

DANSK SKOVFORENINGSS TIDSSKRIFT

INDHOLD

Side

Afhandlinger, artikler m.m.

NIELSEN, CARL CHRISTIAN NØRGAARD: En stabilitetsundersøgelse i <i>Pinus contorta</i> ved hjælp af en trækmålingsmetode	1
QVISTGAARD, POUL: Et forsøg på en rationel opmåling af sekundære træeffekter, udført på Wedellsborg skovbrug	42
PETERSEN, BØRGE: Økonomisk bøgedyrkning	60
KOCH, J.: Tofarvet Pighinde (<i>Odontia bicolor</i>) som årsag til råd i levende nåletræ	69
NECKELMANN, JØRGEN: Stabiliseringsforanstaltninger i rødgran – og novemberstormen 1981	77
KJÆRSKJOLD, O.: Sur nedbør og skov	87

**Dansk Skovforenings
Tidsskrift**

ISSN 0011-6475

udkommer årligt med 4
hæfter.

Eftertryk af tidsskriftets ar-
tikler uden redaktionens
samtykke er ikke tilladt.

REDAKTIONSUDVALG:

Hofjægermester *V. Bruun de Neergaard*, 4174 Jystrup,
Midtsjælland (formand).

Skovrider *Ole Fog*, Amalievej 20, 1875 København V.

Lektor lic. agro *Finn Helles*, Skovbrugsinstituttet,

Thorvaldsensvej 57, 1871 København V.

Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard,
7183 Randbøl.

Forstfuldmægtig *Tom Nielsen*, Kongevejen 78, 3450 Allerød.

Forstander *Aa. Marcus Pedersen*, Skovskolen, Nødebo,

3480 Fredensborg.

REDAKTØR: (ansvarsh.)

P. Hauberg.

**DANSK SKOVFORENINGES SEKRETARIAT
OG TIDSSKRIFTETS REDAKTION:**

Amalievej 20, 1875 København V. Tlf. (01) 24 42 66.

Postgiro 900 1964

Tryk: Scantryk, Skolegade 12 E, 2500 Valby, (01) 30 06 01.

EN STABILITETSUNDERSØGELSE I PINUS CONTORTA VED HJÆLP AF EN TRÆKMÅLINGSMETODE.

Af CARL CHRISTIAN NØRGÅRD NIELSEN

Oxford class: 181.23 : 181.36 : 421.1

Sammendrag

For at finde frem til nogle af årsagerne til contortafyrrens ringe stabilitet, er en ny forsøgsmetode med rimelig succes taget i anvendelse: Træerne trækkes omkuld med spil og træk-måler, og det dertil anvendte moment sammenholdes med »kronens vægt \times højden til kronens tyngdepunkt«, hvorved træets rodfæstelse og det af stormen påførte kronemoment holdes op mod hinanden. Metoden analyseres og diskuteres.

Til kontrol af trækmålingerne er alle rodsystemerne optrukket og undersøgt.

Undersøgelsen fører til nogle underbyggede hypoteser om Pinus contortas stabilitet, hvoraf de væsentligste træk er: arten har en i stabilitetsmæssig sammenhæng uhensigtsmæssig rumlig rodudvikling på sandjord, og den udvikler i alderdommen et betydeligt dårligere rod/top forhold end rødgran og skovfyr. Artiklen er baseret på en 3. dels storopgave af samme navn, hvor yderligere detaljer kan søges. (Kan lånes på skovbrugsinstituttet eller hos forfatteren).

Basisopgaven indeholder et udførligt engelsk summary.

Disposition.

1. Indledning og formål.....	2
2. Projektets materiale.....	3
3. Metode	5
4. Projektets ressourceforbrug	10
5. Metodens begrænsninger og metodevurdering	10
6. Udbygning og analyse af metodens teori.....	14
a. Trækmålingen i relation til træets størrelse.....	14

b. Trækmålingen i relation til rodmålingerne	18
c. Rodmålingerne i relation til træstørrelse.	19
7. Biologisk analyse og diskussion vedr. <i>Pinus contorta</i>	20
a. Rodsystemernes formmæssige udvikling	20
b. Rodsystemernes kvantitative udvikling	22
c. Rod/top forholdets udvikling	23
d. Social position og stabilitet.....	26
e. Stabiliteten i den unge serie	27
f. Stabiliteten i den ældre serie. Artsforskelle	27
g. Stabiliteten i den ældre serie. Planteafstandens indflydelse	29
8. Diskussion af perspektiverne i planteafstand og hugst.....	30
9. Resumé	32
10. Konklusion	36
11. Kultur- og hugstvejledning.....	37
12. Summary	39
13. Litteratur	39

1. Indledning og formål

Forfatterens hovedopgave fra foråret 1981 og en af Dr. BO LARSEN og forfatteren udarbejdet meddelelse fra Det Forstlige Forsøgsvæsen (endnu ikke offentliggjort) behandler de tilvækstmæssige og kvalitative (stammeform, grenudvikling og tortrix-skader) aspekter i dyrkningen af *Pinus contorta*.

Men det væsentligste problem i contortadyrkningen er uden tvivl den meget ringe stormfasthed, som de fleste steder fremtvinger en hovedskovning før 45 års alderen.

For at runde hele contortaproblemet af, besluttede jeg derfor at ofre et halvt år, til et forsøg på at blotlægge nogle af årsagerne til den ringe stabilitet. Den resulterede 3. dels opgave ligger til grund for artiklen her. De litterære kilder er særdeles få og fattige, hvorfor problemet måtte belyses med studier i marken. For ikke at forfalde til de sædvanlige empiriske undersøgelser, som sjældent forklarer mere end praktikerne ved i forvejen, forsøgte jeg at stable et decideret forsøg på benene. Dette blev gennemført på Klosterheden distrikt, på 4 uger i august/september 1981.

Da de anvendte forsøgsmetoder ikke tidligere var afprøvede her i landet, blev opgavens målsætning tvedelt: 1) dels at låne sig til det nødvendige forsøgsudstyr (spil, wirer (skovskolen), trækmåler, tovhjul (Jordb. Inst., Tåstrup, KVL), traktorer og udkørselsudstyr (Klosterheden), og brandslukningsudstyr (Nato)), og *teste forsøgsmetodens brugbarhed*, 2) dels at anvende metoden til *analyse af contortaens stabilitet*.

2. Projektets materiale

Projektet indledtes med en yngre forsøgsserie (55 træer, 23-34 år), hvor sammenligninger blev draget mellem contortafyr, skovfyr og rødgran. Proveniens-forskelle i contortafyr søgtes endvidere belyst.

Artssammenligningerne skulle tjene til at sætte contortaaen i relief, mens inddragelsen af 3 *Pinus contorta*-provenienser (af racerne ssp. *latifolia* og ssp. *contorta*) skulle undersøge mulighederne for at forebygge stormskader ved valg af plante-materiale. Contorta-målingerne blev foretaget i forsøgsvæsnets proveniensforsøg nr. B-23 c. Hverken arts- eller proveniensforskelle kunne påvises i den unge serie, og artssammenligningerne blev derfor inddraget i den ældre forsøgsserie på 30 træer (39-86 år). I denne serie var formålet oprindeligt at undersøge planteafstandens indflydelse på stabiliteten. Følgende materiale er altså undersøgt:

Afd.	Art	Proveniens	Alder	Højde (m.)	Antal træer	Opr.plante (m) afstand
<i>Stand</i>	<i>Species</i>	<i>Provenance</i>	<i>Age</i>	<i>Height</i>	<i>Number of trees</i>	<i>Initial Spacing</i>
234	CFY	Stuart Lake	23	9,1	11	1,25 × 1,25
234	CFY	Shuswap Lake	23	8,4	11	—
234	CFY	Long Beach	23	9,9	11	—
494	SKF	Odsherred	32	8,7	11	—
499	RGR		34	8,7	11	—
169	CFY		40	16,6	10	2 × 3
169	SKF		86	15,0	5	2 × 3
502	CFY		39	15,8	10	1,25 × 1,25
495	RGR		71	17,0	5	1,25 × 1,25

I den tilfældige sampling af den unge forsøgsserie samt de 5 gamle rødgraner er samplingen delt i 4 diameterklasser med grænserne $\bar{x}-2s$, $\bar{x}-s$, \bar{x} , $\bar{x}+s$ og $\bar{x}+2s$. Det krævedes af forsøgstræet, at alle naboer var i live. For den mindste og største diameterklasse endvidere, at ingen nabotræer var henholdsvis mindre eller større.

I den gamle serie blev træerne mere systematisk udvalgt, idet der blev lagt vægt på, at træerne i størst muligt omfang var påvirket af den oprindelige planteafstand. D.v.s. at flest mulige nabotræer var tilbage.

Afdelingerne 234, 494, 495, 499 og 502 lå alle i Klosterhedens nordøstlige del, langs Gammel Digevej, medens afd. 169 lå i det sydøstlige hjørne.

På forsøgsarealerne ved Gl.Digevej blev gravet 8 jordbundshuller og i afd. 169 kun 1 hul. Tekstur og struktur blev beskrevet. Langs de 1,3 km på Gl. Digevej, hvor forsøgsarealerne lå fordelt, var der en vis variation i såvel tekstur som struktur. Graden af udvaskning samt silt- og grusindholdet varierede over små afstande, men i store træk skønnedes det, at rødderne kunne udvikle sig frit og ret ensartet på alle forsøgsarealerne. Jordbunden i afdeling 169 er meget lig forholdene i afd. 502: sandet — gruset og dybgrundet. Til eksempel (afd. 499, ung rødgran):

- 0₀ 0—6 cm nåletørv, mange tykke rødder (diam. op til 3 cm).
- A₁ 6—12 cm mørkt, humusblandet sand (rødder).
- A₂ 12—22 cm udvaskningslag, groft gråt sand.
- B₁ 22—26 cm udfældningslag, sort, blødt, fedtet lag (rødder) (grus).
- B₂ 26—56 cm mellemfint, rødt, svagt grusholdigt sand, med mørk marmorering af husmusstoffer (gl. døde rødder).
- C 56— cm mørkegult, rødpletet groft sand, uden grus.

I contortaproveniensforsøget var der lavet stiksporhugst, medens kulisserne var urørte. I de unge rødgraner og skovfyrer var der både lavet stikspor og selektiv hugst, men indgrebene var af ret ny dato, og derfor af mindre betydning.

De gamle rødgraner (afd. 495) er hugget jævnlige og sidste gang i 1979. I de gamle contortafyr på lille planteafstand (afd.

502) var der kun hugget piskere i '79 og ryddet op efter stormfald. I afd. 169 blev contortafyr oprindeligt indplantet i en mislykket nordmannsgrankultur med skovfyr-overstandere på en stor men variabel planteafstand (ca. 2×3 meter).

For hvert forsøgstræ i den gamle serie (undtagen rødgranerne) blev der derfor lavet en skitse over omgivelserne, hvor nabotræer og stød blev indtegnet med retning og afstand. Afd. 169 er hugget i '73 og '79, hvorfor denne afdeling med stor planteafstand, kan karakteriseres ved en kontinuerlig stærk hugst, medens afd. 502 står som den direkte modsætning, med lille planteafstand og *ingen* hugst.

De to gamle contortabevoksninger (afd. 502 og 169) lider begge af stormfald i vestkanten, og har en dårligere kvalitativ stamtalsfordeling på arealet end rødgranbevoksningen. Stam-tallet hos rødgran var 725 stk/ha, medens de 2 contortabevoksninger havde henholdsvis 550 og ca. 2500 stk/ha.

3. Metode:

Ideen til trækmålingerne fik jeg i foråret 1981, da jeg lavede kvalitative målinger på contortaprovenienser. I løbet af sommeren fandt jeg ud af, at sådanne forsøg tidligere var udført af FRAZER ('62), FAULKNER ('72), LINDGREN ('77), RISBY ('81), MARTINSON ('81) og HINTIKKA ('72), og nogle af disse arbejder bestyrkede mig i troen på metodens anvendelighed. For at kontrollere trækmålingerne besluttede jeg også at studere rodsystemerne.

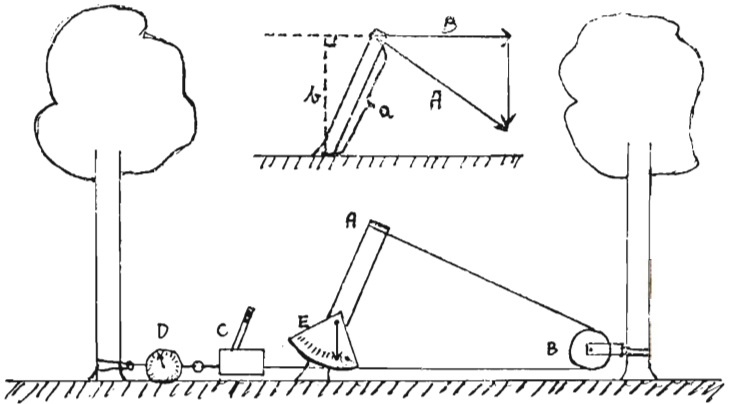
Undersøgelsen falder derfor i følgende 3 dele:

- 1) En trækmåling på træerne.
- 2) Oprækning og måling af rodsystemerne.
- 3) Måling på kronerne.

De 2 første dele forsøger at estimere »rodfastelsen« eller »forankringskræfterne«, mens projektets 3. del søger at skaffe et indtryk af det af stormen udøvede moment på træets overjordiske dele.

Ad. 1

Forsøgstræet kappes over i den højde trækwiren ønskes tilhæftet (for unge træer 2 meter, for ældre træer 4 meter). Dette for at eliminere det moment, som det hældende træs tyngde påfører rodsystemet. Wiren føres fra stabbens top (A) ned over et stort tovhjul (blok = B) til et håndspil (lock-all = C). Dette spil er fastgjort til et mekanisk dynamometer (D), som igen er forankret til et træ (fig. 1).



Figur 1.

Vinkelmåleren (E) monteres på stammens basis således at kun rodsystemets drejning registreres. Stammens bøjning under trækmålingen søges altså elimineret.

Sammenhørende værdier af drejningsvinkel (E) og trækraft (D) registreres manuelt, medens dynamometret leverer en udskrift af trækrets forløb over tiden.

Tidsfaktoren i trækmålingerne blev kun delvis taget i betragtning. Hvis trækket blev øget for hurtigt, flækkede for mange rødder helt inde ved stammebasis, og omvendt faldt trækket med tiden, hvis et spændt system blev ladet i ro.

I dataindsamlingen anvendtes en tilfredsstillende middelvej, idet der under hver aflæsning holdtes en lille pause i wirestramningen.

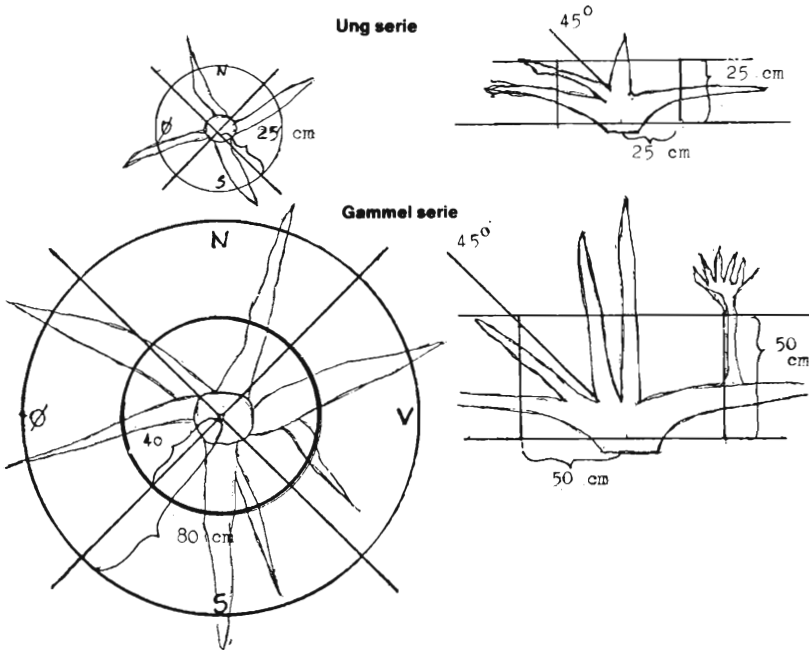
Det af rødderne leverede moment kan beregnes som kraft B gange armen b, som vist i figur 1. Træerne blev trukket mod øst.

Ad. 2.

Rodsystemerne blev trukket op af jorden med en Massey-Ferguson 135 og et Sandviken 5000 spil. Ved at fastgøre wiren i stabbens top kunne rodssystemerne uden besvær trækkes op.

Rodsystemets nord-sydlig orientering var forinden afmærket med motorsaven, hvorved stabben kunne afskæres efter optrækningen, og rodssystemet vendes med bunden opad. Jord og mor fjernedes med brandhakke, og den resterende jord blev bortspulet ved hjælp af brandslukningsudstyr.

Rodsystemet blev derefter rumlig inddelt som på figur 2.



Figur 2. Den rumlige opdeling af rodssystemerne.

2 stænger med afstandsmærker blev stukket igennem rod-systemet til inddeling af dette i 4 kvadranter, orienteret efter

verdenshjørnerne. Et passende antal sløjfer blev bundet på pæle- og sænkerrødder i en bestemt afstand fra rodsystemets top. En skelnen mellem vertikale og laterale rødder blev skøns- mæssigt fastsat ved en 45° vinkel til lodret.

Alle rødder over 1 cm tykkelse blev derefter målt ved korsvis klupning, hvor de skar de imaginære cylindervægge og cylind- derbunde, og henført til de laterale eller vertikale grupper i de respektive kvadranter. Princippet er tidligere anvendt af GRENE ('77) og LINDGREN ('77).

Enkelte rødder var ved traktoroptrækningen brækket af inden for de imaginære cylindervægge (specielt for 80 cm radius), og for disse har jeg skønnet en diameter. For hver rod beregnedes derefter tværsnitsarealet i skæringen med cylin- dervæggene, og rodarealerne summeredes op i hver kvadrant.

Ad. 3.

Efter »topkapningen« målttes med båndmål træets total- højde, kronens højde og bredde, og endelig vurderede jeg højden til vindens angrebs- »tyngdepunkt« i kronen (kaldet vindens arm eller blot arm). Træet blev derefter med udkør- sels- eller udslæbningstraktor transporteret til oparbejdnings- plads, hvor træet, v.h.a. en traktormonteret kran og en bis- marvægt eller dynamometer blev vejet før og efter afkvistning af de levende grene.

Dynamometervejningen af de ældre træer var dog så unøj- agtig, at disse målinger måtte suppleres med bismarvejning af de bundtede grene.

For hver af de 85 træer (55 unge og 30 ældre) er indsamlet følgende data:

1. Sammenhørende værdier af *trækkraft* og *rodsystemets drej- ningsvinkel*.
2. *Rodareal* for de *laterale* og *vertikale* rødder i hver af de 4 *kvadranter*.
3. *Træhøjde*, *kronehøjde*, *kronebredde*, *vindens arm*, *brysthøjdedia- meter*, *totalvægt* og *vægt af de levende grene*.

Stabilitetsvurderinger

Det maksimale moment i trækmålingen vil her blive anvendt som udtryk for rodsystemets største forankringsstyrke (udtrykt i momentenheder). Men for at få et indtryk af træets stabilitet må den maksimale rodfæstelse sammenholdes med det moment, som kronen og stammen får tilført af vinden (samt af snelag og træets egenvægt).

Engelske forskere (MAYHEAD '75) har i omfattende vindtunnelforsøg undersøgt, hvilke faktorer der bedst beskriver kronens vindbremsende evne, og det viser sig for skovfyr, contortafyr og sitkagran, at *trækket i kronen* kan beregnes med stor sikkerhed som funktion af *vindhastigheden* og *vægten af de levende grene*:

$$\text{TRÆK (SGR)} = 0,04436 \times v^2 \times m^{2/3} \times e^{-0,0009779 \times v^2}$$

$$\text{TRÆK (SKF og CFY)} = v^2 \times m^{2/3} \times (0,0256 \times e^{-0,004124 \times v^2} + 0,01643)$$

hvor TRÆK = det horisontale træk i kronen (kg.)

hvor v = vindhastighed (m/sek.)

hvor m = massen af de levende grene (kg.)

Ved en grafisk bearbejdning af disse kryptiske formler vil det ses, at *trækket i kronen viser en næsten retlinet afhængighed af både vindhastighed og grenvægt*.

Kronetværsnitsarealer er igennem mange år blevet betragtet som den vigtigste størrelse, men ovennævnte vindtunnelforsøg har i midten af 70'erne vist en sikrere bestemmelse af »kronetrækket« v.h.a. grenvægten (interesserede henvises til MAYHEAD '75).

Da vægten af de levende grene således giver et godt udtryk for vindens træk i kronen, kan det af stormen udøvende *kronemoment* udtrykkes som »grenvægt« \times »højden til kronens tyngdepunkt«. Et indtryk af træets stabilitet opnås ved en sammenstilling af *rodsystemets maksimale forankringsstyrke* (trækmåling) og *kronemomentet* (bestemt af bl.a. grenvægten) ved en given vindhastighed.

4. Projektets ressourceforbrug:

Markarbejdet blev gennemført på 4 uger, med følgende fordeling til opgaver:

Planlægning, jordbundsundersøgelser	5 dage
Topkapninger	1 —
Trækmålinger 55 unge træer (2 mand)	2 —
- 30 ældre træer (2 mand)	2 —
Udkørsel, udslæbning og vejning af træer (2 mand)	4 —
Optrækning af stød (1 mand)	2 —
Afspulning af stød (3 mand + 33.000 liter vand)	2 —
Rodmålinger	3 —
<hr/>	
I alt	21 dage

Af ressourcer er anvendt:

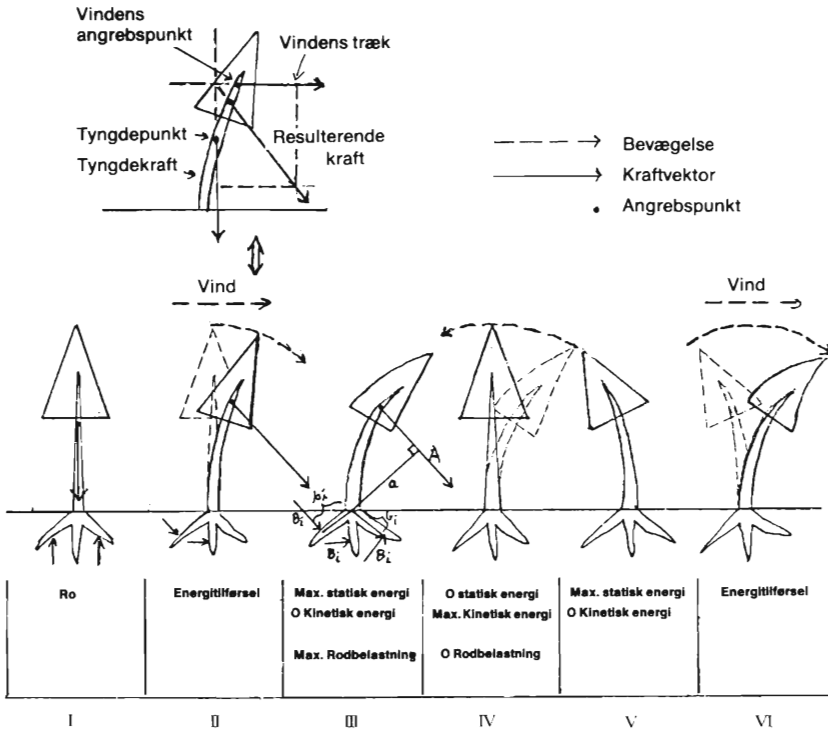
5 × 8 mandstimer	kr. 2.000,-
4 × 8 udkørsels- og udslæbningstimer	— 8.000,-
2 × 8 traktortimer (m. spil)	— 2.400,-
2 × 8 timer med NATOs brandslukningskøretøj med 2 mand	— 4.800,-
<hr/>	
	Ca. kr. 17.000,-
<hr/>	

5. Metodens begrænsninger og metodevurdering

Den dybere ide i trækmålingerne er, at de i *et samlet udtryk* kan *kvantificere* rodfæstelsen. I dette udtryk er indeholdt faktorer som råd, roddeformationer, rodsammenvoksninger, mekaniske og fysiologiske barrierer, røddernes styrke osv. Det revolutionerende i metoden er forsøget på at kvantificere rodfæstelsen, hvor tidligere metoder kun har muliggjort mere kvalitative og subjektive overvejelser.

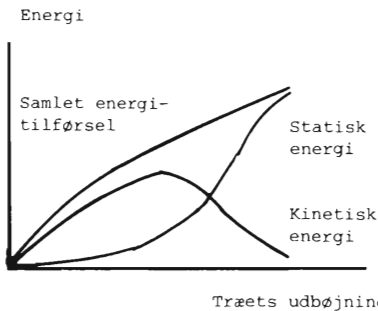
Men metoden har naturligvis sine begrænsninger og for at illustrere svaghederne, vil jeg kort ridse en mere virkelighedsnær model for enkelttræets stabilitet op.

En sådan model må anvende både den statiske og den dynamiske teori. Stormen er dynamisk i sin natur, mens træets natur beskrives i en kombineret model:



Figur 3. En klassisk fysisk model af enkelttræets stabilitet.

- I Træet er i ro. Bortset fra tyngdekraften er der ingen ydre kraftpåvirkninger.
- II Vinden tilfører træet en kinetisk energi, som, efter den første stigning, maksimerer og aftager i takt med, at den omdannes til statisk energi (»fjederenergi«). Under hele situation II tilføres træet energi fra vinden.



Figur 4. Energitilførsel til et træ i ro.

III Når bevægelsen er gået i stå, er den kinetiske energi lig 0, og al energien er bundet i statisk fjederenergi, som altså har sit maksimum her i situation III.

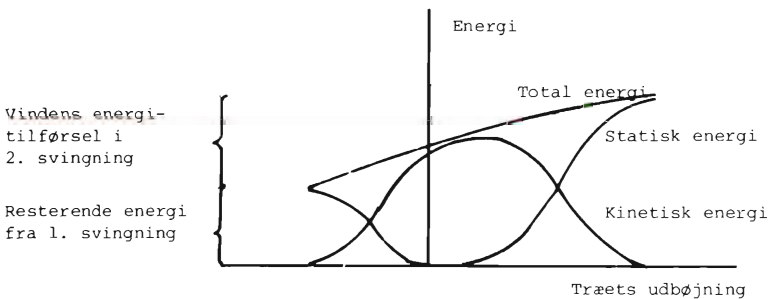
Bevægelsen er gået i stå, fordi det af vinden (og tyngdekraften) affødte moment ($A \times a$) ikke kan overvinde det modsat rettede moment, som rodsystemet får tillført af jordens reaktionskræfter (sumimation af røddernes momenter = $\sum_i B_i \times b_i$).

I situation III er der statisk ligevægt, og rodsystemet er i denne position maksimalt belastet.

IV Det initierende vindstød tænkes at være aftaget, og fjederenergien vil udløses til kinetisk energi. Sidstnævnte maksimerer i træets lodret-stilling. Bevægelsen fortsætter til modsat side, og atter sker der undervejs til den nye

V yderstilling en gradvis omdannelse til statisk energi, hvorved vi befinder os i stilling V. Træets svingninger vil ofte blive dæmpet og standset af nye vindstød, luftens friktion, eller af berøring med nabotræer. Træets bevægelser kan i så fald beskrives som en dæmpet svingning,

VI men hvis vindstød optræder efter situation V, kan energiudvikling blive kritisk, og betydeligt større rodbelastninger vil optræde end i situation III. Energiudviklingen vil blive som vist i figur 5.



Figur 5. Energitilførsel til et svingende træ.

Som vi ser, er træets natur af sammensat karakter, men det viser sig hensigtsmæssigt *i praksis* at arbejde med begreberne:

Træets dynamiske natur *Svingningsfrekvens*

(eller svingningsperiode)

Amplitude (udbøjning)

Dæmpningskvote (et udtryk for hvor hurtigt svingningen standser)

Træets statiske natur *Kronemoment* (momenterne på træets

overjordiske dele)

Rodfæstelsen (f.eks. udtrykt i momentenheder)

Den i projektet valgte metodik søger at beskrive situation III, hvor rodfæstelsen og kronemomentet kvantificeres. Det ses, at træets dynamiske natur ganske overses i metoden, og i den endelige vurdering af undersøgelsens udsagnskraft bør følgende forhold tages i betragtning:

1. Træets egensvingninger kan interferere med vindstødene, hvorved ikke bare træets energiabsorption fra vinden (figur 4), men også træets bevægelsesenergi (fra tidligere vindstød) forøger kronemomentet. Se figur 5.

2. Træets svingningsfrekvens (afhængig af H, DBH og totalvægt) amplitude (afhængig af H/D-forholdet og stamtallet) og dæmpningskvote (afhængig af kronestørrelse og stamtallet) er afgørende for dynamikkens indflydelse på stabiliteten. Det ses klart, at hugsten er en vigtig parameter, da stærk hugst umiddelbart efter hugsten forøger træets svingningsamplitude og formindsker dæmpningskvoten, som følge af den forringede kontakt nabotræer imellem.

3. Træets dynamik kan, som anført af (HINTIKKA '72), medføre en »rodløsning«. Hvis en sådan rodløsning kan forventes (f.eks. på mosejorder), vil trækmålingerne give et for gunstigt billede af rodfæstelsen.

4. En yderligere forudsætning for den statiske models anvendelighed er, at vindstyrken er ens i hele bevoksningen, således at lige store kroner påvirkes ens. Vindtunnelforsøg (FRASER '64) antyder, at forudsætningen er uholdbar, og i følge sund fornuft må der også ske en vis kanalisering af vinden i bevoksningen.

Som det fremgår af diskussionen, må man gøre sig nogle forbehold, når stabiliteten skal vurderes ud fra de foretagne målinger. Men den statiske sammenligning af kronemomentet og rodsystemets maksimale resistens viser alligevel noget *meget vigtigt om individets stormfasthed*.

Det tør fremgå, at et træes eller en bevoksnings *absolutte stormfasthed* ej heller med denne metode kan måles objektivt, da det endnu er umuligt at inddrage alle relevante faktorer i en samlet model. Men metoden er imidlertid en stor landvinding, når det drejer sig om *sammenlignende undersøgelser*, hvor arts-, behandlings- eller jordbundsforskelle ønskes undersøgt. Specielt når bevoksningsstrukturen i forsøgsbevoksningerne er ensartede, kan de dynamiske faktorer holdes konstante.

6. Udbygning og analyse af metodens teori

Trækmålingen i relation til træets størrelse

Ifølge figur 3 må vi finde et udtryk for det overjordiske moment (kronemomentet), som modsætning til den målte rodfæstelse (udtrykt i trækmålingens maksimale moment).

FRASER ('62 og '67), FAULKNER ('72) og RISBY ('81) anvender totalvægten (over jorden) som udtryk for kronemomentet, mens ORRMALM ('78) bruger træhøjden og MARTINSON ('81) træhøjde \times kronebredde.

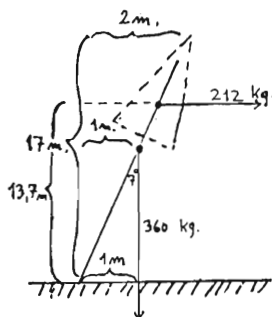
Ingen af disse udtryk er dog ideelle, da det fremgår af figur 3, at det overjordiske moment i virkeligheden er et mere sammensat begreb, som afhænger af:

- 1) Træets (-rod) totalvægt og tyngdepunktets højde over jorden (påvirkes ofte af snelag).
- 2) Vindens træk i kronen og højden til vindkræfternes tyngdepunkt i kronen.

Vægten af de levende grene giver det bedste udtryk for vindens kraftpåvirkning af træet, og da mit datasæt indeholder et skøn over vindens arm, kan det af vinden *primært* påførte moment udtrykkes som »grenvægt \times vindens arm«.

Men vinden bevirker *sekundært* at træet udbøjes, hvorved træets egenvægt bidrager med yderligere et moment. Lad os

skønne over størrelsesordenen af dette moment (træ nr. 12, afd. 169):



$$\begin{aligned} \Delta \text{ Moment} &= \text{storms træk} \times \text{vinds arm} \\ \text{vind} &= 212 \text{ kg} \times 13,7 \text{ m} = 2900 \text{ kg} \times \text{m} \\ \Delta \text{ Moment} &= \text{totalvægt} \times \text{tyngdepunktets} \\ &\quad \text{vægt} \quad \text{udbøjning} \\ &= 360 \text{ kg} \times 1 \text{ m} = 360 \text{ kg} \times \text{m} \\ \hline \Sigma \text{ Moment} &= 3260 \text{ kg} \times \text{m} \end{aligned}$$

Det ses af figuren, at træets egenvægt i dette tilfælde bidrager momentet med 12% af stormens bidrag. Hvis kronen yderligere bærer 100 kg tøsne, vil momentet forøges med $100 \text{ kg} \times 1,70 \text{ meter} = 170 \text{ kg} \times \text{m}$, hvorved vægtbidraget bliver i 8% af vindens bidrag.

Det erkendes heraf, at grenvægten er en vigtigere parameter end totalvægten. Når FRASER m.f. får så gode resultater ved anvendelsen af totalvægten, skyldes det, at grenvægt og totalvægt er nært korrelerede i en lineær sammenhæng: For formlen $\text{grenvægt} = b \text{ totalvægt} + a$ fås følgende værdier i den unge serie:

	CFY St. L.	CFY Sh. L.	CFY Lo. B.	RGR	SKF
corr.	0.98	0.96	0.97	0.99	0.98
<i>b</i>	0.48	0.37	0.46	0.52	0.44
<i>a</i>	-4.75	-0.75	-2.85	-3.49	-2.55

b = Hældningskoefficient

a = Bevoksningskonstant

b og *a* er konstanterne i den lineære regressionsformel

Som følge af denne gode korrelation vil grenvægten således være et godt estimat, både for det af vinden og det af egenvægten leverede moment.

De af MAYHEAD ('75) fundne sammenhænge, mellem vindhastighed, grenvægt og vindenstræki kronen, kan anvendes til beregning af sidstnævnte parameter. Herved kan det »ægte« kronemoment beregnes i de korrekte enheder (N.m eller Kg.m), som »storms træk« \times »vinds arm«. Disse data er dog vanskeligt fortolkelige og risikable at anvende, da de bygger på vindtunnelforsøg med trækroner og ikke på målinger i egentlige bevoksninger. Derfor vil der i fortolkningerne blive lagt størst vægt på »grenvægt \times vinds arm« i sammenstillingen med trækmålingerne.

Nærværende datasæt er analyseret i SAS med »general linear models procedure« og i modellen $\log(\text{MAX. MOMENT}) = A_{\text{bevoksning}} + b \times \log(X)$ fandtes signifikant indflydelse på 0,01% niveau for de uafhængige variable (X): DBH, træhøjde, kroneareal, totalvægt, grenvægt, vinds arm, storms træk (efter MAYHEAD '75) og grenvægt \times vinds arm, med korrelationskoefficienter fra 0,990 til 0,999320. Modellen er primært logaritmeret for at få en konstant spredning om regressionslinien.

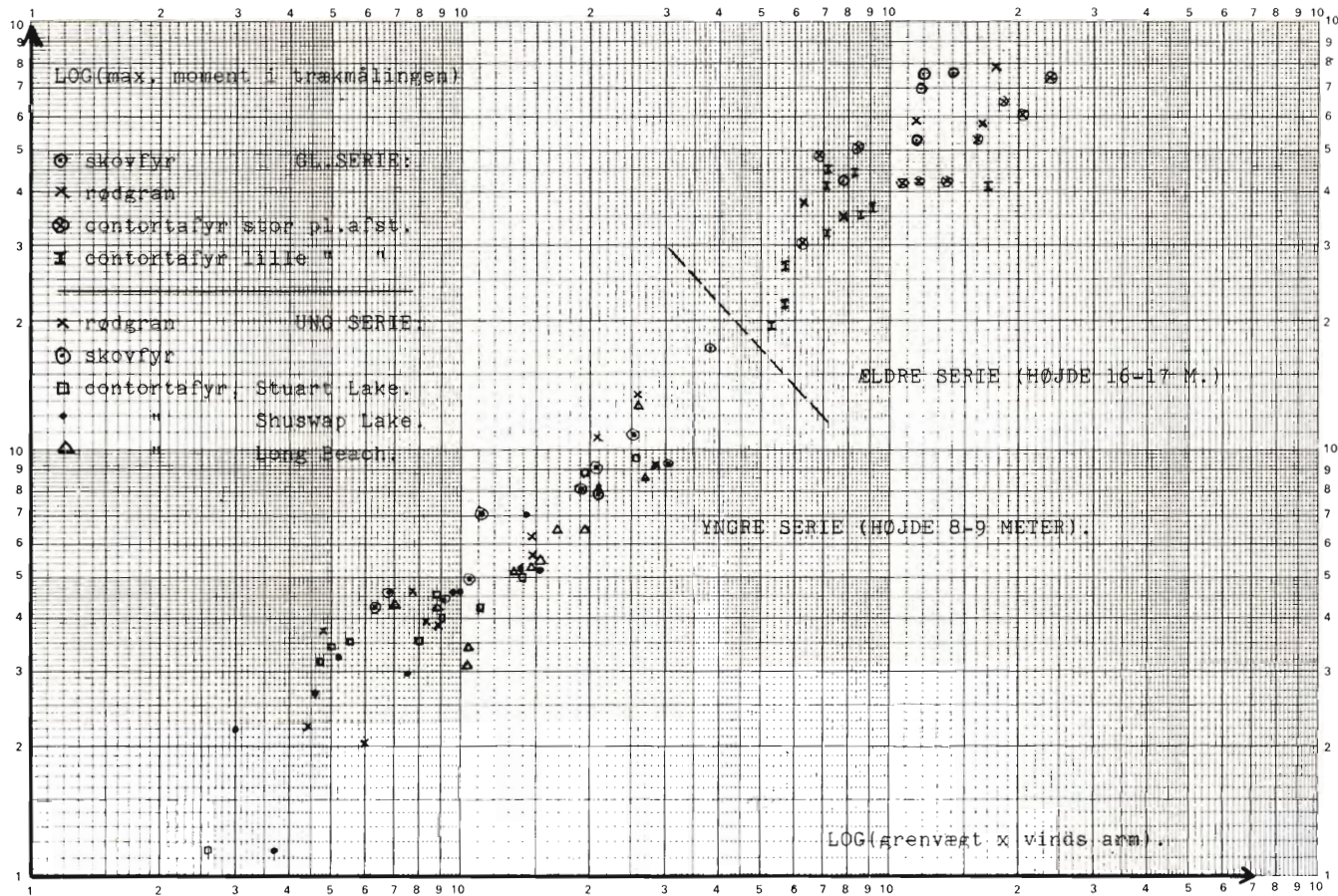
Grenvægten, totalvægten og grenvægten \times vinds arm gav de bedste korrelationer, dog var følgende model en anelse bedre: $\log(\text{MAX. MOMENT}) = A_{\text{bevoksning}} + 0,688 \log(\text{GRENVÆGT}) + 1,183 \log(\text{VINDS ARM})$, med en *korrelationskoefficient på 0,999320*.

Vekselvirkning mellem bevoksning og grenvægt \times arm kunne ikke påvises, og det er derfor forsvarligt at anvende en fælles hældningskoefficient hvilket korrelationskoefficienten også tyder på.

Da der ikke er nogen væsentlig forskel på de sidst nævnte variable, anvendes, som vi også har resonneret os til, »grenvægt \times vinds arm« som estimat for kronemomentet.

I nedenstående figur illustreres den gode korrelation i modellen (for alle 85 træer er korrelationskoefficienten arters = 0.99928):

$$\log(\text{MAX. MOMENT}) = A_{\text{bevoksning}} + \log(\text{GRENVÆGT} \times \text{VINDS ARM})$$



6b. Trækmålingen i relation til rodmålingerne

FAULKNER ('72) har sammenholdt momenterne med de udfyldte rodrum. Da sidstnævnte generelt, og også hos FAULKNER er et uklart begreb, er det kun lykkedes med begrænset succes. GRENE ('77) har med LINDGREN ('77) 6-årige skovfyr – materiale sammenholdt moment og rodareal med et godt resultat (lineær sammenhæng mellem rodareal og max moment), selv om BUNDGÅRD-JENSENS ('80) kritik heraf i princippet bør tages til efterretning.

I materialet her findes også en klar lineær sammenhæng mellem det maksimale moment og rodarealet.

GAMMEL SERIE (corr. = 0,985):

$$\text{MAX. MOMENT} = A_1 + 3,4 L_{40} + 4,7 V_{50}$$

UNG SERIE (corr. = 0,970):

$$\text{MAX. MOMENT} = A_1 + 2,7 L_{25} + 1,7 V_{25}$$

hvor A_1 = bevoksningskonstant

L = laterale rodareal

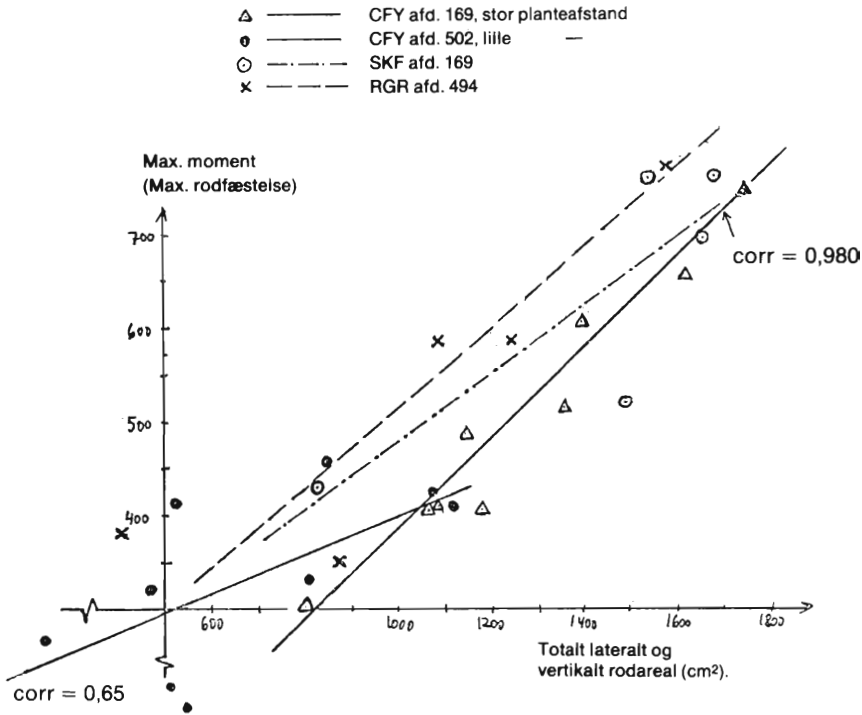
V = vertikale rodareal

Ved en vurdering af kvadratsummerne (type IV SS analyse) ses hos den ældre serie, at de laterale rodarealer øver 6 gange større indflydelse på max. momentet end de vertikale rødder.

Hos den yngre serie stammer det vertikale rodareal i alt-overskyggende grad fra pæleroden, og her viser de laterale rødder 11 gange større indflydelse på max. momentet end det vertikale rodareal, hvilket tyder på, at pælerodens stabilitetsmæssige betydning, ialtfald i ungdommen, er mindre end ofte antaget.

Det ses, at disse enkle modeller giver så gode sammenhænge, at man i de fleste tilfælde kan anvende det totale rodareal som eneste uafhængig variabel, som det f.eks. er gjort i figur 6 for den ældre serie.

Contortafyr på lille planteafstand giver en større spredning om *MAX. MOMENT/RODAREAL* – regressionslinien end contortafyr på stor planteafstand. Dette skyldes sandsynligvis, at der på lille planteafstand hyppigere optræder:



Figur 6. Den gamle forsøgsserie.

- 1) rodsammenvoksninger
- 2) rodsammenvævninger
- 3) roddeformationer

De første 2 forhold forklarer også, at trækmålingsniveauet er relativt højere på lille planteafstand.

Disse slutninger må føre til, at der i stabilitetsvurderinger lægges størst vægt på trækmålingen som estimat for rodfæstelsen.

6c. Rodmålingerne i relation til træstørrelse

Som vist ovenfor giver »grenvægt \times arm« det bedste udtryk for kronemomentet, og en sammenstilling heraf med rodarealerne giver pæne sammenhænge i modellerne

UNG SERIE (corr. = 0.963):

$$\text{GRENVÆGT} \times \text{VINDS ARM} = A_i + 0,81 \times L_{\text{total}} + 0,30 \times V_{\text{total}}$$

GL. SERIE (corr. = 0,961)

$$\text{GRENVÆGT} \times \text{VINDS ARM} = A_i + 1,0 \times L_{\text{total},40} + 1,7 V_{\text{total},50}$$

hvor A_i = bevoksningskonstant

Men som allerede nævnt, vil trækmålingen blive tillagt den største vægt som estimat for rodfæstelsen.

7. Biologisk analyse og diskussion vedr. *Pinus contorta*

I følgende biologiske analyse udledes arts- og behandlingsforskelle, men det skal bemærkes, at de i forsøgs materialet optrædende forskelle og tendenser ikke kan betragtes som *almen gyldige* resultater, da forsøgs materialet ikke kan betragtes som repræsentativt.

7a. Rodsystemernes formmæssige udvikling

Rodsystemernes rumlige opbygning viste i begge forsøgs-serier meget *tydelige artsforskelle*, hvorimod *planteafstanden* i de ældre contortafyr ikke synes at have den mindste indflydelse på rodsystemernes formmæssige udvikling (men til gengæld på den kvantitative udvikling).

Tabel I

Illustration af rodsystemernes rumlige opbygning.

L: totalt lateralt rodareal

V: totalt vertikalt rodareal

P: pælerodens rodareal

	Unge serie			Gamle serie		
	$L_{25} + V_{25}$ cm ²	$\frac{V_{25}}{L_{25} + V_{25}}$	$\frac{P_{25}}{V_{25}}$	$L_{40} + V_{50}$ cm ²	$\frac{V_{50}}{L_{40} + V_{50}}$	$\frac{L_{80}}{L_{40}}$
St.pl.afst.				1272	27%	28%
CFY	165	30%	67%			
Lille pl.a.				681	25%	28%
SKF	258	17%	79%	1383	9%	40%
RGR	158	11%	—	1051	13%	29%

Hos de unge træer viste fyrrearterne en kraftig pælerods-dannelse, men bemærkelsesværdigt er, at *Pinus contorta* havde en næsten dobbelt så stor vertikalrodsandel som *P. silvestris*.

Hos skovfyr dannes pæleroden oftest centralt, mens pæleroden hos contortafyr varierer stærkt i antal, størrelse og placering. Pæleroden kan i ungdommen være aldeles dominerende eller næsten manglende og ofte placeret i periferien af stødet. HORTON ('58) mener, at størrelsesvariationen skyldes genetisk variation, hvilket virker sandsynligt, men problemet er faktisk af mindre interesse, da pæleroden med stigende alder drukner i en skov af sænkerødder.

Også i den ældre serie havde contortafyr en voldsom rodudvikling i dybden, og da formudviklingen var fuldstændig upåvirket af så drastisk forskellige planteafstande, som tilfældet er her, kan man formode, at denne kraftige dybdeudvikling i forhold til lateraludviklingen er et stærkt artskaraktistikon, som kun svagt lader sig påvirke af miljøfaktorer. Denne slutning bekræftes af HORTONS ('58) undersøgelser på forskellige lokaliteter i Rocky Mountains og artens anvendelse i skotske tørvemoser, hvor en blandt nåletræer uovertruffen anaerobisk vertikal rodudvikling finder sted (NIELSEN '81).

Sammenfattende viser undersøgelsen, at skovfyr *tilsyneladende* viser en større variabilitet end contortafyr i sin formmæssige rodudvikling. Contortafyr ligner skovfyr i ungdommen, selv om den viser en vis variation i pælerodens dominans. Fra 25 års alderen udvikles en lang række sænkerødder fra stødet og de laterale rødders basale dele, og rodsystemet får »et klumpformet« udseende (bekræftes af HORTON '58). Denne voldsomme rodudvikling i dybden er sandsynligvis et meget stærkt artskaraktistikon, og måske årsag til at arten til gengæld har en dårligere lateral rodudvikling end de fleste andre nåletræarter. Således udgør contortarodarealet i 40 cm radius kun 72% af de samme steds stående skovfyrs, og blot 50% i 80 cm radius, til trods for at det *totale* rodareal ($L_{40} + V_{30}$) kun er 8% mindre end skovfyrens. Der er således ingen tvivl om, at contortafyren i videre omfang end skovfyr og rødgran fordeler

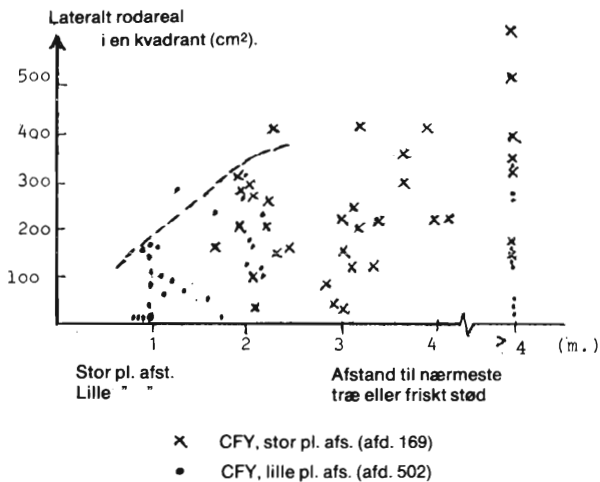
sine ressourcer til en vertikal rodudvikling (hvilket måske skyldes artens tilpasning til kolonisering af brandhærgede arealer med meget *store stamtal* (NIELSEN '81).

Den alvorlige konsekvens heraf erkendes i figur 6, hvoraf det fremgår, at *Pinus contorta* for samme *totale rodareal* har en dårligere forankring end skovfyr og rødgran. I samme afsnit erkendes nemlig, at de laterale rødder betyder mest for stabiliteten. Når analysen laves for det *laterale rodareal alene*, fortabes artsforskellene.

7b. Rodsystemets kvantitative udvikling

Mine litteraturstudier (HORTON '58, FAYLE '75, STIELL '70) tyder på, at de horisontale rødders antal og længdevækst er overvejende domineret af alder og bonitet.

Undersøgelsen her viser derimod, at røddernes tykkelsesvækst er stærkt påvirket af stamtallet, som er en vigtig forståeligt handlingsparameter. Rodarealet på stor planteafstand (afd. 169) var gennemsnitligt 87% større end på lille planteafstand, hvilket er udtryk for tykkelsesvækstens variation, da antallet af større rødder var ens på de 2 arealer.



Figur 7. De kvadrantvise rodarealer/afstand til nærmeste træ for de 18 gamle contortafyr (72 kvadranter)

I forsøgsmaterialet blev afstand og retning til nabotræerne registreret for de gamle CFY før forsøgsudførelsen, men en sammenstilling af »afstand til nærmeste træ eller friskt stød« med den korresponderende kvadrants laterale rodareal viser en ringe sammenhæng. Kun den øvre grænse for rodareal synes at vise en vis trend.

Figur 7 synes ikke umiddelbart at bekræfte stamtallets indflydelse på røddernes tykkelsesvækst, men det giver STIELS ('70) forsøg en forklaring på:

Mens den overjordiske konkurrence om lys udspilles mellem umiddelbare naboer, strækker rodkonkurrencen fra et træ sig i princippet til alle de træer, hvis rødder førstnævnte træs rødder kommer i nærheden af.

For 25 årig utyndet contortafyr på $1,25 \times 1,25$ m, med en gennemsnitlig lateral rodlængde på 7 meter eksisterer der i teorien rodkonkurrence med $(2 \times 7 \text{ m})^2 \times \pi \times 0,64 \text{ træ/m}^2 = 390$ træer.

En sammenfatning af litteraturen og det nærværende forsøgsmateriale tyder på, at de større rødders antal og længde primært er bestemt af art, alder og bonitet og derfor mindre påvirkelige ved forstlige tiltag (man bør dog søge at undgå roddeformationer). Røddernes tykkelsesvækst viser derimod, ud over en afhængighed af alder og bonitet, en kraftig afhængighed af stamtallet.

Når rodlængdevæksten stagnerer i en tidlig alder (20-30 år), vil en fortsat tykkelsesvækst og et stigende antal smårødder intensivere udnyttelsen af rodrummet.

7c. Rod/top-forholdets udvikling

Hvis grenvægten betragtes som et udtryk for assimilationsapparatets størrelse og rodarealet som et udtryk for træets vand- og næringsoptagende evne, vil vi ikke overraskende finde en nær sammenhæng mellem disse 2 størrelser.

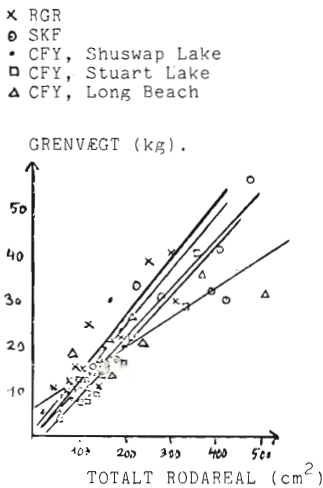
I det unge materiale, hvor behandling og genetiske forskelle endnu ikke har haft betydende indflydelse, ses den kausale sammenhæng mellem rod- og kroneudvikling tydeligt (figur 8). Der er uden tvivl en gensidig afhængighed mellem krone og

rod, således at hvis den ene faktor begrænses i sin udvikling, vil den anden faktor snart også stagnere i vækst.

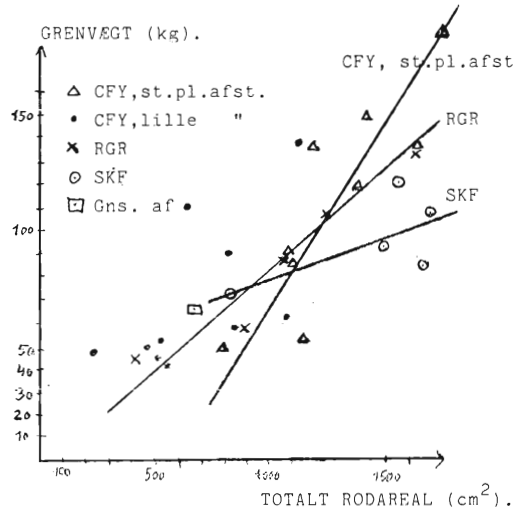
I den unge serie er rod/top-forholdet hos rødgran signifikant (5%) lavere end hos fyrrearterne, men i øvrigt dominerer ovennævnte lovmæssighed, idet modellen

$$\text{grenvægt} = A_{\text{bevoksning}} + 0,10 L_{25} + 0,04 V_{25}$$

har en korrelationskoefficient på 0.956 (55 træer).



Figur 8. Rod/top-forholdet, ung serie.



Figur 9. Rod/top-forholdet, gammel serie.

Men med den stigende alder uddifferentierer arterne sig, idet de i tiltagende grad fordeler tilvæksten forskelligt mellem top og rod (men niveauforskellene er ikke signifikante). Dette kan bedst illustreres i tabel 2, hvor rod/top-forholdene for henholdsvis et undertrykt, gennemsnitligt og dominerende træ i de ældre bevoksninger skitseres (konstrueret ved $\bar{x} \div 1,5s$, \bar{x} og $\bar{x} + 1,5s$ efter rodarealerne, da arterne forløber over det samme rodareal-interval).

Contortafyrrene på lille planteafstand (afd. 502) bør udelades i de artsvisse sammenligninger, da de til deres 37 år er præget af den lille planteafstand og ingen hugst. Bevoksningen

er især karakteriseret ved et stort antal piskere. Afd. 169 (SKF, CFY) og afd. 494 (RGR) er kontinuerligt hugget og plejet og artskarakteristika kan derfor bedre tydes i disse bevoksninger.

Tabel 2.

Rod/top-forholdet i den ældre serie. Artsforskelle udtrykt ved »totalt rod-areal/vægt af levende grene«

s = spredning på rodarealerne.

\bar{x} = middelværdien af rodarealerne.

Social pos. e. rodareal	Undertrykt t. $\bar{x} - 1.5 s$	Middel træ \bar{x}	Dominerende træ $\bar{x} + 1.5 s$
Contortafyr	15.8	10.9	9.5
Rødgran	12.2	12.2	11.9
Skovfyr		14.3	16.4

Da de 2 bevoksninger er ca. lige høje og i stabilitetsmæssig sammenhæng sammenlignelige, viser materialet, at rødgran og især skovfyr i denne ældre serie har udviklet et i stabilitetsmæssig henseende gunstigere rod/topforhold end contortafyr.

Ved en vandret læsning af tabellen ses det, at contortafyr med stigende dominans udvikler en dårligere stabilitet, da en *stigende del af tilvæksten lægges i toppen*. Det modsatte synes at gøre sig gældende for skovfyr, mens rødgran ligger intermediært.

Samme konklusioner affødes af regressionsliniernes hældning i figur 9. Ved at betragte hældningskvotienterne får vi et indtryk af individdifferentieringen, og det ses, at contortafyr uddifferentierer sig kraftigt på kronestørrelsen, men kun beskedent på rodarealerne. Skovfyr har en mere stabil uddifferentiering af kronen i forhold til rødderne. Rødgran ligger igen intermediært.

Figur 9 og tabel 2 er dog p.g.a. manglende viden om bevoksningernes behandling behæftet med en vis usikkerhed.

Planteafstandsforskelle

Forsøgsserien indeholder 2 ensaldrende contortabevoksninger, plantet på henholdsvis $1,25 \times 1,25$ og ca. 2×3 meters afstand. Materialet fra den lille planteafstand spreder meget

og viser ikke en pæn lineær sammenhæng som det øvrige materiale. Men hvis vi betragter enkeltobservationerne i figur 9, ser vi, at 8 ud af 9 træer på lille planteafstand ligger til venstre for regressionslinien for materialet med stor planteafstand. Dette kan sammenfattes i en sammenligning af gennemsnitspunktet for prikkerne med trekanternes regressionslinie:

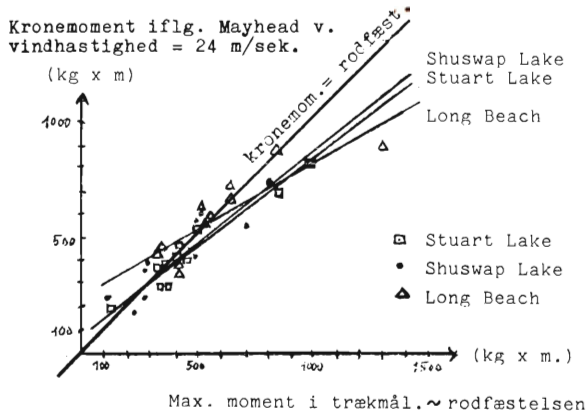
med samme kronevægt på 66 kg vil contortafyr på stor planteafstand have et rodareal på 940 cm², og contortafyr på lille planteafstand kun 681 cm².

Disse 2 sammenlignede »træers« sociale position bør indtages i diskussionen, hvilket gøres i afsnit 7g.

7d. Social position og stabilitet

Man kunne forvente, at dominerende træer, som rager op i vinden udvikler en relativ bedre stabilitet end undertrykte træer.

At dette faktisk er tilfældet ses i figur 10, hvor rodfæstelsen sammenholdes med et kronemoment, som er beregnet som vindens arm gange stormens (24 m/sek) vandrette træk i kronen (efter MAYHEAD '75). De dominerende træer har det største kronemoment.



Figur 10. Stabiliteten for de 33 unge contortafyr.

Når det erindres, at kronemomentet er beregnet på grundlag af vindtunnelforsøg, må dette moment gælde for fritstillede træer og ikke for træer i en sluttet bevoksning. Figuren antyder altså, at hvis disse træer var blevet fritstillet, ville de mindste og undertrykte træer vælte i en storm på 24 m/sek, medens de større træer ville blive stående.

Dette kan jo ikke undre, da de mindste træer i en sluttet bevoksning indtager en relativt beskyttet stilling.

Den ældre serie viser nøjagtig samme tendens: en hældningskvotient mindre end 1, men materialet overskrider dog ikke halveringslinien (ved vindhastighed på 24 m/sek), som den unge contortaserie gør.

Materialet her viser, at en hugst fra toppen, alt andet lige, vil nedsætte stabiliteten, hvilket også MADSEN ('80) har set tendenser til i danske rødgranhugstforsøg.

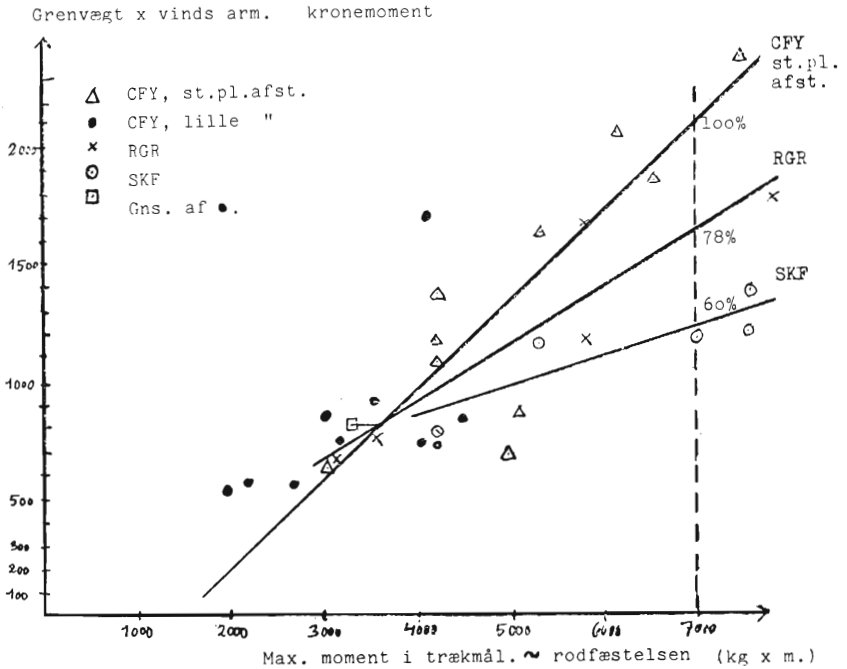
7e. Stabiliteten i den unge serie

Ved en sammenstilling af kronemomentet (grenvægt \times vindens arm) mod rodfæstelsen (det max. moment i træk mål-ingerne) i den unge forsøgsserie (55 træer) kunne hverken arts- eller proveniensforskelle påvises. Dette skyldes sandsynligvis, at disse unge bevoksninger endnu er svagt uddifferentieret på de stabilitetsrelevante faktorer.

7f. Stabiliteten i den ældre serie. Artsforskelle

I figur 11 ses en sammenstilling af de estimerede kronemomenter (grenvægt \times vinds arm) og rodfæstelsesmomenterne. Da artsforskelle ikke kunne påvises i den unge serie, blev 5 skovfyg og 5 rødgran inddraget i den ældre serie, som med de ialt 30 træer danner et meget spinkelt materiale. Signifikante resultater kunne derfor ikke opnås, men helt klare tendenser kommer til udtryk.

Det ses, modsat mine forventninger, at regressionslinierne ikke er parallelle. De mindste træer viser ingen artsbetingede stabilitetsforskelle, da de klumper sig sammen i den nedre del af skalaen.



Figur 11. Stabiliteten i den ældre serie.

Men med stigende social dominans uddifferentierer arterne sig:

skovfyr får en langt bedre stabilitet med stigende dominans end contortafyr, medens rødgran ligger intermediært.

Hvis vi går ind ved ens rodfæstelse på 7.000 kg × m, vil vi se, at kronemomentestimatet hos skovfyr og rødgran kun udgør henholdsvis 60% og 78% af kronemomentet hos en tilsvarende dominerende contortafyr.

Hvis MAYHEADS målinger for sitkagran (se MAYHEAD '75) kan overføres til rødgran under bevoksningsforhold, vil »grenvægt × vinds arm« underestimere kronemomentet hos rødgran, *men* stamtallet hos rødgran udgjorde til gengæld 132% af stamtallet hos contortafyr (afd. 169) hvilket stiller rødgranbevoksningsingen overlegent, m.h.t. dynamiske stabiliseringskarakteristiska.

Jeg vil også her bemærke, at selv om materialet aldersmæssigt spænder fra 39 til 86 år, er det i *stabilitetsmæssig* sammenhæng sammenligneligt p.g.a. jævnbyrdige højder og kronestørrelser.

Det kan altså konkluderes, at der er sikre artsvisse stabilitetsforskelle hos de dominerende træer, medens forskellene aftager, for helt at forsvinde med faldende social position.

Hvis årsagssammenhænge søges, kan Figur 11 sammenholdes med figur 9 og diskussionen i afsnit 7c om rod/topforholdene, idet de 2 figurer viser meget ensartede tendenser.

Som understreget er materialet ikke repræsentativt, men det tyder på, at arternes individdifferentiering er forskellig. Erfaringen viser, at stabiliteten netop falder i rækkefølgen SKF, RGR, CFY og forsøget her lader *formode*, at de dominerende træer i stabilitetssammenhæng har den største betydning; at de største træer på en måde er bevoksningens »ankre«. Det er jo også vist, at de mindre træer står i læ af de store og har, kronemomentet lige, en dårligere stabilitet.

7g. Stabiliteten i den ældre serie. Planteafstandens indflydelse

Den gamle serie indeholder 2×10 contortafyr plantet på henholdsvis $1,25 \times 1,25$ meter (og ikke hugget) og ca. 2×3 meter. Tyve træer er et spinkelt materiale, men visse tendenser kan iagttages.

I figur 11 ser vi de 10 træer på lille planteafstand sprede sig voldsomt og ret usystematisk omkring regressionslinien for de mere »velordnede« 10 træer på stor planteafstand.

I figuren ses en tendens til, at den tætte planteafstand afstedkommer en dårligere rodfæstelse, kronemomentet lige.

Gennemsnitstræet på lille planteafstand har et 9% lavere maksimalmoment end regressionslinien for den store planteafstand, hvilket tyder på en ringere stabilitet hos de tæt plantede.

Et forhold som forstærker denne beskedne tendens er, at det omtalte *gennemsnitstræ* sammenlignes med den del af regressionslinien, som repræsenterer de *undertrykte træer på stor planteafstand*.

Analysen kan udbygges ved at betragte rod/top-forholdene i figur 9, og vi rekapitulerer, at de tæt plantede contortafyr viste et gennemsnitligt 38% lavere rod/top-forhold end det punkt, der repræsenterer et lignende kronemoment på regressionslinien for stor planteafstand.

Dette bestyrker tendensen i trækmålingsanalysen, hvor forskellen dog kun var 9%.

Når *trækmålingen* afspejler en relativ bedre rodfæstelse for den lille planteafstand end *rodarealet* gør, skyldes det nok rodsammenvoksninger og rodindfiltrering, hvorfor trækmålingen nok bør tillægges størst vægt i vurderingen.

Når man sammenfattende skal sammenligne stabiliteten på de 2 arealer, hvor jordbund og topografi er meget ensartet, synes denne undersøgelse at påvise en ca. 10% større stabilitet på arealet med stor planteafstand. Men det skal erindres, at træernes dynamiske natur ikke afspejles i denne analyse. Således har træerne på stor planteafstand større kroner og mindre nabostøtte, og de vil sandsynligvis have en mindre dæmpningskvotient og være mere udsatte for skader med en belægning af fastfrossen tøsne. Vinden vil også have en større nedtrængning i kronetaget p.g.a. det lave stamtal.

Alt i alt har afd. 169, med den store planteafstand og stærke hugst, sandsynligvis en lidt bedre stabilitet end afd. 502; i særdeleshed hvis der opstår stormfaldshuller. I afd. 502 kunne da også konstateres det mest omfattende stormfald og bevokningsopløsningen vil uden tvivl ske hurtigst muligt i afd. 502.

FRASERS ('67) undersøgelser i engelske planteafstandsforsøg viser, som analyseret af BOOTH ('72), nøjagtig det samme som ovenfor konkluderet: *ingen væsentlige stabilitetsforskelle* som følge af oprindelig planteafstand.

8. Diskussion af perspektiverne i planteafstand og hugst

Det fremgår af forrige afsnit, at de 2 meget forskellige behandlinger (stamtalsudviklingen) egentlig ikke resulterede i væsentlige stabilitetsforskelle. Selv om rodarealet gennemsnitligt var 87% større på den store end på den lille planteafstand, blev denne overlegenhed næsten opvejet af en gennemsnitligt

60% tungere krone. Problemet er, som nævnt i afsnit 7c, at krone- og rodudvikling inden for ret snævre grænser må følges ad.

De stabilitetsorienterede perspektiver ligger i, at bevirke en kraftig rodudvikling og samtidig opnå en lille krone, når træet når den stormfaldsfølsomme højde. Dette leder logisk til modellen:

lavt stamtal i ungdommen (som medfører en kraftig krone- og rodudvikling), og højt stamtal i alderdommen (som medfører en begrænset og opkneben kroneudvikling). Altså i princippet en $D \rightarrow B$ hugst eller stor planteafstand.

Problemet er, at vi kun kan gisne om rod/top-forholdets udvikling i $D \rightarrow B$ hugsten, men i figur 9 er der en tydelig tendens, som måske kan give os et fingerpeg.

Som omtalt er *gennemsnitskronen* på stor planteafstand 60% tungere end på lille planteafstand. Så når vi ønsker at betragte 2 ens træer kan vi sammenligne gennemsnitstræet på lille planteafstand med et på regressionslinien for stor planteafstand liggende træ med samme kronestørrelse. Ved en sådan sammenligning, af 2 træer med samme assimilationsapparat, fandt vi, at *rodarealet på lille planteafstand kun udgjorde 72% af rodarealet på stor planteafstand*. Materialet er meget spinkelt, men tendensen er til gengæld helt klar.

Tolkningen af dette resultat må blive usikker, men det synes rimeligt at antage, at den store planteafstand har affødt en » $D \rightarrow B$ hugst effekt«; at disse træer i ungdommen har haft en kraftig krone og rodudvikling, og at den senere kroneoprensning har udviklet samme kronestørrelse som på lille planteafstand.

Et par logiske ræsonnementer synes også at tale for en $D \rightarrow B$ hugst:

1) I $D \rightarrow B$ hugstens sidste fase vil træerne have en rod-mæssig overkapacitet i forhold til lige store træer i B og C hugsten, hvorved en vis »wuchsbeschleunigungs-effekt« måske bevares.

2) I $D \rightarrow B$ hugsten sker den store rodudvikling i ungdom-

men, hvor kronen er lavt sat, d.v.s. hvor kraftens arm er lille. Rodvæksten i de kontinuerligt ensartede hugststyrker er derimod mere jævnt fordelt over alderen, hvorved en væsentlig udbygning af rodsystemerne finder sted mens kronerne er højt sat, altså hvor kraftens arm er stor.

3) I ungdommen er træerne ikke i stormfare, men når den kritiske træhøjde nås i den højere alder, vil en tiltagende svag hugst forøge nabostøtten og tætte kronetaget.

Sammenfattende må man erkende, at materialet er spinkelt, men at det viser tegn på, at en overgang fra et relativt lavt stamtal til et relativt højt stamtal bevirker et bedre rod/topforhold og dermed en bedre stabilitet.

9. Resumé

Opgavens målsætning var, dels at udvikle en brugelig forsøgsmetodik, dels at finde frem til nogle faktorer, som influerer på stabiliteten i *Pinus contorta*.

Projektet omfatter 55 unge træer (23-34 år) og 30 ældre træer (39-86 år) af arterne contortafyr, skovfyr og rødgran.

Den dybere ide i trækmålingseksperimenterne er, at de, i modsætning til alle tidligere anvendte metoder, er i stand til at give direkte tolkelige, realistiske og praksisnære udsagn om rodsystemernes forankringsstyrke. Faktorer som råd, roddeformationer, rodsammenvoksninger, mekaniske eller fysiologiske barrierer, røddernes størrelsesfordeling og vækstmediets kohæisionskræfter o.s.v. udtrykkes alle i et samlet udtryk.

Denne undersøgelse har f.eks. fundet, at *lateralrodsandelen* hos contortafyr var betydelig mindre end hos skovfyr og rødgran (tabel 1), men trækmålingerne har vist den *relle betydning* heraf (figur 6), idet rodfæstelsen, *total-rodarealet lige*, er dårligst i contortafyr, da forankringen viste større afhængighed af de laterale end af de vertikale rødder.

Trækmålingsmetoden er derfor et vigtigt skridt i stabilitetsforskningen, idet vi hermed omsider er i stand til at gøre kausale kvantitative overvejelser om stormfæsthed.

Dette kan f.eks. gøres ved at modstille den målte rodfæstelse

med kronevægten \times højden til vindens angrebspunkt i kronen, som estimat for det af stormen påførte moment. Meget tyder på, at denne sammenstilling faktisk afbilder en i naturen vigtig relation, da modellen $\log(\text{MAX. MOMENT}) = A_{\text{bevoksning}} + 0,7 \times \log(\text{GRENVÆGT}) + 1,2 \log(\text{VINDS ARM})$ viser en overordentlig god sammenhæng (korr. = 0,9993).

Men som altid, når man vil forklare noget kompliceret på en enkel måde, vil en række forstyrrende elementer vise sig. Specielt på fladgrundede arealer og organiske jorder vil rodsystemets løsning fra vækstmediet forløbe på en anden måde end forudsat ved trækmålingseksperimenterne, og storme og orkaner er i deres natur så tilfældige og uberegnelige, at topografi, læbælter, stamtalsfordeling, kronetagets jævnhed, træernes svingningsfrekvens og tyndingsmønster kan vise en aldeles vilkårlig indflydelse på stabiliteten.

Man må derfor ikke, som f.eks. OLIVER ('74) og FRASERS ('67), forsøge fra trækmålingseksperimenter at drage konklusioner om bevoksningens *absolutte* stabilitet, men hellere anvende metoden til *sammenlignende undersøgelser*.

Nærværende materiale og metode har vist følgende resultater, som dog *ikke må tillægges almen gyldighed*, men snarere betragtes som det bedste til rådighed værende arbejdsgrundlag i den aktuelle problemstilling:

1) Generelt viste de laterale rødder en betydelig større indflydelse på maksimalmomentet end de vertikale rødder (afsnit 6b).

2) Rodarealet og bevoksningsforskellene kunne forklare 99% af variationen i maksimalmomentet, men store stamtal medfører flere rodsammenvoksninger og rodsammenvævninger, og forårsager større spredning i den lineære sammenhæng mellem max. moment og rodareal (figur 6).

3) *Pinus contorta* viste en i alderdommen usvigelig sikker udvikling af voldsomme sænkerødder under stødet og lateralerøddernes basale dele. Siderøddernes udvikling forsømmes til gengæld, når man sammenligner med skovfyr og rødgran, og

resultatet bliver hos contortafyr en dyb, men smal, nærmest klumpformet rodkage (afsnit 7a).

4) Konsekvensen af contortafyrrens kraftige vertikale rodudvikling på »bekostning« af de laterale rødder, er en nedsat stormfasthed (figur 6). Arten må siges, i stabilitetsmæssig sammenhæng, at have en uheldig kvalitativ ressourcefordeling i rodsystemets opbygning.

5) Blandt røddernes kvantitative karakteristika (antal, længde og tykkelse) er *tykkelsesvæksten* og sandsynligvis tilvæksten af mindre rødder de absolut vigtigste faktorer, som igennem omdriften lader sig påvirke ved forstlige tiltag. Undersøgelsen har vist, at stamtalsreguleringen har en ganske essentiel betydning for rodtykkelses- (og krone-) udviklingen.

Nærværende materiale og supplerende litteratur tyder på, at den overjordiske konkurrence om lys udspilles mellem umiddelbare naboer, medens rodkonkurrencen derimod strækker sig over et betydeligt større antal træer.

6) Forholdet mellem totalt rodareal og vægt af de levende grene kan opfattes som et rod/top-forhold, som dels udtrykker et stabilitetsmæssigt aspekt, dels skildrer sammenhængen mellem 2 vigtige og kausalt forbundne produktionsfaktorer: Assimilationsapparatet og vand- og næringsforsyningsapparatet.

I den unge serie har rødgran et signifikant lavere rod/top-forhold end fyrrearterne, men i alle de 5 unge bevoksninger er forholdet konstant over hele bevoksningsspektret. Dette kan illustrere en lovmæssighed, som i brede træk må eksistere: krone- og rodudvikling følges ad p.g.a. en gensidig afhængighed.

7) Denne lovmæssighed træder også tydeligt frem i den ældre serie, men med den tiltagende alder skiller arterne sig ud fra hinanden, idet de på forskellig vis fordeler tilvæksten på rod og top, når man bevæger sig over bevoksningsspektret: contortafyr får et faldende rod/top-forhold med stigende dominans; hos rødgran er forholdet konstant, medens det stiger hos skovfyr. Sagt på en anden måde: i disse plejede bevoks-

ninger har contortafyr uddifferentieret sig kraftigt på kronerne og kun svagt på rodsystemerne, medens skovfyr har reageret omvendt. Rødgran ligger intermediært.

Da bevoksningernes historie er usikker, og da materialet er spinkelt, må dette kun tages som tendenser. Men contorta viser klart et dårligere rod/top-forhold end rødgran og skovfyr.

8) Undersøgelsen viser, at træerne, *isoleret betragtet*, får en stigende stabilitet med stigende social status i bevoksningen. Figur 10.

9) Ved at sammenholde trækmålingens maksimalmoment med grenvægten \times vindens arm fås en vurdering af individets stabilitet. Ved at plote alle værdierne i et koordinatsystem fås, via regressionslinierne, et udtryk for bevoksningsstabiliteten. I den unge forsøgsserie (23-34 år, højde 8,7 meter — 9,9 meter) kunne hverken arts- eller proveniensforskelle påvises. Der var dårligt nok tendenser.

Dette kunne medføre en uberettiget nedvurdering af metoden, men forklaringen er snarere, at disse unge bevoksninger endnu ikke har uddifferentieret sig på de stabilitetsrelevante faktorer (f.eks. rodsystemets form, rod/top-forholdet).

10) Det må derfor anbefales i stabilitetsundersøgelser, at anvende bevoksninger, som erfaringsvis har nået en stormfaldsfølsom højde.

11) I den ældre serie faldt hos alle arterne, de *undertrykte træer* sammen på samme stabilitetsniveau (figur 11). Men med stigende social status uddifferentierede arterne sig voldsomt. Ved en sammenligning mellem dominerende træer, med *samme rodfæstelse*, var kronemomentet hos rødgran og skovfyr henholdsvis 78 og 60% af momentet hos contortafyr. Undersøgelsen viser altså de stabilitetsforskelle, som kunne forventes.

12) Rådangreb viste i denne undersøgelse ingen indflydelse på stabiliteten; rådomfanget var ubetydende.

13) Stormfastheden på det gamle contortaaerial, med en oprindelig planteafstand på 2×3 meter, var kun en ubetydelighed bedre end på arealet med lille planteafstande ($1,25 \times$

1,25). Thi selv om rodarealet på den store planteafstand var gennemsnitligt 87% større end på lille planteafstand, så var kronerne tilsvarende 60% tungere. De diametralt modsatte behandlinger (kontinuerlig stærk hugst contra ingen hugst) har altså ikke medført stabilitetsforskelle mellem disse 2 bevoksninger.

14) Perspektiverne ligger nok i en diskontinuerlig hugststyrke eller stamtalsudvikling. Et lavt stamtal i ungdommen vil medføre en kraftig rod- og kroneudvikling, og en med alderen jævn overgang til et relativt højt stamtal vil medføre en vis kronereduktion, hvorved et i stabilitetsmæssigt henseende gunstigt rod/top-forhold *muligvis* kan etableres. Dette er en *hypotese*, som bygger dels på logiske ræsonnementer, dels på nogle tendenser i nærværende materiale.

10. Konklusion

Selv om den anvendte metodik ikke afspejler alle stabilitetsaspekter, er mine bestræbelser på, at udvikle en om stormfastheden udsagnskraftig målemetode, efter egen vurdering, kronet med en vis succes.

Den biologiske tolkning af resultaterne er derimod behæftet med en større usikkerhed, da materialet er spinkelt og ikke nødvendigvis repræsentativt. Jeg vil derfor ikke påberåbe mig, at have fundet de vises sten vedrørende stabiliteten i *Pinus contorta*, men da resultaterne er i overensstemmelse med de praktiske erfaringer, og da yderligere forskningsresultater på området ikke kan forventes foreløbigt, kan følgende hypoteser om artens stabilitetsmæssige natur betragtes som det bedste til rådighed værende arbejdsgrundlag:

1) Arten udvikler i forhold til rødgran og skovfyr et begrænset lateralt rodareal og udvikler til gengæld et kraftigt dybdegående rodsystem. Undersøgelsen tyder på, at dette er en i stabilitetsmæssig henseende uhensigtsmæssig udnyttelse af rodtilvæksten.

2) Arten har et lavere rod/top-forhold end rødgran og skovfyr og dette varierer mellem individer på en måde som gør,

3) at contortafyr stabilitetsmæssigt uddifferentierer sig meget dårligt i bevoksningen. De dominerende træer udvikler store kroner og når ikke at udvikle rodsystemet i takt hermed. Hos skovfyr og i mindre grad hos rødgran udviser de dominerende individer derimod en overlegen stabilitet i forhold til de mindre træer i bevoksningen, hvorved de førstnævnte virker som »ankertræer«.

Pinus contorta synes altså at have visse artskaraktistika, som bl.a. medfører en forringet stabilitet. Arten vil derfor altid have en relativ dårlig stormfæsthed, men med passende behandling vil skaderne nok kunne udskydes eller begrænses.

11. Kultur- og hugstvejledning

Man kunne herefter forkaste arten i det danske skovbrug. Men den vil nok vedblive at have en vis berettigelse på de mest marginale og vanskelige kulturarealer (specielt klitskovbrug-
et), hvor artens kultursikkerhed og store tilvækst gør den tillokkende. Men den skal behandles helt anderledes end hidtil praktiseret.

Når contortabevoksninger ikke til dato har givet tømmerudbytter, skyldes det i stor udstrækning et uheldigt proveniensvalg, og det må også af andre årsager anbefales, når nye kulturer anlægges, at anvende Pinus contorta latifolia – provenienser (helst fra det centrale British Columbia, se iøvrigt NIELSEN '81).

Valget af plantetal bør afvejes efter de lokale forhold, idet faren for *lyng*, *sandflugt*, *klimaskader* og intentionerne m.h.t. knastudvikling og stammeform nødvendigvis må variere. Men plantetallet bør nok ikke underskride 2.500 stk/ha, da man bør kunne hugge krukker og tortrixskadede træer, og tilstræbe en egalisering af bevoksningen.

Denne hugstmodel er dels baseret på erfaringer fra danske hugstforsøg, dels på de i konklusionen opstillede hypoteser om Pinus contortas stabilitet.

Det grundlæggende træk i denne hugstmodel er: en *stor*

planteafstand og en *meget stærk hugst i ungdommen*, hvorved man i en tidlig alder får reduceret *stamtallet til 1.300 stk/ha*, og bevoksningen lades derefter *urørt til hovedskovningen*.

Et realistisk plantetal er 2.600 stk/ha (p.g.a. artens store kultursikkerhed og latifoliaracens større formsikkerhed, der henvises til NIELSEN '81) på en planteafstand på $1,5 \times 2,5$ m. Planterne vil få en god diameter- krone- og rodvækst, og *inden* oprensningen i rækken tager for voldsomt omfang (træhøjde 5-6 meter), foretages en udrensning, hvor mindst 25% af stamtallet fjernes. Hurtigst muligt herefter reduceres i første og sidste hugst stamtallet til 1.300 stk/ha.

Det er vigtigt, at stamtalsreduktionen er tilendebragt inden bevoksningen er 10 meter høj; at der i *ungdommen* føres en kontinuérlig meget stærk hugst, for at opnå en kraftig diameter- og rodvækst. (For samtidigt at opnå en tilfredsstillende form- og grenudvikling er det *aldeles nødvendigt*, at en latifolia – (evt. murrayana –) proveniens anvendes (NIELSEN '81), idet disse racer har en langt bedre stammeform og uddifferentierer sig kraftigere på grenvæksten, hvorved der er muligheder for at selektere for kvaliteten). *En egaliserende hugst bør stærkt tilstræbes*, da krukke og stærkt dominerende træer forringer bevoksningens stabilitet.

Efter således i ungdommen at have opnået en kraftig diameter- og rodvækst, er det ligeså vigtigt, at bevoksningen, efter den tidlige stamtalsreduktion, slutter sig tæt, hvorved en *»kronereduktion«* og en *slutning af kronetaget* finder sted. Det relativt høje slutstamtal (1.300 stk/ha = gennemsnitligt $2,5 \times 3,0$ m) vil, foruden en kraftigt accelererende oprensning, medføre en tiltagende støtte træerne imellem og dæmpe deres svingninger.

Slutbevoksningen vil således være karakteriseret ved et tæt sluttet kronetag, små opknebnede kroner, et i ungdommen grundlagt kraftigt rodsystem, og en forceret diametervækst, som i uheldigt fald kan tillade os at forkorte omdriften. Den fremskredne oprensning, det forhåbentligt beskedne stormfald og den gode slutdiameter (med en sluthøjde på ca. 16 meter vil middelgrundfladediameteren være *ca. 20 cm*) vil be-

grænse skovningsomkostningerne, og sammenholdt med de reducerede tyndingsudgifter skulle denne hugstmodel altså også forbedre økonomien i contortadykningen.

12. Summary

Investigation of the stability of Pinus contorta based on a tensile force measurement method

By CARL CHRISTIAN NØRGÅRD NIELSEN

In order to identify some of the reasons for the poor stability of *Pinus contorta*, a new test method has been introduced with a reasonable amount of success: The trees are pulled down with a winch fitted with a tension dynamometer, and the tensile force exerted is related to »the weight of the crown \times the height of its centre of gravity«. Thus the roothold of the tree and the crown momentum inflicted by the storm are compared. The method is analyzed and discussed.

For control of tensile force measurements all root systems were uprooted and examined.

The investigation has led the author to advance hypotheses on the stability of *Pinus contorta*, the most important conclusion of which being that the spatial root development in sandy soil is detrimental to the stability of *Pinus contorta*, and that at an advanced age the species develops a root/top ratio that is considerably poorer than the root/top ratio of Norway spruce and Scots pine.

The article is based on the author's examination paper under the same heading, where further details may be sought. The paper brings a comprehensive English abstract and is available either from the Forestry Department of the Royal Veterinary and Agricultural University in Copenhagen or from the author.

13. Litteratur

- BOOTH, T. C. 1972. Spacing and Crop Stability. For. Com., North. Res. Station, Roslin. Interior report.
- BRYNDUM, H. 1978. Hugstforsøg i ung rødgran på leret morænejord. DFF bd. XXXVI (1).
- EDWARDS, M. V., ATTERSON, J., HOWELL, R. S. 1963. Windloosening of Young Trees on Upland Hearths. For. Com., For. Record no. 50.
- EDWARDS, M. V. 1954. A Summary of Information on *Pinus contorta*. Forestry abstracts 1954.
- 1955. A Summary of Information on *Pinus contorta*. Forestry abstracts 1955.

- FAULKNER, M. E., MALCOLN, D. C. 1972. Soil Physicals Factors Affecting Root Morphology and Stability of Scots Pine on Upland Heath. *Forestry* 1972.
- FAYLE, D. C. F., 1975. Extension and Longitudinal Growth During the Development of Red Pine Root Systems. *Canadian J. For. Res.*, 5, 109.
- 1976. Stem Sway Affects Ring Width and Compression Wood Formation in Exposed Root Bases. *Forest Science* 22: 193-194. (Canadisk)
- FRASER, A. I., 1962. The Soil and Roots as Factors in Tree Stability. *Forestry* 35 (2). (Engelsk)
- 1964. Wind Tunnel and other related Studies on Coniferous Trees and Tree Crops. *Scottish For.* vol. 18,2.
- 1967. Rooting and Stability in Sitka Spruce. (cowriter: Gardiner, J. B. H.). *Forestry Commission Bulletin* no. 40.
- GRENE, SØREN. 1977. Roddeformationer og Stabilitet. Hovedopgave ved Skovbrugsinstituttet.
- HINTIKKA, VEIKKO. 1972. Windinduced Root Movements in Forest Trees. *Metsantutkimuslaitoksen Julkaisuja*, nr. 76 (2), 56 sider.
- HORTON, K. W. 1958. Rooting Habits of Lodgepole Pine. *Canadian Dep. North Aff. and Nat. Resour., For. Res Div. Tech. Note* 67, 26 sider.
- HULTEN, HAKAN, JANSSON, KARL-ÅKE. 1978. Stabilitet och rotdeformation hos tallplantor. Institutionen för skogsförnygring. *Rap. och Uppsatser* nr. 93. (Stockholm).
- HÜTTE, PAUL. 1968. Experiments on Windflow and Wind Damage in Germany. *Supplement to Forestry*, 1968.
- JENSEN, BUNDGÅRD. 1981. Økologiske metoder til undersøgelse af rodsystemer og deres anvendelsesmuligheder. Skovbrugsinstituttet. *Licentiatopgave*.
- KÖSTLER, H. C. J. N., BRÜCKNER, E., BIBELRIETHER, H. 1968. Die Wurzeln Der Waldbäume. *Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa*.
- LARSEN, J. B., NIELSEN, E. N. Proveniensforsøg med contortafyr (*Pinus contorta* Dougl.) i Danmark. *Det forstlige forsøgsvæsens beretninger*. Endnu ikke offentliggjort.
- LINDGREN, O., ÖRLANDER, G. 1977. Rotutveckling och stabilitet hos 6-7 år gamla kopparforsplantor. Institutionen för skogsskötsel, Stockholm, Sverige, *Rapport* nr. 10. 39 sider.
- LINES, ROGER. 1980. Stability of *Pinus contorta* in relation to wind and snow. *Proceedings of the IUFRO meeting 1980: Pinus contorta as an exotic species*. Gärpenberg 1980. *Rap. och uppsatser* nr. 30.
- MADSEN, S. F. 1980. *Det Forstlige Forsøgsvæsens Beretninger*, bind XXXVII, side 23-72.
- MARTINSSON, OWE og LUNDH, JAN-ERIK. 1981. Contortatallens rotstabilitet. Proveniensen inflytande. Icke offentliggjort intern rapport från Institutionen för skogsskötsel. Sverige.

- MAYHEAD, G. J. 1973. Sway Periods of Forest Trees. Scottish Forestry 1973.
- GARDINER, J. B. H., DURRANT, D. W. 1975. A Report on the Physical Properties of Conifers in Relation to Plantation Stability. For. Com. Res. and Dev., North. Res. Station, Edinburgh.
- NIELSEN, CARL CHRISTIAN NØRGÅRD. 1981. Visse økologiske aspekter ved proveniensvalget i *Pinus contorta*. Skovbrugsinstituttet. Hovedopgave 1981.
- 1981. En stabilitetsundersøgelse i *Pinus contorta* ved hjælp af en træk-målingsmetodik. Skovbrugsinstituttet. Storopgave.
- OLIVER, H. R., MAYHEAD, G. J. 1974. Wind Measurements in a Pine Forest During a Destructive Gale. Forestry 1974.
- ORRMALM, MARIANNE og SUNDIN, TOMMY. 1978. En stabilitetsjämförelse mellan *Pinus silvestris* och *Pinus contorta* på organogen jord. Inst. för Skogsföryngring, interna rapporter nr 15.
- RISBY og PONTEN, B. 1981. Stabilitet- och rotutveckling hos *Pinus contorta* i jämförelse med *Pinus silvestris*. Ikke offentliggjort rapport från Institutionen för Skogsföryngring i Stockholm.
- STIELL, W. M. 1970. Some Competitive Relations in a Red Pine Plantation. Dep. of Fish. and For., Canadian For. Serv., Publ. no. 1275. 1970.
- WERNER, F. og ÅRMAN, I. 1955. Stormfäldningens dynamik, et studie. Sveriges Skogsv. Tidsskrift nr. 53, side 311-330. 1955.
- WHITE, R. G., WHITE, M. F., MAYHEAD, G. J. 1976. Measurement of the Motion of Trees in two Dimensions. Intern rapport fra Institute of Sound and vibration Research, Southampton University, og Forestry Commission.

ET FORSØG
PÅ EN RATIONEL OPMÅLING AF
SEKUNDÆRE TRÆEFFEKTER,
UDFØRT PÅ WEDELLSBORG SKOVBRUG.

Af
Skovrider POUL QVISTGAARD

Oxford class: 323.3 : 526.1

Indledning

Ved sekundære træeffekter forstås i denne forbindelse alle træeffekter undtagen finer- og ABCD-kævler af løvtræ samt stammer (tømmer, piloteringspæle, skrælletræ m.m.) af nåletræ.

Opmåling af træeffekter tjener følgende formål:

1. Danner grundlag for afregning med skovarbejderne og ev. med udkørerne.
2. Danner grundlag for til- og afgang i skovdistrikternes materialregnskab.
3. Danner grundlag for skovdistrikternes hugststatistik, ofte ført afdelingsvis.
4. Danner grundlag for afregning med køberne.

De sekundære træeffekter har i generationer overvejende været opstillet og opmålt i rummeter (rm) med en kubikmeter ydre mål, opmålt i kubikmeter (m^3) eller aflagt i bunker.

Styklængden i rummeteren varierede efter anvendelsen og stykkernes vægt. Således blev de traditionelle brændeeffekter

fagot og knippel, som bestod af de tyndeste stykker, lagt på 1 meters længde, mens de tungere og kløvede effekter som klov og knuder kun blev lagt på alens længde. Rummetertræ til stavfabrikkerne blev ligeledes lagt på længder omkring en alen, og i samme længde købte A/S Junckers Savværk bøgegulvtræ. Kassetræ og brænde af nåletræ blev oftest lagt på en meters længde, altsammen afpasset efter datidens udkørselsmetode med hest og vogn og manuel læsning, aflæsning og opstilling i rm. De få kubikmeteropmålte sekundære effekter blev slæbt ud til vej af skovhestene, mens de tidligere meget solgte lægter og stager i reglen af skovarbejderne blev båret ud til vej eller spor, et urimeligt tungt arbejde, navnlig i betragtning af, at afstanden mellem sporene i bevoksningerne eller afstanden mellem mellem spor og vej dengang normalt var fra 60 til 70 m.

Mange forskellige årsager bevirkede, at der fra omkring 1960 til hen mod 1970 opstod en ny situation med mulighed for at indføre nye og mere rationelle effekttyper af det sekundære træ.

For skovens vedkommende ophørte efterspørgslen på brænde næsten helt fra omkring 1960 på grund af den hurtige overgang til husopvarmning med den dengang billige olie. Samtidig voksede – efter udvidelse af de bestående og anlæg af nye træindustrier – virksomhedernes behov for billigt råtræ, hvor også hovedparten af de tidligere brændeeffekter kunde anvendes. Industritræet blev afhentet på lastbil, og disse blev snart forsynet med kran til på- og aflæsning.

I skovbruget blev anvendelsen af landbrugstraktoren til afløsning af skovhesten almindelig fra omkring 1960. Samtidig begyndte man at arbejde med nye metoder for udkørslen af de sekundære træeffekter. Således var den lavt ophængte traktorborne Krengerup-kurv et forsøg på at billiggøre udkørslen og at nedsætte det tunge arbejde med på- og aflæsning.

Fra industriens side gjorde man også forsøg på at finde nye veje, således indførte A/S Junckers Savværk gulvtrækævlen, som måtte aflægges i faldende længde.

Men de korte længder, hvori industritræet stadig overvej-

ende blev lagt, gav imidlertid en urationel på- og aflæsning med lastbilernes kraner. Dette problem søgte man at løse ved at bundte alenestykkerne samtidig med opstillingen ved bilfast vej; men metoden viste sig for dyr og kunne endda i visse tilfælde give industrien problemer, som f.eks. hvis nylonsnorene fulgte med i cellulosemassen og misfarvede denne. Bundtningen blev derfor hurtigt opgivet igen.

Først da man i skovbruget sidst i 60'erne begyndte at indføre den traktordrevne vogn med hydraulisk kran, stod man rustet til at arbejde med nye og mere rationelle effekttyper, der dels skulle lette skovarbejderne for det tungeste arbejde og dels billiggøre hele arbejdsgangen fra skovning til aflæsning på fabrikken.

I samarbejde mellem træindustrien, Skovteknisk Institut og nogle skovdistrikter blev der omkring 1970 gjort forsøg med effektaflægning af forskellig type og længde til afløsning af de hidtil brugte korte effekter.

Man fandt frem til, at de mest rationelle effekter set fra skovens side ville være de såkaldte hele og halve kranlængder på henholdsvis 4-6 m og 2-3 m, begge med længderne frit varierende i de to intervaller; men alt efter industriens krav lægges de sekundære træeffekter nu i mange forskellige længder mellem 2-6 m, dog alle egnede for skovens udkørsel med traktor med vogn og kran eller med de senere tilkomne specialmaskiner for udkørsel.

I det følgende kaldes for nemheds skyld alle effekter allagt på 2-6 m for kranlængder.

Også på anden måde måtte skovbruget nu indrette sig efter den nye situation ved at skaffe krankøretøjet adgang til de skovede effekter, hvoraf mange på grund af deres vægt hverken kunne eller måtte løftes og bæres ud til nærmeste spor. Et tættere stiksporsystem blev derfor indlagt ved at hugge gange i de eksisterende bevoksninger. På Wedellsborg og flere andre skovdistrikter gik vi ind for en stiksporsindlæggelse med ca. 3,5 m brede spor for hvert 8 m bevoksningsbælte, således at udbæringsarbejdet blev reduceret til at flytte de lette effekter for at få dem lagt i rimelige bunker til en grabfuld, men uden at

arbejderne behøvede at flytte på de større træstykker som f.eks. 5,4 m gulvtrækævler, idet kranen altid med de korte stiksporsafstande kunne få fat i stykkerne.

I bl.a. Sverige og Tyskland havde man også arbejdet med disse problemer (N. HEDING, D.S.T. 1969 og 1971) og samtidig erkendt, at de gamle opmålingsmetoder var urationelle over for de nye standardeffekter. For at finde nye veje også på dette område forsøgte man sig med bl.a. styktælling og repræsentativ bestemmelse af partiets midtdiameter for at bestemme kubikindholdet. Denne metode bruges nu almindeligt i Danmark ved skovens opmåling af gulvtrækævler på 2,7 m og 5,4 m. Også andre metoder blev forsøgt i de nævnte lande; men ingen af dem vandt indpas i Danmark, hvor man i skovbruget stort set stadig anvender de gammelkendte opmålingsenheder og metoder.

Industrien derimod gik for løvtræeffekternes vedkommende begyndende fra 1968, over til at afregne leverandørerne i tons efter vejning af partierne, efterhånden som de ankom til fabrikken. Disse tal kommer således til at danne grundlag for afgang i skovdistrikternes materialregnskaber, vel i reglen omsat til det antal m³ eller rm, som man skønner, at den enkelte kundeafregning repræsenterer. Herved kan og er der i nogle tilfælde opstået store differencer mellem årets til- og afgang på distrikternes materialregnskaber, vel også undertiden fremkommet ved at den førnævnte repræsentative opmåling kan være behæftet med ganske store fejl.

Industriens overgang til vægtafregning med skovene har givet forstmænd anledning til at overveje, om man kunne lade disse afregninger danne grundlag både for akkordafregning med skovarbejderne og for til- og afgang i materialregnskaberne. I praksis vil dette imidlertid i de fleste tilfælde være umuligt, i hvert fald for distrikter med flere skovarbejdere, idet det vil være umuligt at undgå sammenblanding af flere arbejders skovning på de store lastbil- og jernbanevognlæs. Endvidere ville udtørringssvind nedsætte akkordafregningen alt efter, hvorlænge og på hvilken årstid træet havde stået kørt til bilfast vej inden afhentningen. Endelig ville det betyde, at

akkordafregningen i mange tilfælde måtte udskydes uacceptabelt længe.

For skoven ville det betyde, at man mistede en rimelig kontrol med mængden af det leverede træ.

Vægtafregning af løvtræeffekter

På Wedellsborg skovbrug overvejede vi – som sikkert mange andre skovbrugere – om vi kunne finde en mere tidssvarende løsning på skovens opmålingsproblem med de sekundære løvtræeffekter. På et medarbejdermøde i 1970 med film om aflægning af kranlængder spurgte skovarbejder CHR. OLANDER, om ikke vejning af kranlængderne i skoven var en farbar vej til løsning af opmålingsproblemet. Skønt lidt skeptiske tog vi ideen op. Lensgreve WEDELL bevilgede, at vi måtte bruge de nødvendige penge til gennemførelse af forsøg med vejning, og alle skovens medarbejdere gav tilsagn om, at de positivt ville være med i sådanne forsøg.

Sammen med Skovteknisk Institut undersøgte vi derefter, hvilke muligheder der kunne være for at kombinere udkørslen af kranlængderne med en vejning. Vi overvejede muligheden for at veje hele læsset med forskellige vejesystemer; men efter vort skøn ville disse give problemer, som gjorde dem uegnede til vort brug.

Resultatet blev, at vi besluttede os til at sætte en vejecelle ind mellem rotoren og grabben på den hydrauliske kran. Vejecellen blev med en hydraulslange forbundet med et manometer i førerhuset. På manometeret aflæser traktorføreren grabbens belastning i kg, svarende til vægten af træet i grabben og noterer tallet ned på et skema på en lille skrivepult foran ham. Hæfter med disse skemaer kan nu købes hos Dansk Skovforening.

Først brugte vi en engelsk Hawker-Siddeley vejecelle; men da den viste sig mindre robust, fandt vi frem til en meget robust og stabil svensk vægt fra et firma i Burträsk: Hydrovåg (THV—1500). Den var egentlig fremstillet til brug for lastbiler til check af læssets vægt, men viste sig også meget velegnet til vort formål. Den gang kostede den med mano-



Traktorfører Kaj Hansen, Wedellsborg Skovbrug, sidder i traktorens førerhus og noterer aflæsningen fra manometeret. Fotografiet er fra 1971 og viser det oprindelige manometer uden tælleværk.

meter omkring 4.000 kr., og de først anskaffede vejeceller er endnu i brug ca. 8 år efter anskaffelsen. Investeringen er således beskeden.

Senere er aflæsningen blevet forbedret ved, at manometeret er blevet forbundet med et tælleapparat til sammentælling af de enkelte grabfulde fra læsset, idet føreren kun behøver at trykke på en knap på manometeret for at overføre vægten til tælleapparatet, der opsummerer tallene, hvorved kun een aflæsning og notering er nødvendig for hele læsset.

Der findes en vejledning i vægtens montering og brug, og denne vil formentlig følge med ved ethvert salg af vægten.

Denne vægt har vist sig at være så robust og enkel i brug, at vi – trods overvejelser derom – endnu ikke er gået over til vejning med elektronisk overførsel.

En overbelastning af vægten vil ikke komme på tale i praksis, da den kan tåle et tryk på op til 1.600 kg og således eksempelvis kan tåle at veje en 5,4 m svellekævlé med en midtdiameter på

op til omkring 55 cm. En grabfuld kranlængder vejer normalt 200-300 kg.

Vejning sker mest hensigtsmæssigt ved allæsningen. Dels er det lettere at få fuld grab hver gang, og dels kan føreren bedst her koncentrere sig om vejningen.

Før vi kunne acceptere at indføre skovningsakkorder efter vægt, var det afgørende at konstatere, hvor nøjagtigt vægten vejede. Vi foretog derfor sammen med Skovteknisk Institut og med skovarbejdernes og traktorførernes medvirken en del kontrolmålinger, bl.a. ved at lade partier, der var vejjet med skovens vægt, efterveje på en kontrolleret brovægt. Overensstemmelserne var særdeles gode. Ofte lå differencerne indenfor $+ -1\%$ og største udsving var omkring $+ -2,5\%$. På årsbasis har distrikternes materialregnskaber normalt også senere vist ganske god overensstemmelse mellem vore og træindustriens vejninger. Her kan det dog spille ind, om effekterne skal stå længe uafhængt ved bilfast vej, navnlig når det sker i stærkt tørrende perioder, f.eks. i forårs- og forsommermånederne og i tørkeår, som vi havde dem i 1974, '75 og '76. Naturligvis vil det samme vægtsvind – og dermed tab i penge – også finde sted for traditionelt opmålte effekter. Ved vejemetoden har vi imidlertid bedre mulighed for at kontrollere, hvor meget træet svinder i vægt under sådanne omstændigheder, og det kan dreje sig om ganske store procenter. 10% er ikke ualmindeligt, og i ekstreme tilfælde, i et af tørkeårene, svandt et større parti 20-30% i vægt inden afhentningen. Svindet sker hurtigst for tynde effekter, hvor barken udgør en stor del af massen.

En konsekvens heraf må være, at udkørsel og vejning af det skovede træ, navnlig i stærkt tørrende perioder, skal ske hurtigt efter skovningen, hvis vejningen bliver brugt til akkordafregning med skovarbejderné, idet det hele tiden har været en forudsætning for indførelse af vægtafregning, at fortjenstmuligheden for skovarbejderne skulle være den samme ved denne metode som ved afregning efter m^3 og rm.

Før vi kunne bruge afregning efter vægt med skovarbejderne, foretog vi en del fastmassebestemmelser for løvtrækran-

Tabel 1. Tillæg til overenskomst pr. 1. sept. 1981 for Wedellsborg, Gyldensteen, m.fl. skovbrug.
Akkorder for løvtræ omregnet til kr. pr. ton:

Effekt	Midtdiam. cm	Betal. enhed ton	Hugstakkorder Skovningsklasse		Akkorder for sam- menbæring m		Frisk- rumv. ton/m ³	Fast- masset- tal	Friskrumv. × last- massetal
			I	II	0-5	0-10			
Bøg og eg: 2,7 m kævler	12-19	ton	30,32	32,43	(5,78)	(7,22)	1,07	1,10	1,1770
	20-24	"	20,59	22,37					
	25-	"	19,79	21,59					
Bøg og eg: 5,4 m kævler	12-19	ton	28,82	30,81			1,07	1,10	1,1770
	20-24	"	19,57	21,26					
	25-	"	18,77	20,46					
Bøg og eg: 2 m træ	7-11	ton	57,63	63,11	10,06	11,29	1,07	0,50	0,5350
	12-14	"	42,17	46,67	4,42	5,56			
	15-	"	42,17	45,22	4,42	5,56			
Bøg og eg: 3 m træ	7-11	ton	49,30	52,02	10,06	11,29	1,07	0,50	0,5350
	12-14	"	32,76	34,94	4,42	5,56			
	15-	"	31,50	33,68	4,42	5,56			
Bøg og eg: 2-3 m træ	7-11	ton	42,25	44,86	10,06	11,29	1,07	0,50	0,5350
	12-14	"	30,53	32,72	4,42	5,56			
	15-	"	30,53	32,72	4,42	5,56			
Andet løvtræ: 2,7 m kævler	12-19	ton	33,79	36,15	(6,44)	(8,05)	0,96	1,10	1,0560
	20-24	"	22,94	32,56					
	25-	"	22,06	24,06					
Andet løvtræ: 5,4 m kævler	12-19	ton	32,13	32,25			0,96	1,10	1,0560
	20-24	"	21,81	23,69					
	25-	"	20,91	22,81					
Andet løvtræ: 2 m træ	7-11	ton	64,22	70,33	11,22	12,59	0,96	0,50	0,4800
	12-14	"	47,00	52,02	4,93	6,20			
	15-	"	47,00	52,02	4,93	6,20			
Andet løvtræ: 3 m træ	7-11	ton	54,95	57,98	11,22	12,59	0,96	0,50	0,4800
	12-14	"	36,91	38,96	4,93	6,20			
	15-	"	35,10	37,53	4,93	6,20			
Andet løvtræ: 2-3 m træ	7-11	ton	47,09	50,01	11,22	12,59	0,96	0,50	0,4800
	12-14	"	34,03	36,47	4,93	6,20			
	15-	"	34,03	36,47	4,93	6,20			

længder. De fundne fastmassetal stemte iøvrigt ganske godt overens med de fastmassetal, vi hidtil havde anvendt. Fastmassetallene fremgår af tabel 1.

En anden nødvendig faktor til omregning af akkorder for m^3 og rm til tons er friskrumvægten for de enkelte løvtræarter (t/m^3 friskfældet træ). Det var i forsøgsperioden ikke muligt at fremskaffe tilstrækkeligt gode egne tal for de enkelte løvtræarters friskrumvægte; men en friskrumvægt på 1.070 kg for bøg og eg og 960 kg som gennemsnit for andre løvtræarter er benyttet, fastsat at institutleder P. TUTEIN BRENØE, Skovteknisk Institut, ud fra oplysninger fra Skovbruksinstituttet på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole samt ud fra den internationale skovbrukslitteratur.

Hertil må føjes, at ifølge oplysning fra professor P. MOLTESEN, Skovbruksinstituttet, kan en træarts friskrumvægt variere noget året igennem og tillige fra år til andet, målt på samme tidspunkt af året. De videnskabelige undersøgelser over disse forhold er imidlertid endnu så usikre, at de ikke kan anvendes i praksis, hvorfor vi har måttet se bort fra denne usikkerhedsfaktor.

Overenskomstens akkordsatser for kranlængder i m^3 og rm omregnes til akkordsatser pr. ton efter følgende formel:

$$\frac{\text{Akkordsats (kr/salgsenhed)}}{\text{Friskrumvægt (t/m}^3\text{)} \times \text{fastmassetal (m}^3\text{/salgsenhed)}} = \text{Akkordsats (kr/t)}.$$

Efter denne formel har vi siden beregnet vore t-akkorder for løvtræ; eksempler på disse ses i tabel 1. Tallene omregnes, hver gang der sker ændring i akkorderne. Nu foretages omregningen af sekretariatet i Skovbrugets Arbejdsgiverforening, normalt hver 1. marts og 1. september, hvis der er sket ændringer i akkorderne i mellemtiden. Her kan evt. interesserede rekvirere tabellerne.

Flere kontrolmålinger, foretaget både af distriktet og af skovarbejderne selv, har vist, at der er god overensstemmelse mellem fortjenesten ved skovning udregnet efter vejemetoden og af det samme parti opstillet og opmålt på traditionel vis.

Efter en kort forsøgsperiode blev resultaterne forelagt på et møde mellem repræsentanter fra D.A.S.F. (nu S.I.D), Skovbrugets Arbejdsgiverforening, Skovteknisk Institut samt Wedellsborg Skovbrug, der var repræsenteret ved alle medarbejdergrupper. Mødet fandt sted i juli 1971 og resulterede i en skriftlig erklæring fra de 2 organisationer gående ud på, at man på Wedellsborg Skovbrug måtte bruge den nye afregningsmetode for løvtræeffekter i en prøvetid på et halvt år.

Denne tilladelse er senere blevet förlænget, og nu er metoden godkendt i den generelle overenskomst, således i overenskomsten pr. 1. april 1981, pag. 24, protokollater og aftaler, pkt. 4. Her står bl.a. anført, at »forinden ordningen indføres på det enkelte skovdistrikt, skal organisationerne orienteres.«

Ifølge Skovteknisk Instituts tidsstudier (vejning af træ i skoven, pag. 10) medgår der i gennemsnit 15 sekunder til vejning af en grabfuld og notering af resultatet, og da der gennemsnitlig medgår 4 grabfulde til 1 m³, vil det sige, at tidsforbruget til vejeoperationerne er ca. 1 minut pr. m³. Efter tællværkets indførelse er tidsforbruget endnu mindre; men vi har ingen tidsstudier herfor.

Endvidere anføres det på samme side (vejning af træ i skoven), at i 1971 ville almindelig handelsopmåling, udført af en skovfoged og med den skovarbejder, som havde skovet træet, til hjælp ved opmålingen i skoven koste 300-400 øre pr. m³, mens vejningen kostede 50-100 øre pr. m³.

Vægtafregning af nåletræeffekter

Fra 1972 blev også spånpladefabrikkerne interesseret i at købe træet i kranlængder, for nåletræets vedkommende i 2-3 m eller 3 m træ, idet også den hele kranlængde på 4-6 m forsøgtes, men kun blev leveret i meget små mængder og nu – som det er sket for løvtræet – næppe leveres mere.

Fabrikkernes kontrolopmåling af skovenes nåletræeffekter var vanskelig og usikker, hvorfor f.eks. Novopan Træindustri A/S eksperimenterede sig frem til en afregning med leverandørerne i m³, bestemt på fabrikken ved vejning af hvert last-

billæs i t, hvorefter massen omregnes til m^3 efter en vægtfyldebestemmelse ved neddykning i vand af en prøve af det samme læs. Denne metode giver altid leverandøren en korrekt m^3 -afregning.

Man undgår således, i modsætning til hvad der er tilfældet ved fabrikkernes vejning af løvtræeffekterne, at et vægtsvind ved indtørring inden afhentningen påvirker afregningen til sælgeren i negativ retning; men stadigvæk viser det, at industrien har problemer med at acceptere vore skovrummetre.

Efter indførelsen af kranlængder af nåletræ som industritræ blev vejning af disse effekter også af interesse for os som grundlag for akkordafregning med skovarbejderne.

Vi måtte dog erkende, at der måtte foretages en del målinger, før vi kunne bruge vejemetoden for nåletræ. Dels var fastmassetallene for nåletrækranlængder endnu kun undersøgt ved ret få målinger, og dels stod vi uden større viden om de forskellige nåletræarters friskrumvægte under vore forhold (Bonitet, Hugstgrad). Hertil kom, at professor P. MOLTESEN udtrykte stor betænkelighed ved en generel anvendelse af vejemetoden for nåletræ. Dette begrundede han med, at kernen i nåletræ er betydelig mindre vandholdig og dermed lettere end splinten, og at kernen med stigende diameter vil indtage en stadig større del af træmassen, således at træets friskrumvægt ikke er konstant, men ændres med stigende diameter og dermed også med alderen, ligesom forskellige hugstgrader kan give forskellig friskrumvægt.

Generelt vil det betyde, at vore målinger for nåletræets friskrumvægte kun kan bruges, uden yderligere afprøvning, på lokaliteter med nogenlunde samme bonitet og hugstgrad som på Wedellsborg.

Dels på grund af problemet med friskrumvægten og dels, fordi vejning kun kunne antages at få interesse for effekter fra unge bevoksninger, bestemte vi os til kun at undersøge forholdene i unge bevoksninger, hvor splinten endnu må antages at udgøre den overvejende del af vedmassen.

Vi begyndte derfor, igen i samarbejde med Skovteknisk Institut, at gennemføre en række målinger af friskt nyskovet 3

Tabel 2. Tillæg til overenskomst pr. 1. sept. 1981 for Wedellsborg, Gyldensteen, m.fl. skovbrug.

Akkorder for 3-meter træ af nåletræ omregnet til kr. pr. ton:

Friskrumvægt kg./m ³	Midtdiam. cm	Betal. enhed ton	Hugstakkord skovningskl. I kr./ton	Akkord for sammen- lægning meter		Stød- smøring kr./ton	Frisk- rum- vægt ton/m ³	Fast- masse- tal	Friskrum- vægt × fastmasse- tal
				0-5	0-10				
550 (550-599)	7-11	ton	167,12	25,11	29,06	10,31	0.55	0.57	0.3135
	12-14	ton	107,12	13,72	17,20	9,82			
	15-	ton	83,23	13,10	16,42	9,39			
600 (600-649)	7-11	ton	153,19	23,01	26,64	10,11	0.60	0.57	0.3420
	12-14	ton	98,19	12,58	15,76	9,01			
	15-	ton	76,30	12,01	15,05	8,61			
650 (650-699)	7-11	ton	140,32	21,25	24,59	9,35	0.65	0.57	0.3705
	12-14	ton	90,64	11,61	16,73	8,32			
	15-	ton	70,44	11,08	13,91	7,96			
700 (700-749)	7-11	ton	131,30	19,72	22,83	8,67	0.70	0.57	0.3990
	12-14	ton	84,16	10,78	13,50	7,70			
	15-	ton	65,41	10,29	12,91	7,38			
750 (750-799)	7-11	ton	122,55	18,41	21,31	8,09	0.75	0.57	0.4275
	12-14	ton	78,56	10,05	12,62	7,21			
	15-	ton	61,04	9,62	12,05	6,89			
800 (800-849)	7-11	ton	114,89	17,26	19,97	7,59	0.80	0.57	0.4560
	12-14	ton	73,63	9,43	11,84	6,75			
	15-	ton	57,21	9,01	11,30	6,45			
850 (850-899)	7-11	ton	108,13	16,24	18,80	7,44	0.85	0.57	0.4845
	12-14	ton	69,31	8,88	11,11	7,15			
	15-	ton	53,86	8,47	10,63	6,08			
900 (900-949)	7-11	ton	102,14	15,35	17,76	6,74	0.90	0.57	0.5130
	12-14	ton	65,47	8,39	10,52	6,01			
	15-	ton	50,87	8,00	10,03	5,73			
950 (950-999)	7-11	ton	96,76	14,55	16,82	6,38	0.95	0.57	0.5415
	12-14	ton	65,47	7,94	9,96	5,69			
	15-	ton	48,18	7,59	9,50	5,44			
1000 (1000-)	7-11	ton	91,87	13,82	15,99	6,08	1.00	0.57	0.5700
	12-14	ton	58,91	7,55	9,45	5,40			
	15-	ton	45,78	7,20	9,03	5,17			

m nåletræ, opstillet i rm i en nøjagtig til formålet konstrueret jernramme på $1 \times 1 \times 3$ m, svarende til, at den kunne rumme 3 rm. Herved blev ukorrekt opstilling undgået; men måske blev fastmassetallene bestemt på denne måde lidt lavere end ved normal opstilling i skoven med mange rm i samme stak uden pæleadskillelse, noget vi skønsvis tog højde for ved den endelige fastsættelse af fastmassetallene.

Samtidig bestemtes friskrumvægten for hvert målt parti. Som ovenfor nævnt er der kun målt på friskt og sundt træ, idet dødt eller mere eller mindre tørt træ vil give stærkt varierende friskrumvægte, alt efter tørhedsgraden. Som det kan ses af tabel 2, er der givet mulighed for at bruge akkorder for tørt træ med friskrumvægte helt ned til 550 kg.

En del af målingerne blev foretaget af elever; men til sidst overtog forstkandidat JAN CLAUSEN, Skovteknisk Institut, arbejdet, og han afleverede i 1976 en rapport over måleresultaterne. Af denne fremgår det, at der er målt 19 prøver af sitkagran i aldrene 16 til 38 år, 9 prøver af douglasgran i aldrene 18 til 36 år. 10 prøver af rødgran i aldrene 20 til 30 år, 8 prøver af lærk i aldrene 20 til 38 år og 4 prøver af skovfyr i aldrene 18-34 år.

JAN CLAUSEN skriver i sin rapport, at flere bevoksningsdata kunne lægges til grund for en rumvægtsbedømmelse, men at bevoksningsalderen fandtes mest anvendelig; derfor er målingerne spredt over så mange aldre som muligt i unge bevoksninger.

Om årstidsvariationerne skriver han endvidere i rapporten: »Sitkagran er bedst repræsenteret; derfor bruges kun prøver herfra. Alle værdierne er omregnet til samme alder (= 20 år) ved hjælp af den beregnede regressionslinie, hvilket vil sige, at de er blevet parallelforskuet op til alderen 20 år. Det ser for mig ikke ud til, at der er væsentlig årstidsvariation.«

Materialet vedrørende vejning af nåletræ blev forelagt for alle medarbejdere på Wedellsborg og Frederiksgave Skovbrug på et møde den 14. juli 1977. Her blev det vedtaget i fremtiden, eller i hvert fald til et bedre materiale forelå, at anvende

følgende tal for fastmasse og friskrumvægt for effekter af ungt nåletræ:

Fastmassetal pr. rm af 3m træ meddiam.	7-11 cm:	0,57
” ” ”	12-14 cm:	0,64
” ” ”	o. 15 cm:	0,67

For friskt træ benyttes følgende rumvægte:

Rødgran	0,95
Sitka, douglas og ædelgran under 25 år	0,95
Sitka, douglas og ædelgran over 25 år	0,90
Lærk	0,90
Skovfyr	1,00

Tabel 2 viser t-akkorder for 3 m nåletræ omregnet fra rm - akkorder og med friskrumvægten som indgang i tabellen. Tillige er angivet t-akkorder for smøring med stødnitrit.

Et skridt videre gik vi i 1979, idet vi aftalte med først et senere to nåletræssavværker, at vi i unge nåletræbevoksninger måtte aflægge afkortet tømmer, som savværkerne betalte pr t efter vor vejning. Tømmerets topdiameter skulle være mindst 10 cm, og længderne måtte variere fra 3 til 6 m efter et antal opgivne mål. En forudsætning for aftalen er, at alle længder må lægges i samme bunke ved bilfast vej, blot skal alle rod-ender vende samme vej i bunken.

Enhver form for styktælling eller anden opmåling undgås ved denne fremgangsmåde; men nøjagtigheden er sikkert mindst lige så god som ved en repræsentativ opmåling af de mange små stokke.

Tabel 3 viser skovningsakkorderne for afkortet tømmer. I tabellen er også angivet t-akkorder for smøring med stødnitrit.

Nogle fordele og ulemper ved vægtafregning af kranlængder.

Da vi indførte vejning af de sekundære træeffekter, var det vort håb, at træindustrien i stor udstrækning ville acceptere vor vejning af det friske træ som afregningsgrundlag. Dette er hidtil kun sket for bøgesvellerkævler til Collstrop-Dansk Træ-impregnering A/S samt, som allerede nævnt, for afkortet tømmer af ungt nåletræ.

Hvis vejning i skoven blev anvendt i større udstrækning, ville man sandsynligvis let kunne få flere træindustrier til at

Tabel 3. Tillæg til overenskomst pr. 1. sept. 1981 for Gyldensteen m.fl. skovbrug.
Akkorder for afkortet tømmer i unge nåletræsbevoksninger omregnet til kr. pr. ton.

Træ-arter m.m.	Fast-masse-tal	Frisk- rum- vægt ton/m3	Fastm. × Frisk- rv.	Kr. pr. ton	Ud- bær.	Stød- smør.	Træ-arter m.m.	Fast- masse- tal	Frisk- rum- vægt ton/m3	Fastm. × Frisk- rv.	Kr. pr. ton	Ud- bær.	Stød- smør.	Træ-arter m.m.	Fast- masse- tal	Frisk- rum- vægt ton/m3	Fastm. × Frisk- rv.	Kr. pr. ton	Ud- bær.	Stød- smør.
Alt RGR, samt SGR, DGR og ÆGR u. 25 år	1.05	0.95	1.00	65,47	7.94	5.69	SGR, DGR, og ÆGR over 25 år samt LÆR	1.05	0.90	0.95	68.92	8.36	5.99	FYR	1.05	1.00	1.05	62.35	7.56	5.42

Akkorderne er angivet således som vedtaget på et medarbejdermøde på Wedellsborg den 26.8 1980, d.v.s. som akkorderne for 12-14 cm gruppen af 3 meter træ med friskrumvægt 950-999 kg.

købe vore effekter efter skovens vejning, måske suppleret med en stikprøvevis eftervejning ved modtagelsen på industrierne. Herved ville man undgå de udtørringstab, som skovene nu i mange tilfælde må lide, ligesom en fakturering fortløbende kunne ske, når træet var klar til levering.

Vejner man træet ved udkørslen i stedet for at bruge traditionel opmåling, har man den fordel, at traktorføreren ved opstillingen ved bilfast vej kan aflæse alle læs af samme effekt i samme stak, selv om de stammer fra forskellige skovningshold eller forskellige afdelinger. Efter hvert læs noterer traktorføreren blot, fra hvilket skovningshold og fra hvilken afdeling træet stammer, samtidig med at han noterer læssets vægt. Herved vil der i mange tilfælde opnås en tidsbesparelse under udkørslen, ligesom opstillingen ofte kan koncentreres på et mindre areal.

For skovfogeden betyder metoden en tidsbesparelse derved, at han for alle sekundære effekter blot får vejesedler lige til at bruge til udarbejdelsen af skovningsregningerne. Et ikke ubetydeligt målearbejde i skoven, udarbejdelse af målelister, udregning af antal rm i de rm-satte stakke m.m. spares altsammen, noget der nok kan være nødvendigt, efterhånden som skovparterne er blevet større, og nye tidsrøvende opgaver, som f.eks. kontrol og afregning med selvhuggere og brændesankere, er dukket op.

Nøjagtigheden ved vejning er sikkert større, end det ofte er tilfældet ved de repræsentative målinger, ja formentlig også større end den, der normalt opnås ved måling af de ofte meget store og noget ujævne stakke af rm-satte effekter.

Tidligere er omtalt fordelene ved, at vi ved at bruge vejemetoden »taler samme sprog« som de fleste af vore aftagere, hvilket gør en sammenligning mellem de to opmålinger mere rimelig.

Ved et stort lokalt brændesalg af kranlængder kan det være en fordel at bruge vejning ved aflæsningen af de små partier – og salg i t – istedet for opstilling og salg i rm.

Som en ulempe ved vejningen må, som tidligere anført, nævnes, at metoden nedsætter præstationen ved udkørslen

med den tid, vejning og notering tager, noget der dog rigeligt skulle opvejes af tidsbesparelsen ved at undgå traditionel opmåling, udregning m.m.

Endvidere betyder indsætningen af vejecellen mellem rotor og grab, at kranføreren nok får lidt mindre sikker styring på grabben, ligesom vejecellen forhindrer, at grabben kan drejes helt rundt. Vi har ikke lavet tidsstudier over disse geners betydning; men for en rutineret traktorfører betyder det næppe meget.

Slutning.

Som tidligere omtalt bruger vi stadig den solide Hydrovåg, selv om der findes elektronisk vejeudstyr, som er anvendeligt for vejning i skoven. Når Hydrovågen er slidt op, går vi sandsynligvis over til at bruge elektronisk vejeudstyr, hvilket nok vil kunne afkorte tiden til aflæsning og notering lidt, hvis man da ikke i mellemtiden har fundet egnede vægte til vejning af hele læsset på een gang, noget der vist nok eksperimenteres med enkelte steder.

Til sidst vil jeg takke dem, der har været involveret i og støttet disse forsøg, først og fremmest Lensgreve WEDELL, fordi vi måtte bruge tid og penge til forsøgene, dernæst følgende medarbejdere fra Skovteknisk Institut: P. TUTEIN BRENNØE, JAN CLAUSEN og NIELS HEDING for deres støtte ved ideernes udførelse og gennemførelse. Endvidere alle mine tidligere medarbejdere på Wedellsborg og Frederiksgave Skovbrug, både skovfogeder, traktorførere og skovarbejdere for deres positive medvirken og den interesse, de har udvist ved forsøgenes gennemførelse. Også tak til professor P. MOLTESEN for oplysninger og gode råd i forbindelse med forsøgene.

Endelig også en tak til Skovbrugets Arbejdsgiverforening og Fynske Skovbrugs Fordelingsforening for økonomisk støtte til gennemførelse af de mange målinger.

Summary.

Around 1970 the wood industry agreed to accept secondary round wood in piece lengths suitable for crane loading. At the same time the tractor-

powered waggon with crane for forwarding shortwood was introduced in the forest. This gave rise to the introduction of a new system of settling the accounts with the forests, since the majority of the wood industries soon switched over to measuring and paying for the wood by weight. The weight was determined by weighing the logs at the factory. However, the system of stacking the wood in cubic metres stacked volume or measuring the wood in cubic metres solid volume was maintained in the forest.

Like many other forest enterprises — in Denmark as well as abroad — Wedellsborg Forestry has endeavoured to find new measuring systems that could be applied both to the piecework payment of the forest workers and to the invoicing to industry.

For this purpose we started to measure the round wood by weight in 1971. The weighing was done simultaneously with the unloading at truck road, by means of a weighing cell mounted between the crane's grapple and rotator. Through a hydraulic hose the pressure exerted was transferred to a manometer recording the weight in the driver's cabin. The method proved very exact.

For conversion of piecework rates per volume unit into piecework rates per weight unit, the solid volume contents and green densities of the wood were determined. Since then the system has worked satisfactorily for the calculation of piecework payments, whereas only very few wood industries have accepted our weighing as a basis for invoice calculation.

The article subsequently analyses the advantages and disadvantages of the weighing system.

Litteratur

- PER TUTEIN BRENNØE: Vejning af Træ i Skoven. Lønafregning efter Vægt af skovede Effekter. Skovteknisk Institut. 1971.
- NIELS HEDING: Skovning og transport af Bøg. Rejseindtryk fra Tyskland og Sverige. D.S.T. 1969.
- Skovning og transport af Bøg. D.S.T. 1971.
- Samarbejdet mellem Industri og Skovbrug. Skoven 1972, pag. 236.
- Vægtafregning af Nåletræ til Industribrug. Skoven 1973, pag. 25.
- PER NYLINDER: Om vægning av massaved. D.S.T. 1972.
- AAGE MARCUS PEDERSEN: Dansk Skovforenings Redskabsdemonstration 1962. D.S.T. 1963.
- og IB CLAUSAGER: Dansk Skovforenings Redskabsdemonstration 1965. D.S.T. 1966.
- POUL QVISTGAARD: Indlæggelse af Stikspor paa Wedellsborg Skovbrug. Skovteknik '69. Udgivet af Dansk Skovforening.
- E. TOLSTRUP: Afregning af træ efter vægt. Referat af en NSR-rapport. Skoven 1972, pag. 241.

(Hydrogvåg forhandles af Skovmas Aps., 8870 Langå).

ØKONOMISK BØGEDYRKNING

Af

Skovrider BØRGE PETERSEN

Oxford class: 65:648

I min artikel i DST september 1981 siger jeg i konklusionen på side 265 om bøgedriftsformen i Råhovedskov, at »jo ældre moderbevosningen er inden naturforyngelsen kommer, jo ringere bliver resultatet.« Det står som et postulat, og det ærgrer mig, da jeg har materialet til at bevise det. Et materiale som endda kan pege på, hvordan økonomisk rigtig bøgedrift bør være. Jeg føler derfor, at jeg må fremlægge det til eftertanke.

Grundmaterialet er dels økonomiberegningen over Råhovedhugsten (DST september 1981), dels TORSTEN HANSENS økonomiberegning over bøg til sammenligning med rødgran på de stive lerjorder (DST marts 1981).

Råhovedskov er en bøgedriftsform med én naturforyngelse under en 60-årig moderbevoksning, hvor overstanderne afvikles over 33 år.

TORSTEN HANSENS bevoksning er en tilsvarende bøgedriftsform med naturforyngelse, der først kommer under 110 årig moderbevoksning, hvor overstanderne derefter afvikles over 21 år. TORSTEN HANSEN beskriver bevoksningen som »en model for cyklisk bøgedyrkning på Vallø Stifts Skovbrug, udarbejdet af SUNDE og THOMSEN 1979.« Jeg har gennemregnet denne model med samme priskurve (forår 1981), som er brugt i Råhovedskovberegningen.

Boniteten i Råhovedskov er 1,2 og Vallø modellen er 1,5, altså rimeligt sammenlignelige.

Beregningsmaterialet er følgende:

Priskurve for bøg netto på rod (se DST september 1981 side 252 og 255) (Fig. 1).

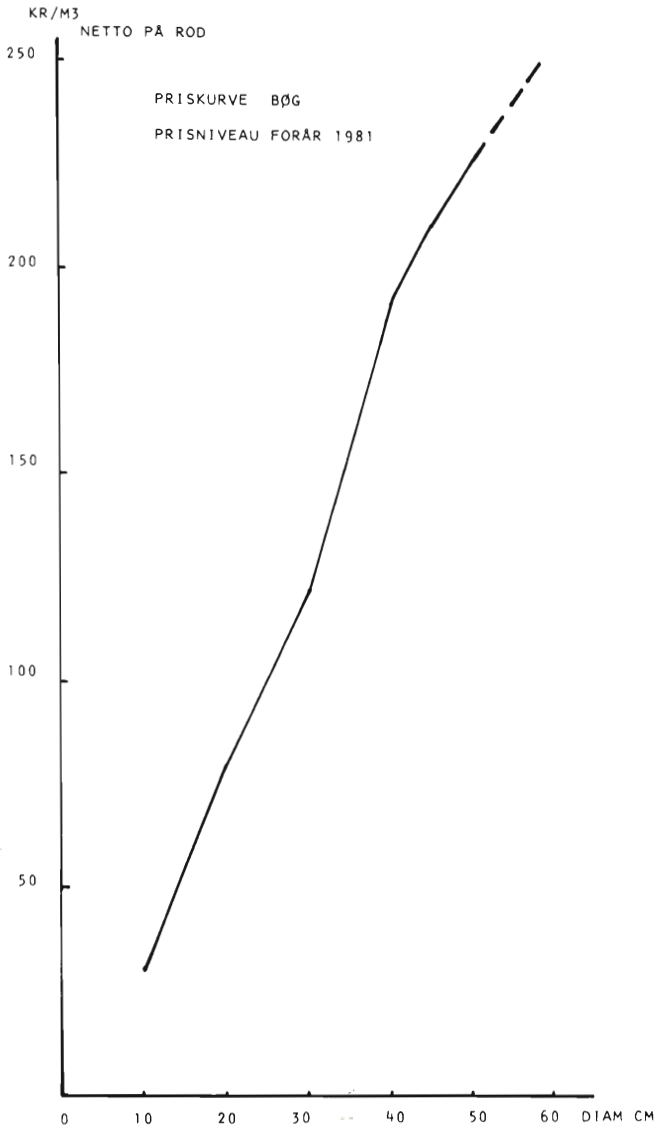


Fig 1.

Råhovedskov

Tabel 1. Beregning af gennemsnitlig årligt dækningsbidrag (kasseoverskud), kr.

Alkl. år	Hugst m ³	Diam. cm	NPR kr	Hugst kr	Dyrkn. omkostn. kr	Alkl. år	Hugst m ³	Diam. cm	NPR kr	Hugst kr	Skovn. omkostn. kr	Skat kr	Alderskl. værdi kr
0						60					-27968	- 120	-28088
1 - 9						61-69	144	30.6	124	17856		-1080	16776
10-19					-2520	70-79	145	39.1	185	26825		-1200	23105
20-29	41	7.3	30	1230	-4410	80-89	238	47.7	218	51824		-1200	47504
30-39	86	12.3	42	3612		90-93	80	51.5	230	18400		-1200	20812
40-49	75	17.2	67	5025								-1200	3825
50-59	66	21.5	85	5610								-1200	4410
60	304	22.9	92	27968									27968
				43445	-6930					114965	-27968	-7200	116312

Gennemsnitlig årligt 1.938 kr/ha

Råhovedskov

Beregning af jordens brugsværdi (jordværdi) ved fortsat dyrkning af bøg:

Tabel 2.

Alkl.	Alkl. værdi kr.	Diskon-teringstid	Rentefod 4% Diskonterings		Rentefod 5% Diskonterings		Rentefod 8% Diskonterings	
			Faktor	Værdi	Faktor	Værdi	Faktor	Værdi
0	-28088	0	1.0000	-28088	1.0000	-28088	1.0000	-28088
1 - 9	16776	5	0.8219	13788	0.7835	13144	0.6806	11418
10-19	23105	15	0.5553	12830	0.4810	11113	0.3152	7783
20-29	47504	25	0.3751	17818	0.2953	14028	0.1460	6936
30-39	20812	35	0.2534	5273	0.1813	3773	0.0676	1407
40-49	3825	45	0.1712	654	0.1113	425	0.0313	120
50-59	4410	55	0.1157	510	0.0683	301	0.0145	64
60	27968	60	0.0951	2660	0.0535	1496	0.0099	277

25445 16192 - 83

$$\text{Evighedsfaktor } \frac{1.\text{op}^{60}}{1.\text{op}^{60}-1}$$

1.1050 28116 1.0566 17108 1.0100 - 84

Den interne rentefod er altså 8%.

Denne økonomiberegning forudsætter, at der kommer en naturforyngelse ved 60 år. Hvad nu hvis den ikke kommer? Bør man i så fald lave en kultur? Eller kan det betale sig at vente og i bekræftende fald hvor længe?

En priklekultur har yderst gunstige forhold under en 60 årig bølgebevoksning, – der vil kun være anemone, asperula og bingelurt, altså intet der kan genere en kultur med 2/o planter.

En kultur med 10.000 planter/ha skippet ned koster ikke over 16.000 kr/ha (planter 10.000 kr, arbejds løn m.m. 6.000 kr).

Beregning af kasseoverskud, når der laves en priklekultur, er såre enkel. I beregningsskemaet skal den aldersklassevis værdi ved 0 år blot reduceres med 16.000 kr.

Den samlede værdi bliver derefter $116.312 - 16.000 = 100.312$ kr, *d.v.s. et gennemsnitligt årligt kasseoverskud på 1.672kr/ha*

Beregningen af den interne rentefod er lige så enkel. Værdien ved 0 år reduceres med 16.000 kr. Gør man det ved

Valø

Tabel 3. Beregning af gennemsnitlig årligt dækningsbidrag (kasseoverskud), kr.

Alkl. år	Hugst m ³	Diam. cm	NPR kr	Hugst kr	Dyrkn. omkostn. kr	Alkl. år	Hugst m ³	Diam. cm	NPR kr	Hugst kr	Skovn omkostn. kr	Skat kr	Alderskl. værdi kr		
0						110	101	51	230	23230	-92690	- 60	-69520		
1 - 9						110-119	96	53.5	236	22656		-1080	21576		
10-19					-1155	120-129	180	54.5	238	42840		-1200	40485		
20-29	52	8	30	1560	-2940	130-134	105	58.5	250	26250		-1200	23670		
30-39	58	12	42	2436								-1200	1236		
40-49	65	17.5	67	4355								-1200	3155		
50-59	70	24.5	98	6860								-1200	5660		
60-69	75	30.5	124	9300								-1200	8100		
70-79	78	36	164	12792								-1200	11592		
80-89	77	41	196	15092								-1200	13892		
90-99	73	45	210	15330								-1200	14130		
100-109	68	49	224	15232								-1200	14032		
110	403	51	230	92690								- 60	92630		
					175647	-4095						114976	-92690	-13200	180638

Gennemsnitlig årligt kasseoverskud 1642 kr/ha

beregningen med rentefod 5% får man $16.192 - 16.000 = 192$ kr., der med evighedsfaktor 1.0566 giver en jordværdi på 202 kr/ha.

Den interne rentefod er altså 5%.

Spørgsmålet hvorlænge kan vi vente på en naturforryngelse får vi svar på i forbindelse med økonomiberegningen over Valløhugsten i tabel 3, side 64.

Vallo

Tabel 4. Beregning af jordens brugsværdi (jordværdi) ved fortsat dyrkning af bøg

Alkl.	Alkl. værdi kr	Diskon-terings tid	Rentefod 4% Diskonterings		Rentefod 3% Diskonterings		Rentefod 2% Diskonterings	
			Faktor	Værdi	Faktor	Værdi	Faktor	Værdi
0	-69520	0	1.0000	-69520	1.0000	-69520	1.0000	-69520
1 - 9	21576	5	0.8219	17733	0.8626	18611	0.9057	19541
10-19	40485	15	0.5553	22481	0.6419	25987	0.7430	30080
20-29	23670	25	0.3751	8879	0.4776	11305	0.6095	14427
30-39	1236	35	0.2534	313	0.3554	439	0.5000	618
40-49	3155	45	0.1712	540	0.2644	834	0.4102	1294
55-59	5660	55	0.1157	655	0.1968	1114	0.3365	1905
60-69	8100	65	0.0781	633	0.1464	1186	0.2760	2236
70-79	11592	75	0.0528	612	0.1090	1264	0.2265	2626
80-89	13892	85	0.0357	496	0.0811	1127	0.1857	2580
90-99	14130	95	0.0241	341	0.0603	852	0.1524	2153
100-109	14032	105	0.0166	233	0.0453	636	0.1250	1754
110	92630	110	0.0134	1241	0.0387	3585	0.1132	10486
				-15363		- 2580		20180

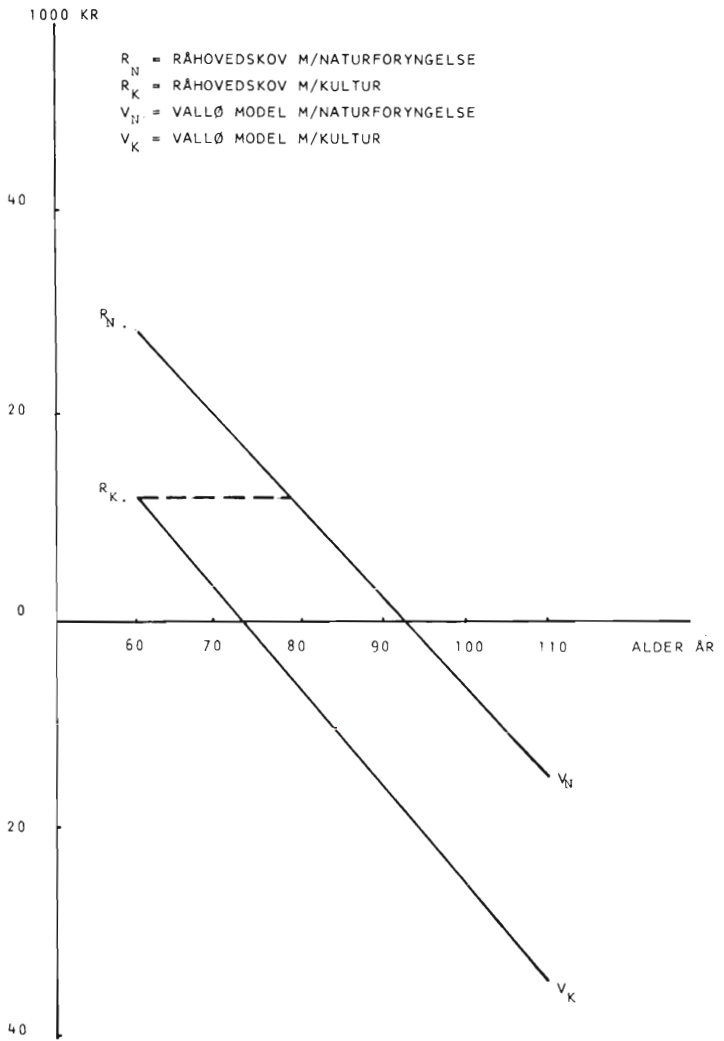
$$\text{Evighedsfaktor} \frac{1.0p^{110}}{1.0p^{110}-1}$$

Jordværdi 1.0135 -15571 1.040 -2683 1.1249 22700

Den interne rentefod er altså 2,9%.

På samme måde som ved Råhovedhugsten kan man tænke sig en kultur lavet under 110 årig bøg. Dette vil nærmest svare til »gammeldags« bøgedriftsform. Jordbundstilstanden under 110 årig bøg er langt ringere end under en 60 årig bevoksning. En kultur kan derfor næppe etableres uden jordbearbejdning og antagelig også slåning af ukrudt. Kulturen kan derfor

JORDVÆRDI MED 4% RENTEFOED



Figur 2.

skønsvist sættes til 20.000 kr/ha, altså 4.000 kr dyrere end under den 60 årige bevoksning.

Beregningen af kasseoverskud er også her let. Det totale kasseoverskud reduceres fra 180.638 til 160.638 kr, hvilket giver et gennemsnitligt årligt kasseoverskud på 1.460 kr/ha.

Jordværdien fremkommer ved at ændre 0 punktsværdien -69.520 til -89.520 kr, hvilket ved en rentefod på 2% giver en jordværdi på $180 \times 1.1249 = 202$ kr.

Altså en intern rentefod på 2%.

Hvis man lægger de fundne resultater af jordværdi ved 4% rente grafisk op, får man fig. 2.

Her får man svaret på hvorlænge man økonomisk kan vente på naturforyngelsen, - man kan vente 20 år (fra 60-80 år). Kan man lave kulturen billigere end 16.000 kr/ha indsnævres dette tidsrum, og modsat hvis kulturen bliver dyrere.

Konklusionen er: Tror man ikke på at en naturforyngelse kommer inden moderbevoksningen bliver 80 år, er det klogest at lave kulturen, hvor man endda har chancen for at indføre en bedre proveniens.

60 år er nok den nedre grænse for muligheden for en naturforyngelse, men kultur kan man jo lave når som helst. Det kunne være interessant at finde ud af, om en kultur under en 50 årig bøgebevoksning kunne give et lige så godt resultat som naturforyngelse ved 60 år.

Sammendrag

Råhovedskov,	naturforyngelse,	kasseoverskud 1.938 kr/ha/år intern rentefod 8%
Råhovedskov,	kultur,	kasseoverskud 1.672 kr/ha/år intern rentefod 5%
Vallø ,	naturforyngelse,	kasseoverskud 1.642 kr/ha/år intern rentefod 2,9%
Vallø ,	kultur,	kasseoverskud 1.460 kr/ha/år intern rentefod 2%

Hvilken driftsform man vil vælge afhænger af driftsformålet.

Ønsker man højest mulig forrentning og stort kasseoverskud, vælger man driftsformen i Råhovedskov. Her opnår

man ingen større kapitaldannelse, man opnår maksimalt 300 m³/ha til en værdi af ca. 28.000 kr/ha.

Ønsker man størst mulig kapitalopsparing, og kan man affinde sig med dårlig forrentning, men med et rimeligt årligt kasseoverskud, så vælger man Vallø model, hvor der maksimalt står 400 m³/ha til en værdi af ca. 93.000 kr/ha.

Summary

The economic calculations presented in the paper »Economic Beech Growing« demonstrate that when the object of the operations is the highest possible average nett profit per annum and maximum return on investment, the following conclusions must be drawn:

The older the parent stand has become before the natural regeneration sets in, the poorer the economic result. Preferably the natural regeneration should set in when the parent stand has reached an age of about 60 years. With a prolonged period of waiting for the regeneration, i.e. more than about 20 years, an artificial regeneration planted at the right time will be more profitable.

TOFARVET PIGHINDE (*ODONTIA BICOLOR*) SOM ÅRSAG TIL RÅD I LEVENDE NÅLETRÆ

Af
J. KOCH*)
Plantepatologisk Afdeling, KVL

Oxford class: 433.3

Introduktion

Vel alle skovbrugere har set denne svamp talrige gange under deres færden i nåleskoven, men alligevel er der næppe nogen, der kender den; måske fordi den ikke opfattes som en svamp i traditionel forstand som f.eks. honningsvampen eller rodfördærveren, eller blot at der ikke er overskud til ting, som man ikke tror har betydning for rationel skovdrift.

I de sidste 15 år har en række undersøgelser først og fremmest over rådkader i levende, stående rødgran peget på, at langt flere svampe end tidligere antaget er medvirkende til råd og misfarvning (PAWSEY & GLADMAN 1965, PECHMANN & AUFSESS 1971, KALLIO & TAMMINEN 1974, AUFSESS 1978, ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1980, 1981). En af disse svampe er *Odontia bicolor*. Den er vidt udbredt i Nordamerika og Europa og er almindelig i Danmark.

Patogen

Odontia bicolor (Alb. & Schw. ex Fr.) Quel. hører hjemme i poresvampordenen (Aphyllophorales, Basidiomycotina). Som nyere navn kan nævnes *Resinicium bicolor* (Alb. & Schw. ex Fr.) Parm.

*) J. Koch. Plantepatologisk Afdeling. Thorvaldsensvej 40. 1871 København V.

Undersøger man det angrebne ved i mikroskopet, ser man, at svampens hyfer er rigeligt til stede i taveceller og parenkymceller. Hyferne er lyse og tyndvæggede, 2-3 μm i diam., med øskenceller. I stærkt destrueret ved udgår der vinkelret fra hyferne korte sidegrene, der er let opsvulmede i spidsen (cystider). Cystiderne bærer en kappe af grove, stråleformet ordnede, spidse enkeltkrystaller, fig. 1.

Frugtlegemerne (fig. 2), der er hindeagtige og knap milli-

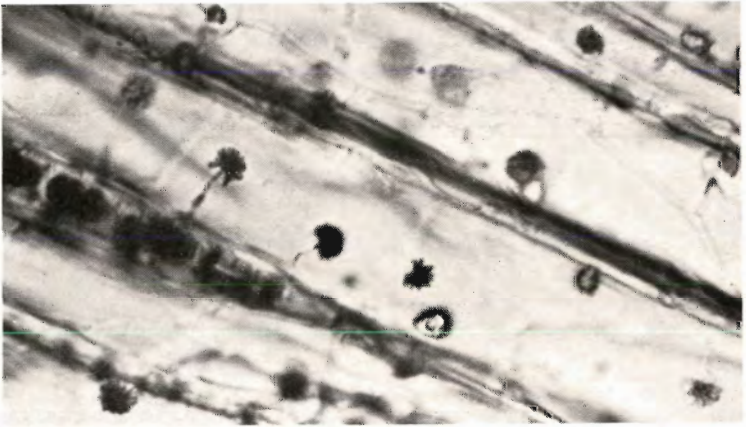


Fig. 1. Rødgran (*Picea abies*) angrebet af *O. bicolor*, tangentialsnit. Bemærk hyfer med cystider samt perforationer, hvor hyferne går fra celle til celle, $\times 250$.

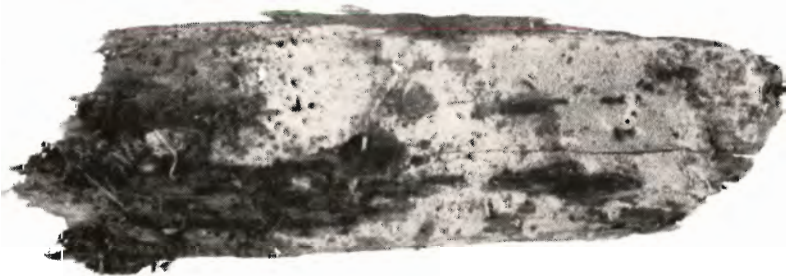


Fig. 2. *Odontia bicolor*. Frugtlegeme på rødgranved. Det hindeagtige frugtlegeme er svagt nubret, nat. st.

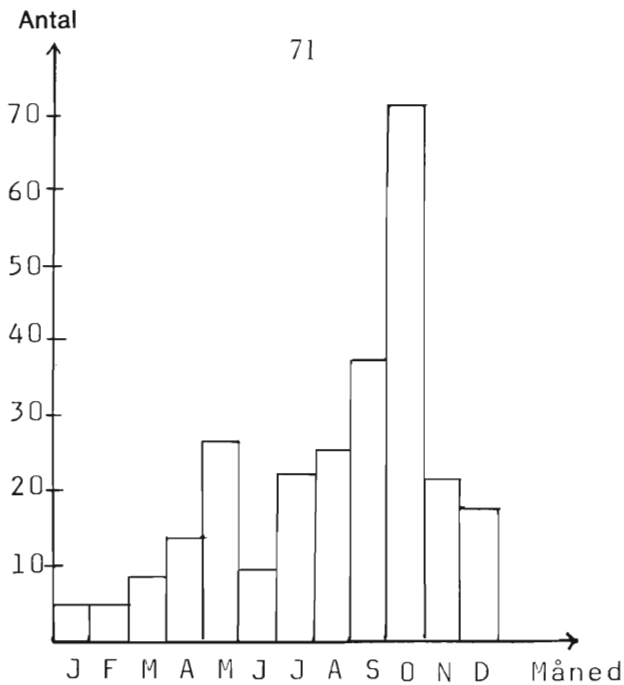


Fig. 3. *Odontia bicolor*. Forekomsten af frugtlegerer i Danmark vist ved fordelingen af 269 indsamlinger til årets forskellige måneder. Materialet er fra Plantepatologisk Afdelings samling og Botanisk Museum.

metertykke, forekommer på sideflader af gl. stød eller på undersiden af efterladte effekter, mest hvor barken er faldet af, men også af og til dækkende barkdele. Ofte er ganske store flader, f.eks. $30-40 \times 10-15$ cm, beklædt af frugtlegeret, der er blødt, stedvis voksagtigt, hvidt eller cremegulligt med grønligt eller rosa skær. Benytter man lup, vil man se, at overfladen er besat med tætsiddende pigge eller kegleformede vorter indtil 0,5 mm høje. Hele overfladen er dækket af det sporebærende lag (hymeniet), der består af basidier og de foran nævnte karakteristiske cystider. Basidiesporerne er lyse, aflangt-elliptiske $7 \times 3 \mu\text{m}$.

Frugtlegererne er beskrevet første gang i dansk botanisk litteratur af M. P. CHRISTIANSEN (1953) og er siden samlet så mange gange, at svampen må betragtes som almindelig i Danmark. Hyppigst forekommer frugtlegererne i efterårs-månederne, men kan i øvrigt findes hele året, fig. 3, og det må

antages, at infektionsdygtige sporer bliver dannet i alle årets måneder, om vinteren dog kun i perioder med temperaturer over frysepunktet.

Værtplanter

Det var fra Canada, man først blev opmærksom på, at *O. bicolor* var årsag til stammeråd i mange nåletræarter, blandt hvilke skal nævnes *Abies balsamea*, *Pinus strobus*, *Pseudotsuga menziesii* og *Thuja plicata* (BASHAM et al. 1953, NOBLES 1953). Siden er rådtypen iagttaget i forbindelse med undersøgelser iværksat fra midten af 60'erne over stammeråd i levende rødgran i England (PAWSEY & GLADMAN 1965, PAWSEY 1971), i Tyskland (SIEPMANN 1970, 1971, PECHMANN & AUFSESS 1971, PECHMANN et al. 1973) og i Finland (KALLIO & TAMMINEN 1974). I Danmark er *O. bicolor* fundet som årsag til centralt stammeråd i 50-årig rødgran (Stubberkloster plt. 1980), samt som årsag til rådskader efter udslæbningssår, også i rødgran (Farum skvd.).

Ved de danske fund af frugtlegerer er værtplanten desværre ikke angivet særlig præcist. Helt overvejende anføres 'gran' og 'Picea' og sjældnere 'Pinus'. Der er et enkelt fund på 'ædelgran' og nogle få på 'Quercus' og 'Fagus'. Men værtplanteregistret er åbenbart bredt, og det må forventes, at svampen, udover på rødgran, også optræder som parasit på en række andre nåletræarter herhjemme.

Symptomer

På et rodsnit af rødgran kan råddet være centralt placeret eller eksentrisk, i sidste tilfælde ofte med en tydelig tilknytning til et sår basalt på stammen eller til et sår på et rodudløb. Det tidlige stadium er en ikke særlig karakteristisk ensartet rødlig misfarvning, som senere bliver dybere rødbrun og ofte med en smal violetagtig reaktionszone mod sundt splintved. I ældre angreb bliver råddet lysere brunt og fibret med en tilbøjelighed til ringskalning. En skal set fra siden er smågrubet, hist og her med ganske små sorte, til tider stregformede pletter, der består af nedbrudte celledele, mycelium og mørke amorfe stoffer. Råddet er vanskeligt at diagnosticere umiddelbart på

et rodsnit. Det vil i de fleste tilfælde være nødvendigt at lægge en renskåret skive fugtig i en plastikpose i ca. 14 dage, hvorved man opnår, at svampen vokser frem strengformet på overfladen af det angrebne ved, fig. 4. Se til forskel rodfordærverangrebet ved (fig. 5) efter samme behandling. Helt sikker kan man dog først blive efter mikroskopering af ved og mycelium, og her er de krystalbærende cystider afgørende kendetegn. Råddet er en hvidmuld.

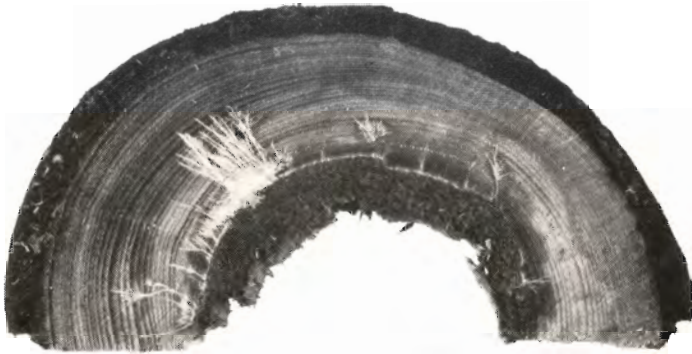


Fig. 4. *Odontia bicolor*. Kerneråd i rødgran. Skiven har været holdt fugtig (plastikpose) i 14 dage ved stuetemperatur, hvorved svampen er vokset frem på overfladen med et karakteristisk hvidt, strengformet mycelium. Sammenlign med fig. 5.



Fig. 5. *Fomes annosus* (rodfordærver). Kerneråd i rødgran. Skiven har været holdt fugtig (plastikpose) i 14 dage ved stuetemperatur, hvorved svampens mycelium med konidiebærere er vokset frem som hvide melede, måtteagtige belægninger.

Infektion

Det synes accepteret, at *O. bicolor* inficerer sår (fældeskader, udsblæbningskader m.v.) på stammedele af stående træ og herfra etablerer splint- og kerneråd, men samtidig angives også rødder som indfaldsvej (NOBLES 1953, PECHMANN & AUFSESS 1971). Således fandt sidstnævnte forfattere svampen i 83 af 920 rådgrebne rødgraner. I 46 af stammerne kunne indfaldsvejen fastlægges til sår på stammen, men i 25 af stammerne måtte råddet være udgået fra rødderne.

O. bicolor er siden påvist som sporadisk forekommende råddanner i rødgranrødder, hvor sår på rødderne tydeligt har været indfaldsvejen (SCHÖNHAR 1979). De kendte indfaldsveje er således stammesår og sår på rødder. Om sår på rødder er en forudsætning for infektionen af disse vides derimod ikke.

Skaden og bekæmpelse

I England blev *O. bicolor* registreret som årsag til 5,4% af infektionerne i rødgran og japansk lærk efter udsblæbningskader (PAWSEY & GLADMAN 1965), og i Tyskland fandtes svampen i 9% af undersøgte rødgraner med stammeråd (PECHMANN & AUFSESS 1971). De sidste forfattere konkluderer, at *O. bicolor* sammen med *Fomes annosus* (rodfordærver), *Stereum sanguinolentum* (blødende lædersvamp), *S. areolatum* og *Armillaria mellea* (honningsvamp) hører til de vigtigste arter, der forårsager stammeråd med sår som indfaldsvej.

Og det er måske ikke uvæsentligt i den forbindelse at lægge mærke til, at de nævnte arter undtagen *A. mellea* kan kaste sporer hele året, om vejrliget tillader det. I gruppen må *O. bicolor* dog betragtes som værende den økonomisk mindst betydende, idet den dels forekommer med betydeligt lavere frekvens end *F. annosus* og *Stereum* arterne, og dels går den sjældent højere op i stammen end 2 m, fig. 6. Dens udbredeshastighed i stammerne synes også lavere end *S. sanguinolentum*'s (PAWSEY 1971).

En bekæmpelse må følge de generelle retningslinier for modvirkning af mekaniske skader og reducere af følgeskader.

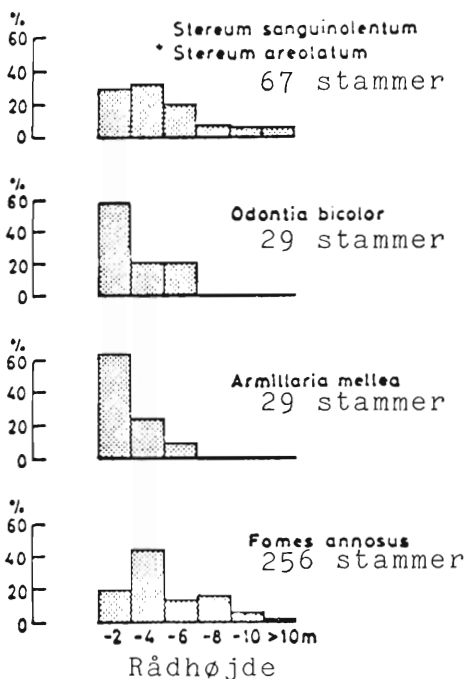


Fig. 6. Den vertikale udstrækning af rådshøjden i ældre rødgran fordelt til væsentligste rådsvampe (PECHMANN, AUFSSESS & REHFUSS 1973).

Det kan til sidst nævnes, at *O. bicolor* også er fundet som bygningssvamp i gulvbælker og gulvbrædder (HARMSSEN 1968). Om den er fulgt med fra skoven, eller om træet er smittet på tømmerpladsen, eller om svampen først har indfundet sig, efter at træet er placeret i bygningen, vides ikke.

Abstract

Odontia bicolor causing butt-rot in living *Picea abies* in Denmark.

Odontia bicolor (Alb. & Schw. ex Fr.) Quel. is a cause of butt-rot in living standing *Picea abies* in Denmark. The rot is described. Fruitbodies are shown to be found in all month's of the year, most common in September/October.

Litteratur

- AUFSESS, H. v. 1978. Beobachtungen über die Auswirkung moderner Durchforstungsverfahren auf die Entstehung von Wundfäulen in jungen Fichtenbeständen. - Forstw. Cbl. 97: 141-156.
- BASHAM, J. T., MOOK, P.V. & A. G. DAVIDSON. 1953. New information concerning balsam fir decays in Eastern North America. - Can. J. Bot. 31: 334-360.
- CHRISTIANSEN, M. P. 1953. Bidrag til Kendskabet af Danmarks resupinate Svampe. - Friesia 4: 314-338.
- HARMSSEN, L. 1968. Om nogle barksvampes forekomst som tømmer-svampe. - Dansk Skovf. Tidssk. 53: 273-281.
- KALLIO, T. & P. TAMMINEN. 1974. Decay of spruce (*Picea abies* (L) Karst.) in the Åland Islands. - Acta Forestalia Fennica 138: 1-40.
- NOBLES, M. K. 1953. Studies in wood-inhabiting Hymenomycetes. I. *Odontia bicolor*. - Can. J. Bot. 31: 745-749.
- PAWSEY, R. G. 1971. Some recent observations on decay in conifers associated with extraction damage and on butt rot caused by *Polyporus schweinitzii* and *Sparassis crispa*. - Quart. J. For. 65: 193-208.
- PAWSEY, R. G. & R. J. GLADMAN. 1965. Decay in standing conifers developing from extraction damage. - For. Rec. 54: 193-208.
- PECHMANN, H. v. & H. v., AUFSESS. 1971. Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen. - Forstw. Cbl. 90: 259-284.
- PECHMANN, H. v. AUFSESS H. v. & K. E. REHFUSS. 1973. Ursachen und Ausmass von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten. - Forstw. Cbl. 92: 68-89.
- ROLL-HANSEN, F. & H. ROLL-HANSEN. 1980. Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. - Eur. J. For. Path. 10: 321-339.
- & H. ROLL-HANSEN. 1981. Root wound infection of *Picea abies* at three localities in southern Norway. - Medd. Norsk Insti. f. Skogsf. 36.4, 18 pp.
- SCHÖNHAR, S. 1979. Über den Befall beim Holzrücken verwundeter Fichtenwurzeln durch Rotfäulepilze. - Allg. Forst- u. J.-Ztg. 150: 76-78.
- STIEPMANN, R. 1970. Artdiagnose einiger holzzerstörender Hymenomyceten an Hand von Reinkulturen. III. — Nova Hedwigia 20: 833-849.
- 1971. Über *Odontia bicolor* (Alb. & Schw.) Quel. und *Amylostereum areolatum* (Fr.) Boidin, zwei stammfäuleerregende Basidiomyceten in lebenden Fichten (*Picea abies*). — Forstw. Cbl. 90: 337-340.

STABILISERINGSFORANSTALTNINGER
I RØDGRAN
– OG NOVEMBERSTORMEN 1981

*Stabilizing measures in Norway spruce –
and the hurricane November 1981*

AF

JØRGEN NECKELMANN

Statens forstlige Forsøgsvæsen
Afd. for hede- og klitskove

*The Danish Forest Experiment Station
Heath and dune Department*

Oxford class: 24 : 266

Næsten samtidig med, at korrektoren på artiklen om stabilisering af rande i rødgranbevoksninger (NECKELMANN 1981), til DST's decemhernummer, dumpede ind af brevsprækken, trak novemberstormen 1981 sit ødelæggende spor hen over landet.

I en sådan situation var det meget fristende, at benytte korrektoren til at få bragt lidt ekstra stof, med de nyeste erfaringer fra denne storm, ind i artiklen. Hensynet til redaktørens i så henseende sikkert ofte hårdt prøvede tålmodighed sejrede imidlertid, og korrektoren gik afsted uden større forsinkelse.

I den tid, der siden er forløbet, har der været lejlighed til at gense en del af de lokaliteter, der blev beskrevet i artiklen, samt til at besigtige yderligere nogle eksempler på sikring af udsatte bevoksningsrande m.m.

Efterfølgende fotoreportage gengiver erfaringerne fra denne

3. stormfaldsrunde, og må ses som et supplement til 1981-artiklen.

Lindet statsskovdistrikt.

Næsten alle spor efter de tidligere beskrevne stabiliseringsforanstaltninger på sønderjydske distrikter, fra før stormkatastroferne i 1967, er idag forsvundne. I Lindet Skov afd. 45 kan den topkappede sitka-række, som er vist på 1981-artiklens fig. 3, dog stadig ses. En fornyet fotografering var ikke mulig på grund af en vellykket grandis-kultur foran sitka-rækken. Sitka'erne har nu sat nye toppe, og dækker idag en smuk douglasbevoksning med kun uvæsentligt fald i novemberstormen '81. En simpel stabiliseringsforanstaltning med stor og længevirkende effekt.

Palsgaard statsskovdistrikt

Figur 1. Gludsted plantage afd. 139/140. Fladefald i 90-årig svagt hugget rødgran. Udgangspunktet for faldet er den stormfaldssvækkede (vinteren 1980/81) vestrand, som er vist på 1981-artiklens fig. 5. Bevoksningen til højre i billedet er sydkanten af hugstforsøget IS, som er blevet effektivt beskyttet af læbæltehugst-parcellerne langs forsøgets vestkant, se næste billede.

Figur 2. Gludsted plantage afd. 139, hugstforsøg IS. Kig fra sydgrænsen op langs indersiden af forsøgets vestrand af læbæltehugst-parceller, sml. 1981-artiklens fig. 4. Denne parcellerække er så godt som uskadt af novemberstormen '81, og har uden al tvivl været afgørende for, at stormfaldet i resten af dette værdifulde forsøg stort set har indskrænket sig til mindre udvidelser af huller fra tidligere stormfald.

Figur 3. Gludsted plantage afd. 133. I 1981-artiklen omtales (s. 304) en skærmstilling fra 1965 i nu 95-årig rødgran, hvis vestrand siden 1978 har ligget blottet ud mod en ca. 3 ha stor stormfaldsflade. I selve randen er kun 6-7 træer væltet eller knækket i novemberstormen '81, ligesom faldet i resten (7-8 ha) af den skærmstillede afdeling har været minimalt. Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget egentlige lysningshugster i den viste rand siden foråret 1974.



Figur 1. Gludsted plantage afd. 139/140. Foto J. N. 2/2 1982.



Figur 2. Gludsted plantage afd. 139, hugstforsøg IS, læbæltehugst. Foto J. N. 2/2 1982.



Figur 3. Gludsted plantage afd. 133. Foto J. N. 18/2 1982.

Viborg statsskovdistrikt

I 1981-artiklen omtales to eksempler på eksponerede bevoksningsrande, der var blevet stabiliseret, dels ved opkvistning, dels ved tophugning (1981-artiklens fig.7 og 8). I begge tilfælde har såvel randene som de bagved liggende bevoksningsdele holdt under novemberstormen '81.

Disse eksempler kan idag suppleres med følgende tilfælde:

Figur 4. Viborg Hedeplantage afd. 37. NNV – SSØ gående rand i 51-årig rødgran, opstået ved stormfald i vinteren 1980/81 og tophugget i april 1981. Som det ses, er den behandlede rand intakt efter stormen i november '81, og bortset fra et enkelt hul, som skimtes i baggrunden, er det samme tilfældet med den bagved liggende bevoksning.

Figur 5. Viborg Hedeplantage afd. 23. Stormfaldskile i 51-årig rødgran, opstået i en blottet rand langs den NV – SØ gående Krathusvej. Foråret 1981 behandlede kilens sider og bund med topkapning og lidt opkvistning. Som det fremgår, holdt de behandlede rande, og dermed en »hale« af bevoks-



Figur 4. Viborg Hedeplantage afd. 37. Foto J. N. 18/12 1981.



Figur 5. Viborg Hedeplantage afd. 23. Foto J. N. 18/12 1981.

ningen i læet øst for kilen, under novemberstormen '81, medens de ubeskyttede bevoksningsdele nord og syd for kilen brød sammen.

Figur 6. Havredal plantage afd. 114 og 115. Til venstre i baggrunden fladefald fra november '81 i 57-årig rødgran-sitkablanding (afd. 114, 19-22 m høj). Til højre blok af 61-årig rødgran (afd. 115, 19-20 m høj) intakt bag tophugget rand fra foråret 1981. Tophuggede rande i stormfaldskiler fra vinteren 1980/81 har på lignende måde ydet beskyttelse andre steder i samme bevoksningsrand, således at novemberstormen '81 først og fremmest forårsagede fald i de ubeskyttede partier mellem de gamle kiler.

Feldborg statskovdistrikt

Med et stormfald på 90-95.000 m³ var Feldborg distrikt det hededistrikt, der blev hårdest ramt af novemberstormen '81.

Inspektionen af hedeafdelingens forsøg på dette distrikt blev derfor imødeset med særlig spændning, fordi hele 6 forsøg her var anlagt under skærm af gammel rødgran. Stor var lettelsen, da det viste sig, at der på de 6 forsøgsarealer, med et samlet areal på knap 8 ha, kun var faldet 15-20 træer, hvoraf de fleste i de to tætteste skærme.

Stærkt medvirkende til dette gunstige resultat har utvivlsomt været, at egentlige lysningshugster ikke har været gennemført i de sidste 4-7 år. Kun udgåede træer og enkelte vindfælder er blevet fjernet i denne periode.

Figur 7. Hvor stor betydning forholdet mellem tidspunktet for seneste hugstindgreb og stormens indtræffen kan have, fremgår indirekte af billedet figur 7, taget i Feldborg Nørreskov afd. 109/110.

I forgrunden (afd. 109) ses stormfald fra november '81 i 95-årig rødgran. Udgangspunktet for faldet var en nordfor liggende skærmstilling, etableret vinteren 1978/79. Allerede vinteren 1980/81 opstod her spredt fald, hvorefter novemberstormen '81 fuldendte ødelæggelserne.

Den stort set indtakte skærm i baggrunden (afd. 110), ved hvis vestrand faldet er standset, er etableret vinteren 1975/76 i



Figur 6. Havredal plantage afd. 114 og 115. Foto J. N. 18/12 1981.



Figur 7. Feldborg Nørreskov afd. 109/110. Foto J. N. 26/2 1982.

nu 95-årig rødgran. For at beskytte et sydfør liggende underplantningsforsøg, er den viste del af skærmen ikke lysnet siden.

Figur 8. Som endnu et eksempel på de forbløffende mange skærmstillinger, der har modstået novemberstormen '81 på dette ellers så hærgede distrikt, vises et billede fra Sevel plantage afd. 101. Skærmen, der er underplantet med ædelgran i 1969, er senest lysnet efteråret 1977.

Man skal i virkeligheden helt op i den nordvestlige del af Borbjerg plantage for at træffe ældre skærmstillinger, der er alvorligt skadede eller ødelagte af novemberstormen '81. I dette meget udsatte hjørne af plantagen, der har været udsat for stormstød med vindhastigheder på op imod 80 knob (148 km/time), vidner høje knækprocenter dog stadig om skærmenes usædvanlige rodfæstethed.

Konklusion

Som det fremgår, har også novemberstormen '81, trods rekordagtige ødelæggelser, givet sine eksempler på skovdyrk-



Figur 8. Sevel plantage afd. 101. Foto J. N. 26/2 1982.



Figur 9. Gludsted plantage afd. 107. Træartsforsøg D-1g. Foto J. N. 26/2 1982.

ningsmæssige eller tekniske foranstaltninger, der har hindret eller begrænset stormfald i rødgranbevoksninger i hedeplantagerne.

I særlig grad har stabiliteten i ekstremt stærkt huggede bevoksninger i hugstforsøg eller skærmstillinger imponeret, ikke mindst på det hårdt ramte Feldborg distrikt. Tidlige og meget kraftige tyndinger i plantagernes kommende rødgran-generationer burde derfor stå meget højt, om ikke højest, på listen over emner, der skal drøftes, når erfaringerne fra de seneste års storme skal udmøntes i retningslinier for fremtidig dyrkningspraksis.

Opkvistning og tophugning har også denne gang demonstreret deres betydelige evner til at stabilisere udsatte rande i mellemaldrende og ældre rødgranbevoksninger. Erfaringerne fra Viborg distrikt kunne tyde på, at selv mindre stormfaldskiler i en eksponeret rand er tegn på, at randen er så udsat, at når beskyttelsesforanstaltninger eengang er vedtaget, så bør de ikke indskrænkes til disse kiler alene, men må udstrækkes til også at omfatte de partier af randen, der blev skånet i første omgang.

De mange intakte lærkebevoksninger efter novemberstormen '81, se for eksempel fig. 9, der i forgrunden viser fald i 53-årig rødgran og i baggrunden intakt, jævaldrende japansk lærk, synes endelig at støtte 1981-artiklens forslag om at anvende denne træart som stabiliserende element i hedeplantagerne.

Summary

November 24-25, 1981 a hurricane with maximum wind velocities of about 150 km/h ravaged the danish forests. It has been estimated, that at least 2.6-2.7 million m³ of conifers were thrown during this storm, corresponding to more than 2 years cut under normal conditions. The windfall in broadleaves amounted to about 100.000 m³.

After the storm a number of older Norway spruce stands, in which the effect of different stabilizing measures could be studied, were visited. The stands were all situated on rather poor sandy soils i Jutland. Maximum stand heights 20-22 m. Several stands described in an earlier paper on the same topic (NECKELMANN 1981) were revisited.

The experiences from the latest storm widely support the positive conclusions of the 1981-paper, concerning the possibilities of increasing the stability of exposed Norway spruce stands or stand edges by early and heavy thinnings, high pruning or high topping.

Several examples of exposed but intact stands of Japanese larch equally support the earlier proposal of using this species in stabilizing zones in Norway spruce plantations on the former heathlands of Jutland.

Litteratur

NECKELMANN, J., 1981: Stabilisering af rande og interne læbælter i rødgranbevoksninger på sandjord. Dansk Skovf. Tidsskr. 66: 296-314.

SUR NEDBØR OG SKOV

Af O. KJERSGÅRD

Oxford class: 425

Indledning

Sur nedbør og dens påvirkning af økosystemet skov er, siden problemet i 1972 påkaldte sig bredere opmærksomhed, blevet stadig ivrigere debatteret i takt med den stigende svovldioksid (SO₂) — emission, forårsaget af forbrændingen af fossile brændstoffer og i takt med den accelererende miljøbevidsthed.

I Vesttyskland, hvor luftforureningen i industriområderne er særlig kraftig, har professor ved universitetet i Göttingen, B. ULRICH udformet en veritabel katastrofeteori for skovbruget: Den sure nedbør, der kan have pH-værdier under 3, fremmer jordens forsurende under frigørelse af toksiske ioner, særligt aluminium (Al). Dette fører til rodkader og roddød og til svækkelse af assimilationsorganerne. De skadede bevoksninger er hjemfaldne til stormskader, tørkeskader, »Tannensterben«, slimflod, angreb af patogene organismer og insekter, samt andet mere. Kompensationskalkning kan som modforanstaltning forhale, men på lang sigt, næppe afvende ødelæggelserne (ULRICH, 1980).

Den smukke teori har vundet mange tilhængere, også uden for Tyskland, og præger bl.a. debatten i Norden, hvor overskrifterne bliver stadig mere alarmerende, f.eks. »Försurning — en katastrof för skogen« (Domän-Posten september 1981); »Den tyska skogen i fara. Den svenska står för tur« (Skogen, (10) 1981); »Kampen mot försurning« (Skogen (1) 1982); »Syreregnen falder över Skandinavien« (Natur og Miljø (4) 1981); »Syreregn eller A-kraft« (Natur og Miljø (6) 1982).

En diskussion er indledt om de foranstaltninger, der bør træffes for at imødegå den forestående skovkatastrofe. I Norge har man nylig afsluttet et ti-årigt kæmpeprojekt om sur nedbørs indvirken på skov og vandløb samt søer.

Det er i Norge sandsynliggjort, at nedbørens pH kan påvirke stødpudefattige vandløb og søer, men der har ikke kunnet påvises en negativ virkning på skovens vækst (VESTJORDET 1975, STRAND 1980).

ULRICH's teori er hidtil blevet godtaget uden at være sammenholdt med de allerede forliggende undersøgelser vedrørende sur nedbør og skov. Det er derfor værdifuldt, at professor ved universitetet i München, K. E. REHFUESS har fremlagt en kritisk gennemgang af ULRICH's hypoteser, (REHFUESS 1981). Samtidig advarer den amerikanske hydrolog J. HORNBECK skovbruget imod fejlslutninger og forhastede dispositioner i spørgsmålet (HORNBECK 1981).

Vurdering af sur nedbørs betydning

Sur nedbør er ikke et nyt fænomen. Til enhver tid har vulkanske udbrud slynget sure gasser, herunder SO_2 , ud i atmosfæren, hvor der under medvirkning af solstrålingen bl.a. dannes svovlsyre. Med nedbøren sker der efterhånden en udvaskning. Det svingende sure nedfald kan for lange tidsrum måles år for år i de iskerner, der er udtaget af den grønlandske indlandsis, samtidig med at man i vulkansk rolige perioder kan måle den sæsonmæssige variation indenfor året af nedbørens pH-værdi (DANSGAARD og HAMMER 1981). Figur 1 illustrerer dette. — Eksempelvis er der for perioden 1455-1500 faldende aciditet, d.v.s. pH er stigende, i perioden 1430-1455 er aciditeten stigende, d.v.s. pH er faldende.

Til denne naturlige forureningskilde må føjes den tiltagende samfundsskabte luftforurening, ikke mindst SO_2 -emissionen, således at man på lang sigt må forvente en stigende surhed af nedbøren. For at give et indtryk af surhedsgrader kan det nævnes, at mælk har en pH-værdi på 6,3-6,6 og vin en pH-værdi på 2,8-3,8.

Påvisning af en stadigt dalende pH-værdi i nedbøren

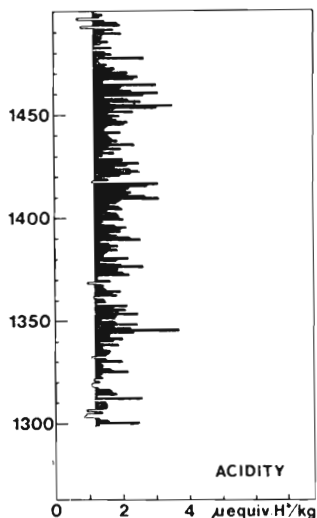


Fig. 1. Middelsurhedsgrad i hvert enkelt årlag i Central Grønland, målt i iskerne fra Crête på toppen af indlandsisen.

Udsnit for tidsrummet AD 1300-1500.

Surhedsgraden (Acidity) er målt indirekte som den elektriske lednings-evne i fast is. Strømmen mellem måleelektroderne er et udtryk for koncentrationen af stærke syrer i isen og varierer derfor som en funktion af pH. — Værdier over baggrunden 1.2 ± 0.2 mikroækvivalenter H^+ pr. kg is er fremhævet med sort og skyldes syrer af vulkansk oprindelse. (Efter DANSGAARD og HAMMER 1981).

Fig. 1. The mean acidity of the annual ice-layers in Central Greenland measured in an ice-core from Crête on the top of the ice cap. Section for the years AD 1300-1500.

The acidity is measured indirectly as the conductivity of solid ice. The current between the electrodes reflects the concentration of strong acids in the ice and thus varies as a function of pH. Values above the background 1.2 ± 0.2 microequivalents H^+ per kg ice are marked in black and are caused by acids of volcanic origin.

kræver lange iagttagelsesrækker for at opnå statistisk sikkerhed. Dette illustreres af figur 2, hvor der for perioden 1968-70 er dalende, for perioden 1971-74 stigende pH-værdi, men for hele perioden 1968-74 ingen statistisk sikker ændring (HORNBECK 1981). Undersøgelserne bør ligeledes foretages på et større antal målestationer og under anvendelse af standardiserede måle- og opgørelsesmetoder.

Udover bestemmelsen af nedbørens pH-værdi bør der foretages kemisk analyse af nedbøren, og med de små stofkoncentrationer, der er tale om, stilles der betydelige krav til de involverede laboratoriers analysenøjagtighed.

Sur nedbør medfører efter ULRICH's teori en accelererende forsurening af jorden afhængig af stødpudekapaciteten på stedet. På et forsøgsfelt i Solling, hvor de ULRICH'SKE undersøgelser overvejende er foretaget, er der imidlertid ikke påvist et fald i jordens pH-værdi i den 10-årige undersøgelsesperiode.

Nedbørens indhold af calcium (Ca), kvælstof (N), kalium (K) og andre plantenæringsstoffer kan bevirke en vis positiv gødningseffekt med tiden, medens samtidige ionombytninger kan befordre dannelsen af syrer, som kan virke hæmmende på jordbundsfaunaen og -floraen og fremme mordannelse. På længere sigt kan der ved den fortsatte udvaskning af ioner opstå mangel på visse plantenæringsstoffer bl.a. magnesium (Mg). En forudsætning er dog, at der sker et fortsat fald af

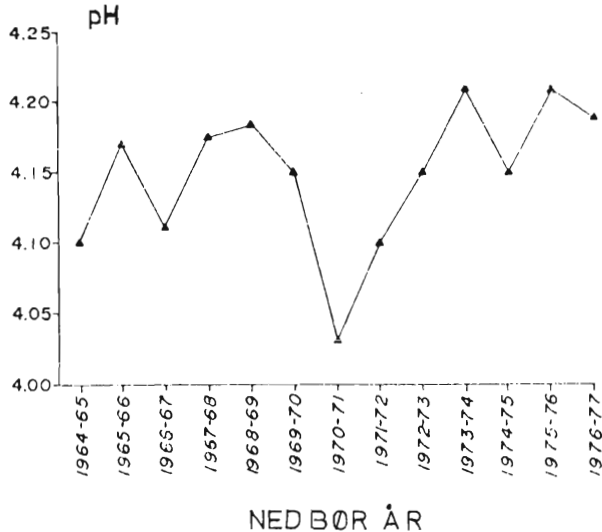


Fig. 2. Gennemsnitlige årlige pH-værdier i nedbøren ved Hubbard Brooke, New Hampshire. (Efter HORNBECK 1981).

Fig. 2. Mean annual pH values of precipitation at Hubbard Brooke, New Hampshire.

jordens pH-værdi, men jordbundstypen spiller også en rolle. En generalisering ud fra målinger og iagttagelser i et enkelt forsøgsområde, som ULRICH foretager den, kan kun blive hypotetisk. REHFUESS påpeger også, at der ikke med sikkerhed er påvist Mg-mangel som følge af sur nedbør.

Ifølge ULRICH skulle mængden af toksisk virksomme ioner — først og fremmest Al — øges og herved fremme en ødelæggelse af træernes rodnet, idet først finrødderne og efterhånden hele rodsystemet dræbes eller svækkes. Påstanden søges underbygget gennem iagttagelser af skovens urteagtige bundflora, men dermed er jo ikke sagt, at gifttærskelen for træbestanden er overskredet.

Der foreligger i øvrigt ikke langtidige forsøg til at belyse forholdet. Det kan dog nævnes, at OGNER og TEIGEN (1980) i deres forsøg med syrevanding viser, at rødgran kan tåle en Al-koncentration på over 30 $\mu\text{mol pr. kg}$. Iagttagelser over finrøddernes forhold i en bølgebevoksning i Solling viser svingninger i finrodmassen i samvariation med, at tørke og højere jordbundstemperatur dræber en del af finrødderne, uden at giftige ioner spiller ind.

Den sure nedbør skulle bevirke en svækkelse af økosystemet skov, og dette burde finde sit udtryk i en tilvækstnedgang.

I Solling-forsøget har ULRICH ikke kunnet påvise en sådan tilvækstnedgang, tvært imod viser måledata fremlagt af SEIBT (1981) tilvækster på bøg og gran, som er over regionens gennemsnit i undersøgelsesperioden. Heller ikke i andre undersøgelser er der jo påvist tilvækstnedgange som følge af sur nedbør, (jvfr. VESTJORDET og STRAND).

OGNER og TEIGEN's (l.c.) forsøg med stærkt sur nedbør viser først ved temperaturer over normal og pH-værdier under 2,5 en højere mortalitet for rødgran end normalt.

»Tannensterben« og top-dying skulle også forårsages af sur nedbør i form af en forgiftning med Al og mangan (Mn). ULRICH's undersøgelser dokumenterer imidlertid ikke en sådan forgiftning og de nævnte sygdomme flourer da også på lokaliteter med meget lavt Al- og Mn-indhold i jorden. REHFUESS søger årsagen i et ikke regenereret tab af finrødder i

tørkeår. Den givne lokalitets jordstruktur og plantetilgængelige vandreserver tillægges også stor betydning for ændringer i skovens tilstand, og disse faktorer vil — forsurening eller ej — påvirke skovens sundhedstilstand. En bevoksning, der af den ene eller den anden årsag — tørke, frost, næringsstofmangel eller andet — er svækket, angribes naturligvis lettere af mikroorganismer eller insekter; sur nedbør er ikke en nødvendig forudsætning.

ULRICH har ret i, at der er en stigende luftforurening, som har voldt betydelige skader på vandløb og søer, og at der på længere sigt kan ske skader på økosystemet skov. Det er derimod ikke dokumenteret, at der forestår en skovkatastrofe, som er hidført af Al- og Mn-forgiftning som følge af sur nedbør.

Skader på skov som følge af luftforurening er hidtil kun påvist i nærheden af emittenter. Sådanne skader har man kendt i mere end 100 år.

Afsluttende bemærkninger

Det er nærliggende ud fra ovenstående at søge sur nedbør-problemerne angrebet ved kilden, det vil sige at begrænse emissionen gennem fastsættelse af lave grænseværdier for kemisk udslip fra industrier og boligvarmeanlæg. Dette er imidlertid vanskeligt at få gennemført på bred international basis.

At foreskrive lokale skovdyrkningsmæssige foranstaltninger (træartsskifter, kalknings- og gødskningspåbud m.m.) forekommer lidet effektivt og hensigtsmæssigt. Gennem forhandlede foranstaltninger under indtryk af en antydning, men ikke dokumenteret, overhængende skovødelæggelse, kan der let ved uafbalancerede indgreb i eksisterende økosystemer anrettes betydelige skader.

Som et første skridt bør der nok startes langtidige undersøgelser over større områder for gennem *koordinerede* og *standardiserede* programmer at følge udviklingen.

Summary

Acid rain and its influence on the ecosystem forest is discussed more and more eagerly and in Germany B. ULRICH has even published a veritable theory of an imminent disaster for the forests due to toxic ions.

Acid rain is however a complex problem. At any time there exist natural acid rain of varying acidity originating from volcanic activities, see Fig. 1, and to this comes the acid rain originating from the increasing industrial air pollution. Investigations of long duration are required to determine whether the acidity really is increasing and spreading and to demonstrate a conceivable negative influence hereof on the forest. Scandinavian research has not in so far indicated any reduction of the increment.

The article further describes briefly the ULRICH theory and REHFUESS' evaluation of the basis and material underlying the theory.

The conclusion is that a disaster is not impending and that panicky measures must be avoided.

It is imperative to attack the air pollution at the source. Besides this it is needed to follow the possible development of acidification and its impacts by means of long lasting well planned and co-ordinated research programmes.

Litteratur

- DANSGAARD, W. og C. U. HAMMER 1981: GISP Vulkanisme på den nordlige halvkugle registreret i Indlandsisen. *Naturens Verden* (6-7) 1981. 201-214.
- HORNBECK, JAMES W. 1981: Acid Rain: Facts and Fallacies. *Journ. of Forestry* July 1981. 438-443.
- OGNER, GUNNAR og OLAV TEIGEN 1980: Effects of acid irrigation at different temperatures on seven clones of Norway spruce. *Medd. norsk inst. skogforsk.* 36,3. 1-28. SNSF projekt FA 58/80.
- REHFUESS, K. E. 1981: Über die Wirkungen der sauren Niederschläge in Waldökosystemen. *Forstw. Cbl.* (100) 1981. 363-381.
- SEIBT, G. 1981: Die Buchen- und Fichtenbestände der Probeflächen des Sollingprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft. *Schriften aus der Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen und der Nieders. Forstl. Vers. Anst.* Bd. 72.
- STRAND, L. 1980: Acid precipitation and regional tree ring analyses. SNSF projekt. IR 73/80.
- ULRICH, B. 1980: Die Wälder in Mitteleuropa: Messergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. *Tagungsführer Deutscher Forstverein, Wiesbaden 22-26 Sept. 1980.* 53-55.
- VESTJORDET, E. 1975: Sur nedbør — skogproduksjon. Utviklingen av årringbredden i furu- og granbestand på Sørlandet for tidsrommet 1931-1971. SNSF projekt. IR 12/75.

- REHFUESS, K. E. 1981: Über die Wirkungen der sauren Niederschläge in Waldökosystemen. *Forstw. Cbl.* (100) 1981. 363-381.
- SEIBT, G. 1981: Die Buchen- und Fichtenbestände der Probestflächen des Sollingprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft. *Schriften aus der Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen und der Nieders. Forstl. Vers. Anst. Bd. 72.*
- STRAND, L. 1980: Acid precipitation and regional tree ring analyses. SNSF projekt. IR 73/80.
- ULRICH, B. 1980: Die Wälder in Mitteleuropa: Messergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. *Tagungsführer Deutscher Forstverein, Wiesbaden 22-26 Sept. 1980. 53-55.*
- VESTJORDET, E. 1975: Sur nedbør — skogproduksjon, Utviklingen av årringbredden i furu- og granbestand på Sørlandet for tidsrommet 1931-1971. SNSF projekt. IR 12/75.