



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Arealbrukssektoren i Numedal

Eksempler på aktuelle tiltak i skogbruket for økt CO₂-opptak og betydning av karbontap som følge av utbygging i skog og på myr

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 205 | 2021



TITTEL/TITLE

Arealbrukssektoren i Numedal. – Eksempler på aktuelle tiltak i skogbruket for økt CO₂-opptak og betydning av karbontap som følge av utbygging i skog og på myr

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Gunnhild Søgaard og Katharina Hobrak

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
16.12.2021	7/205/2021	Åpen	51410.6	21/01538
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02983-0	2464-1162	27		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Nore og Uvdal kommune

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Målfrid Toeneiet

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimatiltak, skogbruk, avskoging, karbontap, utbygging

Climate change mitigation, forestry, land-use change, deforestation

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimatiltak i skogbruket

Climate mitigation and adaptation in forestry

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Nore og Uvdal kommune har gitt NIBIO i oppdrag å beskrive utvalgte klimatiltak i skogbruket med fokus på Numedal (bestående av kommunene Nore og Uvdal, Rollag og Flesberg), samt beskrive utslipp knyttet til utbygging av skog og myr. Klimatiltakene er valgt i samarbeid med oppdragsgiver, basert på tiltak som kan være mest aktuelt i Numedal.

I Numedal dominerer arealbrukskategoriene skog (41 %) og annen utmark (42 %) (som her inkluderer både vegetasjonsdekket og bart areal på mineraljord). I tillegg er det 15 % vann og myr.

Det er rundt 89 300 ha produktiv skog i Numedal. Skogen er preget av middels (46 %) til lav bonitet (41 %). Høy bonitet utgjør 13 % av den produktive skogen. Det er mye eldre skog i området, 46 % av skogen befinner seg i hogstklasse V.

En mer aktiv skogskjøtsel vil kunne øke opptaket av CO₂. De fleste skogskjøtseltiltak vil imidlertid ikke gi betydelig effekt før på lang sikt, når for eksempel den fornyede skogen kommer inn i en fase med høy tilvekst. Unntaket her er nitrogengjødsling som vil ha effekt på kort sikt, og også å unngå hogst av ungsog som er i sin beste vekstfase.

Markberedning øker plantenes overlevelse og vekst. Tiltaket kan føre til et visst tap av jordkarbon, men dette tapet vil på sikt oppveies av den økte tilveksten. Markberedning kan derfor være et godt klimatiltak, og bør utføres så skånsomt som mulig for å minimere påvirkningen av overflaten samtidig som man skaper nok gode planteplasser.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Det stilles krav til skogeier om å forynge skogen etter en flatehogst. Her stilles det også et krav om **plantetettheten**, som er avhengig av bonitet. Ved å øke plantetettheten vil en kunne øke den totale produksjonen, og dermed CO₂-opptaket i trærne. Selv om økt plantetetthet normalt gir høyere strøfall til bakken, er det ikke entydige funn på endringer i jordkarbon, og ofte ikke signifikante effekter.

Ungskogpleie er en samlebetegnelse på tiltak som gjøres i skog hvor trærne ennå ikke er store nok til å få ut nyttbart virke. Det er nødvendig å se an behovet for ungskogpleie i det enkelte bestand. Fjerning av konkurrerende treslag og avstandsregulering mellom trærne er vanlige tiltak. Dette gir økt produksjon (og dermed høyere CO₂-opptak) og bedre kvalitet på de gjenværende trærne. Høyere kvalitet kan potensielt gi høyere sagtømmerandel ved slutthogst, og dermed en høyere andel som går til langlevde produkter (høyere substitusjonseffekt).

Veksten i norsk skog er ofte begrenset av nitrogen. Ved **gjødsling** vil veksten vanligvis øke i opp til 10 år. Dette gir høyere CO₂-opptak i trærne. Nitrogengjødsling vil også virke positivt på jordkarbon. Det vil gi noe utslipp av lystgass (N₂O), men dette er lite sammenliknet med det økte CO₂-opptaket (tilsvarer ca 2,5 %).

Hva som er **optimal hogstald**er for skogen vil variere basert på hva som vektlegges, og det kan være konflikt mellom det som maksimaliserer CO₂-opptak og det som maksimerer økonomisk gevinst for skogeier. Vil man oppnå maksimal volumproduksjon med maksimalt CO₂-opptak, så vil det være gunstig å vente til den årlige middelveksten kulminerer (ÅMT_{maks}), som gjerne er noen år etter det som vanligvis anses som hogstmoden alder (hogstklasse V). En forlengelse av omløpstiden vil også kunne være positivt for jordkarbon.

Skog og myr er store karbonlagre, og når dette går tapt ved utbygging vil det medføre betydelige, umiddelbare utslipp. Videre mistes muligheten for fremtidig CO₂-opptak, og også muligheten til å høste tømmer som kan brukes til å erstatte fossil energi og fossilintensive produkter (substitusjon) fra skogarealene. Fra 1990 til 2019 ble 150 000 ha utbygget i Norge, hvor av 77 % var skog og myr. Dette fører årlig til utslipp på over 2 mill. tonn CO₂.

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

GODKJENT /APPROVED



BJØRN HÅVARD EVJEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



GUNNHILD SØGAARD



Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra kommunene i Numedal, bestående av kommunene Nore og Uvdal, Rollag og Flesberg, med virksomhetsleder for landbruksforvaltning i Nore og Uvdal Målfrid Toeneiet og jordbrukssjef Silje Ljøterud Bergan som kontaktpersoner.

Det er gjort et utvalg av tiltak i dialog med oppdragsgiver, som er basert på hva som er betraktet som aktuelle tiltak og/eller fokusområder i Numedal og hva som var mulig å få til innenfor prosjektets rammer. Det er ikke gjennomført noen analyser for å vurdere betydningen av de ulike tiltakene, og den oversikten som gis i rapporten er på ingen måte uttømmende.

Oppdraget er begrenset til klimarelaterte effekter, og vi har ikke vurdert eller beskrevet mulige effekter på terrestrisk naturmangfold, vannmiljø, friluftsliv eller andre økosystemtjenester.

Rapporten er utarbeidet av Gunnhild Søgaard og Katharina Hobrak ved Avdeling Skog og klima, NIBIO. Innholdet i rapporten er i stor grad bygget på tidligere rapporter (litteratursammenstilling), og ikke egne analyser.

Takk til Kjersti Holt Hanssen for verdifulle innspill til kapitlet om markberedning.

Ås, 16.12.21

Gunnhild Søgaard

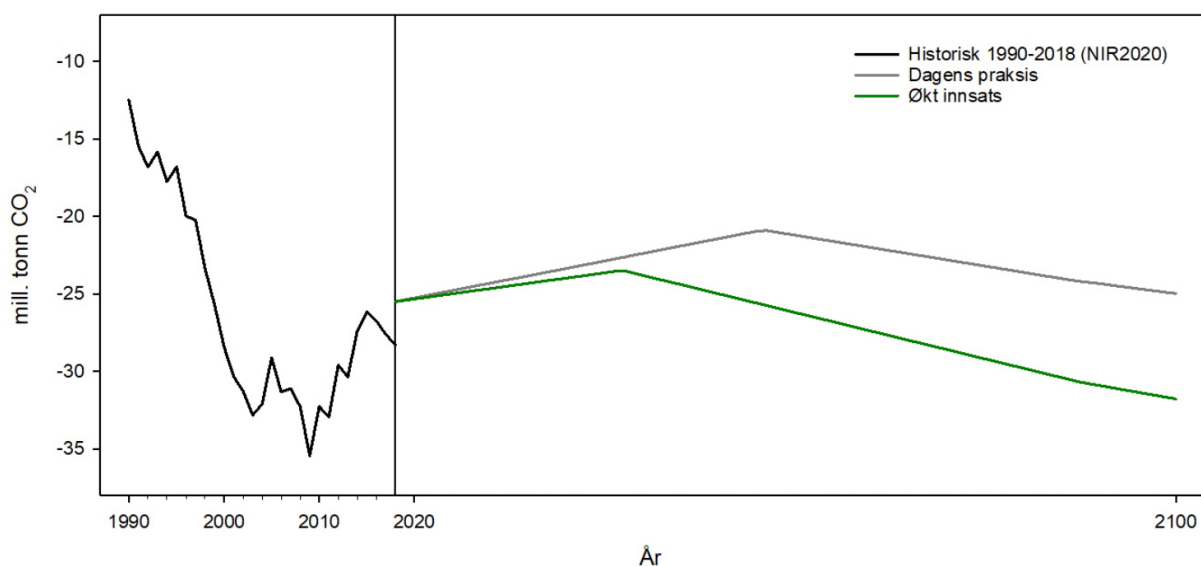
Innhold

1	Innledning.....	6
2	Skog- og annen arealbruk i Numedal	8
2.1	Fordeling av arealbrukskategorier.....	8
2.2	Den produktive skogen.....	9
3	Tiltak i skog	11
3.1	Markberedning	11
3.2	Plantetetthet	13
3.3	Ungskogpleie	15
3.4	Gjødsling.....	16
3.5	Hogsttidspunkt	17
4	Karbontap ved utbygging av skog og myr	20
4.1	Utbygging av skog og myr mellom 1990-2019 i det nasjonale klimagassregnskapet	20
4.2	Enkel regneregel ved utbygging av myr.....	20
4.3	Utbygging i Numedal – fokus på hytteutbygging	21
5	Oppsummering og veien videre	23
	Litteraturliste.....	24

1 Innledning

Arealbrukssektoren (engelsk Land-Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) er den sektoren i det nasjonale klimagassregnskapet hvor opptak og utslipp i skog og fra andre arealer beregnes. Skogen er der hvor en har det definitivt største opptaket av CO₂, og i Norge hadde skogen i 2019 et netto opptak på 23,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet mfl., 2021). Dette tilsvarer i underkant av 50 % det samlede utslippet fra de andre sektorene i klimagassregnskapet (Miljødirektoratet mfl., 2021).

Frem til 2009 økte de årlige opptakene i norsk skog, men de siste årene har de årlige opptakene begynt å avta (Miljødirektoratet mfl., 2021). Dette skyldes blant annet at det har blitt en økende mengde eldre skog i Norge, som tar opp mindre CO₂ enn yngre skog (KLD, 2019). Det er fremskrevet at opptaket i skogen kommer til å fortsette å avta de neste tiårene, før det stabiliserer seg. Aktive tiltak i skogskjøtselen kan gjøre at denne trenden snur raskere, og at en kan få en økning i årlig opptak på lang sikt (Figur 1).



Figur 1. Netto opptak av CO₂ i skogen i Norge. Opptak betyr at CO₂ tas ut av atmosfæren, og vises derfor som negative tall. Til venstre i figuren vises historisk utvikling i årlig netto opptak av CO₂ i gjenværende skog slik som rapportert i National Inventory Report 2020 (Miljødirektoratet, mfl., 2020). Det inkluderer netto endring (sum av opptak og utslipp) for karbonbeholdningene: levende biomasse, død ved, strø og mineraljord. Til høyre prinsippskisse over forventet utvikling gitt dagens praksis (basert på Søgaard, mfl., 2019), samt mulig utvikling dersom en øker innsatsen for økt opptak i forvalta skog for noen tiltak. Dersom det inkluderes flere tiltak kan en få ytterligere økt årlig opptak, og inkludering av tiltak som for eksempel minstealder for hogst kan gjøre at en får tydeligere effekt tidligere. Figuren er gjengitt fra Søgaard mfl. (2020b).

I Parisavtalen ble landene enige om holde økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen godt under 2 °C sammenliknet med førindustrielt nivå, og tilstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5 °C over førindustrielt nivå. I Parisavtalens artikkel 4 pekes det på at det er et langsiktig temperaturmål, og det er omtalt at en skal «oppnå en balanse mellom menneskeskapte utslipp fra kilder og opptak av klimagasser i andre halvpart av vårt århundre». Tiltak må vurderes i lys av at hovedmålet er langsiktig, slik at tiltak i skogbruket, selv om de ikke gir effekt av betydning på kort sikt,

kan være sentrale for å nå det langsiktige målet. I [kapittel 3](#) er noen aktuelle tiltak for skogbruket beskrevet, basert på hva som er mest aktuelt i Numedal, valgt ut etter dialog med oppdragsgiver.

Noe som kan gi betydelig effekt på kort sikt er å redusere utbygging av karbonrik natur som skog og myr. Her vil det være en umiddelbar effekt i at en reduserer karbontapet knyttet til slik utbygging, men også en langsiktig effekt gjennom at en ikke taper karbonlagringen som skjer på disse arealene.

I [kapittel 4](#) i rapporten ser vi på utslipp knyttet til utbygging av skog og myr, da med fokus på hytteutbygging.

Ved siden av klimaeffekten av økt CO₂-opptak ved økt skogskjøtselaktivitet, vil også bruk av treprodukter som substitusjon av fossil energi og klimagassintensive produkter ha en effekt. Ifølge FNs klimapanel skyldes klimaendringene i første rekke utslipp fra fossilt karbon i form av forbrenning av olje, gass og kull (IPCC 2014). Bruk av langlevde treprodukter vil gi den beste substitusjonseffekten, særlig om trevirket blir brukt i flere omganger, ved at f.eks. rivningsvirke brukes til sponplater, før det til slutt brukes til bioenergi. For at det skal være en substitusjon, må trebruken erstatte fossil energi eller fossilintensive produkter, og ikke være en del av et økt forbruk. Skogskjøstiltak kan gi både høyere volum av tømmer og tømmer med bedre virkeskvalitet som i større grad kan benyttes til langlevde produkter. Ved å unngå tap av skogareal (avskoging), vil en samtidig bevare disse arealene som en mulig fremtidig tømmerressurs.

I denne rapporten er fokus på opptak og utslipp i skog, samt utslipp ved arealbruksendring fra skog og myr til utbygd areal, slik det fanges opp og rapporteres i det nasjonale klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon.

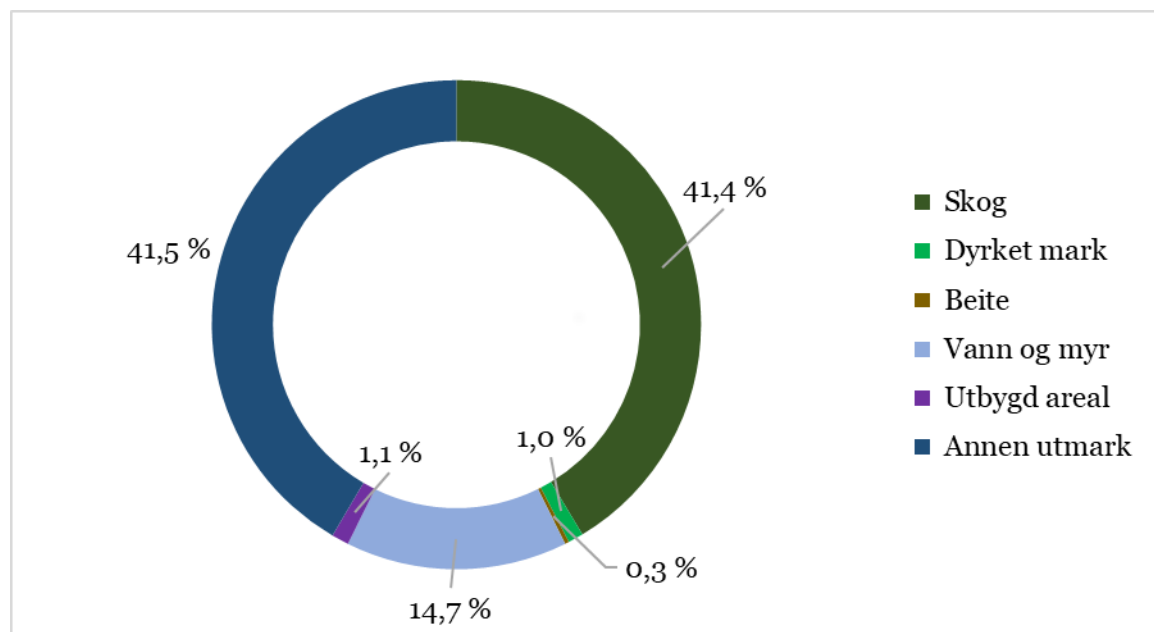
Både skogskjøstiltak og reduksjon i tap av karbonrik natur vil ha betydning for andre økosystemtjenester. Det vil kunne påvirke terrestrisk naturmangfold, vannmiljø, friluftsliv og annet. Det er viktig å ivareta også andre hensyn. I denne rapporten har vi imidlertid kun beskrevet de klimarelaterte effektene tiltakene kan ha.

2 Skog- og annen arealbruk i Numedal

2.1 Fordeling av arealbrukskategorier

Opptak og utslipp av klimagasser i Norge rapporteres årlig til FNs klimakonvensjon og Kyotoprotokollen. Klimagassregnskapet utarbeides i et samarbeid mellom Miljødirektoratet, SSB og NIBIO og deles inn i flere sektorer, hvor NIBIO har ansvaret for arealbrukssektoren. Det rapporteres tilbake til 1990 og frem til to år før det aktuelle rapporteringsåret. F.eks. ble det i klimagassregnskapet for 2021 rapportert for årene 1990-2019. Det gjøres stadig forbedringer i metodikken, og utslippene for alle år blir oppdatert når nye metoder implementeres.

På oppdrag fra Miljødirektoratet utviklet NIBIO tallgrunnlag for klimagassregnskap for arealbrukssektoren på kommunenivå. Her har det blitt tatt utgangspunkt i arealbrukskategoriene slik som de er definert i det nasjonale klimagassregnskapet, hvor Norges landareal er inndelt i seks arealbrukskategorier: utbygd areal, skog, dyrket mark, beite, vann og myr og annen utmark¹. Med skog menes her arealer med minst 10 % kronedekning, trær som kan bli minst 5 m høye, og som dekker et areal på minst 1 daa. Vann og myr er elver, innsjøer, myrer og annen våtmark, mens med annen utmark er det her ment arealer som ikke når skogdefinisjonen på grunn av klimatiske eller andre forhold (med eller uten jorddekke).



Figur 2. Fordeling av arealbrukskategorier i Numedal i 2015, basert på tall fra kommuneregnskapene for Nore og Uvdal, Rollag og Flesberg. Kategoriene beite og annen utmark har siden endret definisjon, og den vegetasjonsdekte delen av det som tidligere var klassifisert som annen utmark, blir i dag regnet som en del av beite. Tall er hentet fra miljødirektoratet.no.

¹ I NIR 2021 (Miljødirektoratet mfl. 2021) ble arealbrukskategorien «Annen utmark» endret. Det som i denne figuren er definert som «Annen utmark» er basert på gammel definisjon, og vil fordeles på arealer med vegetasjon (underkategori i Beite) og uten (steinrøyser, bart fjell, mv.; Annen utmark). Se Søgaard mfl. (2021) for beskrivelse av arealbrukskategoriene på norsk.

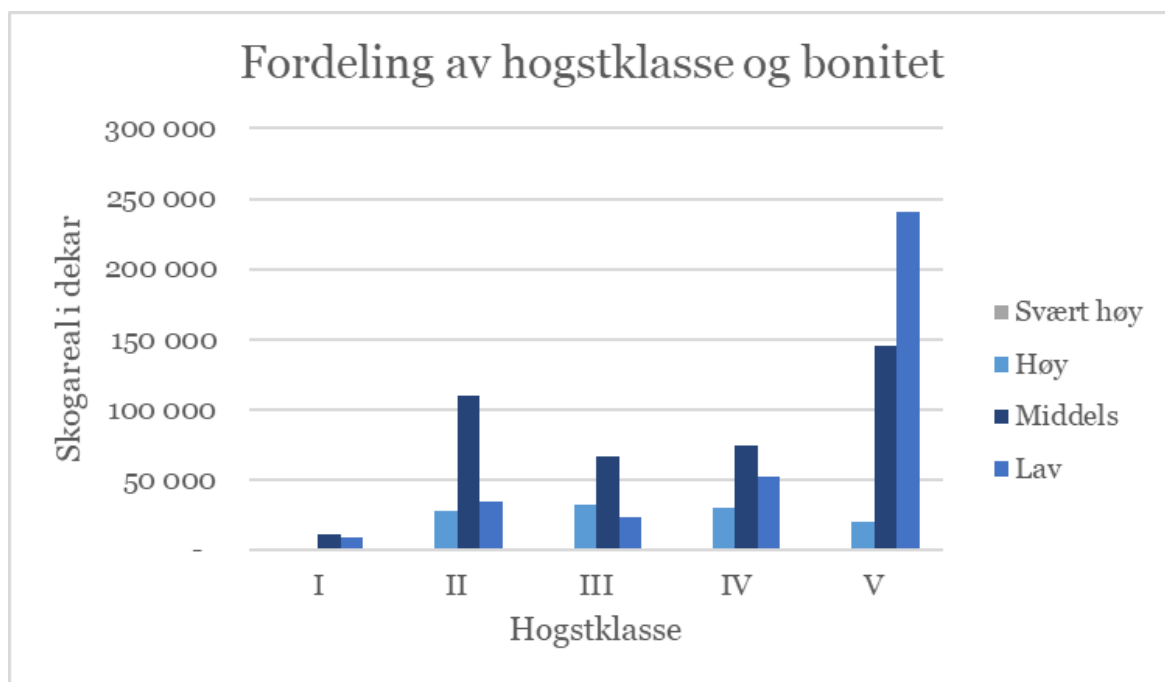
Skog og annen utmark¹ er dominerende arealbrukskategorier i Numedal (Figur 2). Basert på tallene i de kommunevise klimagassregnskapene publisert av Miljødirektoratet utgjorde skog i Numedal 145 000 ha i 2015. Annen utmark (som her inkluderer både vegetasjonsdekket og bart areal) utgjorde 146 000 ha, mens den tredje største arealbrukskategorien, vann og myr, utgjorde 51 000 ha.

I Numedal er 95 900 ha vernet, både i form av naturreservater, nasjonalpark og landskapsvernområder. Naturreservatet Trillemarka-Rollagsfjell befinner seg delvis i Numedal. Det er et av Norges største naturreservater og består av mye gammel granskog. Numedal har også 81 000 ha av Hardangervidda nasjonalpark.

2.2 Den produktive skogen

Totalt er det rundt 89 300 ha med produktiv skog i Numedal, basert på data fra områdetakst².

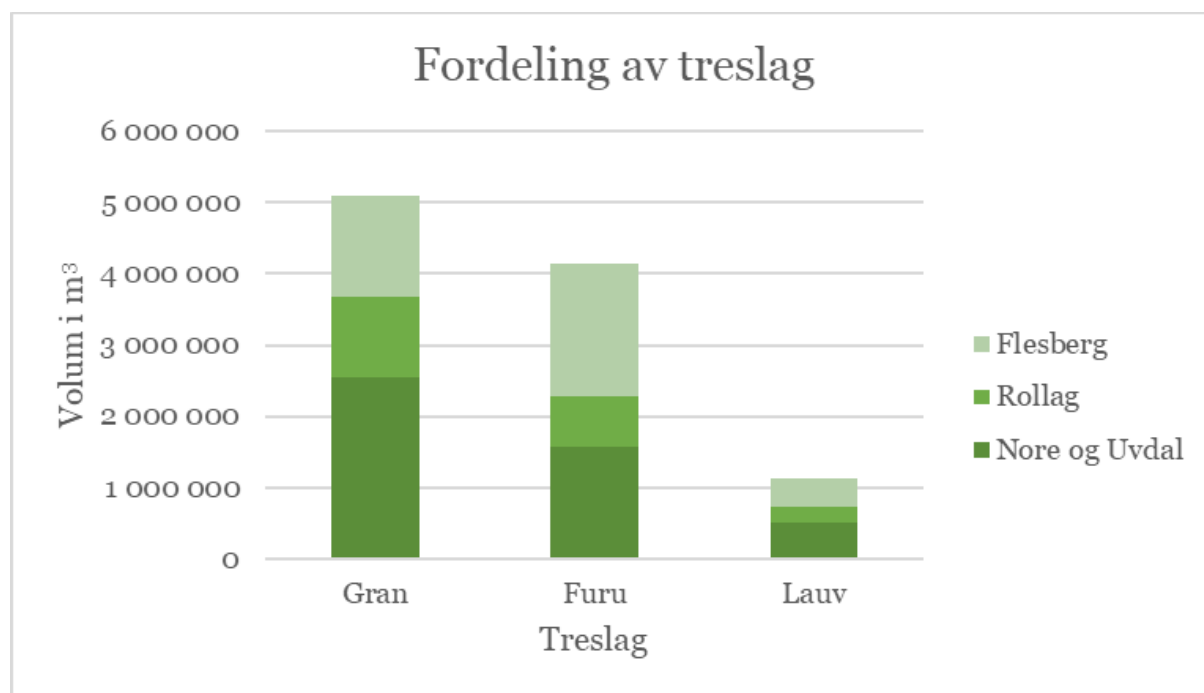
Den produktive skogen i Numedal er preget av mest middels (46 %) til lav bonitet (41 %), med 13 % av arealet på høy bonitet. Det forholdsvis mye eldre skog i Numedal, med 46 % av arealet til den produktive skogen i hogstklasse V (Figur 3).



Figur 3. Figuren viser fordeling av hogstklasser og bonitet i Numedal oppgitt i daa. Bonitetsfordeling: Svært høy = 26-23, Høy = 20-17, Middels = 14 -11, Lav = 8-6. Tall er hentet fra sumtallsrapport for områdetakst i Nore og Uvdal kommune (2010-2012), Rollag (2012-2014) og Flesberg (2018-2020) laget av Viken skog.

² Sumtallsrapport for områdetakst i Nore og Uvdal kommune (2010-2012), Rollag (2012-2014) og Flesberg (2018-2020) laget av Viken skog.

I Numedal er det mest gran med 49 % av volumet, men også en god del furu med 40 % av volumet. Lauvtrær utgjør rundt 11 % (Figur 4).



Figur 4. Fordeling av gran, furu og lauvtrær i Numedal basert på volum. Tall er hentet fra sumtallsrapport for områdetakst i Nore og Uvdal kommune (2010-2012), Rollag (2012-2014) og Flesberg (2018-2020) laget av Viken skog.

3 Tiltak i skog

Skogskjøtsel omfatter alle tiltak som gjennomføres i skogen i løpet av et omløp, som foryngelse, ungskogpleie, tynning, gjødsling og foryngelseshogst. En mer aktiv skogskjøtsel vil kunne øke produksjonen og dermed opptaket av CO₂ i skogen. I tillegg kan flere av tiltakene ha positiv effekt på virkeskvaliteten. Best substitusjonseffekt får en ved at tømmeret brukes i langlevde produkter. Bedre virkeskvalitet (høyere sagtømmerandel) kan følgelig potensielt gi høyere substitusjonseffekt.

I en underlagsrapport til Klimakur 2030 (Søgaard mfl. 2020a) ble det også beregnet hvilken betydning en økt bruk av ordninger som allerede er innført ville ha (som oppfyllelse av foryngelsesplikten, tilskudd til tettere planting, mm.). Dersom en nå øker aktiviteten bare på disse tiltakene, vil det på nasjonalt nivå kunne gi et økt årlig opptak på om lag 3,5 millioner tonn CO₂ i 2100, sammenliknet med å fortsette aktiviteten på dagens nivå (Søgaard mfl. 2020a). Det er altså et betydelig potensial på lang sikt.

De fleste tiltakene en kan gjøre i skogskjøtselen gir imidlertid først betydelig effekt om flere år, selv om de iverksettes nå. God foryngelse ([kapittel 3.1. Markberedning](#) og [kapittel 3.2 Plantetetthet](#)) er viktig for veksten i det kommende bestandet. Men siden det kun er et mindre areal som avvirkes hvert år (og som foryngelsestiltak dermed kan gjennomføres på), og det tar tid før den nye skogen begynner å vokse godt, så vil det ta mange år før en vil få nok areal og stor nok skog til å se et betydelig økt CO₂-opptak på landskapsnivå. Også for ungskogpleie ([kapittel 3.3. Ungskogpleie](#)) vil det ta noe tid før effekten kommer, og også her vil det være et begrenset areal som er aktuelt for tiltaket hvert år. Tiltak som gir effekt på kort sikt er nitrogengjødsling av skogen ([kapittel 3.4 Gjødsling](#)), og å unngå hogst av ungskog som er i sin beste vekstfase ([kapittel 3.5 Hogsttidspunkt](#)).

3.1 Markberedning

Markberedning er et tiltak med hensikt å bedre spire- og etableringsbetingelsene for nye planter etter hogst. Det er flere metoder for markberedning som egner seg til forskjellige formål. Ved bruk av naturlig foryngelse vil det være aktuelt å avflekke humusen i striper eller flekker, slik at frøene kan lande på mineraljord. Ved planting kan det være aktuelt med metoder som resulterer i en «omvendt torv» med mineraljord på toppen, eller en litt kraftigere hauglegging der det er fuktig mark. Behovet for markberedning bør undersøkes før hogst, slik at blant annet bonitet og humusform kan registreres. (Skagestad & Johnsrud, 2014).

Det er mange fordeler ved bruk av markberedning i forbindelse med forynging av skog (oppsummert i Søgaard, mfl., 2017).

- Minsker konkurransen fra annen vegetasjon
- Gir jevnere jordfuktighet
- Fører til økt jordtemperatur, slik at røttene vokser fortere
- Reduseres frostfaren
- Øker næringstilgangen s ved å øke nedbrytingen av humus
- På fuktig mark kan det gi et høyere plantepunkt
- Skader fra snutebiller reduseres

Markberedning skaper med andre ord et bedre vekstsubstrat, både for naturlig foryngelse og ved planting. Det gir bedre overlevelse og øker tilveksten. Det gjør det også lettere å plante.

I en nordisk studie ble det vist at overlevelsen etter markberedning var på 80-90 %, noe som var en økning på mellom 15-20 prosentpoeng sammenliknet med felt som ikke var markberedt (Sikström,

mfl., 2020). Var det mye snutebiller var overlevelsen noe lavere, men økningen i overlevelse etter markberedning var større. Veksten var også bedre: Etter 10-15 år var veksten 10-25 % høyere på markberedte flater.

I et varmere klima er det forventet at konkurransen fra annen vegetasjon øker, og at det blir større risiko for angrep fra snutebiller (Søgaard, mfl., 2017). I fremtiden blir det derfor et enda større behov for gode vekstforhold slik at de nye trærne kan etablere seg raskt og ha høy overlevelse. Så lenge forholdene er egnet er markberedning et godt tiltak for å oppnå dette. Dette gjelder både for naturlig foryngelse og ved planting. Hvis råhumuslaget er tjukt og seigt, slik som i røsslyng-blokkbærskog og i en del blåbær- og bærlyngskog, vil det ved naturlig foryngelse være særlig gunstig med markberedning (Skagestad & Johnsrud, 2014). Grunn markberedning som fjerner humuslaget er nok ved naturlig foryngelse. Når det skal plantes må markberedningen tilpasses stedet. På fuktig mark vil metoder som gir et høyere punkt for plantene være gunstig, som f.eks. hauglegging. Er det høy risiko for snutebilleangrep er det lurt å ha mange plasser med ren mineraljord, og det er da viktig at det er flekkene med mineraljord som blir utnyttet når det plantes (Søgaard, mfl., 2017). Ikke bare bartrærne har en fordel av markberedning, men også lauvtrærne, særlig på fuktig mark. I tillegg kan det øke faren for avrenning dersom det utføres feil, og estetisk sett kan det oppfattes som mindre pent. Det er derfor best å benytte seg av metoder som minimerer påvirkningen av overflaten, og det er viktig å ikke vente for lenge med planting etter markberedning, slik at ikke andre treslag får etablert seg.

Gransnutebiller (*Hyllobius abietis*) gnager på barken til småplanter, noe som kan føre til stor skade, hvor plantene i verste fall dør (Hanssen & Fløistad, 2018). I Buskerud viste Hanssen & Fløistad, (2018) at rundt 2 % av plantene hadde dødd, mens 28 % hadde gnagskader når de ble undersøkt etter én til to sesonger. Dette er lavere dødelighet enn gjennomsnittet i landet på 7 %, men høyere andel gnagskader enn gjennomsnittet (26 %). For plantefelt fra Numedal varierte dødeligheten mellom 0-9 %, og mellom 0-43 % hadde gnagskader i studien til Hanssen & Fløistad (2018). Det kan være utfordrende å finne igjen alle plantene, særlig når de har dødd, så derfor må dette ses på som et minimumsestimat. I tillegg vil snutebiller være på hogstfelt i 3-5 år etter hogst, slik at det kan bli mer avgang senere. Markberedning ga i undersøkelsen mindre gnagskader og lavere avgang.

Av hensyn til snutebillene vil det være gunstig å vente litt med planting til det har gått tre sesonger etter avvirkning, mens det av hensyn til ugraskonkurranse og også klima og økonomi er best å plante fortest mulig etter hogst. Generelt vil det å plante store, vitale planter (f.eks. toårige M60-planter) være sikrere enn små, både mot snutebiller og ugras.

Markberedning kan føre til tap av jordkarbon, med mer tap jo mer forstyrrelse det er (Mayer, mfl., 2020). Nyere studier fra Sverige tyder på lite tap av jordkarbon under nordiske forhold (Mjöfors, mfl. 2015, 2017). Siden overlevelse og vekst øker hos trærne som følge markberedning, noe som for øvrig også fører til økt strøtilførsel til jorda, vil et eventuelt tap kunne veies opp slik at karbonmengden øker for skogøkosystemet som helhet (Mjöfors mfl., 2017, Mayer mfl., 2020, Søgaard, mfl., 2020). Markberedning kan derfor være et godt klimatiltak. Det bør utføres så skånsomt som mulig for å minimere påvirkningen av overflaten, samtidig som man skaper nok gode planteplasser.

Det kan gis tilskudd til markberedning. Jf. forskriften om tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket (NMSK) §4 for utvikling av kvalitetsskog, kan det gis tilskudd til ungskogpleie og andre kvalitetsfremmende tiltak (Forskrift om miljøtiltak mv. i skogbruket, 2004). Vedtak om tilskudd fattes av kommunen, mens retningslinjer om prioritering skal utarbeides i samarbeid med statsforvalteren, kommunene og næringsorganisasjonene i skogbruket lokalt. I Numedal er det vedtatt at det skal gis et tilskudd på 40 % for markberedning, men det kan vurderes en reduksjon ned til 35 % hvis det forventete aktivitetsnivået øker (Nore og Uvdal kommune, mfl., 2020).

I Numedal har det blitt utført markberedning på i snitt 1041 daa i året siden 2016, med en økning de siste årene, mens det er en målsetning om å markberede 1 100 daa i året (basert på tall fra kommunene).

Norsk PEFC Skogstandard gir føringer for utføring av markberedning, og angir også steder der det ikke skal utføres markberedning (PEFC, 2015):

- I myrskog, sumpskog og kildeskog
- I kalkskog
- I høgstaudeskog
- På lavmark med humusdekke tynnere enn 3 cm
- På arealer avsatt til kantsoner
- Nærmere enn 5 m fra bekk med årssikker vannføring
- Nærmere enn 5 m fra kulturminnets ytre kant
- Innenfor kulturmiljøer
- Nærmere en 2,5 m fra mye brukte stier

3.2 Plantetetthet

Hvor høy plantetettheten er, har mye å si for hvilke valgmuligheter som finnes senere i omløpet (Søgaard, mfl., 2017). Egenskapene til det enkelte treet og til hele bestandet påvirkes av plantetettheten. Det vil være økt totalproduksjon, men redusert volum for hvert tre ved økt plantetetthet. Samtidig kan virkeskvaliteten for det enkelte tre øke, med mindre avsmalning, smalere årringbredder og mindre kvistdiametre.

Økt totalproduksjon innebærer høyere CO₂-opptak og mer karbonlagring i trærne. Høyere totalproduksjon i trærne gir også mer strøfall til bakken, noe som kan være positivt for jordkarbon. Men ulike studier gir ulike resultat for jordkarbon, og flere gir ikke signifikant effekt (Mayer mfl. 2020). Det er heller ikke god kunnskap om dette for norske forhold. Effekten på jordkarbon er derfor usikker.

Høyere plantetetthet er et produksjonsfremmende tiltak. Tømmervolumet vil øke per arealenhet, og sagtømmerandelen vil også kunne øke. Både økt volum og høyere sagtømmerandel vil kunne gi en substitusjonseffekt som kommer i tillegg til økt netto CO₂-opptak. I 2010 ble plantetetthet utredet som et klimatiltak til Klimakur 2020 (Klif, 2010). Det årlige plantetallet skulle heves til 50 millioner planter årlig. Dette skulle oppnås både med tettere planting og med planting på nye arealer. Et av virkemidlene som har blitt brukt for å øke antall planter har vært økt kontroll og håndhevelse av foryngelsesplikten. Videre ble det i 2016 innført tilskudd til tettere planting som klimatiltak (Landbruksdirektoratet 2021a). Hva som er riktig plantetetthet avhenger flere faktorer, blant annet bonitet. En god pekepinn vil i mange tilfeller være å følge tettheten som kreves for å tilskudd for tettere planting som klimatiltak (Tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over plantetall som utløser tilskudd per daa, med minimum plantetall som gir tilskudd og maksimum plantetall som det gis tilskudd til. Det er ulikt planteantall som utløser tilskudd med og uten markberedning. Tallene er hentet fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/ordninger-for-skogbruk/tilskudd-til-tettere-skog>

Bonitet	Plantetall uten markberedning		Plantetall med markberedning	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
26	220	270	198	248
23	220	270	198	248
20	200	250	180	230
17	180	230	162	212
14	160	210	144	194
11	130	180	117	167
8	100	150	90	140

Skogeier skal gjøre nødvendige tiltak for å sikre tilfredsstillende foryngelse innen tre år, jf. skogbrukslova §6 og forskrift om bærekraftig skogbruk §§6-8 (Skogbrukslova, 2005; Forskrift om bærekraftig skogbruk, 2006). Dette gjelder både om det skal plantes eller brukes naturlig foryngelse. Det stilles også krav til plantetall etter foryngelse avhengig av bonitet (Tabell 2). Det skal tas hensyn til at det ved forynging både kan være avgang av det ønska treslaget og oppslag av andre treslag. Forynging anses som etablert når konkurransen fra annen vegetasjon avtar.

Tabell 2. Anbefalt og minste lovlige plantetall etter forskrift om bærekraftig skogbruk §8. Tabellen gjelder både ved naturlig foryngelse og planting.

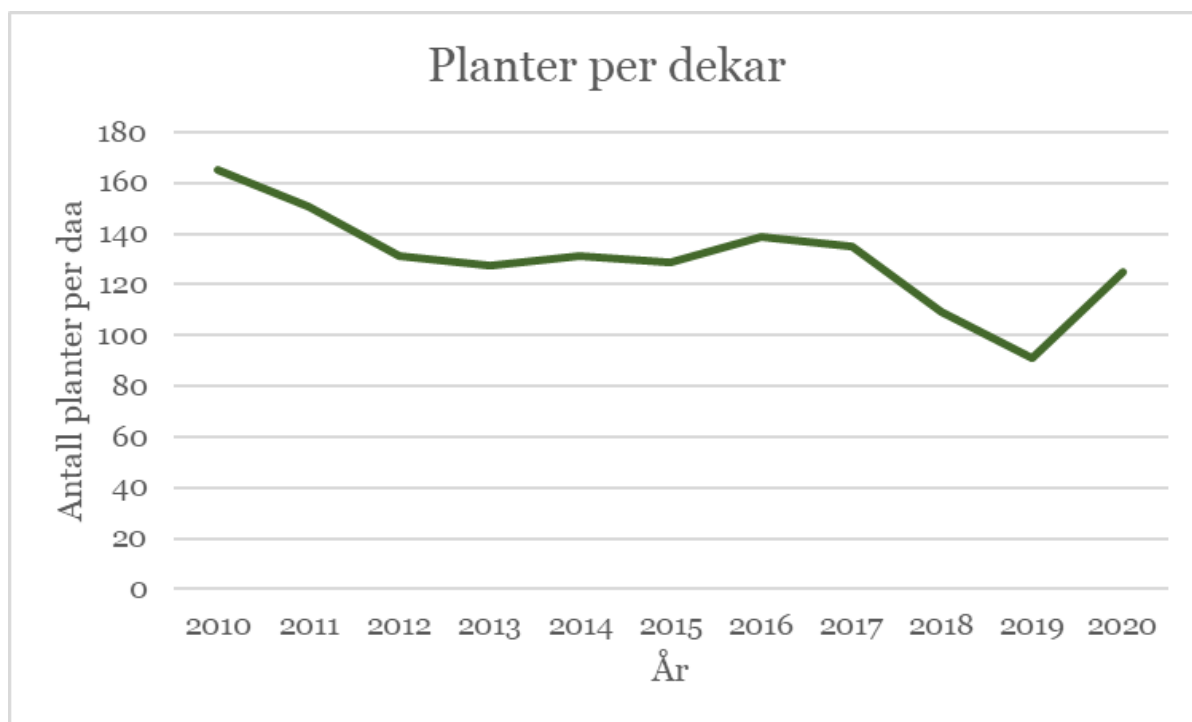
	Gran og lauvdominert skog			Furudominert skog		
	G26-G20	G17-14	G11-G6	F20-F17	F14-F11	F8-F6
Anbefalt plantetall per daa	300-180	230-130	140-60	340-190	240-120	130-80
Minste lovlige plantetall per daa	150	100	50	150	100	50

For å kompensere for avgang i bestandet kort tid etter planting, kan suppleringsplanting vurderes. Dette må skje maksimalt etter to år, helst før (Søgaard, mfl., 2017). Dette er fordi suppleringsplanter vil møte sterk konkurranse fra både de opprinnelige plantene og lauvtrær.

Flere studier viser at veksten til suppleringsplanter generelt er dårligere enn den opprinnelige foryngelsen, og at plantene dermed ikke bidrar mye til volumproduksjonen (se referanser i Søgaard, mfl., 2017). Suppleringsplantene bidrar derimot til å bedre kvaliteten på bestandet. Suksessen til suppleringsplanting avhenger av størrelsen på hullet i bestandet, er det snakk om kun små og noen få åpninger er det bedre å la lauvtrær fylle åpningene. Det er best å benytte seg av større planter ved suppleringsplanting, og eventuelt trær med rask vekst, slik som furu. I tillegg er det en økt kostnad per plante ved suppleringsplanting, siden det må gås mer og behovet må vurderes mer for hver plante. Det er viktig med god kontroll av plantefeltene slik at man har god oversikt over hvor det er behov for suppleringsplanting.

Det er mulig å søke om tilskudd, både for tettere planting og for suppleringsplanting (Landbruksdirektoratet, 2021). Opptil 60 % av kostnadene av planting dekkes, og det kan gis tilskudd til opp mot 50 planter/daa over minimumsantallet. Hvor høyt antall som må plantes avhenger av boniteten i feltet (Tabell 1). Om flaten har blitt markberedt er minimumstallet som utløser tilskudd lavere, men ellers gjelder samme vilkår. For suppleringsplanting kan inntil 30 % av kostnader dekkes, og det dekkes suppleringsplanting for å oppnå minimums plantetall/daa på ulike boniteter (Tabell 1).

I Numedal har det i gjennomsnitt blitt plantet 130 planter per daa i året mellom 2010 og 2020, basert på det årlige antall planter satt ut og det årlige arealet plantet (Figur 5). Tar en utgangspunkt i at den gjennomsnittlige boniteten i Numedal ligger på 11, kan det tyde på at en har ligget på en plantetetthet i nærheten av det minste antallet for å få tilskudd til planting (Tabell 1). Trenden har imidlertid vært synkende (Figur 5).



Figur 5. Antall planter per daa i Numedal i årene 2010 til 2020. Tall er basert på statistikk fra SSB.

Tiltaket tettere planting er en del av ordinær skogplanting etter hogst, og medfører ikke nye måter å bruke hogstarealene på. Det er derfor ingen særskilte krav knyttet til utføringen. Norsk PEFC Skogstandard gir ingen føringer for plantetetthet etter foryngelse, men har som krav at «På arealer der en har planlagt planting eller såing etter hogst, skal det plantes eller såes så snart det er forsvarlig og praktisk mulig og senest innen 3 år, gitt at det ikke er gitt dispensasjon fra myndighetene.» (PEFC 2015).

3.3 Ungskogpleie

Med ungskogpleie menes tiltak som gjøres i skog som har etablert seg, men hvor trærne ikke er store nok til å ha noen kommersiell verdi, gjerne når trærne er mellom 1 og 4 m, altså i hogstklasse II (Rindal, mfl. 2017). Dette gjøres for å forme utviklingen i skogen i ønsket retning. God ungskogpleie gir muligheten til å regulere treslagssammensetningen og tettheten, noe som gir økt produksjon og bedre kvalitet på de gjenværende trærne.

Ungskogpleie vil også gjøre at de gjenværende trærne blir mer stabile, og dermed mer motstandsdyktige mot vind- og snøbrekkskader. Dette kan redusere risiko for skader senere i bestandens liv. Det skal ikke være nødvendig med videre inngrep etter ungsogspleien, før en eventuell tynning eller slutthogst, men det kan være behov for å utføre ungsogspleie i flere omganger (Rindal, mfl., 2017).

Hvilken form ungsogspleien skal ta, og om det er behov for én eller flere runder med ungsogspleie, avhenger av flere faktorer: bonitet, tetthet, treslagsfordeling og den romlige fordelingen av trærne. Konkurrerende treslag fjernes gjerne (stort sett lauvtrær), og det sørges for en optimal avstand mellom de gjenværende trærne. Under ungsogspleien er det viktig at det legges til rette for at trærne utvikler et godt rotsystem, en symmetrisk krone og et høyt diameter/høyde forhold, noe som reduserer klimabetingede skader senere.

Det er et etterslep i ungsogspleie på nasjonalt nivå (Søgaard, mfl., 2020a). Rundt 2003 ble tilskuddordningen midlertidig fjernet, og nivået på ungsogspleie var historisk lavt. Etter at tilskudd ble gjeninnført økte nivået igjen, men ikke til samme nivå som før. Antar man at areal som hogges og areal det utføres ungsogspleie på bør ligge på om lag samme nivå (i gjennomsnitt behov for én ungsogspleie på alt foryngelsesareal), så ser man at det er betydelig etterslep. Det ble hogget i snitt 400 000 daa i året, mens det ble utført ungsogspleie på i snitt 273 500 daa (begge i perioden mellom 2009-2018). Beregning på behovet for ungsogspleie estimerer at arealet må økes til 588 000 daa, i minimum 5 år for å ta igjen etterslepet.

I en oppfølging av Klimakur 2030 (Søgaard, mfl., 2020b) ble det gjort en framskrivning på effekten av økt ungsogspleie, og beregnet at om aktiviteten til ungsogspleie ble økt til maksimalt nivå, og en tok igjen etterslep, kunne opptaket øke med 0,5 million tonn CO₂-ekvivalenter innen 2030, og henholdsvis 1,3 og 3,3 millioner tonn innen 2050 og 2100 på nasjonalt nivå

I Numedal har det i snitt mellom 2016 og 2020 blitt pleid 3 600 daa med ungsog, mens målsetningen i samme periode har vært 5 500 daa (basert på tall fra kommunene).

I Numedal har det vært gitt tilskudd på 40 % til ungsogspleie, men det kan vurderes redusert til 35 %, hvis det forventede aktivitetsnivået øker (Nore og Uvdal kommune, mfl., 2020). Det stilles krav til skogeier om at tiltaket utføres i tråd med forskrift om bærekraftig skogbruk, Norsk PEFC skogstandard, og at området ikke er i konflikt med registrerte MiS-områder, rødlistearter og utvalgte naturtyper.

3.4 Gjødsling

Veksten i norsk skog er ofte begrenset av nitrogen (Hanssen & Bergsaker, 2017). Ved å gjødsle skogen med nitrogen vil veksten kunne øke i 6-10 år, før den går tilbake til normalen. En standard skoggjødslingsdose er på 15 kg nitrogen per daa, dette kan gi en økt vekst på 0,1-0,2 m³ årlig per daa. Generelt regner en at engangs nitrogengjødsling i snitt gir rundt 1,5 m³ mer tømmer per daa.

Det ble i 2016 innført tilskudd til nitrogengjødsling i skog som klimatiltak (Landbruksdirektoratet 2021b). I tilskuddsordningen er det en rekke retningslinjer for hva slags skog som kan gjødsles:

- Det kan gjødsles på egnede arealer på vegetasjonstypene blokkebærskog, bærlyngskog, blåbærskog, småbregneskog, storbregneskog og på torvmark med etablert foryngelse.
- Gjødsling skal gjøres i produksjonsskog med mindre enn 20 prosent lauv på furudominerte arealer med bonitet F8 til F17, og grandominerte arealer på bonitet G8 til G20.
- Bestandet bør ha optimal tetthet og ikke være flersjiktet.
- Lavarter bør utgjøre mindre enn 50 % av marksjiktet.
- Hogstklasse IV (4) prioriteres.

- Veksterlige bestand av furu i tidlig hogstklasse fem kan gjødsles dersom de ikke planlegges hogd før om lag 10 år.
- Sein hogstklasse tre kan gjødsles noen år etter at eventuelle tynninger er avsluttet.

I tillegg stilles miljøkrav ved utførelsen for å ivareta terrestrisk naturmangfold og vannmiljø, samt at det i en hensynssone er satt et tak på hvor mye som kan gjødsles (Landbruksdirektoratet 2021b).

I 2021 er det gjennomført en vurdering av ny kunnskap etter at tiltaket ble utredet i 2014 (Miljødirektoratet mfl. 2014). I denne er det beregnet basert på tilgjengelig ny kunnskap at netto økning i CO₂-opptak (når relaterte utslipp er trukket fra) er i størrelsesorden 2,6 tonn CO₂ per daa som gjødsles.

Da er det trukket fra utslipp av lystgass (N₂O) knyttet til gjødslingen (både direkte utslipp, og indirekte gjennom atmosfærisk deponisjon og avrenning/lekkasje). Det er også trukket fra utslipp knyttet til produksjon, transport og spredning av gjødsle. Men disse utslippene er små sammenliknet med det økte CO₂-opptaket.

Det som ikke ble medregnet, er økt karbonlagring i jord. Den kunnskapen en har i dag tyder på at gjødsling fører både til økt strøtilførsel til jorda, og samtidig redusert nedbryting, og dermed økt lagring av karbon i jorda (Mayer mfl. 2020). Selv om en regner nitrogengjødsling som et tiltak som øker karbonlagring i jorda, så konkluderte Landbruksdirektoratet mfl. (2021) med at det er foreløpig ikke tilstrekkelig med data til å kvantifisere hvor stor denne effekten er.

Substitusjon ble heller ikke medregnet. Den økte produksjonen i trærne ved gjødsling gir et større tømmervolum generelt, men også en større andel sagtømmervolum. Det gir dermed muligheten til å erstatte mer fossile produkter med produkter laget av tre, og den større andelen sagtømmer gir muligheten for mer langlevde treprodukter. Det er imidlertid komplisert å beregne, slik at denne effekten heller ikke ble kvantifisert i Landbruksdirektoratet mfl. (2021).

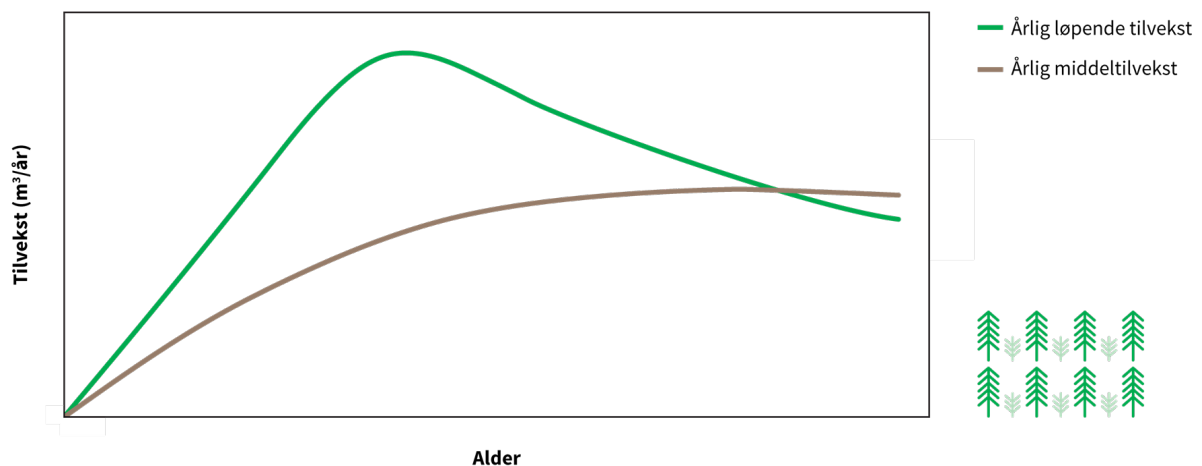
Effekten av gjødsling vil være avhengig av flere forhold, og det er ikke alle steder det vil være like god effekt av å gjødsle. Hvis veksten er begrenset av andre faktorer enn nitrogen, f.eks. av vann eller lys, vil gjødsling ha en redusert effekt (Landbruksdirektoratet, mfl., 2021).

Opp mot 40% av dokumenterte kostnader kan dekkes (Landbruksdirektoratet, 2021b). Det stilles krav til at anbefalingene nevnt over blir fulgt. Det er innført en hensynssone, hvor det er satt et arealtak for gjødsling, men kommunene i Numedal er ikke berørt av denne (Miljødirektoratet, mfl., 2014; Landbruksdirektoratet, mfl., 2021).

3.5 Hogsttidspunkt

Hva som er det optimale tidspunktet for avvirkning av skog vil variere basert på hva som vektlegges, og det kan være konflikt mellom det som maksimaliserer CO₂-opptak og det som maksimerer økonomisk gevinst for skogeier (Bergseng mfl. 2018). Forlenget omløpstid sammenliknet med hva som er økonomisk optimal hogstalders vil kunne være positivt for CO₂-opptak i trærne, og samtidig kunne ha positiv effekt på karbonlagring i jord.

Prinsipielt sett vil den alderen hvor kurven for årlig løpende tilvekst (ÅLT) krysser årlig middeltilvekst (ÅMT) være den hogstalders som maksimerer CO₂-opptak i levende biomasse. Den årlige tilveksten (ÅLT) starter relativt lavt, men øker etter hvert kraftig, før den etter hvert avtar igjen (Figur 6). Alderen der kurven for den årlige middelveksten (ÅMT) møter kurven for ÅLT er der hvor ÅMT kulminerer (ÅMT_{maks}). Når et bestand når ÅMT_{maks} avhenger av flere faktorer, blant annet bonitet, treslag og utført skogbehandling. Et granbestand oppnår vanligvis ÅMT_{maks} tidligere enn et furubestand, og jo bedre bonitet jo tidligere nås ÅMT_{maks}. Ved å hogge ved ÅMT_{maks} vil man ha maksimal volumproduksjon over gjentakende omløp, og dermed også maksimalt netto CO₂-opptak i trærne (Søgaard, mfl., 2017).



Figur 6. Den årlige tilveksten starter relativt lavt, men øker etter hvert kraftig, før den etter hvert avtar igjen (årlige løpende tilvekst, ÅLT). Alderen der kurven for den årlige middeltilveksten (ÅMT) møter kurven for ÅLT er der hvor ÅMT kulminerer (ÅMT_{maks}). Dersom skogen avvirknes ved den alderen vil en maksimere årlig middeltilvekst, det vil si hvor mye bestandet har vokst i gjennomsnitt per år. Det er altså i prinsippet den hogstalderen som vil maksimalisere volumproduksjon, og også karbonlagring i trebiomassen.

Dersom en forutsetter at skogen har normal vekst, og ikke er utsatt for stormfelling eller andre store skader, så vil hogst før ÅMT_{maks} gi redusert opptak av CO₂. Analyser gjengitt i Bergsens mfl. (2018) viser at «dagens praksis gir et redusert CO₂-opptak på 1 million tonn årlig sammenliknet med om all skog fikk stå til den nådde 75 % av årlig middeltilvekst kulminasjon (eller omtrent hogstklasse V).»

Forlenget omløpstid kan også være gunstig for karbonlagring i skogsjorda (Mayer mfl. 2020). Flatehogst gir som regel karbontap fra jorda de første årene etter hogsten, og lenger omløpstid gir færre hogstingrep samlet sett over et langt tidsperspektiv. Hvor stor effekt forlenget omløpstid vil kunne ha vil imidlertid variere med lokalitet og utførelse av hogsten. Tiltak som reduserer kjøreskader (som hogst på frossen mark og nedbaring av kjøreveier), samt å beholde GROT (greiner og topper), vil redusere karbontap ved flatehogst (Mayer mfl. 2020).

Økonomisk optimal hogstaldet, altså tidspunktet hvor det fra et økonomisk perspektiv er mest gunstig å hogge, ligger gjerne noen år etter nedre aldersgrense for PEFC, 5-30 år (10-35 %) for furu og 5-20 år (10-25 %) for gran (Bergsens, mfl., 2018). Derimot vil det å vente til hogstklasse V i noen tilfeller kunne være et økonomisk tap for skogeier, og ytterligere tap om man venter til ÅMT_{maks} er nådd. I følge Bergsens mfl. (2018) er hoveddelen av avvirkningen som skjer før skogen når hogstklasse V i sen hogstklasse IV, og noe som jamfør Bergsens mfl. (2018) i stor grad sammenfaller med hva som med rimelige forutsetninger vil være økonomisk optimal hogstaldet.

Et aspekt å ta høyde for er at risikoen for at skogens skades på en eller annen måte øker med tiden skogen står (Søgaard, mfl., 2017). Dette kan være i form av stormfelling, råte, granbiller, tørke eller skogbrann. Er skogen risikoutsatt, kan det tale for en kortere omløpstid – også fra et klimaperspektiv.

Det er også slik at alder for ÅMT_{maks} er svært usikker. Det er betydelig usikkerhet knyttet til i hvilken grad de gamle produksjonstabellene som ligger bak aldrene gjengitt i Tabell 3 er representative under dagens vekstbetingelser. Dernest er det ikke et brått fall for ÅMT, men mer en utflating som illustrert i Figur 6). Alder for ÅMT_{maks} for gran og furu ved ulike boniteter som gjengitt i Tabell 3 er forutsatt skogbestand hvor tettheten er holdt relativt høyt under hele omløpet, og forvaltet for maksimal volumproduksjon. Andre forutsetninger vil gi andre aldre for ÅMT_{maks}. Aldrene bør derfor kun brukes veiledende, og ikke som absolutte grenser.

Norsk PEFC skogstandard har en minstealder for hogst, basert på bonitet (Tabell 3; PEFC, 2015). Denne er noe lavere enn det som regnes som hogstklasse V, og betydelig lavere enn $\dot{A}MT_{maks}$ (Tabell 3). Ifølge resultat-kontrollen fra 2016 ble 76,6 % av skogen hogget i hogstklasse V, og 19,2 % i sen hogstklasse IV (Granhus & Eriksen, 2017).

Tabell 3. Minstealder for hogst jamfør PEFC, nedre aldersgrense for hogstklasse V, og alder for $\dot{A}MT_{maks}$ for gran og furu. Alle aldre er totalaldrer. Alder for kulminasjon av årlig middeltilvekst ($\dot{A}MT_{maks}$) er basert på eldre produksjonstabeller, og det er usikkert hvor representative de er i dag. De er også basert på en forutsetning om skogforvaltning for maksimal volumproduksjon. Aldrene bør derfor kun brukes veiledende, og ikke som absolutte grenser.

Bonitet	Minstealder for hogst PEFC	H.kl. V	$\dot{A}MT_{maks}$ Gran*	$\dot{A}MT_{maks}$ Furu*
26	40		80	78
23	45	60	84	83
20	50	70	90	90
17	60	80	98	99
14	70	90	108	110
11	80	100	122	127
8	85	110	141	154
6	95	120	163	182

* Alder for kulminasjon av årlig middeltilvekst ($\dot{A}MT_{maks}$) fra NIBIOs «Bonitetskalkulator» på nett. I «Bonitetskalkulatoren» er funksjonene ekstrapolert slik at du finner tall for boniteter som er lavere (G6, G8, F6) og høyere (G26, F23 og F26) enn det som er angitt i de opprinnelige produksjonstabellene. En bør være bevisst at dersom en bruker $\dot{A}MT_{maks}$ for disse bonitetene er det større usikkerhet enn for boniteter innenfor det opprinnelige gyldighetsområdet for produksjonstabellene som er henholdsvis G11 – G23 og F8 – F20 for gran og furu.

4 Karbontap ved utbygging av skog og myr

Skogen er et stort karbonlager. Det gjør at når det avskoges til fordel for nydyrking eller utbygging, eller for andre formål, bidrar dette til betydelige utslipp av CO₂. Også utbygging og nydyrking av myr fører til store utslipp av CO₂. Det meste av dette regnes som et umiddelbart utslipp. Både trær og død ved som fjernes regnes som umiddelbart utslipp av CO₂. Når myr blir drenert, vil det være utslipp fra arealene i mange tiår fremover. Ved nedbygging hvor all den organiske jorda fjernes, vil det istedenfor være et øyeblikkelig utslipp av CO₂. Ved å unngå å bygge ned myr og skog vil en unngå utslipp, og samtidig bevare karbonlagre. I skogen er det meste av årlig CO₂-opptak i trærne (76 % i 2019, Miljødirektoratet mfl. 2021). For størrelsen på karbonlageret er fordelingen tilnærmet omvendt, med om lag 80 % av karbonet lagret i jorda (Strand mfl. 2016). I myr er det lagret mye karbon i den organiske jorda.

4.1 Utbygging av skog og myr mellom 1990-2019 i det nasjonale klimagassregnskapet

Arealbrukskategorien utbygd areal i det nasjonale klimagassregnskapet omfatter bygninger og arealer som kan klassifiseres som teknisk impediment og omkringliggende opparbeidet areal. Dette inkluderer for eksempel bebyggelse, hager, veier, velteplasser, lagerplass, parkeringsplasser og grustak. Mellom 1990 og 2019 har 150 000 ha med skog, myr og andre arealer i Norge blitt endret til utbygd areal (Søgaard, mfl., 2021). Av dette var 77 % skog og myr. Endringene til utbygd areal er fordelt på bebyggelse (44 %), veier (26 %), kraftlinjer (10 %), grustak/steinbrudd (9 %), idrettsformål (6 %) og annet (5 %) (Søgaard mfl. 2021).

De siste årene har avskoging ført til et årlig utslipp på om lag 3 millioner tonn CO₂ nasjonalt, hvorav 2 millioner tonn CO₂ fra avskoging til utbygd areal (Miljødirektoratet, mfl. 2021, Søgaard, mfl., 2021). Generelt sett er avskoging for utbyggingsformål den viktigste årsaken (68 %), fulgt av endring til beite (18 %) og nydyrking (13 %) (Breidenbach mfl. 2017).

I tillegg kommer det utslipp i forbindelse med utbygging av myr: I 2019 var det et utslipp på 61 000 tonn CO₂ fra åpen og glissent tresatt myr, hvorav om lag 80 % fra organisk jord og 20 % fra levende biomasse. Utslipp fra skogkledd myr som bygges ned er inkludert under avskoging (Miljødirektoratet mfl. 2021). Dog regnes det her ikke umiddelbart utslipp fra organisk jord ved utbygging, kun en nasjonal, årlig faktor basert på at arealene blir drenert. Det at Norge benytter en standard faktor for drenert organisk jord ved overgang til utbygd areal på organisk jord gjør at en underestimerer utslippet i de tilfellene hvor den organiske jorda fjernes, og ikke kun dreneres (Søgaard mfl. 2021).

4.2 Enkel regneregul ved utbygging av myr

For å beregne karboninnhold kan en ta utgangspunkt i en karbontetthet på 45,9 kg C per m² per m (eller med andre ord, per m³). Karbon (C) omregnes til CO₂ ved å gange med 44/12. Det vil si at hvis det er 100 m² myr med 1 m dybde hvor den organiske jorda fjernes, så tilsvarer det 4 590 kg C * (44/12) = 16 830 kg CO₂.

Men det er veldig viktig å ta høyde for at selv om det gjøres inngrep bare i en del av myra, så må en undersøke om hvorvidt større deler av myra vil bli berørt av inngrepet. Dette vil avhenge av flere ulike faktorer, og må vurderes for den enkelte lokalitet. For eksempel dersom det er en bakkemyr så vil inngrep nederst i myra påvirke i liten grad oppover på myra, men litt erosjon og uttørring kan gi noe synking over tid. Inngrep øverst i ei bakkemyr kan imidlertid potensielt påvirke hele myrpartiet nedstrøms inngrepet, særlig hvis kilder og kildesig avskjæres. Effekt av for eksempel tilførselsveier må

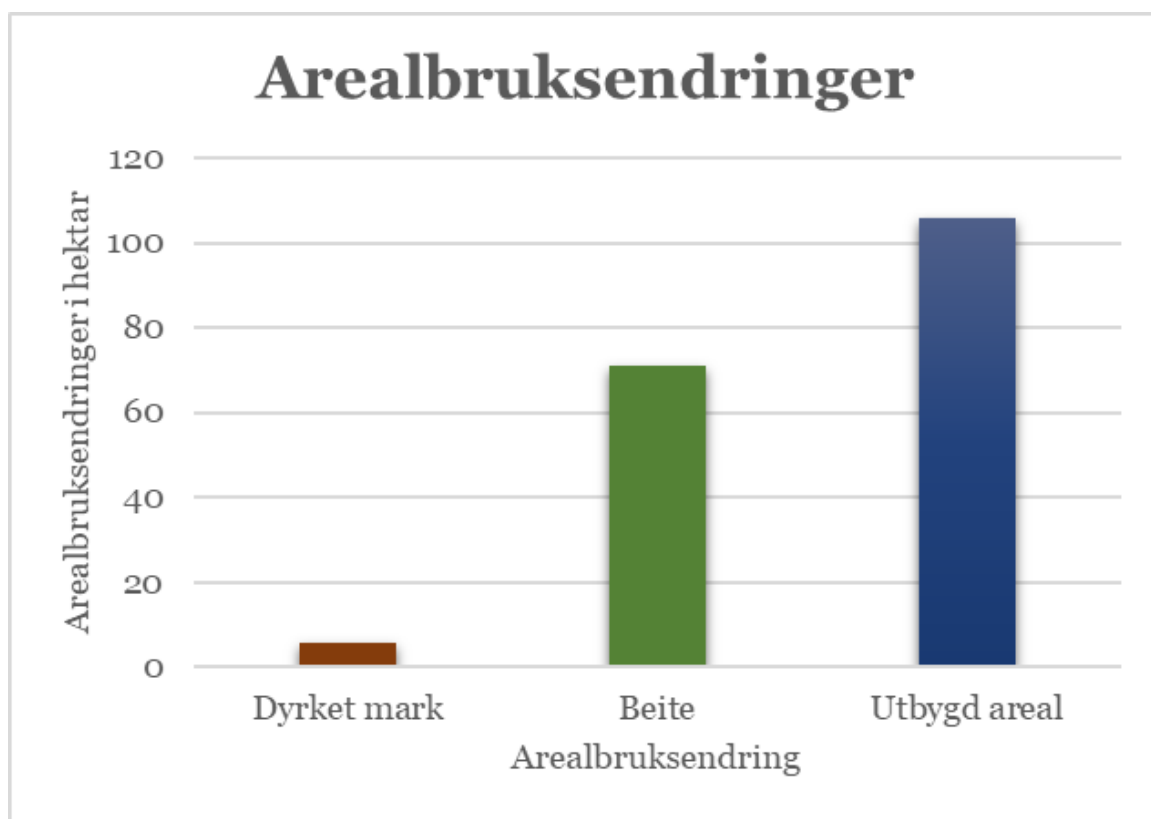
også inkluderes. Så avhengig av lokale forhold kan det være at hele den berørte myra/myrområdet må inkluderes i beregningene, ikke bare det aktuelle uttaksarealet.

For å få nøyaktige estimat må en stikke myrdybder på den aktuelle myra. NIBIO har utviklet en forenklet «nøkkel» som kan brukes basert på kunnskapen fra DMK myr («myrkosten», NIBIO 2021) med over/under 1 m myrdybde.

Med utgangspunkt i en karbontetthet på 45,9 kg C per m² per m, og en gjennomsnittlig dybde på 0,65 m for grunn myr og 2,0 m for dyp myr, blir nøkkeltallene 109,4 kg CO₂/m² og 336,6 kg CO₂/m² for henholdsvis grunn og dyp myr når all organisk jord fjernes. Dette er en ganske forenklet tilnærming, men egnet til å anslå CO₂-utslipp fra utbygging av ei myr i tidlig planfase.

4.3 Utbygging i Numedal – fokus på hytteutbygging

Også i Numedal har det vært utbygging av myr og skog. Mellom 2010 og 2015, ble 106 ha skog og myr utbygd, og 79 ha ble omgjort til dyrket mark og beite (Figur 7).

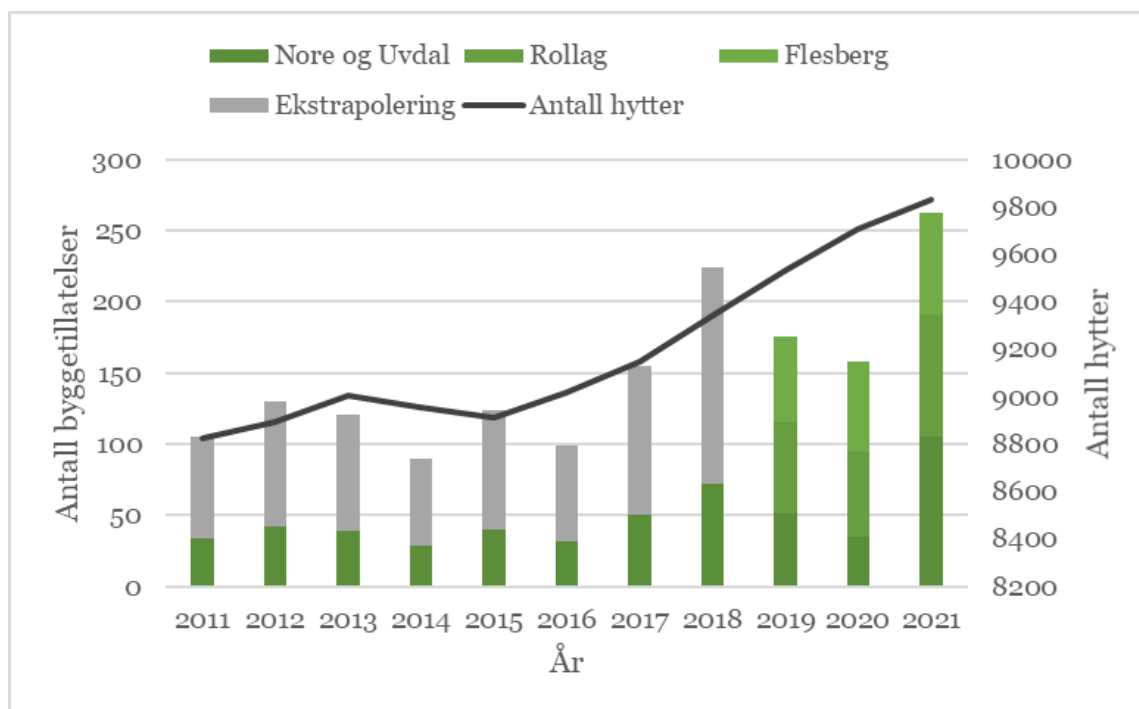


Figur 7. Arealbruksendringer fra skog og vann og myr til dyrket mark, aktiv beita inmarksarealer og utbygd areal, mellom 2010 og 2015 i Numedal (kommunene Nore og Uvdal, Rollag og Flesberg). Tallene er hentet fra miljødirektoratet.no

Numedal består av kommuner med få innbyggere. Samlet har Numedal 6 511 innbyggere i 2021 (Tall hentet fra SSB), og kun 1,1 % av arealet ble regnet som utbygd i 2015 (Figur 2). I Numedal er det imidlertid store arealer med skog og annen utmark, og en god del hytter.

Det har vært en økende trend i den årlige hytteutbyggingen nasjonalt (SSB, 2021): I 1983 ble det bygget 1 600 hytter, mens det i 2020 ble bygget 6 687 hytter. Samtidig har gjennomsnittsarealet per hytte økt fra 62,2 m² til 89,6 m². De siste ti årene har det totale antall hytter økt med 8,5 %.

Også i Numedal har det vært en økning i antall hytter. I 2021 er det 9 834 hytter i Numedal, noe som er en økning på over 1 000 hytter siden 2011 hvor det var 8 823 hytter (Figur 8). Det ble mellom 2019 og 2021 gitt 597 byggetillatelser for hyttebygging. For tidligere år, tilbake til 2011, har vi kun tall fra Nore og Uvdal, som mellom 2011 og 2021 har gitt 530 byggetillatelser. Antatt at Rollag og Flesberg følger samme trend kan det estimeres at det mellom 2011 og 2021 er gitt rundt 1650 byggetillatelser. Det kan også virke som at årlige byggetillatelser har økt de siste årene (Figur 8).



Figur 8. Oversikt over antall byggetillatelser for hytteutbygging gitt i Numedal (aksen til venstre), og totalt antall hytter i Numedal (aksen til høyre). Merk at for kommunene Rollag og Flesberg er antall byggetillatelser estimert fram til og med 2018. Merk at aksene til høyre ikke starter på 0. Tall for byggetillatelser er basert på kommunens egne tall. Tall for antall hytter er basert på tall fra SSB.

5 Oppsummering og veien videre

Riktig skogskjøtsel er en forutsetning for å sikre et bærekraftig skogbruk. Hensikten med skogskjøtselen er å legge grunnlag for en langsiktig, bærekraftig ressursforvaltning ut fra en helhetlig vurdering av skogøkologiske, økonomiske og tekniske forhold, samt hensyn til terrestrisk naturmangfold, vannmiljø, friluftsliv og andre økosystemtjenester – og klima. I utgangspunktet er det gjerne to formål med skogskjøtselen; økt volumproduksjon og bedre virkeskvalitet. Begge vil normalt sett være positive fra et klimaperspektiv, med økt CO₂-opptak i trærne og høyere potensiell substitusjonsverdi fra tømmeret som høstes.

Miljødirektoratet mfl. (2016) definerte bærekraftig skogbruk i klimasammenheng slik: *«Bærekraftig skogbruk i klimasammenheng innebærer at skogens produktivitet og evne til å lagre karbon ikke forringes, og at karbonbeholdninger ikke reduseres permanent. Vanlige skogbruksaktiviteter, som tynning og sluttavvirkning, vil normalt ikke redusere verken produktivitet eller skogens evne til å lagre karbon, og reduksjonen som skjer i karbonlageret er av midlertidig karakter. Det er imidlertid en forutsetning at det ikke avvirkes, eller at det tas særskilte hensyn ved avvirkning, i sårbare områder (f.eks. vernskogbelter mot fjell og kyst), og at skogbruksaktivitet generelt foregår på en slik måte at skogens evne til å lagre karbon ivaretas eller økes. Det kan heller ikke gjøres tiltak som gir permanente reduksjoner i karbonlager, f.eks. gjennom drenering av myrer for skogproduksjon.»*

I denne rapporten har hovedfokus vært på noen utvalgte skogskjøtseltiltak som kan øke skogens CO₂-opptak, men det finnes flere skogskjøtseltiltak enn de som er beskrevet her som kan være aktuelle for skogbruket i Numedal for å øke skogens klimanytte.

Selv om klimaendringene kan bringe med seg bedre vekstforhold for mange trær, med høyere temperaturer og mer nedbør, så bringer de også en økt risiko. Klimatilpasning for å redusere risiko for både abiotiske og biotiske skader vil være en viktig del av skogskjøtselen for å sikre fremtidig CO₂-opptak. Klimatilpasning i skogskjøtselen kan også bety å ta hensyn i ras- og skredutsatte områder, for å redusere skaderisiko for nedenforliggende bebyggelse. Begge deler krever kjennskap til lokale forhold.

I arbeidet med denne rapporten var det ikke rammer for å gå nærmere inn på skogforholdene i Numedal, og hvilke muligheter og utfordringer som ligger her i å drive en skogskjøtsel som kan optimalisere skogens rolle i motvirkning av klimaendringer.

Vi har heller ikke gått nærmere inn på hvilke synergier og motsetninger som ligger mellom å tilpasse skogskjøtselen for å optimalisere klimanytten. Ofte vil det kunne være samsvar mellom klimatiltak og økonomi for skogeier, men det kan også være motsetning mellom disse to. Ofte vil det være motsetning mellom optimalisering av klimanytte og hva som er optimalt for naturmangfold, men i noen tilfeller kan det være samsvar.

Et større prosjekt vil kunne gå inn i de lokale forholdene for skogen i Numedal, og også ta inn hensyn til friluftsliv og press på arealene fra friluftsliv og hytteutbygging.

Litteraturliste

- Bergseng, E., Eriksen, R., Granhus, A., Hoen, H. F., & Bolkesjø, T. (2018). *Utredning om hogst av ungskog*. Ås: NIBIO Rapport 4(39).
- Breidenbach, J., Eiter S., Eriksen R., Bjørkelo K., Taff G. N., Sjøgaard, G., Tomter S., Dalsgaard L., Granhus A., & Astrup R. (2017). *Analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge*. NIBIO Rapport 3(152).
- Forskrift om berekraftig skogbruk. (2006). *Forskrift om berekraftig skogbruk*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593> (23.11.2021)
- Forskrift om miljøtiltak mv. i skogbruket. (2004). *Forskrift om tilskudd til nærings- og miljøtiltak i skogbruket*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-02-04-447> (22.11.2021)
- Granhus, A., & Eriksen, R. (2017). *Resultatkontroll skogbruk/miljø – Rapport 2016*. Ås: NIBIO Rapport 3(159).
- Hanssen, K. H., & Bergsaker, E. (2017). *Gjødsling av skog*. Ås: NIBIO Bok 3(11).
- Hanssen, K. H., & Fløistad, I. S. (2018). *Snutebilleskader i Sør-Norge 2017*. Ås: NIBIO Rapport 4(167).
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Storbritania og New York, NY, USA.
- Klima- og forurensningsdirektoratet, Statistisk sentralbyrå, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oljedirektoratet & Norges vassdrags- og energidirektorat. (2010). *Klimakur 2020 - Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet TA 2590.
- Klima- og miljødepartementet. (2019). *National forestry accounting plan for Norway for the first commitment period 2021-2025*. Klima- og miljødepartementet.
- Landbruksdirektoratet. (2021a). *Tilskudd til tettere skogplanting som klimatiltak*. Hentet fra Landbruksdirektoratet.no: <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/ordninger-for-skogbruk/tilskudd-til-tettere-skogplanting-som-klimatiltak> (23.11.2021)
- Landbruksdirektoratet. (2021b). *Tilskudd til gjødsling av skog som klimatiltak*. Hentet fra landbruksdirektoratet.no: <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/skogbruk/ordninger-for-skogbruk/tilskudd-til-gjodsling-av-skog-som-klimatiltak?openStep=c57d2b23-ba89-477d-be6f-23326e8379f8-0> (26.11.2021)
- Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet, NIBIO. (2021). *Vurdering av tilskuddsordning for gjødsling av skog*. Landbruksdirektoratet 36/2021.
- Mayer, M., Prescott, C. E., Abaker, W. E., Augusto, L., Cécillon, L., Ferreira, G. W., James, J., Jandl R., Katzensteiner K., Laclau J.-P., Laganière J., Nouvellon Y., Paré D., Stanturf J. A., Vanguelova E. I. & Vesterdal, L. (2020). *Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic*. Forest Ecology and Management 466(118127)
- Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet, Skog og landskap. (2014). *Måltrettet gjødsling av skog som klimatiltak - Egnede arealer og miljøkriterier*. Miljødirektoratet. Miljødirektoratet 519.
- Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet, NIBIO. (2016). *Vern eller bruk av skog som klimatiltak*. Rapport M-519.

- Miljødirektoratet, SSB, NIBIO. (2020). *Greenhouse Gas Emissions 1990-2018, National Inventory Report*. Oslo: Miljødirektoratet M-1643.
- Miljødirektoratet, SSB, & NIBIO. (2021). *Greenhouse Gas Emissions 1990-2019; National Inventory Report*. Oslo: Miljødirektoratet, M-2013.
- Mjöfors, K., Strömngren, M., Nohrstedt, H. O. & Gärdenäs, A. I. (2015). *Impact of site-preparation on soil-surface CO₂ fluxes and litter decomposition in a clear-cut in Sweden*. *Silva Fennica* vol. 49(5), DOI: 10.14214/sf.140
- Mjöfors, K., Strömngren, M., Nohrstedt, H. O., Johansson, M. B. & Gardenäs, A. I. (2017). *Indications that site preparation increases forest ecosystem carbon stocks in the long term*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 32: 717-725. DOI: 10.1080/02827581.2017.1293152.
- NIBIO. (2021). *Nyttbar myr og torvmark frå DMK*.
<https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/andre-kart/nyttbar-myr-og-torvmark-fra-dmk> (14.12.2021)
- PEFC. (2015). *Norsk PEFC Skogstandard*. Hentet fra [pefc.no](https://cdn.pefc.org/pefc.no/media/2021-01/c713871e-587a-4b0b-b367-64ea6a3ab5e0/16118998-c836-5851-aa38-eda2bed48004.pdf):
<https://cdn.pefc.org/pefc.no/media/2021-01/c713871e-587a-4b0b-b367-64ea6a3ab5e0/16118998-c836-5851-aa38-eda2bed48004.pdf> (23.11.2021)
- Rindal, T. K., Myklestad, G., & Pettersen, J. (2017). *Ungskogpleie*. Biri: Skogkurs.
- Sikström, U., Hjelm, K., Hanssen, K. H., Saksa, T., & Wallertz, K. (2020). *Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review*. *Silva Fennica* vol. 54(2).
- Skagestad, E., & Johnsrud, T.-E. (2014). *Markberedning*. Biri: Skogkurs.
- Skogbrukslova. (2005). *Lov om skogbruk (skogbrukslova)*. Hentet fra [lovdata.no](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31):
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31> (23.11.2021)
- SSB. (2021). *Fakta om hytter og fritidsboliger*. Hentet fra Statistisk sentralbyrå:
<https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/faktaside/hytter-og-ferieboliger> (08.12.2021)
- Strand, L. T., Callesen, I., Dalsgaard, L., & de Wit, H. A. (2016). *Carbon and nitrogen stocks in Norwegian forest soils - the importance of soil formation, climate, and vegetation type for organic matter accumulation*. *Canadian Journal of Forest Research* 46(12): 1459-1473.
- Søgaard, G., Astrup, R., Allen, M., Andreassen, K., Bergseng, E., Fløistad, I. S., Granhus, A., Hanssen, K. H., Hietala, A., Kvaalen H., Solberg, S., Solheim, H., Steffenrem A., Stokland J. & Økland, B. (2017). *Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring*. Ås: NIBIO Rapport 3(99).
- Søgaard, G., Mohr, C. W., Alfredssen, G., Fernández, C. A., Astrup, R., Breidenbach, J., Eriksen, R., Granhus, A. & Smith, A. (2019). *Framskrivninger for arealbrukssektoren - under FNs klimakonvensjon, Kyttoprotokollen og EUs rammeverk*. Ås: NIBIO Rapport 5(114).
- Søgaard, G., Alfredssen, G., Fernández, C. A., Astrup, R., Blom, H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus A., Hanssen, K. H., Hietala A., Krokene, P., Mohr, C. W., Nygaard, P. H., Solberg, S. & Steffenrem, A. (2020a). *Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog*. Ås: NIBIO 6(9).
- Søgaard, G., Alfredsen, G., Fernández, C. A., Astrup, R., Belbo, H., Clarke, N., Eriksen R., Granhus A., Hanssen, K. H., Hietala A., Kockum, F., Mohr, C.W., Nordbakken, J.-F., Stokland, J., Sverker, J. & Økland, T. (2020b). *Klimakur 2030 - beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. Supplement*. Ås: NIBIO Rapport 6(153).
- Søgaard, G., Mathiesen, H. F., Bjørkelo, K., Eriksen, R., Hobrak, K., Mohr, C. W., & Smith, A. (2021). *Arealbruksendring til utbygd areal - Faktagrunnlag for vurdering av avgift på utslipp fra arealbruksendring - rapporterte utslipp og mulige kartgrunnlag*. Ås: NIBIO Rapport 7(164).

Nøkkelord:	Klimatiltak, skogbruk, avskoging, karbontap, utbygging
Key words:	Climate change mitigation, forestry, land-use change, deforestation

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.