ISSN 1503-9439

Strategi for valg av foryngelsesmetode – noen forhold som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst

Tron Eid
Hans Fredrik Hoen

INA fagrapport 5

Institutt for naturforvaltning
Universitetet for miljø- og biovitenskap

2005

UMB

Sammendrag

Eid, T. & Hoen, H.F. 2005. Strategi ved valg av foryngelsesmetode – noen forhold som påvirker lønnsomhet ved skjermstillingshogst. INA Fagrapport 5. 30 sider. [Policy for choice of regeneration method – some factors affecting profitability of shelter wood cutting].

Hensikten med det foreliggende arbeidet har vært å kartlegge faktorer som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst med naturlig foryngelse i granbestand. Faktorene knyttet til *avviklingen* av det gamle bestandet ved skjermstillingshogster, både biologiske og økonomiske, er satt i fokus. Beregningene er gjort som følsomhetsanalyser med utgangspunkt i C_{max} - kalkyler, der ulike parametere som påvirker bruttoverdi, driftskostnader og rånetto er variert.

Det er generelt stor usikkerhet knyttet til framtidig avkastningskrav, tømmerpriser, driftskostnader og skogkulturkostnader. I tillegg kommer all usikkerheten ved den biologiske utviklingen. Det er grunn til å understreke at det er flere usikre faktorer i et opplegg med skjermstilling enn til alternativet, som er snauhogst og planting. Følsomhetsanalysene viste likevel at det i mange tilfeller kan være lønnsomt med skjermstillingshogst. Samtidig viste imidlertid analysene at det er viktig hvordan opplegget med skjermstilling faktisk gjennomføres, og at ikke for mange usikkerhetsfaktorer knyttet til en skjermstilling slår ut i negativ retning. Av de usikre faktorene er særlig vindfellinger et kritisk element. Av de forhold beslutningstakeren har kontroll over, er etableringstidspunket for skjermstillingen den viktigste faktoren for lønnsomheten. Det er sentralt at skjermen etablereres noen år tidligere enn optimal alder for snauhogst. En sein etablering gjør at lønnsomhetsmarginene blir mye mindre. Det er også grunn til å peke på viktigheten av å velge trær i skjermstillingen som har et potensial for økt tilvekst etter inngrepet. Dette vil kunne øke forrentingen av trærne som står i skjermstillingen, og dermed også lønnsomheten ved et opplegg for skjermstillingshogst.

Summary

Eid, T. & Hoen, H.F. 2005. Strategi ved valg av foryngelsesmetode – noen forhold som påvirker lønnsomhet ved skjermstillingshogst. INA Fagrapport 5. 30 sider. [Policy for choice of regeneration method – some factors affecting profitability of shelter wood cutting].

The aim of the present work has been to analyse some basic factors, biological as well as economical, affecting the profitability of shelter wood with natural regeneration cutting in Norway spruce stands. Factors attached to the harvesting phase of the shelter wood cutting were focused. Computations have been performed as sensitivity analyses based on C_{max}-calculations, where different parameters affecting gross timber values, harvesting costs and net stumpage values, have been varied.

In general, there is a lot of uncertainty related to the future with respect to required rate of return, timber prices, harvesting costs and silvicultural costs. In addition, there is uncertainty related to the biological development and dynamics. It should be emphasized that it is generally more uncertainty related to a regime with shelter wood cutting compared to the alternative, i.e. clear felling and planting. In spite of this, the sensitivity analyses revealed that shelter wood cutting in many cases are more profitable than clear felling. The analyses also demonstrated, however, the importance of how shelter wood cutting actually is performed, and that the profitability of shelter wood cutting is vulnerable to negative impact from uncertain factors. Among the uncertain factors, wind throw is of particular importance. When it comes to factors under human control, the time of establishing the shelter wood is most important for the profitability, i.e. the shelter wood should be established some years prior to the optimal economic rotation age. A delayed establishment makes the margins with respect to profitability considerable lower. It is also reason to point at the importance of selecting trees for the shelter wood that have a potential for increased growth following the establishment. This may significantly increase the profitability of shelter wood cutting.

Innhold

1. Innledning og problemstilling
2. Materiale og metode
   2.1. Økonomisk kalkyle
   2.2. Beregningsmodell
   2.3. Forutsetninger
3. Resultater
4. Diskusjon
5. Konklusjon
Litteratur

1. Innledning og problemstilling

Endringer i rammevilkårene for skogbruket, med blant annet lavere tømmerpriser og endrede tilskuddsordninger, har gjort at skogeierne må være mer bevisst kostnadene ved skogkultur. Mer naturlig foryngelse for å redusere investeringskostnadene i skogkultur kan være en mulighet for å øke lønnsomheten. I tillegg er naturlig foryngelse et tiltak en antar er ønskelig ut fra målsettinger om å bevare biologiske mangfold og skape et variert skogbilde. For å få en tilfredsstillende naturlig foryngelse innen en rimelig ventetid må det imidlertid velges en egnet hogstform. For gran vil skjermstillingshogster være et mulig alternativ.

Skjermstillingshogst innebærer at 150-400 trær pr. ha settes igjen på foryngelsesarealet, og at skjermstillingen avvikles når foryngelsen er tilfredstillende, normalt 10-15 år etter at den er etablert. Slike hogster er først og fremst aktuelt der det er gode forhold for naturlig foryngelse og når det er mulig å legge produksjonen i skjermen over på kvalitetsmessige gode trær. Marker på midlere boniteter med frisk fuktighet, tynn humus og med forhåndsforyngelse er spesielt aktuelle. Slike forhold kan vi finne på vegetasjonstypene blåbærskog, småbregneskog og lårgurtskog (Larsson et al. 1994)

En vurdering av lønnsomheten for et opplegg med skjermstillingshogst kan deles i to:

1. Kostnader knyttet til avvikling av det gamle bestandet.

   Ved skjermstillingshogst øker driftskostnadene i forhold til snauhogst. Hvor mye de øker vil være avhengig av hvor mange trær som står i bestandet i utgangspunktet, og hvor stor andel som settes igjen i skjermstillingen. Avhengig av verditilvekst på trærne i skjermstillingen og rentekravet, kan også overholdelsen av trærne i skjermstillingen bli en kostnad. I tillegg kommer eventuelle skader på trærne i skjermstillingen og dermed endrede bruttoverdier, og økt vindfallrisiko, inn i denne delen av kalkylen. Avvikling av skjermstillingen kan også kunne komme inn som en ekstrakostnad, både fordi uttaket pr. arealenhet er lavt og fordi det må tas hensyn til foryngelsen.

2. Kostnader knyttet til utviklingen i det framtidige bestandet.

Også for det framtidige bestandet vil opplegget ved skjermstillingshogst måtte sammenlignes med snauhogst når det gjelder utviklingen for produksjon, bruttoverdi og kostnader. Spesielt tetthet og ventetid ved foryngelse i skjermstilling vil være viktig for inntektene i det framtidige bestandet, og dermed også for lønnsomheten.

.

Det er stor usikkerhet knyttet til siste del av kalkylen. Dette gjelder ikke bare framtidig produksjon, priser og kostnader, men kanskje særlig for ventetid og tetthet for det framtidige bestandet. Kalkyler og følsomhetsanalyser med ulike forutsetninger for disse størrelsene er imidlertid godt dokumentert, se f.eks. Svendsrud (1990) og Hoen (1993, 1996).

Det er selvsagt også usikkerhet i den første delen av kalkylen. Tilvekstreaksjoner for trærne i skjermstillingen og risikoen for vindfall er ikke bare kritiske faktorer i kalkylen, men også faktorer som vi har mangelfull kunnskap om og/eller faktorer som er preget av tilfeldigheter. Dersom en ser bort fra disse faktorene har en imidlertid et godt utgangspunkt for å følge *bruttoverdiutviklingen* i en skjermstilling ved å bruke eksisterende bestandsutviklingsmodeller (Braastad 1975, 1982) og prisfunksjoner for bruttoverdi (Blingsmo & Veidahl 1992).

Tidligere vi hatt begrensede kunnskaper om prestasjoner og driftskostnader ved skjermstillingshogster. Det foreligger imidlertid nå resultater fra flere undersøkelser der prestasjoner ved ulike typer mekaniserte selektive hogster er studert (Dale et al. 1993, Dale & Stamm 1994). Dette betyr at vi med rimelig stor grad av sikkerhet kan beregne driftskostnadene ved etablering og avvikling av skjermstillingen, noe som igjen gjør at vi kan følge *nettoverdiutviklingen* i en skjermstilling.

Hensikten med det foreliggende arbeidet er å kartlegge faktorer som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst i granbestand. Dette krever et omfattende opplegg for å beskrive den biologiske utviklingen med tilhørende økonomiske størrelser. Det er derfor lagt vekt på å gjennomgå de grunnleggende biologiske og økonomiske sammenhengene som brukes i kalkylene. Faktorene knyttet til *avviklingen* av det gamle bestandet ved skjermstillingshogster er satt i fokus. Beregningene er gjort som følsomhetsanalyser med utgangspunkt i C_{max} - kalkyler, der ulike parametere som påvirker bruttoverdi, driftskostnader og rånetto er variert.

2. Materiale og metode

2.1 Økonomisk kalkyle

I en kalkyle der en for snau skogmark skal vurdere planting mot naturlig foryngelse beregnes kapitalverdien for begge alternativer. Dersom kapitalverdien ved planting (C_{0pl}) er større enn tilsvarende verdi for naturlig foryngelse (C_{0nat}), er planting mest lønnsomt. For alternativet med planting beregnes kapitalverdien som $C_{0pl} = V_{0pl} – c$, der V_{0pl} er venteverdi for det framtidige bestandet på tidspunkt 0 og c plantekostnad. Kapitalverdien for naturlig foryngelse beregnes som $C_{0nat} = V_{0nat}(1+p_r)^{-z}$, der V_{0nat} er venteverdi for det framtidige bestandet på tidspunkt 0 ved naturlig foryngelse, p_r er reell kalkulasjonsrentefot og z er ventetid.

Ofte kan det være av interesse å beregne hvor store plantekostnadene maksimalt kan være før det blir mer lønnsomt å satse på naturlig foryngelse. De to kapitalverdiene kan da settes lik hverandre og løses med hensyn på c. Dette er en tradisjonell C_{max} – kalkyle (se for eksempel Svendsrud 1985):

$$C_{max} = V_{0pl} - V_{0nat}(1+p_r)^{-z} ,$$

der C_{max} angir den maksimale kostnad som kan belastes investeringer.

I en kalkyle der en skal vurdere et opplegg for skjermstillingshogst kan en i prinsippet gå fram på samme måte som snau skogsmark (Svendsrud 1964, Hoen 1993). Også her er det to alternativer. Den ene muligheten er å snauhogge arealet og deretter gjennomføre en planting. Det forutsettes da at snauhogsten gjennomføres ved økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (n), eller dersom bestandet er eldre enn dette, at snauhogsten gjennomføres umiddelbart. Den andre muligheten er å etablere en skjermstilling og satse på naturlig foryngelse. Ved å sette kapitalverdien for disse to alternativene lik hverandre, kan det også her bestemme hvor store kostnadene knyttet til opplegget med skjermstillingshogst maksimalt kan være.

Kalkylen vil måtte gjennomføres på litt forskjellige måter avhengig av om alderen i bestandet når skjermstillingen etableres (q) er mindre eller lik, eller større enn økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (n). For $q \leq n$ er kalkylen som følger;

$$C_{max} = (H_n – H_q) + (V_{0pl} - V_{0nat}(1+p_r)^{n-(q+z)}), \qquad (1)$$

der

H_n = rånetto (kr/ha) for snauhogst ved tidspunkt for økonomisk optimal hogstmodenhetsalder,

H_q = samlet rånettoverdi for etablering og avvikling av skjermstilling (kr/ha) relatert til tidspunkt for økonomisk optimal hogstmodenhetsalder.

Når alderen i bestandet er høyere enn økonomisk optimal hogstmodenhetsalder vil det alltid være mest lønnsomhet enten at bestandet snauhogges umiddelbart, eller at skjermstillingen etableres umiddelbart. Dette betyr at tidspunktet for sammenligning av snauhogst og etablering av skjermstilling blir det samme. Dette gir følgende kalkyle for q>n:

$$C_{max} = (H_n - H_q) + (V_{0pl} - V_{0nat}(1+p_r)^{-z)}), \qquad (2)$$

der

H_n = rånetto (kr/ha) for snauhogst ved aktuell alder,

H_q = samlet rånettoverdi (kr/ha) for etablering og avvikling av skjermstilling relatert til tidspunkt for aktuell alder.

Det framgår av siste del i både (1) og (2) at størrelsen på C_{max} er avhengig av kostnadene knyttet til utviklingen i det framtidige bestandet. Disse kostnadene varierer, foruten med økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (n) og alder i bestandet når skjermstillingen etableres (q), også med ventetid (z) og venteverdi ved naturlig foryngelse (V_{0nat}). Denne delen av kalkylene skal det foreløpig ses bort fra.

Den første delen av kalkylene, som er knyttet til avviklingen av det gamle bestandet, framkommer som differansen i rånetto mellom snauhogst (H_n) og opplegget for skjermstilling (H_q). Kalkylen, og dermed lønnsomheten ved skjermstillingshogst, vil i første rekke være avhengig av ulike faktorer som bestemmer rånetto ved etablering og avvikling av skjermstillingen.

Så lenge alderen på tidspunktet for etablering av skjermstillingen er mindre eller lik økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (q≤n), har vi:

$$H_q = H_E(1+p_r)^{n-q} + (H_A\,(1+p_r)^{n-q})\,(1+p_r)^{-s} \qquad (3)$$

der

H_E = rånetto (kr/ha) ved tidspunkt for etablering av skjermstilling,

H_A = rånetto (kr/ha) ved tidspunkt for avvikling av skjermstilling,

s = antall år før skjermstillingen avvikles.

Rånetto på det aktuelle tidspunktet, enten det er ved etablering eller avvikling av skjerm, framkommer ved å multiplisere uttaket (m^3/ha) med differansen mellom bruttoverdi og driftskostnader (kr/m^3). Dersom driftskostnadene deles i hogstkostnader og kostnader for utkjøring, vil samlet rånetto på tidspunkt for økonomisk optimal hogstmodenhetsalder bli;

$$H_q = V_E *(B_E - (KH_E+KU_E))\,(1+p_r)^{n-q} + (V_A*(B_A - (KH_A+KU_A))(1+p_r)^{n-q})\,(1+p_r)^{-s}, \qquad (4)$$

der

V_E = uttak (m^3/ha) ved tidspunkt for etablering av skjermstilling,

V_A = uttak (m^3/ha) ved tidspunkt for avvikling av skjermstilling,

B_E = bruttoverdi (kr/m^3) ved tidspunkt for etablering av skjermstilling,

KH_E = kostnader hogst (kr/m^3) ved tidspunkt for etablering av skjermstilling,

KU_E = kostnader utkjøring (kr/m^3) ved tidspunkt for etablering av skjermstilling,

B_A = bruttoverdi (kr/m^3) ved tidspunkt for avvikling av skjermstilling,

KH_A = kostnader hogst (kr/m^3) ved tidspunkt for avvikling av skjermstilling,

KU_A = kostnader utkjøring (kr/m^3) ved tidspunkt for avvikling av skjermstilling.

Når alderen er større enn økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (q>n) vil på tilsvarende måte samlet rånetto (kr/ha) for etablering og avvikling av skjermstilling relatert til tidspunkt for aktuell alder bli;

$$H_q = H_E + H_A(1+p_r)^{-s}\,, \text{ og} \qquad (5)$$

$$H_q = V_E *(B_E - (KH_E+KU_E)) + V_A*(B_A - (KH_A+KU_A))\,(1+p_r)^{-s}. \qquad (6)$$

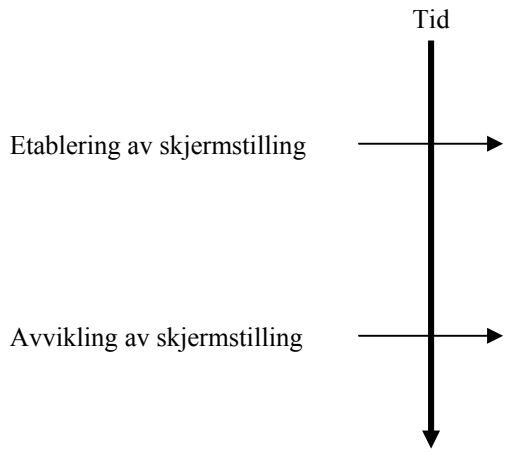
De endelige uttrykkene for å beregne C_{max} blir dermed for $q \leq n$;

$$C_{max} = (H_n - (V_E * (B_E - (KH_E + KU_E)) (1+p_r)^{n-q} + (V_A * (B_A - (KH_A + KU_A))(1+p_r)^{n-q}) (1+p_r)^{-s}) + (V_{0pl} - V_{0nat}(1+p_r)^{n-(q+z)}), \quad (7)$$

og for $q>n$

$$C_{max} = (H_n - (V_E * (B_E - (KH_E + KU_E)) + (V_A * (B_A - (KH_A + KU_A)) (1+p_r)^{-s}) + (V_{0pl} - V_{0nat}(1+p_r)^{-z)}). \quad (8)$$

Som det framgår av uttrykkene for C_{max} er det svært mange størrelser som inngår i kalkylene, og som dermed vil kunne påvirke lønnsomheten i et opplegg med skjermstilling. At det i slike kalkyler, i tillegg til forhold som beslutningstakeren selv har kontroll over, også finnes faktorer som er delvis utenfor en slik kontroll og som i stor grad er preget av tilfeldigheter, gjør både at kalkylene er krevende å gjennomføre og at resultatene blir usikre. Fig. 1 viser en skjematisk oversikt over faktorer som påvirker lønnsomheten i et opplegg med skjermstilling.



Faktorer under beslutningstakers kontroll	Faktorer delvis utenfor beslutningstakers kontroll
Tidspunkt Treantall i skjermstilling	Skader på skjermstilling Tilvekst Vindfall
Tidspunkt	Skader framtidig bestand Treantall framtidig bestand Ventetid framtidig bestand

Fig. 1. Faktorer som påvirker lønnsomheten i skjermstillingshogster.

Tidspunkt for etablering (q), hvor mange trær som settes igjen i skjermstillingen og hvor mange år skjermstillingen står før den avvikles (tidspunkt for avvikling), er faktorer som beslutningstakeren har kontroll over. Tidspunktet for etablering er av helt sentral betydning. For det første er det viktig hvordan dette tidspunktet kommer i forhold til alternativet, som er snauhogst ved økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (n). Tidspunktet har også betydning

for bruttoverdi (B_E) og driftskostnader (KH_E, KU_E) når skjermstillingen etableres. Videre vil det ha innvirkning på tilveksten for trærne som blir satt igjen, og dermed også på bruttoverdi (B_A) og driftskostnader (KH_A, KU_A) når skjermstillingen avvikles. Det treantallet som settes igjen i skjermstillingen vil direkte påvirke størrelsen på uttaket både ved etableringstidspunktet (V_E) og avviklingstidspunktet (V_A). I tillegg vil dette treantallet ha betydning for driftskostnadene på begge tidspunkt. Hvor mange år skjermstillingen står før den avvikles (s), vil selvfølgelig påvirke både uttak, bruttoverdi og driftskostnader. I tillegg vil også antall år skjermstillingen står påvirke ventetid (z) og treantall, og dermed også venteverdien i det framtidige bestandet (V_{0nat}). Selve avvirkningen av skjermstillingen vil også kunne påvirke treantallet og venteverdien i det framtidige bestandet dersom det oppstår skader på småplantene.

Lønnsomheten i et opplegg med skjermstillingshogst er også avhengig av faktorer som beslutningstaker bare i mindre grad har kontroll over. På tidspunktet for etablering av skjermstillingen er disse først og fremst knyttet til driftstekniske problemer, og skader på trærne som settes igjen i skjermstillingen. Slike skader vil få konsekvenser for bruttoverdien når skjermstillingen avvikles (B_A). Eventuelle vindfall i perioden mellom skjermstillingen etableres og avvikles kan i liten grad kontrolleres, selv om en gjennom hogstføringen og valg av bestand antagelig kan gjøre risikoen for vindfall noe mindre. Konsekvensene av vindfall er ofte både lavere bruttoverdi (B_A) og høyere driftskostnader (KH_A, KU_A). Vindfall vil også kunne påvirke treantallet og dermed venteverdien i det nye bestandet (V_{0nat}) i negativ retning. Tilveksten i skjermstillingen er direkte påvirket av naturgitte forhold på voksestedet. I tillegg vil tilveksten være avhengig av tidspunktet for når skjermstillingen etableres. Endelig vil både treantallet og det faktiske utvalget av trær til en viss grad kunne påvirke tilveksten i skjermstillingen. Uansett årsak til endringer i tilveksten, påvirker dette både størrelsen på uttaket (V_A), bruttoverdien (B_A) og driftskostnadene (KH_A, KU_A) ved avviklingen av skjermstillingen.

2.2. Beregningsmodell

For å kunne kvantifisere konsekvensene av faktorene som påvirker lønnsomheten ved skjermstillingshogst, må en kunne beskrive hvordan skogen, både i det gamle bestandet og i skjermstillingen, utvikler seg over tid. En må også kunne kvantifisere hvordan dette påvirker bruttoverdier og driftskostnader. For å gjøre disse oppgavene er det utviklet en beregningsmodell som er programmert i SAS (Sas Institutt A.S. 1985).

Den biologiske utviklingen i modellen tar utgangspunkt i middeltreet, beskrevet gjennom grunnflatemiddeldiameter og grunnflateveid middelhøyde, og treantall pr. ha. Framskrivningene av middeltreet er basert på regresjonsfunksjoner som predikerer årlig tilvekstprosent for grunnflatemiddeldiameter og grunnflateveid middelhøyde:

IP_d = f (Bonitet, Alder), og IP_h = f (Bonitet, Alder),

der IP_d og IP_h er årlig tilvekstprosent for diameter og høyde.

Funksjonene er laget ut fra verdier for bonitet, alder, diameter og høyde i produksjonstabeller for gran (Braastad 1975). De aktuelle tilvekstprosentene blir beregnet for ett og ett år om gangen, og det nye volumet for middeltreet blir beregnet med basis i ny diameter og høyde. Naturlig avgang både i det gamle bestandet og i skjermstillingen forutsettes å være 0,4% av treantallet hvert år (Braastad 1982). Stående volum pr. ha på ethvert tidspunkt beregnes ved å multiplisere volum av middeltreet med treantall pr. ha. For alle uttak, enten det er ved snauhogst, etablering eller avvikling av skjermstilling, har en i tillegg til volumopplysningene, dermed en beskrivelse av diameter, høyde og treantall.

Bruttoverdi pr. m^3 i uttaket blir beregnet med prisfunksjoner utviklet av Blingsmo & Veidahl (1992). I tillegg til grunnflatemiddeldiameter og grunnflateveid middelhøyde på tidspunktet for uttak, inngår priser pr. m^3 for basisdimensjoner av ulike sortimenter skurtømmer, pris pr. m^3 for massevirke og andel ekstraordinært massevirke (det vil massevirke utover det som skyldes avsmalning/dimensjon, eksempelvis på grunn av råte, krok, kvist) i disse beregningene.

Det er forutsatt drifter med hogstmaskin og lastetraktor. Driftskostnadene er basert på prestasjonsfunksjoner der volumet av middeltreet og treantall pr. ha på tidspunktet for uttak inngår i beregningene. For å bestemme prestasjonen for hogstene, er følgende funksjon for en-greps hogstmaskin (Dale et al. 1993) brukt;

$$P = -2{,}43+59{,}109*v-29.992*v^2+0{,}0469*U+0{,}0506*v*U+0{,}00189*N,$$

der P = produksjon (m^3/virketime (E_0)), v = volum av middeltreet (m^3), N = treantall/ha før uttak, og U = uttaksprosent (% av treantall før uttak).

For å bestemme produksjon ved utkjøring, er følgende funksjon for middels stor lastetraktor (Dale & Stamm 1994) brukt:

P=1/(((0.0124*Rb+0.0131*Lb+0.017*Rt+0.021*Lt)/Lv+2.72-0.00166*V)/60)

der P = produksjon (m^3/virketime (E_0)), Lb = kjøreavstand med lass i basveg (m), Rb = returavstand i basveg (m), Lt = kjøreavstand i terreng (m), Rt = returavstand i terreng (m), Lv = volum pr. lass (m^3) og V = uttak (m^3/ha).

Kostnaden pr. m^3, enten det gjelder hogst eller kjøring, beregnes som K = (1/P)*MK, der K = hogst-, eller kjørekostnad (kr/m^3), P = produksjon (m^3/virketime (E_0)) og MK = maskinkostnad (kr/virketime (E_0)).

Uttaksprosenten ved etablering av skjermstillingen vil avhenge av treantall i utgangpunktet og hvor mange trær som settes igjen i skjermstillingen. Fig. 2 viser et eksempel på hvordan de totale driftskostnadene varierer med størrelsen på middeltreet og ulike uttaksprosenter. Driftsveilengden i eksemplet er 200 meter, og maskinkostnadene er satt til 1125 og 750 kr pr. virketime for henholdsvis hogstmaskin og lastetraktor.

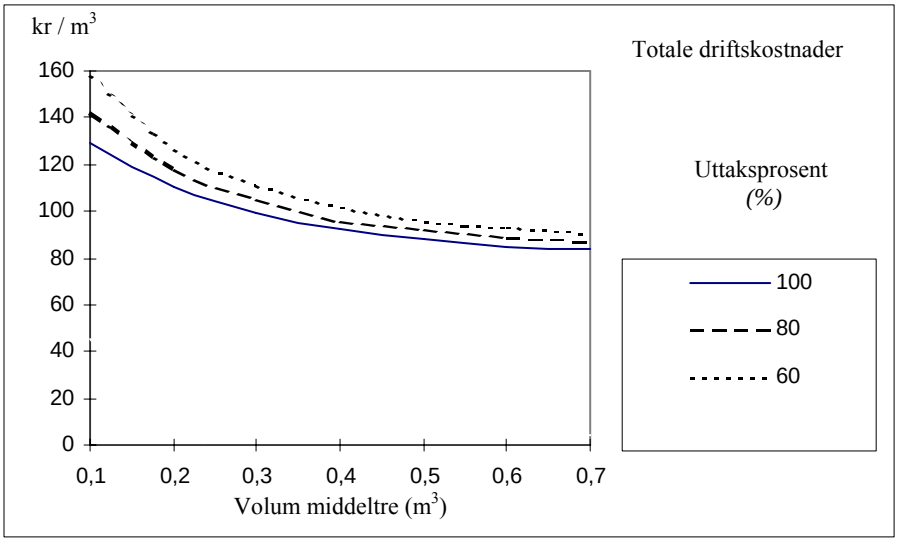


Fig. 2. Totale driftskostnader med varierende maskinkostnad og uttaksprosent.

2.3. Forutsetninger

Alle beregninger tar utgangspunkt i et granbestand på bonitet H_{40}=14 m som er 60 år. På dette tidspunket har bestandet en grunnflateveid middelhøyde på 14,0 meter, en grunnflatemiddeldiameter på 15,0 cm og et treantall på 700 pr. ha.

Tabell 1 viser forutsetningene som er gjort for å beregne bruttoverdi og driftskostnader. I tillegg er driftsveilengden satt til 200 meter, med halvparten av lengden i terrenget og halvparten på basveg. Lasstørrelsen er satt til 11 m^3.

Tabell 1. Forutsetninger for bruttoverdi og driftskostnader.

Veid bruttopris basisdimensjon skur (kr/m^3)	436
Massevirkepris (kr/m^3)	245
Maskinkostnad hogst (kr/E_0-time)	1125
Maskinkostnad kjøring (kr/E_0-time)	750

Det er gjort beregninger med reelle kalkulasjonsrenteføtter på 2%, 3% og 4%. Tabell 2 viser økonomisk optimal hogstmodenhetsalder ved snauhogst (n) og venteverdi på tidspunkt 0 for det framtidige bestandet. Det er forutsatt at venteverdien blir den samme uansett om det er forynget ved planting eller ved skjermstilling ($V_{0pl} = V_{0nat}$). Ventetida for naturlig foryngelse ved skjermstilling (z) er satt til 10 år.

Tabell 2. Optimal omløpstid og venteverdi.

Reell kalkulasjonsrentefot (p_r) (%)	Økonomisk optimal hogstmodenhetsalder (n) (år)	Venteverdi på tidspunkt 0 (kr /ha)
2	101	18820
3	91	7440
4	82	3110

Tabell 3 viser at det i basisalternativet for skjermopplegget er forutsatt at treantallet reduseres til 250 trær pr. ha når skjermstillingen etableres, at skjermen står i 15 år, at det ikke blir noen spesiell tilvekstreaksjon for de trærne som står igjen, at ingen trær går ut gjennom vindfellinger, at det er 20% ekstraordinært massevirke (det samme er forutsatt for snauhogstalternativet) og at det er 10% prestasjonsreduksjon for hogst og kjøring ved avviklingen av skjermstillingen fordi det må tas hensyn til foryngelsen.

Tabell 3 viser også verdiene for de ulike faktorene som inngår i følsomhetsanalysene. Alle faktorene er i første omgang vurdert hver for seg. Til slutt er de også kombinert slik at

ytterpunktene både i positiv og negativ retning framkommer. I følsomhetsanalysene som gjelder tilvekstreaksjonen for skjermtrærne er det forutsatt at bare diametertilveksten påvirkes, mens høydetilveksten er upåvirket. Videre er det ved vindfall i skjermstillingen forutsatt at dette skjer midt i skjermstillingsperioden, at virket tas ut umiddelbart med 40% ekstraordinært massevirke (på grunn av skader/råte), og at det blir 20% lavere prestasjon for hogst og kjøring i forhold til normal avvikling av skjermen. Det er også forutsatt at ventetid og venteverdi av foryngelsen (V_{0nat}) er upåvirket av vindfellingene.

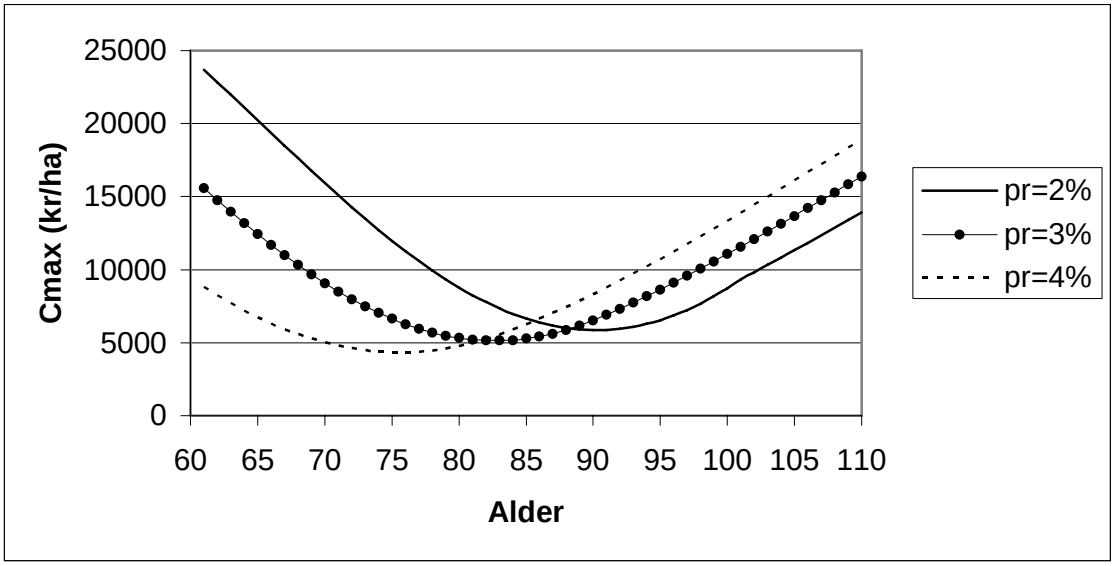
Tabell 3. Forutsetninger i basisalternativ og følsomhetsanalyser.

	Opplegg for skjermstilling	
	Basisalternativ	Følsomhetsanalyse
Treantall i skjermstilling (/ha)	250	150 - 250 - 350
Antall år med skjermstilling	15	10 -15 - 20
Tilvekstreaksjon hos skjermtrærne (%)	0	0 - 25 - 50
Vindfall i skjermstilling (/ha)	0	0 - 100 - 200
Ekstraordinært massevirke ved avvikling av skjermstilling (%)	20	20 - 30 - 40
Prestasjonsreduksjon ved avvikling av skjermstilling (%)	10	10 - 15 - 20

3. Resultater

Fig. 3 viser C_{max} (maksimale kostnader for planting når naturlig foryngelse ved skjermstilling er alternativet) med forutsetningene i basisalternativet, og varierende kalkulasjonsrentefot. Det framgår av figuren at optimalt tidspunkt for etablering av skjermstilling og minimum C_{max} varierer med kalkulasjonsrentefoten. Optimalt tidspunkt for etablering av skjermstilling (når C_{max} er på sitt laveste) er 76 år, 83 år og 90 år, det vil si 6 år, 8 år og 11 år før optimal omløpstid ved snauhogst (Tabell 2), for kalkulasjonsrentefot 4%, 3% og 2%. For kalkulasjonsrentefot 4% er minimum C_{max} 4350 kr/ha, mens den med kalkulasjonsrentefot 2% er 5860 kr/ha.

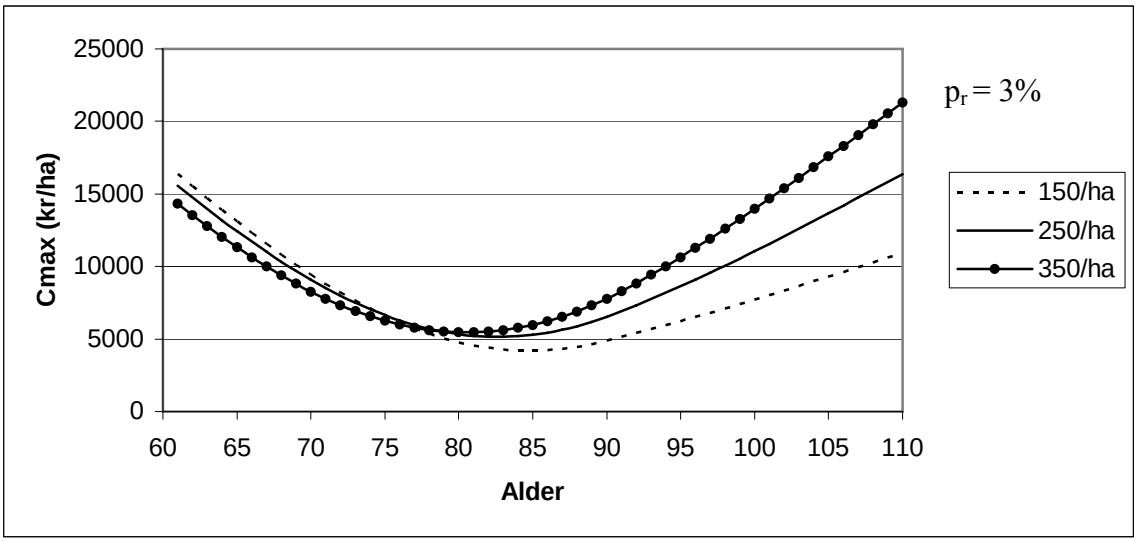
Det framgår også av figuren at tidspunktene for når det kan være aktuelt å etablere et opplegg med skjermstillingshogst varierer med kalkulasjonsrentefoten. Dersom det forutsettes at plantekostnaden ved snauhogst er 7000 kr/ha, vil det med en kalkulasjonsrentefot på 4% lønne seg å etablere en skjermstilling dersom bestandet har en alder som ligger i intervallet 65-86 år, det vil si en periode på 21 år. Ved lavere kalkulasjonsrentefot vil det aktuelle aldersintervallet snevres inn.



p_r (%)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr / ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr/ha
2	90	5860	84 - 96 (12)
3	83	5145	75 - 91 (16)
4	76	4350	65 - 86 (21)

Fig. 3. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Basisalternativ. Varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

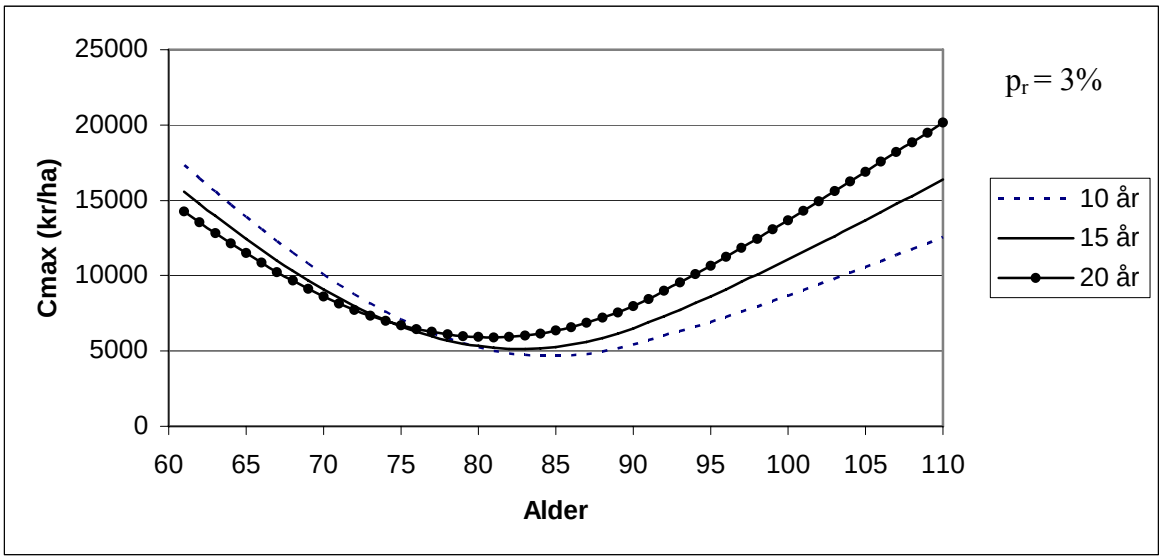
Fig. 4 viser hvordan C_{max} varierer med ulike antall trær som settes igjen i skjermstillingen. Et lavere treantall som settes igjen i skjermstillingen trekker i retning av en lavere optimal alder for etablering av skjermstilling, lavere minimum C_{max} og lengre intervall for når det er lønnsomt med skjermstilling.



p_r (%)	Treantall i skjerm (/ha)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	150	93	5225	85 - 100 (15)
	250	90	5860	84 - 96 (12)
	350	88	5647	81 - 94 (13)
3	150	85	4186	75 - 97 (22)
	250	83	5145	75 - 91 (16)
	350	81	5448	74 - 88 (13)
4	150	77	3272	64 - 94 (30)
	250	76	4350	65 - 86 (21)
	350	74	4936	65 - 83 (18)

Fig. 4. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende treantall i skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

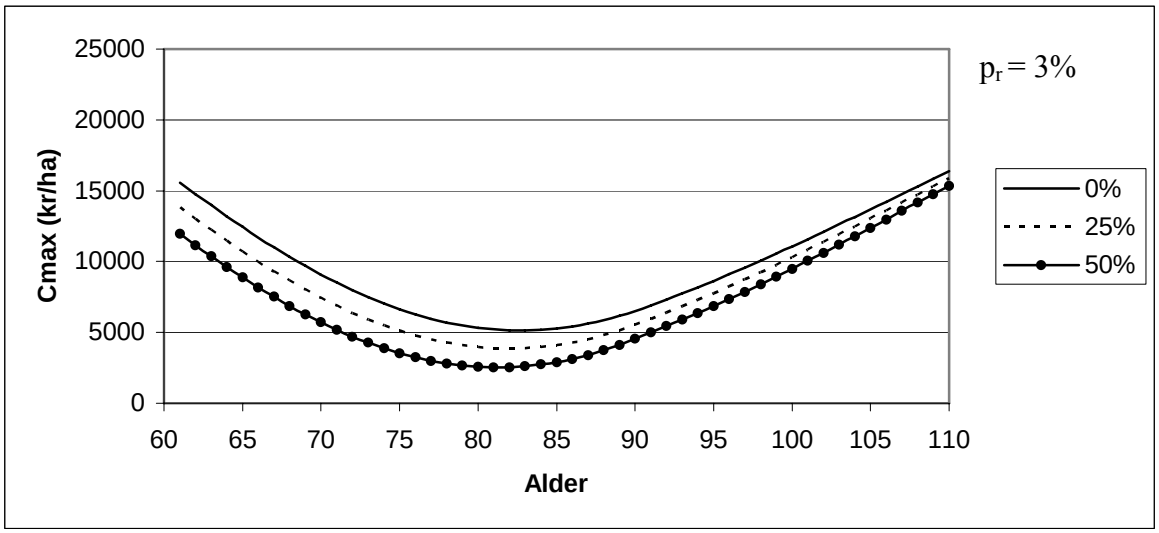
Fig. 5 viser hvordan C_{max} varierer med hvor mange år skjermstillingen står. Det framgår av figuren at et mindre antall år som skjermstillingen står trekker i retning av en høyere optimal alder for etablering av skjermstilling, en lavere minimum C_{max} og et lengre aldersintervall for når det er lønnsomt med skjermstilling.



p_r (%)	Antall år med skjermstilling	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	10	92	5576	86 - 99 (13)
	15	90	5860	84 - 96 (12)
	20	88	6502	84 - 92 (8)
3	10	85	4669	76 - 95 (19)
	15	83	5145	75 - 91 (16)
	20	81	5916	75 - 87 (12)
4	10	77	3843	66 - 91 (25)
	15	76	4350	65 - 86 (21)
	20	74	5080	65 - 83 (18)

Fig. 5. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende antall år med skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

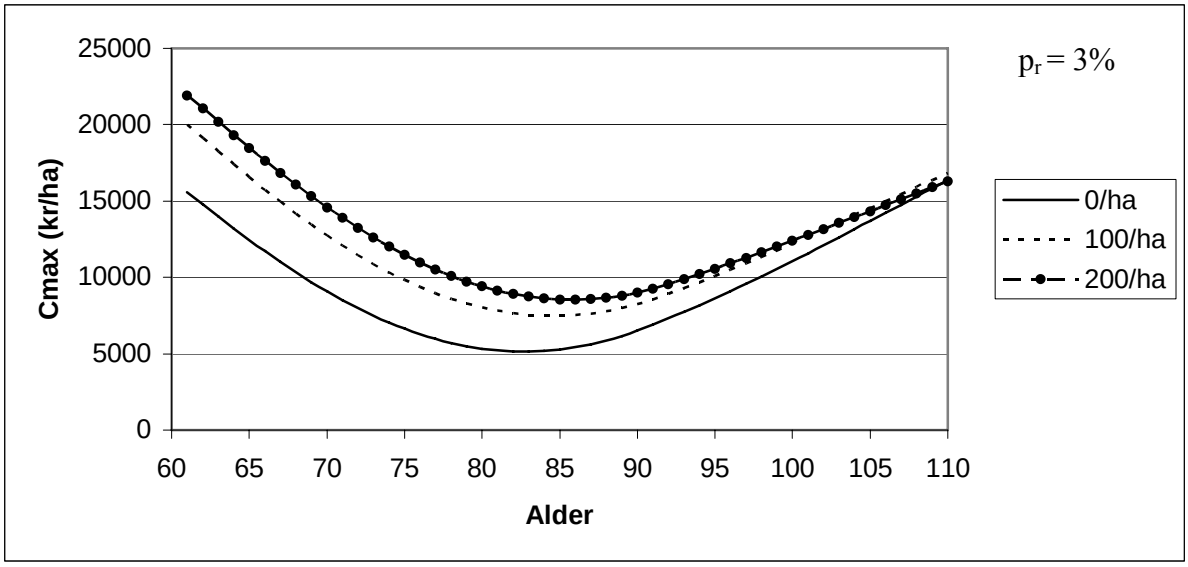
Fig. 6 viser hvordan C_{max} endres når det forutsettes at diametertilveksten i skjermperioden øker med henholdsvis 25% og 50%. Økt tilvekst fører til lavere minimum C_{max} og lengre intervall for når det er lønnsomt med skjermstilling. Med kalkulasjonsrentefot 4%, blir minimum C_{max} omtrent halvert (fra 4350 kr/ha til 2135 kr/ha) i forhold til dersom det ikke er noen tilvekstreaksjon, mens aldersintervallet øker fra omtrent 20 år til 30 år.



p_r (%)	Tilvekstreaksjon i skjerm (%)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	0	90	5860	84 - 96 (12)
	25	90	4499	81 - 98 (17)
	50	89	3058	77 - 100 (23)
3	0	83	5145	75 - 91 (16)
	25	82	3873	71 - 93 (22)
	50	81	2530	68 - 95 (27)
4	0	76	4350	65 - 86 (21)
	25	75	3277	62 - 88 (26)
	50	74	2135	60 - 90 (30)

Fig. 6. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende tilvekstreaksjon (%) i skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

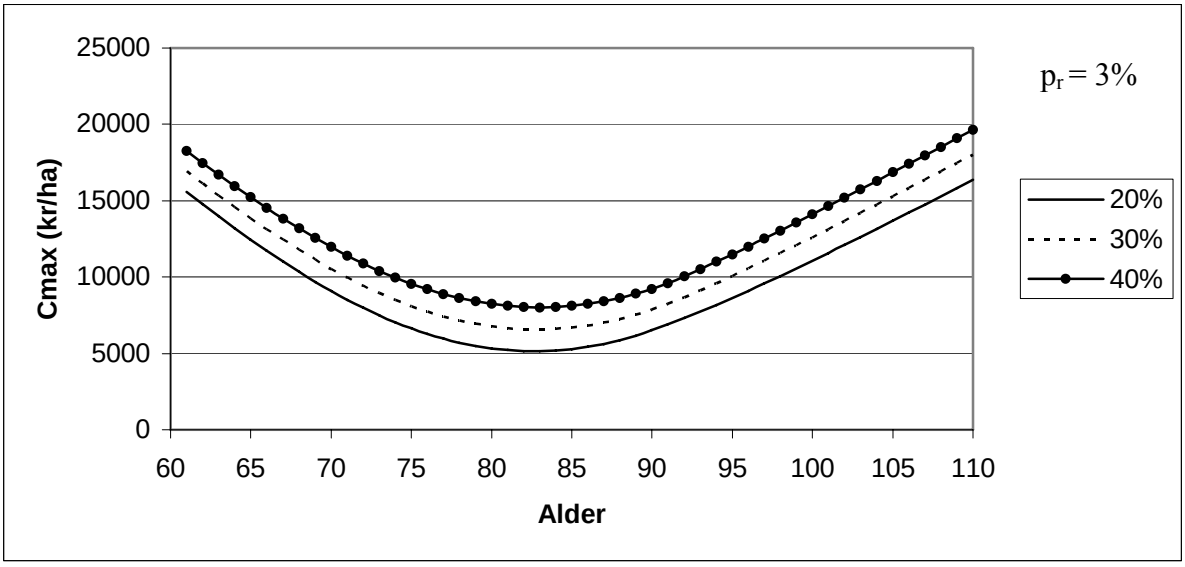
Fig. 7 viser hvordan C_{max} påvirkes av vindfall i skjermperioden. Det framgår av figuren at vindfall fører til at minimum C_{max} øker. Dersom 200 av de 250 trærne pr. ha i skjermen blir vindfelt og kalkulasjonsrentefoten er 2%, fordobles omtrent denne verdien, mens den ved kalkulasjonsrentefot 4% øker med omtrent 50%. En ser også at det ved kalkulasjonsrentefot 2% og 3% aldri vil være lønnsomt med skjermstilling dersom det er vindfall og plantekostnaden ved snauhogst er 7000 kr/ha.



p_r (%)	Vindfall i skjerm (/ha)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	0	90	5860	84 - 96 (12)
	100	92	8883	-
	200	93	10531	-
3	0	83	5145	75 - 91 (16)
	100	85	7486	-
	200	86	8547	-
4	0	76	4350	65 - 86 (21)
	100	78	6140	72 - 83 (11)
	200	79	6766	76 - 82 (8)

Fig. 7. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende antall vindfall (/ha) i skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

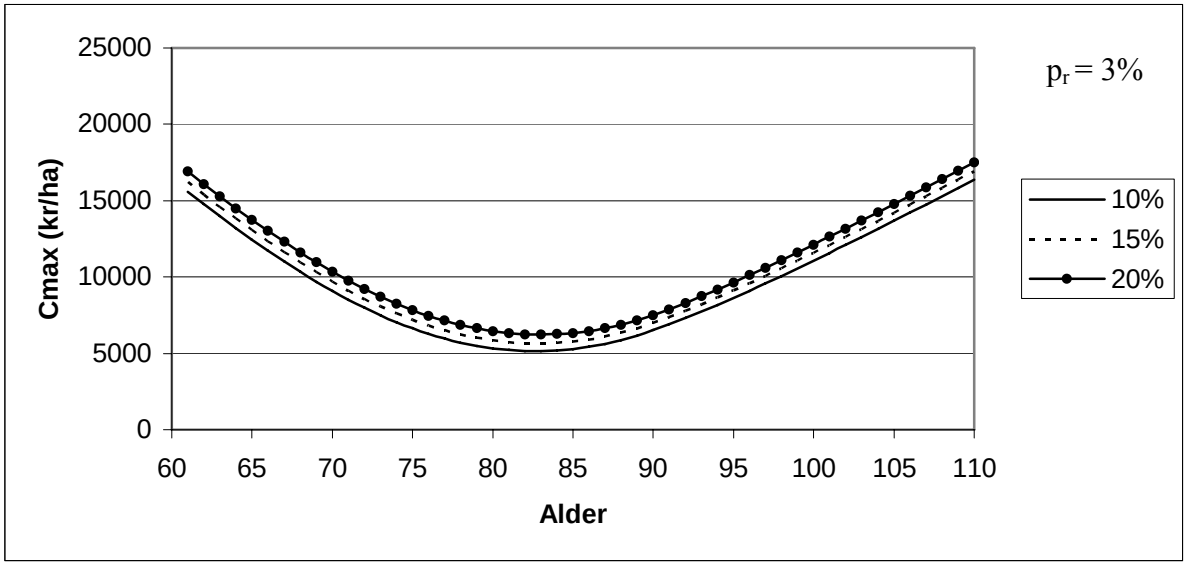
Fig. 8 viser hvordan C_{max} påvirkes av ekstraordinært massevirke hos skjermtrærne når disse avvikles. Økt andel massevirke fører til at minimum C_{max} blir større. Når ekstraordinært massevirke går fra 20% til 40% er økningen noe over 60% (fra 5860 kr/ha til 9639 kr/ha)) med kalkulasjonsrentefot 2%, mens den er i underkant av 50% med kalkulasjonsrentefot 4%. Figuren viser også at opplegget med skjermstilling uansett blir ulønnsomt for kalkulasjonsrentefot 2% og 3% dersom ekstraordinært massevirke er 40% og plantekostnaden ved snauhogst er 7000 kr/ha.



p_r (%)	Andel ekstraordinært massevirke (%)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	20	90	5860	81 - 95 (14)
	30	90	7749	-
	40	90	9639	-
3	20	83	5145	75 - 91 (21)
	30	83	6578	79 - 86 (7)
	40	83	8010	-
4	20	76	4350	65 - 86 (21)
	30	76	5376	68 - 84 (16)
	40	76	6402	71 - 81 (10)

Fig. 8. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende andel ekstraordinært massevirke (%) ved avvikling av skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

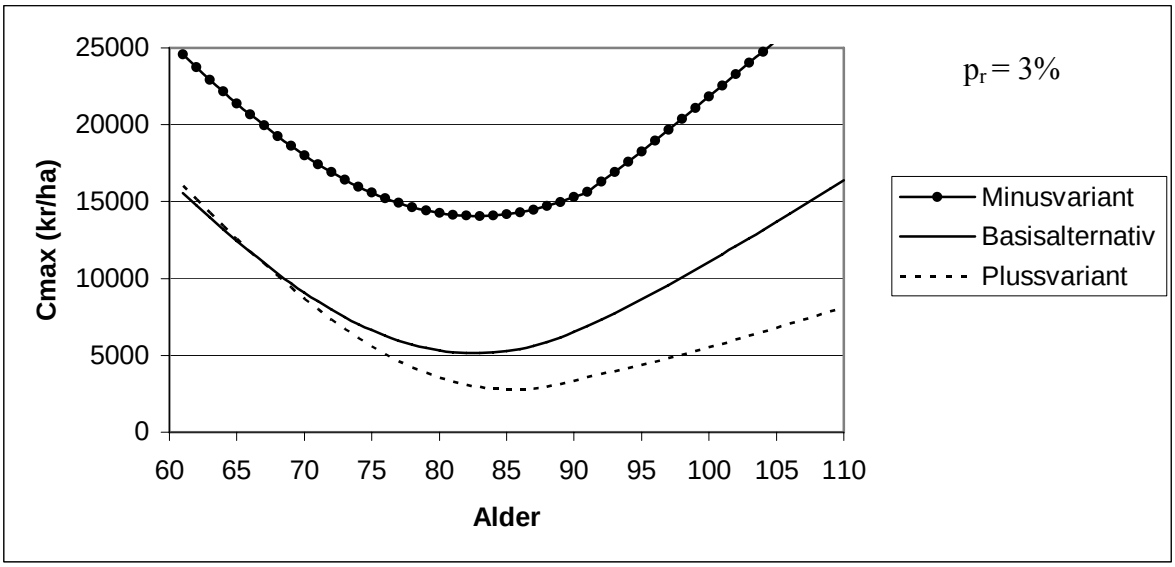
Fig. 9 viser hvordan C_{max} påvirkes av prestasjonsreduksjoner for hogst og kjøring som følge av at det må tas hensyn til foryngelsen når skjermstillingen avvikles. Det framgår av figuren at større prestasjonsreduksjon gir høyere C_{max}. Når prestasjonsreduksjonen øker fra 10% til 20% blir økningen for minimum C_{max} 23% med kalkulasjonsrentefot 2%, mens den blir 19% med kalkulasjonsrentefot 4%. Figuren viser også at opplegget med skjermstilling for kalkulasjonsrentefot 2% uansett blir ulønnsomt dersom prestasjonsreduksjonen er 20% og plantekostnaden ved snauhogst er 7000 kr/ha.



p_r (%)	Prestasjonsreduksjon avvikling skjerm (%)	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	10	90	5860	84 - 96 (12)
	15	90	6504	87 - 94 (7)
	20	90	7228	-
3	10	83	5145	75 - 91 (16)
	15	83	5658	76 - 90 (14)
	20	83	6234	78 - 88 (10)
4	10	76	4350	65 - 86 (21)
	15	76	4742	66 - 85 (19)
	20	76	5183	67 - 84 (17)

Fig. 9. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Varierende reduksjon i prestasjon (%) ved avvikling av skjerm og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

I Fig. 10 er de ulike faktorene faktorene kombinert slik at ytterpunktene både i positiv og negativ retning kommer fram. For "minusvarianten" betyr dette at det settes igjen 350 trær/ha i skjermen, at skjermen står i 20 år, at det ikke blir noen tilvekstreaksjon, at det er 200 trær/ha i vindfellinger, at ekstraordinært massevirke blir satt til 40% og at prestasjonsreduksjon ved avviklingen av skjermen er 20%. Det framgår av figuren at et opplegg med skjermstilling ikke i noe tilfelle er lønnsomt med disse forutsetningene. For "plussvarianten", med tilsvarende forutsetninger for de ulike faktorene i positiv retning, vil skjermstillingshogst være svært lønnsomt i forhold til et opplegg med snauhogst og planting.



p_r (%)	Varianter	Optimal alder for etablering av skjerm	Minimum C_{max} (kr/ha)	Aldersintervall for etablering av skjerm med C_{max} < 7000 kr /ha
2	Minusvariant	89	16718	-
	Standard	90	5860	84 - 96 (12)
	Plussvariant	93	3827	83 - 106 (23)
3	Minusvariant	83	14066	-
	Standard	83	5145	75 - 91 (16)
	Plussvariant	85	2779	73 - 105 (32)
4	Minusvariant	76	11330	-
	Standard	76	4350	65 - 86 (21)
	Plussvariant	78	2031	63 - 103 (40)

Fig. 10. C_{max} ved ulike tidspunkt for etablering av skjermstilling. Minusvariant og plussvariant i forutsetningene for opplegget med skjermstilling og varierende reell kalkulasjonsrentefot (p_r).

4. Diskusjon

Det er stor usikkerhet forbundet med slike kalkyler som er gjennomført i dette arbeidet. Dette gjelder forutsetninger som er gjort *både* ved snauhogst/planting, og ved et opplegg med skjermstillingshogst. Usikkerheten er knyttet til framtidig avkastningskrav, tømmerpriser, driftskostnader og skogkulturkostnader. I tillegg kommer risiko og usikkerhet forbundet med den biologiske utviklingen. Når det gjelder den biologiske utviklingen, er det imidlertid liten tvil om at usikkerheten knyttet til skjermstillingshogst er større enn ved snauhogst/planting, fordi det ved skjermstillingen er flest faktorer som beslutningstakeren ikke har direkte kontroll over (se Fig.1).

Generelt viser følsomhetsanalysene at det ut fra en lønnsomhetsbetraktning i mange tilfeller kan være mest lønnsomt med skjermstillingshogst når dette sammenlignes med snauhogst og planting dersom kostnadene til planting settes til 700 kr/ha (Fig. 3). Samtidig viser imidlertid analysene at det både er viktig hvordan opplegget med skjermstilling gjennomføres, og at en er avhengig av at ikke altfor mange av de usikre faktorene knyttet til en skjermstilling slår ut i negativ retning (Fig. 10).

I utgangpunktet er avkastningskravet den viktigste faktoren for lønnsomheten i en skjermstilling. Generelt favoriseres en skjermstilling av et høyt avkastningskrav i form av lavere C_{max}, og større aldersintervall for når det kan være aktuelt å etablere skjermen (Fig. 3).

- Etableringstidspunkt for skjermstilling

  Av de faktorene beslutningstakeren har kontroll over, er etableringstidspunket for skjermstillingen den viktigste for lønnsomheten i en skjermstilling. Det er viktig at skjermen etablereres noen år tidligere enn optimal alder for snauhogst (Fig. 3). En sein etablering av skjermen gjør at lønnsomhetsmarginene raskt blir mindre, eller at snauhogst/planting blir det beste alternativet. Det er også verdt å merke seg at dersom det settes igjen et stort treantall i skjermen, og skjermen står lenge, trekker dette i retning av at skjermen bør etableres på et enda tidligere tidspunkt (Fig. 4 og 5).

- Treantall i skjermstillingen og antall år skjermstillingen står

  Under forutsetning av at det ikke er noen spesiell tilvekstreaksjon for trærne som settes igjen i skjermstillingen, viser følsomhetsanalysene at treantallet i skjermen, og hvor lenge

disse står, betyr forholdsvis lite for lønnsomheten dersom skjermen etableres på et tidspunkt i nærheten av det optimale (Fig. 4 og 5). Et lavt treantall i skjermen og/eller en kort skjermperiode vil imidlertid helt klart bedre lønnsomheten ved en skjermstilling dersom den etableres på et seint tidspunkt. Dette har selvsagt sammenheng med at forrentingen for trærne i skjermen etter hvert blir mye lavere enn avkastningskravet, og at det følgelig er om å gjøre at minst mulig kapital i form av stående kubikkmasse står igjen i bestandet.

- Tilvekstreaksjon.

Følsomhetsanalysene viser at lønnsomheten forbedres betraktelig dersom det er en positiv tilvekstreaksjon hos skjermtrærne. En økning i diametertilvekst på 50% førte til at minimum C_{max} omtrent ble halvert uansett avkastningskrav (Fig. 6). I tillegg blir aldersintervallet, der skjermstilling er mer lønnsomt enn snauhogst/planting, utvidet.

Forskjellige undersøkelser viser at det er stor usikkerhet omkring tilvekstreaksjonen etter etableringen av en skjermstilling. Skoklefald (1989) fant at årlig volumtilvekst hos skjermtrærne i skjermstillingsperioden (13 år) økte 50% i forhold til en ti-årsperiode før skjermen ble etablert. Holgén et al. (1999) fant bare en liten økning i diametertilveksten etter etablering av skjermen. Denne økningen var ikke statistisk signifikant. Hagner (1962) og Haaveraaen & Nilsen (1983) fant at tilvekstreaksjonen i noen grad økte med økende fristilling (færre trær i skjermstillingen). Det er også usikkert om tilvekstreaksjonen er avhengig av alderen på skjermtrærne. Hagner (1962) og Haaveraaen & Nilsen (1983) fant at reaksjonen avtok med økende alder, mens andre undersøkelser har vist at alderen ikke virker begrensende på tilvekstreaksjonen (Andersson & Fries 1979, Skoklefald 1995)

Selv om resultatene fra undersøkelsene går i litt forskjellige retninger tyder de på at sannsynligheten for å få en positiv tilvekstreaksjon øker dersom det settes igjen få trær i skjermen og dersom bestandet ikke er for gammelt når skjermstillingen etableres. Dersom en i tillegg velger skjermtrær ut fra en målsetting om virkeproduksjon mer enn frøproduksjon, er det derfor sannsynlig at en i større eller mindre grad kan forvente en positiv tilvekstreaksjon, og følgelig også at det vil være et godt alternativ med skjermstilling. Dette betinger imidlertid at ulike faktorer som påvirker foryngelsesforholdene (forekomst av forhåndsforyngelse, vegetasjonstype og lokale erfaringer) vurderes nøye slik at en med rimelig grad av sikkerhet kan si at det ikke blir noe

venteverditap i de nye bestandet som følge av en produksjonsorientert strategi for utvelgelse av skjermtrær.

- Vindfall

Følsomhetsanalysene viser at det er av vesentlig betydning å unngå vindfellinger (Fig. 7). Med et lavt avkastningskrav vil forekomster av vindfellinger raskt gjøre at snauhogst/planting blir et langt mer lønnsomt alternativ enn skjermstilling. Selv med et avkastningskrav på 4% vil lønnsomhetsmarginene bli små med vindfellinger. I følsomhetsanalysene er det også forutsatt forholdsvis moderate kvalitetsreduksjoner for de trærne som vindfelles (fra 20% normalt til 40% ekstraordinært massevirke ved vindfellinger), og at de vindfelte trærne tas ut umiddelbart. I mange tilfeller vil det antagelig bli både store tekniske skader og lagringsskader dersom trærne blir liggende i skogen en tid. Dette understreker ytterliggere betydningen av en grundig vurdering av vindfallsrisikoen ved skjermstillingshogster.

Problemene omkring vindfellinger i skjermstillinger er tatt opp i mange undersøkelser. Persson (1975) mener at det ved bedømning av risikoen for vindskader må tas hensyn til klima, markforhold, eksposisjon og eventuelle skader som rotråte. Persson (1972) fant i tillegg også at risikoen for vindskader økte med økende uttak. For å unngå vindskader mener Sikström (1997) at ikke mer enn 40 % av treantallet bør fjernes når skjermen etablereres.

Trær som har stått i tette bestand har dårlig stabilitet når de fristilles, og sannsynligheten for vindfall er derfor stor. Hagner (1962), Børset (1986) og Solbraa (1996) påpeker betydningen av en tynning eller forberedelseshogst i god tid før skjermstillingshogsten dersom bestandet er tett. Dette vil imidlertid føre til økte driftskostnader, og dermed dårligere lønnsomhet i skjermstillingsopplegget. I bestand med stor tetthet er det derfor i de fleste tilfeller mindre aktuelt med skjermstillingshogst.

- Ekstraordinært massevirke

Ved selektive hogster kan det oppstå mekaniske skader på gjenstående trær. Dale et al. (1993) undersøkte skadene ved ulike typer av gjennomhogster i granskog med en-greps hogstmaskin og lastetraktor, og fant at mellom 11 og 18 % av gjenstående trær var skadet. Skadene var størst etter høytynning og lavest ved gruppehogst. Skjermstillingshogst kom i

en mellomstilling. De høye skadeprosentene skyldes antagelig barmarksdrift under vanskelige forhold. Ved optimale driftsforhold var andelen skadde trær mellom 5 og 11 % ved bruk av togreps hogstmaskin og utkjøring med lastetraktor (Aamodt 1993).

Mekaniske skader ved etablering av skjermen kan gi infeksjon av ulike råtesopper, og dermed økt andel av massevirke når skjermen avvikles. I tillegg kan det på råteutsatt mark være en fare for infeksjon av rotkjuke gjennom gjenstående stubber. Også dette vil kunne øke massevirkeandelen. Følsomhetsanalysene viser at massevirkeandelen ved avvikling av skjermen har stor betydning for lønnsomheten ved et opplegg med skjermstilling. Fig. 8 viser eksempelvis at med et avkastningskrav på 2% og en økning av ekstraordinær massevirkeandel fra 20% til 30% gjør at alternativet med snauhogst og planting blir mest lønnsomt uansett. Potensielle skader i form av råte er derfor en faktor som bør tillegges vekt, både ved å være forsiktig med å etablere skjermstillinger i områder som er råteutsatt, og ved å legge vekt på driftsopplegg som gjør de mekaniske skadene minst mulig.

- Prestasjonsreduksjon ved avvikling

Prestasjonene ved mekaniserte hogster er avhengig både av uttaket pr. ha og av størrelsen på trærne (Dale et al. 1993). Selv om tidsstudiene i undersøkelsen til Dale et al. (1993) ikke inkluderte avvikling av skjermstilling, må en anta at de samme faktorer påvirker prestasjonene også der. Dette tilsier dermed at prestasjonen reduseres noe i forhold til en snauhogst under ellers like forhold fordi uttaket av trær pr arealenhet er lavt, mens den kanskje øker noe fordi trærne i gjennomsnitt er blitt større. Dette betyr at prestasjonene, og dermed kostnadene, antagelig ikke i utgangspunktet avviker mye fra en snauhogst. Begge disse effektene inngår i alle beregninger som er gjort i følsomhetsanalysene. Når det her likevel er forutsatt en prosentisk prestasjonsreduksjon, er dette fordi en antar det må tas hensyn til den nye foryngelsen som har kommet opp. Viktigheten av at det tas slike hensyn understrekes av flere undersøkelser (Skoklefald 1977, Andersson & Fries 1979, Sikström & Glöde 2000) som alle påviser at mange småtrær går ut på grunn av hogst og kjøring. I de foreliggende følsomhetsanalysene har en altså valgt å ta hensyn til dette problemet ved å senke prestasjonene ved avvikling av skjermen og indirekte forutsette at dette reduserer skadene på foryngelsen tilstrekkelig, i stedet for å forutsette at det kommer opp et nytt bestand med for lav tetthet, som dermed også har en lav venteverdi (V_{0nat}). Det framgår av Fig. 9 at en reduksjon i prestasjonen ved avvikling av skjermstillingen fra 10 til 20%

medfører at snauhogst/planting blir det eneste aktuelle alternativet når avkastningskravet er 2%. Ved høyere avkastningskrav kan skjermstilling være lønnsomt.

I vurderingene som er gjort over, og i følsomhetsanalysene, er det ikke forutsatt noen ekstra kostnader til flytting av maskiner og oppstarting på grunn av at avvikling av skjermstillinger i de fleste tilfeller innebærer små kvanta pr. drift. Tidsforbruket ved flytting kan være store (Dale & Stamm 1994), og dersom slike kostnader skal inkluderes, vil lønnsomheten ved et opplegg for skjermstillingshogst svekkes betydelig. God planlegging ved å samkjøre avviklingen med andre drifter i nærheten er derfor en nødvendighet ved skjermstillingshogster.

I følsomhetsanalysene er det forutsatt at både ventetida og tettheten for foryngelsen i det nye bestandet er upåvirket av hvordan de ulike faktorene i opplegget med skjermstillingshogst varierer. Dette er selvsagt en forenkling. Tettheten på skjermen og hvor mange år skjermen står, påvirker og henger sammen med hva som skjer med det nye bestandet. Eksempelvis kan det være nødvendig å la skjermen stå et ekstra antall år for å få tilfredstillene foryngelse (slik at $V_{0pl} = V_{0nat}$). Ventetida forlenges da tilsvarende. På samme måte kan en velge å avvikle en skjerm til tross for at foryngelsen tettheten i foryngelsen ikke er optimal. Venteverdien blir dermed lavere. Nersten et al. (1998) har gjort beregninger for hvordan venteverdien i et bestand under ulike forhold blir påvirket av et inoptimalt treantall. Når det gjelder skjermstillingshogster har Hoen (1993) i følsomhetsanalyser sett på hvordan varierende ventetid og venteverdi i den nye foryngelsen påvirker lønnsomheten.

5. Konklusjon

Det er generelt stor usikkerhet knyttet til framtidig avkastningskrav, tømmerpriser, driftskostnader og skogkulturkostnader. I tillegg kommer all usikkerheten ved den biologiske utviklingen. Det er grunn til å understreke at det er flere usikre faktorer i et opplegg med skjermstilling enn til alternativet, som er snauhogst og planting. Følsomhetsanalysene viser likevel at det i mange tilfeller kan være lønnsomt med skjermstillingshogst. En fortsatt utvikling mot en lavere rotnetto, mindre tilskudd til plantinger og/eller et høyere avkastningskrav, vil kunne forsterke dette.

Samtidig viser analysene at det er viktig hvordan opplegget med skjermstilling gjennomføres, og at ikke for mange av de usikre faktorene knyttet til en skjermstilling slår ut i negativ retning. Av de usikre faktorene er vindfellinger en særlig kritisk faktor. Av de forhold beslutningstakeren har kontroll over, er etableringstidspunket for skjermstillingen den viktigste faktoren for lønnsomheten. Det er sentralt at skjermen etablereres noen år tidligere enn optimal alder for snauhogst. En sein etablering gjør at lønnsomhetsmarginene blir mindre. Det er også grunn til å peke på viktigheten av å velge trær i skjermstillingen som har et potensial for økt tilvekst. Dette vil kunne øke forrentingen av trærne som står i skjermstillingen, og dermed også lønnsomheten ved et opplegg for skjermstillingshogst.

Litteratur

Andersson, O. & Fries, J. 1979. Ett eksempel på tilväxten hos fröträd av tall. Sveriges Skogvårdsförbunds Tidskrift 77:123-129.

Blingsmo, K. & Veidahl, A. 1992. Funksjoner for bruttopris av gran- og furutrær på rot. Rapp.Skogforsk. 8/92:1-23.

Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Medd.Nor.-inst.skogforsk. 31:357-540.

Braastad, H. 1982. Naturlig avgang i granbestand. Rapp.Nor.inst.skogforsk. 12/82:1-46.

Børset, O. 1986. Skogskjøtsel II - Skogskjøtselens teknikk. Landbruksforlaget, Oslo: 455 s.

Dale, Ø. & Stamm, J. 1994. Grunnlagsdata for kostnadsanalyse av alternative hogstformer. Rapp.Skogforsk 7/94:1-37.

Dale, Ø., Kjøstelsen, L. & Aamodt, H.E. 1993. Mekaniserte lukkede hogster. Side 3-23 i: Aamodt, H.E. (ed.). Flerbruksrettet driftsteknikk. Rapp.Skogforsk 20/93:1-40.

Hagner, S. 1962. Naurlig föryngring under skärm. En analyse av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsninger i mellannorrlänsk skogsbruk. Medelande från Statens Skogforskingsinstitut 52:1.263.

Haveraaen, O. & Nilsen, P. 1983. Årringbredder hos gjenstående trær etter hogst i eldre granskog. Rapp. Norsk Institutt for skogforskning 9/83:1-16.

Hoen, H.F. 1993. Foreløpig rapport fra prosjektet "Økonomisk analyse av foryngelse i skog". Notat, Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole. 40 s + Vedlegg.

Hoen, H.F. 1996. Økonomi og bledningsskogbruk – en teoretisk analyse. Aktuelt fra skogforsk 3/96:40-46.

Holgén, P. Hånell, B. & Söderberg, U. 1999. Diameter increment allocation in Picea abies shelter trees. I: Holgén, P (Ed.), Seedling performance, shelter tree increment and recreation values in boreal shelterwood stands. Silvestria 120:1-10.

Larsson, J.Y., Kielland-Lund, J. & Søgnen, S.M. 1994. Barskogens vegetasjonstyper. Landbruksforlaget, Oslo. 132 s.

Nersten, S., Eide, B. & Veidahl, A. 1998. Beregning av korreksjonsfaktor for inoptimalt treantall, samt optimalt treantall ved planting og regulering. Rapp. fra skogforskningen - Supplement 5:1-74.

Persson, P. 1972. Vind- och snöskadors samband med beståndsbehandlingen - inventering av yngre gallringsforsøk. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser 23:1-205.

Persson, P. 1975. Stormskador på skog. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogproduktion, Rapport och Uppsatser 36:1-294.

Sas Institutt A.S. 1985. SAS User's guide: Statistics. Version 5 Edition. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC. 956 s

Sikström, U. 1997. Avgång i skärmen och plantetablering vid foryngring av gran under högskärm - en surveystudie. Skogforsk, Arbetsrapport 369:1-136.

Sikström, U. & Glöde, D. 2000. Damage to *Picea abies* Regeneration After Final Cutting of Shelterwood with Single- and Double-grip Harvester Systems. Scandinavian Journal of Forest Research 15:274-283.

Skoklefald, S. 1977. Hogstavfallet gir stor planteavgang. Norsk Skogbruk 23 (3):37-38.

Skoklefald, S. 1989. Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflate. Rapp. Norsk institutt for skogforskning 6/89:1-39.

Skoklefald. S. 1995. Naturlig gjenvekst i frørtrestillinger av furu. Rapp. fra skogforskningen 3/95:1-27.

Solbraa, K. 1996. Veien til et bærekraftig skogbruk. Universitetsforlaget, Oslo. 192 s.

Svendsrud, A. 1964. Litt om sammenlignende kalkyler for skjermforyngelse og planting. Tidsskrift for skogbruk 72 (1):58-64.

Svendsrud, A. 1985. Skogøkonomi. Universitetsforlaget A.S, 1985. Oslo. 190 s.

Svendsrud, A. 1990. Skogkultur og økonomi. Notat, Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole. 15 s.

Aamodt, H.E. 1993. Skader etter mekanisert skjermstillingshogst. Norsk Skogbruk 4B/5:16-17.