



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Lønnsomhet ved grøfterensk etter hogst

NIBIO RAPPORT | VOL. 5 | NR. 115 | 2019



Harald Kvaalen
Divisjon for skog og utmark

TITTEL/TITLE

Lønnsomhet ved grøfterensk etter hogst

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Harald Kvaalen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
14.10.2019	5/115/2019	Åpen	11126	18/00434
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02407-1	2464-1162	23		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Skogkurs

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Bjørn Helge Bjørnstad

STIKKORD/KEYWORDS:

Skogskjøtsel, skogproduksjon, drenering, nåverdi

Silviculture, growth & yield, drainage, net present value

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skogforvaltning

Forest management

SAMMENDRAG/SUMMARY:

I Norge har store skogarealer tidligere blitt grøftet fordi grunnvannstanden var så høy at den hemmet skogens vekst. Dels er dette myrjord, dels fastmark. Når skogen på slike areal hogges går vegetasjonens vannforbruk mye ned, grunnvannstanden stiger og dette kan hemme veksten i foryngelsen av bar- og løvtrær. Undersøkelser i Finland antyder at stående volum må komme opp i ca. 100 kubikkmeter per hektar før trærne trekker ut så mye vann at veksten ikke lenger blir negativt påvirket av høy grunnvannstand. I samband med hogst kan det derfor være aktuelt å renske grøftene. Hvorvidt dette er lønnsomt eller ikke avhenger av hvor mye og hvor lenge veksten blir hemmet av høy grunnvannstand. Spørsmålet er hvor mye produksjon av volum og verdi tapes ved at skogens vekst forsinkes ett gitt antall år? For å belyse dette har vi simulert produksjon når skog av bonitet G11 til G29 vokser uten at veksten hemmes og når den vokser tilsvarende G8-G11 fram til den er fem til femti år, i fem års intervaller. Simuleringene er gjort med bruk av Blingsmos modell for volumtilvekst for ensaldret granskog, kombinert med en modell for høydevekst i plantet gran (Nord Larsen mfl. 2009) og forutsatt at årlig avgang er 0,5 prosent av tretallet fram til selvtynningen slår inn. Selvtynningen er forutsatt å følge konstant S-prosent som etter Braastads (1977) program 8 for selvtynning.

Simuleringene viste at forsinket høydevekst i starten gir opphav til at skogens bonitet vil bli undervurdert hvis denne fastsettes med bruk av brysthøydealder og overhøyde. Dette skyldes at tapt vekst aldri hentes inn igjen og at alderen øker rettlinjert, mens høydeveksten avtar med alderen. Tendensen til underbonitering vil derfor tilta med økende alder og med tiden trærne har stått undertrykt. Ved bonitering i eldre skog som har hatt forsinket ungdomsvekst på grunn av høy

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

grunnvannstand, skygge fra overstandere av lauv- eller bartrær, kan dette gi opphav til stor underbonitering og feilvurderinger av optimalt investeringsnivå for neste omløp.

Simuleringene viste et rimelig godt samsvar med målte volum i norske og tyske forsøk, og med aggregerte tilvekstdata fra Landsskogtakseringens fylkestakster. På høy bonitet, G26, vil det være mulig å produsere 1000 kubikkmeter stående volum med 56 års omløpstid. Hvis veksten på G26 vokser tilsvarende G11 i tyve år vil stående volum bare være under en tredjedel ved samme alder. For G14 regnes hogstmodenhetsalderen vanligvis til å være 100 år. Ved denne alder skulle G14 ha 619 kubikkmeter stående volum med bark per hektar, dersom veksten ikke har blitt hemmet. Veksthemming tilsvarende G8 i tretti år reduserer stående volum til 371 kubikkmeter per hektar ved samme alder. For boniteter mellom G14 og G26 blir resultatet tilsvarende, med størst tap for de høyeste bonitetene. Selv om volumproduksjonen blir simulert tilfredsstillende med disse modellene, er kanskje avgang før selvtynning satt noe høyt. Dette medfører at gjennomsnittstreet blir noe for grovt som kan ha konsekvenser for utregning av bruttoprisen med den funksjonen som er benyttet for dette formål.

Fordi nåverdikalkyler bygger på at framtidige inntekter vektas ned eksponentielt med omløpstiden har forsinket vekst enda større effekt på nåverdien enn på volumproduksjonen. På G14 vil ti års forsinket vekst føre til at nåverdien bare blir femten prosent av hva den kunne ha vært uten redusert vekst, når en regner med 2,5 prosent kalkulasjonsrente. På middels og høy bonitet, der høy grunnvannstand reduserer høydeveksten til ca. 20 cm per år i mere enn ti år, vil det generelt være lønnsomt å renske grøftene før en planter, med mindre kalkulasjonsrenten settes høyt.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Akershus
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Ås
STED/LOKALITET:	Ås

GODKJENT /APPROVED

Frans Kockum

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Gunnhild Søggaard

NAVN/NAME

Forord

Denne rapporten er skrevet som en del av prosjektet «Grøfting etter hogst på skogsmark» ledet av Skogbrukets Kursinstitutt (Skoglurs). Arbeidet har i hovedsak vært utført av Harald Kvaalen ved NIBIO, med tall fra Landsskogtakseringen tilrettelagt av Rune Eriksen og Aksel Granhus (NIBIO).

Bjørn Helge Bjørnstad har vært prosjektleder hos Skogkurs, mens Gunnhild Søgaard har ledet arbeidet i prosjektet fra NIBIO sin side.

Ås, 14.10.19

Gunnhild Søgaard

Innhold

1 Innledning.....	6
2 Metode	7
3 Resultater	8
3.1 Virkning av redusert høydevekst på bonitering senere i omløpet	8
3.2 Etterprøving av volumtilvekstfunksjonen.....	9
3.3 Økonomiske konsekvenser av forsinket vekst.....	14
4 Diskusjon.....	20
Referanser	22

1 Innledning

I Norge står det mye hogstmoden skog på mark som har vært grøftet tidligere fordi grunnvannstanden var så høy at den hemmet skogens vekst. Dette er dels organisk jord (tidligere myr), dels er det fastmark med høy grunnvannstand. I følge Landsskogtakseringen er det anslagsvis 2 700 km² skog med grøtfeilt (det vil si areal av skogbestand som er grøftet for å fremme skogproduksjonen, vanligvis gjennom et nett av side og avløpsgrøfter)¹. Det aller meste av dette er produktiv skog (93 %). I Finland og Sverige er det enda større areal som er grøftet tidligere. Fordi det er så store areal representerer de totalt sett en betydelig kapasitet for virkesproduksjon. Men denne kapasiteten betinger at grunnvannstanden ikke blir så høy at veksten hemmes. Når skogen hogges vil vannforbruket i vegetasjonen gå mye ned og grunnvannstanden vil stige. Undersøkelser tyder på at det er først når bestandsvolumet kommer over 100 kubikkmeter per hektar at trærnes transpirasjon trekker ut så mye vann at senkning av grunnvannstanden gjennom grøfting ikke lenger vil øke veksten (Sikström & Hökkä 2016). Å bygge opp ett volum på 100 kubikkmeter tar femten til sytti år avhengig av bonitet, plantetall og hvor mye naturlig foryngelse det er. Dette innebærer at høyere grunnvannstand etter hogst kan forsinke veksten i foryngelsen i mange tiår. Dermed blir det et spørsmål om man i samband med hogsten kan ha økonomisk nytte av å renske grøftene før det etableres ny skog. Svaret på dette avhenger selvsagt av hvor mye veksten forsinkes og hvor stort produksjonspotensialet er.

I Norge er det lagt ut mange forsøk på grøftet myr, ofte i kombinasjon med gjødsling (Brække 1979). Men vi har ingen forsøk der hovedformålet har vært å undersøke effekten av grøfterensk på grunnvannstand og foryngelsens vekst. Men der finnes forsøk på mineraljord hvor det har vært gravd avskjæringsgrøfter flere steder. Et eksempel er forbandsforsøk 0927 i Vardal prestegårdsskog. Det er mulig at en ved å sette sammen data fra flere slike forsøk kunne beregne effekter av endret grunnvannstand som følge av grøfting, men det er et betydelig større arbeid som går utover rammene for dette prosjekt. Effekten av tiltak som grøfterensk på produksjon og økonomi vil i alle fall variere med forholdene på stedet. Det er utviklet modeller for å beregne avstand til grunnvannsspeil og markas bæreevne, men disse er fremdeles ganske grove (J. Bjerketvedt pers. med). Blir de tilstrekkelig presise skulle slike data være til god hjelp når en skal vurdere om grøfterensk er et riktig tiltak. Men i Norge fins det ennå ikke data som gir presis informasjon om de fysiske og næringsmessige forholdene i jorda som er av stor betydning for skogens vekst. Vurderingen av nytten av grøfterensk vil dermed bli skjønnsmessig.

Men det generelle spørsmålet er: Hvor mye produksjon og verdi tapes ved at skogens vekst blir forsinket i ett gitt antall år? Dette spørsmålet kan en svare på ved å anta at redusert vekst kan betraktes som senket bonitet og deretter bruke vanlige produksjonsmodeller for ensaldret skog til å beregne produksjonen. Men selv om dette høres enkelt ut gir metoden opphav til spørsmål som ikke er helt enkle å svare på. For det første vil forsinket vekst i starten føre til at dersom boniteten bestemmes utfra alder og overhøyde utover i omløpet, så vil den bli satt til lavere verdier dess lengre vekstforsinkelsen har vart og dess eldre skogen blir. Når en skal sette bonitetsverdier inn i tilvekstmodellene vil en måtte velge mellom den verdien en ville fått ved høyde/aldersbonitering eller den verdien marka potensielt har. Vi har valgt det siste alternativet, men vi har også beregnet hvordan bonitet utfra høyde og alder ville bli dersom en hadde målt høyden hvert år og alderen var sikkert kjent. Dette er gjort fordi vi nå vet at mye av den eldre skogen er kraftig underbonitert (Kvaalen & Andreassen 2018), og de beregningen vi her gjør demonstrerer en mulig og viktig årsak til dette.

¹ Estimert basert på registreringer på 3/5 av Landsskogtakseringens prøveflater i skog. Data for alle prøveflater forventes å være klare i 2021.

2 Metode

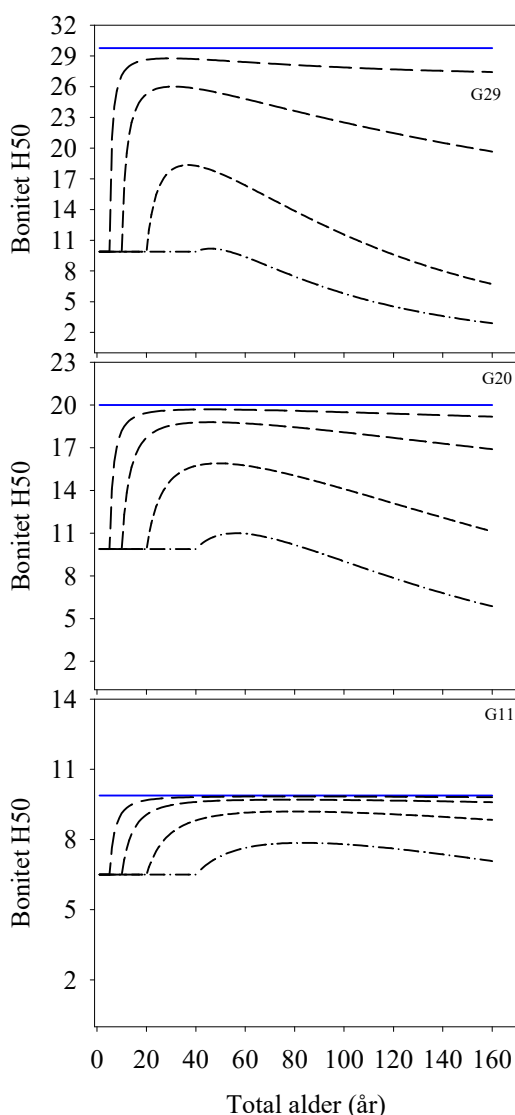
For å undersøke hvordan forsinket høydevekst påvirker produksjon og økonomi har vi framskrevet produksjonen ved bruk av en volumtilvekstmodell laget av Knut Blingsmo (1988) på grunnlag av data fra Langsiktige feltforsøk. Datatilfanget omfatter mange ulike vekstforhold og vi antar her at hemmet høydevekst kan betraktes som en midlertidig senkning av boniteten, og dette slår likt ut uavhengig av jordtype. Tilvekstmodellen er styrt av bonitet (H_{40}), stående volum ved starten av tilvekstperioden og alder i brysthøyde. Den forutsetter at tilvekstperioden er fem år. For å lage en prognose for hvor stort produksjonstap ett års veksthemming gir, har vi kjørt modellen med ett års tilvekstperioder, som gir en svak overvurdering av tilveksten. Beregningene starter ved seks meters middelhøyde. Startverdier for volumet er beregnet ved å legge til grunn at grunnflateveid middelhøyde er 0,9 ganger overhøyden og grunnflatemiddeltreets diameter i cm er lik 1,058 ganger grunnflatemiddeltreets høyde. Denne relasjonen mellom høyde og diameter er beregnet på grunnlag av publiserte data fra svenske avkomforsøk (Engbäck mfl. 2017) som har noe høyere tretall enn det som er forutsatt her. Avgang er modellert ved å regne med at 0,5 prosent av trærne dør hvert år inntil S-prosent avgang slår inn ved samme innslagspunkt som Braastad (1977) forutsatte i sitt tilvekstprogram for utynnet skog. Det vil si $S\%=12$ for G8, G11 og G14, $S\%=11$ for G17 og $S\%=10$ for G20 og 23. Braastad hadde ikke data for G26 og G29 så der har vi antatt at $S\%$ innslaget er ved 9 og 8. Før $S\%$ selvtynning slår inn er det forutsatt at et dødt tre har halvparten så stort volum som et levende tre. Etter at selvtynningen slår inn forutsettes det at forholdstallet mellom det døde og det levende gjennomsnittstree er $0,015 \times$ overhøyden (h_0). Dette bygger på resultater fra to gamle forsøk på Østlandet som har fulgt $S\%$ avgang svært godt fra 1960 til 2011, men i disse to forsøkene var forholdstallet noe lavere, $0,011 \times h_0$.

Overhøyden er modellert med Nord Larsen mfl. (2009) sin modell for danske plantinger. Denne har ganske lik høydeutvikling som Tveite (1977) sine bonitetskurver opp til ca. 25 meter, men høydeveksten flater av mer på høyere boniteter og mindre på lavere. Rent matematisk innebærer $S\%$ avgang at den prosentiske tretallsavgangen er to ganger høydevekstprosenten. Derfor vil en høydevekstmodell som har lavere høydevekst i høy alder også gi mindre avgang. Men i simuleringene her vil avgangen aldri bli lavere enn 0,5 prosent av tretallet per år. Vi har brukt Nord Larsen sin modell fordi den har totalalder som inngang og ikke brysthøydelader. Dette gjør det litt enklere å beskrive bestandsutviklingen fra start. Volumet av gjennomsnittstree er funnet ved å dividere stående volum på tretallet. Deretter er diameteren beregnet ved å løse Vestjordets volumfunksjon med hensyn til D13 (se vedlegg 1). Middelhøyden satt til $0,9 \times$ overhøyden (h_0) (Blingsmo 1987). Bruttoverdien per kubikkmeter er beregnet med bruk D3 (grunnflatemiddeltreets diameter) og H3 (grunnflateveid middelhøyde), med Blingsmo og Veidahl (1992) sin funksjon forutsatt sagtømmerpris 520 kroner og massevirkepris 260. Denne bruttoprisen er justert ned ved å forutsette at sagtømmerandelen er 70 prosent i samsvar med Skogdata sine tall for Oppland. Hogstmaskinens produktivitet er beregnet med Nurminen mfl. (2006). Kostnaden per kubikkmeter er beregnet ved å forutsette at hogstmaskinen koster kr 1500 per time. Utkjøringskostandene er satt til 70 kroner per kubikkmeter. Da Blingsmo sin modell gir vesentlig høyre produksjon enn Braastad sine modeller, og vi også har inkludert G26 og G29 som har mye høyere middelproduksjon enn G23 som er den høyeste tabellerte boniteten i Braastad (1976), har vi funnet det nødvendig å etterprøve om tilveksten over et omløp simuleres realistisk. De simulerte verdiene er derfor sammenlignet med publiserte data fra Tyskland fra skog med bonitet G20-G23. For lav bonitet har vi sammenlignet volumet med middelaldret skog på G8 på Hirkjølen. Til sist er modellert løpende tilvekst sammenlignet med aggregerte data fra Landsskogtakseringens fylkestakster på 2000-tallet som er gitt i de stratumvise oversiktene i rapportene fra hvert fylke.

3 Resultater

3.1 Virkning av redusert høydevekst på bonitering senere i omløpet

Konsekvensen av forsinket høydevekst i ungdommen er at trærne får lavere høyde ved en gitt alder senere i livet enn de skulle hatt selv om høydeveksten tar seg opp til normalt nivå etter forsinkelsen. Dette vil medføre at boniteten utfra høyde og alder blir satt til lavere verdier enn dersom treet hadde fått vokse fritt. I Figur 1 har vi regnet ut bonitet fra overhøyde og totalalder forutsatt at høydeveksten har tilsvart G11 i 0, 5, 10, 20 og 40 år der den reelle boniteten er G29 (øvre del) og G20 (midtre del), eller tilsvarende G8 i 0, 5, 10, 20 og 40 år der den reelle boniteten er G11 (nedre del). Der boniteten er svært høy, G29 og høy G20, fører fem års redusert høydevekst til betydelig underbonitering, som tiltar dess eldre bestandet blir.

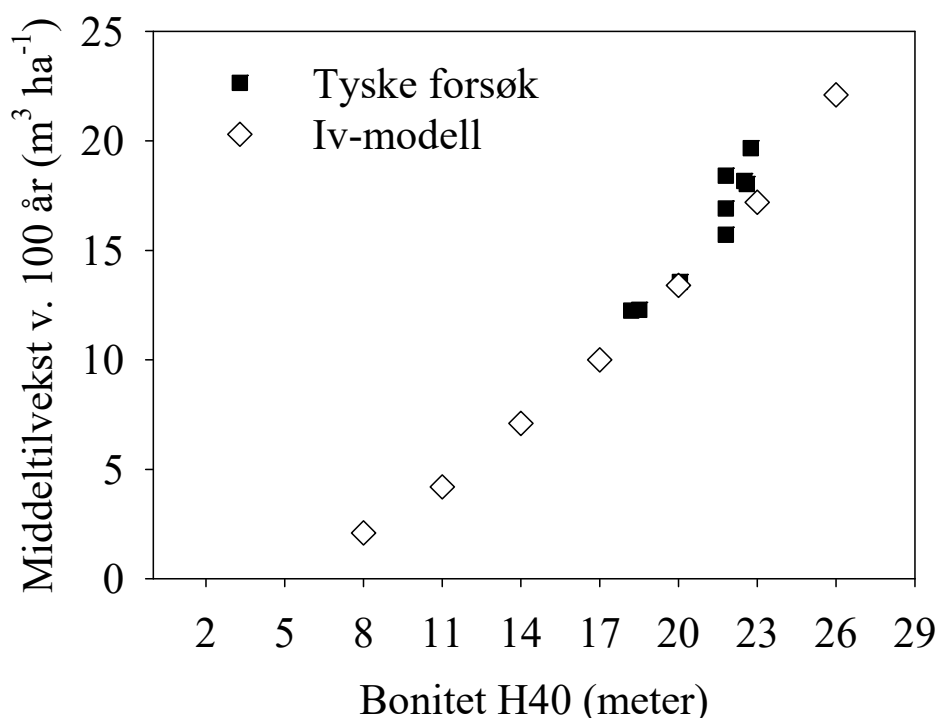


Figur 1. Virkning av forsinket høydevekst tilsvarende G11 (øvre og midtre del), eller G8 (nedre del). Heltrukket rett linje er 0 års forsinkelse, deretter 5, 10, 20, eller 40 år forsinket vekst. Boniteten er oppgitt som overhøyde ved 50 års totalalder der den reelle boniteten er G29 (øvre del), G20 (midtre del) eller G11 (nedre del). Boniteten er regnet med Nord Larsen mfl. (2009) sin funksjon for plantet gran i Danmark.

Der den reelle boniteten er lav G11 (nederste del) blir effekten mindre. Forsinket høydeutvikling i starten medfører således stor sjanse for underbonitering når skogen blir eldre, og da særlig der boniteten reelt sett er høy.

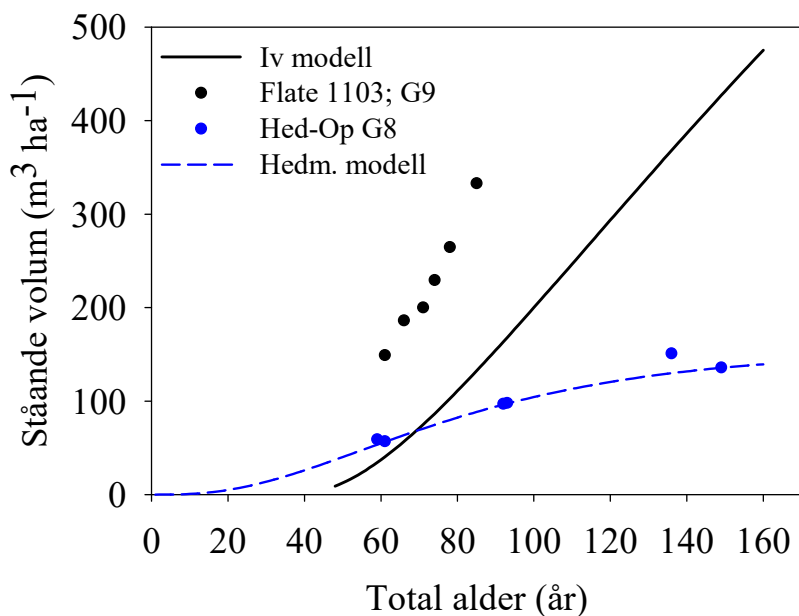
3.2 Etterprøving av volumtilvekstfunksjonen

Når volumtilveksten simuleres for lengre perioder vil eventuelle skjevheter i modellen kunne gi ganske urealistiske verdier for volumutviklingen utover i omløpet. Derfor har vi sammenlignet resultatene fra simuleringene med middeltilveksten oppgitt i en del tyske langsiktige feltforsøk som har blitt over hundre år. Resultatene er vist i figur 2.



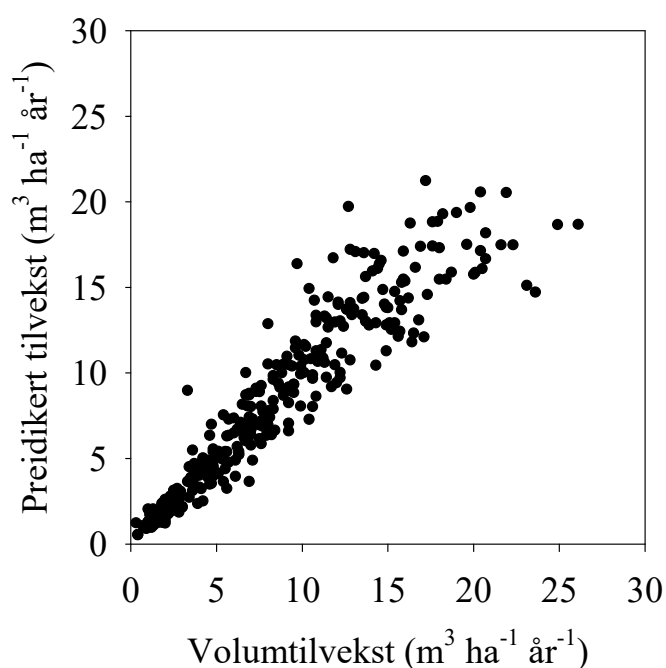
Figur 2. Sammenligning av simulert middeltilvekst med Blingsmo sin modell (1987) mot målte verdier i langsiktige forsøk i Tyskland. Data fra Pretzsch (2005).

Middeltilveksten som ble beregnet ved 100 års alder med Blingsmo (1987) og de forutsetningene som ble lagt til grunn synes å samsvare ganske godt med målt middeltilvekst i tyske tynningsforsøk som ble tynnet etter såkalt A-grad, det vil si at bare døde og skadde trær ble tatt ut (Pretzsch 2005). Dette tyder på at modellen ikke gir urealistiske verdier for skog av høy bonitet når tilveksten simuleres over lange perioder. For å kontrollere modellene i den andre enden av bonitetsskalaen har vi satt opp predikert stående volum på G8 sammen med målt volum i forsøk på Hirkjølen og stående volum i h.kl. III, IV, og V i fylkestaksten fra Oppland i 2015 (Figur 3).



Figur 3. Stående volum i forhold til total alder fra modell (Blingsmo 1987), målt volum i fylkestakstene i Oppland og Hedmark og målt volum på flate 1103, som er granplanting på Hirkjølen 970 moh, anlagt av professor Elias Mork 1933.

Modellen predikerer et mye større volum i eldre skog enn det som er gjennomsnittsverdier for hogstklasse IV og V på bonitet G8 i fylkestakstene for Oppland og Hedmark. Samtidig ser vi at hogstklasse III har noe høyere volum enn det modellen angir. Men plantingen på Hirkjølen der høydeveksten har tilsvart god G8, har hatt en langt raskere volumoppbygging enn modellen og gjennomsnittet for G8 i de to fylkene (Figur 3). Andre forsøksfelt i områdene har hatt tilsvarende volumutvikling og undersøkelse av små, yngre plantefelt har vist at grunnflatesummen er betydelig høyere enn ventet utfra boniteten (Nilsen 1991).



Figur 4. Volumtilvekst predikert med Blingsmo (1987) mot målt tilvekst i fylkestakstene for hogstklasse III; IV og V.

I figur 4 er predikert tilvekst plottet mot målt tilvekst i fylkestakstene, der hver hogst- og bonitetsklasse i hvert fylke betraktes som et bestand. Samsvaret synes å være ganske bra, men spredningen øker med økende tilvekst og det er en tendens til underprediksjon i skog med høy tilvekst og overprediksjon i glissen skog med lav tilvekst. Alt i alt ser modellen ut til å gi såpass bra samsvar med observerte verdier at vi har valgt å benytte denne til å beregne produksjonstapet ved forsinket høydevekst.

Med de valgte forutsetninger om avgang gir denne modellen ca. 30 prosent høyere produksjon enn (Braastad1977) sine modeller som ligger til grunn for produksjonsevneverdiene som er oppgitt i Skoghandboka (1999) s. 78. Dette gir betydelige utslag for det gjennomsnittlige stående volum fra planting til hogst, og dermed også for det gjennomsnittlige karbonlageret i biomassen.

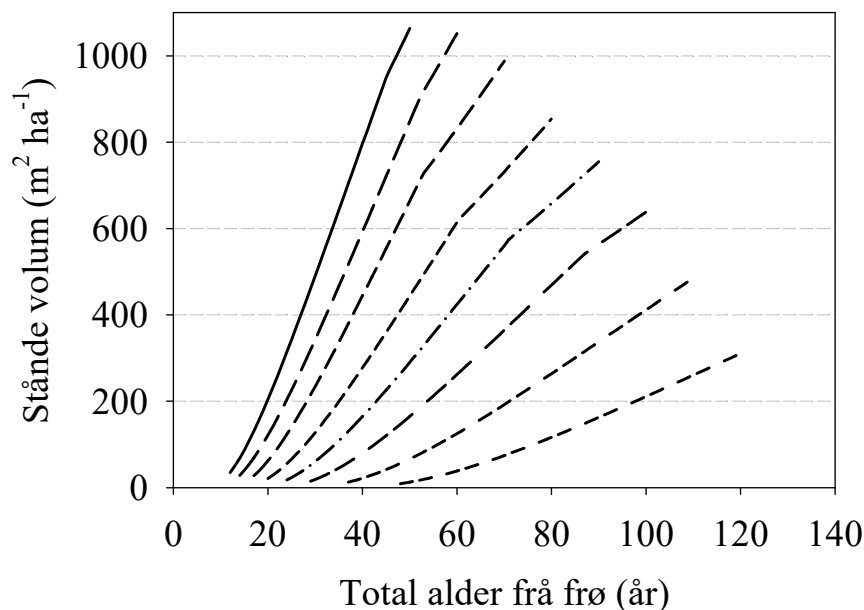
I Tabell 1 nedenfor er hogstmodenhetsalder og produksjonsevne (Skoghandboka 1999, s. 78), satt opp for ulike boniter, sammen med middeltilveksten beregnet fram til hogstmoden alder (Skoghandboka 1999, s. 78) med modell Blingsmo og til alder for nedre grense for hogstklasse V (Skoghandboka 1999, Tabell 12, s. 62). Hogstmodenhet er der fastsatt ut ifra tidspunktet for middeltilvekstens kulminasjon, men se diskusjon for kommentarer til dette.

Tabell 1. Hogstmodenhetsalder og nedre grense for hogstklasse V (Skoghandboka 1999, s. 78 og s. 62 og produksjonsevne(prod-evne) etter Skoghandboka 19 s. 78, og årlig middeltilvekst beregnet med Blingsmo (1988) sin volumtilvekstmodell ved disse tidspunkt for boniteter fra G8 til G29.

H40	Hogstmoden alder	Nedre grense hkl V	Prod.Evne	Amt_v_h.mod.	Amt. hkl V
8	120	111	2	2,6	2,4
11	110	100	3,5	4,6	4,2
14	100	90	5,5	7,1	6,6
17	90	80	7,5	9,5	8,9
20	80	69	9,5	12,4	11,5
23	70	59	12	15,5	14,3
26	60	49		19,3	17,4
29	50	38		22,8	19,5

Med denne volumtilvekstmodellen og de forutsetningene om avgang som er lagt til grunn her, vil ikke middeltilveksten kulminere før ved meget høy alder, godt over 100 år på G29 og over 200 år for G17 og lavere. Dette er langt utenfor den alder der funksjonene har dekning i data og verdiene for middeltilvekst ved beregnet kulminasjon er derfor utelatt.

Figur 5 viser utvikling i stående volum etter Blingsmo sin iv funksjon for boniteter fra G29 til G8 frem til hogstmodenhetsalder (Tabell 1). Modellen tilsier at på de høyeste bonitetene, G23-G29, er det mulig å bygge opp bruttovolum på over 1000 kubikkmeter per hektar i løpet av femti til sytti år. Stående volum blir en god del høyere enn med Braastad (1977) sitt program 8 for selvtyttnet skog – årsakene til kommer vi tilbake til.

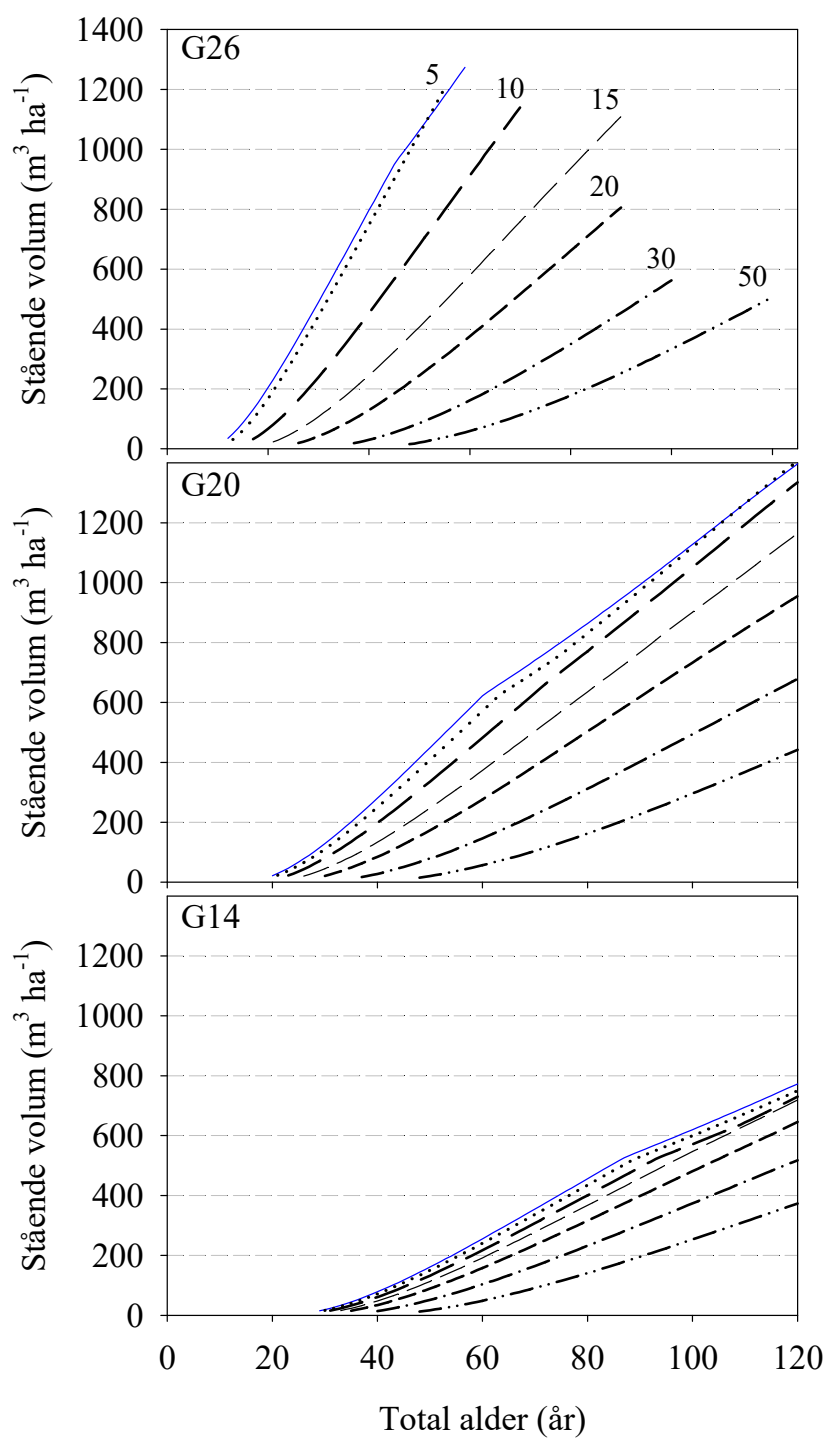


Figur 5. Utvikling i stående volum etter Blingsmo sin volumtilvekstfunksjon og bonitet G29 (heltrukken linje øverst) til G8 nederst, i tre meters bonitetsintervaller. Knekkene på linjene er der selvtyningen slår inn. Se tekst for forutsetninger om startverdier og avgang.

Men kraftig reduksjon i høydeveksten, tilsvarende G8 etter planting, skal ikke vare mange år før det gir sterk reduksjon i forventet volum og betydelig forlegen omløpstid. Figur 6 viser stående volum for G26, G20 og G14 når veksten blir forsinket tilsvarende G8 i 0, 5, 10, 15, 20, 30 og 50 år.

Med disse modellforutsetningene ser det ikke ut til at fem år med redusert vekst har veldig mye å si, men det er neppe helt korrekt. Effekten vil trolig være den samme om forsinkelsen skyldes dårlig drenering, eller gras og lauvoppslag som får vokse over plantene. Forsinkelsen betyr at omløpstiden må forlenges. Tyve års forsinkelse på G23-G29 er nesten en halv normal omløpstid på slike boniteter. Men produksjonstapet blir større enn dette fordi aldersleddet i tilvekstfunksjonen er negativt, dermed dras tilveksten ned når skogen må stå lengere enn normalt for å ta igjen det som er tapt i starten. Som en ser fra figur 6, har dette størst betydning på høye boniteter. Uten forsinkelse vil stående volum på G26 kunne nå 1000 kubikkmeter per hektar ved 57 års totalalder, hvis trærne vokser tilsvarende G8 i femten år vil det ta 89 år å nå samme volum. I dette tilfellet vil det følgelig ta mer enn halvannen gang så lang tid å produsere samme volum.

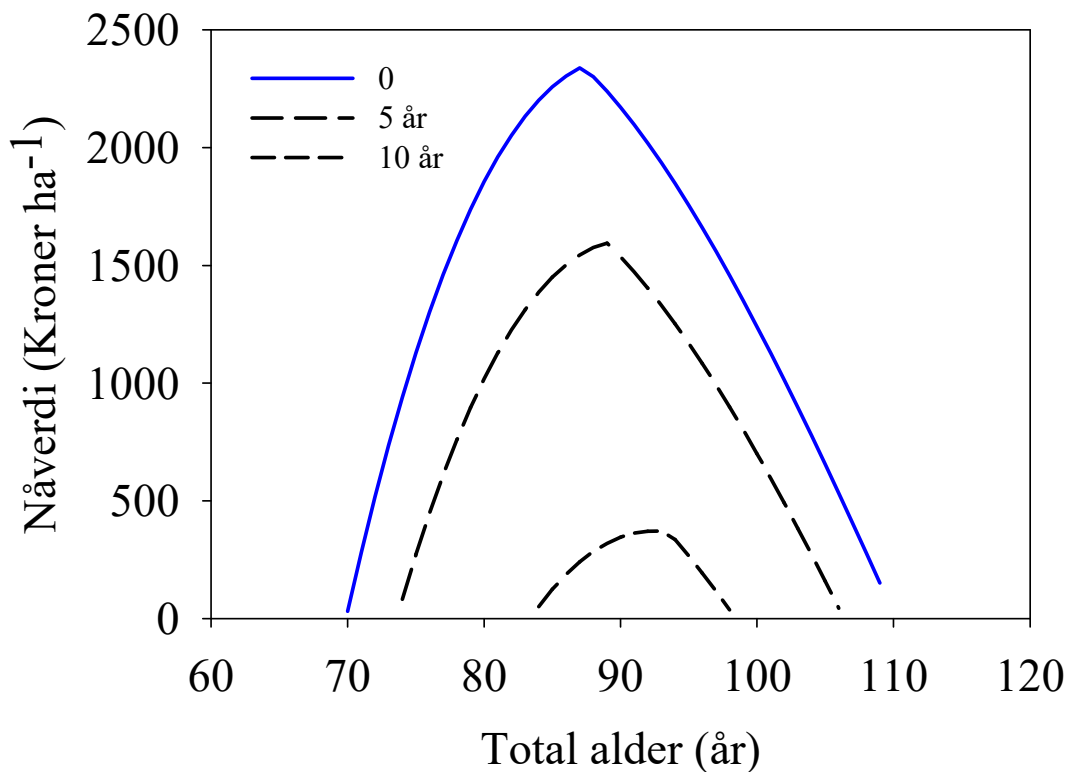
I den andre enden av bonitetsskalaen er virkningen av forsinket ungdomsvekst mye mindre. Figur 6, nedre viser volumutvikling for G14 som vokser tilsvarende G8 i samme i samme antall år som i G26 i øvre del. Med de forutsetningene som er lagt til grunn for G14 blir virkningen av forsinket ungdomsvekst at oppbyggingen av stående volum forsinkes tilsvarende. Årsakene til at utviklingen er en annen enn på høyere boniteter kommer vi tilbake til i diskusjonen.



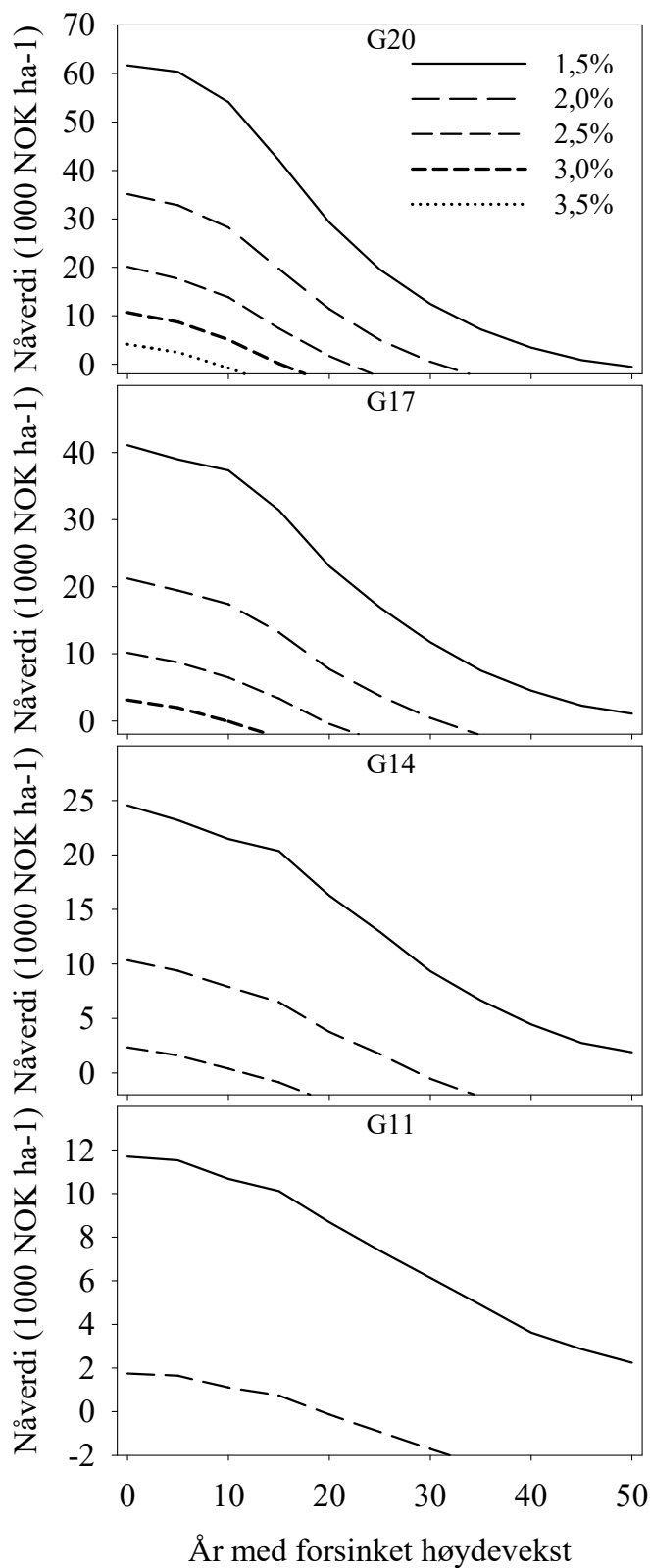
Figur 6. Stående volum i forhold til total alder for bonitet G26, G20 og G14 når veksten blir forsinket tilsvarende G8 i 0 (blå linje, 5, 10, 15, 20, 30 og 50 år. Se tekst for modellforutsetninger.

3.3 Økonomiske konsekvenser av forsinket vekst

Fordi diskonteringsfaktoren avtar eksponentielt med tiden, får forsinket vekst mye større virkning på nåverdien enn volumreduksjonen alene skulle tilsi. Figur 7 viser hvordan nåverdien vokser og avtar med omløpstiden på G14 når veksten er forsinket 0, 5 og 10 år og rentefoten er 2,5 prosent. Fem års forsinkelse, som hadde liten effekt på volumet, gjør at den maksimale nåverdien reduseres til under sytti prosent av maksimalverdien for skog som hele tiden vokser som G14. Ved ti års forsinkelse er den maksimale nåverdien bare femten prosent av det den kunne ha vært, og ved enda lengre forsinkelse blir nåverdien negativ med 2,5 prosent kalkulasjonsrente. En kan legge merke til at alle de tre kurvene har en spiss topp. Dette skyldes at S% tynningen slår inn slik at avgangen øker mye og økningen i stående volum avtar. Dette viser at forutsetningen om når S% tynning slår inn og reduserer nettotilveksten, har mye å si for nåverdien og når denne er maksimal.

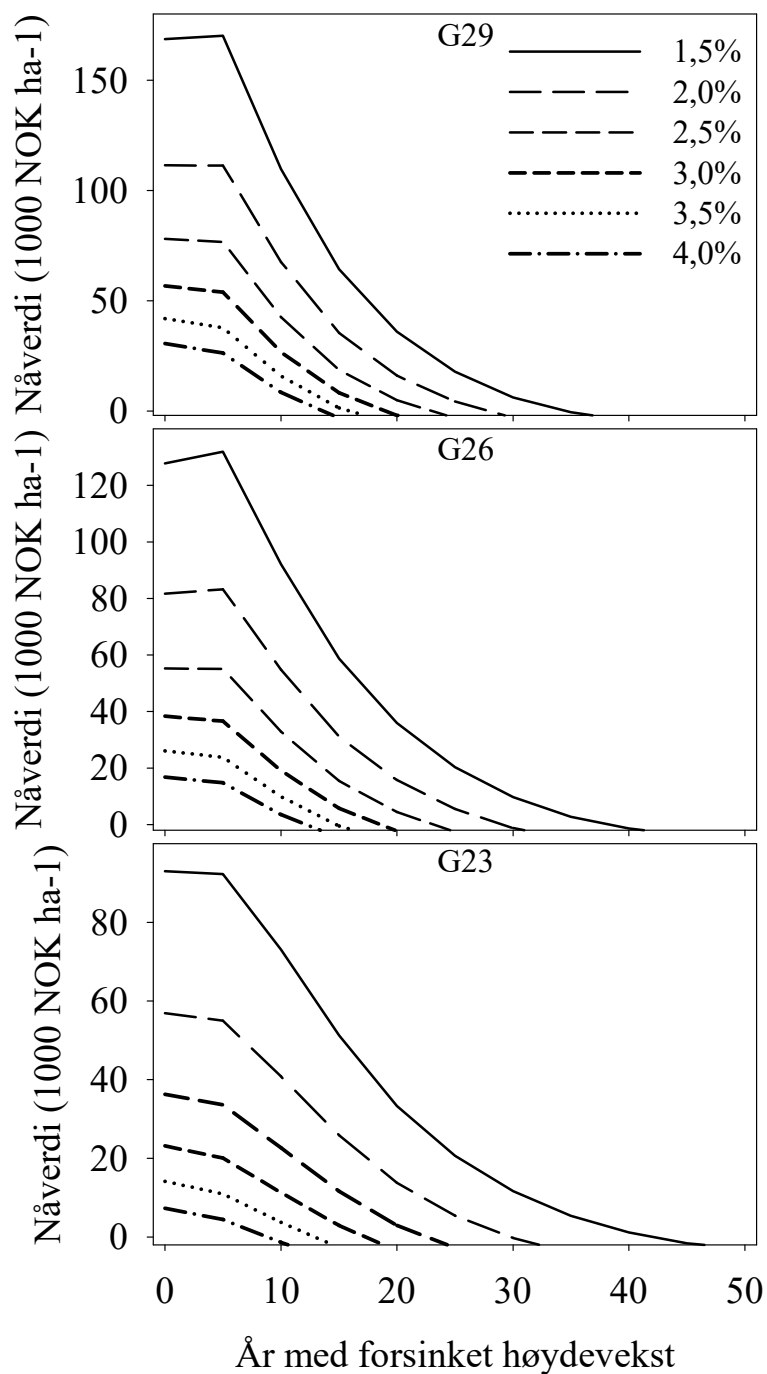


Figur 7. Nåverdiens utvikling i forhold til omløpstiden på G14 dersom denne vokser tilsvarende G8 i 0, 5 (midt) og 10 (nederst) år.



Figur 8. Virkningen av forsinket høydevekst, tilsvarende G8 i 0, 5, 10, -- 50 år når virkelig bonitet er G20 (øverst) på maksimal nåverdi når kalkulasjonsrenten varierer fra 1,5 prosent (heltrukket linje) til 3,5 prosent.

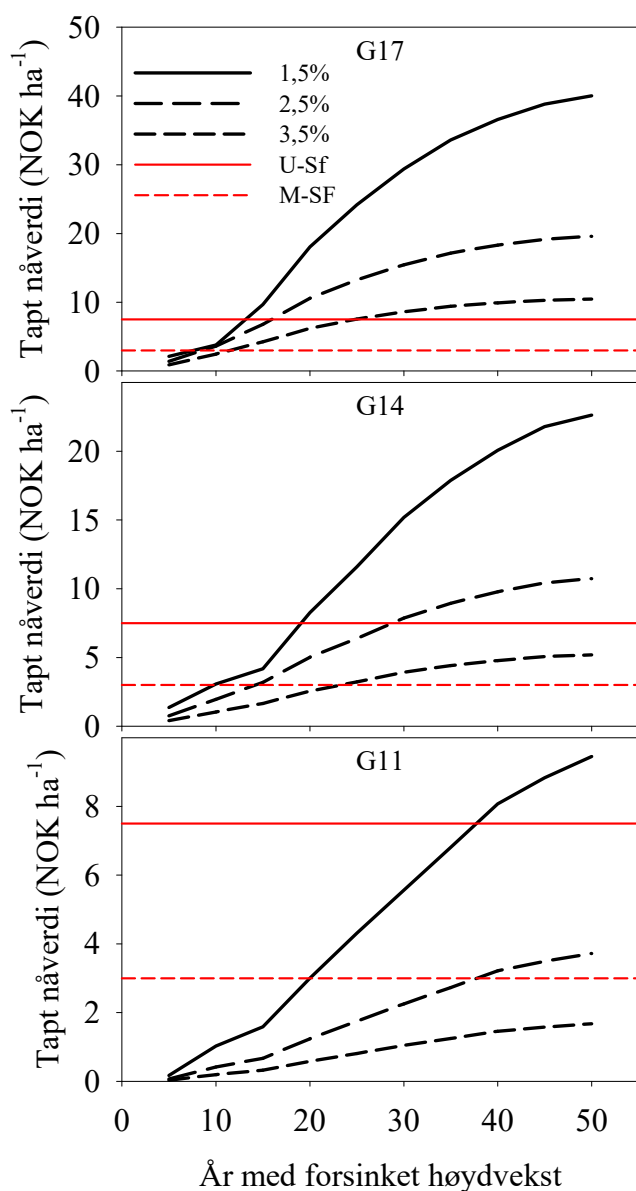
Når veksten forsinkes går den maksimale nåverdien som bestandet kan oppnå ned. Dette er vist for boniteter fra G20 og ned til G11 når veksten er forsinket tilsvarende G8 i et gitt antall år, fra 5 til 50 (Figur 8). Den nederste delen viser at for G11 vil to-til tre tiår med forsinket vekst gi negativ nåverdi når kalkulasjonsrenten settes til 2 prosent. Den øverste delen viser samme resultat for høy bonitet; G20. Figur 9 viser tilsvarende verdier for meget høye boniteter G23-G29.



Figur 9. Virkningen av forsinket høydevekst, tilsvarende G11 i 0, 5, 10, -- 50 år når virkelig bonitet er G29 (øverst) på maksimal nåverdi når kalkulasjonsrenten varierer fra 1,5 prosent (heltrukket linje) til 4,0 prosent

Det kan synes overraskende at nåverdien blir negativ selv på disse høye bonitetene og kalkulasjonsrenten settes til moderate 1,5 prosent. Men med de modellene som er brukt blir det faktisk slik. En kan også merke seg at det ser ut til at fem års forsinkelse gir litt høyere nåverdi enn null forsinkelse. At fem års forsinkelse gir høyere nåverdi er neppe reelt, og skyldes trolig en kombinasjon av at startverdien for tilvekstmodellen ikke blir spesifisert godt nok og at S% tynningen slår inn litt seinere når veksten forsinkes.

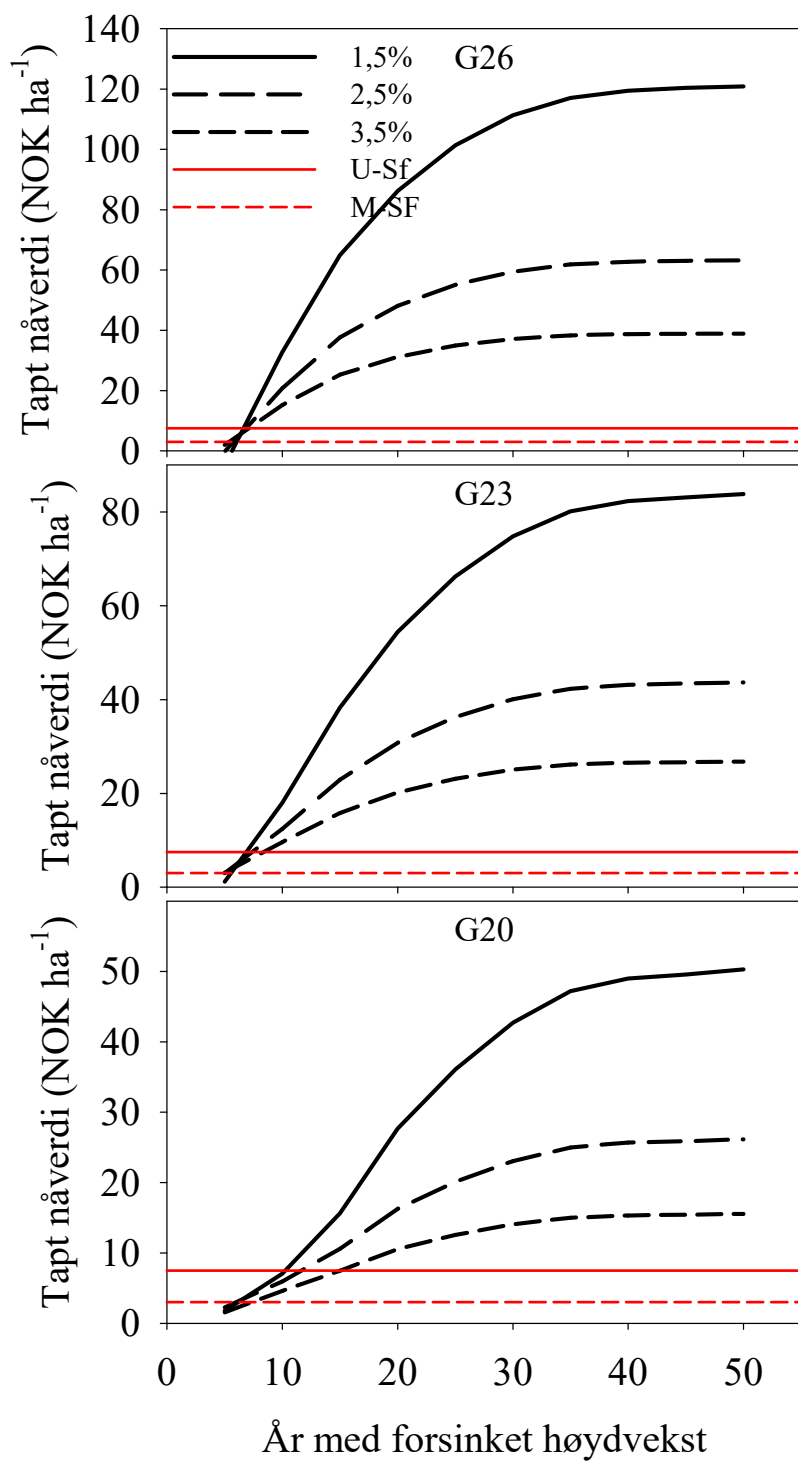
Det er differansen i nåverdi mellom alternativet der skogen vokser uten og med forsinkelse som avgjør hvor mye en kan investere i tiltak som eliminerer muligheten for forsinkelse. Grøfterensk, startgjødsling, markberedning og lauvrydding er slike tiltak. I Figur 10 har vi satt opp differansen i nåverdi mellom null forsinkelse og forsinket vekst tilsvarende G8 fra fem til femti år for boniteter fra G17 til G11. Differansen er vist for 1,5, 2,5 og 3,5 prosent kalkulasjonsrente. Det er lagt inn en rød heltrukket linje som viser antatt gjennomsnittskostnad for grønfterensk, kr 7500 per hektar betalt uten skogfond ((U-SF) og rød stiplede linje betalt med skogfond (M-SF) slik at kostnaden blir kr 3000 per hektar.



Figur 10. Differansen i nåverdi (i 1000 kroner per hektar) mellom null forsinkelse av veksten og fem til femti års forsinkelse med vekst tilsvarende G8 for bonitet G17, G14 og G11, nederst, kalkulert med 1,5, 2,5 og 3,5 prosentkalkulasjonsrente. Heltrukket rød linje er kostnaden ved grønfterensk, med kostnad uten skogfond (U-SF) satt til kroner 7500 per hektar, eller kostand med skogfond (M-SF) satt til kroner 3000 per hektar.

Denne differansen tilsvarer tapet i nåverdi ved at veksten forsinkes. At differansen flater av når forsinkelsen går mot femti år skyldes selvsagt at nåverdien i alternativet uten forsinkelse ikke er uendelig stor. Der de sorte linjene ligger over de røde vil grøfterensk være lønnsomt. For G11, nederst, og 1,5 prosent kalkulasjonsrente vil grøfterensk være lønnsomt hvis veksten uten tiltaket forsinkes mer enn trettiåtte år. Hvis kalkulasjonsrentefoten er den samme og tiltaket finansiers med skogfond vil det være lønnsomt når forsinkelsen er minst tyve år. En ser også at skjæringspunktet mellom sorte og røde linjer forskyves mot venstre når boniteten øker. For de høyere bonitetene G20 og oppover, har vi regnet ut den tilsvarende differansen, men da forutsatt at høydeveksten forsinkes tilsvarende G11 (figur 11).

På boniteter over G20 vil fem til ti års forsinkelse gi et så stort tap at et tiltak som grøfterensk vil være lønnsomt, dersom kostnaden ikke er mye høyere enn forutsatt her. Disse figurene viser den prinsipielle sammenhengen og sier i seg selv ikke noe om hvordan utslagene blir på et konkret foryngelsesfelt.



Figur 11. Differansen i nåverdi (i 1000 kroner per hektar) mellom null forsinkelse av veksten og fem til femti års forsinkelse med vekst tilsvarende G11 for bonitet G20, G23, G26 og G29, kalkulert med 1,5, 2,5 og 3,5 prosentkalkulasjonsrente. Heltrukket rød linje er kostnaden ved grøfterensk, med kostnad uten skogfond (U-SF) satt til kroner 7500 per hektar, eller med skogfond (M-SF) satt til kroner 3000 per hektar.

4 Diskusjon

Forsinket ungdomsvekst bidrar til at høyden ved en gitt sann alder seinere i treets/bestandets liv blir lavere. Dette gjør at boniteten som fastsettes utfra høyde og alder med bruk av matematiske funksjoner, kan bli systematisk feil. I Figur 1 har vi vist at forsinket høydevekst kan gi opphav til svært stor undervurdering av boniteten. Der boniteten reelt sett er høy vil et par tiår med forsinket ungdomsvekst føre til at boniteten fastsatt fra høyde og alder undervurderes med flere bonitetsklasser. Konsekvensen av dette er at produksjonspotensialet undervurderes tilsvarende. Dette har selvsagt stor betydning for den økonomiske verdien og for vurdering av potensialet for karbonbinding. Her er det forutsatt at trærne begynner å vokse som normalt, det vil si uten hemming, for den alderen de har og ikke utfra den høyden de har. Hvis en hadde lagt til grunn at høydetilveksten vil tilsvare et tre med en gitt høyde på denne boniteten, uavhengig av alderen, så ville bonitetsreduksjonen blitt noe mindre. Dette skyldes at høydetilveksten først øker med høyden og deretter avtar med både høyde, se Tveites (1977) bonitetskurver. Hvor mye alderen i seg selv har å si for høydeveksten er fortsatt et spørsmål som fremdeles ikke er avklart i plantefysiologien (Munne Bosch 2018). I norske modeller for høyde-diameter- eller volumtilvekst i gran er aldersleddet negativt der det er inkludert (Eide & Langsæter 1941, Braastad 1977, Blingsmo 1984, Andreassen mfl. 2008). Forsinket ungdomsvekst skulle således medføre en tendens til underbonitering som vil tilta med økende alder slik som vist i Figur 1. Dette kan forklare at eldre skog blir satt til mye lavere bonitet enn yngre skog (Böhler & Øyen 2009, Sharma mfl. 2012, Kvaalen & Andreassen 2018), fordi vi vet at den eldre skogen ofte kom opp i skyggen av større trær og dermed fikk forsinket høydeutvikling (Landsskogtakseringens fylkesvise bøker fra første landstakst). Det er selvsagt viktig å være klar over denne tendensen til undervurdering av boniteten i eldre skog når en skal vurdere om en skal gjennomføre tiltak som grøfterensk. Hvis boniteten settes for lavt på grunn av at den gamle skogen har hatt forsinket ungdomsvekst vil dette kunne føre til underinvestering i grøfterensk og ungskogpleie slik at en drar med seg et unødig produksjonstap inn i neste omløp. Det er tilrådelig å bonitere ut i fra høyde og høydeveksten de siste fem til ti år i den gamle skogen i stedet for å bruke boniteten fastsatt i skogbruksplanen (Kvaalen mfl. 2015).

Som det går fram av Figur 2, 3 og 4 synes Blingsmo sin volumtilvekstfunksjon å gi ganske riktig tilvekst og framskrivning av stående volum. Den er tidligere brukt for å sammenligne målt og beregnet tilvekst i gjødslingsforsøk i Trøndelag (Holt Hansen & Kvaalen 2018) og syntes også der å gi rimelige resultater. Når denne modellen gir betydelig høyere volumtilvekst enn Braastad (1977) sin produksjonsmodell som bygde på delvis samme datamateriale, kan det dels skyldes at tilveksten har økt noe over tid, eller at den var lavere en periode på 1960 og 1970 tallet, som antydnet i Figur 3 i sluttrapporten fra Grantørkeprosjektet (Solberg mfl. 2013). Men Blingsmo sin modell bygger også på et større tilfang av data fra velskjøttede forsøksfelt i kulturskog, og det vil som simuleringene her har vist gi større tilvekst. At simuleringen er kjørt for tilvekstperioder på ett år gir tre-fire prosent høyere volum enn om tilvekstperioden hadde vært fem år. Dette er ikke mer enn at vi legger til grunn at simuleringene gir et ganske riktig bilde av den produksjonen en vil få i kulturskog når denne får vokse fritt. Selv om produksjonen i Tabell 1 ble redusert med tre til fire prosent viser tabellen at oppbyggingen av volum går raskere og totalproduksjonen vil bli betydelig større enn hva som er angitt i Skoghåndboka. Når produksjonspotensialet på en gitt bonitet er høyere enn antatt gjør det selvsagt mer lønnsomt å investere i å utnytte dette potensialet.

Dessverre har vi ikke norske data for hånden som kan si noe om hvor lang tid det tar før plantet gran og naturlig foryngelse av lauv og furu har bygd opp nok bladmasse til at grunnvannstanden senkes til optimalt nivå. Finske undersøkelser har indikert at dette skjer når volumet er ca. 100 kubikkmeter per hektar (Sarkkola mfl. 2010), når middel nedbøren i juni, juli og august er 75 mm. Det er nokså nær nedbørsnormalen for 1960-1990 for mange steder på Østlandet. Men Sarkkola mfl. (2010) sin modell viser også at dette er sterkt avhengig av nedbørsummen i disse månedene og breddegraden. Den lokale variasjonen i sommernedbør er nok større i Norge enn i Finland på grunn av topografien. For

eksempel var normalnedbøren i juni-august 62 millimeter på Øvre Rendal, mot 95 mm på Evenstad (Førland 1993). Etter Sarkkola mfl. (2010) sin modell vil det på Evenstad innebære at stående volum må være 90 kubikkmeter per hektar for å senke grunnvannsspeilet til 30 cm når grøftedybden er 50 cm. For Øvre Rendal derimot ville et volum på ca. 20 kubikkmeter per hektar gi samme senkning. Fra Figur 3 og 6 ser vi at på skog som har vokst tilsvarende G14 og lavere vil bruke minst førti år på å bygge opp et volum på 90 kubikkmeter per hektar. På næringsfattig mark kan det ta lang tid å bygge opp et volum på bare 20 kubikkmeter per hektar. Å regne med en forsinkelse fra fem til femti år bør derfor være et dekkende intervall. Men samtidig viser disse eksemplene at det er en viss fare for å gjøre unødvendig grøfterensk som påpekt av Hökkä mfl. (2017). Med tanke på endret klima vil mer nedbør om sommeren trekke i retning av at grøfterensk blir et sikrere tiltak økonomisk sett og motsett.

Når det gjelder verditapet som følger av en periode med redusert vekst så viste produksjonsmodellene her at bare fem års forsinket vekst, tilsvarende G8, gir noe nedgang i nåverdien på boniteter fra G11 til G20 (Figur 8). Men reduksjonen fra G11 til G8 må vare i mere enn tyve år for at veksttapet skal kunne forsvare et tiltak som koster over 3500 kroner per hektar, når tiltaket er finansiert med skogfond. Reduksjon fra G14 eller G17 til G8 trenger bare å vare ti-femten år før en investering av en slik størrelse er lønnsom. For en skogeier som har et avkastningskrav på mellom 1,5 og 2 prosent vil det derfor i de fleste tilfeller være lønnsomt å utføre grøfterensk dersom en kan være nokså sikker på at høydeveksten blir forsinket i mer enn femten til tyve år uten grøfterensk. Høydevekst tilsvarende G8 tilsvarer at toppskuddlengde er ca. 15-20 cm, noe en som ikke er uvanlig på «vannsyk skogsmark». For en skogeier som har vesentlig høyere avkastningskrav, 3,5-4 prosent, vil det i utgangspunktet ikke være lønnsomt å investere i grøfterensk på G11. Finske simuleringer viser også at det vil være mer lønnsomt å ikke renske grøftene når rentekravet er høyt (Ahtikoski mfl. 2008, Hökkä mfl. 2017),

Her er det lagt til grunn at planting er finansiert uten skogfond og tilskudd til tettere planting. Tilskuddet til tettere planting ville alene trekke nåverdien opp med plantekostnaden multiplisert med det ekstra plantetallet (500 per hektar). Differansen i nåverdi mellom uforsinket og forsinket vekst ville bli den samme fordi tilskuddet tilkommer i alle fall. Men det er kanskje riktigere å se det slik at tilskuddet til tettere planting gjør det rimeligere for skogeieren å forsvare investeringen i planting med å gjennomføre grøfterensk. Eller sagt på en annen måte; tilskuddet skaper en opsjon for å heve skogens nåverdi, selv om det å realisere opsjonen medfører en ekstra kostnad. Det samme vil være tilfelle om skogen gjødsles, enten noen år før sluttavvirkning eller punktjødsling etter grøfterensk og planting.

I den andre enden av bonitetsskalaen, fra G23 til G29, faller nåverdien svært bratt når veksten forsinkes (Figur 9). At nåverdien ser ut til å øke noe når veksten forsinkes fem år er ganske sikkert et artefakt som dels skyldes at startverdiene for volum ikke fanger riktig opp at trærne har vokst seinere noen år, og det at avgangen er modellert først som konstant avgangsrate, med 0,5 prosent av tretallet hvert år, og som S% avgang når denne slår inn. Forsinkelsen bidrar til tretallet blir litt lavere ved en gitt trehøyde slik at S% tynningen slår litt seinere inn. Dersom avgangen hadde vært modellert med en annen modell, for eksempel Eid & Øyen (2003), der sannsynligheten for avgangen øker med bestandsalderen, ville forsinkelsen medført høyere avgang fordi alderen øker. Produksjonen og nåverdien ville blitt lavere. Eid & Øyen (2003) sin modell er basert på Landsskogtakseringens data, men nå viser det seg at avgangen på Landsskogtakseringens flater har vært betydelig lavere utover på 2000 tallet (Yanes mfl. 2017). Selv med så gode data som Landsskog gir, er det ikke enkelt å lage modeller for avgang som gir et riktig bilde den naturlige variasjonen i avgang som kan forekomme innen et omløp. Ser vi bort fra dette mulige artefaktet viser simuleringen at en på boniteter fra G20 og høyere vil pådra seg store tap ved å først etablere en foryngelse som er tett nok til å gi stor produksjon og deretter å la denne vokse seint på grunn av høy grunnvannstand eller lauvoppslag. Med hensyn til sistnevnte så kan en på grunnlag av Peder Braathe's «Bar-Løv» forsøk regne ut at manglende lauvrydding lett kan redusere en G26 til en G9 (Braathe 1988). Som nevnt mangler vi forsøk som direkte kan kvantifisere effekten av grøfterensk, men der høy grunnvannstand reduserer høydeveksten til ca. 20 cm per år i mer enn ti år, vil det generelt være lønnsomt å renske grøftene før en planter, med mindre kalkulasjonsrenten settes svært høyt.

Referanser

- Ahtikoski, A., Kojola, S., Hökkä, H. & Penttilä, T. 2008. Ditch network maintenance in peatland forest as a private investment: short- and long-term effects on financial performance at stand level. *Mires Peat* (only online) 3 (3), 1–11. <http://www.mires-and-peat.net/>.
- Andreassen, K., Eid, T. & Tomter, S.M. 2008. Bestandstilvekstmodeller for vanlig skog. *Forskning fra Skog og Landskap* 6/08.
- Blingsmo, K. 1984. Diametertilvekstfunksjoner for bjørk-, furu- og granbestand. *Rapp. Nor. inst. Skogforsk.* 7/84: 1-22.
- Blingsmo, K. 1988. Volumtilvekst. Gran-Furu-Bjerk. Foreløpig Intern Rapport. Pr. 24/02/88. *Nor. inst. Skogforsk.*
- Blingsmo, K. & Veidahl, A. 1992. Funksjoner for bruttopris av gran- og furutrær på rot. *Rapport fra Skogforsk.* 8/92.
- Braathe, P. 1988. Utviklingen av gjenvækst med ulike blandingsfordhold mellom barttrær og løvtrær – II. *Rapp. Nor. inst. Skogforsk.* 8/88. 1-50.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. *Meddr norske SkogforsVes.*31(9): 356-537.
- Brække, FH. 1979. Helsethmyra, Stavsjø. Fører, stop II. *Nor. inst. Skogforsk.*
- Eid, T. & Øyen, B-H. 2003. Models for Prediction of Mortality in Even-aged Forest. *Scand. J. For. Res.* 18: 64-77.
- Eide, E. & Langsæter, A. 1941. Produksjonsundersøkelser i granskog. *Meddr norske SkogforsVes.* 7: 355-500.
- Engbäck, S., Nilsson, U., Nyström, K., Högberg, KA. & Fahlvik, N. 2017. Modeling early height growth in trials of genetically improved Norway spruce and Scots pine in southern Sweden. *Silva Fennica.* 51: 1-19.
- Førland, EJ. 1993. Nedbørnormaler. Normalperiode 1960-1990. Det Norske Meteorologiske Institutt. *Rapport 39/93.*
- Hökkä, H., Salminen, H., Ahtikoski, A., Kojola, S., Launiainen, S. & Lethonen, M. 2017. Long-term impact of ditch network maintenance on timber production, profitability and environmental loads at regional level in Finland: a simulation study. *Forestry* 2017; 90, 234–246, doi:10.1093/forestry/cpw045
- Holt-Hanssen, K. & Kvaalen, H. 2018. Effects of repeated fertilization in young Norway spruce forests. *Scand. J. For. Res.* 33(7):1-8
- Kvaalen, H., Solberg, S. & Mai, J. 2015. Aldersuavhengig bonitering med laserskanning av enkelttrær. *NIBIO Rapport Vol. 1.* 67.
- Kvaalen, H. & Andreassen K. 2018. Bonitetsendringar i gran og furu. Verknader på bestandstettleik, volumproduksjon og inntekter ved ulik bestandsalder. *NIBIO Rapport.* (4) 126: 1-39
- Munne-Bosch, S. 2018. Limits to Tree Growth and Longevity. *Trends in Plant Science.* 23: 985-993.
- Nord Larsen, T., Meilb, H., & Skovsgaard, J.P. 2009. Site-specific height growth models for six common tree species in Denmark. *Scand. J. For. Res.* 24: 194-204.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Usitalo, J. 2006. Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.

- Pretzsch, H. 2005. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *Eur. J. Forest Res.* 124: 193–205
- Sharma, RP., Brunner A. & Eid, T. 2012. Site index prediction from site and climate variables for Norway spruce and Scots pine in Norway. *Scand. J. For. Res.* 1-18.
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti JP. & Laine. J. 2010. Role of tree stand evaporation in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatland. *Can. J. For. Res.* 40: 1485-1496. Doi: 10.1139/X10-084
- Sikström, U. & Hökkä, H. 2016. Interactions between soil water conditions and forest stands in boreal forests with implications for ditch network maintenance. *Silvae Fennica.* 50: 1-29.
- Tveite, B. 1977. Bonitetskurver for gran. (Site index curves for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)). *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 33.1 1-84.
- Yáñez, OD., Yudego, BM., Eriksen, R. & González-Olabarria, JR. 2017. Assessment of the Main Natural Disturbances on Norwegian Forest Based on 20 Years of National Inventory. *Plos One.* 1-16. DOI:10.1371

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

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

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

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