Er grenkvalitet i nobilis styret af lysmængden eller træets alder?

Af Finn Vanman Jørgensen og Christian Nørgaard Nielsen, Skov & Landskab

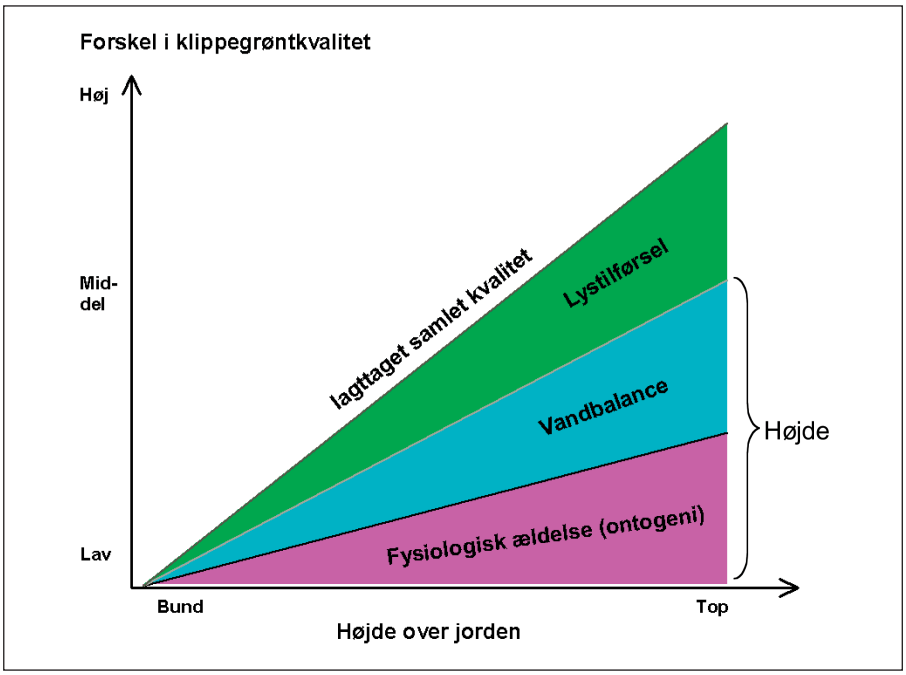
Er kvalitet et spørgsmål om alder eller miljø?

Grenkvaliteten øges generelt fra bunden til toppen af et nobilis træ. I toppen finder vi grene med blåhvide nåle og en udpræget nålerejsning, mens grenene længere nede i skørtet normalt er mere grønne, og har mindre nålerejsning. Forskellen tilskrives normalt en effekt af lyset, men samtidig virker det også sandsynligt, at der er en aldersbetinget eller såkaldt ontogenetisk effekt. Jo ældre træerne bliver, des mere bliver der forskel på grene i toppen og grene i bunden af skørtet. Hidtil har det været uvist, hvor stor en andel af kvalitetsudviklingen, der kan forklares ud fra ontogenien, og hvor meget der kan tilskrives miljøet som eksempelvis lysmængden.

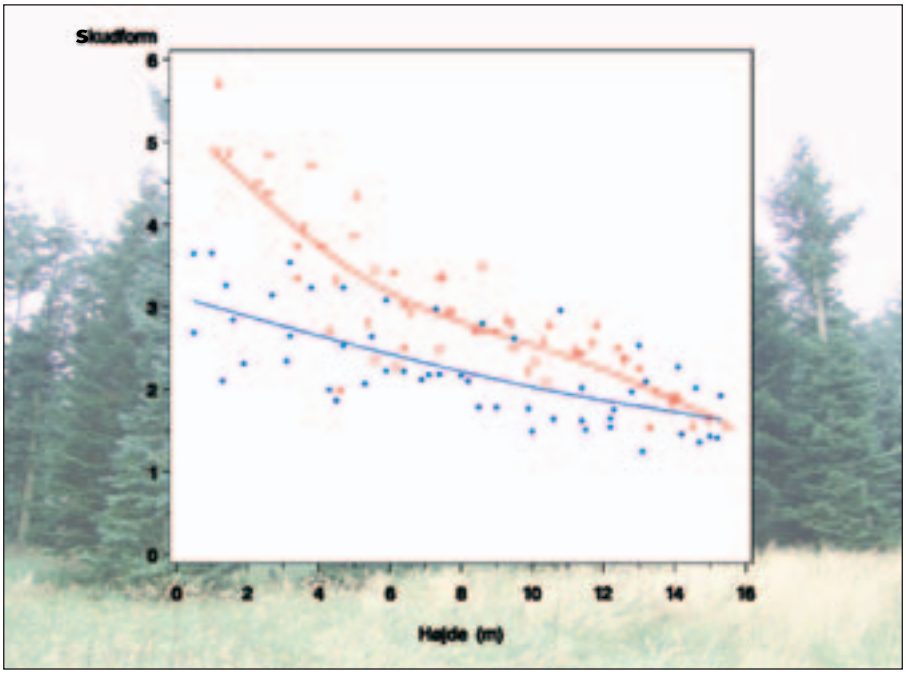
Målinger i St. Dyrehave

For at svare på dette spørgsmål har vi i 2003 udført detaljerede målinger af grenkvalitet og lysforhold i en 42 år gammel nobilis klippebevoksning i St. Dyrehave på Frederiksborg Statsskovdistrikt. Bevoksningen har været klippet med 2-3 års mellemrum, og på måletidspunktet fremstod træerne med et jævnt skørt langs det meste af stammen. Træerne var jævnt fordelt på arealet med et stamtal på ca. 1.000 stk./ha.

Grenkvaliteten i 5 træer fra midten af bevoksningen blev sammenlignet med 5 træer i randen af bevoksningen, som vender mod nord ud mod et mindre engareal. Fra hvert træ blev der indsamlet grene fra toppen og ned langs stammen med ca. 1 m's mellemrum. Inden grenene blev klippet af, blev lysniveauet over grenen målt. Lysniveauet blev målt som den relative mængde af synligt lys i forhold til lysniveauet ovenover bevoksningen, udtrykt ved hjælp af måleenheden LAI (se faktaboks). Kvaliteten af de afklippede grene blev bestemt ved at måle farven med en Minolta farvemåler. Nålerejsningen blev målt som skudform, der er forholdet mellem skuddets bredde og højde. Endelig blev dækningsgraden af de afklippede grene skønnet på en skala fra 1-100. Dækkeevnen vurderedes både for grenen i sin helhed og for underafsnit af grenen.



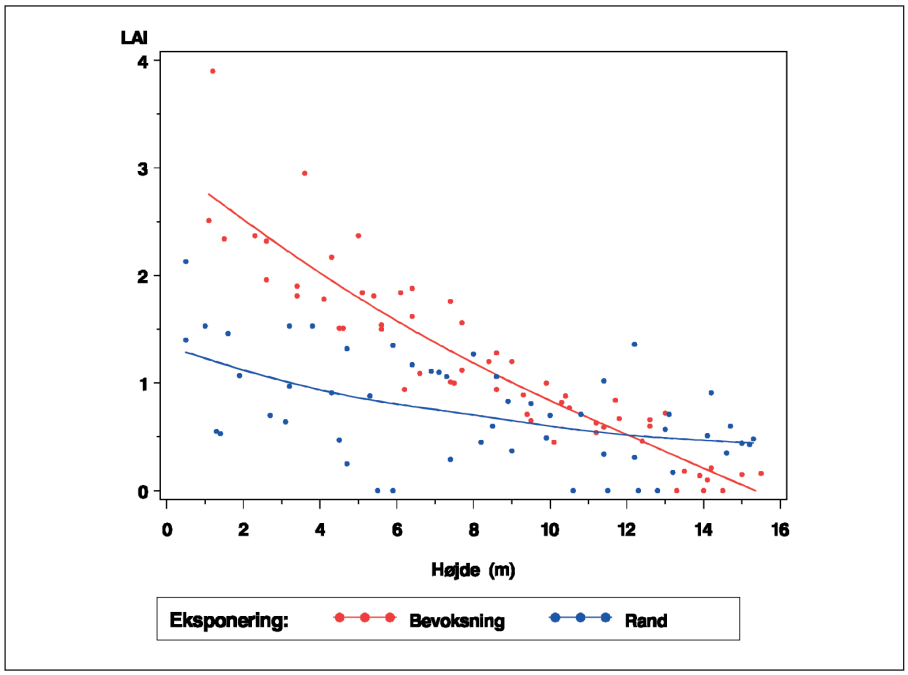
Figur 1. Teoretisk skitse af grenkvalitetens relative afhængighed af ældning og miljøfaktorer.



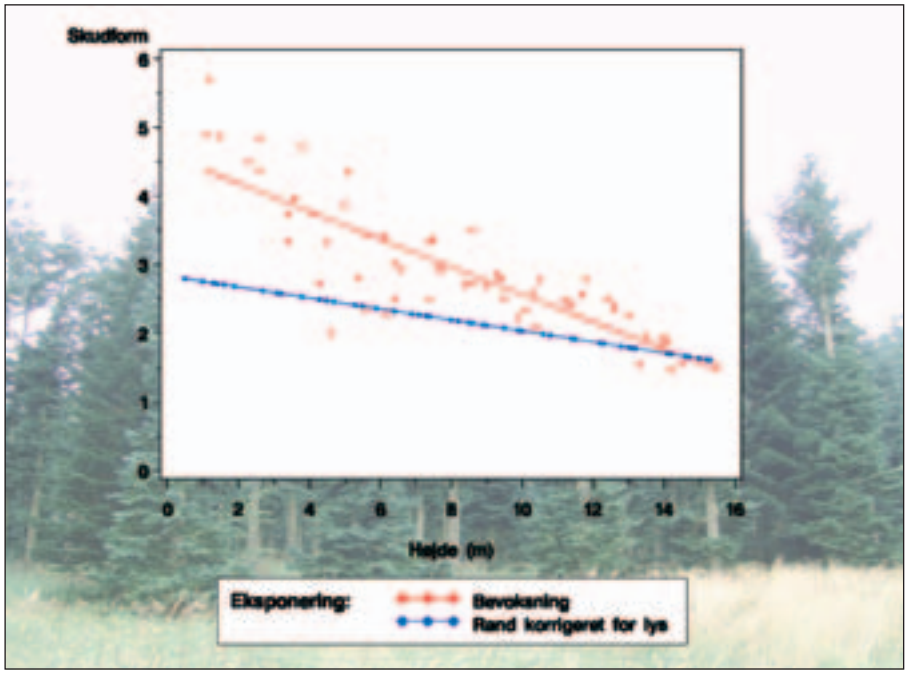
Figur 2. Skudform som funktion af højden over jorden i henholdsvis rand- og bevoksningstræer.

LAI – bladareal index

Lysmængden i en bevoksning måles ofte ved hjælp af måleenheden LAI (Leaf Area Index). Egentlig er denne størrelse udviklet til at beskrive, hvor tæt kronetaget er i en given højde i en bevoksning.
LAI defineres som arealet af blade ovenover målepunktet i forhold til arealet af jordoverflade nedenunder. Ovenover bevoksningen vil LAI teoretisk være lig nul, og jo længere ned i kronerummet vi kommer, des større bliver LAI. I nobilis klippebevoksninger vil LAI typisk antage værdier fra 0 til 4.



Figur 3. Lysprofil målt som LAI i rand- og bevoksningstræer.



Figur 4. Skudform i randtræerne, korrigeret for lysniveau, sammenlignet med skudform i træerne fra bevoksningens indre.

Højde og ontogenetisk effekt

Træer vokser ved nyvækst fra knopper, og vækstformen bestemmes i høj grad af de vækstpunkter (apikale meristemer), som sidder i topknoppen og i endeknopperne på grenenes hovedakse. Efterhånden som et træ bliver ældre, sker der en ændring i meristemernes vækst. Væksten er delvis genetisk betinget, og delvis betinget af, hvor på træet vækstpunktet sidder. Umiddelbart skulle man tro, at vækstpunkter med samme alder skulle give ophav til samme skudvækst- og form. Dette er, som vi ved, ikke tilfældet for ensaldrende vækstpunkter i grenspidser henholdsvis nederst i skørtet og øverst i træet. Ændringer i de apikale meristemer med højden er beskrevet som cyklofyse. I 1982 demonstrerede P.O. Olesen, hvordan cyklofyse kunne forklare forskellen i trakeidernes størrelse i toppen af træet sammenlignet med trakeider nederst i stammen. Trakeider er den særlige type celler i stammen, som tager del i vandtransporten.
Om man på samme måde kan forklare forskellen i grenkvalitet med højden ud fra træets ontogeni, var et mål for denne undersøgelse. Problemet er imidlertid, at træet på samme tid bliver både ældre og højere. Hvis der er en effekt af højden i sig selv, kan vi altså ikke skille den ud fra den ontogenetiske effekt. I praksis er det også uden betydning, fordi de to faktorer ikke umiddelbart kan styres, og i høj grad følges ad. I dette projekt måler vi højden, og antager som udgangspunkt, at højdeeffekten er lig med den ontogenetiske effekt.
Ved at sammenligne grenkvaliteten på træer inde i bevoksningen med træer i randen, bliver vi i stand til at vurdere betydningen af lysets effekt på grenkvaliteten. Der kan dog være andre faktorer, som har indflydelse på grenkvaliteten, og som kan forklare noget af den forskel i grenkvalitet, vi ser mellem top og bund. I figur 1 er skitseret, hvordan grenkvalitetens ændring med højden kunne tænkes at være afhængig af forskellige miljøfaktorer.

Er skudformen bestemt af lys og højde over jorden?

Skudformen varierer typisk fra en værdi på omkring 2 i blå dekorationsgrene til mere end 5 i de nederste grene i skørtet. Denne variation fandt vi også i dette materiale, og som det fremgår af figur 2, blev skudformen gradvis mindre – det vil sige større nålerejsning – med højden. Det ses også, at ændringen i skudformen med højden var meget mere udpræget i træerne inde i bevoksningen i forhold til træerne i randen.
Forskellen i skudform mellem rand og bevoksning kunne tolkes som en effekt af højde (ontogeni), men det ville kræve, at lysprofilen var helt konstant i randtræerne.

Som det ses af figur 3, var der en stejl lysgradient inde i bevoksningen, men desværre også en lille gradient i randträerne. Sammenhængen mellem lys og højde var dog ikke særlig stærk i randträerne. Derfor var det muligt at beskrive skudformen i randträerne som en funktion af lysmængde og højde. Efterfølgende lavede vi via forskellige beregninger en model, der viste, hvordan skudformen ville have været, hvis lysprofilen havde været ens fra top til bund af træerne. Således kunne vi nu sammenligne ændringer i skudformen inde i den lukkede bevoksning med skudformen, der ville have været med en konstant lysmængde fra jordoverfladen til toppen af træerne (figur 4).

Den øverste kurve i figuren viser skudformen i bevoksningstræerne og repræsenterer den kombinerede effekt af miljøfaktorer og højde. Den nederste kurve er den beregnede skudform i randträerne med konstant lysmængde. Den repræsenterer effekten af højde og de samlede miljøfaktorer minus lys. Forskellen mellem de to kurver må således tilskrives effekten af lyset. Det ses således, at i toppen af træerne, hvor lysniveauet er ens, er skudformen også ens i begge grupper af træer.

En statistisk analyse af data bagved de to kurver viser, at effekten af højde og andre miljøfaktorer end lys udgør ca. 40 procent af den totale variation inde i bevoksningen, hvor både højde, lys og øvrige miljøfaktorer er gældende. Det betyder at:

- lyset alene kan forklare ca. 60 procent af variationen i skudformen
- vi ikke kan afgøre præcist, hvor meget højden eller ontogenien betyder, men vi kan konkludere, at den maksimalt kan forklare 40 procent af variationen.

Styres nålefarven af lys og højde?

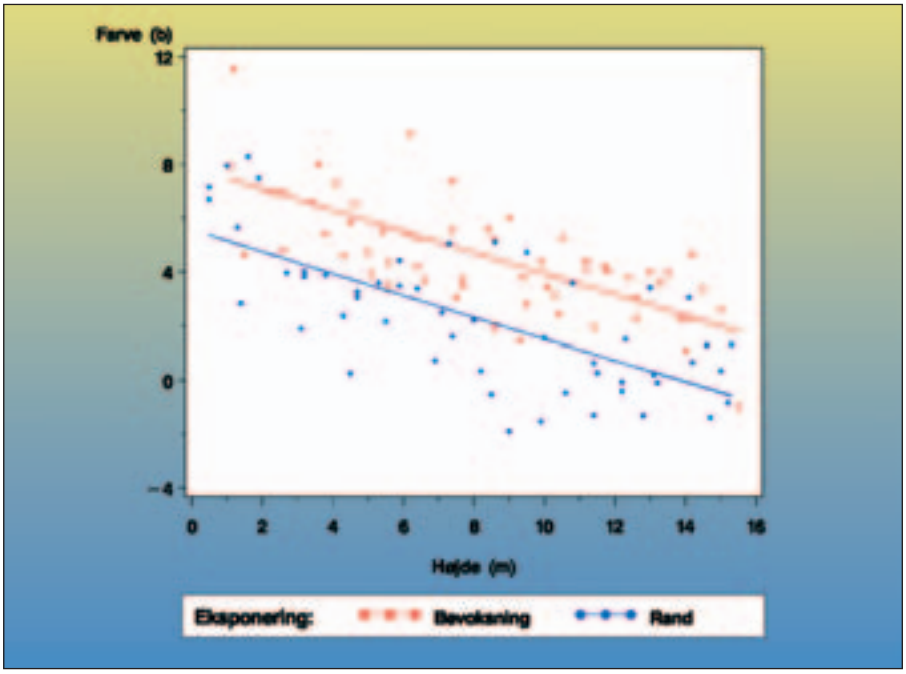
Nålefarven varierede med højden i både rand- og bevoksningstræer. I træerne fra bevoksningen var dette tydeligst, og her ændredes grenfarven gradvist fra blåhvid i toppen til helt græsgrøn nederst på stammen. I randträerne var der også en ændring fra toppen mod bunden, men her var grenene blågrønne næsten helt ned til 1 m over jorden.

Farveændringen kan vi beskrive mere præcist med vores målinger af farven i farvesystemet L*a*b (se faktaboks).

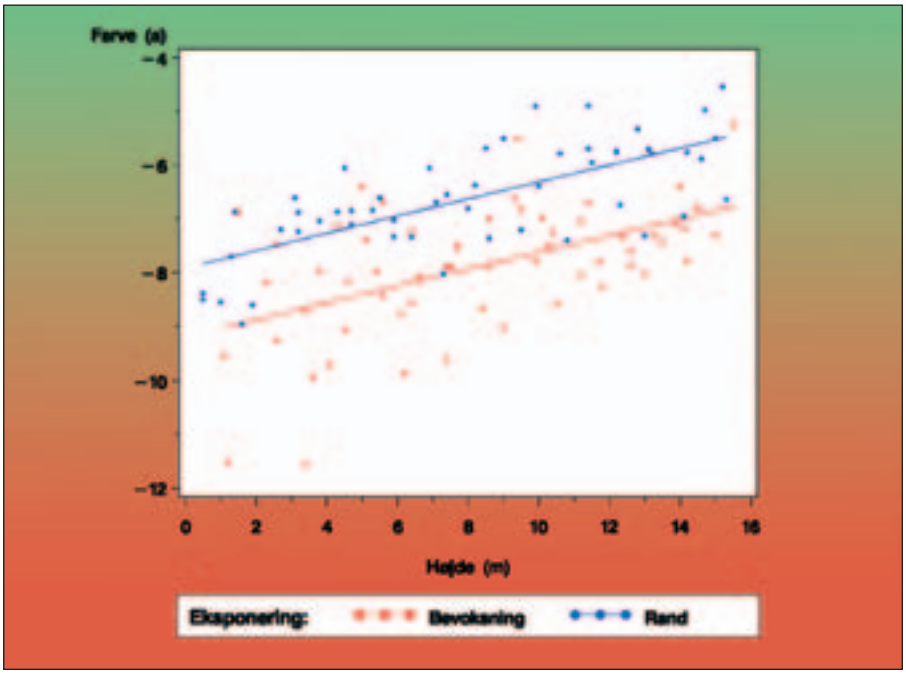
Som det fremgår af figur 5 bliver "b"-parameteren mere negativ (mere blå), når vi nærmer os toppen. Denne udvikling så vi i både rand- og bevoksningstræer, men i randen var "b" mere negativ (mere blå) for samme højde.

For "a"-parameteren så vi den samme parallelle udvikling (figur 6). Her gik "a"-parameteren i positiv retning (mere rød), jo nærmere vi kom toppen, og randträernes grene havde mere af den røde komponent end bevoksningstræerne. Den største udvikling over højden så vi for "L"-parameteren, som beskriver, hvor lys eller hvid genstanden er (figur 7). Her øgedes "L"-parameteren fra bunden mod toppen af træerne, og randträernes grene var klart hvidere end bevoksningstræernes.

Vi havde forventet, at grenene i toppen af træerne ville have haft de samme værdier for farveparameterne, uanset om træerne var fra randen eller inde i bevoksningen. Det var ikke tilfældet for "a"- og "b"-parameterne, mens "L"-værdien var tæt på at være ens i de to grupper af træer. Vi kan derfor ikke lave den samme analyse – som vi gjorde rede for under skudformen – for at bestemme hvor stor en del af grenfarven, der styres af lyset. Alternativt kan vi forsøge at analysere lys- og højdeeffekterne i randträerne alene ved hjælp af en statistisk metode kaldet multipel regressionsanalyse. Analysens krav om total uafhængighed mellem de to faktorer lys og højde kan ikke helt opfyldes, og derfor skal resultaterne tolkes med forsigtighed.



Figur 5. Farveparameteren "b" som funktion af højde for alle grene med regressionslinier for træer fra bevoksning og rand. b-skalaen går fra blå til gul, og jo lavere værdier, jo mere blå.



Figur 6. Farveparameteren "a" som funktion af højde for alle grene med regressionslinier for træer fra bevoksning og rand. a-skalaen går fra grøn til rød, og jo lavere værdier, jo mere rød.

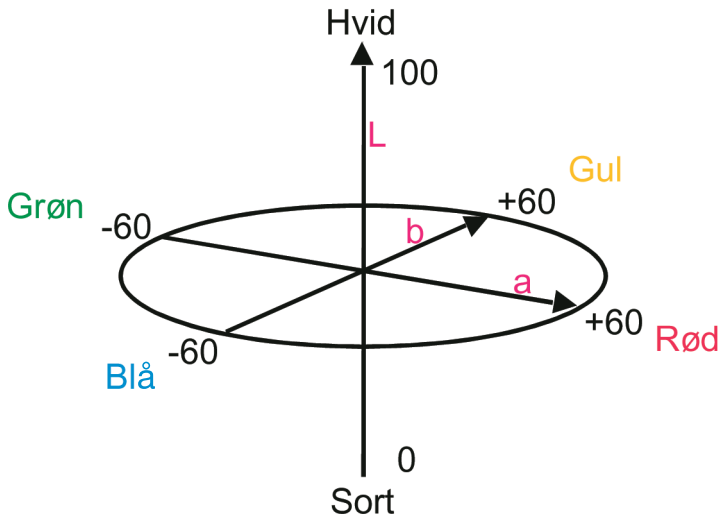
Analysen viser, at "L"-parameteren (hvidfarvning) næsten udelukkende synes at være bestemt af højden over jorden, mens variationen i lys (LAI) ikke har statistisk sikker effekt på denne parameter. Omvendt påvirkes "a"-parameteren (rød-grøn) af både lys og højde, men effekten af højden er klart dominerende. Med både øget højde og øget lysmængde (lavere LAI) får nålefarven mere af den røde tone. På samme måde bliver nålene gradvist lidt mere blå (mere negativ "b"-parameter) med øget højde og mere lys (lavere LAI).

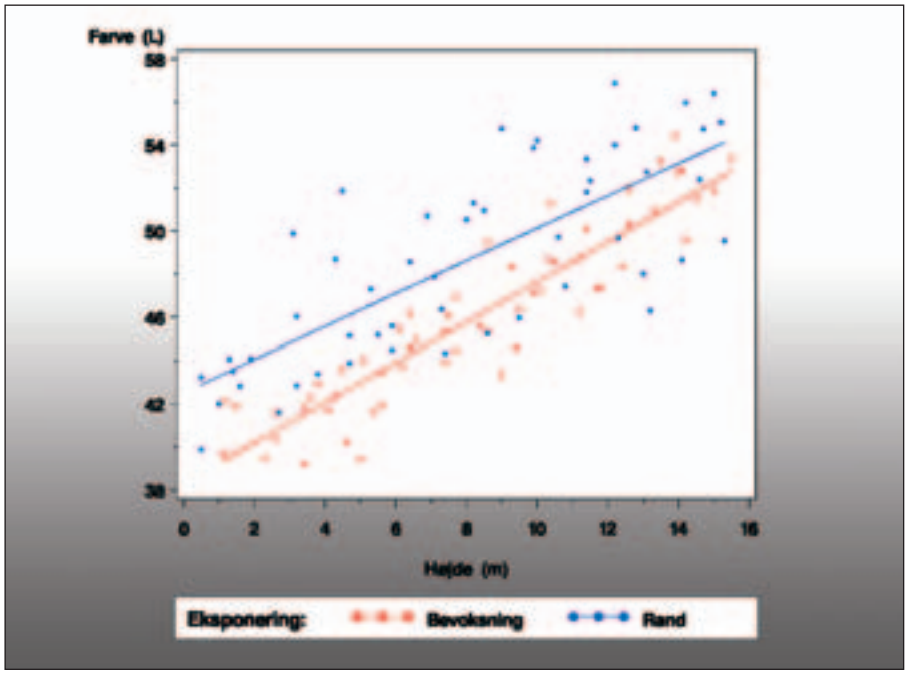
Sammenlagt er der stærke tegn på, at:

- grenenes hvidfarvning er stærkt styret af højden over jorden, mens den samlede lystilførsel ikke lader til at påvirke dette ret meget
- nålenes grundfarve i høj grad lader til at være påvirket af mængden af lys, og i særdeleshed af højden over jorden.

Farvesystemet L*a*b

I farvesystemet L*a*b udtrykkes alle farver i et rumligt system med 3 koordinater L, a og b. Alle de mættede farver ligger yderst på en cirkel med radius 60 enheder. De to koordinater a og b beskriver farvernes intensitet. Koordinaten a går fra +60, som er rød tværs gennem centrum til –60, som er grøn. Vinkelret på denne akse går b fra +60, som er gul, tværs gennem centrum til –60, som er blå. De øvrige mættede farver kan beskrives ved kombinationer af a og b. "L" er et udtryk for, hvor lyst emnet er. Her er 0 lig med sort, og 100 er lig med helt hvid. Koordinaten "L" ligger vandret på de to andre koordinater a og b og går ligeledes gennem centrum.





Figur 7. Farveparameteren "L" som funktion af højde for alle grene med regressionslinier for træer fra bevoksning og rand. L-skalaen går fra mørkt til lyst, og jo højere værdier, jo mere lyst eller hvidt.

Er grenens dækkeevne afhængig af lys og højde?

Grenenes dækkeevne varierede mellem 60 og 90 %, og der var kun en ringe forskel mellem rand- og bevoksningstræerne (figur 8). I toppen af træerne, hvor der primært er målt på dekorationsgrene, er dækningsgraden lavere. Længere nede på stammen, hvor der er målt på mellemgrene, er dækningsgraden større. I randtræerne bevares den høje dækkeevne helt ned mod de nederste grene, mens der er en svag tendens til, at dækningsgraden bliver lidt dårligere nederst i skørtet inde i bevoksningen.

Dækkeevnen af underafsnit af grenen var til gengæld næsten konstant over hele højden (figur 9). Det er også, hvad vi ser i praksis, hvor grene med en ringe dækkeevne for hele grenen sagtens kan have en god dækkeevne, når den bliver klippet op i mindre enheder.

Som det fremgår af figur 8 og 9, var der en meget stor spredning omkring trendkurverne, og der burde være mulighed for at forklare en del af spredningen ved hjælp af miljøfaktorer. Vi kunne imidlertid ikke påvise nogen effekt af lysmængden på variationen i dækkeevnen hos randtræerne. Lignende analyser blev undladt på bevoksningstræerne på grund af den snævre sammenhæng mellem lys og højde i disse træer.

Opsamling

For skudformen lykkedes det at adskille effekten af lysmængde og højde. Undersøgelserne viste, at lyset var ansvarlig for ca. 60 % af kvalitetsgradienten mellem bund og top af træet. De resterende 40 % blev forklaret af højden, men om effekten af højden kan antages at være lig med den ontogenetiske effekt, er ikke afklaret. Af andre faktorer, som udover ontogenien, varierer med højden, er den vigtigste sandsynligvis vandfaktoren. Med stigende højde i træet skal der et stigende sugetryk fra nålene for at trække vand op fra rødderne. Med stigende højde vil træet derfor opleve et stigende vandstress, og en tilpasning i retning af øget vokslag eller ændret orientering af nålene i forhold til lyset kan være en fordel for nålenes funktion.

Det var til gengæld ikke muligt at lave en klar adskillelse af lysets og højdens effekt på

nålefarven. Imidlertid antydede regressionsanalyser fra randtræerne, at nålefarveparameteren "L", som primært beskriver det hvide vokslag, er stærkt styret af højden. Det kan forklares med, at vandstresset stiger med højden, og derfor er et øget vokslag (større "L"-parameter) af betydning for træets optimale vækst.
Nålefarveparameterne "a" og "b" var til gengæld både styret af højde og lysmængde. Den samlede effekt af øget højde var en øget blå- og rødfarvning, hvilket kan skyldes, at der med højden og øget lysmængde sker en ændring i indholdet af nålenes forskellige pigmenter.
Endelig kan vi konstatere, at dækkeevnen kun i meget begrænset omfang er styret af lysmængden.

Konklusion

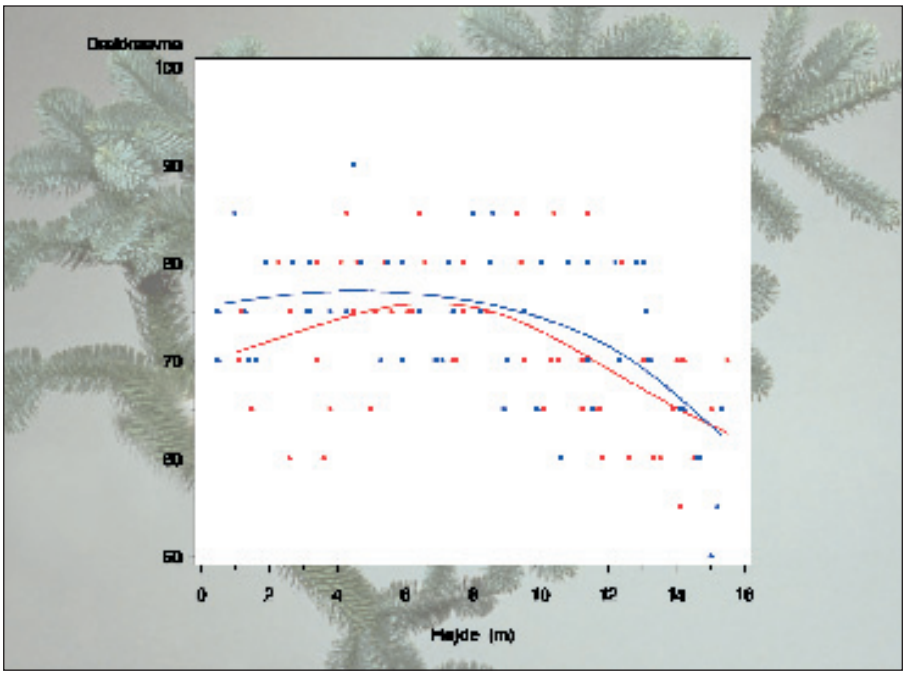
Skudformen kan altså i høj grad styres ved at øge lysmængden gennem tyndinger og skørtesaneringer. Nålefarven er også påvirket af lys, men i mindre grad. Med mere lys er det især en øget rød- og blåfarvning, man ser. Til gengæld ser det ud til, at det hvide vokslag primært er styret af højden, og kun i mindre grad af lysmængden. Det er dog ikke det samme som, at lyskvaliteten er uden betydning. Lyskvaliteten, eller rettere lysets sammensætning af forskellige bølgelængder, ændres ned gennem en bevoksning, og styrer en lang række processer i planter. Dette emne er undersøgt i et parallelt projekt, der bliver beskrevet i en særskilt artikel i dette nummer.

Tak til

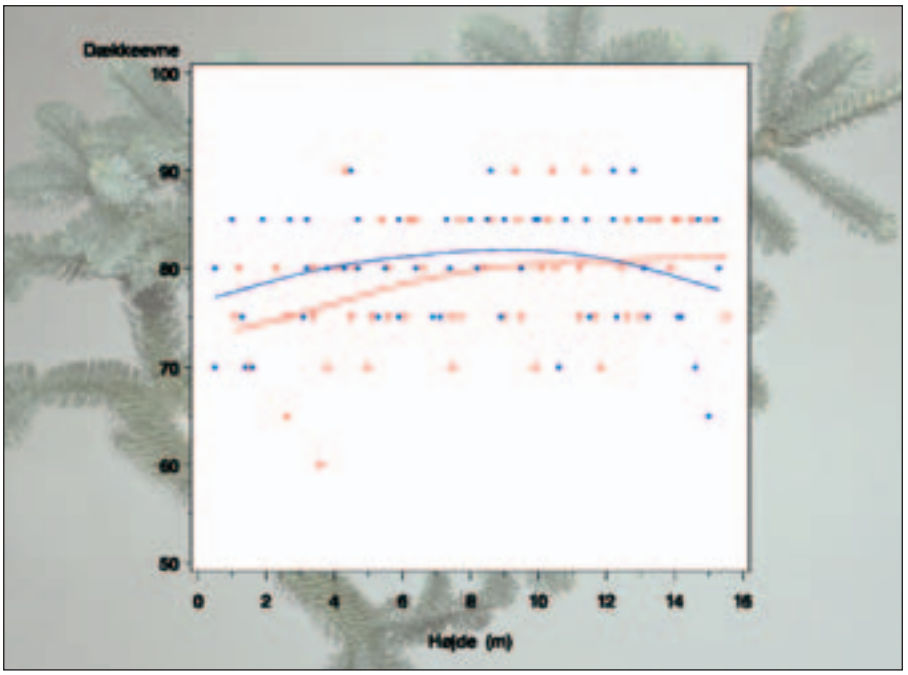
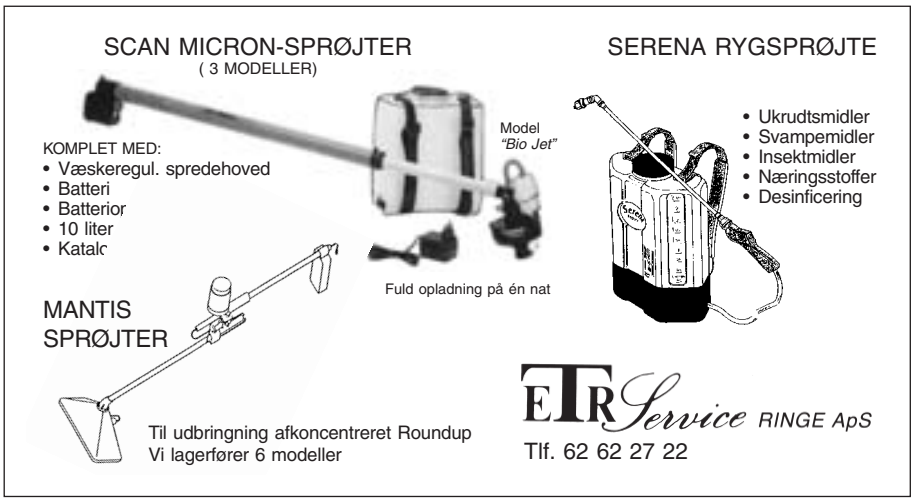
Vi vil gerne takke skovfoged Uffe Bromose, Frederiksborg Skovdistrikt for at give os adgang til at foretage målinger i bevoksningen, Laborant Annalise Metz for grundigt udførte farvemålinger. Hanne N. Rasmussen for gode kommentarer til artiklen og endelig Produktionsafgiftsfonden for juletræer og pyntegrønt for at støtte projektet finansielt.

Kilder

Olesen, P.O. (1982): The effects of cyclophysis on tracheid width and basic density in norway spruce. Forest Tree Improvement 15, 1982. Akademisk Forlag, København.



Figur 8. Dækkeevnen af nobilis grene fra rand- og bevoksningstræer som funktion af højden.



Figur 9. Dækkeevnen af grenafsnit af nobilis grene fra rand- og bevoksningstræer som funktion af højden.