

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 2/11

**HØYDEBONITET OG
PRODUKSJONSEVNE VED
KONVERTERING MELLOM VANLIG
GRAN, ASK, BØK, EIK, PLATANLØNN
OG SVARTOR I SØR-NORGE**

Bernt-Håvard Øyen & Fredrik Bøhler

Forskning fra Skog og landskap

«Forskning fra Skog og landskap» er en serie for publisering av originale vitenskapelige resultater innenfor Skog og landskaps faglige områder. Serien er åpen for relevante manuskripter, også fra forfattere som ikke er ansatt ved Norsk institutt for skog og landskap.

Utgiver:

Norsk institutt for skog og landskap

Redaktør:

Bjørn Langerud

Dato:

November 2011

Trykk:

07 Gruppen AS

Opplag:

1000

Bestilling:

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

www.skogoglandskap.no

ISBN 978-82-311-0141-3

ISSN 1890-1662

Omslagsfoto:

Revisjon av or, Eidsvoll.

Foto: Terje Birkeland. 2006.

Forskning fra Skog og landskap - 2/11

**HØYDEBONITET OG PRODUKSJONSEVNE
VED KONVERTERING MELLOM VANLIG GRAN,
ASK, BØK, EIK, PLATANLØNN OG SVARTOR
I SØR-NORGE**

Bernt-Håvard Øyen & Fredrik Bøhler¹

¹ Norsk institutt for skog og landskap

INNHOLD

SAMMENDRAG	4
SUMMARY	5
1. INNLEDNING	7
2. BEGREPER OG SYMBOLER	8
3. MATERIALE OG METODE	9
3.1. Datainnsamling	9
3.2. Statistiske metoder	9
3.3. Vekstmodeller som ligger til grunn for undersøkelsene	10
3.3.1 Vanlig gran	10
3.3.2 Ask	10
3.3.3 Bøk	11
3.3.4 Eik	11
3.3.5 Svartor	11
3.3.6 Platanlønn	12
4. RESULTATER	12
4.1 Vanlig gran vs. Platanlønn	12
4.2 Vanlig gran vs. Bøk	12
4.3 Vanlig gran vs. Ask	13
4.4. Vanlig gran vs. Eik	13
4.5. Vanlig gran vs. Svartor	14
5. DISKUSJON	14
5.0. Generelle betraktninger	14
5.1 Vanlig gran vs. Platanlønn	18
5.2 Vanlig gran vs. Bøk	19
5.3 Vanlig gran vs. Eik	19
5.4. Vanlig gran vs. Ask	19
5.5 Vanlig gran vs. Svartor	19
6. KONKLUSJON	20
7. ETTERORD	20
REFERANSER	20

SAMMENDRAG

Øyen, B.-H. & Bøhler, F. 2011. Høydebonitet og produksjonsevne ved konvertering mellom vanlig gran, ask, bøk, eik, platanlønn og svartor i Sør-Norge. *Conversion functions for estimating site index and yield projections between noble hardwood species and Norway spruce in South Norway*. Forskning fra Skog og landskap 2/11,1-23.

Basert på undersøkelser i boreonemoral sone i Sør-Norge har vi sammenlignet vekst og volumproduksjon hos ulike treslag som vokser side om side i bestand på svært høg bonitet. Hovedhensikten har vært, ved hjelp av et funksjonsgrunnlag, å kunne estimere langsiktige gevinster eller tap i middelproduksjon knyttet til dyrkning av «edle lauvtrær» kontra vanlig gran. Datamaterialet er sammensatt av grenseflater med langsiktige feltforsøk fulgt i perioden 1924–2009 samt av engangsflater med målinger tatt opp i årene 2008 og 2009, i alt 69 paralleller. Ved referansealder 40 år utgjør differansen i overhøyde mellom edle lauvtrær (ask, bøk, eik, platanlønn, svartor) og vanlig gran fra 3,7 til 7,5 m, med størst forskjell mellom eik og gran og minst forskjell mellom svartor og gran. Dersom potensiell produksjonsevne i vanlig gran settes til 100 % har eik og ask i gjennomsnitt en relativ produksjon på 48 %. Bøk eller svartor har en produksjon på 63–64 % av gran, mens platanlønn har et relativt produksjonsnivå som ligger mellom ask/eik og svartor/bøk. Produksjonsforskjellene vi finner i parallellene og en kritisk vurdering av forutsetningene tilsier at det vil kunne oppstå et betydelig produksjonstap ved konvertering fra vanlig gran til edellauvskog i Sør-Norge.

Nøkkelord: Konvertering, treslagsskifte, eik, ask, bøk, svartor, platanlønn, vanlig gran, Norge, bonitet, produksjonsevne

SUMMARY

Øyen, B.-H. & Bøhler, F. 2011. Conversion functions for estimating site index and yield projections between noble hardwood species and Norway spruce in South Norway. *Forskning fra Skog og landskap* 2/11: 1-23.

In this study neighbor stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), common ash (*Fraxinus excelsior* L), European beech (*Fagus silvatica*), oak (*Quercus* sp.), common alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertner) and sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) were used for developing site index and yield conversion equations. In most of the 69 localities, located on base-rich, moderately moist forest soils, paired comparisons were made between Norway spruce and one of the broadleaved species. Linear correlation coefficients (R^2) for the predicted site index conversion equations varied between 0.88 and 0.35. By applying growth tables and yield trajectories, relationship between site index and maximum mean annual increment was estimated and a paired comparison of potential yield class was performed. Our main conclusion is that a significant loss of volume should be expected if Norway spruce is replaced with noble hardwood species on rich soils in southern Norway. Potential yield class for the investigated broadleaved species is estimated to be from 48 to 63 % of Norway spruce. The conversion equations could be applied as practical tools producing guidelines for choosing appropriate species in a site.

Key words: Conversion, tree species change, Oak, European beech, Common alder, Sycamore, Norway spruce, Norway, site index, yield class

1. INNLEDNING

I en lang rekke sammenlignende undersøkelser har det blitt påvist at treslagenes produksjonsevne over et normalt omløp er forskjellig (Hägglund 1981; Alban 1985; Nigh 1995a; Nigh 1995b; Nigh & Krestov 1999; Øyen & Tveite 1998; Vanclay 2002; Johansson 2006; Ekö et al. 2008). Dels skyldes det treslagets egenskaper og vekst, tilpasninger til voksested og klima, dels til sub-optimal skogbehandling. Ofte ser vi at det forutsettes at høyde-aldersutvikling og produksjon forløper helt proporsjonalt mellom treslag, for eksempel at en høydebonitet $H_{40} = 20$ m i vanlig gran tilsvarer en høydebonitet $H_{40} = 20$ m i furu. I realiteten foretas det sammenligning mellom størrelser som er inkommensurable, da treslagene både viser ulik massetilvekst over omløpet og deres langsiktige virkninger på voksestedet er forskjellig. Treslagenes vekst og produksjon har store implikasjoner i forhold til skogbrukets langsiktige rammevilkår, både biologisk og økonomisk. I økonomisk forstand er treslagsvalget å betrakte som et valg mellom ulike investeringer som gjensidig utelukker hverandre i 50 til 150 år og som hver er karakterisert ved sin spesielle utbetalingsrekke og inntektsrekke.

Etterkrigstidens hovedfokus på rasjonell skogbehandling for bartrærne bygger på omfattende studier og resultater fra en rekke langsiktige skogbehandlingforsøk (DNS 1967; NISK 1992; Skogforsøk 2009). De rådende klimatiske forhold og markslagssammensetningen gir gjennomgående gode vilkår for dyrkning av vanlig gran i Norge. Granskogene dekker ca. 40 % av det norske skogarealet (Skog 2007). Skogsmark på svært høg bonitet (H_{40} -klasse > 20 m) utgjør etter Landsskogtakseringens oppgaver ca. 4,35 mill dekar, hvorav en vesentlig del er bestokket med vanlig gran.

For de viktigste «nordlige lauvtrærne» som dunbjørk, hengebjørk, osp og gråor har vi gradvis fått innhentet mer kunnskap om vekstkrav, egenskaper og deres langsiktige produksjonspotensial (for eksempel NLVF 1976; IFS 1977; Frivold 1982; Braathe 1984, 1988; Braastad 1993; Gobakken 2000; Kohmann & Lexerød 2004; Øyen 2002, 2005, Øyen et al. 2008; Haveraaen & Sandnes 2007; Haveraaen et al. 2009). På egnede voksesteder vil produksjonen av biomasse kunne være god, men en utfordring i forhold til verdiproduksjon har vært å få gjennomført tetthetsregulering i tide. Areal med nordlige lauvtrær (dunbjørk, hengbjørk, osp, selje, rogn, gråor, hegg) utgjør 27 % av den produktive skogen (Skog 2007).

Både knyttet til vekst, produksjon og til skogskjøtsel må det vitenskapelige grunnlaget for «edle lauvtrær» i Norge fortsatt karakteriseres som beskjedent. Det samme må sies om fremganger på plan-foredlingens område for disse artene. Interessen for dyrkning av edle lauvtrær har gått i bølger i etterkrigstiden (jf. Gløersen et al. 1956; Langhammer 1969; Fottland 1985; Frivold 1994; Risdal et al. 2004). Entusiasme og optimisme har med jevne mellomrom blitt avløst av skuffelser og resignasjon, særlig som en følge av etableringsproblemer, skader og til dels svake avsetningsmuligheter for presumptivt verdifulle sortimenter. Systematikk i skogbehandlingen (med en målsetting om produksjon av kvalitetsvirke med store dimensjoner), aktive behandlingsprogram, riktig «timing» av tiltakene, samt interesserte skogeiere som setter seg langsiktige mål, kan settes opp som noen utfordringer i skjøtsel av norsk edellauvskog. I de siste tiårene har vern og verneprosesser lokalt dessuten skapt utfordringer for ressursutnyttelsen. Sist, men ikke minst, store populasjoner med hjortevilt har fra 1980-tallet og fremover medført store vanskeligheter for nyetablering av lauvskog i Sør-Norge.

Samtidig viser Landsskogtakseringens ressurskartlegging at det de siste 80 år har vært en betydelig vekst for alle «edle» lauvtrær både i areal, stående volum og tilvekst, og at norske skogeiere dermed får en stadig større ressursbase å forvalte*.

Samlede takstoppgaver viser at produktive skogarealer med edellauvskog på landsbasis totalt utgjør i overkant av 1,1 million daa (Skog 2007), hvorav om lag 1/3 er svært høg bonitet.

Lokalt, og kanskje særlig i områdene rundt Oslofjorden, har det de siste årene kommet frem bekymringer om granskogens vitalitet og det har vært fore-

* Noen eksempler på dette; På 1930-tallet kom Landsskogtakseringen (LT) frem til at samlet kubikkmasse i eik i Norge var på 1,6 mill m^3 , mens den i dag er på 6,8 mill m^3 . For bøk hevdet forstmester Aars (1886, 1904) optimistisk at arealet med bøk i Norge var ca. 40 000 dekar, hvorav 25 000 daa lå på Fritzøes eiendommer. Høeg (1924) fant, etter å ha sammenstilt takstoppgaver, at bøkeskogene i Vestfold dekket ca. 20 000 dekar. Kubikkmassen i fylket var på ca. 200 000 m^3 . Inkluderer vi store og små forekomster mellom Langesund og Grimstad samt forekomsten ved Seim i Hordaland kommer det samlede norske bøkeskogarealet opp i ca. 25 000 daa per 1920. I 1961 fant Landsskog for Vestfold at stående volum i bøk var 317 000 m^3 . I 2007 viser oppgavene at bøkeskogene i Norge omfatter totalt ca. 70 000 dekar og det stående volumet er på om lag 700 000 m^3 . LTs oppgaver viser at platanlønn nå er representert på i alt 90 000 daa, hovedsakelig langs Norges vestkyst, mer sporadisk østafjells. Platanlønn opptrer hypig i lauvblandingsskog nært tun, parker og alleer i typisk pionerfase av gjengroingsskog.

slått skifte av hovedtreslag (jf: Solberg 2004, Jahren 2009). Bakgrunnen har vært skadeobservasjoner (grantørke) eller symptomer på skader i kulturfeltene med vanlig gran (bl.a. rotråte, insektskader, gulning av bar og nedsatt vitalitet), dels har det vært en respons på forventninger om varmere klima og hyppigere stormfelling (Solberg & Dalen 2007). Et annet forhold kan være innsalg fra grupperinger og enkeltpersoner som ønsker en annen arealbruk. Spørsmål om hva et treslagsskifte kan innebære av fordeler og ulemper blir ofte reist, herunder; verdi-produksjon, dyrkningsrisiko, fremtidige markedsforhold, karbonbinding, biologisk mangfold, estetikk og langsiktige næringsbudsjetter.

For å kunne fremlegge konsistente økonomiske kalkyler basert på reelle produksjonsmessige gevinster eller tap må det innhentes grunnleggende data om hvordan de ulike treslagene responderer på voksestedet. På våre breddegrader innbefatter det bl.a. å foreta en kritisk og nøktern vurdering om dyrkning av edle lauvtrær i det hele tatt er mulig (NLVF 1976). Flere edle lauvtrær finner ytterpunktet av sin Eurasiske utbredelse i Sør-Norge, og vil følgelig være vanskelig å dyrke unntatt på gunstige lokaliteter. For deler av Østlandet, Sørlandet og de indre fjordstrøk på Vestlandet setter fortsatt et strengt vinterklima og frostutsatt, flatt lende begrensninger for hvor langt fra kysten og hvor høyt over havet edellauvtrær kan dyrkes. Vår geografi byr imidlertid på store lokalklimatiske variasjoner innen små avstander, og på rike, sørvendte lokaliteter og ravinedaler kan det være muligheter for dyrkning av hardføre raser av edellauvtreslag selv i innlandet og langt mot nord (jf. Mørkved 1951, Kohmann & Lexerød 2004).

I denne undersøkelsen analyserer vi forskjeller i høydebonitet og produksjonsevne mellom treslag på våre beste markslag i relativt sommervarme og vintermilde strøk i Sør-Norge. Andre momenter ved treslagsvalget er ikke forsøkt trukket inn.

For å kunne stille opp vurderinger av treslagenes produktivitet også vis á vis hverandre kan ulike metoder anvendes:

- 1) Sammenligning av treslagene gjennom skjønnsmessig bruk av produksjonstabeller for like voksesteder.
- 2) Takstmessig sammenligning av treslag innen regioner (for eksempel Landsskogdata, område-takster), hvor man forsøker å henføre treslagets tilveksttall til nærmere definerte strata; bonitet, alder og skogbehandling.

- 3) Sammenligning av treslagene på et gitt voksested gjennom faktisk høydebonitering og hvor det forutsettes at bestandets utvikling er i tråd med produksjonstabeller som benyttes for vedkommende treslag i det aktuelle området. Normalt brukes engangsflater til slike sammenligninger.
- 4) Sammenligning av treslagene på et gitt voksested og innen samme tidsperiode gjennom tilvekstmåling i langsiktige forsøksfelt (treslagsforsøk).

Både for 1) og 2) har det i praksis vist seg vanskelig å gjennomføre balanserte sammenligninger. Treslagene okkuperer ulike voksesteder både av naturgitte og kulturmessige årsaker, og varierende skogbehandling er en viktig kilde til forskjeller.

Hovedhensikten med arbeidet har vært å beskrive funksjonsmessige samband for bonitet og produksjonsevne for ulike treslag i renbestand og på identiske voksesteder. Treslagene vi har undersøkt er ask, bøk, eik, platanlønn, svartor og vanlig gran. Vi sammenlignet vanlig gran med ett av edellauvtreslagene, og har flest paralleller i gran-ask, gran-bøk og gran-eik. Vi fant bare en lokalitet (Brusesrød, Sandefjord) med en slik jevnhet i jordbunn at vi direkte kunne sammenligne mer enn to treslag på samme voksested. Vi valgte å ta med fem paralleller med platanlønn og gran i Vest-Norge for å rangere treslagets ytelse i forhold til andre. Det finnes begrenset informasjon om platanlønnens vekst i Norge. To av Skog og landskap sine treslagsforsøk, Loddviken (Ringsaker) og Moberglien (Os, Hordaland), valgte vi å benytte mer inngående for å belyse hvordan totalproduksjon endres over omløpet. De langsiktige forsøksrutene ligger her side om side, skogbehandlingen er kjent i detalj og feltene har lange tidsserier.

2. BEGREPER OG SYMBOLER

Høydebonitet (H_{40}): Aritmetisk gjennomsnittshøyde av de 100 grøvste trærne per hektar ved referansealder 40 år (eller $H_{100} = 100$ år). Angis i meter.

Potensiell produksjonsevne (PE): Forventet årlig middeltilvekst for stammevolumet ved kulminasjon (MAI_{maks}) estimert ut fra bestandets faktiske høydebonitet ved måletidspunkt. Angis i $m^3/ha/år$.

Edellauvskog: En bred «norsk» definisjon omfatter treslagene ask, alm, lind, fuglekirsebær, hassel, sommereik, vintereik, bøk, svartor, platanlønn og spisslønn. Vi har behandlet de to eikeartene som «eik», og har utelatt fuglekirsebær, hassel, spisslønn, lind og alm. I andre land i Nord- og Mellom-Europa brukes begrepet edellauvskog gjerne «smalere» og dels for andre treslag.

3. MATERIALE OG METODE

3.1. Datainnsamling

Grunnlagsdataene stammer fra boreonemoral sone, i hovedsak lavlandet østafjells (Akershus, Mjøsa-området, Vestfold), sørlandskysten samt felter fra kyst- og fjordstrøk i Vest-Norge. Hovedtyngden av materialet i ask og bøk stammer fra kystnære områder i Vestfold fylke (Horten, Stokke, Sandefjord, Tønsberg, Larvik), hvor edellauvskogen har et optimumsområde i Norge. Vi har unngått felter med sterkt nedsatt vitalitet eller hvor ett av treslagene av ulike årsaker har vist svak utvikling. Trær med symptomer på askevisning eller askeskuddsjuken (*Chalaria fraxinea*), (Solheim & Thomsen 2008; Eggum 2009), har blitt unngått. Også for svartor og eik har det siste tiåret kommet bekymringsmeldinger fra andre deler av Europa om nedsatt vitalitet, bl.a. knyttet til angrep av *Phytophthora*.

Dataene stammer både fra langsiktige feltforsøk og fra engangsflater. Gjennom befaringer identifiserte vi lokaliteter som kunne egne seg for utlegging av paralleller (jf. Øyen & Tveite 1998). I feltinstruksen satte vi et krav om at bestandene måtte ha et minimumsareal på 400 m² og at flate-sentrum i parallellene måtte ligge mindre enn i 100 m fra hverandre og på samme høydenivå og med samme eksposisjon og helning. Jordbunnsforholdene måtte være tilnærmet identiske. Vi registrerte jorddybde og profiltipe (jordspyd) og vurderte humusform og humusens mektighet (feltspade). Vi vurderte vegetasjonstypen skjønnsmessig ut fra forekomst av arter i feltsjikt i edellauvskogfeltet, da hovedtyngden av granfelter hadde strødekke eller et beskjedent dekke av karplanter og mose i hhv. felt- og bunnsjikt.

I tillegg til registrering av utvalgte økologiske variabler målte vi trehøyde (Vertex hypsometer) og boret minst 4 fire trær i overensstemmelse med Skog og landskap sin instruks for bonitering og anlegg av langsiktige feltforsøk (Tveite 1977b). Vi forsøkte å unngå felter i h.kl. II samt felter der aldersdifferen-

sen mellom parallellene var større enn 40 år. For treslagsforsøkene har vi som regel opplysninger om proveniens og kjenner den historiske skogbehandlingen. For engangsfeltene er informasjonen om bestandshistorien begrenset. Under arbeidets gang noterte vi hvorvidt det forekom eldre stubber, bl.a. for å kunne vurdere tynningsinngrep/tidligere hogster.

Der hvor vi har utnyttet høyde-aldersdata fra tidsserier i langsiktige feltforsøk med regelmessige revisjoner har disse fått anvist tre verdier; høydebonitet ved anlegg, aritmetisk middel av høydebonitet av samtlige revisjoner samt høydebonitet ved siste revisjon. Disse er direkte sammenlignet med engangsdata fra parallellen. Etter å ha vurdert bestandsforhold og oppkomstsett fant vi at forskjellene i tre paralleller med gran-svartor i Vest-Norge var så store og skilte seg så klart fra de andre observasjonene at disse måtte behandles separat. Vi forsøkte også multiple regresjoner til å inkludere ulike voksestedsmessige, geografiske og økologiske variabler i modellene (helning, eksposisjon, jorddybde, humustykkelse, vegetasjonstype, landsdel). Arbeidet gav liten reduksjon av restvariasjonen, og forsøk med ytterligere raffinering av modellene ble ikke ført videre.

3.2. Statistiske metoder

Vi benyttet enkle lineære regresjoner med minste kvadraters metode (OLS), for å utvikle praktiske konverteringsfunksjoner (SAS 2009). Stigningskoeffisienten og konstantleddet fremkommer med:

$$H40_i = m * H40_j + b + \epsilon$$

der

$H40_i$ = høydebonitet for treslag i

$H40_j$ = høydebonitet for treslag j

m = stigningskoeffisienten

b = skjæringspunktet, og

ϵ = feil

Avvikskvadratsummen (RMSE), variasjonskoeffisienten (CV) og korrelasjonskoeffisienten (R^2) er presentert i tabeller mens konfidens- og prediksjonsintervall (5 %-nivå) er angitt i figurer. Hvorvidt regresjonskoeffisientene eller gjennomsnittet for differansene ved t-test er signifikante ble angitt med symbolene: ns = ikke signifikant, * = 5 %-nivå, ** = 1 % nivå og *** = 0,1 % nivå.

3.3 Vekstmodeller som ligger til grunn for undersøkelsene

Vi har benyttet bonitetsfunksjoner og tilvekstmodeller fra Norge, Danmark og Sverige, der slike var tilgjengelig. Validerte tilvekstmodeller for renbestand av lauvtrær i Norge* er begrenset til gråor (Børset & Langhammer 1966), bjørk (Braastad 1977), osp (Opdahl 1992) og eik (Tveite 2004).

Bonitetsangivelsen er forskjellig for treslagene, hvilket er en utfordring ved matematisk konvertering. For treslagene gran, ask, svartor, bøk og eik har vi benyttet overhøyde (H_o) som høydemål. Gran, ask og svartor har referansealder 40 år i brysthøyde (t13), mens eik og bøk har referansealder 100 år totalalder (Tt). E20 angir med andre ord eik i bonitetsklasse H₁₀₀=20 m.

Platanlønn har bonitet (Site index = SI) i fem klasser, med inngang grunnflateveid middelhøyde (H_L) og totalalder (Tt). Dersom middelhøyden er 21,5 m ved totalalder 52 år ble boniteten bestemt gjennom grafisk interpolering mellom nærmeste helklasser og angitt med en desimal:

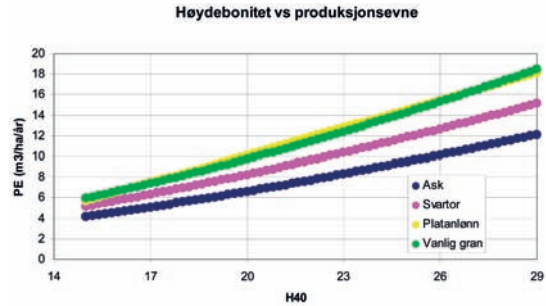
$$SI = 3 - [(21,5 - 19,9)/(22,1 - 19,9)] = 2,3.$$

3.3.1 Vanlig gran

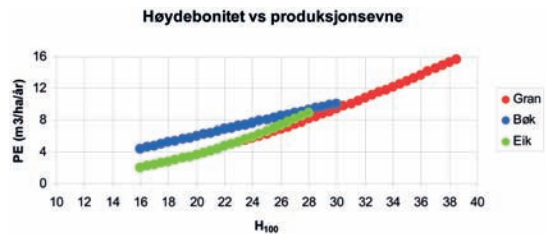
Vanlig gran har blitt høydebonitert etter Tveite (1977). Produksjonstabellene som vi har lagt til grunn er fra: Braastad (1975, program 1 til 8); Øyen (2002, utynnede felt) og i sammensatt form (høydebonitet: Tveite 1977, grunnflatetilvekst: Andreasen, Eid & Tomter 2008, naturlig avgang: Øyen 2000). Ved å benytte simuleringsresultater og MAI_{maks} fra kjøringene finner vi at sammenhengen mellom H₄₀ i gran og produksjonsevne (y) kunne uttrykkes med utjevningssfunksjonen:

$$Y = 0,05624 * (H_{40} \text{ Gran})^{1,720} \dots\dots\dots(1a)$$

For granbonitet G26 er forventet produksjonsevne 15,3 m³/ha/år og for G17 7,4 m³/ha/år (Fig. 1 og 2.)



Figur 1. Sammenheng mellom høydebonitet (H₄₀) og produksjonsevne (PE) for ask (F2), platanlønn (F6), svartor (F5) og vanlig gran (F1a).



Figur 2. Sammenheng mellom høydebonitet (H₁₀₀) og produksjonsevne (PE) for gran (F1), eik (F4) og bøk (F3).

Vi har også fremstilt en funksjon basert på simuleringer av produksjon som følger av nedkortet omløpstid (f.eks. råteutsatt mark). Omløpstidene vi valgte var 45 år på G26+, 55 år på G23 og 65 år på G20-. Funksjonen som fremkom var:

$$Y = 0,0397 * (H_{40} \text{ Gran})^{1,786} \dots\dots\dots(1b)$$

Etter 1b og for granbonitet G26 er forventet produksjonsevne på 13,4 m³/ha/år og for G17 6,3 m³/ha/år.

3.3.2. Ask

Vi høydeboniterte ask etter funksjoner for hengebjørk/dunbjørk (etter Strand, jfr. Braastad 1977). Fra Skog og landskap sine langsiktige forsøk i ask finnes 166 revisjoner fra totalt seks lokaliteter i Sør-Norge.

I feltene i Os (V-103, V-174), Søgne (104) og Lillehammer (584, rute1-3) kulminerte middeltilveksten ved totalalder hhv 45, 40 og 60 år. MAI_{maks} for de to førstnevnte var på 5,5, mot 7,7 m³/ha/år for sistnevnte. For feltene i Lillehammer varierte MAI_{maks} mellom 6,7 (middels sterk tynning) og 7,6 m³/ha/år (svak tynning, sterk tynning). Felt 295 (svak tynning), Fjugstad i Borre, kulminerte ved 65 års alder (MAI_{maks}= 5,1 m³/ha/år), mens de andre forsøksrutene her samt forsøkene i Ringsaker (felt 886, 888) ennå ikke har kulminert, selv om totalal-

* Eldre prognosemodeller behandler ofte all lauvskog etter funksjoner for bjørk. I nyere norske enkelttre- og bestandstilvekstmodeller (bl.a. Andreassen & Tomter 2003; Bollandsås 2007; Andreassen, Eid & Tomter 2008 er alle lauvtrær unntatt bjørk samlet i klassen «andre lauvtrær».

der har passert 60 år. Den største løpende tilvekst som er målt er på 14,1 m³/ha/år (Fjugstad) og maksimal grunnflatesum i våre forsøk er på 40 m²/ha. Skog og landskap sine forsøk i ask antyder MAI_{maks} på de aller beste markslag opp mot 8 m³/ha/år, men at hovedtyngden av askefelt på næringsrik, frisk mark har MAI_{maks} mellom 5 og 7 m³/ha/år. Ytelsen fremstår som betydelig påvirket av tynningsprogram, der askens vedmassetilvekst reduseres med økende hogststyrke, og reduksjonen synes å øke med tiltagende alder ved tynningsinngrepet.

Ved å sammenligne ytelsen i norske forsøk med danske produksjonstabeller i Møller og Nielsen(1959) samt britiske (Hamilton & Christie, 1971) finner vi at sammenhengen mellom H₄₀ i ask (x) og produksjonsevne (y) ligger nær tilsvarende i bjørk. På de aller beste voksestedene i Nord- og Mellom Europa synes middeltilveksten å kunne nå 8–9 m³/ha/år, mens for svake boniteter ca. 4 m³/ha/år.

Sammenhengen ble derfor estimert til:

$$Y = 0,04992*(H_{40} \text{ Ask})^{1,630} \dots\dots\dots(2)$$

3.3.3 Bøk

Bøk ble høydebonitert etter Carbonnier (1971). En ny dansk funksjon (Nord-Larsen et al. 2009) angir en noe raskere ungdomsvekst og mer avtakende vekst i alderdommen enn funksjonen fra Syd-Sverige. Vi undersøkte innledningsvis Skog og landskap sine langsiktige forsøk for å vurdere bøkens produksjonsevne. Tilfanget av felter er begrenset, vi har 42 tidsserieobservasjoner fordelt på fem lokaliteter. Lokalklima og jordbunnsforhold for feltene er fordelaktige (jfr. Semb 1983). På forsøksfeltene ligger H₁₀₀ rimelig godt samlet, klasse bøk-25 til 28, eller tilsvarende bonitet II i eldre danske produksjonsoversikter. For feltet i Etne (V-33) lå MAI_{maks} på 6,6 m³/ha/år ved totalalder 64 år, mens feltet i Lomeland (V-181) ennå ikke har kulminert. Middeltilveksten var på 7,4 m³/ha/år ved siste revisjon, ved 78 års alder. De tre feltene østafjells ble nedlagt på 1950- og 60-tallet og hadde en middeltilvekst på mellom 5,5 og 6,0 m³/ha/år, når små innslag av bjørk og gråor medregnes. Tilfanget av langsiktige forsøk i norsk bøk gir for lite grunnlag for å gjøre opp en status for bøkens vekstpotensial. Basert på svenske, danske, tyske og britiske undersøkelser kan vi antyde at bøk på de aller gunstigste lokaliteter i Sør-Norge kan ha en middeltilvekst på inntil 9 m³/ha/år. På gode lokaliteter (rik engbøkeskog, *Dentario-Fagetum*) i Sør-Norge er det mer

rimelig å forvente en middeltilvekst på mellom 5,0 og 8,0 m³/ha/år.

For å estimere produksjonsevne fra høydebonitet har vi benyttet danske, svenske og britiske produksjonstabeller. Sammenhengen mellom høydebonitet i bøk (x) og potensiell produksjonsevne (y) ble beregnet til:

$$Y = 0,4046* (H_{100} \text{ Bøk}) - 2,08 \dots\dots\dots(3)$$

Der høydeboniteten på bøk er H₁₀₀ = 26 m er forventet produksjonsevne 8,4 m³/ha/år, for H₁₀₀=20 m ligger produksjonsevnen på 6,0 m³/ha/år.

3.3.4 Eik

Eik, hvorav sommereik og vintereik er behandlet under ett, er høydebonitert etter sydsvenske funksjoner (etter Björn Hägglund, Carbonnier 1975) med inngang totalalder og overhøyde. For estimering av produksjonsevne (y) fra høydebonitet (x) har vi lagt til grunn Tveite (2004) sine produksjonsoversikter for norsk eik, basert på utviklingen i 29 langsiktige forsøksfelter på Sør- og Østlandet. Maksimal høydebonitet i dette materialet er E28. Produksjonen i norsk eik ligger noe høyere enn i tilsvarende i svenske (Carbonnier 1975) og danske oversikter (Møller 1933, Johanssen 1999). Erfaringsmessig er det slik at behandlingsprogrammet som praktiseres er meget viktig for produksjonsnivået. Eikas masse-tilvekst reduseres med økende hogststyrke, og reduksjonen øker med tiltagende alder. Det opereres med større produksjon i Norge enn i våre naboland som en følge av større treantall, grunnflate og stående volum i siste del av omløpet for det norske eikematerialet. Funksjonsutjevningen er:

$$Y = 0,0013*(H_{100} \text{ Eik})^{2,6515} \dots\dots\dots(4)$$

For bonitet H₁₀₀=28 kan man forvente en produksjon på ca. 9 m³/ha/år, mens H₁₀₀=20 tilsvarer en middeltilvekst på ca. 4 m³/ha/år.

3.3.5 Svartor

Svartor er høydebonitert etter funksjoner for bjørk (etter Lars Strand, jfr. Braastad 1977). Haveraaen et al. (2009) fant at den norske bjørkefunksjonen er dekkende for svartorbestand med alder over 20 år. Funksjonen ligger nært opp til en svensk funksjon for svartor (Johansson 1999). Den svenske bonitetsfunksjonen for svartor på tidligere dyrket mark (Johansson 1999) har inngang totalalder og overhøyde og har et forløp som ligger nært det som angis i tsjekkiske, tyske og belgiske tabeller (Korsun 1966, Schober 1987, Thibaut et al. 2004).

Tabell 1. Høydebonitet for 5 paralleller i platanlønn og vanlig gran, Vest-Norge.

Lokalitet, kommune	H40-gran	SI-platanlønn	Merknader
Alstahaug pls, Alstahaug	15,9	4,6	Regulert holt, noe ujevnt
Erdal, Bergen	24,2	3,6	Ask, hegg og or innblandet
Rådalen, Bergen	23,7	3,7	Hegg, ask og bjørk innblandet
Fjellsiden, Bergen	24,8	2,9	Ask innblandet, holt
Fana prg, Bergen	23,1	3,4	Sml. med yngre gran, aldersdiff 33 år
Gj.snitt (±1 s)	22,3±3,3	3,6±0,6	

I Mitscherlichs (jf Schobers 1987) eldre produksjonsoversikter fra Tyskland er angitt klassene SI I til III, der høyeste bonitet tilsvarer 9,4 m³/ha/år og laveste 5,1 m³/ha/år. I følge Korsun (1966) i Tsjekia holder laveste bonitet 3,0 og nest høyeste bonitet 11,0 m³/ha/år. Basert på disse tabellene og ved å inkludere data fra norske felter med alder over 40 år fremkom følgende funksjonssammenheng mellom høydebonitet og produksjonsevne (y):

$$Y = 0,0624 \cdot (H_{40} \text{ Svartor})^{1,630} \dots \dots (5)$$

Svartor 17 tilsvarer en potensiell produksjon på 6,3 m³/ha/år, mens Svartor 23 tilsvarer PE på 10,3 m³/ha/år.

3.3.6 Platanlønn

Vi høydeboniterte platanlønn etter danske funksjoner i Kjølby et al. (1958), med inngang grunnflateveid middelhøyde og totalalder. Basert på tilvekstoversikter fra Danmark (Kjølby et al. 1958), Tyskland (Nagel 1985) og Belgia (Claessens et al. 1999) tilsvarer bonitet I en middeltilvekst på 12,3 m³/ha/år, mens bonitet IV har en middeltilvekst på 5,8 m³/ha/år. For estimering av produksjonsevne (y) fra høydebonitet ble følgende funksjon anvendt:

$$Y = -2,18 \cdot SI \text{ Platanlønn} + 14,46 \dots \dots (6)$$

4. RESULTATER

4.1 Vanlig gran vs. Platanlønn

Grunnlaget for å vurdere platanlønn vs. vanlig gran er lite, kun fem engangsfelter, og fire av disse er lokalisert i bergenstraktene. Bonitetsspennet for platanlønn er fra SI 4,6 og opp til SI 2,9 (Tab. 1). I parallellene i vanlig gran er tilsvarende (i H₄₀) fra

15,9 til 24,8. Regresjonskoeffisienten er på 0,81. Hovedtyngden av de sørvestnorske kystfelter viser en høyde-aldersutvikling tilsvarende bonitet III, dvs. grunnflateveid middelhøyde ligger på 14–16 m ved 40 års totalalder. Feltene forventes da å ha en potensiell produksjonsevne på ca. 6,5 m³/ha/år når funksjon (6) benyttes.

Der vanlig gran over et omløp har en potensiell produksjon på 11–13 m³/ha/år vil platanlønn kunne produsere 5,5–7,0 m³/ha/år. Forutsetter vi at parallellene gir et representativt bilde og at de danske tilvekstoversikter har gyldighet også i Vest-Norge, vil potensiell produksjon av *A. pseudoplatanus* i gjennomsnitt ligge på 56 % av granas produksjon. Middelfeilen er på ± 3 %. To av platanlønnfeltene som er inkludert er på rik morene, to på skredjord og to på jordbunn av rankertype. Vegetasjonstypen er lågurtedellauvskog på samtlige felter.

4.2 Vanlig gran vs. Bøk

For å vurdere ytelsen i vanlig gran sammenlignet med bøk foreligger data fra 14 paralleller. Seks av bøkefeldene er plantede kulturbestand mens åtte er naturforyngede. Syv av bøkefeldene hadde et svakt utviklet felt- og bunnsjikt (i hovedsak strødedekke), men ble betegnet engbøkeskog/ lågurtedellauvskog. Alle parallellene er engangsfelter og samtlige granfelt er plantet. Bonitetsspennet i gran (H₄₀) er fra G19,1 til G29,9, mens i bøk (H₁₀₀) fra 16,2 til 27,8. Høyest bonitet i bøk viste feltet i Fevang, Sandefjord. Største overhøyde var på et felt med plantet bøk i Fjellsiden, Bergen; 31,2 m. Hovedresultater fra regresjonene er angitt i Tabell 2.

Tabell 2. Resultater fra regresjonsanalyse, høydebonitet, gran (H40) vs. bøk (H100) (n=14 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
1	B-G	- 2,737 ^{ns} + 1,121 x H100 bøk ^{***}	0,85	1,74	8,17
2	G-B	5,049 [*] + 0,769 x H40 gran ^{***}	0,85	1,44	6,73

Sammenhengen mellom bonitet i bøk og gran er høg, regresjonskoeffisienten er på 0,85. Høydebonitet (H_{40}) på 26,0 m i gran vil i følge funksjon 2 til-

svare (H_{100}) i bøk på 25,0 m. Regresjonene knyttet til potensiell produksjonsevne er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Resultater fra regresjonsanalyse, potensiell produksjonsevne, gran vs. bøk (n=14 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
3	B-G	$-5,353^* + 2,496 \times \text{PE bøk}^{***}$	0,84	1,62	14,67
4	G-B	$2,794^{***} + 0,342 \times \text{PE gran}^{***}$	0,84	0,60	9,14

Potensiell PE varierer fra 4,5 til 9,2 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{år}$ i bøk, med et gjennomsnitt på 6,6 ($s=1,4$). I gran er variasjonen fra 5,5 til 19,4 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{år}$, med et gjennomsnitt på 11,1 ($s=4,1$). I gjennomsnitt produserer bøk 63,3 % av det gran produserer på samme voksested. Middelfeilen er på $\pm 2,8$ %. De to feltene som har vist svakest relativ produksjon for bøk sammenlignet med gran er kulturfelter (plantet bøk) i nordvendte lier vestafjells.

4.3 Vanlig gran vs. Ask

Sammenligningen mellom ask og gran omfatter totalt 26 paralleller, fjorten på Østlandet og 10 på Vestlandet og to i kyststrøk nordafjells. Tolv av parallellene er

fra fire av Skog og landskap sine langsiktige forsøksfelt (Moberglien, Loddviken, Fjugstad1, Fjugstad2). Mens feltene østafjells gjennomgående er lokalisert på dyp og finstoffrik morenejord med frisk fuktighet, er feltene vestafjells lokalisert i middels bratte, vestvendte lier med skredjord/morene over fyllittgrunn. Vegetasjonstypene som er representert er or-askskog og lågurtedellauskog. Alle feltene ligger i lavlandet på lokaliteter med gunstig lokalklima, lite utsatt for sommerfrost. Tilfanget i ask har en gjennomsnittsbonitet $H_{40} = 19,3$ m, mens tilsvarende for parallellene i gran er $H_{40} = 23,8$ m (Tab. 4). Sammenhengen mellom bonitet i ask og gran er middels god ($r^2=0,45$). Dersom vi fjerner de to nordligste parallellene på relativt låg bonitet «kollapser» regresjonene.

Tabell 4. Resultater fra regresjonsanalyse, høydebonitet, gran (H_{40}) vs. ask (H_{40}) (n=26 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
5	A-G	$4,529^{ns} + 1,000 \times H_{40} \text{ ask}^{***}$	0,45	2,25	9,45
6	G-A	$7,943^{***} + 0,475 \times H_{40} \text{ gran}^{***}$	0,45	1,55	8,04

Som gjennomsnitt for våre paralleller ligger høydeboniteten for ask 4,5 m lavere enn for gran.

Tabell 5. Resultater fra regresjonsanalyse, potensiell produksjonsevne, gran vs. ask (n=26 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
7	A-G	$3,524^{ns} + 1,558 \times \text{PE ask}^{***}$	0,35	2,09	15,76
8	G-A	$3,021^{**} + 0,243 \times \text{PE gran}^{***}$	0,35	0,82	13,21

I gjennomsnitt ligger potensiell produksjonsevne i ask 7 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{år}$ lavere enn for vanlig gran (Tab. 5). Relativ askeproduksjon er på 48,2 % sammenlignet med gran. Middelfeilen er på $\pm 1,6$ %. De relative forskjellene er størst for vestnorske felter der PE for ask ligger mellom 40 og 50 % av gran, og minst for østlandsfeltene der PE i ask ligger på mellom 50 og 65 % av vanlig gran. Forskjellene mellom de to geografiske gruppene var signifikante ($p < 0,001$).

4.4. Vanlig gran vs. Eik

I alt er det inkludert 14 paralleller i eik vs. gran, fra fylkene Hedmark, Vestfold, Vest-Agder og fra Hordaland. Gjennomsnittsbonitet i eik var $H_{100} = 25,0$ ($s=3,5$), mens den for gran var $H_{40} = 24,5$ ($s=3,2$). Hovedtyngden av eika har høydebonitet mellom Eik 24 og Eik 26, mens for gran ligger hovedtyngden av observasjonene i klassene mellom G24 og G27. Regresjonskoeffisienten mellom høydebonitet i gran og tilsvarende i eik er høg; 0,89. Regresjonene er angitt i tabell 6 og 7.

Tabell 6. Resultater fra regresjonsanalyse, høydebonitet, gran (H40) vs. eik (H100) (n=14 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
9	E-G	2,822 ^{ns} + 0,869 x H100 eik ^{***}	0,89	1,09	4,44
10	G-E	-0,294 ^{ns} + 1,031 x H40 gran ^{***}	0,89	1,19	4,75

Tabell 7. Resultater fra regresjonsanalyse, potensiell produksjonsevne, gran vs. eik (n=14 obs).

Nr	Fra – Til	Regr.koeffisienter	R2	RMSE	CV
11	G-E	-2,610 [*] + 0,679 x PE gran ^{***}	0,86	0,81	11,75
12	E-G	5,119 ^{***} + 1,287 x PE eik ^{***}	0,86	1,11	7,96

Potensiell produksjonsevne i eikebestandene er på 6,9 m³/ha/år (s=2,2), mens den for granskogen ligger på 14,0 m³/ha/år (s=3,0). I gjennomsnitt viser eika en relativ produksjon på 48,0 % av granas produksjon. Middelfeilen er på ± 2,3 %.

(s=1,2). For våre paralleller har svartor vist en relativ produksjon på 63,4 % av granas produksjon. Middelfeilen er på ± 2,8 %. Variasjonen er fra 47 % (Bruserød I) til 68 % (Bruserød II).

4.5. Vanlig gran vs. Svartor

De parallellene vi har inkludert er kulturfelter med svartor og gran på tidligere dyrket mark eller på gjengrodde/tilplantede beitemarker. Opprinnelig bestod materialet av ti paralleller, men tre av disse (Sele, Erdal, Fana prg II)*, alle i bergenstraktene, ble forkastet.

De andre paralleller vi har inkludert i undersøkelsen er med ett unntak felter under 50 år. Vegetasjonstyper er or-askeskog og lågurtedellauvskog. I feltet Bruserød II var alder på svartora 88 år, mens grana var 43 år (Tab. 8).

Mens gjennomsnittsboniteten for gran er G23,9 er tilsvarende for svartor 20,2. For felter i svartor der middeltilveksten ennå ikke har kulminert ligger høydeboniteten en klasse (3 m) under tilsvarende i gran. Gjennomsnittsdifferansen for hele materialet er på 3,7 m. Regresjonskoeffisienten mellom bonitet gran og svartor er lav; 0,36.

Gjennomsnittproduksjonen i gran er på 13,2 (s=0,7) mens tilsvarende for svartor er 8,4 m³/ha/år

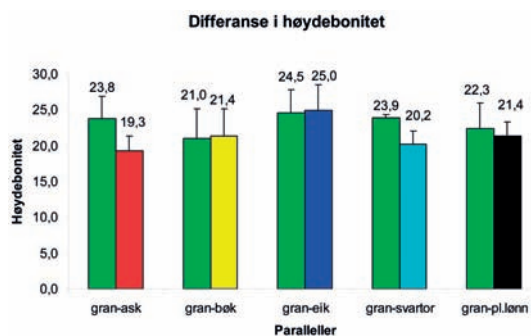
* Forskjellene i høydebonitet skilte seg sterkt ut i forhold til de andre observasjonene. Disse tre observasjonene var knyttet til lokaliteter i ller eller lifot hvor svartorbestand var lokalisert mellom plantefelt av gran og sitkagran, og hvor svartora trolig har kommet opp fra stubbeskudd (dels forekommer flere stammer fra samme rot). Tross samme jorddybde, utgangsvegetasjon og like geologiske forhold viste arealene med svartor større fuktskogpreg enn nabofeltene med gran. Mens svartor viste bonitet 14–16, viste kulturgran bonitet G24-G27.

5. DISKUSJON

5.0. Generelle betraktninger

Avgjørelsen om hvilket treslag som skal dyrkes de kommende 50–150 år vil være knyttet til produksjonsmålet og bør ideelt sett baseres på lokale erfaringer, nøye kjennskap til voksestedet og en kartlegging av i hvilken grad ulike treslag evner å utnytte disse. En viktig del av overveielser blir derfor å klarlegge hvilke treslag som utvikler seg sunt og stabilt samtidig med at de har en stor produksjon og kan gi godt betalte sortimenter for fremtidens marked.

Gjennomsnittlig differanse mellom vanlig gran og de ulike edellauvtrærne i høydebonitet i denne studien var stor (Fig. 3), 3,7–7,5 m konvertert til H40, minst for svartor og størst for eik.



Figur 3. Høydebonitet for de ulike treslagene i undersøkelsen (aritmetisk gjennomsnitt + 1 s). For vanlig gran, ask og svartor er høydebonitet angitt etter H₄₀. For bøk, eik og platanlønn er høydebonitet angitt etter H₁₀₀.

Tabell 8. Høydebonitet for paralleller i svartor og vanlig gran.

Lokalitet	H40-gran	H40-svartor	Diff.
Stend, Hordaland	23,8	20,3	3,5
Grimen, Hordaland	25,2	21,2	4,0
Ås I, Akershus	24,2	21,3	2,9
Ås II, Akershus	23,0	19,8	3,2
Fana prg, Hordaland	23,6	20,9	2,7
Bruserød I, Vestfold	23,3	16,4	6,9
Bruserød II, Vestfold	24,4	21,6	2,8
Gjennomsnitt (± 1 s)	23,9 \pm 0,7	20,2 \pm 1,8	3,7 \pm 1,5

De relative forskjeller øker ytterligere når vi regner om til potensiell produksjonsevne. Resultatene fra denne undersøkelse angir større prosentvise forskjeller enn det som tidligere er rapportert i sammenlignende norske studier mellom vanlig gran vs hengebjørk (Braastad 1983) eller vanlig gran vs osp/gråor (Opdahl 1991, Opdahl & Veidahl 1993). Produksjonsforskjellene er imidlertid noe mindre enn dunbjørk vs gran i Vest-Norge (Øyen & Tveite 1999), og på samme nivå som dunbjørk vs gran i Øst-Norge (Braastad 1983).

Rotrâte utgjør en dyrkningsmessig trussel mot granskogene på de aller beste bonitetene på Sør- og Østlandet (Huse et al. 1994). Frykt for omfattende råteskader, bidrar til at en ikke ubetydelig andel av granskogene på superboniteter avvirkes i god tid før 60–90 års alder, dvs. før middeltilveksten kulminerer. Betydningen av råte er vanskelig å analysere, men vi har her beregnet relative forskjeller på lokaliteter der en praksis med korte granomløp anvendes, for å komme råteutvikling i forkjøpet. Virkningen av å benytte noe kortere omløp i gran er relativt liten. For 66 paralleller i undersøkelsen var relativ produksjon for edellauvskogfelter sammenlignet med vanlig gran 54 % ($s=11$), men med noe variasjon mellom de enkelte artene (Fig. 4).



Figur 4. Relative forskjeller i potensiell produksjonsevne i paralleller med vanlig gran og ulike edellauvtreslag. Aritmetisk gjennomsnittsverdi ± 1 s er angitt.

Med innkortet omløp for gran (funksjon 1b) ble relativ produksjon i gjennomsnitt for edellauvskogfelter økt til 62 % ($s=13$).

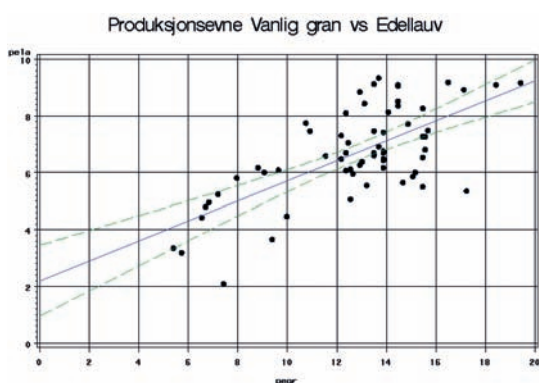
RegClim (2005, 2009) og klimaprognosene for Sør-Norge antyder de kommende 70–100 år en moderat økning i sommertemperatur, lengre vekstsesong, men også mer ustabile temperaturforhold om våren og høsten. Nedbørsforholdene i vekstsesongen forventes å ligge relativt stabilt i innlandet mens de vil øke noe i kyststrøkene. Større oseanitet innebærer på et generelt grunnlag mer fordelaktige vekstvilkår for treslag som bøk, svartor, platanlønn, gran og sitkagran. Større risiko for forsommerørke forventes å favorisere treslag som eik og furu. Å forutsi den samlede virkningen av klimaendringer på treslagene knyttet til etablering, vekst og utvikling på ulik skogsmark fremstår som vanskelig – og vi avstår her fra videre spekulasjoner om dette.

Skjøtsel av edellauvskog skiller seg fra barskogskjøtsel ved at fokuset er flyttet fra den arealmessige produksjon og over til enkelttrær og hvordan man på en kostnadseffektiv måte skal fremskaffe verdifulle enkeltstammer. En forutsetning for edellauvskogbrukets økonomi er at vekstvilkårene er så gunstig at man lykkes med å fremskaffe store dimensjoner innen rimelig tid. Undersøkelsen vi har gjennomført har som premiss at høydeboniteten speiler voksestedets potensial. Selv om det i tallrike undersøkelser er vist å være en god sammenheng (jfr. Skovsgaard & Vanclay 2008) er det viktig å understreke at det i forsøksfelter med samme høydebonitet (og identiske tynningsprogram) også forekommer forskjeller i produksjon og ytelse. Et forhold som påvirker produksjonsevnen er den valgte omløpstid. Vi har i dette arbeidet lagt til grunn en teoretisk modell som foreskriver potensiell produksjonsevne lik middeltilveksten ved kulminasjon.

Skala knyttet til behandlingsenhetene og skogform kan også være av betydning (jfr. Nielsen 2009). Braastad (1983) undersøkte stammevis blandings-

skog av gran, furu, dunbjørk og hengebjørk østafjells og påviste små vekstmessige forskjeller mellom høydebonitet (og potensiell produksjonsevne) for treslagene gran, furu og hengebjørk. Gran produserte inntil 40 % mer enn dunbjørk på de rikeste typene, men forskjellene ble tilnærmet utlignet på lave boniteter. Frivold (1982) fant ingen sikker sammenheng mellom granbonitet og bjørkebonitet på blandingsskogflater i fleretaset skog østafjells. Johansson (2006) fant små forskjeller i H40 i parallell vanlig gran vs gråor, osp eller hengebjørk i sørlige Sverige. Øyen & Tveite (1998) fant derimot betydelige forskjeller i ytelse der vanlig gran og sitkagran var plantet i renbestand og sto side om side med dunbjørk og furu i Vest-Norge. Tilsvarende store forskjeller mellom treslagene i bestand med vanlig gran, furu, dunbjørk og hengebjørk er også vist i Sør-Sverige, der forskjellene imidlertid avtar mot nord og i stor høyde over havet (Ekö et al. 2009).

Undersøkelsen vi har gjennomført har et tyngdepunkt av voksesteder med dyp, næringsrik jord og med frisk markfuktighet, på sommervarme lokaliteter. Til tross for at vi har forsøkt å snevre inn utvalget av voksesteder fremstår spredningen som stor og konfidensintervallet blir dermed forholdsvis bredt, spesielt på de relativt lave og de aller høyeste produksjonsnivåene (Fig. 5). Spredningen kan skyldes flere forhold. Vi mistenker bl.a. raske vekslinger i jordbunn og fuktighetsforhold på korte avstander som en kilde, uten at vi kan kvantifisere graden av dette nærmere i vårt materiale.



Figur 5 Sammenheng mellom produksjonsevne i vanlig gran (pegr) og parallele edellauvskogfelt (pela) angitt i $m^3/ha/år$. Regresjonslinjen er: $Y = 2,194 + 0,352 \times pegr$. Grønne linjer markerer øvre og nedre grense for et 95 % konfidensintervall.

Voksesteder der artene finner mer ugunstige betingelser, for eksempel i forhold til lokalklima, næring og vanntilgang, er i liten grad inkludert i materialet.

Dette kan innebære at nyansene i treslagenes fordringer og krav i begrenset grad kommer til uttrykk. For eksempel oppfattes gjerne eik med sine dype røtter å være tolerant mot tørke og skal tåle «skarpe» jordtyper bedre enn vanlig gran (Frivold 1994, Risdal 2004). På Sørlandet er eik særlig konkurransesterk sammen med furu på knauser og koller, men i forstlig sammenheng opptrer den da gjerne med mindreverdige former*.

For å kunne dyrke frem rettstammede eksemplarer og store dimensjoner (> 40 cm dbh) innen rimelig tid fordrer også eika næringsrik dyp jord, gjerne moldrik leirjord, skredjord eller djup, leirholdig morene (Frivold 1994). Aktuell vegetasjonstype er da i første rekke lågurt-eikeskog.

Bøk og ask regnes for å være blant de mest kravfulle arter i forhold til næring, og de mest voksterlige bestand i Norge finnes i friske leirraviner og i fruktbare daler like i nærheten av Raet. Både ask og bøk har stor evne til å etablere seg på mange voksesteder både i underskog og på beiteland som benyttes ekstensivt. Høeg (1924) beskriver at bøk «kan *trænge ind paa omraader hvor den ikke er i stand til at utvikle værdifulle former...*». Ask synes i dag mange steder i Sør-Norge og i kyststrøk nordenfjells å spre seg inn på hagemark og eng, også på relativt skrinne lokaliteter og der den neppe finner optimale utviklingsmuligheter.

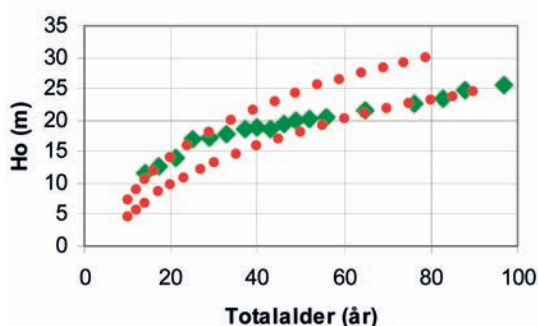
Svartor og platanlønn finnes utbredt på en lang rekke voksesteder fra svært rike over til middels rike markslag, dvs. en relativt vid økologisk amplitude. Også disse to treslagene synes å få best forstlig utvikling på lokaliteter med frisk fuktighet og god næringstilgang (Frivold 1994). Svartor, med sin evne til å binde nitrogen, kan ha et klart fortrinn i forhold til andre treslag på lokaliteter der det organiske materialet er fjernet, for eksempel tidligere dyrka mark. Raskest høyde-aldersutvikling synes den å ha på elvesletter, mens den på lokaliteter med stagnerende grunnvann og på tunge jordarter faller raskere av (Thibaut et al. 2004).

Bonitetsfunksjoner, produksjonsmodeller eller produksjonsoversikter som benyttes utenfor sitt dekningsområde vil kunne påvirke resultatene. Vi har

* Nilsen & Larsson (1992) fant at midlere høydebonitet H_{40} i blåbærikekog målt via gran i Landsskogflater på Sør- og Østlandet var på 14–15 m. De relative låge høydeboniteter for både gran og furu når disse vokser på blåbærikekog indikerer at dette generelt er relativt tørre, fattige voksesteder. Avstanden til bærløng-eikeskog er ikke lang (Risdal et al. 2004; 15). Vi har i denne studien kun inkludert to observasjoner fra blåbærikekog på Sørlandet.

f.eks. brukt bjørkefunksjoner for å bonitere både svartor og ask, da dette synes å ha blitt praksis i Norge de senere år. For begge disse treslagene viser våre langsiktige feltforsøk at det vil kunne oppstå et fall i høydebonitet med alderen, særlig dersom vi boniterer etter at middeltilveksten i bestandene har kulminert. For eldre bestand vil vi dermed lett kunne undervurdere vekstpotensialet, mens vi for unge bestand kan få en motsatt effekt. For svartor (Fig 6) og ask (data ikke vist) opererer vi med et fall i boniteten (etter bjørk) på henimot 6 m over omløp på 80 år.

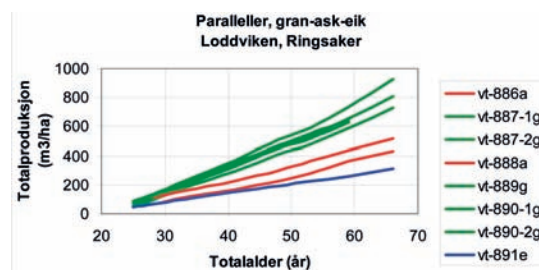
Svartor, Fl.101



Figur 6. Høyde-aldersutvikling for flate 101 Svartor, Søgne (grønn), sml. med høydebonitet etter bjørk B17 og B23 (rød). Frem til 40 års alder var fallet om lag en bonitetsklasse (3 m), fra 40 til 60 år har fallet vært ytterligere en klasse. Etter 60 års alder har høyde-aldersutviklingen samsvart med B17.

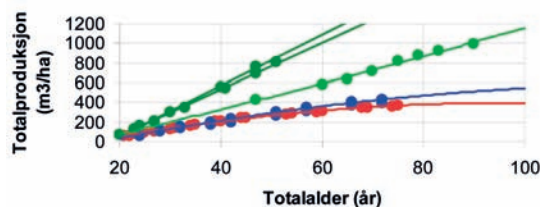
Effekten i PE om H_{40} estimeres til 17 eller 23 utgjør i overkant av $3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$, slik at virkningen av dette kan bli betydelig. For parallellene med ask er det både inkludert unge, middelaldrende og eldre bestand slik at feilen som kan skyldes en slik effekt forventes å være liten. For svartor har vi med ett unntak inkludert unge bestand hvilket innebærer en mulighet for at vi for dette treslaget heller overvurderer enn undervurderer høydebonitet og dermed potensiell produksjonsevne.

Vi har foretatt utjevninger mellom høydebonitet og produksjonsevne der det i produksjonstabellene ligger inne en lang rekke forutsetninger om tetthetsregulering (ungskogpleie, tynningsprogrammer), utgangstetthet, materialer, og omløpstad. I hvilken grad vi kan feste lit til tabellene når de projiseres til andre forhold er usikkert. F.eks. fremkommer det fra to treslagsforsøk at ask hevder seg relativt sett noe bedre enn eik i Ringsaker, mens eika viser høyere produksjon enn ask i Os.



Figur 7. Utvikling i totalproduksjon, treslagsforsøk i Loddviken, Helgøya, Ringsaker. Felt 886 (ask, rød) ligger side om side med to ruter i gran 887 (gran, grønn). Denne er plassert inntil felt 888 (ask, rød) som ligger rett ved flate 889 (gran, grønn). Eikefeltet 891 (blå) grenser inn mot to ruter med gran flate 890.

Paralleller i gran-ask-eik Moberglia, Os



Figur 8. Utvikling i totalproduksjon, treslagsforsøk i Moberglia, Os. Feltene 103 og 174 i ask (rød linje) ligger inntil felt 526 med gran-Harz (mørk grønn). Feltene 237 og 238 med eik (blå linje) grenser inntil flate 369 (gran-østnorsk prov, lys grønt punkt) og flate 390 (gran-Harz, mørk grønn).

Generelt er det slik at produksjonsnivåene løftes noe når vi beveger oss fra sterke tynninger over mot svake tynninger eller uttynnet skog. Flere eldre utenlandske produksjonstabeller forutsetter hyppige tynningsinngrep, hvilket sjelden forekommer i dagens norske praksis. Vekstmessig ligger produksjonsnivåene som regel en god del høyere i de sentrale deler av utbredelsesområdet for arten enn i periferien, og som en hovedregel faller de av fra sør mot nord. Forholdene som er nevnt over kan innebære at vi anslår PE for høyt for treslagene eik, ask, bøk og platanlønn. Nye undersøkelser i unge svartorb Bestand indikerer at vekstpotensialet for treslaget tidligere kan være undervurdert (Kohmann & Lexerød 2004, Haveraaen et al. 2009), men en nærmere konklusjon må utestå til grunnlaget fra eldre bestand blir større. Vi bør tilføye at vi gjennom strategiske materialvalg og foredling har et potensial for å ta ut en vekstgevinst. For lauvtrær har dette i liten grad vært utnyttet, mens vi for vanlig gran i nærmere 50 år har hatt et foredlingsprogram og tatt i bruk mer voksterlige utenlandske materialer. Granhus & Øyen (2009) fant for eksempel at eldre felter med kulturgran på Østlandet av tysk og

østerriksk herkomst hadde mellom 8 og 20 % større middeltilvekst enn stedegen gran og Øyen (2007) fant at vanlig gran fra nordlige Tyskland hadde en produksjonsevne som lå ca. 40 % over østnorske provenienser ved dyrkning i lavlandet vestafjells (se også Fig. 8). De siste tiårenes økte bruk av foredlet materiale i gran kan innebære at vekstmodellene vi har lagt til grunn undervurderer kulturgranens produktivitet.

5.1 Vanlig gran vs. Platanlønn

Materialet i platanlønn vs gran er meget beskjedent, men våre paralleller angir at produksjonspotensialet ligger i samme kategori som for svartor og bøk, på ca. 56 % av vanlig gran. Det presiseres at kun ett av platanlønnbestandene hadde totalalder over 45 år, slik at utvikling i eldre skog bringer inn en ytterligere usikkerhetsfaktor. Utenom spredte observasjoner (Korsmo 1982; Haxthow 1998; Lundberg 2002; Øyen 2005) kjenner vi ikke til at det er gjennomført vurderinger av platanlønnas produksjonspotensial i Norge. Det finnes en rekke undersøkelser av platanlønnens i vekst i Danmark. Jørgensen (1998) angir bl.a. at platanlønnen starter raskt, men at den har en tendens til å falle fort av i høydevekst sammenlignet med bøk og eik. I fem treslagsforsøk i Danmark ble den av andre løvtrær, målt over de første 18 år, kun forbigått av hybridosp og lind. Platanlønn synes å vokse bra på de fleste jordarter, særlig der finpartikkelinnholdet er høyt. Et unntak er utpregede fuktskogområder og lokaliteter med høytliggende grunnvannsspeil (Jørgensen l.c., Jensen et al. 2008). I en undersøkelse i Sykkylven, Sunnmøre, fant Haxthow (1998) at frittstående trær kunne nå en maks stubbediameter på 60 cm etter 50 år. Korsmo (1982) viser til utenlandsk litteratur som angir at løpende tørrstoffproduksjon i platanlønn kan komme opp i 6 til 10 tonn per hektar og år, og at rask ungdomsvekst gir arten et potensial i energiskogbruket.

Vekstresultatene i denne studien gir en pekepinn om at platanlønn i Vest-Norge, som i Mellom-Europa, Danmark og på de Britiske øyer (jf. Hein et al. 2009), vil passe godt i friske, rike blandings-skoger sammen med ask, eik, svartor, gråor, selje, dunbjørk, vanlig gran og edelgran. Treslaget er neppe like godt egnet på tørre og fattige voksesteder med eik, furu, hengebjørk og osp. I alm-lindeskog er det grunn til å anta at den vil innta en beskjeden plass, da i første rekke som underskog sammen med hasel. I bøkeskog og i tidligere kulturfelter med gran,

sitkagran og edelgran vil den først og fremst kunne spille en dominerende rolle i tidlige suksesjonsfaser. I typisk klimaksskog vil platanlønnens andeler være beskjedne.

5.2 Vanlig gran vs. Bøk

Våre paralleller angir at bøken har en produksjonsevne som ligger på 2/3-deler av vanlig gran. Resultatene er noe svakere enn det som angis i Børset (1962, 1985) og som hevder, uten referanser, at volumproduksjonen i bøk vil nå 70–90 % av hva gran kan prestere. Langhammer (1969) hevder at tørrstoffproduksjonen i bøk overstiger tilsvarende i gran på beste bonitet. Det er grunn til å anta at begge forannevnte forfattere bygger sine vurderinger på mellomeuropeiske sammenligninger, hvor bøken relativt sett har bedre vekstvilkår enn i Sør-Norge. IFS (1985; 84) har oppstilt «middeltørrstoffproduksjon» i stammeved der bonitet II i bøk er sammenlignet med G23 og G20 i gran. Bøk og gran kommer da ut rimelig likeverdig i tørrstoffproduksjon hvor bøk (II) har en middeltilvekst tilsvarende 4,6 tonn t.s. per hektar, mens G23 produserer 4,7 tonn t.s. per ha. I Danmark har Thorsen & Strange (2003) lagt til grunn at bonitet I i vanlig gran tilsvarer bonitet I i bøk. Forfatterne kalkulerer med en betydelig gevinst ved å skifte fra gran til bøk, vesentlig som en følge av at karboninnholdet i en kubikkmeter med bøk er betydelig større enn i gran. Holtan-Andersen (1985) er mer nøktern i sine vurderinger og antyder at bøken har en middeltilvekst på om lag 2/3 av granens. Carbonnier & Hägglund (1969) oppgir, med data fra 36 parvise sammenligninger mellom gran og bøk, at når bøkebonitet H_{100} er på 30 vil granens bonitet ligge på $H_{100} = 34$, og når bøkebonitet $H_{100} = 20$ vil granens bonitet være $H_{100} = 30$. Etter svenske produksjonsmodeller tilsvarer en granbonitet $H_{100} = 34$ på 12,6 sk $m^3/ha/år$, mens $H_{100} = 30$ tilsvarer 10,2 $m^3/ha/år$. Bøk 30 tilsvarer en PE på 8 $m^3/ha/år$. Bøkens relative produksjon ligger med andre ord i underkant av 63 % av granas. Resultatet vi finner for Sør-Norge ligger i så måte kloss inntil det som Carbonnier & Hägglund (1969) tidligere har angitt fra Sør-Sverige.

5.3 Vanlig gran vs. Eik

Våre paralleller angir at eik har en gjennomsnittlig produksjonsevne på 48 % av vanlig gran. Dette er noe bedre enn det Møller (1933) angir fra Danmark

der eika produserte 33 % av gran på de laveste boniteter, og opp til 44 % på de beste. Senere satte samme forfatter opp en tabell som bygget på en rekke sammenligninger av gran-bøk-eik i Danmark (Møller 1965; 405). Beste bonitet (I) for bøk med PE på $9,8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ (120 år) tilsvarte $6,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ i eik (150 år) og $14,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ i gran (70 år). For bonitet II og III, og mer i samsvar med norske forhold, ligger eikens ytelse på hhv 5,7 til $5,0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$, mens tilsvarende i gran er 13,0 og $11,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$. Etter Møllers angivelser har eik m.a.o. en produksjonsevne som ligger på 43–44 % av granas.

Buestad (1961) sammenlignet gran og eik på Sørlandet og har i en utjevningfunksjon antydnet at Sørlandseika over 100 år på god mark produserer $5,75 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$. På de beste marker (A-bonitet) vil eikas produksjon da utgjøre 47 % av granas. Bauger et al. (1963) angir at eikefeltene på Vestlandet har bonitet tilsvarende Møllers bonitet II, mens grana på samme sted viste bonitet I etter Vestlandstabellene. Møllers bonitet II har oppgitt en middeltilvekst på $5,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$, mens Vestlandstabell bon I for gran angir $14,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$.

Skovsgaard & Jørgensen (2004) fant i et forsøk på «heden» i Midt-Jylland og frem til 35 års alder at i forhold til spisslønn hadde bøk kun produsert 30 %, eik 41 % og platanlønn 75 % av vedmassen. Kun spisslønn og vintereik ble oppgitt å ha tilfredsstillende kvalitet. Jørgensen (2007) har for 13 unge treslagsforsøk i Danmark på dyrket mark og etablert i 1965 sammenstilt hovedresultatene frem til 1991. Med tilveksten i gran satt til 100 %, 26 år etter planting, oppviste bøk en relativ produksjon på 58 % (variasjon fra 35–80 %) og eik en relativ produksjon på 52 % (variasjon fra 23–82 %).

Resultatene fra våre paralleller gir rimelig god overensstemmelse med forannevnte undersøkelser. Eik på svært gode boniteter i Sør-Norge vil normalt oppnå en potensiell produksjonsevne som ligger noe under halvparten av granas. Det bør her poengteres at det er en mulighet for at våre paralleller ikke gir et helt dekkende bilde av eik på næringsmessig intermedieære og «skarperer marker» (jfr. Ording 1944).

5.4. Vanlig gran vs. Ask

Langsiktige forsøk i ask (Søgne, Fåberg, Borre, Os) har vist at den starter raskt og de første 20 år kan ha en løpende tilvekst fullt på høyde med vanlig

gran. Senere faller den betydelig av og middeltilveksten kulminerer som regel mellom 40 og 60 års alder. Veksten påvirkes sterkt av utgangstetthet og tynningsprogram. Ved 80 års alder har middeltilveksten i ask falt til et nivå som ligger mellom 43 og 63 % av granas middeltilvekst.

Tidsseriene fra våre langsiktige forsøksfelter i ask (Fjugstad, Moberglia, Søgne, Askebakken) viser fallende høydebonitet med økende alder, dvs. liten bonitetsstabilitet ved bruk av bjørkefunksjonene. To forsøksruter i Ringsaker angir et motsatt forløp. Forholdet underbygger behovet for å validere og eventuelt utvikle nye bonitetsfunksjoner for ask. Vår foreløpige konklusjon er at vi ved å benytte bjørkefunksjonen risikerer å overbonitere ung ask, og underbonitere i eldre bestand.

Bauger & Robak (1963) angir at de vestnorske forsøkene i ask har en utvikling tilsvarende bonitet II på lokaliteter der granen har vist bonitet I etter Vestlandstabellene. Der forventet produksjon i gran er $14,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ er den i ask $5,8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$. Generelt hevder forfatterne at Østlandet har bedre vekstvilkår for ask enn Vestlandet. Møller (1965) angir fra Danmark at ask ligger om lag 25 % lavere i middeltilvekst ved 80 års alder sammenlignet med eik og ved samme høyde. Braastad (1982) hevder at ask på de beste voksesteder produserer det samme som hengebjørk. Nedkvitne & Gjerdåker (1993; 84) baserer sine sammenligninger på 'forstlig skjønn' og hevder at relativ ytelse for ask vs. gran på lokalitetene Moberglia, Fjugstad og Askebakken ligger på hhv. 33 %, 71 % og 64 %. Resultatene fra våre paralleller viser at relativ produksjon for ask er omtrent som for eik med en forventet produksjonsevne på om lag halvparten av for vanlig gran.

5.5 Vanlig gran vs. Svartor

Det viste seg vanskelig å finne velegnede sammenligningsfelter mellom svartor og gran. I typisk svartor-strandskog er gjerne svartor utbredt i sonen nærmest vassdrag og ferskvann og med andre voksestedsbetingelser enn nabobestand med gran-skog. Ellers synes svartor å ha en forkjærlighet for «forstyrrede» kulturarealer, hvor humus og mineraljord har blitt blandet. Å sammenligne slike felt med omkringliggende gran på skogsmark kunne i utgangspunktet se lovende ut, men etter nærmere vurderinger viste forholdene seg lite balansert og utleggingen måtte oppgis. Et beskjedent utvalg av felter medfører at konklusjonene vi kan trekke av

parallelle og deres differanser ikke kan føres for langt.

Svartor viser, som ask, en meget rask ungdomsvekst, med størst høydetilvekst i alderen 12–20 år. Volumtilveksten i svartor kulminerer tidlig, som regel ved 35–45 års alder. For å kunne dyrke frem grove, verdifulle dimensjoner må bestandene gjerne stå frem til 60–70 års alder, og middeltilveksten vil avta. På de aller beste voksesteder for svartor i Norge kan vi antakelig oppnå en middeltilvekst over 40 år på 10–11 m³/ha/år. Skog og landskap har et titalls yngre proveniensforsøk i svartor, men kun ett forsøk (Felt 101, Søgne) er fulgt gjennom hele omløpet (fra 14 til 97 års totalalder). For dette feltet har høydeboniteten etter bjørk vært fallende med alder, hele seks meter (Fig. 6). MAI_{maks} på 8,3 m³/ha/år for feltet inntraff ved totalalder 40 år.

I Sør-Sverige har Johansson (2006) laget konverteringsfunksjoner etter H₄₀ basert på 21 paralleller med svartor-gran. Der svartor viste bonitet 15 var forventet bonitet i gran 19 og når granboniteten var 29 var tilsvarende i svartor 25. Høydebonitetsdifferansen i denne svenske undersøkelsen er i bra samsvar med de forskjeller vi har funnet i det sør-norske materialet.

Sammen med bøk, hengebjørk, osp og utvalgte poppelarter er svartor det lauvtreslaget som over et normalt omløp i skogbruket har størst relativ volumproduksjon i forhold til vanlig gran, og særlig på tidligere jordbruksarealer og lokaliteter hvor svært korte omløp kan være ønskelig fremstår svartor som et godt alternativ. At den synes å stå seg relativt bra mot hjortedyrbeiting sammenlignet med andre lauvtreslag (jf. Rytter & Werner 1998, Fennessy 2004) er en annen dyrkningsegenskap som man kan velge å vektlegge.

6. KONKLUSJON

Følgende hovedtendenser kommer frem fra vår analyse av parallelle bestand med edellauvskog vs. vanlig gran på superboniteter i Sør-Norge:

- Høydeboniteten (H₄₀) for svartor, ask, platanlønn, bøk og eik ligger 3,7–7,5 m under tilsvarende for vanlig gran på samme voksested.
- Differansen i høydebonitet ved 40 års referansealder er minst mellom vanlig gran og svartor, størst mellom vanlig gran og eik.
- På gunstige voksesteder i den norske edellauvskogsonen er vanlig gran de edle lauvtrærne overlegne hva gjelder volumproduksjon.

- Der potensiell produksjonsevne i vanlig gran benyttes som referanseverdi har bøk og svartor en relativ produksjon i underkant av 2/3-deler, mens eik og ask har om lag halvparten av granens produksjonsevne. Platanlønn inntar en mellomstilling. For svartor, ask og platanlønn er det forutsatt omløpstider som er kortere eller lik som vanlig gran, for eik og bøk betydelig lengre omløpstid enn for vanlig gran.
- Funksjonene kan benyttes som praktiske verktøy for å estimere produksjonsmessige gevinster eller tap knyttet til spesifikke treslagsvalg

7. ETTERORD

Denne studien har blitt utført som en del av prosjektet: «Er dagens skogbehandling på høgbonitetsarealene på Sør- og Østlandet bærekraftig?» Arbeidet har blitt finansiert gjennom en bevilgning fra Utviklingsfondet for skogbruket i årene 2008 og 2009 samt en grunnbudsjetbevilgning i 2011. Prosjektet har hatt anledning til å dra nytte av Skog og landskap sin portefølje av langsiktige feltforsøk. Arealer har i over 90 år blitt stilt til disposisjon for skogforskningen av velvillige og engasjerte skogeiere. Stig Støtvig og Robert Andersen har vært sentrale i felt- og laboratoriearbeidet. Kolleger ved seksjon skogproduksjon ved Skog og landskap har gitt konstruktive innspill. Til alle rettes herved en varm takk.

REFERANSER

- Alban, D.H. 1985. Volume comparison of pine, spruce and aspen growing side by side. North Central Forest Exp. Station, USDA. Research Note NC-327, 6 s.
- Almgren, G. 1990. *Lövskog. Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård*. Skogsstyrelsen, Jönköping. 261 pp.
- Andreassen, K. & Tomter, S. 2002. Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway. *For. Ecol. Manage.* 180 (2003), 11–24.
- Andreassen, K., Eid, T. & Tomter, S. 2008. Bestandstilvekstmodeller for «alminnelig» ensaldret skog i Norge. *Forskning fra Skog og landskap* 6/08, 1–19.
- Bauger, E. & Robak, H. 1963. Har Vestlandet spesielle muligheter for produksjon av edlere lauvtrær? *Tidsskr. Skogbr* 71, 218–246.
- Bollandsås, O.M. 2007. *Uneven-aged forestry in Norway: inventory and management models*. PhD-thesis. Univ. Of Life Sciences 2007: 30.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. *Medd. Nor. Inst. Skogforsk.* 31.9, 362–537.

- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Avdeling for skogbehandling og skogproduksjon. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 1/77.17 s.
- Braastad, H. 1982. Treslagsvalg – produksjonsevne. Tidsskr Skogbr 90, 165–172.
- Braastad, H. (red). 1993. *Lauvskog. Bestandspleie*. Temahefte fra Skogbrukets kursinstitutt, 28 s.
- Braathe, P. 1984. Development of regeneration with different mixtures of conifers and broadleaves I. Rapp. Nor. Inst. Skogforsk 11/84, 20 s.
- Braathe, P. 1985. Development of regeneration with different mixtures of conifers and broadleaves II. Rapp. Nor. Inst. Skogforsk 8/88, 50 s.
- Børset, O. 1962. *Norske skogstrær. Bind II. Skogbruksboka*. Skogforlaget AS, Oslo. [s 63–96].
- Børset, O. 1985. *Skogskjøtsel-skogøkologi*. Landbruksforlaget, Oslo. 494 s.
- Børset, O. & Langhammer, Aa. 1966. Vekst og produksjon i bestand med gråor. Meld. Nor. Landbr. Høgsk. 45(24),1–35.
- Carbonnier, C. 1971. Yield of beech in Southern Sweden. *Studia For. Suecica*. 91. Royal College of Forestry, Stockholm. 89 p.
- Carbonnier, C. 1975. Produksjonen i kulturbestand av ek i sødra Sverige. *Studia For. Suecica* 125, 89 s.
- Carbonnier, C. & Häggglund, B. 1969. En jämførelse mellan bokens och granens volym- och värdeproduktion. Rapp. Upps. Inst. Skogsproduktion, Skogshøgskolan 17/69, 89 s + vedlegg.
- Claessens, J., Pauwels, D., Thibaut, A. & Rondeux, J. 1999. Site index curves and autoecology of ash, sycamore and cherry in Wallonia (Southern Belgium). *Forestry* 72, 171–182.
- DNS 1967. [Red. Peder Braathe]. *Det norske Skogforsøksvesen gjennom 50 år*. Jubileumsberetning. Vollebakk, Ås. 350 s.
- Eggum, E.T. 2009. Ask kan havne på rødlista. *Norsk Skogbr.* 7/8, 28–29.
- Ekö, P.M., Johansson, U., Petersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B., & Frisk, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce, Scots pine and Birch in different regions in Sweden. *Scan. Jour. For. Res.* 23: 307–318.
- Fottland, H. 1985. Lauvkogen – ein lite utnyttta ressurs. *Aktuelt St. Fagtj.* Landbr. 3/85, 113–116.
- Frivold, L.H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandingsskog av bjørk og gran i Sydøst-Norge. *Meld. Nor. Landbr. Høgsk.* 61.18, 1–108.
- Frivold, L.H. 1994. *Trær i kulturlandskapet*. Landbruksforlaget, Oslo. 224 s.
- Granhus, A. & Øyen, B.-H. 2009. Vekst, produksjon og klimarelaterte skader i fem proveniensforsøk med gran på Østlandet. *Forskning fra Skog og landskap* 5/09, 1–22.
- Haveraaen, O. & Sandnes, A. 2007. Vekstreaksjoner etter tynning i lauvskogbestand med forskjellig tetthet. *Forskning fra Skog og landskap* 5/07, 1–19.
- Haveraaen, O., Heggertveit, J. & Sandnes, A. 2009. Høydeutvikling, bonitet og produksjon hos svartor, gråor og ask på Østlandet og Vestlandet. *Forskning fra Skog og landskap* 2/09, 1–16.
- Häggglund, B. 1981. Evaluation of forest site productivity. *Forestry Abstract* 42, 515–527.
- Hein, S., Collet, C., Ammer, C., Goff, N.L., Skovsgaard, J.-P., & Savill, P. 2009. A review of stand dynamics and growth of *Acer pseudoplatanus* L. in Europe: implications for silviculture. *Forestry* 82 (4), 361–386.
- Holten-Andersen, P. 1985. Prinsipper for optimalt træartsvalg. *Medd. Dan. Skovbr. Inst.* 4/85, 1–24.
- Holten-Andersen, P. 1989. Danish yield tables in the past century. *Det forstlige forsøgsvæsen, Danmark, XLII* (2), 71–145.
- Huse, K.J., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. *Rapp. Skogforsk* 23/94, 1–26.
- Fennessy, J. 2004. Common alder (*Alnus glutinosa*) as a forest tree in Ireland. *Coford, Connects RM* 8, 1–4.
- Gløersen, F., Lian, T. & Risdal, M. 1956. *Eika i norsk skogbruk*. Utgitt av Det norske Skogselskap, Oslo. 127 s.
- Gobakken, T. 2000. *Economical and biological production possibilities of broadleaves in long term forest production analyses*. PhD-thesis, Norw Agr. Univ. 34/2000.
- IFS 1977. *Bjørk, osp, or. Veiledning for det praktiske skogbruken*. Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole. 3 opplag [utgitt 1985]. 187 s.
- Jahren, I. 2009. Hva skal vi gjøre med grana? *Skogeieren* 9/09, 20–23.
- Jensen, J.K., Rasmussen, L.H., Raulund-Rasmussen, K. & Borggard, O.K. 2008. Influence of soil properties on the growth of sycamore (*Acer pseudoplatanus*) in Denmark. *Eur J Forest Res* 127, 263–274.
- Johanssen, V..K. 1999. *A growth model for oak in Denmark*. PhD-thesis. Royal Vet. Agr Univ., København, Denmark. 197 s.
- Johansson, T. (1999). Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scan J For Res* 14, 441–453.
- Johansson, T. (2006). Site index conversion equations for *Picea abies* and five broadleaved species in Sweden: *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Betula pendula*, *Betula pubescens* and *Populus tremula*. *Scan J For Res* 21, 14–19.
- Jørgensen, B. B. 1998. Dyrkningsefaringer for ær basert på langsigtete forsøg. *Skoven* 2/98, 65–69.
- Kohmann, K. & Lexerød, N. 2004. Proveniensforsøk med svartor (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) i Norge. *Rapp. Skogforsk*. 3/04, 28 s.
- Korsmo, H. 1982. Det grønne alternativ. *Skogeieren* 1982, 9, 10, 11.
- Korsun, F. 1966. Volume and yield tables for alder. *Lesnictvi* 12: 839–856. [Ikke sett, referert av IFS 1977].
- Kjølbj, V. 1958. *Ær. Naturhistorie, tilvekst og hugst*. Utgitt av Dansk Skovforening, København. 126 s.
- Langhammer, Aa. 1969. Hvor mye produserer våre treslag? *Norsk Skogbruk* 15(2/69), 41–44.
- Lundberg, A. 2002. The challenge of management of invasive species in invasional ecosystems. The case of *Acer pseudoplatanus* L. in a deciduous forest of western Norway. *Acta Geogr. Serie A* No. 2, 57–73.
- Møller, C.M. 1933. Boniteringstabeller og bonitetsmessige tilvekstoversikter af 1933 for bøg, eg og rødgran i Danmark. *Dansk Skovf. Tidsskr* 18, 537–623.
- Møller, C.M. 1965. *Vore Skovtræarter og deres dyrkning*. Dansk Skovforening, København. 552 s.
- Møller, C.M. & Nielsen, C. 1959. Bonitetsvise tilvekstoversikter for ask i Danmark ca. 1950. *Dansk Skovf. Tidsskr* 35, 340–401.
- Mørkved, K. L. 1951. Askeforekomster i Nord-Trøndelag. *Tidsskr Skogbr* 59, 125–145.
- Nagel, J. 1985. Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. *Dissertation, Univ. Göttingen*.

- Nigh, G.D. 1995. The geometric mean regression line: a method for developing site index conversion equations for species in mixed stands. *For. Sci.* 41: 84–98.
- Nigh, G.D. 1995. Site index conversion equations for mixed species stands. Research report 01(1995) Province of BC, Ministry of Forest Research Program. 20 s.
- Nigh, G.D. & Krestov, P. 1999. Site index conversion equations for mixed Black spruce-Lodgepole Pine Stands. BC, Ministry of Forestry, Extension Note 39, 3 s.
- Nielsen, C.N. 2009. Skov- og bevoksningsstrukturer, vedkvalitet, stabilitet, plejekontinuitet og klimatilpasning. *Dansk Skovf. Tidsskr.* 93 (1/09), 3–55.
- Nilsen, P. & Larson, J.Y. 1992. Bonitering av skog ved hjelp av vegetasjonstype og egenskaper ved voksestedet. *Rapp. Skogforsk* 22/92, 1–43.
- NISK 1992. [Red. B. Halvorsen]. Norsk institutt for skogforskning 75 år. *Rapp Skogforsk* 12/92, 234 s.
- NOLTFox 2009. [www.metla.fi/noltfoot].
- Nord-Larsen, T. 2006. Developing site index curves for European beech in Denmark *For. Sci.* 52, 173–181.
- NVLF 1976. Forskning vedrørende lauvtreproduksjon. NVLF-utredning nr. 80, 67 s.
- Ording, A. 1944. *Emner fra skogforskningen. 1. Skogbotanikken*, LDs skogkontor, Det norske Skogforsøksvesen. Grøndal og Søn, Oslo. 244 s.
- Opdahl, H. 1991. Skjøtsel og produksjon, *Osp. Aktuelt fra Skogforsk* 10–91, 69–74.
- Opdahl, H. 1992. Bonitet, vekst og produksjon hos osp i Sør-Norge. *Medd. Skogforsk* 44, 1–44.
- Opdahl, H. & Veidahl, A. 1993. Gråor – produksjon og økonomi. *Aktuelt fra Skogforsk* 5–93, 7–10.
- RegClim2005. Norges klima om 100 år. Usikkerhet og risiko. [http://regclim.met.no].
- RegClim2009. Klima i Norge 2100 – hva skjer? [http://nou-klimatilpassing.no]
- Rytter, L. & Werner, M. 1998. *Lösam lövskog – steg for steg*. Skogforsk, Sverige. 43 s.
- Schober, R. 1987. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. J. D. Sauerlanders Verlag, Frankfurt. 166 s.
- Semb, G. 1983. Jordundersøkelser i norske bølge- og eikeskoger. *Jord-Myr* 7, 25–70.
- Skinemoen, K. 1943. *Lauvskog*. Det norske Skogselskap, Grøndahl & Søn, Oslo. 140 s.
- SKOG 2007. (reds. Larsson, J.Y & Hysten, G.). *Skogen i Norge*. Viten fra Skog og landskap 1/07, 91 s.
- Skogforsk 2009. [Red. S. Woxholtt]. *Skogforskningens historie 1967–2006*. Norsk institutt for skog og landskap, Ås. 219 s.
- Skovsgaard, J.-P. 2007. *Dyrkning af eg i Danmark*. Fører for Seksjon Skogproduksjon, Skog og landskap, Utfert til Bregentved, 8. maj 2007. 58 s.
- Skovsgaard, J.-P. & Jørgensen, B.B. 2004. Bøg, eg, ær, løn og røddeg på midtjysk hedeflate. *Dansk Skovf. Tidsskr.* 2/04, 39–56.
- Skovsgaard, J.-P. & Vanclay, J.K. 2008. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry* 81 (1), 13–44.
- Solberg, S. 2004. Summer drought: a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. *Forest Pathology* 34: 93–104.
- Solberg, S. & Dalen, L.S. 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkningsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07, 1–42.
- Solheim, H. & Thomsen, I.M. 2008. Askevisning, en trussel mot ask? *Park og Anlegg* 7(4), 20–21, 23.
- Thibaut, A., Classens, H. & Rondeux, J. 2004. Site index curves for *Alnus glutinosa* L. Gaertn in Southern Belgium: effect of site on curve shape. *Forestry* 77 (2/04), 157–171.
- Tveite, B. 1977. Bonitetskurver for gran. *Medd. Nor. Inst. Skogforsk* 33,1–84.
- Tveite, B. 1977b. Foreløpige retningslinjer for bonitering etter nytt bonitetssystem. *Rapp. 4/77*, Avd. for skogbehandling og skogproduksjon, NISK. 9 s+tillegg.
- Tveite, B. 2004. Produksjon i norsk eikeskog. S. 27–34. I: *Eika. Skjøtsel og bruk*. Skogbrukets kursinstitutt, Honne.
- Vanclay, J. 1992. Assessing site productivity in tropical moist forest. A review. *For. Ecol. Manage.* 54, 257–287.
- Øyen, B.-H. 2000. Naturlig avgang i gran og furuskog. *Rapp. Skogforsk* 3/00, 1–24.
- Øyen, B.-H. 2001. Skjøtsel og kvalitetsproduksjon i bjørk. *Aktuelt fra Skogforsk* 6/01, 22–24.
- Øyen, B.-H. 2002. Bestandsutvikling og produksjon i utynnede plantefelt med gran på Vestlandet. *Rapp. NLH* 1/02, 42–51.
- Øyen, B.-H. 2005. Gjengroingskog, problem eller ressurs? – En pilotstudie fra Hordaland. *Rapp. Skogforsk* 1/05, 22 s.
- Øyen, B.-H. 2007. Provenienser, vekst og egenskaper for gran (*Picea abies* L. Karst) på Vestlandet. *Viten fra Skog og landskap* 2/07, 13–22.
- 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.
- Øyen, B.-H. & Øen, S. 2000. Ask – et treslag med store dyrkningsmuligheter? *Norsk Skogbruk* 46 (9/00), 23–25.
- Øyen, B.-H., Støtvig, S., Birkeland, T. & Øen, S. 2008. Vekst og produksjon av treslag i kystskogene. *Oppdragsrapp. Skog og landskap* 1/08, 20–32.

Forfatterinstruks for Forskning fra Skog og landskap

- Manus skrives i Word 12 punkt skrift med 1 ½ linjeavstand, ren tekst; uten bruk av stiltyper i word.
 - » Forord
 - » Sammendrag
 - » Innledning
 - » Materiale og metode
 - » Resultat
 - » Konklusjon/diskusjon
 - » Litteratur
- Titler skal identifiseres ved hjelp av nummerering; 1., 1.1., 1.2., 2., 2.1., osv.
- Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- Latinske navn skal skrives i kursiv.
- Som desimalskille i tall skal det brukes komma på norsk og punktum på engelsk.
- Alle tabeller og talloppsett som skrives i Word, skal være med tabellfunksjonen (ikke bruk tabulator), og plasseres i teksten der det skal stå.
- Alle tabeller, figurer og bilder som er laget i andre programmer enn Word, skal vedlegges i sitt originale filformat. Velg gode størrelser i fontene så figurene beholder sin lesbarhet når de skaleres/nedfotograferes.
- Merk i manuset hvor tabeller/bilder/figurer i annet format enn Word skal inn. Skriv også inn tabell/bilde/figuratekst her.
- Strektykkelsen i figurer og grafer må ikke være mindre enn 0,11 mm, det vil si ¾ punkt.
- Tenk lesbarhet i grafer. Farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart/hvit gjengivelse.
- Redaktøren tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien.

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

tlf.: +47 64 94 80 00
faks: +47 64 94 80 01

nett: www.skogoglandskap.no

REGIONKONTOR
NORD-NORGE

adr.: Skogbrukets hus
NO-9325 Bardufoss

REGIONKONTOR
MIDT-NORGE

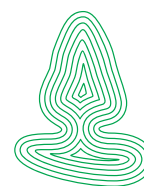
adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås



skog+
landskap

