



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Fjellskoghogst – produksjon, foryngelse og økonomi

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 72 | 2020



Aksel Granhus<sup>1</sup>, Micky Allen<sup>1</sup>, Erling Bergsaker<sup>2</sup>

NIBIO, Divisjon for skog og utmark<sup>1</sup> NORSKOG<sup>2</sup>

**TITTEL/TITLE**

Fjellskoghogst – produksjon, foryngelse og økonomi

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Aksel Granhus· Micky Allen· Erling Bergsaker

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
07.05.2020	6/72/2020	Åpen	10599	17/01806
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-02584-9	2464-1162	36	3	

**OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:**

NORSKOG

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Erling Bergsaker

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Fjellskog, fjellskoghogst, lukket hogst, naturlig foryngelse, skogproduksjon, tilvekst

Growth and yield, mountain forest, natural regeneration, partial harvesting

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Skogbruk, skogbehandling

Forestry, forest management

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Sammendrag se side 5

**LAND/COUNTRY:**

Norge

**GODKJENT /APPROVED**

Bjørn Håvard Evjen

NAVN/NAME

**PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER**

Aksel Granhus

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Denne rapporten sammenstiller resultater fra prosjektet «*Fjellskoghogst - er dette en bærekraftig hogstform eller en suksessiv utarming av fjellskogen?*». Analysene fokuserer på bestandsutvikling og tilvekst i grandominert skog hvor det tidligere har vært gjennomført fjellskoghogst, samt foryngelsessituasjonen i de undersøkte skogbestandene. Datamaterialet som er anvendt er dels fra temporære prøveflater som ble etablert i 15 grandominerte bestand på Østlandet, der det var gjennomført fjellskoghogst 13-30 år tidligere. Vi har i tillegg anvendt data fra ett av NIBIO's langsiktige feltforsøk, i et område hvor det ble gjennomført fjellskoghogst på midten av 70-tallet og hvor bestandsutviklingen er fulgt opp med jevnlig revisjoner. Det er med utgangspunkt i dette forsøket også utført økonomiske analyser med hensyn på lønnsomheten av den utførte fjellskoghogsten.

Prosjektet har vært finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket og Skogtiltaksfondet, samt egeninnsats fra deltakerne. Prosjektet har også mottatt en tilleggsbevilgning fra Borregaard AS Forskningsfond, til å samle inn og bearbeide et større antall borprøver fra de temporære prøveflatene enn det som ellers hadde vært mulig.

Innmålingen av de temporære prøveflatene og de økonomiske analysene har vært gjennomført av personale hos NORSKOG. Øvrige beregninger samt bearbeiding av årringprøver og utarbeidelse av instruks for feltarbeidet har vært utført av NIBIO.

Vi retter med dette en stor takk til alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Ås/Oslo, April 2020.

Aksel Granhus  
Avdelingsleder Landsskogtakseringen  
NIBIO

Erling Bergsaker  
Skogsjef  
NORSKOG

# Innhold

Sammendrag .....	5
1 Innledning.....	6
2 Materiale og metode .....	7
2.1 Undersøkelser på temporære flater.....	7
2.1.1 Utlegging av prøveflater - registreringer.....	7
2.1.2 Registrering av foryngelse.....	8
2.1.3 Beregning av bestandskarakteristika og tilvekst.....	8
2.2 Forsøksfeltet i Mannstadlia .....	9
2.2.1 Datamateriale .....	9
2.3 Statistiske analyser .....	10
2.4 Skogøkonomiske analyser .....	11
3 Resultater .....	12
3.1 Temporære flater .....	12
3.1.1 Bestandsutvikling .....	12
3.1.2 Volum- og grunnflatetilvekst.....	15
3.1.3 Foryngelse .....	16
3.2 Forsøksfeltet i Mannstadlia .....	19
3.2.1 Bestandsutvikling .....	19
3.2.2 Volum- og grunnflatetilvekst.....	23
3.2.3 Skogøkonomiske analyser .....	25
4 Diskusjon.....	32
Litteraturliste.....	35
Vedlegg .....	37

# Sammendrag

Vi har i dette prosjektet sett på utviklingen av foryngelse, produksjon og skogstruktur etter utførte fjellskoghogster i granskog på Østlandet. Datamaterialet omfatter 15 bestand der det var utført fjellskoghogst for 13-30 år siden, hvor vi i prosjektet har lagt ut temporære prøveflater for å kunne rekonstruere bestandenes utvikling. Videre har vi sett på utviklingen i et forsøk i Gausdal (Mannstadlia), som består av 16 ruter der det var utført fjellskoghogst i 1974-75. Hovedfokuset er vært å analysere i hvilken grad uttaksstyrke og ulike karakteristika knyttet til gjenstående skogstruktur kan bidra til å forklare variasjonen i produksjon og foryngelse etter hogstene. Videre har vi utført skogøkonomiske analyser for å vurdere økonomien av fjellskoghogstene i Mannstadlia.

Uttaksstyrken i de 15 bestandene der vi etablerte temporære flater var i gjennomsnitt på 49 prosent av grunnflaten, med variasjon fra 20 til 81 prosent. Den gjennomsnittlige volumtilveksten i perioden etter hogst varierte betydelig, men var i gjennomsnitt på  $2.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , dvs. omtrent på nivå med den estimerte produksjonsevnen for ensaldret «bestandsskog» på samme bonitet (G8). Både grunnflate- og volumtilveksten fra hogsttidspunktet og fram til oppmålingene i 2017-2018 var positivt korrelert med grunnflatesummen like etter hogst, og negativt korrelert med grunnflatemiddeldiameteren. Vi fant imidlertid ingen effekt av uttaksstyrken eller tilvekstperiodens lengde regnet fra hogsttidspunktet. Den årlige innvokningsraten (antall trær som har vokst seg større enn diameter 5 cm i brysthøyde, og som fremdeles var i live i 2017-18) var i gjennomsnitt på 4,6 trær  $\text{ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  og var negativt korrelert med grunnflatesum etter hogst. Antallet  $\text{ha}^{-1}$  av utviklingsdyktige bartrær (planter høyere enn 10 cm og inntil 5 cm diameter i brysthøyde) var signifikant høyere i prøveflater der den dominerende vegetasjonstypen var småbregneskog sammenlignet med blåbær- og bærlyngtypen. Vi fant imidlertid ikke en signifikant effekt av verken gjenstående grunnflate eller uttaksstyrke på tettheten av utviklingsdyktig bartreforyngelse.

Kun et fåtall av de undersøkte bestandene der vi la ut temporære flater hadde utviklet en omvendt J-formet diameterfordeling i løpet av de 13-30 årene som hadde gått etter hogstingrepet. I forsøket i Mannstadlia hadde derimot de fleste rutene beholdt eller utviklet en slik diameterfordeling i løpet av de 35 årene fra hogsten og fram til den siste revisjonen i 2010. Vi fant også her en sterk sammenheng mellom volum- og grunnflatetilvekst i perioden mellom ulike revisjoner og grunnflatesum ved starten av tilvekstperioden, og at tilveksten var negativt korrelert med grunnflatemiddeldiameteren. Rekrutteringen av ny foryngelse i forsøket i Mannstadlia var negativt korrelert med gjenstående grunnflate etter hogst.

Gitt den positive korrelasjonen mellom volumtilvekst og grunnflate og den negative korrelasjonen mellom og gjenstående grunnflate etter hogst og antallet nye trær som rekrutteres inn i de lavere diameterklassene, blir det uvegerlig et avveiningssspørsmål hvor mye av volumet en skal ta ut dersom en ønsker å opprettholde både god produksjon og samtidig legge godt til rette for rekruttering av nye trær. Resultatene våre viser at en kraftig tynning resulterte i økt innvoksing av nye trær, men på bekostning av volumtilveksten på bestandsnivå. I forsøket i Mannstadlia ble imidlertid god gjenvekst også oppnådd ved en uttaksstyrke på om lag 55 % av opprinnelig grunnflate. Resultatene fra Mannstadlia tyder på at et uttak i denne størrelsesorden vil medføre at volumet er tilbake på omtrent på samme nivå som før hogst etter om lag 35 år.

I de skogøkonomiske analysene, der vi tok utgangspunkt i de 16 forsøksrutene i Mannstadlia, har vi sammenlignet lønnsomheten av å høste kun en del av kubikkmassen med å alternativt ta ut hele kubikkmassen på en gang. Flatene har hatt noe ulike utgangspunkt i forhold til bestokning før hogst i 1975. For å gjøre sammenlikningen mellom flatene reell, har vi regnet ut den relative verdiøkning som har vært verdi av fjellskoghogsten i 1975 + diskontert verdi av henholdsvis hogsten i 2010 og venteverdien i 2010, relatert til slakteverdien av all skogen per 1975. De rutene som kommer ut med det høyeste tall for denne relative økningen har korrigert for ulikheter i stående volum hatt den beste økonomiske utvikling. Beregningene av verdiutvikling viser, med unntak av noen få ruter, at de utførte inngrepene har gitt et bedre økonomisk resultat for skogeier enn dersom hele kubikkmassen hadde vært tatt ut.

# 1 Innledning

Som følge av landets topografi og langstrakte form, har Norge betydelige arealer i overgangen mellom skog og fjell. Over 20 prosent av det produktive skogarealet kan defineres som fjellskog (Stein Tomter, pers. medd.). Fjellskogen karakteriseres gjerne ved lav produksjonsevne, relativt lave stående volumer per arealenhet, og ofte ugunstige foryngelsesforhold. Andelen eldre produksjonsskog og hogstmoden skog (hogstklasse 4 og 5) er her høyere enn i øvrig skog, og det er også hevdet å være vesentlige verneverdier i denne skogen. Den høye andelen eldre skog betyr at dersom en skal kunne realisere potensialet for økt avvirkning i Norge vil dette også innebære økt avvirkning i fjellskogen. Det er derfor vesentlig at hogst i fjellskogen skjer på en bærekraftig måte, som både sikrer biologiske verdier, foryngelse, og lønnsomhet for skogeier. Fjellskogen behandles også særskilt gjennom føringene i Norsk PEFC Skogstandard. Disse krever at skogbehandlingen her må innrettes mot å opprettholde en høy andel areal med preg av eldre skog (hogstklasse 4 og 5).

Fjellskoghogst er blitt et begrep for en innarbeidet hogstform i høyereliggende skog. Med fjellskoghogst forstås gjerne en form for lukket hogst hvor et preg av eldre skog forsøkes opprettholdt, og hvor det også hogges på en måte som tilrettelegger for naturlig foryngelse. Utførelsen kan variere, men ofte hogges i størrelsesorden 50 % av trærne prioritert mot de største, slik at uttaket regnet i andel av volum gjerne blir enda høyere. Med en forutsetning om naturlig foryngelse, forventes det at inngrepet skal kunne gjentas med noen 10-års mellomrom, avhengig av uttaksstyrken og foryngelsesforholdene. Fjellskoghogst i noe omfang har nå vært drevet etter denne modellen i 30-40 år. De første systematiske undersøkelser av foryngelse og produksjon etter fjellskoghogst i Norge ble gjennomført allerede på 1980-tallet (Nilsen 1988), og omfattet 32 forsøksruter i granskog på Østlandet, som opprinnelig var avvirket på midten av 1970-tallet. Senere er de fleste av de opprinnelige rutene i dette forsøket oppmålt på nytt, og en ny undersøkelse som dekket ca. 25 år etter hogst ble publisert av Øyen og Nilsen (2002). De fant at de fleste trærne hadde reagert med økt tilvekst, mest markert hos mindre og mellomstore trær. Det konkluderes imidlertid med at det er usikkert om rekrutteringen av nye trær er tilstrekkelig til å vedlikeholde en tilfredsstillende produksjon på sikt, og til å opprettholde eventuelt skape en sjiktet bestandsstruktur som er godt egnet for senere selektive hogster. Senere har Lundqvist (2007) analysert tilvekst og etablering av ny foryngelse etter 20 år gamle fjellskoghogster i granskog i Sverige. Resultatene viste at svært kraftige hogstuttak førte til betydelig tilvekstreduksjon uten at tetthetsreduksjonen førte til økt rekruttering av ny foryngelse.

Inntrykket i næringen etter mer enn 30 års erfaring er også variert. Spørsmålet er om fjellskogen utvikler seg som forutsatt etter gjennomført fjellskoghogst? Det er følgelig usikkerhet om den formen for fjellskoghogst vi praktiserer i dag er bærekraftig, og spesielt om vi får den tilveksten på gjensatte trær og den foryngelsen som har vært forventet. Og dersom dette virker etter intensjonen noen steder, men ikke over alt: Hvor virker det i så fall og hvorfor? Generelt kan en si at det er et behov for mere kunnskap om sammenhengen mellom bestandsegenskaper (struktur, tetthet) og egenskaper ved voksestedet (f.eks. vegetasjonstype, fuktighet, lokalklima) og produksjon og foryngelse etter selektive hogster generelt og i fjellskog spesielt. Etter det vi kjenner til, har en heller ikke i våre naboland (Sverige, Finland), med unntak av den nevnte studien (Lundqvist 2007), gjennomført noen systematisk evaluering av foryngelse og produksjon etter fjellskoghogst.

Prosjektets overordnede mål har vært å bidra til økt kunnskap om hvordan dagens former for fjellskoghogst fungerer under ulike forhold. Vi har i prosjektet sett på hvordan foryngelse, produksjon og skogstruktur påvirkes av inngrepsstyrke og aktuelle bestandskarakteristika som kan bidra til å forklare resultatet. Vi har analysert et utvalg bestand der det var utført fjellskoghogst for 13-30 år siden, hvor vi i prosjektet har lagt ut temporære prøveflater for å kunne rekonstruere gjennomsnittlig årlig tilvekst og endringer i stående volum, grunnflatesum og diameterfordeling i tidsrommet etter hogsten. Videre har vi analysert data fra det samme forsøket som tidligere er behandlet av Nilsen (1988) og Øyen og Nilsen (2002), hvor vi nå har kunnet støtte oss på tilfanget av data fra senere revisjoner.

## 2 Materiale og metode

### 2.1 Undersøkelser på temporære flater

Det ble i prosjektet etablert temporære prøveflater i 15 grandominerte bestand der det tidligere har vært utført fjellskoghogst. Kandidatbestand ble identifisert og valgt ut etter kontakt med allmenninger og flere eiere av større skogeiendommer på Østlandet. Hogsten i de utvalgte bestandene hadde skjedd mellom 1989 – 2005, mens oppmålingene ble gjennomført i løpet av perioden juli 2017 til september 2018. Datamaterialet dekker dermed en tilvekstperiode på 13-30 år. Boniteten ut fra skogbruksplaner er  $H_{40}=8$  i samtlige av skogbestandene. Feltarbeidet ble utført av personale fra NORSKOG, ut fra en registreringsinstruks utarbeidet av NIBIO.

Basert på de innsamlede data fra prøveflatene er enkelttrærnes grunnflate og volum beregnet, og utviklingen rekonstruert tilbake til hogståret. Ut fra dette har vi estimert grunnflatetilvekst, volumtilvekst og innvoksing av nye trær, her definert som antallet trær som har vokst seg større en 5 cm i brysthøyde etter hogsten. Det ble videre foretatt registrering av foryngelsen (trær med  $DBH < 5$  cm) i prøveflatene, fordelt på hovedtreslag (gran, furu og lauvtrær). Instruksjonen og en nærmere beskrivelse av de ulike variablene som ble registrert er gjengitt i Vedlegg 1. Vi gir derfor i det følgende kun en overordnet beskrivelse av opplegget for etablering av prøveflatene og registreringsmetodikken.

#### 2.1.1 Utlegging av prøveflater - registreringer

I hvert av de 15 bestandene (Tabell 1) ble det lagt ut fem sirkulære prøveflater, med radius 10 meter. Flatene skulle i henhold til instruksjonen legges ut langs en linje, og om mulig med en jevn avstand mellom de enkelte flatene. Posisjonen til den første prøveflata ble tilfeldig valgt, og avstanden mellom prøveflatene i linja ble tilpasset bestandsstørrelsen, med et minimum på 25 meter (for å unngå overlapping mellom flatene) og maksimalt 50 m. Dersom en ved å følge den forhåndsdefinerte avstanden i linjene havnet på et areal som ikke var representativt (impediment, myr), ble plasseringen av den aktuelle prøveflata flyttet etter regler beskrevet i instruksjonen. I hver prøveflate ble diameter i brysthøyde registrert på alle trær med diameter  $\geq 5$  cm. Høyden (dm) ble målt for to prøvetrær i hver prøveflate, sammen med diameteren i henholdsvis brysthøyde og i stubbehøyde (0,3 meter over midlere bakkenivå). Der det var mulig ble de to prøvetrærne i hver flate valgt tilfeldig blant uskadede individer fra hver av diameterklassene 10-19 cm og  $\geq 20$  cm<sup>1</sup>. Stubber fra hogsten ble registrert med diameter utenpå bark, slik at det senere skulle være mulig å estimere de felte trærnes diameter i brysthøyde ut fra regresjonsfunksjoner med stubbediameter som uavhengig variabel. I de tilfeller der barken hadde falt av ble det lagt til et skjønnsmessig påslag.

For å muliggjøre rekonstruksjon av brysthøydiameter på hogsttidspunktet ble det tatt borprøver av alle prøvetrærne (dvs. inntil 10 per bestand) med tilvekstbor, jf. Vedlegg 2. Borprøvene ble senere analysert på NIBIO's årringlaboratorium.

---

<sup>1</sup> I noen prøveflater var det ikke mulig å få til et utvalg på to prøvetrær, slik at det totalt antallet ble under 10 i noen av bestandene. Det endelige antallet per bestand framgår av Tabell A4 i Vedlegg 3.

Tabell 1. Lokalisering, høyde over havet, hogstår og registreringstidspunkt for de 15 bestandene. Den siste kolonnen viser lengde på perioden som er anvendt i beregningene av total og årlig tilvekst etter hogst.

Bestand	Kommune	H. o. h.	UTM32 (N-S)	UTM32 (Ø-V)	Hogstår	Målt (år/mnd)	Veksts. etter hogst
054_1	Stor-Elvdal	810 m	6847518	579152	2005	2018/07	13
111_0	Stor-Elvdal	820 m	6847341	580750	1991	2018/07	27
161_0	Stor-Elvdal	780 m	6854144	576218	2000	2018/07	18
167_0	Stor-Elvdal	650 m	6840520	604742	1993	2018/07	25
202_0	Stor-Elvdal	840 m	6849711	576341	2002	2018/07	16
225_0	Stor-Elvdal	720 m	6829442	602506	2001	2018/07	17
241_0	Trysil	790 m	6824758	666655	1989	2018/08	30
301_0	Åmot	810 m	6809485	630777	1994	2018/07	24
302_0	Åmot	730 m	6807321	630075	2000	2018/07	18
311_0	Stor-Elvdal	840 m	6801079	605956	1990	2018/08	29
312_0	Stor-Elvdal	820 m	6802599	605363	1990	2018/08	29
322_0	Engerdal	670 m	6845714	645170	2001	2018/08	18
856_0	Ringsaker	640 m	6778131	606193	1995	2017/07	22
Brunsdalen	Trysil	750 m	6831376	659600	1992	2018/08	27
Targallveståsen	Trysil	700 m	6821178	668149	1993	2018/08	26

### 2.1.2 Registrering av foryngelse

Foryngelse (her definert som trær med diameter i brysthøyde <5 cm) ble registrert i fem mindre sirkulære flater (heretter kalt telleflater) innen hver prøveflate. De fem telleflatene hadde en radius på 2,26 m (16 m<sup>2</sup>) og ble lagt ut med en flate i sentrum og fire flater fem meter ut fra sentrum i hver himmelretning (N, Ø, S V). Foryngelse av henholdsvis gran, furu og lauvtrær i hver telleflate ble talt opp, og fordelt på tre størrelsesklasser definert av plantenes høyde og/eller diameter: 1) høyde = 10-29 cm, 2) høyde = 30-129 cm, og 3) høyde ≥ 130 cm og inntil diameter i brysthøyde 5 cm. Andelen nullruter ble bestemt ved å dele telleflatene i fire kvadranter à 4 m<sup>2</sup>, og registrere antall tomme kvadranter. Hellingsretning, hellingsgrad og vegetasjonstypen ble registrert i hver telleflate. For flater der vegetasjonstypen var blåbærskog ble det videre foretatt en inndeling med hensyn på fuktighetsforhold, ved å klassifisere telleflata som enten en tørr, fuktig eller normal utforming av vegetasjonstypen (Larsson 2005).

### 2.1.3 Beregning av bestandskarakteristika og tilvekst

Med utgangspunkt de registrerte data for prøvetrærne er det utarbeidet bestandsvise regresjonsfunksjoner med høyde som avhengig variabel og diameter i brysthøyde som uavhengig variabel (vedlegg 3). Ved hjelp av disse funksjonene ble så høyden estimert for de øvrige trærne, og stammevolumet for hvert tre ble deretter beregnet med funksjonene til Braastad (1966), Brantseg (1967) og Vestjordet (1967). Stående volum ha<sup>-1</sup> på prøveflate- og bestandsnivå ble deretter funnet ved å summere opp volumet for enkeltrærne.

Trærnes diameter da hogstene fant sted ble estimert ved å utarbeide bestandsvise regresjonsfunksjoner for prøvetrærnes diametervekst siden hogsten (basert på borprøvene), med målt diameter i brysthøyde som forklaringsvariabel. Barktykkelsen på måletidspunktet og hogstidspunktet ble beregnet med funksjonen til Vestjordet (1967).



På samme måte er det som nevnt tidligere utarbeidet regresjonsfunksjoner som er anvendt til å predikere de avvirkede trærnes brystøydiameter, som input i volumberegningene. Siden både utgangshøyden til de gjensatte trærne og høyden til de avvirkede er ukjent, har vi forutsatt at de hadde samme avsmalning som det vi har registrert for de gjensatte trærne med tilsvarende diameter 13-30 år senere.

Gjennomsnittlig årlig tilvekst på bestandsnivå etter hogsten er beregnet som differansen mellom volumet av de trærne som var i live på måletidspunktet og de samme trærnes volum ved hogsttidspunktet, dividert med tilvekstperiodens lengde (antall vekstsesonger fra hogst til måletidspunktet). Det er lagt til for volumet av levende trær som hadde vokst inn i bestandet i perioden etter hogsten (dvs. trær som har vokst seg større enn diametergrensen 5 cm). Vi har forutsatt at avvirkningen ble gjennomført før vekstsesongen i det angitte hogståret. Vi får da at tilvekstperioden varierer mellom 13 og 30 år. Det var imidlertid ikke mulig å identifisere når i det enkelte året hogsten hadde skjedd, noe som gir en mulighet for at antallet vekstsesonger fra hogsttidspunktet til feltregistreringene ble utført kan ha en feilmargen på inntil ett år. I de tilfellene hvor feltregistreringene ble gjennomført før 1.august, har vi kun inkludert tilveksten fram til og med det siste året før registreringene ble gjennomført (dvs. antall år fra hogst til måletidspunktet er da redusert med ett år).

Antall innvokste trær (foryngelse som har vokst seg forbi diametergrensen på 5 cm) i perioden etter hogsten og som fremdeles var i live ved oppmålingen i 2017-18, er på samme måte estimert med utgangspunkt i rekonstruksjonen av trærnes diameter på hogsttidspunktet.

## 2.2 Forsøksfeltet i Mannstadlia

### 2.2.1 Datamateriale

Forsøksfeltet i Mannstadlia i Gausdal kommune ble etablert av NISK i 1984, i et område der det var utført fjellskoghogst noen år tidligere (1974-75). Totalt 20 ruter à 400 m<sup>2</sup> ble etablert, og de ble plassert slik at de skulle dekke et bredest mulig spekter med hensyn på kubikkmasse som var satt igjen etter hogsten. Etter etableringen i 1984 ble det utført nye oppmålinger (revisjoner) i 1989, 2000 og 2010. Resultater fra tidligere revisjoner er publisert av Nilsen (1988) og Øyen & Nilsen (2002). Av de opprinnelige 20 rutene er fire ikke lenger intakte, og resultatene som presenteres her er derfor basert på de 16 rutene som har målinger fra alle revisjonene (Tabell 2). Treslagssammensetningen i rutene er dominert av gran med varierende grad av innblanding med dunbjørk.

Tabell 2. Treantall, grunnflatesum og stående volum ha<sup>-1</sup> i de 16 rutene som inngår i datamaterialet fra forsøksfeltet i Mannstadlia, like før og like etter hogsten i 1974-75.

Rute	H. o. h.	Bonitet (H40)	Antall trær ha <sup>-1</sup>			Grunnflatesum (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )			Volum (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )		
			Før	Etter	% uttak	Før	Etter	% uttak	Før	Etter	% uttak
1	795	7,0	650	525	19,2	16,7	10,3	38,2	100,2	58,0	42,1
2	885	6,5	750	550	26,7	34,1	17,9	47,6	223,0	112,0	49,8
3	830	7,0	725	475	34,5	19,9	9,4	52,8	120,7	52,8	56,3
4	785	6,0	675	425	37,0	17,4	7,8	55,2	104,7	43,0	58,9
5	850	7,5	675	450	33,3	22,8	8,4	63,1	143,5	46,5	67,6
6	820	6,5	700	375	46,4	23,9	7,9	67,1	150,4	44,8	70,2
7	750	7,5	625	375	40,0	21,0	6,9	67,3	132,2	37,7	71,5
8	865	7,0	500	275	45,0	19,0	5,9	68,8	121,8	34,2	71,9
9	825	6,5	925	600	35,1	25,5	8,1	68,4	154,7	39,1	74,7
10	785	6,0	700	275	60,7	18,7	5,0	73,3	112,8	27,3	75,8
11	785	5,5	850	525	38,2	22,3	6,0	72,9	134,0	26,9	79,9
12	790	6,5	575	275	52,2	17,7	4,3	75,9	109,7	22,1	79,9
13	810	7,0	450	250	44,4	20,0	4,2	78,8	130,6	22,7	82,6
14	775	8,0	700	175	75,0	32,0	4,4	86,2	209,6	26,4	87,4
15	780	6,5	500	125	75,0	22,9	3,0	87,1	150,0	17,4	88,4
16	745	6,5	700	325	53,6	23,2	3,0	87,0	145,6	11,5	92,1

Ved etableringen av forsøksrutene ble alle trærne kartfestet i et koordinatsystem (x, y), med ett av hjørnene i hver rute som origo. Nye trær som vokste inn i rutene ble fortløpende innmålt ved de ulike revisjonene. Diameter i brysthøyde (DBH) er registrert for alle trær med DBH ≥ 5 cm. Høyden ble målt for alle levende trær, også trær med DBH < 5 cm.

Grunnflatemiddeldiameter (cm), stående volum (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), og grunnflatesum (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) ble beregnet for hver rute. Volumtilvekst ( $V_{TILV}$ , m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) og grunnflatetilvekst ( $G_{TILV}$ , m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>) er beregnet som gjennomsnittlig årlig tilvekst mellom to revisjoner. For å kunne relatere bestandsutviklingen til en utgangstilstand, er det relative volumet og relativ grunnflate uttrykt som henholdsvis stående volum og grunnflate i prosent av de tilsvarende størrelser før hogsten.

Et sammendrag av sentrale skoglige tilstandsvariabler beregnet ut fra målingene ved de ulike revisjonene er gjengitt i Tabell 3.

## 2.3 Statistiske analyser

Volum- og grunnflatetilvekst etter hogst samt variasjonen i foryngelsesresultat er analysert ved hjelp av lineære regresjonsmodeller, der vi har testet ulike bestandskarakteristika som forklaringsvariabler. Modellene basert på datamaterialet fra de temporære prøveflatene ble utarbeidet med prosedyrene GLM og GLIMMIX i statistikkprogrammet SAS (versjon 9.4), mens statistikkprogrammet R (R Core Team 2017) ble benyttet på datamaterialet fra Mannstadlia.

## 2.4 Skogøkonomiske analyser

Det er med utgangspunkt i datamaterialet fra Mannstadlia foretatt et sett økonomiske beregninger som støtte for å vurdere lønnsomheten av den utførte fjellskoghogsten, vurdert opp mot å alternativt avvirke all skogen i de samme rutene på hogsttidspunktet. Forutsetningene for analysene er nærmere beskrevet i resultatkapittelet.

**Tabell 3. Treantall, grunnflatesum og stående volum ha<sup>-1</sup> ved revisjoner i hhv. 1984, 1989, 2000 og 2010. Kategorien «Gjenstående» er her de trær som sto igjen etter hogsten i 1974/75 og som hadde en diameter i brysthøyde minst 5 cm ved etableringen av rutene i 1984, mens «Gjenvekst» er trær som hadde diameter under 5 cm i 1984 (forhåndsgjenvekst) og ny foryngelse som har etablert seg etter hogsten. Tall i parentes = standardavvik.**

	År	Antall trær ha <sup>-1</sup>		Grunnflatesum (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		Volum (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	
		Gjennomsnitt	Min-maks	Gjennomsnitt	Min-maks	Gjennomsnitt	Min-maks
<b>Gjenstående</b>	<b>1984</b>	375 (140)	125-600	9,11 (3,74)	3,89-16,81	51,62 (24,82)	19,99-113,63
	<b>1989</b>	375 (140)	125-600	10,01 (3,89)	4,74-17,94	58,88 (27,32)	24,45-125,23
	<b>2000</b>	372 (141)	125-600	11,52 (4,25)	5,90-19,67	71,53 (32,37)	33,18-144,27
	<b>2010</b>	370 (141)	125-600	14,51 (4,95)	7,83-23,92	98,95 (40,79)	47,82-189,11
<b>Gjenvekst</b>	<b>1984</b>	556 (437)	50-1525	0,25 (0,28)	0-0,88	0,78 (0,99)	0-3,57
	<b>1989</b>	561 (431)	50-1525	0,33 (0,40)	0-1,30	1,05 (1,48)	0-5,72
	<b>2000</b>	2032 (1258)	350-4875	0,53 (0,63)	0-1,92	1,92 (2,62)	0-9,74
	<b>2010</b>	2701 (1944)	625-8525	2,01 (1,78)	0,10-5,90	7,69 (7,27)	0,39-22,81
<b>Totalt</b>	<b>1984</b>	931 (356)	475-1800	9,35 (3,67)	4,18-16,84	52,39 (24,58)	20,80-113,73
	<b>1989</b>	936 (354)	475-1800	10,34 (3,82)	5,13-17,98	59,94 (27,09)	25,55-125,35
	<b>2000</b>	2405 (1172)	825-5150	12,05 (4,18)	6,50-19,72	73,44 (32,32)	35,02-144,48
	<b>2010</b>	3072 (1855)	1125-8650	16,50 (4,30)	10,04-24,07	106,63 (38,54)	55,75-189,61

## 3 Resultater

### 3.1 Temporære flater

#### 3.1.1 Bestandsutvikling

De undersøkte bestandene hadde på hogsttidspunktet et stående volum som varierte fra 73 til 240 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, med et gjennomsnitt på 156 m<sup>3</sup> (Tabell 4). Uttaksstyrken var i gjennomsnitt på 49 prosent av grunnflaten, med variasjon fra 20 til 81 prosent. Andelen av trærne som ble tatt ut var i de fleste tilfellene betydelig mindre enn de tilsvarende andelen av volum og/eller grunnflate.

Tabell 4. Treantall (N), grunnflatesum (G) og stående volum (V) ha<sup>-1</sup> i de undersøkte skogbestandene umiddelbart før og etter hogsten samt ved oppmåling i 2017-2018. Trær med diameter i brysthøyde  $\geq 5$  cm.

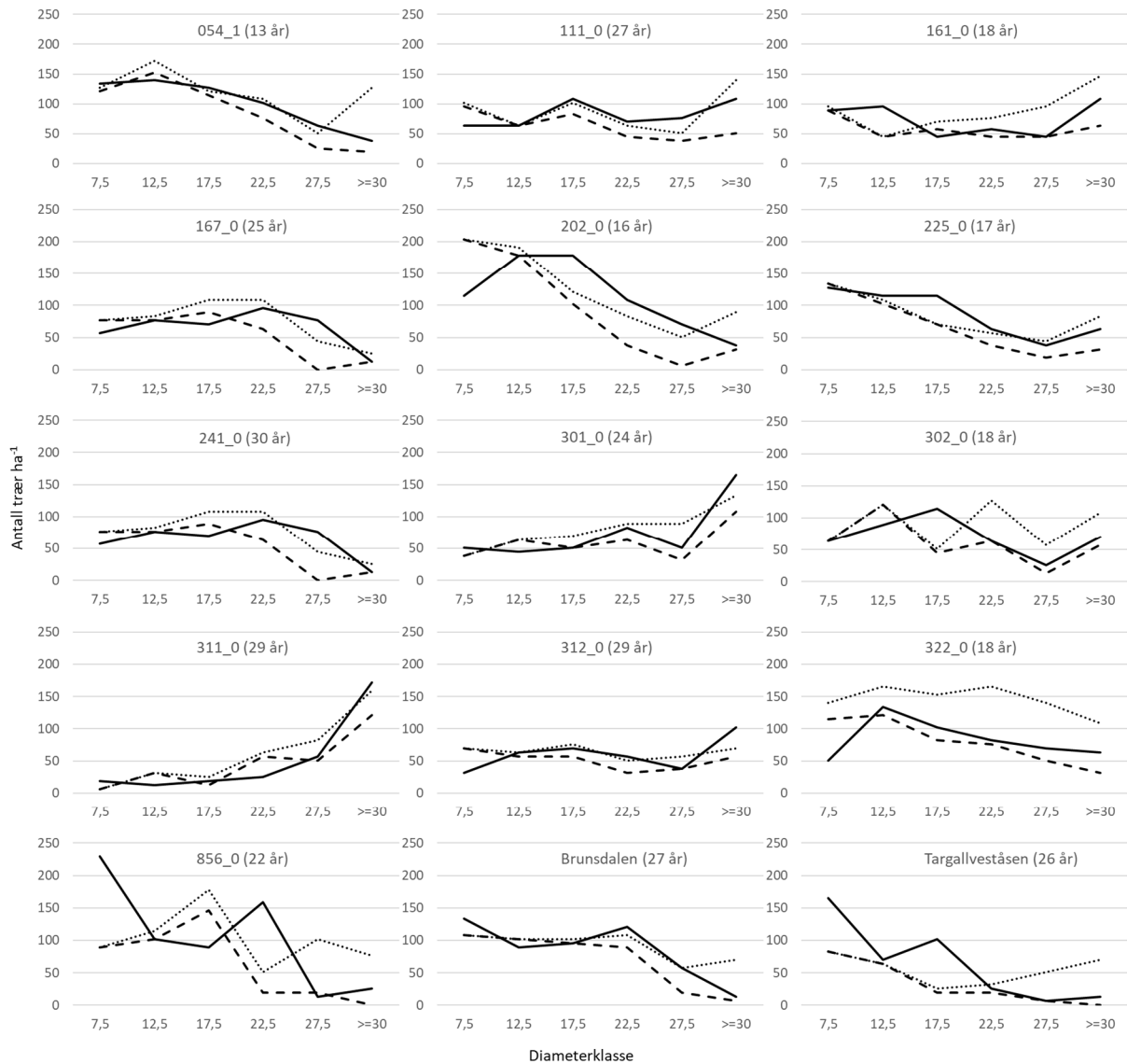
Bestand	Før hogst			Uttak - %			Etter hogst			Målt 2017-18		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
054_1	707	26	170	28	56	60	509	11	68	605	16	106
111_0	522	23	181	28	48	52	376	12	87	490	22	172
161_0	528	28	211	35	50	52	344	14	100	439	21	164
167_0	1108	29	223	30	77	85	770	7	33	802	15	102
202_0	738	22	139	24	48	50	560	12	69	688	20	123
225_0	497	18	119	21	41	45	395	11	66	522	17	108
241_0	446	13	73	29	48	51	318	7	35	388	12	74
301_0	484	26	177	26	27	26	357	19	131	446	29	213
302_0	528	24	161	31	40	42	363	14	94	427	19	123
311_0	369	29	206	24	23	24	280	23	157	306	31	222
312_0	388	18	131	20	20	19	312	14	107	363	22	178
322_0	872	32	240	45	55	57	477	14	104	503	19	140
856_0	611	22	145	39	68	72	376	7	40	618	13	81
Brunsdalen	547	18	102	23	50	50	420	9	51	509	13	80
Targall-veståsen	325	13	67	41	81	79	191	3	14	382	6	36
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>578</b>	<b>23</b>	<b>156</b>	<b>30</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>403</b>	<b>12</b>	<b>77</b>	<b>499</b>	<b>19</b>	<b>128</b>

Tabell 5 viser treslagsfordelingen regnet på basis av grunnflatesum. Fordelingen før hogsten viser en klar dominans (75-100 %) av gran i samtlige bestand. Uttaket har i enda større vært rettet mot grana, slik at granandelen like etter hogst ble noe lavere enn før inngrepet. I tida mellom hogsten og oppmålingen i 2017-18 har granandelen i de fleste tilfellene endret seg relativt lite, med en svak økning i noen bestand, og moderat nedgang i andre. Andelen lauvtrær har økt i det samme tidsrommet, med unntak for ett bestand (054\_1) der det ikke var lauvtrær med diameter  $\geq 5$  cm på noen av tidspunktene. Lauvtrærnes andel av den totale grunnflaten i 2017-18 var under ti prosent i elleve av de fjorten øvrige bestandene.

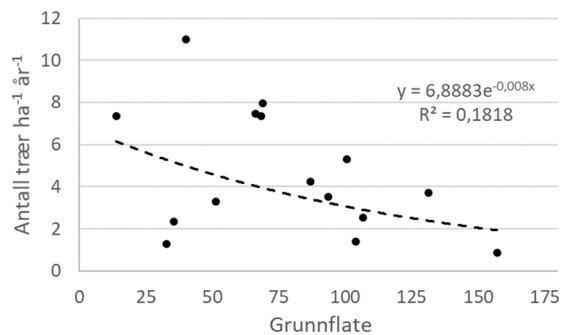
Tabell 5. Andel (% av grunnflaten) av ulike hovedtreslag før og etter hogst, i hogstuttaket og ved oppmåling i 2017-2018.

Bestand	Før hogst			Uttak			Etter hogst			Målt 2017-18		
	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv
054_1	93,2	6,8	-	100,0	-	-	84,5	15,5	-	86,5	13,5	-
111_0	89,1	4,6	6,3	93,7	-	6,3	84,9	8,8	6,3	84,2	6,0	9,8
161_0	95,1	2,3	2,5	97,6	-	2,4	92,7	4,6	2,7	91,3	4,3	4,4
167_0	97,3	-	2,7	100,0	-	-	88,4	-	11,6	88,4	-	11,6
202_0	76,1	20,6	3,4	95,4	3,4	1,2	58,0	36,6	5,3	67,7	22,0	10,3
225_0	97,8	-	2,2	100,0	-	-	96,3	-	3,7	92,3	-	7,7
241_0	97,5	-	2,5	98,8	-	1,2	96,2	-	3,8	92,2	-	7,8
301_0	100,0	-	-	100,0	-	-	100,0	-	-	99,2	-	0,8
302_0	97,1	-	2,9	100,0	-	-	95,1	-	4,9	93,9	-	6,1
311_0	99,7	-	0,3	100,0	-	-	99,6	-	0,4	98,8	-	1,2
312_0	92,6	-	7,4	86,8	-	13,2	94,1	-	5,9	91,9	-	8,1
322_0	74,6	23,5	1,9	78,6	21,4	-	69,6	26,0	4,4	64,8	29,7	5,5
856_0	96,8	-	3,2	100,0	-	-	90,1	-	9,9	86,1	-	13,9
Brunsdalen	97,8	-	2,2	100,0	-	-	95,7	-	4,3	95,5	0,1	4,4
Targall-veståsen	83,8	12,3	4,0	89,7	10,3	-	59,2	20,5	20,3	62,2	13,6	24,2
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>92,6</b>	<b>4,7</b>	<b>2,8</b>	<b>96,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	<b>87,0</b>	<b>7,5</b>	<b>5,6</b>	<b>86,3</b>	<b>5,9</b>	<b>7,7</b>

Diameterfordelingen før hogst var til dels svært ulik i de undersøkte bestandene (Figur 1). Selv om uttaket i stor grad har vært orientert mot de største trærne – diameterklassen 15-20 cm og større – var det likevel kun et fåtall bestand om hadde en tilnærmet omvendt J-formet diameterfordeling like etter hogsten. En kan også se en betydelig variasjon med hensyn til hvorvidt innvoksing av nye trær inn i den laveste diameterklassen har greid å kompensere for vekst inn i grøvre diameterklassene i perioden mellom hogst og registreringene i 2017-18. Antallet trær i den laveste diameterklassen (5-10 cm) har i løpet av perioden blitt redusert i om lag en tredel av bestandene, mens tre bestand har fått en markant økning. Den årlige innvoksingraten (antall trær som har vokst seg større enn diametergrensen på 5 cm, og som fremdeles var i live i 2017-18), var i gjennomsnitt på 4,6 trær ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, og var negativt korrelert med grunnflatesum etter hogst (Figur 2).



**Figur 1. Diameterfordeling i de 15 undersøkte bestandene fordelt på 5 cm klasser, henholdsvis før (finstiplet kurve og like etter (grovstiplet), samt ved oppmålingen i 2017-18 (heltrukket). Tall i parentes = antall år fra hogst til oppmåling.**



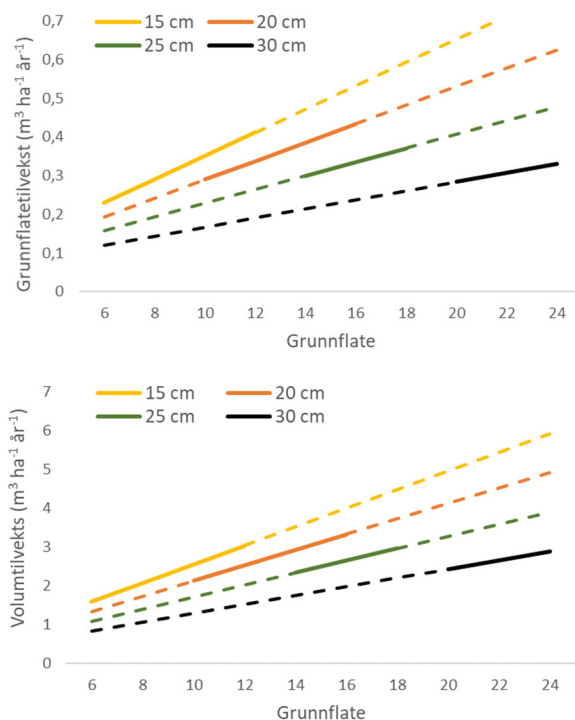
**Figur 2. Forholdet mellom grunnflatesum etter hogst ( $m^2 ha^{-1}$ ) og gjennomsnittlig årlig innvokningsrate for nye trær. Diametergrense = 5 cm.**

### 3.1.2 Volum- og grunnflatetilvekst

Den årlige gjennomsnittlige volumtilveksten i perioden etter hogst er beregnet til  $2,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , med en variasjon fra 0,9 til  $3,6 \text{ m}^3$  mellom bestand. Grunnflate- og volumtilveksten var positivt korrelert med grunnflatesummen like etter hogst, og negativt korrelert med grunnflatemiddeldiameteren. Vi fant imidlertid ingen signifikant effekt av uttaksstyrken (prosent av grunnflatesum). Siden antall år fra hogst til oppmåling i 2017-18 var svært varierende (13-30 år) testet vi også om tilvekstperiodens lengde (år) kunne bidra til å forklare en del av variasjonen. Vi fant heller ikke noen signifikant effekt av denne variabelen. Modellene som best forklarte gjennomsnittlig årlig grunnflate- og volumtilvekst er gjengitt i Tabell 6. Modellenes prediksjoner for ulike nivåer av gjenstående grunnflate og ulike middeldiameterer framgår av Figur 3.

Tabell 6. Funksjoner med tilhørende determinasjonskoeffisient ( $R^2$ ) og middelfeil (RMSE) for årlig volumtilvekst ( $V_{\text{TILV}}$ ) og grunnflatetilvekst ( $G_{\text{TILV}}$ ).  $G_{\text{START}}$  og  $D_G$  er henholdsvis grunnflatesum ( $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) og grunnflatemiddeldiameter (mm) umiddelbart etter hogsten.

Uavhengig variabel	Funksjon	$R^2$	RMSE
$V_{\text{TILV}}$	$0,15453 + 0,36687 * G_{\text{START}} - 0,00840 * (G_{\text{START}} * D_G)$	43,2	0,71056
$G_{\text{TILV}}$	$0,04932 + 0,04861 * G_{\text{START}} - 0,00123 * (G_{\text{START}} * D_G)$	40,6	0,08887



Figur 3. Årlig volum- og grunnflatetilvekst (i hhv.  $\text{m}^3$  og  $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) i perioden mellom hogstene og oppmålingen i 2017-18, sett i sammenheng med grunnflatesum og grunnflatemiddeldiameter ved starten av tilvekstperioden. Stiplet del av regresjonslinjene indikerer ekstrapoleringsområdet for modellene.

### 3.1.3 Foryngelse

Det totale antallet av foryngelse (her: trær høyere enn 10 cm og med diameter i brysthøyde <5 cm) varierte mellom 550 og 4 225 ha<sup>-1</sup>, med et gjennomsnitt på 2 280 (Tabell 7). Av dette utgjorde bartrær i gjennomsnitt 48 prosent, men med stor variasjon mellom de ulike bestandene (9 - 99 %). Dette var for det meste gran – furuforyngelse av noe omfang ble kun observert i et par av de femten bestandene. Det ble for øvrig ikke funnet foryngelse av furu med høyde over 1,3 m.

Tabell 7. Totalt antall trær høyere enn 10 cm og brysthøydiameter inntil 5 cm, gruppert på hovedtreslag og størrelsesklasser.

Bestand	Gran			Furu			Lauvtrær			Totalt		Sum
	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	Bar- trær	Lauv- trær	
054_1	1 500	600	450	50	25	-	75	125	-	2 625	200	2 825
111_0	200	150	450	50	-	-	800	350	-	850	1 150	3 000
161_0	425	-	225	-	-	-	825	225	-	650	1 050	1 700
167_0	550	850	550	50	75	-	75	1 625	350	2 075	2 050	4 225
202_0	625	75	275	450	-	-	1 525	275	-	1 425	1 800	3 225
225_0	225	175	150	25	50	-	75	275	125	625	475	1 100
241_0	-	75	100	-	-	-	-	50	325	175	375	550
301_0	250	275	75	-	-	-	50	275	150	600	475	1 075
302_0	300	275	225	-	-	-	200	750	25	800	975	1 775
311_0	50	450	-	-	-	-	25	550	150	500	725	1 275
312_0	75	250	50	-	-	-	50	3 025	625	375	3 700	4 075
322_0	200	625	175	25	375	-	-	550	100	1 400	650	2 050
856_0	1 300	600	200	-	-	-	25	-	-	2 100	25	2 125
Brunsdalen	250	200	75	-	-	-	400	1 000	-	525	1 400	1 925
Targall- veståsen	-	125	-	175	375	50	750	1 075	375	725	2 200	2 975
<b>Gjennom- snitt</b>	<b>397</b>	<b>315</b>	<b>200</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>325</b>	<b>677</b>	<b>148</b>	<b>1 030</b>	<b>1 150</b>	<b>2 280</b>

Tabell 8 gir en tilsvarende oversikt over antall planter som ble bedømt som utviklingsdyktige. Når en ser alle bestandene under ett ble 77 prosent bedømt som potensielle framtidstrær (gjennomsnitt for bartrær 85 %, lauvtrær 66%).

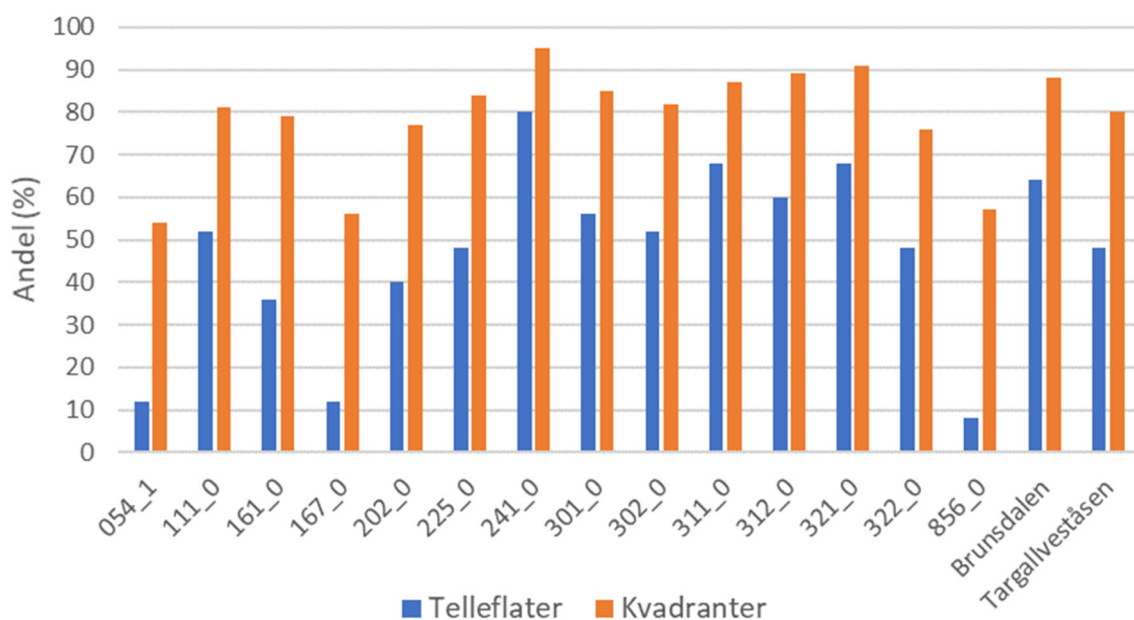
Telleflatene ble også delt i fire kvadranter à 4 m<sup>2</sup>, hvor vi for hver kvadrant registrerte om det fantes minst en utviklingsdyktig bartreplante (vi ser her bort fra trær med diameter >=5cm). Ut fra dette er det beregnet en gjennomsnittlig «nullruteprosent» per bestand. Vi beregnet også hvor stor andel av hele telleflater (16 m<sup>2</sup>) som ikke hadde minst én utviklingsdyktig bartreplante (Figur 4).

Gjennomsnittet for andel tomme kvadranter var 79 (54-95) prosent, og for hele telleflater 47 (8-80) prosent (minimum og maksimum i parentes).



Tabell 8. Antall utviklingsdyktige trær høyere enn 10 cm og brysthøydiameter inntil 5 cm, gruppert på hovedtreslag og størrelsesklasser.

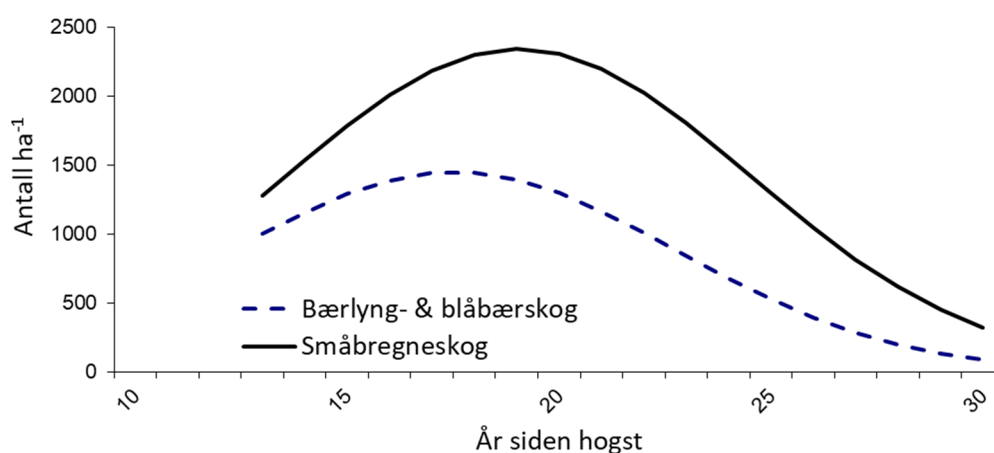
Bestand	Gran			Furu			Lauv				Totalt		Sum
	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	0,1-0,3 m	0,3-1,3 m	>1,3 m	Bar-trær	Lauv-trær		
054_1	1 400	425	400	50	25	-	75	125	-	2 300	200	2 500	
111_0	175	150	425	50	-	-	800	300	-	800	1 100	1 900	
161_0	425	-	125	-	-	-	775	125	-	550	900	1 450	
167_0	550	825	450	50	25	-	75	800	325	1 900	1 200	3 100	
202_0	575	75	275	350	-	-	1 475	225	-	1 275	1 700	2 975	
225_0	225	175	150	25	25	-	75	200	125	600	400	1 000	
241_0	-	-	75	-	-	-	-	25	225	75	250	325	
301_0	225	250	50	-	-	-	50	50	75	525	175	700	
302_0	300	250	175	-	-	-	150	400	25	725	575	1 300	
311_0	50	425	-	-	-	-	25	225	100	475	350	825	
312_0	75	200	-	-	-	-	50	725	50	275	825	1 100	
322_0	200	625	150	25	350	-	-	200	75	1 350	275	1 625	
856_0	900	500	50	-	-	-	-	-	-	1 450	-	1 450	
Brunsdalen	250	175	50	-	-	-	400	875	-	475	1 275	1 750	
Targall-veståsen	-	125	-	175	325	50	750	1 075	375	675	2 200	2 875	
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>357</b>	<b>280</b>	<b>158</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>313</b>	<b>357</b>	<b>92</b>	<b>897</b>	<b>762</b>	<b>1 658</b>	



Figur 4. Andel telleflater (16 m<sup>2</sup>) og kvadranter (4 m<sup>2</sup>) uten utviklingsdyktige bartreplanter. Gjennomsnitt per bestand.

Gjennom regresjonsanalyser har vi forsøkt å identifisere i hvilken grad gjenstående volum ved hogsttidspunktet samt vegetasjonstypen i prøveflatene kunne forklare noe av variasjonen i antall utviklingsdyktige bartrær. Vi antok i utgangspunktet også at antallet planter i prøveflatene ville kunne øke med økende tid etter hogsten, og inkluderte derfor antall år siden hogsten som uavhengig variabel i analysene, sammen med grunnflaten etter hogst.

Vi fikk ikke signifikant effekt av grunnflatesum, mens både vegetasjonstype og antall år siden hogsten bidro til å forklare deler av variasjonen i dataene. Analysene gav at antallet utviklingsdyktige planter var klart høyest i prøveflater der dominerende vegetasjonstype er småbregneskog, mens det ikke var mulig å påvise noen forskjell mellom flater på bærlyng- og blåbærtypen. Disse to vegetasjonstypene er derfor slått sammen i modellen. Videre fikk vi som resultat at tettheten av utviklingsdyktige planter først øker med økende antall år etter hogst, for deretter å vise en avtakende utvikling (Figur 5, Tabell 9).



Figur 5. Antall utviklingsdyktige bartreplanter (trær høyere enn 10 cm og brysthøydiameter inntil 50 mm), som funksjon av vegetasjonstypen på prøveflatene og antall år siden hogst. Parameterestimater for regresjonsmodellen er gjengitt i Tabell 9.

Tabell 9. Logaritmisk modell som beskriver sammenhengen mellom uavhengige variable og antallet utviklingsdyktige bartreplanter. Merk at halve variansestimater for den tilfeldige effekten av bestand ( $\sigma^2$ ) skal legges til predikert verdi i logaritmisk skala før tilbaketransformering til original skala.

Variabel	Estimat	Standardfeil	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	1,5574	3,6240	0,43	0,6744
ÅR (*)	0,6336	0,3455	1,83	0,0718
ÅR <sup>2</sup> (*)	-0,01664	0,007875	-2,11	0,0389
VEGETASJON x ÅR <sup>2</sup> (**)	-0,00144	0,000386	-3,72	0,0004
$\sigma^2$	0,3408	0,1668		

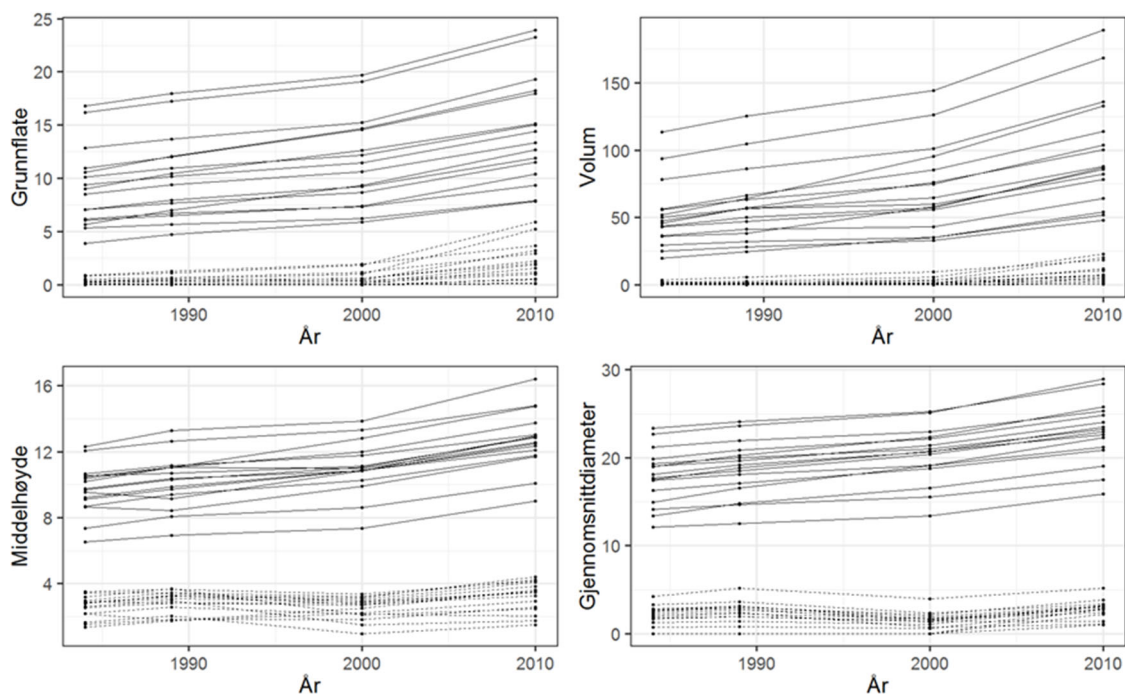
(\*) ÅR = antall år siden hogst.

(\*\*) Parameterestimater multipliseres med den kvadrerte verdien av ÅR for vegetasjonstypene bærlyng- og blåbærskog, settes lik 0 når vegetasjonstypen er småbregneskog.

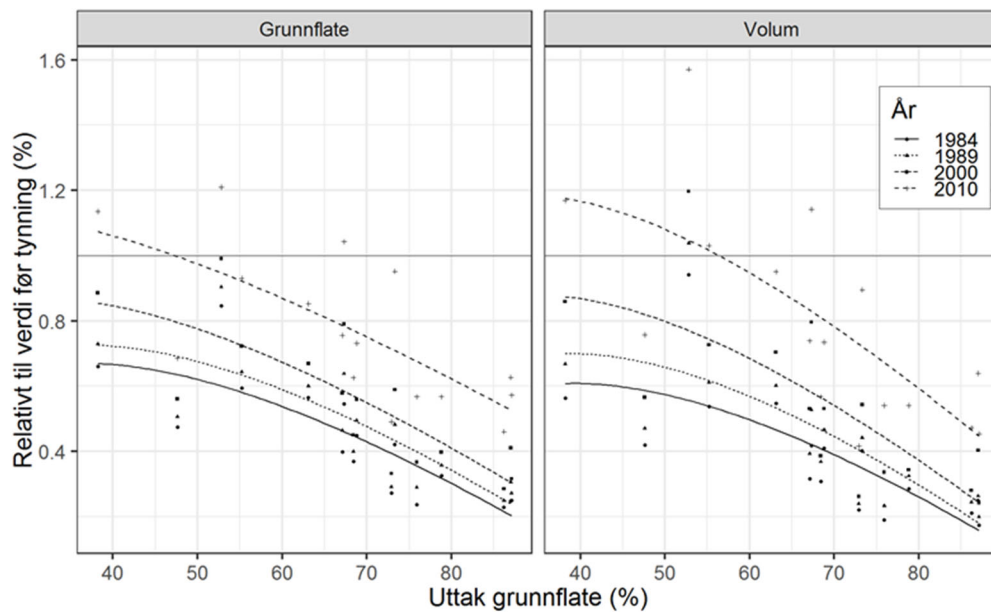
## 3.2 Forsøksfeltet i Mannstadlia

### 3.2.1 Bestandsutvikling

Stående volum og grunnflate til trærne som ble satt igjen etter hogsten viser en jevn økning gjennom måleperiodene fra 1984 til 2010 (Figur 6). Den betydelige variasjonen i volum og grunnflatesum på rutenivå per 2010 kan i stor grad forklares ut fra hvor stor andel av den stående skogen som ble hogd (Figur 7). I denne figuren ser en tydelig at det stående volumet og grunnflatesummen ved de ulike revisjonene - regnet i prosent av volum/grunnflate før hogst - avtar med økende uttaksstyrke. Ut fra 2010-regresjonslinja i figuren kan også en tolke at det i dette forsøket har tatt om lag 35 år å bygge opp et tilsvarende volum som før hogst, ved en uttaksstyrke på 55 prosent av grunnflaten.

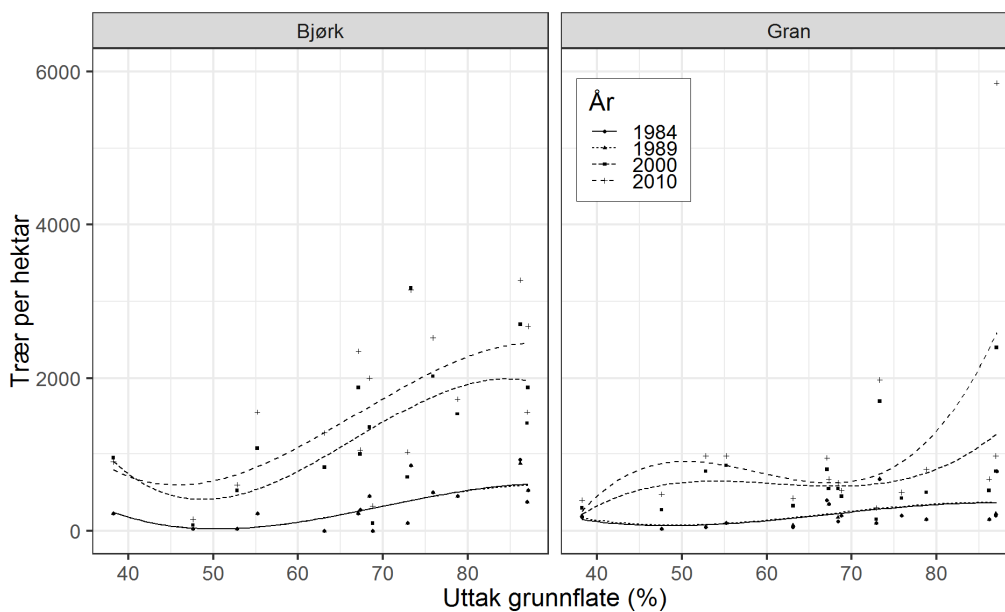


Figur 6. Utviklingen av grunnflate, stående volum, middelhøyde og middeldiameter for gjenstående trær >5 cm DBH (heltrukne linjer) og gjenvekst (stiplet) etter hogsten i 1974-75.



Figur 7. Grunnflatesum og stående volum i rutene ved ulike revisjoner, relativt til stående volum og grunnflatesum før hogst i 1974-75.

Tettheten av gjenvekst er også tydelig korrelert med uttaksstyrken. Dette er tydeligst for bjørk, men også for gjenvekst av gran ser vi en lignende tendens (Figur 8). I siste revisjonsperiode (2000-2010), var antallet nye trær som hadde vokst forbi brysthøyde noe lavere enn i perioden 1989-2000, mens innvoксingen av trær inn i diameterklassen 4-10 cm var økende (Tabell 3). Ved dette tidspunktet – 35 år etter hogsten - var det imidlertid i kun tre av rutene at det fantes trær med DBH >10 cm og som hadde kommet til som «rekrutter» etter 1984 (Tabell 10).

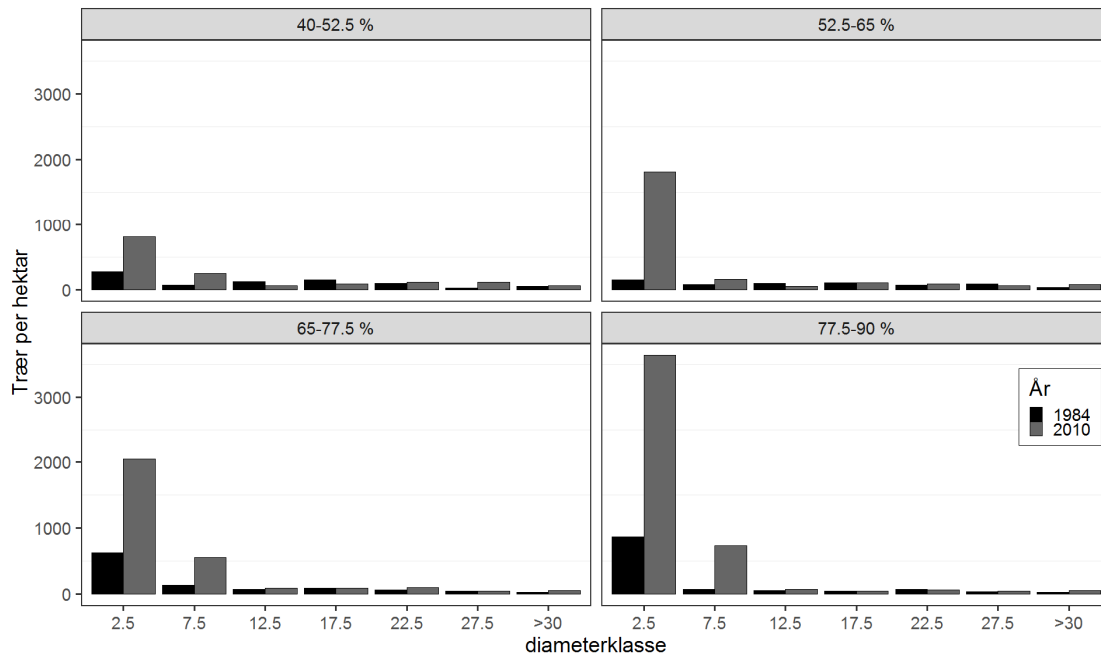


Figur 8. Naturlig foryngelse av bjørk og gran ved siste revisjon i 2010, i forhold til uttaksstyrke (% av total grunnflatesum som ble tatt ut ved hogsten i 1974-75).

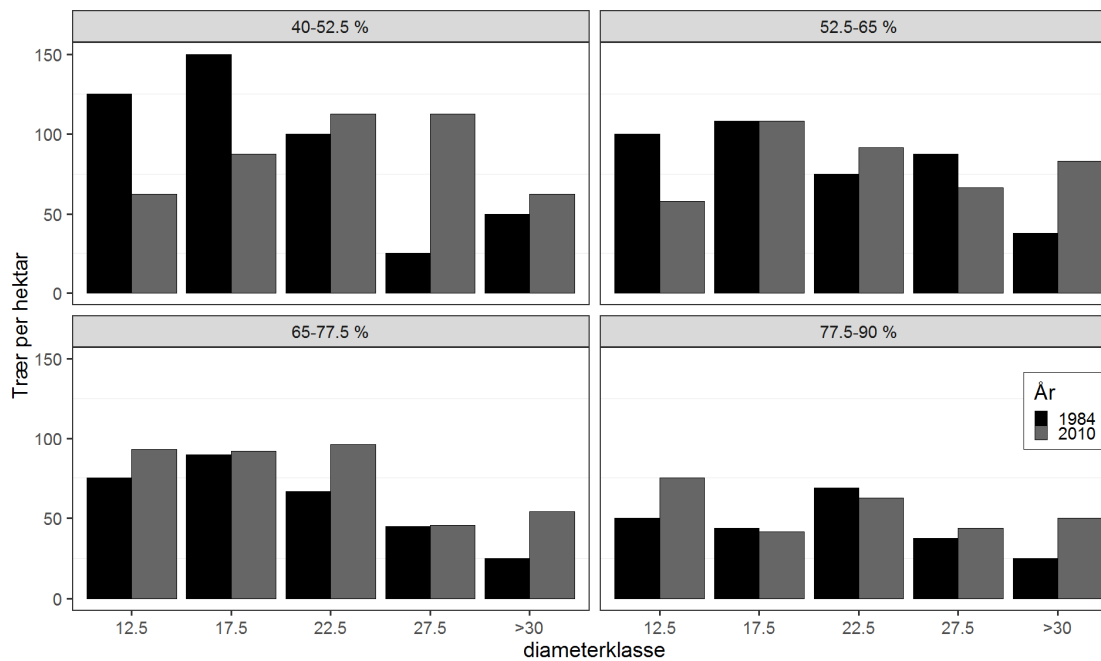
Tabell 10. Gjennomsnittlig årlig innvokningsrate for nye trær (antall ha<sup>-1</sup>) basert på data fra revisjonene i 1989, 2000 og 2010. Innvokningsraten er vist separat for diameterklassene 0 (=1,3 m høyde), 4 og 10 cm.

Rute	>0 cm			>4 cm			>10 cm		
	1975 -1989	1989 -2000	2000 -2010	1975 -1989	1989 -2000	2000 -2010	1975 -1989	1989 -2000	2000 -2010
1	5	165	10	5	10	50	-	-	-
2	-	60	55	-	-	-	-	-	-
3	-	245	55	-	-	5	-	-	-
4	-	320	120	5	5	40	-	-	-
5	5	215	110	-	-	-	-	-	-
6	-	410	125	-	10	60	-	-	-
7	-	185	35	5	20	55	-	-	5
8	-	70	60	-	-	-	-	-	-
9	10	255	145	-	-	100	-	-	-
10	-	670	50	15	10	175	-	-	20
11	-	130	95	-	-	-	-	-	-
12	-	350	115	15	5	90	-	-	-
13	-	285	100	15	-	75	-	-	-
14	-	440	145	15	5	165	-	-	-
15	-	595	850	5	20	155	-	-	20
16	5	315	70	-	5	90	-	-	-

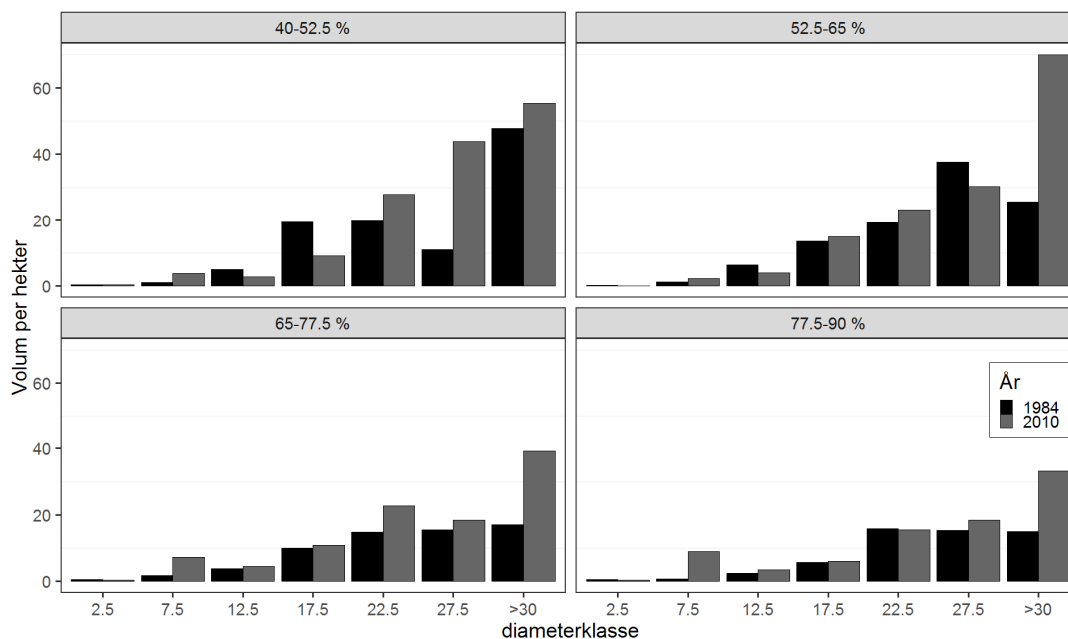
I perioden mellom revisjonene i 1984 og 2010 har diameterfordelingen utviklet seg mot en mere omvendt J-form, dvs. i retning av en fordeling typisk for bledningsskog (Figur 9). Dette er mest utpreget for rutene der uttaket var høyest, noe som må ses som et resultat av at det er kommet til flere nye trær i de lavere diameterklassene (klassene 2,5 og 7,5 cm) i de rutene der det var tatt ut størst andel av grunnflaten. I løpet av samme periode har antallet trær i de større diameterklassene økt (Figur 10). Trær i disse diameterklassene er nesten utelukkende individer som var en del av produksjonsbestandet også på hogsttidspunktet. På same måte som for antallet trær har også den relative fordelingen av det stående volumet gradvis forskjøvet seg mot de grøvre diameterklassene (Figur 11).



Figur 9. Diameterfordeling i 1984 og 2010 for ulike intervaller av uttaksstyrke (% av grunnflaten).



Figur 10. Gjennomsnittlig antall trær ha<sup>-1</sup> i 1984 og 2010 i de grøvre diameterklassene, for ulike intervaller av uttaksstyrke (% av grunnflaten).

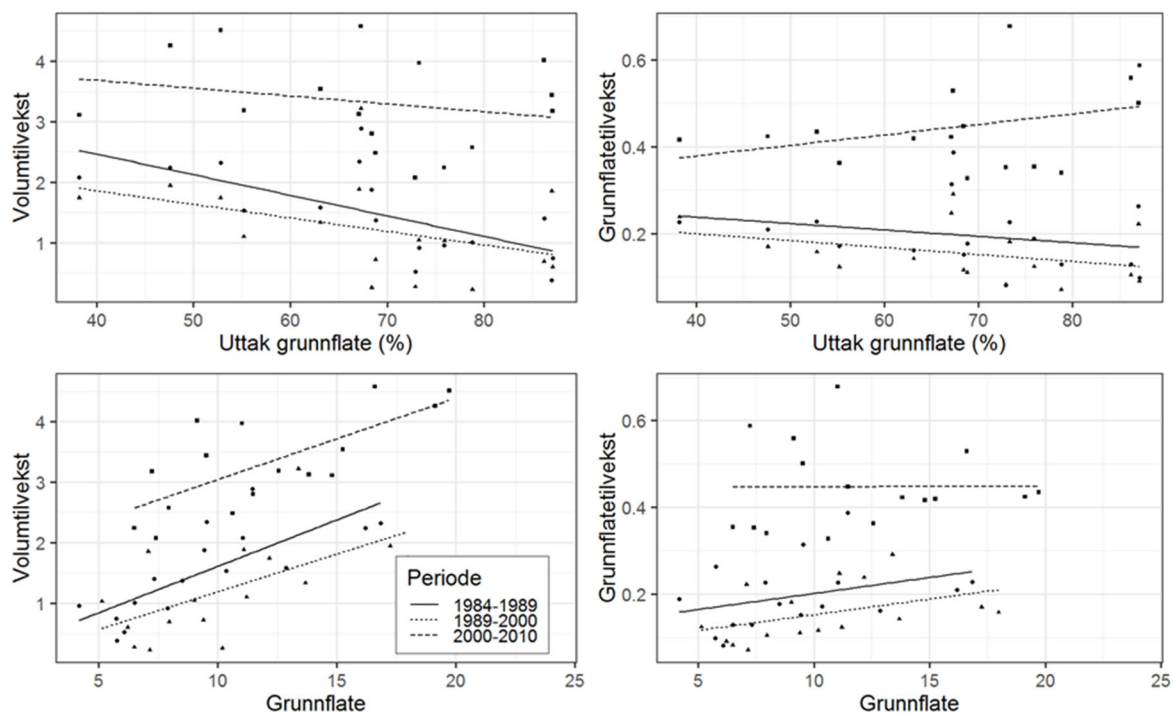


Figur 11. Gjennomsnittlig stående volum ( $m^3 ha^{-1}$ ) for ulike diameterklasser i 1984 og 2010, for ulike intervaller av uttaksstyrke (% av grunnflaten).

### 3.2.2 Volum- og grunnflatetilvekst

Den gjennomsnittlige årlige volumtilveksten i de ulike tilvekstperiodene er sterkt korrelert med både det relative uttaket (% av grunnflaten som ble avvirket) og stående grunnflate ved starten av hver tilvekstperiode (Figur 12). I perioden 1994-1989 var tilveksten noe høyere enn i den etterfølgende perioden (1989-2000). Dette er antakelig et resultat av klimabetingede forhold. Grunnflatetilveksten viser også, med unntak for perioden 2000-2010, et lignende korrelasjonsmønster. I denne perioden økte grunnflatetilveksten med økende uttaksstyrke, og den var også relativt lik for alle nivåer av grunnflate ved starten av perioden. Det antas at dette er et resultat både av den høyere innvoksing av nye trær i rutene med de høyeste uttaksstyrkene, og mere gunstige vekstforhold i den siste perioden.

I tillegg til jordbunnsforholdene, vil også årlige eller periodiske variasjoner i de klimatiske forholdene resultere i ulik vekst. Dette gjelder selvfølgelig ikke bare i fjellskog, men kanskje særlig her, hvor trærne vokser nær yttergrensen for hvor det er mulig å opprettholde sluttet skog. På bakgrunn av den tydelige tilvekstvariasjonen mellom de ulike periodene, har vi også analysert i hvilken grad høydeveksten til trærne som ble satt igjen etter hogsten gjenspeiles i volum- og grunnflatetilveksten på rutenivå. Vi testet derfor et sett av lineære multivariate modeller som uttrykker den årlige tilveksten som en funksjon av bestandsegenskaper, uttaksstyrke og gjennomsnittlig høydevekst til de gjensatte trærne.



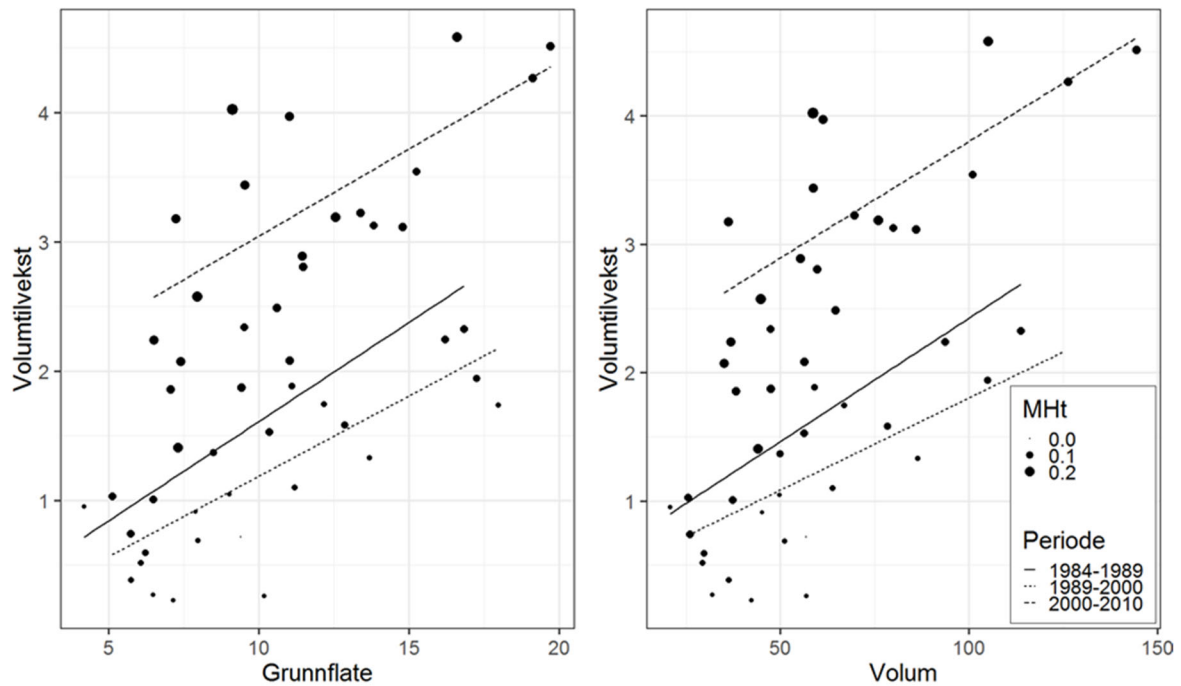
Figur 12. Årlig volum- og grunnflatetilvekst (i hhv.  $m^3$  og  $m^2 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) for ulike tilvekstperioder, sett i sammenheng med uttaksstyre (% av grunnflaten) og grunnflatesum ved starten av tilvekstperioden.

Modellene med best tilpasning forklarer årlig volum- og grunnflatetilvekst  $\text{ha}^{-1}$  som funksjon av grunnflate ved starten av tilvekstperioden, grunnflatemiddeldiameter, og høydevekst til de dominerende trærne (Tabell 11). Modellene viser at volum- og grunnflatetilveksten er positivt korrelert med startgrunnflaten (Figur 13). Effekten av grunnflatemiddeldiameter tilsier at tilveksten også påvirkes av størrelsen på trærne ved ellers lik grunnflatesum. Med negativt fortegn foran parameterestimater betyr dette at når en har en gitt grunnflate og denne er fordelt på et mindre antall større trær, vil en komme ut med lavere tilvekst sammenlignet med en situasjon med samme grunnflate fordelt på flere (men mindre) stammer. Modellene forklarte 84,5 % av variasjonen for volumtilvekst, og 67,8 % for grunnflatetilvekst. Residualplott og Q-Q plot for modellene indikerte at forutsetningene med hensyn på normalfordeling og homoskedastisitet var tilfredsstillende oppfylt.

Tabell 11. Funksjoner med tilhørende determinasjonskoeffisient ( $R^2$ ) og standardfeil (Se) for periodisk årlig volumtilvekst ( $V_{\text{TILV}}$ ) og grunnflatetilvekst ( $G_{\text{TILV}}$ ).  $G_{\text{START}}$  = utgangstiltand for grunnflatesum i  $m^2 \text{ ha}^{-1}$ ,  $D_G$  = grunnflatemiddeldiameter, MHT = midlere årlig høydevekst for gjenstående trær.

Uavhengig variabel	Funksjon	$R^2$	Se
$V_{\text{TILV}}$	$0,10 + 0,256 \cdot G_{\text{START}} - 0,15 \cdot D_G + 7,60 \cdot \text{MHT}$	84,5	0,4906
$G_{\text{TILV}}$	$0,22 + 0,030 \cdot G_{\text{START}} - 0,03 \cdot D_G + 0,55 \cdot \text{MHT}$	67,8	0,0899





Figur 13. Forholdet mellom volumtilvekst og grunnflate eller stående volum for ulike revisjonsperioder. Verdiene for ulike ruter er skalert i forhold til observert årlig høydevekst i perioden (MHT, m år<sup>-1</sup>).

### 3.2.3 Skogøkonomiske analyser

I analysen av lønnsomhet har vi tatt for gitt at det skal benyttes en form for fjellskoghogst, som gir grunnlag for naturlig foryngelse. Hogstformen skal også i noen grad bidra til å bevare skogpreget i området hvor hogsten er gjennomført. Dette aspektet i seg selv bidrar ikke til økonomiske avkastningen, selv om dette kan ha nytteverdi i form av vernskogeffekt. Eventuell nytte av vernskogeffekten er ikke vurdert i denne sammenheng. Analysen tar utgangspunkt i utviklingen i de 16 forsøksrutene i Mannstadlia, basert på situasjonen i 1975 og 2010.

Formålet med en lukket hogst/fjellskoghogst vil være å oppnå:

- Tilvekst på gjenstående trær
- Etablering av foryngelse
- Vekst i etablert foryngelse

Det blir da verdien av disse forhold som vi her vurderer opp mot inntekspotensialet fra avvirkning på kortere sikt.

Lønnsomheten av skogbehandlingen blir da summen av:

- Inntekt av uttaket i 1975
- + Inntekt av mulig avvirkning i 2010
- + Verdi av fremtidsbestandet i 2010
- Eventuell behov for skogpleie i 2010

Verdien av fremtidsbestandet i 2010 er beregnet som venteverdien av et bestand med den etablerte foryngelsen og den alder foryngelsen er antatt å ha. Venteverdiberegningen er gjort med utgangspunkt i «Tabeller for beregning av verdien av skogbestand» (Svendsrud 2000).

Verdien av mulig avvirkning i 2010 er beregnet med basis registrert stående volum på dette tidspunktet. Det legges til grunn at hele volumet av «restbestandet» (trær som ble satt igjen etter hogsten i 1974/75) avvirket i 2010. Det vil kunne hevdes at en i det minste for en del av feltene ikke ville slaktet all eldre skog i 2010, men det påvirker i likevel i begrenset grad verdien. Det vi beregner er hvordan verdien har utviklet seg de siste 35 år. Vi går i denne sammenheng ikke inn i skjøtselsdiskusjon for kommende periode.

Alle beregninger gjøres med utgangspunkt i normerte priser og betingelser for 2020 nivå. Effekt av dimensjonsendringer og avvirkningsform er fanget opp i beregning av driftskostnader. For bjørk er det benyttet massevirkepris for alt virke. Det er lite sannsynlig med nevneverdig omfang av sagtømmer bjørk for denne typen skog. På den annen side var det de største trærne som ble tatt ut i 1975. Det er ikke åpenbart at middeldimensjonen i 2010 er vesentlig større enn uttaksdimensjonen i 1975. Det er ikke observert store endring i middeldimensjon på uttak i 1975 og 2010, i et slik omfang at det vil påvirke virksprisene i nevneverdig grad. Vi har i tillegg sett på verdien i 1975 om hele volumet var blitt avvirket da, for å kunne relatere den videre verdiutvikling i hver rute i forhold til denne. De viktigste forutsetningene:

- Driftspris fjellskoghogst: 105 kr/m<sup>3</sup> + 7 kr/tre
- Driftspris ordinær flatehogst: 90 kr/m<sup>3</sup> + 7 kr/tre
- Foryngelseskostnad etter effekt av skogfond: 500 kr/daa
- Sagtømmerandel gran: 50 %
- Andel prima sagtømmer 80 % og sekunda sagtømmer (pallevirke/emballasje) 20 %
- Sagtømmerpris: prima 470 kr/m<sup>3</sup>; sekunda 340 kr/m<sup>3</sup>
- Massevirkepris: 300 kr/m<sup>3</sup> for gran og 250 kr/m<sup>3</sup> for bjørk

Området er grandominert og alt bartrevirke regnes som gran, mens alt løvtrevirke regnes som bjørk. Registrert foryngelse varierer mellom rutene. Det er tidspunktet for når det er registrert minst 800 trær ha<sup>-1</sup> som legges til grunn ved angivelse av alder på den etablerte foryngelsen. En del felt har etter hvert fått til dels kraftig foryngelse, og med stort lauvtreinnslag. Vi har beregnet verdiutviklingen etter to alternative tilnærminger i forhold til tett gjenvekst og mye løv:

1. Det gjennomføres ingen ungskogpleietiltak. Verdien beregnes med utgangspunkt i det treantall og den treslagsfordeling som er registrert.
2. Det gjennomføres enkel lauvtreivrydding i bestanden, til et mer normalt treantall for boniteten, 120 trær/daa. Det forutsettes da at alle bartrær spares og lauvtreivandelen reduseres tilsvarende. Dette alternativet er igjen beregnet i to varianter:
  - A. Netto kostnad; Med hensyntatt 30 % offentlig bidrag til ungskogpleie og omregnet effekt av skogfond, som tilsvarer ytterligere 30 % redusert kostnad.
  - B. Brutto kostnad; Verken skogfond eller statsbidrag hensyntas. En del skogeiere (eksempelvis allmenninger) har ikke direkte nytte av skogfond, og muligheten for statsbidrag kan variere over tid.

For A og B har vi lagt til grunn kostnader som vist i Tabell 12, avhengig av antall planter per dekar. Skogtilstanden med hensyn på stående kubikkmasse og andel yngre trær (vokst inn i bestanden etter hogsten) ved den siste revisjonen i 2010 er vist i Tabell 13. For opplysninger om utgangstilstanden ved hogsttidspunktet vises til Tabell 2.

Tabell 12. Forutsetninger om kostnader til ungskogpleien (kroner per dekar) ved ulik tetthet av foryngelse – alt. A og B

Trær per dekar	Alt. A	Alt. B
< 150	0	0
150 – 200	50	100
200 – 250	100	200
250 – 300	150	300
>300	200	400

Tabell 13. Skogtilstanden i 2010 på de 16 flatene. Yngre trær er trær som har vokst inn i bestandet etter hogsten i 1974/75.

Rute	Eldre trær 2010		Yngre trær 2010		
	Volum (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Andel lauv (%)	Trær ha <sup>-1</sup>	Andel lauv (%)	Alder
1	115,3	0,20	1275	0,71	15
2	86,3	0,48	4925	0,60	25
3	106,5	0,14	2425	0,63	15
4	167,4	0,55	625	0,24	10
5	134,1	0,22	1525	0,66	15
6	181,7	0,24	1625	0,32	15
7	82,2	0,65	2600	0,75	15
8	135,9	0,38	1775	0,73	15
9	87,8	0,18	850	0,38	5
10	50,6	0,37	2850	0,83	15
11	52,8	0,26	1375	0,75	10
12	88,6	0,41	2500	0,61	15
13	66,7	0,65	2325	0,66	15
14	107,0	0,25	3075	0,75	15
15	48,0	0,31	8350	0,31	25
16	91,3	0,43	3775	0,83	15

Som det framgår av Tabell 12 så er alderen på den nye skogen for de fleste flatene vesentlig lavere enn de 35 år som har gått fra fjellskoghogsten ble gjennomført. Vi ser at ventetida på ny foryngelse varierer noe, men ligger innenfor et spenn på 10 – 30 år. For de fleste flatene på 20 år. Vi ser også at lauvtreandelen i ungskogen øker vesentlig i forhold til situasjonen i den eldre skogen, men dette kan for flater med høyt plantetall korrigeres gjennom ungskogpleie.

Resultatene av de økonomiske beregningene framgår av tabellene 14-16 på de følgende sidene. De enkelte forsøksrutene er her sortert etter grad av hogstuttak målt i volumandel.

Sammenstillingen av verdiutvikling med litt ulike premisser for gjennomføring av ungskogpleie, viser alle samme resultat i forhold til hvilken avvirkningsstrategi som har gitt den mest lønnsomme utvikling på skogen. Problemstillingen vil i fjellskog gjerne være hvor mye en skal ta ut i førstkommande inngrep, versus å vente med noe av avirkningen for å kunne høste mer på et senere tidspunkt. For å få verdiene sammenliknbare må de da diskonteres til samme tidspunkt. Vi har her

satt sammenlikningstidspunktet til 1975. Nåverdiberegninger er gjort med 2,5 % kalkulasjonsrente. Det er også testet med lavere kalkulasjonsrente, som naturlig nok gir noe høyere diskonterte verdier, men samme hovedkonklusjon som beregningen basert på en kalkulasjonsrente på 2,5 %.

Flatene har hatt noe ulike utgangspunkt i forhold til bestokning før hogst i 1975. For å gjøre sammenlikningen mellom flatene reell, har vi regnet ut den relative verdiøkning som har vært verdi av fjellskoghogsten i 1975 + diskontert verdi av henholdsvis hogsten i 2010 og venteverdien i 2010, relatert til en slakteverdi av all skogen pr 1975. De felt som kommer ut med det høyeste tall for denne relative økningen har korrigert for ulikheter i stående volum hatt den beste økonomiske utvikling.

Rute 4 skiller seg lønnsomhetsmessig fra de øvrige rutene ved stort volum i utgangspunktet, relativt lavt uttak og relativt lavt tilslag på foryngelse. Dette gir en diskontert verdi av skogbehandlingen som er lavere enn slakteverdien av skogen i 1975. Bortsett fra rute 4 viser imidlertid alle rutene en diskontert verdi av fjellskoghogsten som er større enn slakteverdien av rutene per 1975.

Rute 12 skiller seg også fra de øvrige ruter ved at uttaket er såpass kraftig at verdien av uttaket i 1975 fremstår som større enn slakteverdien for all skogen i ruta. Dette skyldes at middeldimensjonen i uttaket er vesentlig større enn middeldimensjonen for alle trærne i ruta. Resultatene for denne ruta skiller seg da noe fra de øvrige.

For uttakene mellom 56 % og 87 % av stående volum i 1975 er det vanskelig å trekke noen konklusjon på at uttak på et spesielt nivå med hensyn til andel av volum, er mer lønnsomt enn andre. Det vi derimot ser er at den gjennomførte fjellskoghogsten, med unntak av rute 4, fremstår som lønnsom med de forutsetningene vi har lagt til grunn.

Tabell 14. Verdisammenstilling - Alt. 1. Det er ikke forutsatt skogkulturtiltak i 2010.

Rute	Volume (m3 ha-1)			Verdier 1975 (kr ha <sup>-1</sup> )		Verdier 2010 (kr ha <sup>-1</sup> )				Samlet verdi 1975 (kr ha <sup>-1</sup> )		Rel. Økning
	Før	Etter	% uttak	Slakteverdi	Avvirket	Slakteverdi	Venteverdi	Kulturstøst	Samlet	Diskontert	Sum	
12	145,6	11,5	92,1	21 338	22 844	<b>14 382</b>	<b>2580</b>	<b>0</b>	<b>16 962</b>	7 148	29 992	1,41
15	150,0	17,4	88,4	24 258	23 475	<b>7 643</b>	<b>4091</b>	<b>0</b>	<b>11 734</b>	4 945	28 420	1,17
16	209,6	26,4	87,4	31 608	30 132	<b>15 292</b>	<b>2158</b>	<b>0</b>	<b>17 450</b>	7 353	37 485	1,19
13	130,6	22,7	82,6	16 811	15 775	<b>8 497</b>	<b>2489</b>	<b>0</b>	<b>10 986</b>	4 629	20 405	1,21
10	109,7	22,1	79,9	15 848	14 663	<b>6 816</b>	<b>2125</b>	<b>0</b>	<b>8 941</b>	3 768	18 431	1,16
11	134,0	26,9	79,9	20 762	20 258	<b>8 299</b>	<b>2038</b>	<b>0</b>	<b>10 337</b>	4 356	24 614	1,19
2	112,8	27,3	75,8	14 476	12 532	<b>11 570</b>	<b>3330</b>	<b>0</b>	<b>14 900</b>	6 278	18 810	1,30
7	154,7	39,1	74,7	18 072	16 731	<b>9 772</b>	<b>2286</b>	<b>0</b>	<b>12 058</b>	5 081	21 812	1,21
9	121,8	34,2	71,9	20 497	16 762	<b>17 338</b>	<b>2405</b>	<b>0</b>	<b>19 743</b>	8 319	25 082	1,22
5	132,2	37,7	71,5	21 423	17 795	<b>25 039</b>	<b>2489</b>	<b>0</b>	<b>27 528</b>	11 599	29 394	1,37
14	150,4	44,8	70,2	23 876	19 157	<b>18 538</b>	<b>2318</b>	<b>0</b>	<b>20 856</b>	8 788	27 945	1,17
8	143,5	46,5	67,6	21 408	17 022	<b>24 340</b>	<b>2333</b>	<b>0</b>	<b>26 673</b>	11 239	28 261	1,32
3	104,7	43,0	58,9	16 533	11 547	<b>20 025</b>	<b>2566</b>	<b>0</b>	<b>22 591</b>	9 519	21 067	1,27
6	120,7	52,8	56,3	19 154	12 723	<b>35 159</b>	<b>3208</b>	<b>0</b>	<b>38 367</b>	16 167	28 890	1,51
4	223,0	112,0	49,8	31 250	17 644	<b>26 674</b>	<b>2969</b>	<b>0</b>	<b>29 643</b>	12 491	30 135	0,96
1	100,2	58,0	42,1	15 224	7 898	<b>20 711</b>	<b>2412</b>	<b>0</b>	<b>23 123</b>	9 744	17 642	1,16

Tabell 15. Verdisammenstilling - Alt. 2A. Det er forutsatt skogkulturiltak i etablert ungskog, gjennomført i 2010, og lagt til grunn netto kostand etter effekt av skogfond og statsbidrag.

Rute	Volum 1975 (m3 ha <sup>-1</sup> )			Verdier 1975 (kr ha <sup>-1</sup> )		Verdier 2010 (kr ha <sup>-1</sup> )				Samlet verdi 1975 (kr ha <sup>-1</sup> )		Rel. Økning
	Før	Etter	% utt.	Slakteverdi	Avvirket	Slakteverdi	Venteverdi	Kulturkost	Samlet	Dikontert	Sum	
12	145,6	11,5	92,1	21 338	22 844	14 382	3227	1500	16 109	6 788	29 632	1,39
15	150,0	17,4	88,4	24 258	23 475	7 643	4665	2000	10 308	4 344	27 819	1,15
16	209,6	26,4	87,4	31 608	30 132	15 292	2833	1500	16 625	7 005	37 137	1,17
13	130,6	22,7	82,6	16 811	15 775	8 497	3032	1000	10 529	4 437	20 212	1,20
10	109,7	22,1	79,9	15 848	14 663	6 816	2625	1500	7 941	3 346	18 010	1,14
11	134,0	26,9	79,9	20 762	20 258	8 299	2184	0	10 483	4 417	24 675	1,19
2	112,8	27,3	75,8	14 476	12 532	11 570	4665	2000	14 235	5 998	18 530	1,28
7	154,7	39,1	74,7	18 072	16 731	9 772	2833	1500	11 105	4 679	21 410	1,18
9	121,8	34,2	71,9	20 497	16 762	17 338	2405	0	19 743	8 319	25 082	1,22
5	132,2	37,7	71,5	21 423	17 795	25 039	2883	500	27 422	11 555	29 349	1,37
14	150,4	44,8	70,2	23 876	19 157	18 538	3032	1500	20 070	8 457	27 614	1,16
8	143,5	46,5	67,6	21 408	17 022	24 340	2625	500	26 465	11 152	28 173	1,32
3	104,7	43,0	58,9	16 533	11 547	20 025	3453	1000	22 478	9 472	21 019	1,27
6	120,7	52,8	56,3	19 154	12 723	35 159	3658	500	38 317	16 146	28 869	1,51
4	223,0	112,0	49,8	31 250	17 644	26 674	2960	0	29 634	12 487	30 131	0,96
1	100,2	58,0	42,1	15 224	7 898	20 711	2412	0	23 123	9 744	17 642	1,16

Tabell 16. Verdisammenstilling - Alt. 2B. Det er forutsatt skogkulturtiltak i etablert ungskog gjennomført i 2010, og lagt til grunn brutto kostand før eventuell effekt av skogfond og statsbidrag.

Rute	Volum 1975 (m3 ha <sup>-1</sup> )			Verdier 1975 (kr ha <sup>-1</sup> )		Verdier 2010 (kr ha <sup>-1</sup> )				Samlet verdi 1975(kr ha <sup>-1</sup> )			Rel. Økning
	Før	Etter	% uttak	Slakteverdi	Avvirket	Slakteverdi	Venteverdi	Kulturkost	Samlet	Dikontert	Sum		
12	145,6	11,5	92,1	21 338	22 844	14 382	3227	3000	14 609	6 156	29 000	1,36	
15	150,0	17,4	88,4	24 258	23 475	7 643	4665	4000	8 308	3 501	26 976	1,11	
16	209,6	26,4	87,4	31 608	30 132	15 292	2833	3000	15 125	6 373	36 505	1,15	
13	130,6	22,7	82,6	16 811	15 775	8 497	3032	2000	9 529	4 015	19 791	1,18	
10	109,7	22,1	79,9	15 848	14 663	6 816	2625	3000	6 441	2 714	17 378	1,10	
11	134,0	26,9	79,9	20 762	20 258	8 299	2184	0	10 483	4 417	24 675	1,19	
2	112,8	27,3	75,8	14 476	12 532	11 570	4665	4000	12 235	5 155	17 687	1,22	
7	154,7	39,1	74,7	18 072	16 731	9 772	2833	3000	9 605	4 047	20 778	1,15	
9	121,8	34,2	71,9	20 497	16 762	17 338	2405	0	19 743	8 319	25 082	1,22	
5	132,2	37,7	71,5	21 423	17 795	25 039	2883	1000	26 922	11 344	29 139	1,36	
14	150,4	44,8	70,2	23 876	19 157	18 538	3032	3000	18 570	7 825	26 982	1,13	
8	143,5	46,5	67,6	21 408	17 022	24 340	2625	1000	25 965	10 941	27 963	1,31	
3	104,7	43,0	58,9	16 533	11 547	20 025	3453	2000	21 478	9 050	20 598	1,25	
6	120,7	52,8	56,3	19 154	12 723	35 159	3658	1000	37 817	15 935	28 658	1,50	
4	223,0	112,0	49,8	31 250	17 644	26 674	2960	0	29 634	12 487	30 131	0,96	
1	100,2	58,0	42,1	15 224	7 898	20 711	2412	0	23 123	9 744	17 642	1,16	

## 4 Diskusjon

Datamaterialet fra både de temporære flatene og fra forsøksrutene i Mannstadlia viser en entydig sammenheng mellom volum- og grunnflatetilvekst og bestandstetthet, her uttrykt ved tilstanden like etter hogst (temporære flater) og ved starten av de enkelte tilvekstperiodene (Mannstadlia). Forholdet mellom volumtilvekst og bestandstetthet har blitt undersøkt i en rekke skogtyper og skjøtselsystemer i mange land (Pretzsch 2005, Zeide 2001). En dominerende hypotese i Skandinavia har vært at volumtilveksten øker med økende stående volum og/eller grunnflate i bestandet, opp til et punkt der tilveksten forblir uendret på et høyt nivå over et bredt spekter av tettheter (Langsæter 1941). Andre studier i ensaldret skog har vist at når stående volum eller grunnflaten reduseres gjennom tynninger til et nivå under 50-60 prosent av maksimum, vil volumtilveksten avta lineært (Mar: Möller 1954). Nyere norske undersøkelser av vekst-tetthetsforholdet i ensaldret granskog viser at volumtilveksten i skog på lavere boniteter, øker nesten lineært med økende grunnflatesum (Gizachew & Brunner 2011). Men volumtilveksten avhenger også av bestandets struktur (Zeide 2004, Allen & Burkhart 2018), noe også våre resultater tydelig viser. Resultatene fra både de temporære flatene og fra Mannstadlia viser at tilveksten ved en gitt grunnflatesum modereres av bestandets grunnflatemiddeldiameter, og da slik at tilveksten blir mindre når den gjennomsnittlige størrelsen til trærne i bestandet er høy. Når en tar høyde for gjennomsnittlig trestørrelse får vi da en positiv lineær sammenheng mellom tettheten i bestandet, uttrykt ved grunnflaten, og volumtilvekst. En tilsvarende positiv korrelasjon er også funnet i svenske blødningsforsøk i granskog (Ahlström & Lundqvist 2015, Lundqvist et al. 2007). Finske studier av selektiv hogst i mere produktiv granskog viser også en høyere tilvekst når uttaket er rettet mot de største trærne, sammenlignet med et mere lavt orientert uttak, forutsatt at gjenstående grunnflatesum ellers er lik (Lähde et al 2002).

Nilsen (1988) og Øyen & Nilsen (2002) har rapportert fra tidligere revisjoner av forsøksfeltet i Mannstadlia. I Øyen & Nilsen (2002) analyserte de data som dekket tidsrommet til og med den nest siste revisjonen i 2000. De fant da at volumtilveksten tenderte mot et konstant nivå for et bredt spekter av bestandstettheter. En sannsynlig forklaring på dette avvikende resultatet i forhold til det vi viser her, ligger i den metodiske tilnærmingen. De analyserte periodisk årlig volumtilvekst som den gjennomsnittlige tilveksten i hele tidsrommet fra hogsten i 1974-75 og fram til revisjonen i 2000, uten å betrakte måleresultatene fra de mellomliggende revisjonene i 1984 og 1989. Sett over en så lang periode har dette har etter alt å dømme resultert i en svak korrelasjon mellom utgangstetthet i rutene og etterfølgende volumtilvekst. I den endelige modellen de presenterte, forklares volumtilveksten kun med bonitet og uttak av volum under hogsten. Siden størrelsen av hogstuttaket er sterkt korrelert med gjenstående grunnflatesum, er det sannsynlig at hogstuttaket forklarte det meste av tetthetseffekten i deres modell.

Et fellestrekk for begge datasettene er at for en gitt grunnflate så observerte vi stor variasjon i volumtilvekst, selv når en tar høyde for ulikhetene i middeldimensjon mellom ruter og bestand. Dette skyldes dels de lokale jordbunnsforholdene, men kan formodentlig også relateres til variasjonen i klimatisk betingede vekstforhold mellom områder og ulike perioder. I de fleste produksjonsundersøkelser anvendes boniteten basert på overhøyde og alder i brysthøyde som en indikator på lokalitetens produksjonspotensial. En ulempe ved å anvende H40-bonitet som indikator er at denne uttrykker den gjennomsnittlige produktiviteten over et omløp, og samtidig vil det ofte være vanskelig å bestemme alderen (husholdningsalder) til overhøydetrærne på grunn av tidligere undertrykking i kortere eller lengre perioder. Høydeveksten vil i større grad integrere effekten av både jordbunnsmessige og klimatisk betingede vekstbegrensende faktorer. For Mannstadlia, hvor høyder er målt ved de ulike revisjonene, har vi i analysene omgått dette ved å anvende aktuell høydevekst som uavhengig variabel i modellene i stedet for H40 bonitet. Dette valget er dels også betinget av variasjonen i H40-bonitet mellom de ulike rutene er liten. Vi testet imidlertid også H40-bonitet i modellene, noe som resulterte i at parameterestimatene ikke var signifikant forskjellig fra 0. Når vi



sjekket residualene fra de endelige modellene fant vi ikke noen systematisk trend relativt til estimert H40-bonitet i rutene. Det er rimelig å anta at informasjon om trærnes høydevekst også ville ha bidratt til å forklare en del av variasjonen i grunnflate- og volumtilvekst på i de bestandene der vi la ut temporære flater, dersom slike data hadde vært tilgjengelige.

Resultatene fra forsøket i Mannstadlia viser generelt at de relativt høye uttaksstyrkene har gitt et bra tilskudd av ny foryngelse, mens det er mere utfordrende å tolke de dataene vi har om foryngelsen på de temporære flatene, der vi kun har en engangsmåling og foryngelsesresultatene spriker ganske mye fra bestand til bestand. Flere av bestandene som vi la ut temporære flater i oppviser en tetthet av foryngelse i størrelsesintervallet  $>1,3$  m som antakelig er god nok til at man i løpet av noen år vil få et økt tilsig av trær inn i diameterklassen 5-10 cm. Hvorvidt den framtidige rekrutteringen vil bli tilstrekkelig til å gjenskape en bestandsstruktur tilsvarende den man hadde før hogst, eventuelt i retning av en mere omvendt J-formet diameterfordeling, kan imidlertid ikke besvares entydig ut fra de foreliggende data. Lundqvist og Ahlström (2015) rekonstruerte selektivt hogde granbestand i fjellskog der hogstene hadde funnet sted 16-57 år tidligere, og konkluderte med at slik skog synes å ha en god evne til å reetablere en stabil diameterfordeling selv etter harde inngrep. De estimerte en gjennomsnittlig årlig innvokningsrate (diametergrense 5 cm) på 13 trær  $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ , som er en del høyere enn det vi beregnet for de temporære flatene (jfr. Figur 2). De fant i motsetning til oss heller ingen effekt av stående volum på den årlige innvokningsraten.

I løpet av 35-års perioden fra hogst til siste revisjon i 2010 har man i økende grad i Mannstadlia fått utviklet en omvendt J-formet diameterfordeling. På tross av at rekrutteringen av nye trær har vært god sett i betraktning av de spesielle vekstforholdene i fjellskog, har likevel den manglende J-formede diameterfordelingen umiddelbart etter hogsten medført at innvokningen til de grovre diameterklassene har vært begrenset. Ved revisjonen i 2010, 35 år etter hogsten, var fremdeles majoriteten av de nye trærne som har kommet til nokså små – med diameter i brysthøyde under 4 cm, og kun tre av rutene hadde nye trær med større diameter enn 10 cm. Mens 35 år er et relativt kort tidsrom sett i betraktning av den lave potensielle produksjonsevnen til skogen i dette forsøket, så medfører likevel mangelen på nye «rekrutter» i de større diameterklassene at dette bør være styrende for uttaket ved kommende hogster.

Antallet nye trær som har vokst forbi brysthøyde i forsøket i Mannstadlia økte mellom den første og andre revisjonsperioden, for så å avta igjen i den neste (Tabell 10). Innvokningen i de større diameterklassene (hhv. 4 og 10 cm) var derimot høyest i den siste revisjonsperioden. Det er rimelig å anta at dette er et resultat av at veksten hos forhåndsforyngelse og tilskuddet av nye planter økte noen år etter hogsten, og at etableringen av ny foryngelse (og kanskje også veksten) senere har avtatt etter hvert som skogen har vokst seg til og blitt tettere. Vi kan også spekulere i om dette forklarer at vi fant en ikke-lineær trend for antall utviklingsdyktige planter i forhold til antall år siden hogst på de temporære flatene, jfr. Figur 5.

Den gjennomsnittlige årlige tilveksten etter hogst i de samme bestandene var  $2,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , som er omtrent på nivået for årlig midlere produksjonsevne i ensaldret granskog på samme bonitet (G8) etter produksjonstabellene (Braastad 1975). Det er imidlertid grunn til å nevne at tilvekstberegning basert på rekonstruksjon av bestandsutviklingen i temporære flater medfører en del usikkerhet (Ahlström & Lundqvist 2015). Dersom avsmalningen til trærne har endret seg i tiden etter hogsten vil dette påvirke estimatene for enkeltrærnes volum på hogsttidspunktet. Siden en reduksjon av tettheten normalt vil gi økt avsmalning (Holgén et al. 2003), peker dette isolert sett i retning av at stående volum på hogsttidspunktet er underestimert, noe som vil gi som resultat at tilveksten overvurderes. Et annet forhold som bør nevnes er at mortaliteten (avgangen) i perioden etter hogst ikke er kjent. Vi tror likevel ikke at disse usikkerhetsmomentene vil rokke ved det generelle bildet rundt forholdet mellom stående volum/grunnflate og tilvekst som er funnet her, og som også bekreftes av resultatene fra de permanente forsøksrutene i Mannstadlia. For en grundig gjennomgang av mulige feilkilder knyttet til

beregning av volum, innvokningsrate og tilvekst basert på rekonstruering av utviklingen i temporære flater vises ellers til Ahlström og Lundqvist (2015).

Gitt den positive korrelasjonen mellom volumtilvekst og grunnflate og den negative korrelasjonen mellom gjenstående grunnflate etter hogst og antallet nye trær som rekrutteres inn i de lavere diameterklassene, blir det uvegerlig et avveiningsspørsmål hvor mye av volumet en skal ta ut dersom en ønsker å opprettholde både god produksjon og samtidig legge godt til rette for rekruttering av nye trær. Resultatene våre viser at en kraftig tynning resulterte i økt innvokning av nye trær, men på bekostning av volumtilveksten på bestandsnivå. I forsøket i Mannstadlia ble imidlertid god gjenvekst også oppnådd ved en uttaksstyrke på om lag 55 % av opprinnelig grunnflate. Resultatene fra Mannstadlia tyder på at et uttak i denne størrelsesorden vil medføre at volumet er tilbake på omtrent samme nivå som før hogst etter om lag 35 år.

# Litteraturliste

- Ahlström, M.A., & Lundqvist, L. 2015. Stand development during 16–57 years in partially harvested sub-alpine uneven-aged Norway spruce stands reconstructed from increment cores For. Ecol. Manage. 350: 81-86.
- Allen, M.G., II, & Burkhardt., H.E. 2018. Growth-Density Relationships in Loblolly Pine Plantations. Forest Science 65(3):250-264.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. Meddr. norske SkogforsVes. 22: 265-365.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Meddr. norske SkogforsVes. 31: 364-537.
- Brantseg, A. 1967. Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Meddr. norske SkogforsVes. 22: 695-739.
- Gizachew, B., & Brunner, A. 2011. Density–growth relationships in thinned and unthinned Norway spruce and Scots pine stands in Norway. Scand. J. For. Res. 26: 543-554.
- Holgén, P., Söderberg, U., & Hånell, B. 2003. Diameter increment in *Picea abies* shelterwood stands in Northern Sweden. Scand. J. For. Res. 18: 163-167.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., & Saksa, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. Can. J. For. Res. 32: 1577-1584.
- Langsæter, Å. 1941. Om tynning i enaldret gran-og furuskog. Meddr, norske SkogforsVes. 8: 131-216.
- Larsson, J.Y. 2005. Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. NIJOS håndbok nr. 01/05. 120 s. ISBN 82-7464-346-1.
- Lundqvist, L. 2017. Tamm Review: Selection system reduces long-term volume growth in Fennoscandic uneven-aged Norway spruce forests. For. Ecol. Manage. 391: 362-375.
- Lundqvist, L., Chrimes, D., Elfving, B., Mörling, T., & Valinger, E. 2007. Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. For. Ecol. Manage. 238:141-146.
- Mar:Möller, C. 1954. The influence of thinning on volume increment. I. Results of investigations. In: Thinning problems and practices in Denmark. eds. Mar:Möller, C., Abell, J., Jadg, T., & Junker, F. 5 - 32. Technical Publication 76. College of Forestry. State University of New York, Syracuse, USA.
- Nilsen, P. 1988. Fjellskoghogst i granskog – gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 2: 1-26.
- Pretzsch, H. 2005. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. Eur. J. Forest Res. 124: 193-205.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Svendsrud, A. 2000. Tabeller for beregning av verdien av skogbestand. Rapport fra skogforskningen (suppl.) 15. 15 s. + vedlegg.
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. Meddr. norske SkogforsVes. 22: 543-574.
- Zeide, B. 2001. Natural thinning and environmental change: an ecological process model. For. Ecol. Manage. 154: 165-177.

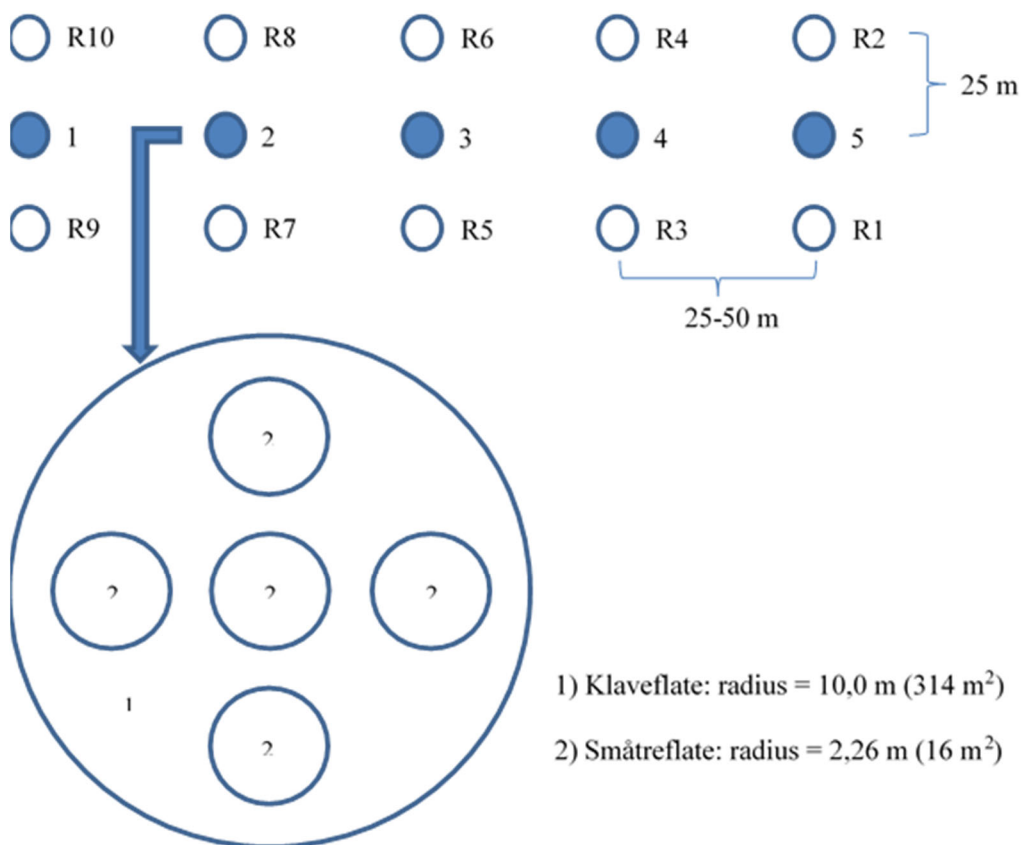
Zeide, B. 2004. Optimal stand density: A solution. *Can. J. For. Res.* 34: 846-854.

Øyen, B.H., & Nilsen, P. 2002. Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. *Forestry* 75(4):401-410.

# Vedlegg 1: Instruks for utlegging av temporære prøveflater

Registreringene tar sikte på å kartlegge om tidligere utført fjellskoghogst gir tilfredsstillende foryngelse og produksjon. I hvert bestand hvor det skal gjennomføres registrering legges det ut fem sirkulære takstflater («klaveflater»), med radius 10 m (Figur 1). Registreringene i hver klaveflate danner grunnlaget for å beregne sentrale størrelser som stående volum og grunnflate. I tilknytning til hver klaveflate legges det også ut fem mindre flater for registrering av foryngelse («småtreflater»), hver med radius 2,26 m. Fire av disse etableres i 6 meters avstand fra senter i klaveflata (retning, N, Ø, S, V), mens den siste etableres i sentrum av klaveflata.

Figuren under viser hvordan prøveflatene kan legges ut. For at plasseringen skal bli tilfeldig bør det tilstrebes å legge ut disse med en fast avstand, fortrinnsvis langs en linje i bestandet og med minimum 25 m avstand mellom hver enkelt klaveflate. Dersom en eller flere flater i linja havner på en lokalitet som ikke er representativ for bestandet (f.eks. impediment, bekk, myr etc.) benyttes ved behov «reserveflater», indikert ved plasseringen av flater merket R1-R10 i figuren under. Dersom det er behov for å flytte en av de fem registreringsflatene benyttes først reserveflate R1. Derom flytting til denne heller ikke er mulig benyttes R2 osv.



Figur A1. Utlegging av klaveflater med tilhørende småtreflater for registrering av foryngelse.

## Registreringer på klaveflater:

- Hellingsretning i grader.
- Hellingsprosent.
- Diameter i brysthøyde og treslag for alle trær med diameter minst 80 mm i brysthøyde.

- Diameter utenpå bark for alle hogststubber med diameter minst 80 mm (måles i stubbeavskjær, med påslag for bark dersom denne har falt av).
- For trær med toppbrekk eller tørrtopp registreres volumandel ihht. vedlagte tabeller. En må da måle høyden opp til bruddstedet samt til antatt høyde uten brudd, og bruke disse målingene som inngangsverdier. For lauvtrær brukes furutabellen.
- Her registreres også data for to utvalgte prøvetrær (høyde, diameter i brysthøyde og diameter ved stubbeavskjær: 0,3 m over midlere bakkenivå). For å få dekket variasjonen i trestørrelse velges hvis mulig ett tre fra diameterklassen 100-249 mm og ett tre med diameter  $\geq 250$  mm. Som prøvetre i hver diameterklasse velges det treet som står nærmest sentrum i klaveflata. Prøvetrærne bør fortrinnsvis være uskadde uten toppbrekk eller andre vesentlige skader. Høyde på prøvetrærne noteres eget sted i skjema, mens diameter i brysthøyde og stubbediameter registreres i trelista. NB: I skjema settes ring rundt trær som også er valgt som prøvetrær.

Registreringene på prøvetrær og stubber gjøres dels for å kunne beregne dagens stående volum, og for å kunne estimere avvirket grunnflate (% uttak ved hogsten).

Diameter på trær og stubber registreres med klavearmen pekende i retning flatesentrum. Dersom betydelig utvekst eller skade på normalt klavested (1,3 m over midlere bakkenivå) flyttes klavestedet opp eller ned til nærmeste del av stamme med «normal vekst»

#### **Registreringer på småtreflater (telleflater):**

- Vegetasjonstype (i blåbærskog noteres også om normal, fuktig eller tørr utforming)
- Telling av foryngelse, fordelt på treslagsgrupper (gran, furu, lauv) og tre størrelsesklasser:
  - 1: Foryngelse med høyde 10-29 cm
  - 2: Foryngelse med høyde 30-129 cm
  - 3: Trær med høyde minst 130 cm og diameter i brysthøyde til og med 49 mm

For hver kategori noteres totalt antall (levende) samt antall utviklingsdyktige.

- Skader: Dersom det er færre utviklingsdyktige planter enn totalt antall levende noteres viktigste skadeårsak. Klasser:
  - 1 = beiting
  - 2 = klimatisk skade (snøbrekk, frost, tørke)
  - 3 = soppskade
  - 4 = pisket, undertrykt
  - 5 = mekanisk skade fra hogsten
  - 6 = annet/ukjent
- o-ruter: antall kvadranter (0-4) i hver telleflate uten utviklingsdyktig foryngelse av bartrær.

Tabell A1. Forklaring til variablene i skjema.

VARIABEL	REG. NIVÅ	ENHET/KLASSER	MERKNADER
BESTNR	Bestand	Bestands-ID	Fra skogbruksplan.
BON	Bestand	H40 bonitet	Fra skogbruksplan.
PRFL	Klaveflate	Flatnr (1-5 evt. R1-10)	Se skisse.
NS	Klaveflate	Nord-sør koordinat	Fra GPS
OV	Klaveflate	Øst-vest koordinat	Fra GPS
HELL	Klaveflate	Helling (%)	
RETN	Klaveflate	Hellingsretning (grader)	NB: Bruk kompass med 400 graders inndeling, evt noter på skjema om det brukes 360 graders kompass
TRE	Klaveflate	1=gran, 2=furu, 3=bjørk, 4=annet lauv	Reg. for alle levende trær med DBH $\geq$ 50 mm inkludert prøvetrær, samt stubber
DBH	Klaveflate	Diameter i brysthøyde (mm)	Reg. for alle levende trær med diameter i brysthøyde $\geq$ 50 mm.
DST	Klaveflate	Diam. stubbeavskjær (mm)	Reg. for alle hogde trær med stubbediameter $\geq$ 50 mm. Det gjøres skjønnsmessig påslag for bark hvis bark mangler
V%	Klaveflate	Volumandel (%)	Tabellverdi som anvendes for klavetrær med toppbrekk eller tørrtopp.
VEG.TYPE	Småtreflate	1 = lavskog 2 = blokkebærskog 3 = bærlyngskog 4 = blåbærskog 5 = småbregneskog 6 = storbregneskog 7 = lågurtskog 8 = høgstaueskog 9 = gran/bjorkesumpskog 10 = furumyrskog	Noter «annet» i skjema dersom annen vegetasjonstype enn 1-10.
FUKT	Småtreflate	N = normal utforming av veg. type F = fuktig utforming av veg. type T = tørr utforming av veg. type	Registreres dersom vegetasjonstype = blåbærskog
0-RUTER	Småtreflate	Antall kvadranter i telleflata uten utviklingsdyktige bartrær (0-4)	
G 01-03	Småtreflate	Antall gran - høyde 10-29 cm	
G 03-13	Småtreflate	Antall gran - høyde 30-129 cm	
G 13-5	Småtreflate	Antall gran - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter $\leq$ 49 mm	
L 01-03	Småtreflate	Antall lauv - høyde 10-29 cm	
L 03-13	Småtreflate	Antall lauv - høyde 30-129 cm	
L 13-5	Småtreflate	Antall lauv - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter $\leq$ 49 mm	
F 01-03	Småtreflate	Antall furu - høyde 10-29 cm	
F 03-13	Småtreflate	Antall furu - høyde 30-129 cm	
F 13-5	Småtreflate	Antall furu - høyde minst 130 cm og brysthøydediameter $\leq$ 49 mm	
SKADE	Småtreflate	1 = beiting 2 = klimatisk (snøbrekk, frost, tørke) 3 = sopp 4 =pisket, undertrykt 5 = annet/ukjent	Noteres for hver størrelsesklasse og treslag dersom antall framtidstrær er lavere enn totalt antall (NB: KUN VIKTIGSTE).
H P1	Klaveflate	Høyde (dm), prøvetre 1	Prøvetre 1: dkl 100-249 mm.
H P2	Klaveflate	Høyde (dm), prøvetre 2	Prøvetre 2: dkl $\geq$ 250 mm

Tabell A2. Stammemassens prosentiske fordeling for gran.

Høyde fra rotavskjær til brudd, meter	Opprinnelig trehøyde i meter																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	25	23	20	19	17	16	15	15	14	14	13	13	12	12	12	12	12
2	46	41	36	34	32	31	29	28	26	25	24	24	23	23	22	22	21
3	65	59	52	49	46	44	42	40	37	36	35	34	32	32	31	31	30
4	78	73	67	62	57	55	52	50	47	46	44	43	41	40	39	39	38
5	91	85	79	74	68	65	62	60	57	55	53	51	49	48	47	46	45
6	95	92	88	83	78	75	71	68	65	63	61	59	57	56	54	53	51
7		98	94	90	86	83	79	76	73	71	68	66	64	63	61	60	58
8			98	95	92	89	85	82	79	77	75	73	70	69	67	66	64
9				99	96	93	90	88	85	83	80	78	76	73	72	71	69
10					99	97	95	93	90	88	85	83	80	79	77	76	74
11						97	95	93	91	89	87	85	84	82	81	79	
12							99	98	96	95	93	91	89	88	86	84	82
13									98	97	96	94	92	91	89	87	86
14										99	98	97	95	94	92	91	89
15												99	97	96	94	93	92
16													98	97	96	95	94
17														99	98	97	96
18																99	97
19																	98

Tabell A3. Stammemassens prosentiske fordeling for furu.

Høyde fra rotavskjær til brudd, meter	Opprinnelig trehøyde i meter																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	27	24	20	19	18	17	15	14	13	13	12	11	10	10	9	8	8
2	47	43	38	36	34	31	29	27	26	25	23	22	20	19	18	17	16
3	63	59	54	50	46	43	40	38	36	34	32	30	28	27	26	25	24
4	80	74	68	63	58	55	52	50	47	45	42	39	36	35	33	32	31
5	90	85	80	75	69	65	61	59	56	53	50	47	44	42	40	39	38
6	97	93	89	84	79	75	71	68	64	61	58	55	51	49	47	46	44
7		98	95	91	87	83	79	76	72	69	65	62	58	56	54	52	50
8			98	95	92	88	85	82	79	76	72	69	65	63	60	58	56
9				99	97	94	91	88	85	82	78	75	71	68	65	64	62
10					98	95	93	90	87	83	80	76	74	71	69	67	
11						98	96	94	91	88	85	81	79	76	74	72	
12							99	97	94	91	89	86	84	81	79	76	
13									97	94	92	89	87	85	83	81	
14										96	95	93	91	88	86	84	
15												96	94	92	90	88	
16														94	92	91	
17															96	95	94
18																	96



## Vedlegg 2: Instruks for innsamling av borprøver

Det skal tas borprøver i brysthøyde av prøvetrærne (2 per prøveflate, dvs. 10 per bestand). Det er ikke nødvendig å treffe marg men prøven må minst få med vekstutviklingen over et tidsrom som dekker tilbake til 15-20 år før hogst. Noter som merknad på skjema dersom råte i prøven.

Det borres i retning diagonalt mot flatesentrum.

Borprøven legges i plastflak og merkes tydelig. Legg alltid prøven med barksiden samme vei i plastflaket. Åpningene på plastflaket må dekket med tape (frysetape/maskeringstape fungerer bra) som perforeres i ene enden for lufting. Bruk også tape utenpå plastflaket, der det noteres bestandsnr, prøveflatenr (1-5) og nr på prøvetreet innen prøveflata (1 el. 2).

Prøvene lagres i fryser etter endt arbeidsuke. Lagring i vanlig inneklime fungerer også forutsatt at tapen er perforert slik at prøven kan tørke.

## Vedlegg 3: Modeller basert på data fra prøvetrær

Tabell A4. Bestandsvise modeller for prediksjon av trehøyde (dm) med diameter i brysthøyde (DBH, mm) som uavhengig variabel.

Bestand	Funksjon	R <sup>2</sup>	n
054_1	$13 + 0,7890*DBH - 0,0009*DBH^2$	0,89	10
111_0	$13 + 0,7742*DBH - 0,0006*DBH^2$	0,92	10
161_0	$13 + 0,7258*DBH - 0,0006*DBH^2$	0,91	10
167_0	$13 + 0,6843*DBH - 0,0003*DBH^2$	0,90	10
202_0	$13 + 0,7554*DBH - 0,0009*DBH^2$	0,67	10
225_0	$13 + 0,7182*DBH - 0,0007*DBH^2$	0,94	10
241_0	$13 + 0,6559*DBH - 0,0006*DBH^2$	0,68	10
301_0	$13 + 0,5889*DBH - 0,0003*DBH^2$	0,85	10
302_0	$13 + 0,7594*DBH - 0,0008*DBH^2$	0,89	10
311_0	$13 + 0,6922*DBH - 0,0006*DBH^2$	0,53	9
312_0	$13 + 0,6167*DBH - 0,0003*DBH^2$	0,71	10
322_0	$13 + 0,8156*DBH - 0,0007*DBH^2$	0,93	6
856_0	$13 + 0,7247*DBH - 0,0007*DBH^2$	0,74	6
Brunsdalen	$13 + 0,8596*DBH - 0,0014*DBH^2$	0,47	10
Targallveståsen	$13 + 0,9056*DBH - 0,0017*DBH^2$	0,16	10

Funksjon utarbeidet for beregning av diameter i brysthøyde på felte trær:

$$DBH = 6,2124 + 0,821*DST$$

$$R^2 = 0,9477$$

$$n = 164$$

hvor

DBH = diameter i brysthøyde (1,3 m over midlere bakkenivå, mm)

DST = diameter i stubbehøyde (0,3 m over midlere bakkenivå, mm)



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

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

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

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