

# DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

## INDHOLD

	Side
<i>Afhandlinger, artikler m.m.:</i>	
HANDLER, METTE M: Relativ træafstand, anvendelighed som tæthedsmål .....	361
MADSEN, LEIF JØRGEN: En metode til beregning af jord- og venteværdier under risiko for stormfald .....	375

**Dansk Skovforenings  
Tidsskrift**

ISSN 0011-6475

udkommer årligt med 4  
hæfter.

Eftertryk af tidsskriftets  
artikler uden  
redaktionens samtykke  
er ikke tilladt.

**REDAKTIONSUDVALG:**

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

Lektor lic. agro *Finn Helles*, Skovbrugsinstituttet,  
Thorvaldsensvej 57, 1871 København V.

Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard,  
7183 Randbøl.

Statsskovrider *Tom Nielsen*, Rømersdal, 3720 Åkirkeby.

Forstander *Aa. Marcus Pedersen*, Skovskolen, Nødebo,  
3480 Fredensborg.

Direktør *Jens Thomsen*, Amalievej 20, 1875 København V.

**REDAKTØR:** (ansvarsh.)

*P. Hauberg.*

**DANSK SKOVFORENINGENS SEKRETARIAT  
OG TIDSSKRIFTETS REDAKTION:**

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

Postgiro 9 00 19 64.

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



# RELATIV TRÆAFSTAND ANVENDELIGHED SOM TÆTHEDSMÅL

Af forstkandidat METTE M. HANDLER

Forkortet hovedopgave, maj 1983

Oxford class: 53

## 1. Indledning

Et tæthedsmål er et udtryk, som betegner den tæthed, hvormed et areal er bevokset.

Det hyppigst anvendte mål er stammegrundflade pr. ha. Dette tæthedsmål har imidlertid en række ulemper. Grundfladetilvæksten påvirkes således af hugstindgrebets styrke, og selvom dette måske ikke har større praktisk betydning, er det forvirrende for forståelsen. Grundfladen er endvidere vanskelig at anvende i det praktiske arbejde; det er f.eks. svært at tynde til en bestemt grundflade.

Det har været denne opgaves formål, som en konsekvens af bl.a. ovennævnte ulemper ved tæthedsmålet stammegrundflade pr. ha, at undersøge, om den relative træafstand er anvendelig som mål. *Den relative træafstand defineres som den gennemsnitlige træafstand i % af højden.*

Undersøgelsens grundlag er danske og udenlandske hugstforsøg og enkelte planteafstandsforøg for rødgran, sitkagran, bøg og eg\*).

---

\*) En oversigt over de anvendte forsøg med angivelse af kilde(r) findes i hovedopgaven (Handler 1983), hvortil der henvises.

## 2. Egenskaber et tæthedsmål bør besidde

Indledningsvis må man være opmærksom på, at et tæthedsmål er en beskrivende størrelse. Et tæthedsmål er en målestok, en rettesnor, som kan benyttes i det praktiske arbejde, men som altid må suppleres med yderligere oplysninger. Om en bestemt bevoksning trænger til hugst kan således ikke alene afgøres ud fra f.eks. grundfladens størrelse; andre faktorer såsom kroneslutningsgraden må også inddrages.

For at kunne bedømme den relative træafstands egnethed som tæthedsmål, opregnes nedenfor nogle af de vigtigste egenskaber, som det er ønskeligt, at et tæthedsmål er i besiddelse af:

- Tæthedsmålet bør være uafhængig af alder og bonitet.
- Der bør ved hugstindgreb ikke ske regnemæssige forskydninger af de parametre, som indgår i tæthedsmålet.
- De i tæthedsmålet indgående parametre må ikke påvirkes af hugstindgrebets styrke på anden måde end ved selve indgrebet; således opfylder som nævnt grundfladen ikke dette krav.
- Tæthedsmålet bør være absolut, dvs. at det ikke skal sættes i forhold til data for en utyndet bevoksning eller til en mere eller mindre subjektiv reference, som f.eks. en tilvækstoversigt.
- Tæthedsmålet bør være let at måle, let at anvende og letfattetligt.

## 3. Tæthedsmålet relativ træafstand

Som nævnt defineres den relative træafstand som den gennemsnitlige træafstand i % af højden.

Man synes ikke at begå nogen fejl af praktisk betydning ved at antage, at træerne står i kvadratforbandt (JAKOBSEN (1977), BICKFORD et al. (1957)). Den gennemsnitlige træafstand er da blot kvadratroden af arealet divideret med stamtallet.

Det antages, at højdetilvæksten ikke påvirkes nævneværdigt af hugststyrken. Afvigelser kan dog forekomme måske især på meget lave boniteter; f.eks. har de stærke hugstindgreb virket

stimulerende på den ægte højdetilvækst i rødgranhugstforsøget i Gludsted plantage (BRYNDUM 1969). Der er her og i det følgende tale om hugst fra nedden. Hugst fra toppen omtales i afsnit 7.

Det er mest nærliggende at anvende et udtryk for overhøjden ved beregning af den relative træafstand, da overhøjden ikke er udsat for en regnemæssig forskydning ved hugstindgreb. Overhøjden måles imidlertid almindeligvis ikke i Danmark, hvor der hidtil er anvendt udtryk for middelhøjden. Den regnemæssige forskydning af middelhøjden er undersøgt, og det er fundet, at den er af så beskeden størrelse, at middelhøjden godt kan anvendes ved beregning af den relative træafstand, hvilket er gjort i det følgende.

Herefter fås følgende udtryk for den relative træafstand:

$$\text{Relativ træafstand} = \frac{\sqrt{\frac{\text{areal}}{\text{stamtal}} \times 100}}{\text{middelhøjden}} \%$$

Kun træer tilhørende overetagen bør indgå i beregningen, da det er individer herfra, som skal udgøre den blivende bestand, og da tynding hovedsagelig foretages til gunst for disse. Etageadskillelse vil sædvanligvis kun være aktuelt i løvtræbevoksninger.

#### 4. Planteafstandens indflydelse på den relative træafstand

Planteafstandens indflydelse skal illustreres v.h.a. et dansk og et norsk afstandsforsøg i rødgran. I fig. 1 er den relative træafstand afbildet som funktion af middelhøjden for de to forsøg. Det danske forsøg – prøveflade NE, Christianssæde skov – er tyndet, som det forekommer naturligt for en praktiker på stedet (KJERSGÅRD 1964). Det norske forsøg er søgt tyndet således, at parcellerne får samme grundflade (BRAASTAD 1970).

Man ser, at forskellene i relativ træafstand i det norske forsøg næsten er udlignet ved højden ca. 13 m, mens dette først er tilfældet ved højden 20 m i det danske forsøg.

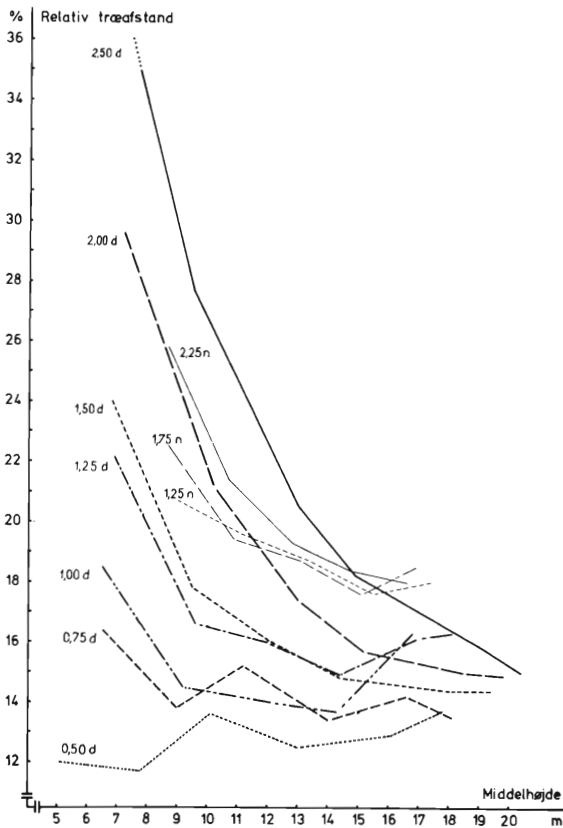


Fig. 1. Relativ træafstand som funktion af middelhøjde for et dansk og et norsk planteafstandsforøg. Tallene ved kurverne angiver planteafstanden i m, og d og n henholdsvis om det er det danske eller det norske forøg.

Forskelle i grundflade er udlignet efter 2. indgreb ved højden ca. 11 m for det norske forøg og efter 3. indgreb ved højden 10-13 m for det danske forøg, når der ses bort fra planteafstand 2,50 m.

Forsøgene synes således at vise, at ved tidlig nedbringelse af stamtallet til det ønskede niveau udlignes forskelle i grundflade og relativ træafstand hurtigt, mens forskelle i grundflade udlignes langt hurtigere end forskelle i relativ træafstand ved

sen reduktion af stamtallet. I dette sidste tilfælde beskriver grundflade og relativ træafstand altså ikke det samme. Relativ træafstand kan siges at beskrive det vækstrum, træerne har til rådighed ved en given højde. Dette er ikke tilfældet for grundfladen, hvor to bevoksninger, én med mange tynde og én med få tykke træer, kan have samme grundflade.

Et afstandsforsøg i sitkagran (KILPATRICK et al. 1981) tyder på, at denne træart forholder sig som rødgran. Det samme antages at være tilfældet for bøg og eg.

### 5. Alderens og bonitetens indflydelse på den relative træafstand i utyndede bevoksninger

Den relative træafstand skulle være et godt mål for hugststyrke, såfremt den er uafhængig af alder og bonitet i utyndede bevoksninger.

I fig. 2 er den relative træafstand afbildet som funktion af middelhøjden for de utyndede parceller i en række danske og svenske rødgranhugstforsøg.

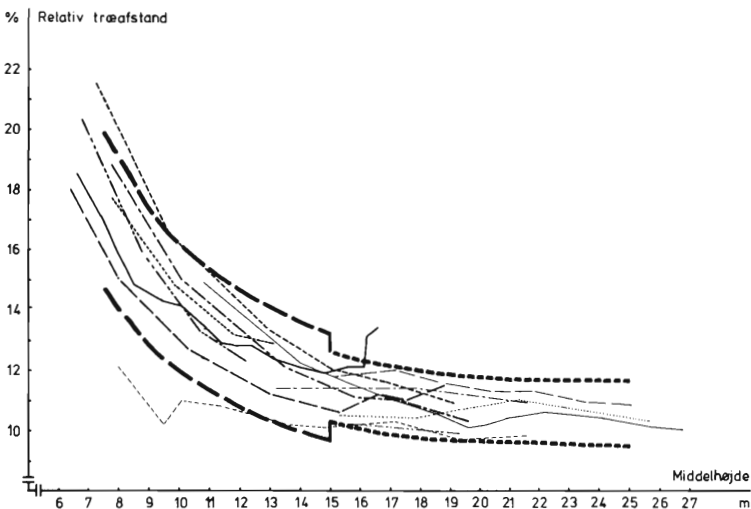


Fig. 2. Relativ træafstand som funktion af middelhøjde for de utyndede parceller i en række danske og svenske rødgranhugstforsøg.

— — — Middelværdien  $\pm 15\%$ .

- - - - - Middelværdien  $\pm 10\%$ .

Der kan ikke påvises nogen afhængighed af boniteten, og den relative træafstand konvergerer mod en værdi på 10-12 %, efter at forskelle som følge af forskellige planteafstande er udlignede.

Skyggetræarterne sitkagran og bøg forholder sig som rødgran, mens den relative træafstand for eg er 16-18 %. Det er i overensstemmelse med, at egen er et lystræ, og derfor kræver et større vækstrum for at kunne udvikle sig.

## 6. Hugststyrkens indflydelse på den relative træafstand

For hver træart er bl.a. undersøgt de forskellige danske hugstgrader. I tabel 1 er anført relativ grundflade og relativ træafstand efter tynding for hugstgraderne A, B, C og D.

Tabel 1. Relativ grundflade og relativ træafstand efter tynding for forskellige hugstgrader. (Hugstgrad A: Ingen hugst, tynding består kun af tørre træer. De øvrige hugstgrader er fastlagt i forhold til A-graden v.h.a. relativ grundflade efter tynding som angivet i tabellen).

Hugst- grad	Rødgran og bøg		Eg	
	Relativ grundflade	Relativ træafstand %	Relativ grundflade	Relativ træafstand %
A	100	10 – 12	100	16 – 18
B	83	12 – 14	80	20 – 22
C	67	17 – 18	50	30 – 31
D	50	22 – 24	35	ca. 43

Tabellen er for rødgrans vedkommende baseret på data fra 7 af Statens Forstlige Forsøgsvæsens prøveflader.

Et mindre materiale for bøg viser, at den relative træafstand svarer til værdierne for rødgran. Materialet udviser dog en vis spredning, hvilket er udtryk for, at hugstgraderne ikke er entydigt definerede.

For sitkagran svarer den relative træafstand for de forskel-



lige hugstgrader til værdierne for rødgran, men den relative grundflade er mindre. En forklaring kan ikke umiddelbart gives.

Endelig må det understreges, at tabellen for egens vedkommende bygger på et temmelig spinkelt materiale.

Den relative træafstand giver umiddelbart oplysning om styrken af den førte hugst. Man er således ude over problemet ved, at forskellige lande bruger forskellige betegnelser for hugstgraderne, og at disse hugstgrader ofte ikke er særlig veldefinerede, som undersøgelsen har vist.

Endvidere vil man ved at betragte den relative træafstand opdage selv mindre hugststyrkeforskelle, forskelle man ikke vil opdage ved betragtning af grundfladen.

### **7. Hugstmådens indflydelse på den relative træafstand**

Det forgående har udelukkende omhandlet hugst fra nedenu. I dette afsnit skal hugst fra toppen i rødgran behandles.

Hugstmådeforsøg viser, at hugst fra toppen ikke er entydigt defineret. Der opstår altid en større eller mindre højdedifferens mellem parceller behandlet med hugst fra nedenu og parceller behandlet med hugst fra toppen. Om der fremkommer forskelle i grundflade og stamtal afhænger imidlertid af, hvordan hugsten føres.

Den relative træafstand kan godt anvendes lokalt til styring af en hugst fra toppen, for såvidt som den relative træafstand angiver det vækstrum, som gennemsnitstræet har til sin rådighed i forhold til højden. Det vil dog ikke være muligt at sammenligne bevoksninger fra forskellige distrikter p.gr.a. ovennævnte forhold.

I øvrigt er hugst fra toppen ikke det almindelige.

### **8. Måling af relativ træafstand**

For at kunne bestemme den relative træafstand må man foretage en måling af middelhøjden samt en bestemmelse af den gennemsnitlige træafstand, enten direkte ved måling eller indirekte ved bestemmelse af stamtallet ved tælling.

Ved forsøgsarbejde indebærer måling af relativ træafstand

ikke problemer, da data for areal, stamtal og middelhøjde altid foreligger.

Til brug for praksis skal måling af middelhøjde, en metode til måling af gennemsnitlig træafstand, samt en metode til bestemmelse af stamtallet omtales.

### *8.1 Højdemåling*

En bestemmelse af middelhøjden ved måling af højden på 4-5 skønnede middeltræer i bevoksningen synes rimelig (Anonym (1977), ANDERSEN & MADSEN (1966)).

### *8.2 Måling af gennemsnitlig træafstand*

JAKOBSEN (1977) beskriver en metode udarbejdet af KÖHLER (1951), hvor der måles afstande til nabotræer.

Ud fra et givent træ måles afstanden til det næstnærmeste og det tredjenærmeste træ, og den gennemsnitlige afstand beregnes. Målingen gentages for et vist antal træer, og den gennemsnitlige træafstand findes da som gennemsnittet af disse målinger.

På grundlag af en afprøvning af metoden foretaget af WECK (1953) finder Jakobsen, at der skal måles afstande ud fra ca. 7 træer, såfremt den gennemsnitlige træafstand med 95 % sandsynlighed ikke må afvige mere end 10 % fra den gennemsnitlige træafstand fundet som kvadratroden af arealet divideret med stamtallet.

Metoden er afprøvet og fundet enkel at arbejde med, og målingen kan, hvis der anvendes selvoprulleligt målebånd, foretages af én person.

### *8.3 Bestemmelse af stamtallet ved tælling*

Såfremt bevoksningens areal er kendt, og det er overkommeligt at tælle træerne, er dette den sikreste metode.

Er arealet ukendt, eller er stamtallet for stort, kan følgende metode anvendes:

4-5 steder i bevoksningen, både i tætte og i mindre tætte partier, drejes en 3,99 m lang stang en hel cirkel rundt, og antallet af træer, stangen træffer/berører, tælles. Undertrykte træer tælles ikke med, og »tomme« cirkler medregnes ikke.

Cirklen udgør et areal på 50 m<sup>2</sup>. Stamtallet pr. ha er da gennemsnittet af målingerne multipliceret med 200 (Anonym 1977).

Metoden er let at anvende og regnearbejdet er meget begrænset – den relative træafstand kan evt. blot aflæses i et diagram med indgang for middelhøjde og stamtal. Metoden blev afprøvet i en rødgranbevoksning med et stamtal på 750 stk/ha. Dette stamtal ligger formentlig nær den grænse, hvor metoden er anvendelig.

### 9. Hugstprogram for rødgran

Udover at give oplysning om en bevoksnings tæthed synes den relative træafstand at være velegnet til styring af tyndingshugsten.

På grundlag af danske hugstforsøg og inspireret navnlig af et hugstdiagram udarbejdet af H. BRAASTAD, Norsk institutt for skogforskning (Anonym 1977), er søgt opstillet et hugstdiagram for rødgran til anvendelse i praksis (se fig. 3).

Rødgran er bl.a. valgt, fordi det er så vigtigt, at denne træart tyndes i tide af hensyn til stabiliteten.

Diagrammet er fremkommet på følgende måde:

Tynding bør indledes ved bevoksningshøjden 6-8 m (BRYNDUM 1983). Stamtallet er da 1600-6000 stk/ha afhængig af kulturplantetallet og af, om der er foretaget udrensning.

Tynding skal afsluttes inden bevoksningshøjden er 15-18 m, og stamtallet skal være nedbragt til 600-1000 stk/ha.

Den nedre grænse er fastlagt på grundlag af hugstgrad C i en række danske hugstforsøg.

Den øvre grænse er fastlagt ud fra ønsket om afslutning af tyndingshugsten ved højden 10-12 m. F.eks. vil man i Gludsted plantage i fremtiden søge stamtallet nedbragt til 1000 stk/ha ved højden 10 m (Skovbrugsinstituttet 1982). Et andet eksempel er den såkaldte »Selskov-hugst«, som findes i Selskov, Nødebo statsskovdistrikt. Her er stamtallet nedbragt til 800 stk/ha ved højden 12 m (Skovbrugsinstituttet 1981).

»Selskov-hugsten«, et eksempel på en C-hugst samt et eksempel på en D-hugst, er indtegnet i diagrammet.

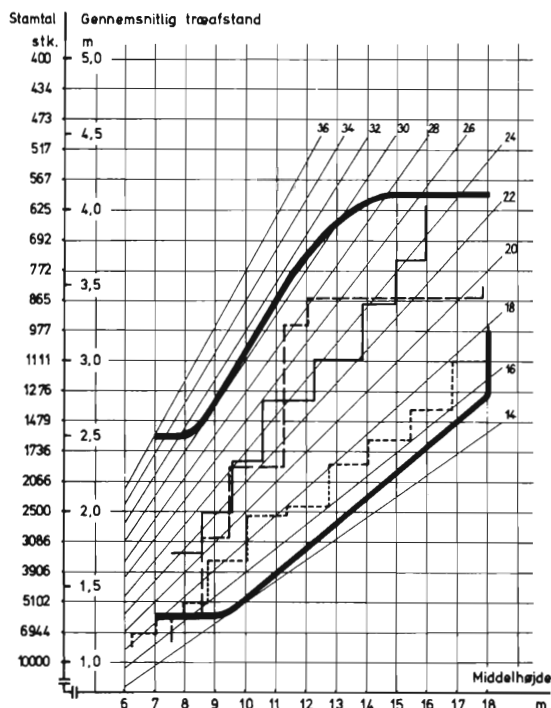


Fig. 3. Hugstediagram for rødgran.

- — »Selskov-hugsten«, Selskov, Nødebo statsskovdistrikt.
- Hugstgrad D. Prøveflade KU, St. Dyrehave, Frederiksborg statsskovdistrikt.
- - - - Hugstgrad C. Prøveflade KD, Sofie Amaliegaard skov, Clausholm skovdistrikt.
- 22 Relativ træafstand 22 %.

Diagrammet anvendes på følgende måde:

Det angiver største og mindste stamtal, der bør være i en bevoksning både før og efter hugst.

Middelhøjde samt gennemsnitlig træafstand eller stamtal bestemmes som beskrevet i foregående afsnit, og bevoksningen indtegnes i diagrammet.

Man er nu i stand til at fastlægge sit hugstprogram ud fra skovtilstand, målsætning for bevoksningen, antal tyndinger det er realistisk at regne med, slutstamtal m.v.

Ved anvendelse af hugstdiagrammet er der en række forhold, man skal være opmærksom på.

Bevoksninger på lave boniteter bør ligge i diagrammets øvre del for at sikre en tilstrækkelig tilvækst.

Bevoksninger på lokaliteter med meget svær jord bør ligeledes ligge i diagrammets øvre del, i dette tilfælde for at opnå passende dimensioner inden bevoksningerne går i opløsning.

Bevoksninger på gode granlokaliteter bør ligge i diagrammets nedre del for at sikre fuld produktion af træ af god kvalitet.

Endelig skal man være opmærksom på, at de enkelte hugstindgreb ikke må være stærkere, end man har erfaring for, at de kan være uden fare for skader på blivende bestand.

I det danske materiale, hvor kulturplantetallet varierer fra 5300-10000 stk/ha, synes der at være dækning for fjernelse af 1000-2000 træer/tynding indtil bevoksningshøjden 8-9 m, og op til 1000 træer/tynding i højdeintervallet 9-11 m. Herefter må man være mere varsom. I højdeintervallet 15-18 m kan nok fjernes indtil 300 træer/tynding. I enkelte tilfælde er der fjernet indtil 600 træer i én tynding, men det må i almindelighed anses for noget risikabelt.

Præcist definerede tyndingsforskrifter f.eks. til anvendelse ved forsøgsarbejde kan også opstilles. En forskrift kunne f.eks. lyde: »Tynding indledes ved bevoksningshøjde 7 m, og der tyndes, til den relative træafstand er 22 %. Herefter tyndes hver gang højden er tiltaget med 2 m, ligeledes til den relative træafstand er 22 %. Sidste indgreb fortages ved bevoksningshøjde 15 m«.

## 10. Praktisk udførelse af hugsten

En af fordelene ved at anvende relativ træafstand fremfor grundflade som tæthedsmål er, at man kan bestemme helt eksakt, hvor mange træer der skal stå igen efter tynding. Selve udførelsen af hugsten skulle herefter ikke give problemer selv ikke for uøvede. Man kan f.eks. udlægge et 10 × 10 m kvadrat og tynde, til det ønskede antal træer står igen. Dernæst danner



man sig et billede af, hvordan det tyndede kvadrat ser ud, og man kan dernæst tynde resten af bevoksningen.

Det må dog understreges, og det gælder vel især ved løvtræer, at det stadig er de »rigtige« træer, der skal udvælges.

### 11. Afslutning

Den relative træafstand synes meget vel at opfylde de i afsnit 2 opstillede krav til et tæthedsmål.

Et mere fuldstændigt billede af en bevoksning og dens udviklingsmuligheder kan man få ved at angive både den relative træafstand og grundfladen. Da har man både et udtryk for det vækstrum gennemsnitstræet har til sin rådighed og et udtryk for, i hvor høj grad dette vækstrum er udnyttet.

Den relative træafstand forekommer alt i alt at være et meget anvendeligt tæthedsmål, som bør gives en chance i praksis.

### 12. Summary

*Relative Distance of Trees* – applicability as a measure of density.

The purpose of this work has been to examine the applicability of the relative distance of trees as a measure of density, because the measure most frequently used: basal area per hectare, has a number of drawbacks. The relative distance of trees is defined as the average stem distance in per cent of mean height.

Experiments in plant distance with Norway Spruce show that by early reduction of number of stems per hectare to the number finally desired, differences in basal area and relative distance of trees as a result of different plant distance will be equalized at standheight 11-13 mtr. By late reduction of the number of stems, differences in basal area will be equalized earlier than differences in relative distance of trees, as these two measures of density are not synonymous.

The relative distance of trees does not seem to depend on the site quality class. The relative distance of trees in not thinned stands is for Norway Spruce, Sitka Spruce and Beech 10-12 %, and for the light-demander Oak 16-18 %.

The relative distance of trees gives direct information about the grade of thinning. In this way the problem that different countries use different designations for grade of thinning is evaded. At the Danish grade of thinning A (no thinning), B, C, and D with a relative basal area after thinning of respectively 100, 83, 67, and 50 the relative distance of trees is respectively 10-12 %, 12-14 %, 17-18 % and 22-24 % for Norway Spruce and Beech.

On the basis of Danish thinning experiments a diagram has been set up for Norway Spruce to be used in practice (see fig. 3) with statement of highest and lowest number of stems in a stand before as well as after thinning. The diagram has entrance for mean height and number of stems/average stem distance. The number of stems can, e.g., be found by turning a 3,99 meter long stick a full circle 4-5 places in the stand, count the number of stems the stick touches, find the average and multiply by 200.

The relative distance of trees also seems to be suitable for drawing up accurately defined thinning instructions for research work.

One of the advantages of using relative distance of trees as a measure of density is that one can determine quite exactly how many trees to remain after the thinning. The thinning itself should subsequently give no problems even for untrained individuals.

A more complete picture of a stand and its potentiality can be achieved by stating the relative distance of trees as well as the basal area. In this way one has an expression of the growing space the average tree has at its disposal as well as an expression of how much this growing space is utilized.

The relative distance of trees seems, all things considered, to be a very usable measure of density, and it ought to have a chance in practice.

### 13. Litteratur

\*) Er kun set refereret hos andre forfattere.

- ANDERSEN, K.F. & MADSEN, P.B. 1966: Noter til planlægning. København.
- Anonym 1977: Nå vet vi mer om når og hvordan vi skal tynne. Skogeieren 1977(11): 8-9.
- BICKFORD, C.A., BAKER, F.S. & WILSON, F.G. 1957: Stocking, normality and measurement of stand density. Journal of Forestry 55: 99-104.
- BRAASTAD, H. 1970: Et forbandsforsøk med gran. Særtryk av Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 28(5): 295-329.
- BRYNDUM, H. 1969: Rødgranhugstforsøget i Gludsted plantage. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 32: 1-156.
- 1983: Hugst i rødgran bør starte ved 6-7 meters højde. Interview ved S. Fodgaard. Skoven 10: 266.
- HANDLER, M.M. 1983: Relativ træafstand – anvendelighed som tæthedsmål. Hovedopgave. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Upubliceret: 1-116.
- JAKOBSEN, S.J. 1977: Karakteristik af hugststyrke. Specielt med henblik på anvendeligheden af relativ træafstand. Hovedopgave. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Upubliceret: 1-146.
- KILPATRICK, D.J., SANDERSON, J.A. & SAVILL, P.S. 1981: The Influence of Five Early Respacing Treatments on the Growth of Sitka Spruce. Forestry 54(1): 17-29.

- KJERSGÅRD, O. 1964: Et planteafstandsforøg i rødgran. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 29: 55-68.
- KÖHLER, A. 1959\*): Vorratsermittlung i Buchenbeständen nach stamm-durchmesser und Stammabstand. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 123: 69-74.
- Skovbrugsinstituttet 1981: Referat fra ekskursion til Frederiksborg og Nødebo distrikter d. 4.11.1981. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Upubliceret: 11pp.
- Skovbrugsinstituttet 1982: Skovdyrkningsøvelser 15.-20. aug. 1982. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Upubliceret: 95pp.
- WECK, J. 1953\*): Untersuchung über Brauchbarkeit und Genauigkeit eines Verfahrens der Bestandesmessung unter Verwendung von Stammabständen. Forstarchiv 24: 257-260.

# DANSK SKOVFORENING TIDSSKRIFT

BIND LXIX · 1984

UDGIVET AF  
DANSK SKOVFORENING

VALBY  
TRYKT HOS SCANTRYK  
1984

## REDAKTIONSUDVALG

Hofjægermester V. BRUUN DE NEERGAARD, Jystrup, Midtsjælland (formand).  
lektor, lic. agro. FINN HELLES,  
statsskovrider STEFFEN JØRGENSEN, statsskovrider TOM NIELSEN,  
forstander AA. MARCUS PEDERSEN, direktør JENS THOMSEN

---

Redaktør: P. HAUBERG  
Amalievej 20, 1875 København V.  
(01) 24 42 66



# INDHOLD

## **Nekrologer:**

BENT ENGBERG .....	307
VAGN JOHANSEN .....	181

## **Afhandlinger, artikler m.m.:**

Dansk Skovforenings ordinære generalforsamling 1984 .....	187
HANDLER, METTE M.: Relativ træafstand, anvendelighed som tæthedsmål .....	361
HEDING, N. & M. LØYCHE: Om rødgrannåles mængde og næringsindhold	302
HOLSTENER-JØRGENSEN, H. & PAUL CHRISTENSEN: Jernmangel hos Abies nordmanniana på Knuthenborg .....	297
JENSEN, NIELS PETER DALSGÅRD: Ærdyrkning, specielt med henblik på Sjælland og Lolland Falster. Afsnit 2 .....	333
MADSEN, LEIF JØRGEN: En metode til beregning af jord- og venteværdier under risiko for stormfald .....	375
NECKELMANN, JØRGEN: Vildtafværgning i blandingskulturer af rødgran og ædelgran i to jyske hedeplantager .....	311
Skovteknisk Institut. Årsberetning .....	265
Skovteknologi. Et historisk og perspektivisk strejftog .....	1



# EN METODE TIL BEREGNING AF JORD- OG VENDEVÆRDIER UNDER RISIKO FOR STORMFALD

Af LEIF JØRGEN MADSEN

Oxford class: 421.1: 652

Nærværende artikel er et uddrag af en hovedopgave fra Skovbrugsinstituttet i foråret 1983 – MADSEN (1983). Stig Agger-Nielsen m.fl. takkes for kritisk gennemlæsning af artiklen. Ved jordværdi forstås i det følgende jordens brugsværdi i en bestemt anvendelse.

## 1. Indledning

Såfremt et distrikt ønsker at anvende jordværdier (f.eks. som et udsagn ved beslutninger om træartsvalget) eller venteværdier (f.eks. ved en værdiansættelse af skoven), er det vel principielt at foretrække, at man gennemfører de ønskede venteværdiberegninger m.v. ud fra vækstfunktioner og dækningsbidrag, der er aktuelle for distriktet. Anvendelse af standardtabeller kan jo aldrig give andet end gennemsnitlige tal, og foruden de mere relevante værdier får man et forøget kendskab til de sider af virksomheden, som sådanne beregninger stiller krav om.

Når man har besluttet sig for en passende omsætningsbalance (aldersklassevis dækningsbidrag) kan jord- og venteværdierne beregnes ved hjælp af den almindelige skovøkonomiske teori uden anvendelse af svær matematik, jvf. HERMANSEN (1963).

En af årsagerne til, at jordværdien evt. ikke tillægges så stor betydning i praksis, er, at ikke alle relevante faktorer medtages i beregningerne. Har man en idé om prisudvikling over tiden, stormfaldsrisiko eller andet, er det ikke muligt med den sæd-

vanlige metode at omsætte idéen til kroner og ører i jordværdien. Omsætningsbalancen skal principielt være konstant ud i al evighed med den sædvanlige metode.

Er idéen tilstrækkeligt præcist formuleret, kan man med EDB gennemføre såkaldte simuleringer, der giver svar på det ønskede.

Skal et distrikt *selv* gennemføre sådanne beregninger, er EDB-metoden altså i almindelighed ganske uacceptabel. En ny metode til kalkulation af jord- og venteværdier præsenteres derfor i det følgende. Med den er det muligt at indføre i hvert fald stormfaldsrisiko i beregningerne. Metoden bygger på et helt andet – mere matematisk – princip end den sædvanlige, men er alligevel tilgængelig for enhver, der har en smule kendskab til matematik og lidt rutine i almindelig brug af en regnemaskine. Kravene er således ikke mere omfattende end de, der er nødvendige for at foretage de sædvanlige jord- og venteværdiberegninger. For de, der ikke bryder sig om matematik, vil metoden måske være vanskeligere, for andre vil metoden nok være mere gennemskuelig og lettere at lære og huske end den traditionelle metode – dvs. et alternativ hertil selv om stormfaldsrisikoen ikke ønskes medtaget i beregningerne.

Mange vil måske ikke finde det umagen værd at sætte sig ind i en ny metode, når de allerede har kendskab til den traditionelle, men ønsker man at medtage stormfaldsrisikoen i sine beregninger, er det eneste alternativ nok den i det følgende beskrevne metode. I en følgende artikel i DST vil beregningerne blive gennemført for rødgran ud fra landsgennemsnitlige betragtninger over stormfald, ved vækstfunktionerne CMM-bon 1 og CMM-bon 3, med anvendelse af dækningsbidrag fra »Skovøkonomiske tabeller 1981« og ved rentefødderne 2 og 5 %. Passer denne kombination ikke i den aktuelle situation, har man altså med den præsenterede metode muligheden for selv at beregne jord- og venteværdierne incl. stormfaldsrisiko.

For at kunne indregne stormfaldsrisikoen betydning er det ikke tilstrækkeligt at have viden om dækningsbidragene som

ved de sædvanlige venteværdiberegninger. Man må tillige kende noget til sandsynlighederne for stormfald og til de økonomiske konsekvenser af, at stormfald indtræffer.

De hidtidige stormfald er analyseret, jvf. MADSEN (1983), og nogle enkelte resultater herfra gengives i næste afsnit. I denne forbindelse først og fremmest for at skaffe rimelige tal til brug ved gennemgangen af beregningsmetoden. Metoden kræver, at stormfaldssandsynligheder og dækningsbidrag (i faste priser) ikke ændrer sig med tiden. Ønsker man f.eks. samtidig at regne med en bestemt prisudvikling eller at risikoen for stormfald ændres med tiden, er det stadig væk nødvendigt at anvende simulering med EDB.

En teoretisk indføring i beregningsmetoden ville forudsætte enten kendskab til matrixalgebra eller kræve anvendelse af temmelig mange bogstavvariable. I stedet for dette præsenteres metoden ved gennemregning af et eksempel. Det er mit håb, at metoden dermed bliver tilgængelig for de interesserede.

Eksemplet gennemregnes først uden stormfaldsrisiko i afsnit 3 og dernæst med stormfaldsrisiko i afsnit 4.

## 2. Beregningsgrundlag

Det eksempel, der skal gennemregnes, er rødgran, bonitet 1, 60-årig omdrift og kalkulationsrentefod 4 %. Den dertil svarende omsætningsbalance er hentet fra »Skovøkonomiske tabeller 1981« og gengives i tabel 1.

Tabel 1. Dækningsbidrag i kr/ha for rødgran, bonitet 1, 60-årig omdrift. Fra »Skovøkonomiske tabeller 1981«. Prisniveau: Nov.81.

Anlægs- udgift	Aldersklasse						Hovedsk.- indtægt
	4-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	
-9300	-2300	3077	11264	19285	29051	33979	105780

Sandsynligheder for stormfald og de økonomiske konsekvenser af disse er angivet i tabel 2 og 3.



Tabel 2. Sandsynligheder for stormfald i 10-årige aldersklasser. Rødgran, bonitet 1. Fra MADSEN (1983: 38).

Aldersklasse	Sandsynligheden for stormfald i perioden
20-30	0,00
30-40	0,05
40-50	0,16
50-60	0,28

Tabel 3. Dækningsbidrag ved alm. hovedskovning minus ekstraordinære omkostninger i forbindelse med stormfald. Tilnærmede gennemsnit for 10-årige aldersklasser. Rødgran, bonitet 1. Efter MADSEN (1983: 36 og 40).

Alders- klasse	Dækningsbidrag ved hovedsk. minus stormfaldsomkostninger	Betegnelse anvendt i afsnit 4
30-40	24682	St <sub>35</sub>
40-50	49426	St <sub>45</sub>
50-60	72549	St <sub>55</sub>

### 3. Jord- og venteværdier uden stormfaldsrisiko

Venteværdien for en bevoksning ved en given alder er defineret som værdien af alle fremtidige ind- og udbetalinger diskonteret til det pågældende år. Venteværdien kan derfor udtrykkes ved hjælp af årets ind- og udbetalinger og venteværdien om et år, som jo er værdien af de – på dette tidspunkt – fremtidige ind- og udbetalinger. F.eks.:

$$V_{40} = DB_{40-41} + \frac{V_{41}}{1+p}$$

hvor  $V$  er venteværdien,  $DB$  er dækningsbidraget, og  $p$  er kalkulationsrentefoden.

$DB_{40-41}$  er kendt, mens  $V_{41}$  er ukendt. Denne kan imidlertid udtrykkes ved:

$$V_{41} = DB_{41-42} + \frac{V_{42}}{1+p}$$

Her er  $V_{42}$  ukendt, og det synes ikke, som om man når nogle vegne. Men ved en given omdriftsalder når man ad denne vej før eller siden frem til  $V_{40}$  igen. Da vil det opståede system af ligninger gå i ring, og det skal vises, at venteværdierne da kan findes på en nem måde.

En hel del regnearbejde spares ved at gå over til de almindelige 10-årige aldersklasser. Da får man f.eks.:

$$V_{40} = \frac{DB_{40-50}}{(1+p)^5} + \frac{V_{50}}{(1+p)^{10}}$$

hvor det 10-årige dækningsbidrag som sædvanligt diskonteres fra periodemidten.

For det eksempel, som skal gennemregnes her, er dækningsbidragene gengivet i tabel 1.

Jordværdien fås som  $V_4$  med fradrag af anlægsudgifter:

$$J = -9300 + V_4$$

$V_4$  udtrykkes ved  $DB_{4-10}$  og  $V_{10}$ :

$$V_4 = -2300 \times 1,04^{-3} + V_{10} \times 1,04^{-6}$$

$V_{10}$  udtrykkes ved  $DB_{10-20}$  og  $V_{20}$ :

$$V_{10} = 3077 \times 1,04^{-5} + V_{20} \times 1,04^{-10}$$

osv.

$V_{60}$  er venteværdien umiddelbart før renafdrift – dvs. hovedskovningsindtægten plus jordværdien:

$$V_{60} = 105780 + J$$

I alt fås følgende samling ligninger:

$$\begin{aligned} J &= -9300 + V_4 \\ V_4 &= -2045 + 0,7903 \times V_{10} \\ V_{10} &= 2529 + 0,6756 \times V_{20} \\ V_{20} &= 9258 + 0,6756 \times V_{30} \\ V_{30} &= 15851 + 0,6756 \times V_{40} \\ V_{40} &= 23878 + 0,6756 \times V_{50} \\ V_{50} &= 27928 + 0,6756 \times V_{60} \\ V_{60} &= 105780 + J \end{aligned}$$

Har man adgang til en mikrocomputer eller lommeregner, der er programmeret til løsning af ligningssystemer, findes jord- og venteværdierne ved anvendelse heraf. Løsning af 8 ligninger med 8 ubekendte er normalt ikke noget, man kan regne ud i hånden, men i dette specielle tilfælde kan det dog gøres ret nemt:

$V_{60}$  er jo udtrykt ved jordværdien  $J$ . Det kan  $V_{50}$  også blive:

$$V_{50} = 27928 + 0,6756 \times (105780 \times J) = 99393 + 0,6756 \times J.$$

Dermed kan  $V_{40}$  også udtrykkes ved  $J$ :

$$V_{40} = 23878 + 0,6756 \times (99393 + 0,6756 \times J) = 91028 + 0,4564 \times J.$$

Det bør nok indskydes, at tallene her ikke er ganske uden jordforbindelse. 91028 (eller 91022 uden afrundinger i mellemregningerne) er summen af  $DB_{40-50}$ ,  $DB_{50-60}$  og hovedskovningsindtægten, når disse er diskonteret til alder 40 år. 0,4564 er diskonteringsfaktoren for 20 år:  $1.04^{-20}$  – den faktor  $J$  skal ganges med, som følge af at jordværdien indgår ved hovedskovningen 20 år senere. 91028 er således nutidsværdien af ind- og udbetalinger til og med hovedskovningen og  $0,4564 \times J$  er nutidsværdien af alle senere ind- og udbetalinger.

På denne måde får man alle venteværdierne udtrykt ved jordværdien,  $J$ :

$$\begin{aligned} V_{60} &= 105780 + J \\ V_{50} &= 99393 + 0,6756 \times J \\ V_{40} &= 91028 + 0,4564 \times J \\ V_{30} &= 77350 + 0,3083 \times J \\ V_{20} &= 61516 + 0,2083 \times J \\ V_{10} &= 44089 + 0,1407 \times J \\ V_4 &= 32799 + 0,1112 \times J \\ J &= 23499 + 0,1112 \times J \end{aligned}$$

Løsning af den sidst fremkomne ligning kan nu let beregnes, idet der kun er én ubekendt:

$$J = \frac{23499}{1 - 0,1112} = 26439$$

og da alle venteværdierne nu er udtrykt ved  $J$ , fås de nemt:

$J$	=	26439	(26433)
$V_4$	=	35739	(35733)
$V_{10}$	=	47809	(47801)
$V_{20}$	=	67023	(67013)
$V_{30}$	=	85501	(85492)
$V_{40}$	=	103095	(103085)
$V_{50}$	=	117255	(117247)
$V_{60}$	=	132219	(132213)

I parentes er angivet værdierne, som de ville fremkomme uden de viste afrundinger undervejs (f.eks. ved at gemme tallene i en lommeregners registre). Afvigelserne er ubetydelige. Ønsker man de mellemliggende venteværdier, kan de fås ved grafisk udjævning.

Når venteværdierne ikke stemmer helt overens med »Skovøkonomiske tabeller 1981«, side 87, er det fordi man dér af en eller anden grund regner med princippet: første omdrift 60-årig, derefter overgang til optimal omdrift (dvs. hvor jordværdien er maksimal), hvorimod der her regnes med en omdriftsalder på 60 år ud i al fremtid. (Venteværdierne stemmer, når forskellen i jordværdi mellem 60-årig og optimal omdrift diskonteres fra 60 år til den pågældende alder).

Er denne metode nu et alternativ til den sædvanlige metode? En omsætningsbalance (som tabel 1) skal opstilles ved begge metoderne. Ved den sædvanlige metode skal man derefter igennem følgende procedure: Diskontere og summere til år 0 (for at få kapitalværdien); beregne evighedsfaktoren og regne den ind (for at få jordværdien); afsætte hovedskovningsindtægt + jordværdi på semilogaritmisk papir; fremstille en trappesurve ved hjælp af en diskonteringslinie (navnlig dette er en sen proces og ikke særligt præcist) samt udjævne trappeskurven, hvorpå venteværdierne kan aflæses, jvf. HERMANSEN (1963).

Nogle vil givetvis finde ligningssystemmetoden nemmere

end dette. For dem vil metoden – p.gr.a. den mere logiske tankegang – være både overskuelig, enkel at gennemføre og lettere at huske. Metoden tilbyder endvidere bedre muligheder for kontrol med regnefejl, idet de fundne venteværdiudtryk kan sættes ind i hver af de først opstillede ligninger, som da skal stemme.

#### 4. Jord- og venteværdier under risiko for stormfald.

Indregning af stormfaldsrisiko kan ikke foretages med den sædvanlige metode, men med ligningssystemmetoden kan dette også inddrages i beregningerne. Ligningerne taber i overskuelighed, og opstillingen af dem er mere besværlig, men egentlig ikke vanskeligere. Selve udregningerne er dog lige så enkle som i sidste afsnit.

En sådan indregning kræver en vis abstraktion: Man kan intet vide om, hvornår de faktiske, fremtidige stormfald vil indtræffe i den pågældende bevoksning. Set ud fra et menneskeligt synspunkt er forekomst af stormfald ganske tilfældig og kan altså næppe forudsiges, men man kan dog have en mere eller mindre velbegrundet formodning om stormfaldsrisikoen på forskellige tidspunkter.

Dvs. at uanset om bevoksningen vælter om et antal år eller ej, regnes der med en vis risiko herfor på dette – og øvrige – tidspunkter. Det er således et spørgsmål om at udnytte sin, evt. lidt mangelfulde, viden om tilfældighedernes spil, hvor man normalt forudsætter, at man virkelig er »i god tro« om at en bestemt ind- eller udbetaling vil forekomme på et givet tidspunkt (i en given aldersklasse), når den medregnes i kapitalværdiberegningen.

Der er nu to muligheder, når venteværdien skal udtrykkes som i sidste afsnit: stormfald eller ikke-stormfald. Ved alderen 40 år er der sandsynligheden  $q$  for at bevoksningen vælter, og dermed sandsynligheden  $(1 \div q)$  for at den ikke vælter.  $V_{40}$  kan da udtrykkes som:

$$V_{40} = q \times (St_{40} + J) + (1 \div q) \times (DB_{40-41} + \frac{V_{41}}{1+p})$$

hvor  $V$ ,  $J$ ,  $DB$  og  $p$  som før er henholdsvis venteværdi, jord-

værdi, dækningsbidrag og kalkulationsrentefod, og St er hovedskovningsindtægten minus alle ekstraordinære omkostninger i forbindelse med stormfald til skovning, transport, salg og genkultivering.

Ved opstilling i 10-årige aldersklasser er det nemmest at regne med, at stormfaldet indtræffer midt i perioden. Udover indtægten ved opskovning af stormfaldet får man – som en tilnærmelse – gennemsnitligt den halve periodes dækningsbidrag, og når dette diskonteres fra periodemidten, bliver diskonteringstiden dermed 2,5 år.  $q$  betegner sandsynligheden for stormfald i løbet af perioden:

$$V_{40} = q \times \underbrace{\left( \frac{0,5 \times DB_{40-50}}{(1+p)^{2,5}} + \frac{St_{45}+J}{(1+p)^5} \right)}_{\text{Stormfald}} + (1-q) \times \underbrace{\left( \frac{DB_{40-50}}{(1+p)^5} + \frac{V_{50}}{(1+p)^{10}} \right)}_{\text{Ikke-stormfald}}$$

Opstilling som i afsnit 3.

Med sandsynligheden for stormfald fra tabel 2, dækningsbidrag for stormfald fra tabel 3 og beregningsgrundlag i øvrigt som i sidste afsnit fås for eksempel:

$$\begin{aligned} V_{40} &= 0,16 \times \left( \frac{0,5 \times 29051}{1,04^{2,5}} + \frac{49426+J}{1,04^5} \right) + 0,84 \times \left( \frac{29051}{1,04^5} + \frac{V_{50}}{1,04^{10}} \right) \\ &= 28664 + 0,1315 \times J + 0,5675 \times V_{50} \end{aligned}$$

Idet bevoksninger af bonitet 1 ifølge tabel 2 kan regnes stormsikre indtil aldersklasse 30-40, fås på samme måde følgende ligninger:

$$\begin{array}{l} J = -9300 + V_4 \\ V_4 = -2045 + 0,7903 \times V_{10} \\ V_{10} = 2529 + 0,6756 \times V_{20} \\ V_{20} = 9258 + 0,6756 \times V_{30} \\ V_{30} = 16510 + 0,0411 \times J + 0,6418 \times V_{40} \\ V_{40} = 28664 + 0,1315 \times J + 0,5675 \times V_{50} \\ V_{50} = 41118 + 0,2301 \times J + 0,4864 \times V_{60} \\ V_{60} = 105780 + J \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Ingen} \\ \text{stormfaldsrisiko} \\ \\ \text{Potentiel} \\ \text{stormfaldsrisiko} \end{array}$$

Fra dette punkt fremkommer løsningen ligesom i sidste afsnit. Det ekstra led i tre af ligningerne forstyrrer ikke processen med at udtrykke alle venteværdierne ved  $J$ . F.eks.:

$$V_{50} = 41118 + 0,2301 \times J + 0,4864 \times (105780 + J) = 92569 + 0,7165 \times J$$

Og på denne måde fås:

$$\begin{aligned} V_{60} &= 105780 + J \\ V_{50} &= 92569 + 0,7165 \times J \\ V_{40} &= 81197 + 0,5381 \times J \\ V_{30} &= 68622 + 0,3865 \times J \\ V_{20} &= 55619 + 0,2611 \times J \\ V_{10} &= 40105 + 0,1764 \times J \\ V_4 &= 29650 + 0,1394 \times J \\ J &= 20350 + 0,1394 \times J \end{aligned}$$

med løsningen:

$$\begin{aligned} J &= 23646 && (23643) \\ V_4 &= 32946 && (32943) \\ V_{10} &= 44276 && (44271) \\ V_{20} &= 61793 && (61788) \\ V_{30} &= 77761 && (77757) \\ V_{40} &= 93921 && (93918) \\ V_{50} &= 109511 && (109511) \\ V_{60} &= 129426 && (129423) \end{aligned}$$

Som før er i parenteser angivet værdierne, som de ville fremkomme med samme metode, men uden de viste afrundinger undervejs. De mellemliggende venteværdier fås ligeledes ved grafisk udjævning.

Der vil ikke være nogen væsentlig forøgelse af præcisionen ved at regne med 5-årige i stedet for 10-årige aldersklasser. Da der derimod er en væsentlig forøgelse af uoverskueligheden og regnearbejdet, er der i almindelighed ingen grund hertil.

Man har i øvrigt ikke ved at vælge 10-årige aldersklasser lagt sig fast på omdriftsaldre delelige med 10. Der er intet til hinder for at regne med f.eks. 57-årig omdrift og da lade

venteværdierne ved f.eks. 4, 10, 20, 30, 40, 50 og 57 år indgå i beregningerne. Alt efter omstændighederne kan man slå nogle af ligningerne sammen og anvende f.eks. venteværdierne ved 4, 20, 40, 50 og 60 år til en 60-årig omdrift. Men generelt fås et præcisere resultat, jo flere ligninger der medtages.

Metoden er endvidere velegnet til EDB-beregning, når alternativet er simulering. Løsning af ligningssystemer er normalt enkelt at programmere, og løsningen beregnes hurtigt og dermed billigt.

## 5. Afslutning

Bliver et skovareal aldrig ramt af stormfald, er den egentlige jordværdi (dvs. værdien før kulturstart af de fremtidige faktiske ind- og udbetalinger) den, der blev beregnet som i afsnit 3. Rammes skovarealet ved et tilfælde gentagne gange af stormfald, er den egentlige jordværdi betydeligt lavere end den, der blev beregnet som i afsnit 4.

Den i afsnit 4 beregnede jordværdi er en forventet eller gennemsnitlig jordværdi. Den vil være den korrekte at anvende, såfremt investeringsbeslutninger, f.eks. valg mellem to træarter, skal afgøres ved den maksimale jordværdi. Da er der kun et tilfældigt element tilbage, man kan være heldig eller uheldig, men i det lange løb vil træarten med størst jordværdi incl. stormfaldsrisiko være den mest lukrative – forudsat der ikke sker ændringer i kalkulationsrentefod, dækningsbidrag og andet, som ikke er medtaget i beregningerne.

Af andre anvendelser af metoden til fremstilling af venteværdier kan nævnes: Alternierende bøg og ær ud fra den vesevende opfattelse, at under bøg har æren større sandsynlighed for at så sig end bøgen selv og omvendt under ær. Ved en sådan anvendelse kan de fremkomne ligninger dog ikke nødvendigvis løses helt så nemt i hånden som vist i denne artikel.

## Summary

*»A method of calculating the soil and expectation values under the risk of windthrow«*  
by LEIF JØRGEN MADSEN.

It is not possible to include the risk of e.g. windthrow in the soil and expectation values of forest stands with the calculation method ordinarily



used in Denmark. A new method that can take risks into account is presented in this paper.

Though the method is based on mathematical equations it does only require little knowledge of mathematics. Of course, the equations can be solved with a computer, but they can as well, and easily, be solved without. Because of the more logical line of action, the method will have advantages even without any risks included.

### **Citeret litteratur**

- HERMANSEN, N.K., 1963: Fremgangsmåder ved beregning af venteværdier. Dansk Skovforenings Tidsskrift (48): 56-72.
- MADSEN, L.J., 1983: Beregning af rødgrans jord- og venteværdier under risiko for stormfald. Skovbrugsinstituttet, 107 s.
- Skovøkonomiske kurver og tabeller 1981. II Tabeller. Hedeselskabet, Skovforeningen, Skovstyrelsen, Statsskattedirektoratet og Skovbrugsinstituttet, 198 s.