

# DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

## INDHOLD

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

*Henrik Johnsen Vinther:* Statsskovvæsenets  
gødskningsprogram ..... 65

*J. Neckelmann:* Dyrkningstæthedens indflydelse på  
skovplanters kvalitet ..... 108

### *Litteratur:*

Forest liming on mineral soils – Results of Finnish  
experiments. Statens Naturvårdverk ..... 118

## DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

ISSN 0011-6475

udkommer årligt med 4 hæfter.

Eftertryk af tidsskriftets artikler uden redaktionens samtykke er ikke tilladt.

### **Redaktionsudvalg:**

Kammerherre *V. Bruun de Neërgaard*, 4174 Jystrup, Midtsjælland (formand).

Lektor lic. agro *Jens Dragsted*, Skovbrugsinstituttet, Thorvaldsensvej 57,  
1871 Frederiksberg C.

Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard, 7183 Randbøl.

Forstfuldmægtig *Jens Bjerregård Christensen*, Skovstyrelsen,

Strandvejen 863, 2930 Klampenborg.

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

Direktør *Jens Thomsen*, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C.

### **Redaktion:**

*Søren Fodgaard*, (ansvarsh.), *Lene Loving*.

### **Dansk Skovforenings Sekretariat og Tidsskriftets Redaktion:**

Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C. Tlf. 01 24 42 66. Postgiro 9 00 19 64

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

# STATSSKOVVÆSENETS GØDSKNINGSPROGRAM

af

Forstfuldmægtig, Lindet statsskovdistrikt, HENRIK JOHNSEN VINTHER

Oxford class: 237.4

## INDHOLDSFORTEGNELSE:

0. RESUME.
1. INDLEDNING.
2. GØDSKNINGSPROGRAM 1978-83.
  - 2.1. Arbejdsgrundlag.
  - 2.2. Praktisk udarbejdelse af gødskningsprogram.
  - 2.3. Gødsket areal i perioden.
  - 2.4. Gødskningsteknik.
3. ANLÆG OG MÅLING AF PRØVEFLADER.
  - 3.1. Stratificering.
  - 3.2. Antal prøveflader og parcelareal.
  - 3.3. Udvælgelse af bevoksninger.
  - 3.4. Anlægsår.
  - 3.5. Måling.
  - 3.6. Gødskning.
4. RESULTAT AF PRØVEFLADEMÅLINGER EFTER FØRSTE 5-ÅRS PERIODE.
  - 4.1. Beregning af grundflade- og volumentilvækster.
  - 4.2. Statistisk analyse af tilvækstmålinger.
  - 4.3. Regionsvise grundflade- og volumentilvækster.
  - 4.4. Mertilvækstens afhængighed af: alder, PK og RTA.
  - 4.5. Fordeling af mertilvækster til de enkelte vækstår.
5. DISKUSSION AF MÅLTE MERTILVÆKSTER.
  - 5.1. Vækstforhold.
  - 5.2. Målefejl, beregningsrutiner mm.
  - 5.3. Beregnede mertilvækster.
  - 5.4. Sammenligning med forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre rødgran.

6. FORTSATTE MÅLINGER AF GØDSKNINGSPRØVEFLADER.
7. ØKONOMISK MODEL FOR GØDSKEDE BEVOKSNINGER.
  - 7.1. Generelle bemærkninger.
  - 7.2. Vækstmodeller.
  - 7.3. Økonomiske modeller.
8. GØDSKNINGSPROGRAM 1985-90.
  - 8.1. Udpegning af gødskningsværdige arealer.
  - 8.2. Gødskning.
  - 8.3. Værnzoner.
  - 8.4. Gødsket areal.
9. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER.
10. SUMMARY.

## 0. RESUME.

Artiklen beskriver de hovedelementer, som indgår i statsskovvæsenets gødskningsprogram, herunder en gennemgang af forudsætningerne for udarbejdelsen af et sådant program.

Gødskningsprogrammet iværksattes formelt i august 1977. Det omfattede i den første 5-års periode produktionsgødskning af omkring 12.000 ha gran ældre end 30 år på jyske hededistrikter, grundforbedring med fosfor af kulturer på bakkeøer, samt erstatingsgødskning af intensivt udnyttede pyntegrøntbevoksninger.

Et vigtigt element var anlæg af et antal prøveflader til kontrol af den forventede mertilvækst efter gødskning. F. (forår) 1978 og F. 1979 anlagdes ialt 110 prøveflader (ligeligt fordelt til 11 regioner) hver med 2 parceller, hvoraf den ene gødskedes. På hedesletter gødskedes med NPK 23-3-7, og på bakkeøer med NPK 18-5-12 med en dose svarende til 120 kg N pr. ha. Efter 5 vækstsæsoner genmåltes 100 prøveflader, de resterende 10 var ødelagt af stormfald mm.

Gennemsnittet af alle prøveflader viste en statisk sikker mertilvækst på 4,7 m<sup>3</sup>/ha i 5-års perioden. Den gennemsnitlige mertilvækst varierede betydeligt fra region til region – fra ÷ 5,5 til + 18,2 m<sup>3</sup>/ha i 5-årsperioden. Det kunne endvidere eftervises, at ved førstegangsgødskning er mertilvæksten først målbar fra omkring 3. vækstår efter gødskning, og mertilvæksten nærmer sig 0 i det 5.-6. vækstår efter gødskning.

Rapport 1 fra 1977 har dannet grundlag for udarbejdelsen af gødskningsprogrammet.



Ved sammenligning med udbyttekurven herfra viste det sig, at den forventede mertilvækst på  $3,75 \text{ m}^3/\text{ha}$  og år fra 3. vækstår ved gødskning med  $120 \text{ kg N/ha}$  som et gennemsnit blev opnået i de 4 regioner med den størst målte tilvækst.

Det har endvidere kunnet påvises, at mertilvæksten som følge af gødskning synes at være aftagende med stigende alder og bonitet, mens mertilvæksten er stigende med stigende hugststyrke.

På grundlag af opstillede vækstmodeller og økonomiske modeller er det sandsynliggjort, at med de nuværende prisrelationer (1984) skal der opnås en mertilvækst på mindst omkring  $2 \text{ m}^3/\text{ha}$  og år ved kontinuerlig gødskning hvert 5. år, for at det er økonomisk fordelagtigt at iværksætte en gødskning hvert 5. år.

## 1. INDLEDNING.

I marts 1975 nedsatte det daværende direktorat for statsskovbruget en arbejdsgruppe, der fik til opgave at udarbejde en redegørelse indeholdende dels en rekapitulation af forsøgserfaringerne inden for forskellige områder af skovgødskningen, og dels en vurdering af skovgødskningens konsekvenser m.v. Det var direktoratets ønske at få et egnet grundlag for eventuel opstilling af et skovgødskningsprogram for statsskovene.

Arbejdsgruppens undersøgelser afsluttedes i 1976 med udarbejdelsen af en gødkningsrapport: »Gødskning af gran«, Skovstyrelsen 1976, i det følgende benævnt Rapport 1. Rapporten er gengivet i sin helhed i DST 1976, side 167-253.

Arbejdsgruppens undersøgelser vedr. tilvækst og økonomi var, bortset fra pyntegrøntbevoksninger, begrænset til det midt- og vestjydske plantageområde, dvs. hedesletter og bakkeøer vest og syd for isens hovedopholdsline i sidste istid. (Linien er afmærket på figur 3.1.1. side 73).

Hovedkonklusionerne i rapporten var:

- 1) På grundlag af de hidtidige gødkningsforsøg kunne man forvente en årlig mertilvækst i gran over 30 år på ca.  $3,75 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$  ved gødskning hvert 5. år med  $120 \text{ kg N/ha}$  i form af en NPK blandingsgødning.
- 2) Afhængigt af bonitet m.v. kunne den interne rente ved gødskning af gran hvert 5. år beregnes til at være 9-27 pct. – under forudsætning at en mertilvækst på  $3,75 \text{ m}^3/\text{ha}$  og år og prisrelationer pr. F. (forår) 1976.

- 3) Endvidere blev det sandsynliggjort, at en grundforbedring med fosfor af kulturer på bakkeøer og erstatningsgødskning af pyntegrøntbevoksninger med en NPK blandingsgødning var økonomisk forsvarlig.

På grundlag heraf udarbejdede skovstyrelsen en ansøgning til finansudvalget om iværksættelse af et gødskningsprogram i statskovene omfattende produktionsgødning af ca. 14.000 ha hedeplantage (incl. grundforbedring af kulturer på bakkeøer med fosfor) samt erstatningsgødskning af intensivt udnyttede pyntegrøntbevoksninger.

Finansudvalget godkendte ansøgningen i marts 1977, hvorefter skovstyrelsen påbegyndte udarbejdelsen af et detaljeret gødskningsprogram, der formelt iværksattes i august 1977.

Et vigtigt element i gødskningsprogrammet var udarbejdelsen af en plan for og anlæg af et antal prøveflader for at måle, om den opnåede mertilvækst i gran ældre end 30 år svarede til forventningerne, og om der var forskelle mellem forskellige lokaliteter. Anlæg og måling af godt 100 prøveflader blev forestået af skovreguleringen. Planen for anlæg af prøveflader er beskrevet i et notat: »Etablering af en prøvefladeserie til kontrol af mertilvæksten i gran over 30 år som følge af en gødskning«. Notatet blev udsendt til alle hededistrikter forinden anlæg af de første prøveflader F. 1978.

En detaljeret analyse af tilvækstmålingerne på prøvefladerne efter 5 vækstsæsoner er givet i: »Gødskningsrapport 2«, (73 sider, 69 figurer og 19 tabeller), Skovstyrelsen 1984.

Til brug for økonomisk vurdering af gødskningsprogrammet er der i: »Gødskningsrapport 3« (18 sider, 20 figurer og 25 bilag). Skovstyrelsen 1984, redegjort for nogle vækstmodeller og økonomiske modeller for gødskede bevoksninger.

Sideløbende med gødskningen F. 1978 på Klosterhedens distrikt påbegyndte miljøstyrelsens ferskvandslaboratorium en måleserie i 4 vandløb på distriktet. Et, hvor der blev gødsket i vandløbets opland, samt 3 vandløb, hvor oplandet ikke gødskedes (reference vandløb).

Med et stigende antal dages mellemrum blev der gennem 1978 og 1979 udtaget vandprøver fra de 4 vandløb, der analyseredes på ferskvandslaboratoriet. Resultaterne af målingerne er meddelt i rapporten: »Skovgødskning og udvaskning til vandløb«, Miljøstyrelsens ferskvandslaboratorium 1984. Hovedkonklusionen i rapporten side 7 er: »På kort sigt er der imidlertid ikke med sikkerhed

påvist nogen effekt (udvaskning til vandløb efter gødsning) på den næringsfattige jordbund på Klosterhedens plantage.

Endelig skal det nævnes, at parallelt med prøvefladeserien på hededistrikterne anlagde skovreguleringen f. 1980 20 prøveflader i sitkagran på de nordjydske klitdistrikter. Prøvefladerne blev på tværs af distriktsgrænser stratificeret i 2 grupper:

- 1) flyvesand på moræne og
- 2) flyvesand på hævet havbund.

Resultatet af tilvækstmålingerne efter 5 år er meddelt i: »Gødskningsrapport 4« (15 sider, 15 figurer og 6 tabeller), skovstyrelsen 1985.

Hovedkonklusionen af målingerne i klitten er:

- 1) Gødsning giver en beskeden ( $0,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) mertilvækst i 5-års perioden.
- 2) P.g.a. de meget varierende vækstforhold er spredningen mellem de enkelte prøveflader så stor, at den målte mertilvækst ikke er statistisk signifikant.
- 3) Der har ikke kunnet påvises nogen samspilleffekt mellem gødsning og jordbundstype.

I de følgende afsnit gives en oversigt over skovstyrelsens hidtidige gødskningsprogram, tilvækstmålingerne på hededistrikterne og den heraf følgende justering af det fremtidige gødskningsprogram.

Ved gennemgangen af tilvækstmålingerne benyttes uden nærmere forklaring nogle for mange læsere nyere begreber: Produktionsklasse, forkortet PK og Relativ træafstand, forkortet RTA.

Ved f.eks. *produktionsklasse 8* forstås den højdebonitet, der i en omdrift kan yde en maksimal gennemsnitlig årlig produktion på  $8 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Skovreguleringen har omsat WN's tilvæksoversigter for rødgran til produktionsklasser, der er benyttet i det følgende. PK 8 svarer således til bonitet 4,5 efter West-Nielsen.

Den *relative træafstand* er defineret som:

$$\text{RTA} = \frac{\sqrt{\text{Vareal/stamtal}}}{\text{middelhøjden}} \times 100\% \text{ hvor arealet måles i } \text{m}^2$$

og højden i m. Mette M. Handler (1) har anvendt den relative træafstand på forsøgsvæsenets hugstforsøg. For hugstforsøg i gran er der påvist følgende sammenhæng mellem hugstgrad og RTA:

Hugstgrad	Relativ grundflade	RTA %
A	100	10-12
B	83	12-14
C	67	17-18
D	50	22-24

For samme hugststyrke har der ikke kunnet påvises nogen afhængighed af alder og bonitet. Den relative træafstand, der er et udtryk for det enkelte træs vækstrum, er derfor velegnet til at beskrive hugststyrken på de enkelte prøveflader.

Desuden bruges ofte begrebet *statistisk signifikant forskel mellem A og B*. Dermed menes, at der er stor sandsynlighed for, at forskellen mellem A og B er reel og ikke blot skyldes tilfældigheder ved målingen, ved de udvalgte individer osv. Et signifikansniveau på 0,95 betyder, at der er 95 pct. sandsynlighed for, at den målte forskel er sand.

Man accepterer således at der i 5 ud af 100 målinger konstateres en forskel (eksempelvis mertilvækst som følge af gødskning), uden at der rent faktisk er tale om en sand forskel.

Arbejdet med udarbejdelsen af et gødskningsprogram, anlæg af prøveflader, og analyser af tilvækstmålinger har påhvilet forfatteren. På samme vis bærer forfatteren det fulde ansvar for, hvilke dele af ovennævnte rapporter, der er medtaget i nærværende artikel.

## **2. GØDSKNINGSPROGRAM 1978-83**

### **2.1. Arbejdsgrundlag.**

Grundlaget for udarbejdelsen af et gødskningsprogram i statskovene var den i indledningen nævnte Rapport 1. På side 8 og 9 i rapporten konkluderede den nedsatte arbejdsgruppe: »Efter den samlede gennemgang af forholdene omkring skovgødskning finder arbejdsgruppen ud fra en helhedsbedømmelse at måtte anbefale statskovbruget snarest muligt at iværksætte et skovgødskningsprogram på gødskningsværdige arealer.

Arbejdsgruppen kan endvidere anbefale, at en gødskningsindsats i statskovbruget iværksættes med fuld styrke, d.v.s. med en rotation af 1/5 af alle bevoksninger ældre end 30 år på hedesletter m.v. samt en accellereret grundforbedring med fosfor på bakkeølokaliteter«.

### **2.2 Praktisk udarbejdelse af gødskningsprogram.**

Som nævnt i indledningen søgte skovstyrelsen finansudvalget om en bevilling til produktionsgødskning af gran ældre end 30 år på hedesletter og bakkeøer, grundforbedring med fosfor af kulturer på bakkeøer, samt erstatningsgødskning af pyntegrøntbevoksninger. Såvel arealmæssigt som bevillingsmæssigt udgjorde produktionsgødskning hvert 5. år af gran ældre end 30 år langt størstedelen af den planlagte gødskningsindsats.



Produktionsgødskning i så stor målestok var ikke før prøvet i statsskovene, og man ventede at produktionsgødskningen ville få betydelig indflydelse på planhugsten på de berørte distrikter. Derfor var det naturligt, at skovreguleringen i samarbejde med distrikterne udarbejdede en ret detaljeret plan for produktionsgødskningen. Grundforbedring med fosfor og erstatningsgødskning af pyntegrøntbevoksninger var derimod gammelkendte standardbehandlinger, hvorfor det blev overladt til distrikterne selv at udarbejde planer herfor.

Udpegnig af egnet areal til produktionsgødskning foregik herefter således:

1) På grundlag af Rapport I blev interesseområdet begrænset til plantager på hedeslette og bakkeøer på Klosterhedens-, Ulborg-, Feldborg-, Viborg-, Palsgård-, Randbøl-, Lindet-, Åbenrå-, og Gråsten distrikter.

2) Alle granbevoksninger (rødgran, sitkagran, omorikagran, douglasgran og alm. ædelgran) ældre end 30 år blev indskraveret på skeletkort.

3) Skeletkortene udsendtes til distrikterne, der blev bedt om at udpege bevoksninger, der skulle udtages af programmet p.g.a.

- a) foryngelse i løbet af næste 5-års periode
- b) manglende slutning
- c) ringe kvalitet p.g.a. stammeform, råd o. lign.
- d) højde under 6 m
- e) andre hensyn, f.eks. forsøgsarealer, drikkevandsboringer o. lign.

På grundlag af de reviderede skeletkort udarbejdes for hvert distrikt en plan over samlet gødskningseget areal i 5-års perioden 1978-83, med tilhørende justeringer af planhugsten.

En af skovstyrelsen nedsat arbejdsgruppe med repræsentanter fra skovstyrelsen, fredningsstyrelsen og miljøstyrelsen gennemgik herefter gødskningsplanerne og udarbejdede retningslinier for værnzoner mod f.eks. åer, søer, kær o. lign., der ikke ønskedes tilført næringsstoffer. Det endeligt udvalgte gødskningsegnete areal omfattede ca. 12.000 ha. Endvidere udarbejdede arbejdsgruppen et program for afstrømningsmålinger på Klosterhedens distrikt i forbindelse med gødskningen.

Af det samlede areal udgjorde rødgran ca. 90 pct., sitkagran ca. 4 pct. og alm. ædelgran ca. 6 pct.

Distrikterne blev bedt om at iværksætte en nogenlunde jævn gødskning med 1/5 af arealet hvert år – dog under hensyntagen til, at de ældste bevoksninger blev gødsket straks og dernæst de yngre bevoksninger for at udnytte de igangværende beskæftigelsesmæssige foranstaltninger i den forudgående tynding.

Det blev endvidere foreskrevet, at den forventede mertilvækst skulle udtages ved en kraftig hugst forud for gødskningen.

På grundlag af arbejdsgruppens anvisninger i Rapport I blev det

besluttet at gødske med 520 kg. NPK 23-3-7+Cu+Mg på hedesletter og 670 kg NPK 18-5-12+Cu+Mg på bakkeøer (incl. Klosterhedens distrikt) pr. ha. svarende til 120 kg rent N pr. ha. De 2 benyttede blandingsgødninger er klorfattige.

### 2.3 Gødsket areal i perioden.

Efter udløbet af den første 5-års periode er der produktionsgødsket ialt ca. 10.000 ha. svarende til ca. 80 pct. af det oprindeligt udvalgte gødskningegnede areal. De resterende 20 pct. er bevoksninger, der efter nærmere eftersyn i marken blev anset som uegnede p.g.a. dårlig kvalitet, manglende stabilitet o. lign. Endvidere var det nødvendigt at udskyde gødskningen af en del yngre udvalgte bevoksninger til næste 5-års periode, fordi distrikterne ikke kunne nå at foretage den foreskrevne første tynding forud for gødskningen.

### 2.4. Gødskningsteknik.

Gødningen blev udbragt fra jorden med henholdsvis Moteska gødningsblæser og Bøgballe centrifugalspreder. For at undersøge forholdene omkring flygødskning blev der enkelte år gødsket med helikopter på Thy distrikt og med fastvingefly på Klosterhedens distrikt.

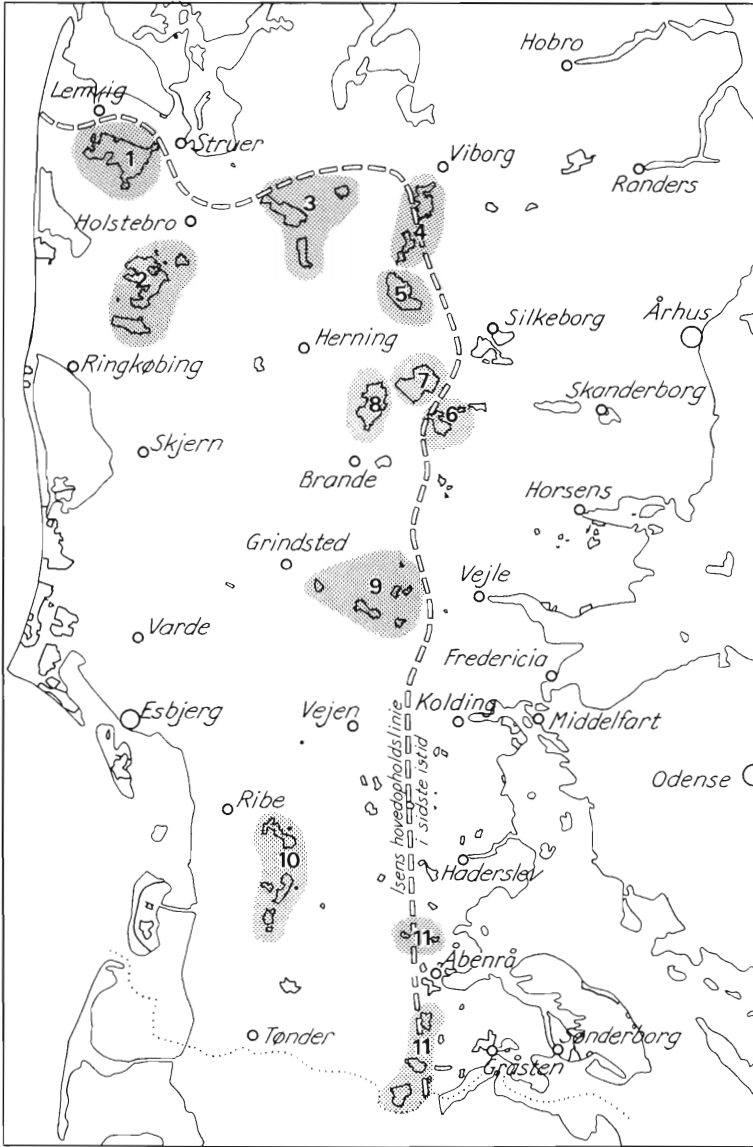
I forbindelse med flygødskningen blev der udlagt opsamlingsbakker i bevoksningerne for at måle fordelingen af gødningen på jorden. Målingerne viste, at såvel gødskning med helikopter som med fastvingefly gav en fuldt acceptabel fordeling af gødningen i bevoksningerne. Det var ligeledes muligt at gødske ret præcist inden for et forud givet område begrænset af f.eks. spor, skovveje m.v.

De praktiske erfaringer har vist, at Moteskasprederen er bedst egnet i kulturer, hvor sprederen kan blæse gødningen ind over træerne. I både yngre og ældre bevoksninger har Bøgballe sprederen vist sig velegnet, idet centrifugalskiven her kan sprede gødningen under de nederste levende grene. En anden fordel ved centrifugalsprederen er, at den i modsætning til Moteskaen kan hænges på en mindre traktor, der langt lettere kan færdes i de yngre bevoksninger. Det skal endelig nævnes, at reparationsomkostningerne har været betydeligt større for Moteska sprederen end for Bøgeballe sprederen.

## 3. ANLÆG OG MÅLING AF PRØVEFLADER

### 3.1. Stratificering.

På forhånd kunne det antages, at effekten af en gødskning ville variere med de jordbundsmæssige og klimatiske forhold. For at reducere den statistiske spredning i analyserne blev hedeområdet opdelt i følgende 11 regioner som vist på figur 3.1.1.



Figur 3.1.1. Oversigtskort over inddeling i regioner.

Region	Betegnelse	Geografisk begrænsning.
1	Kl	Klosterhedens distrikt.
2	Ul	Ulborg distrikt.
3	Fe	Feldborg distrikt.
4	Vi-N	Viborg distrikt ekskl. Kompedal plt.
5	Vi-S	Kompedal plt.
6	Pa-Ø	Palsgård distrikt ekskl. Gludsted plt.
7	Pa-V	Gludsted plt.
8	Ra-N	Nørlund plt.
9	Ra-S	Ranbøl distrikt ekskl. Nørlund og Hastrup plt.
10	Li	Lindet distrikt.
11	Åb+Gr	Plantager på Åbenrå- og Gråsten distrikter.

Stratificeringen er foretaget på grundlag af skovreguleringens alm. erfaringer vedr. tilvækstforhold og jordbundsforhold på de pågældende distrikter.

### 3.2. Antal prøveflader og parcelareal.

Antallet af nødvendige prøveflader (gentagelser) i hver region kunne beregnes til omkring 8, ud fra forsøgsvæsenets erfaringer med størrelsen af spredningen på bestemmelsen af grundfladetilvæksten i ældre hedegran i en 5-års periode. For at tage højde for at enkelte prøveflader kunne blive ødelagt i 5-års perioden (stormfald, fejlgødskning etc.), blev der udlagt 10 prøveflader i hver region. Hver prøveflade blev delt i 2 lige store parceller med et isoleringsbælte på mindst 5 m. Den ene parcel blev gødsket, mens den anden fungerede som kontrolparcel.

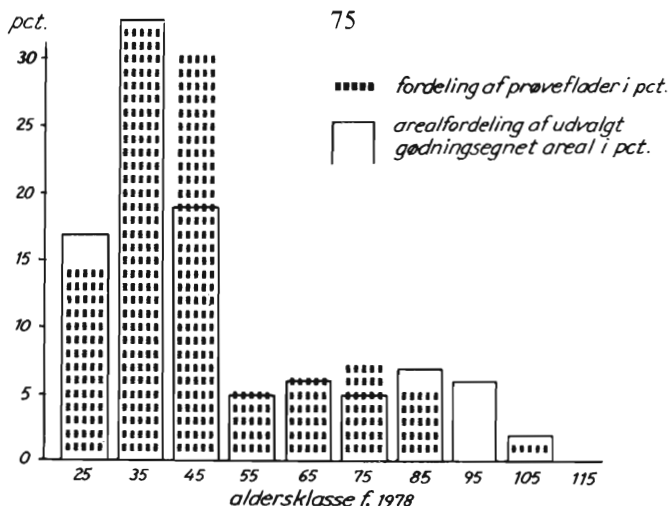
For at: 1) begrænse målearbejdet mest muligt, 2) få en passende lille spredning og 3) evt. kunne følge en prøveflade gennem flere 5-års perioder, blev arealet af den enkelte parcel, ud fra forsøgsvæsenets erfaringer, sat til omkring 0,1 ha.

Opindeligt blev der således anlagt 110 prøveflader. Stormfaldet i november 1981 og januar 1983 medførte, at der ved den anden måling efter 5 vækstsæsoner kun var 100 målbare prøveflader tilbage. De genmålte 100 prøveflader har et samlet areal på 19,7 ha og et totalt stamtal på 40.130 stk. Middelparcelarealet er 0,0983 ha med et middelstamtal på 200 træer pr. parcel.

### 3.3. Udvælgelse af bevoksninger.

I hver region udvalgte i stuen i princippet tilfældigt 15 bevoksninger ved hjælp af eet sæt skeletkort og en tabel over tilfældige tal. For at holde muligheden for at sammenligne tilvæksten i rødgran, sitkagran og alm. ædelgran åben, blev udvælgelsen dog foretaget således, at der først valgtes 11 rødgranbevoksninger dernæst 2 sitkagranbevoksninger, og endelig 2 bevoksninger med alm. ædelgran.

I hver bevoksning placeredes i stuen tilfældigt en prøveflade mellem 2 spor. I marken blev prøvefladerne anlagt som skitseret på skeletkortene. De første brugbare 8 rødgranbevoksninger og den første brugbare sitkagran- og ædelgranbevoksning i hver region blev benyttet. En bevoksning blev kun kasseret, hvis den var stærkt hullet, hvis boniteten varierede betydeligt, hvis bevoksningen p.g.a. hugstfølge ikke kunne forventes at holde i 5-års perioden, eller hvis de 2 parceller ikke forventedes at få ensartede vækstbetingelser. Man kan derfor regne med, at bevoksnings- og prøvefladeplaceringen er sket tilfældigt inden for et ret vidt spænd af normale og normalt udviklingsdygtige bestande.



Figur 3.3.1. Aldersfordeling af gødksningsejnet areal og af de udlagte prøveflader

Den beskrevne udvælgelsesmetode indebærer, at gennemsnittet af de målte tilvækster i de enkelte regioner skulle give et nogenlunde rimeligt udtryk for regionens gennemsnitstilvækst, idet alders- og produktivtssammensætningen af de udvalgte prøveflader teoretisk burde svare til regionens alders- og produktivtssammensætning. I figur 3.3.1. er vist en sammenligning mellem den procentvise arealfordeling til aldersklasser af det oprindeligt udvalgte gødksningsejnet areal, ca. 12.000 ha, og den procentvise fordeling af brugbare prøveflader ved anden måling i alle regioner.

Figuren viser, at totalt svarer alderssammensætningen i prøvefladerne godt til alderssammensætningen i de oprindeligt udvalgte gødksningsejnet bevoksninger. Praktiske hensyn har dog betydet en overrepræsentation i de yngre bevoksninger og en underrepræsentation i de ældre bevoksninger. Totalt er der også en god overensstemmelse mellem den procentvise arealfordeling til træarterne rødgran, sitkagran og alm. ædelgran i prøveflader og udvalgte gødksningsejnet bevoksninger.

I tabel 3.3.1. er vist en regionsvis sammenligning mellem alder og PK i prøveflader og udvalgt gødksningsejnet areal. Af tabellen fremgår det, at der er en god overensstemmelse af middelalder og middel-PK mellem de tilfældigt valgte prøveflader og det gødksningsejnet areal i de forskellige regioner.

Ulempen ved den beskrevne udvælgelsesmetode er imidlertid, at prøveflademassen ikke er ganske velegnet til at undersøge sammenhængen mellem mertilvækst ved gødksning og faktorer som alder, bonitet, træart, startgrundflade mm. Prøvefladerne er nemlig ved det tilfældige udvalg koncentreret om regionernes middelværdier og ikke bevidst spredt over alle aldre, boniteter, træarter, grundflader m.m.

Det primære mål var imidlertid at undersøge den gennemsnitlige mertilvækst i forskellige regioner, og da en multipel regression på forhånd kunne forventes at give en relativ stor restspredning, valgtes det tilfældige udvalg. Taget under et, rummer prøveflademassen dog så stor variation i alder, bonitet m.v., at tydelige sammenhænge burde kunne påvises.



Tabel 3.3.1. Regionsvis sammenligning af middeltal for prøveflader med middeltal for udvalgt gødskningsegnet areal.

Region	Antal genmålte prøveflader	Aritmetisk middeldalder af prøveflader F. 1978	Arealvægtet middeldalder af udvalgt gødskningsareal F. 1978	Middel PK af prøveflader	Middel PK i driftsplan	Middel RTA af prøveflader. Pct.
1 Kl	9	47,8	49,7	7,0	7,5	21,8
2 Ul	9	37,9	36,4	9,9	8,0	22,9
3 Fe	9	42,8	56,5	10,3	9,5	18,7
4 Vi-N	8	42,3	45,4	10,6	10,2	20,5
5 Vi-S	9	35,2	34,8	8,5	8,8	24,4
6 Pa-Ø	10	50,3	51,7	12,1	13,8	16,8
7 Pa-V	7	60,4	60,9	6,9	7,0	20,3
8 Ra-N	9	63,9	57,4	6,9	7,0	20,1
9 Ra-S	10	57,4	49,8	10,3	11,3	17,0
10 Li	10	35,9	34,6	9,8	10,1	22,9
11 Åb+Gr	10	35,7	38,2	12,2	11,5	20,3

### 3.4. Anlægsår.

Af ressourcemæssige grunde blev prøvefladerne anlagt i 2 omgange.

Region	Anlagt forår	Region	Anlagt forår
1 Kl	1978	7 Pa-Ø	1979
2 Ul	1978	8 Pa-V	1979
3 Fe	1978	9 Ra-S	1979
4 Vi-N	1978	10 Li	1979
5 Vi-S	1978	11 Åb+Gr	1979
6 Ra-N	1978		

Der er således tale om 2 ikke fuldt overlappende 5-års perioder. Prøvefladerne i de 2 grupper har således ikke haft helt de samme klimatiske betingelser. Betydende årsvariationer vil derfor forøge spredningen i tværgående analyser.

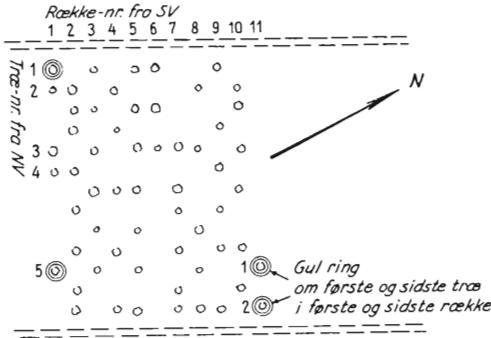
### 3.5. Måling.

*Arealet* er beregnet med dobbeltkontrol efter 2 diagonaler. Parcellerne er målt med stålmålebånd.

*Grundfladen* er målt ved korsvis klupning af alle træer med ståkluppe med millimeterinddeling. Af praktiske grunde er aflæsningen foretaget i hele millimetretre. De enkelte træer er identificeret som: træ nr. »m« fra kompasretning »i« i

række nr. »n« fra kompasretning »j«, således at individual kontrol ved 2. måling var praktisk mulig, selv om hvert enkelt træ ikke blev individuelt nummereret. »Systemet« er skitseret i figur 3.5.1., der viser identificeringen af træerne på en parcel samt kopi af benyttet måleskema.

Højdemålingen er foretaget med Løvengreens højdemåler.



## ORIENTERING AF SKEMA



DATO/ÅR

DISTRIKT  SKOVPART

AFD./LITRA  TRÆART  ALDER FRA FRØ F. 78

PRØVEFLADE NR.  PARCEL NR.

## GRUNDFLADEMÅLING

TRÆ NR. FRA NV	RÆKKE NUMMER FRA SV							
	1.måling	2.måling	1.måling	2.måling	1.måling	2.måling	1.måling	2.måling
1	1		1		1		1	

Figur 3.5.1 Skitse der viser, hvordan enkelttræet identificeres.

Erfaringerne fra bl.a. forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre gran viste, at selv ved måling af 50 højder pr. parcel var spredningen på højdetilvæksten ofte af

en sådan størrelse, at forsøg med statistisk signifikante grundfladetilvækster ikke udviste tilsvarende signifikante volumenmertilvækster.

Forsøgsvæsenet har derfor også fulgt den praksis at teste gødskningsudslaget på grundfladetilvæksten.

For at bestemme boniteten og fastlægge en grov diameter/højde regression blev der målt 10 højder på hver parcel ved anlæg og efter 5 vækstsæsoner. For at spare tid blev der dog målt en fælles højdekurve for de 2 parceller ved anlæg, d.v.s. 5 højder pr. parcel. Da de 2 parceller på hver prøveflade havde et beskedent areal (ca. 0,1 ha) og var placeret nær hinanden, ansås fejlen ved at benytte en fælles regression ved anlæg af prøvefladerne for ubetydende.

### 3.6. Gødskning.

For at sikre en ensartet fordeling af gødningen inden for den gødskede parcels grænser blev parcellerne håndgødsket. Der er gødsket med samme type standard NPK-handelsgødning og mængde, svarende til 120 kg N pr. ha, som der er anvendt i det generelle 5 årige gødskningsprogram i den pågældende region.

Region	Gødningstype	Mængde handels- vare kg/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha
Kl, Ul, Ra-N, Li	18-5-12	670	120	34	80
Fe, Vi-N, Vi-S, Pa-Ø, Pa-V, Ra-S, Åb+Gr	23-3-7	520	120	16	36

På hver prøveflade er der tilfældigt udvalgt 1 parcel, der er gødsket. Parcellerne er gødsket i maj måned samme forår som prøvefladen er anlagt.

Det forskellige valg af NPK gødning beror på forhåndsvurderinger (jfr. Rapport 1) af gødningens optimale sammensætning i forskellige egne. Man kan af den grund ikke foretage nogen sammenligning mellem gødningstyper eller -mængder på grundlag af den foreliggende undersøgelse.

## 4. RESULTAT AF PRØVEFLADEMÅLINGER EFTER FØRSTE 5-ÅRS PERIODE.

### 4.1. Beregning af grundflade- og volumentilvækster.

*Grundfladetilvæksten* i 5-års perioden er beregnet som grundfladen ved anden måling minus grundfladen ved første måling, bestemt som summen af enkelttræernes grundflade.

I løbet af 5-års perioden er nogle af træerne døde eller forsvundet (stormfald, fejltagtig tynding o.l.). Ved 2. måling blev gruppen: »alle ikke-levende træer med målestedsmærker« registreret i følgende 3 klasser:

+ – døde (det døde træ fandtes i marken)

S – stormfældet (det væltede træ eller den væltede stub fandtes i marken)

V – væk (træet fjernet fra marken)

Spørgsmålet er, hvordan grundfladen af de ikke levende træer skal medregnes, når denne gruppe har en relativ betydende grundflade. Er træerne døde eller forsvundet i første vækstår efter gødskning, vil det være rimeligt at antage, at en stor del af gruppens grundfladetilvækst er lagt på de øvrige træer. Er træerne derimod døde eller forsvundet efter afslutningen af sidste vækstsæson i 5-års perioden, er det klart, at gruppens grundflade burde medregnes ved 2. måling.

En nærmere analyse har imidlertid vist, at gruppen: »alle ikke levende træer ved 2. måling« i gennemsnit udgjorde omkring 4 pct. af grundfladen ved anlæg (ca. 1 pct. døde, ca. 1 pct. stormfældet og ca. 2 pct. væk), og at der ikke var nogen statistisk signifikant forskel mellem gødskede og ikke gødskede parceller.

Det er derfor valgt at beregne tilvæksten i 5-års perioden som *tilvæksten på de ved 2. måling levende træer*, d. v. s. svagt undervurderet i størrelsesordenen 0-4 pct.

*Volumentilvækst* i 5-års perioden er på tilsvarende måde beregnet som volumen ved anden måling minus volumen ved første måling, på de ved anden måling levende træer, jfr. bemærkninger til grundfladetilvæksten.

Parcellernes volumen er beregnet ud fra Olsens (4) formel for enkelttræets volumen på grundlag af parcellernes alder, diameter i middelstammegrundflade og tilsvarende højde ( $h = a + b \times \log(d)$ ) samt antal levende træer ved anden måling. Da der er tale om at bestemme differencer, anses fejlen ved at benytte standardformtal for at være uden betydning.

#### 4.2. Statistisk analyse af tilvækstmålinger.

Den primære analyse af tilvæksten i 5-års perioden er foretaget ved en variansanalyse for hver region og for alle regioner under eet. Behandlingen er: G – gødsket og O – ikke gødsket.

De enkelte prøveflader betragtes som blokke. Her ud over er der foretaget en grafisk analyse af mertilvækstens afhængighed af forskellige faktorer såsom: alder, PK, grundflade ved anlæg, RTA og grundfladetilvækst på ikke gødsket parcel.

En analyse af grundfladen og diameteren ved anlæg viser, at det tilfældige valg af gødskningsparcel har sikret, at der ikke på forhånd er nogen statistisk signifikant forskel mellem gødskede og ikke gødskede parceller.

En statistisk analyse af de målte mertilvækster viser ligeledes, at der ikke er grund til at antage, at de målte mertilvækster ikke er en tilfældig sample fra en normalfordeling. De statistiske analyser er derfor gennemført med forudsætningen, at de analyserede data er normalfordelte.

### 4.3. Regionsvise grundflade- og volumentilvækster.

Nedenstående er vist den beregnede gennemsnitlige grundflade- og volumentilvækst i 5-års perioden for alle 100 genmålte prøveflader. Den mindste signifikante differens (LSD) mellem gødsket og ikke gødsket parcel på 0,95 niveau er ligeledes beregnet:

Behandling	Grundfladetilvækst m <sup>2</sup> /ha i 5 år	Volumentilvækst m <sup>3</sup> /ha i 5 år
Ikke gødsket	7.24	77.2
Gødsket	7.78	81.9
Differens	0,54	4.7
LSD	0,20	3,5

(Det vil sige, at hvis differencen mellem gødsket og ikke gødsket er større end LSD, så er der over 95 % sandsynlighed for, at gødskningen har medført en mertilvækst).

Tabel 4.3.1. Oversigt over gennemsnitlig grundfladetilvækst i 5-års perioden.

Region	Middel		Grundfl. tilv.		Diff. G-O	LSD (0,95)	PR>F	STDERR grf. tilv.	C.V.	df.
	Alder	PK	0-Parc.	G-Parc.						
1 Kl	48	7.0	6,65	7.77	1,12***1)	0.68	0.005	0.62	8,61	8
2 Ul	38	9.9	8,31	9,47	1,16***	0,95	0.023	0.87	9,83	8
3 Fe	43	10.3	7,46	7,76	0.30	0,66	0.324	0.61	8,00	8
4 Vi-N	42	10.6	6,99	7,29	0.30	0,94	0.480	0.80	11,15	7
5 Vi-S	35	8.5	7,52	8,90	1,38***	0,83	0.005	0.77	9,35	8
6 Pa-Ø	50	12.1	6,38	6,28	-0,10	0,59	0.715	0.58	9,17	9
7 Pa-V	60	6.9	6,23	6,33	0.10	0,58	0.669	0.45	7,11	6
8 Ra-N	64	6.9	5,45	6,14	0,69***	0,61	0.032	0.56	9,63	8
9 Ra-S	57	10.3	5,64	5,75	0.11	0,49	0.612	0.49	8,56	9
10 Li	36	9.8	9,69	10,20	0,51**	0,69	0.126	0.68	6,86	9
11 Åb+ Gr.	36	12.2	8,92	9,26	0,34*	0,56	0.200	0.56	6,14	9
Alle			7.24	7.78	0,54***	0.20	0.000	0.70	9,26	99

1) Signifikansniveau: \*\*\* = 95 %, \*\* = 85 %, \* = 70 %

0-Parc.: Nulparcel (ugødet)

G-Parc.: Gødet Parcel

Diff.: Forskel ml. gødet og ikke-gødet

LSD: Least significant difference.

C.V.: Coefficient of variation

PR>F: Sandsynligheden for en større F-værdi.

STDERR: Standard error

df.: Degrees of freedom (antal frihedsgrader)



Tabel 4.3.2. Oversigt over gennemsnitlig volumentilvækst i 5-års perioden.

Region	Middel		Volumentilv.		Diff G-O	LSD (0,95)	PR>F	STDERR Volumentilv.	C.V.	df.
	Alder	PK	0-parc.	G-parc						
1 KI	48	7,0	52,31	69,74	17,43***1)	11,83	0,009	10,89	17,84	8
2 UI	38	9,9	78,79	94,50	15,71***	12,57	0,020	11,56	13,34	8
3 Fe	43	10,3	72,81	79,55	6,74***	5,71	0,026	5,25	6,89	8
4 Vi-N	42	10,6	82,46	78,72	-3,74	16,53	0,609	13,98	17,34	7
5 Vi-S	35	8,5	58,90	77,14	18,24***	13,28	0,013	12,22	17,96	8
6 Pa-Ø	50	12,1	78,84	78,75	-0,09	12,69	0,988	12,54	15,92	9
7 Pa-V	60	6,9	68,98	65,04	-3,94*	5,97	0,157	4,57	6,81	6
8 Ra-N	64	6,9	65,42	64,73	-0,69	9,18	0,867	8,44	12,97	8
9 Ra-S	57	10,3	82,18	76,69	-5,49	15,75	0,451	15,57	19,60	9
10 Li	36	9,8	102,56	104,23	1,67	13,27	0,783	13,12	12,69	9
11 Åb+ Gr.	36	12,2	99,16	104,04	4,88	11,97	0,381	11,83	11,65	9
Alle			77,24	81,93	4,69***	3,50	0,009	12,46	15,66	99

1) Signifikansniveau: \*\*\* = 95 %, \*\* = 85 %, \* = 70 %

O-Parc.: Nulparcel (ugødet)

G-Parc.: Gødet parcel

Diff.: Forskel mellem gødet og ikke-gødet

LSD: Least significant difference

C.V.: Coefficient of variation

PR>F: Sandsynligheden for en større F-værdi

STDERR: Standard error

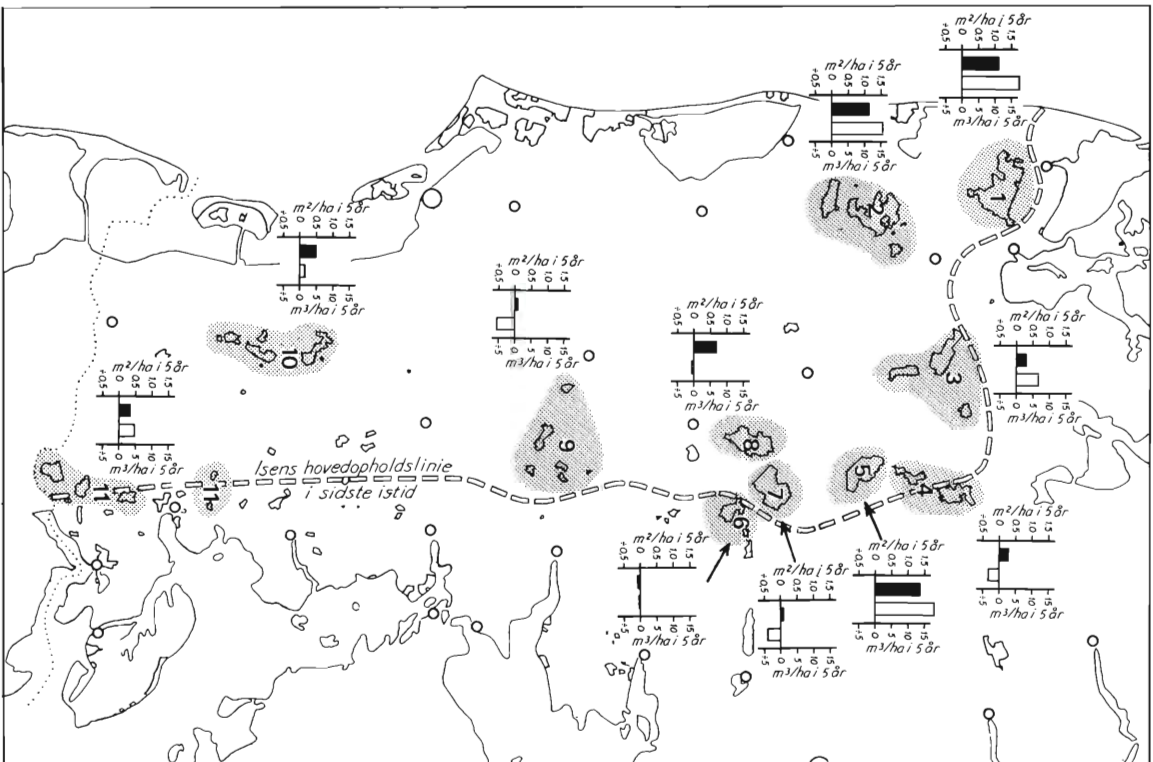
df.: Degrees of freedom (antal frihedsgrader)

Som det fremgår af ovenstående er der totalt set tale om en statistisk signifikant mertilvækst for såvel grundflade og volumen i 5-års perioden. Som ventet er der imidlertid betydelige niveauforskelle mellem de enkelte regioner. I figur 4.3.1. er vist den målte gennemsnitlige grundflade- og volumenmertilvækst i 5-års perioden i de forskellige regioner. Resultatet af variansanalyserne er vist i tabel 4.3.1. og 4.3.2.

*Hovedkonklusionen* af de foreliggende målinger er:

1) De målte grundflademertilvækster på Klosterhedens- og Ulborg distrikter samt i Kompedal plantage ligger tydeligt på et højere niveau end de øvrige regioner og er statistisk stærkt signifikante (niveau over 0,98)

2) Omregnes grundflademertilvæksterne til volumenmertilvækster på grundlag af de målte højde/diameter sammenhænge, forstærkes niveauforskellene mellem de enkelte regioner. Samtidig bemærkes, at hvor der på Vi-N, Pa-V, Ra-N og Ra-S er påvist beskedne positive grundflademertilvækster, så viser en omregning til volumenmertilvækster negative værdier. Forholdet skyldes sikkert statistiske tilfældigheder, jfr. senere diskussion i afsnit 5..



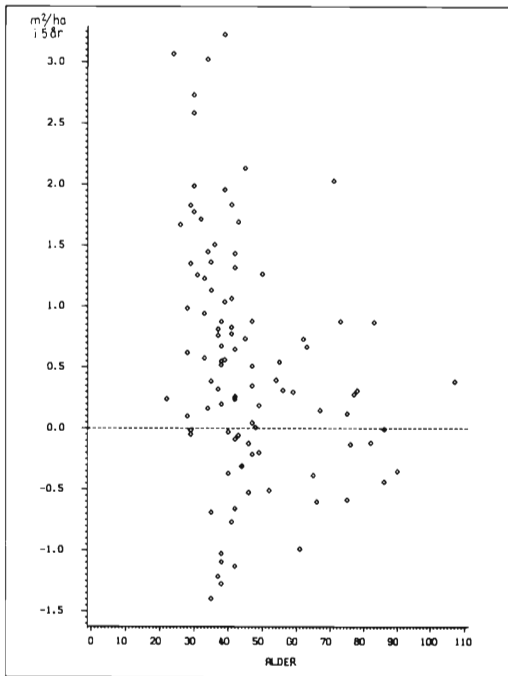
Figur 4.3.1. Regionsvise grundflade- og volumenti vækster i 5-års perioden.

#### 4.4 Mertilvækstens afhængighed af alder, PK og RTA.

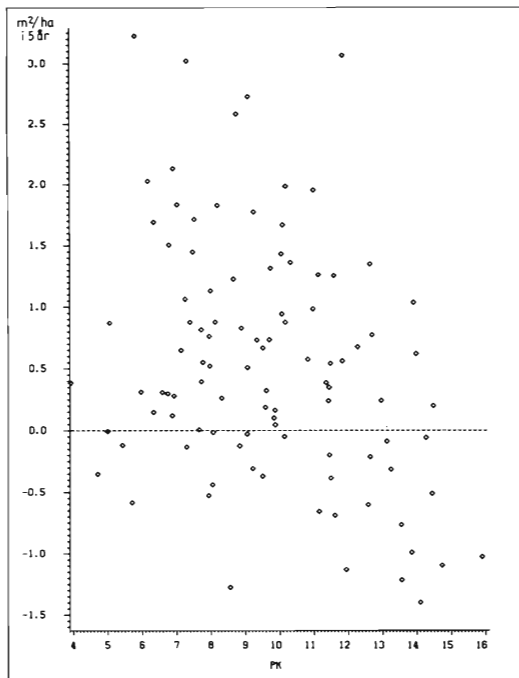
I figurerne 4.4.1.-4.4.3. er vist sammenhørende værdier af målt grundflademertilvækst i 5-års perioden og henholdsvis alder, produktionsklasse og relativ træafstand for alle prøveflader. Ved valget af faktorer er der taget hensyn til at de skulle være relativt enkle at bestemme i praksis forinden gødsning. Betragtes de enkelte faktorer hver for sig, er den målte grundflademertilvækst stigende med:

- faldende alder (tendens),
- faldende produktionsklasse,
- stigende relativ træafstand.

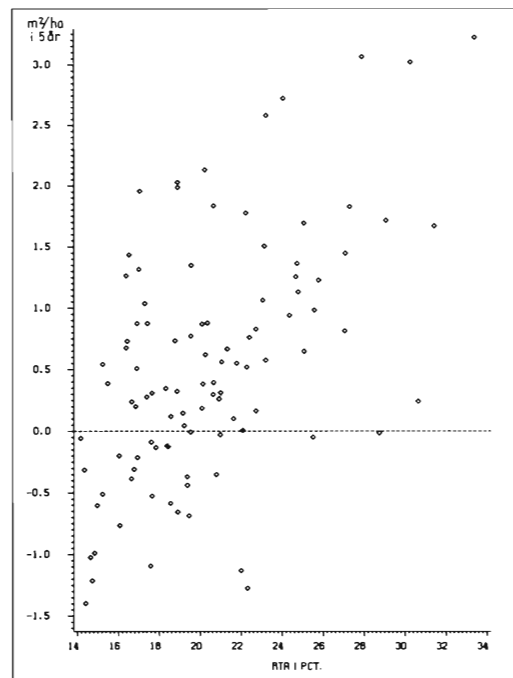
Som det fremgår af figurerne, er der en betydelig spredning i materialet. Volumenmertilvæksten viser samme billede, blot med større spredning.



Figur 4.4.1. Sammenhørende værdier af målt grundflademertilvækst og alder – alle prøveflader.



Figur 4.4.2. Sammenhørende værdier af målt grundflademertilvækst og produktionsklasse – alle prøveflader.



Figur 4.4.3. Sammenhørende værdier af målt grundflademertilvækst og relativ træafstand – alle prøveflader.

Af tabel 3.3.1. fremgår det, at der er en betydelig forskel mellem de enkelte regioners middel-alder og middel-RTA. Det kunne derfor godt tænkes, at de målte mertilvækstniveauer inden for regioner ikke gav et sandt udtryk for, hvilken mertilvækst der kunne opnås ved gødskning af bevoksninger med en anden alder og RTA.

En covariansanalyse med alderen og RTA som uafhængige variable har imidlertid ikke vist betydende forskydninger regionerne imellem.

Grafiske analyser viser imidlertid, at sammenhængen mellem prøvefladernes alder, PK og RTA ikke er helt tilfældig. Eksempelvis er der en tendens til, at alderen er negativt korreleret med produktionsklassen og den relative træafstand. (Dvs. i de udvalgte bevoksninger er der sammenhæng mellem lave værdier for alder og høje værdier for PK og RTA).

Det er derfor forsøgt at opstille en kurvelineær multipel regression med alderen, produktionsklassen og den relative træafstand som uafhængige variable. For en nærmere diskussion af metodik m.m. henvises til Rapport 2 afsnit 10.

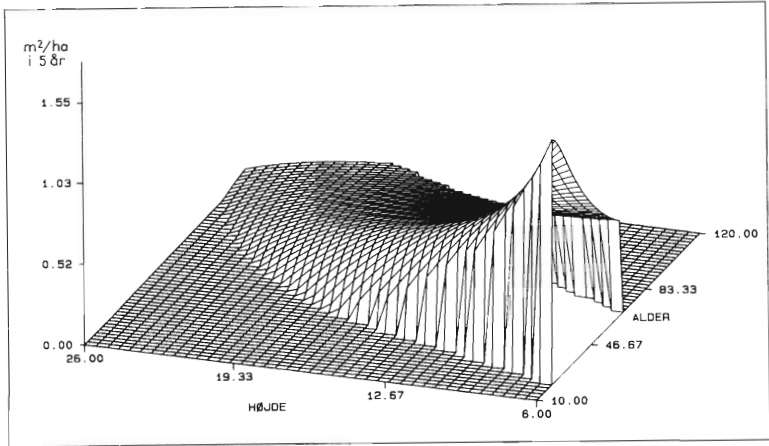
Det er imidlertid kun lykkedes at opstille en regression, der forklarer 40 pct. af variationen i grundflademertilvæksten og 14 pct. af variationen i volumenmertilvæksten. Det er ikke overraskende at regressionerne kun forklarer en mindre del af variationen. Dels vil der være andre faktorer end alder, PK og RTA, der øver indflydelse på mertilvæksten, dels er, som tidligere nævnt, prøvefladerne anlagt i 2 omgange og gødsket med 2 forskellige typer gødning.

Figur 4.4.4. viser den forventede grundflademertilvækst i 5-års perioden ved RTA = 17 pct. (svarende til hugstgrad C), beregnet ved ovennævnte regression, som funktion af højde og alder. Det skal bemærkes, at mertilvæksten er sat lig 0 uden for intervallet PK 4 – PK 12.

Figuren viser, at mertilvæksten er størst ved lave træhøjder og aldre mellem ca. 30-70 år (dvs. ret ringe bonitet), og at mertilvæksten aftager med stigende bonitet. Iøvrigt viser analyserne, at mertilvæksten nærmer sig nul, når boniteten nærmer sig PK 12. (Svarende til WN bonitet 3).

Dette kan tolkes derhen, at på gode hedegranboniteter er det ikke N, P, eller K, der er begrænsende faktorer for væksten. Endvidere viser figuren, at bevæger man sig ud langs højdeaksen ved forskellige aldre, bliver grundflademertilvæksten mindre afhængig af boniteten med stigende alder.





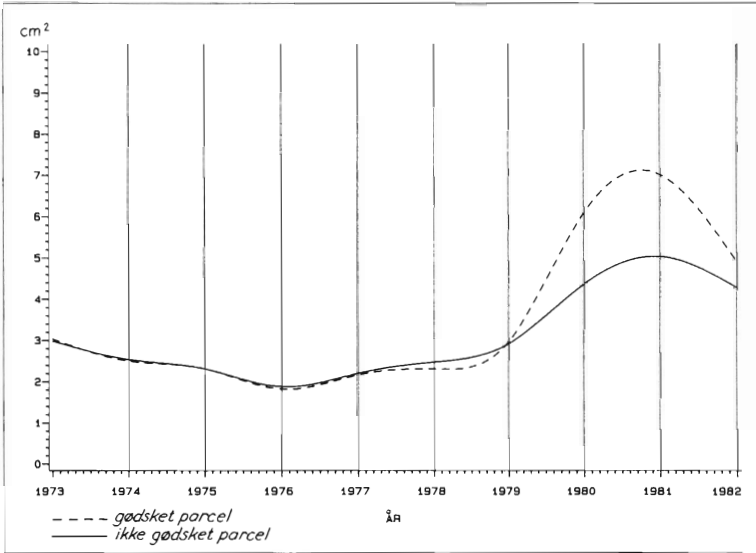
Figur 4.4.4. Grundflademertilvækst i 5-års perioden ved forskellig alder og højde udjævnet ved en multipel regression. Figuren anvendes således: Ved indgang for alder og højde kan der på den lodrette akse aflæses den forventede mertilvækst på grundfladen som følge af gødsningen, RTA = 17 pct. svarende til hugstgrad C.

#### 4.5. Fordeling af mertilvækst til de enkelte vækstår.

For at undersøge mertilvækstens fordeling til de enkelte vækstår efter gødsning blev der udtaget skiver i 1,3 m's højde på 5 prøveflader på Klosterhedens distrikt og 4 prøveflader på Feldborg distrikt. På hver prøveflade blev der tilfældigt udvalgt 10 træer på den gødskede og ikke gødskede parcel. Forsøgsvæsenet har for 2 radier målt årlige radietilvækster for vækstårene 1973 til og med 1982. Radietilvæksterne er omregnet til grundfladetilvækster.

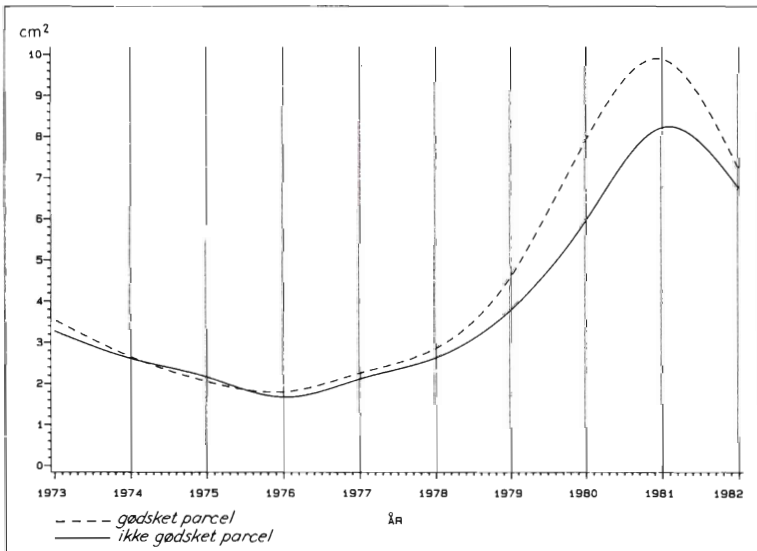
På de samme træer, hvor der blev udtaget skiver til måling af radietilvækster, måltedes ligeledes topskudslængder for vækstårene 1973 til og med 1982. På begge distrikter er prøvefladerne gødsket foråret 1978.

Figur 4.5.1. og 4.5.2. viser gennemsnitlige årlige grundfladetilvækst er for enkelttræet målt i  $\text{cm}^2$  for vækstårene 1973 til og med 1982 på Klosterhedens og Feldborg distrikter. Figurene underbygger de hidtidige erfaringer, at ved førstegangsgødsning er mertilvæksten først målbar fra omkring 3. vækstår efter gødsning og nærmer sig 0 efter 4-5 vækstsæsoner. Ved overvejelser om gengødsning synes det derfor hensigtsmæssigt at gødske hvert 5.-6. år.



Figur 4.5.1. Gennemsnitlig årlig grundfladetilvækst for enkelttræet på Klosterherdens distrikt.

Gødskning forår 1978. (Gennemsnit af 100 radietilvækster).



Figur 4.5.2. Gennemsnitlig årlig grundfladetilvækst for enkelttræet på Feldborg distrikt.

Gødskning forår 1978. (Gennemsnit af 80 radietilvækster.)



Figur 4.5.3. Gennemsnitlig årlig topskudslængde på Klosterhedens distrikt. Gødskning forår 1978. (Gennemsnit af 50 topskudsmålinger).



Figur 4.5.4. Gennemsnitlig årlig topskudslængde på Feldborg distrikt. Gødskning forår 1978. (Gennemsnit af 40 topskudsmålinger).

På tilsvarende måde viser figur 4.5.3. og 4.5.4. de målte gennemsnitlige topskudslængder på Klosterhedens- og Feldborg distrikter.

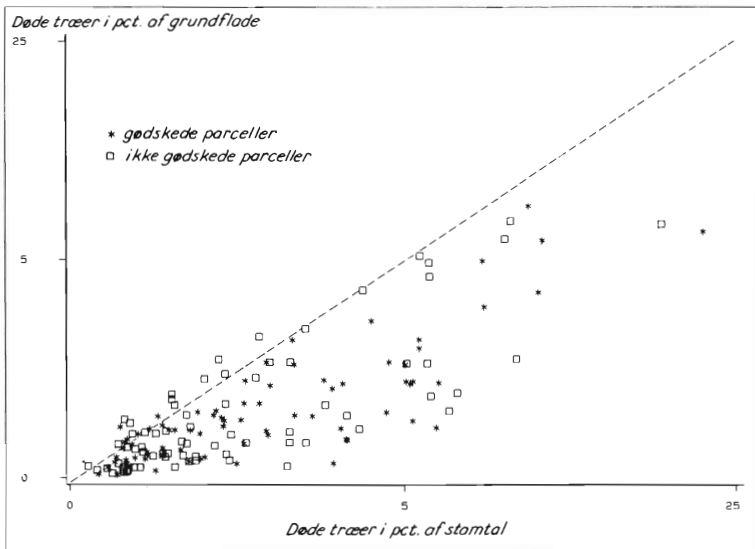
Udviklingen i topskudslængden ligner udviklingen i grundfladetilvæksten. Det bemærkes, at topskudslængden i de enkelte vækstår varierer betydeligt mere end grundfladetilvæksten. Den ægte højdemertilvækst, som følge af gødskning, er på de udvalgte prøvetræer beregnet til omkring 8 pct. i 5-års perioden, men er på grund af en ret stor spredning ikke statistisk signifikant.

Figureerne illustrerer fortrinligt langtidsvirkningen af tørken i 1970'erne. Det ses endvidere, at tilvækstniveauet i gødskningsperioden 1978-1982 har ligget over middel.

## 5. DISKUSSION AF MÅLTE MERTILVÆKSTER.

### 5.1. Vækstforhold.

Vækstforholdene i gødskningsperioden har generelt været gode, som det også fremgår af figur 4.5.1. og 4.5.2. Hvis der ses bort fra stormfald og andre ekstreme klimafaktorer, er nedbøren den klimafaktor, der påvirker tilvæksten i Danmark mest. Nedbørsdata fra Meteorologisk Instituts målestationer (for hver region er valgt den station, der lå nærmest prøvefladernes geografiske tyng-



Figur 5.1.1. Registrerede døde træer i 5-års perioden på alle parceller. (Logaritmisk skala).

depunkt) viser, at årsmiddelnedbøren i snit i 5-års perioden har ligget omkring 150-200 mm over »normalen« (1931-60). Maj, juni og juli nedbøren har også generelt ligget over »Normalen«.

For en mere detaljeret oversigt henvises til Rapport 2, afsnit 9.2.

Som nævnt i afsnit 4.1., er de træer, der er døde i 5-års perioden, registreret ved genmålingen af prøvefladerne. I gennemsnit er der på de enkelte regioner døde et antal træer svarende til omkring 1-2 pct. af grundfladen ved anlæg. Der har ikke kunnet konstateres nogen signifikant forskel mellem gødskede og ikke gødskede parceller. I figur 5.1.1. er vist sammenhørende værdier af døde træer i pct. af grundfladen og i pct. af stamtal for alle parceller. Det ses tydeligt, at det overvejende er træer under middel, der er døde. Dette stemmer med erfaringerne fra målingerne i marken, hvor det kunne konstateres, at en betydelig del af de døde træer var mindre træer, der var overvokset af større nabotræer. Det skal bemærkes, at prøvefladerne ikke er gennemhugget i 5-års perioden.

## 5.2. Målefejl, beregningsrutiner mm.

*Grundfladen* er bestemt ved korsvis måling på målestedsmærke og aflæsning i hele millimetre. For at kontrollere grundflademålingen blev der foretaget en ekstra måling af 2 prøveflader (4 parceller) på Lindet distrikt. Een med »pæne« målesteder og een med kronvildtskrælning. For prøvefladerne med kronvildtskrælning lå fejlen indenfor omkring 1 pct. og for den anden prøveflade inden for omkring 0,7 pct. af grundfladen. Da der er benyttet samme måleteknik på alle prøveflader, og da målingerne er udført af et begrænset antal rutinerede personer, antages den tilfældige fejl på grundfladebestemmelsen at ligge omkring 1 pct., og den er altså uden betydning for analyserne af mertilvækster. Der er ikke grund til at antage, at der er nogen betydelig ensidig fejl i grundflademålingerne, men i givet fald vil betydningen være lille, da der er tale om bestemmelse af grundflade-differencer.

*Volumen* er bestemt ved »middeltræmetoden«. Der er benyttet Olsens formel (4) for enkelttræsvolumen på grundlag af parcellernes alder, diameter i middelstammegrundflade og tilsvarende højde ( $h = a + b \times \log(d)$ ). Inden for korte tidsperioder – i foreliggende målinger 5 år – er det ikke muligt at foretage nogen særlig sikker bestemmelse af volumentilvæksten, medmindre højdetilvæksten måles på samtlige træer på parcellerne.

Som tidligere nævnt viser forsøgsvæsenets målinger, at selv 50

højde/diameter – målinger pr. parcel er utilstrækkeligt til en sikker bestemmelse af volumentilvæksten. For rent praktisk at kunne overkomme det ganske betydelige målearbejde, besluttedes det at begrænse højdemålingen til 10 højde/diameter – målinger pr. parcel. Ved kun at måle 10 højder istedet for 50 højder forøges usikkerheden på den beregnede middelhøjde til godt det dobbelte. Af variansanalysetabellerne 4.3.1 og 4.3.2. ses, at hvor variationskoefficienten ved bestemmelsen af grundfladetilvæksten ligger på omkring 9 pct., så ligger variationskoefficienten ved bestemmelsen af volumentilvæksten på omkring 18 pct. Da højdemålingen imidlertid er foretaget med Løvengreens højdemåler af personer med en betydelig rutine i brug af højdemåleren, er der ingen grund til at antage, at højdemålingen er behæftet med grove fejl.

Fejlene ved volumenbestemmelsen kan derfor håndteres ved almindelige statistiske analysemetoder. Med færre højdemålinger skal volumenmertilvæksten blot være større for at være statistisk signifikant. Ved at benytte »middeltræmetoden« og en standard volumentabel indføres en ensidig fejl af ukendt størrelse. Da der er tale om bestemmelse af volumen-differencer, anses fejlen for at være uden betydning.

### 5.3. Beregnede mertilvækster.

På 0.95 niveau er der konstateret en statistisk signifikant grundflademertilvækst i 4 regioner: Kl, Ul, Vi-S og Ra-N og en tilsvarende statistisk signifikant volumenmertilvækst i 4 regioner: Kl, Ul, Vi-S og Fe. Dette skal imidlertid ikke tolkes derhen, at den fundne mertilvækst på de øvrige regioner ikke er sand. Mertilvæksten er mindre, og den er mindre sikker.

Det forhold, at der på Ra-N er en statistisk sikker grundflademertilvækst, men ikke tilsvarende statistisk sikker volumenmertilvækst, og at det modsatte gør sig gældende for Fe's vedkommende, må nok overvejende tilskrives usikkerheden på volumenbestemmelsen.

Det skal imidlertid bemærkes, at middelalderen på Ra-N ligger over de øvrige regioner. Det er ikke undersøgt endnu, om der er en sammenhæng mellem gødskningens effekt på højedetilvæksten og alderen. Ved forsøgsvæsenets opgørelse af »Gødskningsforsøg i ældre rødgran« (2) har der imidlertid ikke kunnet påvises formændringer på stammestykket mellem 1,3 og 9,5 m over færdselsniveau som følge af gødskning.

På forhånd ville man have forventet et gødskningsudslag på Pa-V (Gludsted plt.) på niveau med Vi-S og Ra-N. På grund af stormfald var der imidlertid kun 7 målbare prøveflader tilbage i Gludsted plt. og heraf 3 med en alder over 75 år og PK omkring 5. Visuelt bedømt syntes disse 3 prøveflader ude af stand til at reagere såvel på hugst som på gødskning. Efter bortfald af 3 prøveflader må den målte beskedne mertilvækst i Gludsted plt. derfor tilskrives statistiske tilfældigheder..

Ved vurdering af gødskningsudslagets størrelse skal man være opmærksom på, at der er tale om en førstegangsgødskning. Det er ikke overraskende, at der går 1-2 vækstsæsoner før nålemassen er udbygget til at udnytte gødningen. Ved gengødskning efter 5 år må det antages, at træerne kan udnytte gødningen straks, og at mertilvæksten i næste 5-års periode vil være større end de målte tilvækster i første 5-års periode under forudsætning af samme gode vækstforhold.

Den af arbejdsgruppen opstillede udbyttekurve i Rapport 1 var baseret på målte tilvækster i de foreliggende forsøgs 3.-5. vækstår efter gødskning. I rapportens modeller er der regnet med en årlig mertilvækst som følge af gødskning på  $3,75 \text{ m}^3/\text{ha}$  fra og med 3. vækstår efter førstegangsgødskning, når der gødskes med  $120 \text{ kg N/ha}$  hvert 5. år. For den første 5-års gødskningsperiode svarer dette til en samlet mertilvækst på  $11,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Gennemsnittet af de målte volumentilvækster i 5-års perioden på regionerne: Kl, Ul, Fe, og Vi-S er på  $14,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ , altså mindst på samme niveau som forventningerne i Rapport 1, når der tages hensyn til spredningen på volumenbestemmelsen.

Efter den første 5-årsperiode tegner der sig følgende billede af effekten ved gødskning af gran i Midt- og Vestjylland:

- 1) På og øst for israndlinien er der ingen effekt af betydning.
- 2) Mertilvæksten er størst på de lave boniteter.
- 3) Mertilvæksten nærmer sig 0, når boniteten nærmer sig PK 12.

Evt. forskelle i reaktionen på gødningen mellem rødgran, sitka-gran og alm. ædelgran er endnu ikke undersøgt.

#### **5.4. Sammenligning med forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre rødgran.**

Forsøgsvæsenet anlagde i 1965 og 1969 nogle gødskningsforsøg i ældre rødgran på henholdsvis sandjords- og morænelokaliteter.

Sandjordsforsøgene blev anlagt i:

Hønning plantage, Lindet statsskovdistrikt

Gludsted plantage, Palsgård statsskovdistrikt

Borbjerg plantage, Feldborg statsskovdistrikt

Klosterhede plantage, Klosterhedens statsskovdistrikt

Skærbæk plantage, Salten Langsø skovdistrikt.

Alderen ved forsøgsanlæg lå mellem 66 og 83 år. Forsøgsresultaterne er publiceret i forsøgsvæsenets beretninger 1982 (2).

Forsøgene blev gødsket ved anlæg og gengødsket efter 5 vækstsæsoner og tilvæksten målt i de to 5-års perioder. Forsøgene er anlagt som randomiserede blokforsøg med 3 gentagelser og følgende doser:

0 = ubehandlet kontrolparcel

$N_1$  = 500 kg  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  pr. ha ved anlæg og efter 5 års forløb,

$N_2$  = 1.000 kg  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  pr. ha ved anlæg og efter 5 års forløb,

P = 3.000 kg. superfosfat pr. ha ved anlæg,

$N_1P$  =  $N_1 + P$ ,

$N_2P$  =  $N_2 + P$ ,

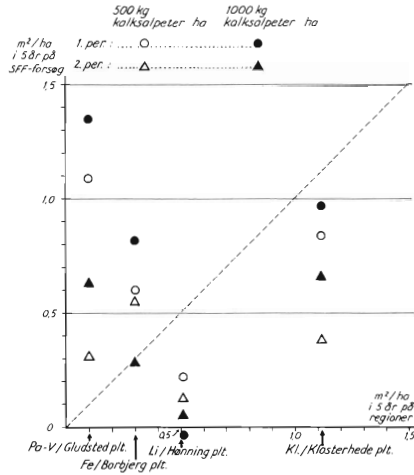
Da såvel gødningsmængder som -typer er forskellig fra, hvad der er anvendt på statsskovvæsenets prøveflader, er ovennævnte gødskningsforsøg ikke direkte sammenlignelige med resultaterne fra gødskningsprøvefladerne. For alligevel at give en oversigtlig sammenligning af de målte udslag er i figur 5.4.1 vist sammenhørende værdier af målt grundflademertilvækst på regionerne: Kl. Fe, Pa-V og Li og tilsvarende målte gennemsnitlige grundflademertilvækster i forsøgsvæsenets gødskningsforsøg på de samme distrikter. På det tidspunkt i (1960'erne), hvor forsøgsvæsenets gødskningsforsøg blev anlagt, var det almindeligt antaget, at man med fordel kunne give en meget stor fosfordose som en eengangs-gødskning.

I forsøgene blev derfor givet 3.000 kg superfosfat pr. ha ved anlæg svarende til 234 kg fosfor pr. ha. Det viste sig imidlertid, at den store fosfordose generelt gav tilvækstnedgange i forsøgenes første 2-4 år, formentlig p.g.a. svidning af rødgranens finrødder i moslaget. Det er derfor valgt at sammenligne tilvæksten på Skovstyrelsens prøveflader med udslaget lille ( $N_1$ ) og stor kvælstofdose ( $N_2$ ) i forhold til kontrolparcellerne (0). <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>  $N_1$  svarer til 78 kg N/ha og  $N_2$  svarer til 155 kg N/ha.

På gødskningsprøvefladerne er doseringen som tidligere nævnt 120 kg N/ha.





Figur 5.4.1. Sammenligning af dels målte grundflademertilvækster i forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre rødgran på heden og dels regionsvise grundflademertilvækster på statsskovvæsenets gødskningsprøveflader.

Det bemærkes, at gødskningsudslaget i forsøgsvæsenets forsøg er lavere i 2. periode. På forhånd ville man forvente et større udslag ved gengødskning. Årringsmålinger viser da også, at der i 2. periode kan måles gødskningsudslag allerede i de første år efter gengødskning. Når det samlede udslag i 5-års perioden alligevel er lavere, skyldes det tørken i begyndelsen af 1970'erne, jfr. figur 4.5.1. og 4.5.2.

Bortset fra region Pa-V (jfr. tidligere bemærkninger om bortfald af 3 prøveflader) er der dog en overensstemmelse mellem gødskningsudslagene, når der tages hensyn til forskelle i forsøgsplan, dosering, klima mm.

I den nævnte opgørelse af forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre rødgran er der i afsnit 9 foretaget en gennemgang af litteraturen om gødskning, med vægt på gødskning af ældre rødgran. Det konkluderes her, at det er berettiget at konstatere, at der er fundet udslag for gødskning af ældre rødgran i de fleste europæiske lande, hvor rødgran dyrkes. Iøvrigt er de publicerede forsøg opbygget så forskelligt, at en let forståelig sammenligning reelt ikke er mulig. Det er derfor i nærværende artikel heller ikke forsøgt at sammenligne udslagene på statsskovvæsenets gødskningsprøveflader med yderligere publicerede gødskningsforsøg.

## 6. FORTSATTE MÅLINGER AF GØDSKNINGSPRØVEFLADER.

Som tidligere nævnt blev prøvefladerne anlagt med et parcelareal på omkring 0,1 ha for at holde muligheden åben for at

fortsætte målingerne i følgende 5-års perioder. De foreliggende målinger har vist, at det er vanskeligt at forudsige den forventede mertilvækst på en given lokalitet efter gødskning. Nedbørsforholdene i den foreliggende 5-års periode har som nævnt været gunstige.

Da der er en sammenhæng mellem nedbøren og gødskningsvirkningen, ville det være værdifuldt at fortsætte målingerne under andre nedbørsforhold. Endelig var der i de foreliggende målinger tale om førstegangsgødskning, hvor der først har kunnet påvises en mertilvækst fra omkring 2.-3. vækstår efter gødskningen. Forsøgsvæsenets erfaringer tydede på, at man ved gengødskning kunne forvente et gødskningsudslag i 1. eller 2. år efter gengødskning.

En gengødskning af prøvefladerne vil give værdifulde oplysninger herom. Det er derfor besluttet at gengødske prøvefladerne og at fortsætte målingerne i endnu en 5-års periode.

Prøvefladerne er gengødsket og målt F. 85. Forud for målingen blev distrikterne bedt om at foretage en udvisning af prøvefladerne. For at give bedst mulig udtryk for de mertilvækster, der er opnåelige i praksis, blev der ikke foreskrevet nogen bestemt tynningsgrad. Efter målingen er de udviste træer hugget.

Prøvefladerne måles efter i princippet samme retningslinier som i den foreliggende måling. For at give mulighed for at undersøge gødningens virkning på højdetilvæksten er det planlagt at foretage højdemålinger på fældede træer ved revisionsmålingen efter 5 år. Træerne udvælges tilfældigt og afmærkes midt i perioden.

På Randbøl distrikt er der anlagt 4 nye prøveflader og på Palsgård distrikt 3 nye prøveflader til erstatning for de prøveflader, der måtte kasseres i den første 5-års periode og senere.

## **7. ØKONOMISK MODEL FOR GØDSKEDE BEVOKSNINGER.**

### **7.1. Generelle bemærkninger.**

Som tidligere nævnt er hovedelementet i statsskovvæsenets gødskningsprogram en kontinuert gødskning hvert 5. år af gødskningssegnete granbevoksninger.

For at kunne vurdere økonomien af kontinuert gødskning af gran på heden, er det nødvendigt at opstille nogle vækstmodeller for gødskede bevoksninger. For at modellerne kan bruges i praksis, må de være overskuelige, enkle at anvende, og gerne noget i retning af »tommelfingerregler«. På den anden side må man også stille krav til modellernes troværdighed.

Når det som her drejer sig om et så komplekst område som træmåling, betyder det, at det er nødvendigt at gennemføre et større beregningsarbejde, før man med tilforladelighed kan afslutte med den enkle og overskuelige model.

I Rapport 3 gennemgås ret detaljeret opstillingen af vækstmodeller for gødskede bevoksninger. Samtidig vises i et antal figurer, hvor stor betydning ændringer i forskellige forudsætninger såsom: gødskningsomkostninger, mertilvækstniveauer og gødskningstidspunkt relation til bevoksningshøjde har på det økonomiske resultat. I det følgende fremlægges derimod kun de sammenfattende mere enkle og overskuelige resultater af de gennemførte modelberegninger.

## 7.2. Vækstmodeller.

Vækstmodellerne for kontinuerlig gødskning i Rapport 1 er opstillet på grundlag af følgende antagelser:

1) *Tynding*: den fulde mertilvækst hugges således, at den stående masse følger standardmassekurverne for den gældende bonitet, der i beregningerne er vedvarende, altså forudsættes upåvirket af gødskning, hvilket ikke stemmer ganske med 2).

2) *Dimensionseffekt*: det antages, at mertilvæksten virker procentvis lige meget på højdetilvæksten og på grundfladetilvæksten. Er massetilvæksten ved gødskning  $r$  pct., er forholdet mellem diame-teren af det ugødskede og det gødskede middeltræ herefter

$$D_g = \sqrt[4]{1,0r} \times D_0 \quad (D_g \text{ -gødsket middeltræ, } D_0 \text{ -ikke gødsket}$$

middeltræ, jfr. Rapport 1 side 85)

3) *Volumentilvækst*: årlig forventet mertilvækst ansættes til 3,75 m<sup>3</sup>/ha. Ved 1. gangs gødskning regnes med fuld mertilvækst i 3 år, og i følgende 5-års perioder med fuld mertilvækst i alle 5 år.

Til ovennævnte udviklingsmodel kan der stilles mindst 3 væsentlige spørgsmål:

- 1) Er antagelsen om fordeling af mertilvækst på grundflade og højde rimelig?
- 2) Er det praktisk gennemførligt at tynde, som modellen forudsætter – er der en indre sammenhæng, således at stamtalsafvikling og hugstdiameter er sandsynlig?
- 3) Er både den »ægte«- og »uægte« dimensionseffekt medregnet?

Problemet er imidlertid, at ovennævnte spørgsmål er så komplekst forbundne, at spørgsmålene ikke kan besvares hver for sig.

Problemerne skal antydes i det følgende.

Den målte volumenmertilvækst som følge af gødskning skyldes den ægte diameter- og højdetilvækst i bevoksningen. Ved tynding påføres der bevoksningen en uægte diameter- og højdetilvækst – positiv eller negativ (Ved hugsten fjernes ikke træer svarende til gennemsnittet, men som regel de mindste individer. Bevoksningens middelhøjde, -diameter er derfor ændret efter hugsten). Denne uægte tilvækst er afhængig af hugstprofil (hugst fra neden eller hugst fra oven) samt hugststyrke, der igen er afhængig af ønsket masseniveau, tilvækst og dermed af ægte diameter- og højdetilvækst. Hugststyrken kan varieres betydeligt, men normalt ønsker man ikke at overstige en øvre grænse, hvor nålemassen ikke længere kan udnytte hele indstrålingen, således at produktionen pr. arealenhed falder. Dette kan betyde, at efter et antal gødskningsperioder er træerne blevet så store, at det ikke længere er realistisk at hæve mertilvæksten ved tynding. Derimod vil man opspare en del af mertilvæksten som således først realiseres ved omdriftens slutning.

Det er ikke forsøgt at undersøge, om der er en indre sammenhæng i modellerne i Rapport 1. Det kan dog umiddelbart konstateres, at der ikke er medregnet den uægte (altså den tyndingsbestemte) virkning af mertilvæksten, som indirekte følger af en gødskning. I stedet er valgt at opstille nogle tilvækstmodeller med en indre sammenhæng for forskellige produktionsklasser (boniteter).

Grundlaget er WN's bonitetsvise tilvækstoversigter, der af skovreguleringen er omsat til produktionsklasser. Endvidere bygger modellerne på Eichhorns' vækstlov, og det antages at stamformene ikke ændres betydende ved gødskning.

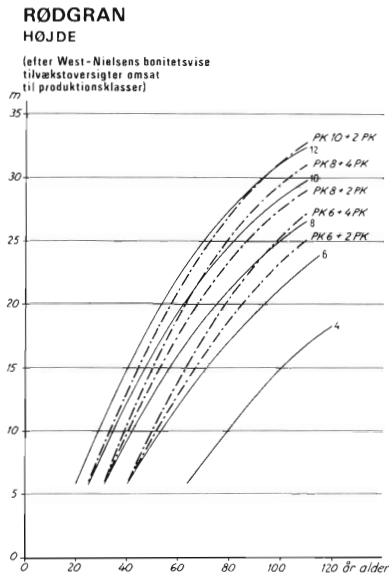
Vækstmodellerne er udarbejdet på følgende måde for forskellige produktionsklasser:

- 1) Tidspunkt for 1. gangs gødskning fastlægges på grundlag af bevoksningshøjde.
- 2) Fra tidspunktet for 1. gangs gødskning sættes bevoksningens løbende tilvækst lig den løbende tilvækst ved en bedre bonitet (ved samme alder). Af praktiske grunde er der i modellerne regnet med, at gødskning hæver boniteten henholdsvis 2 og 4 PK.
- 3) På grundlag af en højde/akkumuleret tilvækst regression, bestemmes den højde, som svarer til den akkumulerede (opsummerede) tilvækst på et givet tidspunkt.
- 4) Den stående vedmasse ved en given alder sættes lig standardtilvækstoversigterne for pågældende bonitet før gødskning, idet det forudsættes, at hele mertilvæksten hugges.

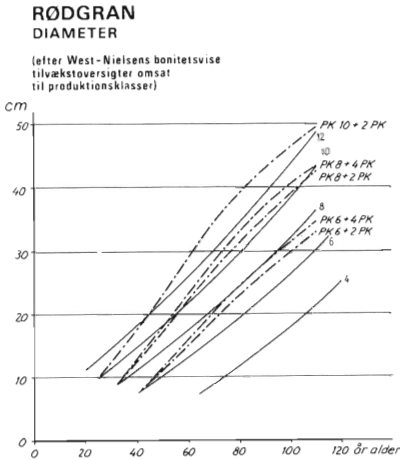
- 5) Stamtal beregnes på grundlag af en forudsat hugststyrke beskrevet ved relativ træafstand (RTA)
- 6) På grundlag af stående masse og stamtal, beregnes middeltræets volumen.
- 7) På grundlag af højde, middeltræets volumen og alder beregnes diameteren ved hjælp af Olsens funktion for stammevolumen.

I figur 7.2.1. og 7.2.2. er vækstmodellerne for gødskning fra 6 m's højde og en mertilvækst som følge af gødskning svarende til en bonitetsstigning på 2 og 4 produktionsklasser sammenlignet med standard tilvækstoversigterne med hensyn til højdeudvikling og diameterudvikling. Det ses, at højdekurven for de gødskede modeller asymptotisk nærmer sig højdekurven for den tilsvarende aktuelle standardkurve. Dette er en logisk følge af vækstmodellerens opbygning.

Diameterforløbet for vækstmodellerne er karakteristisk ved, at fra en bevoksningshøjde på omkring 20-24 m, er diameterudviklingen svagere end standardoversigterne. Dette skyldtes forudsætningen om, at hele mertilvæksten skal hugges. Når bevoksnings-



Figur 7.2.1. Højdeudviklingen i vækstmodeller sammenlignet med standard tilvækstoversigter.



Figur 7.2.2. Diameterudviklingen i vækstmodeller sammenlignet med standard tilvækstoversigter.

højden når over 20 m, er det nødvendigt at hugge fra toppen, hvis hele mertilvæksten skal hugges samtidig med at RTA ikke overstiger 23 pct., svarende til en D-hugst.

Det er derfor i praksis realistisk at regne med en vis vedmasseopsparing i gødskede bevoksninger, især mod slutningen af omdriften. Når det alligevel er besluttet at bruge vækstmodellerne i de økonomiske modeller, skyldes det 3 forhold:

- 1) Ideen bag gødskningsprogrammet er, at mertilvæksten hele tiden hugges.
- 2) Når bevoksningsdiameteren er over ca. 25 cm, er netto på rod priskurven flad. Det har derfor ikke særlig stor betydning for de økonomiske modeller, om der hugges fra oven eller fra neden ved slutningen af omdriften.
- 3) problemet opstår først ca. 30-40 år efter påbegyndelsen af kontinuerlig gødskning. Inden da vil de igangværende gødskningsforsøg formentlig have givet muligheder for opstilling af bedre vækstmodeller.

For en nærmere diskussion af vækstmodellerne henvises til Rapport 3 afsnit 2.

### 7.3. Økonomiske modeller.

I Rapport 1 er de forskellige økonomiske modeller sammenlignet ved deres interne rentefod. Grundet nedennævnte forhold

anses den interne rentefod ikke for særlig velegnet til at bedømme de forskellige økonomiske modeller.

- 1) Teoretisk findes der flere interne rentefødder for samme investeringsmodel (Løsning af en  $n$ 'te grads ligning).
- 2) Selv små usikkerheder på investeringsmodellens dækningsbidrag giver store usikkerheder på den interne rentefod.
- 3) Den interne rentefod fortæller ikke noget om, hvor store beløb, der investeres eller tjenes. ligesom den heller ikke belyser investeringens likviditetsforløb.
- 4) For at bestemme den interne rentefod, er det nødvendigt at kende indtægter og udgifter med en rimelig sikkerhed i hele den periode, den økonomiske model omfatter.

I stedet er valgt 2 typer kurvesæt. 1) Et sæt der for forskellige vækstmodeller viser de akkumulerede merindtægter som følge af mertilvæksten, og i samme kurvesæt de akkumulerede merudgifter som følge af gødskningsomkostninger, og 2) et sæt der viser de tilsvarende akkumulerede diskonterede merindtægter og merudgifter.

Type 1 kurverne giver en oversigt over likviditetsforløbet i investeringen. Type 2 kurverne belyser, hvornår en langsigtet investering i gødskning er økonomisk fordelagtig, og hvornår den maksimale gevinst er opnået, således at gødskningen evt. skal ophøre. Merindtægterne for en given vækstmodel er beregnet som differencen mellem vækstmodellens indtægter og standandoversigtens indtægter.

De økonomiske modeller er beregnet på grundlag af aktuelt prisniveau E. 84. Gennemførte beregninger har vist, at ændringer i netto på rod priskurvens hældning ikke har betydende indflydelse på størrelsen af de beregnede merindtægter. Da merindtægterne er beregnet som en differens mellem 2 omsætningsbalancer, har mindre ændringer i sortimentsforhold og sortimenternes netto bidrag også ringe betydning.

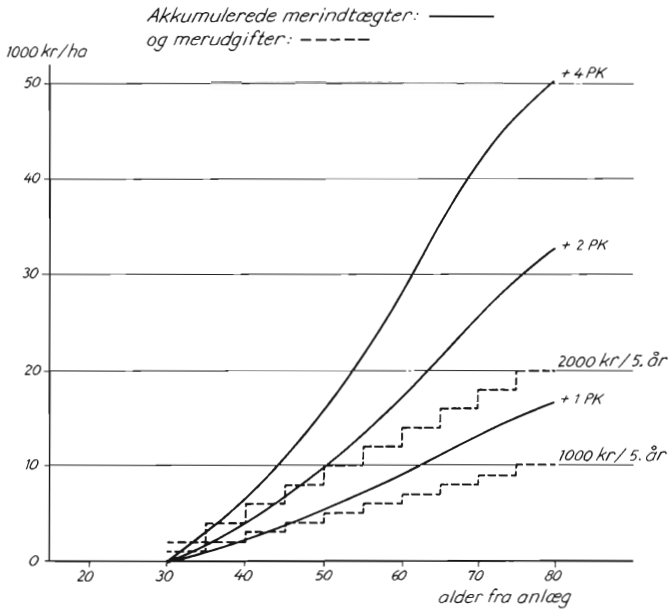
For at illustrere hvilken betydning gødskningsomkostningerne har på det økonomiske resultat, er der indtegnet en kurve for henholdsvis en gødskningsomkostning på 1.000 kr og 2.000 kr hvert 5. år fra gødskningen påbegyndes.

Merindtægter og merudgifter er beregnet i kr/ha.

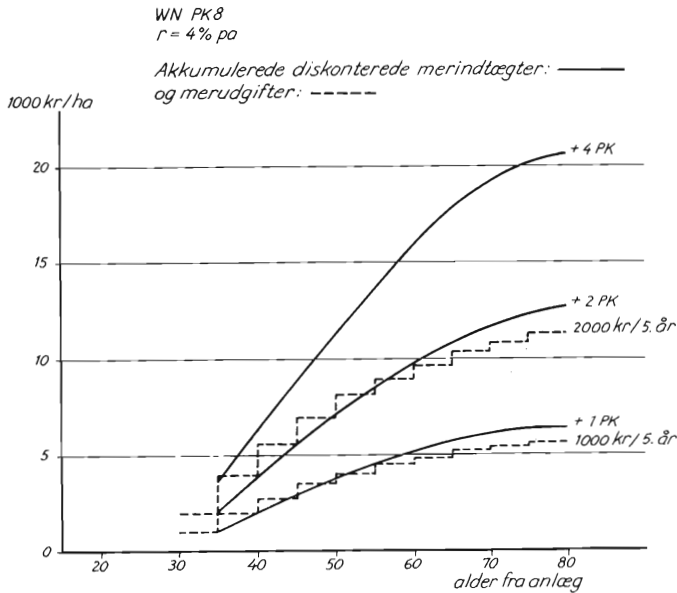
Figur 7.3.1. viser et eksempel på type 1 kurvesættene.

Da der kan være tale om langvarige investeringsforløb, hvor nettogevinster måske først viser sig om 20 år, vil det være rimeligt at stille krav om en vis forrentning af investeringen. Omsætnings-

WN PK 8



Figur 7.3.1. Akkumulerede merindtægter og merudgifter. Gødskning fra en bevoksningshøjde på 6 m.



Figur 7.3.2. Akkumulerede diskonterede merindtægter og merudgifter. Gødskning fra en bevoksningshøjde på 6 m.



balancerne er beregnet i faste priser, og det er derfor valgt at regne med en realrente på 4 pct. p.a.

Det har vist sig, at realrenten ved bl.a. langsigtede investeringer i obligationer ligger omkring 3-4 pct. p.a. I skovstyrelsens erstatningsberegninger ved f.eks. ekspropriationsforretninger anvendes også en rente på omkring 4 pct. p.a.

I figur 7.3.2. er vist et eksempel på type 2 kurvesættene, der viser de akkumulerede diskonterede merindtægter og merudgifter. Ordinaten viser altså nutidsværdien – kapitalværdien – af alle fremtidige merindtægter og merudgifter fra gødsningen påbegyndes og til tidspunkt svarende til absissen. Af praktiske grunde er nutidsværdien beregnet til tidspunktet efter udløbet af første 5-årige gødskningsperiode.

I Rapport 3 er vist type 1 og 2 kurvesæt for WN produktionsklasserne 6, 8 og 10 og gødskning fra en bevoksningshøjde på henholdsvis 6 og 14 m.

De økonomiske modeller må antages at være behæftet med nogen usikkerhed. Usikkerheden er voksende, jo længere man bevæger sig bort fra starttidspunktet. Modellerne forudsætter ligeledes, at bevoksningerne behandles med en stærk hugst, svarende til D-hugst.

På grundlag af foranstående skitserede beregninger kan der opstilles følgende grove *tommelfingerregler* for, hvornår det er økonomisk fordelagtigt at gødske en bevoksning/skov/skovpart:

PK før gødskning	Gødskning økonomisk fordelagtig ved en stigning i aktuel PK på:
6	mindst 2 PK
8	mindst 1-2 PK
10	mindst 1 PK

Forudsat en gødskningsomkostning på omkring 1.000 kr/ha hvert 5. år, svarende til niveau E84, en hugststyrke svarende til en D-hugst og en realrente på 4 pct. p.a.

Fordobles gødskningsomkostningerne til omkring 2.000 kr/ha (1984 kr) hvert 5. år, skal den aktuelle PK stige med yderligere 1-2 PK, mest for de laveste boniteter, for at gødskning er økonomisk fordelagtig.

Jo senere en gødskning iværksættes i en bevoksnings omdrift, desto mindre bliver den samlede økonomiske gevinst.

## 8. GØDSKNINGSPROGRAM 1985-90

Gødskningsprogrammet for den første 5-års periode var som tidligere nævnt udarbejdet på grundlag af Rapport 1. Rapporten var baseret på den foreliggende viden om emnet hos arbejdsgruppens medlemmer, litteraturgennemgang, foreløbige forsøgsresultater samt kontakter til personer med viden om emnet. Hovedformålet med de anlagte gødskningsprøveflader var derfor at indsamle mere konkret viden om reaktionen på gødskning i forskellige bevoksninger og på forskellige lokaliteter til brug for en justering af gødskningsprogrammet.

Ved et møde i skovstyrelsen i december 1984 drøftede en kreds af særlige sagkyndige personer fra bl.a. skovbrugsinstituttet, søgsvæsenet, skovstyrelsen, miljøstyrelsen, og fredningsstyrelsen, efter hvilke retningslinier statskovsvæsenets gødskningsprogram skulle fortsætte. Grundlaget for drøftelserne var Gødskningsrapport 2 og 3 samt rapporten fra miljøstyrelsens ferskvandslaboratorium: »Skovgødskning og udvaskning til vandløb«.

På grundlag af disse drøftelser udsendte skovstyrelsen i februar 1985 reviderede retningslinier for det fortsatte gødskningsprogram til statskovdistrikterne. Det er muligt, at måleresultaterne fra gødskningsprøvefladernes anden 5-års periode til sin tid vil give grundlag for yderligere justeringer. I det følgende rekapituleres hovedpunkterne i det reviderede gødskningsprogram.

### 8.1 Udpegning af gødskningsværdige arealer.

De foreliggende målinger viser, at man kun med en betydelig usikkerhed kan forudsige den forventede reaktion på gødskning i en given bevoksning ud fra kendskabet til alder, hugststyrke og bonitet. Som nævnt i afsnit 4.4. forklarer den multiple model kun ca. 40 pct. af variationen i de målte grundflademertilvækster. Hovedparten af de resterende ca. 60 pct. af variationen skyldes forskelle i vækstbetingelser, men nok også forskelle i bevoksningens »reaktionsevne«, som næppe lader sig kvantificere i målbare størrelser, men nok alligevel kan registreres i marken af rutinede forstfolk. Under hensyntagen hertil og som en naturlig følge af statskovdistrikternes overgang til nettobudgettering pr. 1. januar 1985 er det besluttet, at det fremover er distrikterne selv, der udvælger gødskningsværdige bevoksninger inden for følgende rammer:

Der skal være tale om vedproduktionsbevoksninger af nåletræ (altså ikke bjergfyr og andre værnskovsbevoksninger).

Boniteten skal være lavere end svarende til produktionsklasse 12.

Udvælgelsen sker på bevoksningsniveau og indstyret af gødskningsrapporternes udsagn om forventede tilvækster, økonomi og behandlingsforskrifter.

De foreliggende målinger viser, at gødskningsbevoksninger bør behandles med en tidlig og stærk hugst (hugstgrad D svarende til RTA = 23 pct.). Dette var tidligere såvel et økonomisk som et arbejdskraftmæssigt problem. Med iværksættelsen af statsskovvæsenets flisprogram har distrikterne nu fået mulighed for at løse dette problem ved flisning af den første udhugning. Flisningen giver samtidig ideelle betingelser for gødskning fra jorden, idet de efterladte nåle og kviste ikke generer kørslen, i modsætning til de topender der normalt efterlades ved en traditionel førstegangs gennemhugning.

Et kontinuerligt gødskningsprogram bør ikke iværksettes efter, at bevoksningshøjden ca. 12-14 m er nået, medmindre bevoksningen allerede ved forudgående stærk hugst er tyndet til omkring hugstgrad D.

Sættes der først ind med en kraftig tynding fra en bevoksnings højde omkring 12-14 m, anses faren for stormfald at være for stor.

Beslutning om grundforbedring med fosfor og erstatningsgødskning af pyntegrønt overlades fortsat uændret til distrikternes afgørelse som led i den almindelige skovdrift.

## 8.2. Gødskning.

Der gødskes kontinuerligt hvert 5.-6. år. Distrikterne stilles frit med hensyn til udbringningsteknik. Dog anbefales gødskning fra jorden både af miljø-, og beskæftigelses- og økonomiske hensyn.

Udbringning af gødning skal ske i 1. halvdel af vækstsæsonen for at udnytte det tilførte kvælstof og for at mindske risikoen for udvaskning. Udbringning må under ingen omstændigheder ske i frost eller på sne for at undgå overfladeafløb i forbindelse med tøbrud.

Valg af gødningstype og indkøb sker år for år af skovstyrelsen under hensyntagen til prisrelationer og rabatmuligheder. Der stiles efter en dosering på 120 kg N/ha og en P&K iblanding svarende til de hidtidig anvendte gødninger.

## 8.3. Værnzoner.

De hidtidige retninglinier er fortsat gældende. Ved *værnzone* forstås den zone, hvor der under ingen omstændigheder må falde gødning. Dette betyder at der i praksis må regnes med en *sikkerhedszone* af en sådan bredde, at der selv ved en fejlbetjening af spredningsudstyret, ikke er risiko for at der falder gødning indenfor værnzonen.

Hvor der er tale om skrånende terrain ned mod en sø, et vandløb eller et andet areal, der ikke ønskes tilført gødning, kan der i de tilfælde hvor der forekommer et højtliggende vandstandsende lag (f.eks. et al-lag), foregå en utilsigtet horisontal afstrømning i de øvre lag mellem terrainoverfladen og det vandstandsende lag. De opløste gødningsstoffer vil derfor blive ført ned til de pågældende områder. Under hensyntagen til ovennævnte forhold er opstillet følgende krav til værnzoner mod søer, vandløb og andre arealer, der ikke ønskes tilført gødningsstoffer:

- 1) Værnzonen skal omfatte hele den skrånende del af terrainet ned mod søen, vandløbet etc.
- 2) Dog skal bredden af værnzonen være mindst 10 m og højst 50 m. Ved vandløb forstås i denne forbindelse alle vandløb uanset bundbredde, der fører vand mod større vandløb, søer og andre arealer, der ikke ønskes tilført gødningsstoffer.

#### 8.4. Gødsket areal.

På grundlag af ovenstående retningslinier skønnes det, at der i perioden 1985-90 vil blive produktionsgødsket ialt omkring 8-9.000 ha. D.v.s. at det oprindeligt udvalgte gødskningsegnede areal i første 5-års periode på ca. 11-12.000 ha er reduceret med omkring 3.000 ha.

### 9. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER.

I det foregående har der udelukkende været fokuseret på grundflade- og volumentilvækster. Man skal imidlertid være opmærksom på, at udviklingen indenfor den råtræforbrugende industri går i retning af at tillægge rumtætheden<sup>1)</sup> en stigende betydning. Dels fordi træets styrke tiltager med stigende rumtæthed, og dels fordi udbyttet af cellulose og andre strukturopløste træprodukter pr. m<sup>3</sup> er ligefrem proportionalt med rumtætheden.

Mange undersøgelser har vist, at rumtætheden er ret snævert korreleret med årringsbredden, således at stigende årringsbredde giver lavere rumtæthed.

For at belyse gødskningens indflydelse på rumtætheden har T. Lyng Madsen m.fl. (3) målt rumtætheden på stammeskiver fra forsøgsvæsenets gødskningsforsøg i ældre rødgran, der er omtalt tidligere i afsnit 5.4. Bortset fra de rent fosforgødskede parceller, hvor der reelt var tale om en tilvækstnedgang, viser rumtæthedsmålingerne, at de relative tørstofmertilvækster som følge af

1) Tørstofvægt af veddet i forhold til rumfang af det friske ved. Måles i kg/m<sup>3</sup>.

gødskning kun er omkring halvdelen af de målte relative volumen-tilvækster.

Dette skyldes såvel faldet i rumtæthed p.g.a. større årringsbredde, men især at der har kunnet påvises lavere rumtæthedsniveau<sup>1)</sup> på gødskede parceller. På parcellerne med den høje kvælstofdose (1.000 kg kalksalpeter pr. ha) er den gennemsnitlige rumtæthed efter gødskning 2-8 pct. lavere end kontrolparcellerne. Over halvdelen af faldet i rumtæthed skyldes det konstaterede fald i rumtæthedsniveau, hvorimod faldet som følge af bredere årringe betyder mindre.

Faldet i rumtæthedsniveau varierer betydeligt mellem de forskellige lokaliteter og behandlinger. Der har ikke kunnet påvises vekselvirkninger mellem gødningsstofferne og heller ikke nogen sammenhæng mellem de volumenmæssige reaktioner på gødskningen og rumtæthedsniveauændringerne inden for de enkelte forsøg.

Derimod er der en tydelig tendens til, at ændringerne i rumtæthedsniveau fremkaldt af gødskningen er bonitetsafhængige. Med faldende vækstbonitet fås et tiltagende fald i rumtæthedsniveau ved kvælstofgødskning og en tiltagende stigning ved fosforgødskning.

Stigningen i rumtæthedsniveau ved fosfortilførsel er imidlertid langt mindre end faldet som følge af kvælstofgødskning.

Ved gødskning med en standard NPK handelsgødning må man derfor nok regne med et fald i rumtæthedsniveau af ukendt størrelse, men måske omkring 1-8 pct. Forfatterne fremhæver dog, at der stort set overalt i forsøgsserien, hvor der er konstateret mertilvækst i volumenenheder, også er tale om positive tørstofudslag trods det lavere rumtæthedsniveau.

## 10. Summary

### THE FERTILIZATION PROGRAMME OF THE NATIONAL FOREST SERVICE

The paper presents the principal elements of the fertilization programme of the National Forest Service. The programme started formally August 1977, and during the following five years about 12,000 ha heath plantations in Jutland were fertilized. The plantations were more than 30 years old spruce stands. In addition, young plantations on hill islands of poor soil received P fertilization, and intensively exploited fir stands used for the cutting of decorative greenery were substitution fertilized.

<sup>1)</sup> Sammenhæng mellem årringsbredde og rumtæthed.

An important element of the programme was the establishment of a series of sample and control plots providing a standard of comparison for determining the effect of the fertilization on the increment of spruce stands older than 30 years. 110 plots were established in the spring of 1978 and 1979, evenly distributed on 11 regions. Each plot was divided into two subplots, one of which was fertilized whereas the other, the control plot, was not.

The fertilizer applied was an NPK 23-3-7 mixture (or NPK 18-5-12 on areas exhibiting phosphorus depletion), and the dosage corresponded to 120 kg N per ha. After five growing seasons, 100 plots were remeasured, 10 plots having been destroyed by windfall etc. As a mean of all plots, the extra increment obtained after the five-year period was 4,7 m<sup>3</sup> per ha. However, the extra increment mean varied considerably between regions, from -5.5 to +18,2 m<sup>3</sup> per ha.

Annual ring measurements showed that after a first fertilization, the extra increment is measurable from about the third growing season, and it is close to zero after the fifth growing season.

The fertilization programme had been based on an expected annual extra increment of 3.75 m<sup>3</sup> per ha from about the third growing season after application of 120 kg N per ha. In the four regions showing the highest extra increment, this mean extra increment was obtained at the time expected.

Graphic analyses show that extra increment due to fertilization seems to decrease with increasing age and improving site class, and increase with increasing thinning intensity.

Growth models and economic models demonstrate that with the present price relations (1984), an extra annual increment of approx. 2 m<sup>3</sup> per ha is required in order to pay for the costs of fertilizing every five years.

### Litteratur.

- 1) *Handler, Mette M.* 1984: Relativ træafstand. anvendelighed som tæthedsmål. DST 1984 pg 361-374.
- 2) *Holstener-Jørgensen, H., Bryndum, H., og Kjersgård, O.* 1982: Gødningsforsøg i ældre rødgran. Forstl. Forsøgsv. Danm. 1982, bind 38 pg 287-329.
- 3) *Madsen, T. Lyng, Moltensen, P. og Olesen, P. O.* 1985: Gødsknings indflydelse på rødgrans rumtæthed og tørstofproduktion. Forstl. Forsøgsv. Danm. 1985, bind 40 pg 141-171.
- 4) *Olsen, H. C.* 1976: Vedmassetabel for rødgran i Danmark. Forstl. Forsøgsv. Danm. 1976, bind 34 pg 361-409.

# DYRKNINGSTÆTHEDENS INDFLYDELSE PÅ SKOVPLANTERS KVALITET

Af

afd. leder J. NECKELMANN, Statens forstlige Forsøgsvæsen

Oxford class: 232.324.3

## 1. Indledning

Forsøgsvirksomheden inden for skovbrugssektoren verden over har i de seneste årtier i stigende grad sat fokus på skovplanten. Man har blandt andet søgt at klarlægge, på hvilke felter og i hvilket omfang planteskolernes dyrkningsforhold er medbestemmende for plantekvaliteten, her defineret som planternes evne til at overleve og udvikle sig efter udplantningen i skoven.

Blandt de dyrkningsparametre, som har vist sig at kunne få betydning for planternes etableringsevne, synes en af de vigtigste at være *dyrkningstætheden* – det vil sige antallet af planter pr. m<sup>2</sup> planteskolebed. Reduceret dyrkningstæthed synes så godt som altid at følges af øget plantekvalitet.

## 2. Dyrkningstæthed og plantekvalitet

### 2.1 Planteafgang og vækst

Som det vil fremgå af oversigten tabel 1, udmønter den øgede plantekvalitet sig i såvel *reduceret planteafgang* som *forbedret vækst*. Forbedringen af væksten vedrører ikke blot de første vanskelige år efter udplantningen, men kan, som de ældste forsøg viser, også registreres adskillige år henne i kulturfasen. At valget af dyrkningstæthed er af stor betydning for de nyere, væksthudyrkede dækrodsplanter, beskæftes endvidere af mange andre forsøg fra 1960'erne og 70'erne (Neckelmann 1979 og 1980).

De grundlæggende plantefysiologiske årsager til, at reduceret dyrkningstæthed så konsekvent fører til forbedret plantekvalitet,

er langt fra afklaret, men sideløbende ændringer i en række målelige plantekaraktistika kan dog formentlig antyde, hvor forklaringerne skal søges.

## 2.2 Morfologiske træ

Oversigten tabel 2 viser variationen i forskellige morfologiske træk som funktion af dyrkningstætheden hos udgangsmaterialet fra en række forsøg med planter, dyrket ved forskellig tæthed i planteskolen.

Som det ses, synes faktorerne *rodhalsdiameter* ( $d$ ) og *plantevægt* (frisk, tør, top, rod, hele planten) at variere entydigt med dyrkningstætheden. Begge faktorer stiger med faldende tæthed. Et par af undersøgelserne viser tillige, hvorledes *antallet og middellængden af planternes grene* tiltager med faldende dyrkningstæthed. Derimod synes der at være væsentlig dårligere sammenhæng med den vel nok oftest benyttede planteparameter: *Plantehøjden* ( $h$ ). Dels er højdevariationen beskeden, dels går den til hvilken side hver anden gang (sml. også Duryea & Landis 1984).

I de senere år har man ofte set forslag om at bruge det tørvægt-baserede *top/rod-forhold* ( $t/r$ ), eller det lettere målelige *højde/rodhalsdiameter-forhold* ( $h/d$ ), som kvalitetsbeskrivende parametre. For traditionelt, barrodet plantemateriale synes oversigten i tabel 2 at vise, at  $t/r$ -forholdet kun har ringe sammenhæng med dyrkningstætheden (sml. også Duryea & Landis 1984). Derimod ændrer  $h/d$ -forholdet sig betydeligt og entydigt (falder) med faldende dyrkningstæthed. At det tilsyneladende forholder sig omvendt for oversigtens eneste eksempel med væksthudyrket dækrodsmateriale, er ikke umiddelbart forståeligt, og muligvis heller ikke særlig typisk.

Sammenfattende viser ovenstående gennemgang af nogle eksempler fra skovplanteproduktionen, at en sænkning af dyrkningstætheden i planteskolen som oftest vil give et plantemateriale, der især er karakteriseret ved en *større biomasse* – både over og under jorden – samt ved en *kraftigere (rodyk) stamme*.

Der produceres kort og godt et i forhold til højden kraftigere (engelsk: sturdier, tysk: stufiger) plantemateriale. Disse planter besidder et større assimilationsapparat, større rodmasse og større reserver af vand og næring, og dette må anses at rumme en væsentlig del af forklaringen på den medfølgende, forbedrede plantekvalitet. Denne er måske især knyttet til en hurtigere og kraftigere udvidelse af rodsystemet efter udplantningen (se tabel 3).



Tabel 1. Planteafgang og vækst efter udplantning som funktion af dyrkningstætheden i planteskolen.

Table 1. Mortality and growth after field planting as a function of bed density in the nursery.

Træart <i>Species</i>	Plantemateriale <i>Planting stock</i>			Planteafgang og vækst efter udplantning <i>Mortality and growth after field planting</i>						Kilde <i>Source</i>	
	Alder <i>Age</i>	Sorti- ment <i>Height class/ type</i>	Plante- tæthed stk./m <sup>2</sup> bed <i>Bed density plants per m<sup>2</sup></i>	År efter plant- ning <i>Years after planting</i>	Plante- afgang <i>Morta- lity</i>	Plante- højde <i>Height</i>	Højdetilvækst <i>Height incre- ment</i>	Dia- meter <i>Dia- meter</i>	Summa stamme længde <i>Total stem length</i>		
					%	cm	vækst- sæson <i>grow- ing season</i>	cm	cm	m/ha	
Barrod <i>Bareroot Skovfyr Scots pine</i>	1+2	-11 cm	143	7		287		7,0	Schmidt- Vogt & Gürth 1969		
			67			266		6,9			
	12-14 cm	143		290	7,1						
		67		286	7,4						
	15-17 cm	143		302	7,6						
		67		334	9,1						
18-20 cm	143		319	8,7							
	67		353	10,0							
21-25 cm	143		364	9,0							
	67		372	9,5							
Rødgran <i>Norway spruce</i>	2+3		333	5	32	110	1.-5.	50	Schmidt- Vogt & Gürth 1977 + ekskursions- materiale		
			95		22	122	78				
			33		22	124	68				
		333	12	351	6.-12.	241					
		95		392	270						
		33		413	298						

Rødgran <i>Norway spruce</i>	2+2		400	14	19,3	152				Mork 1951
			200		12,4	161				
			100		7,6	178				
Picea glauca	3+0		320	5	9,8	63			1704	Mullin 1976
			160		11,2	68			1816	
Pinus resinosa	3+0		320	5	46,3	62			987	
			160		37,1	67			1251	
Pinus monticola	3+0		320	5	12,8	104			2701	
			160		9,6	110			2979	
Dækrod <i>Ballroot Douglas fir</i> <i>(Paperpot)</i>	1+0	Fh 408 - 508	1060 615	3	44 22	58 67				Muhle 1978
Skovfyr <i>Scots pine</i> <i>(Finnpot)</i>	1+0	FP 615 - 620	1000 420	3	44 9	18 38	3.	10 14		Parviainen 1976
Rødgran <i>Norway Spruce</i> <i>(Paperpot)</i>	½+0	Fh 408	1066	5	36,9	50	1.-5.	41	962	Neckelmann, upubliceret <i>Neckelmann,</i> <i>unpublished</i>
		- 808	270		22,4	63		52	1481	
	Fh 408	1066	10	40,6	171	6.-10.	121	3148		
	- 808	270		24,3	216		153	4957		
	2+0	Fh 408 - 608	1066 428	5	32,9 22,4	65 96	1.-5.	46 65	1359 2326	

Tabel 2. Dyrkningstæthedens indflydelse på nogle plantemorfologiske karaktertræk.

Table 2. Some morphological characteristics of plants grown at different bed densities.

Træart <i>Species</i>	Plante- alder <i>Age</i>	Planter/ m <sup>2</sup> bed <i>Bed den- sity</i> Plants/ m <sup>2</sup>	Rodhals- diam. (d) <i>Rootcol- lar-dia- meter (d)</i>	Plante- højde (h) <i>Height (h)</i>	h/d	Totalvægt. g/plante <i>Total weight g/plant</i>		Tørvægt <i>Dry weight</i>			Grene <i>Branches</i>		Vrag <i>Cull</i>	Kilde <i>Source</i>
						frisk <i>fresh</i>	tør <i>dry</i>	top (t) <i>top (t)</i>	rod (r) <i>root (r)</i>	t/r	stk./ plante <i>number/ plant</i>	længde <i>length</i>		
Barrod Bareroot Rødgran <i>Norway Spruce</i>	2+3	333	5,7	60	105								Schmidt- Vogt & Gürth, 1977	
		95	7,0	44	63									
		33	10,6	56	53									
Rødgran <i>Norway spruce</i>	2+2	400		20,5		8,7	3,2	2,4	0,8	3,0		10,0	Mork 1954	
		200		20,9		13,5	4,6	3,4	1,2	2,8		6,5		
		100		22,5		18,8	6,2	4,7	1,5	3,1		1,5		
Rødgran <i>Norway spruce</i>	2+2	174(?)				31							Groven 1968	
		139				39								
		115				45								
		108				45								
		92				54								
		78				59								
		57				74								
48				71										
Skovfyr <i>Scots pine</i>	1+0	250 *)	1,4	6,7	48	0,41	0,301	0,104	2,9	0,4	0,7		Janson 1969 hos Parviainen 1977	
		200	1,5	6,6	44	0,46	0,343	0,119	2,9	0,5	0,9			
		150	1,6	6,2	39	0,53	0,393	0,134	2,9	0,8	1,5			
		100	1,7	5,8	34	0,62	0,460	0,155	3,0	1,0	1,9			

Quercus alba	2+0	129 86 43	6,0 6,7 7,8	36,7 38,8 39,6	61 58 51						48,1 33,3 16,1	Wichman & Coggeshall 1984
Picea glauca	3+0	320 160				10,8 13,5					3,6 3,4	Mullin 1976
Pinus resinosa	3+0	320 160				10,3 12,3					7,3 7,1	
Pinus monticola	3+0	320 160				4,6 5,5					3,4 2,6	
Dækrod Ballroot Douglas Douglas fir	1+0 (Paper- pot)	1700 1060 615 425 270	1,4 1,4 1,4 1,5 1,5	13,4 13,8 14,4 14,2 15,0	96 99 103 95 100	4,3 4,3 4,6 5,9 6,8	3,3 3,2 3,4 4,0 4,4	1,0 1,1 1,2 1,9 2,4	3,3 2,9 2,8 2,1 1,8	3,4 4,1 5,2 4,8 4,6		Muhle 1978

\*) Planter pr. m sårille  
Plants per m drill row

Tabel 3. Dyrkningstæthedens indflydelse på rodvækstkapaciteten hos 1+0 planter af Monterey pine (*Pinus radiata*).

Table 3. Effect of spacing on root growth capacity of 1+0 Monterey pine seedlings.

Planteafstand i så-rillen, cm <i>Spacing cm apart within drill row</i>	Antal hvide rodspidser efter <i>Number of white rootlets after</i>		Totallængden (mm) af hvide rodspidser efter <i>Total length (mm) of white rootlets after</i>	
	14 dage 14 days	28 dage 28 days	14 dage 14 days	28 dage 28 days
2	5	6	24	88
4	10	7	57	141
7	11	9	73	166
10	11	15	76	329

Balneaves & McCord 1976 citeret efter Duryea & Landis 1984

*Balneaves & McCord 1976 adapted from Duryea & Landis 1984*

### 3. Dyrkningstæthed og økonomi

Generelt vil faldende dyrkningstæthed betyde øget produktionspris pr. plante. Prisstigningen synes dog i praksis at blive relativt mindre end forøgelsen af dyrkningsarealet pr. plante (Mork 1954), blandt andet på grund af en *reduceret vrag-procent*, sml. tabel 2. Med de senere års kraftigt stigende trend i frøpriserne må det forventes, at en bedre udnyttelse af det indkøbte frø vil få stigende økonomisk betydning. En øget anvendelse af forædlet, og dermed særlig dyrt frø fra frøhaver vil trække i samme retning.

Man kan endelig formode, at lav dyrkningstæthed – gennem en *egalisering af plantematerialet* (sml. Duryea & Landis 1984) – vil medvirke til at reducere den ofte langvarige og arbejdskrævende transport- og håndteringsfase i forbindelse med sorteringen af planterne. For visse træarter, for eksempel rødgran, kunne en passende lav dyrkningstæthed måske endog betyde, at denne fase, hvor grunden til megen dårlig plantekvalitet utvivlsomt bliver lagt, helt kan elimineres.

Kundernes villighed til at betale en højere pris for planter dyrket på større afstand i planteskolen, vil selvsagt afhænge af de forventede økonomiske fordele i form af reducerede efterbedringsudgifter og/eller afkortning af produktionstiden gennem bedre højdevækst.

Betragter man det internationalt set pæne niveau for dyrknings-tæthed i det store flertal af danske forstplanteskoler, giver det

foreliggende forsøgsmateriale næppe megen grund til at antage, at skovene normalt vil kunne betale nogen større merpris for traditionelle barrudsplanter, dyrket ved endnu lavere tætheder. På den anden side vil skovene næppe heller være tjent med prisreduktioner, baseret på en væsentlig forøgelse af det nuværende niveau for dyrkningstæthed. En sådan sparsommelighed vil nemt kunne give økonomisk bagslag.

#### **4. Højde/rodhalsdiameter-forholdet som grundlag for fastlæggelse af dyrkningstætheden i planteskolen.**

Som vist i det foregående, synes et meget væsentligt træk ved et godt planteparti at være, at dets planter har en vis »krop« i forhold til højden. Et objektivt og let måleligt udtryk for denne egenskab er *plantepartiets gennemsnitlige h/d-forhold*.

Tætheden i planteskolebedet er nok den produktionsfaktor, der har størst indflydelse på dette forhold (sml. tabel 2). Derfor ligger det nær at foreslå alment anerkendte h/d-normsæt anvendt som vejledende dyrkningsmål ved fastlæggelsen af dyrkningstætheden i planteskolen.

##### **4.1 Etablering af danske normsæt for plantepartiets h/d-forhold**

Ideelt set burde sådanne normsæt fastlægges på basis af lokale eller regionale forsøg, men da sådanne som oftest vil mangle, må et retningsgivende grundlag foreløbig søges etableret på anden vis.

En mulig metode ville være orienterende målinger i et antal planteskoler landet over. Man kunne herved få et overblik over de aktuelle h/d-forhold i plantepartier, der erfaringsmæssigt kan anses at repræsentere bedste dyrkningspraksis i dagens leje.

Opdelt efter træart og plantetype, samt eventuelle andre dyrkningsparametre med væsentlig indflydelse på h/d-forholdet, ville resultaterne af en sådan undersøgelse formentlig kunne blive et nyttigt foreløbigt redskab for fastlæggelsen af plantetætheden. Man kunne herved i det mindste sikre, at det nuværende – formodet gode – niveau for dyrkningsfaktoren »plantetæthed« fastholdes. Normsættet kunne siden justeres løbende, efterhånden som forsøg eller praktiske erfaringer skaber grundlag for det.

Erfaringer fra forsøg syntes at tyde på, at dyrkningstætheden spiller en væsentlig større rolle for store end for små planter (Schmidt-Vogt & Gürth 1969, se tabel 1). Det kunne derfor diskuteres, om de foreslåede h/d-normer foruden træart og plantetype også skulle indeles efter plantepartiets forventede sluthøjde.

Man skal imidlertid i den forbindelse være opmærksom på, at i praksis vil allerede et fast, højdeafhængigt h/d-forhold betyde, at plantepartier med stor sluthøjde nødvendigvis må dyrkes ved lavere plantetætheder end partier med mindre sluthøjde (sml. Melzer 1982).

Følgende enkle anbefalinger for dyrkningstætheder i prikkelbede, hentet fra England (Aldhous 1972), udtrykker klart princippet om reduceret dyrkningstæthed med stigende sluthøjde:

Forventet plantestørrelse ved optagning	Antal planter pr. m <sup>2</sup> planteskolebed
mindre end 20 cm	100-133 stk.
20-40 -	80-100 -
40-60 -	67-100 -
større end 60 -	50- 80 -

Om den her anbefalede reduktion af dyrkningstætheden er kraftig nok til at give samme h/d-forhold for de fire højdeklasser, eller endog får h/d-forholdet til at falde med stigende højdeklasse, kan ikke umiddelbart vurderes.

Det kan sluttelig nævnes, at engelske og norske erfaringer tyder på (Aldhous 1972, Mork 1954), at der for samme dyrkningsareal pr. plante kan opnås bedre (mindre) h/d-forhold, jo mere rækkeafstanden og planteafstanden i rækken nærmes til hinanden.

## 5. Summary

### BED DENSITY AND QUALITY OF FOREST PLANTS

The paper brings together some experiences from experiments with forest plants grown at different densities in the nursery.

It appears, that decreasing bed density almost without any exception is followed by increased survival and height growth after planting in the forest (table 1), possibly because of high root growth capacity (table 3).

Registration of different morphological features in the nursery also shows, that decreasing bed density normally leads to higher root collar diameter, higher plant weight (both root and top), more and longer branches and a lower cull percentage (table 2). In contrast to plant height and dry weight top/root ratio the easy measurable height/rootcollar diameter ratio (h/d) is also highly correlated with bed density (decreases when the latter decreases).

Combining these findings it is recommended to put up local

danish standards giving recommended *h/d mean ratios for planting stocks* of different tree species and plant types. As such standards only as a rare exception can be based on experiments, they must for the present be founded on measurements in actual crops representing top nursery practice of today.

Such standards could prove useful as guidelines for choice in bed density in the nurseries, at least ensuring that the pretty high quality level of the growing factor »bed density«, which is characteristic of most danish nurseries, can be maintained.

## 6. Citeret litteratur

- Aldhous, J. R.*, 1972: Nursery Practice. For. Comm. Bull. No. 43.
- Duryea, M. L. & Landis, T. D.* (edit.), 1984: Forest Nursery Manual: Produktion of Bareroot Seedlings. The Hague/Boston/Lancaster.
- Groven, I.*, 1968: Forsøg med planteskolekulturer II. Tidsskr. Planteavl 72: 478-488.
- Melzer, E. W.*, 1982: Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen. Beitr. f. d. Forstwirtschaft. Heft 4/1982.
- Mork, E.*, 1954: Om sambandet mellom omplantningsavstand, planteutvikling, kulturresultater og kulturutgifter for 2/2 gran. Medd. norske Skogforsøksv. nr. 44, 1954.
- Muhle, O.*, 1978: Untersuchungen über die Anzucht und Pflanzung von Douglasien-Containerpflanzen. Schriften aus der Forstlichen Fakultät Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 52: 127-255.
- Mullin, R. E.*, 1976: Practical guidelines to nursery stock quality. In: *Sutton* 1976.
- Neckelmann, J.*, 1979: Dækrodsplanter af nåletræ. Et litteraturstudium og nogle foreløbige resultater fra danske forsøg med rødgran (*Picea abies* (L.) H. Karst.) og sitka (*Picea sitchensis* (Bong. carr.). Forstl. Forsøgsv. Danm. 36: 349-401
- Neckelmann, J.*, 1980: Forsøg med dækrodsplanter i Danmark. Årsskr. Nord. Skogplanteskoler 1979: 87-95.
- Parviainen, J.*, 1976: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. *Folia For.* 268.
- Parviainen, J.*, 1977: Om optimering av drivningstæthed vid radsådd. Årsskr. Nord. Skogplanteskoler 1976: 23-30
- Schmidt-Vogt, H. & Gürth, P.*, 1969: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kiefernpflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser. *Allg. Forst und Jagdz.* 140: 132-142.
- Schmidt-Vogt, H. & Gürth, P.*, 1977: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. II. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichtenpflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser mit Winkel- und Lochpflanzung (Abschlussbericht). *Allg. Forst und Jagdz.* 148: 145-157.
- Sutton, R. F.* (edit.), 1977: Plantation establishment symposium. Symposium proceedings O-P-5. Can. For. Service. Dep. of the Environment. December 1977.
- Wichman, J. R. & Coggeshall, M. V.*, 1984: Effects of Seedbed Density and Fertilization on Root-Pruned 2-0 White Oak Nursery Stock. *Tree Planters' Notes* Vol. 35, No. 4: 22-24.



## Litteratur

### KALKNING AF SKOVFYR OG RØDGRAN

*John Derome, Mikko Kukkola and Eino Mälkönen:*

*Forest liming on mineral soils – Results of Finnish experiments. Statens Naturvårdsverk, Informationsenheten, Box 1302, S-17125 Solna.*

Rapporten er resultatet af et praktisk, nordisk samarbejde. Forsøgsmaterialet er 96 finske kalkningsforsøg, som er anlagt for ca. 20 år siden. Finnerne har været ansvarlige for alle målinger og kemiske analyser, samt rapportskrivningen, medens det svenske Naturvårdsverket har finansieret undersøgelsen. Man må så håbe, at dette arrangement sparer alle nordiske lande for at investere i nye undersøgelser af kalkningens betydning for skovenes trivsel.

Rapporten er i øvrigt meget interessant læsning samtidig med, at anmelderen glæder sig over, at den ikke rækker ved de konklusioner dansk skovbrugsforskning har markedsført under de seneste års forsøringsdebat.

Forsøgene er som nævnt anlagt 20 til 24 år forud for opgørelsestidspunktet. Det er faktorielle forsøg med kalk og kvælstof. Som kalkningsmiddel er anvendt formalet dolomit (magnesiumholdig), og der er anvendt 2000 kg pr. ha en gang ved forsøgsanlæg. Med kvælstof er der gødet ved anlæg og gengødet et uspecificeret antal gange. Kvælstofmængden ved den enkelte gødsning har varieret (82-180 kg N pr. ha). Oprindeligt anvendtes svovlsur ammoniak, senere urea og de seneste år kalkammonsalpeter.

Som nævnt indgår der i alt 96 forsøg i rapporten, heraf er de 62 i skovfyre og de 34 i rødgran.

I det følgende gengives de væsentligste konklusioner i rapporten kort, idet det forudskikkes, at de hviler på en betydelig statistisk sikkerhed.

- Calciumionerne er i vidt omfang til stede i de øvre jordlag. 60-75 % kan genfindes i humus og de øverste 20 cm af mineraljorden efter 20-25 års forløb. I Danmark bør disse tal vurderes på den baggrund, at finsk klima er mindre humidt end dansk klima. De iontransporterende vandmængder er lavere i Finland.

Endvidere er tilvæksten lavere i Finland end i Danmark. Det betyder, at vegetationens bidrag til en forsuring er lavere i Finland,

- Kalkningen har medført en betydelig stigning i mængden af organisk stof i humuslaget og tilsvarende fald i mængden af organisk stof i de øverste 20 cm af mineraljorden.
- Kalkningen har ikke medført signifikante ændringer i de organiske stoffers C/N-forhold.

- Kalkningen har øget basebytningskapaciteten i humuslaget og mindsket den i de øverste 20 cm mineraljord. Ændringerne er, som naturligt er, parallelle med omlejringen af organisk stof.
- Basemætningsgraden i humuslaget er 15 % højere 20-25 år efter kalkning og 5-15 % højere i mineraljorden.
- Udbytningsaciditeten er i overensstemmelse hermed reduceret i humuslaget i fyrrebevoksningerne, men derimod ikke i rødgranbevoksningerne, hvilket forekommer lidt besynderligt. Forfatterne konkluderer, at kalkning altså ikke har direkte effekt på udbytningsaciditeten.
- Kalkningen har haft en meget betydelig effekt på jordens indhold af udbytligt aluminium. I moren er mængden reduceret med over 50 % og i mineraljorden med mere end 20 %.
- Det mest interessante fra en forstlig synsvinkel er, hvorledes kalkningen har påvirket tilvæksten. Dette belyses bedst ved finnernes egen sammenstilling i deres tabel 33 på rapportens side 80, som skal vises i sin helhed.

*Differensen mellem gennemsnitlige, årlige massetilvækster ved forskellig behandling. 62 forsøg i skovfyr og 34 i rødgran.*

Behandling	Skovfyr		Rødgran	
	m <sup>3</sup> pr. ha og år.	%	m <sup>3</sup> pr. ha og år.	%
Ca - 0	-0,15	-3,2	-0,77	-10,4
N - 0	1,42	30,0	0,96	13,0
CaN - 0	1,23	25,9	0,64	8,7
CaN - N	-0,19	-3,2	-0,31	-3,8

Behandlingsbetegnelserne er : 0 = ubehandlet kontrol; Ca = kalket; N = kvælstofgødet; CaN = kalket og kvælstofgødet.

Tabellen viser et tilvæksttab efter kalkning i en 20-25 årig periode på 3,2 % i skovfyr og 10,4 % i rødgran.

Gentagne kvælstofgødsninger har givet en gennemsnitlig mertilvækst på 30 % i skovfyr og 13 % i rødgran. Hvor kalkningen er kombineret med gentagne kvælstofgødsninger er virkningen af kvælstofgødsningen reduceret; men tilvæksttabet er dog ikke så stort som ved kalkning alene. Forfatterne meddeler imidlertid, at statistisk set er der ingen signifikant vekselvirkning mellem kalkning og kvælstofgødsning.

Anmelderen finder, at denne rapport er uhyre interessant og skelsættende. Taget under et kan den også betegnes som »humoristisk«, omend det ikke er tilsigtet. Dette sidste udsagn kræver følgende forklaring:

Med en undtagelse, nemlig humusomlejringen, har kalkningen medført klare ændringer i jordbundstilstanden; ændringer, der almindeligt anses for forbedringer. Heroverfor står så, at kalkningen har medført betydelige tilvæksttab.

*H. Holstener-Jørgensen,  
Statens forstlige Forsøgsvæsen*