DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

INDHOLD

Nekrolog: Side

CHRISTIAN SCHAFFALITZKY DE MUCKADELL .. 225

Afhandlinger, artikler m. m.:

HELLES, FINN, ERIK MOSEKILDE & LARS W. RANFELT: Om anvendelse af systemdynamisk analyse i skovbruget 230

MÜNSTER-SWENDSEN, MIKAEL: Ædelgrannålemøllet (Argyresthia fundella F. R.), et potentielt skadedyr 254

Litteratur:

BURSCHEL, P., R. EDER, D. KANTARCI & K. E. REHFUESS: Wirkungen verschidener Bodenbearbeitungsverfahren auf Wachstum, Phytomasseakkumulation und Nährelementvorräte junger Kiefernwaldökosysteme (Pinus sylv. L.) 262

3. hæfte **Oktober 1978** **LXIII. årgang**

Dansk Skovforenings Tidsskrift
udkommer årlig med 4 hæfter.

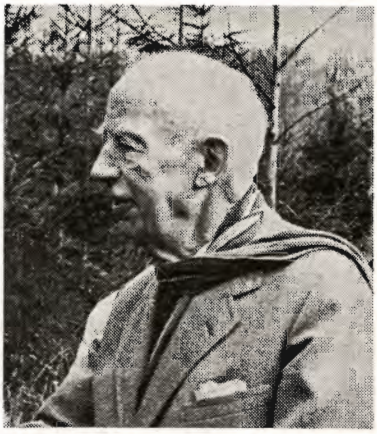
Eftertryk af tidsskriftets artikler uden redaktionens samtykke er ikke tilladt.

REDAKTIONSUDVALG:
Hofjægermester *I. Estrup*, Kongsdal, 4440 Mørkøv (formand).
Skovrider *Ole Fog*, Amalievej 20, 1875 København V.
Lektor lic. agro *Finn Helles*, Skovbrugsinstituttet, Thorvaldsensvej 57, 1871 København V.
Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard, 7183 Randbøl.
Forstfuldmægtig *Tom Nielsen*, Kongevejen 78, 3450 Allerød.
Forstander *Aa. Marcus Pedersen*, Skovskolen, Nødebo, 3480 Fredensborg.

REDAKTØR: (ansvarsh.)
P. Hauberg.

DANSK SKOVFORENINGS SEKRETARIAT OG TIDSSKRIFTETS REDAKTION:
Amalievej 20, 1875 København V. Tlf. (01) 24 42 66.
Postgiro 9 00 19 64.

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



CHRISTIAN SCHAFFALITZKY DE MUCKADELL

21. august 1894 – 1. juli 1978

I en alder af næsten 84 år er Christian baron Schaffalitzky de Muckadell afgået ved døden. En af dansk skovbrugs markante skikkelser er ikke mere. – Vel levede han den sidste snes år en tilbagetrukken tilværelse i »Huset bag skovene« – som vi kaldte hans og baronessens beskedne bolig i Bjergsted Skov – men erindringen om den centrale position, han indtog i en for skovbruget meget vanskelig tid, vil ikke dø med ham.

Christian Schaffalitzky de Muckadell var født 1894 på Brobygaard, søn af lensgreve Albrecht Schaffalitzky de Muckadell. – Efter studentereksamen i 1912 blev han forstkandidat i 1919. Han tilbragte herefter godt et år i U.S.A. – og var iøvrigt beskæftiget med kortlægning og planlægning af de fædrene skove på Fyn, Muckadell Skovdistrikt. – I 1924 blev han ejer af Bjergsted Skov, som 6 år forinden var blevet solgt fra Lerchenborg.

Schaffalitzky var formand for Dansk Skovforenings handelsudvalg 1936–46 og for Skovforeningens bestyrelse fra 1941 til 1947. Han var medlem af landbrugsministeriets brændselsudvalg 1940–50, af Forvaltnings-

nævnet for Krigsforsikring af Skove og Plantager 1940–53, af den forstlige forsøgskommission 1941–57 og af Statens skovnævn 1946–47. – Fra 1948 til 1961 var Schaffalitzky kurator for Vallø Stift, og han var medlem af bestyrelsen for A/S Junckers Savværk 1958–60. – Foruden disse tillidshverv indenfor skov- og godsadministration var han politisk aktiv som sognerådsmedlem i to perioder, 1943–46 og 1950–54.

Bag disse tørre kendsgerninger tegner der sig et billede af en mand, som må huskes ud fra i det mindste tre synsvinkler: En lederskikkelse indenfor dansk skovbrug – en gudbenådet forstmand og – et stort menneske.

Schaffalitzky var førstemanden indenfor dansk privatskovbrug i erhvervets – og landets – vanskelige år under anden verdenskrig, og de nærmeste år før og efter krigen. – Det var en tid, som for skovbruget betød restriktioner og krav: Maksimalpriser, merhugst, pligthugst og meget andet. Og det medførte idelige, langvarige og vanskelige forhandlinger med myndighederne. Schaffalitzky var forhandlingslederen fra skovbrugets side – og han var en smidig og overbevisende forhandler på de private skovejeres vegne. Samtidig havde han imidlertid en stærk fornemmelse for, at skovbruget måtte bære sin del af byrderne, som de vanskelige tider medførte for det danske samfund. Retfærdighed og retsind overfor både dem, hvis sag han var valgt til at tale, og overfor dem, der havde brug for skovene og deres produkter, var karakteristisk for hans holdning. – Hans stilfærdige fremtræden parret med den særegne vægt, han formåede at give sine udtalelser, har gavnet dansk skovbrug langt ud over den tid, han virkede som organisationsmand. Det tillidsforhold, der stadig hersker mellem Dansk Skovforening og offentlige myndigheder, har han ydet et meget væsentligt bidrag til at få etableret. –

Det omdømme, Schaffalitzky skabte sig i den halve snes år omkring og under krigen, blev en naturlig bag-

grund for hans overtagelse af kuratoriet for Vallø Stift og hans medlemsskab af bestyrelsen for Junckers Savværk. – Hans indsats blev belønnet med Kommandørkorset af Dannebrogsordenen – men jeg ved, at den hædersbevisning, han satte højest, var det sjældne æresmedlemsskab af Dansk Skovforening.

Når man tænker på Schaffalitzky som forstmand, er det først og fremmest skovvandringerne sammen med ham, der stiger frem i erindringen. Han var en inderlig og inspirerende elsker af skovdyrkningen og af skovnaturen. Han var trofast overfor den gamle skovforordnings ord om at »følge og understøtte naturen i dens virkninger«. – Jeg kan vel lige så godt her tilstå, at det var baronen, der forledte mig til at vælge skovbruget som min livsvej – og jeg tror, lynet slog ned, da jeg en dag (som gymnasiast) gik i Bjergsted Skov sammen med Schaffalitzky. Vi standsede da ved en gammel, delvist lysstillet bøgebevoksning med undervækst, på et kuperet areal. Jeg sagde, at det var et smukt billede – og baronen svarede: »Jo, men De må forstå, at alt, hvad der er smukt i skoven, også er rigtigt i skovdyrkningsmæssig henseende.« Denne læresætning fængede – også fordi det var så åbenbart, at den blev fulgt i praksis på stedet. – Det var ellers ikke en velplejet skov, Schaffalitzky overtog i 1924 – og der fulgte magre år. Men trods beskedne træpriser blev skoven bygget op. Uden at være fanatiker i tidens standende debat, huggede Schaffalitzky svagt, hans rødgraner fik en fornem afsmalning og blev belønnet med opkvistning og senere med priser, der svarede til indsatsen. – Bøgen blev afviklet i langsomt tempo, og efter den kom der mange steder naturlig opvækst af løvtræ, hvoraf navnlig bøgen og asken blev benyttet og plejet.

Men det, man især husker skovdyrkeren Schaffalitzky for, er vel de kulturer, som han selv døbte »skaktavlkulturer« – d.v.s. blandinger af nåletræ og løvtræ i kvadrater som på et skakbrædt. – Metoden blev – såvidt

jeg husker – »offentliggjort« i 1942 ved en skovforeningsekskursion i Bjergsted Skov. Og den vakte diskussion. Ideen med at blande løv- og nåletræ var ganske vist ikke ny, men den var her taget op på en ny måde. – Det var i starten eg og rødgran, der blev bragt sammen, men senere også bøg og rødgran. Planen var så, at man ved udhugning i løvtræfelterne skulle arbejde sig ud ad, så de mest lovende af randtræerne ind mod nåletræerne blev stående, mens der i nåletrætavlene skulle arbejdes ind ad, så der til sidst blot stod en enkelt stor rødgran i den omgivende løvtræbevoksning. – Enhver forstmand ved, at kunstige blandinger af nåletræ og løvtræ er vanskelige at styre. Det går ikke så let som med de naturlige blandinger af f. eks. bøg og ædelgran i Jura og Vogeserne. Skaktavlkulturerne – ja, nu -bevoksningerne – er der vel også problemer med, men hovedsagen er, at Bjergsted Skov viser eksempler på de resultater, der kan nås ad denne vej, når man blot har en klar plan, som bliver fulgt konsekvent – uden inklination for rødgranens påtrængenhed. Men det er nødvendigt, at omsorgen for det konsekvente enten ligger i samme mands hænder i menneskealdre – sådan som i Bjergsted Skov – eller går i arv. Skovdyrkningen er ikke en kunst, der skabes som et øjeblikkets indfald – det er et håndværk, der kræver planlægning, opfølgning og konsekvens – og dertil den besjælede indføling, som Schaffalitzky mer end nogen anden havde med sin skov. – Derfor var det en oplevelse at gå med ham i skoven. – Derfor var ekskursionerne med de skovbrugsstuderende til Bjergsted Skov noget særligt.

»Fluctuat nec mergitur« – det kastes omkring, men det synker aldrig – står der under et skib i byen Paris' våben. Det kan også bruges som et rammende udtryk for organisationsmanden og frem for alt forstmanden Schaffalitzky's opfattelse af skovbruget.

Selv om det er store ord, tør jeg sige, at baronen var et ædelt menneske. Han kunne nok være skarp i sin

bedømmelse af andres meninger og synspunkter, men aldrig har jeg hørt ham fordømme nogen – bortset fra nogle af krigstidens særlige personligheder. – Hans måde at være på var meget stilfærdig, men samtidig meget magtfuld. Han var ikke i det ydre de store lidenskabers mand, men han havde sine meningers mod, og man fornemmede altid en særlig kraft bag hans udtalelser.

Det rette billede af Schaffalitzky får man dog først, når man hertil føjer den store, men stille humor, han var besjælet af. Hans stille, men smittende latter. – De store opgaver i skovbrugets tjeneste og den alvorlige optagethed af de forstlige gøremål kunne han berette om på en humoristisk måde og med et ordvalg, der gjorde det til intet mindre end en fryd at være modtager af hans gæstfrihed og trofasthed.

Først når et menneske dør, får man muligheden for at opfatte det som en helhed. Og da er det lykkeligt, om denne helhed er harmonisk og måske endda befordrende for dem, der er tilbage. – Og sådan er det, når man tænker på Christian Schaffalitzky de Muckadell.

Niels K. Hermansen.

OM ANVENDELSE AF SYSTEMDYNAMISK ANALYSE I SKOVBRUGET

Af
FINN HELLES, ERIK MOSEKILDE og LARS W. RANFELT*

Oxford class: 24+612+644.1+651.1

1. Indledning

I denne artikel præsenteres en metode til problemanalyse: *Systemdynamik*. Metoden, som er udviklet med særlig henblik på analysering af komplekse dynamiske problemer i forbindelse med biologiske og sociale systemer, synes at kunne blive et nyttigt redskab i forstlige beslutningsprocesser, og den har da også allerede vundet et vist indpas i skovbruget. Systemdynamik er således benyttet i et interskandinavisk projekt vedrørende omstillingen fra rigelige til knappe råtræressourcer (RANDERS 1976); der er udført et dansk kursusarbejde vedrørende en vækstmodel for rødgran (RANFELT & HOWART 1977); og i Norge arbejdes der på et projekt: »Strukturen i skogsektoren« (LÖNNSTEDT & HØSTELAND 1977).

Da systemdynamik formentlig er et nyt begreb for de fleste læsere, præsenterer vi det ved hjælp af en ret enkel problemstilling, nemlig valg af hugstprogram i rødgran.

---

*Hhv.: lektor, lic.agro., Skovbrugsinstituttet, KVL.
lektor, dr.scient., Fysisk Laboratorium III, DTH.
kand.stip., cand.merc., Skovbrugsinstituttet, KVL.

2. Introduktion til systemdynamik

2.1. Metodens baggrund

Sidst i 1950'erne udviklede den amerikanske professor J. W. FORRESTER en analysemetode, »Industrial Dynamics«, med henblik på konstruktion af styringsmodeller til brug ved løsning af private virksomheders managementproblemer (FORRESTER 1961).

I løbet af 1960'erne videreudvikledes metoden til det, vi idag forstår ved »System Dynamics«, og på dette grundlag konstruerede FORRESTER en model til analyse af en storbys langsigtede udvikling. Denne model viste, at metoden havde et langt større anvendelsesområde end managementproblemer (FORRESTER 1969).

I 1971 konstruerede FORRESTER en model til analyse af verdens langsigtede industrielle og befolkningsmæssige udvikling (FORRESTER 1971). Denne model blev forløberen for en analyse af MEADOWS et al. (1974), som blev populariseret i »Grænser for vækst« (MEADOWS et al. 1973).

Det er især de tre sidstnævnte modeller, der har bidraget til at gøre systemdynamik kendt. I en række lande arbejdes der intenst med anvendelse af systemdynamik bl. a. til opstilling og analyse af detaillerede samfundsøkonomiske modeller og til belysning af energipolitiske problemer. I Danmark sker dette f. eks. ved Fysisk Laboratorium III, Danmarks Tekniske Højskole, og ved Instituttet for Samfundsfag, Københavns Universitet.

2.2. Metodens grundlæggende træk

Ved hjælp af systemdynamik kan en række generelle systemteoretiske (cybernetiske) principper og metoder formuleres på en måde, der har vist sig velegnet til beskrivelse af udviklingsforløbet i komplekse, f. eks. biologiske, systemer. Beskrivelsen af udviklingsforløbet er *ikke* udtryk for en prognose.

En prognose forudsiger *den faktiske udvikling* for én

eller flere variable i et system på grundlag af bestemte antagelser. Når en prognose kan opstilles, er det, fordi systemet er behæftet med en vis træghed, dvs. at en igangværende udvikling kan forventes at fortsætte i et vist tidsrum. Prognosens tidshorisont er stort set begrænset til det tidsrum, hvor systemets træghed gør sig gældende.

Systemdynamikkens formål er at *beskrive det betragtede systems udvikling under forskellige ydre omstændigheder*. Hovedvægten lægges på en *langsigtet* beskrivelse, så at de dynamiske aspekter ved systemet bliver klarlagt. En systemdynamisk beskrivelse af f. eks. udbuddet af råtræ dækker 80–100 år, mens en hugstprognose sjældent dækker mere end 10–15 år.

Systemdynamikkens lange tidshorisonter indebærer, at der i reglen ikke opnås nogen stor nøjagtighed. I stedet koncentreres beskrivelsen om systemets struktur og generelle udviklingsforløb. Det betyder imidlertid bedre muligheder for at analysere især de mere langsigtede konsekvenser af regulerende indgreb. Systemets udvikling skifter automatisk karakter fra at være mere eller mindre autonom til at være påvirkelig.

2.3. Systemdynamikkens fortrin og svagheder

2.3.1. *Fortrin*

Erfaringen viser, at den menneskelige hjerne har svært ved at overskue de dynamiske konsekvenser af udviklingen i en struktur (model), som rummer blot et beskedent antal variable med indbyrdes afhængighed. Mennesket er nødt til at betragte nogle få variable ad gangen og gøre forudsætningen »alt andet lige«. Det er en risikabel fremgangsmåde ved behandling af sammensatte strukturer, hvis dynamiske udvikling ikke er lig med summen af de enkelte variables dynamik – det er netop i reglen *vekselvirkningen* mellem de variable, der er afgørende. I en sådan sammenhæng får systemdynamik betydning som *simulationsmetode*.

De konklusioner om dynamisk udvikling, der kan drages ud fra mentale[1])modeller, er som oftest stærkt usikre. En simulationsmodel derimod muliggør tit en pålidelig behandling af komplicerede, dynamiske fænomener, fordi der er tale om en *formel model,* dvs. at alle variable og sammenhænge er præcist formuleret.

Når en sådan model indlæses i en datamaskine, kan denne beregne de endogene variables[2]) udvikling, der er en konsekvens af modellens struktur, af de antagne vekselvirkninger og af eksogene variables udvikling.[3]) Uanset hvor kompleks modellen er, bliver beregningerne udført med stor præcision. Dette er naturligvis ikke ensbetydende med, at modellen viser samme adfærd som systemet, men det betyder, at de dynamiske konsekvenser af den struktur, der er nedlagt i modellen, drages med sikkerhed.

De præcist formulerede relationer i en model behøver ikke at bygge på empirisk grundlag. De kan i stedet være udtryk for en hypotese, og afvigelse mellem systemets og modellens adfærd kan eventuelt betyde, at hypotesen ikke er holdbar.

Der kan foretages indgreb i enhver del af modellen. En ny kørsel viser da konsekvenserne af indgrebene.

2.3.2. *Svagheder*

Såvel systemdynamikken i sig selv som det programmeringssprog, der benyttes (DYNAMO), er blevet angrebet for at være ret primitive, både fra et systemteoretisk og et datalogisk synspunkt. En systemdynamisk model er »kun« et sæt af koblede 1. ordens differentialligninger, og en simulation med modellen svarer til en numerisk løsning af disse. Løsningen sker på den matematisk set enkleste måde, og dette giver ikke altid det nøjagtigste resultat. DYNAMO pålægger brugeren restriktioner,

---

1) Dvs. en tankemæssig beskrivelse af systemet.
2) Dvs. variable, der bestemmes inde i systemet.
3) Dvs. variable, der påvirker systemet udefra.

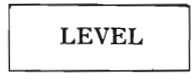
som ikke findes i andre programmeringssprog. Kritikken skal tages i betragtning ved vurdering af metoden, men de omtalte mangler kan fjernes ved videreudvikling af denne. Der må imidlertid ske en afvejning mellem på den ene side ønsket om en matematisk og teknisk set god metode og på den anden side ønsket om at bevare metodens pædagogiske udformning og lette tilgængelighed.

En alvorligere svaghed ved den systemdynamiske metode er, at det i realiteten kun er muligt at arbejde med modeller, hvis struktur er konstant. Og da der næppe er tvivl om, at mange processer f. eks. i sociale systemer forløber via strukturændringer, ligger her en klar begrænsning i metoden. Denne svaghed har dog mindre betydning i forbindelse med biologiske systemer.

2.4. Strukturelementer i systemdynamik

De variable i en systemdynamisk model inddeles efter deres karakter i *tilstandsvariable, rater* og *hjælpevariable*. Ved brug af bestemte symboler samles de variable til et billede af systemets *struktur*, et *flowdiagram* (se afsnit 3.2.1).

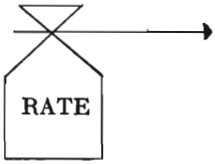
En *tilstandsvariabel* vises ved en kasse, der symboliserer et lager eller en beholdning:



Tilstandsvariable (»levels«) bør fortrinsvis vælges blandt systemets beholdningsvariable, dvs. variable, som beskriver opsamlinger (akkumulationer) af elementer, og som ikke kan ændres brat. For eksempel kan der i en model af et lands skovsektor indgå følgende tilstandsvariable: Areal i fuld vedproduktion, areal i reduceret vedproduktion og træindustriens kapacitet. Beholdningsvariable repræsenterer systemets træghed og er derfor afgørende for dets dynamiske egenskaber.

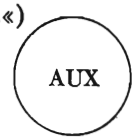
En *rate* (strømvariabel) vises ved en hane, der regu-

lerer strømmen af målbare størrelser til og fra en tilstandsvariabel:



Som eksempler på rater i en skovstrukturmodel som ovenfor kan nævnes: Årlig vækst i det fuldt vedproducerende areal, i arealet i reduceret vedproduktion og i træindustriens kapacitet. En rate kvantificeres altid som ændring pr. tidsenhed af den pågældende tilstandsvariabel.

Hjælpevariable (»auxilliaries«) symboliseres ved cirkler:



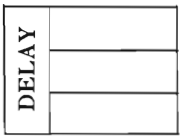
De optræder som mellemled ved beregningen af, hvordan ændring af tilstandsvariable påvirker de tilhørende rater.

I et flowdiagram kan desuden optræde følgende strukturelementer:

Tabelfunktioner:

Eksogene variable:

Uendelige kilder eller dræn:

Tidsforsinkelser: 

Konstanter: CONST.

Strømme til og fra et level:

Informationsstrømme:

Tabelfunktioner benyttes til angivelse af ikke-lineære sammenhænge mellem to variable. Det er en grundlæggende opfattelse i systemdynamisk metode, at de fleste systemer af interesse indeholder sådanne sammenhænge. Fra skovstrukturekseмplet kan nævnes: Sammenhængen mellem på den ene side vækst pr. indbygger i arealet i reduceret vedproduktion og på den anden side konverteringen af areal i fuld vedproduktion i forhold til det samlede areal af denne type.

Tidsforsinkelser øver ofte væsentlig indflydelse på et systems opførsel. De forårsager hyppigt svingninger. Eksempel: Når prisen på et bestemt sortiment stiger, beslutter den enkelte skovejer at forøge aflægningen af dette sortiment – med et prisfald til følge. Det fører til en begrænsning af aflægningen på de enkelte skovejendomme, hvorpå prisen igen stiger. Tidsforsinkelsen mellem de to sæt beslutninger skaber en cyklus, hvis perioder nogenlunde svarer til produktionstiden.

3. Eksempler på anvendelse af systemdynamik

Der opstilles en systemdynamisk model for vækstforløbet i en rødgranbevoksning af bonitet 2, og med udgangspunkt i denne model analyseres konsekvenserne af alternative hugstprogrammer. Såvel model som hugstprogrammer bygger på bestemte forudsætninger, og analyseresultaterne har naturligvis kun gyldighed inden for de dermed givne rammer.

I et beslægtet, men langt større arbejde har Eriksson (1976) bl. a. opstillet et ikke-systemdynamisk EDB-program, som gør det muligt i rødgran at analysere den produktionsmæssige effekt af behandlingsalternativer, der afviger fra standardbehandling.

3.1. Formål med modellen

Den nævnte model skal simulere vækstforløbet i en 1 ha stor rødgranbevoksning af bonitet 2 fra anlæggelse til afdrift. Modellen skal altså kunne reproducere et for-

løb af massefaktorer, der svarer til det af MØLLER (1933, s. 574 f.) anførte standardforløb. Desuden kobles der netto-på-rod priser på modellen, så den kan beregne investeringens kapitalværdi ved forskellig rentefod på tidspunktet for bevoksningens anlæggelse.

Når modellen fungerer, dvs. kan reproducere standardtal for bonitet 2, skal den kunne omformes, så den beregner mængdemæssige og økonomiske konsekvenser af hugstprogrammer, som afviger fra standardprogrammet. Modellen skal således kunne benyttes til analyse af alternative hugstprogrammer i *en given bevoksning.*

3.2. Modellen

Det vækstmæssige grundlag for modellen er MØLLER's tal for rødgran bonitet 2. Dens økonomiske grundlag er HERMANSEN's (1975, s. 177) model til beregning af netto-på-rod priser.

3.2.1. *Beskrivelse af modellen*

Modellens væsentligste variable er:

Bevoksningshøjde Hg (BEVH)[1]
Bevoksningsalder T (BALD)
Stamtal N (ST)
Diameter Dg (DIA)
Grundflade G (GF)
Stammeformtal F (SFT)
Stående masse V (VOL)
Udhugningsprocent (UHP)
Hugstdiameter (Dg) (HDIA)

Sammenhængen mellem disse variable er vist i *flowdiagrammet* fig. 1.

Modellens *parametre*[2]) er fundet med udgangspunkt i en eksogen variabel – *asymptotehøjden* (ASH). Dette er den teoretisk maksimale højde, som Hg vil nærme

---

1) Først anføres det internationale standardsymbol, dernæst det i fig. 1 benyttede symbol.
2) De konstanter, som indgår, oftest til multiplikation af variable.

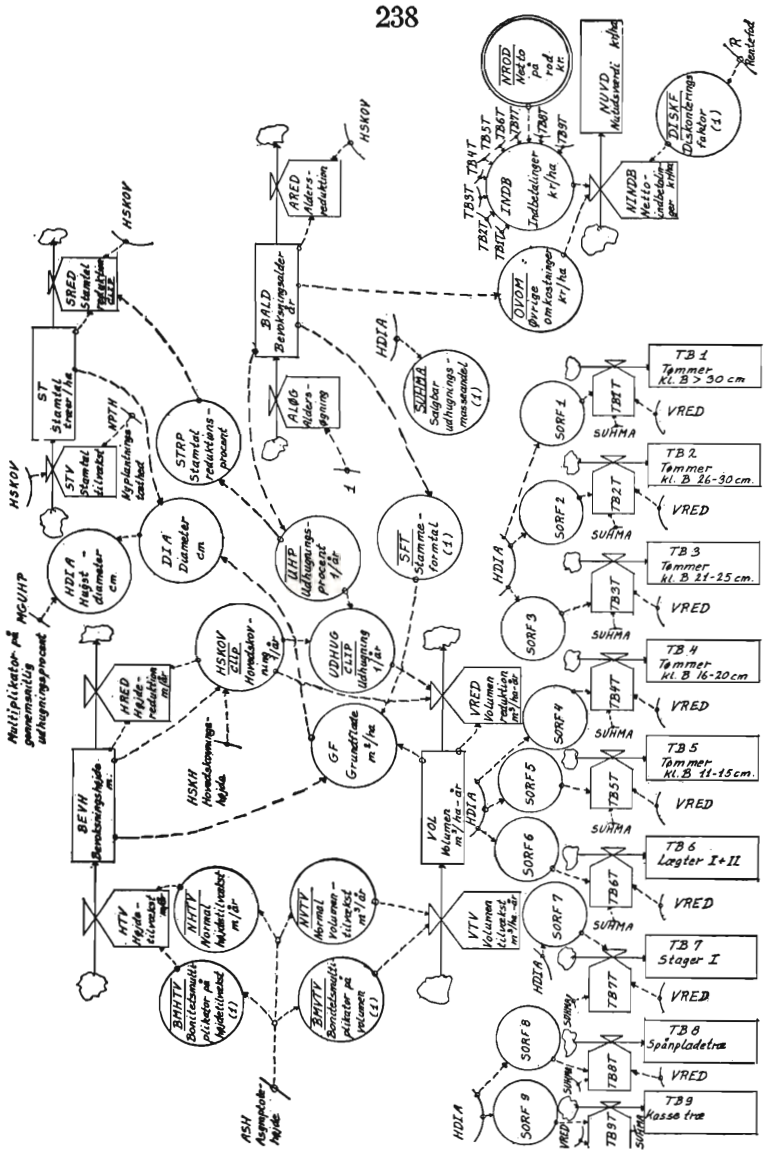


Fig. 1. Flowdiagram for modellen.

sig til. Med støtte i den normale alder-højdekurve er det vurderet, at asymptotehøjden for rødgran af bonitet 2 er 37,5 meter.

Det fremgår af fig. 1, at BEVH og VOL er beholdningsvariable. BEVH's tilstand styres af strømvariablene årlig højdetilvækst (HTV) og højdereduktion (HRED). VOL's tilstand styres tilsvarende af strømvariablene årlig massetilvækst (VTV) og massereduktion (VRED). HTV er igen afhængig af to hjælpevariable, nemlig bonitetsmultiplikator på højdetilvækst (BMHTV) og normal højdetilvækst (NHTV). Det er tabelfunktioner; sidstnævnte udtrykker, hvad højdetilvæksten er for alternative højder ved bonitet 2, mens den første viser, hvilken faktor den »normale« højdetilvækst skal multipliceres med, for at få modellen til at reproducere vækstforløbet ved en anden bonitet.

Højdereduktionen (HRED) styres kun af én hjælpevariabel, nemlig hovedskovning (HSKOV). Dette er en logisk funktion, der antager værdien 1, hvis bevoksningshøjden (BEVH) = hovedskovningshøjden (HSKH); i alle andre tilfælde er HSKOV = 0. Når bevoksningshøjden (og dermed bevoksningsalderen) har den ønskede størrelse for hovedskovning, gælder på hovedskovningstidspunktet:

HRED = BEVH · HSKOV = BEVH · 1 = BEVH,

altså reduceres bevoksningshøjden til 0.

Massetilvæksten (VTV) styres af de to hjælpevariable bonitetsmultiplikator på massetilvækst (BMVTV) og normal massetilvækst (NVTV), jfr. HTV ovenfor. Massereduktionen (VRED) styres naturligvis af hjælpevariablene hovedskovning (HSKOV) og tynding (UDHUG).

Stamtallet (ST) styres af to strømvariable, nemlig stamtalstilvækst (STV) og stamtalsreduktion (SRED). STV er kun aktiv ved bevoksningsanlæggelsen. SRED styres af hjælpevariablene hovedskovning (HSKOV) og stamtalsreduktionsprocent (STRP). Sidstnævnte variabel er på grundlag af bonitetsoversigten sat til 1,25 · (UHP).

Stammeformtallet (SFT) er indlagt som en tabelfunktion, der styres af bevoksningsalderen (BALD). Grund-

fladen (GF) bestemmes ved hjælp af VOL, BEVH og SFT, mens diameteren bestemmes ud fra GF og ST.

Modellen skal imidlertid ikke kun reproducere forløbet af massefaktorerne; den skal også kunne beregne de økonomiske konsekvenser af investering i en sådan standardbevoksning.

I dette øjemed er der til modellen koblet et sortimentsfordelingsled. På grundlag af massereduktionen (VRED) og en tabelfunktion for andelen af salgbar tyndingsmasse (SUHMA), er hugsten fordelt til ni sortimenter (TB 1 – TB 9) under benyttelse af HERMANSEN's (op. cit., s. 177) sortimentsforhold.

Desuden er der indlæst to eksogene variable, nemlig pris netto-på-rod (NROD) (l. c.) og skovdyrkningsomkostninger (Ibid. s. 138).

Hermed kan nettoindbetalingerne fra udhugning, resp. hovedskovning, ved de forskellige bevoksningsaldre beregnes. Hjælpevariablens diskonteringsfaktor (DISKF) fører nettoindbetalingerne tilbage til tidspunktet for bevoksningens anlæggelse; der beregnes altså kapitalværdien ved bevoksningsalder 4 år.

3.2.2. *Standardkørsel med modellen*

Modellen udskriver data for hvert enkelt år i omdriften. I tabel 1 er gengivet data for en række år, fortrinsvis de samme, som benyttes i standardtabellen. Modellen giver data for tilstanden *før* hugst, standardtabellen data for tilstanden *efter* hugst, men en sammenligning vil alligevel vise, at modellen med rimelig nøjagtighed reproducerer vækstforløbet i bonitet 2.

Det er nødvendigt for opbygningen af modellen at lade den starte ved bevoksningens anlæggelse, altså ved år 4. Modellen beregner en Dg-hugst også i år, hvor der ingen hugst sker. Hovedskovningstidspunktet styres af Hg (jfr. afsnit 3.2.1). Det betyder afdrift i år 71 med en hovedskovningsmasse på 449 m^3 (på rod); ved sam-

menligning med standardtallene må det erindres, at ifølge modellen sker der udhugning i år 70 (jfr. tabel 1).

Tabel 1. Vækstforløbet i rødgran af bonitet 2 på grundlag af modellen.

T	Før hugst						Hugst		Årlig løb. tilv.
år	N stk./ ha	G m^2/ ha	Dg cm	Hg m	F 0	V m^3/ ha	V m^3/ ha	Dg cm	I_v m^3/ ha
4	5.980	1,6	1,9	0,3	62	0	0	1,6	1,7
6	5.980	9,8	4,6	0,7	62	4	0	4,0	3,2
8	5.980	13,5	5,4	1,4	62	12	0	4,7	5,2
10	5.980	16,3	5,9	2,3	62	23	0	5,1	8,2
12	5.980	19,3	6,4	3,5	62	42	0	5,6	11,3
14	5.980	22,1	6,9	4,8	62	65	0	6,0	13,4
16	5.980	25,1	7,3	6,0	62	93	0	6,4	15,0
18	5.980	28,2	7,8	7,1	62	124	19	6,7	16,4
20	4.829	28,4	8,7	8,1	60	138	20	7,5	17,4
22	3.954	28,6	9,6	9,1	59	153	20	8,3	18,0
24	3.306	29,1	10,6	10,0	58	169	21	9,2	18,6
26	2.794	29,2	11,5	11,0	58	186	23	10,0	19,1
28	2.361	29,6	12,6	11,9	57	201	23	11,0	19,4
30	2.021	29,7	13,7	12,8	57	217	25	11,9	19,7
32	1.728	30,1	14,9	13,8	56	231	25	12,9	20,1
34	1.493	30,0	16,0	14,1	56	246	25	13,9	20,3
36	1.302	30,6	17,3	15,6	55	262	27	15,0	20,4
38	1.135	30,5	18,5	16,4	55	276	27	16,1	20,5
40	996	30,5	19,7	17,3	55	290	0	17,2	20,4
41	996	31,8	20,2	17,7	55	310	41	17,6	20,4
44	831	32,3	22,2	18,9	54	330	41	19,4	20,2
47	703	32,3	24,2	20,1	54	350	42	21,0	19,9
50	597	32,1	26,2	21,2	54	367	42	22,8	19,4
53	512	32,7	28,5	22,1	53	383	41	24,8	19,1
56	444	32,7	30,6	23,0	53	399	41	26,7	18,6
59	386	32,7	32,8	23,8	53	413	40	28,6	18,0
62	340	32,8	35,0	24,6	53	426	39	30,5	17,5
66	301	33,8	37,8	25,5	53	456	53	32,9	16,7
70	257	33,6	40,8	26,3	53	469	51	35,5	15,7
71	223	30,8	42,0	26,5	53	434	449	42,0	15,5

I fig. 2 er vist et eksempel på det økonomiske forløb svarende til vækstforløbet, nemlig dels udviklingen i kapitalværdien ved år 4 og dels udviklingen i nettoindbetalingerne. Modellen giver udskrift for de tilhørende værdier, men én af fordelene ved metoden er netop, at den kan fremstille sådanne forløb grafisk og dermed

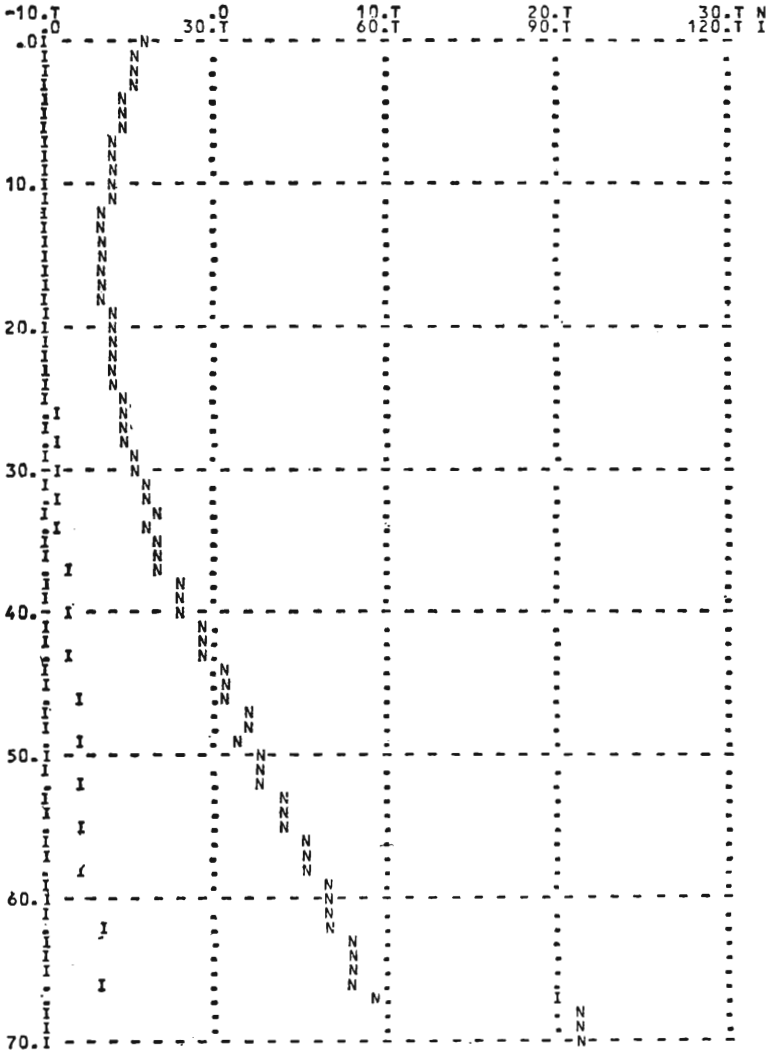


Fig. 2. Det økonomiske forløb ved 3 %, svarende til vækstforløbet i rødgran af bonitet 2 på grundlag af modellen. Kr. pr. ha.

N = Diskonteret værdi ved T = 4 år (bevoksningsalder = 0 år) for hver værdi af T.
I = Nettoindbetalingen ved de pågældende værdier af T.
Skalaen for N løber fra –10.000 kr. til 30.000 kr., skalaen for I fra 0 kr. til 120.000 kr.

ofte mere overskuelige. Det valgte eksempel gælder for rentefod 3 %, og det ses, hvordan kapitalværdien er negativ indtil år 44[1]), hvorefter den gradvis vokser, for ved år 68[2]) at stige brat som følge af hovedskovningen.

Modellen giver tilsvarende grafiske udskrifter af massefaktorernes forløb og af sortimentsudfaldet i de enkelte hugster.

Kapitalværdien på tidspunktet for bevoksningens anlæggelse fremgår af tabel 2. Det ses, at investeringens interne rentefod er godt 6 %. Nettoindbetalingen ved hovedskovningen er 89.081 kr.

Rentefod %	C_4 kr.
3	21.509
6	60
9	−4.205

Tabel 2. Kapitalværdi på tidspunktet for bevoksningsanlæggelse for rødgran af bonitet 2 på grundlag af modellen. Omdrift 71 år. Kr. pr. ha.

3.2.3. *Eksperimentalkørsler med modellen*

Demonstrationen af, at modellen kan anvendes til analyse af alternative hugstprogrammer i en given bevoksning (jfr. afsnit 3.1), sker ved hjælp af et *hugstforsøg i Selskov afd. 876, Nødebo distrikt* (HENRIKSEN 1972, s. 2, og 1977, s. 4 ff.). Dette hugstforsøg er kun fulgt med målinger gennem få år, men netop derved harmonerer det bedre med analysens idé end et ældre hugstforsøg som f. eks. Sofie Amaliegaard-forsøget (BRYNDUM 1969). Hensigten er nemlig at demonstrere, at det på et tidligt stadium af et hugstforsøg, endog før

---

1) Figuren viser år fra anlæggelsestidspunktet, altså svarer figurens år 44 til bevoksningsalder T = 48 år.

2) Modellens udskrift for kapitalværdi på hovedskovningstidspunktet kommer med ét års forsinkelse, altså svarer figurens år 68 til bevoksningsalder T = 68+4÷1 = 71 år.

forsøget er påbegyndt, er muligt at analysere konsekvenserne af forsøget.

Det drejer sig om et forsøg med tidlig og stærk stamtalsreduktion i rødgran. Der er plantet på ca. 1,3 · 1,0 m, dvs. N = ca. 7.000 planter pr. ha.[1]) I oktober 1961 (T = 20 år, Hg = 7,5 m) blev hver 4. række hugget. I december 1962 (T = 21 år) fjernedes den midterste af de tre resterende rækker, så at N = ca. 3.500 stk. pr. ha. I efteråret 1963 (T = 22 år) blev arealet delt. Den østlige del skal ikke tyndes mere; afdrift forventes ved T = 60–65 år. I den vestlige del foretages hurtigt tre tyndinger »fra neden«, indtil N ved Hg = 12 m er ca. 800 stk. pr. ha; herefter røres bevoksningen ikke før afdrift.

Eksperimentalkørslerne er foretaget på den *vestlige* del af hugstforsøget. HENRIKSEN (1977, op. cit. s. 5) meddeler de i tabel 3 viste måleresultater.

Tabel 3. Måleresultater.

	Efter hugst					Hugst				
T år	N stk./ ha	G m^2/ ha	Dg cm	Hg m	V m^3/ ha	N stk./ ha	G m^2/ ha	Dg cm	Hg m	V m^3/ ha
20–25	3.020	–	–	–	–	–	–	–	–	57,0
22	1.890	12,25	9,0	9,4	64,0	1.130	3,62	6,4	6,4	14,1
24	950	9,87	11,5	11,2	61,5	649	4,79	9,7	9,9	26,7
26	–	–	–	–	–	95	1,36	13,5	12,4	9,5
33	820	21,44	18,2	17,8	208,6	–	–	–	–	–
									Σ	107,3

Modellen reguleres, så den reproducerer disse måleresultater. Derpå gøres der følgende alternative *forudsætninger* om bevoksningens udvikling fra T = 33 år til afdrift:

1. Boniteten falder gradvis fra 0,5 ved T = 33 år til 1,0 ved T = 40 år; herefter følger højdeudviklingen

[1]) 7.700 stk., reduceret med ca. 10 % for spor, grøfter og stød.

bonitet 1. Årlig løbende tilvækst følger bonitet 1 fra og med T = 33 år.[1])

2. Som 1, bortset fra, at årlig løbende tilvækst følger bonitet 2.

For hvert af disse alternativer foretages der kørsel med syv forskellige omdriftsaldre, hver under anvendelse af tre forskellige rentesatser.

Vækstforløbet på grundlag af modellen under forudsætning 1 og med omdriftsalder 70 år er vist i uddrag i tabel 4. Som det ses, er måleresultaterne fra tabel 3 reproduceret. Det er nødvendigt at erstatte MØLLER's

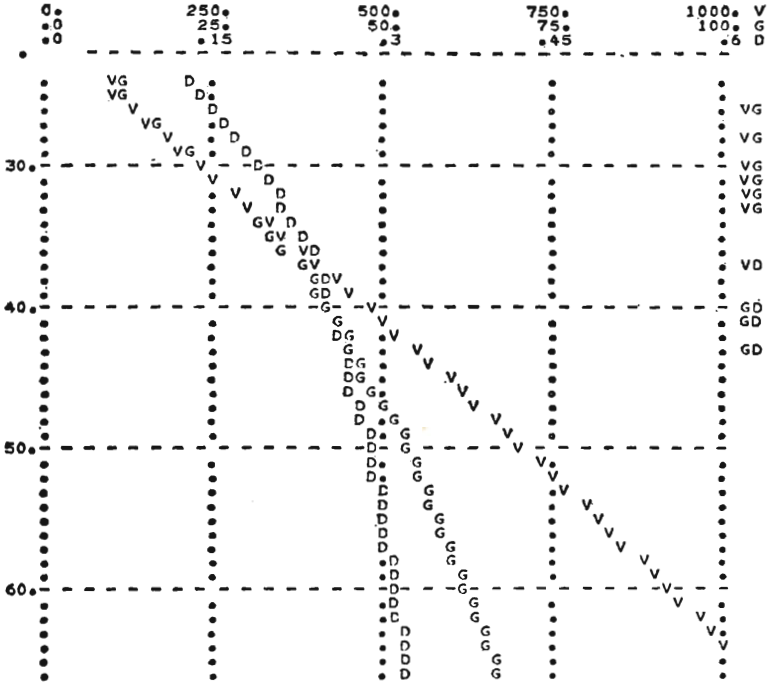
Tabel 4. Modelresultater, forudsætning 1, omdriftsalder 70 år.

T	Før hugst						Hugst		Årlig løb. tilv.
år	N stk./ ha	G m^2/ ha	Dg cm	Hg m	F 0,	V m^3/ ha	V m^3/ ha	Dg cm	I_v m^3/ ha
20	7.000	28,9	7,2	7,0	57	115	25	7,2	10,0
21	5.060	22,7	7,6	7,8	56	100	32	7,6	10,0
22	3.020	16,0	8,2	8,7	56	78	14	6,4	10,0
23	1.890	13,6	9,6	9,7	56	74	0	7,5	14,0
24	1.890	14,5	9,9	10,8	56	88	27	9,7	18,0
25	950	11,7	12,5	12,0	56	79	0	12,3	12,0
26	950	12,4	12,9	13,1	56	91	9	13,5	6,0
27	820	11,1	13,1	14,1	56	88	0	11,4	8,0
33	820	21,5	18,3	17,8	54	208	0	15,9	25,0
70	820	66,6	32,2	29,9	52	1.036	1.054	28,0	18,0

1) BRYNDUM (1972, s. 6) siger om hugstforsøgene i Hastrup, Ravnholt og Gludsted plantager: »De tre forsøg har samstemmende vist, at inden for et ret bredt behandlingsinterval er totalproduktionen i løbet af en nogenlunde normal omdrift meget lidt påvirket af tyndingsstyrken; først ved ekstremt stærke tyndingsgrader er der tale om tilvæksttab af betydning.«

(op. cit., s. 572) stammeformtal indtil T = 33 år med dem, der er benyttet ved taksationerne.

Udviklingen i stående masse, grundflade og diameter er vist grafisk i fig. 3.



Figur 3. Udviklingen i V, G og Dg under forudsætning 1 og med omdriftsalder 70 år.

Skalaen for V løber fra 0 til 1000 m³, skalaen for G fra 0 til 100 m² og skalaen for D fra 0 til 60 cm.
VG, VD og GD: De to faktorer falder sammen på figuren, men kun den først anførte afbildes.

Af tabel 5 fremgår tilstanden ved forskellige omdriftsaldre på grundlag af de to forudsætninger. For V, G og Dg's vedkommende kan værdierne naturligvis også aflæses i fig. 3.

Tabel 5. Tilstanden på omdriftstidspunktet på grundlag af modellen.

		Før hugst						Årlig løb. tilv.	Hugst
	Omdr. T år	N stk./ ha	G m3/ ha	Dg cm	Hg m	F 0,	V m3/ ha	I_v m3/ ha	m3/ ha
Forudsætning 1	40	820	35,6	23,5	19,9	54	383	24,0	407
	45	820	43,3	25,9	21,8	53	501	23,0	524
	50	820	48,2	27,4	24,1	53	616	23,0	639
	55	820	54,6	29,1	25,6	52	728	22,0	749
	60	820	58,5	30,1	27,4	52	835	21,0	856
	65	820	63,0	31,3	28,6	52	949	20,0	958
	70	820	66,6	32,2	29,9	52	1036	18,0	1054
Forudsætning 2	40	820	32,6	22,5	19,9	54	351	20,0	370
	45	820	38,9	24,6	21,8	53	451	20,0	470
	50	820	43,1	25,9	24,1	53	551	20,0	570
	55	820	48,5	27,4	25,6	52	647	19,0	666
	60	820	52,0	28,4	27,4	52	742	18,0	760
	65	820	55,7	29,4	28,6	52	830	17,0	847
	70	820	58,7	30,2	29,9	52	913	16,0	928

Hvis standard-sortimentsfordelingen med tilhørende kurve for pris netto-på-rod benyttes til beregning af de økonomiske konsekvenser af Selskov-forsøget, viser det sig, at standardbehandlingen er økonomisk overlegen. Dette resultat er usandsynligt, og i et sådant tilfælde må det overvejes, om modellen og/eller de anvendte data er fejlbehæftede. Her er det åbenbart, at den benyttede sortimentsfordeling ikke svarer til virkeligheden.

HENRIKSEN (1977, op. cit. s. 5) oplyser dimensionsfordelingen i de forskellige tyndinger og i den blivende bestand samt en hypotetisk fordeling ved omdriftsalder 50 år, se tabel 6.

Med udgangspunkt i HERMANSEN's sortimentsforhold og med den foran meddelte viden om tyndingsmåden i forsøgsparcellen er der opstillet et sortimentsforhold for denne (bilag 1). Det fremgår, at den tilstræbte diameterforcering er taget i regning.

De tal for salgbar masse ved bedste afsætning, der fremkommer ved anvendelse af det reviderede sorti-

Tabel 6. Dimensionsfordelingen. m³ pr. ha.

T år	1–5 cm	6–10 cm	11–15 cm	16–20 cm	21–25 cm	26–30 cm	31–35 cm	36–40 cm	Σ
				TYNDING					
20, 21	4,5	41,0	11,5	–	–	–	–	–	57,0
22	10,0	2,0	2,1	–	–	–	–	–	14,1
24	0,4	12,9	12,0	1,4	–	–	–	–	26,7
26	–	0,4	6,2	2,9	–	–	–	–	9,5
				BLIVENDE BESTAND					
33	–	0,6	23,1	106,5	58,5	19,9	–		208,6
50	–	0,8	8,5	39,4	211,1	130,5	73,4	33,9	497,6

mentsforhold på forsøgsparcellen, er for hovedskovningens og totalhugstens vedkommende vist i bilag 2. For samtlige omdriftsaldre er tyndingsmassen ialt principielt ens; de variationer, der kan konstateres, skyldes afrunding til hele m³.

Ved omdriftsalder 70 år giver standardbehandlingen en hovedskovningsmasse på 469 m³ og en totalhugst på 1104 m³, målt på rod (jfr. tabel 1), svarende til henholdsvis ca. 460 m³ og 1180 m³ salgbar masse ved bedste afsætning. Af bilag 2 ses, at de tilsvarende tal for forsøgsparcellen er 910 m³ og 1002 m³, altså en omtrent dobbelt så stor hovedskovningsmasse men en noget mindre totalhugst.

Til gengæld for den mindre totalhugst falder der i forsøgsparcellen en større hugstandel i store dimensioner, med et forøget dækningsbidrag til følge. Der er benyttet samme bruttosalgspriser og sortimentsomkostninger som hos Hermansen. Hvad dette betyder for netto-på-rod prisen, ses i bilag 1.

Af tabel 7 fremgår kapitalværdien på tidspunktet for forsøgsparcellens anlæggelse under de to alternative forudsætninger om vækstforløbet og ved anvendelse af forskellig kalkulationsrentefod.

Det ses, at investeringens interne rentefod ligger mellem 6 og 9 % for de korte omdrifter (jo længere omdrift, des mere nærmer den interne rentefod sig til 6 %), mens den for de lange omdrifter ligger på godt 6 % ligesom i standardinvesteringen (jfr. tabel 2).

Mere interessant er det, at under forudsætning 2 opnås der ved forsøgshugsten en kapitalværdi med 55–60 årig omdrift, der er af samme størrelsesorden som kapitalværdien ved standardbehandlingen i 71-årig omdrift. Der spares altså 10–15 år ved forsøgshugsten.

Investeringen i forsøgsparcellen er gunstig også for kalkulationsrentefod 6 %, blot bevoksningen ikke holdes udover det økonomisk optimale afdriftstidspunkt. – Modellen kan i øvrigt udbygges, så den direkte beregner optimal omdriftsalder.

Tabel 7. Kapitalværdi på tidspunktet for bevoksningsanlæggelse samt nettoindbetalingen ved hovedskovningen. Kr. pr. ha.

Omdr. T år	C_4 ved 3 %		C_4 ved 6 %		C_4 ved 9 %		Nettoindbetaling v. hovedskovning	
	Forud. 1	Forud. 2	Forud. 1	Forud. 2	Forud. 1	Forud. 2	Forud. 1	Forud. 2
40	16.856	13.689	2.545	1.419	–2.508	–2.921	63.000	54.000
45	21.750	18.049	3.012	1.872	–2.731	–3.094	90.000	78.000
50	23.761	19.962	2.440	1.425	–3.234	–3.515	113.000	98.000
55	24.686	20.756	1.616	707	–3.712	–3.931	136.000	118.000
60	24.497	20.583	648	–137	–4.133	–4.297	157.000	136.000
65	23.462	19.824	–336	–967	–4.476	–4.591	176.000	154.000
70	21.949	18.563	–1.237	–1.746	–4.739	–4.820	194.000	170.000

Tabel 7 viser endvidere nettoindbetalingen ved hovedskovningen under de to forudsætninger. Under forudsætning 2 er indbetalingen lige så stor ved 45–50 år som i standardbevoksningen ved 71 år (jfr. s. 243). Kapitalværdiberegning giver svaret på, hvorvidt det ifølge gevinstmaksimeringskriteriet er bedre med en stor indbetaling på et tidligt tidspunkt fremfor samme indbetaling relativt sent men til gengæld med betydende indbetalin-

ger i de ekstra år (jfr. fig. 2) : Der skal vælges det hugstprogram, som giver størst kapitalværdi.

4. Konklusion

Sammenligningen mellem de økonomiske resultater af standardbehandlingen på den ene side og af forsøgshugsten under forudsætning 2 på den anden side viser, at forsøgshugsten er klart overlegen. Der skal være store fejl i antagelserne med hensyn til det vækstmæssige og det økonomiske forløb i forsøgsparcellen, for at denne konklusion kan drages i tvivl.

Konklusionen er ikke overraskende, og hensigten med at publicere kørslerne med modellen er da også først og fremmest at pege på *perspektivet*, nemlig at modellen straks og med rimelig nøjagtighed kan vise konsekvenserne af et ikke afprøvet hugstprogram. Det er naturligvis en betingelse, at beslutningstagerens forudsætninger om vækst- og økonomiforløb er nogenlunde realistiske. Her har modellen – og metoden i det hele taget – imidlertid det fortrin, at man ved dens hjælp kan pejle sig frem til forudsætninger, som alt andet lige er mere sikre end dem, man ellers skulle bygge på intuition alene.

5. Summary

On the Use of System Dynamics in Forestry

After a brief introduction to System Dynamics in general, the usefulness of this simulation method to forestry is demonstrated by means of a rather simple problem, viz. the choice of cutting program in Norway Spruce.

A model is build which reproduces growth and yield factors of a standard site class. An economic section is included, and standard net discounted revenue is calculated. The model is then used to reproduce the growth and yield factors of an existing stand which has been thinned in a non-standard way, viz. by row thinnings at the age of 20 and 21 plus three small thinnings from below at the age of 22, 24 and 26, after which it is intended not to thin before the stand is clearcut. Two alternative assumptions about future growth are set up and runs are made for seven rotation periods under each assumption. Net discounted revenues

are calculated on the basis of assumed size and class distributions of volumes cut.

The outcome is, of curse, that the standard treatment is economically inferior. Stress is laid on the perspective of the model (and of the method as such), viz. that fairly reliable consequences of new cutting programmes can be shown before they are implemented and thus facilitate decision-making.

6. Citeret litteratur

BRYNDUM, H. (1969): Rødgranhugstforsøget i Sofie Amaliegaard Skov. – Dansk Skovf. Tidsskr. 54 (1969): 57–84.

– (1972): Produktionsforhold ved forskellig planteafstand og stamtalsreduktion i rødgran. – Tillæg til SKOVEN 4 (1972): 5–7.

ERIKSSON, H. (1976): Granens produktion i Sverige. – Rapport Nr. 41, Inst. f. Skogsprod. (Skogshögskolan), Stockholm.

FORRESTER, J. W. (1961): Industrial Dynamics. – Cambridge, Mass. (The M.I.T.Press).

– (1969): Urban Dynamics. – Cambridge, Mass. (The M.I.T. Press).

– (1971): World Dynamics. – Cambridge, Mass. (The M.I.T. Press).

HENRIKSEN, H. A. (1972): Indledningsforedrag til symposium over planteafstand og stamtalsreduktion i gran. – Tillæg til SKOVEN 4 (1972): 1–2.

– (1977): Ekskursion til Nødebo Distrikt den 11. maj 1977 (referat). – Upubl.

HERMANSEN, N. K. (1975): Forelæsninger i skovbrugets driftsøkonomi. Bd. 1. 3. udg., revideret og suppleret af S. AGGER-NIELSEN. – København (Skovbrugsinstituttet).

LÖNNSTEDT, L. & J. E. HØSTELAND (1977): Et eksempel på bruk av systemdynamikk. – Tidsskr. Skogbr. 85 (1977): 49–57.

MEADOWS, D. H., D. L. MEADOWS, J. RANDERS & W. W. BEHRENS III (1973): Grænser for vækst. – København (Gyldendal).

MEADOWS, D. L., W. W. BEHRENS III, D. H. MEADOWS, R. F. NAILL, J. RANDERS & E. K. O. ZAHN (1974): Dynamics of Growth in a Finite World. – Cambridge, Mass. (Wright-Allen Press).

MØLLER, C. MAR: (1933): Bonitetstabeller og bonitetsvise Tilvækstoversigter for Bøg, Eg og Rødgran i Danmark. – Dansk Skovf. Tidsskr. 18 (1933): 537–623.

RANDERS, J. (1976): A System Dynamics Study of the Transition from Ample to Scarce Wood Resources. – I: Proceedings XVI IUFRO World Congress, Div. IV, s. 302–322. – Ås (NLH) 1976.

RANFELT, L. W. & P. HOWART (1977): Vækstmodel for rødgran. – Kursusarbejde. Fys. Lab. III, DTH. – Upubl.

Bilag 1. Det benyttede sortimentsforhold for hhv. standard- og eksperimentalkørsel (kursiveret), samt de tilhørende netto-på-rod priser.

Hugstdiameter, cm	5,0		7,5		10,0		12,5		15,0		22,5		25,0		27,5		30,0		32,5	
	Sortimentsforhold																			
Effektbetegnelse	%		%		%		%		%		%		%		%		%		%	
Uafkortet tømmer klasse B																				
> 30 cm											1	*9*	4	*19*	8	*21*	12	*23*	19	*25*
26–30 cm											6	*18*	9	*22*	13	*25*	18	*27*	25	*28*
21–25 cm									2	5	19	*30*	27	*35*	32	*38*	37	*39*	34	*36*
16–20 cm			–	*2*	2	*4*	5	*16*	14	*20*	32	*10*	31	7	25	*3*	16	–	8	–
11–15 cm[1])			1	*37*	6	*36*	14	*27*	26	*25*	23	*14*	14	*2*	9	–	6	–	3	–
Lægter I+II[2])	8	*8*	36	*20*	42	*20*	39	*21*	21	*18*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Stager I	87	*87*	45	*23*	25	*15*	12	*6*	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Spånpl.træ[3])	5	*5*	18	*18*	23	*23*	24	*24*	21	*21*	6	*6*	4	*4*	2	*2*	–	–	–	–
Kassetræ[3])	–	–	–	–	2	*2*	6	*6*	11	*11*	13	*13*	11	*11*	11	*11*	11	*11*	11	*11*
Netto på rod, kr./m³ standardkørsel	34,78		37,54		42,79		50,35		68,20		125,41		143,04		156,32		168,70		178,88	
Netto på rod, kr./m³ eksperimental-kørsel	34,78		52,79		54,53		65,82		78,79		148,57		173,06		181,38		186,97		187,92	

1) Gennemsnit af tømmer 11–12 og 13–15; jfr. HERMANSEN (op.cit. s. 167)
2) Gennemsnit af lægter I og II
3) Gennemsnit af 7–11 cm, 12–14 cm og > 15 cm.

Bilag 2. Hovedskovninghugsten fordelt til sortimenter samt totalhugsten. Eksperimentalkørslerne. m³ salgbar masse pr. ha.

År	Kasse-træ		Spån-plader		Stager		Lægter		Tøm. 11–15		Tøm. 16–20		Tøm. 21–25		Tøm. 26–30		Tøm. > 30		Ialt	
	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Σ	HS	Tot.
40																				
foruds. 1	48	50	21	39	0	19	0	18	36	69	35	39	128	128	78	78	52	52	398	492
foruds. 2	47	48	22	40	0	19	0	18	50	83	36	40	109	109	65	65	33	33	362	455
45																				
foruds. 1	57	58	17	35	0	19	0	18	0	39	29	32	185	185	119	119	101	101	508	606
foruds. 2	52	54	20	38	0	19	0	18	18	51	34	38	157	157	99	99	80	80	460	554
50																				
foruds. 1	69	70	13	32	0	19	0	18	0	33	20	24	237	237	155	155	131	131	625	719
foruds. 2	62	63	18	37	0	19	0	18	7	40	31	35	202	202	129	129	110	110	559	653
55																				
foruds. 1	81	82	5	24	0	19	0	18	0	32	8	12	284	284	193	193	164	164	735	828
foruds. 2	72	73	13	32	0	19	0	18	0	33	20	24	248	248	163	163	137	137	653	747
60																				
foruds. 1	92	94	0	18	0	19	0	18	0	32	0	4	325	325	227	227	194	194	838	931
foruds. 2	82	83	9	28	0	19	0	18	0	32	14	18	286	286	192	192	162	162	745	838
65																				
foruds. 1	103	105	0	18	0	19	0	18	0	32	0	4	352	352	258	258	226	226	939	1.032
foruds. 2	91	93	4	22	0	19	0	18	0	32	6	9	322	322	220	220	187	187	830	922
70																				
foruds. 1	114	115	0	18	0	19	0	18	0	32	0	4	376	376	288	288	255	255	1.033	1.125
foruds. 2	100	101	0	18	0	19	0	18	0	32	0	4	353	353	246	246	211	211	910	1.002

ÆDELGRANNÅLEMØLLET (ARGYRESTHIA FUNDELLA F.R.), ET POTENTIELT SKADEDYR

Af lektor MIKAEL MÜNSTER-SWENDSEN*

Oxford class: 453: 145.7: 18.11

1. Indledning

Under en indsamling i Geelskov i januar 1978 af materiale til en beskrivelse af ædelgrannålevikleren (Epinotia proximana H.S.) blev jeg opmærksom på et temmelig stort antal friske udhulede gange, såkaldte miner, på nålene af Nordmannsgran. I minerne fandtes små sommerfuglelarver, hvis biologi blev nærmere undersøgt i laboratoriet. Miner og larver blev bestemt som tilhørende *ædelgrannålemøllet, Argyresthia fundella* F.R. Siden er disse miner fundet i andre ædelgran-bevoksninger i Nordsjælland. Af hensyn til artens eventuelle forstlige betydning gives her en beskrivelse af arten og dens biologi baseret på egne undersøgelser samt på litteraturoplysninger.

2. Forstlig betydning

Ædelgrannålemøllet er i Danmark næppe den hyppigste sommerfugl på ædelgran, men er måske alligevel undervurderet, fordi de fleste angrebne nåle falder af (3), og fordi det enkelte dyrs effekt er lille og let over-

* Institut for Almen Zoologi, Københavns Universitet.

ses. I Czekoslovakiet angives arten at være den tredie hyppigste sommerfugl på ædelgran (6), og i Jugoslavien og Grækenland er den blandt de alvorligste skadedyr på ædelgran (5) (8).

De angrebne nåle falder som nævnt oftest af, og ved middelstore angreb sker der en afnåling af især den midterste og nederste kronedel. Skader af denne art er beskrevet fra både Sydtyskland og Schleswig-Holstein (2) (4), altså også nær den danske grænse. I Kroatien i Jugoslavien har ædelgrannålemøllet siden 1950 anrettet voldsomme skader (1). Fra 1952 til 1970 har 50.000 ha skov været angrebet, flere steder så kraftigt, at bevoksningerne måtte fældes, og i 1967–69 blev 16.885 ha af de angrebne arealer behandlet med insecticid fra fly (DDT: 600 g/ha i en aerosol, udbragt tre gange i juni med 10 dages mellemrum) (1) (7) (8). Tilsyneladende startede i 1950 et masseudbrud, som varede til 1957 og blev efterfulgt af andre. Angrebene resulterede i afløvning, hæmmet vækst, udeblivende frøsætning eller trædød, alt efter afløvningsgraden, idet 90 % ødelagte nåle resulterede i trædød det følgende år (1).

I Grækenland angives arten at være det insekt, der giver størst nåleskade på Abies, idet den visse år giver store, lokale populationsudbrud (5).

Meget tyder på, at Abies-bevoksninger i Syd- og Sydøsteuropa er mest udsatte, men dels er der optrådt skader tæt ved Danmark, dels er arten allerede almindelig i landet, og endelig opdages den først, når populationen er ret stor og måske tæt ved, eller over skadetærskelen. Det er mit skøn, at ædelgrannålemøllet kan opfattes som en potential skadeart, som visse år og steder kan befinde sig tæt på en kritisk skadegrænse i danske Abies-bevoksninger, således at det kan være rimeligt at henlede opmærksomheden på arten og dens biologi.

3. Udseende

Det voksne møl (fig. 1) er lille og sart og måler kun

10–12 mm med helt udbredte vinger. Hovedet har udstående hvide børster, og de lange følehorn er skarpt hvid-brunt ringede. Forvingerne, som i hvile er lagt sammen over bagkroppen, er glinsende hvide med gråbrune, brudte tværstriber. Bagvingerne er lysegrå med meget lange frynser i randen.

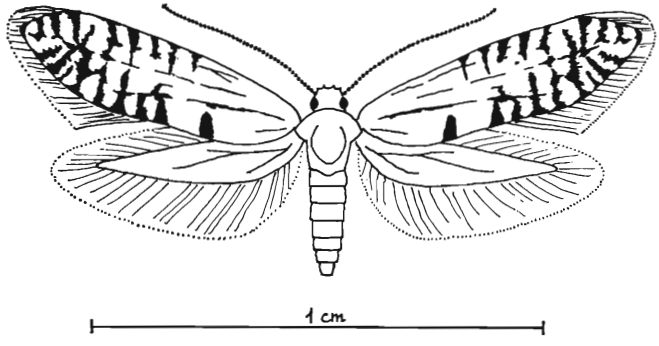


Fig. 1. Ædelgrannålemøllet, Argyresthia fundella.

Den fuldvoksne larve (fig. 2 B) når en længde på 5–7 mm og er mat grågrøn. Hovedkapselen er sortglinsende, mens nakkeskjold og analskjold er mørke og svagttegnede. Brystfødderne har tydelige sort-brune ledringe.

Puppen er ca. 3,5 mm lang, mørkebrun og mat (fig. 2 C).

4. Værtstræ og biologi

A. fundella angriber tilsyneladende alle Abies-arter og findes udbredt over hele Syd-, Øst-, Mellem- og Nordeuropa (4). Man må derfor regne med, at arten findes overalt i Danmark, hvor der blot har været ædelgranbevoksninger i nogen tid.

De voksne møl kan i juni ses sværme langsomt omkring kronerne om aftenen, mens de om dagen mest sidder stille på grenene. I juni lægges æggene enkeltvis på oversiden af nålene (6).

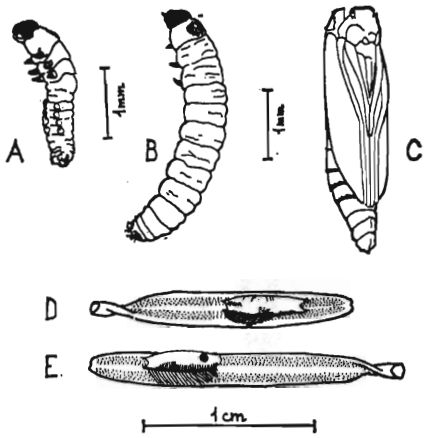


Fig. 2. A) Overvintrende larve af ædelgrannålemøllet. B) Omtrent udvokset larve. C) Puppehylster udpræpareret af kokon fra foregående år. D) Kokon fasthæftet på nålens underside. E) Kokon med klækkehul fra snyltehveps.

Den følgende beskrivelse af larvens mineringsadfærd er baseret på egne undersøgelser: Larven, der klækkes af ægget, borer sig straks ned i nålens indre og æder en lang smal gangmine ud til nålens spids. Her drejer minen over i den anden nåleside, og larven minerer tilbage imod nålens basis, hvor den laver et udgangshul på nålens overside og forlader denne. Denne meget karakteristiske først minerede nål, der er opfyldt af små løse ekskrementer, er vist på fig. 3-1. Herefter borer larven sig ind i en frisk nål, ca. $^2/_3$ ude på nålen og på dennes underside, og minerer både imod spidsen og basis af nålen, men kun i den ene nåleside. Indboringshullet bliver lukket med et fint spind, ekskrementer aflægges i minen, og larven borer sig ud på undersiden nærmest ved nålebasis, eller, i sjældnere tilfælde, gennem indboringshullet. I den tredie minerede nål, som påbegyndes hen på efteråret, borer larven sig igen ind ca. $^2/_3$ ude på nålens underside, men danner kun en lille, ure-

gelmæssig flademine, spinder indboringshullet til, placerer sig med hovedet nær dette tillukkede hul og afgiver ekskrementerne i minens korte »lommer« (fig. 3–3 a). Her overvintrer larven, som nu er ca. 2 mm lang (fig. 2 A). Hullet i denne nål er ca. 0,25 mm i diameter.

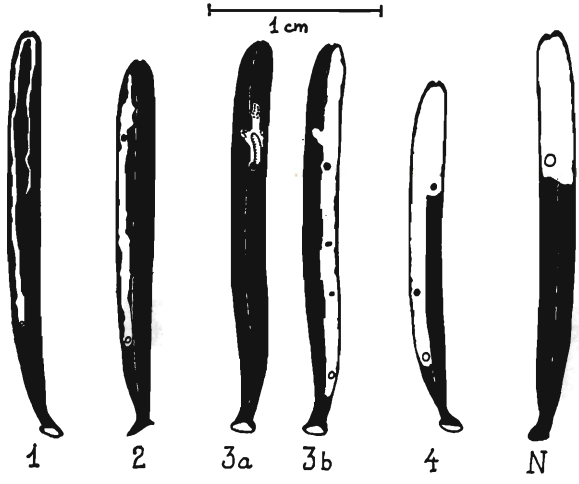


Fig. 3. Nåle mineret af ædelgrannålemøllet. 1) Først minerede nål med ind- og udboringshul på nålens overside. 2) Anden minerede nål med indboringshullet lukket med spind (sort) og udboringshullet åbent. Begge på nålens underside. 3a) Tredie nål med overvintringsmine. Larve og ekskrementer er indtegnet. 3b) Samme nål med minen udvidet om foråret. Indboringshul og to »vinduer« lukket med spind. 4) Fjerde nål med lukket indboringshul øverst. N) Sidste minerede nål med fælles ind- og udboringshul.

Larven har ikke ægte diapause, men kan bringes til at fortsætte mineringen, hvis den bringes ind i varmen. Udendørs genoptages aktiviteten først i april, hvor larven udvider minen i den tredie nål, både imod spidsen og basis af nålen, mest i den ene nåleside. Herunder sker det ofte, at larven gnaver én eller flere åbninger ud til det fri, idet den dog straks sætter et »fluenet« for vinduet i form af spind (fig. 3–3 b). Den forlader denne mine nær nålebasis på undersiden gennem et udboringshul, der måler ca. 0,36 mm i diameter. Den fjerde mine-

rede nål angribes som de forrige $^2/_3$ ude på undersiden i en spalteåbningsstribe, men ofte breder minen sig også til nålens anden side (fig. 3–4). Om denne sidste minering gentager sig i flere nåle vides ikke, men det kan ikke være ret mange, der angribes, før mineringen slutter. Den sidst minerede nål angribes som de forrige, men minen, der forløber i begge nålesider, findes kun i nålens yderste del (fig. 3-N). Ekskrementer findes kun i minens yderste ende, og minen forlades gennem indboringshullet, der herefter måler ca. 0,5 mm. Denne sidste nål bliver med tiden brun i den minerede ende, men falder ikke af, hvorfor man i en bevoksning kan danne sig et indtryk af de foregående års bestandsstørrelser. Normalt lukker larven i denne sidste nål indboringshullet med spind, efter at have gnavet sig ud til spidsen af nålen. Herefter vender den sig og gnaver tilbage i den anden nåleside, hvorved ekskrementerne normalt aflægges i nålespidsen. Undtagelsesvis lukkes hullet ikke, og larven dropper de fleste ekskrementer ud ad dette hul, hvorfor nogle af disse miner kun indeholder ganske få ekskrementer.

Når larven i begyndelsen af maj forlader den sidste nål, kravler den over på en ubeskadiget nål og spinder på undersiden en sart, hvid, 4,5 mm lang kokon (fig. 2 D), som er fæstet ved dens to parallelle sider. Kokonen er lukket i forenden og åben i bagenden. Heri forpupper larven sig, idet sidste larvehud skubbes ud ad åbningen, og efter ca. 3 uger, d.v.s. mod begyndelsen af juni, klækkes det voksne møl, mens puppehylstret bliver tilbage helt inde i kokonen (2) (4) (6).

5. Karakteristiske kendetegn

A. fundella er det eneste minerende møl i Abies-nåle af betydning (2), men da arten kan findes sammen med andre minerende sommerfuglelarver, er det vigtigt, hvis en kraftig minering opdages, at kunne stille den rigtige diagnose.

Udover det ovenfor nævnte karakteristiske mineringsforløb, er det helt typisk, at nålene ikke spindes sammen, at minerne er mere eller mindre opfyldt af ekskrementer, at hullerne har den angivne størrelse, og at nogle af dem er lukket med spind. Dette, samt de karakteristiske hvide kokoner med brune puppehylstre i, er tilstrækkeligt til en sikker identifikation.

I skoven kan minerne i øvrigt let erkendes på nålenes overside, især i modlys. En kvist med adskillige miner fra ædelgrannålemøl ses således på fig. 4.

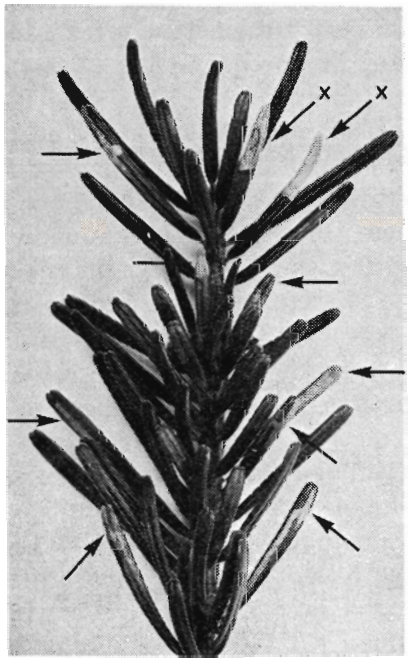


Fig. 4. Nordmanniana-skud med miner af ædelgrannålemøllet. De minerede nåle er markeret med pile, idet de to pile med kryds ved angiver nåle, der hører til de sidst minerede fra foregående år. Fot. Bo Brandt.

For gennemlæsning af og kommentarer til manuskriptet takker jeg lektor B. Bejer-Petersen.

6. Summary

Argyresthia fundella F.R., a potential pest in Denmark

Argyresthia fundella F. R. is living on Firs (Abies), where the larva is mining in the needles. The species is found all over Europe and is one of the most serious pest-insects on Fir in southeastern Europe. Damages have also appeared in North Germany and, as A. fundella can be found in high numbers in Danish Fir-plantations, attention should be paid to the species. The forestry importance, phenology, larval biology and mining characteristics of A. fundella are described.

LITTERATUR

1. Androic, M. (1960): Argyresthia fundella F. R. (Tineidae), firneedle moth, the cause of the withering of fir in Gorski Kotar. Sumarski List 1960: 203–215.
2. Brauns, A. (1952): Beitrag zur Biologie der Tannennadelmotte Argyresthia fundella F. R. Nachr.bl.dt. Pfl. schutzdienst 4: 178–181.
3. Echerich, K. (1931): Die Forstinsekten Mitteleuropas (3) Berlin. 825 pp.
4. Friese, G. (1969): Beiträge zur Insekten-Fauna der DDR: Lepidoptera-Argyresthiidae. Beiträge zur Entomologie 19: 693–752.
5. Kailidis, D. S., Georgevits, R. P. (1971): Insects of Abies, biology importance, control. Kent. Dasikon Ereun. bor. Ellados Delt. Ereun 38: 1–82.
6. Patocka, J. (1960): Die Tannenschmetterlinge der Slowakei. Bratislava. 215 pp.
7. Spaic, I. (1968): Some ecological observations and the results of the control of the fir-needle miner (Argyresthia fundella F. R.). Sumarski List 92: 165–188.
8. – (1972): Contribution to the knowledge of the parasites of the fir-needle moth Argyresthia fundella F. R. Acta Entom. Jugoslavica 8: 99–103.

LITTERATUR

P. Burschel, R. Eder, D. Kantarci und K. E. Rehfuess, 1977: Wirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf Wachstum, Phytomasseakkumulation und Nährelementvorräte junger Kiefernwaldökosysteme (Pinus sylv. L.) Forstwissenschaftliches Centralblatt, 96: 321–338.

Her i tidsskriftet foretog anmelderen i 1955 en kritisk gennemgang af en hollandsk, en tysk og et par danske afhandlinger og artikler (DST, bd. 40, s. 81–87). Der blev peget på den omstændighed, at indgreb som dyb jordbearbejdning, grundforbedring m. m. i skov og plantager ofte fører til betydelige tab af organisk stof (humus) og planteernæringsstoffer, hvoriblandt kvælstof (N) er det vigtigste i denne forbindelse.

Siden da er der kommet adskillige beretninger, som har bekræftet dette. Den beretning, som anmeldes ved denne lejlighed, indeholder en række henvisninger til europæiske og nordamerikanske arbejder.

Tyskerne har gennemført en sammenlignende undersøgelse af:

a. 120-årig skovfyr af ringe bonitet.
b. 9-årig skovfyrkultur efter renafdrift af da 110-årig skovfyr. Vaccinium herbicid-bekæmpedes ved kulturanlæg.
c. 9-årig skovfyrkultur på samme renafdrift. Jorden fræsedes i 20 cm's dybde.
d. 9-årig skovfyrkultur på samme renafdrift. Efter stødrydning blev jorden pløjet til 40 cm's dybde.

Varianterne b, c og d blev før jordbearbejdningen gødet med 1290 kg/ha Ca, 65 kg/ha P og 570 kg/ha Mg. I tredieåret efter kulturanlæg fik disse tre varianter tillige tilført 115 kg N/ha i form af kalkammonsalpeter.

Kulturen blev plantet med stort plantetal (26–27.000 1/0 planter pr. ha). Efter 8 års forløb ved overhøjder på 1.7–2.2 m er der en betydelig højdedifferentiering på arealerne. De forstlige interessante tal er derfor træmålingsdata for herskende træer. For de tre varianter gives følgende tal:

b. Højder = 167 cm, relativt 100 – diameter ved 50 cm's højde = 2,15 cm, relativt 100.
c. Højder = 194 cm, relativt 116 – diameter ved 50 cm's højde = 2,77 cm, relativt 129.
d. Højder = 214 cm, relativt 128 – diameter ved 50 cm's højde = 3,05 cm, relativt 142.

Der er blevet foretaget en analyse af, hvor stor biomassen er på prøvefladerne. For fyr med rødder større end 4 mm angives følgende talstørrelser, tallene i parentes er relativværdier:
b: 8907 kg/ha (100); c: 12400 kg/ha (139); d: 14373 kg/ha (161)

Man har tillige opgjort, hvor stor den overjordiske masse af bundvegetationen er. Tallene i parentes er relativværdier:
b: 4382 kg/ha (100); c: 4633 kg/ha (106); d: 2051 kg/ha (47)

Det er iøjnefaldende, at bundvegetationen er stor på b, trods herbicidanvendelse ved kulturanlæg, og på c. Pløjningen har effektivt dæmpet vegetationsudviklingen. Det drejer sig først og fremmest om lyng.

		Undersøgelsesled			
		a gl. skovfyr	b ubearbejdet	c fræsning	d pløjning
Affaldslag og mor	C t/ha	31.7	9.7	3.1	3.0
	relativ	100	31	10	9
	C : N	35.3	36.2	39.7	44.8
Mineral-jord 0–50 cm	C t/ha	37.0	39.4	44.3	35.2
	relativ	100	106	120	95
	C : N	17.3	16.9	21.8	15.3
Total	C t/ha	68.7	49.1	47.4	38.2
	relativ	100	71	69	56
	C : N	22.6	18.9	22.5	16.1
	N kg/ha	3040	2600	2110	2370
	relativ	100	86	69	78

Der er gennemført omhyggelige jordbundsundersøgelser for at fastslå, hvorledes det er gået med jordens indhold af C (organiske stoffer) og næringsstoffer, specielt N. Det er i denne forbindelse, at sammenligningen med værdier fra den resterende bevoksning af gammel skovfyr (a) er interessant. Undersøgelserne er sket til 50 cm's dybe. I tabellen er samlet nogle nøgletal.

Det fremgår, at der er sket meget betydelige forskydninger i stofbalancen på arealet. Når man tager hensyn til fejlgrænserne,

kan man konstatere, at hvor jorden er ubearbejdet, og hvor den er fræset, er der forsvundet ca. 30 % af dens C-indhold efter 8 års forløb. Efter pløjning er der forsvundet mere end 40 %.

N-balancen er mere delikat at kommentere. Det ser ud til, N-tabet er størst efter fræsningen, noget mindre efter pløjningen og mindst, hvor der ikke er bearbejdet. Der er ikke, som også forfatterne bemærker det, i tabellens tal taget hensyn til, at kulturerne er blevet gødet (115 kg N/ha), og at en varierende N-mængde er bundet i biomassen. Det er der gjort i en sammenstilling, som ikke skal gengives her. Der er tale om betydelige N-tab. Fra andre undersøgelser ved man, at N-tabet sker ved mineralisering af de organiske N-forbindelser med en betydelig NO^-_3-udvaskning til følge, som miljømæssigt er uønsket (drikkevands- og vandløbsforurening). På den givne lokalitet med gleifænomener nær jordoverfladen er NO^-_3-ionerne formentlig reduceret.

Forfatterne anbefaler, at man arbejder med skærmforyngelser fremfor renafdrifter, idet en forøget næringsstoffrigørelse kan udnyttes af overstanderne. De frygter, at man i løbet af nogle år kommer ind i en N-mangel-situation i kulturerne, fordi der i de kommende år sker en ny ophobning af organisk stof i jorden og dermed en N-binding. En sådan udvikling er dog efter anmelderens viden aldrig konstateret med sikkerhed.

H. Holstener-Jørgensen.