

11
/ 00



Rapport

fra skogforskningen

Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 12, 1432 Ås
Institutt for skogfag, NLH, Postboks 5044, 1432 Ås

Ungskogpleie i granbestand

Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronehøyde og kvisttykkelse



Helge Braastad og Bjørn Tveite

Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (NISK) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for skogfag, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på NISK. Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til NISK.

Redaktør for serien er forskningsdirektør Bjørn R. Langerud, NISK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, NISK

ISBN 82-7169-949-0
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning (NISK)
Høgskoleveien 12,
1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00
Fax: 64 94 29 80
E-post: nisk@nisk.no
Internett: <http://www.nisk.no/>

*Forside: Ledd 820 (rute 4) i 1979, 7 år etter
behandling*
Foto: Helge Braastad

Ungskogpleie i granbestand

Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronehøyde og kvisttykkelse

Helge Braastad og Bjørn Tveite



Forord

Denne rapporten er andre del i prosjektet "Dimensjonsfordeling og bestandstilvekst i eingsaldrå gran- og furuskog med serleg vekt på utynna eller svakt tynna skog". Prosjektet er et samarbeid mellom Norsk institutt for skogforskning og Skogbrukets Kursinstitutt. Det er finansiert av Utviklingsfondet for Skogbruket, Landbruksdepartementet og Norges Forskningsråd.

Prosjektet har som ett mål å rapportere og diskutere resultater fra tynningsforsøk der utynnede forsøksledd går inn i forsøksplanen. Et annet mål er å sammenligne tilvekstfunksjoner for bestand med NISK's databank. Hovedvekten blir lagt på å beskrive resultater fra aktuelle tynningsforsøk.

Vi vil takke alle de som ved NISK gjennom de siste 80 årene har bidratt ved anlegg og revisjoner av forsøksfelt. Dette arbeidet er forutsetningen for forskningsprosjekt innen skogskjøtsel. Men her vil vi spesielt takke Reidar Bue, Jørgen Skatter og Stig Støtvig som arbeidet med organisering av data fra det forsøket som er bakgrunn for denne rapporten.

Ås/Honne september 2000

Helge Braastad og Bjørn Tveite

Sammendrag

BRAASTAD, H. & TVEITE, B. 2000. Ungskogpleie i granbestand. Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronehøyde og kvisttykkelse. Rapport fra skogforskningen 11/00:1-24.

Forsøket som er analysert ligger i et plantet granbestand på bonitet G17. I 1999 var totalalderen 50 år og overhøyden ca 17 meter. Forsøket belyser effektene av at treantallet ble redusert fra ca 3000 trær per ha til henholdsvis 2070-1600-1100 og 820 trær per ha da overhøyden var ca 5 meter og totalalderen var 22 år.

I 1999 øker middeldiameteren (D_g) med avtagende treantall fra 14,9 cm til 19,3 cm. Forskjellen på D_g mellom forsøksledd 2070 og 820 er 4,4 cm.

Volum av stående trær avtar med synkende treantall, og varierer i 1999 mellom 229 m³ og 177 m³ per ha.

Størrelsen av naturlig avgang er påvirket av tettheten. I 1999 er samlet avgang 11,7 m³ per ha i forsøksledd 2070 og 2,5 m³ per ha i forsøksledd 820. Naturlig avgang er både absolutt og relativt sett størst i de tetteste forsøksledd.

Totalproduksjonen avtar med avtagende treantall. Forskjellen mellom forsøksleddene 2070 og 820 i 1999 er 61 m³ per ha, eller 25 % av totalproduksjonen i ledd 2070.

De grøvste trærne har hatt den største diameter-tilveksten i alle forsøksledd. Økningen av diameter-tilveksten er størst for de største trærne. Diameter-tilveksten har økt mest i forsøksledd 820 og minst i forsøksledd 2070. Middeldiameteren av de 800 grøvste trærne per ha (D_{800}) i 1999 er 1,4 cm større i forsøksledd 820 enn i forsøksledd 2070.

Diameteren av de 100, 400 og de 800 grøvste trærne i 1999, dvs D_{100} , D_{400} og D_{800} , er sammenlignet med beregnede verdier etter Pettersson (1993). Funksjonen overvurderte den virkelige diameteren, men forskjellene var, unntatt i et tilfelle, mindre enn 1 cm. Forskjellen mellom D_{800} i forsøksledd 2070 og i forsøksledd 820 beregnet med Petterssons funksjoner er 2,3 cm i 1999 og 1,9 cm i 1989, mens den virkelige forskjellen i forsøket var henholdsvis 1,4 cm og 0,9 cm. Generelt viser testen at treantallsreduksjonen øker diameterveksten på de grøvste trærne innen bestand i samme grad i vårt forsøk som i de forsøk Pettersson (1993) har benyttet.

Grunnflatemiddelstammens diameter-tilvekst samsvarer med tilvekstfunksjon (Blingsmo 1984) brukt i norske produksjonsmodeller.

Volumet av de 800 grøvste trærne avtar noe med økende treantall. Forskjellen mellom forsøksleddene 2070 og 820 i 1999, 28 år etter uttak, er 19 m³ per ha.

Kronehøyden på de 800 grøvste trærne varierer i 1999 fra 2,7 m til 4,5 m, og øker med synkende treantall. I forsøksledd 820 er kronehøyden på de 800 grøvste trærne 1,75 meter lavere enn i forsøksledd 2070.

Kvisttykkelsen øker med avtagende treantall, med treets diameter, og med økende høyde i det undersøkte området opp til ca 5 meter over marken. For kvister mellom 2,5 og 5 meter fra marken er forskjellen i kvisttykkelse i 1995 3,7 – 4,0 mm mellom forsøksledd 2070 og forsøksledd 820. Mellom forsøksledd 2070 og 1600 er forskjellen bare 1,2 - 1,5 mm, og mellom forsøksledd 1600 og 1100 bare 1,2-1,6 mm. Forskjellene mellom forsøksledd vil kunne øke noe, fordi det ennå er en større andel levende kvister i forsøksleddene med lave treantall.

Nøkkelord: ungskogpleie, gran, dimensjonsfordeling, kvisttykkelse, produksjon

Innhold

1. Innledning.....	5
2. Materiale og metode	5
2.1. Forsøksplanen.....	5
2.2. Alder, høyde og treantall	6
2.3. Statistiske analyser	6
3. Resultater og diskusjon.....	6
3.1. Høydeutvikling.....	6
3.2. Høydeboniteten	7
3.3. Naturlig avgang og treantallsutvikling.....	8
3.4. Grunnflatemiddelstammens diameter.....	10
3.5. Volum av stående trær.....	11
3.6. Totalproduksjon	13
3.7. Diameter av de N grøvste trærne per ha i forsøksperioden.....	13
3.8. Diameter og volum av de 800 grøvste trærne.....	15
3.9. Sammenligning av virkelig og beregnet diametertilvekst.....	16
3.10. Diameterfordeling.....	16
3.11. Volumfordeling	18
3.12. Kronehøyde	19
3.13. Kvisttykkelse og kvistantall	20
4. Konklusjon	23

1. Innledning

Ungskogpleie er også kalt avstandsregulering, men ungsogpleie er et bedre faguttrykk. Fordi ved ungsogpleie skal vi fristille et riktig antall av de beste treslagene og av de beste trærne jevnest mulig fordelt på arealet. Ved ungsogpleie styres treslags sammensetning og kvaliteten på de trær som fristilles.

Ungskogpleie blir noen ganger betraktet som en del av foryngelsesfasen og knyttes til begrepet skogkultur, men ungsogpleie er det første inngrep i bestandspleien, før første tynning. Ungskogpleie utføres i unge bestand som er etablert både etter naturlig foryngelse, såing og plantning.

Ungskogpleie er en naturlig del av god skogskjøtsel. Når foryngelsen består av flere treslag, med forskjellig salgsverdi og med forskjellig vekstrytme, er det viktig for bestandets fremtidige verdiproduksjon at ungsogpleie utføres. Men noen ganger utføres ungsogpleie når det ikke er nødvendig eller har liten nytte, eller treantallet reduseres for mye, og da er investeringen ikke lønnsom.

Undersøkelser om effekten av ungsogpleie er i hovedsak å finne i litteratur etter 1950. Andersson (1974), Vestjordet (1977) og Pettersson (1993) har i sine publikasjoner belyst hvordan volumtilvekst, dimensjonsfordeling, kvalitet og naturlig avgang blir påvirket når treantallet reduseres ved ungsogpleie. I disse publikasjoner er det også fyldige litteraturlister om arbeider som angår ungsogpleie i årene etter 1950.

I de eldre forsøkene mangler ofte forsøksledd med treantall lavere enn 1000 trær per ha, mens kontrollen hadde store tettheter. Formålet med denne rapporten er å vise hvordan ungsogpleie har påvirket diametertilvekst, volum av stående trær, totalproduksjon, dimensjonsfordeling, kron høyde og kvisttykkelse i et reint granbestand, når tettheten reduseres fra ca 3000 trær per ha ned til henholdsvis 2070, 1600, 1100 og 820 trær per ha.

I rapporten analyseres resultatene fra et forsøk som ble anlagt i 1971 og revidert i perioden 1976 til 1999. Resultatene dekker utviklingen i en liten del av omløpstiden, men det er meget viktig å se hvordan forskjellene i treantall har påvirket bestandsutviklingen i løpet av disse 28 årene.

2. Materiale og metode

2.1. Forsøksplanen

Forsøksfelt 923 ligger i Vardal prestegårdsskog i Gjøvik kommune. Forsøket ble anlagt høsten 1971 i et plantefelt med gran fra 1953.

Forsøket er et blokkforsøk med 4 forsøksledd og 5 blokker. Nettoruta er 1000 m² (25*40 m) og rundt hver rute er det en 5 meter bred buffersone. I buffersonen er treantallet redusert til samme nivå som i nettoruta innenfor.

Treantallet før uttak i 1971 var i middel 3191 per ha, dvs midlere treavstand lik 1,77 m, og den varierte mellom ruter fra 2320 til 3910 per ha.

Treantallet ble redusert i 1971 til henholdsvis: 2070 – 1600 – 1100 og 820 per ha for de fire ulike forsøksleddene. Dette tilsvarer treavstandene 2,2 – 2,5 – 3,0 – og 3,5 m. Det tetteste leddet (kontrollen), med treantall 2070, ble valgt fordi vanlig plante-

avstand var 2*2 meter, dvs 2500 planter per ha. Kontrollen skulle tilsvare denne planteavstanden minus en naturlig avgang på ca 20 %.

Ved de senere revisjonene er det ikke tynnet i noen av forsøksleddene, men naturlig avgang er registrert.

I 1971 ble ikke diameteren målt, men ved de senere revisjonene er diameteren bestemt med omkretsmåling i brysthøyde på alle trær, og måling av høyde og kronehøyde på utvalgte prøvetrær.

Våren 1995 ble kvisttykkelsene målt på ca 15 trær per rute, som ble tilfeldig trukket ut fra alle diameterklasser. I tillegg ble kvisttykkelsen på de 5 grøvste trærne per rute målt. Totalt ble kvisttykkelsen målt på 421 trær. Den tykkeste kvisten i hver krans og høyden fra mark opp til kransen ble målt og antall kvister i kransen ble bestemt. Målingene ble gjort opp til og med første kvistkrans som var mer enn 5 m over bakken. Kvisttykkelsen ble målt horisontalt 2 cm fra stammen.

2.2. Alder, høyde og treantall

Forsøket er fulgt med målinger fra 1976 da feltets totalalder (T_t) (inklusive plantealder) var 27 år. I 1999 var totalalderen 50 år og brysthøydealder var 39 år, høydeboniteten (H_{40}) var 17,2 og overhøyden (H_o) var 16,6 m.

I 1971 var overhøyden (H_o) i middel for hele forsøket 4,87 m og varierte mellom ruter fra 3,78 til 6,23 m. I middel for forsøksleddene 2070, 1600, 1100 og 820 var overhøyden henholdsvis 4,7 m, 4,9 m, 4,7 m og 5,1 m.

2.3. Statistiske analyser

Forsøket er analysert som et vanlig blokkforsøk. Forsøksleddene kan rangeres på en tetthetsskala fra 820 til 2070 etter treantallsreduksjonen i 1971. I variansanalysen er derfor den linjære komponenten i forsøksledd skilt ut og testet mot forsøksfeilen. Oppdeling i blokker har klart redusert forsøksfeilen. Det er også prøvd å bruke høydebonitet eller overhøyde som kovariabler i analysene. Disse har vært effektive til reduksjon av forsøksfeilen, men uten at de generelle konklusjonene har blitt endret.

3. Resultater og diskusjon

3.1. Høydeutvikling

Overhøyden i 1976 var i middel for hele forsøket 7,1 m og varierte fra 8,9 til 5,4 m. Middelhøyden i 1976 var i gjennomsnitt for hele forsøket 5,7 m og varierte fra 7,5 til 4,2 m.

I tabell 1 er utviklingen av overhøyden og middelhøyden gjengitt for hele forsøksperioden.

Overhøyden har vært høyest for ledd 820 og lavest for ledd 2070 gjennom hele forsøksperioden, men forskjellene er langt fra statistisk sikre. Økningen i overhøyde i forsøksperioden er nesten lik for alle forsøksledd.

Tabell 1. Utvikling av overhøyde (H_o) for hele forsøket og innen forsøksledd fra 1971 til 1999, og middelhøyde (H_v) for hele forsøket.

År	Overhøyde i meter							Middelhøyde i meter		
	Hele forsøket			Forsøksledd				Hele forsøket		
	Mid.	Max	Min	2070	1600	1100	820	Mid.	Max	Min
1976	7,1	8,9	5,4	6,9	7,1	7,0	7,4	5,7	7,5	4,2
1983	10,2	11,9	8,0	09,9	10,0	10,2	10,5	8,6	10,5	6,5
1989	12,9	15,1	10,7	12,8	12,8	12,9	13,1	11,1	13,4	8,7
1994	14,9	19,3	12,6	14,6	14,9	14,9	15,2	13,0	15,5	10,2
1999	16,6	19,4	14,3	16,3	16,8	16,7	17,0	14,8	17,5	11,6

3. 2. Høydeboniteten

I 1976 var totalalder 27 år og alder i brysthøyde varierte mellom 14 og 17 år.

Når brysthøydealder er lavere enn 20 år, er det vanskelig å bestemme boniteten nøyaktig.

I tabell 2 er boniteten gjengitt som middel av de enkelte forsøksleddene for alle revisjoner. Høydeboniteten har økt gjennom forsøksperioden for alle forsøksledd, i middel for alle forsøksledd fra $H_{40} = 14,9$ i 1976 til $H_{40} = 17,2$ i 1999. Økningen var størst fram til 1989.

Tabell 2. Høydeboniteten (H_{40}) for forsøksleddene i 1976 – 1999.

År	Forsøksledd				
	2070	1600	1100	820	Middel
1976	14,7	14,9	14,9	15,1	14,9
1983	15,5	15,5	15,8	15,9	15,7
1989	16,5	16,4	16,6	16,5	16,5
1994	16,7	16,9	16,9	17,0	16,9
1999	16,9	17,2	17,2	17,3	17,2

Mellom forsøksledd varierer H_{40} i 1999 fra 16,9 til 17,3. H_{40} er lavest for forsøksledd 2070 og høyest for forsøksledd 820, men forskjellene er langt fra statistisk sikre. Forskjellene har ikke endret seg gjennom forsøksperioden.

Det er klare blokkeffekter. Oppdeling i blokker har altså vært effektiv for å få ned forsøksfeilen. Likevel er det fortsatt en betydelig tilfeldig variasjon igjen. Det er vanskelig å finne forsøksarealer i granskog med mindre variasjon enn i dette forsøket.

3.3. Naturlig avgang og treantallsutvikling

Etter 1971 er det bare naturlig avgang som har redusert treantallet. Størrelsen av naturlig avgang er vist i tabell 3. Treantallet høsten 1976 er med små avvik det samme som i 1971. I perioden 1977-1999 synker treantallet i alle forsøksledd. Både den absolutte og den relative avgangen er størst i forsøksledd 2070 og avtar med synkende treantall. På tross av den naturlige avgangen er det fortsatt stor forskjell i treantall mellom forsøksleddene.

Avgangen i løpet av forsøksperioden skyldes litt selvtytning (konkurrans) og i noen tilfeller råte, men hovedårsaken til avgangen er snøskader. Snøskadene har tatt flest trær i rutene med størst treantall. Samlet er nesten 10 ganger så mange trær gått ut i forsøksledd 2070 som i forsøksledd 820. I forsøksledd 820 er avgangen 4,6 % og i forsøksledd 2070 er avgangen 16,8 %. Avgangen i de andre forsøksleddene ligger mellom disse verdiene. Avgangen i kubikkmasse varierer fra ca 5 % i ledd 2070 til ca 1 % i ledd 820. Middeldimensjonen (m^3/tre) av døde trær er nesten dobbelt så stor i forsøksledd 820 som i forsøksledd 2070.

I figur 1 er gjennomsnittlig treavstand avsatt mot overhøyden for de fire forsøksleddene. I samme diagram er linjene S% 10 og S% 20 lagt inn. S% er den gjennomsnittlige treavstand i % av bestandets overhøyde. Ved den første revisjonen hadde alle forsøksledd lavere tetthet enn S% 20. I 1999 var S% henholdsvis 14,2 - 15,3 - 18,5 og 20,8 for leddene 2070, 1600, 1100 og 820. Figuren viser hvordan S% øker med økende høyde selv om treavstanden også øker noe. Den gjennomsnittlige treavstanden i 1999 er henholdsvis 2,4 - 2,7 - 3,1 og 3,6 m.

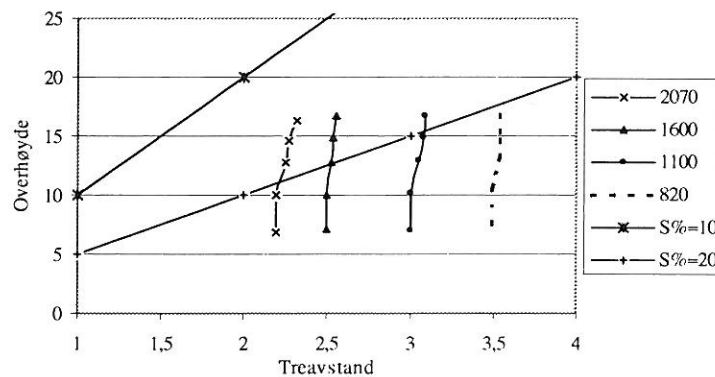


Fig. 1. Utviklingen av tettheten i forsøksleddene fra 1976 til 1999. I figuren er linjene for S% 10 og S% 20 lagt inn.

Tabell 3. Treantall og naturlig avgang fra 1976 til 1999.

År	Treantall				Relativ avgang (% per år)			
	Forsøksledd				Forsøksledd			
	2070	1600	1100	820	2070	1600	1100	820
1976	2068	1594	1108	820	-	-	-	-
1983	1922	1520	1082	808	1,04	0,68	0,34	0,21
1989	1866	1468	1076	802	0,49	0,58	0,09	0,12
1994	1814	1446	1060	794	0,56	0,30	0,30	0,20
1999	1720	1386	1024	782	1,06	0,84	0,69	0,30
<i>Sum avgang</i>	348	214	84	38				
<i>Avgang i %</i>	16,8	13,4	7,6	4,6	0,80	0,61	0,34	0,21
<i>Avgang i m³</i>	11,7	9,2	4,7	2,5				
<i>Middeldimensjon av døde trær m³/tre</i>	0,034	0,043	0,056	0,066				

Resultatene viser at stabiliteten mot snøskade øker med avtagende tetthet, og at tidlig ungskogpleie reduserer risikoen for snøskade. Den naturlige avgangen fører til at forskjellen i tetthet mellom forsøksleddene avtar.

På tross av snøskadene er avgangen liten også i de tetteste forsøksleddene. Dette skyldes at det også i de tetteste forsøksleddene bare sto 2070 trær per ha etter ungskogpleie. Det hadde vært interessant å hatt med et forsøksledd der det var satt igjen 5-6000 trær per ha ved 5 meters høyde, for å kunne vurdert avgangen pga snø med økende tetthet.

Vestjordet (1977) undersøkte naturlig avgang i 52 forsøksruter i granforyngelser gjennom en forsøksperiode på opptil 15 år. Treantall per ha etter uttak var i gjennomsnitt ca 3300 og varierte mellom 1580 og 7760. 10 ruter hadde mindre enn 2100 trær per ha. Overhøyden ved anlegg var i gjennomsnitt 3,5 meter, altså noe lavere enn i vårt forsøk. Det er vanskelig å trekke ut tall som kan sammenlignes med resultatene våre. Funksjon 23 (Vestjordet 1977, s.383) gir for perioden 1971-1983 en reduksjon fra 2070 til 1976 trær per ha for forsøksledd 2070. For forsøksledd 1600 gir funksjonen en reduksjon til 1538 trær per ha. Virkelig avgang har vært litt større (tabell 3).

Pettersson (1993) undersøkte naturlig avgang i 92 forsøksruter i avstandsregulerte granforyngelser. Treantall etter uttak var i gjennomsnitt ca 1850 og varierte mellom 600 og 6000. Overhøyden ved anlegg var i gjennomsnitt 3,5 m (Pettersson, pers comm.). Rutene ble tynnet da overhøyden i middel var ca 12,5 m. En funksjon for antall gjenstående trær etter naturlig avgang er prøvd mot vårt forsøk med data fra 1989 da overhøyden var ca 13 m. Virkelig avgang blir undervurdert. Funksjonen angir at det fremdeles skal stå igjen 2044 trær per ha i ledd 2070, mens virkelig treantall er 1866 (tabell 3). For leddene 1600, 1100 og 820 gir funksjonen henholdsvis 1584, 1093 og 817 trær, mens virkelig treantall er 1468, 1076 og 802.

Øyen (2000) har undersøkt naturlig avgang i gran- og furuskog i tynningsforsøk fra databasen ved Norsk institutt for skogforskning. Omtrent $\frac{3}{4}$ av de registrerte 42

400 trær som var borte pga av naturlig avgang skyldtes vind - og snøskader. I dette materiale var den årlige avgangen i prosent av levende treantall ca 1 % for gran. Dersom større skadeepisoder holdes utenfor, var den årlige avgangen 0,44 % for gran. I tynna bestand var avgangen i prosent av levende trær dobbelt så stor som i tynna bestand.

Den naturlige avgangen i vårt forsøk ligger foreløpig på noenlunde samme nivå som hos Øyen (2000) for de tetteste forsøksleddene. For ledd 1100 og 820 er avgangen betydelig lavere.

Resultatene er i samsvar med planteavstandsforsøk der snøskadene minsker med økende forband (Braastad 1979, Handler & Jacobsen 1986).

3.4. Grunnflatemiddelstammens diameter

Grunnflatemiddelstammens diameter (D_g) er diameteren som svarer til den gjennomsnittlige grunnflaten per tre i bestandet. D_g er litt større enn den aritmetiske middeldiameter.

I 1976, 5 år etter treantallsreduksjonen, er forskjellen i D_g mellom de ekstreme tetthetene 1,6 cm. Fram til 1999 har D_g økt minst i det forsøksledd der færrest trær ble tatt ut. I 1999 er forskjellen i D_g mellom forsøksledd 2070 og 820 økt til 4,4 cm. Utviklingen av D_g over tid er vist i tabell 4. I forsøksperioden har D_g i forsøksledd 2070 økt med 8,9 cm, mens i de tre andre forsøksleddene har D_g økt henholdsvis 10,1 - 10,9 og 11,7 cm. Settes økningen av D_g i forsøksledd 2070 til 100%, er økningen i de tre andre forsøksleddene henholdsvis 114, 122 og 133 %.

Tabell 4. Utviklingen av grunnflatemiddelstammens diameter (D_g) i cm for alle forsøksledd.

År	Forsøksledd			
	2070	1600	1111	820
1976	6,0	6,1	6,7	7,6
1983	9,7	10,1	11,0	12,2
1989	12,2	13,1	14,2	15,6
1994	13,6	14,7	16,0	17,5
1999	14,9	16,2	17,6	19,3
Økning av D_g 1976-1999	8,9	10,1	10,9	11,7
	100%	114%	122%	133%

Grunnflatemiddelstammens diameter (D_g) øker med økende treantallsreduksjon. Årsakene er flere. Ved treantallsreduksjonen i 1971 ble de minste trærne tatt ut. Dette gir automatisk en økning av D_g for gjenstående trær. En viktig årsak til forskjeller i utviklingen over tid er videre at diametertilveksten er dimensjonsavhengig. De største trærne vokser best. Ulik dimensjonsfordeling gjør at gjennomsnittlig diametertilvekst blir minst i de tetteste forsøksleddene. Som en tredje årsak kommer en ekte vekstreaksjon fordi trærne har fått større vekstrom og får derfor størst dia-

metertilvekst i de glisneste forsøksleddene. En større naturlig avgang av mindre trær i de tetteste forsøksleddene virker i motsatt retning.

I 1999, dvs 28 år etter treantallsreduksjonen er D_g i forsøksledd 2070 blitt 14,9 cm og i forsøksledd 820 er D_g 19,3 cm. Forskjellen mellom disse forsøksleddene er 4,4 cm. Forskjellen i økningen av D_g per år er 0,16 cm. I forhold til forskjellene i tetthet mellom leddene 2070 og 820 er effekten på D_g liten. Årsaken er at det tetteste forsøksleddet bare har 2070 trær per ha. Et forsøksledd med 5- 6000 trær per ha ville hatt en betydelig lavere D_g .

3.5. Volum av stående trær

I tabell 5 er volumet av stående trær etter naturlig avgang (V3) gjengitt for alle forsøksledd og revisjoner. I 1976 er differansen mellom forsøksledd 2070 og forsøksledd 820 lik 8,9 m³ per ha, eller 38 %. I 1999 er differansen mellom de samme forsøksledd 52,1 m³ eller 23%. Stående volum synker med synkende treantall. Denne linjære effekten er signifikant (P=0,0005) når overhøyde brukes som kovariabel.

Økningen i volum av stående trær (V3) er differansen mellom volumtilvekst og volumet av naturlig avgang i perioden.

I forsøksledd 820 var økningen i volum av stående trær i perioden 1995 -1999 lik (176,8 - 132,9) = 43,9 m³ per ha, og naturlig avgang var 1,5 m³ per ha.

I forsøksledd 2070 var økningen i volum av stående trær i perioden 1995 -1999 lik (228,9 - 181,3) = 47,6 m³ per ha og naturlig avgang var 5,8 m³ per ha. (se tabell 5).

I perioden 1976-1999 sto det i forsøksledd 820 ca 50% av treantallet i forsøksledd 2070, men økningen av volumet var 79 % av økningen i forsøksledd 2070.

Tabell 5. Volum av stående trær (V3) i m³ per ha etter naturlig avgang. Absolutt og relativ økning av V3 i forsøksperioden.

År	Forsøksledd				Dif	Dif %
	2070	1600	1111	820	2070-820	2070-820
1976	23,2	15,8	13,9	14,3	8,9	38
1983	71,5	57,7	50,4	47,6	23,9	33
1989	131,9	114,8	102,3	93,0	38,9	29
1994	181,3	165,9	146,0	132,9	48,4	27
1999	228,9	215,7	192,5	176,8	52,1	23
Økning i V3 76-99	205,7	199,9	178,6	162,5		
Økning i % av forsøksledd 2070	100	97	87	79		

Tabell 6. Økning av volumet av stående trær (V3) i m³ per ha for alle forsøksledd og tilvekstperioder.

Tilvekstperiode	Forsøksledd				Relativ økning *
	2070	1600	1100	820	
1977-1983	48,3	41,9	36,5	33,3	69 %
1984-1989	60,4	57,1	51,9	45,4	75 %
1990-1994	49,4	51,1	43,7	39,9	81 %
1995-1999	47,6	49,8	46,5	43,9	92 %

* Økningen av V3 i forsøksledd 820 i % av økning av V3 i forsøksledd 2070

I tabell 6 er økningen i volum av stående trær (V3) gjengitt for alle forsøksledd og tilvekstperioder. Tabellen viser at økningen i volumet var størst i de forsøksleddene som hadde størst volum. I første periode økte volumet i forsøksledd 820 bare 69 % av forsøksledd 2070. I siste periode økte volum av stående trær 92 % av økningen i forsøksledd 2070. Tabell 6 viser at volumet av stående trær (V3) hadde tilnærmet samme økning i forsøksleddene 2070, 1600 og 1100 i siste tilvekstperiode. Økningen av V3 var litt mindre i forsøksledd 820.

Tabell 7. Middelvolum per tre i m³, alle stående trær.

År	Forsøksledd			
	2070	1600	1111	820
1976	0,011	0,010	0,013	0,017
1983	0,038	0,038	0,047	0,059
1989	0,073	0,079	0,095	0,116
1994	0,103	0,116	0,139	0,168
1999	0,137	0,157	0,189	0,227

Tabell 7 viser at i 1976 var middeldimensjonen for alle stående trær mellom 0,011 og 0,017 m³ for de fire forsøksleddene. I forsøksledd 2070 øker volum per tre både pga tilveksten og fordi det er relativt små trær som går ut ved naturlig avgang. I 1999 er forskjellen mellom forsøksledd 2070 og 820 lik 0,090 m³ per tre. I 1976 var volum per tre 63 % større i forsøksledd 820 enn i forsøksledd 2070, og i 1999 er volum per tre 69 % større i forsøksledd 820 enn i forsøksledd 2070. Volum per tre øker mest i forsøksledd 820 (se tabell 7).

Volum av stående trær avtar med avtagende treantall. Den absolutte forskjell mellom forsøksledd har økt fra 8,9 m³ per ha i 1976 til 52,1 m³ per ha i 1999, men den relative forskjellen har blitt mindre. Etter hvert som tettheten i forsøksleddene nærmer seg hverandre, vil forskjellen i volumtilvekst mellom forsøksleddene avta. Økningen av V3 i de to ekstreme tetthetene har nærmet seg hverandre i perioden 1990-1999. Dette skyldes både at volumet og derfor også volumtilveksten i forsøksledd 820 har økt, og at naturlig avgang i forsøksledd 2070 i denne perioden har vært større enn i forsøksledd 820 (5,8 m³ per ha mot 1,5 m³ per ha).

3.6. Totalproduksjon

Volumet av felte småtrær i 1971 ble ikke registrert. I totalproduksjonen (V_t) som er gjengitt i tabell 8 er derfor ikke volumet av småtrærne i 1971 inkludert. Totalproduksjonen er derfor undervurdert litt mer i forsøksledd 820 der uttaket var størst, enn i forsøksledd 2070, der uttaket var minst. Totalproduksjonen (V_t) synker med avtagende treantall. Denne linjære effekten er signifikant på 5 % nivået og blir enda klarere når overhøyden i 1999 brukes som kovariabel. Totalproduksjonen (V_t) i forsøksledd 820 er nå $61,3 \text{ m}^3$ per ha lavere enn i forsøksledd 2070. I forsøksledd 1600 er V_t $15,8 \text{ m}^3$ lavere enn i forsøksledd 2070, og i forsøksledd 1100 er V_t $43,4 \text{ m}^3$ lavere enn i forsøksledd 2070.

Tabell 8. Totalproduksjonen (V_t) i m^3 per ha og i % av forsøksledd 2070.

Ledd	Volum i m^3 per ha	% *
2070	240,6	100 %
1600	224,8	93 %
1100	197,2	82 %
820	179,3	75 %

* V_t i % av V_t i forsøksledd 2070

3.7. Diameter av de N grøvste trærne per ha i forsøksperioden

De trær som var blant de 800 grøvste trærne per ha i 1999 er delt i fire grupper: de 200 grøvste trærne (1-200), de 200 nest største trærne (201-400), de 401 til 600 grøvste trærne (401-600), og de 601-800 grøvste trærne (601-800).

I disse beregningene er det de samme trærne som inngår i de enkelte gruppene gjennom hele forsøksperioden. Den direkte effekten på middeldiameteren ved at noen trær dør, eller at diametertilvekst på noen trær reduseres så mye at de faller ned i en lavere klasse, er derfor ekskludert. På denne måten kan den reelle effekten på diametertilveksten pga treantallsreduksjonen i 1971 analyseres.

For de fire treantallsgruppene er diameteren i 1999 gjengitt i tabell 9. For gruppene 1-200, 201-400 og 401-600 er diameteren større i forsøksledd 820 enn i de andre forsøksleddene, og forskjellen er størst i gruppe 1-200. For gruppe 601-800 er derimot diameteren minst i forsøksledd 820, og det er liten forskjell på de andre forsøksledd. For gruppe 1-200 og gruppe 201-400 øker diameteren signifikant ($P < 0.04$) med synkende treantall. For gruppe 1-200 er forskjellen i diameter ca 2,8 cm mellom ytterpunktene i tetthet (ledd 2070 og ledd 820). For de 800 grøvste trærne (D800) blir forskjellene mellom ytterpunktene halvert og ikke signifikante.

Det er altså de grøvste trærne innen D800 som har reagert på treantallsreduksjonen. En grunn til dette kan være at en stadig større andel av det totale treantallet er med i D800 med synkende treantall. Innen ledd 820 er praktisk talt alle trærne med. Noen av trærne er satt igjen i dårligere partier og det finnes ingen erstatningstrær.

Tabell 9. Middeldiameter (cm) av de grøvste trærne i treantalls- gruppene 1-200, 201-400, 401-600, 601-800 for alle forsøksleddene i 1999.

Ledd	Treantallsgruppe			
	1-200	201-400	401-600	601-800
820	23,20	20,06	17,69	14,46
1100	22,13	18,82	17,24	15,77
1600	21,24	18,34	16,88	15,63
2070	20,43	17,78	16,36	15,30
dif 820-2070	2,77	2,28	1,33	-0,84
dif % 820-2070	114 %	113 %	108 %	95 %

Pettersson (1993) utviklet funksjoner for å estimere diameteren av de N grøvste trærne per ha etter uttak i granforyngelser. Materialet var 92 forsøksruter. Treantallet etter uttak var i gjennomsnitt ca 1850 trær per ha og varierte mellom 600 og 6000 trær. Overhøyden ved anlegg var i middel ca 3,5 m. Rutene ble senere tynnet da overhøyden i middel var ca 12,5 m.

Diameteren av de 100, 400 og 800 grøvste trærne i 1999 og 1989 (D100, D400 og D800) i vårt forsøk er sammenlignet med beregnede verdier etter Pettersson (1993). Resultatet er gitt i tabell 10 og 11. I 1999 (tabell 10) var overhøyden ca 17 m og i ytterkanten av det egentlige gyldighetsområdet for Petterssons funksjoner. Funksjonen overvurderte jamnt over den virkelige diameteren for de ulike gruppene ved begge tidspunkter. Forskjellene var stort sett mindre enn 1 cm. Forskjellene var størst for forsøksledd 820, og minst for forsøksledd 2070 og noe større for D800 enn for D400 og D100. Forskjellen mellom D800 i forsøksledd 2070 og i forsøksledd 820 beregnet med Petterssons funksjoner er 2,3 cm i 1999 og 1,9 cm i 1989, mens den virkelige forskjellen i forsøket var henholdsvis 1,4 cm og 0,9 cm. Testen viser at en treantallsreduksjon øker diameteren på de grøvste trær innen bestand på noenlunde samme måte i vårt forsøk som i de forsøk Pettersson (1993) har benyttet. Særlig gjelder dette de absolutt grøvste trærne.

Tabell 10. Sammenligning mellom verdier for D100, D400 og D800 fra forsøket i 1999 (Virkelig) og beregnede verdier etter Pettersson (1993) (Beregnet).

Forsøksledd	Dg cm	Ho m	Virkelig D100 cm	Beregnet D100 cm	Virkelig D400 cm	Beregnet D400 cm	Virkelig D800 cm	Beregnet D800 cm
2070	14,9	16,3	21,6	21,9	19,1	19,6	17,5	18,0
1600	16,2	16,8	22,5	23,1	19,8	20,6	18,0	18,7
1100	17,6	16,7	23,8	23,9	20,5	21,4	18,5	19,1
820	19,3	17,0	24,4	25,2	21,6	22,5	18,9	20,3

Tabell 11. Sammenligning mellom verdier for D100, D400 og D800 fra forsøket i 1989 (Virkelig) og beregnede verdier etter Pettersson (1993) (Beregnet).

Forsøksledd	Dg cm	Ho m	Virkelig D100 cm	Beregnet D100 cm	Virkelig D400 cm	Beregnet D400 cm	Virkelig D800 cm	Beregnet D800 cm
2070	12,2	12,8	17,9	18,0	15,8	16,2	14,4	14,9
1600	13,1	12,8	18,4	18,6	16,1	16,7	14,6	15,4
1100	14,2	12,9	19,4	19,3	16,5	17,5	14,9	16,0
820	15,6	13,1	20,0	20,3	17,5	18,4	15,3	16,8

3.8 Diameter og volum av de 800 grøvste trærne

Diameteren av de 800 grøvste trærne per ha (D800) i 1976 og 1999 er vist i tabell 12. I 1976, 5 år etter treantallsreduksjonen, var D800 størst i forsøksledd 820, men forskjellen mellom leddene var liten. I 1999 var D800 i forsøksleddene 820 og 2070 henholdsvis 18,9 cm og 17,5 cm, dvs en forskjell på 1,4 cm. Mellom forsøksleddene 2070 og 1600 var forskjellen bare 0,6 cm. I perioden 1976-1999 har D800 økt 10,29 cm i forsøksledd 2070 og 11,44 cm i forsøksledd 820. Forskjellen i økningen på D800 er i løpet av 23 år lik 1,15 cm. Det er ingen sikre forskjeller i D800 mellom ledd, verken i 1999 eller ved tidligere revisjoner.

For volumet er det samme tendens som for diameteren, men de relative forskjellene er noe større. Volumet av de 800 grøvste trærne per ha i 1999 er 19 m³ (12 %) større i forsøksledd 820 enn i forsøksledd 2070.

Tabell 12. Diameteren i cm av de 800 grøvste trærne per ha (D800) i 1999

	Forsøksledd			
	2070	1600	1100	820
D800 i 1976 cm	7,16	6,83	7,01	7,41
D800 i 1999 cm	17,45	18,02	18,49	18,85
Dif 1999-1976 cm	10,29	11,19	11,48	11,44
D8 i 1999 i % av forsøksledd 2070	100 %	103 %	106 %	108 %

3.9. Sammenligning av virkelig og beregnet diametertilvekst

Diametertilvekstfunksjoner for grunnflatemiddelstammens diameter er viktige bestanddeler i norske produksjonsmodeller (Braastad 1974, Blingsmo 1984). I en tidligere rapport fra et større tynningsforsøk (Braastad & Tveite 2000) sammenlignet vi virkelig årlig diametertilvekst med beregnet diametertilvekst etter funksjoner. I dette kapitlet bruker vi funksjon 7 hos Blingsmo (1984) i sammenligningen med virkelig årlig diametertilvekst. Tabell 13 viser resultatet.

I gjennomsnitt for alle 20 ruter og de fire tilvekstperiodene fra 1977 til 1999 har årlig diametertilvekst vært 4,4 mm. Middeltallet er veid med periodelengdene som har variert fra 5 til 7 år. Tilsvarende gjennomsnitt etter funksjon er 4,3 mm eller 99 prosent av virkelig tilvekst.

Funksjonen undervurderer veksten i de første tilvekstperiodene, mens veksten de siste 10 årene blir overvurdert med 12-13 prosent. Det er rimelig å tolke dette mer som variasjoner i vekstklime mellom tilvekstperioder enn som svakheter i funksjonstilpassing.

Det er ingen systematiske forskjeller i tilpassingen mellom ulike forsøksledd. Den generelle tilvekstfunksjonen gir derfor samlet sett en god tilpassing til utviklingen i det aktuelle forsøket.

Tabell 13. Sammenligning av virkelig diametertilvekst (iDv i mm per år) og beregnet diametertilvekst (iDb) etter Blingsmo (1984).

Ledd	Antall perioder	Periode	iDv	iDb	% *
Alle	80	Alle	4,4	4,3	99
Alle	20	1977-83	5,7	5,6	98
Alle	20	1984-89	5,0	4,3	87
Alle	20	1990-94	3,2	3,6	112
Alle	20	1995-99	2,9	3,2	113
2070	20	Alle	3,6	3,5	98
1600	20	Alle	4,3	3,9	93
1100	20	Alle	4,6	4,6	100
820	20	Alle	5,0	5,2	103

* iDb i prosent av iDv.

3.10. Diameterfordeling

Diameterfordelingen i 1976 for alle forsøksledd er satt opp i figur 2 og viser at de minste trærne var 2 cm og de største var 16 cm. Mellom forsøksledd er det tydelig forskjell. Med avtagende treantall reduseres treantallet i de minste diameterklassene.

I 1999 dekker diameterfordelingen et spektrum fra 5 til 31 cm. (figur 3). Det er klare forskjeller mellom forsøksleddene i treantallet for diameterklasser under 18 cm, men også forskjeller mellom forsøksledd i treantallet for diameterklassene 20 til 30 cm.

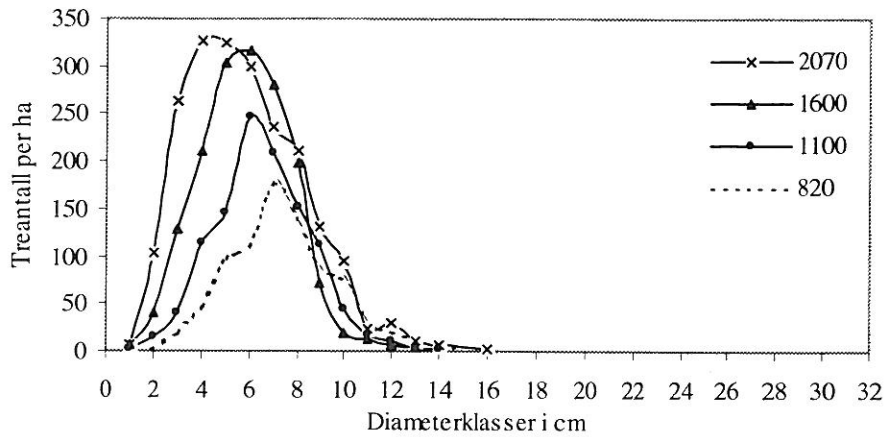


Fig. 2. Diameterfordelingen i 1976.

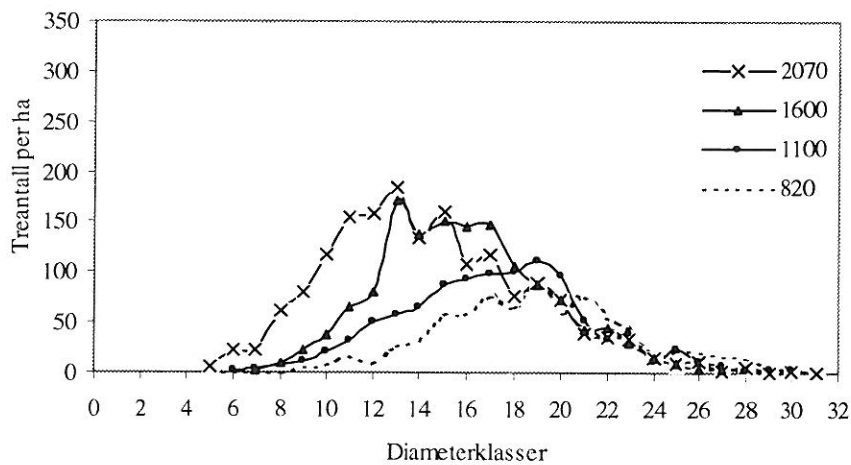


Fig. 3. Diameterfordelingen i 1999.

I forsøksledd 1600 er det totalt 334 færre trær per ha, og 8 færre trær per ha \geq 20 cm, enn i forsøksledd 2070.

I forsøksledd 1100 er det totalt 696 færre trær per ha, men 60 flere trær per ha \geq 20 cm, enn i forsøksledd 2070.

I forsøksledd 820 er det totalt 938 færre trær per ha, men 106 flere trær per ha \geq 20 cm, enn i forsøksledd 2070.

Treantallsreduksjonen fører også til økt diametertilvekst, og mest på de grøvste trærne, og derfor øker antall store trær mest i de forsøksleddene som har lavest treantall. Diameterfordelingen forskyves mot de større diameterklassene.

3.11. Volumfordeling

I tabell 14 er volumfordelingen av stående trær gjengitt for alle diameterklasser.

Tabell 14. Volum i m³ per ha i 1999 fordelt på diameterklasser.

D kl cm	Forsøksledd			
	2070	1600	1100	820
5	0,04			
6	0,21		0,02	
7	0,31	0,03	0,07	
8	1,40	0,20		
9	2,59	0,65	0,39	0,18
10	5,06	1,47	0,77	0,32
11	8,60	4,00	1,85	0,86
12	11,49	5,88	3,39	0,66
13	16,36	15,09	4,91	2,19
14	14,36	15,11	6,75	3,17
15	20,00	19,12	10,47	6,95
16	16,39	20,59	13,80	8,17
17	20,46	25,19	16,54	12,60
18	15,03	21,42	19,08	11,98
19	21,40	19,75	23,75	20,41
20	18,79	18,29	23,60	14,87
21	11,52	11,24	14,49	20,07
22	12,17	13,53	10,68	16,52
23	11,85	10,30	13,66	14,03
24	5,76	5,48	4,22	4,92
25	4,05	4,12	9,69	8,50
26	5,52	2,03	4,98	8,64
27	1,03	1,93	3,74	7,58
28	3,44		0,91	7,23
29			2,49	4,54
30	1,10		2,19	1,11
31				1,31
Sum	229	215	192	177

I forsøksledd 1600 er volum av stående trær 14 m³ lavere enn i forsøksledd 2070, og volum av trær ≥ 20 cm er 8 m³ lavere.

I forsøksledd 1100 er volum av stående trær 37 m³ lavere enn i forsøksledd 2070, men volum av trær ≥ 20 cm er 15 m³ større.

I forsøksledd 820 er volum av stående trær 52 m³ lavere enn i forsøksledd 2070, og volum av trær ≥ 20 cm er 34 m³ større. Med avtagende treantall øker volumtapet av stående trær i hele bestandet, og volumet av trær ≥ 20 cm øker.

Fordelingen av volum på diameterklasser viser at treantallsreduksjonen må være sterk før det blir en tydelig effekt på volumet av trær større enn 20 cm. Forsøksledd

1600 har lavere volum av stående trær, samtidig som volum av trær større enn 20 cm er mindre enn for forsøksledd 2070.

3.12. Kronehøyde

Kronehøyden er avstand fra stubben til nederste grønne grein. Kronehøyden er målt på prøvetrærne ved alle revisjonene. Blant disse målingene er det gjort et utvalg blant de 800 grøvste trærne i 1999. For alle årene er det derfor de samme trærne som går inn i beregningene. Dette utvalget er igjen delt opp i fire grupper. De 200 grøvste trærne (1-200), de 200 nest største trærne (201-400), de 401 til 600 grøvste trærne (401-600), og de 601-800 grøvste trærne (601-800). Forskjellen i kronehøyde mellom grupper er nesten alltid mindre enn 10-20 cm. Figur 4 viser midlere kronehøyde for de 800 grøvste trærne for de fire forsøksleddene.

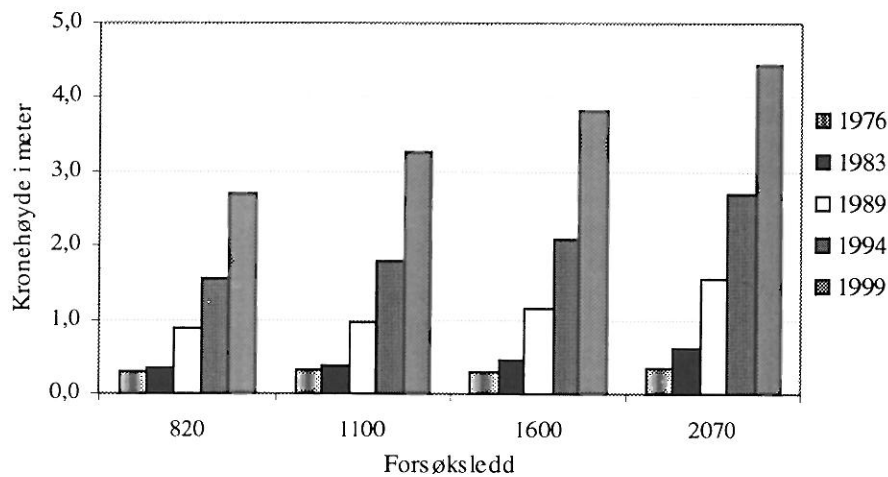


Fig. 4. Utviklingen av gjennomsnittlig kronehøyde for de 800 grøvste trærne per ha fra 1976 til 1999 for ulike forsøksledd.

Kronehøyden var ca 0,3 m i 1976, og det var ikke signifikant forskjell mellom forsøksledd.

I 1983 var kronehøyden nesten uendret i forsøksleddene 820 og 1100, men har økt til henholdsvis 0,5 m og 0,6 m i forsøksleddene 1600 og 2070. Forskjellen mellom forsøksledd er signifikant ($p < 0,005$ for linjær effekt).

I 1989 varierer kronehøyden fra 0,9 m til 1,5 m for forsøksleddene. Kronehøyden øker med økende treantall ($p < 0,003$ for linjær effekt).

I 1994 varierer kronehøyden for de 800 grøvste trærne fra 1,6 m til 2,7 m og øker med økende treantall ($p < 0,003$ for linjær effekt).

I 1999 er kronehøyden henholdsvis 4,5 m - 3,8 m - 3,3 m - og 2,7 m for de fire forsøksleddene. Forskjellen mellom forsøksledd er sterkt signifikant. På de siste 5 årene har kronegrensen økt 1,2 m i forsøksledd 820 og 1,8 m i forsøksledd 2070.

Kronehøyden synker med avtagende treantall. Men forsøket viser også at selv om treantallet reduseres fra 2070 til 820 ved 5 meters bestandshøyde, er forskjellen mellom forsøksledd 820 og forsøksledd 2070 bare 1,8 meter ved en overhøyde på 16-17 meter. Det er allerede tørrkvist opp til 2,7 meter der treavstanden er 3,5 meter. Det kan derfor ikke utføres en så sterk treantallsreduksjon at denne i vesentlig grad påvirker mengden av levende kvist på rotstokken. Årsaken er at også med helt urimelig store treavstander vil kronehøyden øke med økende trehøyde, og selv på helt frittstående trær vil de nederste greinene etter hvert tørke.

3.13. Kvisttykkelse og kvistantall

For å vurdere hvordan kvisttykkelsen i 1995 varierer med økende høyde over marken, er alle kvistmålingene gruppert i 5 klasser for hvert forsøksledd.

Gruppe 1 er kranshøyde $\leq 1,4$ m fra marken. Gruppe 2 er kranshøyde fra 1,5 til 2,4 m, gruppe 3 er kranshøyde fra 2,5 til 3,4 m, gruppe 4 er kranshøyde fra 3,5 til 4,4 m og gruppe 5 er kranshøyde fra 4,5 m til og med første krans over 5 m.

Først er det regnet gjennomsnittsverdier for kvisttykkelse, høyde til krans, antall kvister, prosent levende kvister og antall kranser i hver gruppe innen hvert tre. Deretter er det regnet middeltall for disse 5 variablene på rutenivå og videre middeltall for de ulike forsøksleddene. Disse tallene er gjengitt for hver gruppe og for alle forsøksledd i tabell 15.

Kvisttykkelsen stiger med økende høyde over marken innen det undersøkte området (opp til første krans over 5 m). For alle forsøksledd er økningen fra gruppe 1 til gruppe 5 ca 4,5 - 5 mm. Kvisttykkelsen stiger klart med synkende treantall. Forskjellen i kvisttykkelse mellom forsøksledd er nesten den samme innen alle grupper. Mellom ytterpunktene ledd 2070 og ledd 820 er forskjellen 3,7-4,0 mm. For gruppe 5 er kvisttykkelsen 16,3 mm i forsøksledd 2070, 17,5 mm i forsøksledd 1600, 19,1 mm i forsøksledd 1100, og 20,0 mm i forsøksledd 820.

Frekvensen av levende kvister øker med økende høyde over marken for alle forsøksledd. Innen de 5 gruppene øker frekvensen av levende kvister med synkende treantall, men forskjellen mellom forsøksledd er ikke fullt så tydelig som for kvisttykkelsen og minker med økende høyde over marken. Ca 5 meter over marken er den grøvste kvisten i kvistkransene fortsatt levende i forsøksledd 820, mens ledd 2070 har 86 prosent levende kvister av den grøvste i hver kvistkrans. Ca 2 meter over marken har ledd 820 70 prosent levende kvister, mens ledd 2070 har 30 prosent.

Antall kvister per krans er den samme for alle forsøksledd, og det er som ventet nesten ingen forskjell mellom forsøksledd i antall kvistkranser innen gruppene.

Tabell 15. Kvisttykkelse (mm), kranshøyde (m over mark), antall kvister per krans, frekvens levende kvister og antall kranser per gruppe.

Ledd	Gruppe	Kvist- tykkelse mm	Krans- høyde m	Antall kvister	Frekvens levende kvister	Kranser per gruppe
820	1	15,4	1,30	4,6	29 %	1,64
820	2	17,7	1,90	4,4	70 %	3,57
820	3	18,7	2,90	4,4	94 %	3,01
820	4	19,3	3,90	4,4	97 %	2,73
820	5	20,0	4,90	4,5	100 %	2,17
1100	1	14,5	1,30	4,8	19 %	1,62
1100	2	16,0	1,90	4,3	59 %	3,89
1100	3	17,5	2,90	4,4	86 %	3,05
1100	4	18,3	4,00	4,4	93 %	2,69
1100	5	19,1	4,90	4,3	98 %	2,24
1600	1	12,4	1,30	4,7	14 %	1,66
1600	2	14,3	1,90	4,3	42 %	3,67
1600	3	16,3	2,90	4,4	72 %	2,96
1600	4	16,7	3,90	4,4	81 %	2,72
1600	5	17,5	4,90	4,3	87 %	2,22
2070	1	11,7	1,30	4,4	7 %	1,59
2070	2	13,6	1,90	4,4	30 %	3,65
2070	3	14,8	2,90	4,5	60 %	3,03
2070	4	15,3	3,95	4,3	74 %	2,9
2070	5	16,3	4,90	4,4	86 %	2,26

I tabell 16 og figur 5 er den gjennomsnittlige kvisttykkelsen satt opp over diameterklasser. Kvisttykkelsen øker klart med økende diameter i alle forsøksleddene. I tillegg er det også en klar effekt av forsøksledd, selv om noe av denne effekten allerede er fanget opp av diameter. Kvisttykkelsen øker med avtagende treantall. Det er en tendens til at forskjellen mellom forsøksledd øker med økende diameter, men denne tendensen er ikke signifikant.

- Kvisttykkelsen i dette forsøket øker med avtagende treantall.
- Kvisttykkelsen innen det enkelte tre øker med økende høyde opp til 5 meter over marken. Kvisttykkelsen høyere opp ble ikke målt.
- Kvisttykkelsen øker med økende diameter på treet.
- For kvister mellom 2,5 og 5 meter fra marken er forskjellen i kvisttykkelse i 1995 3,7 – 4,0 mm mellom forsøksledd 2070 og forsøksledd 820 som er ytterpunktene i tetthet (tabell 14). Mellom forsøksledd 2070 og 1600 er forskjellen bare 1,2 - 1,5 mm, og mellom forsøksledd 1600 og 1100 bare 1,2-1,6 mm.

Tabell 16. Gjennomsnittlig kvisttykkelse i mm for diameterklassene.

Dkl cm	Forsøksledd			
	2070	1600	1100	820
10	10,5		12,4	
11	12,0	13,9	13,1	15,1
12	12,3	12,0	14,3	15,2
13	13,1	13,6	13,8	16,3
14	13,7	13,9	17,0	15,1
15	14,5	14,4	14,8	16,7
16	14,9	14,9	14,5	16,6
17	15,3	15,3	17,0	16,7
18	16,1	14,2	16,8	17,7
19	15,7	17,0	17,3	17,7
20	12,5	18,6	18,2	18,6
21	15,3	16,7	18,9	18,9
22	16,1	17,1	20,2	21,4
23	15,2	18,0	18,9	20,2
24	15,9	17,7	20,0	21,4
25	16,7	16,2	19,8	20,0
26	16,9	17,8	18,0	21,8
27	19,3			22,2
28			23,2	24,5

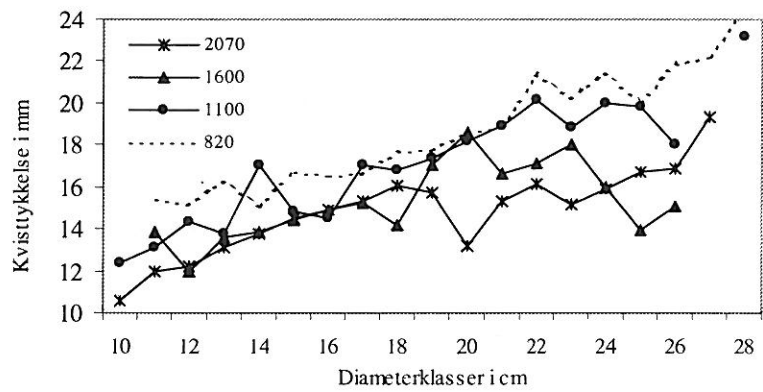


Fig. 5. Gjennomsnittlig kvisttykkelse (grøvste kvist i hver krans) med økende diameter.

For den nederste stammedelen (under 2,5 m) vil ikke forskjellene mellom forsøksledd og diameterklasser fra nå av endre seg mye fordi de fleste kvistene er døde eller døende. Fra 2,5 m til 5 meter over marken er det fortsatt en stor andel levende kvister, særlig i forsøksledd 1100 og 820. En må derfor regne med at kvisttykkelsen og også forskjellene mellom forsøksledd, fortsatt vil øke noen år framover.

Braastad (1979) undersøkte kvisttykkelsen i et planteavstandsforsøk med avstander mellom 1,2 og 3 m. Hovedresultatet var at kvisttykkelsen økte med økende brysthøydiameter og at effekten av planteavstand i stor grad ble fanget opp av forskjeller i brysthøydiameter.

Handler & Jacobsen (1986) undersøkte kvisttykkelsen i avstandsforsøk i Danmark. Materialet besto av 9 ulike kvadratforband fra 1,25*1,25 m til 3,25*3,25 m, og et rekkeavstandsforsøk der planteavstanden i rekkene var 0,75, 1,25 og 1,75 m, mens rekkeavstanden varierte fra 0,75 til 3,25 m med intervaller på 0,25 cm. Forsøkene viste at antall greiner i kransene ikke var påvirket av planteavstanden. Opp til 1,3 meter over marken var kvisttykkelsen avhengig av arealet per tre, mens forbandets form ikke hadde praktisk betydning. Ved 2,5 meter over marken var kvisttykkelsen både avhengig av arealet per tre og forbandets form. Bare i de ekstreme forband, ble det forventet at kvisttykkelsen ville overskride 20 mm.

Vestøl (1998) viste at kvisttykkelsen øker med treavstand, bonitet og med treets diameter. Innen treet øker kvisttykkelsen med økende høyde over mark slik at den tykkeste kvisten sitter i nærheten av nederste grønne grein

4. Konklusjon

Forsøkets gyldighetsområde

Forsøket beskriver utviklingen etter ungskogpleie i et granbestand på bonitet G17. Treantallet ble redusert da overhøyden var ca 5 meter, og det er noe seint i forhold til de anbefalingene som gis for ungskogpleie, men høydeutviklingen var ikke hindret av overstandere av lauvtrær og lignende. Når treantallet blir redusert til henholdsvis 2070, 1600, 1100 og 820 trær per ha ved 5 meters høyde, gir det ikke den samme effekt på diameter, kronengrense og kvisttykkelse som et planteavstandsforsøk med de samme treantallene. For kvisttykkelsen er forskjellen liten, fordi nedre kronengrense bare var ca 0,3 m da treantallet ble redusert. Men for diameter- og volumtilvekst må det regnes med en positiv utvalgseffekt av det selektive uttaket blant ca 3200 trær per ha i 1971. Resultatene fra dette forsøket gir derfor ikke grunnlag for å påstå i detalj hvordan bestand utvikler seg dersom det plantes 2070, 1600, 1100 eller bare 820 trær per ha, men tilsvarende nivåforskjeller vil det også måtte bli i et planteavstandsforsøk dersom det brukes et godt plantemateriale og avgangen de første årene etter planting er minimal.

Konklusjonene om den lave nytten av treantallsreduksjonen i dette forsøket må heller ikke tas til inntekt for at effekten av ungskogpleie generelt er liten. Men i dette forsøket undersøkes effekten av treantallsreduksjon i et reint granbestand med maksimalt 2000 trær per ha og her har effekten av treantallsreduksjonen vært liten.

Litteratur

- Andersson, S.-O. 1974. Något om röjningens inverkan på beståndets gagnvirkesproduktion och kvalitet i barrskog. Skogshögskolan, Inst. för Skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser 33:84-101.
- Blingsmo, K.R. 1984. Diametertilvekstfunksjoner for bjørk-, furu- og granbestand. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 7/84: 1-22.
- Braastad, H. 1974. Diametertilvekstfunksjoner for gran. Medd. Nor. inst. skogforsk. 31: 1-74.
- Braastad, H. 1979. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. Medd. Nor. inst. skogforsk. 34:169-215.
- Braastad, H. & Tveite, B. 2000. Tynning i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi. Rapport fra skogforskningen 4/00: 1-30.
- Handler, M.M. & Jakobsen, B. 1986. Nyere danske planteafstandsforsøg med rødgran. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 40: 359-442.
- Pettersson, N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. Scand. J. For. Res. 8: 528-539.
- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge furu- og granbestand. I. Materiale, stabilitet, dimensjonsfordeling, m.v. Medd. Nor. inst. skogforsk. 33:309-436.
- Vestøl, G. I. 1998. Single-tree Models of Knot Properties in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Doctor scientarium theses 1998: 34. Agricultural University of Norway, Ås.
- Øyen, B.-H. 2000. Naturlig avgang i gran- og furuskog. Rapport fra skogforskningen 3/00: 1-24.

Rapport fra skogforskningen

Utkommet i 2000:

- 1/00: *Øystein Dale og Morten Nitteberg*: Skogsdrift med snøscooter. Trekkrefter for ulike snøscootere, utstyrsstudier, praktiske metodeforsøk. En delrapport fra prosjektet: Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog.
- 2/00: *Stein Magnesen*: Vekst og overleving hos sitkagran fra skogfrøplantasjer og plantefelt på Vestlandet.
- 3/00: *Bernt-Håvard Øyen*: Naturlig avgang i gran- og furuskog.
- 4/00: *Helge Braastad og Bjørn Tveite*: Tynning i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi
- 5/00: *Ketil Kohmann*: Voksbehandling av rothalsen på skogplanter som alternativ til insekticider som brukes mot insektgnag etter utplanting.
- 6/00: *Per Otto Flåte og Birger Eikenes*: Osp som byggemateriale.
- 7/00: *Kjell Vadla*: Virkesegenskaper hos fuglekirsebær (*Prunus avium L.*)
- 8/00: *Svein Solberg, Kjell Andreassen, Tone Groeggen*: Tilvekst på skogoppsynets overvåkingsflater 1991-96 (Forest yield on forest officers' monitoring plots 1991-1996 in Norway)
- 9/00: *Jørn Lileng og Øystein Dale*: Aktivitetsnivået i vanskelig terreng – i Norge
- 10/00: *Hans Nyeggen og Jan-Ole Skage*: Juletrekvaliteter etter kontrollerte krysninger med gran fra Stange frøplantasje

-
- **Supplement 15:** *Svendsrud, A.*: Tabeller for beregning av verdien av skogbestand.
- **Supplement 16:** *Nicholas Clarke and Anne Camilla Bergkvist*: Methods for the fractionation of organic nitrogen in natural waters