

# Tynning - skogproduksjon og lønnsomhet med og uten tynning i gran og furu

Sluttrapport til Utviklingsfondet for skogbruk og Skogtiltaksfondet

Januar 2024

Christian Kühne & Aksel Granhus

## Sammendrag

Ved hjelp av eksisterende funksjoner og nylig utviklede funksjoner har vi i prosjektet «Tynning – skogproduksjon og lønnsomhet med og uten tynning i gran og furu» utviklet et modelleringssystem for å vurdere økonomisk gjennomførbarhet av helmekanisert tynning i jevnaldrende bestand av gran og furu. Analysen viste at sammenlignet med et scenario uten tynning, fører tynning ikke til forbedret lønnsomhet når den optimale omløpstiden defineres basert på maksimal netto nåverdi. Når den optimale rotasjonstiden defineres ut fra en målsetting om maksimal årlig middeltilvekst, kan imidlertid sen tynning forbedre lønnsomheten gitt visse forhold. For å være økonomisk overlegen, måtte tynningsinngrepene i seg selv gi tilstrekkelig positiv rånetto i de simulerte tynningsscenariene, dvs. høyere tynninginntekter enn tynningkostnader. Resultatene antyder at tynning i bestand (overhøyde < 20 m) med en grunnflatediameter på minst 15 cm og en grunnflate på mer enn 30 m<sup>2</sup> per kan ha en positiv økonomisk innvirkning hvis total tømmer volumproduksjon på bestandsnivå tas i betraktning og når diskonteringsraten er minst 2,5%. Fordi tilvekstreaksjonen hos furu er mindre etter sene inngrep, er tynning sjeldnere økonomisk lønnsomt for dette treslaget sammenlignet med gran.

## Beskrivelse av modelleringsmetoden

For å nøyaktig estimere stammevolum på bestandsnivå som funksjon av bestandsforhold, ble detaljerte data fra NIBIOs langsiktige feltforsøk brukt (Andreassen mfl. 2018). Ved bruk av nylig utviklede avsmalingsfunksjoner for gran og furu (Hansen mfl. 2023), ble totalt bestandsvolumet samt volumet av massevirke og sagtømmer kvantifisert. Beregnet bestandsvolum ble deretter brukt til å utlede funksjoner for å forutsi andelen ikke-salgbart/salgbart volum samt sagtømmer-/massevirkeandeler basert på bestandsegenskapene overhøyde og grunnflatediameter.

Data fra Landsskogtakseringen (2016-2020, Breidenbach mfl. 2020) ble brukt til å undersøke lønnsomhet av helmekanisert tynning i gran- og furubestand. Effektene av ulike tynningsscenarier på volumproduksjonen ble kvantifisert og evaluert ved bruk av de allerede publiserte vekst- og produksjonsmodellene for utynnede og tynnede, jevnaldrede bestand (Allen mfl. 2020, Kuehne mfl. 2022). Modellene predikerer de ovennevnte bestandsegenskapene på bestandsnivå som er nødvendig i funksjonene som beregner ikke-salgbare og sagtømmerproporsjoner som kan forventes fra de studerte tynningsscenarioene.

I tillegg til et forvaltningsscenario utentynning, ble helmekanisert tynning simulert, hvor trærne først fjernes langs stikkveiene. Stikkveiene skulle være 4 m brede med 20 m avstand mellom senterlinjene. Tynningsintensitet i simuleringene kvantifisert som reduksjon i grunnflaten, inkludert stikkveiene, varierte fra 0, 20, 25, 30 og så videre opp til 50%. Kun tynningsintensiteter > 20 % grunnflatereduksjon resulterte i tynningsuttak mellom stikkveiene.

For å sammenligne det beste tynningsscenarioet med det tilsvarende scenarioet uten tynning for hvert studerte bestand, ble netto nåverdi (kr per ha) brukt til å verdsette tømmer volumproduksjon over en hel omløpstid. Kostnader til markberedning, planting og ungsogpleie ble ignorert da de ble antatt å være de samme i forskjellige forvaltningsscenarier. For å bestemme optimal omløpstid for hvert bestand og tynningsscenario ble to forskjellige metoder brukt. Først, optimal økonomisk omløpstid ble definert som bestandsalderen hvor netto nåverdi er maksimert (maksimalt bærekraftig inntekt). For det andre ble optimal biologisk rotasjonstid definert basert på maksimal årlig volummiddeltvekst (maksimal bærekraftig volumproduksjon). Lønnsomheten av tynning med sistnevnte tilnærming ble også kvantifisert og evaluert ved hjelp av netto nåverdi. Uavhengig av metoden som ble brukt for å bestemme den optimale omløpstiden, resulterte de ulike tynningsscenariene (dvs. tynnet vs. utynnet) ofte i varierende optimale omløpstider. For å sammenligne netto nåverdi for de forskjellige scenarioene og omløpstider, ble ekvivalent årlig annuitet (EAA, Bullard og Straka 2011) beregnet. EAA er avledet fra og uttrykker en bestemt netto nåverdi som årlige kontantstrømmer (tilsvarende årlig annuitet eller livsrente, kr per ha og år), slik at nåverdien av alle årlige kontantstrømmer (annuiteter) over en rotasjon er lik netto nåverdi. Til slutt ble den relative forskjellen mellom de årlige annuitetene for det beste tynningsscenarioet og scenarioet uten tynning beregnet:

$$\text{relEAA} = 100 * (\text{EAA}_{\text{TYNN}} - \text{EAA}_{\text{UTYNN}}) / \text{EAA}_{\text{UTYNN}}$$

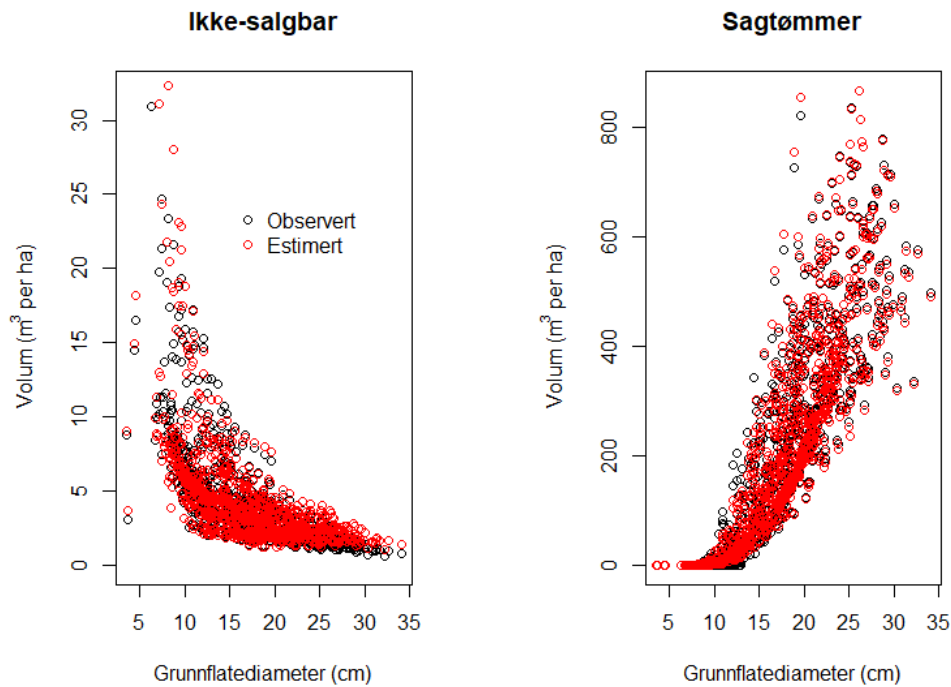
der relEAA er den relative forskjellen mellom de årlige annuitetene for det beste tynningsscenarioet og scenarioet uten tynning i prosent,  $\text{EAA}_{\text{TYNN}}$  er ekvivalent årlig annuitet for det beste tynningsscenarioet for et bestemt bestand og  $\text{EAA}_{\text{UTYNN}}$  er ekvivalent årlig annuitet for det tilsvarende scenarioet uten tynning. En positiv relEAA innebærer at tynning er lønnsomt, dvs. at det valgte tynningsscenarioet gir bedre økonomisk resultat enn scenariet uten tynning.

Netto nåverdier ble kvantifisert ved å bruke gjennomsnittlige massevirker og sagtømmerpriser på henholdsvis 255 og 467 kr per m<sup>3</sup> for gran samt 236 og 460 kr per m<sup>3</sup> for furu (2006-2022, SSB 2023). I simuleringer med høye priser ble prisene på massevirke og sagtømmer satt til henholdsvis 344 og 654 kr per m<sup>3</sup> for gran samt 328 og 624 kr per m<sup>3</sup> for furu. Tynnings- og sluttavvirkningskostnader ble satt til henholdsvis 250 og 200 kr per m<sup>3</sup>. Simuleringene ble kjørt med en diskonteringsrente på 1%, 2,5% eller 4%.

Analysen ble avgrenset til jevnaldrende bestand med minst 750 trær per ha og overhøyde under 20 m, samt en bestandsalder mellom 20 og 100 år på tidspunktet for tynning.

## Resultater

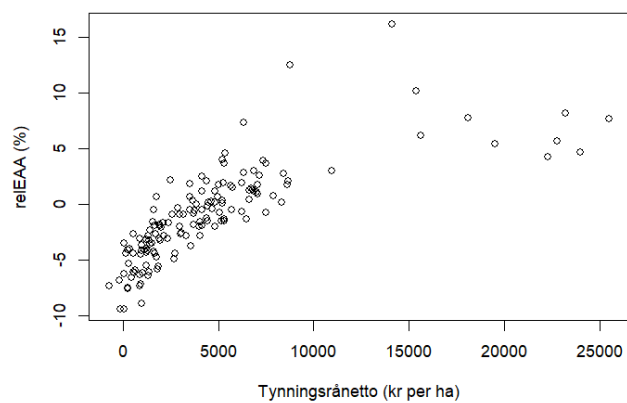
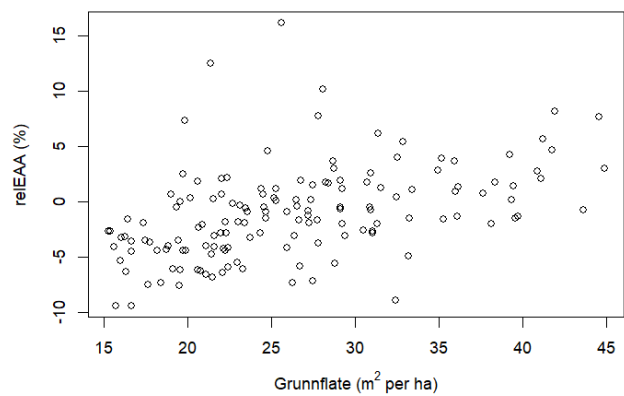
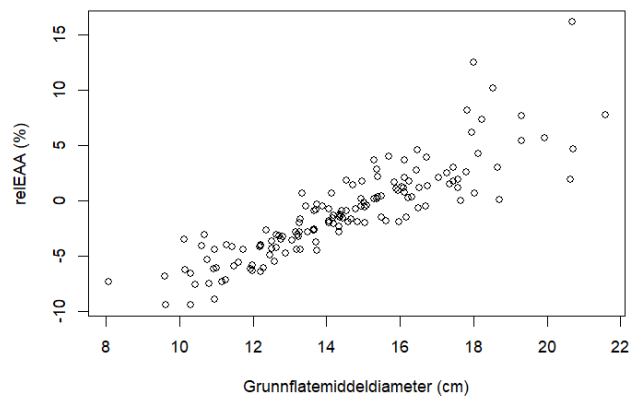
De nyutviklede logistiske funksjonene for begge treslag for å forutsi de forskjellige tømmer Sortimentene fungerer på en pålitelig måte (Figur 1).



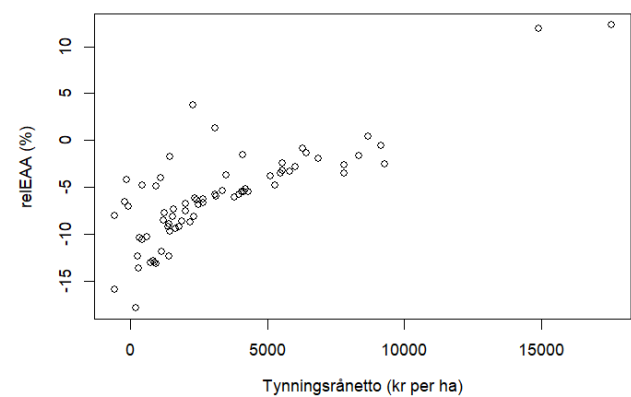
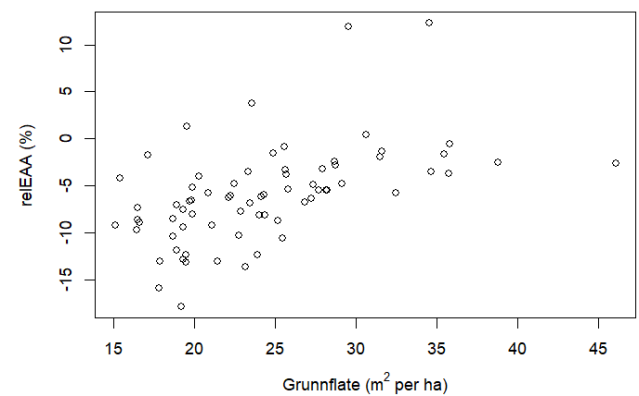
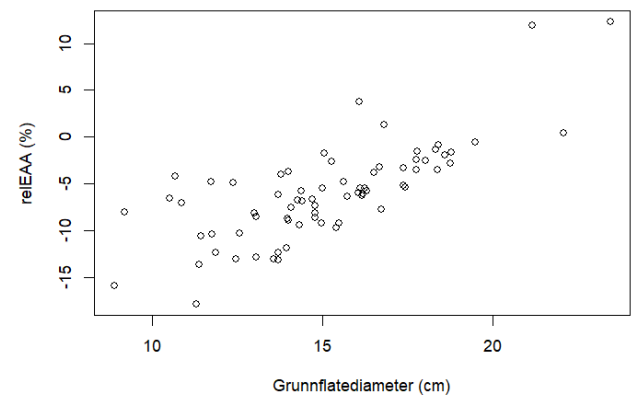
Figur 1. Observert og estimert volum av ikke-salgbart virke og sagtømmer for renbestand av gran med og uten tynning.

Simuleringene viste at tynning ikke er lønnsomt når den optimale omløpstiden er definert basert på netto nåverdi – uavhengig av tømmerpriser og diskonteringsrente. Men når den optimale omløpstiden ble definert ut fra en målsetting om maksimal årlig volumtilvekst, kan tynning være økonomisk fordelaktig. Simuleringsresultatene viste som forventet at tynninger som gav positiv rånetto (dvs. høyere inntekter enn kostnader) er avgjørende for å gjøre tynning lønnsomt (Figur 2). Økonomisk resultat kvantifisert som reLEAA var positivt relatert til grunnflate og grunnflatediameter (Figur 2), men ikke til tretetthet og bonitet. Et positivt økonomisk resultat av tynning ble oftere funnet i gran enn i furu. Høyere diskonteringsrenter tenderte til å gi bedre økonomisk resultat ved høyere grunnflatereduksjon ved tynning, men økte ellers bare de observerte relative forskjellene mellom de sammenliknede scenariene. Dessuten, simuleringer med en diskonteringsrente på 1%, førte til at tynning stort sett ikke er økonomisk gjennomførbart. Høyere tømmerpriser hadde en positiv men likevel begrenset effekt på lønnsomheten for ulike tynningsscenarioer.

## Gran



## Furu



Figur 2. Sammenheng mellom relEAA (relativ forskjell i ekvivalent årlig annuiteter av det beste tynningsscenariot og det tilsvarende scenariet uten tynning) og grunnflatemiddeldiameter ved tynning, grunnflate ved tynning i tillegg til tynningsrånnetto (differens mellom tynningsinntekt og tynningskostnader) for jevnaldrede gran- og furubestand. Simuleringer ble kjørt med gjennomsnittlige tømmerpriser og en diskonteringsrente på 2,5%.

## Diskusjon og konklusjoner

Resultatene av denne studien står i kontrast til arbeidet til for eksempel Fransson mfl. (2020) som rapporterte en bedre økonomisk ytelse av konvensjonelle lavtynningsinngrep i granbestand sammenlignet med bestand uten tynning. Studien til Fransson mfl. (2020) antok imidlertid en jevn fjerning av trær som skaper en homogen bestandsstruktur uten stikkveier, dvs. omtrent samme avstand mellom de gjenværende trærne. I motsetning til Fransson mfl. (2022), tar analysene som presenteres her bedre hensyn til bestandsstrukturen som skapes ved helmekanisert tynning (benevnt som halv-systematisk tynning av Mäkinen mfl. 2006). Å ta hensyn til konsentrert fjerning av trær i stikkveiene, fører til andre resultater sammenlignet med de som ble rapportert tidligere (Kühne og Allen 2021). At en mer enhetlig fjerning av trær (selektiv tynning ifølge Mäkinen mfl. 2006) resulterer i et ulike økonomiske modelleringsresultat er ikke godt belyst i tidligere studier. Fordi stikkveier først og fremst skapes ved fjerning av trær i et helmekanisert tynningsinngrep, fordeles ikke de nylig tilgjengelige tilvekststressursene ijevnt til alle gjenværende trær. Avhengig av tynningsintensiteten, dvs. grunnflatereduksjonsnivå, fremmer en slik tynning hovedsakelig veksten av bare de trærne som står nær stikkveiene. Vekstreaksjonen på bestandsnivå etter tynning er dermed begrenset, og den gjennomsnittlige treveksten blir ikke så mye forsterket som ved en fullstendig selektiv tynning. Forskjellene i gjennomsnittlig trestørrelse ved slutten av et omløp mellom scenarier med og uten tynning var derfor ikke markant i denne studien. Resultatet er at tynnede bestand ikke produserer så mye høyt priset sagtømmer som man kunne forvente, noe som svekker lønnsomheten. Denne effekten var mer tydelig for scenarier som tar utgangspunkt i maksimal netto nåverdi. Dette fordi den gjennomsnittlige omløpstida var mye lavere sammenlignet med scenarier basert på maksimal årlig volumproduksjon.

Total volumproduksjon i tynnede bestand reduseres sammenlignet med utynnede bestand (Wallentin 2011), noe som er grunnen til at lønnsomheten av tynningsinngrepene i seg selv var avgjørende for om et tynningsscenario var økonomisk overlegent sammenlignet med å ikke tynne. Dette gjaldt spesielt for simuleringer med diskonteringsrenter på 2,5 % og 4 %, fordi en økende diskonteringsrente vil redusere betydningen av den senere sluttavvirkingen. Denne studien antyder derfor at (bare) sene tynningsinngrep i bestand med en grunnflatediameter på minst 15 cm og en grunnflate på omtrent 30 m<sup>2</sup> per ha kan ha en positiv økonomisk innvirkning hvis volumproduksjon tas i betraktning. Fordi furu reagerer mindre etter sene tynningsinngrep, var tynning enda sjeldnere økonomisk lønnsomt for dette treslaget sammenlignet med gran.

Selv om denne studien fant at tynning ofte ikke er økonomisk lønnsom, kan tynning rettidig planlagt og utført på riktig måte ha positive effekter på bestandsutvikling på mellomlang og lang sikt (Moreau mfl. 2022). Forbedret stabilitet mot for eksempel storm og tørke kunne ikke inkluderes i denne analysen, men bør vurderes i områder der slike abiotiske, men også biotiske forstyrrelsesmidler er en mulig trussel mot skogforvaltning. Et potensielt alternativ for å øke enkeltrevitaliteten og det generelle bestandsstabilitet vil være å plante med lavere plantetetthet ved påskoging, som foreslått av Pettersson mfl. (2017). Positive effekter på gjennomsnittlig tømmerkvalitet av de gjenværende trærne som følge av tynningsinngrep kan også forventes, men kunne heller ikke vurderes her (Pfister mfl. 2007). Tynnede bestand er også bedre egnet til å initiere naturlig foryngelse på slutten av rotasjonen.

## Litteratur

Allen II MG, Antón-Fernández C, Astrup R (2020) A stand-level growth and yield model for thinned and unthinned managed Norway spruce forests in Norway. *Scan J For Res* 35(5-6): 238-251.

Andreassen K, Allen M, Holt Hanssen K, Kvaalen H, Støtvig S (2018) Langsiktig feltforsøk i skog ved NIBIO. NIBIO Rapport 4/61/2018.

Breidenbach J, Granhus A, Hysten G, Eriksen R, Astrup R (2020) A century of National Forest Inventory in Norway - informing past, present, and future decisions. *For Ecosyst* 7: 46.

Bullard SH, Straka TJ (2011) Basic concepts in forest valuation and investment analysis: Edition 3.0. Forestry Suppliers.

Fransson P, Franklin O, Lindroos O, Nilsson U, Brännström Å (2020) A simulation-based approach to a near-optimal thinning strategy: Allowing harvesting times to be determined for individual trees. *Canadian Journal of Forest Research* 50(3): 320-331.

Hansen E, Rahlf J, Astrup R, Gobakken T (2023) Taper, volume, and bark thickness models for spruce, pine, and birch in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 38(6): 413-428.

Kühne C, Allen MG (2021) Tynning - skogproduksjon og lønnsomhet med og uten tynning i gran og furu. Fremdriftsplan 2021.

Kuehne C, McLean JP, Maleki K, Antón-Fernández C, Astrup R (2022) A stand-level growth and yield model for thinned and unthinned even-aged Scots pine forests in Norway. *Silva Fenn* 56(1): 10627.

Mäkinen H, Isomäki A, Hongisto T. (2006) Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry* 79(1): 103-121.

Moreau G, Chagnon C, Achim A, Caspersen J, D'Orangeville L, Sánchez-Pinillos M, Thiffault N (2022) Opportunities and limitations of thinning to increase resistance and resilience of trees and forests to global change. *Forestry* 95(5): 595-615.

Pettersson F, Jacobsson S, Nyström K (2017) Ekonomisk utvärdering av olika röjnings- och gallringsprogram. Skogforsk Arbetsrapport 948-2017.

Pfister O, Wallentin C, Nilsson U, Ekö PM (2007) Effects of wide spacing and thinning strategies on wood quality in Norway spruce stands in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22(4): 333-343.

Rahlf J (2022) taperNO.R - Taper models for spruce, pine, and birch for Norway. R package. Available under <https://rdr.io/github/JohannesRahlf/taperNO/src/R/taperNO.R>.

SSB – Statistisk Sentralbyrå (2023) Skogavvirkning for salg. 07413: Gjennomsnittspris, etter sortiment (kr per m<sup>3</sup>) 2006 – 2022.

Wallentin C (2007) Thinning of Norway spruce. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.

## Tekst for Norsk Skogbruk

Titel: Om den økonomiske lønnsomheten av helmekaniserte tynninger i norske gran- og furubestand

Christian Kühne & Aksel Granhus

Gitt forholdene skogforvaltningen må operere med hensyn til veksthastighet, arbeidskostnader, topografi og infrastruktur, blir gran- og furubestand ofte ikke tynnet i Norge og sjelden tynnet mer enn én gang i de tilfellene hvor det tynnes. I områder med svært produktiv skog og eksisterende skogsveiinfrastruktur har imidlertid tynning blitt mer populært. Lønnsomheten av å tynne har imidlertid lenge vært omdiskutert i norsk skogbruk. I et prosjekt finansiert av Utviklingsfondet for skogbruk og Skogtiltaksfondet har vi undersøkt om og i så fall når tynning kan være økonomisk fordelaktig.

I prosjektet ble utviklingen av renbestand av gran og furu simulert ved hjelp av nylig utviklede vekst- og produksjonsmodeller. I studien brukte vi data fra Landskogstakeringen og begrenset analysen til jevnaldrede og tidligere utynnede bestand med minst 75 trær per dekar, med overhøyde under 20 m samt med bestandsalder mellom 20 og 100 år på tidspunktet for tynning. I tillegg til et scenario uten tynning, simulerte vi scenarier med en enkelt helmekanisert tynning. Tynningsintensitet i simuleringene kvantifisert som reduksjon i grunnflaten, inkludert stikkveibyggingen, varierte mellom 0 (utynnet), 20, 25, 30 og så videre opp til 50 prosent. Siden stikkveiene var 4 m brede og hadde en innbyrdes avstand på 20 m var det kun tynningsintensiteter > 20 % grunnflatereduksjon som resulterte i trefelling mellom stikkveiene.

For å sammenligne det beste tynningsscenariet med det tilsvarende scenariet uten tynning, ble netto nåverdi (kr per daa) brukt til å verdsette tømmerproduksjonen over en hele omløpstid. Optimal omløpstid for hvert tynningsalternativ ble bestemt på to forskjellige måter. Først som omløpstiden hvor netto nåverdi blir maksimert (maksimalt bærekraftig inntekt). I tillegg ble det økonomiske resultatet sammenligner for omløpstiden som maksimerte årlig middeltilvekst på bestandsnivå (maksimal bærekraftig volumproduksjon).

Uavhengig av metoden som ble brukt for å bestemme optimale omløpstid, resulterte forskjellige tynningsscenarier, dvs. utynnet eller tynnet, ofte i varierende optimale omløpstider. For å sammenligne netto nåverdi for de ulike scenariene og omløpstidene, ble ekvivalent årlig annuitet brukt som sammenligningsgrunnlag. Ekvivalent årlig annuitet er avledet fra og uttrykker en bestemt netto nåverdi som årlige kontantstrømmer (tilsvarende årlig annuitet eller livsrente, i f.eks. kr per daa og år), slik at nåverdien av alle årlige kontantstrømmer (annuiteter) over et omløp er lik netto nåverdi.

Netto nåverdi ble kvantifisert ved å bruke gjennomsnittlige massevirke- og sagtømmerpriser på henholdsvis 255 og 467 kr per m<sup>3</sup> for gran samt 236 og 460 kr per m<sup>3</sup> for furu (SSB, 2006-2022). I tillegg ble det utført simulering med høyere priser der på massevirke og sagtømmer satt til henholdsvis 344 og 654 kr per m<sup>3</sup> for gran, og 328 og 624 kr per m<sup>3</sup> for furu. Tynnings- og sluttavvirkningskostnadene ble satt til henholdsvis 250 og 200 kr per m<sup>3</sup>. Simuleringene ble kjørt med en diskonteringsrente på 1%, 2,5% eller 4%.

Simuleringene viste at tynning ikke er økonomisk lønnsomt når den optimale omløpstiden er definert som omløpstiden som gir høyest netto nåverdi – uavhengig av tømmerpriser og diskonteringsrente. Men når den optimale omløpstiden settes basert på en målsetting om maksimal årlig middeltilvekst, kan tynning være økonomisk fordelaktig. Simuleringsresultatene viste videre at tynninger som gir positiv rånetto (høyere inntekter enn

kostnader) er avgjørende for å gjøre tynningen lønnsomt (Figur 2). Lønnsomhet av tynningsscenarier var positivt relatert til grunnflate og grunnflatediameter, men ikke til tretetthet og bonitet. Bedre økonomiske resultater av tynningsscenarier ble oftere funnet i gran enn i furu. Høyere diskonteringsrenter tenderte til å favorisere et sterkere tynningsuttak (prosent grunnflatereduksjon), men økte ellers bare de relative forskjellene mellom tynningsscenariene. Høyere tømmerpriser hadde en positiv men likevel begrenset effekt på lønnsomheten til ulike tynningsscenarier.

Resultatene av denne studien står i kontrast til andre arbeid som rapporterte bedre økonomisk lønnsomhet av konvensjonell lavtynning. Disse studiene antok imidlertid en jevn fjerning av trær som skaper en homogen bestandsstruktur uten stikkveier. Analysen i denne studien tar bedre hensyn til effekten av stikkveiene som skapes ved en helmekanisert tynning. På grunn av stikkveiene fordeles ikke de tilgjengelige tilvekstressursene jevnt til alle gjenværende trær. Avhengig av tynningsintensiteten, dvs. grunnflatereduksjonsnivå, fremmer en slik tynning hovedsakelig veksten av de trærne som står nær stikkveiene. Vekstreaksjonen på bestandsnivå etter tynning er følgelig begrenset, og den gjennomsnittlige veksten til trærne som står igjen etter tynningen blir ikke så mye forsterket som ved en fullstendig selektiv tynning med samme uttaksstyrke. Resultatet fra simuleringene viste videre at tynnede bestand heller ikke produserte så mye mer sagtømmer som man kunne forvente, sammenlignet med utynnet skog. Denne effekten var mer klar for scenarier der omløpstiden ble valgt basert på maksimal netto nåverdi, som vil gi en vesentlig lavere omløpstid enn om den velges for å maksimere årlig volumproduksjon. Total volumproduksjon av tynnede bestand var imidlertid fortsatt redusert sammenlignet med utynnede bestand, noe som er grunnen til at lønnsomheten av tynningsinngrepene i seg selv var avgjørende for om tynning var mere lønnsomt enn å ikke tynne. Dette gjaldt spesielt for simuleringer med diskonteringsrenter på 2,5 % og 4 %, fordi en økende diskonteringsrente vil redusere betydningen av den senere sluttavvirkingen. Denne studien antyder derfor at bare sene tynningsinngrep i bestand med en grunnflatediameter på minst 15 cm og en grunnflate på omtrent 30 m<sup>2</sup> per ha kan ha en positiv økonomisk innvirkning hvis volumproduksjon tas i betraktning. Fordi furu reagerer mindre etter sene tynningsinngrep, var tynning enda sjeldnere økonomisk lønnsomt for dette treslaget sammenlignet med gran.

Selv om vi fikk som resultat at tynning ofte ikke er lønnsomt, kan tynning rettidig planlagt og riktig utført ha positive effekter på mellomlang og lang sikt. Tynnede bestand er bedre egnet til å initiere naturlig foryngelse på slutten av omløpet, og kan ha positive effekter i forhold til flerbruk sammenlignet med en tett utynnet skog. Forbedret stabilitet mot storm, snøbrekk og tørke er et annet moment som ikke kunne innlemmes i analysen, men som bør vurderes i områder der slike skader er en sannsynlig trussel. Sene tynninger vil i en slik sammenheng imidlertid være risikabelt. Et aktuelt alternativ for å øke enkeltrevitaliteten og den generelle bestandsstabiliteten vil være å plante med lavere plantetetthet, eller ved en tidlig regulering av treantallet i ungskogpleien.