

3

01

SKOG ▲ FORSK



# Aktuelt

fra skogforskningen

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

## Modellering av skogproduksjon for økologisk og økonomisk forvaltning

### Foreløpige resultater



Bernt-Håvard Øyen (red.)



## Aktuelt fra skogforskningen

- ✓ **Aktuelt fra skogforskningen** inneholder fagartikler som kan ha vært publisert tidligere som foredrag eller vitenskapelig artikler. Det kan også være et litteraturstudium eller annet popularisert fagstoff.
- ✓ Målgruppen er norske eller nordiske brukere.
- ✓ All tekst skrives på norsk.

**Aktuelt fra skogforskningen** utgis av Norsk institutt for skogforskning (SKOGFORSK), 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 SKOGFORSK.

Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til SKOGFORSK.

Et redaksjonsråd lager retningslinjer for og følger opp seriene.

Redaktør for serien er:  
Ass.dir. Bjørn R. Langerud,  
SKOGFORSK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng

ISBN 82-7169-971-7  
ISSN 0803-284X

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

Tlf.: 64 94 90 00  
Fax: 64 94 29 80  
e-post: [nisk@nisk.no](mailto:nisk@nisk.no)  
[skogforsk@skogforsk.no](mailto:skogforsk@skogforsk.no)  
Internett: <http://www.nisk.no>  
<http://www.skogforsk.no>

Forsiden: Skogsbilder fra Romsdal og Sunnfjord. Forstlig diskusjon i et eldre furubestand i Indre Sogn.  
Foto: Arkiv Skogforsk

# Modellering av skogproduksjon for økologisk og økonomisk forvaltning

*Foreløpige resultater*

Bernt-Håvard Øyen  
(red.)

*Et strategisk instituttprogram fra 1998-2002  
Norsk institutt for skogforskning*



## Forord

I 1998 startet Norsk institutt for skogforskning, i samarbeid med Institutt for skogfag - Norges Landbrukshøgskole, opp et fireårig strategisk instituttprogram (SIP) for å bygge opp og styrke eksisterende kompetanse på området modellering av trær og skogbestandets vekst, livsdynamikk og konkurranseforhold. Programmet er finansiert av Norges Forskningsråd. Bakgrunnen for programmet er behovet for å videreutvikle kompetansen til å vurdere effektene av fremtidig klima, forurensing og ulik skogbehandling på skog og trær. Arbeidet er ført langs to hovedlinjer:

- prosessbaserte modeller
- enkelttremodeller.

Prosessbaserte modeller innebærer tilpassing og bruk av modeller som bygger på ulike biologiske prosesser slik som fotosyntese, respirasjon, transpirasjon, sirkulering av næringsstoffer både i trær og jord og samspillet mellom disse. Viktig har det vært å tilpasse ulike modeller til norske skogforhold, og vi har særlig vektlagt å klarlegge hvordan fremtidige klimaendringer vil påvirke vekstprosesser i skog.

Enkelttremodeller er modeller som beskriver enkelttreets vekst. Disse skal ideelt sett kunne beskrive tilvekst, virkeskvalitet, dimensjonsfordeling, samt dødt og døende virke mer sikkert enn bestandsmodellene – særlig i heterogene skogtyper. På noe sikt er målet med modellene at man kan bygge opp vekstmodeller som kobles sammen med økonomiske modeller til såkalte integrerte skogsimulatorer. Hovedhensikten har vært å starte utviklingen av praktiske forvaltningsverktøy som gjør det mulig å foreta realistiske prognoser på vekst og utvikling i ulike typer av norsk skog samt klarlegge effekter av ulik skogbehandling. Enkelttremodellene er tenkt å skulle supplere de mer velkjente bestandsmodellene.

I den følgende samling av artikler vil vi presentere foreløpige resultater fra det arbeidet som gjennomføres innen de to hovedområdene, men også innen beslektede emner innen fagområdet skogproduksjon. Viktige resultater fra arbeidet vil bli publisert både nasjonalt og internasjonalt de kommende årene.

Gjennom en variert skogbehandling har vi i dag, kanskje mer enn noen gang tidligere, muligheter for å forme vakre og virkesrike bestand som gir god avkastning, men som også oppfyller kravet om at de skal være egnede levesteder for skogens planter og dyr. Men det trengs mer kunnskap om effekter av ulike inngrep og hvor og hvordan skogpleien bør gjennomføres for å tilfredsstille sammensatte mål. Her ligger mye av forskningens utfordringer i tida fremover. Programmet ”Modellering av skogproduksjon for økologisk og økonomisk forvaltning” har lagt et godt grunnlag for å kunne lykkes med det i årene som kommer. Jeg takker herved alle som har bidratt i arbeidet.

Bergen, april 2001

*Bernt-Håvard Øyen*



## Sammendrag

BERNT-HÅVARD ØYEN (RED.) 2001: Modellering av skogproduksjon for økologisk og økonomisk forvaltning. Foreløpige resultater. Aktuelt fra skogforskningen. 3/01:1-30.

For på et vitenskapelig grunnlag å kunne fremlegge gode prognoser på hvordan skog og trær utvikler seg er det viktig at man har et veltilpasset modellapparat. I et fireårig strategisk instituttprogram (SIP) har Skogforsk, i samarbeid med Institutt for skogfag – NLH, arbeidet med å bygge opp og styrke eksisterende kompetanse på området modellering av trær og skogbestandets vekst, livsdynamikk og konkurranseforhold. Hovedmålsettingen har vært å videreutvikle kompetansen for å vurdere effekter av fremtidig klima, forurensing og ulik skogbehandling på skog og trær. Arbeidet i programmet er nå i en slutfase.

I artikkelsamlingen er det presentert foreløpige resultater fra det arbeidet som gjennomføres innen programmets to hovedområder - enkelttretilvekstmodeller og prosessmodeller. I tillegg er det gitt en bred presentasjon av beslektede emner innen fagområdet skogproduksjon.

## Innhold

<i>Petter Nilsen</i> : Modellering av tilvekst etter fjellskoghogst .....	4
<i>David Zheng, Petter Nilsen og Bernt-Håvard Øyen</i> : Kortsiktige effekter av klimaendringer på skogproduksjonen i østnorsk granskog – en prosessbasert modellsimulering .....	6
<i>Bernt-Håvard Øyen og Bjørn Tveite</i> : Praktiske modellverktøy ved tilvekstberegninger i norsk skog – en litteraturgjennomgang .....	8
<i>Bernt-Håvard Øyen og Kjell Andreassen</i> : Enkelttretilvekstmodeller – fleksible modeller for simulering av skogens utvikling .....	13
<i>Bjørn Tveite</i> : Kubering av svartor .....	16
<i>Sigbjørn Øen, Eivind Bauger og Bernt-Håvard Øyen</i> : Funksjonar for volumberekning av framande treslag i Vest-Noreg .....	18
<i>Bernt-Håvard Øyen og Sigbjørn Øen</i> : Volumtilvekstfunksjoner for bruk i kystskogbruket .....	20
<i>Kjell Andreassen</i> : Effekter av ulik skogbehandling i kystgranskog .....	22
<i>Stig Støtvik og Jørgen Skatter</i> : Langsktite feltforsøk – grunnlaget for modellutvikling .....	25
<i>Bernt-Håvard Øyen</i> : Utvikling for plantninger med kjempeedelgran ( <i>Abies grandis</i> Lindbl.) i Vest-Norge .....	27
Vedlegg – symbolliste .....	30

# Modellering av tilvekst etter fjellskoghogst

av  
Petter Nilsen

## Innledning

I fjellskog har bruken av fjellskoghogst økt betydelig de siste 20 årene. Praktiseringen har variert fra meget sterke gjennomhogster til mer forsiktige tynninger i godt sjiktede bestand. Uttaket ved en enkel hogst har ofte kommet opp i 70-80 % av stående kubikkmasse. Det anbefalte er at inngrepet ikke burde være mer enn en 50-60% av kubikkmassen, selvsagt avhengig av den stående skogen og foryngelsesforholdene (Nilsen 1988). Det knytter seg stor grad av usikkerhet til skogens tilvekst etter fjellskoghogst og også til hva det vedvarende produksjonsnivået i slik skog vil være. Man tenker seg at skogens hogges 2-3 ganger i løpet av en periode på f. eks. 100-130 år.

Formålet med dette forberedende arbeidet har vært å vurdere behovet for nye tilvekstfunksjoner for bruk i forbindelse med fjellskoghogst. Hobbestad (1993) utviklet bestandstilvekstfunksjoner for slik skog med bakgrunn i den 6. Landsskogtakseringen, og det har vært av interesse og teste disse funksjonene mot eksisterende materiale og å lage nye funksjoner på enkeltrenivå.

## Materiale for konstruksjon av tilvekstfunksjoner

### Bestandsmodell

Hobbestad (1993) har tidligere publisert en funksjon basert på Landsskogtakseringens (6. takst) materiale fra Hedmark etter følgende utvalgsriterier for bestand:

- granskog
- flersjiktet eller tosjiktet skog
- høyde over havet > 500 meter
- middelaldrende eller gammel skog

Til sammen 107 bestand ble plukket ut ved disse kriteriene. Tilveksten ble analysert på bestandsnivå og en funksjon ble til slutt valgt som den "beste":

$$\begin{aligned} \ln IV = & -1,7749 - 0,6537 \cdot \ln T_{1,3} + 0,6851 \cdot \ln H_{40} \\ & + 0,8845 \cdot \ln V3 \dots \dots \dots (F1) \\ R^2 = & 0,93, n=107, CV=0,26 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1} = 10,4\% \end{aligned}$$

- $\ln$  - den naturlige logaritmen til tallet
- $IV$  - årlig løpende tilvekst i kommende 5 år,  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$
- $T_{1,3}$  - bestandsalder, år (basert på dominerende trær)

- $H_{40}$  - bonitet (overhøyde ved 40 års alder)
- $V3$  - stående volum,  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$

### Enkelttremodell

Fra Landsskogtakseringens permanente flater i 3x3 km rutenettet (7. takst) ble det plukket ut felter etter følgende kriterier:

- granskog
- flersjiktet eller to-sjiktet skog

Dette utvalget resulterte i 111 felt. Dersom flere kriterier, som f. eks. en begrensning på høyde over havet ble innført, sank antall felt betraktelig og det ble vurdert som lite formålstjenlig å gå for langt ned i flateantall.

Følgende enkelttrefunksjon ble konstruert med bakgrunn i materialet:

$$\begin{aligned} \ln iv = & -5,099 + 1,1035 \cdot \ln g - 0,0059 \cdot DG - \\ & 0,00058 \cdot N - 0,11489 \cdot Veg - 0,001 \cdot Alt (F2) \\ R^2 = & 0,60, n=1255, CV=4,19 \text{ dm}^3 = 105,6\% \end{aligned}$$

- $\ln$  - den naturlige logaritmen til tallet
- $iv$  - årlig løpende tilvekst i kommende 5 år,  $\text{dm}^3$
- $g$  - enkelttreets grunnflate ( $\text{mm}^2$ )
- $DG$  - diameter svarende til middeltreets grunnflate, mm
- $N$  - antall trær  $\text{ha}^{-1}$
- $Veg$  - vegetasjonstype
- $Alt$  - høyde over havet, m

Vegetasjonstypen går her inn som en tallvariabel fra 1 til 8 og gjenspeiler grovt sett typenes bonitet, dvs. vegetasjonstype høgstaudegranskog har fått verdien 1 osv.

## Resultater og diskusjon

### Bestandsfunksjon

Funksjon F1 ble testet mot 3 uavhengige materialer fra Landsskogtakseringens materiale i Oppland (Hobbestad 1993) og separate undersøkelser fra Nord-Trøndelag, Oppland og Hedmark (Nilsen 1988, Gjelland & Nielsen 1990), de tre siste materialer behandlet med fjellskoghogst 10-40 år før registreringer.



Tabell 1. Målt og beregnet (F1) tilvekst ( $m^3 ha^{-1} \text{år}^{-1}$ ) i testmaterialene.

Testmateriale	Antall felt	Målt tilvekst	Beregnet tilvekst	Underestimering
Landsskogtakseringen, Buskerud	62	2,53	2,13	16%
Engangsfelt, Hedmark-Oppland (perioden 0-10 år etter hogst)	32	1,43	0,87	39%
Engangsfelt, Nord-Trøndelag (perioden 35-40 år etter hogst)	28	1,70	1,32	22%
Alle engangsfelt	60	1,55	1,08	30%

Av tabell 1 ser vi at funksjonen gjennomgående underestimerer den tilveksten som er målt i bestandene.

Avhengig av testperioden etter hogst og materialtype varierte underestimeringen fra 16 til 39%. Analyser viste at alder og bonitet ikke var representert i funksjonen på en god måte.

### Enkeltrefunksjon

Funksjon (F2) på enkelttrenivå ble testet mot de to ovennevnte materialer fra Oppland og Hedmark. Treantallet var 530 trær hvorav tilvekst bare var målt direkte på et begrenset antall prøvetrær. Testen viste at enkeltrefunksjonen basert på Landsskogtakseringens materiale overvurderte tilveksten betydelig, i gjennomsnitt mer enn 50%. Det var spesielt på de store dimensjonene at tilveksten ble overvurdert. I Fig. 1 er dette avviket plottet mot diameter på trærne.

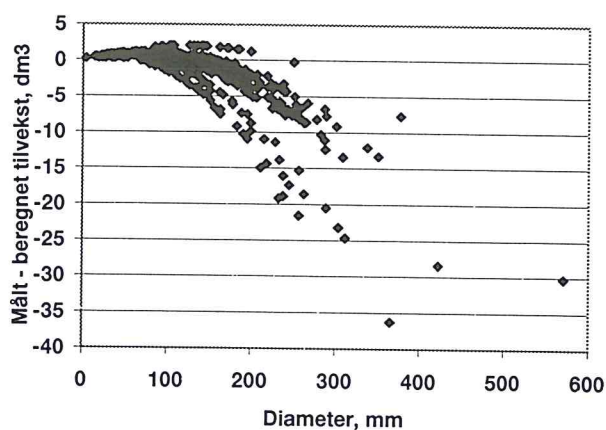


Fig. 1. Målt – beregnet volumtilvekst (F2) pr. tre i  $dm^3$  avsatt mot treets diameter.

Resultatene viser at bestandstilvekstfunksjonen underestimerer tilveksten mens enkeltrefunksjonen overestimerer tilveksten. Det må understrekes at både grunnmaterialet for funksjoner og testmaterialene stammer fra felt som er målt opp i forskjellige tidsperioder. På grunn av klimavariasjoner og innvirkning på tilveksten kan dette gi betydelige utslag på resultatene. Testmaterialet på enkelttrenivå er veldig lite og kan være beheftet med systematiske feil på grunn av utvelgelse av vesentlig store dimensjoner. Vi står også overfor problemet med at Landsskogtaks-

eringens materiale ikke representerer skog hvor fjellskoghogst nødvendigvis er utført, men bare en skogtype hvor skogbildet kan gi muligheter for slik hogst.

### Konklusjon

Resultatene viser at det i dag er knyttet en betydelig usikkerhet vedrørende tilvekstfunksjoner for fjellskoghogde bestand. Det er viktig å få laget funksjoner som på en god måte gjenspeiler tilveksten over lengre tid og under ulike forhold. Dette arbeidet blir nå forsert og tilvekstdata på enkelttrenivå er nå samlet inn fra foreløpig 16 bestand i Oppland for å utvikle og teste tilvekstfunksjoner for fjellskoghogde bestand i granskog.

### Litteratur

- Gjelland, P. & Nielsen, Hans Chr. 1990. Produksjon i restbestand og naturlig foryngelse av gran etter 40 år gammel plukkhogst i fjellskog. Hovedoppgave ved Institutt for skogfag, Norges Landbrukshøgskole. Ås. 49 sider + vedlegg.
- Hobbelstad, K. 1993. Volumtilvekst ved fjellskoghogst. Gran - furu – bjørk. Rapport 7/93. NIJOS.
- Nilsen, P. 1988. Fjellskoghogst i granskog - gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 2/88: 1-26.

# Kortsiktige effekter av klimaendringer på skogproduksjonen i østnorsk granskog – en prosessbasert modellsimulering

av

David Zheng, Petter Nilsen og Bernt-Håvard Øyen

Ved hjelp av prosessmodellen BIOMASS og tilpasninger av denne har vi forsøkt å klarlegge hvordan økt temperatur og CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i atmosfæren kan virke på produksjonen i et granbestand. Som underlag er benyttet detaljerte klimatiske og skoglige observasjoner fra granskog på Nordmoen i Akershus. Simuleringer indikerer at bruttoproduksjonen av biomasse vil øke med 18 % og nettoproduksjonen med 7 % ved en 4 graders økning i middeltemperatur fra dagens nivå. Stammevolumet vil øke i samme størrelsesorden. Med både 4 graders temperaturøkning og doblet CO<sub>2</sub>-nivå vil bruttoproduksjonen øke med 46 %, nettoproduksjonen med 49 % og stammevolumet med 53 %. De responser som fremkommer gjennom simuleringen er nært knyttet til utgangsnivået - både skoglig og klimatisk.

## Innledning

Utslipp av CO<sub>2</sub> til atmosfæren øker nå med en rate på 0,5 % per år. CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er forventet å dobles til et nivå på ca. 700 ppm i løpet av de neste hundre år. Årlig middeltemperatur er også forventet å stige, i den boreale sone fra 2-4 °C i angitte periode og med et mønster av høyere vinter- og lavere sommer-temperatur (IPCC 1996). Det siste scenariet antyder at lufttemperaturøkningen heller kan bli 5 °C enn 4 °C årlig i den boreale sone de neste 100 år. Økt lufttemperatur øker både fotosyntese og respirasjon i plantene. I tillegg forventer man at vekstsesongens lengde blir utvidet.

Mange prosessbaserte modeller er utviklet for å komplettere eksperimentell forskning (Ågren et al. 1991, McMurtrie et al. 1990). Modellen BIOMASS er en av mange modeller som har vist seg velegnet for å studere effekter på skog (McMurtrie et al. 1992, Bergh 1997, Bergh et al. 1998), og ble benyttet i denne undersøkelsen.

Her skal bare kort skisseres noen hovedresultater angående biomasseproduksjon i et granbestand og forventet effekt av økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon og temperatur. Tre ulike scenario er presentert. Modellen er kalibrert på bakgrunn av intensive målinger i et felt på Nordmoen i Akershus.

## Metode

Modellen BIOMASS er basert på mange delmodeller som beskriver stråling, fotosyntese, respirasjon, fenologi, fordeling av fotosynteseprodukter til ulike planteorganer, strøfall og vannbalanse. For nærmere beskrivelse av metode henvises til Zheng et al. (2000).

To input-filer er nødvendig for å kunne kjøre modellen, en meteorologisk fil og en fil med ulike bestandsvariabler. Nødvendige værddata for å kjøre modellen; daglig stråling, maksimum og minimum lufttemperatur og nedbør, er hentet fra Gardermoen flyplass, ca. 10 km sør for Nordmoen, i perioden 1987-89. Parameterfilen som beskriver forløpet av fotosyntese, allokering, respirasjon etc. er vesentlig basert på data fra Flakaliden i Nord-Sverige, og fenologidata for boreale forhold stammer fra litteratur hos Bergh (1997).

For å kalibrere modellen gjennomførte vi først en test av fotosyntesemodellen – og tilpasset den til forholdene på Nordmoen, deretter foretok vi simuleringer av biomasseproduksjonen i relasjon til klimaforholdene i perioden 1987-89. Til slutt ble modellen benyttet for å kjøre scenario angående effekter av varmere klima og høyere CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner.

## Resultater og diskusjon

Ved hjelp av BIOMASS simulerte vi biomasseproduksjon i relasjon til klimadata fra 1987-89. Simulert og målt årlig netto produksjon (NPP) er sammenlignet i Figur 1. NPP etter strøfall passer godt med de målinger som ble foretatt i 1987 og 1988, men med visse avvik for 1989. God tilpasning til modellen indikerer at parameterne i modellen har realistiske verdier. En forklaring på overestimert produksjon i 1989 kan være at vannmangel denne vekstsesongen førte til redusert produksjon, og at modellen ikke har fanget opp dette godt nok. For årene 1987 og 1988 er det tilfredsstillende vanntilgang, over normalnedbør (862 mm, Abrahamsen *et al.* 1994). I 1989 var nedbørshøyden 788 mm. I tillegg kan avvik være knyttet til ikke komplette biomassemålinger i siste år (i 1989 ble biomassekomponentene estimert på bakgrunn av målt stammevolumproduksjon).

Vi beregnet hvordan norsk gran vil respondere i biomasseproduksjonen på et varmere klima, og satte opp tre scenarier. Resultatene er gitt i Tabell 1.



Tabell 1.

Prediksjon av årlig brutto produksjon (GPP), netto produksjon (NPP) (begge i tonn tørrvekt per ha og år), og tilvekst i stammevolum ( $m^3$  per ha og år) ved aktuelt klima og ved tre ulike scenarier: temperaturøkning med  $4^{\circ}C$ , doblet  $CO_2$  konsentrasjon (700 ppm), og kombinasjon av økt temperatur og doblet  $CO_2$  konsentrasjon. Verdiene for de tre scenariene er satt i prosent av aktuelt klima.

Klimascenario	Brutto-produksjon	Netto-produksjon	Stamme-volum
Målt (aktuelt) klima	26,9 tonn 100%	10,1 tonn 100%	6,9 $m^3$ 100%
Økt temperatur ( $+4^{\circ}C$ )	118%	107%	110%
Økt $CO_2$ (700 ppm)	123%	136%	137%
Økt temp. og $CO_2$	146%	149%	153%

Ved å øke middeltemperaturen med 4 grader fra et referanseklime (dagens nivå) øker GPP med 18 % og NPP med 7 %. Lite utslag på nettoproduksjonen skyldes at vedlikeholdsrespirasjonen øker sterkt. Stammevolumproduksjon endres i samme størrelsesorden som NPP, ca. 9 %.

Ved å doble  $CO_2$  konsentrasjonen øker GPP til 23 % og NPP til 36 % på årlig basis. Stammetilveksten øker med 37 % i forhold til dagens nivå. I forhold til temperatureffektene vil ikke  $CO_2$ -økningen medføre noe særlig økning av vedlikeholdsrespirasjonen og nettoproduksjon blir dermed langt større.

Tredje scenario er kombinerte effekter av økt temperatur og  $CO_2$ , slik det er mest trolig man vil få i virkeligheten. Ved sistnevnte scenario vil GPP øke med 46 % og NPP med 53 %. Den relative endring i NPP er noe større (49 %) ved kombinasjonen av økt  $CO_2$  og økt temperatur enn ved summen av de to separate prosessene ( $7\% + 36\% = 43\%$ ).

Resultatene antyder et stort potensiale for økt  $CO_2$ -binding og økt produksjon ved en framtidig klimaendring. Et vesentlig – men ubesvart spørsmål – er hvorvidt en gradvis økning i  $CO_2$ -konsentrasjonen, slik trærne sannsynligvis vil oppleve det i fremtiden, vil gi de samme utslag som modellberegningene viser. Det er mulig at trærne vil "akklimeres" seg til høyere  $CO_2$  uten en tilsvarende sterk økning i produksjon. Grunnlaget for modellene bygger på relativt kortsiktige forsøk hvor  $CO_2$ -konsentrasjonen brått har økt. Nylig utførte analyser fra relativt langsiktige  $CO_2$  forsøk på trær stadfester imidlertid ingen slik akklimering (Medlyn et al. 2001).

Fremover vil det være en stor utfordring å gjøre ulike typer av slike beregninger for norske forhold (treslag, landsdel, klima) sammen med kritiske vurderinger av resultatene.

## Litteratur

Abrahamsen, G., Stunanes, A.O. & Tveite, B. 1994. Long-term experiments with acid rain in Norwegian

forest ecosystems. Ecological Studies.104: 342 pp. New York. ISBN 0-387-94119-3.

Bergh, J. 1997. Climatic and nutritional constraints to productivity in Norway spruce. In Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestia 37. 34 pp. ISBN 91-576-5321-6.

Bergh, J., McMurtrie, R.E. & Linder, S. 1998. Climatic factors controlling the productivity of Norway spruce: A model-based analysis. Forest Ecology and Management. 110: 127-139.

IPCC. 1996. Climate Change 1995. Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. & Dokken, D.J. (eds). Cambridge Univ. Press. Cambridge.

McMurtrie, R.E., Rook, D.A. & Kelliher, F.M. 1990. Modelling the yield of *Pinus radiata* on a site limited by water and nitrogen. Forest Ecology and Management. 30: 381-413.

McMurtrie, R.E. & Landsberg, J.J. 1992. Using a simulation model to evaluate the effects of water and nutrients on the growth and carbon partitioning of *Pinus radiata*. Forst Ecology and Management. 52: 243-260.

Medlyn, B. E., Barton, C.V.M., Broadmeadow, M.S.J., Ceulemans, R., De Angelis, P., Forstreuter, M., Freeman, M., Jackson, S.B., Kellomäki, S., Laitat, E., Rey, A., Roberntz, P., Sigurdsson, B.D., Strassmeyer, J., Wang, K., Curtis, P.S., & Jarvis, P.G. 2001. Stomatal conductance of forest species after long-term exposure to elevated  $CO_2$  concentration: a synthesis. New Phytologists 149: 247-264.

Zheng, D., Freeman, M., Bergh, J., Røssberg, I. & Nilsen, P. 2000. Production of Norway Spruce in South-East Norway in response to climate change: A process-based model simulation. Submitted manuscript for Scan Jour. For. Res.

Ågren, G.I., McMurtrie, R.E., Parton, W.J., Pastor, J., & Shugart, H.H. 1991. State-of-the-art of models of production-decomposition linkages in conifer and grassland ecosystems. Ecological Application. 1: 118-138.

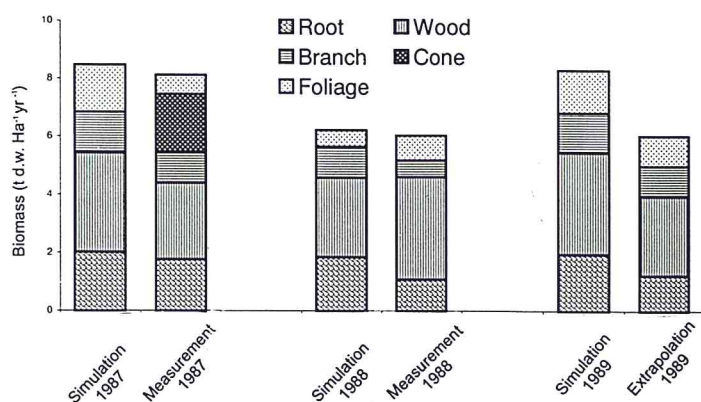


Fig. 1. Observert og simulert biomasse i granbestand (tonn tørrvekt per ha og år) samt fordeling i nåler (foliage), stamme (wood), greiner (branch), røtter (root) og kongler (cone) på Nordmoen fra 1987 til 1989.



# Praktiske modellverktøy ved tilvekstberegninger i norsk skog - en litteraturgjennomgang

av

Bernt-Håvard Øyen og Bjørn Tveite

## Innledning

Formålet med forskningen innen skogproduksjon har vært å fremskaffe kunnskap om det utbyttet man i nærmere og fjernere fremtid kan vente seg at skogen vil gi under nærmere definerte vekstvilkår og med bestemte behandlingsprogram. Behovet for forhåndskalkyler gjelder både for behandling av nåværende produksjonsskoger og for fremtidige skoger. Planlegging av behandling og klarlegging av fremtidig produksjon er nødvendig både for skogeiere, forvaltning og myndigheter. Uttak av en viss mengde virke kan foretas på svært mange måter. For å kunne fatte beslutninger om hvilke rasjonelle tiltak som bør gjennomføres i dag er det nødvendig å ha oversikt over hvilke konsekvenser ulike tiltak vil få i en fjern fremtid.

En innvending kan være at produksjonsmålene, med så lange omløpstider som vi gjerne opererer med, er sterkt bevegelige. Men sammenligner vi målsettinger for 50 år siden og i dag vil nok de fleste bli overrasket over hvor små endringer som i realiteten har funnet sted. Uten veldefinerte produksjonsmål blir skogbrukets næringsaktivitet redusert til at skogen er "kulisser". For alle investeringer i skogens primærproduksjon, i driftsapparat og infrastruktur er man nødt til å stille opp forutsetninger om fremtidig utbytte.

Skogproduksjonen utgjør grunnlaget for det meste av aktiviteten som foregår innen skogbruket. I tillegg; Forfinet modellverktøy gir oss stadig nye muligheter til å vurdere ulike effekter på ulike nivåer av praktiske tiltak rettet inn mot f.eks. bevaring av sjeldne og truede arter, for alternative metoder for hogst- og foryngelse etc. I en slik angrepsmåte ligger svært mange muligheter. Modeller gir oss et grunnlag for å kunne avdekke kritiske faktorer og kunnskapsmangler. Dette kan igjen føre til at forskningsaktiviteten blir mer målrettet og kaster enda mer av seg.

## Eldre produksjonstabeller og -oversikter

De fleste tilvekstmodeller har som formål å prognostisere bestandsutvikling fra en gitt utgangstilstand. For å studere langsiktige konsekvenser av ulike behandlingstiltak må en se dette over en tidshorisont som strekker seg over hele skogbestandens liv, gjerne 40 til 150 år.

Den eldste norske og en av de første skandinaviske produksjonsoversikter for enaldret skog av gran og furu ble publisert av Stalsberg (1882). Etter at Vestlandets forstlige forsøksstasjon og Det norske Skogforsøksvesenet startet opp forsøksvirksomheten i hhv. 1916 og 1917 har grunnlaget for modellene i store trekk vært data fra langsiktige forsøksfelt, enkelte supplert med engangsmaterialer.

Det man kan kalle den første norske empiriske tilvekstmodell ble utarbeidet av Alf Langsæter og Erling Eide i 1941. Ut fra datidens datateknologiske muligheter var dette en svært avansert modell med innebygde tynningsprogram, og den bygget på numerisk utjevning av grunnmaterialet i gran etter regresjonsteknikk (Eide & Langsæter 1941). Fremskrivning ble foretatt ved bruk av grunnflatetilvekstprosenten. Modellen gjorde det bl.a. mulig å beregne effekter av ulike tynningsstrategier (Langsæter 1944). Brantsegs senere tilvekstmodell for furuskog (1969) og Braastads modell for bjørkebestand (1967) var bygget over samme lest. Andre typer av empiriske modeller ble også forsøkt. Braathe (1953) konstruerte bl.a. diameter- og grunnflatetilvekstfunksjoner ut fra samme grunnmateriale som Eide og Langsæter. Delbeck (1965) presenterte en volumtilvekstfunksjon i gran med bruk av variablene stående volum og bestandsalder. I arbeidet med økonomiske modeller laget Risvand (1970) en diameter- og volumfunksjon for gran hvor uavhengige variabler var bonitet og med et tetthetsuttrykk angitt som forholdet mellom stående volum og stående diameter.

Men også andre teknikker er benyttet i arbeidet med produksjonstabeller og oversikter. Brantsegs produksjonsmodell for utvikling i plantet gran på Vestlandet (1951) ble satt opp på bakgrunn av grafisk utjevning av et begrenset grunnmateriale. På tilsvarende måte ble det senere laget foreløpige modeller for sitkagran (Bauger 1961 og 70), furu (Bauger 1965) og europeisk edelgran (Nedkvitne 1966). Tilvekstoversiktene for gråor (Børset og Langhammer 1966) og osp (Haugberg 1959, utvidet av Langhammer i 1969) var dels bygd opp med bakgrunn i slike arbeidsmetoder, først gjennom å "bygge bonitetskurver", bonitere forsøksfelt, og deretter ved å utjevne treantall, grunnflate og kubikkmasse over alder. Til slutt måtte en avstemme, dvs. påse at det var en rimelig sammenheng mellom de ulike faktorene.



## Tilvekstprogrammer

Etter at datakraft og programvare ble mer utviklet ble det enklere å gjennomføre større numeriske utjevninger. Norske tilvekstmodeller er så og si utelukkende bygget på framskrivning av "middeltreets vekst" (f.eks. Braastad 1975, 1977, 1980; Blingsmo 1984 1988; Opdahl 1992; Wielgolaski et al. 1993). Dimensjoner beregnes om ønskelig på ulike alderstrinn ut fra fordelingsfunksjoner (f.eks. Vestjordet 1972, Mønnes 1982, Holte 1993). For bjørk (Braastad 1977) og furu (Braastad 1980) er tilvekstberegningen bygget på en indirekte fremskriving ved bruk av grunnflatetilvekstprosenten. Et brudd på tradisjonen med renbestand som grunnlag ble presentert av Strand (1983). Han fremstilte tilvekstfunksjoner for blandings-skog av gran, furu og bjørk.

Per år 2000 er det i Norge fremstilt tilvekstmodellprogram for treslagene:

- Gran
- Furu
- Bjørk (Dunbjørk og Hengebjørk)
- Osp
- Japansk lerk
- Europeisk lerk

I alle programmene er det lagt inn muligheter for å kjøre ulike tynningsstrategier.

Diametertilvekstfunksjonene for gran, furu og bjørk (Blingsmo 1984) inngår f.eks. i bestandssimulatoren BESTPROG (Blingsmo & Veidahl 1994). Her er en økonomidel inkludert slik at man kan vurdere økonomiske effekter av ulike behandlingsprogram. Blingsmo (1992) har også ved bruk av svenske funksjoner foretatt en tilpasning i BESTPROG slik at biomasse for ulike komponenter kan estimeres fra produksjonstabellene.

I ulike beregninger er man svært avhengig av å ha funksjoner som fremskriver høydeutviklingen hos middeltreet. Konstruksjon av høyde-aldersfunksjoner (høydebonitet), har foregått parallelt med utviklingen av tilvekstfunksjoner (f.eks. Strand 1967, Tveite 1976, Tveite 1977, Opdahl 1992, Wielgolaski et al. 1993, Orlund 1997). I Skoghåndbøker finnes kurvesettene for bonitetene vanligvis angitt. H40-systemet (Tveite og Braastad 1981) har i nærmere 20 år vært i bruk f.eks. ved verdiberegninger av skogsmark (Svendsrud 2000). Samband mellom eldre og ny bonitetsskala er beregna av Tveite (1995).

I bunnen av de fleste tilvekstberegninger ligger behovet for volumfastsettelse ved hjelp av egnede kuberingsfunksjoner (f.eks. Braastad 1966, Brantseg 1967, Vestjordet 1967, Bauger 1995). For kubering av lauvtrær som ask, bøk, eik og or har funksjoner fra naboland vært i bruk.

For å fremskaffe sikre prognoser fra en gitt utgangstilstand må man også kunne estimere avgang i bestandene. Mortalitet for norske granbestand har tidligere vist seg å være brukbart estimert ved bruk av gjennomsnittsverdier (Braastad 1982), årlig avgang i

treantall i prosent av stående treantall. Reviderte størrelser og nye modeller for urørte gran- og furubestand er nylig utkommet (Øyen 2000a). Stokastiske modeller hvor man kan simulere enkelt-treavgang er utviklet (Eid og Tuhus 2000), og be-slektede modeller for å beregne bestandsavgang er under utarbeidelse (Eid og Øyen 2001, in prep.).

Et knippe av det norske tilvekstmodellapparatet er oppgitt i tabell 1. For detaljer knyttet til variabler eller grunnlaget for funksjonene henvises leseren til originalpublikasjonene.

## Skogmodeller - planleggingsmodeller

Skal hele skogeiendommer eller områder med be-handlingsstrategier analyseres, er en tidshorison på 100 år eller mer nødvendig. Et estimat for relativ tilvekst på arealene kan man få ved å summere stående volum med historiske hogstuttak for enkeltbestand og å sammenligne med f.eks. verdier fra produksjonstabeller (jf. Samset 1995). For sammensatte økonomiske beregninger er det imidlertid viktig at modellene kan håndtere flere bestand med ulike behandlingsprogram samtidig. Man skiller gjerne mellom såkalte optimeringsmodeller og simuleringsmodeller. Innenfor gitte beskrankninger gir optimeringsmodeller det mest optimale program for skogbehandling i overens-stemmelse med beslutningtakers målsettinger (f.eks i Norge; Gaya-JLP, Hoen & Gobakken 1997; i Sverige FMPP, Jonsson, Jakobssen & Kallur 1993). Ettersom skogeiere gjerne har hovedinteressene knyttet til en eller annen form for nytte, ofte målt i økonomiske termer, vil inntektsorienterte produksjonsbudsjett stå sentralt. Man setter gjerne opp en avvirkningsplan som gir en minsteinntekt fra skogen og som samtidig maksimerer skogens verdi ved slutten av planperioden. Simuleringsmodeller angir konsekvenser av gitte behandlinger vedrørende skogskjøtsel og avvirknings-strategier (f.eks. i Norge: AVVIRK-2000; Eid & Hobbestad 2000, i Sverige: HUGIN; Lundström & Söderberg 1996). Disse kan beskrives som deter-ministiske simuleringsmodeller. Felles for disse er at det viktigste grunnlaget for fremskrivingen er tilvekst-funksjonene, enten det er bestandstilvekst- eller enkelt-tretilvekst.

Tabell 1. Noen funksjoner som benyttes ved tilvekstberegninger på bestandsnivå. Bonitet-, fordeling-, volum- og avsmalningsfunksjoner er her holdt utenfor. I symbollista (vedlegg 1) er oppgitt hva variabler betyr.

Modellering av:	Treslag	Referanse	Avhengig variabel	Uavhengig variabel
Utgangstetthet	Gran	Braastad 75	G1	Ho, H40, N1
	Furu	Braastad 80	G1	HL, H40, N1
	Bjørk	Braastad 77	G1	HL, N1
	Osp	Opdahl 92	G1	D1, N1
	Lerk	Wielgolaski et. al. 93	G1	D1, N1
	Gran	Hobbelstad 88	G1	H40, Ho, N1
	Furu	Hobbelstad 88	G1	HL, H40, N1
	"Lauv"	Hobbelstad 88	G1	N1, HL
Diametertilvekst	Gran	Braastad 74	ID	T13, Ho, D3, H40, G3, V3, G2
	Gran	Blingsmo 84	ID	T13, Ho, H40, N3, D3
	Furu	Blingsmo 84	ID	T13, Ho, H40, N3, D3
	Bjørk	Blingsmo 84	ID	T13, Ho, H40, N3, D3
	Osp	Opdahl 93	ID	T13, Ho, N3, G3, G1
	Lerk	Wielgolaski et. al. 93	ID	T13, Ho, N3, G3, G1
	"Blanding"	Strand 83	ID	Ho, H40, D1, G3, %BA
	Tetthetsreduksjon	Gran (+andre)	Braastad 83b	IDRED
Volumtilvekst	Gran	Hobbelstad 80	IV	V3, T13, H40
	Gran	Nilsen & Haveraaen 82	IV	V3, T13, H40
	Gran	Blingsmo 88	IV	V3, H40, T13
	Furu	Blingsmo 88	IV	V3, H40, T13
	Bjørk	Blingsmo 88	IV	V3, H40, T13
	"Blanding"	Strand 83	IV	V3, Ho, H40, IH, %BA
	Gran-V	Øyen 00b	IV	V3, H40, T13
	Sitkagran	Øyen 00b	IV	V3, H40, T13
Høydeutvikling	Gran	Tveite 67, 77	HI	T13, Ho, H40, N1, D1, G1
	Furu	Tveite 67, 76	HI	T13, Ho, H40, N1, D1, G1
	Bjørk	Braastad 67, 77	HI	T13, Ho, H40, N1, D1
	Osp	Opdahl 92	HI	T13, Ho, N1, D1, G1
	Lerk	Wielgolaski et. al. 93	HI	Ho, D1, G1, N1
Tynningsuttak	Gran (+andre)	Fitje 62	V2	V1
	Gran, bjørk, furu	Braastad 75,77,80	D2	D1
	Osp	Opdahl 93	G2	G1, G3
	Lerk	Wielgolaski et al. 93	G2	G1, G3
Mortalitet	Gran (+andre)	Braastad 82	NMORT	N1
	Gran	Øyen 00a	NMORT	N1
	Furu	Øyen 00a	NMORT	N1
Korreksjon, middeltre	Gran	Braastad 75	HL	HL* 0,967
	Furu	Braastad 80	HL	HL* 0,983
Konvertering treslag	Flere	Braastad 83a	H40 (PE)	T13, Ho
	Flere	Øyen & Tveite 98	H40 (PE)	T13, Ho

## Oppsummering

Tilvekstfunksjoner som uttrykker arealproduksjonen per tidsenhet er fortsatt de vanligste modeller i Norge, og vil ventelig være det også i overskuelig fremtid. Modellene har vi lang erfaring med, de gir i alminnelighet nokså presise resultater på bestandsnivå og kan enkelt kombineres med annen forskning, f.eks. vurderinger av skogskader (jf. Solberg & Tveite 2000). Et åpenbart minus med arealprosjeksjonsmodellene er at de ser ut til å være mindre egnet til å beskrive utvikling i heterogene bestand, f.eks. blandingsbestand, plukkehogde bestand, bledningsskog etc. Her kan "nye" modelltyper være mer velegnede. For praktisk bruk er

det sentralt at modellene ikke er for kompliserte. Forskning og modellutvikling over 80 år har vist oss at ulike modelltyper har sin styrke og svakhet på ulike områder. Faktorer som spiller inn i valget av modelltype er både størrelsen på populasjonen som skal beskrives, hvorvidt prosessen som skal modelleres er stokastisk eller deterministisk, antallet relevante variabler per enhet, kontinuerlig eller diskontinuerlige endringer i strømningsvariablene etc. Et viktig forhold er å kunne velge riktig kombinasjon av modelltyper for ulike situasjoner.



## Litteratur

- Bauger, E. 1961. Foreløpige produksjonstabeller for sitkagran på Vestlandet. Meddr Vestl. forstl. ForsStn 35:127-167.
- Bauger, E. 1965. Foreløpige produksjonstabeller for furuskog på Vestlandet. Årsmelding Vestlandets forstlige forsøksstasjon 1965: 25.
- Bauger, E. 1970. Sitkagranens og granens høydeutvikling på Vestlandet og i Nord-Norge. Meddr Vestl. Forstl. ForsStn 50:149-221.
- Bauger, E. 1995. Funksjoner og tabeller for kubering av stående trær. Furu, gran og sitkagran på Vestlandet. Rapp. Skogforsk 16/95:1-26.
- Blingsmo, K.R. & Veidahl, A. 1994. BESTPROG. Et beslutningsverktøy for skogbehandling. NISK/ISF-NLH, 35 s. (Brukermanual).
- Blingsmo, K.R. 1984. Diametertilvekstfunksjoner for bjørk-, furu- og granbestand. Rapp. NISK, 7/84:1-22.
- Blingsmo, K.R. 1988. Volumtilvekst. Gran-Furu-Bjørk. Internt notat. Faggruppe Skogproduksjon, Avdeling for Skogbehandling, NISK. 6 s + vedlegg.
- Blingsmo, K.R. 1992. Omregning fra produksjonstabeller til biomassetabeller. Internt notat Faggruppe Skogproduksjon, Avdeling for Skogbehandling, NISK. 11 s + vedlegg.
- Brantseg, A. 1951. Kubikk- og produksjonsundersøkelser i vest-norske granplantninger. Meddr Vestl. forstl. ForsStn 28:1-109.
- Brantseg, A. 1967. Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Meddr norske SkogforsVes 22:690-739.
- Brantseg, A. 1969. Furu sønnafjells. Produksjonstabeller. Meddr norske SkogforsVes 94:1-291.
- Braastad, H. 1966. Volumtabeller for bjørk. Meddr norske SkogforsVes 21:23-78.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. Meddr norske SkogforsVes 22:265-365.
- 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. 31:359-537.
- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Rapp. Avd. for Skogprod. NISK, 1/77:1-17.
- Braastad, H. 1980. Tilvekstmodellprogram for furu. Medd. Nor. inst. skogforsk 35:269-359.
- Braastad, H. 1982. Naturlig avgang i granbestand. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 12/82:1-46.
- Braastad, H. 1983a. Forholdet mellom høydebonitet og produksjonsevne for gran, furu og bjørk på samme voksested. Aktuelt Statens Fagtjeneste for Landbruket 3/83:50-59.
- Braastad, H. 1983b. Produksjonsnivået i glissen og ujamn granskog. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 7/83:1-42.
- Braathe, P. 1953. Noen betraktninger og beregninger over grunnflatetilveksten i ensaldret granskog. Internt notat PM. Det norske Skogforsøksvesenet. 12 s.
- Børset, O. & Langhammer, Aa. 1966. Vekst og produksjon i bestand av gråor. Meld. Nor. Landbr. Høgsk. 24:1-35.
- Delbeck, K. 1965. Metoder for tilvekstberegning i glissen skog. Tidsskr. Skogbr. 73:5-45.
- Eid, T. & Hobbelstad, K. 2000. AVVIRK-2000 – a large scale forestry scenario model for long term investments, income and harvest analysis. Scan. Jour. For. Res. 15: 472-482
- Eid, T. & Tuhus, E. 2000. Models for individual tree mortality in Norway. For. Ecol. Manage 5391: 1-16.
- Eid, T. & Øyen, B-H. 2001, in prep. Models for mortality in even-aged spruce, pine and broadleaved stands. Submitted manuscript. 26 s.
- Eide, E. & Langsæter, A. 1941. Produksjonsundersøkelser i granskog. Meddr norske SkogforsVes 7:355-500.
- Fitje, A. 1962. En undersøkelse av tynningsregler ved prognoseberegning. Hovedoppgave ved NLH, Ås.
- Haugberg, M. 1959. Produksjonsoversikt for osp. Meddr norske SkogforsVes 15:143-186.
- Hobbelstad, K. 1980. En analyse av noen avkastningsprognoser i skogbruket og en ny tilvekstfunksjon for gran. Rapp. NISK 3/80:1-35.
- Hobbelstad, K. 1988. Planleggingsprogrammet AVVIRK3. Melding 42, Inst. skogtaksasjon – NLH. 38 s.
- Hoen, H. F. & Gobakken, T. 1997. Brukermanual for bestandssimulatoren GAYA v.1.20. Manuskript. Inst. for Skogfag-NLH.
- Holte, A. 1993. Diameter distribution functions for even-aged Picea abies stands. Medd. Skogforsk 46.1:1-47.
- Jonsson, B., Jakobsson, J. & Kallur, H. 1993. The forest management planning package. Theory and application. Stud. For. Suec. 189:1-53.
- Langhammer, Aa. 1969. Hvor mye produserer våre treslag. Norsk Skogbruk 2/1969:41-44
- Langsæter, A. 1944. Om tynning i enaldret gran- og furuskog. Meddr norske SkogforsVes 8:131-216.
- Lundström, & Söderberg, U. 1996. Outline of the HUGIN system for long term forecasts of timber yields and possible cut. EFI-Proceedings 5: 63-77.
- Mønnes, E.N. 1982. Diameterfordelinger og høydekurver for ensaldrete bestand av Pinus sylvestris L. Medd. Nor. inst. skogforsk. 36.15:1-43.
- Nedkvitne, K. 1966. Dyrkning av edelgran Abies alba Mill i Vest-Norge. Meddr Vestl forstl ForsStn 40:133-219.
- Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1982. En analyse av tilvekst i gamle granbestand. Rapp. NISK 13/82: 1-38.
- Opdahl, H. 1992. Bonitet, vekst og produksjon hos Osp (Populus tremula L) i Sør-Norge. Medd. Skogforsk 44(11):1-44.
- Orlund, A. 1997. Bonitering av plantet gran og sitkagran på Vestlandet. Upubl. manus, NISK. 5 s + tabeller og figurer.
- Risvand, J. 1970. Økonomisk analyse av hogstprogrammer ved dynamisk programmering. Medd. Nor. SkogforsVes 27:1-121.

- Samset, I. 1995. 150 år i forsøksskogen. Rapp. Skogforsk 9/95:1-302.
- Solberg, S. & Tveite, B. 2000. Crown density and growth relations between stands of *Picea abies* in Norway. Scan. Jour. For. Res. 15:87-96.
- Stalsberg, T. 1882. Tilvækstberegninger. Den Norske Forstforenings Aabok. Kristiania.
- Strand, L. 1967. Høydekurver for bjørk. Meddr norske SkogforVes. 22 (kap. IX).
- Strand, L. 1983. Tilvekstfunksjoner basert på data fra blandingsbestand. Medd. Nor. inst. skogforsk 38.5: 1-10.
- Svendsrud, A. 2000. Tabeller for beregning av verdien av skogbestand. Rapp Skogforsk. Suppl. 15:1-14 +vedlegg.
- Tveite, B. 1967. Sambandet mellom grunnflateveid middelhøyde og noen andre bestandshøyder i gran og furuskog. Medd. norske SkogforsVes. 22:483-538.
- Tveite, B. 1976. Bonitetskurver for furu. Manuskript. Norsk inst. skogforsk.
- Tveite, B. 1977. Bonitetskurver for gran. Medd. Nor. inst. skogforsk 33(1): 1-84.
- Tveite, B. & Braastad, H. 1981. Bonitering av gran, furu og bjørk. Norsk Skogbr. 3/81:3-6.
- Tveite, B. 1995. Samband mellom landskogtakseringens bonitetstabell og det nye H40-systemet. Rapp. Skogforsk 9/95:268-269.
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. Meddr norske SkogforsVes. 27: 539-574.
- Vestjordet, E. 1972. Diameterfordelinger og høydekurver for ensaldrete granbestand. Meddr norske SkogforsVes. 29:472-557.
- Wielgolaski, F.E., Opdahl, H. & Nes, K. 1993. Vekststudier i plantinger av Europeisk lerk og Japansk lerk på Vestlandet 2. Medd. Skogforsk 46(12):1-42.
- Øyen, B.-H. 2000a. Naturlig avgang i gran- og furuskog. Rapp. Skogforsk. 3/00:1-24.
- Øyen, B.-H. 2000b. Gammel gran på Vestlandet. Aktuelt fra Skogforskningen 1/00:32-36.
- Øyen, B.-H. & Tveite, B. 1998. En sammenligning av høydebonitet og produksjonsevne mellom ulike treslag på samme voksested i Vest-Norge. Rapp. Skogforsk. 15/98:1-32.



# Enkelttretilvekstmodeller – fleksible modeller for simulering av skogens utvikling

av

Bernt-Håvard Øyen og Kjell Andreassen

*De mest vanlige enkelttretilvekstmodellene består av to komponenter; diameter- eller grunnflatetilvekst og benyttes gjerne sammen med en høydetilvekstfunksjon eller høydekurve. Modellene deles gjerne inn i to grupper: avstandsuavhengige (ikke romlige) modeller og avstandsavhengige (romlige) modeller. Vi ser her nærmere på avstandsuavhengige enkelttremodeller, deres anvendelse og litt om arbeidet med norske enkelttremodeller.*

## Treets vekst – utfordringer i modellarbeidet

Flere undersøkelser både i inn- og utland angir at en stor andel av variasjonen i vekst kan relateres til treets dimensjon. Jo større treet er, innenfor normale størrelser, jo større er diametertilveksten. For et tre som vokser fritt varierer årringbredden relativt lite med alderen. I bestand er forholdene mer komplisert. Diametertilveksten har vist seg å være sterkt avhengig av tetthetsforholdene. Like fullt, jo eldre trærne er, jo mindre er tendensen til økende diameter. Et eksempel fra en undersøkelse i et granbestand er gitt hos Holte (1983):

$$\begin{aligned} id &= 1,95 - 55,46 \cdot (1/T13) - \\ &0,02 \cdot d3 + 5,86 \cdot (1/T13) \cdot (d3) \dots \dots \dots F1 \\ R^2 &= 0,22, CV = 45 \% \end{aligned}$$

Et tre på 40 cm og 80 år har etter F1 en tilvekst (id) på 3,4 mm, mens et tre på 20 cm og 80 år har en tilvekst på 2,3 mm. Som det fremgår av den lave  $R^2$ -verdien - en betydelig andel av vekstvariasjonene hos enkelttrærne kan ikke forklares med en slik funksjon, særlig fordi konkurransen fra nabotrær ikke er tatt hensyn til. Enkelttretilvekstmodeller forsøker å bygge inn konkurransepåvirkningen, både knyttet til høyde- og diameter-tilvekst (jf. Peng 2000).

Anders Holte og Birger Solberg la i 1989 frem en vurdering av to svenske enkelttremodeller og testet hvordan de passet for norske forsøksflater i enaldret skog (Holte & Solberg 1989). Funksjonen med et aldersledd inkludert gav god tilpasning til testmaterialet, faktisk noe bedre enn norske bestands-tilvekstfunksjoner. Imidlertid kan man vel si at enkelttremodellene ikke har fått noen større praktisk bruk i norsk skogbruk – bl.a. fordi andre viktige deler av modellapparatet manglet.

## Enkelttremodeller og bruken i andre land

En av hovedtankene bak å bruke enkelttremodeller er at man skal prøve å beskrive ulike sider av konkurranseforholdene. De avstandsuavhengige modellene har ingen direkte variabler som angir mulig effekter av konkurranse fra nabotrærne på det treet vi studerer, men konkurranseeffektene beskrives indirekte gjennom bruk av ulike tre- eller bestandsvariabler (Dudek & Ek 1980). I Sverige har f.eks. slike modeller lange tradisjoner. Näslund (1942), som undersøkte ”stava-gran” i Nord-Sverige, benyttet grunnflatesummen i en sirkel med radius 5 m omkring hvert enkelt tre som et mål på konkurranseforholdene. En lignende metode ble brukt av Jonsson (1962) i hans klassiske studier av barblandingsskog om effekter av ulike blandingsforhold. I den svenske skogmodellen HUGIN - er simulering av tilvekst ved bruk av enkelttremodeller en av flere muligheter (Hägglund 1981), og enkelttremodellene til Söderberg (1986) er innbakt i skogsimulatoren FMPP (Jonsson, Jakobsen & Kallur 1993). I de siste 20 år er det utarbeidet en rekke enkelttremodeller (bl.a. Jonsson 1980, Söderberg 1986, Svensson 1988, Nyström & Kexi 1997), i all hovedsak basert på materiale fra landsskogtakseringen. Diameter på subjektreet man ønsker å beskrive tilvekstforløpet til blir gjerne relatert til middeldiameter i bestandet eller på prøveflaten.

Også i Finland står enkelttremodeller sentralt i modellverktøyet. Tilvekstsimulatoren fMELA i Finland er f.eks. bygget opp med utgangspunkt i avstandsuavhengige modeller (jf. Ojansuu et al. 1991, Hynynen 1995, Gustavsen 1998). Sistnevnte har listet opp 8 studier med enkelttremodeller som dekker et bredt utvalg av finske skogtyper.

Også i andre land og skogforhold har enkelttremodeller etterhvert blitt viktige og anerkjente forvaltningsverktøy (f.eks. Østerrike, Monserud & Sterba 1996; Canada; Huang & Titus 1995, NV-USA, Wykoff 1990). Dels gjelder dette for nasjonale tilvekstberegninger, dels studier på eiendomsnivå. I tillegg ligger det interessante muligheter i funksjonstypen for å kunne gjøre effektstudier ved ulike inngrep.

I litteraturen er følgende fordeler ved enkelttremodeller ofte angitt:

- Prognosene har gjerne større nøyaktighet når gode tredata foreligger



- Volum og stammetall kan fremskaffes direkte for ulike stammeklasse ved simulering
- Modellene gir muligheter til å gjøre gode prognoser ved heterogene skogforhold
- Modellene er særlig velegnet for å beskrive utvikling fra foryngelsen er på plass til skogen når tynningsmoden alder
- Modellene kan lettere kobles mot modeller som krever høy oppløsning innen bl.a. virkeskvalitet og økonomi

Og tilsvarende kan ulempene skisseres:

- Det har vist seg vanskelig å finne effektive variabler for å beskrive treets omgivelser og hvordan disse påvirker veksten
- Det kreves et omfattende beregningsarbeid
- Input data til funksjonene er kostbare å samle inn

Den største ulempen med å bruke funksjoner for enkelttrær er at det forutsettes oppklaving av trær, dvs. en eller annen form for prøveflatetaksering – ikke bestandstaksering, eller flybilde-taksering med markkontroll, som i dag er det vanligste. Hvordan utviklingen vil gå fremover er vanskelig å spå. Det sentrale, slik det lenge har vært innen skogtaksasjon, er at man nøye vurderer samplingskostnader i forhold til ønsket nøyaktighet. Selv om det stadig tas i bruk nye og mer moderne fjernmålingsteknikker vil det være behov for systematisk kontroll og rasjonelle prognoseverktøy.

De første "romlige" skogmodellene ble utviklet midt på 1960-tallet, og har senere fått noe anvendelse, særlig som rene forskningsmodeller (jf. FEM 1994). Prognosenøyaktigheten, i hvert fall i heterogene bestand, er gjerne større enn for de ikke-romlige enkelttremodellene, og de passer godt for undersøkelser av f.eks. tynning- eller gjødslingseffekter. Ulempen er at de gjerne fordrer data som det er svært kostbart å samle inn, i form av koordinatbestemte trær. Daniels et al. (1979) sammenlignet bl.a. bestands- og enkelttremodeller og fant at forholdet i samplingskostnader var 1:1400, mens nøyaktigheten i prognosene lå på samme nivå.

Vi vil i siste del av programmet undersøke om det kan være noen gevinst ved å bruke romlige modeller sammenlignet med "ikke romlige" modeller for arealer hvor "fjellskoghogst" er gjennomført. Andre modelltyper vi ikke direkte har arbeidet med i programmet, men som det kan bli aktuelt å se nærmere på i fremtiden skal kort nevnes; En metode er å dele skog eller bestand inn i klasser, stratum, f.eks. i diameter eller volum, og å anvende ulike metoder for fremskrivingen, f.eks. matriser (jf. Pukkala & Kolstrøm 1988, Sallnäs 1990, Vanclay 1999). En annen variant er å fremskrive fordelinger direkte (jf. Kohyama 1993). Shugart (1984) var blant de første som tok i bruk uttrykket "gap models" såkalte luke eller gruppe-modeller. Skogen forutsettes å bestå av et gitter av uavhengige grupper eller holt som man fremskriver

utviklingen til. Disse forannevnte modelltypene er, så langt vi kjenner til, verken prøvd tilpasset eller testet for norske forhold.

## En norsk enkelttremodell for furu

Til slutt skal vi gi en liten smakebit på to grunnflate-tilvekstmodeller som er utviklet i programmet og som vi mener er bra dekkende for norsk furuskog (jf. Øyen & Andreassen 2000, Andreassen & Tomter 2000). Modellene er basert på et større landsdekkende grunnmateriale fra NIJOS og Skogforsk, og deretter testet på et uavhengig materiale fra de langsiktige forsøksfeltene ved Skogforsk.

Tabell 1. To enkelttretilvekstmodeller for norsk furuskog. Avhengig variabel er logaritmen av 5 års grunnflatetilvekst i  $\text{cm}^2$ . Se symbolliste for nærmere forklaring. Merk at angis H40 etter gran settes H40 for furu til 0 og visa versa. En del statistiske størrelser er angitt under streken.

Variabler	N1	N2
Konstant	0.36062	-0.22417
$\ln(g)$ , $\ln$ grunnflate ( $\text{cm}^2$ )	0.7565	0.6483
$(g)$ , grunnflate ( $\text{cm}^2$ )	-1.35E-03	-1.382E-03
$(g)^2$ , kvadrert grunnflate ( $\text{cm}^2$ )	2.56E-07	2.66E-07
G31, grunnflate i bestand ( $\text{m}^2$ )	-4.66E-03	-5.14E-03
Dgkv, konkurranseindeks	0.12739	0.3063
H40, bonitet furu (m)	-	0.03665
H40, bonitet gran (m)	-	0.04108
BPRO, andel av bjørk (tideler)	0.01581	-
Lat, breddegrad (x 10)	-1.258E-03	-
Alt, høyde over havet (m)	-1.272E-05	-
N31, treantall (per $\text{ha}^{-1}$ )	-	-1.61E-04
$R^2$	0.405	0.459
CV	25.7	24.5
Antall obs.	4517	4517

Funksjonenes tilpasning til grunnmaterialet er som forventet brukbar. Spredningen i prosent av middel-tallet ligger på ca. 25 %, mens den multiple korrelasjonskoeffisient ligger mellom 41 og 46 %. Fortegnene til koeffisientene indikerer at funksjonen har et logisk forløp, tilveksten faller f.eks. med økende breddegrad og høyde over havet samt stiger med økende høydebonitet.

Funksjon N1 kan f.eks. benyttes for å studere effekter av innblanding av bjørk på tilveksten. Øker bjørkeandelen fra 7 til 17 % i furuskogen (mens andre faktorer holdes konstant) øker den midlere grunnflate-tilveksten i testmaterialet med ca. 3 %. Resultatet er i bra samsvar med andre Skandinaviske undersøkelser om tilveksteffekter på barskog av bjørkeinnblanding.

Ved praktisk bruk av funksjonene på et stort materiale med mange trær ser funksjonene ut til å gi brukbare estimater, men det er viktig å være klar over at for enkeltbestand kan feilen bli stor. Opp mot 100 % avvik (for ID) er registrert ved bruk av enkelttre-modeller på enkeltflater, men tilsvarende avvik kan også forekomme ved bruk av bestandsmodeller.



## Litteratur

- Andreassen, K. & Tomter, S. 2000. Single tree growth models for Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway. Submitted manus. 22 pp.
- Daniels, R.H. & Burkhardt, H.E. & Strub, M.R. 1979. Yield estimates for loblolly pine plantations. *J. For.* 77: 581-583.
- Dudek, A. & Ek, A.R. 1980. A bibliography of worldwide literature on individual tree based forest stand growth models. Univ. of Minnesota, Dept. For Res. Staff paper 12: 1-33.
- FEM 1994. Contrasts between biologically-based process models and management -orientated growth and yield models. Special issue. *For. Ecol. Manage.* 69 (1-3):1-350.
- Gustavsen, H.G. 1998. Volumtilveksten och övre höjdens utveckling i talldominerande bestånd i Finland. Skogsforskningsinst. Meddelande 707:1-190.
- Holte, A. 1983. Analyse av en metode for å bestemme tilveksten i granbestand. *Rapp. NISK* 17/83: 1-24.
- Holte, A. & Solberg, B. 1989. A test of the accuracy of two individual tree growth functions for *Picea abies*. *Scan. Jour. For. Res.* 4 (2): 247-57.
- Huang, S. & Titus, S.J. 1995. An individual tree diameter increment model for White Spruce in Alberta. *Can. J. For. Res.* 25: 1455-1465.
- Hynynen, J. 1995. Predicting growth response to thinning for Scots pine using individual tree growth models. *Silva Fennica* 29(3): 225-246.
- Hägglund, B. 1981. Forecasting growth and yield in established forest. SLU-Umeå, Inst. Skogtax. *Rapp.* 31:1-132.
- Jonsson, B. 1962. Om barrblandskogens volymproduktion. *Medd. Skogforsk. Inst. Stockholm*, 50,8:1-143.
- Jonsson, B. 1980. Funktioner for langsiktiga prognoser beträffande virkesförrådets storlek och sammansättning. SLU-Umeå. *Sect. For. Mens. and Manage. Rep.* 7: 1-121.
- Jonsson, B., Jakobsen, J. & Kallur, H. 1993. The Forest Management Planning Package. Theory and Application. *Stud. For. Suec.* 189:1-53.
- Kohyama, T. 1993. Size structured tree populations in gap-dynamics forest – the forest architecture hypothesis for the stable coexistence of species. *Jour. Ecol.* 81:131-143.
- Monserud, B. & Sterba, H. 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. *For. Ecol. Manage* 80:57-80.
- Nyström, K. & Kexi, M. 1997. Individual tree basal area growth models for young stands of Norway spruce in Sweden. *For. Ecol. Manage.* 97: 173-185.
- Näslund, M. 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Medd. Skogfors. Anst.* 33: 1-212.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Kovunen, J. & Luomam, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – METSÄ 2000-versio. *Metsänt. tiedon.* 385:1-59. (På finsk).
- Peng, C., 2000. Growth and yield models for uneven-aged stands: past, present and future. *For. Ecol. Manage.* 132: 259-279.
- Pukkala, T. & Kolström, T. 1988. Simulation of the development of Norway spruce stands using a transition matrix. *For. Ecol. Manage* 25:255-267.
- Sallnäs, O. 1990. A matrix growth model of the Swedish forest. *Stud. For. Suec.* 183:1-23.
- Shugart, H.H. 1984. A theory of forest dynamics. Springer Verlag, New York..
- Svensson, S.V. 1988. Estimation of annual stem volume increment: A method to be applied to sample trees of Scots pine and Norway spruce on temporary plots in the Swedish National Forest Inventory. SLU-Umeå, Inst. Skogtax. *Rapp* 46:1-140.
- Söderberg, U. 1986. Funktioner for skogliga produktionsprognoser. SLU-Umeå, *Sect. For. Mens. and Manage. Rep.* 14: 1-251.
- Vanclay, J. K. 1999. Modelling forest growth and yield. CABI publishing, UK. 312 pp.
- Wykoff, W.R. 1990. A basal area increment model for individual conifers in the Rocky Mountains. *For. Sci.* 36(4):1077-1104.
- Øyen, B-H. & Andreassen, K. 2000. Distance independent models for predicting basal area increment of Scots Pine forest in Norway. Submitted manuscript. 14 pp.

# Kubering av svartor

av  
Bjørn Tveite

## Innleiing

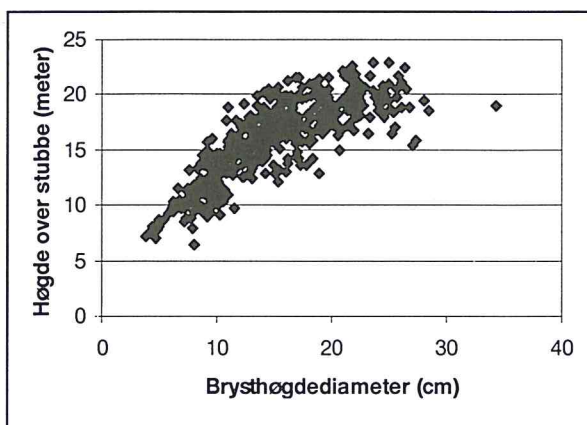
I dei gamle skogstroka har vi nå volumfunksjonar for dei viktigaste treslaga våre som til dømes vanleg gran (Vestjordet 1967), furu (Brantseg 1967), bjørk (Braastad 1966) og osp (Børset 1954). Det er også laga volumfunksjonar for mange av treslaga i skogreisingsstroka (Bauger 1995; Øen, Bauger og Øyen 2001). For dei andre lauvtreslaga har ein ved kubering på forsøksfelta ved NISK etter skjønn brukt m.a. volumfunksjonane for bjørk. Det blei også rundt 1960 laga ein upublisert formtallsfunksjon for eik som seinare er skifta ut med ein svensk volumfunksjon (Hagberg & Matérn 1975).

I tida frå 1920 til ca 1965 blei det m.a. seksjonskubert prøvetre av svartor på nokre forsøksfelt. Dette tilfanget samanlikna eg for nokre år sidan med volumfunksjonar for ein del andre treslag.

## Tilfang og metode

Det fins 461 prøvetre frå 8 forsøksfelt. Fordeling over brysthøgdediameter (med bark) og høgde (over stubbe) er gitt i figur 1. Tyngda av tilfanget dekker diameterområdet 5-27 cm og høgder opp til 23 meter. Volumet er med bark.

Fig. 1. Fordeling av tilfanget.



Seksjonsmålt volum er samanlikna med volum rekna ut etter volumfunksjonane for osp (Børset 1954), bjørk (Braastad 1966), svensk eik (Hagberg og Matern 1975), furu (Brantseg 1967), gran (Vestjordet 1967) og svensk svartor (Eriksson 1973). Inngang i volumfunksjonane er brysthøgdediameter med bark og

høgde over stubbe i dei norske funksjonane. I dei svenske funksjonane er inngangen høgde over mark i staden for høgde over stubbe.

Gjennomsnittleg volum er rekna ut for ulike grupperingar og for dei ulike funksjonane. Funksjonsvolum er så rekna i prosent av seksjonsmålt volum. Tal større enn 100 syner altså overkubering med vedkomande funksjon.

## Resultat

Tabell 1 gir tilpassinga for funksjonane innan 2 cm diameterklasser, mens tabell 2 gir tilpassing for kvar av forsøksfelta.

I middel for heile tilfanget gir den svenske volumfunksjonen for eik og den norske furufunksjonen best tilpassing utan systematiske avvik. Gran- og ospfunksjonen gir ei klar overkubering (5-7 prosent), mens bjørkefunksjonen undervurderer bortimot 10 prosent. Den svenske svartorfunksjonen gir ei lita overkubering. Både eik-, furu- og svartorfunksjon samsvarer bra med seksjonsmålt volum. Tabell 1 syner også rimeleg tilpassing i dei ulike delane av diameterområdet for desse tre funksjonane. Svartorfunksjonen gir gjennomgåande ei lita overkubering. Eik- og furufunksjon overvurderer dei minste dimensjonane (under 10 cm) 5-10 prosent.

Tilpassinga for dei ulike forsøksfelta er også rimeleg bra (tabell 2). Ser ein bort frå dei to felta med under 10 stammeanalyser gir den svenske eikefunksjonen frå 96 til 102 prosent av seksjonsmålt volum, mens furufunksjonen gir frå 99 til 101 prosent og den svenske svartorfunksjonen frå 99 til 105 prosent.

Ut frå denne enkle samanlikninga ser det altså ut til at svartor kan kuberast greitt med bruk av furufunksjonar frå Brantseg (1967). For tre større eller lik 12 cm m.b. nyttar ein funksjon nr. 2, 19 og 20 og for mindre tre funksjon nr. 7. Det er desse funksjonane som er grunnlag for kubering av furu med bark.

## Litteratur

- Bauger, E. 1995. Funksjoner og tabeller for kubering av stående trær. Furu, gran og sitkagran på Vestlandet. Rapport fra Skogforsk 16/95:1-26.
- Braastad, H. 1966. Volumtabeller for bjørk. Medd. Nor. SkogforsVes. 21:23-78.
- Brantseg, A. 1967. Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Funksjoner og tabeller. Medd. Nor. SkogforsVes. 22:690-739.



Børset, O. 1954. Kubering av osp på rot. Medd. Nor. Skogforsves. 12:391-447.

Eriksson, H. 1973. Volymfunksjoner for stående tråd av ask, asp, klibbal och contorta-tall. Skogshögskolan, institutionen för skogsproduktion, Rapporter och uppsatser 26/1973. 26 s.

Hagberg, E. & Matérn, B. 1975. Tabeller för kubering av ek och bok. Skogshögskolan, institutionen för skoglig matematisk statistik, Rapporter och Uppsatser 14/1975. 118 s.

Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. Medd. Nor. SkogforsVes. 22:539-574.

Øen, S., Bauger, E. & Øyen, B-H. 2001. Funksjonar for volumberekning av framande treslag i Vest-Noreg. Aktuelt fra skogforskningen 3/2001: 19-20.

Tabell 1. Tilpassing til ulike volumfunksjonar for ulike diameterklasser.

Diameterklasse Cm	Prøver	Middel-volum dm <sup>3</sup>	Funksjonsvolum/seksjonsmålt volum (%)					
			Osp	Bjørk	Eik	Furu	Gran	Svartor
4-5	8	8	(-157)	67	105	115	99	100
6-7	16	18	40	91	108	110	112	105
8-9	50	34	86	95	104	105	112	103
10-11	66	58	100	94	101	102	111	100
12-13	56	94	107	95	101	99	110	101
14-15	70	133	109	95	102	101	110	103
16-17	61	180	108	93	100	101	109	102
18-19	36	239	107	91	99	100	108	102
20-21	35	299	105	89	98	100	106	102
22-23	30	367	105	88	98	100	105	102
24-25	18	437	105	88	99	101	103	104
26-27	12	489	105	88	100	101	101	105
28-29	2	588	97	82	93	95	91	97
34-35	1	720	113	95	110	111	101	116
Alt tilfang	461	167	105	91	100	100	107	102

Tabell 2. Tilpassing til ulike volumfunksjonar for ulike felt.

Stad	Tal prøver	Middel-volum dm <sup>3</sup>	Funksjonsvolum/seksjonsmålt volum (%)					
			Osp	Bjørk	Eik	Furu	Gran	Svartor
101 - Søgne	135	79	98	91	99	100	105	100
102 - Søgne	16	79	98	91	96	100	102	99
103 - Søgne	4	238	100	85	94	95	97	97
104 - Søgne	60	170	106	92	100	100	108	102
388 - Hurdal	118	195	105	90	98	100	103	101
535 - Lillesand	9	248	108	92	101	103	107	104
543 - Røyken	89	270	108	92	102	101	110	105
544 - Røyken	30	156	106	92	101	99	109	102
Alt tilfang	461	167	105	91	100	100	107	102

# Funksjonar for volumberekning av framande treslag i Vest-Noreg

av

Sigbjørn Øen, Eivind Bauger og Bernt-Håvard Øyen

Gjennom mange år har det vore gjort undersøkingar om formen hos ulike treslag planta i Vest-Noreg. Datamaterialet kjem frå dei langsiktige feltforsøka i Vest-Norge, og datasettet er supplert med nokre store enkelttre. I denne artikkelen legg vi fram kuberingsfunksjonar for planta framande bartre vestafjells. Egna funksjonar for gran, fure og sitkagran er tidlegare publisert.

## Innleiing

Mesteparten av grunnleggjande reknearbeidet med formfunksjonar i Vest-Noreg er gjort under leiing av tidlegare forsøksleiar Eivind Bauger ved NISK-Bergen, etter innsamling av data frå dei langsiktige feltforsøka. Når det gjeld metode for arbeidet viser vi til Bauger (1995) og litteratur der. Utanom materialet frå dei viktigaste kommersielle treslaga gran, fure og sitkagran finst det og eit lite, men verdifullt tilfang frå andre bartre som er brukt i skogreisinga vestafjells. Det er lita dekning i datamaterialet for dimensjonar over 60 cm i brysthøgde og høgder over 40 m.

## Resultater og diskusjon

Funksjonane for tre med diameter over 5 cm som er valt er på grunnforma:

$$\text{Volum o.b.} = a \times H^b \times D^c \times (H-1,3)^d \times (D+100)^e$$

Der H angir trehøgde i m og D er trediameter i brysthøgde i cm. Koeffisientane a, b, c, d og e er framkomne etter numerisk utjamning av grunnmaterialet med logaritmter, dvs at funksjonane er av multiplikativ type. I nokre høve har variabelen D+100 vorte erstatta av D+40 fordi dette har vist seg å gjeve mindre spreining.

Eksempelvis vil ein kuberingsfunksjon for vest-amerikansk hemlock sjå slik ut:

$$\text{Volum o.b.} = 0.4291 \times H^{2.6153} \times D^{1.9145} \times (H-1.3)^{-1.2696} \times (D+100)^{-0.6715}$$

For eit tre med diameter i brysthøgde på 30 cm og med høgde 20 m vil volumet då bli 674 dm<sup>3</sup>.

For andre treslag har vi valt å kubere etter følgjande praksis:

- Alle edelgranarter kuberer etter funksjon for edelgran som bygger på eit grunnmateriale frå vanleg edelgran og kjempeedelgran.
- Lerkearter utanom japansk lerk kuberer etter funksjon for europeisk lerk. I forhold til dei tidlegare funksjonane hos Wielgolaski et al. (1993; 12) har dei nye funksjonane noko mindre spreining.
- Alle granarter utanom sitkagran kuberer etter funksjon for gran (Bauger 1995;19).
- Alle furuarter kuberer etter funksjon for fure (Bauger 1995; 18).

Dels bygger denne praksisen på lang erfaring om formen på treslaga, dels på det at me har for lite prøvemateriale til å lage egne funksjonar for alle treslag.

I dei tre nedste linjene i tabell 1 har vi gjeve talet på observasjonar samt nokre statistiske mål på kor godt funksjonen dekkjer grunnmaterialet. Som vi ser ligg variasjonskoeffisienten for funksjonane mellom 8 og 24 %, høgst for edelgran og lågast for douglasgran. Dei multiple korrelasjonskoeffisientane ligg nært 1, dvs. monaleg gode utjamningar. Ved bruk av funksjonane på einskilde trær kan ein likevel vente større avvik.

Tabell. 1. Funksjonar for volum over bark i dm<sup>3</sup>, tre > 5 cm i brysthøgde.

Variabel	Hemlock	Edelgran	Kjempetuja	Douglas	Eur. lerk	Jap. lerk
Konstant (a)	0.4291	1.6662	1.3057	1.8211	0.7761	0.7606
H (b)	2.6153	3.2394	3.9075	4.1530	3.6461	3.5377
D (c)	1.9145	1.9334	1.9832	2.1342	1.9166	1.9741
H-1.3 (d)	-1.2696	-1.8997	-2.3337	-2.6902	-2.3179	-2.1902
D+100 (e1)	-0.6715	-0.9739			-0.8236	-0.8459
D+40 (e2)			-1.3024	-1.4265		
Antal tre	1287	892	522	294	342	1021
R <sup>2</sup>	0.9948	0.9982	0.9983	0.9977	0.9989	0.9974
CV	13.9	24.0	15.9	8.0	14.5	8.6



Vi har ikkje noko tilfang for å teste kor godt funksjonane passar i ulike skogtypar, men vi meiner at funksjonane gir gode talverdiar for tre som veks i tre-tette bestand vestafjells. Generelt kan ein seie at funksjonane indikerer at formtypen for hemlock, edelgran og japansk lerk er noko betre enn for vanleg gran, mens noko svakare for treslaga europeisk lerk, douglasgran og kjempetuja.

## Litteratur

- Bauger, E. 1995. Funksjoner og tabeller for kubering av stående trær. Furu, gran og sitkagran på Vestlandet. Rapport fra Skogforsk 16/95: 1-26.
- Wielgolaski, F. E., Opdahl, H. & Nes, K. 1993. Growth studies in plantations of European larch (*Larix decidua* Mill.) and Japanese larch (*L. kaempferi* (Lamb.) Carr.) in western Norway. 2. Forecasting growth and yield by various site-indices and thinnings. Medd. Skogforsk 46.12: 1-42.

# Volumtilvekstfunksjoner for bruk i kystskogbruket

av

Bernt-Håvard Øyen & Sigbjørn Øen

Skogbestandets virkesproduksjon utgjør fortsatt den viktigste økonomisk ramme for skogbrukets aktivitet, både for skogeiere og den trebaserte industrien. En rekke ulike studier har blitt gjort for å avklare hva ulike treslag kan yte og for å kunne fremlegge pålitelige modeller for skogens vekst og utvikling. Det empiriske grunnlaget for modellutviklingen har vært fremskaffet gjennom målrettede studier i langsiktige forsøksfelter over 85 år. I denne artikkelen presenteres volumtilvekstfunksjoner for de viktigste bartreslag som benyttes i kystskogbruket.

## Innledning

Forsøksfeltene i grunnmaterialet er lokalisert i Vest-Norge, fra Vest-Agder til Sør-Troms. En generell oversikt over de langsiktige feltforsøkene er gitt annensteds i rapporten. Listen over aktuelle treslag er lang. En rekke treslag er kun representert med et fåtall forsøksfelter, disse er her utelatt. Det er vektlagt å presentere funksjoner for de bartreslagene som er hyppigst benyttet. Det presiseres at arbeidet er av foreløpig karakter. Funksjonene trenger revisjon når grunnmaterialet blir større.

## Resultater og diskusjon

Tettheten i forsøksfeltene har gjennomgående vært holdt relativt høy. S-prosent, forholdet mellom midlere treavstand og overhøyde, er f.eks. i snitt på 13,9 for sitkagran og på 14,1 for vanlig gran. Generelt kan man

si at i tynningsforsøk har det gjennomgående vært svake inngrep (D2/D1-forhold på ca. 0,65) og med nokså korte tynningsintervaller for yngre bestand. Dekningen i materialet i de fleste treslag er bra for yngre og middelaldrende skog (< 60 år) med høy relativ tetthet, langt svakere for gammel skog og skog med låg relativ tetthet.

Funksjoner som ble valgt er på grunnformen:

$$IV = a \times T13^b \times H40^c \times V3^d$$

IV er volumtilvekst over bark i m<sup>3</sup>/ha/år for kommende 5-års periode. T13 er bestandsalder i brysthøyde, H40 er høydebonitet i m og V3 er stående volum i m<sup>3</sup>/ha. Koeffisientene a, b, c og d er beregnet etter numerisk utjevning av grunnmaterialet ved regresjon etter at variablene er overført på logaritme form. Ved tilbaketransformering til lineær form er skjevhet korrigert ved å addere halve variansen til konstantleddet. Funksjonsformen er identisk med Blingsmo (1988), noe som gjør sammenlikninger mulig. Bonitet er angitt i H40 systemet i m, etter nærmere definerte funksjoner. For hemlock gav middelhøyde større presisjon enn bonitet som variabel og ble foretrukket.

Eksempelvis ser funksjonen for lerk slik ut:

$$IV = 0,6606 \times T13^{-0,9470} \times H40^{0,7214} \times V3^{0,7342}$$

Ved T13=65 år, H40=17 m og V3=220 m<sup>3</sup>/ha tilsvarende dette en IV på 5,1 m<sup>3</sup>/ha/år.

Tabell 1. Variabler og ulike koeffisienter for å estimere volumtilvekst. I tillegg er ført opp noen statistiske mål. Parentes angir koeffisienter som er ikke signifikant på 5 % nivå. Merk at følgende er forutsatt: gran og sitkagran H40 etter Orlund (1996), furu H40 etter Tveite (1976), Edelgran H40 som gran etter Orlund, lerk H40 etter Wielgolaski (1993). For lerk er laget felles IV-funksjon for europeisk og japansk lerk. For edelgran er laget felles IV-funksjon med grunnmateriale fra kjempeedelgran og vanlig edelgran.

Variabel	Symbol	Gran	Sitka	Furu	Lerk	Hemlock	Edelgran
Konstant	C	2.5277	1.9770	(1.4891)	(0.6606)	5.4948	(1.3346)
Ln Brysthøydealder	Ln T13	-0.9314	-0.585	-0.7601	-0.9470	-0.6292	-0.7464
Ln Middelhøyde	Ln H <sub>L</sub>	-	-	-	-	0.2665	
Ln Bonitet	Ln H40	0.2561	0.3282	0.3108	0.7214	-	0.3218
Ln Stående volum	Ln V3	0.7740	0.5898	0.6966	0.7342	0.4818	0.7692
CV		6.13	6.16	9.58	7.90	4.13	4.77
R <sup>2</sup>		0.778	0.684	0.659	0.732	0.688	0.849
Antall obs.		1143	663	88	576	81	150



Funksjonene gir som forventet brukbar forklaring på grunnmaterialet, forklaringsgrad ( $R^2$ ) varierer fra 66 til 85 % og variasjonskoeffisienten (CV) ligger mellom 4,1 og 9,6 %. Materialet for furu er mest uensartet, men her inngår både plantinger og naturskog (jf. Øyen & Nes 1997). Materialet for edelgran er overraskende nok mest homogent, til tross for at det er laget en fellesfunksjon for europeisk edelgran og kjempeedelgran. Koeffisientene og fortegnene antyder mange fellestrekk hos treslagene når det gjelder volumtilvekst – her skal i korthet fremheves noen særtrekk;

Stående volum er i de fleste tilfeller tallmessig sterkt styrende for funksjonen og trekker tilveksten oppover, høyere bonitet virker i samme retning. Fortegnet på aldersleddet indikerer at tilveksten faller av med økende alder. Det anbefales ikke å bruke funksjonene i bestand over 80 år.

Om man fester lit til utjevningen kan man foreta enkle "følsomhetsanalyser" f.eks. ved bruk av funksjonen for gran. I Tabell 2 er det indikert hvilke utslag ulike stående volum har på tilveksten, både absolutt og relativt. Funksjonene er her med vilje brukt en god del utover grunnlaget.

Tabell 2. Eksempel på teoretisk beregning av årlig løpende tilvekst (IV) og tilvekstprosent (PV) ved bruk av granfunksjon i Tab. 1. Bonitet H40=23.

Alder (T13)	V3 (m <sup>3</sup> /ha)	IV (m <sup>3</sup> /ha)	PV (%)
20	100	12,2	12,2
20	200	20,9	10,5
20	300	27,4	9,1
20	400	33,0	8,3
40	100	7,6	7,6
40	200	11,9	6,0
40	400	18,8	4,7
40	600	25,7	4,3
60	400	12,9	3,2
60	600	17,2	2,9
60	800	20,7	2,6
60	1000	23,9	2,4
80	400	9,8	2,5
80	800	16,3	2,0
80	1000	18,9	1,9
80	1200	21,2	1,8

Fra tabell 2 fremgår det at tilveksten i absolutte tall er større jo større det stående volumet er. Funksjonene underbygger den "gamle læren" om at tretette bestand med et høyt stående volum synes å være det mest effektive middel for å oppnå høy bruttotilvekst. Ved f.eks. en teoretisk fordobling av stående volum fra 200 til 400 m<sup>3</sup>/ha (40 år) øker løpende tilvekst fra 11,9 til 18,8 m<sup>3</sup>/ha (58 %). Ser man derimot på de relative tall i form av volumtilvekstprosent (rabattprosent) indikeres et motsatt virkende forhold. Ved de laveste stående volum oppnås de største tilvekstprosentene. Ved en teoretisk halvering av volum fra 400 til 200 m<sup>3</sup>/ha (40 år) øker PV fra 4,7 til 6,0 (22 %). Om disse utslagene skyldes funksjonsutjevningen eller om resultatene på noen måte kan overføres til mer "radikale" tynnings-

program, er et spørsmål som fortjener mer oppmerksomhet. Det generelle inntrykket fra produksjonsundersøkelsene i Vest-Norge er at suksessive tynningshogster i ung gran, sitkagran og furu og hvor samlet opptil 40-50 % av totalproduksjonen (målt i volum) tas ut, ikke har gitt noen merkbar reduksjon av tilveksten.

I Fig. 1 er tilveksten i gran ved bruk av funksjon i tabell 1 sammenlignet med granfunksjon hos Blingsmo (1988) samt Braastad (1975). Utgangspunktet er bonitet G20 og hvor stående volum på ulike alderstrinn følger sistnevnte undersøkelse og program 8 (Braastad 1975; 516). Til tross for at Vestlandsgrana gjerne bruker ca. 3 år lengre før den når brysthøyde, og således skulle være eldre ved sammenligningstidspunkt, ligger kurvene for herværende granfunksjon og Blingsmos funksjon svært godt samlet. Tilveksten etter Braastads funksjon faller sterkere av når alder øker. Hvilken funksjon som gir det beste bilde av virkeligheten er ennå ikke godt å si. Grunnmaterialet for høge aldre i det vestnorske materialet er enda tynnt. Hovedinntrykket så langt er at den løpende tilveksten i forsøksfeltene ligger nokså stabilt eller faller kun svakt med økende alder (jf. Øyen 2000).

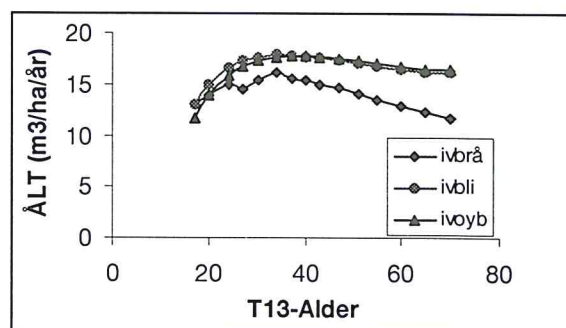


Fig. 1. Forløp for tre ulike tilvekstmodeller i gran etter hhv. tab.1 (ivoyb), Blingsmo 1988 (ivbli) og Braastad 1975 (ivbrå). H40=20.

## Litteratur

- Blingsmo, K.R. 1988. Volumtilvekst, gran – furu – bjerk. Intern rapport 24/02.1988. Faggruppe skogproduksjon. NISK. 6 s.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Medd. Nor. inst. skogforsk. 31.9: 362-537.
- Orlund, A. 1996. Bonitetsfunksjoner for gran og sitkagran på Vestlandet. Upubl. manus. NISK-Bergen. 8 s. + fig.
- Tveite, B. 1976. Bonitetskurver for furu. Upubl. manus. NISK, avdeling for skogproduksjon.
- Wielgolaski, F.E. 1993. Vekststudier i plantinger av *Larix decidua* og *Larix kaempferi* på Vestlandet. I. Boniteringskurver. Medd. Skogforsk 46.4: 1-18.
- Øyen, B-H. & Nes, K. 1997. Growth patterns of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Norway. Medd. Skogforsk 47.18:1-24.
- Øyen, B-H. 2000. Gammel gran på Vestlandet – ressursgrunnlag og utvikling. Aktuelt fra skogforskningen 1/00: 32-36.

# Effekter av ulik skogbehandling i kystgranskog

av

Kjell Andreassen

På bakgrunn av data fra kystgranskog i Namdalen og Åfjord er det foretatt simuleringer for ulike skogbehandlingsalternativer. Beregninger viser at flatehogstmetoden har ca 15 % høyere kapitalverdi ved et rentekrav på 2 % sammenlignet med skog drevet etter gruppehogst- eller bledningsmetoden. Økes rentekravet til 3 % blir forskjellen ca 25 %. Den privatøkonomiske gevinst ved "enalderskogbruk" i kystgranskogen er både knyttet til reduserte administrasjons- og driftsutgifter samt noe større tilvekst sammenlignet med flersjiktet skog.

## Innledning

Kystgranskogen i Midt-Norge finnes i spredte lokaliteter fra Fosenhalvøya i sør til Rana i nord (DN 1997). De fleste undersøkelser i boreal regnskog fokuserer på det biologiske mangfoldet og hvilke hogstingrep som er mulige for at sjeldne og følsomme arter kan overleve ulike inngrep i skogen (jf. Storaunet et al. 1998). Det har bl.a. blitt pekt på mulighetene for bedre ivaretagelse av tørkesvake arter ved å benytte lukkede hogstformer, herunder bledning eller gruppehogst. Formålet med denne undersøkelsen er hovedsakelig å studere økonomiske effekter av ulike hogstformer og behandlingsmetoder i kystgranskogen i Midt-Norge.

## Materiale og metoder

Grunnlaget for analysen stammer fra 6 forsøkslokaliteter i Trøndelag. Fem av seks feltet var av den lettforynnelige småbregnetypen (jf. Skoklefeldt 1983), men innslaget av blåbær var stedvis stort. Ved beregning av gjennomsnittsverdier er hvert av de seks feltene tillagt like stor vekt uavhengig av bonitet eller flateareal. Forsøkshogstene ble utført i 1997- 1999. Beskrivelsene av takst, registreringer og hogstmetode er nærmere angitt hos Andreassen (2000).

Bestandsforhold før hogst er beskrevet i tabell 1.

Tabell 1. Bestandsforhold før hogst (1997) på forsøksfeltene.

Felt	Areal til lokalitet (ha)	Volum (m <sup>3</sup> /ha)	Treantall (n/ha)	Middeldiameter (mm)	Middeltrevolum (dm <sup>3</sup> )	Bonitet (H <sub>40</sub> ) (m)	Brysthøyde-alder (år)
Barstad	1.2	230	1000	180	230	16	84
Fjøsdaalen	4.5	190	680	195	280	14	116
Foss	6.0	355	1265	190	280	13	107
Grande	15.0	260	650	230	400	11	138
Harran	2.5	330	1360	180	240	16	82
Øyemsmoen	8.5	300	1080	190	280	15	136
Alle felt	6.3	277	1006	194	285	14,2	109

Det meste av boreal regnskog i denne regionen tilhører midlere og høy bonitet. Forsøksfeltene viser klare tegn til sjiktning og dimensjonsfordelingen viser at treantallet faller med økende diameter. Slike skogstrukturer har et godt utgangspunkt for å kunne bledes (Andreassen 1994a).

I tillegg til de biologiske registreringene ble helling, lilengde og driftsveilengde også bedømt. Topografi og driftsforhold er sammenlignet med granskog på tilsvarende boniteter fra statistikk i NIJOS (1996b). Det var jevnt over noe større helling i forsøksfeltene sammenlignet med hellingen i et "gjennomsnittsbestand" i Trøndelag. Derimot var lilengde og driftsveilengde kortere. Det var bare i bunnen av ravinene det ble registrert våtlandt mark av betydning. I forsøksfeltene bød ikke bratte lier og bæresvak mark på noe vesentlig problem, da det var mulig å legge utkjøringen av tømmeret utenom.

For bledningshogstene varierte uttaket i volum mellom 30 og 45 %. I gruppehogsten inngikk gruppestørrelser mellom 400 og 2000 m<sup>2</sup>. Flatehogst ble utført i nærheten som sammenligningsgrunnlag for driftsprestasjonene. Forsøkene på Barstad, Harran, og Øyemsmoen ble avvirket motormanuelt, og tømmeret fremkjørt med landbrukstraktor. På Grande ble avvirkningen utført med hogstmaskin, og fremkjøringen med lastetraktor. Samledata om hogstuttak etc. er angitt i tabell 2.

Tabell 2. Gjennomsnittlig hogstuttak i forsøksområdene.

Hogstmetode	Hogd areal (ha)	Volum (m <sup>3</sup> /ha)	Treantall (n/ha)	Middeltrevolum (dm <sup>3</sup> )
Bledningshogst	0,6126	99	156	616
Gruppehogst	0,0584	298	937	352



Trekvalitet og kvisttillegg har betydning for beregning av tømmerpris og driftskostnader. Kvisttillegg ble bestemt i henhold til Overenskomst (1996/98) og angir et prosenttillegg til hogstkostnaden. Sagtømmerkvalitet ble bestemt til kvalitetsklassene god, middels eller dårlig i henhold til NIJOS (1996a), ut fra visuell bedømmelse.

Ved beregning av driftskostnader ble faktiske hogstkostnader, oppgaver fra entreprenører og registrerte data for driftsforhold og prøvetrær lagt til grunn. I tillegg er det utarbeidet en separat beregning over tidsforbruk ved hogstforsøkene (jmf. Dale & Kjøstelsen 1997).

De økonomiske beregningene ble utført med grunnlag i BESTPROG (Blingsmo og Veidahl 1994). Følgende forutsetninger og forenklinger er gjort; Ved gruppehogst forutsettes det at en tredjedel av arealet utnyttes ved første hogst, neste tredjedel 20 år senere, mens resten av arealet etter ytterligere 20 år. Dette innebærer at hele arealet gjennomhogges i løpet av 40 år ved gruppehogstene, og at det da må gå ytterligere ca 40 år igjen før første hogst av nyetablert skog. På grunn av høy alder forutsettes det et høyt hogstuttak på 30-40 % av volumet det første året i bledningsalternativet. Tyve år senere hogges det for andre gang og det tas ut 30-35 %, for så å redusere til ca 30 % deretter hvert tyvende år.

Sjøtynning er satt til 0,4 % pr år av treantallet før 100 års bestandsalder, 0,8 % mellom 100 og 150 år og 1,2 % over 150 år. Kulturkostnadene er satt til 6000 kr/ha ved flatehogst på bonitet G14. Ved gruppehogst er kulturutgiftene satt til 4000 kr/ha, mens ved bledningshogst er utgiftene satt til 1000 kr/ha. Det plantes til etter flatehogst med 2000 planter per hektar. Ved bonitet G17 er kulturkostnadene økt 10 %, mens de er redusert 10 % på bonitet G11. Ved gruppe- og bledningshogst påløper noe større administrasjonskostnader og disse er her inkludert i kulturkostnadene. I produksjonsmodellen er tilveksten i bledningsskog redusert med 15 % i forhold til ensaldret skog (jmf. Andreassen 1994a). Ved gruppe- og flatehogstmetoden er det forutsatt en tynning. Priser for skurtømmer er satt til 450 kr/m<sup>3</sup>, mens massevirkeprisen er satt til 300 kr/m<sup>3</sup>. I skogbruket er det vanlig å operere med kalkulasjonsrente på mellom to og fire prosent. Ved beregning av kapitalverdi er det tatt utgangspunkt i dagens bestand og fremtidige inntekter er diskontert tilbake til i dag.

## Resultater

Det fremgår at kapitalverdien til skog drevet etter gruppehogst- eller bledningsprinsippet ligger ca 15-25 % lavere enn etter flatehogstmetoden avhengig av rentenivået (Tabell 3). I beregningene i denne undersøkelsen er det benyttet en rente på to til fire prosent. For skogeiere som er forsiktige med investeringer og som prioriterer lav risiko ligger deres rentekrav antakelig i nærheten av to prosent, mens for skogeiere

med høyere avkastningskrav og som er villig til å ta større risiko er en kalkulasjonsrente på tre til fire prosent rente mer dekkende. Ved fire prosent kalkulasjonsrente ble den gjennomsnittlige kapitalverdien på 70-, 44- og 47 tusen kroner for henholdsvis flate-, gruppe- og bledningshogst. For å få samme kapitalverdi som ved flatehogst, må kubikkmeterprisen ved 2 % rente i gjennomsnitt gis et tilskudd på 45-50 kr ved bledning eller gruppehogst. Ved 4 % rente må tilskuddet økes til 140 kr per kubikkmeter. Ved så høyt rentenivå som 4 % er det imidlertid lite lønnsomt å drive skogkultur på midlere og lave boniteter og basisforutsetningene bør endres.

På større skogeierdommer har skogeieren gjerne valget mellom flere bestand som er hogstmodne. Prioriteres arealer egnet for flatehogst først, mens bledningsbestandene utsettes i 10 år, blir kapitalverdien 10-20 % lavere ved 2-3 % kalkulasjonsrente (Tabell 3).

Tabell 3. Kapitalverdi (kr/ha) ved ulike hogstmetoder og ulik kalkulasjonsrente. Utsatt bledning angir et alternativ hvor bledningshogst forutsettes utsatt 10 år på 1/2-parten av hogstarealet og flatehogst til ordinær tid på andre 1/2-parten av arealet.

Hogstmetode	2 %	3 %
Snauflatehogst	73500	71500
Gruppehogst	61500	51000
Bledningshogst	62000	53000
Utsatt bledning	65000	58500

En gruppe- eller bledningshogst vil vanligvis medføre økte driftsutgifter. I snitt lå hogstprestasjonene 12 og 13 % over flatehogst for hhv. gruppe- og bledningshogst. For kjøring lå tilsvarende verdier 14 og 9 % over flatehogst.

I basisforutsetningene er det opprinnelig satt av 4000 og 1000 kr/ha for henholdsvis gruppe- og bledningshogst som skal dekke både planting og økte administrasjonskostnader. Økes disse kostnadene med 1000 kr/ha reduseres kapitalverdien med ca 3-4 % ved to til tre prosent kalkulasjonsrente. Driftsutgiftene var beregnet med utgangspunkt i tidsstudier i forsøksfeltene. Økes driftsutgiftene til gruppe- og bledningshogst med ytterligere 10 %, reduseres kapitalverdien med ca 4 %.

Selve tømmerprisen har stor betydning for nivået på kapitalverdien. De siste årene har det vært "relativt" lave tømmerpriser. Senkes sagtømmer- og massevirkeprisen med 50 kr per kubikkmeter, reduseres kapitalverdien med bortimot 20 %. Denne reduksjonen var omtrent lik for alle fire skogbehandlingsmetodene. Bledning kan gi høyere sagtømmerandel på grunn av større middeldimensjon i uttak. Ved høyere alder på hogde trær øker imidlertid både andelen ekstraordinært massevirke og andelen vraktømmer. Alle disse elementene er imidlertid innbakt i basisforutsetningene. Økes andelen massevirke med ytterligere 10 %, reduseres kapitalverdien med 5-6 %.



Flere nordiske undersøkelser (jf. Lundqvist 1989, Andreassen 1994a, 1994b, 1994c) antyder lavere volumtilvekst i bledningsskog sammenlignet med bestandsskog. I basisforutsetningene er det langsiktige produksjonsnivået redusert med 5 % i relasjon til det tilvekstmønstrene (fra enaldersskog) antyder. Tilveksten i bledningsskog er så redusert med 15 % ekstra. Reduseres tilveksten i nåværende skog med ytterligere 10 % for gruppehogst (ned til 0,90) og bledning (ned til 0,75), reduseres kapitalverdien med ca. 2 %. Andre størrelser har med andre ord vel så stor betydning for det økonomiske resultatet som tilvekst-reduksjoner.

## Diskusjon

Kapitalverdien ligger ca. 15-25 % lavere ved å velge gruppe- og bledningshogst i kystgranskogen sammenlignet med snaufletehogst, og differansen øker med økt kalkulasjonsrente. Analysen er imidlertid basert på flere forenklinger. Vi har blant annet lite kunnskap om tiden som trengs og kostnadene (risikoen) som ligger i å legge om fra dagens skogbehandling til bledning eller gruppehogst i kystgranskog. Hoen (1996) estimerte ut fra en ren teoretisk betraktning på bonitet G17 at kapitalverdi ved bledningsalternativet i middel lå fra 29-45 % lavere enn ved et rent enaldersskogbruk. Forskjellene i herværende undersøkelsen er noe mindre, dels på grunn av lavere bonitet, men også på grunn av at strukturen antagelig er god nok til at man relativt raskt kan gå direkte over til et blednings-skogbruk. Høy alder peker imidlertid på problemer med vitalitet og stabilitet i en overgangperiode.

Ut fra den observerte skogtilstanden er det naturlig å konkludere med at skogeierne gjennomgående er noe forsiktige med investeringer og prioriterer lav risiko fremfor høy avkastning og høy rente. Kalkulasjonsrenten er derfor satt lavt. Med høyere rente blir forskjellen i kapitalverdi mellom flatehogst og bledning/gruppehogst enda større.

En viktig årsak til lavere kapitalverdi ved gruppe- og bledningshogst er høy bestandsalder på kystgranskogen. For mange av feltene som inngår er både dimensjonsfordeling og alder slik at en snarlig flatehogst er mest lønnsomt. Å overholde gammel granskog ut over normal omløpstid bærer seg dårlig for skogeierne. For skog som i dag allerede har en bledningsstruktur blir forskjellene i kapitalverdi mellom hogstformene langt mindre.

## Litteratur

- Andreassen, K. 1994a. Utvikling og produksjon i bledningsskog. Meddelelser fra Skogforsk 47(5): 1-37.
- Andreassen, K. 1994b. Lukkede hogsters innvirkning på trærnes produksjon. Aktuelt fra Skogforsk 4-94:113-117.
- Andreassen, K. 1994c. Bledning og bledningsskog – en litteraturstudie. Aktuelt fra Skogforsk 2/94:1-23.
- Andreassen, K. 2000. Skogbehandling i boreal regnskog. Oppdragsrapport fra NISK 9/00: 1-25.
- Blingsmo, K.R & Veidahl, A. 1994. BESTPROG. Et beslutningsstøtteverktøy for bestandsbehandling. Produksjon - Dimensjon – Biomasse - Økonomi. Brukerveiledning for versjon 1.0. Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole. Ås. 35 s.
- Dale, Ø., Kjøstelsen, L. 1997. Sleppekjøring med landbrukstraktor ved bledning og gruppehogst i Namdalen i 1997. NISK, notat 6 s.
- Direktoratet for naturforvaltning. 1997. Boreal regnskog i Midt-Norge. Registreringer. DN-rapport 1997/2 328 s.
- Hoen, H.F. 1996. Økonomi og bledningsskogbruk – en teoretisk analyse. Aktuelt fra Skogforsk 3-96:40-46.
- Lundqvist, L. 1989. Blädning i granskog. Strukturförändringar, volymtilväkst, inväxning, och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blädning. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. Avhandling. 1-100.
- NIJOS 1996a. Feltinstruks 1996. Landsskogtasksering og overvåking av skogens sunnhetstilstand. 133 s + vedlegg.
- NIJOS 1996b. Skog 1996. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås. 103 s.
- Overenskomst 1996/98. Overenskomst for skogbruk. Lønns- og tariffbestemmelser. Oslo 110 s.
- Skoklefeld, S. 1983. Naturlig foryngelse på ulike skogtyper. Aktuelt fra Statens Fagteneste for Landbruket. SFL 3/83:12-18.
- Storaunet, K. O., Rolstad, J. Gjerde, I. og Rolstad, E. 1998. Nyere skogshistorikk og forekomst av utvalgte lav-arter i kystgranskog i Namdalen. Rapport fra skogforskningen - Supplement 4:1-102.



## Langsiktige feltforsøk - grunnlaget for modellutvikling

av

Stig Støtvig og Jørgen Skatter

*For å være i stand til å utvikle nye modeller og prognoseverktøy kreves et godt datagrunnlag. I skog er man i stor grad avhengig av å kunne følge felter med lange tidsserier. Norsk institutt for skogforskning har opp igjennom årene anlagt en rekke langsiktige feltforsøk. Det eldste forsøket som fortsatt er intakt, felt nr. 131 Sletmoen, Norderhov prestegårdsskog i Ringerike, ble anlagt i 1915. Det eldste bestandet vi har forsøk i - bestemt ut fra bestandets etableringsår, er felt nr. 120, Skaiddegæcci i Karasjok. Furuskogen her etablerte seg i 1782, det vil si at bestandet i år (2001) er 219 år gammelt. I dag ivaretas data-innsamling, revisjoner, kontroll og tilrettelegging i prosjekt "Langsiktige feltforsøk" ved Skogforsk.*

forsøksfeltene i bledningsskog, som i stor grad måtte legges ned i perioden 1960-80. Fra at problemstillinger knyttet til bledning rent skogpolitisk ble vurdert som lite interessant i nevnte periode, ble det på 90-tallet behov for ny kunnskap om hogstformen. Man måtte da legge ned store ressurser i å rekonstruere gamle og delvis etablere nye bledningsforsøk. Lærdommen man kan trekke av dette er at man skal være svært varsom med å legge dagens skogbehandling og kortsiktig skogpolitikk til grunn for prioriteringer i feltporteføljen. Av økonomiske årsaker er vi nå nødt til å sanere mange verdifulle forsøk, og det må prioriteres svært hardt mellom hvilke felt som det fortsatt er ressurser til å følge.

### Hva måles ?

Hovedtyngden av målinger på de langsiktige feltene er naturlig nok knyttet til tredata; diameter, trehøyde, kronehøyde og eventuelle skader på trærne. Målemerke av maling er avsatt 1,3 m over midlere bakkenivå. Nummerering av trær foretas med maling eller med heftemerker av plast. Disse og hjørnepåler i ytterkant av feltene må jevnlig erstattes eller vedlikeholdes. Tidligere ble også jordprofil, vegetasjon og andre felldata registrert på fastpunkter ved anlegg av nye forsøksfelt, delvis er slike data samlet inn/supplert ved senere revisjoner. For en del felter er det innsamlet og foretatt kjemiske analyser av jord, humus og strøprøver. Data ble tidligere samlet i feltbøker som ble oppbevart i brannsikket rom. I dag foregår lagring i store databaser som kontinuerlig oppdateres og vedlikeholdes.

### Bredden i feltporteføljen bør opprettholdes !

Foruten fastmarksfeltene finnes et stort antall forsøksfelt på torvmark. Det inngår både grøfteavstand-, markberedning-, treslag/proveniens-, kalking- og gjødslingsforsøk. En del av forsøkene er anlagt i plantninger, andre er naturlige foryngelser. Mange av myrfeltene ble anlagt i en tidsperiode da utvidelse av skogarealet ved grøfting var et politisk uttalt mål. Til tross for at det i dag så og si ikke foregår grøfting av myrer, er det viktig å være klar over at de langsiktige forsøksfeltene på myr fortsatt kan gi verdifull kunnskap om ulike effekter som man kanskje i utgangspunktet ikke var så opptatt av, f.eks. vannkvalitet og CO<sub>2</sub>-binding. Slik er det også med fastmarksforsøk. Et godt eksempel er

### Effektivisering

I forhold til tidligere foregår revisjonsarbeidet svært raskt og med minst like god nøyaktighet. Revisjonsdata legges inn på bærbare datamaskiner som bringes med ut i feltet. Kvaliteten på dataene blir dermed sikret på en helt annen måte enn tidligere. En får kontrollert nye målinger mot eldre, og feil ved overføring av data fra feltbøker til elektronisk format unngås. Alle høydemålinger foretas elektronisk med Vertex høydemåler. Dette gir en meget stor effektivitetsforbedring i forhold til tidligere, da man brukte høydestenger. Det vurderes fortløpende om man skal ta i bruk elektroniske klaver. Forsøksfeltene blir i størst mulig grad forsøkt revidert hvert 5. år, men dette varierer både med forsøkstype og pga. økonomiske forhold. I tabell 1- 3 er det gitt noen nøkkeltall for forsøksfeltene. Mer detaljerte søkemuligheter for enkeltfelte ligger tilgjengelig på Internett;

<http://www.skogforsk.no/forskning/skogproduksjon>

Kontaktpersoner ved NISK for langsiktige feltforsøkene er:

*Petter Nilsen (Skogforsk-Ås)  
Jørgen Skatter (Skogforsk-Ås)  
Stig Støtvig (Skogforsk-Ås)  
Sigbjørn Øen (Skogforsk-Bergen)*

Tabell 1. Operative forsøksfelt (per 2000) fordelt på forsøkstype.

Forsøkstype	Antall felt
Avkom	59
Avstandsregulering	31
Bledning	8
Forband	12
Gjødsling/heltre	4
Gjødsling	80
Gjødsling – tynning	4
Heltre	8
Klonforsøk	5
Gjødsling – myr	105
Gjødsling/plantemetode – myr	1
Gjødsling/treslag – myr	6
Grøfting/gjødsling – myr	5
Grøfting/gjødsling/treslag – myr	3
Grøfting – myr	14
Grøfting/treslag – myr	1
Plantemetode/type – myr	6
Treslag – myr	18
Plantemetode/type	2
Proveniens	107
Proveniens/kulturforsøk	33
Såring	2
Stammekvisting	27
Treslag	5
Treslag og proveniens	11
Tynning	474
Sum felter	1031

Tabell 2. Fordeling av forsøksfelter på fylker.

Fylke	Antall felter
Østfold	31
Akershus	74
Oslo	8
Hedmark	162
Oppland	84
Buskerud	37
Vestfold	18
Telemark	18
Aust-Agder	56
Vest-Agder	20
Rogaland	86
Hordaland	120
Sogn og Fjordane	32
Møre og Romsdal	58
Sør-Trøndelag	10
Nord-Trøndelag	80
Nordland	74
Troms	41
Finnmark	18

Tabell 3. Antall forsøksfelt fordelt på hovedtreslag. Felt med bare en art ikke medregnet.

Treslag – vitenskapelig navn	Treslag – norsk navn	Antall
<i>Picea abies</i>	Gran	475
<i>Pinus sylvestris</i>	Furu	169
<i>Picea sitchensis</i>	Sitkagran	98
<i>Pinus contorta</i> var. lat.	Vrifuru – innlandsform	47
<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	Gran/Furu – blanding	28
<i>Betula pubescens</i>	Vanlig bjørk	16
<i>Quercus</i> sp.	Eik	18
<i>Tsuga heterophylla</i>	Vestamerikansk hemlock	16
<i>Larix leptolepis</i>	Japansk lerk	13
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Douglasgran	13
<i>Abies alba</i>	Vanlig edelgran	9
<i>Fraxinus excelsior</i>	Ask	9
<i>Abies lasiocarpa</i>	Fjelleedelgran	7
<i>Larix sibirica</i>	Sibirisk lerk	7
<i>Abies grandis</i>	Kjempeedelgran	6
<i>Picea sitchensis</i> , <i>Picea abies</i>	Sitkagran/Gran – blanding	6
<i>Pinus contorta</i> var. lat.	Vrifuru, innlands-/kystform	6
<i>Betula pendula</i>	Hengebjørk	5
<i>Picea engelmannii</i>	Engelmannsgran	5
<i>Larix decidua</i>	Europeisk lerk	4
<i>Picea glauca</i>	Kvitgran	4
<i>Picea mariana</i>	Svartgran	4
<i>Thuja plicata</i>	Kjempetuja	3
<i>Abies nobilis</i>	Nobeledelgran	2
<i>Abies sibirica</i>	Sibiredelgran	2
<i>Fagus silvatica</i>	Vanlig bøk	2
<i>Larix occidentalis</i>	Amerikansk lerk	2
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rogn	2
<i>Pinus mugo</i> v. <i>mughus</i>	Buskfuru	2



# Utvikling for plantninger med kjempeedelgran (*Abies grandis* Lindbl.) i Vest-Norge

av

Bernt-Håvard Øyen

*Kjempeedelgran har blitt plantet i Norge siden slutten av forrige århundre, men er i kystskogbruket brukt i svært liten skala sammenlignet med andre eksotiske bartreslag, f.eks. sitkagran. På sommervarme og vintermilde lokaliteter med frisk jord kan den oppnå svært høy masseproduksjon, høyest av samtlige bartreslag som er fulgt i forsøksplantinger langs vestkysten av Norge. På gode lokaliteter i kyst- og fjordstrøk fra fylkene Agder til Nordland kan trærne nå imponerende dimensjoner på relativt kort tid.*

## Utbredelse

Kjempeedelgrana finnes naturlig utbredt på vestkysten av USA/Canada, mellom 38. og 51. °N og i British Columbia, Washington, Oregon, California og Idaho. De forstlig vakreste bestandene (stammeretthet, høyde, virkeskvalitet) finnes visstnok i Clearwater-regionen i Idaho, i områder som mottar mellom 800 og 1200 mm nedbør årlig. Antall vekstdøgn ligger her mellom 120 og 140. Utbredelsen er størst på fjellplatåer mellom 700 og 1800 m o.h. I bunn av daler, langs elver og på slake skråninger med frisk fuktighet, først og fremst på de gode jordboniteter, får den best utvikling (Fowells 1965). Den nordligste utposten er på Vancouver Island, i regnskyggen på østsiden av øya. I Rocky Mountains opptrer den sporadisk i renbestand, mens i kyststrøkene hyppigere sammen med douglasgran. Den kan også inngå som et beskjedent blandingstre i en rekke skogtyper, bl.a. med sitkagran, thuja og vestamerikansk hemlock. I det sydligste av utbredelsesområdet er det kjent at den kan hybridisere med colorado-edelgran (*Abies concolor*).

## Størrelse og voksekraft

*Abies grandis* er den største av edelgranartene. Det er ikke uvanlig at den i naturskogene i USA/Canada finnes i 50 m høye bestander og med middeldiameter på 150 cm. Unntaksvis er den oppgitt å nå høyder på 100 m (Rehder 1940). Harlow & Harrar (1958) er mer beskjedne, de oppgir maksimalhøyder på 70-80 m i kystskogene og 35 m i innlandsstrøk. Den kan vokse svært raskt også utenfor det amerikanske kontinent. Fra Storbritannia oppgis det at 40 år gamle trær kan være 40 m høye, største målte trehøyde er 58 m og brysthøydiameter 232 cm (Mitchell 1995). Store trær er registrert i Danmark (Larsen 1997), såvel som i Norge. I et 65-årig bestand i Fana ved Bergen ble det

største treet i 1998 målt til høyde på 40,5 meter og diameter i brysthøyde 58 cm. Store eksemplarer er også rapportert fra Ravnedalen, Kristiansand (Nedkvitne & Wendelbo 1964).

Kjempeedelgran er kjent for å være nokså skyggetålende som ung, men tålsomheten for skygge avtar med alderen. Rotsystemet er vidt utbredt og går dypt. Den setter fra 50-60 års alder bra med frø. I nærheten av, og delvis i plantefelt, kommer gjenveksten villig, særlig i lysåpne glenner og i bestandskanter. Det er rapportert om mye gjenvekst av *A. grandis* fra flere lokaliteter på Vestlandet, bl.a. Stend i Fana, Moberglia i Os og Tveit i Nedstrand. Også ved Tømte i Nannestad finnes en god del sjølsådde planter.

Treslaget er kjent for å trives best på rike, dyplendte og friskt fuktige jordarter, i Syd-Sverige er den med hell brukt som kulturtre på jordbruksmark. Dens sørlige utbredelsesmønster med høge temperaturkrav indikerte at arten er krevende for norske forhold. Sørlandet og lavereliggende fjordområder på Vestlandet (frukt-distriktene, nemorale og boreonemorale områder) peker seg ut som mulig dyrkningssted for arten. Det er også her de fleste forsøk med *A. grandis* er foretatt.

## Plantninger i Norge

Treslaget ble vitenskapelig beskrevet i 1805 og ført til Europa i 1831. De første plantene kom i dansk jord midt på 1800-tallet, men ble først brukt i skogbruket i Danmark i 1880-årene (Tillisch 1952).

Det er usikkert når de første *A. grandis* ble plantet i Norge. I parken ved Norges Landbrukshøgskole, Ås i Akershus, skal det finnes trær plantet i 1880-årene. Ved Bergen Skogselskaps planteskole, Ekhaug ved Søfteland, ble det første frø av kjempeedelgran for skogbruksformål sådd i 1901. Mesteparten av plantene frøs bort, men 136 planter ble i 1906 og 1907 sendt til 5 lokaliteter, nordligste leveranse var til Dønnes i Nordland fylke. Mindre plantefelt finnes i dag på et fåtall lokaliteter langs vestkysten av Norge, i hvert fall nordover til Alstahaug, 66° N (Øyen & Øen 1997). Utfra statistikkoppgaver over utsatt plantetall utgjør plantefeltene i Norge neppe mer enn 20-30 hektar. *A. grandis* er generelt en lite brukt edelgran sammenlignet med f.eks. *A. alba*. Dette kan skyldes at den er frostsvak. Myhrwold (1928) angir f.eks. at toppskudene på *A. grandis* fryser nesten årlig i Trondheim bypark. Som snittgrønt har den heller ikke utpreget vakkert bar.



## Klimaraser for norske forhold

Norsk institutt for skogforskning har hatt langsiktige forsøksplantninger, såkalte tynnings og produksjonsfelt, med *A. grandis* siden 1930-tallet. De femten forsøksplantningene representerer neppe de aller mest veltilpassede proveniensområdene for hjemlige forhold. Herkomsten av frøet er fra Mt. Hood, Wheeler, Ochoco og Deschutes i staten Oregon (930-1650 m o.h.), Cascade-fjellene, Rainier og Clallam i staten Washington (200 m o.h.) samt Vancouver Isl. 450-600 m o.h. i British Columbia. Hagem (1931) har redegjort for flere av de samme proveniensene, hvor det nordligste materialet viste best overlevelse i planteskoleforsøk.

I et større IUFRO-forsøk med 16 provenienser plantet ut i Marnadal, Sørlandet, gav materialet fra høyereliggende strøk i Idaho de beste resultater knyttet til overlevelse og høydevekst. Idaho-materialet hadde også minst frostskafer (Magnesen 1996). Magnesen skriver:

".....I Norge kan kystproveniensenes vekstpotensiale vanskelig utnyttas fordi herdigheten er for liten for norske forhold. Det er således de nordligste proveniensene av kjempeedelgran, og i særdeleshet innlandsprovenienser fra det nordlige Idaho, som passer best for norske forhold".

## Produksjon og bestandsutvikling

Høydeutviklingen over alder for plantninger med *A. grandis* i forsøksfelter er vist i fig. 1. Forsøksfeltene har blitt jevnlig tynnet etter såkalt fri tynning, men for hovedtyngden med et uttak av svekkede og døde trær samt i de lavere kroneklasser.

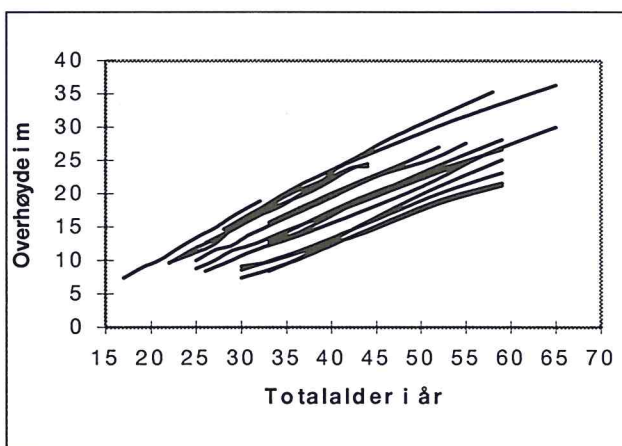


Fig. 2. Overhøydeutvikling over totalalder for *A. grandis* i sørvestlige deler av Norge. Hver linje representerer målinger på samme forsøksrute.

Forsøkene har gitt grunnlag for å kunne sette opp foreløpige produksjonsoversikter basert på den sterke sammenhengen mellom bestandsmiddelshøyde og volum. Det er her presentert tallverdier for tre bonitets-

klasser angitt som overhøyde ved totalalder 40 år; Middels ( $HO_{40}=13$  m), høg ( $HO_{40}=19$  m) og svært høg ( $HO_{40}=25$  m). Utgangstettheten er satt til 3000 trær/ha. Oversikter er gitt i tabellform (Tab. 1-3) og med tilstandsvariabler for hvert femte år opp til 60 år.

For ingen av de norske forsøksfeltene har middeltilveksten kulminert. Med sideblikk til britiske produksjonsoversikter gjøres neppe store feil om det forutsettes at kulminasjonsalder nås ved ca. 90, 80 og 70 år for henholdsvis middels, høg og svært høg bonitet. På det mestproduserende feltet ligger middeltilveksten på 26,5  $km^3/ha/år$  etter 65 år, men vi kan for beste bonitet antakelig forvente en middeltilvekst på 27-28  $m^3/ha/år$  (ved 70 års omløpstid). På "høg bonitet" ligger ekstrapolerte størrelser på 22  $m^3/ha/år$  (80 år) og for "middels bonitet" 16  $m^3/ha/år$  (90 år). Alle tall er basert på at kalamiteter unngås og jevnlig svake tynninger. Høydeutvikling og produksjon skiller seg opp til 40 år lite fra det som er rapportert fra England, Wales og Skottland (Christie & Lewis 1961; Edwards & Christie 1981). Antydningvis ligger det en tendens til noe større utholdenhet i produksjonen i høg alder for de norske feltene. Kjempeedelgran er det bartreslag med størst masseproduksjon under sørvestnorske forhold, enten man regner i volum eller i tørrstoff.

## Vitalitet, sykdommer

Tilstanden i plantefeltene har jevnt over vært meget god. Når man unndrar sporadiske vindfellinger er ingen større skader rapportert i forsøksfeltene. Den raske veksten medfører at enkelte trær kan bli slengete og at noen får nokså meget med stammesprekker. På grunne markslag finnes rapporter om lokale råte-angrep (rotkjuke), vanligere enn hos dens slektning *A. alba*. Luseangrep gjør små skader. Derimot har hjort og rådyr maktet å gjøre betydelig skader i yngre plantefelter, både i form av barkgnag og feieskader.

## Oppsummering

På sommervarme lokaliteter i sørvestlige deler av Norge har *A. grandis* et betydelig dyrkningspotensiale, og oppviser høyest produksjonsevne av de bartreslag som er anlagt i forsøk. Likevel brukes arten i svært liten grad sammenlignet med f.eks. i Danmark. Delvis har dette sammenheng med tradisjoner og svake omsetningsmuligheter, i de siste årene også av fremmedfrykt og mulig spredningsfare. Virkeskvaliteten er heller ikke utpreget god til sagtømmer; Kjempeedelgrana er beskrevet å ha nokså laus og lite holdbar ved. Den kan imidlertid gjøre god nytte til massevirke. Både som solitær og i bestand må den karakteriseres som et vakkert treslag, frisk grønn farge og med en imponerende vekst.



Tabell 1. Produksjonsoversikt. A. grandis. Ho ved 40 år, 13 m. Middels bonitet. Tall per ha.

Alder fra frø	Treantall	Stående trær					VT (m <sup>3</sup> )	Årlig tilvekst	
		Ho (m)	Hl (m)	Dg (cm)	G3 (m <sup>2</sup> )	V3 (m <sup>3</sup> )		Løp. (m <sup>3</sup> )	Midd. (m <sup>3</sup> )
20	3000	2,8	1,9	-	-	-	-	-	-
25	3000	4,8	3,6	6,9	4,6	75	-	-	-
30	3000	7,2	5,8	9,5	17,5	104	104	-	3,5
35	2643	10,1	8,5	12,7	32,6	148	170	22,1	4,8
40	1789	13,0	11,3	16,0	36,6	202	280	24,9	7,0
45	1309	15,9	14,2	19,5	39,8	265	405	25,7	9,0
50	1023	18,8	17,0	22,8	42,4	333	533	27,1	10,7
55	830	21,4	19,8	26,1	44,8	407	669	27,4	12,2
60	697	24,1	22,5	29,3	47,0	483	806	19,0	13,4

Tabell 2. Produksjonsoversikt. A. grandis. Ho ved 40 år, 19 m. Høg bonitet. Tall per ha.

Alder fra frø	Treantall	Stående trær					VT (m <sup>3</sup> )	Årlig tilvekst	
		Ho (m)	Hl (m)	Dg (cm)	G3 (m <sup>2</sup> )	V3 (m <sup>3</sup> )		Løp. (m <sup>3</sup> )	Midd. (m <sup>3</sup> )
20	3000	6,4	5,0	8,6	12,5	93	93	-	2,4
25	3000	9,2	7,7	11,8	30,8	134	140	23,9	5,6
30	1904	12,4	10,8	15,4	36,0	192	260	28,1	8,7
35	1321	15,8	14,1	19,3	39,7	263	400	30,4	11,4
40	991	19,0	17,4	23,2	42,8	343	552	31,3	13,8
45	786	22,2	20,6	27,0	45,5	429	709	30,9	15,8
50	652	25,2	23,6	30,5	47,8	515	863	30,0	17,3
55	560	27,9	26,4	33,9	49,9	601	1014	30,0	18,4
60	490	30,6	29,1	37,0	51,9	688	1163	29,7	19,4

Tabell 3. Produksjonsoversikt. A. grandis. Ho ved 40 år, 25 m. Svært høg bonitet. Tall per ha.

Alder fra frø	Treantall	Stående trær					VT (m <sup>3</sup> )	Årlig tilvekst	
		Ho (m)	Hl (m)	Dg (cm)	G3 (m <sup>2</sup> )	V3 (m <sup>3</sup> )		Løp. (m <sup>3</sup> )	Midd. (m <sup>3</sup> )
20	2870	9,6	8,0	12,1	31,7	139	151	-	7,6
25	1686	13,5	11,8	16,6	37,2	213	301	35,2	12,0
30	1130	17,5	15,8	21,3	41,4	303	477	37,3	15,9
35	836	21,3	19,7	25,9	44,7	404	664	37,8	19,0
40	660	25,0	23,4	30,3	47,7	509	853	37,6	21,3
45	545	28,4	26,9	34,4	50,3	616	1041	35,8	23,1
50	468	31,6	30,1	38,2	52,6	721	1220	33,6	24,4
55	412	34,5	33,0	41,6	54,6	821	1388	32,2	25,2
60	370	37,2	35,7	44,8	56,4	917	1549	29,3	25,8

## Litteratur

- Christie, J.M. & Lewis, R.E. 1961. Provisional yield tables for A. grandis and A. nobilis. For. Comm. For. Rec. No. 47.
- Edwards, P.N. & Christie, J.M. 1981. Yield models for Forest Management. For. Comm. Booklet 34:1-32 + fig. and tab.
- Fowells, H.A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. USDA Forest Service. No. 271. 762 pp.
- Hagem, O. 1931. Forsøk med vestamerikanske træs-lag. Meddr Vestl. forstl ForsStn 12: 1-217.
- Harlow, W.M. & Harrar, E.S. 1958. Textbok of dendrology. McGraw-Hill Book Company Inc., New York. 561 pp.
- Larsen, J.B. 1997. Træarts- og proveniensvalget i et bæredyktigt skovbrug. Grandis. Dansk Skovbruks Tidsskrift 82(1/97):186-192.
- Magnesen, S. 1996. Det internasjonale proveniens-forsøket med kjempeedelgran (Abies grandis) på Sørlandet. Rapp. Skogforsk 8/96:1-15.
- Mitchell, A. 1995. Trees of Britain and Northern Europe. Collins, London.
- Myrwold, A.K. 1928 (red., J. Nygaard). Skogbrukslære. Grøndahl & Søns Forlag.
- Nedkvitne, K. & Wendelbo, P. 1964. Kjempeedelgran og purpedelgran. Norsk Skogbr. 18/64: 495-496.
- Tillisch, E. 1952. Om Abies grandis og dens muligheter i dansk skovbrug. Dansk Skovbruks Tidsskrift 37: 139-205.
- Rehder, A. 1940. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America. New York.
- Øyen, B-H. & Øen, S. 1997. Skogproduksjon på 66 grader nord. Norsk Skogbr. 11/97: 26-27.

## **VEDLEGG 1. SYMBOLLISTE<sup>1</sup>**

ALT: Høyde over havet (m)  
 BA%: Andel av G3 for andre treslag (i tideler)  
 CV: Variasjonskoeffisient, SD i % av gjennomsnittet  
 D1: Grunnflateveid middeldiameter før tynning (cm)  
 D2: Grunnflateveid middeldiameter, tynningsuttaket (cm)  
 D3: Grunnflateveid middeldiameter, etter tynning (cm)  
 Dg: D3  
 Dgkv: diameter på observasjonstre/D3  
 G1: Grunnflate før tynning (m<sup>2</sup>/ha)  
 G2: Grunnflate, tynningsuttak (m<sup>2</sup>/ha)  
 G3: Grunnflate etter tynning (m<sup>2</sup>/ha)  
 HL: Grunnflateveid middelhøyde (m)  
 Ho: Overhøyde, aritmetisk middelhøyde (m) av de 100 grøvste (i diameter) per ha  
 H40: Høydebonitet (angitt som Ho i m ved T13=40 år)  
 ID: Årlig diameterilvekst (mm)  
 IDRED: Korrigert ID (mm) pga. lav bestandstetthet  
 IG: Årlig grunnflatetilvekst (m<sup>2</sup>/ha)  
 IH: Årlig høydetilvekst (cm)  
 IV: Årlig volumtilvekst (m<sup>3</sup>/ha)  
 LAT: Breddegrad\*10  
 N1: Treantall før tynning (per ha)  
 N2: Treantall, tynningsuttak (per ha)  
 N3: Treantall etter tynning (per ha)  
 NMORT: Avgang i treantall i prosent av N1 (per ha)  
 PE: Produksjonsevne, årlig middeltilvekst ved kulminasjonsalder (m<sup>3</sup>/ha)  
 R<sup>2</sup>: Kvadratet av Pearsons multiple korrelasjonskoeffisient  
 SD: Standardavvik  
 T13: Alder i brysthøyde (år)  
 TT: Totalalder fra frø (år)  
 V1: Stående volum før tynning (m<sup>3</sup>/ha)  
 V2: Volum av tynningsuttak (m<sup>3</sup>/ha)  
 V3: Stående volum etter tynning (m<sup>3</sup>/ha)  
 VT: Totalproduksjon (m<sup>3</sup>/ha)

---

<sup>1</sup> Dersom ikke annet er oppgitt: små bokstaver angir mål for enkelttrær, store bokstaver angir mål for bestand.



## **Aktuelt fra skogforskningen**

*Utkommet i 2001:*

- 1-01 *Stein Magnesen:* Forsøk med ulike bartreslag og provenienser i Vest-Norge
- 2-01 *Tor Myking og Tore Skrøppa:* Bevaring av genetiske ressurser hos norske skogstrær





## **Forfatterinstruks**

### **Aktuelt fra skogforskningen**

- ✓ Manus skrives i Word 6.0 eller 7.0 - 12 pkt skrift (Times New Roman) med 1½ linjeavstand

Forord  
Sammendrag  
Innledning  
Materiale og metode  
Resultat  
Diskusjon  
Etterord  
Litteratur

- ✓ I overskrifter brukes fet skrift (bold) og nummerering. Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- ✓ Alle tabeller og taloppsett skrives med tabellfunksjon i Word og plasseres bakerst i manuskriptet.  
Ikke bruk "tabulator"!
- ✓ Figurer gjøres helt ferdig - **NB! Velg gode størrelser i fontene (bokstavene) så de beholder sin lesbarhet når de skaleres / nedfotograferes .**  
Det er viktig at fontene er i samsvar med størrelsen på grafene/figurene!  
Figurene plasseres også bakerst i manuskriptet.
- ✓ Tenk lesbarhet i grafer - farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart / hvit gjengivelse.
- ✓ Manuskriptet påføres prosjektnummer og leveres layout- ansvarlig for registrering.
- ✓ Redaksjonsrådet tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien og returnerer det til layout-ansvarlig for ombrekking/klargjøring til trykking.