

Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold

Erik Framstad
Anne Sverdrup-Thygeson



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold

Erik Framstad
Anne Sverdrup-Thygeson

Framstad, E. & Sverdrup-Thygeson, A. 2015. Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold. – NINA Rapport 1149. 54 s.

Oslo, september 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2771-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Erik Framstad

KVALITETSSIKRET AV

Signe Nybø

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Klima- og miljødepartementet

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Asbjørn Solås

FORSIDEBILDE

Skog i Vemmannsås naturreservat, Larvik i Vestfold. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson

NØKKEWORD

Skog – Biologisk mangfold – Skogbruk – Effekter – Økt hogst – Vern – Miljøtiltak

KEY WORDS

Forest – Biodiversity – Forestry – Effects – Increased cutting – Protection – Environmental measures

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Framstad, E. & Sverdrup-Thygeson, A. 2015. Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold. – NINA Rapport 1149. 54 s.

Norske skoger utgjør nå ca 878 mill. m³ tømmer og har en årlig tilvekst på ca 25 mill. m³, mens årlig avvirkning ligger på ca 10 mill. m³. Norsk skogpolitikk har som mål å øke avvirkningen betydelig innenfor rammen av et bærekraftig økonomisk skogbruk. Det er foreslått at avvirkningen kan økes til 15 mill. m³ uten at dette er antatt å gi vesentlige negative effekter på naturmangfoldet. Vi har tatt utgangspunkt i data fra Landsskogtakseringen over fordelingen av skogressurser og viktige miljøverdier, samt publiserte rapporter for tilgangen på tømmerressurser i kommende tiår og en modell for sannsynlighet for framtidig avvirkning. Ut fra dette har vi vurdert hvor framtidig avvirkning sannsynligvis vil finne sted, i hvilken grad slik avvirkning vil berøre visse viktige miljøverdier, og om dette tilsier at skogvernet eller omfanget av miljöhensyn i skogbruket bør økes.

Skog dekker rundt 40% av Norges areal og inneholder ca 60% av alle kjente norske arter og 50% av de truede artene. Truslene mot arts mangfoldet i skog er i hovedsak vurdert å skyldes ulike skogbruksaktiviteter. Avvirkning kort tid ut i trærnes naturlige livsløp og bestandsskogbrukets omfattende endringer av skogstrukturen med reduksjon i mengden gammel skog og grov død ved anses som de viktigste påvirkningene.

I dag og i nærmeste tiår vil rundt 2/3 av tømmervolumet i hogstmoden skog være tilgjengelig på Østlandet, spesielt i sentrale skogstrøk i sørøst. På landsbasis vil andelen gran øke fra dagens 38% til 54% av hogstmodent tømmervolum. På grunn av vanskelig terreng vil avvirkning av hele 47% av volumet i hogstmoden skog i vest og nord kreve spesielle driftsformer som taubanedrift og bruk av gravemaskin for tilgangsveier. I kommende tiår vil 53% av hogstmodent volum kunne avvirknes med ordinære driftsformer nær vei mot 34% i dag. Potensialet for framtidig økonomisk avvirkning er størst på det sentrale Østlandet og for eldre granskog på høy bonitet. Skog som er lite økonomisk å avvirke vil særlig ligge vestpå og nordenfjells og vil spesielt omfatte løvskog på lav bonitet.

Forekomsten av viktige livsmiljøer (MiS-figurer) dekker størst andel av produktiv skog i vestlige deler av Østlandet og Nordenfjells og mest i høyereliggende eldre gran- eller løvskog på høy bonitet. Biologisk gammel skog dekker størst andel i høyereliggende eldre granskog på lav bonitet, men utgjør lite av skogen på Vestlandet. Det er relativt høy andel livsmiljøer og biologisk gammel skog i verneområder, fjellskog og villmarkspregete skog sammenlignet med annen produktiv skog. Det er imidlertid registrert flest rødlistearter i skog i fylkene rundt Oslofjorden.

I skog som i dag er uøkonomisk å drive (nullområder), utgjør viktige livsmiljøer 27% av arealet, mot 21% i økonomisk drivverdig skog. Begge har omtrent samme andel biologisk gammel skog (9,5%). Forskjellen i andel livsmiljøer mellom nullområder og annen skog er særlig stor for Østlandet. Stor andel skog med viktige livsmiljøer og høy hogstsannsynlighet befinner seg særlig Nordenfjells og i eldre skog. Størst andel med biologisk gammel skog og høy hogstsannsynlighet befinner seg også Nordenfjells, på lav bonitet og øker med høyden over havet.

Naturmangfoldet i skog kan sikres ved ulike arealbaserte virkemidler som vern eller ved ulike restriksjoner på skogsdrift i spesielle områder (fjellskog, villmarkspreget skog). Andel av skogarealet med viktige livsmiljøer er 40% i strengt vernet skog og 37% i fjellskog, mot 22% i øvrig produktiv skog. Nær halvparten av hogstmoden skog (hogstklasse 5) i strengt vernet skog og villmarkspreget skog har viktige livsmiljøer, mens 35% av ordinær hogstmoden skog har slike livsmiljøer. Andelen biologisk gammel skog er signifikant større i strengt vernet skog (24%), villmarkspreget skog (15%) og fjellskog (12%) enn i annen skog (9%). For hogstmoden skog er andelen biologisk gammel skog større i strengt vernet skog (26%) og villmarkspreget skog (16%) enn i annen hogstmoden skog (12%).

For å sikre naturmangfoldet i skog bedre ved en vesentlig økning av avvirkingen fra dagens nivå vil det være behov for en kombinasjon av tiltak: For sentrale skogstrøk i Sørøst-Norge bør viktige gjenværende rester av gammel naturnær skog sikres ved vern. Dessuten bør restaureringsbiotoper avsettes for rike skogtyper i lavlandet med redusert forekomst eller kvalitet. Der skogen drives, vil det være viktig å opprettholde og eventuelt skjerpe skogbrukets miljøtiltak, spesielt i form av frivillig avsetting av nøkkelbiotoper. I mindre tilgjengelige områder utenfor sentrale skogstrøk i Sørøst-Norge vil mye hogstmoden skog være lite lønnsom å drive. Her vil fjellskog og villmarkspreget skog ha betydelige naturverdier som kostnadseffektivt kan sikres ved økt skogvern. I bratte kyststrøk på Vestlandet og Nordenfjells har arealer med plantete fremmede treslag eller provenienser få naturverdier. Drift i slikt vanskelig terreng kan imidlertid ha uheldige miljøkonsekvenser i form av bl.a. erosjon og ras, og bedre miljøkriterier for forsvarlig drift av slik skog er påkrevet. Endelig bør skogforvaltningen baseres på en balansert vurdering av samfunnsnyttene av skogens mange ulike økosystemtjenester, slik at man ikke ensidig vektlegger skogens verdi som tømmerressurs. Andre viktige økosystemtjenester i skog er naturmangfold, erosjon- og flombeskyttelse, og arena for jakt, fiske, friluftsliv og naturopplevelse.

Erik Framstad, NINA, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo (erik.framstad@nina.no)

Anne Sverdrup-Thygeson, INA, NMBU, 1432 Ås og NINA, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo (anne.sverdrup-thygeson@nmbu.no)

Abstract

Framstad, E. & Sverdrup-Thygeson, A. 2015. Increased harvest of timber from forests in Norway – effects on natural diversity. – NINA Report 1149. 54 s.

Norwegian forests now constitute a timber volume of about 878 mill. m³, with an annual increment of about 25 mill. m³, whereas the annual harvest is about 10 mill. m³. Norwegian forest policy aims to increase harvesting considerably, within constraints of both sustainable and economic forestry. It is proposed that harvesting can be increased to 15 mill. m³ without significant negative impacts on forest biodiversity. We have used data from the National Forest Inventory on the distribution of forest resources and important environmental values, published reports on the supply of timber resources in coming decades, and a model for the probability of future harvesting. Using this information, we have assessed where future harvesting is likely to take place, the extent to which such harvesting will affect certain important environmental values, and whether this implies that forest protection or the extent of environmental considerations in forestry should be increased.

Forests cover about 40% of Norway's land area and contains about 60% of all known Norwegian species and 50% of the threatened species. Threats to biodiversity in forests are mainly considered to be due to various forestry activities. Harvesting of trees long before their natural life span and extensive changes to the forest landscape due to forestry, with a reduction in the amount of old forest and coarse dead wood, are considered the most important effects.

Currently and over the next decades, around 2/3 of timber volume in mature forests will be available in Eastern Norway, especially in the major forestry districts in the southeast. Nation-wide, the proportion of spruce will increase from the current 38% to 54% of mature timber volume. Due to difficult terrain in Western and Northern Norway, as much as 47% of the volume in mature forests will require special timber extraction operations in these regions. In coming decades, 53% of the available mature volume could be harvested from land near roads with ordinary operation procedures, versus 34% today. The potential for future economic felling is greatest in central parts of Eastern Norway and for older spruce on sites of high productivity. Forestry with low economical potential for harvesting will mainly be distributed in the west and north and for deciduous forest on sites of low productivity.

Important habitats cover the largest proportion of productive forest in western parts of Eastern and Central/Northern Norway, mostly in upland older spruce or deciduous forests on sites of high productivity. Biologically old forest covers the largest proportion of upland older spruce forests on sites of low productivity, but makes up less of the forests in Western Norway. There is a relatively high share of important habitat and biologically old forests in protected areas, mountain forests and wilderness forests (> 5 km from roads and other infrastructure) compared with other productive forests. Most red-listed species associated with forests nevertheless occur in the counties around the Oslo Fjord.

Forests that are currently uneconomical to harvest (null areas), have 27% of the area with important habitats, compared to 21% in economically viable forest, but about the same proportion of biologically old forest (9.5%). The difference between null areas and other forests is particularly great for important habitats in Eastern Norway. The proportion of forests with important habitats and high felling probability is particularly high in Central/Northern Norway and for older forests. The proportion with biologically old forests and high probability of felling is also mainly located in Central/Northern Norway, at sites of low productivity, and increases with altitude.

Biodiversity in forests can be conserved by various land-based management instruments, such as formal forest protection or as special areas with various restrictions on forestry (mountain forests, wilderness forest). The proportion of forests with important habitats is 40% in strictly protected forests and 37% in mountain forest, compared with 22% in other productive forests.

Almost half of mature forests (development class 5) in strictly protected forest and wilderness forests have important habitats, whereas 35% of the ordinary mature forests have such habitats. The proportion of biologically old forest is significantly greater in strictly protected forests (24%), wilderness forest (15%) and mountain forests (12%) than in other forests (9%). For mature forests the proportion of biologically old forest is higher in strictly protected forests (26%) and wilderness forest (16%) than in other mature forests (12%).

To conserve biodiversity in forests better under a substantial increase in harvesting from current levels, a combination of measures is needed: For the central forest areas in Southeast Norway, remaining important remnants of old forest should be protected. In addition, remnants of lowland rich forest types with reduced extent or quality should be preserved as restoration areas. Where forestry is operating, it will be important to maintain and possibly increase forestry environmental measures, especially the voluntary set-aside of key habitats. In less accessible areas outside the southeastern central forest districts, much of mature forest will be less profitable to harvest. Here, mountain and wilderness forests will have substantial natural values that can be protected at relatively low cost. In the steep coastal areas of Western and Northern Norway, areas with planted non-native tree species have few natural values. Forestry operations in such difficult terrain may have adverse environmental consequences such as erosion and landslides, and better environmental criteria for proper forestry operations in such forests are required. Lastly, forest management should be based on a balanced assessment of societal values of the many different ecosystem services of forests to avoid a singular emphasize of forests as a timber resource. Important ecosystem services in forests include biodiversity, protection against floods and erosion, and arena for hunting, fishing, outdoor recreation and nature experience.

Erik Framstad, NINA, Gaustadalleen 21, NO-0349 Oslo (erik.framstad@nina.no)

Anne Sverdrup-Thygeson, INA, NMBU, NO-1432 Ås and NINA, Gaustadalleen 21, NO-0349 Oslo (anne.sverdrup-thygeson@nmbu.no)

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Forord	8
1 Innledning.....	9
2 Angrepsmåte og metoder.....	11
3 Effekter av skogbruk på økosystemer og arts mangfold.....	15
4 Hvilke arealer kan bli berørt av økt hogst?	22
4.1 Skogens tilstand i dag	22
4.2 Dagens tilstand og framtidig utvikling for hogstmoden skog.....	27
4.3 Skog med ulik sannsynlighet for hogst, og skog i nullområder	30
4.4 Lokalisering av framtidig hogst – konklusjon.....	33
5 Hvordan vil økt hogst påvirke biologisk verdifull skog?	35
5.1 Miljøskogens fordeling i skog med ulike egenskaper.....	35
5.2 Miljøskogens fordeling på verneområder, fjellskog og villmarksskog.....	36
5.3 Miljøskogens fordeling på nullområder og områder med ulik hogstsannsynlighet	38
5.3.1 Miljøskogens fordeling på skog i nullområder og øvrig skog	38
5.3.2 Miljøskogens fordeling på områder med ulik hogstsannsynlighet.....	39
5.3.3 Miljøskog og rødlistearter i skog.....	41
6 Behov for justerte virkemidler for naturmangfoldet i skog	43
6.1 Virkemidler for sikring av naturmangfoldet ved økt avvirkning	43
6.2 Behov for regional tilpassing av virkemidlene	45
7 Samlet vurdering og konklusjon.....	47
7.1 Effekter av økt hogst på naturmangfoldet – oppsummering	47
7.2 Kan økt høsting av skogbiomasse kombineres med bedre bevaring av naturmangfoldet?	49
8 Referanser	51

Forord

Det er et betydelig volum av stående biomasse i trærne i norske skoger, og den årlige tilveksten er på nær 25 mill. m³, mens avvirkningen utgjør rundt 10 mill. m³. Den norske skogpolitikken har som mål å øke avvirkningen betydelig fra dagens nivå (Meld. St. 9, 2011-2012). Både skogbruket og aktuelle forskningsinstitutter har uttrykt at avvirkningsnivåer på 15 mill. m³ vil være mulige uten vesentlige negative virkninger for naturmangfoldet. Når vi imidlertid vet at skogen inneholder store naturverdier og mange truede arter, samt at skogbruksaktiviteter er regnet som den viktigste trusselen mot artsmangfoldet i skog, kan det være grunn til å stille spørsmål ved om så ambisiøse avvirkningsmål lar seg forene med tilstrekkelig ivaretagelse av naturmangfoldet og andre økosystemtjenester i norske skoger.

Med bakgrunn i nylige utredninger og analyser vi har utført om status for norske verneområder, effektene av biomassehøsting på naturmangfoldet og hvordan naturverdier fanges opp av ulike forvaltningsvirkemidler i skog, har vi sett det som relevant å vurdere nærmere i hvilken grad økt avvirkning av skog vil kunne påvirke naturverdiene i skogen. Det er flere innfallsvinkler til slike vurderinger (jfr kap. 1 og 2 nedenfor). En svært viktig tilnærming er imidlertid basert på en modell for beregning av sannsynlighet for framtidig hogst, utviklet ved Norsk institutt for skog og landskap (nå Norsk institutt for bioøkonomi, NIBIO). Vi er takknemlige for at Rasmus Astrup ved NIBIO har gjort resultatene fra denne modellen tilgjengelig for oss. Vi er også takknemlige for å ha fått tilgang til detaljerte resultater fra Landsskogtakseringens 9. takst som grunnlag for å beregne overlapp mellom ulike skoglige forhold, utvalgte naturverdier og forskjellige arealbaserte forvaltningsvirkemidler. Her vil vi særlig takke Gunnhild Søgaard ved NIBIO for tilgang til sammenstilte data fra Landsskogtakseringen, tidligere brukt av Søgaard et al. (2012). Hun har også bistått med oppklaring av tekniske og andre utfordringer ved bruk av disse dataene og gitt gode kommentarer til ulike punkter i rapporten. Videre vil vi takke Even Bergsens, NORSKOG, for tilgang til resultatene av hans beregning av de enkelte landsskogsflatenes lønnsomhet for skogbruk. Jørund Rolstad (NIBIO) har bidratt med verdifulle perspektiver på flere sider ved sammenligning mellom naturskog og dagens skog. Vi vil også takke Svein-Erik Storeid, NINA, for framstilling av kartene i figur 1. Selv om flere har bidratt med data og innspill til rapporten, står selvfølgelig vi som forfattere alene ansvarlig for tolkninger av resultatene og konklusjonene.

Klima- og miljødepartementet har bidratt med deler av finansieringen til denne utredningen gjennom ordningen *Tilskot til nasjonale og internasjonale miljøtiltak* (Kap. 1400 post 76). Vi er takknemlige for muligheten denne finansieringen har gitt til å belyse viktige problemstillinger knyttet til sentrale økosystemtjenester i norsk skog, nemlig naturmangfoldet og tømmerressursene.

Oslo, august 2015

Erik Framstad og Anne Sverdrup-Thygeson

1 Innledning

Norske skoger utgjør nå ca 878 mill. m³ tømmer og har en årlig tilvekst på nær 25 mill. m³ (Tomter & Dalen 2014). Den årlige avvirkningen utgjør ca 10 mill. m³, dvs vesentlig mindre enn den årlige tilveksten (Tomter & Dalen 2014). Den norske skogpolitikken har som mål bl.a. å møte mulig økt etterspørsel etter skogråstoff ved å legge til rette for økt avvirkningen innenfor rammen av bærekraftig skogbruk og økt oppbygging av skog (Meld. St. 9, 2011-2012). Økt avvirkning forutsetter at det er avsetning for virket til konkurransedyktige priser, og omfanget av en eventuell økt avvirkning er dermed usikkert.

Norsk skog representerer en svært viktig hovednaturtype av stor betydning for Norges biologiske mangfold:

- Skogen utgjør rundt 40% av Norges areal, dekker stor variasjon i økologiske forhold og inneholder en lang rekke ulike naturtyper.
- Anslagsvis 60% av alle kjente norsk arter er tilknyttet skog (Kålås et al. 2010).
- I følge Norsk rødliste for arter 2010 lever 1838 av de truede og nær truede artene i skog, dvs 50% av de truede og nær truede artene i Norge (Kålås et al. 2010).
- I følge Norsk rødliste for naturtyper 2011 er 19 skogtyper rødlistet (Lindgaard & Henriksen 2011)

Skogbruk er vurdert å være den viktigste påvirkningsfaktoren for det biologiske mangfoldet i skog: 1406 av de truede og nær truede artene i skog anses å være negativt påvirket av tidligere eller nåværende arealendringer knyttet til skogbruk. Hogst er vurdert som negativ påvirkning for klart flest av disse artene. Skogbruket påvirker særlig forekomst og kvalitet av nøkkelressurser som død ved og gamle trær. Skogbruket reduserer også omfanget og konsekvensene av naturlige forstyrrelser som skogbrann, stormfelling og flom. Død ved, gamle trær og naturlige økologiske prosesser er viktig for mange arter knyttet til skog. Skogbruk er i ulik grad også vurdert som en negativ påvirkningsfaktor for flere av de rødlistete skogtypene.

I lys av skogens betydning for det biologiske mangfoldet og skogbrukets klare påvirkning av dette mangfoldet, kan det stilles spørsmål ved om og eventuelt hvordan hensynet til biologisk mangfold kan sikres ved permanent økt avvirkning til f.eks. 15 mill. m³. Her vil det kunne være aktuelt å vurdere både fordelingen av slik økt hogst i tid og rom, så vel som ekstra tiltak for å ivareta det biologiske mangfoldet ved økt skogvern eller ved videreutvikling av miljøtiltak i skogbruket.

For denne utredningen har vi følgende målsettinger:

- Beskrive hvordan permanent økt avvirkning til 15 mill. m³ pr år vil kunne påvirke viktige deler av naturmangfoldet i Norge
- Beskrive hvilke regioner, arealtyper og skogøkologiske egenskaper som sannsynligvis vil bli mest berørt ved slik økt avvirkning
- Beskrive hvordan viktige elementer for biologisk mangfold fordeler seg mellom regioner, arealtyper og skogøkologiske egenskaper
- Diskutere om og eventuelt hvordan slik økt avvirkning vil påvirke behovet for skogvern og ulike miljøtiltak i skogbruket

Her har vi særlig lagt vekt på hvor selve avvirkningen vil foregå og hvordan det kan tenkes å påvirke naturmangfoldet og viktige elementer for artsmangfoldet. I tillegg er det viktig å huske at miljøeffektene også vil avhenge av hvordan avvirkningen vil foregå og hvilke kulturtiltak som settes inn for å få opp ny skog.

I kapittel 2 redegjør vi for vår angrepsmåte for å belyse disse spørsmålene. I kapittel 3 gir vi en oversikt over hvordan bestandsskogbruket i prinsippet vil påvirke skogens økosystemer og tilhørende artsmangfold. I kapittel 4 forsøker vi å vurdere hvilke typer av skogarealer som mest

sannsynlig vil bli påvirket ved eventuell økt hogst. I kapittel 5 vurderer vi så hvordan slik økt hogst vil kunne påvirke naturmangfoldet i skogen. Endelig i kapittel 6 vurderer vi om effekten av økt hogst på arts mangfoldet skulle tilsi behov for økt skogvern eller økte miljøtiltak i skogbruket.



Skog i stort veiløst område ved Melkevatn i Ballangen, Nordland. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson

2 Angrepsmåte og metoder

Prosjektet er lagt opp som en utredning basert på eksisterende kunnskap og data. Utredningen er nært knyttet til det nylig avsluttede arbeidet med norsk case i EU-prosjektet Policymix som har sett på hvordan skog med egenskaper viktig for biologisk mangfold sammenfaller med ulike forvaltningskategorier fra verneområder til ordinære skogbruksområder (Sverdrup-Thygesen et al. 2014).

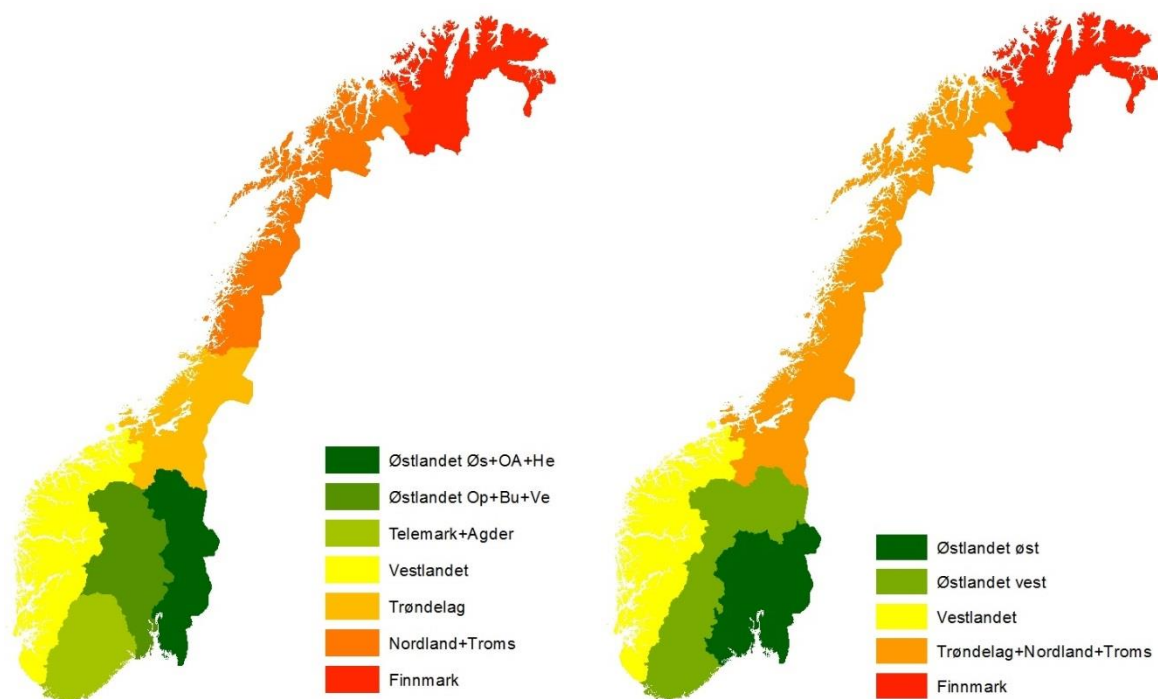
Utredningen er basert seg på følgende tilnærming:

- Oppsummering av dagens kunnskap om effekter av bestandsskogbruk på biologisk mangfold. Vi har her ikke gjort noe forsøk på en fyldig litteraturgjennomgang. Vi har kun trukket fram enkelte sentrale studier som illustrerer de ulike poengene.
- Sammenstilling av tilgjengelig informasjon om skogens egenskaper som har betydning for hvilke regioner og skogtyper som er mest aktuelle for økt avvirkning. Denne informasjonen bygger i all hovedsak på resultater fra Landsskogtakserings 9. takst (2005-2009), presentert i ulike rapporter fra Norsk institutt for skog og landskap. I noen sammenhenger er nyere data fra deler av 10. takst gitt.
- Analyser av den romlige fordelingen av skogressurser med ulik sannsynlighet for avvirkning de neste 20 årene og hvordan disse ressursene overlapper med biologisk verdifull skog, her gitt ved forekomst av registrerte livsmiljøer (MIS) og biologisk gammel skog. Sannsynlighet for framtidig avvirkning baserer seg på data fra en modell utviklet av Anton-Fernandez & Ast-rup (2012) ved Skog og landskap. For øvrig er analysene basert på data fra Landsskogtakseringen.
- Analyser av i hvilken grad biologiske verdifulle områder overlapper med henholdsvis skogområder som i dag ikke er lønnsomme å drive, og med etablerte verneområder uten skogsdrift.
- Vurdering av hvor økt avvirkning mest sannsynlig vil foregå og i hvilken grad slik avvirkning vil berøre biologisk viktig skog (gitt ved MIS-livsmiljøer og biologisk gammel skog).
- Vurdering av om økt avvirkning dermed skulle tilsi behov for økt skogvern (generelt, i spesielle områder eller for spesielle skogtyper) eller videreutvikling av miljøhensyn i skogbruket, dels basert på relevant kunnskap fra litteraturen (rapporter/vitenskapelige artikler).

I presentasjonen av ulike resultater fra Landsskogtakseringen er det brukt litt ulike regioninndelinger. I ordinær presentasjon av Landsskogtakseringens resultater (som f.eks. i Granhus et al. 2012) er Østlandet delt i henholdsvis fylkene Østfold-Oslo-Akershus-Hedmark, Oppland-Buskerud-Vestfold og Telemark-Agder (**figur 1**, venstre). I vurderingene av hvor økt hogst kan ventes å finne sted, som i Granhus et al. (2014), Søgaard et al. (2012) og i våre analyser i kapittel 5 (**figur 1**, høyre), er det skilt mellom en ytre, lavereliggende del (Østfold, Oslo, Akershus, Vestfold og lavereliggende deler av Hedmark, Oppland, Buskerud og Telemark) og en indre/høyereliggende del (resten av disse fylkene pluss Agder). Vestlandet omfatter fylkene fra og med Rogaland til og med Møre og Romsdal i begge inndelingen, mens Trøndelag og Nord-Norge utgjør én region (Nordenfjells) i Granhus et al. (2014). Resultater fra Landsskogtakseringens 9. takst inkluderer ikke Finnmark.

Analyser av hogstsannsynlighet i produktiv skog

Som grunnlag for analysene har vi brukt data fra Landsskogtakseringens 9. takst (2005-2009), som dekker hele landet unntatt Finnmark. Dette er i hovedsak det samme datasettet som ble benyttet i Søgaard et al. (2012), og definisjoner følger denne. Datagrunnlaget er et systematisk nett av prøveflater i et forband på henholdsvis 3x3 km under og 3x9 km over barskoggrensen. Alle prøveflater sjekkes på flybilder og oppsøkes dersom det finnes trær på arealet (med unntak av bebyggelse, skytefelt mv.). På prøveflatene er det beskrevet en rekke variable for arealet der prøveflata ligger, og alle trær innenfor et areal på 250 m² er målt. Dataene fra hver prøveflate kan deretter skaleres opp til det arealet den enkelte prøveflaten representerer.



Figur 1 Regioninndeling brukt i vanlig presentasjon av Landsskogtakseringens resultater (til venstre, jf Granhus et al. 2012) og i presentasjonen av resultatene i dette og etterfølgende kapitler (til høyre, jf Granhus et al. 2014, Søgaard et al. 2012).

Kun produktiv skog er med i denne analysen. Landsskogtakseringens tall for produktiv skog baserer seg på feltobservasjoner på prøveflatene. For at en prøveflate defineres som produktiv skogmark må den ligge innenfor et areal på minst 1 daa, som holder kravet til skog, og den må ha en produksjonsevne på minst 1 m³/ha/år. Den produktive skogen deles i Landsskogtakseringen inn etter arealanvendelse. Kun produktiv skog med anvendelse skogproduksjon, eller med hovedanvendelse som hyttefelt, friluftsområder eller områdevern (naturrestat og nasjonalpark), er inkludert i analysen. Produktiv skog i skytefelt og kraftlinjer er utelatt fra analysen.

Noen variabler i vårt datasett kommer i tillegg til, eller er definert annerledes, enn i Søgaard et al. (2012). Det er derfor på sin plass med en nærmere beskrivelse av følgende variabler:

Viktige livsmiljøer

For å dokumentere utviklingen av miljøelementer i skog over tid foretar Landsskogtakseringen en kartlegging av elementer som er antatt å være viktige for truede og nær truede arter (MiS-elementer), innenfor en 2 daa flate rundt prøveflatene (Søgaard et al. 2012). Denne kartleggingen følger samme metodikk som ved registrering av MiS-figurer i skogbruksplanleggingen, men går ikke gjennom en utvalgsprosess i etterkant, slik man gjør for MiS-data registrert som en del av skogbruksplanleggingen (for beskrivelse av utvalgsprosessen, se Sverdrup-Thygeson et al. 2009). Metodikken går ut på å registrere 12 livsmiljøer for rødlistete arter, nærmere definert i «Håndbok i registrering av livsmiljøer i skog» (Baumann et al. 2001). Landsskogtakseringens MiS-registreringer danner grunnlag for en nasjonal statistikk over omfang og kvaliteter for livsmiljøer på alle skogarealer¹. Her, som i våre analyser, inngår alle livsmiljøer som er registrert med en arealutstrekning i Landsskogtakseringens registrering, det vil si stående og liggende død ved, rikbarkstrær, trær med hengelav, eldre lauvsuksesjon, gamle trær og rik bakkevegetasjon. Vi har også inkludert data på livsmiljøet skogbrann (kun 4 flater). Øvrige livsmiljø (leirravine, bekkeløft, bergvegg, hule trær) er ikke inkludert i våre analyser.

¹ <http://www.ssb.no/a/kortnavn/lst/arkiv/tab-2009-08-26-06.html>

Fordi livsmiljøene registreres uavhengig av hverandre, vil de i varierende grad kunne overlappe. I våre data fra Landsskogtakseringens registrering framgår kun hvert enkelt livsmiljøes arealandel av prøveflaten. For å estimere totalandel av areal med MiS har vi valgt å beregne *gjennomsnittet* av (1) teoretisk størst mulig MiS-areal ut fra registreringene (hvis ingen livsmiljøarealer overlappet, altså summen av alle livsmiljø-arealandelene) og (2) teoretisk minst mulig MiS-areal (hvis alle livsmiljø overlappet, altså at kun det livsmiljøet med størst arealandel teller), for hver flate der MiS-figurer er registrert.

Biologisk gammel skog

Vi har brukt samme definisjon av gammel skog som Søgaard et al. (2012). Denne definisjonen er også benyttet i bakgrunnsarbeidene til Naturindeks for skog (Nilsen et al. 2012). Definisjonen av biologisk gammel skog er basert på en bestandsalder vesentlig høyere enn hogstmodenhetsalder (h.kl. V), og grensen for når skogen defineres som gammel, er justert etter bonitet og treslag (**tabell 1**). For øvrig inngår ingen krav til andre egenskaper ved naturskog, som krav til forekomst av død ved, heterogen skogstruktur eller fravær av hogstspor, i denne kategorien.

Viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog blir samlet omtalt som *miljøskog*.

Tabell 1 Aldersgrenser for biologisk gammel skog for ulike treslag og bonitetsklasser.

Bonitet	Løvskog	Granskog	Furuskog
Lav	120 år	160 år	180 år
Middels	100 år	140 år	160 år
Høy	80 år	120 år	140 år

Nullområder

Nullområder er skogarealer som ikke er økonomisk drivverdige for tømmerproduksjon, dvs «et skogområde der tømmerets brutto salgsverdi ikke dekker omkostningene med hogst og framdrift til leveringssted» (Bollandsås et al 2004 a, b). Analysene av nullområder her bygger på beregninger gjort i simuleringsdelen av skogmodellen Gaya (se f.eks. Bergseng et al. 2012). Analysene her forutsetter et netto økonomisk utbytte til skogeier ved første avvirkning (rånetto) på minst 50 kr/m³. Det er viktig å presisere at omfanget av nullområder er dynamisk og vil variere med tømmerpriser, teknologisk utvikling, konkurranse på markedet, utbygging av skogsveier osv.

Framtidig hogstsannsynlighet

Det er heller ikke gitt at alle områder med positiv driftsnetto vil bli avvirket. Faktorer som investeringer i foryngelse, alternativkostnaden ved å gjennomføre hogst, usikkerhetsvurderinger og skogeiers preferanser vil være vesentlige faktorer for beslutning om avvirkning (Bollandsås et al. 2004a). Vi har derfor i tillegg benyttet et annet vurderingsgrunnlag for framtidig hogstsannsynlighet. Dette er basert på analyser av data for sannsynlighet for framtidig avvirkning som er generert fra en modell utviklet av Anton-Fernandez & Astrup (2012). Målsetting for deres analyser var å gi en prediksjon av hvor framtidig henholdsvis slutthogst og tynning vil finne sted inntil 20 år framover, gitt skogens egenskaper og dagens skogbrukspraksis.

Modellen er basert på en empirisk analyse av data fra Landskogstakseringens takster for periodene 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2009 (alle uten data for Finnmark). Analysene er basert på en logistisk regresjonsmodell for sannsynligheten for framtidig høsting (slutthogst eller tynning), der en rekke variabler for skogens egenskaper ble tatt inn i analysene i utgangspunktet. Modellen for sannsynlighet for slutthogst inkluderte variabler for trevolum, terrengets helning, avstand til vei, bonitet, antall år til hogstmoden alder, samt dummyvariabler for treslag (furu versus gran og løvtrær) og region (Vestlandet versus resten). Sannsynligheten for slutthogst øker med økende bonitet, volum og alder og avtar med økende helning og avstand til vei (jf Anton-Fernandez & Astrup 2012, deres figur 5). Hogstsannsynligheten er høyest for gran og lavest for løvskog. I våre analyser har vi brukt data for sannsynlighet for slutthogst for perioden 2033-2037

for de enkelte undersøkelsesflatene til Landsskogtakseringen. Disse er så sammenholdt med andre data for de enkelte flatene, inkludert forekomst av MiS-livsmiljøer og biologisk gammel skog, samt om flaten ligger i et verneområde eller annet område med restriksjoner på hogst.

Analysemetode

Ved utvalgskartlegging vil det være en tilfeldig utvalgsfeil knyttet til alle estimer, som avhenger av hvor mange observasjoner (her: prøveflater) som inngår i estimatet og hvor stor variasjon det er i populasjonen som undersøkes. Normalt vil 50 prøveflater regnes som et forholdsvis sikkert datagrunnlag, mens vesentlig færre enn 50 prøveflater ikke gir grunnlag for å angi estimer. Vi har ellers beregnet 95% konfidensintervaller for estimatene gjennom stratifisert bootstrap med 1000 repetisjoner for å ta høyde for utvalgsfeil (Efron & Tibshirani 1993). Andre relevante kilder til usikkerhet, som målefeil, er ikke inkludert.



Død ved i skog ved Losby i Østmarka, Lørenskog, Akershus. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson.

3 Effekter av skogbruk på økosystemer og arts mangfold

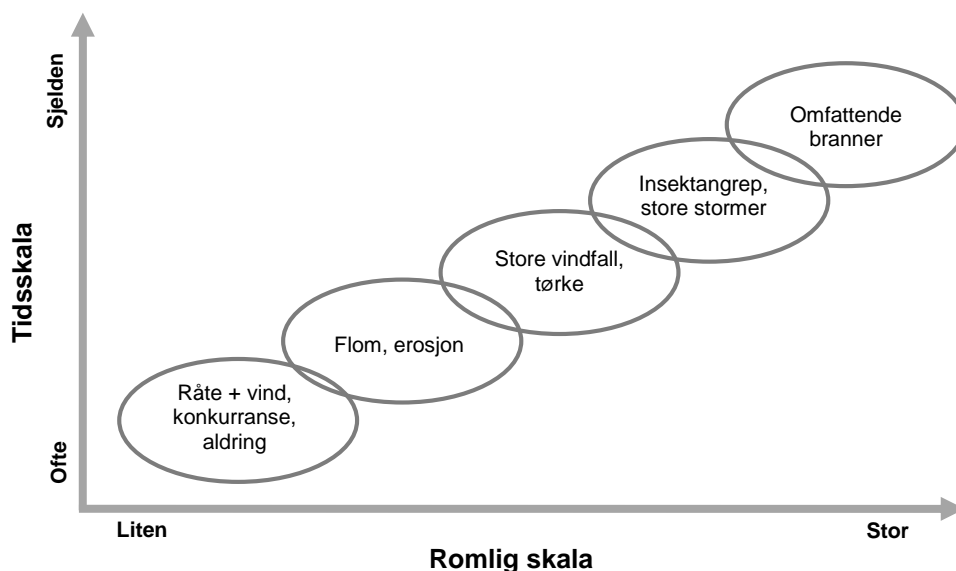
Mennesket har gjennom hele sin historie påvirket skogen, der omfang og type påvirkning har vært avhengig av hvilke ressurser som var interessante å utnytte, hvilken teknologi som var tilgjengelig, og hvor mye befolkningens størrelse og økonomiske vekst har påvirket etterspørselen. Generelt har påvirkningen økt opp gjennom historien som følge av økt befolkning, mer effektiv teknologi og økonomisk utvikling. Her vil vi i hovedsak vurdere påvirkningen utfra en skjematisk modell for dagens skogbruk (bestandsskogbruket) og sammenholde denne med hvordan vi kan tenke oss at skog blir formet ved naturgitte endringsprosesser som skogbrann, stormfelling og insektangrep. Vi vil da få et inntrykk av hvordan bestandsskogbruket påvirker skogen sammenlignet med en naturgitt utvikling.

Skogbrukets påvirkning av skogens økosystemer og tilhørende biologiske mangfold vil variere mye med både ulikheter i naturforholdene og den faktiske driftsformen og tiltakene i skogbruket. Summarisk kan de ulike tiltakene i skogbruket skisseres som:

- Slutthogst av trær, ideelt sett ved hogstmodenhetsalder, dvs når årlig tilvekst av biomasse blir mindre enn gjennomsnittstilveksten så langt i livsløpet til skogbestanden. Hogstmodenhetsalder vil variere med vekstforholdene (boniteten) og ligger vanligvis på 70-120 år i produktiv skog i Norge. Slutthogst kan foregå ved åpne hogster som fjerner det aller meste av trærne i et bestand, eller ved lukkede hogster som bevarer et sammenhengende, men uttynnet tresjikt.
- Høsting av ukurant virke til bioenergi, som greiner og topper (GROT), bult, stubber og annet. Det er foreløpig ikke vanlig å høste stubber i Norge.
- Uttransportering av virket i terrenget, på mindre tilrettelagte traktorveier og på permanente skogsbilveier, fram til offentlig veinett. Høsting og uttransport av virket vil ofte kreve bygging av nye eller oppgradering av eldre skogsbilveier, traktorveier eller annen permanent eller temporær infrastruktur som f.eks. taubaner.
- Markberedning, enten overflateberedning ved flekkvis fjerning av humuslaget for å komme ned til mineraljord, eller som omfattende markberedning eller skogspløying for å eksponere mineraljord i større grad. Det siste brukes i liten grad i Norge. Markberedning sikrer bedre overlevelse og raskere vekst for små treplanter.
- Grøfting for å gjøre bestandens vannhusholdning mer egnet for vekst av trær. Nygrøfting av myr og sumpskog med sikte på skogproduksjon er ikke tillatt etter bærekraftforskriften for skogbruk eller miljøstandarden Levende skog og utføres normalt ikke lenger, men opprensning av tidligere etablerte grøfter er tillatt.
- Foryngelse av ny skog etter slutthogst ved planting, såing eller frøspredning fra gjenstående trær. Ved planting brukes normalt bestandsfrø med stedegen proveniens eller frø fra frøplantasjer basert på lokalt opphav. Der slikt plantemateriale mangler, eller andre frøkilder antas å gi betydelig bedre tømmerproduksjon, kan andre frøkilder bli brukt. Generelt blir gran prioritert framfor løvtrær, og i noen grad framfor furu, fordi gran er ansett å gi bedre produksjon. Også ved skogreising på treløs mark vil gran oftest bli brukt.
- Fremmede treslag kan bli brukt i foryngelsen der disse antas å gi bedre vekst eller tømmerkvalitet enn stedegne treslag. I Norge brukes særlig sitkagran og lutzgran (hybrid mellom de nord-amerikanske granartene sitkagran *Picea sitchensis* og hvitgran *Picea glauca*) i kyststrøkene (anslått areal med sitkagran og lutzgran er drøyt 500 km²) (Sandvik 2012). I Sverige er contortafuru (*Pinus contorta*) mye brukt i høyereliggende skog i innlandet, men er mindre brukt i Norge (anslått areal med contorta er 60 km²) (Sandvik 2012). En del andre fremmede treslag er plantet ut i mindre mengder i forsøk og til andre formål som juletreproduksjon, men ikke som regulær del av skogbruket.
- Fjerning av uønskete treslag ved fysiske rydding eller kjemisk bekjempelse. Dette gjelder i hovedsak oppslag av løvskog i en tidlig fase av foryngelsen av nye skogbestand.

- Ungskogpleie og tynning, der henholdsvis uønskete trær i unge bestand (hogstklasse 2) fjernes og prioriterte trær avstandsreguleres, samt tynning av yngre produksjonsskog i hogstklasse 3-4.
- Gjødsling med nitrogen har en klar positiv effekt på tilveksten av trærne, men er nokså lite brukt i norsk skog i dag. Skogsgjødsling er imidlertid anbefalt som et klimatiltak for å binde mer karbon i trærnes biomasse.

Når vi skal forsøke å forstå hvordan skogbrukets ulike aktiviteter påvirker skogens biologiske mangfold, er det viktig å være bevisst at skogens økosystemer og arter i utgangspunktet er tilpasset naturgitte endringsprosesser som forstyrrelser fra skogbrann, storm, flom og insektangrep og gradvise endringer (suksesjoner) etter slike forstyrrelser. Forstyrrelser og endringsprosesser virker på ulik skala i tid og rom, slik vi kan skissere i **figur 2**. Forstyrrelser på liten skala, som snøbrekk og stormfelling av enkelttrær, vil forekomme ofte. De vil endre forholdene i enkeltbestander, men vil bevare egenskapene til skogen på større skala. Storskala forstyrrelser, som omfattende og gjennomgripende branner, vil endre store deler av skoglandskapet mot et tidligere suksesjonsstadium. Slike storskala forstyrrelser vil imidlertid forekomme relativt sjelden, kanskje med flere hundre års mellomrom, i vår del av verden (Kuuluvainen 2009, Shorohova et al. 2011).



Figur 2 Forstyrrelsesfaktorer i skog på ulike romlige og tidsmessige skalaer (etter Jonsson & Siitonen 2012).

Skogbruk etter bestandsskogbrukets modell vil gi en helt annen påvirkning av skogens struktur og økosystemprosesser enn naturgitte forstyrrelser med etterfølgende suksesjon. Disse forskjellene og deres effekter på skogens biologiske mangfold er skissert nedenfor.

Fjerning av biomasse

Skogbruket fjerner betydelige mengder biomasse fra skogen. Årlig avvirkning i Norge ligger rundt 10 mill. m³ tømmer (Tomter & Dalen 2014). I tillegg kommer eventuell høsting av hogstavfall til bioenergiformål. Samtidig som skogbruket fjerner mye biomasse fra skogen, vil skogskjøtselen også ta sikte på å opprettholde (eller øke) tømmerressursene. All skog i Norge er i dag beregnet å inneholde trær med et volum uten bark på over 900 mill. m³, hvilket anslås å være ca tre ganger mer enn i 1925 (Tomter & Dalen 2014). Det er vanskelig å vite hvor stort volum av trevirke en tilsvarende naturskog ville inneholde dersom alt egnet areal var dekket av skog formet av naturlige forstyrrelser og suksesjon, men muligens ville det være over 1000 mill. m³ (Rolstad et al. 2002).

Den biomassen som skogbruket høster, ville ellers i stor grad inngå i ulike næringskjeder knyttet til nedbrytere av død ved eller til næring for konsumenter av levende biomasse. Vi må anta at bortfall av ressurser som levende biomasse og død ved påvirker hvilke arter som kan leve i skogen, hvor store populasjoner de vil ha, og størrelsen på de næringskretsløpene som er bygget på levende og død trebiomasse. Det er imidlertid ikke dokumentert hvordan uttaket av biomasse som sådan påvirker struktur og funksjon i skogøkosystemene. Derimot vil endring i visse typer biomasse, som død ved og gamle trær, ha stor betydning for biologisk mangfold (jf under).

Kort omløpstid med mindre gamle trær og død ved

Skog formet av bestandsskogbruk, har en vesentlig kortere omløpstid enn naturskog. Trær som hogges ved hogstmodenhetsalder (70-120 år), hogges lenge før trærnes fulle livsløp er gjennomført. Avhengig av treslag kan de eldste trærne leve opptil 500 år (gran), 600 år (furu) eller mer enn 1000 år (eik) (Vennesland et al. 2006, Skogstad 2009). Mange skogbestand vil kunne opprettholde et sammenhengende skogdekke i flere hundre år under naturgitte forstyrrelsesregimer (jf Kuuluvainen 2009, Shorohova et al. 2011). Ved at skogen høstes med mye kortere omløpstid enn hva som ville være tilfellet i naturskog, vil mye større andel av skogen bestå av yngre skog. Dermed vil veldig gamle trær være sjeldne, og mengden av død ved vil være sterkt redusert, spesielt død ved av grove dimensjoner. For eksempel har Pennanen (2002) modellert aldersfordelingen i boreal skog under ulik hyppighet av skogbranner og vist at arealandelen av gammel skog (eldste kohort i bestandet >150 år) i naturskog generelt vil utgjøre 60-80%. Dominansen av furu på bekostning av gran øker imidlertid med brannfrekvensen. Arealandelen av dagens norske skog med alder på minst 120 år utgjør 16,8% av alt skogareal (Tomter og Dalen 2014), mens arealandelen som er minst 160 år utgjør 2,1% (Granhus et al. 2012). Selv om Pennanens definisjon av gammel skog er litt annerledes enn Landsskogtakseringens, indikerer tallene at dagens norske skog har betydelig lavere andeler av gammel skog enn det har vært i naturskog. Andelen med gammel skog har imidlertid økt de siste tiårene (Tomter & Dalen 2014).

Anslag for mengden av død ved i naturskog varierer mellom 90-120 m³/ha for høyproduktiv sør- og mellomboreal skog, 50-80 m³/ha i nordboreal skog og 20 m³/ha for lavproduktiv fjellskog (Siitonen 2001, Jonsson & Siitonen 2012). I dagens norske skog ligger mengden av død ved på 10,6 m³/ha, fordelt med ca 1/3 på stående og 2/3 på liggende død ved (Landsskogtakseringens 10. takst, 2010-2014, Storaunet & Rolstad 2015). Totalt er mengden død ved størst i skog på Vestlandet (12,9 m³/ha) og Telemark-Agder (12,8 m³/ha) og lavest i Nordland-Troms (7,9 m³/ha) og Østfold-Akershus-Hedmark (8,2 m³/ha). Mengden av død ved er økende i dagens skog (Storaunet & Rolstad 2015). Likevel ser vi at mengden død ved i dagens norske skoger fremdeles er vesentlig lavere enn vi kan forvente i naturskog.

Gamle trær og død ved er svært viktige ressurser for mange arter knyttet til naturskog. Gamle trær representerer et langlevende substrat med mange ulike leveområder for en lang rekke arter av sopp, lav, ulike insekter og andre invertebrater. Død ved fra ulike treslag og dimensjoner, med ulik dødsårsak, representerer en viktig og variert ressurs gjennom ulike stadier av nedbryting fra nylig dødt til svært nedbrutt virke. En lang rekke arter av sopp, lav, moser og ulike insektgrupper utnytter den døde veden direkte eller indirekte ved å leve av og på andre organismer knyttet til død ved. I Norden er anslagsvis 7500 kjente arter knyttet til død ved (jf tabell 11.1 i Stokland et al. 2012). God tilførsel av død ved og et rikt og variert liv av jordbunnsorganismer er også svært viktig for å bygge opp karbonlageret i jorda. Nyere forskning (Wardle et al. 2012, Clemmensen et al. 2013) tyder på at et kontinuerlig skogdekke er viktig for å bygge opp karbonlageret i jord, der en aktiv flora av mykorrhizasopp kan omforme lettløselige karbonforbindelser fra trærne til tungt nedbrytbare forbindelser i sopphyfer.

Endret treslagsfordeling

Skogbruket endrer treslagsfordelingen ved å prioritere treslag med god vekst og egenskaper som er etterspurt i markedet. Slik prioritering skjer dels ved planting av ønskete treslag og dels ved fjerning av uønskete treslag under ungskogpleie og tynning. I Norge prioriteres i hovedsak de dominerende bartreslagene gran og furu, supplert med sitkagran og lutzgran i skogreisingsstrøk langs kysten. Prioritering av gran i skogskjøtselen gir noe mindre furu og eldre løvtrær enn

vi kan forvente i naturskog, mens andelen unge løvtrær er høyere i skog under bestandsskogbruk fordi andelen unge suksesjonsstadier er mye større. Planting utføres på mindre areal i dag enn tidligere (100-150 km²/år siste 10 år, mot det dobbelt rundt 1990²).

Utplanting av plantemateriale fra forholdsvis få utvalgte trær kan i prinsippet føre til en genetisk ensretting. I perioden 1950-1970 var utplantingen av gran på sitt høyeste, basert på en stor andel materiale av utenlandsk (oftest tysk eller østerriksk) opphav. Etter 1980 har både planteaktiviteten og den utenlandske andelen av materialet vært synkende. I dag dekkes det aller meste (ca 75%) av plantematerialet fra norske frøplantasjer (Aarrestad et al. 2014), mens det resterende i hovedsak dekkes av bestandsfrø fra norske skogbestand. Selv om ikke alt plantematerialet er av lokalt/regionalt opphav, er det lite som tyder på at en eventuell genetisk ensretting har særlig betydning.

Den viktigste økologiske effekten av endret treslagsfordeling er knyttet til høyere andel gran enn vi ville finne i naturskogen. Skogbestand dominert av gran, og spesielt sitkagran, gir en tett og mindre lysåpen skog enn f.eks. skog dominert av løvtrær eller furu. Ved planting av gran eller sitka/lutzgran vil trærne vanligvis plantes tett, og selve driftsformen forsterker dermed treslagenes evne til å skygge ut andre arter (Saure 2012, Hilmo et al. 2014). Dårligere lystilgang i granbestand vil generelt være negativt for planter i skogbunnen og for lys- og varmekrevende vedlevende insekter. For mange epifytter (planter som vokser på trær) vil erstatning av løvtrær med gran gi et surere substrat med vesentlig dårligere egenskaper for kolonisering og vekst. Også mange arter av mykorrhizasopper er knyttet til enkeltarter av løvtrær og vil bli erstattet av andre arter ved skifte fra løvtrær til gran. Det er imidlertid også mange arter av mykorrhizasopp som er knyttet til gran. Tungt nedbrytbart surt strø fra bartrær og høyere produksjon og fjerning av mer biomasse ved hogst bidrar dessuten til økt næringstap og jordforsuring sammenlignet med løvskog. Skogområder langs mye av kysten er opprinnelig preget av løvtrær og furu. Her vil innplantning av gran skape mye tettere skogbestand som i mindre grad gir egnede livsbetingelser for stedegent biologisk mangfold. Også menneskets tidligere utnytting av skogen med omfattende beite og plukkhogst etablerte et åpent skogbilde som ga gode muligheter for lyskrevende arter. Bestandsskogbruk med prioritering av gran vil redusere disse artenes livsmuligheter.

Aktiv skogreising på åpen mark og tidligere jordbruksmark under gjengroing skjer også vanligvis med gran (eller lutz/sitkagran i kyststrøk) og representerer en svært stor endring av det opprinnelige lysåpne landskapet. Dette har omfattende lokale effekter på økologiske prosesser, tilknyttet arts mangfold og leveransene av ulike økosystemtjenester (se Aarrestad et al. 2013 for detaljer). Hvor gjennomgripende slike økologiske endringer vil bli, vil avhenge av omfanget på skogreisingen, dvs hvor tett det plantes, hvor intensiv skjøtselen er, og hvor store arealer som tilplanter. Dersom skogreisingen ikke omfatter mer enn anslagsvis 20% av arealet, vil de regionale effektene på åpne økosystemer være begrenset. Slik ny skog vil også gi nytt habitat for skogtilknyttede arter. Disse artene vil imidlertid ha gode livsmuligheter i allerede skogkledde regioner. Med dagens utvikling i arealbruk, med gjengroing og nedlegging av marginal jordbruksmark, er åpne økosystemer i lavlandet særlig viktige å ta vare på av hensyn til naturmangfoldet.

Endring av jordstruktur og hydrologi

I løpet av de siste 100 årene ble det gjort store anstrengelser for å øke skogproduksjonen ved å grøfte sumpskog, myr og våtmark (Moen et al. 2010). Slik grøfting foregikk særlig på 1930-tallet og i perioden 1950-90. Til sammen opp mot 165 000 km grøfter ble gravet³ og omfattet anslagsvis 4200 km². Det er i dag ikke lenger tillatt å grøfte for skogproduksjon, men etablerte grøfter kan vedlikeholdes. Der marka har god næringstilgang vil grøfting av myr og sumpskog gi god økning av skogproduksjonen. Grøfter som ikke vedlikeholdes, vil imidlertid etter hvert fylles igjen og redusere dreneringseffekten. Grøfting av våtmark reduserer arealet av myr, sumpskog og annen våtmark og fører til lavere grunnvannsnivå og raskere avrenning fra grøftede områder. Grøfting vil

² <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogkultur>

³ http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2010/myr_og_fuktskog_i_norden/newsitem

også føre til en rask nedbryting av akkumulerte karbonlagre. Effektene for biologisk mangfold vil være størst for næringsrike våtmarker der det finnes et rikt og spesialisert arts mangfold.

Markberedning vil si å fjerne vegetasjon og det øverste organiske strølaget på marka for å eksponere mineraljorda og sikre gode spiringsforhold for frø og vekst for småplanter. Markberedning vil kunne påvirke markas struktur og vannhusholdning. Radikal markberedning som skogspløying vil ha forholdsvis stor effekt på markoverflaten. Slik markberedning brukes i Sverige og Finland, men knapt i Norge. Mer skånsom flekkvis overflateberedning har en viss utbredelse i Norge, utført på anslagvis 68 km² i 2013⁴. Effektene av slik overflateberedning på økosystemprosesser og biologisk mangfold er nokså marginale og virker i hovedsak ved at prioriterte skogstrær får noe raskere gjenvekst.

Bygging av skogsveier og kjøring i terrenget vil påvirke terrengets utforming, jordstrukturen og markas vannhusholdning. Hovedeffekten vil være økt drenering og mulighet for økt erosjon lokalt, spesielt ved kjøring i terrenget. Effektene på biologisk mangfold er i hovedsak knyttet til veisystemenes åpning av skoglandskapet (jf diskusjonen av landskapseffekter nedenfor).

Skogsgjødsling

Nitrogen er begrensende næringsstoff for plantevekst i mange økosystemer i skog og er den enkeltfaktoren som i størst grad begrenser trærnes vekst (Nilsen 2001). Nitrogengjødsling anbefales særlig mot slutten av vekstperioden for å få ekstra tilvekst før sluttavvirkning. Omfanget av slik gjødsling er i dag forholdsvis lite, med i snitt ca 8 km² pr år siste fem år (12 km² i 2013), mot 15-25 km² årlig på 1990-tallet (Haugland et al. 2014). Nitrogengjødsling av skog er anbefalt som et klimatiltak for å øke karbonopptaket i skogen (KLIF 2010) og kan derfor kanskje forventes å øke i årene framover.

Tålegrensene for skogøkosystemenes evne til å motta nitrogen uten vesentlige negative effekter på økosystemprosesser eller arts mangfold er satt til 5-10 kg N/ha/år for tresatt myr og de fleste typer noe fattig boreal skog og til 10-20 kg N/ha/år for edelløvskog og næringsrik barskog (kalkskog, lågurtskog, storbregneskog, høgstaudekog) (Aarrestad et al. 2013). I Norge er grensene antatt å ligge mot nedre verdier i disse intervallene på grunn av lave bakgrunnsverdier for nitrogen, kort vekstsesong og næringsfattige bergarter. Tilførsel av nitrogenforbindelser gjennom luft og nedbør er høyest i Agder og Rogaland, med inntil 13 kg N/ha/år, og tålegrensene for skog er anslått å være overskredet for store deler av Telemark, det meste av Agder, og mye av Vestlandet (Aarrestad et al. 2013). I forslaget til skogsgjødsling som klimatiltak er det anbefalt å gjødsle én gang med 150 kg N/ha om lag 10 år før avvirkning, på 50-100 km² pr år de neste 10 årene (Haugland et al. 2014). Fordelt over en slik tiårsperiode tilsvarer dette tre ganger overskridelse av nedre tålegrense for de aktuelle skogtypene.

Nitrogengjødsling i skogen vil påvirke konkurranseforholdene mellom planteartene i markvegetasjonen, der konkurransesterke, rasktvoksende arter som kan utnytte den ekstra nitrogentilførselen, vil få et fortrinn sammenlignet med arter som ikke kan utnytte slik tilførsel i særlig grad. Flere arter av moser, lav og sopp (spesielt mykorrhizasopp) vil reagere negativt på slik nitrogentilførsel. Generelt vil arts mangfoldet av planter bli redusert over tid. Artsgrupper med tilbakegang er typisk en del konkurransesvake urter, lyngarter, lavararter og mykorrhizasopper. Nitrogentilførsel kan også føre til forsuring, men dette vil avhenge av om vegetasjonen tar opp alt tilført nitrogen, formen på tilført nitrogen (nitrat eller ammonium), og om det samtidig tilføres kalk. Forsuring vil påvirke artssammensetningen, nedbrytingen av dødt organisk materiale, og frigjøring av giftige aluminiumkomponenter. Endringene i plantedekket vil ha følgeeffekter for andre arter i økosystemet. Ekstra tilførsel av nitrogen i økosystemet vil også ha konsekvenser for økosystemprosesser som kretsløpene av nitrogen og karbon, med bl.a. redusert nedbryting av strø med høyt lignininnhold (som fra bartrær) og mulighet for ekstra utslipp av lystgass (N₂O), en sterk klimagass (Aber et al. 1989). Finske studier tyder imidlertid på at ekstra nitrogentilførsel i boreal skog

⁴ <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogkultur>

foreløpig ikke ser ut til å gi noe vesentlig utslipp av lystgass (Maljanen et al. 2006). Se ellers gjennomgang hos Aarrestad et al. (2013).

Brannbekjempelse

Mennesker har påvirket brannregimet i skog over mange hundre år. I begynnelsen ble brann aktivt brukt for å fjerne trær og busker for å fremme beiteressurser for husdyr og dels for å øke dyrkingsareal, ikke minst i form av svedjebruk. Ettersom verdien av skogen som tømmerressurs økte utover på 1600-tallet, ble det viktigere å hindre brann. De siste omtrent 150 årene har brannbekjempelsen i skog vært svært omfattende, og i dag brenner lite skog årlig sammenlignet med tilstanden i naturskogen (Øyen 1998). Skogbrann skaper et spesielt substrat av dødt brent virke og brent mark som spesialiserte arter er avhengige av. En effektiv brannbekjempelse har redusert habitattilgangen betydelig for disse spesielle artene. Andre store naturgitte forstyrrelser som stormfelling og storskala insektangrep har i mindre grad vært mulig å forhindre. Men stor kapasitet til hurtig uttak av felt og skadet virke etter slike storskala forstyrrelser har i stor grad fjernet den potensielle ressursen som dette døde virket kunne vært for mange skogsarter.

Endret landskapsstruktur

Bestandsskogbrukets driftsmodell forvalter helhetlige bestand, dvs skogteiger på minst 2 daa med et enhetlig preg i treslags- og alderssammensetning som kan avvirkes og skjøttes under ett (Børset 1985). Bestandsskogbruk med snaufletehogst er dominerende avvirkningsform for gran og utgjorde i 2012 ca 65% av alt foryngelsesareal, mens frøtrestillingshogst brukes særlig for furu på skrinne mark og utgjorde litt over 20% av alt foryngelsesareal (Stokland et al. 2014). Lukkede hogster, som opprettholder et sammenhengende tresjikt, som småflate/kanthogst, fjellskoghogst og andre hogstformer, utgjorde knapt 15% av foryngelsesarealet. Et skoglandskap preget av gjennomført bestandsskogbruk med flatehogst, skal i prinsippet ha lik fordeling av bestand i alle aldersklasser, slik at man kan holde en jevn avvirkning over tid og stadig ha tilgang på hogstmodne bestand. Med et omløp for hogst av enkeltbestand på 100 år vil hver aldersgruppe på f.eks. 10 år bestå av 10% av skoglandskapet. Som bemerket ovenfor, innebærer dette en helt annen aldersfordeling enn i naturskog der inntil 80% av skogarealet kan bestå av skog over hogstmodenhetsalder, og andelen ungskog vil være mye mindre enn i skog drevet etter bestandsskogbrukets modell (jf Pennanen 2002, Kuuluvainen 2009). Siden bestandsskogbruket ble dominerende driftsform etter 1950, er omtrent 75% av produktiv naturskog i Norge forynget ved åpne hogstformer (Rolstad & Storaunet 2015), og gjennomsnittlig flatestørrelse er ca 17 daa. I dagens produktive skog utgjør nå arealandelen skog inntil 20 år 17,1%, mens andel over 120 år utgjør 15,6% (Granhus et al. 2012). Dagens skogbruk følger altså ikke bestandsskogbrukets driftsmodell fullt ut for all aktuell skogbruksmark.

Bestandsskogbruket har en rekke ulike påvirkninger på skogøkosystemet sammenlignet med naturgitte faktorerers forming av skogen. Flere av disse er beskrevet ovenfor. En av de viktigste effektene av bestandsskogbruket er imidlertid at driftsformen i prinsippet vil påvirke all skogbruksmark der det ikke er lagt restriksjoner og der skogbruk er økonomisk interessant for skogeieren. Dette omfatter en stor del av norsk skognatur, anslagsvis 66 000 km², hvis vi antar at ca 20% av produktiv skogbruksmark ikke vil være økonomisk drivverdig med dagens rammebetingelser (se Nullområder i kap. 2). En konsekvent gjennomføring av bestandsskogbrukets driftsmodell vil dele opp skogarealet i en rekke flekker der en stor andel vil være ungskog, og biologisk gammel skog eldre enn hogstmoden skog vil ikke finnes. Flekkene med eldre skog vil være vesentlig mindre enn i naturskogen, og de vil bli avvirket når de blir hogstmodne, slik at omløpstiden fra foryngelse til ny foryngelse vil være vesentlig kortere enn i naturskogen. Sammen med en omfattende bygging av skogsveier vil dette både redusere arealet av gammel skog og fragmentere gjenværende gammel skog i mindre biter som i større grad er isolert fra hverandre av ungskog og veier. Dette vil ha mest negativ effekt for arter med dårlig spredningsevne eller store arealkrav og som er sterkt knyttet til visse egenskaper i gammel naturskog som grov død ved og gamle/store trær. I tillegg vil gjenværende flekker av gammel skog være så små at mye av deres areal blir påvirket fra omgivelsene (ungskog eller andre naturtyper enn skog). Effekter av fragmentering på arter knyttet til gammel skog, vil vise seg ved at artene har lavere populasjoner

enn summen deres habitat skulle tilsi. Hvor sterk effekt landskapsendringene vil få for arter knyttet til gammel naturskog vil avhenge av den faktiske landskapsstrukturen (avstand mellom gjenværende flekker av gammel skog), omløpstiden for flekker av gammel skog, endringer i nøkkelressurser som grov død ved og gamle trær, egenskapene til landskapet mellom flekkene av gammel skog, samt artenes populasjonsøkologi, spredningsevne og habitatkrav. Globalt blir økende fragmentering av skog framholdt som et svært alvorlig problem for biologisk mangfold (Haddad et al. 2015).

Som bemerket over, drives ikke all skogbruksmark i Norge fullt ut etter bestandsskogbrukets driftsmodell. Dessuten er en viss andel skogvern områder etablert, og skogbruket har iverksatt en rekke miljøhensyn. Dermed har ikke dagens skogbruk så omfattende effekter på økosystemprosesser og arts mangfold som en full gjennomføring av bestandsskogbrukets driftsmodell kunne medføre. Dersom avvirkningen av tømmer i Norge skal økes fra dagens ca 10 mill. m³ årlig til 15 mill. m³, vil dette enten medføre at større deler av dagens skogbruksmark faktisk tas i bruk til skogsdrift, eller at driften intensiveres på dagens skogbruksarealer. Begge deler vil føre til at bestandsskogbrukets driftsmodell får en mer omfattende påvirkning av skogen, dens økologiske prosesser og arts mangfold. Det er følgelig viktig å avklare hvor slik mulig økt avvirkning vil finne sted og i hvilken grad mer skogvern og/eller økte miljøhensyn bør iverksettes for å sikre viktige miljøverdier.



Skog i veiløst område ved Hundålvatnet i Vefsn, Nordland. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson

4 Hvilke arealer kan bli berørt av økt hogst?

4.1 Skogens tilstand i dag

I prinsippet vil skogbruk være aktuelt å drive på alle skogarealer som har tilstrekkelig skogproduksjon (dvs produktiv skog med minst 1 m³ årlig tilvekst inkludert bark pr ha), som har driftsforhold som gjør det økonomisk interessant å utnytte tømmerressursene, og som ikke er båndlagt ved vern eller andre restriksjoner. Til sammen omfatter produktiv skogbruksmark (dvs produktiv skog tilgjengelig for skogsdrift) om lag 83 430 km² eller 25,8% av Norges landareal (**tabell 2**; Tomter & Dalen 2014). Dette innebærer at skogbruk vil kunne påvirke store arealer i Norge.

Framtidig slutthogst vil på den ene siden avhenge av hvor mye tømmervolum som skogen kan produsere ut fra markas bonitet og skogens sammensetning av treslag, volum og alder. Ut fra etablert kunnskap om trærnes vekst gir dette grunnlag for å beregne utviklingen av framtidig tømmervolum, gitt at skogen ikke høstes eller skjøttes. Sluttavvirkning og annen skogbehandling vil imidlertid avhenge både av skogens tilstand, tekniske driftsforhold, tømmerpriser og andre rammebetingelser. Noen av faktorene som påvirker de tekniske driftsforholdene, som terrenget og avstand til veier og annen infrastruktur, er kjent, men betydningen vil kunne endre seg ved endrete rammebetingelser. Som bakgrunn for å vurdere hvor framtidig høsting av tømmerressursene vil finne sted, vil vi her gjengi noen relevante data for skogressursenes tilstand. Disse dataene er basert på de to siste takstene til Landsskogtakseringen (i hovedsak 9. takst 2005-2009, dels 10. takst 2010-2014) og er hentet fra ulike rapporter fra Skog og landskap (Granhus et al. 2012, 2014, Tomter & Dalen 2014). Resultater for 9. takst omfatter ikke Finnmark og dekker totalt ca 400 000 ha mindre produktiv skogbruksmark enn 10. takst.

Skogarealets fordeling på regioner, høydeler og hogstklasser

Fylkene på det østlige Østlandet (Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark) har mest areal av produktiv skogbruksmark, både totalt og som andel av landarealet i regionen (**tabell 2**). De øvrige regionene på Østlandet og Agder følger deretter. Til sammen har Østlandet og Agder 56,4% av produktiv skogbruksmark i landet, mot bare 34,3% av landarealet. Andel av all produktiv skogbruksmark for de øvrige regionene ligger på 12,6-13,7% for Vestlandet, Trøndelag og Nordland-Troms, mens det er 4,2% for Finnmark.

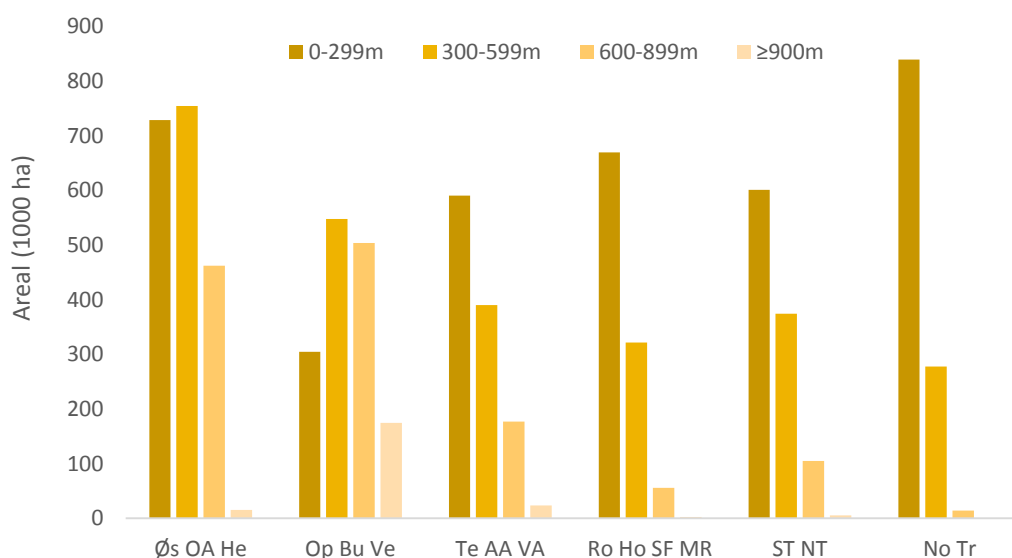
Tabell 2 Skogarealet i Norge fordelt på regioner og på produktiv skogbruksmark som i prinsippet er tilgjengelig for skogbruk, samt annet skogareal og tresatt areal (fra Tomter & Dalen 2014, s. 44). Areal i 1000 ha. Produktiv skog produserer årlig minst 1 m³ trevirke inkludert bark pr hektar, skogbruksmark er tilgjengelig for skogbruk, mens annet tresatt areal ikke tilfredsstiller kravene til både minst 10% kronedekning og minst 5 m trehøyde for skog. Andel angir prosent av landarealet (inkl. ferskvann) i regionen.

Region	Produktiv skogbruksmark		Produktiv skog totalt		Totalt skogareal		Annet tresatt areal		Totalt	
	Areal	Andel	Areal	Andel	Areal	Andel	Areal	Andel	Areal	Andel
Øs OA He	1 968	53%	2 020	55%	2 333	63%	125	3%	2 458	67%
Op Bu Ve	1 542	36%	1 584	37%	1 904	45%	157	4%	2 061	49%
Te AA VA	1 194	38%	1 215	38%	1 694	53%	182	6%	1 876	59%
Ro Ho SF MR	1 054	18%	1 072	18%	1 583	27%	299	5%	1 882	32%
ST NT	1 091	26%	1 126	27%	1 626	39%	325	8%	1 951	47%
No Tr	1 141	18%	1 174	18%	1 899	30%	273	4%	2 172	34%
Fi	354	7%	377	8%	1 035	21%	501	10%	1 537	32%
Sum	8 343	26%	8 568	26%	12 074	37%	1 862	6%	13 940	43%

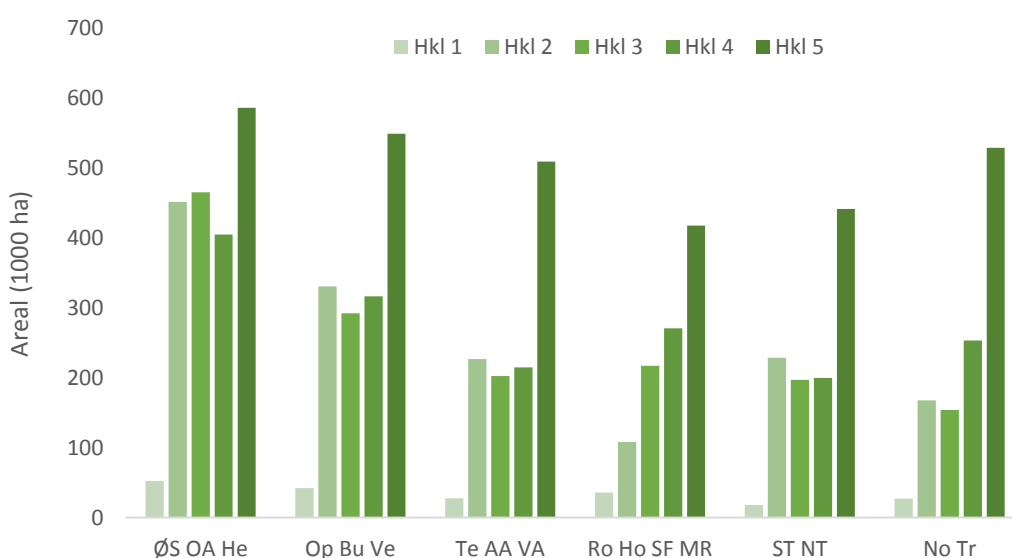
Regionfordeling: Øs OA He: Østfold, Oslo, Akershus, Hedmark; Op Bu Ve: Oppland, Buskerud, Vestfold; Te AA VA: Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder; Ro Ho SF MR: Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal; ST NT: Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag; No Tr Nordland, Troms; Fi Finnmark

Figur 3 viser at de fleste regionene som ventet har størst andel av produktiv skogbruksmark i høydelaget 0-299 m oh. Unntaket er østlige deler av Østlandet som har litt større areal av slik mark i høydelaget 300-599 m oh, og vestlige deler av Østlandet med vesentlig mer produktiv skogbruksmark i høydelagene 300-599 m oh og 600-899 m. Samlet har Østlandet og Agder det aller meste (88%) av landets produktive skogbruksmark over 600 m oh.

Skogarealets fordeling på hogstklasser gir en mer direkte indikasjon på hvor framtidig hogst trolig vil finne sted. Arealet med hogstmoden skog i hogstklasse 5 utgjør størst andel av produktiv skogbruksmark i alle regioner (**figur 4**) og varierer fra 30% i de østlige fylkene på Østlandet til 47% i Nordland og Troms. Regionene for Østlandsfylkene (Øs-OA-He og Op-Bu-Ve) har likevel mest areal av hogstmoden skog. For skog som kan bli hogstmoden i kommende tiår (hogstklasse 4), har også disse Østlandsregionene størst areal, men andelen areal i hogstklasse 4 er størst på Vestlandet (26%).



Figur 3 Produktiv skogbruksmark fordelt på høydelag (Granhus et al. 2012, tabell 6). Regioninndeling som i tabell 1, men uten Finnmark.

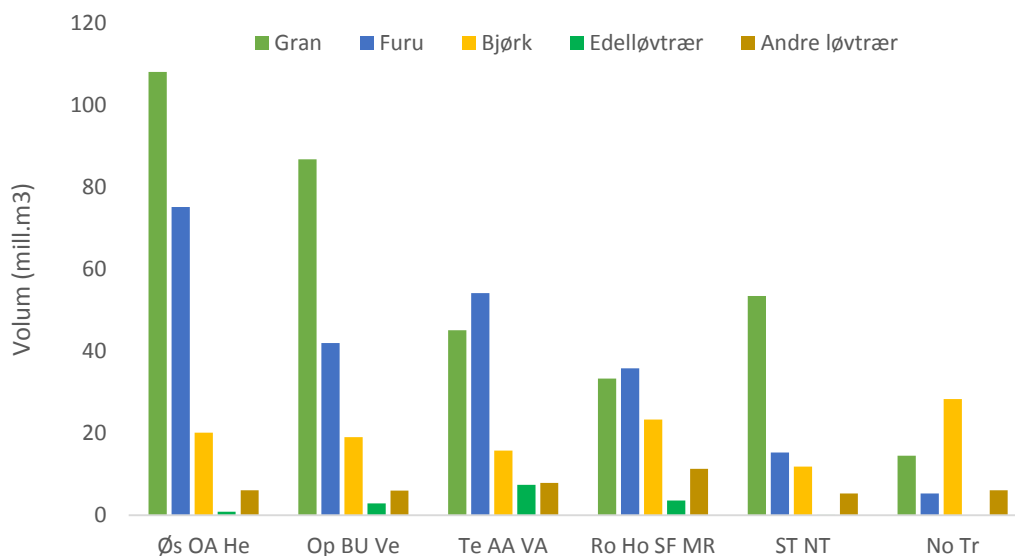


Figur 4 Produktiv skogbruksmark fordelt på hogstklasser (Granhus et al. 2012, tabell 9). Regioninndeling som i tabell 1, men uten Finnmark.

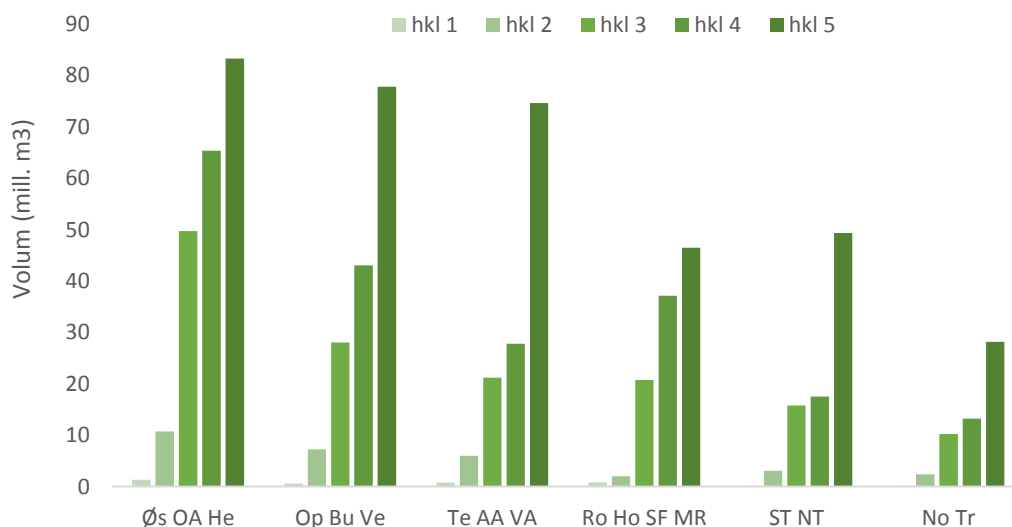
Trevolumets fordeling på regioner, treslag, hogstklasser og bonitet

De ulike regionene på Østlandet og i Agder har størst stående volum av trær (**figur 5**), henholdsvis 210, 157 og 130 mill. m³, mot 107, 86 og 54 mill. m³ for Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge. Det meste av dette volumet er gran, totalt 341 mill. m³ eller 46% av totalvolumet, og her har også de sentrale Østlandsregionene størst volum. Også furu utgjør et betydelig stående volum med 228 mill. m³ eller 31% av totalvolumet. Løvtrær utgjør til sammen 176 mill. m³, hvorav bjørk utgjør det meste (67%).

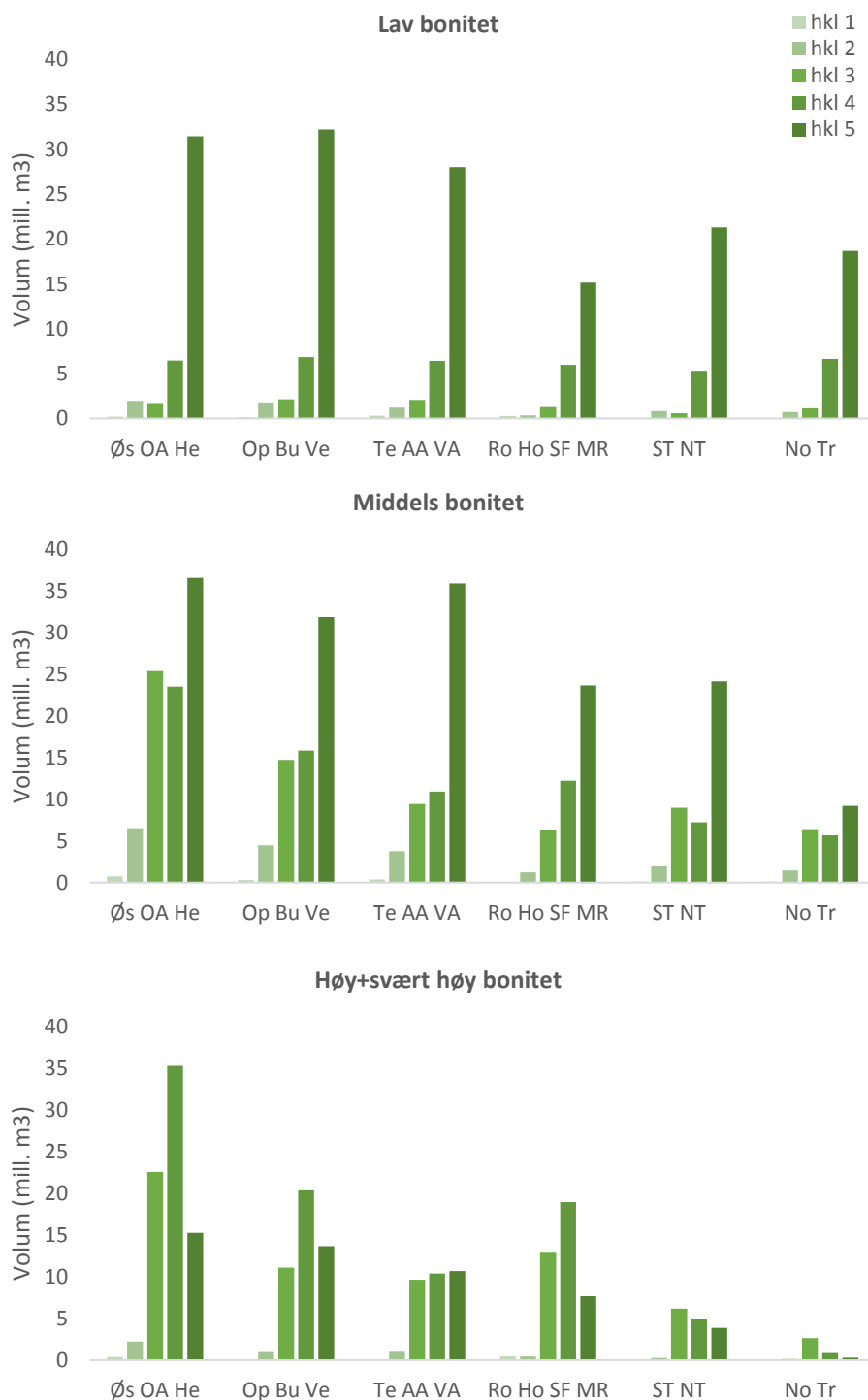
Volumet av trær i hogstmoden skog (hogstklasse 5) utgjør i alt 360 mill. m³. Hver av Østlandsregionene har i overkant av 20% av all hogstmoden skog (**figur 6**), i alt 236 mill. m³. Vestlandet og Trøndelag har henholdsvis 13% og 14% av hogstmoden skog, mens Nordland og Troms har 8%. Hogstmoden skog i kommende tiår (hogstklasse 4) utgjør i alt 204 mill. m³. Her har fylkene



Figur 5 Stående volum i 2010 (uten bark, mill. m³) av trær fordelt på regioner og dominerende treslag (fra Granhus et al. 2012, tabell 18). Gran inkluderer introduserte granarter (i alt 6,71 mill. m³), og furu inkluderer introduserte furuarter (i alt 1,96 mill. m³). Regioner er inndelt som i tabell 1, men uten Finnmark.



Figur 6 Stående volum i 2010 (uten bark, mill. m³) av trær fordelt på regioner og hogstklasse (fra Granhus et al. 2012, tabell 19). Regioner er inndelt som i tabell 1, men uten Finnmark.

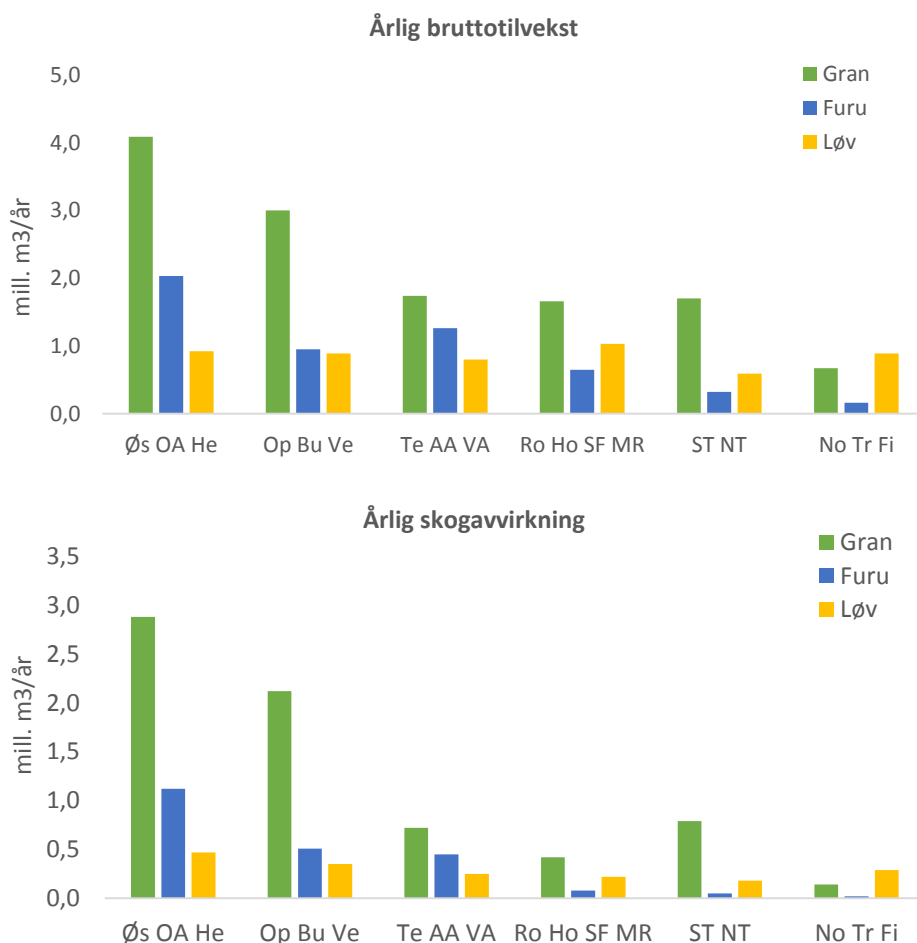


Figur 7 Volumet av trær i ulike bonitetsklasser og hogstklasser for produktiv skogbruksmark i forskjellige regioner. Regioninndeling som i tabell 1, uten Finnmark. Fra Granhus et al. (2012), tabell 19.

Øs-OA-He størst andel (32%) av alle skog i hogstklasse 4, mens fylkene Op-Bu-Ve og Vestlandet har henholdsvis 21% og 18%. Spesielt Trøndelag og Nord-Norge har lav andel av skog i hogstklasse 4. Ser vi på fordelingen av hogstmoden skog (hogstklasse 5) på mark av ulike bonitet (**figur 7**), er det slående at den minst produktive marka har gjennomgående størst andel av hogstmoden skog (79% av all skog på lav bonitet), selv om skog på midlere bonitet også har

høy andel hogstmoden skog (49%) og mer i absolutt volum (161 mill. m³ mot 147 for lav bonitet). For skog på høy bonitet er bare 24% av skogen hogstmoden. Spesielt for de østligste fylkene på Østlandet er det mye skogvolum i hogstklasse 4 for midlere og høy bonitet.

Årlig tilvekst av trær sier noe om hvor raskt volumet øker og kan være tilgjengelig for ny høsting. Siden det både er stort stående volum av trær og forholdsvis yngre skog i de østlige Østlandsfylkene, har disse også klart høyest total årlig tilvekst (**figur 8**, øverst). Dette er særlig tydelig for gran og furu. Tilveksten pr hektar vil avhenge av både bonitet og hogstklasse og varierer mer mellom regionene. Generelt er tilveksten pr hektar størst på østlige Østlandet (1,22 m³/ha), men den er også høy for Vestlandet (1,13 m³/ha) (Tomter & Dalen 2014, s. 71). Årlig avvirkning er også størst på det østlige Østlandet, både for gran og furu, men også de andre sentrale Østlandsfylkene har stor avvirkning, spesielt av gran (**figur 8**, nederst). Totalt ligger årlig avvirkning i de sentrale Østlandsfylkene (fra Østfold til Vestfold) på mer enn 60% av tilveksten (over 70% for gran), mens avvirkningen ligger på fra 22% (Vestlandet) til 39% (Trøndelag) av bruttotilveksten i de øvrige regionene.



Tabell 8 Årlig bruttotilvekst og avvirkning (i mill. m³) av trær på skogbruksmark, fordelt på regioner og dominerende treslag (fra Tomter & Dalen 2014, s. 71). Regioner er inndelt som i tabell 1.

4.2 Dagens tilstand og framtidig utvikling for hogstmoden skog

Sammenstillingen av data fra Landsskogtakseringen i kapittel 4.1 gir et inntrykk av hvor tømmerressursene i norsk skog finnes i dag. Dette gjelder spesielt stående volum og fordeling på hogstklasser og treslag. I tillegg vil driftsforholdene, gitt ved terrengforhold og driftsveilengde, og tømmerpriser ha stor betydning for hvor det kan være lønnsomt å hente ut de aktuelle tømmerressursene.

På oppdrag fra den regjeringsoppnevnte strategigruppen for framtidens skognæring, *Skog 22*, har Granhus et al. (2014) gjort en mer detaljert kvantitativ analyse av hvor hogstmoden skog vil bli tilgjengelig fram mot 2045. Granhus et al. (2014) har her lagt vekt på dagens tømmervolum i hogstklasse 5 som et uttrykk for ressursfordelingen i dag og neste tiår, mens dagens tømmervolum i hogstklasse 4 gir et uttrykk for ressurstilgangen de neste par tiårene. I tillegg har Granhus et al. (2014) tatt hensyn til begrensninger på uttak av tømmer fra verneområder og andre områder med ulike restriksjoner på hogst. De følger her Søgaard et al. (2012) og anslår at slike restriksjoner medfører at mellom 77% og 90% av brutto volum av hogstmoden skog faktisk er tilgjengelig for høsting, avhengig av region og dominerende treslag (lavest for løvskog i ytre og lavereliggende deler av Østlandet, jf **figur 1**, og høyest for furu i samme region). De har også vurdert i hvilken grad det vil være teknisk og økonomisk grunnlag for å høste de aktuelle tømmerressursene, gitt ved tekniske driftsforhold, terrenghelling og driftsveilengde, samt ut fra kostnader ved ulike driftsformer. Nedenfor skal vi gjengi noen hovedresultater fra Granhus et al. (2014). Merk at den geografiske inndelingen til Granhus et al. (2014) er forskjellig fra den som er brukt i kapittel 4.1 (se **figur 1**).

Hogstmoden skog i dag og de neste tiårene

Dagens skog er i stor grad formet av hogst og skogkultur siden bestandsskogbruket begynte å dominere skogskjøtselen rundt 1950. For hele landet anslår Granhus et al. (2014) at hogstmoden skog (skog i hogstklasse 5 i dag) utgjør 346 mill. m³ (uten bark). Som vi ser av **figur 9** (øverst), er den aller største delen av dette volumet i skog på Østlandet med Agder, med 66% av all hogstmoden skog og over 70% av hogstmoden gran- og furuskog. Skog på Vestlandet har 13% av volumet i hogstmoden skog, mens Trøndelag og Nord-Norge til sammen har 21%. For hele landet vil 41% av volumet være i hogstmoden granskog, mens volumet i furuskog utgjør 36% og i løvskog 24%.

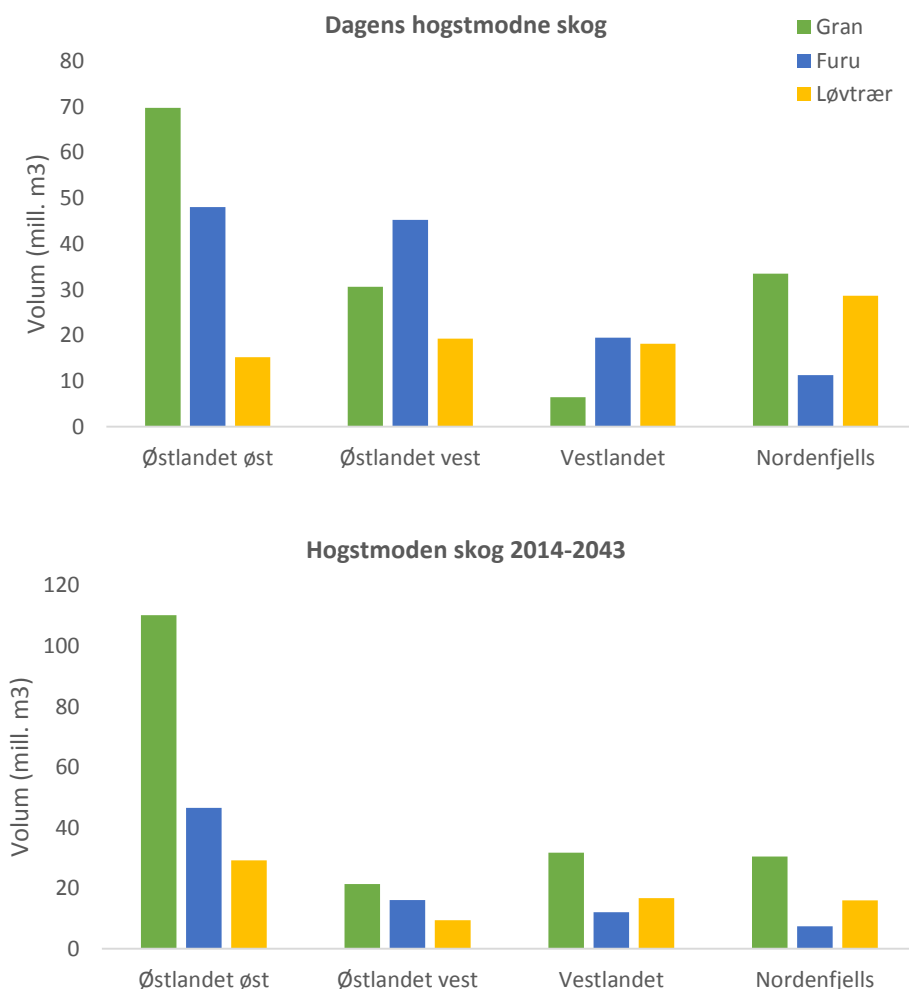
Hogstmoden skog de følgende tiårene fram mot 2045 vil i hovedsak være avhengig av dagens skog i hogstklasse 3 og 4. Volumet av slik skog i kommende tiår vil utgjøre omtrent like mye (347 mill.m³) som dagens volum av hogstmoden skog. Av **figur 9** (nederst) ser vi at over halvparten av volumet i kommende tiår vil finnes i lavereliggende skog på Østlandet. Til sammen vil Østlandet ha omtrent like stor andel (67%) av volumet i hogstmoden skog i kommende tiår som i dagens hogstmodne skog, mens Vestlandet og Trøndelag/Nord-Norge (Nordenfjells) vil ha henholdsvis 17% og 16% av volumet. For hele landet vil hogstmoden granskog i kommende tiår ha 56% av volumet, mens furuskog og løvskog vil ha henholdsvis 24% og 21%. Granskog vil altså inneholde en større andel av volumet i hogstmoden skog i kommende tiår enn i dagens hogstmodne skog.

Tilgjengelighet av hogstmoden skog

For å beregne hvor mye av dette volumet som kan være tilgjengelig for skogdrift, har Granhus et al. (2014) vurdert driftsforholdene knyttet til fysisk tilgjengelighet for drift, terrenghelling og driftsveilengde. Fysisk tilgjengelighet for drift er vurdert ut fra behov for transport over vann/sjø og arealer som fysisk ikke kan drives (f.eks. på grunn av ekstremt terreng eller nærhet til kraftlinje, vei e.l.). For hogstmoden skog i dag beregnet Granhus et al. (2014) at transport over vann/sjø vil omfatte nær 6,8 mill. m³, mens vel 4,6 mill. m³ vil være på utilgjengelig areal. Dette utgjør til sammen 3,3% av volumet i hogstmoden skog (utenom områder med miljøhensyn). Hele 91% av volumet som krever transport over vann/sjø, ligger på Vestlandet og Nordenfjells, mens 73% av volumet på utilgjengelige arealer ligger i disse regionene. For skog som blir hogstmoden i de neste par tiårene, beregnet Granhus et al. (2014) at henholdsvis 5,5 og 2,5 mill. m³ krever transport over vann/sjø og ligger på utilgjengelig areal. Dette utgjør til sammen 2,3% av volumet

i skog som blir hogstmoden de neste par tiårene, med andre ord en lavere andel av volumet enn for dagens hogstmodne skog. Her vil Vestlandet og Nordenfjells til sammen ha 88% av volumet som krever transport over vann/sjø, mens 64% av volumet på utilgjengelige arealer ligger i disse regionene.

Etter fratrekk av utilgjengelig areal for skogsdrift (men inkludert transport over vann/sjø) har Granhus et al. (2014) også vurdert volumets fordeling på ulike klasser terrenghelling som krever spesielle driftsformer. Krevende driftsformer vil påvirke økonomien ved avvirkning. For hele landet befinner ca 67% av volumet i dagens hogstmodne skog seg på terreng med mindre helling enn 33%, dvs der ordinær drift med hogstmaskin og lastetraktor er mulig. Østlandet samlet har 73% av dette volumet, mens Vestlandet og Nordenfjells har 27%. For terrengklassene med helling over 33% fordeler volumet seg med 19,3% på terreng egnet for hogstmaskin og opparbeiding av enkle driftsveier med gravemaskin (gravehogst), mens 13,5% krever taubanedrift. For skog som blir hogstmoden de neste par tiårene, vil en større andel (76%) av volumet stå i terreng som er egnet for ordinære driftsformer. Av dette vil 76% bli tilgjengelig på Østlandet, mens 24% vil være på Vestlandet og Nordenfjells.



Figur 9 Stående volum i hogstmoden skog, for dagens hogstklasse 5 (øverst) og for beregnet hogstmoden skog ut fra dagens fordeling på hogstklasser, treslag og bonitet. Volumet er angitt som brutto volum av skogstrær uten bark, etter fratrekk av skog i verneområder og andre miljøhensyn (Granhus et al. 2014).

Granhus et al. (2014) har også beregnet volumet av hogstmoden skog som befinner seg i ulik avstand fra vei. For hogstmoden skog i dag ligger 49% av volumet mindre enn 500 m fra vei, mens 24% er minst 1 km fra vei. For volumet av skog som blir hogstmodent i neste par tiår, ligger 68% mindre enn 500 m fra vei, gitt dagens veinett, mens 10% ligger minst 1 km fra vei. Både for dagens og kommende tiårs hogstmodne skog vil rundt 70% av volumet mindre enn 500 m fra vei finnes på Østlandet.

Ut fra dette kan vi trekke noen konklusjoner:

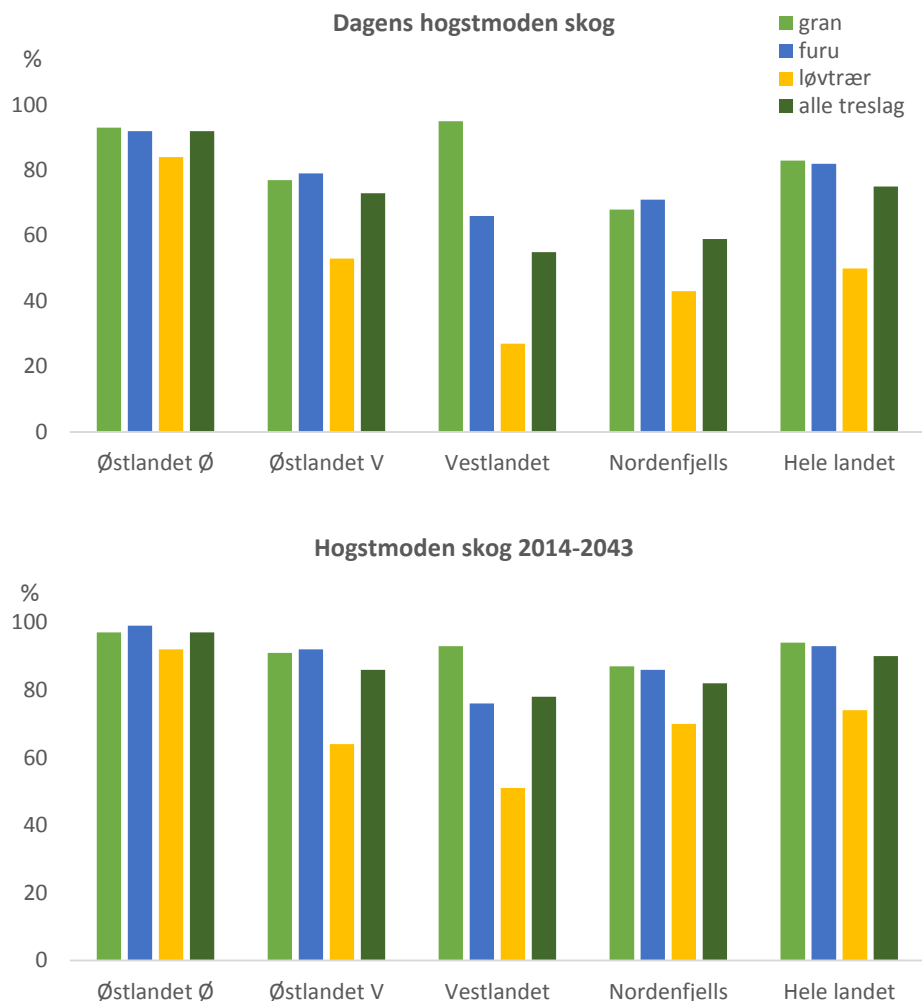
- Dagens tilgjengelige hogstmodne skog har et volum på 341 mill. m³ for hele landet. Skog som blir hogstmoden i kommende tiår, har et tilgjengelig volum på 345 mill. m³.
- Det meste (66%) av volumet i dagens hogstmodne skog finnes på Østlandet. Ser vi på volumet av hogstmoden skog med noenlunde greie driftsforhold, ligger en enda større andel på Østlandet: 73% av volumet krever kun ordinær driftsformer, og 71% av volumet er mindre enn 500 m fra vei.
- For skog som blir hogstmoden neste par tiår, vil driftsforholdene bli enda bedre: Andelen av volumet i terrengklasse for ordinær driftsteknikk og mindre enn 500 m fra vei vil øke fra 34% til 53% (for hele landet).

Effekten av driftskostnader

De ulike skogbestandene vil ha ulik kostnad ved avvirkning, knyttet til stående volum, fordeling på treslag og dimensjoner, samt driftsforhold som beskrevet over. Hvilke driftskostnader som kan aksepteres ved slutthogst, vil dessuten avhenge av tømmerpris og andre eksterne og interne forhold som påvirker den enkelte skogeiers vurdering av om avvirkning er interessant eller ikke. Granhus et al. (2014) har beregnet hvordan akkumulert volum av hogstmoden skog (for ulike regioner og treslag) vil øke med nivået på driftskostnader som kan aksepteres. Dersom ubegrensete kostnader kan aksepteres, vil all hogstmoden skog uten andre restriksjoner kunne avvirknes. Dette er imidlertid ikke særlig realistisk. Granhus et al. (2014) har derfor skissert tre alternative kostnadsnivåer som synes som realistiske alternativer med dagens marked og øvrige rammebetingelser.

Ved et krav om at kostnader ikke skal overskride 250 kr/m³, vil 75% av volumet i dagens hogstmodne skog være interessant å avvirke. Dette øker til 86% dersom kostnader inntil 350 kr/m³ kan aksepteres. Det er imidlertid betydelige forskjeller mellom regionene (**figur 10**, øverst) og skog dominert av ulike treslag. Det aller meste av dagens hogstmodne skog på Østlandet øst vil være økonomisk interessant for avvirkning, selv på kostnadsnivå inntil 250 kr/m³. Her vil over 90% av stående volum av gran- og furudominert skog være aktuelt for avvirkning, men noe lavere for løvskog (84%). For de andre regionene vil aktuelt volum for avvirkning være mer følsomt for økning i kostnadene (**figur 10**, øverst). For Østlandet vest vil 73% av alt stående volum være aktuelt for avvirkning med kostnader inntil 250 kr/m³, mens tilsvarende avvirkningsnivå vil være 55% for Vestlandet og 59% for Trøndelag og Nord-Norge. Generelt vil størst andel av volumet av gran og furu være interessant for avvirkning (gjelder i mindre grad furu på Vestlandet), mens en vesentlig lavere andel av volumet av løvtrær vil være interessant for avvirkning ved krav til så lave driftskostnader (**figur 10**).

For skog som blir hogstmoden i perioden 2014-2043 vil generelt en større andel av stående volum være interessant å avvirke ved krav til driftskostnader inntil 250 kr/m³ (**figur 10**, nederst). For alle kombinasjoner av regioner og treslag, unntatt gran på Vestlandet, vil andelen av stående volum som er interessant å avvirke ved krav til lave kostnader, være høyere for hogstmoden skog i kommende tiår enn for dagens hogstmodne skog (**figur 10**). Andelen tilgjengelig volum som er aktuelt å avvirke ved driftskostnader begrenset til 250 kr/m³, er vesentlig høyere for alle regioner og treslag i skog som blir hogstmoden i kommende tiår, enn i dagens hogstmodne skog. Østlandet øst vil imidlertid ha vesentlig mer av hogstmoden skog i kommende tiår enn øvrige regioner (**figur 9**, nederst).



Figur 10 Andel av volumet i hogstmoden skog som har driftskostnader på inntil 250 kr/m³, for henholdsvis dagens hogstmodne skog (øverst) og skog som blir hogstmoden i perioden 2014-2043 (nederst), for ulike treslag og all skog. Volum i skog i verneområder og under ulike miljøtiltak, samt arealer som er utilgjengelige, er ikke inkludert.

4.3 Skog med ulik sannsynlighet for hogst, og skog i nullområder

I denne rapporten har vi også forsøkt en annen tilnærming for å klarlegge hvor framtidig hogst kan finne sted. Som forklart i kapittel 2, har vi tatt utgangspunkt i en modell for beregning av sannsynlighet for hogst basert på empirisk sammenheng mellom observert hogst og ulike egenskaper ved skogen. Sannsynligheten for framtidig hogst av skog er så beregnet ut fra hvordan skogen vil utvikle seg, gitt dagens praksis og rammebetingelser. Her skal vi se hvordan en slik tilnærming kan si hvordan framtidig hogst mest sannsynlig vil fordele seg på geografiske regioner og ulike skoglige egenskaper og hvordan dette sammenfaller med resultatene presentert i kapitlene over. Her er imidlertid skog i verneområder inkludert i resultatene.

Fra **tabell 3** ser vi at Østlandet øst har størst andel (50%) av produktiv skog med høy sannsynlighet for framtidig hogst, hvilket trolig skyldes at skogen her både i større grad er hogstmoden og teknisk og økonomisk lett tilgjengelig. Østlandet vest har noe lavere andel (35%) med høy sannsynlighet for hogst, mens Vestlandet har lavest andel (15%). Lavere andel skog med høy hogstsannsynlighet i disse andre regionene skyldes nok at mer av skogen er vanskelig tilgjengelig, men for Vestlandet nok også at lavere andel av skogen er hogstmoden (**figur 6**). Ellers ser

vi at det er nokså liten forskjell i hogstsannsynlighet for produktiv skog i høydelag opp til 600 m, mens det er klart lavere andel skog med høy hogstsannsynlighet over 600 m.

Det er en nær sammenheng mellom hogstsannsynlighet og bonitet. Det er klart høyere andel skog på høy bonitet med høy hogstsannsynlighet, mens skog på lav bonitet har større andel av skogen med middels til lav hogstsannsynlighet. Det er også en stor andel skog med boniteringstreslag gran som har høy hogstsannsynlighet. Det derimot bare en liten andel av skog med løvtrær som boniteringstreslag som har høy sannsynlighet for hogst. For boniteringstreslag furu er det nokså like andeler skog som har høy og middels hogstsannsynlighet.

Det er som ventet, en forholdsvis god sammenheng mellom skogens alder og hogstklasse på den ene siden og sannsynlighet for hogst på den andre. En forholdsvis stor andel av hogstmoden skog (hogstklasse 5) og gammel skog har høy hogstsannsynlighet og tilsvarende lav andel skog med lav hogstsannsynlighet. Middelaldrende produksjonsskog (hogstklasse 3 og 4) har jevnere fordeling av skog mellom høy og middels hogstsannsynlighet. Kun ungskog (hogstklasse 1 og 2) har klart større andel med lav hogstsannsynlighet.

Tabell 3 Andel produktiv skog med høy, middels og lav sannsynlighet for framtidig hogst for ulike geografiske regioner, høydelag og skog med ulike egenskaper. Tallene viser gjennomsnitt og 95% konfidensintervall basert på 1000 kjøringar (jf kap. 2).

	Hogstsannsynlighet		
	Høy	Middels	Lav
Hele landet	35% (34-36)	37% (36-38)	28% (27-29)
Regioner			
Østlandet øst	50% (49-51)	28% (27-30)	22% (21-23)
Østlandet vest	35% (33-36)	39% (37-40)	27% (25-28)
Vestlandet	15% (14-16)	41% (39-43)	44% (42-46)
Nordenfjells	26% (24-27)	44% (43-46)	30% (28-31)
Høyde over havet			
Under 300m	37% (36-38)	38% (37-39)	25% (24-26)
300-600m	37% (36-38)	34% (32-35)	29% (28-30)
Over 600m	28% (26-30)	40% (38-42)	32% (31-34)
Bonitet			
Lav	22% (21-23)	42% (40-43)	37% (35-38)
Middels	38% (36-39)	37% (36-38)	25% (24-27)
Høy	67% (66-69)	23% (21-24)	10% (9-11)
Boniteringstreslag			
Gran	53% (53-54)	27% (26-28)	20% (19-21)
Furu	39% (38-40)	34% (33-36)	27% (25-28)
Løv	10% (9-11)	51% (49-52)	39% (38-41)
Bestandsalder			
Opptil 50år	21% (20-22)	38% (37-39)	41% (40-42)
50-100 år	34% (33-36)	41% (40-43)	24% (23-25)
Over 100 år	57% (55-58)	28% (27-30)	15% (14-16)
Hogstklasse			
Ungskog (hkl 1+2)	6,8% (6,1-7,5)	36% (35-38)	57% (55-58)
Produksjonsskog (hkl 3+4)	39% (38-41)	40% (38-41)	21% (20-22)
Eldre skog (hkl 5)	47% (46-48)	34% (32-35)	20% (18-21)

Her kan det også være interessant å sammenligne fordelingen av skog som i dag ikke anses for å være økonomisk drivverdig (nullområder) med øvrige skog (lønnsom skog), samt om skog i nullområder har noenlunde samme fordeling som skog med lav hogstsannsynlighet. På landsbasis utgjør nullområdene omtrent 23% av produktivt skogareal. Skog i nullområder utgjør en betydelig del av produktiv skog på Vestlandet og Nordenfjells, med henholdsvis 39% og 36%, men som ventet lite av produktiv skog for Østlandet øst (**tabell 4**). Det er ikke like tydelige forskjeller mellom regionene for lav hogstsannsynlighet (**tabell 3**), men Vestlandet har størst arealandel (44%). Andelen skog i nullområder øker også med høyden over havet, med 30% for produktiv skog over 600 m. Heller ikke her er forskjellen i andel skog med lav hogstsannsynlighet like stor mellom ulike høydelag.

Andelen skog i nullområder er som ventet høy for skog på lav bonitet og tilsvarende lav for høy bonitet (**tabell 4**). Det samme mønstret, men ikke fullt så store forskjeller, ser vi også for produktiv skog med lav hogstsannsynlighet (**tabell 3**). Det er særlig stor andel skog i nullområder der løvtrær er boniteringstreslag (48%). Andelen produktiv skog med lav hogstsannsynlighet går i tilsvarende retning, men er mindre utpreget.

Tabell 4 Andel produktiv skog fordelt mellom skog i nullområder og øvrig (lønnsom) skog for ulike geografiske regioner, høydelag og skog med ulike egenskaper. Tallene viser gjennomsnitt og 95% konfidensintervall basert på 1000 kjøringar (jf kap. 2). Se metodekapittel for definisjoner.

	Nullområder	Øvrig skog
Hele landet	23% (22-24)	77% (76-78)
Regioner		
Østlandet øst	7% (7-8)	93% (92-93)
Østlandet vest	23% (22-25)	77% (75-79)
Vestlandet	39% (37-41)	61% (59-63)
Nordenfjells	36% (34-37)	64% (63-66)
Høyde over havet		
Under 300m	19% (19-20)	81% (80-81)
300-600m	24% (23-25)	76% (75-77)
Over 600m	30% (28-32)	70% (68-72)
Bonitet		
Lav	40% (39-42)	60% (58-61)
Middels	12% (12-13)	88% (87-88)
Høy	3% (2-3) ^a	97% (97-98)
Boniteringstreslag		
Gran	10% (9-10)	90% (90-91)
Furu	14% (13-15)	86% (85-87)
Løv	48% (46-50)	52% (50-53)
Bestandsalder		
Opptil 50år	19% (18-20)	81% (80-82)
50-100 år	30% (28-31)	70% (69-72)
Over 100 år	20% (18-21)	80% (79-82)
Hogstklasse		
Ungskog (hkl 1+2)	28% (27-29)	72% (70-73)
Produksjonsskog (hkl 3+4)	13% (12-14)	87% (86-88)
Eldre skog (hkl 5)	30% (29-31)	70% (69-71)

Antall flater <50: ^a 42 flater

Skog i nullområder har størst andel av middelaldrende skog (bestandsalder 50-100 år), og noe lavere andel av yngre og eldre skog (**tabell 4**). Basert på hogstklasser er det imidlertid produksjonsskogen (hkl 3+4) som har lavest andel i skog i nullområder. Andelen produktiv skog med lav hogstsannsynlighet er relativt høy for yngre skog og synker med alderen, enten vi ser på bestandsalder eller hogstklasser (**tabell 3**).

Skog i nullområder er generelt preget av større forskjeller mellom ulike regioner, høydelag og skogforhold enn produktiv skog med lav hogstsannsynlighet. Dette kan skyldes at modellen for å beregne sannsynligheten for framtidig hogst er basert på et empirisk datagrunnlag for hva slags skog som er avvirket i Landsskogtakseringens registreringsperioden 1995-2009. Beregningen av nullområder er basert på teoretiske beregninger av økonomisk utkomme ved hogst og kan dermed neglisjere betydningen av skogeierens individuelle valg om avvirkning. Dette kan særlig gi lavere andeler nullområder enn lav hogstsannsynlighet for skog som generelt er ganske drivverdig.

4.4 Lokalisering av framtidig hogst – konklusjon

I de foregående delene av dette kapitlet har vi sammenstilt ulike tilnærminger for å avklare hvor framtidig hogst vil kunne finne sted. Det er åpenbart ikke mulig å gi noe presist svar på dette. Vi har på den ene siden ikke tilgang til presise arealdekkende data om hvor ulike typer skog faktisk befinner seg. Datagrunnlaget er gitt ved Landsskogtakseringens utvalgskartlegging som gir statistisk informasjon om skogens egenskaper og hvordan disse er fordelt. For at disse resultatene skal være holdbare må et visst antall observasjonspunkter legges til grunn for estimatene. Resultatene kan dermed ikke brytes ned på små geografiske enheter som f.eks. kommuner. Resultatene ovenfor sier likevel noe om hvordan tømmerressursene er fordelt på regioner og relevante egenskaper i skogen, samt forhold som har betydning for høsting av skogressursene.

De viktigste konklusjonene for skogens tømmerressurser kan oppsummeres som følger:

- Arealet av produktiv skogbruksmark (tilgjengelig for skogsdrift) utgjør i alt ca 83 430 km². Herav finnes det meste (56%) på Østlandet. Regionene Vestlandet, Trøndelag og Nordland-Troms har hver 13-14%, mens Finnmark har 4%.
- Det meste av produktiv skogbruksmark ligger under 300 moh. Alle regionene unntatt de sentrale Østlandsfylkene (til og med Vestfold) har minst 50% av produktiv skogbruksmark under 300 moh. Bare Østlandsfylkene har produktiv skogbruksmark av særlig betydning over 600 moh.
- Det stående tømmervolum på produktiv skogbruksmark utgjør i alt 745 mill. m³. Østlandet med Agder har 67% av dette, mens Vestlandet og Trøndelag + Nord-Norge har hhv 14% og 19%.
- Gran utgjør størst andel av volumet på produktiv skogbruksmark i de sentrale Østlandsfylkene (Østfold-Vestfold) (53%) og i Trøndelag (62%), mens furu utgjør størst andel i Telemark-Agder (40%) og løvtrær størst andel på Vestlandet (36%) og i Nordland-Troms (63%).
- Hogstmoden skog (hkl 5) utgjør i alt 360 mill. m³, dvs 48% av tømmervolumet på produktiv skogbruksmark. Hele 66% av dette finnes på Østlandet med Agder. Produktiv skogbruksmark på lav bonitet har spesielt høy andel hogstmoden skog (73%), mens skogbruksmark på høy bonitet har vesentlig lavere andel (24%). Dette gjenspeiler at skog på høy bonitet har vært prioritert for avvirkning.
- Brutto tilvekst av tømmer er størst i de sentrale Østlandsfylkene med i alt 11,9 mill. m³/år. Her er også avvirkningen størst, med 7,5 mill. m³/år, dvs nær 63% av brutto tilvekst. For øvrige regioner varierer avvirkningen som andel av brutto tilvekst fra 22% på Vestlandet og 39% i Trøndelag.

Hovedpoengene fra analysen til Granhus et al. (2014) om tilgangen på tømmerressurser for mulig avvirkning fram mot 2045 kan oppsummeres som:

- Tilgjengelige tømmerressurser er på 341 mill. m³ i dagens hogstmodne skog (hkl 5) og på 345 mill. m³ i hogstmoden skog de neste tiårene (hkl 4). Her vil skog på det sentrale Østlandet bidra i særlig grad, med hhv 38% og 54% av tømmervolumet i dag og i kommende tiår.
- Gran og furu utgjør hhv 41% og 36% av hogstmodent tømmer i dag og vil utgjøre hhv 56% og 17% av tilgjengelig tømmervolum for kommende tiår.
- Ved relevant nivå for driftskostnader (≤ 250 kr/m³), vil over 90% av dagens stående volum av gran- og furu-dominert hogstmoden skog på Østlandet være aktuelt for avvirkning. For de andre regionene vil aktuelt volum for avvirkning være mer følsomt for økning i kostnadene
- For alle kombinasjoner av regioner og treslag, unntatt gran på Vestlandet, vil andelen av stående volum som er interessant å avvirke ved krav til lave kostnader, være høyere for hogstmoden skog i kommende tiår enn for dagens hogstmodne skog. Dette gjelder særlig for det sentrale Østlandet.

Tilsvarende kan vi oppsummere hovedpoengene fra analysen av framtidig sannsynlighet for hogst:

- Skog på det sentrale Østlandet har størst arealandel (50%) med høy sannsynlighet hogst.
- Sannsynligheten for hogst øker med boniteten, og er høyest for gran, lavere for furu og lavest for løvtrær.
- Sannsynligheten for hogst øker også med skogens alder og hogstmodenhet. En forholdsvis stor andel (50%-57%) av dagens gamle og/eller hogstmodne skog har høy hogstsannsynlighet, mens bare 15%-20% har lav hogstsannsynlighet.

Flere ulike kilder gir nokså sammenfallende anslag for hvor stor del av hogstmoden skog som trolig ikke vil bli avvirket. Granhus et al. (2014) anslår at 14%-25% av produktiv hogstmoden skog ikke vil være økonomisk interessant å avvirke ved øvre grense for driftskostnader på inntil henholdsvis 350 kr/m³ og 250 kr/m³. I **tabell 3** ser vi at 20% av hogstmoden skog (hkl 5) har lav hogstsannsynlighet, og **tabell 4** viser at 30% av hogstmoden skog ligger i nullområder.

Som vi har sett over, vil en stor del av de aktuelle tømmerressursene måtte høstes fra det sentrale Østlandet. Det er grunn til å tro at den mest intense skogsdriften vil foregå her, og med størst innsats rettet mot gran. Dersom man har ambisjon om å øke uttaket av tømmer til 15 mill. m³ årlig, vil trolig det meste av hogstmoden skog som er økonomisk interessant å avvirke, kunne bli tatt i bruk. Spørsmålet er hvordan dette vil påvirke verdier knyttet til naturmangfoldet. Dette vil vi forsøke å belyse i neste kapittel.

5 Hvordan vil økt hogst påvirke biologisk verdifull skog?

For å vurdere hvordan eventuell økt hogst vil berøre det biologiske mangfoldet, må vi se på hvordan mangfoldet fordeler seg i ulike typer skog med ulike sannsynlighet for framtidig hogst. Vi har i liten grad representative data for artsmangfold som kan benyttes, siden det ikke er gjennomført noen arealrepresentativ kartlegging av arter eller naturtyper i Norge. I dette kapittelet vil vi derfor i hovedsak basere oss på informasjon om miljøegenskaper som sier noe om artenes levesteder. Som grunnlag for våre analyser vil vi bruke Landskogtakseringens kartlegging av skog med viktige livsmiljøer for truede og sjeldne arter, samt deres kartlegging av biologisk gammel skog. Samlet benevner vi disse to variablene som *miljøskog* (se kapittel 2 for beskrivelse av metoder).

I tillegg vil vi benytte data fra Artsdatabanken som viser fylkesvis fordeling av truede og nær truede arter. Disse dataene er imidlertid ikke basert på en standard registreringsinnsats, noe som gjør at artstallene pr fylke ikke er direkte sammenlignbare.

5.1 Miljøskogens fordeling i skog med ulike egenskaper

Viktige livsmiljøer utgjør 22% av arealet av den produktive skogen (inkl. verneområder), mens biologisk gammel skog utgjør drøyt 9 % (**tabell 5**). Disse to overlapper i noen grad; omtrent halvparten av den biologisk gamle skogen har også viktige livsmiljøer tilstede. Det livsmiljøet som dekker størst areal, er liggende død ved (13%), mens ingen andre livsmiljøer dekker over 3% hver. Om lag 10% av arealet utgjøres av skog med flere overlappende livsmiljøer. Siden de fleste typene av viktige livsmiljøer dekker lite areal, vil vi i videre analyser bare se på disse livsmiljøene samlet.

Her vil vi se nærmere på hvordan miljøskogen fordeler seg på ulike regioner og i forhold til viktige skoglige egenskaper. Regioninndelingen følger Granhus et al. (2014) og Søgaard et al. (2012), jf høyre kart i **figur 1**.

Østlandet vest har den høyeste arealandelen med viktige livsmiljøer (28%, som andel av all produktiv skog i regionen), mens Østlandet øst har den laveste (18%). Viktige livsmiljøer er klart vanligere i hogstmoden skog (hogstklasse 5), noe vanligere på høy bonitet, og noe vanligere over 600 m oh, og mindre vanlig i furuskog enn i gran- eller løvskog (**tabell 6**).

Tabell 5 Andel produktiv skog med viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog, samt ulike under typer og kombinasjoner. 95% konfidensintervall er basert på 1000 kjøringer (jf kap. 2).

Ulike typer miljøskog	Andel av produktiv skog	95% konfidensintervall
Viktige livsmiljøer	22,3%	22,1 - 22,4
Biologisk gammel skog	9,4%	9,4 - 9,5
Individuelle livsmiljøer*:		
Stående død ved	2,7%	2,7 - 2,7
Liggende død ved	13,4%	13,3 - 13,5
Rikbarkstrær ^a	0,2%	0,2 - 0,2
Trær med hengelav	2,8%	2,8 - 2,8
Sene løvsuksesjoner	1,5%	1,5 - 1,5
Gamle trær	1,7%	1,7 - 1,7
Skogbrann ^b	0,1%	0,1 - 0,1
Rik bakke	2,7%	2,7 - 2,7
Viktige livsmiljøer overlappende	10%	10,0 - 10,1
Viktige livsmiljøer i biologisk gammel skog	4,6%	4,6 - 4,6

*Bare mulig å regne ut for livsmiljøer med arealutbredelse i datagrunnlaget, jf kap. 2. ^a 41 flater; ^b 5 flater

Arealandelen biologisk gammel skog er omtrent lik i alle regioner unntatt Vestlandet, der den er om lag halvparten av i de øvrige (**tabell 6**). Biologisk gammel skog er logisk nok bare forekommende i hogstmoden skog, og arealandelen øker, som for viktige livsmiljøer, med høydelag. Fordelingen skiller seg fra viktige livsmiljøer ved at biologisk gammel skog er vanligst på lav og middels bonitet, og at den utgjør en større andel av granskogen enn av furu- eller løvskogen (**tabell 6**).

Tabell 6 Andel av produktiv skog med forekomst av viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog. Tallene er oppgitt som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (i parentes), basert på 1000 kjøringer (jf kap. 2).

	Viktige livsmiljøer	Biologisk gammel skog
Regioner		
Østlandet øst	18% (17-19)	10% (9-11)
Østlandet vest	28% (26-29)	10% (9-11)
Vestlandet	21% (19-23)	4% (3-5) ^a
Nordenfjells	25% (24-26)	10% (10-11)
Høydelag		
Under 300 m	20% (19-21)	6% (6-7)
300-600 m	22% (21-24)	11% (10-12)
Over 600 m	27% (25-29)	14% (13-15)
Bonitet		
Lav	21% (20-22)	13% (12-14)
Middels	21% (20-22)	9% (8-10)
Høy	29% (27-31)	1,7% (1,2-2,2) ^b
Boniteringstreslag		
Gran	26% (25-27)	14% (13-15)
Furu	13% (12-14)	8% (7-9)
Løvtrær	26% (25-28)	5% (4-6)
Hogstklasse		
Ungskog (hkl 1+2)	14% (13-15)	-
Produksjonsskog (hkl 3+4)	14% (13-15)	- ^c
Eldre skog (hkl 5)	35% (34-37)	24% (23-25)

Antall flater <50: ^a 48 flater; ^b 24 flater, ^c 1 flate

5.2 Miljøskogens fordeling på verneområder, fjellskog og villmarksskog

Skog som ligger i områder med ulike restriksjoner på skogdrift, vil ikke eller i liten grad bli utsatt for framtidig hogst. Det er følgelig interessant å se i hvilken grad slike områder også dekker skog med egenskaper som er viktige for naturmangfoldet, dvs miljøskog slik vi har definert det.

Verneområder som naturreservater og nasjonalparker tillater ikke skogsdrift, mens landskapsvernområder tillater skogbruk med en del restriksjoner. I fjellskog er det også restriksjoner på hvordan skogbruk kan drives og hvor omfattende hogsten kan være. I villmarkspreget skog, dvs skog minst 5 km unna veier og andre tekniske inngrep (jf INON⁵), har det inntil nylig vært restriksjoner på bygging av skogsveier, slik at skogbruk i disse områdene har vært lite lønnsomt.

Om lag 4,1% av den produktive skogen er vernet gjennom naturmangfoldloven, 2,7% i form av naturreservat eller nasjonalpark, mens ytterligere 1,4% inngår i landskapsvernområder (**tabell**

⁵ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Miljoovervakning/Inngrepsfrie-naturomrader-i-Norge-/Hva-er-INON/>

7). Om vi ser på andre storskala virkemidler eller arealkategorier som medfører eller har medført spesiell forvaltning, dekker fjellskog en stor andel av produktiv skog (17%). Villmarkspreget skog utgjør 3% av det produktive skogarealet (**tabell 7**).

Av arealet som har viktige livsmiljøer eller biologisk gammel skog, ligger en snau fjerdedel i fjellskog, mens rundt 5-7% er i enten strengt vernet skog eller i villmarksskog (**tabell 7**). Det er også et betydelig overlapp mellom virkemiddelkategoriene, ikke minst for fjellskog (**tabell 8**). Det er ellers verdt å merke seg at rundt 72% av arealet med viktige livsmiljøer eller biologisk gammel skog ligger i skog som faller utenfor alle disse virkemidlene.

Arealandelen produktiv skog med viktige livsmiljøer ligger på 22%, mens den er om lag dobbelt så høy (40%) i strengt vernet skog og i villmarkspreget skog (37%) (**tabell 9**). Det er noe overlapp mellom strengt vernet skog og villmarkspreget skog (**tabell 8**), men andelen er omtrent like høy for villmarksskog utenfor verneområder (36%, ikke vist i tabell). Også fjellskog har en høyere arealandel med viktige livsmiljøer enn øvrig skog. Livsmiljøer i skog i landskapsvernområder er derimot på samme nivå som i øvrig skog og kan ikke skilles fra denne statistisk (**tabell 9**).

Både strengt vernet skog (24%), villmarksskog (15%) og fjellskog (12%) har også en statistisk høyere andel biologisk gammel skog enn skog utenfor disse virkemidlene (rundt 9%) (**tabell 9**). Landskapsvernområder har imidlertid mindre biologisk gammel skog enn øvrig skog.

Tabell 7 Arealandel av all produktiv skog, livsmiljøer og biologisk gammel skog som dekkes av ulike forvaltningsvirkemidler. 95% konfidensintervall er angitt i parentes. Summen overstiger 100% fordi virkemidlene overlapper.

	Produktiv skog	Viktige livsmiljøer	Biologisk gammel skog
Strengt vernet skog	2,7% (2,3 - 3,1)	4,9% (3,8 - 6,0)	6,8% (5,1 - 8,5)
Skog i landskapsvernområder	1,4% (1,1 - 1,7)	1,6% (1,0 - 2,4) ^a	0,5% (0,1 - 1,0) ^b
Villmarksskog	3,1% (2,6 - 3,5)	4,9% (3,8 - 6,1)	4,8% (3,4 - 6,3) ^c
Fjellskog	17,1% (16,2 - 18,0)	22,6% (20,5 - 24,9)	22,6% (19,7 - 25,5)
Skog utenfor virkemidlene	80,0% (79,1 - 81,0)	72,5% (70,3 - 74,8)	71,7% (68,7 - 74,7)

Antall flater <50: ^a 27 flater; ^b 5 flater; ^c 41 flater

Tabell 8 Overlapp (%) mellom ulike storskala forvaltningsvirkemidler (summen overstiger 100% noen steder fordi tabellen ikke inkluderer overlapp mellom mer enn to virkemidler). Strengt vernet skog omfatter her naturreservater og nasjonalparker.

	Ikke overlapp	Strengt vernet skog	Skog i landskapsvernområder	Villmarksskog	Fjellskog
Strengt vernet skog	51%	-	0%	25%	40%
Skog i landskapsvernområder	20%	0%	-	24%	68%
Villmarksskog	23%	22%	11%	-	64%
Fjellskog	72%	6%	5%	11%	-

Tabell 9 Andel produktiv skog med viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog i skog i og utenfor ulike forvaltningsvirkemidler: Strengt vernet skog (naturreservat og nasjonalpark), landskapsvernområder, villmarksskog og fjellskog. Fet skrift betyr signifikant p-verdi i Wilcoxon Rank Sum Test ($p < 0,05$). 95% konfidensintervall er gitt i parentes.

	Viktige livsmiljøer	Biologisk gammel skog
Strengt vernet skog vs. ikke	40,3% (34,3-47,2) vs. 21,8% (21,2-22,5)	23,8% (19,7-28,0) vs. 9,0% (8,5-9,5)
Skog i landskapsvernområder vs. ikke	25,9% (18,3-32,5) ^a vs. 22,2% (21,5-22,9)	3,5% (1,2-5,6)^b vs. 9,5% (9,0-9,9)
Villmarksskog vs. ikke	36,5% (30,6-41,7) vs. 21,9% (21,3-22,6)	15,0% (11,1-18,5) vs. 9,3% (8,9-9,8)
Fjellskog vs. ikke	29,5% (27,6-31,4) vs. 20,8% (20,0-21,7)	12,4% (11,1-13,7) vs. 8,8% (8,3-9,3)

Antall flater <50: ^a 27 flater; ^b 5 flater

Selv om villmarkspreget skog ligger langt fra vei, kan den være påvirket av bestandshogst, f.eks. med bruk av helikopterdrift eller flatehogst med utdrift over islagt vann. Det kan derfor være av interesse å se spesifikt på den delen av villmarkspreget skog som er så gammel at den ikke kan ha blitt påvirket av moderne bestandsskogbruk, som ble innført på 1950-tallet.

Hvis man ser på andelen viktige livsmiljøer i hogstklasse 5 i villmarkspreget skog, ligger den på 47% (95% konfidensintervall CI 40-55). Dette er like høyt som hogstklasse 5 i strengt vernet skog, som har 49% (CI 41-56) arealandel viktige livsmiljøer, og klart høyere enn i ordinær skog i hogstklasse 5, der arealandelen er 35% (CI 34-36).

For biologisk gammel skog er arealandelen 16% (CI 10-21) i hogstklasse 5 i villmarkspreget skog. Strengt vernet skog ligger høyere (men med overlappende konfidensintervall), med en arealandel biologisk gammelskog på 26% (CI 19-32). I ordinær skog i hogstklasse 5 er arealandelen 12% (CI 11-13), og konfidensintervallet overlapper med villmarksskog.

5.3 Miljøskogens fordeling på nullområder og områder med ulik hogstsannsynlighet

Ovenfor har vi sett på hvordan miljøskogen fordeler seg på skog med ulike egenskaper og i hvilken grad miljøskog fanges opp i skog der ulike virkemidler utelukker eller begrenser skogsdrift. Her skal vi se i hvilken grad miljøskogen forekommer i skog som i dag ikke regnes som økonomisk interessant å drive (nullområder) og i skog med ulik sannsynlighet for framtidig hogst.

5.3.1 Miljøskogens fordeling på skog i nullområder og øvrig skog

Miljøskogens arealandel fordelt på nullområder og øvrig skog

På landsbasis har skog i nullområder 27% av viktige livsmiljøer og 22% av biologisk gammel skog (**tabell 10**). Det er imidlertid stor variasjon i nullområdenes dekning av miljøskog mellom ulike regioner. Det sentrale Østlandet (øst) har generelt lav arealandel nullområder (**tabell 4**), og disse dekker dermed lite av både viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog i regionen. Nullområdene på Vestlandet og Nordenfjells utgjør henholdsvis 39% og 36% av produktiv skogareal (**tabell 4**) og dekker også en betydelig andel av viktige livsmiljøer (42% og 41%) og biologisk gammel skog (61% og 35%) i disse regionene.

Nullområdene har størst andel av viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog i skog i høydelaget 300-600 m oh (**tabell 10**), trass i at andelen nullområder av produktiv skog er høyest for skog over 600 m oh (**tabell 4**). Bare andel viktige livsmiljøer i nullområder under 300 m oh avviker signifikant fra andelen i nullområder i øvrige høydelag.

Andel viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog i nullområder er klart høyest for skog på lav bonitet (**tabell 10**), so også har størst andel nullområder for produktiv skog (**tabell 4**). Nullområdene har også forholdsvis stor andel av viktige livsmiljøer for ungskog og eldre skog (**tabell 10**), mens andelen biologisk gammel skog i nullområder er lavere enn andelen nullområdene utgjør av eldre skog (**tabell 4**). Generelt har nullområdene noe større andel av viktige livsmiljøer enn nullområdenes andel av produktiv skog skulle tilsi, mens andel av biologisk gammel skog i nullområder med få unntak er omtrent som eller litt lavere enn nullområdenes andel av produktiv skog (**tabell 10**, **tabell 4**).

Tabell 10 Andel miljøskog (viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog) fordelt på produktiv skog i og utenfor nullområder, for hele landet, ulike regioner, høydelag og ulike skoglige egen-skaper.

	Viktige livsmiljøer		Biologisk gammel skog	
	Nullområder	Øvrig skog	Nullområder	Øvrig skog
Hele landet	27% (25-28)	73% (71-75)	23% (22-24)	77% (76-78)
Regioner				
Østlandet øst	10% (8-11)	90% (88-92)	8% (6-10) ^b	92% (90-94)
Østlandet vest	26% (23-29)	74% (70-77)	23% (19-28)	77% (72-81)
Vestlandet	42% (37-47)	58% (53-63)	61% (50-71) ^c	40% (29-50) ^e
Nordenfjells	41% (37-44)	59% (56-63)	35% (31-40)	65% (61-70)
Høydelag				
Under 300 m	21% (19-23)	79% (77-81)	20% (14-26)	80% (74-86)
300-600 m	34% (30-36)	66% (63-70)	25% (20-29)	75% (70-80)
Over 600 m	32% (28-35)	68% (65-72)	23% (18-28)	77% (72-82)
Bonitet				
Lav	44% (41-47)	56% (53-59)	26% (22-31)	73% (69-78)
Middels	23% (20-25)	77% (75-80)	20% (15-24)	80% (76-84)
Høy	5% (3-6) ^a	95% (94-97)	- ^d	87% (75-100) ^f
Hogstklasser				
Ungskog (hkl 1+2)	41% (36-46)	59% (54-64)	-	-
Produksjonsskog (hkl 3+4)	11% (9-13)	89% (87-91)	-	-
Eldre skog (hkl 5)	32% (30-34)	68% (66-70)	23% (20-26)	77% (74-80)

Antall flater <50: ^a 20 flater, ^b 27 flater, ^c 29 flater, ^d 2 flater, ^e 19 flater, ^f 22 flater

5.3.2 Miljøskogens fordeling på områder med ulik hogstsannsynlighet

Arealandelen skog med viktige livsmiljøer og høy hogstsannsynlighet er høyere (43%) enn for øvrig skog uten slike livsmiljøer (33%) (**tabell 11**). Skog med viktige livsmiljøer har høyest andel med høy hogstsannsynlighet for Østlandet øst (60%) og lavest for Vestlandet (21%). Andelen med høy hogstsannsynlighet avtar noe med høyden over havet, men øker fra lav til høy bonitet. Andelen med høy hogstsannsynlighet er som ventet svært lav for ungskog, men helt lik for produksjonsskog og eldre skog.

På landsbasis har biologisk gammel skog mye høyere andel (67%) med høy hogstsannsynlighet enn øvrig skog (32%) (**tabell 12**). Også for biologisk gammel skog er andelen med høy hogstsannsynlighet høyest for Østlandet øst (81%) og lavest for Vestlandet (21%), mens også Østlandet vest og Nordenfjells har høy andel (hhv 66% og 63%) biologisk gammel skog med høy hogstsannsynlighet. Andelen biologisk gammel skog med høy hogstsannsynlighet er høy for alle høydelag (63%-74%), høyest for skog på 300-600 m oh. Andelen med høy hogstsannsynlighet øker fra lav (66%) til høy bonitet (100%), og den ligger på 70% for eldre skog (ikke meningsfylt for andre hogstklasser).

Skog med høy sannsynlighet for hogst er i liten grad vernet i naturreservater eller nasjonalparker (strengt vern) (**tabell 13**). Mindre enn 1% av miljøskogen (viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog) i skog med høy hogstsannsynlighet er sikret ved slikt vern.

Tabell 11 Arealandel skog ulik hogstsannsynlighet for skog med viktige livsmiljøer og øvrig skog for hele landet, samt for skog med viktige livsmiljøer fordelt på geografiske regioner, høyde over havet og ulike skoglige egenskaper.

	Hogstsannsynlighet		
	Høy	Middels	Lav
Hele landet			
Viktige livsmiljøer	43% (41-44)	33% (31-34)	24% (23-26)
Øvrig skog	33% (32-34)	39% (38-40)	29% (28-30)
Regioner			
Østlandet øst	60% (57-63)	21% (18-23)	20% (17-22)
Østlandet vest	44% (40-47)	37% (33-40)	19% (17-22)
Vestlandet	21% (17-25)	41% (36-46)	38% (33-43)
Nordenfjells	38% (35-41)	36% (33-39)	26% (23-29)
Høydelag			
Under 300m	49% (46-51)	32% (29-34)	20% (18-22)
300-600m	43% (40-46)	28% (24-31)	29% (26-32)
Over 600m	37% (33-40)	40% (36-44)	24% (20-27)
Bonitet			
Lav	29% (27-32)	41% (38-44)	30% (27-32)
Middels	43% (43-49)	30% (27-32)	24% (22-26)
Høy	69% (66-73)	20% (17-23)	11% (9-13)
Hogstklasser			
Ungskog (hkl 1+2)	2,8% (1,4-4,2) a	31% (27-35)	66% (62-71)
Produksjonsskog (hkl 3+4)	50% (46-53)	32% (29-36)	18% (15-21)
Eldre skog (hkl 5)	50% (47-52)	33% (30-35)	18% (16-19)

Antall flater <50: a 13 flater

Tabell 12 Arealandel skog med ulik hogstsannsynlighet for biologisk gammel skog og øvrig skog i hele landet, samt for biologisk gammel skog fordelt på geografiske regioner, høyde over havet og ulike skoglige egenskaper.

	Hogstsannsynlighet		
	Høy	Middels	Lav
Hele landet			
Biologisk gammel skog	67% (65-69)	19% (17-22)	14% (12-15)
Øvrig skog	32% (31-33)	39% (38-40)	29% (29-30)
Regioner, all produktiv skog			
Østlandet øst	81% (78-84)	8% (6-10) ^d	11% (8-13) ^h
Østlandet vest	66% (61-71)	24% (19-28) ^e	10% (7-13) ⁱ
Vestlandet	21% (11-30) ^a	60% (50-71) ^f	19% (10-27) ^j
Nordenfjells	63% (59-67)	22% (18-26)	15% (12-18) ^k
Høydelag			
Under 300m	72% (66-79)	19% (13-24)	10% (6-13) ^l
300-600m	74% (69-79)	14% (10-18)	12% (9-16) ^m
Over 600m	63% (57-69)	21% (15-26)	16% (12-21) ⁿ
Bonitet			
Lav	66% (61-70)	20% (16-23)	15% (11-18)
Middels	72% (67-77)	16% (12-20) ^e	12% (9-15) ^o
Høy	96% (89-100) ^b	- ^g	- ^c
Hogstklasser			
Ungskog (hkl 1+2)	- ^c	- ^c	- ^c
Produksjonsskog (hkl 3+4)	- ^c	- ^g	- ^c
Eldre skog (hkl 5)	70% (67-73)	17% (14-20)	13% (10-15)

Antall flater <50: ^a 10 flater, ^b 23 flater, ^c 0 flater, ^d 28 flater, ^e 48 flater, ^f 29 flater, ^g 1 flate, ^h 38 flater, ⁱ 23 flater, ^j 9 flater, ^k 40 flater, ^l 32 flater, ^m 42 flater, ⁿ 36 flater, ^o 39 flater

Tabell 13 Produktiv skog med høy hogstsannsynlighet og dekning av miljøskog i naturreservater og nasjonalparker (strengt vern). Produktiv skog med høy hogstsannsynlighet utgjør totalt 28 551 km². Areal i km².

	Totalt areal	Skog utenfor strengt vern	Strengt vernet skog	Andel strengt vernet
Viktige livsmiljøer	9 141	9 090	51	0,56%
Biologisk gammel skog	5 233	5 190	42	0,81%

5.3.3 Miljøskog og rødlistearter i skog

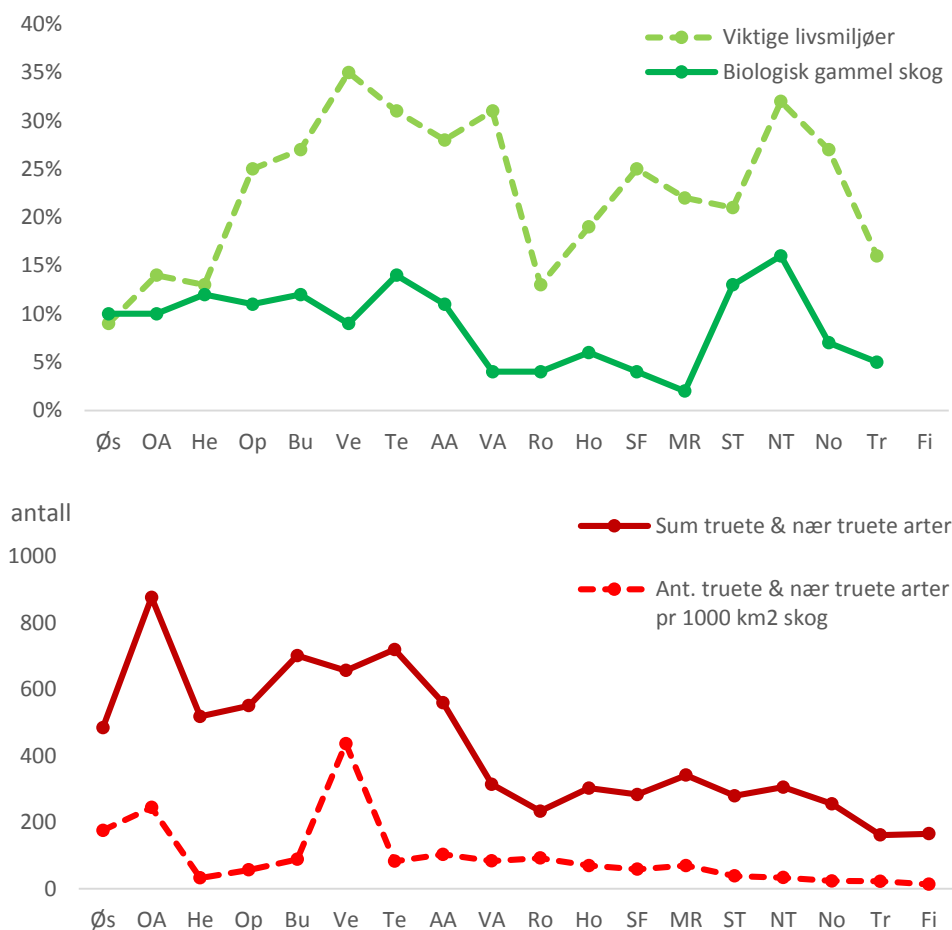
Skog med viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog, her kalt miljøskog, representerer viktige ressurser for mange arter i skog. Ovenfor har vi sett på hvordan fordelingen av slik miljøskog varierer med regioner og viktige skoglige egenskaper, og i hvilken grad slik skog kan være utsatt for avvirkning i kommende år. Fordelingen av slike ressurser for arter er imidlertid ikke det samme som fordelingen av artene. Registrerte forekomster av rødlistearter i skog fordelt på fylker, kan gi oss et annet bilde av hvordan skogens biologiske mangfold er fordelt. Forekomstdataene for arter kan imidlertid ikke knyttes direkte til skog i nullområder eller med ulik hogstsannsynlighet.

Arealandelen med viktige livsmiljøer i produktiv skog er høyest ($\geq 25\%$) i fylkene Oppland – Vest-Agder, Sogn og Fjordane, Nord-Trøndelag og Nordland (**figur 11**). Andelen med biologisk gammel skog er generelt lavere, med $\geq 12\%$ for Hedmark, Buskerud, Telemark og Trøndelag. Registrerte forekomster av truete og nær truete arter i fylkene viser ingen klar sammenheng med andel miljøskog. Generelt er det registrert flest slike arter i skog på det sentrale Østlandet, der spesielt Østfold, Oslo og Akershus, og Vestfold har mange arter i forhold til fylkenes skogareal (**figur 11**). Generelt har skogen på det sentrale Østlandet heller lav andel av miljøskog (**tabell 6**). Av fylkene med flest truete og nær truete arter pr skogareal er det bare Vestfold som har forholdsvis stor andel viktige livsmiljøer i skog.

Mangelen på sammenfall i forekomsten av miljøskog med høy hogstsannsynlighet og forekomst av registrert truete og nær truete arter i skog kan skyldes flere forhold. Dels kan forekomsten av slike arter være knyttet mer til innvandringshistorien for artene eller til de spesielle naturforholdene (klima, berggrunn) på det sentrale Østlandet enn til skogtilstanden og forekomsten av miljøskog. Registreringsinnsatsen vil også være størst i tett befolkete områder, og registreringene vil dermed ikke reflektere artenes faktiske utbredelse fullt ut.



Langkjuke (Gloeophyllum protractum), angitt som sårbar (VU) i Norsk rødliste 2010, på furu i Engerdal, Hedmark. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson



Figur 11 Andel miljøskog i produktiv skog, registrert forekomst av truede og nær truede arter (Kålås et al. 2010) og antall slike arter pr 1000 km² skog for de enkelte fylkene. Arealet av skog for slike arter omfatter både produktiv og uproduktiv skog og er beregnet fra skogsignaturen i kartserien N50. Samlet andel miljøskog i Oslo og Akershus er beregnet som et veid gjennomsnitt for hver av fylkene. Finnmark mangler data for forekomst av miljøskog.

6 Behov for justerte virkemidler for naturmangfoldet i skog

6.1 Virkemidler for sikring av naturmangfoldet ved økt avvirkning

Ved årlig avvirkning av opp mot 15 mill. m³ virke vil trolig en stor andel av hogstmoden skog bli vurdert for hogst. Tilgangen på hogstmoden skog så vel som de tekniske og økonomiske forutsetningene for lønnsom drift vil imidlertid variere betydelig mellom ulike geografiske regioner, høydelag og skogtyper (jf gjennomgangen over). Også verdiene knyttet til naturmangfoldet i skogen og i hvilken grad disse verdiene alt er sikret ved vern, varierer over landet.

Naturmangfoldet varierer med skogtyper, miljøforhold, høydelag og geografi. Hvor framtidig avvirkning vil finne sted i ulike regioner og skogtyper – og hvordan avvirkningen vil skje, vil dermed ha ulike konsekvenser for naturmangfoldet i skogen. Dette medfører behov for å vurdere om dagens virkemidler for å ta vare på naturmangfoldet i skog bør justeres eller suppleres.

Dagens skogvern og andre bevaringstiltak for naturmangfoldet

Områder som er vernet etter naturmangfoldloven omfatter i dag vel 4% av produktiv skogareal (jf **tabell 7**), hvorav 2,7% i naturreservater og nasjonalparker der regulært skogbruk ikke skal forekomme. I en evaluering av norske verneområder viste Framstad et al. (2010) at verneområdene har svak dekning i lavlandet, spesielt for vegetasjonssonene nemoral, boreonemoral og sørboreal. Videre dekker vernete skogområder i liten grad mark med høy bonitet. Naturreservater og nasjonalparker omfatter ca 5% av arealet av viktige livsmiljøer og ca 7% av arealet av biologisk gammel skog (**tabell 7**). Forvaltningsvirkemidler som medfører noen begrensninger på utøvelsen av skogbruk (landskapsvernområder, villmarksskog, fjellskog), dekker til sammen rundt 22% av både viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog. Selv om andelen av slike livsmiljøer er større i verneområdene enn i produktiv skog for øvrig (**tabell 9**), er likevel det aller meste av arealet av disse livsmiljøene i produktiv skog der det i hovedsak drives regulært skogbruk.

I tillegg til bevaringstiltak etter naturmangfoldloven har også skognæringen iverksatt miljøtiltak som er gunstig for bevaring av deler av naturmangfoldet. Skoglovens forskrift for bærekraftig skogbruk (Lovdata 2006) spesifiserer en del miljøhensyn som må tas i skogbruket, dels knyttet til sluttavvirkning, dels til ulike kulturtiltak. Tilsvarende og noe mer omfattende krav er nedfelt i skogbrukets miljøstandard for sertifisering av bærekraftig skogbruk (PEFC 2015). Disse kravene omfatter tiltak som avsetting av nøkkelbiotoper (MiS-områder), livsløpstrær på/ved hogstflater, kantsoner mot vassdrag og våtmark, samt hensynsområder for rovfugl, ugler og tiurleiker. Særlig avsetting av nøkkelbiotoper er viktig for artsmangfoldet i skog, siden disse normalt ikke utsettes for hogst (jf også Sverdrup-Thygeson et al. 2014b). For øvrige tiltak vil ulike grader av uttak av trær kunne finne sted, så lenge tiltakets hensikt med bevaring av spesifiserte økologiske funksjoner blir ivarettatt.

Økt skogvern

Generelt er skogvernet i Norge fremdeles utilstrekkelig for å sikre nok arealer av et representativt utvalg av norsk skognatur (jf Framstad et al. 2010). I følge Aichi-mål 11 (<https://www.cbd.int/sp/targets/>) skal partene i Konvensjonen for biologisk mangfold sikre, ved vern eller andre effektive bevaringstiltak, minst 17% av land- og ferskvannsarealer som er viktige for biologisk mangfold og økosystemtjenester. Samlet omfatter skog vernet i naturreservater og skog som inngår i nasjonalparker og landskapsvernområder (vern etter naturmangfoldloven), nå vel 4% av produktiv skog (**tabell 7**). I tillegg kommer skogeierens avsetninger av nøkkelbiotoper (MIS-områder) som oppfølging av skogbrukets egne miljøkrav. Disse nøkkelbiotopene utgjør i dag 56 227 ha (tabell 3 i kap. 5, Tomter og Dalen 2014), eller 0,7% av produktiv skogareal.

Vesentlig større skogarealer (nær 31% av produktiv skog) har ulike begrensninger på ordinær skogsdrift (Søgaard et al. 2012), men det meste av dette gjelder fjellskog og kantsoner mot

vassdrag, våtmark og kulturlandskap, der disse begrensningene bare gir en viss beskyttelse av naturmangfoldet. Mindre enn én prosent av miljøskogen med høy hogstsannsynlighet er vernet – de øvrige 99% er utenfor (jf **tabell 13**).

Det er også en rekke kjente forekomster av skog med høye naturverdier uten tilstrekkelig vern, se f.eks. en sammenstilling gjort av naturvernorganisasjonene (Myhre 2012). Samtidig tilbyr mange skogeiere arealer til vurdering under ordningen for frivillig skogvern. Det er dermed både et klart behov for mer skogvern, flere kjente kandidatområder med store naturverdier og et betydelig tilbud av ulike områder for frivillig skogvern. Begrensningene for å lykkes med et godt skogvern synes i hovedsak å være tilgangen på offentlige midler for å betale erstatninger, samt begrenset registrerings-, utrednings- og saksbehandlingskapasitet i fagmiljøene og forvaltningen.

Hvorvidt eventuell framtidig økt avvirking til 15 mill. m³ tømmer vil komme i konflikt med Aichi-målet om å sikre minst 17% av skogarealet ved vern og andre bevaringstiltak på nasjonalt nivå, er vanskelig å vurdere. Det er imidlertid nokså åpenbart at et slikt avvirkningsmål vil gjøre det vanskelig å oppnå tilstrekkelig og representativt vern av ulike skogtyper i de sentrale skogdistriktene på Østlandet, der det allerede er vanskelig å finne nok arealer av f.eks. produktiv lavere-liggende skog som ikke alt er sterkt påvirket av moderne skogbruk. En differensiering av virkemidlene i skogvernet mellom ulike regioner vil derfor være nødvendig (jf nedenfor).

Sikring av restbiotoper av plukkhogd skog

Viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog er klart overrepresentert i villmarkspreget skog og fjellskog, sammenlignet med ordinær skog. Slik skog er ikke nødvendigvis uberørt, siden både historiske og moderne inngrep (som helikopterdrift eller hogst med utdrift over islagt vann) kan ha påvirket skogen, men tidligere plukkhogd skog som står uten nyere hogstinngrep vil utvikle seg mot et økende naturskogspreg (Jönsson et al. 2009). Våre analyser indikerer da også at andelen viktige livsmiljø i slik villmarkspreget skog er på høyde med arealandelen livsmiljø i naturreservat og nasjonalparker (kap. 5.2).

Studier peker på at flere naturskogsegenskaper, som treslagenes aldersfordeling og forekomst av langt nedbrutt død ved, kan oppnås omlag 100 år etter plukkhogstens opphør, avhengig av bonitet og tidligere hogstintensitet (Storaunet et al. 2000, 2005, Jönsson et al. 2009). Dermed er miljøtilstanden i slik eldre plukkhogd skog, uten nyere hogstpåvirkning, svært ulik miljøtilstanden i skog som nylig har vokst seg inn i hogstklasse 5 etter en tidligere flatehogst. En ny studie viser at gammel kulturskog og gammel naturskogspregd skog skiller seg i både horisontal og vertikal skogstruktur målt ved flybåren laser, og at dette er kan gi kostnadseffektiv kartlegging av gamle naturskogsnære skogbestand over store områder (Sverdrup-Thygeson et al. manuskript).

Ettersom den gamle, plukkhogde skogen nå suksessivt blir avvirket med moderne bestandshogst, er skog upåvirket av åpne hogstformer raskt avtakende i Norge (Vennesland et al. 2006, Storaunet & Rolstad 2015). Rolstad & Storaunet påpeker at «med dagens avvirkningstakt vil det meste av naturskogen erstattes av kulturskog de neste 50 årene, når vi ser bort fra skogreservater og nøkkelbiotoper». Samtidig peker en rekke studier på betydningen av gammel naturskogspregd skog, både restbiotoper og restaurert gammelskog, for biologisk mangfold og økosystemtjenester. For eksempel viser studier fra fjellskog i Sverige at artsrikdom og forekomst av rødlistede vedsopparter er større i veiløse landskap (Magnusson et al 2014), mens en norsk rapport har pekt på at det er flere livsmiljøer for rødlistede arter i skog som er ulønnsom å drive, når den ligger langt fra vei (Bollandsås et al. 2004b, side 22). Også Rolstad & Storaunet påpeker at hogst av gjenværende rester av naturskog som resultat av en betydelig økt avvirkning «kan få betydelige negative konsekvenser for et stort antall sjeldne vedlevende sopper».

Restaureringsbiotoper

Dagens skogområder med særlig verdi for naturmangfoldet kan grovt sett deles i to hovedtyper (se f.eks. Framstad et al. 2008). Noen områder er fremdeles forholdsvis lite påvirket av moderne skogbruk og har stor verdi som naturnær gammelskog (jf over). Disse finnes typisk mest i høye-

religgende områder og på mindre produktiv mark. Andre skogområder kan være betydelig påvirket, men de kan likevel ha store naturverdier knyttet til spesielle forhold ved terreng, berggrunn og klima. Ofte finnes slike områder som små rester i lavlandet, nærmere folketette områder. Påvirkete skogområder med store faktiske eller potensielle naturverdier, kan få økt verdi ved hensiktsmessige restaureringstiltak. Her vil aktuelle restaureringstiltak omfatte utvikling av en mer naturnær treslagssammensetning og aldersstruktur, samt økt tilgangen på nøkkelressurser som grov død ved i ulike nedbrytningsstadier og fristilte store/gamle løvtrær (Halme et al. 2013). Også restaurering av hydrologien i drenert sumpskog og våtmarker og tiltak for å gjenopprette naturlige kretsløp av næringsstoffer vil være viktig for å sikre robuste skogøkosystemer. Kunnskapen om naturlige kretsløp av næringsstoffer og tiltak for å gjenopprette disse, er imidlertid mangelfull.

For at restaureringstiltak best mulig skal bidra til robuste leveområder for truede arter, må også artenes muligheter for etablering fra eksisterende leveområder vurderes. Her vil både mengden av egnete leveområder i landskapet og spredningsmulighetene (konnektiviteten) mellom leveområdene ha avgjørende betydning (Kouki et al. 2012). I et slikt landskapsperspektiv vil restaurering av påvirkete områder mellom etablerte verneområder kunne bidra til å øke konnektiviteten mellom verneområder og dermed gjøre systemet av skogvernområder mer robust (Framstad et al. 2012, Tambosi et al. 2014, Halme et al. 2013). Restaurert gammelskog i Europa har vist seg å fungere som habitat og spredningssenter for arter tilknyttet gammel skog (Vandekerckhove et al. 2011).

Miljøhensyn ved slutthogst

Skogbrukets miljøstandard for bærekraftig skogbruk setter krav til hensyn som skal tas ved slutthogst (jf over). Uavhengige evalueringer av effektene av disse miljøkravene i skogbruket viser at de har en positiv effekt på naturverdiene i skogen (Elbakidze et al. 2011, Johansson et al. 2013, Sverdrup-Thygeson et al. 2005, 2008). Imidlertid viser evalueringer også at ikke alle deler av miljøkravene følges opp like godt overalt (Sverdrup-Thygeson et al. 2004, 2005). Dette gjelder særlig mangelfull gjensetting av egnete livsløpstrær, ødeleggelse av grov død ved og utilstrekkelig hensyn til sumpskog. Studier peker også på ulike utfordringer ved dagens nivå av miljøhensyn, som at nøkkelbiotopene er små og har lite kjerneareal (Aune et al. 2005) og at flere organismegrupper og prosesser først gavnes ved høyere nivå av gjensatte trær (Gustafsson et al. 2010). Vi vet heller ikke om den økende mengden død ved i kulturskog kan erstatte den døde veden i det stadig mindre arealet med naturskog, når det gjelder hvilke arter av f.eks. sopp som kan utnytte den (Storaunet & Rolstad 2015).

Ved eventuell økt avvirkning opp mot 15 mill. m³ tømmer vil trolig skogen bli drevet vesentlig mer intensivt enn i dag, ikke minst i de sentrale skogbruksområdene på Østlandet og i Trøndelag. Dette vil øke presset for høsting av restarealer og trær av lavere kvalitet, dvs skogressurser som nå i stor grad får bli stående som bidrag til naturmangfoldet. Det er følgelig et behov for å vurdere om enkelte miljøkrav bør skjerpes for å sikre viktige ressurser for naturmangfoldet i skoglandskapet. Spesielt vil en økt gjensetting av nøkkelbiotoper og livsløpstrær ha stor betydning i et skoglandskap som ellers vil være preget av intensiv drift. Press for å ta ut mest mulig av tømmerressursene i en gitt drift kan dessuten føre til økt tendens til brudd på dagens miljøkrav. Dette tilsier behov for å øke kontrollen med etterlevelsen av miljøkravene og ev. å skjerpe sanksjonene ved gjentatte brudd på kravene.

6.2 Behov for regional tilpassing av virkemidlene

Både med dagens avvirkningsnivå og skogbrukspraksis og ved en framtidig mulig økt avvirkning er det og vil det være store regionale forskjeller. Dette tilsier at hovedstrategiene skissert over, må vektlegges forskjellig i ulike regioner.

Sentrale skogbruksstrøk i Sørøst-Norge

En stor andel av tilgjengelig hogstmodent tømmervolum finnes i dag på det sentrale Østlandet, og denne andelen vil øke i kommende tiår. Dette er etablerte skogstrøk med gode driftsforhold og intensiv skogsdrift. Selv om denne regionen ikke har særlig høy andel viktige livsmiljøer eller biologisk gammel skog, har det sørøstlige Norge svært mange rødlistearter knyttet til skog. Her vil særlig tre ulike strategier være viktige for å bevare naturmangfoldet i skog:

- Gjenværende rester av gammel naturskog som ikke tidligere er flatehogd og som ellers har nødvendige naturkvaliteter, bør sikres ved vern.
- Restaureringsbiotoper bør opprettes for skogtyper og skogtilstander som er kraftig redusert i forhold til naturlig forekomst i regionen eller som har redusert kvalitet på grunn av påvirkning siste 100 år. Dette gjelder spesielt rike skogtyper i lavlandet, som edelløvskog, kalkskog, rik sumpskog, samt barskog på høy bonitet i det sørøstlige Norge (jf Framstad et al. 2010, Blindheim et al. 2010, Halme et al. 2013).
- På de arealene der skogen drives, og som etter hvert vil gjennomgå en ny runde med flatehogst, vil det være viktig å opprettholde og om mulig skjerpe skogbrukets egne miljøtiltak som avsetting av nøkkelbiotoper, kantsoner og livsløpstrær. Ved økt press for uttak av tømmerressursene vil det trolig være behov strengere kontroll av at miljøtiltak etter skogforskriften og skogbrukets egne miljøkrav faktisk etterleves.

Mindre tilgjengelige områder utenfor sentrale skogbruksstrøk

- I høyereliggende og kuperte strøk på Østlandet og i Trøndelag, så vel som på Vestlandet og i store deler av Nord-Norge vil forholdsvis stor andel av tilgjengelig hogstmoden skog være lite lønnsom å avvirke med dagens rammebetingelser. Samtidig er dette arealer med høy forekomst av viktige livsmiljøer og gammel skog. Det gjelder ikke minst for betydelige arealer med villmarkspreget skog og til dels fjellskog, som har viktige naturverdier. Her vil det være mulig å sikre slike naturverdier på en kostnadseffektiv måte ved økt skogvern.

Bratte kyststrøk med plantet skog

- På Vestlandet og i Nord-Norge er betydelige arealer plantet til med fremmede treslag eller provenienser. Slik skog har generelt lave naturverdier og bør derfor kunne avvirkes. I den grad slik skog står i bratt og vanskelig terreng, vil det imidlertid ofte være aktuelt å bruke spesielle driftsmetoder som taubanedrift og bruk av gravemaskin for å lage tilgangsvéier for hogstmaskin (gravedrift). Disse driftsmetodene kan ha svært uheldige konsekvenser for landskapsbilde og økosystemfunksjoner som sikring mot erosjon, ras og skred, ikke minst i et framtidig klima med store nedbørsmengder på kort tid. Det er derfor behov for utvikling av bedre miljøkriterier for forsvarlig skogsdrift av slik plantet skog i bratt og vanskelig terreng. Som et alternativ kan det være aktuelt å la slik skog stå for å utvikle seg mot gammel skog med mer variert struktur.



Begerfingersopp, Artomyces pyxidatus, på osp ved Losby i Akershus. Foto: Anne Sverdrup-Thygeson

7 Samlet vurdering og konklusjon

I de foregående kapitlene har vi oppsummert hvordan skogbruket med avvirkning og foryngelse av hele bestand prinsipielt sett vil kunne påvirke skogøkosystemene og tilhørende arts mangfold. Vi har også sett på hvor tømmerressursene finnes i dag og de neste tiårene, samt hva slags skog som mest sannsynlig vil bli hogd. Videre har vi sett hvor viktige livsmiljøer for arter og biologisk gammel skog befinner seg, og i hvilken grad slik miljøskog er fanget opp i verneområder og andre forvaltningsområder med redusert skogbruksaktivitet. Endelig har vi sett på i hvilken grad miljøskog faller sammen med skog som har høy eller lav sannsynlighet for framtidig hogst og i hvilken grad dette tilsier behov for å justere virkemidlene for bevaring av skogens naturmangfold. Her oppsummerer vi hovedpunktene fra denne gjennomgangen og gjøre oss noen refleksjoner om hva som kan være nødvendig for å ta bedre vare på naturmangfoldet under krav om økte høsting av biomasse fra skogen.

7.1 Effekter av økt hogst på naturmangfoldet – oppsummering

Skogbrukets påvirkning av naturmangfoldet

Skogbrukets påvirkning av skogens økosystemer og tilhørende arts mangfold er knyttet til avvirkningen og annen høsting av trær, foryngelsestiltak og andre skogkulturaktiviteter, samt infrastruktur og driftsformer. De viktigste effektene på skogøkosystemene og arts mangfoldet av et skjematisk bestandsskogbruk er

- Sterkt forkortet omløpstid med mindre gamle trær og grov død ved, med reduserte livsmuligheter for arter knyttet til slike habitater.
- Endret treslagsfordeling med prioritering av produktive arter som gran og tilplanting av åpne arealer, noe som vil redusere habitattilgangen for mange arter knyttet til gamle løvtrær og lysåpne habitater.
- Endring av jordstruktur, hydrologi og næringsbalanse ved bygging av veier, grøfting, bruk av tunge maskiner og skogsgjødsling. Dette vil ha en rekke ulike effekter på økosystemprosessen, som igjen vil påvirke livsmulighetene for artene.
- Brannbekjempelse som har redusert forekomstene av skogbrann svært mye og dermed tilgangen på brent mark og virke som habitat for spesialiserte arter.
- Endring av skogens landskapsstruktur ved en langt høyere andel av yngre suksesjonsstadier enn i naturskog, en mye mer skjematisk veksling mellom enhetlige skogbestand i ulike aldersklasser, og en fragmentering av biologisk gammel skog ved avvirkning med kort omløpstid og bygging av skogsveier og annen infrastruktur. Dette kan begrense spredningsmulighetene for arter med dårlig spredningsevne.

Tilgang på hogstmoden skog

Avvirkning av skog fra i dag og de nærmeste tiårene vil være avhengig av tilgangen på hogstmoden skog og tilgjengeligheten av denne skogen for økonomisk drivverdig skogbruk.

- Det meste av tømmervolumet som er aktuelt for hogst i dag og årene framover, befinner seg på Østlandet (66%), særlig på det sentrale Østlandet (Østlandet øst i **figur 1**), der andelen av tilgjengelig tømmervolum vil øke fra 38% til 54%. Andelen av gran er også økende, fra 41% til 56% av volumet for hele landet.
- På grunn av vanskelig terreng vil hele 47% av volumet av dagens hogstmodne skog vestpå og nordenfjells kreve spesielle driftsformer som gravehogst og taubanedrift for avvirkning. For Østlandet vil 26% av dagens volum kreve slike spesielle driftsformer.
- Andelen hogstmoden skog som krever spesielle driftsformer, vil være lavere de neste tiårene enn i dag. Andelen av volumet i terrengklasse for ordinær driftsteknikk og mindre enn 500 m fra vei vil øke fra 34% til 53% for hele landet. Mer av hogstmodent tømmervolum vil dermed være økonomisk gunstig å avvirke i kommende tiår enn i dag.

- Potensialet for framtidig økonomisk hogst er størst for det sentrale Østlandet og for eldre granskog på høy bonitet. Tilsvarende vil skog som er uøkonomisk å avvirke (nullområder), i større grad ligge vestpå og Nordenfjells, samt omfatte løvskog på lav bonitet.

Fordeling av miljøskog og artsmangfold

Forekomsten av viktige livsmiljøer for arter, biologisk gammel skog og registrerte rødlistearter varierer over landet.

- Viktige livsmiljøer dekker størst andel av skog på Østlandet vest og Nordenfjells, og mest i eldre, hogstmoden gran- eller løvskog på høy bonitet. Andelen øker med høydelag.
- Biologisk gammel skog dekker størst andel av skog i regioner utenom Vestlandet, for høye-religgende, eldre granskog på lav bonitet.
- Det er relativt høy andel av viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog i verneområder, fjellskog og villmarkspreget skog sammenligne med annen produktiv skog.
- Det er imidlertid registrerte flest rødlistearter i skog for fylkene rundt Oslofjorden.

Miljøskogens forekomst og sannsynlighet for hogst

Sannsynligheten for framtidig avvirkning av miljøskog med viktige livsmiljøer og biologisk gammel skog varierer mellom regioner og ulike skogtyper.

- Nullområder har noe høyere arealandel viktige livsmiljøer (27%) enn økonomisk drivverdig skog (21%), men lik andel biologisk gammel skog (9,5%). Forskjellen mellom nullområder og ordinær drivverdig skog er særlig stor for livsmiljøer på Østlandet. Tilsvarende mønster gjelder for områder med lav hogstsannsynlighet.
- Skog med viktige livsmiljøer som har høy hogstsannsynlighet befinner seg særlig Nordenfjells (37%) og i eldre skog.
- Biologisk gammel skog med høy hogstsannsynlighet befinner seg også særlig Nordenfjells (26% av skogen der) og på lav bonitet generelt (37%), og andelen øker med høydelag (31% over 600 moh).

Sikring av miljøskog ved ulike forvaltningsvirkemidler

Ulike arealbaserte virkemidler for å sikre skogens naturmangfold omfatter verneområder med strengt vern som naturreservater og nasjonalparker uten skogbruk, samt landskapsvernområder, fjellskog og villmarkspregete områder der skogbruk drives med visse restriksjoner. Flere av disse virkemidlene har forholdsvis høy andel miljøskog. Spørsmålet er i hvilken grad de også fanger opp miljøskog med høy hogstsannsynlighet.

- Arealandelen produktiv skog med viktige livsmiljøer ligger på 22%, mens den er om lag dobbelt så høy (40%) i strengt vernet skog og i villmarkspreget skog (37%). Også fjellskog har en høyere arealandel med viktige livsmiljøer enn øvrig skog. Skog i landskapsvernområder derimot, ligger på nivå som øvrig skog.
- Nesten halvparten (47%) av skogen i hogstklasse 5 i villmarkspreget skog har viktige livsmiljøer. Dette er på nivå med strengt vernet skog, som har 49% arealandel viktige livsmiljøer, og klart høyere enn i ordinær skog i hogstklasse 5, der arealandelen er 35%.
- Både strengt vernet skog (24%), villmarksskog (15%) og fjellskog (12%) har en statistisk høyere andel biologisk gammel skog enn skog utenfor disse virkemidlene (rundt 9%). Landskapsvernområder har imidlertid *mindre* biologisk gammel skog enn øvrig skog.
- For biologisk gammel skog er arealandelen 16% i hogstklasse 5 i villmarkspreget skog. Strengt vernet skog ligger høyere, med en arealandel biologisk gammelskog på 26%. I ordinær skog i hogstklasse 5 er arealandelen derimot bare 12%.
- Mindre enn én prosent av miljøskogen med høy hogstsannsynlighet er vernet – de øvrige 99% er utenfor. Dette tilsier behov for økt vern.

Virkemidler for sikring av naturmangfoldet ved økt avvirkning

Eventuell økt avvirkning 15 mill. m³ virke medfører behov for å vurdere om dagens virkemidler for å ta vare på naturmangfoldet i skog bør justeres eller suppleres.

- I Norge har vi 2,7% strengt vernet skog, 0,7% nøkkelbiotoper satt til side av skogbruket, samt en mer uklar arealandel med ulike begrensninger på ordinær skogsdrift. Dette må anses som utilstrekkelig for å tilfredsstille Aichi-målene som beskriver at minst 17% av land- og ferskvannsarealer som er viktige for biologisk mangfold og økosystemtjenester, skal sikres.
- Mindre enn én prosent av miljøskogen med høy hogstsannsynlighet er vernet – de øvrige 99% er utenfor.

Flere tiltak kan vurderes som viktige for å styrke hensynet til naturmangfold og fange opp viktige arealer ved eventuell økt avvirkning:

- Sikring av gjenværende rester av ikke-flatehogd gammelskog og annen skog med lav påvirkningsgrad.
- Restaurering av mer påvirket skog som likevel har store naturverdier knyttet til spesielle forhold ved terreng, berggrunn og klima, men som er kraftig redusert i forhold til naturlig forekomst i regionen eller som har redusert kvalitet på grunn av påvirkning siste 100 år.
- Styrking og økt oppfølging av skogbrukets miljøhensyn.

Det vil også være behov for en regional tilpasning av tiltakene:

- En stor, og økende, andel av tilgjengelig hogstmodent tømmervolum finnes i dag i etablerte skogstrøk med gode driftsforhold i sentrale skogbruksstrøk i Sørøst-Norge. Regionen har ikke særlig høy andel viktige livsmiljøer eller biologisk gammel skog, men har svært mange rødlistearter knyttet til skog. Her vil alle tre strategier beskrevet over være viktige for å bevare naturmangfoldet i skog.
- I høyereliggende og kuperte strøk på Østlandet og i Trøndelag, så vel som på Vestlandet og i store deler av Nord-Norge vil forholdsvis stor andel av tilgjengelig hogstmoden skog være lite lønnsom å avvirke, samtidig som arealene har høy forekomst av viktige livsmiljøer og gammel skog. Det gjelder ikke minst for betydelige arealer med villmarkspreget skog og til dels fjellskog. Her vil det være mulig å sikre slike naturverdier på en kostnadseffektiv måte ved økt skogvern.
- På Vestlandet og i Nord-Norge er betydelige arealer plantet til med fremmede treslag. Disse arealene har begrenset naturverdi. Spesielle driftsmetoder som gravehogst og taubanedrift kan være aktuelt på deler av dette bratte arealet, men det er behov for bedre miljøkriterier for forsvarlig skogsdrift av slik plantet skog i bratt og vanskelig terreng.

7.2 Kan økt høsting av skogbiomasse kombineres med bedre bevaring av naturmangfoldet?

Det er trolig flere motiver for at skogbruket og enkelte myndigheter ønsker å øke avvirkningen av skogen i Norge. Et viktig moment er nok at tilveksten i skogen i dag er vesentlig større enn avvirkningen og at dette tømmervolumet anses som en viktig utnyttet ressurs for skognæringen. Som vi har sett over, er imidlertid mye av skogen utenfor det sentrale Østlandet ikke økonomisk drivverdig med dagens rammebetingelser. Samtidig er det betydelige naturverdier knyttet til disse arealene. Økt avvirkning av denne skogen vil trolig forutsette endring i rammebetingelsene, i hovedsak ulike offentlige tilskudd. Slike tilskudd bør generelt bare gis til tiltak som gir positiv nytte for samfunnet i et helhetlig perspektiv ved bl.a. å ta vare på naturmangfoldet og andre økosystemtjenester, samt å bidra til en bærekraftig utvikling.

Selv om økt avvirkning til 15 mill. m³ tømmer pr år ikke skulle la seg realisere fullt ut med det første, vil behovet for å erstatte fossilt karbon med karbon fra skog og andre biologiske kilder sannsynligvis tilsi betydelig økt uttak av biomasseressurser fra norske skoger i årene framover.

Dette vil øke presset på naturmangfoldet i skogen, noe som tilsier et sterkt behov for bedre kunnskaper som grunnlag for best mulig samlet forvaltning av skogens ulike verdier.

For å kunne foreta gode avveiiinger mellom økt utnytting av biomasseressursene og bevaring av naturmangfoldet trenger vi bedre kunnskap på flere felt:

- Bedre romlig eksplisitt kartlegging av hvor naturverdiene er. Gjennom skogeiernes skogbruksplaner er det forholdsvis god oversikt over skogressursene og viktige livsmiljøer på produktiv skogbruksmark, men vi har fremdeles mangelfull systematisk kartlegging av naturtyper og arters livsmiljøer for skogarealet generelt. Dataene har også begrenset tilgjengelighet for anvendelse i forskning.
- Generelt bedre kunnskap om artsmangfoldet. Det er fremdeles mange svært dårlig kjente artsgrupper i skog, både med hensyn til artenes forekomst og habitatkrav, så vel som deres taksonomi, dvs selve grunnlaget for å forstå artsmangfoldet.
- Bedre kunnskap om artenes sprednings- og bestandsøkologi. Dette er helt sentral kunnskap for å kunne vurdere effektene for artsmangfoldet av de endringene i landskapsstrukturen skogbruket og ulike inngrep fører til.

Skogen inneholder store naturverdier i form av varierte skogtyper og stort artsmangfold, den er en viktig arena for folks friluftsliv og naturopplevelse, og den regulerer sentrale økologiske kretsløp for karbon, vann og andre stoffer. Skogen er også en ressursbase for næringsutvikling. Slike ulike økosystemtjenester fra skogen har vi så langt i liten grad vært i stand til å vurdere og avveie verdiene av på en balansert måte. Tømmerverdiene har hittil framstått som skogens viktigste nytteverdi for samfunnet. Nyere studier tyder imidlertid på at også skogens øvrige økosystemtjenester må tillegges stor verdi for samfunnet (Lindhjem & Magnussen 2012). En fersk studie av betalingsvillighet for skogvern viser f.eks. at publikum verdsetter slikt vern mer enn det offentlige kostnader ved vernet (Lindhjem et al. 2014). Det kan følgelig gi god samfunnsnytte å ta bedre vare på skogens naturmangfold og muligheter for friluftsliv, ikke minst der ordinær skogsdrift er lite lønnsomt i dag eller der skogens naturverdier er store, men sjeldne (jf rike skogtyper i lavlandet).

En mulig strategi for å forvalte skogens varierte verdier på en mer optimal måte kan være å differensiere skogforvaltningen tydeligere over skogarealet (sonering, Triad-tilnærming, se f.eks. Gustafsson et al. (2012), Cote et al. (2010), eller Ranius & Roberge (2011) for et svensk modelleringseksempel). Ved å søke å prioritere tømmerproduksjonen til de aller mest egnede arealene, f.eks. ved en form for plantasjedrift, kan andre skogarealer dels prioriteres for naturmangfoldet og naturopplevelser og dels drives med et mer naturnært skogbruk tilpasset skogens egne økologiske prosesser. Det er imidlertid viktig at også skogområder av særlig verdi for naturmangfoldet prioriteres til bevaring av disse verdiene på egne premisser. Selv om det er betydelige naturverdier i skog som er lite lønnsom å drive, vil det også være høyproduktive skogområder der både skogproduksjon og naturverdier framstår som særlig viktige (se f.eks. Framstad et al. 2011). Her trenger vi både bedre kunnskap om hvordan naturverdiene varierer med ulike skogtyper og andre økologiske forhold, og vi trenger å utvikle bedre mekanismer for å avveie forholdet mellom ulike økosystemtjenester fra skogen.

De ulike økosystemtjenestene fra skogen er begrenset og etterspurt av ulike interesser i samfunnet. Velfunderte avveiiinger mellom disse godene og tjenestene, både til ulik ressursutnytting og andre samfunnsformål, blir viktigere jo større press som legges på skogarealene. Med ny teknologi, forbruksvekst og en stadig økende global befolkning er det liten tvil om at vår påvirkning på skogens økosystemer representerer noe nytt i historien. Vår evne til å se skogens ulike verdier i et langsiktig og overordnet perspektiv vil være avgjørende for skogens framtid.

8 Referanser

- Aber, J.D., Nadelhoffer, K.J., Steudler, P. & Melillo, J.m. 1989. Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. – *BioScience* 39: 378-386.
- Anton-Fernandez, C. & Astrup, R. 2012. Empirical harvest models and their use in regional business-as-usual scenarios of timber supply and carbon stock development. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 27: 379-392.
- Aune, K., Jonsson, B.G. & Moen, J. 2005. Isolation and edge effects among woodland key habitats in Sweden: Is forest policy promoting fragmentation? – *Biological Conservation* 124: 89-95.
- Baumann, C., Gjerde, I., Blom, H.H., Sætersdal, M., Nilsen, J.E., Løken, B. & Ekanger, I. 2001. Miljøregistrering i skog - biologisk mangfold. Håndbok i registrering av livsmiljøer i skog. – Skogforsk, NIJOS og Landbruksdepartementet. Ås.
- Blindheim, T., Thingstad, P.G. & Gaarder, G. (red.) 2010. Naturfaglig evaluering av norske verneområder. Dekning av naturtyper og arter. – NINA Rapport 539. 340 s.
- Bollandsås, O.M., Hoen, H.F. & Lunnan, A. 2004a. Nullområder i skogbruket - en prinsipiell betraktning. – Rapport fra skogforskningen, 4/04. 35 s.
- Bollandsås, O.M., Hoen, H.F. & Lunnan, A. 2004b. Nullområder i skogbruket - vurdering av driftskostnader og miljøverdier. – Rapport fra skogforskningen, 5/04. 22 s.
- Børset, O. 1985. Skogskjøtsel. 1 Skogøkologi. 2 Skogskjøtselens teknikk. – Landbruksforlaget.
- Clemmensen, K.E., Bahr, A., Ovaskainen, O., Dahlberg, A., Ekblad, A., Wallander, H., Stenlid, J., Finlay, R.D., Wardle, D.A. & Lindahl, B.D. 2013. Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest. – *Science* 339: 1615-1618.
- Cote, P., Tittler, R., Messier, C., Kneeshaw, D.D., Fall, A. & Fortin, M.J. 2010. Comparing different forest zoning options for landscape-scale management of the boreal forest: Possible benefits of the TRIAD. – *Forest Ecology and Management* 259: 418-427.
- Efron, B. & Tibshirani, R.J. 1993. An Introduction to the Bootstrap. – Chapman & Hall/CRC.
- Elbakidze, M., Angelstam, P., Andersson, K., Nordberg, M. & Pautov, Y. 2011. How does forest certification contribute to boreal biodiversity conservation? Standards and outcomes in Sweden and NW Russia. – *Forest Ecology and Management* 262: 1983-1995.
- Framstad, E., Blindheim, T. & Hofton, T.H. 2008. Naturfaglige registreringer i forbindelse med vern av skog på Statskog SFs eiendommer. Del 6 Sammenstilling av registreringene 2004-2007. – NINA Rapport 392. 134 s.
- Framstad, E., Blindheim, T., Erikstad, L., Thingstad, P.G. & Sloreid, S.-E. 2010. Naturfaglig evaluering av norske verneområder. – NINA Rapport 535. 214 s.
- Framstad, E., Stokland, J.N. & Hysen, G. 2011. Skogvern som klimatiltak. Verdifulle skogtyper for biologisk mangfold og karbonlagring – NINA Rapport 752. 38 s.
- Framstad, E., Blumentrath, Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2012. Naturfaglig evaluering av norske verneområder. Verneområdenes funksjon som økologisk nettverk og toleranse for klimaendringer. – NINA Rapport 888. 126 s.
- Granhus, A., Hysen, G., Nilsen, J.-E.Ø. 2012. Skogen i Norge. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2005-2009. – Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2012. 85 s.
- Granhus, A., von Lüpke, N., Eriksen, R., Sjøgaard, G., Tomter, S., Anton-Fernandez, C. & Astrup, R. 2014. Tilgang på hogstmoden skog fram mot 2045. – Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2014. 31 s.
- Gustafsson, L., Kouki, J. & Sverdrup-Thygeson, A. 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 295-308.
- Gustafsson, L., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W.J., Brodie, A., Kouki, J., Lindenmayer, D.B., Lohmus, A., Pastur, G.M., Messier, C., Neyland, M., Palik, B., Sverdrup-Thygeson, A., Volney, W.J.A., Wayne, A. & Franklin, J.F. 2012. Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective. – *Bioscience* 62: 633-645.
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J. et al. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. – *Science Advances* 1 (2), e1500052. DOI: 10.1126/sciadv.1500052
- Halme, P., Allen, K.A., Aunins, A. et al. 2013. Challenges of ecological restoration: Lessons from forests in northern Europe. – *Biological Conservation* 167: 248-256.

- Haugland, H., Backer, E.B., Løbersli, E.M., Selboe, O.-K., Gunnarsdottir, H., Granhus, A., Søgaaard, G., Holt Hanssen, K., Terum, T., Lilleng, J. & Sørli, H.A. 2014. Måltrettet gjødsling av skog som klimatiltak – egnede arealer og miljøkriterier. – Miljødirektoratet, M174/2014. 143 s.
- Hilmo, O., Hassel, K., Holien, H., Evju, M. & Nygård, M. Ø. 2014. Biodiversitet i plantefelt med gran (*Picea abies*) og i plantefelt med sitkagran (*P. sitchensis*). En sammenlignende. – NINA Rapport 1031. 49 s.
- Johansson, T., Hjältén, J., de Jong, J. & von Stedingk, H. 2013. Environmental considerations from legislation and certification in managed forest stands: A review of their importance for biodiversity. – *Forest Ecology and Management* 303: 98-112.
- Jonsson, B.G. & Siitonen, J. 2012. Natural forest dynamics. – pp 275-301 in Stokland, J.N., Siitonen, J. & Jonsson, B.G. (eds) *Biodiversity in dead wood*. Cambridge University Press.
- Jönsson, M., Fraver, S. & Jonsson, B.G. 2009. Forest history and the development of old-growth characteristics in fragmented boreal forests. – *Journal of Vegetation Science* 20: 91-106.
- KLIF 2010. Tiltak og virkemidler for økt opptak av klimagasser fra skogbruk. Sektorrapport Klimakur 2020. – Klima- og forurensningsdirektoratet, TA-nr. 256/2010.
- Kouki, J., Hyvärinen, E., Lappalainen, H., Martikainen, P. & Similä, M. 2012. Landscape context affects the success of habitat restoration: large-scale colonization patterns of saproxylic and fire-associated species in boreal forests. – *Diversity and Distributions* 18: 348-355.
- Kuuluvainen, T. 2009. Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in Northern Europe: The complexity challenge. – *Ambio* 38: 309-315.
- Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S., & Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter 2010. – Artsdatabanken, Trondheim. 480 s.
- Larsson, J.Y. & Hylen, G. 2007. Skogen i Norge. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000 – 2004. – Viten fra Skog og landskap 01/2007.
<http://www.skogoglandskap.no/filearchive/viten-1-07.pdf>
- Lindgaard, A. & Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. – Artsdatabanken, Trondheim. 112 s.
- Lindhjem, H., Grimsrud, K., Navrud, S. & Kolle, S.O. 2014. The social benefits and costs of preserving forest biodiversity and ecosystem services. – *Journal of Environmental Economics and Policy*.
<http://dx.doi.org/10.1080/21606544.2014.982201>
- Lindhjem, H. & Magnussen, K. 2012. Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge - NINA Rapport 894. 80 s.
- Lovdata 2006. Forskrift om berekraftig skogbruk. – Lovdata 2006 hefte 8.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593>
- Magnusson, M., Olsson, J. & Hedenås, H. 2014. Red-listed wood-inhabiting fungi in natural and managed forest landscapes adjacent to the timberline in central Sweden. – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29: 455-465.
- Maljanen, M., Jokinen, H., Saari, A., Strömmer, R. & Martikainen, P.J. 2006. Methane and nitrous oxide fluxes, and carbon dioxide production in boreal forest soil fertilized with wood ash and nitrogen. – *Soil Use and Management* 22: 151-157.
- Meld. St. 9, 2011-2012. Landbruks- og matpolitikken. Velkommen til bords. – Landbruks- og matdepartementet. <http://www.regjeringen.no/pages/36314528/PDFS/STM201120120009000DDDPDFS.pdf>
- Moen, A., Dolmen, D., Hassel, K. & Ødegaard, F. 2010. Myr, kilde og flommark. – i Kålås, J.A., Henriksen, S., Skjelseth, S. & Viken, Å. (red.) 2010. Miljøforhold og påvirkninger for rødlistearter. Artsdatabanken, Trondheim.
- Myhre, T. 2012. Skogkur 2020. Redningsplan for Norges unike skoger. – WWF Verdens villmarksfond, Norges naturvernforbund, SABIMA. 33 s.
- Nilsen, J.- E. Ø., Moum, S.O. & Astrup, R. 2010. Indirekte indikatorer – Landsskogtakseringen, i: Nybø (red.) 2010. Datagrunnlaget for "Naturindeks i Norge 2010". – DN-utredning 4-2010.
- Nilsen, P. 2001. Fertilization experiments on forest mineral soils: A review of the Norwegian results. – *Scandinavian Journal of Forest research* 16: 541-554.
- PEFC 2015. Norsk PEFC skogstandard. – PEFC N 02. PEFC Norge.
- Pennanen, J. 2002. Forest age distribution under mixed-severity fire regimes – a simulation-based analysis for middle boreal Fennoscandia. – *Silva Fennica* 36: 213-231.
- Pöyry 2014. Markedsanalyse skognæringen i Norge. – Pöyry management Consulting (Stockholm) AB
<http://www.innovasjon norge.no/PageFiles/992303/MARKEDSANALYSE%20SKOGSN%C3%86RING%20I%20NORGE1610.pdf>

- Ranius, T. & Roberge, J.M. 2011. Effects of intensified forestry on the landscape-scale extinction risk of dead wood dependent species. – *Biodiversity and Conservation* 20: 2867-2882.
- Rolstad, J., Framstad, E., Gundersen, V. & Storaunet, K.O. 2002. Naturskog i Norge. Definisjoner, økologi og bruk i norsk skog- og miljøforskning. – *Aktuelt fra skogforskningen* 1-2002: 1-53.
- Rolstad, J. & Storaunet, K.O. 2015. Vedlevende rødliste-sopper og norsk skogbruk. En kritisk gjennomgang av Norsk Rødliste for Arter 2010. – Oppdragsrapport 05/2015. Norsk institutt for skog og landskap, Ås. 38 s.
- Sandvik, H. 2012. Kunnskapsstatus for spredning og effekter av fremmede bartrær på biologisk mangfold. – DN-utredning 8-2012. 42 s.
- Saure, H.I. 2012. Impact of native and introduced coniferous species on biodiversity in semi-natural coastal vegetation, western Norway. – Doktorgradsavhandling, Universitetet i Bergen.
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. – *Ecological Bulletins* 49: 11-41.
- Shorohova, E., Kneeshaw, D., Kuuluvainen, T. & Gauthier, S. 2011. Variability and dynamics of old-growth forests in the circumboreal zone: implications for conservation, restoration and management. – *Silva Fennica* 45: 785–806.
- Skogstad, P. (red.) 2009. Treteknisk håndbok (Teknisk håndbok 4) – Norsk treteknisk institutt.
- Stokland, J.N., Siitonen, J. & Jonsson, B.G. 2012. Biodiversity in dead wood. – Cambridge University Press.
- Storaunet, K.O., Rolstad, J. & Groven, R. 2000. Reconstructing 100–150 years of logging history in coastal spruce forest (*Picea abies*) with special conservation values in Central Norway. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 591–604.
- Storaunet, K.O., Rolstad, J., Gjerde, I. & Gundersen, V.S. 2005. Historical logging, productivity, and structural characteristics of boreal coniferous forests in Norway. – *Silva Fennica* 39(3): 429–442.
- Storaunet, K. O. & Rolstad, J. 2015. Mengde og utvikling av død ved i produktiv skog i Norge. Med basis i data fra Landsskogtakseringens 7. (1994-1998) og 10. takst (2010-2013). – Oppdragsrapport 06/2015. Norsk institutt for skog og landskap, Ås. 43 s.
- Sverdrup-Thygeson, A., Framstad, E. & Svarstad, H. 2004. Miljørevolusjon i skogen? En evaluering av Levende Skog i sertifisering av norsk skogbruk. – NINA Oppdragsmelding 849. 61 s.
- Sverdrup-Thygeson, A., Borg, P. & Bergsaker, E. 2005. Miljøhensyn på hogstflatene – før og etter Levende skog. – NORSKOG-rapport 2005-1: 55 pp. NORSKOG, Oslo.
- Sverdrup-Thygeson, A., Borg, P. & Bergsaker, E. 2008. A comparison of biodiversity values in boreal forest regeneration areas before and after forest certification. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 236-243.
- Sverdrup-Thygeson, A., Bergsaker, E., Brandrud, T.E., Dale, T., Elsrud, O.E., Rønning, E. & Skuland, S. 2009. Miljøregistrering i Skog (MiS) – utvelgelsesprosessen og skogeiers oppfatning. – NINA Rapport 480. 58 s.
- Sverdrup-Thygeson, A., Søgaard, G., Rusch, G.M. & Barton, D.N. 2014a. Spatial Overlap between Environmental Policy Instruments and Areas of High Conservation Value in Forest. – *PloS ONE* 9(12): e115001. doi:10.1371/journal.pone.0115001
- Sverdrup-Thygeson, A., Bendiksen, E., Birkemo, T. & Larsson, K.H. 2014b. Do conservation measures in forest work? A comparison of three area-based conservation tools for wood-living species in boreal forests. – *Forest Ecology Management* 330: 8-16.
- Søgaard, G., Eriksen, R., Astrup, R. & Øyen, B.-H. 2012. Effekter av ulike miljøhensyn på tilgjengelig skogareal og volum i norske skoger. – Rapport fra Skog og landskap 02/2012. 38 s.
- Tambosi, L.R., Martensen, A.C., Ribeiro, M.C. & Metzger, J.P. 2014. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. – *Restoration Ecology* 22: 169-177.
- Tomter, S.M. og Dalen, L.S. (red.) 2014. Bærekraftig skogbruk i Norge. – Norsk institutt for skog og landskap. 241 s.
- Vandekerckhove, K., De Keersmaecker, L., Walley, R., Köhler, F., Crevecoeur, L., Govaere, L., Thomas, A. & Verheyen, K. 2011. Reappearance of old-growth elements in lowland woodlands in northern Belgium: Do the associated species follow? – *Silva Fennica* 45: 909–935.
- Vennesland, B., Hobbeltstad, K., Bolkesjø, T., Baardsen, S., Jørn Lileng, J. & Rolstad, J. Skogressursene i Norge 2006. Muligheter og aktuelle strategier for økt avvirkning. – Viten fra Skog og landskap 03/2006 <http://www.skogoglandskap.no/filearchive/5.pdf>
- Wardle, D.A., Jonsson, M., Bansa, S., Bardgett, R.D., Gundale, M.J. & Metcalfe, D.B. 2012. Linking vegetation change, carbon sequestration and biodiversity: insights from island ecosystems in a long-term natural experiment. – *Journal of Ecology* 100: 16-30.

- Øyen, B.-H. 1998. Skogbrann i Norge de siste 200 år. – Oppdragsrapport fra Norsk institutt for skogforskning 8/98. 30 s.
- Aarrestad, P.A., Bendiksen, E., Bjerke, J.W., Brandrud, T.E., Hofgaard, A., Rusch, G. & Stabbetorp, O.E. 2013. Effekter av treslagsskifte, treplanting og nitrogengjødsling i skog på biologisk mangfold. – NINA Rapport 959. 69 s.
- Aarrestad, P.A., Myking, T., Stabbetorp, O.E. & Tollefsrud, M.M. 2014. Foreign Norway spruce (*Picea abies*) provenances in Norway and effects on biodiversity. – NINA Report 1075. 39 s.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2771-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger