

# *Træplantning - flere planter i kulturerne*

*Hvornår kan det betale sig at øge plantetætheden*

*Danske Planteskoler  
2013*

*Bjerne Ditlevsen*

## Indhold

1. Forord.....	4
2. Indledning og formål med undersøgelsen .....	4
3. Plantningsformålet. Økonomisk optimale produktionsplantninger .....	5
4. Plantetæthedens betydning for produktion og kvalitet .....	5
4.1 Planteafstandsforsøg i nåletræ (rødgran).....	6
4.1.1 Vækst .....	6
4.1.2 Kvalitet.....	9
4.1.3 Sammenfatning, rødgran.....	10
4.2 Planteafstandsforsøg i løvtræ (bøg).....	11
4.2.1 Vækst .....	12
4.2.2 Kvalitet.....	12
4.2.3 Sammenfatning bøg .....	14
4.3 Planteafstandsforsøg kombineret med løv-nål blandinger .....	14
4.3.1 Vækst .....	15
4.3.2 Sammenfatning blandinger .....	16
5. Kulturmodeller, grundlaget for de økonomiske analyser.....	16
5.1 Monokulturer.....	16
5.2 Kulturer med hjælpetræer.....	17
6. Økonomi.....	17
6.1 Resultater fra litteraturen.....	18
6.2 Egne beregninger.....	18
6.2.1 Beregningsmetoden.....	19
6.2.2 Monokulturer, nåletræ (rødgran).....	20

6.2.3	Monokultur, løvtræ (bøg).....	24
6.2.4	Kultur med hjælpetræer (bøg/lærk).....	28
7.	Ændrede forudsætninger .....	33
7.1	Plantepriisen .....	33
7.2	Flisprisen .....	34
7.3	Bonitet og proveniens.....	36
8.	Samfundsmæssig betydning af større plantetæthed (øget produktion).....	36
9.	Tilskud til plantning.....	37
10.	Demonstrationsplantninger .....	37
11.	Sammendrag og konklusion.....	38
12.	Relevant baggrundsmateriale.....	41

## 1. Forord

Analyserne og vurderingerne i denne undersøgelse er tilstræbt baseret på oplysninger fra publicerede artikler og rapporter. Det viste sig imidlertid, at en del relevant datamateriale ikke forelå i publiceret form, men alene i interne rapporter eller som data, der endnu ikke var blevet analyseret. Det har derfor været nødvendigt at tage kontakt til forskere og praktikere for at fremskaffe et brugbart datagrundlag for undersøgelse.

Forskere fra Skov & Landskab, først og fremmest seniorkonsulent Bruno Bilde Jørgensen og seniorforsker Thomas Nord-Larsen, har været behjælpelig med at fremskaffe datamateriale samt rapporter fra S&L's planteafstandsforøg. Skovfoged Carl Jensen, Søhøjlandet, Naturstyrelsen, har bidraget med oplysninger om kulturmodeller og kulturomkostninger, og skovfoged Torsten Bachmann Christiansen og chefkonsulent Gunnar Friis Proschowsky fra Naturstyrelsen har sammenstillet oplysninger og erfaringstal vedr. hugst og salg af flis.

Der rettes en tak til alle, som på denne måde har bidraget til at gennemføre undersøgelse.

## 2. Indledning og formål med undersøgelsen

I et forsøg på at forbedre driftsøkonomien ved træplantningerne har der igennem de senere år været fokus på at nedbringe kulturomkostningerne. Det kan bl.a. ske ved at nedbringe plantningsomkostningerne, og her især ved at nedsætte plantetallet i kulturerne.

Baggrunden herfor har især været faldende træpriser koblet med den lange tidshorizont, før der kan opnås et økonomisk udbytte fra skoven (tømmer og løvtrækævler). Med faldende priser på tømmer og kævler bliver det vanskeligere at forrente en større kulturinvestering i begyndelsen af bevoksningens liv.

Denne situation er imidlertid i nogen grad ændret i de seneste år. I dag er det rentabelt at udtage vedmasse som energitræ (flis) på et tidligt tidspunkt i bevoksningens liv. Denne ændring giver anledning til at overveje, om der vil være basis for at øge kulturinvesteringerne med henblik på at opnå en øget produktion. Overvejelser omkring brug af flere planter i kulturerne samt valg af bedre plantemateriale (hurtigere voksende træarter/provenienser) er derfor særligt relevante.

Udover en vurdering af de traditionelle forstlige kulturer, der som udgangspunkt er anlagt med henblik på den langsigtede produktion af gavntræ, bør der i overvejelserne indgå egentlige 'energi-plantninger', som forudsætter højt producerende træarter og provenienser.

Helt overordnet vil en øget produktion have en positiv miljøeffekt – dels igennem udnyttelse af den CO<sub>2</sub>-neutrale biomasse og dels igennem den øgede gennemsnitlige opmagasinerung af kulstof i skovene.

***Formålet med undersøgelsen er at vurdere, hvorledes plantetætheden påvirker produktion og kvalitet i træplantningerne, og som følge heraf hvilke driftsøkonomiske konsekvenser, der følger af***

*ændret plantetæthed. Undersøgelsen vil sammenfatte fordelene ved brug af flere planter i kulturerne, og det tilstræbes at opstille konkrete anbefalinger for plantetal i udvalgte kulturmodeller.*

### **3. Plantningsformålet. Økonomisk optimale produktionsplantninger**

Formålet med plantninger kan variere. Hvis der eksempelvis er tale om værnplantninger eller rekreative plantninger betyder træproduktionen måske ikke så meget. Er formålet derimod at producere energi-træ, bygningstømmer, møbeltræ m.v. vil selve træproduktionen være den vigtigste parameter i plantningernes driftsøkonomi.

I denne undersøgelse forudsættes det, at det primære formål er at etablere produktionsplantninger. Målet er at opnå en vedproduktion (volumen og kvalitet), som vurderet både på kort og på lang sigt giver en optimal driftsøkonomi.

### **4. Plantetæthedens betydning for produktion og kvalitet**

Desværre foreligger der kun i begrænset omfang publicerede undersøgelser af plantetæthedens betydning for produktion og kvalitet. Og ligeledes findes der kun begrænsede oplysninger om plantetæthedens betydning for driftsøkonomien i plantningerne.

Den bedst undersøgte art er rødgran, hvor resultater fra forsøgsopgørelser er publiceret i 1986 (Handler & Jakobsen, 1986) og derfor tilgængelige. Der foreligger herudover nyere forsøgsopgørelser fra rødgran-forsøgene, med resultaterne er endnu ikke publiceret.

Udover rødgran-forsøgene er der i Danmark i 1988 anlagt planteafstandsforøg med bøg, og der er endvidere i 1999 anlagt forøg med forskellige kombinationer af planteafstande og træartsblandinger.

Der foreligger forsøgsdata fra bøgeforsøget, men kun en del af forsøgsresultaterne (kvalitetsdata) er indtil videre publiceret (Jørgensen & Hansen, 2012 i Skoven nr. 11, 2012). Skov & Landskab har imidlertid stillet de øvrige forsøgsdata til rådighed for denne undersøgelse.

Forsøget med træartsblandinger er opgjort, og der er udarbejdet en rapport over resultaterne (Nord-Larsen). Rapporten er ikke publiceret; men Skov & Landskab har givet adgang til rapporten i forbindelse med denne undersøgelse.

I det følgende gennemgås de tre omtalte forøg (rødgran, bøg og træartsblandinger), som kan belyse plantetæthedens betydning for produktion og kvalitet. Udover de artsspecifikke resultater fra de tre forøg anses forsøgsresultaterne at kunne anvendes som grundlag for en bredere vurdering af plantetæthedens betydning for hhv. nåletræarter, løvtræarter og træartsblandinger.

## 4.1 Planteafstandsforsøg i nåletræ (rødgran)

I 1986 publicerede Det Forstlige Forsøgsvæsen en beretning om nyere danske planteafstandsforsøg med rødgran (Handler & Jakobsen, 1986). Beretningen omfatter dels resultater fra en forsøgsserie med forskellige kvadratforbandt anlagt i perioden 1964-1972, og dels resultater fra et rækkeafstandsforøg. I alt omfatter forsøgsserien 12 forsøg, hvoraf 4 er medtaget i forsøgsopgørelserne. Udover forsøgsopgørelserne indeholder publikationen en litteraturgennemgang af både danske og udenlandske planteafstandsforøg.

I forsøgene (kvadratforsøgene) indgår planteafstandene vist i tabel 1.

Planteafstand (m)	Areal pr. plante (m <sup>2</sup> )	Antal planter pr. ha
1,25 x 1,25	1,6	6.400
1,50 x 1,50	2,3	4.500
1,75 x 1,75	3,1	3.250
2,00 x 2,00	4,0	2.500
2,25 x 2,25	5,1	2.000
2,50 x 2,50	6,3	1.600
2,75 x 2,75	7,6	1.300
3,00 x 3,00	9,0	1.100
3,25 x 3,25	10,6	950

Tabel 1. Rødgran planteafstandsforøg (kvadratforsøgene). Planteafstande i forøget.

I det følgende gives en kort gennemgang og præsentation af nogle af hovedresultaterne, som vil være relevante for de senere analyser af plantetæthedens indvirkning på driftøkonomien.

### 4.1.1 Vækst

**Højde.** Der er i de 4 forøg registreret en svagt aftagende højde (målt som den ”dominerende” højde) med stigende planteafstand i intervallet 1,25 x 1,25 til 3,25 x 3,25 meter; men forskellene er ikke signifikante. Konklusionen fra forøget er derfor, at højden ikke i nævneværdig grad synes at være påvirket af planteafstanden.

**Volumen.** Volumenproduktionen i forøgene udviser en tydelig sammenhæng med planteafstanden (se fig. 1). Jo tættere plantninger jo højere samlet volumenproduktion.

Ved den tætte plantning (6.400 planter/ha) er volumenproduktionen i de første 23 år ca. 190 m<sup>3</sup>/ha, d.v.s. dobbelt så stor som produktionen i den meget åbne plantning (950 planter/ha). De to planteafstande må dog opfattes som forholdsvis ekstreme i det praktiske skovbrug. Ses på forskellen

mellem den tætte plantning (6.400 planter/ha) og en plantetæthed på 2.500 planter/ha (som i en årrække blev anbefalet anvendt i statsskovene) er der tale om ca. 40 m<sup>3</sup> i forskel.

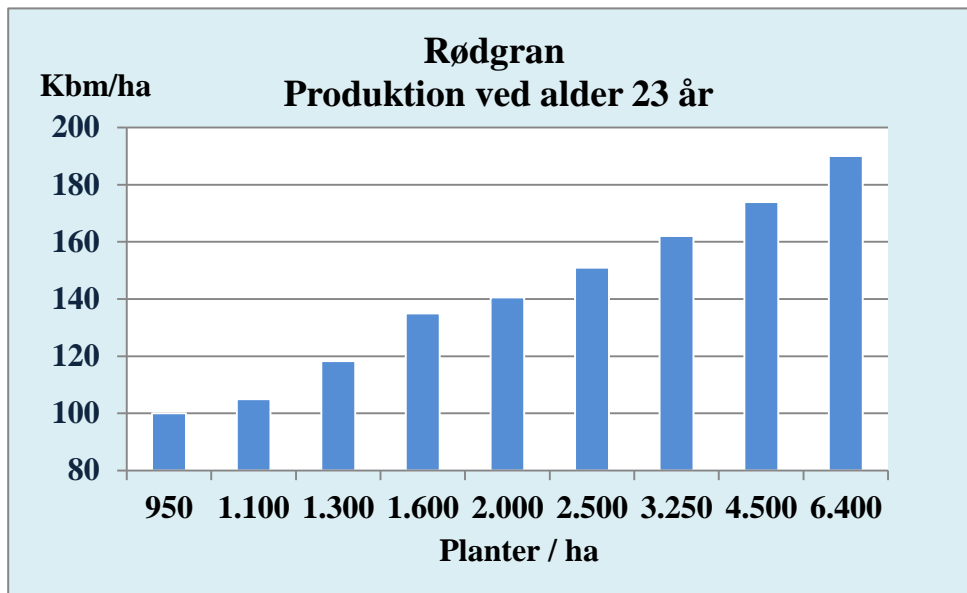


Fig. 1. Rødgran volumenproduktion (m<sup>3</sup>/ha) ved forskellige plantetætheder.

Forsøgsresultaterne stammer fra registreringer ved alderen 23 år. Forsøgene er efterfølgende fulgt med yderligere målinger (af Skov & Landskab), og resultaterne viser, at forskellene i den samlede volumenproduktion fastholdes, og med hensyn til produktion af biomasse endda udbygges i årene op til omkring 40 år (se fig. 2, der er udarbejdet på grundlag af power-point præsentation af Thomas Nord-Larsen, Skov & Landskab).

Som det ses, øges forskellene i biomasseproduktion fra år 23 til år 40. Ved 40 års alderen er forskellen mellem den tætte planteafstand (6.400 planter/ha) og den åbne (950 planter/ha) øget fra ca. 75 tons til ca. 150 tons pr ha. Det vil omregnet til kubikmeter fastmasse (KFM) svare til henholdsvis ca. 100 og 200 KFM/ha.

Den viste udvikling i biomasseproduktion er ikke publiceret, men dog brugt i præsentationer (Thomas Nord-Larsen). Det interessante er, at forskellene i biomasse produktionen fortsat øges op til 40 års alderen. Umiddelbart ville man forvente, at produktionsforskellene stabiliserede sig, når bevoksningerne er sluttede. I biomassen indgår ikke kun stammemassen men også grenmassen fra kronetaget, og en mulig forklaring på den fortsatte øgning kan iflg. Nord-Larsen være, at den stammer fra tilvæksten i kronetaget.

Under alle omstændigheder er det en interessant erkendelse, og det vil i relation til hugst af flis fra bevoksningerne kunne få økonomisk betydning, og dermed spille en rolle i valg af plantetæthed i kulturerne.

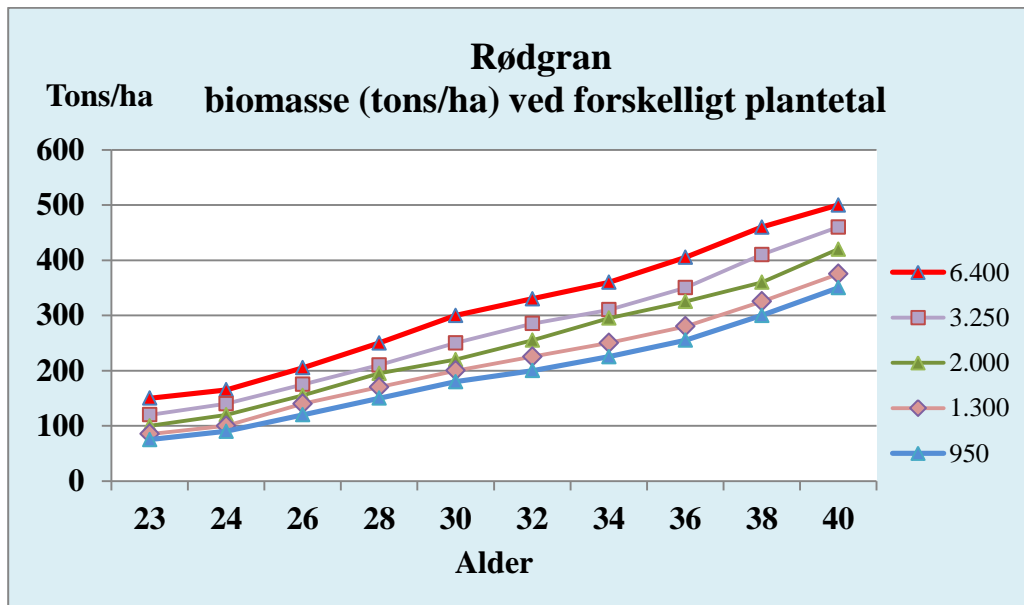


Fig. 2. Rødgran biomasseproduktion (tons/ha). Udvikling i biomasseproduktion fra 23 til 40 år ved forskellige planteafstande.

**Diameter.** Den øgede volumenproduktion ved de tætte plantninger skal ses i sammenhæng med diameterudviklingen i bevoksningerne. Her opleves et fald i middeldiameteren (ved alder 23 år) i takt med den øgede plantetæthed (se fig. 3). Faldet forløber nogenlunde lineært.

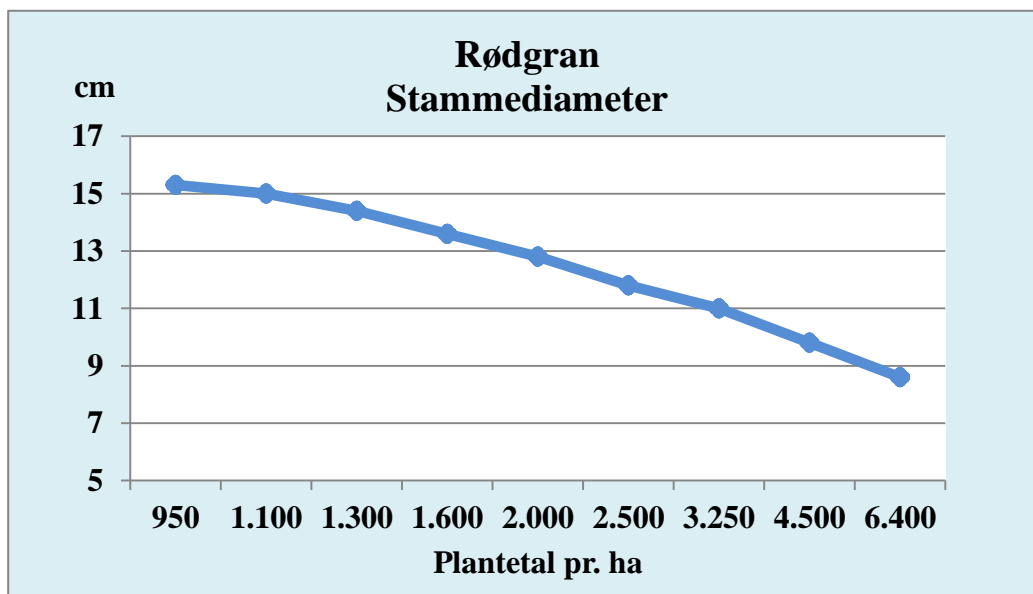


Fig. 3. Rødgran. Stammediameterens afhængighed af plantetætheden.

Stammediameter spiller en vigtig rolle for driftsøkonomien. Først og fremmest for tømmerprodukterne, hvor priserne varierer med diameterklassen. Fremtidige tyndinger vil i nogen grad medføre en



udjævning af diameterforskellene mellem plantetæthederne, men det kan være vanskeligt at vurdere, om forskellene kan få driftsøkonomiske konsekvenser senere i bevoksningen liv. I afsnit 6 foretages der – ud fra faste antagelser – vurderinger og beregninger af de økonomiske konsekvenser.

Også ved hugst af flis er diameterfordelingen af betydning, idet omkostningerne til hugst af flis varierer med diameteren (se afsnit 6). I fig. 4 er der som eksempel vist diameterklasse-fordelingen for plantetæthederne 6.400 og 950 planter/ha. Som det fremgår, består hovedparten af træerne i den tætte plantning af små dimensionerede stammer, som vil være væsentligt dyrere at hugge til flis.

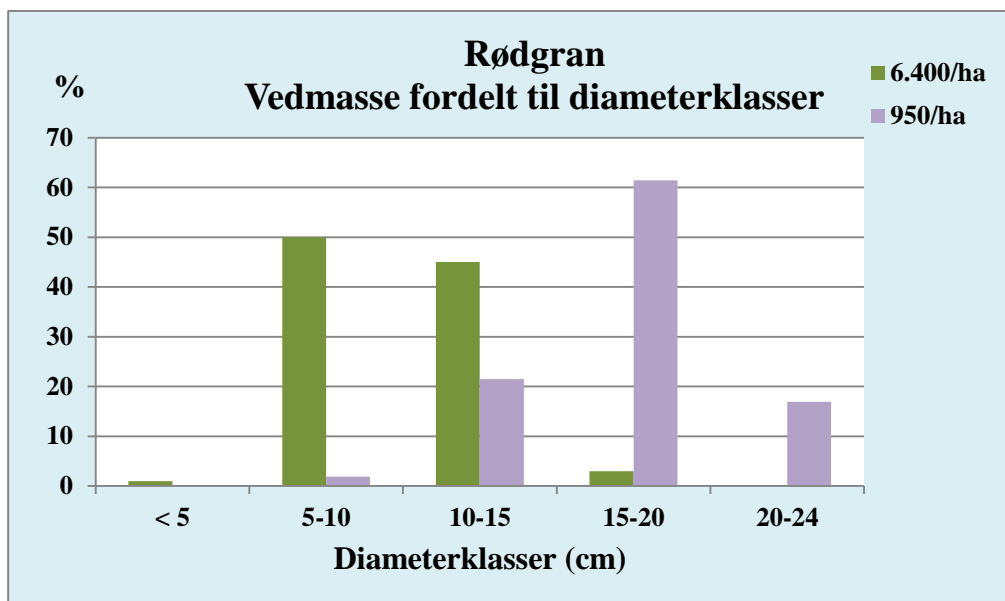


Fig. 4. Rødgran. Vedmasse fordelt til diameterklasser ved to plantetætheder.

#### 4.1.2 Kvalitet

Specielt grentykkelse er en vigtig kvalitetsegenskab for de træer, der tænkes udnyttet til tømmerproduktion. Her er der i forsøgene registreret signifikante forskelle mellem grentykkelsen (målt i 2.5 meters højde) (se fig. 5) for de forskellige plantetætheder.

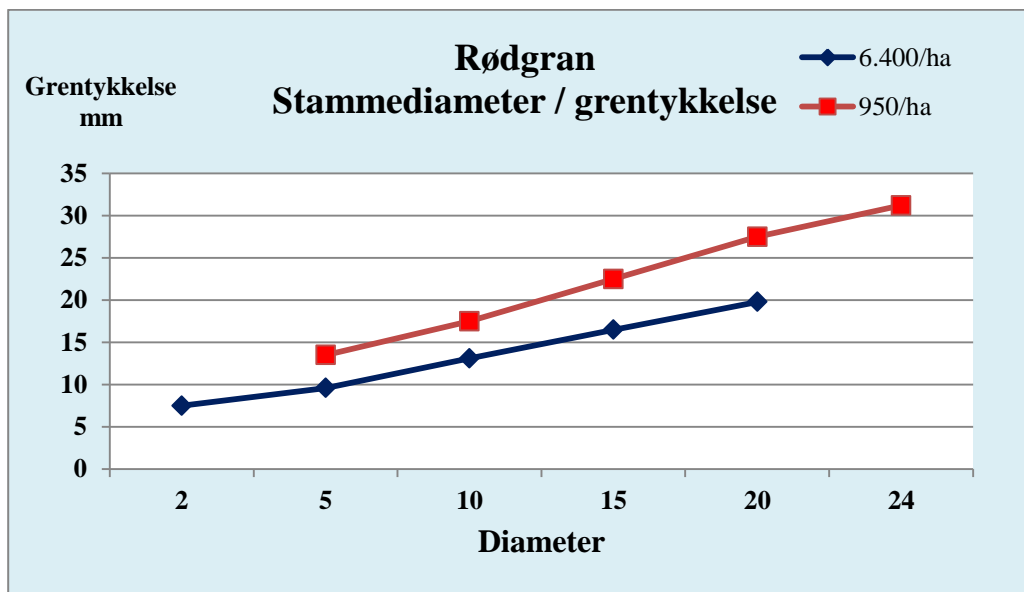


Fig. 5. Rødgran. Grentykkelse i forhold til stammediameter ved to plantetætheder.

Det kan være vanskeligt at vurdere betydningen på længere sigt; men grentykkelsen må forventes i nogen grad at få indflydelse på tømmerkvaliteten. Specielt ved de åbne plantninger (stor planteafstand) må den øgede grentykkelse forventes at slå igennem på tømmerkvalitet. I Handler & Jakobsen publikationen anføres, at der ved plantetætheder mellem 6.400 og 2.500 planter/ha nok ikke vil være forskelle i kvalitetsudbyttet, underforstået at der ved plantetætheder under 2.500 må forventes en forringelse af tømmerkvaliteten.

Der er i rødgranforsøgene ikke foretaget registrering af rumtæthed. Det generelle billede af vækstens betydning for rumtætheden, nemlig jo hurtigere vækst jo lavere rumtæthed, må forventes også at gælde her. Den øgede rumtæthed er et resultat af lavere diametertilvækst og deraf følgende smalle årringe med en større andel af høstved. Det betyder, at træerne med en mindre diameter (parceller med tætte plantninger) vil have en højere rumtæthed i sammenligning med træer med en større diameter (parceller med åbne plantninger). Endvidere forventes det, at de tætte plantninger giver en mere jævn årringsudvikling. Både øget rumtæthed og jævn årringsudvikling har betydning for tømmerkvaliteten (denne forbedring indgår dog endnu ikke i prisdannelsen for tømmer), og det ”tungere” ved vil også have betydning for beregning af biomasseproduktionen i plantningerne.

#### 4.1.3 Sammenfatning, rødgran

Forsøgene viser, at der både med hensyn til samlet produktion og kvalitet er fordele ved at anvende en forholdsvis lille planteafstand. Den største registrerede volumenproduktion (stammevolumen) i forsøgene fremkommer ved en plantetæthed på 6.400 planter/ha svarende til en planteafstand på 1.25 x 1.25 meter, og den laveste ved 950 planter/ha svarende til en planteafstand på 3.25 x 3.25 meter.

Forskellen ved 23 års alderen er på ca. 90 m<sup>3</sup> pr. ha. Den almindelige antagelse er, at forskellene i stammemasse vil stabilisere sig, når bevoksningerne er sluttede, og det må forventes, at denne forskel derfor vil forblive uændret.

Senere opgørelser viser imidlertid, at forskellene i biomasseproduktion (hvor både stammemasse og grenmasse medtages) fortsætter med at øges indtil 40 års alderen. Ved 23 års alderen var forskellen mellem den åbne (950 planter/ha) og den tætte (6.400 planter/ha) plantning ca. 75 tons biomasse, og ved 40 års alderen var denne forskel øget til ca. 150 tons. Der er altså tale om et betydeligt produktionstab, hvis man vælger at begrænse plantetallet til 950 planter/ha

Ulempen ved høj plantetæthed (lille planteafstand) er en lavere middeldiameter, som dels vil øge driftsomkostningerne (f.eks. hugst af flis) og dels på længere sigt kan medføre en lavere prisfastsættelse af tømmeret, hvis det ikke igennem tynding lykkes at øge middeldiameteren i bevoksningen.

Udover de omtalte produktionsmæssige aspekter, vil kvaliteten af træet afhænge af plantetætheden. Og alle væsentlige kvalitetsegenskaber forbedres ved øget plantetæthed.

#### 4.2 Planteafstandsforsøg i løvtræ (bøg)

På Fyn (ved Sollerup) blev der af Skov & Landskab i 1989/90 anlagt planteafstandsforsøg i bøg. Forsøgene er fulgt med registreringer; men resultaterne er kun delvist publiceret. Datamaterialet, som er stillet til rådighed af Skov & Landskab, danner grundlag for de nedenfor omtalte analyser. Det skal bemærkes, at vurderingerne og konklusionerne er baseret på egne beregninger og foreløbige analyser af datamaterialet, og de er ikke verificeret af Skov & Landskab.

Der indgår i forsøget to provenienser (Gråsten og rumænsk bøg); men der er i vækstoppørelserne nedenfor ikke skelnet mellem provenienserne. Der er i forsøget plantet med en fast rækkeafstand på 1,3 meter, og afstanden i rækken varierer fra 0,45 meter til 2,75 meter (se tabel 2).

Planteafstand	Areal pr træ (m <sup>2</sup> )	Antal planter pr ha
1,3 x 0,45	0,6	17.000
1,3 x 0,65	0,9	11.800
1,3 x 1,35	1,8	5.700
1,3 x 2,75	3,6	2.800

Tabel 2. Bøg. Planteafstandsforsøg, Sollerup (Fyn). Planteafstande og plantetæthed i forsøget.

Forsøget er registreret i 2003, 2007 og 2010. Det er opgørelserne fra 2010 registreringerne (ved alder 21 år fra anlæg), som danner grundlag for vurderingerne af væksten.

## 4.2.1 Vækst

**Volumen.** Ud fra foreløbige opgørelser er den samlede volumenproduktion ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) efter 21 år opgjort for de fire planteafstande i forsøget. Resultaterne, som må betragtes som foreløbige, er vist i fig. 6.

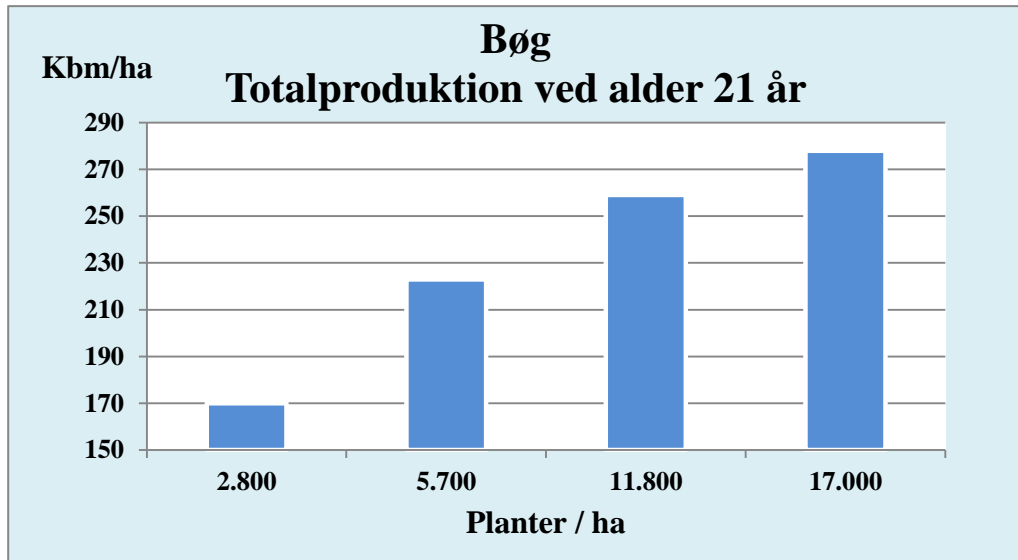


Fig. 6. Bøg. Totalproduktion ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) efter 21 år. Skøn baseret på egen analyse af grunddata fra Sollerupforsøget.

I de første 21 år i bevoksningens liv opnås der ved de tætte plantninger på 1,30 x 0,45 meter (17.000 planter pr ha) en merproduktion på lidt mere end  $100 \text{ m}^3$  pr. ha i forhold til en planteafstand på 1,30 x 2,75 meter (2.800 planter pr ha). Det svarer til en årlig merproduktion omkring 5 kubikmeter pr ha.

**Diameter.** Den tætte plantning har imidlertid også betydet en lavere middeldiameter på træerne. Spørgsmålet er derfor, hvordan det i praksis vil være muligt at udnytte den merproduktion, som opnås ved de tættere plantninger (se senere).

## 4.2.2 Kvalitet

Planteafstanden har indflydelse på kvaliteten af træerne. I Skoven nr. 10/2012 er der en kort præsentation af de vigtigste kvalitetsdata fra registreringer i 2003 (ved alder 14 år i forsøget).

Proveniensen ser i forsøget ud til at have en betydning for kvaliteten; men generelt viser resultaterne, at der med stigende planteafstand ses en højere tvegefrekvens samt lavere tvegehøjde og bulhøjde.

Hovedresultaterne (for proveniensen Gråsten) mht. tvegedannelse og bulhøjde er vist i fig. 7 og 8 nedenfor (gengivet efter Jørgensen & Hansen, 2012).

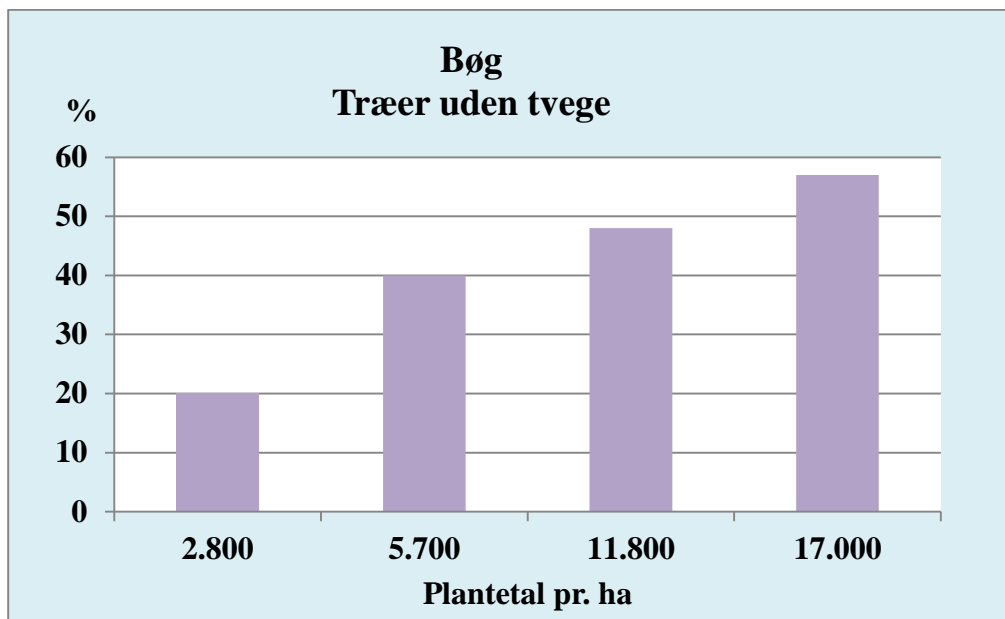


Fig. 7. Bøg. Planteafstandsforsøg, Sollerup (Fyn). Træer uden tvege ved alder 14 år fra anlæg.

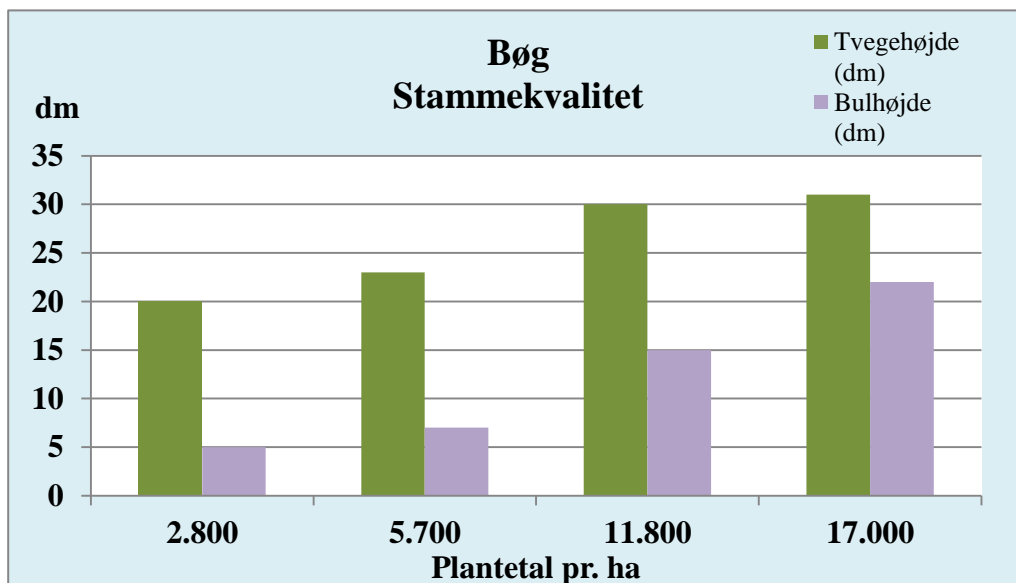


Fig. 8. Bøg. Stammekvalitet (tvegehøjde og bulhøjde). Resultater fra Gråsten proveniensens ved alderen 14 år fra plantning.

Andelen af træer uden tveger er størst i de tætte plantninger, og i den åbne plantning (2.800 planter/ha) er kun 20% af træerne uden tvegedannelse. Normalt vil gentagne tyndinger gradvist kunne fjerne tvegerne i bevoksningen; men ved den store planteafstand, hvor der fra starten kun står 2.800 træer pr ha, vil det være vanskeligt at fjerne alle tvegerne. Hertil kommer, at tvegehøjderne og bulhøjderne er

væsentligt lavere, ikke alene ved plantetætheden 2.800 planter/ha, men også ved plantetætheden 5.700 planter/ha.

### **4.2.3 Sammenfatning bøg**

Vurderingerne må betragtes som foreløbige, da der endnu ikke (udover kvalitetsdata) er publiceret resultater fra forsøget.

De foreløbige resultater bekræfter den generelle erfaring med øget vedproduktion ved tættere plantninger. Der kan opnås en produktionsforbedring (ca. 100 m<sup>3</sup>/ha) efter 21 år ved at øge plantetallet fra 2.800 planter/ha til 17.000 planter/ha. Produktionen øges især, når man går fra 2.800 til 5.700 planter/ha (50-60 m<sup>3</sup>/ha), mens forskellen mellem de tætte plantninger (11.800 og 17.000 planter/ha) kun er på ca. 20 m<sup>3</sup>/ha. Produktionsmæssigt vil der altså ikke være meget vundet ved at øge plantetallet fra 11.800 til 17.000 planter/ha.

Den akkumulerede merproduktion, som opnås ved de tætte plantninger, kan i princippet hentes ud fra bevoksningen inden for de første 20-30 år i bevoksningen. Det vil give mulighed for en tidlig indtægt, og dermed forbedre driftsøkonomi. Det formodes, at træernes gode kvalitet i de tætte plantninger kan fastholdes.

De publicerede kvalitetsdata stammer fra opmåling i 2003, altså kun 14 år fra anlæg. Selvom der er tale om meget tidlige registreringer, vurderes det, at kvalitetsforskellene på trods heraf kan give en antydning af de kvalitetsmæssige forskelle, der kan optræde senere.

Erfaringsmæssigt kan det være vanskeligt, selv igennem aktiv tynding, at rette op på et kvalitetsmæssigt dårligt udgangsmateriale. Det vil specielt gælde i de åbne plantninger med relativt få planter/ha, hvor muligheden for selektion i forbindelse med tyndingerne vil være forholdsvis begrænset. Vurderingen er derfor, at det især vil være kvalitetsforringelserne ved de åbne plantninger, som vil få betydning for den samlede økonomi ved plantning af bøg.

## **4.3 Planteafstandsforsøg kombineret med løv-nål blandinger**

I 1999 blev der på tre lokaliteter (Nørager (1491), Tapsøre (1492) og Ribe (1493)) anlagt forsøg med løv- og nåletræsarter i forskellige kombinationer. Udover at undersøge de forskellige arts-blandinger indgår der i forsøget forskellige planteafstande. Forsøgene er opgjort i 2010, og der er udarbejdet en rapport (Thomas Nord-Larsen) om potentialet i biomasseproduktionen, samt om økonomien i de forskellige kombinationer. Rapporten er endnu ikke publiceret.

I forsøgene indgår i alt 10 plantemodeller. Af disse omtales i det følgende fem modeller, hvor det dels er muligt at sammenligne forskellige planteafstande i en monokultur (bøg) og i en blanding (sitka/douglas), og dels er muligt at vurdere blanding af en blivende art (bøg) med en hurtigvoksende art (lærk). De undersøgte plantemodeller fremgår af tabel 3 nedenfor.

Plantemodeller	Plantetal ialt	Bøg	Sitka	Douglas	Lærk
Bøg (1,5 x 1,2 meter)	5.600	5.600			
Bøg (1,5 x 0,6 meter)	11.200	11.200			
Bøg/lærk (1,5 x 1,7 meter)	10.000	5.000			5.000
Sitka/douglas (1,5 x 1,8 meter)	3.700		2.500	1.200	
Sitka/douglas (1,5 x 0,9 meter)	7.400		4.900	2.500	

Tabel 3. Forsøg med planteafstande og træartsblandinger. Antal planter i fem modeller.

### 4.3.1 Vækst

Opgørelse af væksten (hhv. m<sup>3</sup> og tons) ses i tabel 4. I monokulturene af bøg er der anvendt plantetætheder på hhv. 5.600 og 11.200 planter pr. ha, altså i begge tilfælde forholdsvis tætte plantninger, og det var ikke muligt ved 12 års alderen at finde signifikante volumenforskelle (m<sup>3</sup>) mellem de to plantetætheder. I forsøget ved Tapsøre er der ved den tættere planteafstand endda (mod forventning) tale om et fald i tilvæksten.

I sitka/douglas blandingerne ses den tætte plantning (7.400 planter/ha) at give en merproduktion i alle tre delforsøg; men ifølge rapporten fra forsøgene var der ikke signifikante forskelle mellem modellerne med hensyn til volumenproduktion (m<sup>3</sup> pr ha). Den manglende merproduktion ved større plantetæthed kan ifølge rapporten formentlig forklares ved, at der både for løvtræarterne og nåletræarterne er tale om forholdsvis tætte plantninger (mange planter pr. ha) i alle modeller.

Plantemodeller	Plantetal ialt	m <sup>3</sup> pr ha i tre forsøg			tons pr ha i tre forsøg		
		Fors. 1491	Fors. 1492	Fors. 1493	Fors. 1491	Fors. 1492	Fors. 1493
Bøg (1,5 x 1,2 meter)	5.600	68	52		39	28	
Bøg (1,5 x 0,6 meter)	11.200	68	33		40	19	
Bøg/lærk (1,5 x 1,7 meter)	10.000	190	177		114	107	
Sitka/douglas (1,5 x 1,8 meter)	3.700	159	77	65	90	44	41
Sitka/douglas (1,5 x 0,9 meter)	7.400	171	100	89	111	67	63

Tabel 4. Forsøg med planteafstande og træartsblandinger. Tilvækst efter 12-13 år i fem modeller

Kombinationen bøg/lærk giver en meget stor volumenproduktion, svarende til en middelvækst på mere end 15 m<sup>3</sup> pr. år over de første 12 år. Forklaringen på den kraftige tilvækst kan dels skyldes, at der er anvendt en tæt plantning (10.000/ha); men nok i højere grad bidraget fra lærk, som har en hurtig ungdomsvækst. Kombinationen bøg/lærk er produktionsmæssigt (og økonomisk) meget interessant, og blandingen indgår derfor som en af kulturmodellerne, der beskrives i afsnit 5.

I modsætning til volumenproduktionen viser produktionen af biomasse at være signifikant stigende ved en tættere planteafstand (ca. 0,2 tons biomasse for hver ekstra 100 planter pr. ha).

### 4.3.2 Sammenfatning blandinger

I de tilfælde, hvor der var indblandet hurtigvoksende træarter i kulturerne var der tale om betydelige merproduktioner. Eksempelvis gav blandingen bøg/lærk en tredobling af produktionen i forhold til den rene bøgekultur. Tilsvarende gav blandinger af de hurtigvoksende nåletræarter (sitkagran, douglasgran og lærk) en høj produktion.

Det skal nævnes, at indblanding med hurtigvoksende arter (f.eks. lærk) efter nogle år kan reducere væksten af de langsommere voksende arter (f.eks. bøg). Dette blev observeret i forsøgene bl.a. for kombinationen bøg/lærk, hvor bøgenes vækst blev reduceret i størrelsesorden 60-70%. Denne konkurrence fra de hurtigvoksende arter indtræder altså på et tidligt tidspunkt (formentlig omkring 10-års alderen).

## 5. Kulturmodeller, grundlaget for de økonomiske analyser

For at få et praksisnært og forenklet billede vælges der tre konkrete kulturmodeller som baggrund for de økonomiske analyser. Det drejer sig om to monokultur modeller (nål og løv) samt om en model med hjælpetræer.

### 5.1 Monokulturer

Med monokultur forstås en kultur, som anlægges med én træart. Antal planter i kulturen kan variere. Det kan eksempelvis være en hurtigvoksende træart som lærk eller poppel, eller det kan være en træart som plantes med henblik på langsigtet produktion af kvalitetstræ. I de konkrete eksempler der behandles i afsnit 6, antages det, at plantningerne skal udvikle sig med henblik på langsigtet vedproduktion.

For nåletræarterne tages udgangspunkt i rødgran, som er den art der er bedst undersøgt. Hovedformålet med kulturerne er produktion af tømmer, og de tidlige tyndinger vil blive anvendt til produktion af flis.

For løvtræarterne vil der i de økonomiske analyser blive taget udgangspunkt i monokultur af bøg. Hovedformålet med plantningen er den langsigtede produktion af kvalitetstræ. De tidlige tyndinger vil ske som hugst af flis. Bøg er den art, som indtil videre er bedst undersøgt med hensyn til planteafstand, og arten er medtaget både i Sollerupforsøget og i forsøget med træartsblandinger. Det ville være relevant også at medtage kulturer af eg i vurderingerne; men der foreligger indtil videre kun sparsomme oplysninger om plantetallets betydning (der er anlagt planteafstandsforsøg; men forsøgene er kun omkring 10 år (pers. com. Bruno Bilde Jørgensen, S&L)).



## 5.2 Kulturer med hjælpetræer

I denne kulturmodel plantes der, udover hovedtræarten (den blivende træart), et antal hurtigvoksende hjælpetræer. Det antages, at hjælpetræerne bliver udtaget til flis inden for en relativ kort tidshorisont.

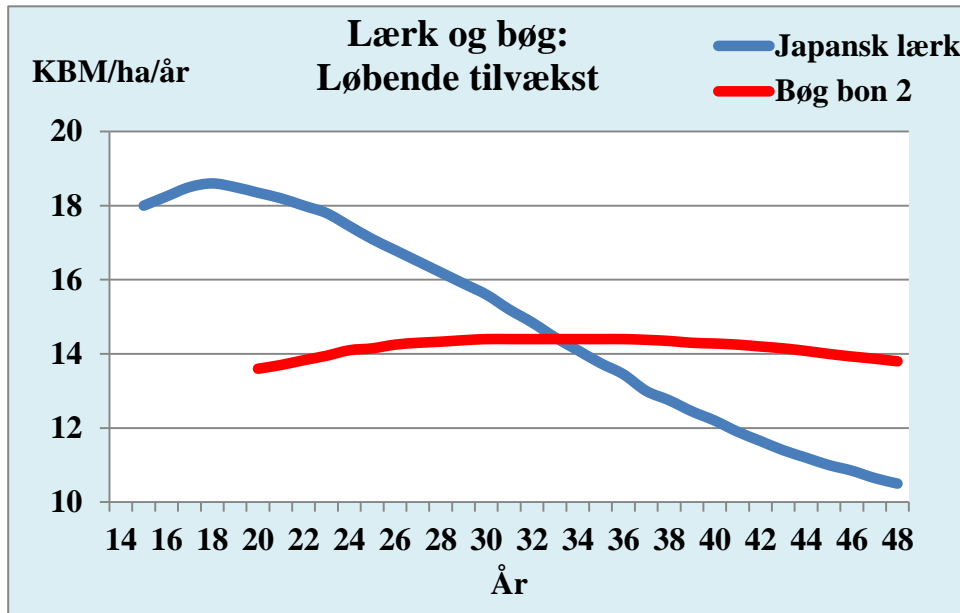


Fig. 9. Lærk og bøg. Løbende årlig tilvækst.

Der er tale om blandinger, hvor plantetallet øges ved at indplante flere hjælpetræer. Hjælpetræerne vil typisk have en hurtig vækst i de første år, hvorefter væksten klinger af (se fig. 9). Som eksempel behandles indblanding af lærk i en bøgekultur.

Fordelen ved brug af disse modeller er, at det større antal planter som indbringes som hjælpetræer vil bidrage med en stor produktion i starten og samtidig have en beskyttende effekt på den blivende træart i kulturen. På et tidspunkt vil hjælpetræerne konkurrere med de blivende træer, og det er vigtigt at træerne på det tidspunkt fjernes fra kulturen. I modellen forudsættes det, at træerne hugges til flis, og indblandingsmetoden (f.eks. rækkevis indblanding) er vigtig for økonomien i hugst af flisen.

## 6. Økonomi

Plantningernes samlede driftsøkonomi afhænger af flere forskellige faktorer, eksempelvis jordbundens kvalitet (bonitet), træarts- og proveniensvalget og driftsform, herunder kulturmodel og plantetæthed.

I de økonomiske analyser i det følgende fokuseres alene på plantetæthedens betydning for driftsøkonomien.

På kort sigt vil plantetætheden have en direkte økonomisk effekt som følge af ændrede omkostninger forbundet med plantekøb og plantning. Herudover vil plantetætheden kunne påvirke kulturomkostningerne, eksempelvis ændrede behov for renholdelse i de første år.

Plantetætheden vil også påvirke både volumenproduktionen og vedkvaliteten i plantningerne (jfr. afsnit 4). Både ændret produktion og kvalitet har indflydelse på driftsøkonomien, og specielt muligheden for at kunne producere og udtage biomasse (flis) i de yngre år kan få en væsentlig betydning for den samlede driftsøkonomi i plantningerne.

## 6.1 Resultater fra litteraturen

Der foreligger få eksempler på beregninger af plantetæthedens betydning for bevoksningernes driftsøkonomi.

Et eksempel er en beregning foretaget af Hedeselskabet i 2002, hvor der på grundlag af planteafstandsforøg på heden i rødgran foretages beregning af den driftsøkonomisk optimale planteafstand. Der anvendes en kalkulationsrente på 2%, og konklusionen er, at kun ved en stor planteafstand (3x3 meter eller derover, svarende til ca. 1100 planter/ha eller færre) kunne den investerede kapital forrentes med 2%. Der er i sammenligningerne taget højde for, at stor planteafstand giver ringere kvalitet, men på trods heraf vil det lave plantetal være det økonomisk bedste valg i den givne situation. I vurderingen af resultatet er det vigtigt at erindre, at forsøget ligger på en lav bonitet med svag vækst, og herudover at der tilsyneladende ikke er indregnet muligheden for at udtage flis med et positivt dækningsbidrag.

Et andet eksempel er refereret i Handler & Jakobsen, 1986. I et rødgran planteafstandsforøg (Stiklestad forøget) analyseret ved 34 års alder, opnåedes resultater svarende til Hedeselskabets, nemlig at den store planteafstand (her 2.000 planter/ha) bør foretrækkes, både ved rente 3% og 5%. Det er vigtigt også her at notere, at de tidlige tyndinger i forøget gav et negativt, eller i bedste fald et "neutralt" dækningsbidrag.

Skov- og Naturstyrelsens anbefalinger (fra 2003) lød på 2.850 planter/ha for nål og 4.000 planter/ha for løv.

Den vigtigste forskel mellem disse eksempler fra begyndelsen af 2000-tallet eller tidligere og den nuværende situation er formentlig, at tidlige tyndinger i dag kan udføres med et positivt dækningsbidrag, jfr. beregningerne i næste afsnit.

## 6.2 Egne beregninger

I et forøg på at belyse plantetæthedens betydning for økonomien i den nuværende situation, er der i det følgende foretaget egne beregninger og analyser af tre kulturmodeller.

## 6.2.1 Beregningsmetoden

De økonomiske sammenligninger af forskellige plantetætheder foretages på grundlag af beregnede nutidsværdier (Net Present Values = NPV) af omkostninger og indtægter, som vil være påvirket af plantetætheden. Der foretages altså ikke en totalanalyse af økonomien i plantningerne, men alene en analyse af plantetæthedens betydning for økonomien.

I tabel 5 er der skematisk vist de delelementer, hvor varierende plantetal påvirker den samlede økonomi.

	<i><b>Plantetæthedens indflydelse på omkostninger og indtægter</b></i>
Plantekøb	En stykomkostning som er direkte afhængig af plantetallet. Køb af planter udgør en væsentlig del af kulturomkostningerne, og plantetallet får dermed stor betydning for den samlede driftsøkonomi
Plantning	En stykomkostning som afhænger af plantetallet. Omkostningen er dog ikke ligefrem proportional med plantetallet, da plantning af større plantetal / ekstra planter vil være billigere
Efterbedring	Behovet forventes at være størst ved lavt plantetal, hvor der ved plantedød kan opstå huller i kulturen, og evt. resultere i en mislykket kultur.
Renholdelse	Behovet vil være størst ved lavt plantetal, da der vil gå længere tid, før kulturen slutes og dermed kan bortskygge opvækst mellem planterne
Tilvækst (volumen)	Tilvæksten i de første år øges i takt med plantetallet i kulturen. En øget tilvækst vil have direkte indflydelse på driftsøkonomien (enten som hugst af flis eller som tømmer og løvtrækævler)
Dimensionsudvikling	Øget plantetal vil efter slutning af kulturen medføre en nedsat diameterudvikling og dermed, afhængig af hugstindgreb, en lavere middeldiameter i bevoksningen. En lavere middeldiameter vil medføre lavere pris på tømmer og løvtrækævler, da priserne varierer med diameteren
Vedkvalitet	I tætte plantninger udvikles (især i løvtræ) en bedre stammekvalitet (bulhøjde, stammeform o.l.) i forhold til åbne plantninger. Kvaliteten har stor betydning for den fremtidige indtjening

Tabel 5. De vigtigste elementer, som påvirkes af plantetætheden.

Beregningerne vil være begrænset til sammenligninger af de delelementer, som vises i tabel 5. Beregningerne foretages i omsætningsbalancer, hvor de enkelte omkostninger/indtægter tilbagediskonteres til anlægstidspunktet (NPV).

Til vurdering af plantetæthedens indflydelse på de langsigtede effekter (ændringer i kvaliteten eller dimensionen af tømmer og løvtrækævrer) anvendes det Skovøkonomiske Tabelværk. Ved hjælp af de Skovøkonomiske Tabeller er det muligt at belyse den driftsøkonomiske effekt af ændringer i sortimentsudfaldet (diameterklasser og kvalitetsklasser) som følge af forskellige plantetætheder.

Der vil være betydelig usikkerhed forbundet med beregningerne, specielt af de langsigtede effekter. I de enkelte beregninger indgår et sæt af forudsætninger, som er tilstræbt så realistiske som muligt. I afsnit 7 er der for nogle af elementerne foretaget en følsomhedsanalyse ved at opstille alternative forudsætninger for derigennem at få en antydning af ”robustheden” i beregningerne.

### 6.2.2 Monokulturer, nåletræ (rødgran)

Rødgrankulturen forudsættes anlagt som en monokultur uden hjælpetræarter.

#### Kulturomkostninger (plantning, efterbedring og renholdelse).

De anvendte plantetætheder og forudsætninger fremgår af tabel 6.

Antal planter pr. ha	Plantepris kr/plante	Plantning kr/plante	Efterbedring (%)	Renholdelse (antal)
1.000	2,5	1,5	10	4
2.000	2,5	1,5	10	3
2.500	2,5	1,5	5	3
4.000	2,5	1,4		2
5.500	2,5	1,2		1
6.500	2,5	1,2		1

Tabel 6. Rødgran monokultur. Beregningsgrundlag for kulturomkostninger.

Efterbedring. Behovet for efterbedring kan især være aktuelt i ”åbne” plantninger, hvor udfald af planter vil give forholdsvis store huller i kulturerne. I tættere plantninger forventes der at være et mindre behov for efterbedring, og ved en meget tæt plantning antages der ikke at være behov for efterbedring. Efterbedringsprocenten antages at variere mellem 0% i de tætte plantninger og 10% i de åbne plantninger.

Renholdelse. I tætte plantninger vil kulturen hurtigere dække arealet, og dermed forhindre den konkurrerende ukrudtsvegetation i at udvikle sig. En tæt plantning vil derfor betyde lavere omkostninger til renholdelse. Det antages, at der altid vil være behov for én renholdelse. I de åbne plantning regnes der med renholdelse 4 år i træk. Uden effektiv renholdelse risikerer man, at de åbne kulturer helt vil mislykkes.

#### Hugst af flis

Omkostningerne forbundet med hugst af flis vil afhænge både af træernes størrelse (diameter) og af, hvor rationelt træerne kan høstes i bevoksningen. I beregningerne er der anvendt erfaringstal (flis-netto / KFM) fra tre forskellige flisoperatører. Resultaterne er sammenstillet i fig. 10.

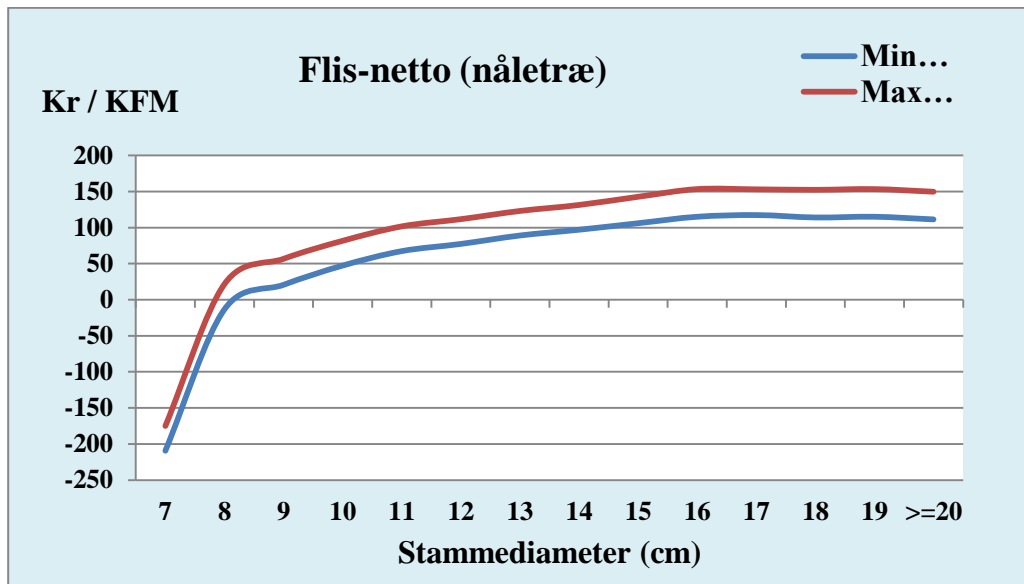


Fig. 10. Nål. Beregningsgrundlag vedr. hugst og salg af flis (kr/KFM).

I gennem de første 40 år forventes der ved de tætte planteafstande at være en merproduktion af biomasse i kulturerne. Det forudsættes, at denne merproduktion beregningsteknisk udtages af bevoksningen som flis inden for de første 20-40 år. Det antages yderligere, at bevoksningerne herefter vil følge samme grundflade- og tilvækstforløb indtil omdriftsalderen på 70 år (Omdriftsalder anvendt i Skovøkonomisk Tabelværk for rødgran bonitet 2).

I fig. 11 er vist den forventede merproduktion og hugst af vedmasse (i kubikmeter fastmasse KFM) ved forskellige planteafstande. Merproduktionen er vist relativ i forhold til den åbne plantning (1000 planter/ha). Produktionsskønnene er baseret på data præsenteret i afsnit 4. Bemærk at merproduktionen, som kan udtages til flis ikke når op på den fulde potentielle merproduktion ved alder 40 år (afsnit 4.1.1). Det skyldes, at merproduktionen gradvis vil falde i takt med at den borthugges fra bevoksningen.

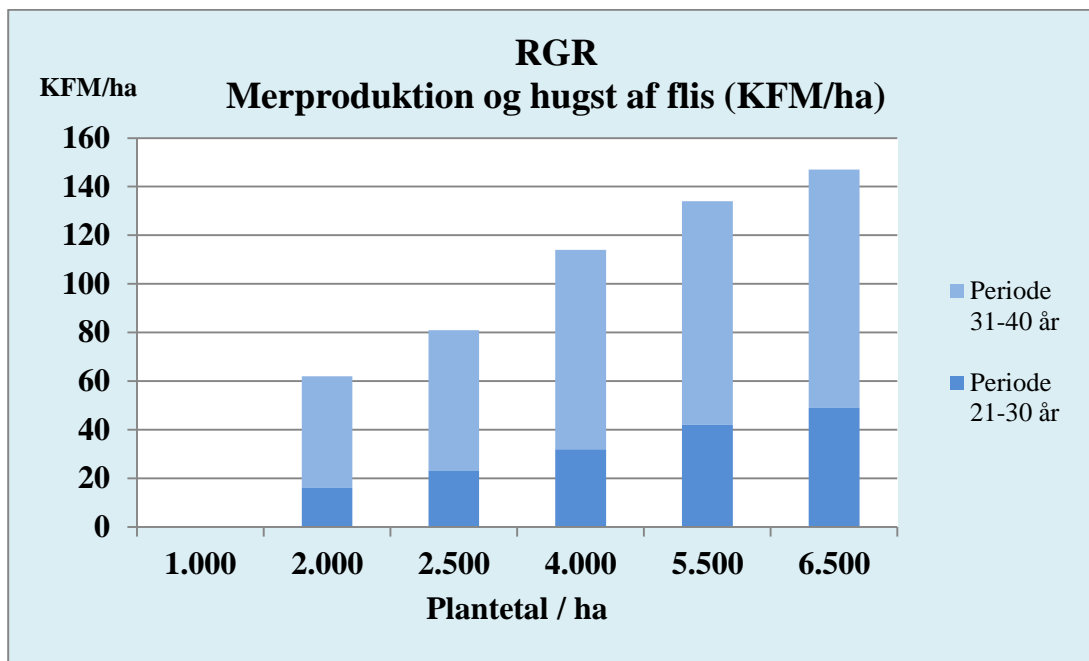


Fig. 11. Rødgran. Skønnet merproduktion, som hugges til flis.

### Påvirkning af tømmerets kvalitet og dimension

Som omtalt ovenfor antages det, at grundflade og tilvækst efter hugst af ”merproduktionen” vil være ens for de forskellige planteafstande. Den langsigtede volumenproduktion forudsættes med andre ord at blive ”normaliseret”.

I modsætning til volumenproduktionen må det forventes, at plantetætheden vil have en langsigtet indvirkning på kvaliteten – og dermed på driftsøkonomien. I beregningerne antages det, at der for den åbne plantning (1.000 planter/ha) vil være en nedgang i kvalitet på én kvalitetsklasse, dvs. tømmer kvalitet A nedgraderes til kvalitet B og kvalitet B nedgraderes til kvalitet C. Ved plantetætheden 2.500 planter/ha er der foretaget en nedgradering på en halv kvalitetsklasse, dvs. kvalitet A nedgraderes til  $\frac{1}{2}$  A +  $\frac{1}{2}$  B og kvalitet B nedgraderes til  $\frac{1}{2}$  B +  $\frac{1}{2}$  C.

Beregning af konsekvensen af disse nedgraderinger foretages ved hjælp af det Skovøkonomiske Tabelværk, hvor det er muligt at foretage simuleringer af ændrede sortimentsudfald i bevoksningerne.

I lighed med kvaliteten er tømmerets dimension af betydning for priserne. Jo større dimension jo højere pris. Plantetæthedens langsigtede indvirkning på diameterudviklingen er svagt belyst; men det formodes, at tættere plantninger på trods af løbende tyndinger vil have en svagere diameterudvikling end de åbne plantninger. For at få en idé om betydningen af en svagere diameterudviklingen er der i de Skovøkonomiske Tabelværk foretaget beregninger af prisfald som følge af lavere middeldiameter. Der er for de tætte plantninger (6.500 planter/ha) regnet med et prisfald på 5%, og for plantetætheden 5.500 planter/ha et fald på 2,5%.

### Omsætningsbalance og NPV beregninger.

I beregningerne anvendes der som udgangspunkt en rentesats på 2%. Beregningsgrundlaget vedr. flis fremgår af fig. 10.

Med de ovenfor beskrevne antagelser og forudsætninger er der opstillet omsætningsbalancer, og der er foretaget beregning af nutidsværdi (NPV) for kulturomkostninger, merproduktion (flis) og tømmer. NPV for kulturomkostninger og flisproduktion er foretaget i excel regneark, men beregninger af den langsigtede kævleproduktion er foretaget i Skovøkonomisk Tabelværk (CMM bonitet 2).

I fig. 12 ses NPV værdierne for hhv. kulturomkostninger, merproduktion (flis) og tømmer. NPV værdierne er vist relativt i forhold til 1.000 planter / ha.

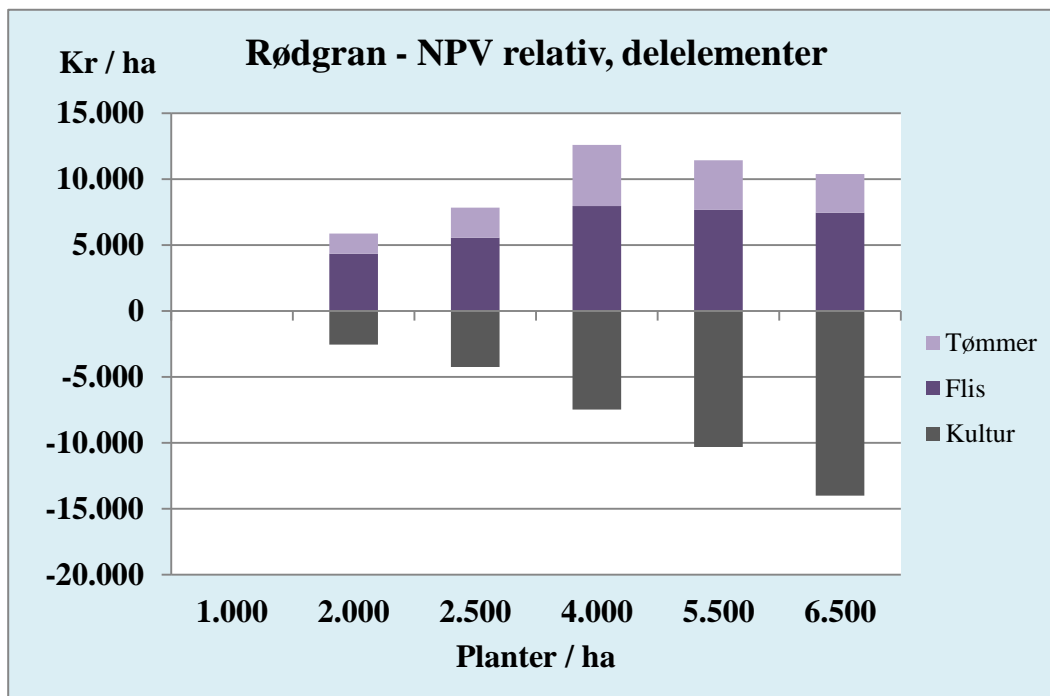


Fig. 12. Rødgran. NPV for delelementer, der påvirkes af plantetætheden.

Som det ses i figur 12 vil et stigende plantetal belaste kulturomkostningerne i betydelig grad, og den øgede flisproduktion kan ved de tætte plantninger ikke opveje kulturomkostningerne.

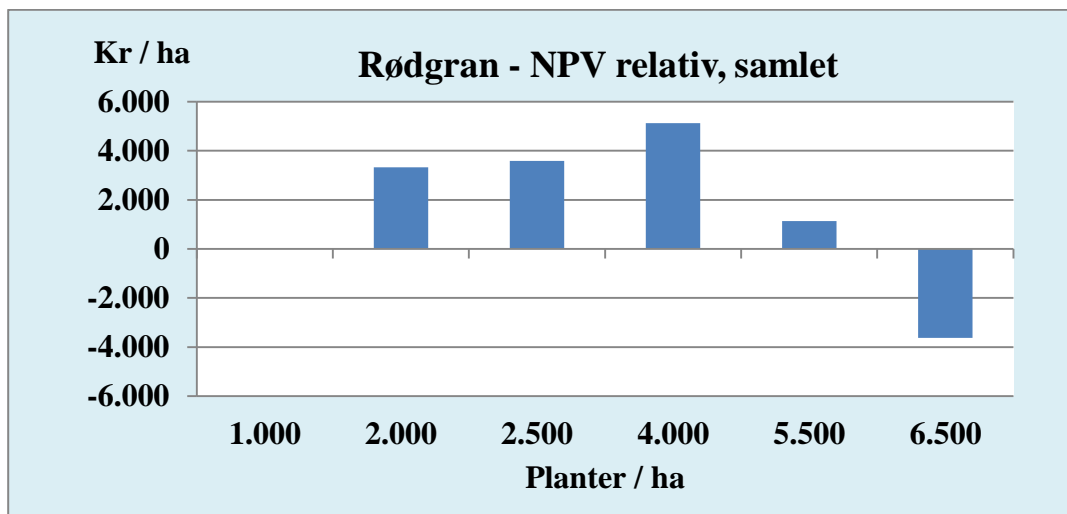


Fig. 13. Rødgran. Den samlede NPV for elementer, som varierer med plantetætheden.

I fig. 13 vises det samlede resultat. Som det ses, vil plantetallet 4.000 planter/ha være det driftsøkonomiske bedste valg under de givne antagelser.

**Obs:** I beregningerne er der kun medtaget de elementer, som varierer med plantetætheden (jfr. tabel 5). Resultaterne kan derfor ikke bruges direkte til en vurdering af den samlede økonomi i dyrkning af rødgran, men udelukkende til at vurdere konsekvensen af forskellige plantetætheder.

### 6.2.3 Monokultur, løvtræ (bøg)

Bøgekulturen forudsættes anlagt som en monokultur.

#### Kulturomkostninger (plantning, efterbedring og renholdelse).

De anvendte plantetætheder og forudsætninger fremgår af tabel 7.

Antal planter pr. ha	Plantepris kr/plante	Plantning kr/plante	Efterbedring (%)	Renholdelse (antal)
2.800	3,00	1,50	20	4
4.000	3,00	1,50	20	3
5.600	3,00	1,50	10	2
7.500	3,00	1,20		2
11.800	3,00	1,20		1
17.000	3,00	1,20		1

Tabel 7. Bøg monokultur. Beregningsgrundlag for kulturomkostninger.



Efterbedring. Behovet for efterbedring kan især være aktuelt i ”åbne” plantninger, hvor udfald af planter vil give forholdsvis store huller i kulturerne. I tættere plantninger forventes der at være et mindre behov for efterbedring, og ved en meget tæt plantning antages der ikke at være behov for efterbedring. Efterbedringsprocenten antages at variere mellem 0% i de tætte plantninger og 20% i de åbne plantninger.

Renholdelse. I tætte plantninger vil kulturen hurtigere dække arealet, og dermed forhindre den konkurrerende ukrudtsvegetation i at udvikle sig. Det antages, at der altid vil være behov for én renholdelse. I de åbne plantninger regnes der med renholdelse 4 år i træk. Uden effektiv renholdelse risikerer man, at de åbne kulturer helt vil mislykkes.

### Hugst af flis

Omkostningerne forbundet med hugst af flis vil afhænge både af træernes størrelse (diameter) og af, hvor rationelt træerne kan høstes i bevoksningen. En rækkevis hugst vil være billigst, og i beregningerne er det forudsat, at høsten kan ske rationelt. I beregningerne er der anvendt nettotallene vist i tabel 8. De anførte omkostninger og indtægter er baseret på én flisoperatør.

Diameter (cm)	Fælde-bunke lægning	Flisning	Omkostninger I alt	Salgspris (min)	Salgspris (max)	Netto (min)	Netto (max)
8-10	145	120	265	400	450	135	185
11-15	90	115	205	400	450	195	245
16-20	78	110	188	400	450	212	262
>20	78	110	188	400	450	212	262

Tabel 8. Bøg/løvtræ. Beregningsgrundlag vedr. hugst og salg af flis (kr/KFM).

I de første 20-30 år vil der ved de tætte planteafstande være en merproduktion i kulturerne. Det forudsættes, at denne merproduktion beregningsteknisk udtages af bevoksningen som flis inden for de første 20-30 år. Det antages, at bevoksningerne herefter vil følge samme grundflade- og tilvækstforløb indtil omdriftsalderen på 140 år (omdriftsalder anvendt i Skovøkonomisk Tabelværk, bøg bonitet 2)..

I fig. 14 er vist den forventede merproduktion af vedmasse (i KFM) ved forskellige planteafstande. Produktionsskønnene er baseret på data præsenteret i afsnit 4.

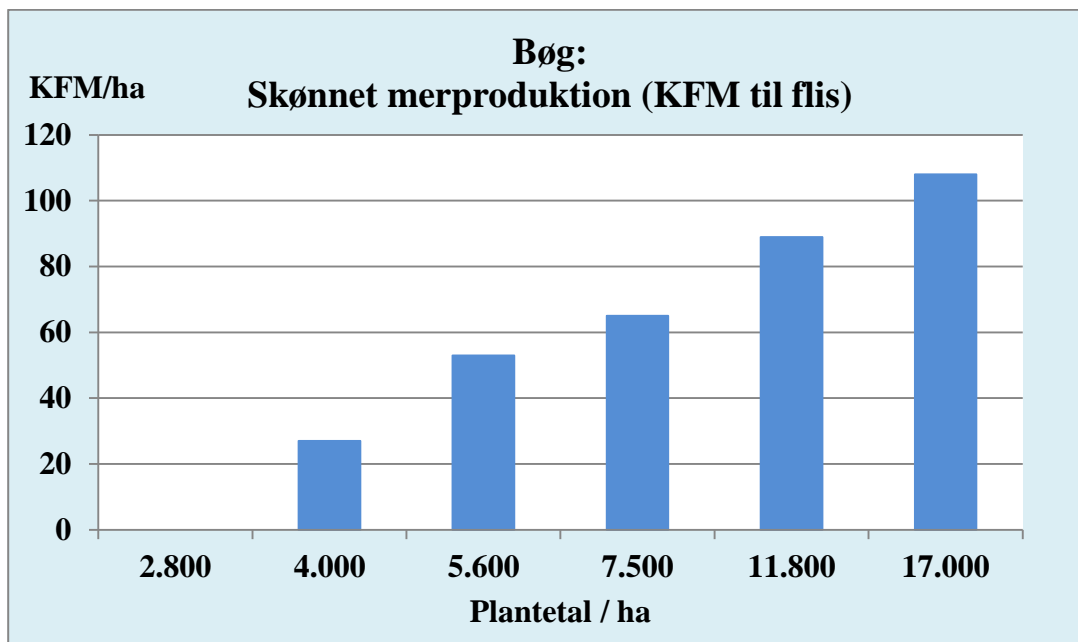


Fig. 14. Bøg. Skønnet merproduktion ved alder 21 år. Relativ i forhold til 2.800 planter/ha.

#### Påvirkning af løvtrækævlernes kvalitet og dimension

Som omtalt ovenfor antages det, at grundflade og tilvækst efter hugst af ”merproduktionen” vil være ens for de forskellige planteafstande. Den langsigtede volumenproduktion forudsættes med andre ord at blive ”normaliseret”.

Plantetætheden forventes at have en langsigtet indvirkning på kvaliteten – og dermed på driftsøkonomien. I beregningerne antages det, at der for den åbne plantning (2.800 planter/ha) vil være en nedgang i kvalitet på én kvalitetsklasse, dvs. kævler kvalitet A nedgraderes til kvalitet B og kvalitet B nedgraderes til kvalitet C. Ved plantetætheden 4000 planter/ha er der foretaget en nedgradering på en halv kvalitetsklasse, dvs. kvalitet A nedgraderes til  $\frac{1}{2}$  A +  $\frac{1}{2}$  B og kvalitet B nedgraderes til  $\frac{1}{2}$  B +  $\frac{1}{2}$  C.

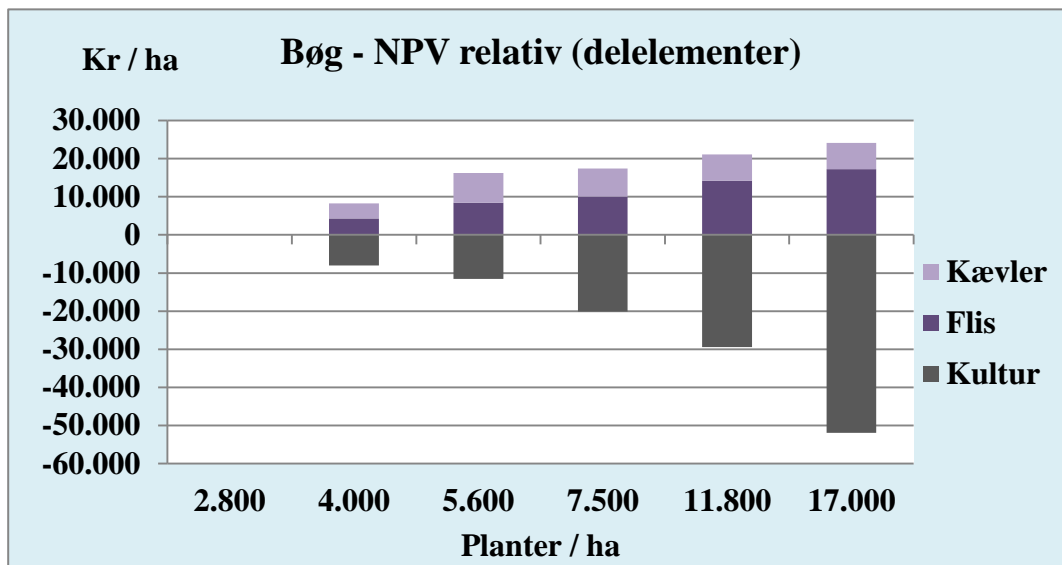
Beregning af konsekvensen af disse nedgraderinger foretages ved hjælp af det Skovøkonomiske Tabelværk, hvor det er muligt at foretage simuleringer af ændrede sortimentsudfald i bevoksningerne.

I lighed med kvaliteten er kævlernes dimension af betydning for priserne. Jo større dimension jo højere pris. Plantetæthedens langsigtede indvirkning på diameterudviklingen er svagt belyst; men det formodes, at tættere plantninger på trods af løbende tyndinger vil have en svagere diameterudvikling end de åbne plantninger. For at få en idé om betydningen af en svagere diameterudviklingen er der i de Skovøkonomiske Tabelværk foretaget beregninger af prisfald som følge af lavere middeldiameter. Der er for de tætte plantninger (11.800 og 17.000 planter/ha) regnet med et prisfald på 5%, og for plantetætheden 7.500 planter/ha et fald på 2,5%.

### Omsætningsbalance og NPV beregninger.

Med de ovenfor beskrevne antagelser og forudsætninger er der opstillet omsætningsbalancer, og der er foretaget beregning af nutidsværdi (NPV) for kulturomkostninger, merproduktion (flis) og løvtrækævler.

I fig. 15 ses NPV værdierne for hhv. kulturomkostninger, merproduktion (flis) og løvtrækævler. NPV værdierne er vist relativt i forhold til 2.800 planter/ha.

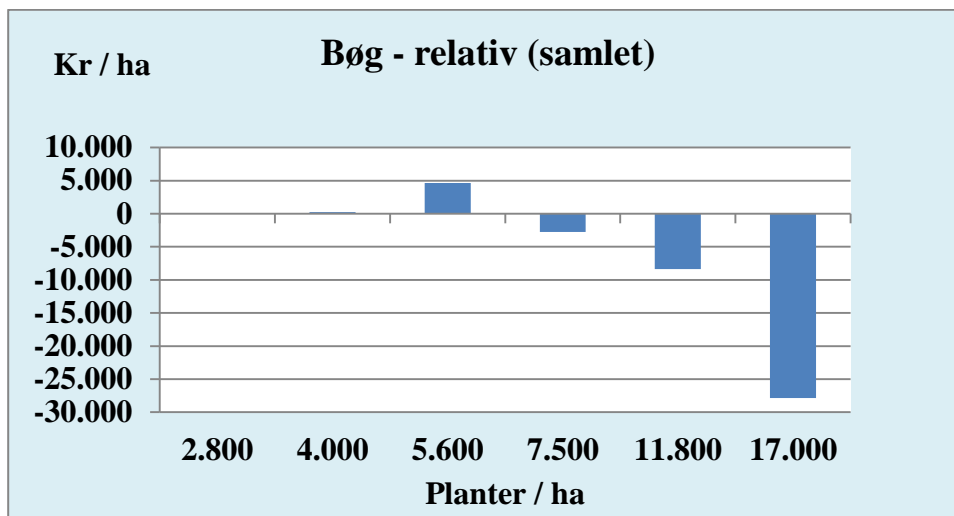


Figur 15. Bøg. NPV for henholdsvis kulturomkostninger, merproduktion (flis) og kævler.

Som det ses i figur 15 vil et stigende plantetal belaste kulturomkostningerne i betydelig grad, og den øgede flisproduktion kan ved de tætte plantninger ikke opveje kulturomkostningerne.

Det samlede resultat fremgår af fig. 16. Som det ses, vil plantetallet 5.600 planter/ha være det driftsøkonomiske bedste valg under de givne antagelser.

**Obs:** I beregningerne er der kun medtaget de elementer, som varierer med plantetætheden. Resultaterne kan derfor ikke bruges direkte til en vurdering af den samlede økonomi i dyrkning af bøg, men udelukkende til at vurdere konsekvensen af forskellige plantetætheder.



Figur 16. Bøg. Samlet NPV for elementer, der er påvirket af plantetætheden.

## 6.2.4 Kultur med hjælpetræer (bøg/lærk)

Kulturen forudsættes anlagt som en bøgekultur med varierende antal hjælpetræer (lærk). Tanken er at udtage lærketræerne (som flis) inden eller senest ved 20 års alderen. Bøgebevoksningen fortsætter indtil omdriftsalderen på 140 år.

### Kulturomkostninger (plantning, efterbedring og renholdelse).

I modellen antages det, at plantetallet i den blivende træart (bøg) er uændret (4.000 planter/ha), mens plantetallet for hjælpetræarten (lærk) øges fra 500 til 2.500 pr. ha. Ved den lave indblandingsgrad er der typisk tale om at etablere en hjælpetræfunktion i kulturen. Når andelen af indblandingsstræer øges får bevoksningen i højere grad karakter af samtidig at være en producent af biomasse. Med en øget indblandingsandel vil konkurrencen i forhold til den blivende træart (bøg) forstærkes. Der er ikke medtaget indblandingsandele over 2500 planter/ha, da det formodes at beskadige bøgene i en sådan grad, at det anses for urealistisk. Beregningsgrundlaget er vist i tabellen:

Antal hjælpetræer (planter / ha)	Plantepris kr/plante	Plantning kr/plante
500	3,00	1,50
1.000	3,00	1,50
1.500	3,00	1,50
2.000	3,00	1,50
2.500	3,00	1,50

Tabel 9. Lærk/bøg. Beregningsgrundlag.

Der forventes ikke at være forskelle mellem plantetæthederne med hensyn til efterbedring, og der er heller ikke regnet med forskelle i renholdelsen af kulturerne.

### Hugst af flis

Omkostningerne forbundet med hugst af flis samt priserne antages for lærk at være de samme som for rødgran (se figur 10). Det antages, at hjælpetræerne skal fjernes senest ved alder 20 år for at muliggøre en uhindret videreudvikling af bøgebevoksningen.

### Påvirkning af bøgebevoksningen

Forsøg viser, at de hurtigvoksende hjælpetræer (her lærk) i løbet af forholdsvis få år vil ”trykke” de blivende træer, og dermed nedsætte produktionen. Det forventes kun i begrænset omfang at medføre en langsigtet påvirkning af bøgekævlernes kvalitet, men det antages, at det kan nedsætte tilvæksten også på længere sigt (se beregningseksempel i model 1 nedenfor).

I et forsøg på at illustrere problemstillingen er der i næste afsnit opstillet to beregningsmodeller.

### Omsætningsbalance og NPV beregninger.

#### Model 1: hjælpetræerne (lærk) hugges ved alder 20 år, bøg med nedsat produktion

I den første model antages det, at hjælpetræarten skal forblive i kulturen indtil 20 års alderen, og at der i bøgene som følge heraf sker en langsigtet produktionsnedgang på op til 30%. Skønnet over produktionsnedgangen er forbundet med betydelig usikkerhed.

I tabel 10 er vist den forventede (skønnede) samlede flis-produktion (stammemasse og grenmasse i kubikmeter fastmasse KFM) ved forskellige aldre. Produktionsskønnene tager udgangspunkt i tilvækstoversigten for japansk lærk, og er herefter øget med 30% (svarende til at man i dag vil anvende hybridlærk) og derefter omregnet til KFM. I tabellen ses også antal KFM, som kan hugges ved forskellige indblandingsgrader af lærk.

Alder	Lærk KFM/ha		500 Plt./ha	1.000 Plt./ha	1.500 Plt./ha	2.000 Plt./ha	2.500 Plt./ha
14	140						
16	187						
18	235						
20	283		35	71	106	142	177

Tabel 10. Lærk som hjælpetræart i bøg. Skønnet totalproduktion (lærk) ved forskellige aldre (KFM/ha ved 4.000 planter/ha). Hugstmængde ved alder 20 år ved forskellige indblandingsandele.

I lighed med de tidligere beregninger opstilles der omsætningsbalancer, og beregning af nutidsværdi (NPV) for kulturomkostninger og produktion af flis. I beregningen af den langsigtede effekt på løvtrækævlerne anvendes Skovøkonomisk Tabelværk (Bøg CMM bon 2).

Antagelser mht. produktionsnedgang (tre forskellige som anvendes i beregningerne) fremgår af tabel 11.

Planter/ha lærk (antal)	Realistisk vurdering af nedsat produktion bøg (%)	Optimistisk vurdering af nedsat produktion bøg (%)	Uden nedsat produktion bøg (%)
500	0	0	0
1.000	0	0	0
1.500	10	5	0
2.000	20	10	0
2.500	30	20	0

*Tabel 11.* Antagelse om produktionsnedgang (i bøgene) ved indblanding af lærk. Den ”realistiske” vurdering er anvendt som beregningsgrundlag.

I fig. 17 ses NPV værdierne for hhv. kulturomkostninger, flisproduktion og bøgkævler (der er anvendt den ”realistiske” vurdering af nedsat bølgeproduktion). Det ses, at der med øget indblanding opnås øget NPV for flisproduktion, men at NPV for bølgeproduktionen er negativ og faldende, når antal lærk stiger.

I fig. 18 ses den samlede NPV.

Med de opstillede forudsætninger (herunder den ”realistiske” vurdering af nedsat bølgeproduktion) ses, at den driftsøkonomisk optimale indblanding ligger omkring 1.000 planter/ha.

De ovenfor anførte antagelser om produktionsnedgang i bøgene (tabel 11) har stor indflydelse på den optimale plantetæthed i lærkene. Som nævnt er der i beregningerne bag fig. 17 og 18 anvendt den ”realistiske” vurdering af produktionsnedgangen. Hvis man i stedet anlægger en mere optimistisk tilgang, viser beregninger, at det vil være optimalt at plante 1.500 lærk/ha. Hvis man ser helt bort fra en potentiel produktionsnedgang i bøgene vil det være fordelagtigt at plante helt op til 2.500 lærk/ha. Antagelserne om produktionsnedgangen i bøgene får altså stor indflydelse på, hvor mange lærkeplanter det vil være optimalt at plante over bøgene.

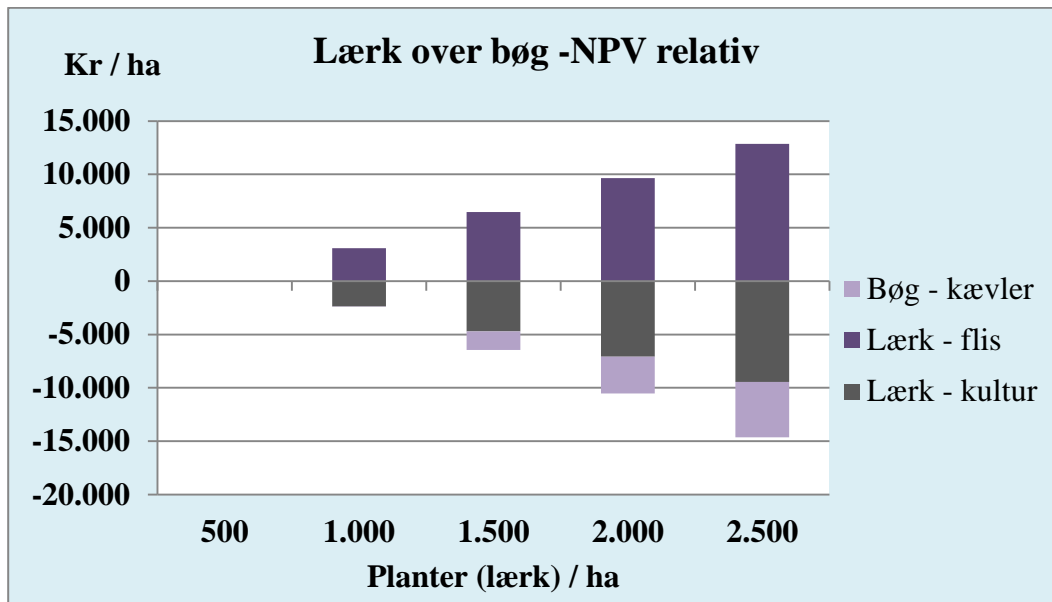


Fig. 17. Lærk/bøg. NPV for hjælpearten lærk, for de enkelte delementer, der varierer med plantetætheden (kulturomkostninger, flis-produktion og bøgekævler).

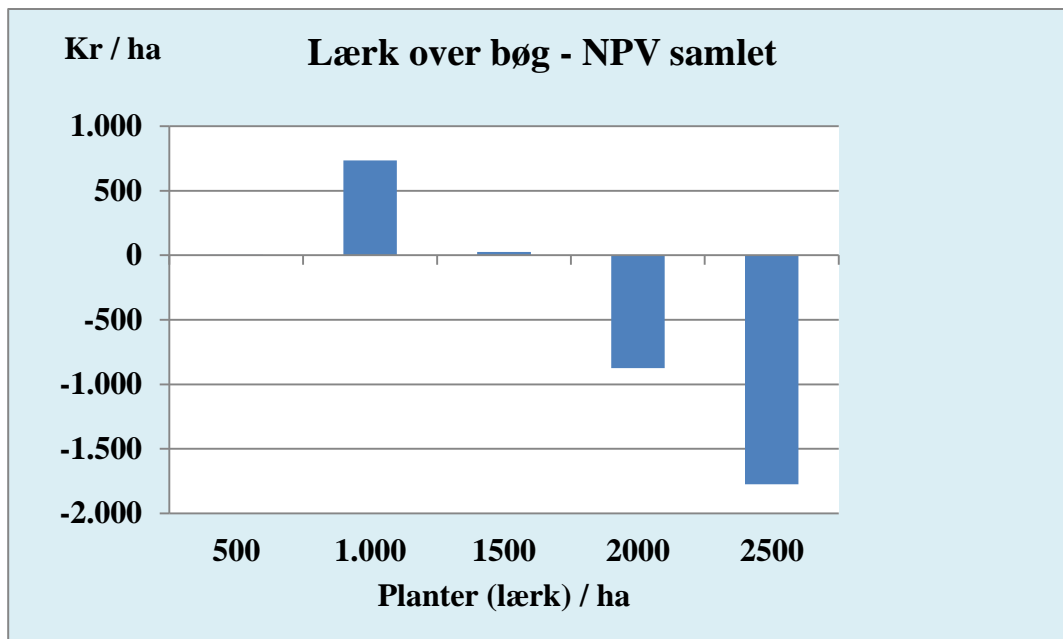


Fig. 18. Lærk/bøg. Lærken borthugges ved alder 20 år. Den samlede NPV for delementerne, som varierer med plantetætheden.

**Model 2: Hjælpetræerne (lærk) hugges når der opstår konkurrence med bøgene.**

I denne model vil hjælpetræerne gradvist blive hugget, så snart der opstår konkurrence med bøgeplanterne. Ved denne model vil en andel af lærketræerne derfor blive hugget på et relativt tidligt tidspunkt, og tyndings-udtaget er derfor lavere. Flis-omkostningerne ved den tidlige hugst vil samtidig være større som følge af lavere diameter på træerne. I tabel 12 er der vist den forventede aldersmæssige fordeling af hugsten for de enkelte plantetætheder.

alder	500	1.000	1.500	2.000	2.500
14	0	0	0	0	22
16	0	0	21	47	47
18	0	29	35	29	37
20	35	35	32	35	35
<b>I alt (KFM)</b>	<b>35</b>	<b>65</b>	<b>88</b>	<b>112</b>	<b>141</b>

Tabel 12. Lærk. Forventet fordeling af hugsten til aldersgrupper og til forskellige indblandinger af lærk.

Med udgangspunkt i hugstfordelingen i tabel 12 er der foretaget beregning af NPV for kulturomkostninger og hugst af flis. I denne model vil der ikke forekomme påvirkning af bøgene, idet lærkene løbende fjernes så snart der opstår konkurrence. Resultatet vises i fig. 19.

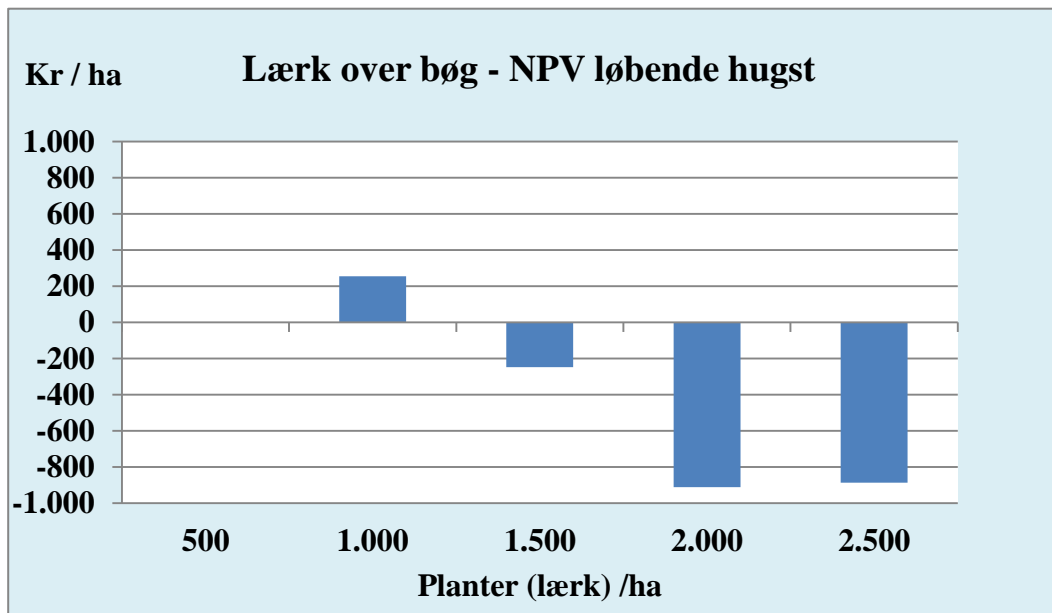


Fig. 19. Lærken hugges når der opstår konkurrence med bøg. NPV ved hugst af hjælpetræerne ifølge hugstskema (tabel 12).



Med de givne forudsætninger i denne model vil et plantetal af størrelsesordenen 1.000 planter/ha (muligvis lidt lavere) være en optimal indblanding i bøgekulturen. Indblanding af et større antal vil medføre tidligere konkurrence med bøgene, og dermed behov for hugst af nogle af træerne, hvis en nedsat vækst i bøgene skal undgås. Den tidlige hugst har stor indflydelse på det økonomiske udbytte, dels som følge af en lavere produktion og dels som følge af en større flis-omkostninger ved de mindre dimensioner.

Det kan være vanskeligt at vurdere, hvornår konkurrencen med bøgene sætter ind, og modellen vil derfor i praksis kræve faglig indsigt og rettidig omhu.

De to beregningsmodeller giver lidt forskellige resultater med hensyn til optimal plantetæthed. Det viser effekten af ændringer i forudsætningerne og antagelserne om konkurrencen mellem hjælpetræerne og de blivende træer. I begge modeller ses, at hensynet til bøgene sætter en øvre grænse for andelen af hjælpetræer i kulturene.

## 7. Ændrede forudsætninger

Beregningerne foretaget i afsnit 6 er udført under faste forudsætninger og antagelser om udviklingen i tilvækst og kvalitet ved forskellige plantetætheder. Tilsvarende er der anvendt en fast diskonteringsrente (2%) samt faste antagelser om omkostninger og priser.

Spørgsmålet er, hvor ”robuste” beregningerne egentlig er. Hvad sker der, hvis der ændres i forudsætningerne og de opstillede antagelser? Hvilke konsekvenser har det, hvis en eller flere af de opstillede forudsætninger ikke kan holde i praksis?

Følgende spørgsmål er relevante:

1. *Hvor stor indflydelse har plantepriisen på den optimale plantetæthed?*
2. *Hvor stor betydning har flisprisen for den optimale plantetæthed?*
3. *Hvilken rolle spiller plantningslokaliteten (boniteten) og proveniensvalget?*

For at få en idé om konsekvenserne af ændrede forudsætninger, er der i de følgende foretaget beregninger med en eller flere alternative forudsætninger (følsomhedsanalyser).

### 7.1 Plantepriisen

Omkostningerne forbundet med plantning spiller en vigtig rolle for den samlede driftsøkonomi, og plantepriiser er i de senere år blevet betragtet som den nok vigtigste faktor, når det drejede sig om at forbedre plantningsøkonomien. Mantraet om ”én krone pr. plante” opstod i kølvandet på Kulturkommissionens arbejde, og der er fortsat pres på plantepriisen.

Men hvor vigtig er prisen egentlig for den samlede økonomi? I fig. 20 vises for rødgran (eksemplet i afsnit 6.2.2) NPV ved plantepriiser hhv. 1 kr. over og 1 kr. under de priser, der anvendes i eksemplet i afsnit 6.2.2. NPV værdierne er vist relativt i forhold til 1.000 planter/ha.

Som forventeligt vil en øget plantepris forskubbe den optimale plantetæthed i retning af færre planter/ha (fra 4.000 planter/ha mod 2.500 planter/ha). Modsvarende vil en lavere plantepris påvirke den optimale plantetæthed i retning af større plantetæthed i kulturerne (fra 4.000 mod 5.500 planter/ha).

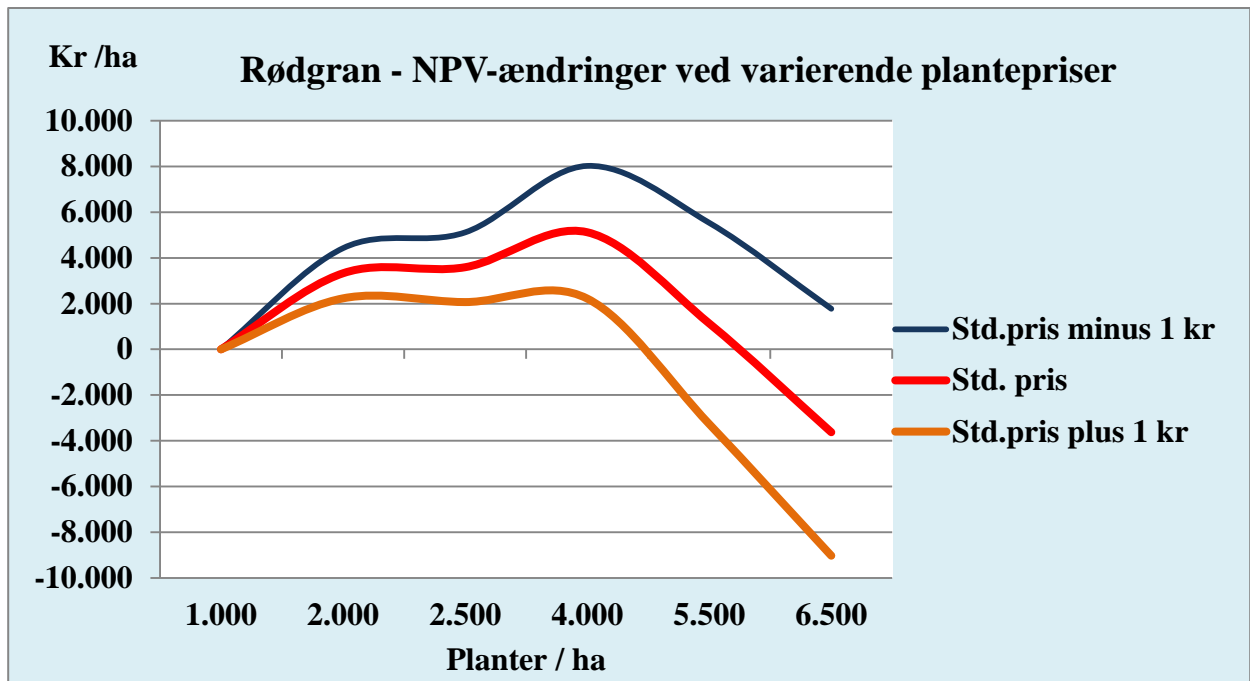


Fig. 20. Rødgran. NPV relativ ved forskellige plantepriser.

## 7.2 Flisprisen

Med de i afsnit 6 opstillede omkostninger og priser for flis (fig. 10 i afsnit 6) vil det være fordelagtigt at anvende omkring 4.000 planter/ha.

I fig. 21 vises for rødgran (eksemplet i afsnit 6.2.2) NPV, hvis netto ved hugst af flis øges med 50 kr/KFM, hhv. reduceres med 50 og 100 kr/KFM.

Hvis netto fra hugst af flis falder med 50 kr/KFM (enten fordi omkostningerne stiger eller salg priserne falder), vil den optimale plantetæthed forskydes i retning mod lavere plantetæthed og være mellem 2.500 og 4.000 planter/ha, dog nærmest 4.000. Hvis nettoet falder med 100 kr/KFM vil det være fordelagtigt blot at plante 1.000 planter/ha. Hvis flisnetto derimod stiger med 50 kr/KFM vil det være fordelagtigt at øge plantetallet til mellem 4.000 og 5.500 planter/ha.

Flis spiller altså en meget vigtig rolle for driftsøkonomien, og det er derfor vigtigt, at kulturerne etableres på en måde som det enkelt og rationelt at udtage flisen fra bevoksningerne.

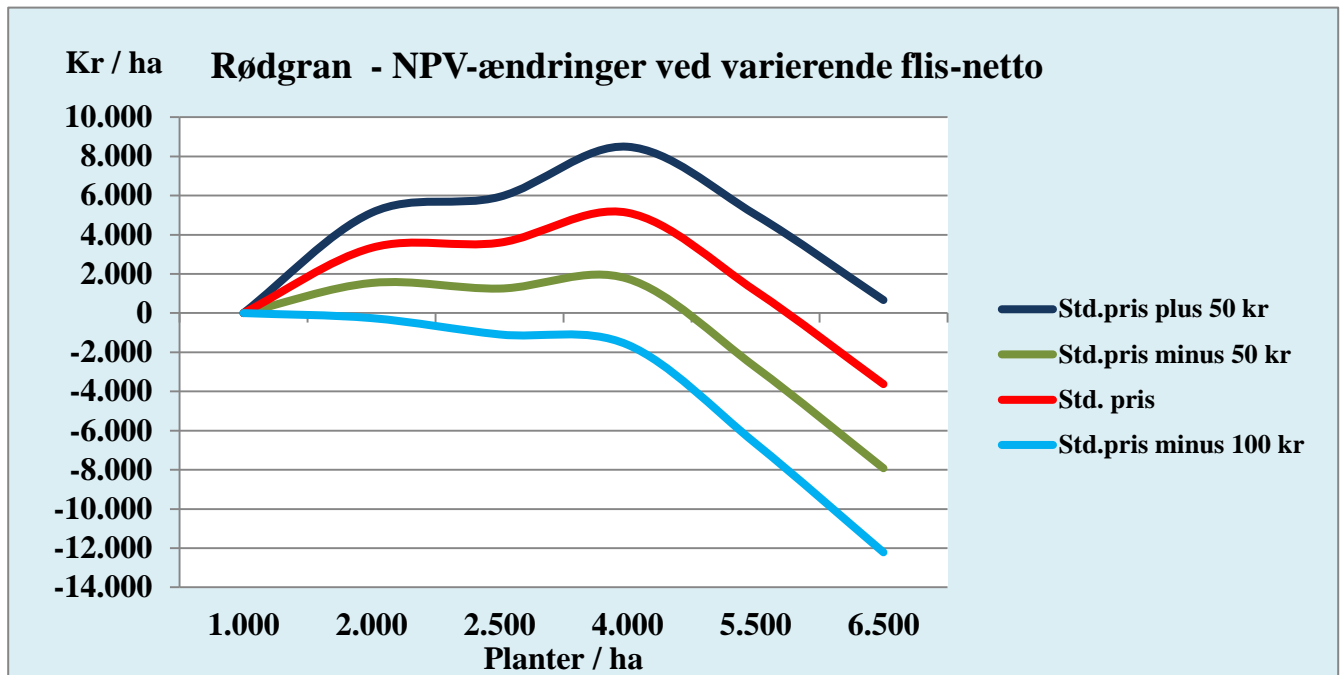


Fig. 21. Rødgran. NPV ved varierende netto fra hugst af flis.

### Hvor stor skal flis-netto være for at kunne øge plantetætheden?

Som alternativ til følsomhedsanalyserne vist ovenfor er det muligt at beregne, hvor stor flis-netto der kræves før det kan betale sig at øge plantetallet. Ifølge pris-grafen i fig.10 er flis-netto p.t. ca. 130 kr/KFM (ved diameter > 16 cm).

Kravene til flis-netto er vist i tabel 13 nedenfor.

Plantetal / ha	Minimum flis-netto for at øge plantetallet
Fra 1.000 til 2.000 kræver	40 kr/KFM
Fra 2.000 til 4.000 kræver	70 kr/KFM
Fra 4.000 til 5.500 kræver	ca. 500 kr/KFM
Fra 5.500 til 6.500 kræver	ca. 700 kr/KFM

Tabel 13. Flis-netto som er nødvendigt for at kunne øge plantetallet

Som det fremgår, vil det allerede ved et flis-netto på 40 kr/KFM være driftsøkonomisk fordelagtigt at vælge plantetallet 2.000 fremfor 1.000 pr. ha. Med et flis-netto på 70 kr/KFM vil det være fordelagtigt at vælge 4.000 planter fremfor 2.000 planter pr. ha. En plantetæthed på 5.500 planter pr. ha vil derimod kræve et (urealistisk) højt flis-netto på ca. 500 kr/KFM, og med 6.500 planter pr. ha. vil det kræve et flis-netto på ca. 700 kr/KFM flis.

Med den nuværende flis-netto (2013) på 130 kr/KFM er 4.000 planter/ha den optimale tæthed blandt de undersøgte plantetætheder. Et fald i flis-netto vil medføre en forskydning i plantetæthed i retning af færre planter, og ved et netto på 70 kr/KFM nås punktet, hvor det bliver fordelagtigt kun at plante 2.000 planter/ha. Et øget netto vil forskyde optimal plantetæthed mod flere planter/ha; men der skal en nærmest urealistisk stigning til, før det bliver økonomisk fordelagtigt at plante 5.500 planter/ha.

### **7.3 Bonitet og proveniens**

Det er usikkert – men må formodes – at den mertilvækst, som opnås ved større plantetæthed, vil øges med stigende bonitet, og modsvarende falde ved faldende bonitet. Der findes planteafstandsforsøg bl.a. i Gludsted, som ville kunne belyse bonitetens indflydelse på mertilvæksten (pers. com. Bruno Bilde Jørgensen).

Konsekvensen af en lavere bonitet vil være, at den lavere produktion (både af flis og tømmer) begrænser muligheden for at investere i kulturetableringen. Der vil med lavere bonitet ske en forskydning i retning af billigere kulturer, og dermed færre planter/ha.

Valg af træart og proveniens formodes at have en tilsvarende effekt som boniteten. En højt producerende træart eller proveniens vil danne grundlag for større investeringer i kulturanlæg, og dermed for at øge plantetallet. Modsvarende må det formodes, at en svagt producerende proveniens vil forskyde det optimale plantetal i retning af færre planter pr. ha.

Når det drejer sig om kvalitet ser det måske lidt anderledes ud. Anvendes der eksempelvis en meget formsikker proveniens (eksempelvis Sihlwald i bøg) vil der formentlig ikke være samme behov for tætte plantninger for at opnå god stammekvalitet i den modne bevoksning. Denne formodning understøttes af resultater fra et 20-årigt egeforsøg på Bregentved, hvori indgår bl.a. proveniensen F.148 (Tåstrup) (pers. com. Bruno Bilde Jørgensen). Det må derfor formodes, at brug af formstabile provenienser vil trække den optimale plantetæthed i retning af færre planter i kulturene.

## **8. Samfundsmæssig betydning af større plantetæthed (øget produktion)**

Analyserne og rapporten fokuserer på driftsøkonomien i relation til plantetætheden. Men tættere plantninger og dermed øget produktion af biomasse vil også have samfundsøkonomiske effekter.

Det vigtigste aspekt vil være, at den øgede produktion af biomasse kan bidrage til energiforsyningen i landet, og derigennem erstatte fossilt brændstof med CO<sub>2</sub>-neutral energi.

En øget produktion i skovene vil også medføre, at der generelt vil blive ophobet en større mængde kulstof i skovene. Denne opmagasinering af kulstof bidrager til at ”opsuge” en del af CO<sub>2</sub>-mængden fra atmosfæren og derigennem forbedre miljøet.

Skovene vil også kunne fungere som et energilager, der er fleksibelt i forhold til forbruget. Energien (vedmassen) kan ”opbevares” i skovens træer, indtil der er behov for at udtage energi fra lageret. Der vil dog i nogle situationer være undtagelser, bl.a. hvor produktionen øges ved at indbringe hurtigvoksende hjælpearter. Her vil der være behov for at borthugge hjælpetræerne inden for en relativ kort periode for at undgå, at de blivende træer skades.

## **9. Tilskud til plantning**

Den p.t. vigtigste tilskudsordning ”Tilskud til privat skovrejsning” anvender et såkaldt ”flat rate” princip, d.v.s. at der gives et fast tilskud pr. ha, uafhængigt af de konkrete omkostninger ved etablering af plantningen. Ordningen indeholder forskellige tilskudssatser for plantning af hhv. løvtræ, nåltræ og ekstensiv plantning (hjemmehørende arter).

Tilskudsordningen indeholder minimumskrav med hensyn til antal planter, når plantningen er etableret og i vækst (ved udbetaling af 2. rate, når planterne er i god vækst, ca. 1 meters højde). For løvtræ stilles krav om minimum 3.500 planter/ha, for nål 2.800 planter/ha og for ekstensive plantninger kun 2.000 planter/ha.

Skovejeren skal sikre sig, at der plantes et tilstrækkeligt antal planter for at opfylde tilskudskravet; men der er i ordningen ikke yderligere incitamenter til at øge plantetallet. De opstillede minimumskrav ligger lavere end de plantetætheder, som synes optimale (ved 2% forrentning på en bonitet 2 lokalitet).

Fødevarerministeriets tilskudsordning til produktion af biomasse er begrænset til bestemte træarter (vigtigst er poppel og pil). Skovene har p.t. ikke en tilsvarende ordning for etablering af energiplantninger med skovtræarterne.

## **10. Demonstrationsplantninger**

Der findes en del svagt belyste punkter eller uafklarede spørgsmål i forhold til valg af plantetæthed i kulturerne. Beregningerne i denne rapport tager derfor udgangspunkt i faste forudsætninger og antagelser, og via følsomhedsanalyser får man en idé om konsekvenserne af ændringer i forudsætninger.

Til afklaring af spørgsmålene vil der i nogle tilfælde være behov for længerevarende afprøvninger, mens der i andre tilfælde – især omkring de mere praksis-orienterede problemstillinger – kunne anlægges korttidsforsøg eller demonstrationsplantninger.

Specielt den praktiske opbygning af kulturerne synes egnet til kortsigtede forsøg eller demonstrationsanlæg. Umiddelbart vurderes der især at være behov for at demonstrere forskellige modeller for indblanding af hjælpetræarter.

Der synes specielt at være en del usikkerhed omkring det optimale antal hjælpetræer i kulturerne. De eksisterende forsøg viser, at der hurtigt opstår konkurrence mellem de hurtigvoksende hjælpetræarter og den blivende art. Skovforeningen har vurderet, at indblanding af hjælpetræer (forholdsvis massiv) kan øge biomasseproduktionen betydeligt i skovene (Notat: ”Danske skove kan fordoble produktionen af træ til energi”). Beregningerne i afsnit 6.2.4., hvor der forudsættes en relativ kraftig konkurrence efter få år, antyder imidlertid, at der vil være grænser for, hvor mange hjælpetræer der kan plantes i kulturen.

Økonomien i produktion og hugst af flis afhænger i høj grad af bevoksningernes opbygning, og igen vil det især være modeller med hjælpetræarter, som synes relevante at undersøge nærmere. Placeringen af hjælpetræerne kan få stor indflydelse på omkostningerne ved hugst af flis. Christian Nørgaard Nielsen har behandlet emnet i Håndbog for skovrejsning og i flere artikler i Skoven; men der synes fortsat at være et behov for at få afprøvet nogle modeller i praksis.

## **11. Sammendrag og konklusion**

Hovedformålet med rapporten er at vurdere, hvorledes plantetætheden påvirker produktion og kvalitet i træplantningerne, og som følge heraf hvilke driftsøkonomiske konsekvenser, der følger af ændret plantetæthed. Fordelene ved brug af flere planter i kulturerne sammenfattes, og det tilstræbes at opstille konkrete anbefalinger for plantetal i udvalgte kulturmodeller.

Resultater fra planteafstandsforsøg (både publicerede og ikke-publicerede) viser, at der med en øget plantetæthed i kulturerne generelt følger en større volumentilvækst i de første år, hvor kulturerne endnu ikke er sluttede. Både for rødgran og bøg ses indtil 20 års alderen en merproduktion ved større plantetæthed. Forskellene i produktion er størst blandt de ”åbne” kulturer, d.v.s. kulturer med relativt få planter/ha, mens der blandt de tættere plantninger kun er en begrænset (eller ingen) forskel i produktion. Nyere opgørelser af rødgranforsøg viser, at en større plantetæthed giver øget biomasseproduktion helt frem til 40 års alderen. En del af biomasseproduktionen kommer fra kronetaget, idet grenmassen medregnes i biomassen, og den fortsatte øgning indtil 40 år stammer muligvis fra kronetaget i bevoksningerne. Den samlede biomasse vil kunne udnyttes som energitræ i form af flis.

Udover planteafstandsforsøgene præsenteres også resultater fra forsøg med indblanding af hurtigvoksende træarter som hjælpetræer. Forsøgene opmålt ved 12 års alderen viser, at de hurtigvoksende træarter (f.eks. lærk) opnår en betydelig produktion igennem de første år i kulturen. Forsøgene viser imidlertid også, at der hurtigt opstår en kraftig konkurrence og deraf følgende produktionstab hos de blivende træarter.

Med udgangspunkt i resultaterne fra forsøgene opstilles tre kulturmodeller, som danner grundlag for beregningerne i afsnit 6. Det drejer sig om monokultur med rødgran, monokultur med bøg samt en bøgekultur med indblanding af lærk som hjælpetræart.

Afsnit 6 indledes med en kort omtale af publicerede undersøgelser af plantetæthedens indvirkning på driftsøkonomien. De refererede undersøgelser stammer fra begyndelsen af 2000-tallet, og resultaterne viser, at kulturer med relativt få planter/ha vil være de økonomisk mest fordelagtige. I beregningerne indgår imidlertid ikke muligheden for tidlig hugst af flis, og muligheden for at producere energitræ (flis) med et positivt dækningsbidrag er en afgørende ændring i forhold til de refererede opgørelser fra begyndelsen af 2000-tallet. Spørgsmålet er derfor, hvorledes denne ændring vil påvirke den driftsøkonomiske situation.

Beregningerne i rapporten er begrænset til at omfatte omkostninger og indtægter, som vurderes at være påvirket af plantetætheden i kulturerne. Det drejer sig om kulturomkostninger (plantekøb, plantning, efterbedring og renholdelse), hugst og salg af merproduktionen (flis) ved forskellige plantetætheder samt hugst og salg af tømmer eller løvtrækævlér. Alle øvrige omkostninger/indtægter er udeladt, idet de vurderes at være uafhængige af plantetætheden.

Der foretages beregning af nutidsværdierne (Net Present Values, NPV) af alle de nævnte omkostninger og indtægter. Nutidsværdien for de enkelte plantetætheder sammenlignes, og den driftsøkonomisk optimale plantetæthed kan bestemmes.

Det er i beregningerne i rapporten tilstræbt at opstille så realistiske forudsætninger og antagelser som muligt. Med disse forudsætninger viser beregningerne, at det på en god jordbund (bonitet 2) og med en kalkulationsrente på 2% vil være optimalt at plante h.h.v. ca. 4.000 planter/ha i rødgran og ca. 5.500 planter/ha i bøg. Med indblanding af lærk som hjælpetræ i en bøgekultur er vurderingerne mere usikre; men det optimale antal lærk er beregnet til at ligge omkring 1.000 planter/ha (500–1.500).

Driftsøkonomien vil afhænge af de antagelser og forudsætninger om eksempelvis flispriser, plantepriiser og hugststudbytter, som danner grundlag for beregningerne. For at få en idé om resultaternes ”robusthed” ved ændrede forudsætninger er der i afsnit 7 foretaget beregninger med forskellige forudsætninger. I beregningerne indgår forskellige plantepriiser, forskellige nettopriiser på flis samt forskellige boniteter eller provenienser. Beregningerne viser, at ændrede forudsætninger ofte kan give store udsving i resultatet, og det er derfor vigtigt at angive de præcise forudsætninger for beregningerne.

Flis-netto er en vigtig faktor i fastlæggelsen af optimal plantetæthed (fremgår af følsomhedsanalysen). For yderligere at belyse flis-nettoets påvirkning er der foretaget alternativ analyse af, hvor stor flis-netto der kræves før det bliver økonomisk fordelagtigt at gå fra eksempelvis 1.000 til 2.000 planter/ha eller fra 2.000 til 4.000 planter/ha. Analysen viser, at et flis-netto på 40 kr/KFM kan begrunde et skift fra 1.000 til 2.000 planter/ha, og 70 kr/KFM kan begrunde et skift til fra 2.000 til 4.000 planter/ha. Et skift til eksempelvis 5.500 planter/ha vil derimod kræve et flis-netto på ca. 500 kr/KFM, hvilket må vurderes at være urealistisk.

De anførte optimale plantetætheder er bestemt ud fra beregning af kapitalværdier (nutidsværdierne). I nogle tilfælde peger resultaterne mod større plantetætheder end de tætheder, der anvendes i praksis i dag. Der kan med andre ord blive tale om en øget investering i forhold til i dag.

Usikkerhed omkring fremtidige afsætnings- og prisforhold kan måske holde skovejere tilbage fra at investere yderligere i kulturerne. Begrænsninger i likviditet på plantningstidspunktet kan muligvis også spille en rolle for nogle skovejere.

En god løsning ville være at tilpasse tilskudssystemer således, at der var et incitament til – under hensyntagen til boniteten - at øge plantetallet til det økonomisk optimale i kulturerne.



## 12. Relevant baggrundsmateriale

Dansk Skovforening, Hedeselskabet, Skovdyrkerforeningerne og Skov- og Naturstyrelsen (opdateret 2003): Skovøkonomisk Tabelværk til windows version 1.1

Dansk Skovforening m.fl. (2011): Notat: Danske skove kan fordoble produktionen af træ til energi

Nord-Larsen, T.: Merproduktion af energitræ - betydning af plantetal og træart. (Skov & Landskab, intern rapport)

Nord-Larsen, T. (2010): Bæredygtig bioenergi fra skoven - teori og praksis (Skov & Landskab, Powerpoint præsentation)

Handler, M., & Jakobsen, B. (1986): Nyere danske planteafstandsforsøg med rødgran. *Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark* (40), s. 359-442.

Hedeselskabet (2002): Rødgran planteafstandsforsøg (Vækst)

Jørgensen B.B. & Hansen J.K. (2012): Plantetal i bøg versus stammekvalitet (Skoven nr. 11/2012)

Nielsen, Chr.N.N. (2012): Håndbog i skovrejsning

Skov- og Naturstyrelsen (2010): Privat skovrejsning. Tilskud.

Statens Forstlige Forsøgsvæsen (1990): Skovbrugstabeller