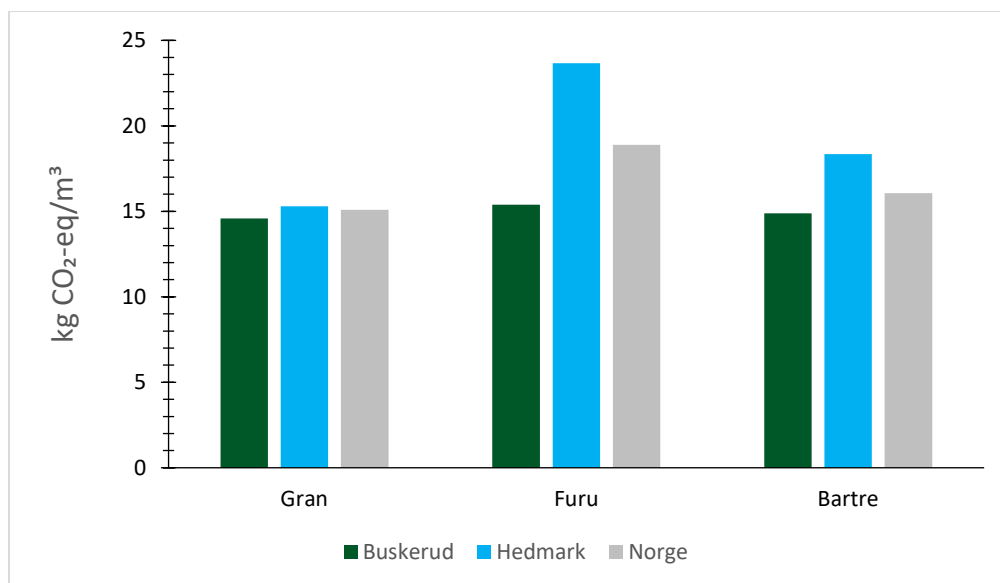
	Gran		Furu	
	2016	2017	2016	
Referanseår	2016	2017	2017	
Gjødsling	0,1 - 1,0	0,1 - 2,0	2,1 - 15,2	1,8 - 12,8
Sum	14,9 - 15,8	15,1 - 16,8	16,5 - 29,6	16,1 - 27,1



Figur 7. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) ved gjødsling fordelt på tømmerprodukter, 2016 og 2017.

## V) Regionale forskjeller

Det er regionale forskjeller mht. skogavvirkning (f.eks. avvirket volum, treslagsfordeling, terrengrtransport osv.) som kan påvirke beregnet klimagassutslipp. Det er derfor gjennomført en case-studie for å vise hvordan bruk av fylkesvise data fra Hedmark og Buskerud påvirker beregningene av klimagassutslipp. Resultater fra de regionale analysene viser at Buskerud har lavere utslipp enn Hedmark (Tabell 9 og Figur 8). Utslippene fra skogbruk i Buskerud er litt lavere enn landsgjennomsnittet. Utslippene fra sagtømmer av gran fra Hedmark er på samme nivå som landsgjennomsnittet, mens utslippene fra sagtømmer av furu fra Hedmark er vesentlig høyere enn for landsgjennomsnittet. Hovedårsaken til at Hedmark har høyere utslipp for sagtømmer av furu, er at det gjødsles mer i denne regionen.



Figur 8. Regionale forskjeller i klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) sagtømmer, 2016.

Tabell 9. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) fra sagtømmer i regioner fordelt på treslag, 2016.

Prosess	Gran			Furu		
	Buskerud	Hedmark	Norge	Buskerud	Hedmark	Norge
Markberedning	0,1	0,5	0,2	0,1	0,9	0,5
Frøproduksjon	0,0	0,0	5E-03	7E-04	2E-03	2E-03
Planteproduksjon	0,3	0,5	0,4	9E-03	2E-02	2E-02
Planting	0,4	0,5	0,4	1E-02	2E-02	2E-02
Sprøyting	3E-03	2E-04	3E-03	4E-03	2E-04	3E-03
Ungskogpleie	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gjødsling	0,2	0,7	0,3	1,5	9,6	4,5
Nybygg skogsbilvei	0,5	0,4	0,8	0,6	0,4	0,9
Ombygg skogsbilvei	0,6	0,3	0,5	0,6	0,3	0,5
Hogstmaskin	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Lassbærer	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Sum GWP	14,6	15,3	15,1	15,4	23,7	18,9

Regionale forskjeller er større for sagtømmer enn for massevirke (Tabell 10).

Tabell 10. Klimagassutslipp (GWP (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>)) fra sagtømmer og massevirke i regioner fordelt på treslag, 2016.

	Sagtømmer			Massevirke		
	Buskerud	Hedmark	Norge	Buskerud	Hedmark	Norge
Gran	14,6	15,3	15,1	10,5	10,5	10,5
Furu	15,4	23,7	18,9	10,5	13,8	12,1
Bartre	14,9	18,4	16,1	10,4	11,4	10,9

## Diskusjon

Beregning av klimagassutslipp med livssyklusanalyser påvirkes av hvordan sluttproduktene defineres og hvilket referanseår som benyttes i beregningene.

I studien regnes utslipp ut for flere referanseår i perioden 2009-2017, der 2017 er siste tilgjengelige data. Utslippene for produktene ligger i intervallet 10,6 til 18,9 GWP/m<sup>3</sup>. Avvirkning, terrengtransport og gjødsling er en av prosessene i skogbruket med størst innvirkning på skogprodukters utslipp. Det er større variasjon mellom år for sagtømmer enn for massevirke. Sagtømmer av furu får størst variasjon, utslippene ligger i intervallet 14,4 GWP/ m<sup>3</sup> i 2011 til 18,9 GWP/ m<sup>3</sup> i 2016. På ett år, fra 2015 til 2016, økte beregnet utslipp med 28,5 % (fra 14,7 til 18,9 GWP/ m<sup>3</sup>). Den store økningen i utslipp i 2016 var forårsaket at det ble gjødslet mer furuskog i 2016 enn tidligere. Det er viktig at alle som bruker slike resultater, er klar over aktivitet i skogbruket og markedspriser på tømmer påvirker resultatene for enkeltår.

Det er også forskjell i beregnet utslipp mellom aggregerte produkter (bartre sagtømmer og bartre massevirke) og treslagsrene produkter (sagtømmer og massevirke av gran og furu). Slike forskjeller kan oppstå fordi skogbehandlingen er forskjellig for ulike treslag. Utslipp fra bartre ligger mellom produktene av furu og gran.

Forskjellene mellom utslipp beregnet for treslagsrene produkter og produkter med aggregerte treslag er spesielt relevant i produksjoner der det bare benyttes varer/råvare av ett treslag. Eksempler på slike kan være produksjon av konstruksjonsvirke, som vanligvis bare bruker trelast av gran, og impregnering, som utelukkende bruker trelast av furu i sin produksjon. I disse tilfellene vil treslagsrene beregninger gi korrekt informasjon om sluttproduktets ytelse mht. klimautslipp.

Ved å beregne gjennomsnittstall for de aktuelle variablene over en periode, tas det hensyn til årlig variasjon i inngangsvariablene (avvirket volum, pris) og utslippsberegningene blir mindre utsatte for årlig variasjon. Det ble beregnet gjennomsnittstall for perioden 2009-2017. Beregnet utslipp fra sagtømmer var i størrelsesorden 15 GWP/ m<sup>3</sup> og 10 GWP/m<sup>3</sup> for massevirke.

Klimagassutslipp forbundet med gjødsling vil ha størst innvirkning på furuprodukter, fordi det gjødsles mest furuskog. Utslippseffekten av gjødsling er vesentlig. Avhengig om man bruker høye eller lave anslag for drivhuseffekt av gjødsling, øker totalt klimautslipp med ca. 10 % for sagtømmer av gran mens utslippene nesten doubles for sagtømmer av furu. Bedre kunnskap om faktiske utslipp knytte til gjødsling, vil bidra til å gjøre disse anslagene sikrere.

Siden tiltak som gjødsling gjennomføres noen år før sluttavvirkning, er det relevant å bruke historiske data for disse tiltakene, dvs. gjødsling foretatt ca. ti år før avvirkning. Slike tall er tilgjengelige fra Landbruksdirektoratet (Landbruksdirektoratet 2018). Når beregninger med historiske tall for gjødsling sammenlignes med beregninger basert på data fra 2016, blir det en vesentlig reduksjon i klimagassutslipp. Det er relevant å vurdere om historiske tall også skal brukes for andre relevante prosesser i skogbruket.



Regionale forhold, for eksempel fylkesvise forskjeller i treslagsfordeling, prisnivå, massevirkeandel og aktivitet i skogbehandlingen, fører til variasjon i beregnet utslipp. Utslipp for skogprodukter ble beregnet for to viktige skogfylker: Hedmark og Buskerud. De fylkesvise beregningene ble sammenlignet med landsgjennomsnittet. Utslippene for Buskerud var noe lavere enn både for Hedmark og landsgjennomsnittet.

Rapporten presenterer en konsistent metodisk modell for klimagassberegninger i norsk skogbruk. Enkelte underprosesser (gjødsling og avvirkning) bør analyseres mer grundig mht. drivstofforbruk, livsløpet til maskiner og innhenting av produktspesifikke data fra leverandører av gjødsel. Siden direkteutslipp av lystgass kan være betydelige, er det også relevant å utvikle en modell for aktuelle vegetasjonstyper.

I studien tas det ikke hensyn til den eventuelle nytten av gjødsling. Det er rimelig å anta at gjødsling fører til høyere avvirket volum i fremtiden. Når avvirket volum øker, reduseres gjennomsnittlig utslipp for alle prosesser utenom sluttavvirkning og transport. Ved å inkludere indikatorer for arealbruk i LCA-studier, vil gjødsling også kunne gi positive miljøeffekter fordi en slik modell tar hensyn til tømmerproduksjon per arealenhet. Dagens LCA-modeller for beregning av klimapåvirkning hensynstar ikke nytten av økt opptak av CO<sub>2</sub> ved gjødsling i skog.

Ideelt sett, bør resultatene fra studien gjøres tilgjengelige slik at alle som skal gjennomføre LCA-beregninger har tilgang til representative data for norsk skogbruk. Datasettet kan for eksempel gjøres tilgjengelig for nedlasting på Internett. Skogeierandelslagene kan selvsagt også gjennomføre lignende analyser i sine regioner, og tilby sine kunder representative data for tømmeret de leverer.

Aktuelle tiltak for å gjøre skogbruket mer klimavennlig vil, i første omgang, være å bruke fornybare energikilder i avvirkning og transport av tømmer. Livsløpsvurderinger av trelast og tremekaniske produkter til bygganvendelser, viser at et vesentlig bidrag til livsløpsutslippene for disse produktene kommer fra bruk av ikke-fornybar energi i skogbruket.

## Referanser

- Baumann, H., Tillmann, A.M. 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA - An orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application. Studentlitteratur AB.
- Curran, M.A. 2015. Life Cycle Assessment Student Handbook. John Wiley & Sons Inc.
- Haugland, H., Bruzelius Backer, E., Marie Løbersli, E., Selboe, O.-K., Gunnarsdottir, H., Granhus, A., Sogaard, G., Holt Hanssen, K., Terum, T., Lileng, J., Sørli, H.A.. 2014. Måltrettet gjødsling av skog som klimatiltak. Rapport M174/2014, url: <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M174/M174.pdf> (sist besøkt 2018-10-17).
- EPD-Norge. 2018. EPDer [liste over EPDer godkjent av EPD-Norge] url: <https://www.epd-norge.no/epder/> (sist besøkt 2018-10-17).
- IPCC. 1995. Climate Change 1995 – The Science of Climate Change: The science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.
- Klein, D., Wolf, C., Schulz, C., & Weber-Blaschke, G. (2015). 20 years of life cycle assessment (LCA) in the forestry sector: State of the art and a methodical proposal for the LCA of forest production. The International Journal of Life Cycle Assessment 20:556-575.
- Landbruksdirektoratet. 2018. Gjødsling 1991-2018. Excel-fil fra Landbruksdirektoratets database over tilskudd til gjødsling i skog.
- Skogfrøverket. 2018a. Statistikk, url: [http://www.skogfroverket.no/artikkel.cfm?Id\\_art=36&kanal=5](http://www.skogfroverket.no/artikkel.cfm?Id_art=36&kanal=5) (sist besøkt 2018-11-09).
- Skogfrøverket. 2010. Årsmelding 2009. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2011. Årsmelding 2010. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2012. Årsmelding 2011. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2013. Årsmelding 2012. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2014. Årsmelding 2013. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2015. Årsmelding 2014. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.
- Skogfrøverket. 2017. Årsmelding 2016 - med statistikk 2014-2016. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.

Skogfrøverket. 2018b. Årsmelding 2017. Stiftelsen det norske skogfrøverk, Hamar.

SSB. 2018. Skogstatistikk, url: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri?de=Skogbruk> (sist besøkt 2018-10-22).

Standard Norge. 2014. SN-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer.

Timmermann, V. & Dibdiakova, J. 2013. Klimagassutslipp i skogbruket – fra frø til industriport. Vugge-til-port livsløpsanalyse (LCA). Prosjektrapport fra Klimatre. <https://nibio.no/publikasjoner?q=timmermann+vugge+til+port>.