

4
/ 00



Rapport

fra skogforskningen

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

Tynning i granbestand

Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi



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 82-7169-929-6
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/>

Forsidebilde: *Syartelmoen 1979. Innfelt Harald Eikeland*
Foto: H. Bråstad

Tynning i granbestand

Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi

Helge Braastad og Bjørn Tveite



Forord

Denne rapporten er første del i prosjektet "Dimensjonsfordeling og bestandstilvekst i einsaldr 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 utynna forsøksledd går inn i forsøksplanen. Et annet mål er å sammenligne ulike bestandstilvekstfunksjoner med NISK's databank som grunnlag. Hovedvekten blir lagt på aktuelle tynningsforsøk.

Vi vil først og fremst takke alle de som gjennom de siste 80 år i ruskevær og sol har deltatt ved anlegg og revisjoner av forsøksfeltene. Dette arbeidet er forutsetningen for prosjektet vårt. En særlig takk går til Harald Eikeland som gjennom en 20-årsperiode ledet markarbeidet og som også hadde ansvaret for anlegg og de første revisjoner i det tynningsforsøket som er utgangspunkt for vår første rapport.

Ås/Honne, februar 2000

Helge Braastad

Bjørn Tveite

Sammendrag

BRAASTAD, H. & TVEITE, B. 2000. Tynning i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi. Rapport fra skogforskningen 4/00: 1-30.

Rapporten er en analyse av resultater fram til 1998 fra det første store tynningsforsøket i granskog som ble anlagt i 1958.

Høydeutviklingen følger bonitetskurvene godt gjennom hele forsøksperioden. Middeldiameteren av alle trærne øker med økende tynningsstyrke, og totalproduksjonen synker med økende tynningsstyrke. Innen området S% 10 til S% 20 synker totalproduksjonen ca 5%.

Middeldiameteren av de 600 grøvste trærne per ha (D6) var 1,9 cm større i sterk tynning enn i kontrollen i 1998. I løpet av forsøksperioden har forskjellen i diameterøkning mellom kontrollen og sterk tynning vært 0,4 mm per år. Fortsetter samme forskjell i økning vil D6 ved antatt foryngelsestidspunkt om 25 år bli 2,9 cm større i sterk tynning enn i kontrollen.

I 1998 var gjennomsnittlig volum av stående trær 416 m³ per ha i kontrollen og 266 m³ per ha i sterk tynning. Den naturlige avgangen i kontrollen har vært 40 m³ per ha eller 8.8 % av totalproduksjonen.

Diametertilvekstfunksjonene som er benyttet i prognosemodellene for gran overvurderer tilveksten noe for alle behandlingene i dette forsøket.

Dimensjonsfordelingen viser at det også i kontrollen, der det i 1998 fremdeles sto 2230 levende trær per ha, er utviklet mange store trær. Dimensjonsfordelingen, beregnet etter funksjoner (Holte 1993), er testet mot kontrollen og mot sterk tynning, og viser en god overensstemmelse for kontrollen. For sterk tynning undervurderes tynningseffekten for midlere dimensjoner, mens effekten for de største dimensjonene overvurderes.

Diametertilvekstfunksjonene, dimensjonsfordelingsfunksjonene og bonitetsfunksjonene som er grunnlaget for dagens prognoseverktøy, stemmer rimelig bra med resultatene fra dette forsøket.

Volumet av de 600 grøvste trær per ha i 1998 (V6), var 19 % større i sterk tynning enn i kontrollen. Sterk tynning har noe større høydebonitet enn kontrollen. Tynningsstyrkene "svak" og "middels" har ikke økt volumet av de 600 grøvste trærne per ha sammenlignet med kontrollen.

Med gjeldende tømmerpriser og driftskostnader for de aktuelle diameterklasser, er slakteverdien av kontroll og sterk tynning beregnet. Slakteverdien for kontrollen er ca 24 000 kr større enn for sterk tynning. Slakteverdien er størst for det trerike bestand med størst volum, selv om sterk tynning har flest trær som er større enn 22 cm. Dette betyr at dersom tynningene i dette forsøket ikke har gitt et nettobidrag på 24 000 kr, hensyn tatt til renteeffekten, vil også nåverdien av kontrollen være størst. En vurdering av driftsnettoen for tynningsuttakene med sterk tynning viser at for å nå 24 000 kr må driftskostnadene ved tynning være den samme som ved snaufletehogst for samme dimensjon, noe som er lite realistisk under dagens vilkår.

Ved vurdering av resultatene bør det legges vekt på at tettheten før første tynning i dette forsøket var ca 5000 trær per ha. Med dagens skogskjøtsel, der det etter ungskogpleie anbefales å fristille mindre enn halvparten av dette treantallet, vil effekten av videre tynning måtte bli mindre.

Nøkkelord: tynning, gran, dimensjonsfordeling, økonomi.

Innhold

1. Innledning.....	5
2. Materiale og metode.....	6
2.1. Forsøksplanen.....	6
2.2. Høydeboniteten.....	7
2.3. Bestandstetthet.....	8
2.3.1. Treantallsutvikling.....	8
2.3.2. Treavstanden.....	8
2.3.3. Stammetallsfaktoren	9
3. Resultater.....	11
3.1. Grunnflatemiddelstammens diameter.....	11
3.2. Årlig diametertilvekst på de 600 grøvste trærne.....	11
3.3. Aritmetisk middeldiameter for de 600 grøvste trærne.....	12
3.4. Volum av stående trær.....	14
3.5. Totalproduksjon	15
3.6. Sammenligning av beregnet og virkelig diametertilvekst	16
3.7. Dimensjonsfordeling.....	17
3.7.1. Sammenligning av beregnet og virkelig dimensjonsfordeling.....	21
3.8. Økonomi ved avvirkning av ikke tynnet (kontrollen) og sterkt tynnet bestand.....	23
4. Diskusjon.....	27
Litteratur.....	29

Innledning

Studier av sambandet mellom skogproduksjon og skogbehandling har stått sentralt helt siden Det norske Skogforsøksvesen startet arbeidet sitt i 1917. De første produksjonstabellene for gran (Eide & Langsæter 1941) var et pionerarbeid internasjonalt sett. Sambandet mellom et bestands periodiske grunnflatetilvekst og ulike bestandsegenskaper ble beregnet gjennom regresjonsanalyse. Dette ga grunnlaget for beregning av produksjonseffekter av ulike tynningsprogram. Samtidig ble det presentert dimensjonsfordelingskurver for stående og felte trær med middeldiameter som inngang. Sammen med aktuelle prisflater og teoretiske apteringer på grunnlag av avsmalningstabeller kunne da i prinsippet også verdiproduksjonen ved ulike tynningsprogram beregnes. Beregningsarbeidet i den førdatamaskinelle tidsalderen var likevel så stort at mulighetene ble lite brukt. Jørgensen & Svendsrud (1957) beregnet verdiproduksjonen i granskog for ett av tynningsprogrammene til Eide & Langsæter (1941).

Gjennom 1970- og 1980-årene ble det for gran- og furuskog laget ulike funksjoner for bl.a bonitering, diametervekst og dimensjonsfordeling (eks. Vestjordet (1972), Braastad (1974), Tveite(1977), Blingsmo (1984), Holte (1993)). Størrelsen av naturlig avgang i granskog ble også undersøkt (Braastad 1982). Samlet ga slike funksjonssett grunnlag for bestandssimuleringer eller "produksjonstabeller" for valgte tynningsprogram (eks. Braastad 1975).

Knut Blingsmo laget i siste halvdel av 1980-tallet en bestandssimulator (BESTPROG) der Arild Veidahl fra NLH bidro på den økonomiske siden (Blingsmo & Veidahl 1989, 1994). Her var en mengde funksjoner innarbeidet. Ved hjelp av dette programmet kunne en studere både produksjonsresultat og økonomi ved ulike tynningsprogram. Programmet har ikke vært markedsført, men har vært brukt av ulike interessenter. En annen bestandssimulator (GAYA) har vært brukt ved Institutt for skogfag på NLH (Hoen & Eid 1990). Denne simulatoren har bygd inn mye av det samme norske funksjonsgrunnlaget som BESTPROG.

Et gjennomgående resultat av simuleringene har vært at det har vært vanskelig å finne lønnsomme tynningsprogram når nåverdien brukes som resultat. Sammenligninger med noen svenske tilvekstfunksjoner har gitt forskjellig resultat for samme tynningsprogram og særlig for utynna skog (Eid & Eriksson 1991, Pettersen 1997).

Midt på 1980-tallet ble det også rapportert resultat fra to norske tynningsforsøk i gran der middeldiameteren for hovedbestandet (de 800 grøvste trærne per ha) var lite påvirket av tynningsstyrken (Braastad & Eikeland 1986 a,b). Dette var for mange trolig et uventet resultat.

Noen har vært tvilende til det norske funksjonsgrunnlaget for primærproduksjonen, kanskje særlig når det gjelder utviklingen i utynna skog (Pedersen & Bjaanes 1991, Nersten et al.1998).

Tilvekstfunksjonene bygger på data av periodiske observasjoner fra enkeltruter. I tillegg er regresjonsanalysene gjort under bestemte forutsetninger om funksjonssamband.. Blingsmo (1984) forutsetter f.eks. at diametertilvekstens fall med økende alder er en linjær funksjon av logaritmen til alderen. Ulike forutsetninger om funksjonssamband kan gi ulike resultat. Det er derfor viktig at funksjonene prøves mot aktuelle forsøk der også forsøksresultatet kan vurderes uavhengig av funksjoner.

Det eldre tilfanget fra norske produksjonsundersøkelser stammer fra forsøk med få behandlinger og uten gjentak. Årsaken til dette er først og fremst de store vanskene en hadde med å finne homogene, større forsøksarealer. Det første store forsøket i granskog ble anlagt i 1958 og er grunnlaget for denne rapporten. Større forsøk med felles forsøksplan ble særlig anlagt i en 10-årsperiode fra 1969.

Rapporten har som mål:

1. Vise tynningens effekt på volumproduksjonen sammenlignet med urørt kontroll.
2. Vise dimensjonsutvikling, særlig ved sammenligning mellom sterk tynning og kontroll.
3. Vise bonitetsutvikling, diametertilvekst og dimensjonsfordeling i forhold til aktuelle funksjoner.
4. Sammenligne bestandets nåverdi mellom sterk tynning og urørt kontroll.

Resultatene er presentert relativt utførlig, særlig i den økonomiske delen, slik at grunnlaget for konklusjonene våre kan vurderes.

2. Materiale og metode

2.1. Forsøksplanen

Dette tynningsforsøket ligger på Svartelvmoen, ved Rør og Langvann, Namdalseid i Nord-Trøndelag. Forsøket ligger 110 meter over havet og ble anlagt 1958 i en større granplanting fra 1935.

Forsøksfeltet består av i alt 20 ruter. Etter planen skulle fire ruter ikke tynnes, dvs det er kontroller. Videre skulle 2 ruter tynnes svakt hvert 6 år. 2 ruter skulle tynnes middels sterk hvert 6. år, 2 ruter skulle tynnes sterkt hvert 6. år og 2 ruter skulle tynnes med høgtynning hvert 6. år. Dette blir til sammen 12 ruter.

Istedenfor å øke antall gjentak av disse fem forsøksledd, ble det planlagt at de fire forsøksleddene (tynningsstyrkene) også skulle gjennomføres med henholdsvis 12 og 18 års intervall. Det vil si at leddene svak tynning, middels sterk tynning, sterk tynning og høgtynning skulle utføres henholdsvis hvert 12. og 18. år. Dette ble til sammen 8 ruter.

Det er derfor ikke riktig å si at forsøket består av 20 ruter fordelt på 4 blokker. Men de 4 styrkene: kontroll, svak, middels og sterk tynning er gjentatt 4 ganger, og gjennomført på en slik måte at treantallene gjennom hele forsøksperioden har vært entydige og dekket et stort spekter av aktuelle tettheter i granskog.

Av andre svakheter ved forsøksplanen kan nevnes at dessverre ble to av de rutene som skulle tynnes etter prinsippet høgtynning, ikke høgtynnet ved revisjonene i 1962, 1966, 1972, og 1978. Reell høgtynning ble derimot utført i 1984. Av økonomiske grunner ble ikke forsøket revidert etter planen i 1990, men først i 1992.

Disse avvik fra forsøksplanen reduserer i noen grad muligheten for å vurdere effekten av tynningsintervall og høgtynning, men når effekten på totalproduksjon og dimensjonsfordeling skal vurderes benyttes virkelig treantall, S% (gjennomsnittlig treavstand i prosent av overhøyden) eller grunnflatesum som de enkelte rutene har vært tynnet til. I dag er det lett å se at forsøket hadde vært enda mer interessant dersom tynningsstyrkene hadde dekket et større spektrum, og tynningsintervallet ikke hadde vært koplet inn.

Effekten av tynning på frekvensen av rotkjukeråten, *Heterobasidion annosum*, blir ikke vurdert i dette forsøket. Stubbene på to av blokkene ble behandlet med kreosot ved de to første revisjonene og boraks ved de senere revisjonene. Forskjeller i råtefrekvens mellom blokker og behandlinger bør analyseres ved foryngelseshogst.

Den noe uregelmessige gjennomføringen av en komplisert forsøksplan har gjort at vi i rapporten sammenligner middeltall for ulike behandlinger uten nærmere statistiske analyser av forskjellene.

2.2. Høydeboniteten H_{40}

Variasjonen i H_{40} er liten både mellom revisjonene og mellom rutene. H_{40} i middel for de fem forsøksleddene er henholdsvis 16,3 for kontroll (K), 16,3 for svak tynning (S), 16,2 for middels sterk tynning (M), 16,9 for sterk tynning (St), og 15,0 for høgtynning (H). Høydeboniteten er høyest for sterk tynning og lavest for forsøksledd høgtynning. Overhøyden før første tynning var henholdsvis 7,45m (K) - 7,50m (S) - 7,23m (M) - 7,50m (St) og 7,40m (H). Bare middels sterk tynning hadde lavere overhøyde enn høgtynning. Alder i brysthøyde er ett år mer for høgtynning og sterk tynning enn for de andre forsøksleddene.

Ved første høgtynning var overhøyden (H_0) redusert med 0,35 m i middel for de fire ruter som ble høgtynnet, og ved senere tynninger noe varierende, men ved 5. revisjon ble H_0 i gjennomsnitt redusert med 0,8 meter. Ved lav alder og ved lave høyder gir små endringer av $T_{1,3}$ og H_0 store utslag på den beregnede H_{40} . For eksempel: $T_{1,3} = 14$ år og $H_0 = 7,2$ m gir $H_{40} = 16,5$, mens $T_{1,3} = 14$ år og $H_0 = 7,6$ m gir $H_{40} = 17,5$.

I figur 1 er utviklingen av H_{40} i løpet av forsøksperioden tegnet opp. I gjennomsnitt ligger alle forsøksleddene innenfor området H_{40} 14,5 - 17,0. Forsøksleddet høgtynning har lavest H_{40} i hele perioden. De fire andre forsøksleddene ligger godt samlet, men sterk tynning har den høyeste H_{40} i hele perioden. Høydeutviklingen følger bonitetskurvene (Tveite 1977) godt gjennom hele forsøksperioden.

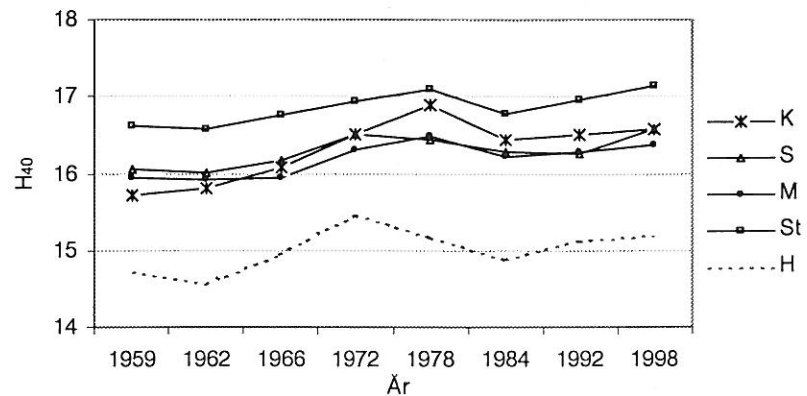


Fig. 1. Utvikling av målt bonitet (H_{40}) fra 1958 til 1998 for alle forsøksleddene.

2.3. Bestandstetthet

2.3.1. Treantallsutvikling

Tabell 1 viser treantallsutviklingen på de enkelte rutene for alle forsøksleddene. Tallene er treantallet etter tynning og/eller naturlig avgang ved hver revisjon. I figur 2 er den gjennomsnittlige treantallsutviklingen for hver av de 5 forsøksleddene tegnet opp for hele forsøksperioden. Figuren viser at tynningene, som er blitt utført etter planen, har ført til at forsøksleddene har hatt en tydelig forskjellig treantallsutvikling i hele forsøksperioden.

Mellom kontroll (K) og svak tynning (S) har forskjellen i treantall i middel vært 1148 trær, maksimum 1885 og minimum 641.

Mellom svak tynning (S) og middels tynning (M) har forskjellen i treantall i middel vært 553 trær, maksimum 646 og minimum 511.

Mellom kontroll (K) og sterk tynning (St) har forskjellen i treantall i middel vært 2248 trær, maksimum 2865 og minimum 1555.

For forsøksleddet høgtynning har treantallet i en periode vært litt større enn for kontrollen, men har etter hvert nærmet seg forsøksleddet svak tynning (S).

2.3.2. Treavstanden

Ved forsøksanlegg var gjennomsnittlig treavstand før tynning og registrert naturlig avgang tilnærmet lik for alle forsøksleddene (tabell 1). Gjennomsnittlig treavstand var 1,4 meter tilsvarende 5068 trær per ha. Mellom rutene innen hele forsøket varierte treavstanden fra 1,2-1,5 meter som tilsvarer en variasjon i treantall fra 7238-4231 trær per ha. I løpet av forsøksperioden har den midlere treavstanden økt til 2,12 m for forsøksledd K, 2,43 m for forsøksledd S, 3,03 m for forsøksledd M, til 3,90 m for forsøksledd St og til 2,32 m for forsøksledd H.

Tabell 1. Utvikling av tettheten målt med treantall, S% og MS% fra 1958 til 1998.
 (S% = gjennomsnittlig treavstand i prosent av overhøyden.
 MS% = veid gjennomsnitt av S% i forsøksperioden).

Ledd	Før tynning i 1958			Etter tynning 1958			MS %
	S%	Tre-avst. m	Tre-antall per ha	S%	Tre-avst. m	Tre-antall per ha	
K	19,6	1,38	5408	10,4	2,12	2230	12,4
S	18,9	1,42	5056	12,3	2,43	1639	15,3
M	19,4	1,41	5085	15,0	3,03	1090	17,6
St	18,9	1,56	4089	18,7	3,90	658	19,8
H	19,6	1,43	4903	12,4	2,32	1846	14,2

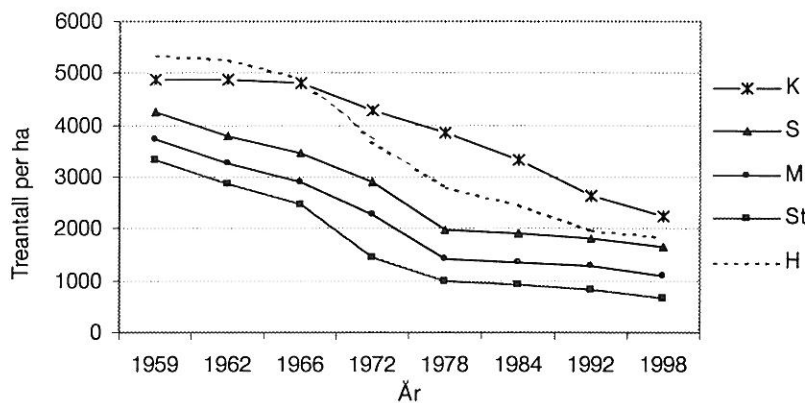


Fig. 2. Treantallets utvikling for alle forsøksleddene i løpet av 40 år.

2.3.3. Stammetallsfaktoren

Stammetallsfaktoren (S%) er bestandets midlere treavstand i prosent av bestandets overhøyde.

Ved anlegg, før første tynning og registrert naturlig avgang, var stammetallsfaktoren (S%) i middel for alle rutene lik 19,2, og varierte mellom forsøksleddene fra 18,9 til 19,6 (tabell 1). For forsøksledd S og forsøksledd St var S% i middel 18,9, for forsøksledd M lik 19,4 og for forsøksleddene H og K lik 19,6.

I løpet av forsøksperioden har S% sunket til 10,4 for forsøksledd K, til 12,3 for forsøksledd S, til 15,0 for forsøksledd M, og til 12,4 for forsøksledd H. For forsøksledd S har S% i forsøksperioden vært i nærheten av 19, og ved siste revisjon var S%=18,7. For de 5 forsøksleddene er den midlere stammetallsfaktoren (MS%) for hele forsøksperioden beregnet. MS% er gjennomsnittet av S% i ulike revisjonsperioder veid med revisjonsperiodens lengde. Tilsvarende beregning brukes som

beskrivelse av grunnflatens utvikling i tynningsforsøk, og betegnes som midlere grunnflatenivå (MG). I dette forsøket er MS% for alle forsøksleddene gjengitt i tabell 1.

Figur 3 viser hvordan den midlere treavstand øker med økende overhøyde for alle forsøksleddene. I samme figur er linjene som tilsvarer henholdsvis S% = 10 og S% = 20 tegnet inn. Figuren viser at de 5 forsøksleddenes tetthet i hele forsøksperioden ligger mellom S%=10 og S%=20. Det er viktig for analysen av resultatene fra dette forsøket å legge merke til at alle forsøksleddene hadde et stort treantall da overhøyden (H_0) var ca 8 meter. (Se figur 3).

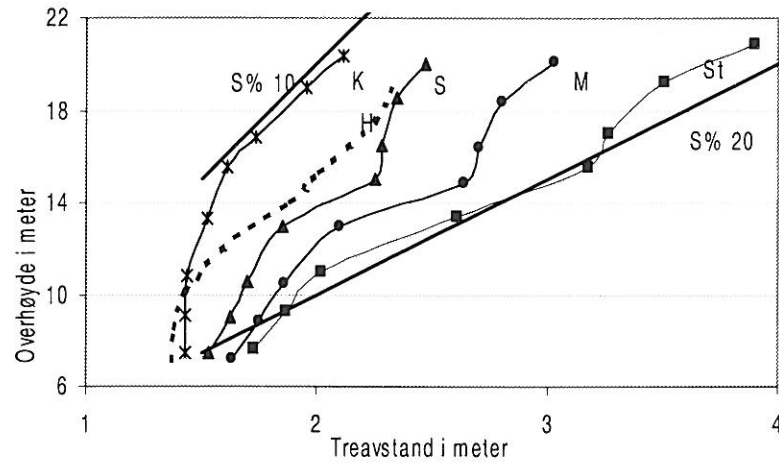


Fig. 3. Utvikling av tettheten som treavstand og S% på de ulike forsøksleddene gjennom 40 år. I figuren er linjene for S% 10 og S% 20 også lagt inn.

3. Resultater

3.1. Grunnflatemiddelstammens diameter (Dg)

Grunnflatemiddelstammens diameter etter tynning er gjengitt i tabell 2. Tabellen viser at Dg ved anlegg var på samme nivå for alle behandlingene. Dg øker med årene for alle behandlingene, og øker sterkt med økende tynningstyrke. I 1998 var Dg i sterk tynning 7,4 cm større enn i kontrollen. For høgtynning var Dg 3,9 cm større enn i kontrollen.

Tabell 2. Grunnflatemiddelstammens diameter (Dg i cm) etter tynning for alle forsøksledd og revisjoner.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
1958	5,60	5,51	5,82	6,08	5,82
1962	6,75	7,00	7,35	8,05	7,35
1966	7,80	8,47	8,72	9,97	8,72
1972	9,13	10,31	10,71	12,34	10,71
1978	10,79	12,73	13,64	16,23	13,64
1984	11,90	14,83	16,36	18,83	16,36
1992	13,54	16,30	18,20	21,17	18,20
1998	15,50	17,40	19,43	22,90	19,43

3.2. Årlig diametertilvekst på de 600 grøvste trærne.

Utviklingen over tid er analysert for middeldiameteren på de 600 grøvste trærne per ha innen de ulike behandlingene. Ved å velge et fast antall av de grøvste trærne uansett behandling vil tynningseffektene på hovedbestandet komme klarere fram. I 1998 sto det i middel igjen 658 levende trær innen behandling sterk tynning, slik at utvalget av 600 trær omfatter nesten alle trær innen denne behandlingen. I kontrollen vil bare litt mer enn fjerdeparten av trærne bli med. Diameterutviklingen er også studert for de 100, 200, 300, 400 og 500 grøvste trærne per ha, men resultatene blir ikke tatt med i denne rapporten.

Den ekte diametertilveksten er definert som diameterutviklingen for de trærne som i 1998 hørte til de 600 grøvste trærne per ha. Diameter ved tidligere revisjoner for de samme trærne må da være kjent. Dessverre måtte forsøksrutene innen to blokker nummereres på nytt ved revisjonen i 1979 fordi mange trenummer var uleselige. Konsekvensen er at den ekte diametertilveksten bare kan følges i 20-årsperioden 1979-1998 for forsøket som helhet. Den beregnete tilveksten kalles i det følgende ekte iD6.

En annen måte å studere diameterendringene over tid er å se på utviklingen av middeldiameteren til de 600 grøvste trærne ved hver revisjon. Disse endringene inkluderer både ekte diametertilvekst og eventuelle endringer i gruppen av trær som hører til de 600 grøvste trærne per ha. Slike endringer skjer ved uttak av trær som hører til gruppen, eller på grunn av ulik diametertilvekst for enkelttrær med samme dimensjon. Begge disse forhold fører til at den ekte diametertilveksten undervurderes. De beregnete endringene kalles i det følgende for aktuell iD6, selv om det ikke er noen tilvekst, men en endring av D6.

Tabell 3 viser en sammenligning av de to beregningsmåtene for perioden 79-84, 85-92 og 93-98. Forskjellen øker med økende tynningsstyrke. Som ventet viser også høgtynning (H) større forskjeller enn middels sterk fri tynning (M), med tilnærmet samme tynningsstyrke. Samlet for 20-årsperioden er for eksempel iD6 ekte beregnet til 5,92 cm for sterk tynning, mens iD6 aktuell er beregnet til 4,92 cm. iD6 aktuell er 20 % lavere enn iD6 ekte. For kontroll er de tilsvarende tallene 4,30 cm og 4,14 cm, altså en minimal forskjell. En sammenligning av iD6 ekte mellom behandlinger gir det riktige tall for den reaksjonen på diametertilveksten som direkte skyldes at trærne har fått bedre plass. Når iD6 aktuell sammenlignes inkluderes både reaksjonen på diametertilveksten og effekten av eventuelle endringer i gruppen av trær som hører til de 600 grøvste trærne per ha.

Tabell 3. Ekte diametertilvekst (iD6 ekte) og aktuell diametertilvekst (iD6 aktuell) i mm per år i perioden 1979-1998.

Periode		Tynningsprogram				
		K	S	M	St	H
93-98	iD6 aktuell	1,92	2,05	2,00	2,05	1,60
93-98	iD6 ekte	1,97	2,20	2,20	2,77	2,33
Differanse		0,05	0,15	0,20	0,72	0,73
85-92	iD6 aktuell	2,25	2,38	2,55	2,65	2,74
85-92	iD6 ekte	2,34	2,39	2,75	3,04	3,01
Differanse		0,09	0,01	0,20	0,39	0,27
79-84	iD6 aktuell	1,98	2,08	2,43	2,62	2,25
79-84	iD6 ekte	2,08	2,23	2,72	3,05	2,83
Differanse		0,10	0,15	0,28	0,43	0,58

3.3. Aritmetisk middeldiameter for de 600 grøvste trærne

Tabell 4 viser aritmetisk middeldiameter for de 600 grøvste trær per ha (D6) etter tynning for alle revisjoner og forsøksledd. I 1958 var det liten forskjell på D6 mellom forsøksleddene, men sterk tynning har et lite forsprang, som delvis kan skyldes en noe høyere bonitet. Effekten av første høgtynning, sammen med den relative lave H_{40} , forklarer at D6 i høgtynning bare var 8,4 cm.

I løpet av en forsøksperiode på 40 år fram til 1998 økte D6 til 21,7 cm i kontrollen og til 23,6 cm i sterk tynning. Forskjellen var altså blitt 1,9 cm. I høgtynning var D6 i 1998 lik 19,9 cm, det vil si 1,8 cm mindre enn i kontrollen og 3,7 cm mindre enn i sterk tynning.

I tabell 4 viser nederste linje økningen i D6 fra 1958 til 1998. I kontrollen har D6 økt med 12,6 cm og etter sterk tynning var økningen 14,0 cm. Forskjellen i diameterøkning i løpet av 40 år var derfor bare 1,4 cm, det vil si 0,4 mm per år.

Tabell 5 viser de gjennomsnittlige årlige diameterendringene (iD6 aktuell) for alle forsøksledd og revisjonsperioder beregnet ut fra tallene i tabell 4. iD6 aktuell avtar med økende alder. I sterk tynning varierer iD6 aktuell fra 5,2 til 2,1 mm og på kontrollen fra 4,7 til 1,9 mm. I siste periode var forskjellen i iD6 aktuell mellom

kontroll og sterk tynning bare 0,2 mm. I de to forrige periodene var forskjellen henholdsvis 0,4 og 0,6 mm. Forskjellen i iD6 ekte for de samme periodene og behandlingene var 0,8 mm, 0,7 mm og 1,0 mm (tabell 3).

Det er ca. 25 år fram til foryngelseshogst. Dersom forskjellen i årlig diameterøkning (iD6 aktuell) mellom kontroll (K) og sterk tynning (St) i de neste 25 år fortsetter å være 0,4 mm, vil forskjellen i D6 bli $(25 * 0,4) = 10$ mm større enn i dag. Det vil si $1,9 \text{ cm} + 10 \text{ mm} = 2,9 \text{ cm}$.

Tabell 4. Diameteren av de 600 grøvste trærne per ha (D6) i cm for alle forsøksledd og revisjoner.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
1998	21,7	21,6	21,9	23,6	19,9
1992	20,5	20,4	20,7	22,4	19,0
1984	18,7	18,5	18,7	20,3	16,8
1978	17,5	17,2	17,2	18,7	15,4
1972	15,3	14,9	14,9	16,1	14,1
1966	12,8	12,4	12,4	13,7	11,6
1962	10,9	10,6	10,5	11,6	10,0
1958	9,0	8,8	8,8	9,7	8,4
58-98	12,6	12,8	13,1	14,0	11,8

Tabell 5. Årlig diameterøkning (iD6 aktuell) i mm for alle forsøksledd og perioder.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
93-98	1,9	2,1	2,0	2,1	1,6
85-92	2,3	2,4	2,6	2,7	2,7
79-84	2,0	2,1	2,4	2,6	2,3
72-78	3,7	3,9	3,8	4,3	2,2
67-72	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2
62-66	4,7	4,6	4,7	5,2	4,2
59-62	4,7	4,6	4,4	4,8	3,8

3.4. Volum av stående trær

Volumet av stående trær etter tynning (V3) i 1998 avtar med økende tynningsstyrke fra 416 m³ per ha (100%) til 266 m³ per ha (64%). (Figur 4).

I tabell 6 er volum av stående trær (V3) gjengitt for alle revisjoner og forsøksledd. Det største volumet av levende trær står på kontrollen ved alle revisjonene. På kontrollen har den naturlige avgangen vært 40 m³ per ha, det vil si 8,8 % av totalproduksjonen, i løpet av forsøksperioden.

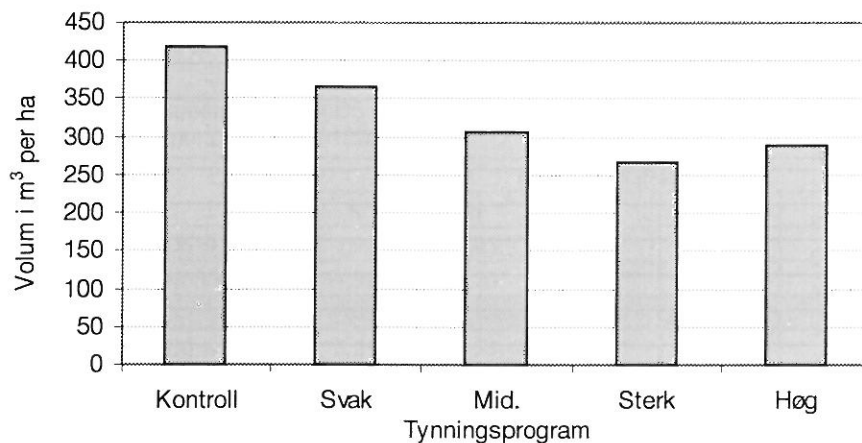


Fig. 4. Volum av stående trær etter siste tynning i 1998 for alle forsøksledd.

Tabell 6. Volum av stående trær etter tynning (V3) i m³ per ha for alle forsøksledd og revisjoner.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
1998	416	365	306	266	287
1992	363	316	274	245	265
1984	300	244	210	195	204
1978	250	197	167	162	167
1972	173	143	130	126	139
1966	107	93	88	98	95
1962	70	61	58	66	62
1958	41	37	36	42	38

For høgtynning var V3 det samme som for middels sterk tynning. I forsøksplanen var det bestemt at det ved høgtynning skulle tynnes til samme grunnflatesum som ved middels sterk tynning. Dette har resultert i at V3 ved alle revisjonene var nær det samme for de to behandlingene, selv om treantallet er mye større etter høgtynning.

Forskjellen i V3 mellom behandlinger blir klarere i løpet av forsøksperioden, særlig etter 1973. I den siste 20-årsperioden (1979-98) var stående volum i sterk tynning ca. 65 % av kontrollen, for middels tynning 67-74 % og for svak tynning 79-88 %. I 1998 var tallene 64 % (sterk tynning), 74 % (middels tynning) og 88 % (svak tynning). Stående volum i høgtynningsleddet har i den siste 20-årsperioden ligget på litt under 70 % av kontrollen.

3.5. Totalproduksjon

I tabell 7 er den gjennomsnittlige totalproduksjonen for alle forsøksleddene gjengitt sammen med max og min for forsøksleddene. Den gjennomsnittlige totalproduksjonen varierer mellom ledd fra 419 m³ per ha i kontrollen til henholdsvis 383, 368 og 411 m³ per ha for leddene svak, middels, sterk tynning. For høgtynning er totalproduksjonen 414 m³ per ha. Nedgangen i totalproduksjon med økende tynningsstyrke er bare fra 3 til 8 % i forhold til kontrollen. Selv om det er klare forskjeller i tetthet mellom de 5 behandlingene, viser de små forskjellene i totalproduksjon at også sterk tynning der treantallet kommer ned mot S% 20 ikke medfører noe vesentlig tap av tilvekst.

Som nevnt i forrige kapittel er det særlig i den siste 20-årsperioden at det er klare forskjeller i stående volum mellom forsøksledd. Volumproduksjonen i svak tynning er i denne perioden 98 % av kontrollen, i middels tynning 93 %, i sterk tynning 92 % og i høgtynning 93 %.

Tabell 7. Totalproduksjonen i 1998.

Ledd	Min (m ³ /ha)	Max (m ³ /ha)	Middel (m ³ /ha)	Middel (%)
K	419	515	456	100 %
S	383	465	438	96 %
M	368	457	418	92 %
St	411	478	443	97 %
H	414	453	436	96 %

3.6. Sammenligning av beregnet og virkelig diametertilvekst

Diametertilvekstfunksjoner for grunnflatemiddelstammens diameter er viktige bestanddeler i norske produksjonsmodeller (Braastad 1974, Blingsmo 1984). Virkelig årlig diametertilvekst (iDv) i dette forsøket er sammenlignet med beregnet diametertilvekst (iDb) etter funksjon nr 6 hos Braastad (1974) og funksjon nr 7 hos Blingsmo (1984). Tabell 8 viser resultatet.

I gjennomsnitt for alle 20 ruter i løpet av de 7 tilvekstperioder fra 1958 til 1998 har iDv vært 2,4 mm. Det beregnede middeltall er veid med periodelengdene, fordi disse varierer fra 4 til 8 år.

Tabell 8. Sammenligning av beregnet diametertilvekst (mm per år) med funksjonene nr 6 (iDb nr6) og nr 7 (iDb nr7) og den virkelige diametertilveksten på forsøksfeltet (iDv).

Ledd	Antall Perioder	Periode	iDv	Idb nr6	iDv nr7	Dif %6*	Dif %7#
Alle	140	Alle	2,4	2,8	2,6	115	108
Alle	20	1959-62	3,1	3,5	3,3	114	106
Alle	20	1963-66	3,1	3,2	2,9	104	95
Alle	20	1967-72	2,7	2,8	2,6	104	96
Alle	20	1973-78	3,0	2,8	2,6	95	89
Alle	20	1979-84	1,9	2,8	2,6	149	137
Alle	20	1985-92	2,0	2,5	2,4	129	121
Alle	20	1993-98	1,7	2,1	2,2	126	126
K	28	Alle	1,7	2,0	2,0	112	117
S	28	Alle	2,3	2,6	2,5	116	111
M	28	Alle	2,6	3,1	2,9	118	110
St	28	Alle	3,1	3,6	3,3	116	104
T	28	Alle	2,3	2,5	2,3	113	103

*: iDb nr6 i prosent av iDv. #: iDb nr7 i prosent av iDv.

Tilsvarende gjennomsnitt for iDb med funksjon nr 6 (Braastad 1974) gir verdien 2,8 mm eller en overvurdering på 15 %, og iDb med funksjon nr 7 (Blingsmo 1984) gir verdien 2,6 mm eller en overvurdering på 8 %.

Begge funksjonene overvurderer tilveksten i perioden 1979-1998 og særlig mye i perioden 1979-1984. Årene 1981-83 var dårlige vekstår etter årringundersøkelser fra Nord-Trøndelag (Tveite 1990).

Funksjon nr 6 overvurderer iD på kontrollen med 12 % og på sterk tynning med 16 %.

I de publiserte produksjonstabeller for gran (Braastad 1975) er tabellene beregnet med funksjon nr 6. Det er positivt at denne funksjonen estimerer iD i kontroll og sterk tynning med samme nøyaktighet.

Funksjon nr 7 overvurderer iD på kontrollen med 17 %, men på sterk tynning overvurderes iD bare med 4 %.

3.7. Dimensjonsfordeling

Antall trær etter tynning i 1998, fordelt på 1 cm diameterklasser, er satt opp i tabell 9 og figur 5. Volumet etter tynning i 1998 fordelt på diameterklasser er gitt i tabell 10. Figur 6 viser treantallet fordelt på diameterklasser bare for kontroll og sterk tynning. I figur 7 er volumfordelingen gjengitt for kontroll og sterk tynning.

Tabell 9. Treantall per ha etter tynning 1998 fordelt på diameterklasser.

D kl cm	Tynningsprogram				
	K	M	S	St	H
4					5
5					7
6	10				18
7	35	5			32
8	49	5			82
9	105	12			101
10	127	37			126
11	152	44			79
12	166	87	3		99
13	162	131	20		108
14	189	165	31		170
15	191	138	50	5	102
16	187	178	99	10	112
17	139	136	111	20	141
18	105	143	151	37	108
19	137	114	118	45	116
20	135	84	129	62	86
21	86	103	89	55	57
22	62	79	94	72	69
23	54	37	56	65	29
24	44	39	47	75	54
25	22	17	35	60	12
26	17	32	10	27	5
27	18	25	20	42	5
28	13	10	8	30	
29	15	10	10	7	
30	2	2	5	8	
31	5			15	
32			5	5	
33		5		8	
34				5	
35				2	
36				3	
Sum	2230	1639	1090	658	1728

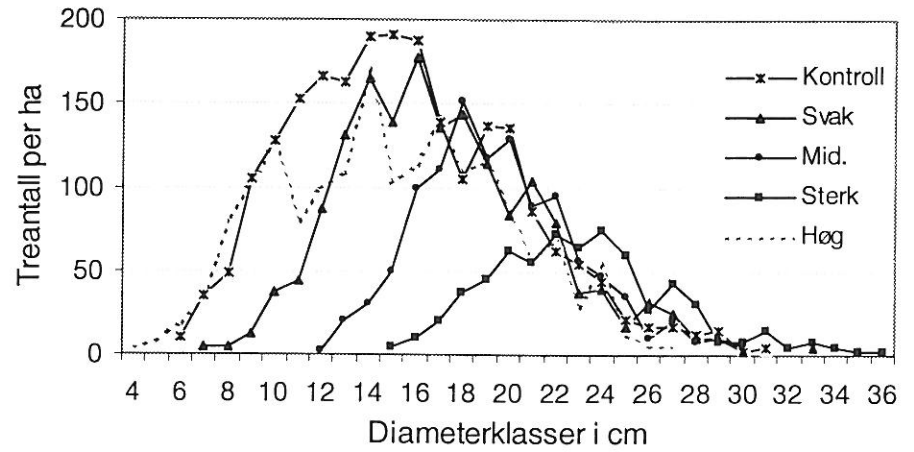


Fig. 5. Diameterfordeling for alle forsøksleddene i 1998.

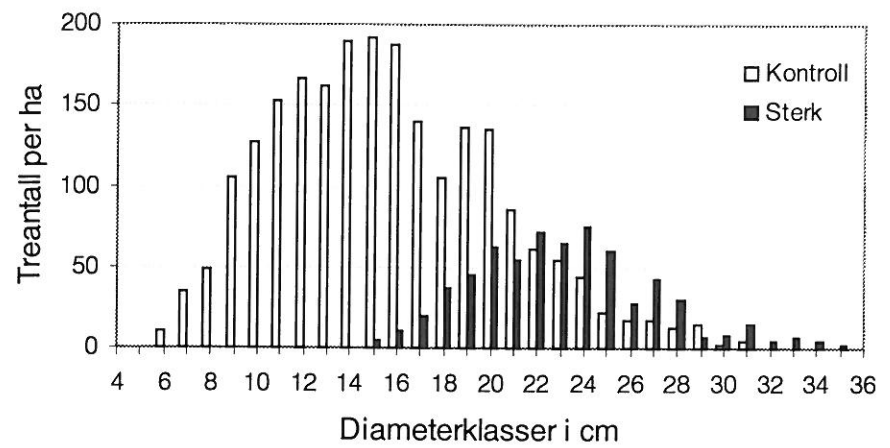


Fig. 6. Diameterfordeling for forsøksleddene kontroll (K) og sterk tynning (St).

Tabell 10. Volum i m³ per ha etter tynning 1998 fordelt på diameterklasser.

D kl cm	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
4					0,02
5					0,06
6	0,13				0,20
7	0,71	0,10			0,60
8	1,47	0,13			2,14
9	3,92	0,43			3,83
10	6,42	1,90			6,51
11	11,10	3,08			5,09
12	15,13	7,52	0,23		8,27
13	17,05	13,62	2,13		10,58
14	23,84	19,88	3,83		21,23
15	27,55	20,24	6,43	0,78	14,86
16	33,59	31,97	17,04	1,69	18,04
17	27,81	27,70	21,33	4,04	27,43
18	25,44	31,90	34,04	8,38	23,61
19	35,87	29,61	29,41	11,31	30,45
20	39,64	25,53	36,83	17,69	23,63
21	28,14	34,06	29,57	16,85	17,84
22	22,69	27,91	33,24	24,15	25,59
23	21,56	14,57	21,99	25,27	12,37
24	20,26	17,92	19,54	32,15	23,21
25	10,75	8,14	15,82	28,12	6,17
26	9,30	16,97	5,05	14,26	2,55
27	10,28	13,74	11,26	23,47	2,87
28	7,74	6,26	4,44	17,55	
29	9,91	6,23	6,05	4,81	
30	1,63	1,64	3,40	5,38	
31	3,71			10,81	
32			3,98	4,31	
33		4,42		6,34	
34				4,32	
35				2,69	
36				2,75	
	416	365	306	266	287

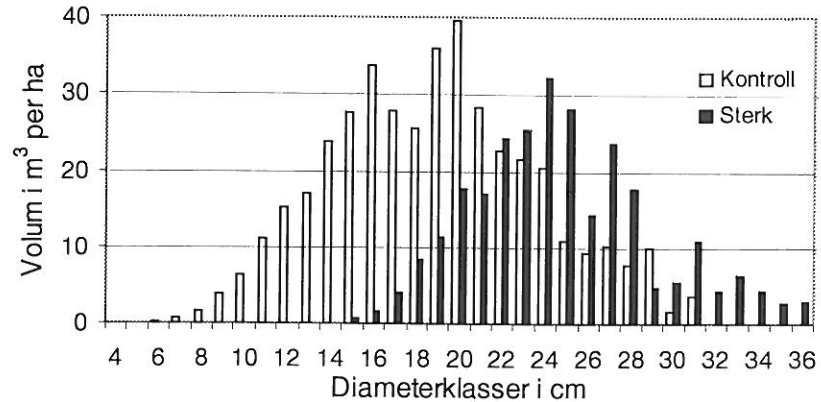


Fig. 7. Volumet for stående trær etter tynning i 1998 fordelt på diameterklasser for forsøksleddene kontroll (K) og sterk tynning (St).

Etter sterk tynning var volumet av alle trærne 266 m^3 per ha i 1998. Det minste treet var 15 cm. I kontrollen var volumet av alle trærne 416 m^3 og det minste treet av disse var 6 cm. Volumet av trærne som var 18 cm eller større var 247 m^3 per ha i kontrollen og 261 m^3 per ha i sterk tynning, dvs en forskjell som bare var 14 m^3 i favør av sterk tynning. Middeltreet (volum per tre) beregnet på alle trærne i kontrollen var i 1998 $0,191 \text{ m}^3$, mens det i sterk tynning var $0,414 \text{ m}^3$.

Samlet viser tabellene og figurene at dimensjonsfordelingen påvirkes tydelig av tynningene. Med økt styrke og en lavt orientert tynning, består bestanden etter siste revisjon, det vil si ca 25 år før foryngelseshogst, av et avtagende antall trær av de mindre dimensjonene og et stigende antall av de større dimensjonene. Treantall og volum i diameterklasser større enn 22 cm var gjennomgående størst etter sterk tynning, mens det var flest trær mellom 14 og 21 cm i kontrollen.

Tabell 11 gir volum av de 600 grøvste trærne per ha for alle behandlinger og revisjoner. I 1998 var dette volumet 256 m^3 i sterk tynning, og i kontrollen 216 m^3 , altså 40 m^3 eller 19 % større volum etter sterk tynning. Noe av denne forskjellen kan skyldes forskjeller i bonitet. Rutene med sterk tynning har i middel litt høyere bonitet enn kontrollrutene, ca. 0.4 enheter i H_{40} -systemet i perioden 1972-1998. Etter første tynning i 1959, var volumet av de 600 grøvste trærne størst i sterk tynning, $18,4 \text{ m}^3$ mot $15,7 \text{ m}^3$ i kontrollen. Middeldiameteren for de 600 grøvste trærne (D6) var samtidig 9,0 cm i kontrollen og 9,7 cm i sterk tynning.

I tabell 12 er V6 i prosent av V6 for kontrollen i samme periode gitt for alle revisjoner og behandlinger. I høgtynningsleddet var volumet av de 600 grøvste trærne etter tynning i 1958 bare 83 % av kontrollen. Dette er sannsynligvis en effekt av både noe lavere høydebonitet og tynningsmåten. Ved konsekvent høgtynning er det ellers rimelig at volumet av de 600 grøvste trærne er mindre enn etter fri tynning med samme styrke. De relative forskjellene mellom kontrollen og de to behandlingene sterk tynning og høgtynning holder seg på nesten samme nivå gjennom hele forsøksperioden. For begge behandlinger øker den absolutte forskjellen fra ca $2\text{-}3 \text{ m}^3$ til ca 40 m^3 ved siste revisjon. Det vil si i sterk tynning var volumet av de 600 grøvste trærne ca 40 m^3 over og høgtynning 36 m^3 under kontrollens volum i 1998.

Tabell 11. Volum av de 600 grøvste trær etter tynning i m³ per ha for alle behandlinger og revisjoner.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
1998	216	212	212	256	174
1992	178	174	175	209	144
1984	134	128	127	153	101
1978	107	102	98	122	80
1972	72	67	66	81	58
1966	42	40	38	49	33
1962	27	25	24	31	21
1958	16	15	14	18	13

Tabell 12. Volum av de 600 grøvste trær per ha (V6) i % av kontrollen (=100 %) ved hver revisjon.

År	Tynningsprogram				
	K	S	M	St	H
1998	100 %	98 %	98 %	119 %	83 %
1992	100 %	98 %	98 %	117 %	81 %
1984	100 %	96 %	95 %	115 %	76 %
1978	100 %	96 %	92 %	115 %	75 %
1973	100 %	93 %	91 %	112 %	81 %
1966	100 %	94 %	91 %	116 %	79 %
1962	100 %	94 %	89 %	115 %	77 %
1958	100 %	94 %	90 %	117 %	83 %

3.7.1. Sammenligning av beregnet og virkelig dimensjonsfordeling

Den virkelige dimensjonsfordelingen for behandlingene kontroll og sterk tynning er sammenlignet med den dimensjonsfordelingen som kan beregnes med Holtes funksjon nr 7 (Holte 1993). Sammenligningen mellom virkelig og beregnet dimensjonsfordeling for kontrollen er gjengitt i figur 8 og for sterk tynning i figur 9.

Holtes funksjon beregner dimensjonsfordelingen i kontrollen meget godt. For sterk tynning er funksjonen for flat. For trær < =19 cm overvurderer funksjonen treantallet med 53 % og volumet med 8 m³ eller 31 % av virkelig volum. I området >=20 til =25 cm undervurderer funksjonen treantallet med 27 % og volumet med 41 m³ eller 28 % av virkelig volum. For trær >=26 cm overvurderer funksjonen treantallet med 30 % og volumet med 28 m³ eller 30 % av virkelig volum.

Samlet betyr dette at for dette forsøket undervurderer funksjonen tynningseffekten for de midlere dimensjoner, men overvurderer tynningseffekten på de største dimensjoner. Pga av økende nettoppris med økende dimensjon vil beregninger utført med Holtes funksjon nr 7 i noen grad overvurdere lønnsomheten av tynning i forhold til ikke tynning i dette forsøket.

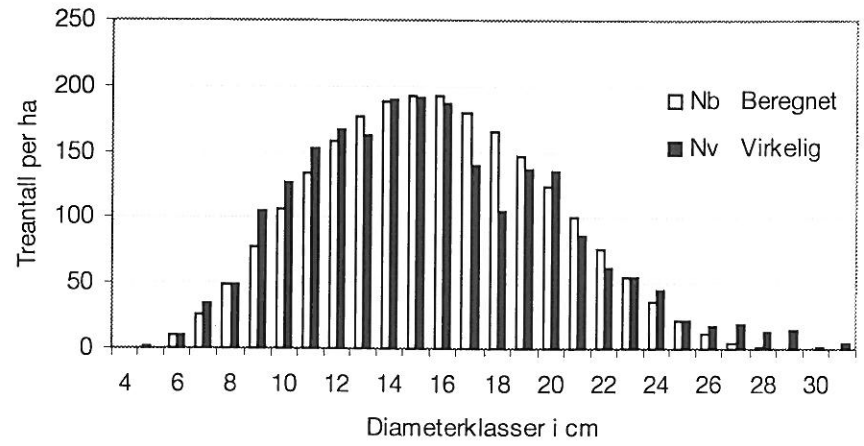


Fig. 8. Sammenligning av beregnet og virkelig diameterfordeling for kontrollen.

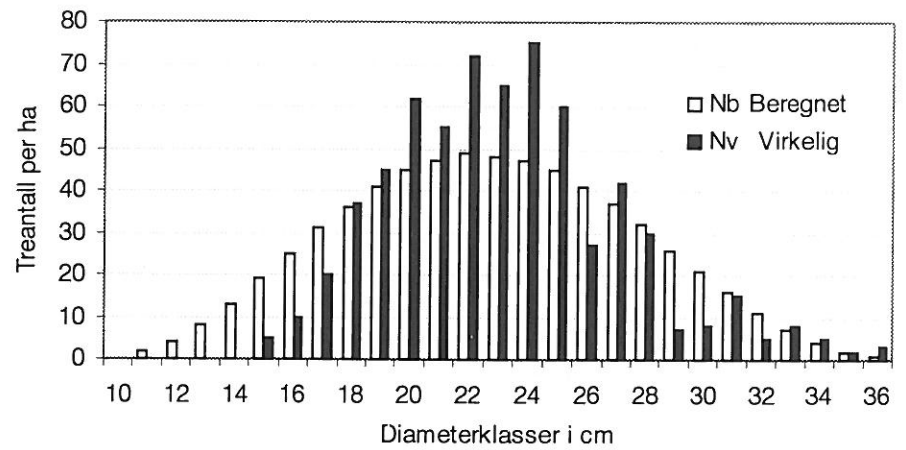


Fig. 9. Sammenligning av beregnet og virkelig diameterfordeling for sterk tynning.

3.8. Økonomi ved avvirkning av ikke tynnet (kontrollen) og sterkt tynnet bestand

Dersom det forutsettes at de tynningene som er utført ikke har gitt positiv driftsnetto og "ikke tynnet" og "sterkt tynnet" bestand skal avvirknes nå, kan slakteverdiene for de to bestandstypene settes opp som i tabellene 13 og 14. Nettoprisene per m³ øker med økende dimensjon forutsatt dagens pristabeller (Veidahl 1999) og driftskostnadene avtar med økende dimensjon og med økende volum per ha etter en funksjon bygget på tidsstudier av hogst og kjøring (Dale et al 1993, Dale & Stamm 1994). Utover dette er det ikke innført forskjeller i prisene mellom kontrollen og sterk tynning f.eks pga av forskjeller i kvalitet.

I kontrollen (tabell 13) står det samlet 416 m³ fordelt på 2227 trær per ha og middeltreet er 0,187 m³. Ved avvirkning forutsettes at bare trær \geq 10 cm opparbeides. Det blir derfor avvirket 409 m³ fordelt på 2028 trær per ha.

I sterk tynning (tabell 14) står det 266 m³ fordelt på 658 trær per ha og middeltreet er 0,404 m³.

Forskjellen i middeldimensjon avspeiles av pristabellen slik at bruttoverdien blir 389 kr per m³ i kontrollen, men øker til 421 kr per m³ i sterk tynning. Driftskostnadene blir 116 kr per m³ i kontrollen, men 97 kr per m³ i sterk tynning.

Når disse priser og kostnader benyttes blir slakteverdien for kontrollen 110079 kr per ha og for sterk tynning 86 193 kr per ha. Forskjellen i slakteverdi mellom kontrollen og sterk tynning blir derfor 23 886 kr per ha.

Dersom tynningene som er utført i sterk tynning ikke gir positiv driftsnetto, har tynningene redusert bestandets slakteverdi med 23 886 kr eller med 21,6%.

Tabell 15 viser tynningsuttak i treantall, volum og volum per tre for de sterke tynningene gjennom 40 år. Det er forutsatt at de tre første tynningene, der middeldimensjonen i uttaket var under 50 dm³, har kostet kr 1 per tre (ungskogpleie). Videre er det satt at driftsnetto ved tynningene er kr 25 per m³ for tynningene i 1972 da middeltreet var 0,042 m³ per tre. Samme forutsetning er benyttet ved foryngelseshogst (tabell 13). Ved tynningene etter 1972 er det forutsatt driftsnettoene 40, 110,125 og 140 kr per m³, dvs økende med økende middeldimensjon. Disse forutsetninger gir en samlet verdi av tynningene fram til og med 1998 på kr 9511, etter at det er tatt hensyn til renteeffekten både for underskuddene ved tynning ved middeldimensjoner mindre enn 0,015 m³ og overskuddene ved de seinere tynningene.

Legges verdien av tynningene (kr 9511) sammen med slakteverdien av bestandet som er sterkt tynnet (kr 86 193) blir den totale verdien av behandlingen sterk tynning 95 704 kr. Med disse forutsetninger vil likevel verdien av behandlingen sterk tynning bli (110 079 - kr 95 704) = 14 375 kr lavere enn verdien av kontrollen.

Dersom behandlingen sterk tynning i dette forsøket skal lønne seg må driftsnettoen i kr per m³ ved samme middeldimensjon, være tilnærmet den samme ved tynning som ved hovedhogst. Dette er vist i tabell 16.

Ved de tre siste tynningene er driftsnettoen satt til henholdsvis 260, 265 og 280 kr per m³. Dette er lite realistiske priser, men da blir den totale verdien av behandlingen sterk tynning:

(25 217 + 86 193) = 111 410 kr, dvs 1331 kr mer enn verdien av behandlingen kontroll.

Tabell 13. Avvirket volum, bruttopris, driftskostnader og driftsnetto i kr per m³ fordelt på diameterklasser for **kontroll**, ved en simulert foryngelseshogst i 1998

D kl	Høyde	Antall	Volum per tre	Sum vol	Bruttoverdi	Driftskostnader	Nettoverdi	Sum verdi
cm	m	n/ha	m ³	m ³ /ha	kr/m ³	kr/m ³	kr/m ³	kr/ha
6	7,68	10	0,013	0,13	0	0	0	0
7	8,98	35	0,020	0,71	0	0	0	0
8	10,2	49	0,030	1,47	0	0	0	0
9	10,4	105	0,037	3,92	0	0	0	0
10	11,6	127	0,051	6,42	250	225	25	160
11	13,6	152	0,073	11,10	283	189	94	1044
12	14,5	166	0,091	15,13	282	174	108	1634
13	14,9	162	0,105	17,05	279	164	115	1955
14	15,3	189	0,126	23,84	276	152	124	2950
15	15,4	191	0,144	27,55	363	144	219	6044
16	16,9	187	0,180	33,59	390	130	260	8728
17	16,9	139	0,200	27,81	394	124	270	7508
18	18,1	105	0,242	25,44	395	114	281	7155
19	18,1	137	0,262	35,87	413	110	303	10880
20	18,4	135	0,294	39,64	426	104	322	12759
21	18,7	86	0,327	28,14	427	100	327	9216
22	19,3	62	0,366	22,69	424	95	329	7466
23	19,6	54	0,399	21,56	423	92	331	7144
24	20,5	44	0,460	20,26	424	87	337	6835
25	20,6	22	0,489	10,75	423	85	338	3635
26	20,8	17	0,547	9,30	426	82	344	3203
27	21,4	18	0,571	10,28	436	80	356	3655
28	21,3	13	0,595	7,74	426	79	347	2683
29	21,5	15	0,661	9,91	432	77	355	3519
30	21,6	2	0,815	1,63	430	73	357	581
31	21,7	5	0,742	3,71	432	75	357	1325
Sum >=10 cm		2028		409				110 079
Veid middel			0,202		389	116	273	

Tabell 14. Avvirket volum, bruttopris, driftskostnader og driftsnetto i kr per m³ fordelt på diameterklasser for **sterk tynning**, ved en simulert foryngelseshogst i 1998

D kl	Høyde	Antall	Volum per tre	Sum vol	Bruttoverdi	Driftskostnader	Nettoverdi	Sum verdi
cm	m	n/ha	m ³ /tre	m ³ /ha	kr/m ³	kr/m ³	kr/m ³	kr/ha
15	15,9	5	0,156	0,78	373	159	214	167
16	16,5	10	0,169	1,69	391	152	239	405
17	16,9	20	0,202	4,04	394	138	256	1035
18	17,2	37	0,226	8,38	393	130	263	2206
19	17,5	45	0,251	11,31	394	123	271	3060
20	17,9	62	0,285	17,69	415	115	300	5302
21	17,9	55	0,306	16,85	413	111	302	5080
22	18	72	0,335	24,15	421	106	315	7598
23	19,2	65	0,389	25,27	424	99	325	8205
24	19,5	75	0,429	32,15	423	94	329	10574
25	19,9	60	0,469	28,12	422	91	331	9296
26	20,4	27	0,528	14,26	420	87	333	4744
27	20,5	42	0,559	23,47	425	85	340	7973
28	20,6	30	0,585	17,55	418	83	335	5879
29	21	7	0,687	4,81	427	83	344	1652
30	21,9	8	0,673	5,38	434	80	354	1906
31	21,2	15	0,721	10,81	422	78	344	3715
32	23,4	5	0,862	4,31	448	75	373	1607
33	22	8	0,793	6,34	435	77	358	2271
34	21,8	5	0,864	4,32	421	75	346	1493
35	24,3	2	1,345	2,69	449	75	374	1006
36	24,1	3	0,917	2,75	445	75	370	1018
Sum		658		266				86 193
Veid middel			0,404		421	97	325	

Tabell 15. Kostnader ved ungskogpleie og driftsnetto ved sterk tynning. Rentefaktoren er beregnet med 2,5 % og antatt realistisk driftsnetto etter dagens priser og kostnader.

År	Renteperiode	Bestandsdata				Driftsnetto		Rente-faktor	Verdi i 1998 i kr/ha
		N2	V2	Vol/tre	kr/tre	kr/m ³	kr/ha		
1958	40	1553	6,9	0,004	-1		-1553	2,69	-4178
1962	36	476	6,5	0,014	-1		-476	2,43	-1157
1966	32	403	6	0,015	-1		-403	2,2	-887
1972	26	990	41,7	0,042		25	1043	1,9	1981
1978	20	475	34,2	0,072		40	1368	1,64	2244
1984	14	55	11,2	0,216		110	1232	1,41	1737
1992	6	122	27,7	0,227		125	3463	1,16	4017
1998	0	141	41,1	0,262		140	5754	1	5754
Sum		4215	175,2	0,0416			10427		9511
Sum > 50 dm ³		1783	156	0,0874					

Tabell 16. Kostnader ved ungskogpleie og driftsnetto ved sterk tynning. Rentefaktor 2,5 % og samme driftsnetto ved samme middeldimensjon som ved foryngelseshogst etter sterk tynning (se tabell 14).

År	Rente-Periode	Bestandsdata				Driftsnetto		Rente-faktor	Verdi i 1998 i kr/ha
		N2	V2	Vol/tre	kr/tre	kr/m ³	kr/ha		
1958	40	1553	6,9	0,004	-1		-1553	2,69	-4178
1962	36	476	6,5	0,014	-1		-476	2,43	-1157
1966	32	403	6	0,015	-1		-403	2,2	-887
1972	26	990	41,7	0,042		25	1043	1,9	1981
1978	20	475	34,2	0,072		95	3249	1,64	5328
1984	14	55	11,2	0,216		260	2912	1,41	4106
1992	6	122	27,7	0,227		265	7340,5	1,16	8515
1998	0	141	41,1	0,262		280	11508	1	11508
Sum		4215	175,3	0,0416			23620		25217
Sum > 50 dm ³		1783	156	0,0874					

4. Diskusjon

Dette tynningsforsøket bekrefter tidligere forsøksresultater om sammenhengen mellom tynningsstyrke og grunnflatemiddelstammens diameter, volum av stående trær og totalproduksjonen.

Grunnflatemiddelstammens diameter øker med økende tynningsstyrke.

Volum av stående trær synker med økende tynningsstyrke og i 1998 var volumet av stående trær 129 m³ per ha lavere i sterk tynning enn i kontrollen. Dette får stor betydning for lønnsomheten av tynning. I de siste 20 årene har stående volum etter sterk tynning vært ca. 65 % av stående volum i kontrollen. Volumproduksjonen i denne perioden er bare redusert med 8 % i forhold til kontrollen.

Totalproduksjonen er lavere i de forsøksledd som er tynnet enn i kontrollen, men ved sterk tynning er totalproduksjonen bare 3 % lavere enn i kontrollen.

Diametertilveksten på kontroll og sterk tynning blir i dette forsøket estimert med samme nøyaktighet med eksisterende funksjoner (Braastad 1974, Blingsmo 1984). Dette er viktig når funksjonene skal brukes til å vurdere ulike tynningsprogram.

Dimensjonsfordelingen beregnet med Holtes funksjon (Holte 1993) estimerer den virkelige dimensjonsfordeling i kontrollen meget godt. For sterk tynning undervurderes tynningseffekten for midlere dimensjoner, mens effekten for større dimensjoner overvurderes. Den samlede effekten i dette forsøket blir at økonomien ved sterk tynning overvurderes noe.

Det er viktig for beregninger av tynningens lønnsomhet at de funksjonene som brukes for å estimere diametertilveksten og dimensjonsfordelingen blir testet mot flere og enda større datasett forsøksfelt for å se om de er gode nok.

Totalproduksjonen avtar lite med økende tynningsstyrke fordi mange av de trær som tas ut ved lavt orientert tynning nesten ikke vokser, og fordi stående trær øker sin vekst når de får bedre plass. Når tynningsstyrken øker tas det etter hvert ut trær som vokser godt, og da vil bestandets volumtilvekst avta, fordi vekstøkningen på gjenstående trær ikke klarer å kompensere for tap av tilvekst pga felte trær, eller først gjør det etter noen år.

I dette forsøket er treantallet redusert med mange tynninger i løpet av 40 år og det er først de siste 20 årene at treantallet i sterk tynning har vært lavere enn 1000 per ha. Dersom treantallet hadde vært redusert til henholdsvis 1600, 1000 og 600 med en eller to tidlige tynninger, ville effektene både på dimensjonsfordeling og tilvekst vært sterkere.

Forsøket viser at økende tynningsstyrke øker diametertilveksten på gjenstående trær. For å vise den virkelige tynningseffekten på diametertilveksten på de 600 grøvste trærne, beregnes den ekte diametertilveksten (iD6 ekte).

Den ekte diametertilvekst (iD6 ekte) er større enn den aktuelle diametertilvekst (iD6 aktuell) fordi noen av de 600 største trærne blir tatt ut ved tynning eller pga av forskjellig vekst på trær blant de 600 grøvste. Det er den ekte diametertilveksten som viser vekstøkningen ved at trær får bedre plass. Når det ved praktisk tynning brukes et stikkveinett, øker uttaket av trær blant de 600 grøvste, og derved reduseres iD6 aktuell. I praktisk tynning vil derfor forskjellen mellom iD6 ekte og iD6 aktuell bli større enn i dette forsøket der det ikke har vært benyttet stikkveier innen rutene.

Med økende tynningsstyrke reduseres antall trær i de lave og midlere diameterklasser, men øker i de større diameterklasser. Forskyving av dimensjonsfordelingen

mot større dimensjoner er tydelig i dette forsøket, og stemmer med mange tidligere tynningsforsøk. Fordi økningen i antall trær i de større diameterklassene reduserer antall trær i diameterklassene 15 til 20 cm, øker ikke volumet av de 600 grøvste trærne mye med økende tynningsstyrke.

Beregnet med dagens driftskostnader, prisenivå og prisforskjellene mellom dimensjoner, blir slakteverdien av forsøksleddet kontroll større enn slakteverdien av forsøksleddet sterk tynning. Hovedårsaken til dette er at det på kontrollen er et større volum av stående trær, og selv om mange er småtrær er det her et større volum av trær med diameter mellom 15 og 20 cm.

Dersom den totale verdien av de to behandlingene skal bli den samme, må nettoinntekter fra sterk tynning, inklusive renteeffekten, være like stor som differansen i slakteverdi mellom kontroll og sterk tynning. Når verdien av tynningen beregnes med dagens tømmerpriser, kostnader og 2,5 % rente, blir nettoinntekten fra tynning mindre enn differansen mellom slakteverdiene for forsøksleddene kontroll og sterk tynning.

Driftsnettoene fra de sterke tynningene, inklusive renteeffekten, blir lik verdi-differansen mellom slakteverdiene for forsøksleddene kontroll og sterk tynning, dersom tynning gir samme driftsnetto per m^3 for samme dimensjon som ved snaufletehogst.

Forsøket viser at tynninger positivt påvirker dimensjonsfordelingen, men for å oppnå denne økning av dimensjonen, må et stort antall trær tas ut og dette reduserer volumet av stående trær ved foryngelseshogst. Dersom tynning skal lønne seg må tynningene gi en driftsnetto per m^3 på nivå med driftsnettoen per m^3 for samme dimensjon ved snaufletehogst.

Forsøket hadde et stort treantall ved H_0 ca 8 meter. (Se figur 3). Dette var vanlig i mange av de klassiske tynningsforsøk i Skandinavia, Tyskland og Storbritannia. I foryngelser som er anlagt etter 1950 i Norge, vil det etter ungsogpleie ofte stå mindre enn 2000 trær per ha ved denne høyden. I dette forsøket var treantallet etter sterk tynning i gjennomsnitt 2457 ved H_0 11 meter. Når tettheten i ungsogogen før tynning er lavere pga av lavt plantetall ved etablering eller pga ungsogpleie, vil tynningseffekten bli mindre enn i dette forsøket.

Litteratur

- Blingsmo, K. R. & A. Veidahl 1989. BESTPROG - Program for bestandsprognoser. Produksjon - Dimensjonsfordeling - Økonomi. Aktuelt fra Statens fag tjeneste for landbruket 4/1989: 143-148.
- Blingsmo, K. R. & A. Veidahl 1994. BESTPROG. Brukervegledning for versjon 1,0. Inst. f. skogfag, NLH. 35 s.
- 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. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Medd.Nor.inst.skogforsk. 31:357-537.
- Braastad, H. 1982. Naturlig avgang i granbestand. Rapp.Nor.inst.skogforsk. 12/82: 1-46.
- Braastad, H. & Eikeland, H. 1986a. Tynning i granskog. Program, tilvekst og diameterspredning. Forsøk 651 Svartelvmoen. Medd.Nor.inst.skogforsk. 39: 41-65.
- Braastad, H. & H. Eikeland 1986b. Tynningsforsøk i granskog. Tetthet, tilvekst og diameterspredning. Forsøk 919, Majer, Ø. Toten. Rapp.Nor.inst.skogforsk. 12/86: 1-14.
- Dale, Ø. & J. Stamm. 1994. Grunnlagsdata for kostnadsanalyse av alternative hogstformer. Rapport fra Skogforsk 7/94: 1-37.
- Dale, Ø., L. Kjøstelsen & H.E. Aamodt 1993. Mekaniserte, lukkede hogster. I: Aamodt, H. (ed.): Flerbruksrettet driftsteknikk. Rapport fra Skogforsk 20/93: 3-23.
- Eid, T. & L. O. Eriksson 1991. Noen norske og svenske tilvekst-, pris- og kostnadsfunksjoners effekt på lønnsomheten av tynning. Rapport fra Skogforsk 7/91: 1-28.
- Eide, E. & A. Langsæter 1941. Produksjonsundersøkelser i granskog. Meddr norske SkogforsVes. 7: 355-500.
- Hoen, H. F. & T. Eid 1990. En modell for analyse av behandlingsstrategier for en skog ved bestandssimulering og lineær programmering. Rapp.Nor.inst.skogforsk. 9/90: 1-35.
- Holte, A. 1993. Diameter distribution functions for even-aged (*Picea abies*) stands. (Diameterfordelingsfunksjoner for ensaldrede bestand av gran (*Picea abies*)). Meddelelser fra Skogforsk 46.1: 1-47.
- Jørgensen, F. & A. Svendsrud 1957. Verdiproduksjonen i østnorsk granskog. Meddr norske SkogforsVes. 14: 215-283.
- Nersten, S., B. Eide & A. Veidahl 1998. Beregning av korreksjonsfaktorer for inoptimalt treantall, samt optimalt treantall ved planting og regulering. Rapport fra skogforskningen - Supplement 5: 1-74.
- Pedersen, T. & H. Bjaanes 1991. Tynningsveiledning på ville veier. Norsk Skogbruk 37 (4B/5):72-73.
- Pettersen, J. 1997. Sammenligning av norske og svenske tilvekstfunksjoner for gran og furu. Meddelelser fra Skogforsk 48: 311-328.
- Tveite, B. 1977. Bonitetskurver for gran. Medd.Nor.inst.skogforsk. 33: 1-84.

Tveite, B. 1990. Klima og vekst. Aktuelt fra NISK 5: 12-17.

Veidahl, A. 1999. Tabeller for vurdering av trær på rot. Verdi per m³. Stensil.

Vestjordet, E. 1972. Diameterfordelinger og høydekurver for ensaldrede granbestand. Meddr norske SkogforsVes. 29: 469-557.

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.

- **Supplement 15**: Svendsrud, A.: Tabeller for beregning av verdien av skogbestand.