

OVER DE ECONOMISCHE BETEKENIS VAN
INSEKTENPLAGEN IN BOSSEN

(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG EN *DIPRION PINI* L.)

ON THE ECONOMIC SIGNIFICANCE OF FOREST-INSECT PESTS

(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG AND *DIPRION PINI* L.)

J. LUITJES

NN08201.251

Dit proefschrift met stellingen van

JANNES LUITJES,

landbouwkundig ingenieur,

geboren te Apeldoorn, 22 december 1916,

is goedgekeurd door de promotor

dr. J. H. BECKING,

hoogleraar in de houtmeetkunde, de bosbedrijfsregeling, en de
houtteelt en de bosbescherming in de tropen.

*De Rector Magnificus
der Landbouwhogeschool,*

W. DE JONG

Wageningen, 1 oktober 1958

OVER DE ECONOMISCHE BETEKENIS VAN INSEKTENPLAGEN IN BOSSEN

(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG EN *DIPRION PINI* L.)

ON THE ECONOMIC SIGNIFICANCE OF FOREST-INSECT PESTS
(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG AND *DIPRION PINI* L.)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRUGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. DE JONG,
HOGLERAAR IN DE VEETEELTWETENSCHAP,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG, 19 DECEMBER 1958 TE 16 UUR

DOOR

JANNES LUITJES



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

'S-GRAVENHAGE - 1958

STELLINGEN

I

De uitspraak van DUFF en NOLAN dat bij grafische uitzetting van de jaarringbreedtes van reeks type 3 – jaarringen gelegen in opéénvolgende internodiën en op eenzelfde aantal ringen vanaf het merg – tegen het jaar van vorming geen optimumcurve zou ontstaan, mag worden betwijfeld.

DUFF, G. H. & NORAH J. NOLAN, 1953, *Canadian Journal of Botany* 31, p. 471–513.

II

In verband met het feit dat tussen de mate van insektenaantastingen in bossen en de toestand van de groeiplaats vaak een samenhang bestaat, zal een vermindering van de gevoeligheid voor aantastingen door insekten derhalve mogen worden verwacht van een combinatie van bodemkundige- en houtteeltkundige maatregelen.

III

Beperking van de grofwildschade in ons land moet in de eerste plaats worden gezocht in biotoopveranderingen.

IV

In verband met het arbeidsprobleem in de bosbouw is het gewenst dat in Nederland een bosarbeidersstatistiek wordt opgesteld.

V

Om te komen tot een rationelere verwerking van stamhout tot rond-houtsortimenten is het, vooral bij invoering van machines, noodzakelijk het aantal handelssortimenten te verkleinen.

VI

De door SCHWERTFEGER gegeven „kritische dichtheden” bij de prognose van insektenplagen zijn als maatstaf voor de bestrijding onjuist.

SCHWERTFEGER, F., 1950, *Grundriss der Forstpathologie*, p. 154.

VII

Het populatie-dynamisch onderzoek van de belangrijkste Nederlandse bosinsekten dient zo spoedig mogelijk geëntameerd te worden.

VIII

Het verspreidingsgebied op Borneo van de spiegelpauw *Polyplectron malacense Schleiermacheri* strekt zich verder westelijk uit dan aangegeven door DELACOUR.

DELACOUR, J., 1951, The pheasants of the world, p. 277 en 293.

IX

Het gevaar voor het ernstig verstoren van het natuurlijk evenwicht in onze bossen als gevolg van het toepassen van insecticiden is onder de thans in ons land bestaande omstandigheden minder groot dan vaak wordt gevreesd.

X

In verband met de steeds toenemende betekenis die uit een oogpunt van natuurbescherming en recreatie aan woeste gronden en plassen moet worden toegekend, mag een beslissing tot ontginning derhalve niet dan na ampel overleg met instanties op het gebied van natuurbescherming en recreatie worden genomen.

*Aan
mijn Vrouw
mijn Moeder
de nagedachtenis van mijn Vader*

WOORD VOORAF

Bij het verschijnen van dit proefschrift gaan mijn gedachten en dankbaarheid uit naar al diegenen die op enigerlei wijze aan mijn wetenschappelijke vorming hebben bijgedragen.

In de eerste plaats denk ik hierbij aan mijn moeder, die zich vele opofferingen heeft moeten getroosten om mijn studie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen mogelijk te maken.

Daarnaast moet ik noemen – mij daarbij beperkende tot de ingenieursstudie – de oudhoogleraren dr. H. A. J. M. BEEKMAN, ir. J. H. JAGER GERLINGS en A. TE WECHEL.

Van het houtvesterscorps uit het voormalige Nederlands-Indië moge ik van degenen, uit wier ervaring ik gedurende de jaren 1947–1950 lering trok, onder meer vermelden dr. ir. J. F. KOOLS, ir. E. J. SCHREUDER en ir. A. H. VERKUYL.

Hooggeleerde BECKING, hooggeachte promotor, hoewel het onderzoek niet direct onder Uw leiding heeft plaats gevonden, stemt de zorgvuldigheid, waarmee U mijn proefschrift hebt doorgewerkt, bekritiseerd en gesaneerd, mij tot grote dankbaarheid.

Zeergeleerde VOÛTE, aan Uw instituut (Itbon) mocht ik sinds 1952 als medewerker dit onderzoek verrichten. De wijze, waarop U mij hebt bijgestaan en hebt ingewerkt in de bosbouwentomologie, zijn zowel voor mijn onderzoek als voor mijn vorming van grote betekenis geweest.

Een woord van bijzondere dank ben ik verder verschuldigd aan het Staatsbosbeheer, de Dienst der Landelijke Eigendommen te Apeldoorn, het landgoed „De Velhorst” te Almen, de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland en de N.V. „de Sprengenberg” te Almelo voor het ter beschikking stellen van proefbossen en voor verleende hulp bij het veldwerk.

Tot slot wil ik mijn bijzondere waardering uitspreken voor het feit dat het bestuur van het Instituut voor Toegepast Biologisch Onderzoek in de Natuur (Itbon) te Arnhem mij toestemming verleende om de resultaten van dit onderzoek, dat in hun dienst werd uitgevoerd, als proefschrift te gebruiken.

INHOUD

	Blz.
I. INLEIDING	1
1. Vroegere onderzoekingen	1
2. Probleemstelling	5
II. METHODEN VAN ONDERZOEK EN ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTEN- PLAGEN	6
1. Aantasting door <i>Cephalcia alpina</i> KLUG	6
1.1. Vaststelling van de aantastingsgraad	6
1.2. Indeling van de proefbossen	6
1.3. Bemonsteringswijze van de proefbossen	7
1.4. Bemonstering van de proefvlakten	8
1.5. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas	10
1.6. Berekening van de massaverliezen	11
1.7. Datering van de jaarringen	12
1.8. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen	13
2. Aantasting door <i>Diprion pini</i> L.	14
2.1. Vaststelling van de aantastingsgraad en verdeling van de proefbomen	14
2.2. Bemonsteringswijze van de proefbomen	15
2.3. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas	16
2.4. Berekening van de massaverliezen	16
2.5. Datering van de jaarringen	17
2.6. Invloed van de aantasting op de hoogtegroei	18
2.7. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen	18
3. De economie van de bestrijding van insektenplagen	19
III. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	22
1. Resultaten van het <i>Cephalcia</i> -onderzoek	22
1.1. Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting	22
1.2. De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte	23
1.3. De massaverliezen	24
1.4. Het massaverlies bij één enkele aantasting	27
1.5. Mogelijke oorzaak van het optreden van <i>Cephalcia</i>	27
1.6. De financiële verliezen	29
1.7. Toepassing van gevonden resultaten	29
2. Resultaten van het <i>Diprion</i> -onderzoek	32
2.1. Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting	32

Dit proefschrift verschijnt tevens als No. 64.8 in de reeks Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen en als Mededeling Nr. 40/1958 van het Instituut voor Toegepast Biologisch Onderzoek in de Natuur (Itbon).

2.2. De sterfte onder de proefbomen	33
2.3. De cirkelvlateverliezen op borsthoogte	36
2.4. De massaverliezen	39
2.5. Het massaverlies bij één enkele aantasting	41
2.6. Mogelijke oorzaak van het optreden van <i>Diprion</i>	42
2.7. Invloed van de aantasting op de hoogtegroei	43
2.8. De financiële verliezen	45
2.9. Toepassing van gevonden resultaten	45
SUMMARY	48
LITERATUUR	54

I. INLEIDING

1. VROEGERE ONDERZOEKINGEN

Onderzoekingen over groeiverliezen van bossen door insektenplagen zijn in Nederland alleen van FRANSEN en BESEMER bekend.

FRANSEN (1947) ontbladerde in juni 1941, als nabootsing van de aantasting door de satijnvlinder, *Leucoma salicis* L., tweejarige stekken van *Populus euramericana marilandica* Bosc. en in juni 1942 een gedeelte van dezelfde planten nogmaals. Cirkelvlakke- en gewichtsbepalingen werden gedaan in de herfst van 1941 en 1942. Hij vond, dat de ontbladering van 1942 de cirkelvlakke resp. het gewicht van dat jaar met 48 % resp. 52 % deed teruglopen.

BESEMER (1942) bootste in oktober 1940 aan een aantal takken van de groveden de voorjaars- en de najaarsvreterij van de gewone dennenbladwesp (*Diprion pini* L.) na en komt tot de eindconclusie dat najaarsvreterij de lengtegroei aanzienlijk vertraagt, voorjaarsvreterij daarentegen de lengtegroei van de nieuwe twijgen (1941) vermoedelijk maar weinig beïnvloedt. Deze laatste conclusie is mij niet duidelijk, omdat de voorjaarsvreterij niet in oktober kan worden nagebootst.

Ook van de andere Europese landen worden hier enkele onderzoekingen in het kort vermeld.

MICKE (1902) komt ten aanzien van de diktegroei tot een conclusie die tegengesteld is aan die van BESEMER. Hij deed in 1901 aanwasmetingen aan 11 grovedennen, die van 1892–1896 (hoogtepunt 1896) alleen door de najaarsgeneratie en in 1897 alleen ernstig door de voorjaarsgeneratie van *Diprion pini* L. waren aangetast. Hij vond dat de eerste scherpe teruggang in de aanwas in 1897 viel. Een macroscopische vergelijking van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas gedurende de periode 1891–1896 met die van 1870–1890 deed geen aanwasverlies vermoeden. MICKE acht dit verklaarbaar omdat in de jaren 1892–1896 tijdens de najaarsvreterij de vegetatieperiode bijna voorbij was. Bij de 3 zwaar aangetaste grovedennen van 75–110 jaar, boniteit III–IV, was de gemiddelde cirkelvlakteaanwas in 1897, berekend als gemiddelde van alle genomen stamschijven, 0,6 % en over 1898–1900 46,5 % van die over de periode 1891–1895.

In 1901, vier jaren na de plaag, bereikte de diktegroei nog niet het niveau van vóór 1897. De dikteverliezen waren het kleinst op de goede gronden.

De conclusie van MICKE, dat uit zijn proeven zou blijken dat voorjaarsvreterij ernstiger is dan najaarsvreterij lijkt m.i. niet juist, omdat vermoedelijk de sterk verminderde groei in 1897 het gevolg is van de voorjaarsvreterij van 1897 en de vrij sterke najaarsvreterij van 1896.

HERING (1932) onderzocht in 1932 in de Pruisische Staatsbossen een 18-tal grovedennen (36–65 jaar; boniteit II–IV) uit opstanden, waarin tijdens de jaren 1922–1924 (hoogtepunt in 1924) een plaag heerste van de gestreepte dennenrups (*Panolis flammea* SCHIFF.).

De aantastingsgraad van de opstand was bekend, die van de afzonderlijke bomen echter niet.

Het bleek hierbij dat de minimum cirkelvlakteaanwas viel in het jaar 1925, dus één jaar na het hoogtepunt van de vreterij, en verder dat de dikteaanwas in 1928, dus 4 jaren na het hoogtepunt, pas weer normaal was. Bovendien bleek dat volledig herstel van de hoogtegroeï eerst veel later intrad dan van de diktegroeï.

In 1938 zijn door MARCUS (1942) in Beieren 9 grovedennen (leeftijd tussen 35 en 135 jaar) onderzocht, die van 1928–1931 (hoogtepunt 1930) zwaar aangetast waren geweest door de gestreepte dennenrups (*Panolis flammea* SCHIFF.). Ook MARCUS vond het minimum in de cirkelvlakteaanwas één jaar na het hoogtepunt. Deze jaarring (1931) ontbrak vaak geheel. De verliezen van de sterk aangetaste bomen bedroegen 5–7 jaar bijgroei. Over het algemeen is ook volgens MARCUS de schade aan de hoogtegroeï groter dan die aan de diktegroeï. In tegenstelling tot MICKE vond MARCUS, dat de dikteverliezen op de slechtere boniteiten (zandgronden) geringer waren dan op de betere, veenachtige gronden.

Omstreeks 1930 is door SREINERTS (1935) aan een aantal fijnsparren in Letland, die in de periode 1911–1913 (hoogtepunt 1912) ernstig aan een aantasting door de nonvlinder (*Ocneria monacha* L.) hadden geleden, de cirkelvlakteaanwas bepaald. Het betroffen hier dus bomen die de aantasting hadden overleefd. Een graad van aantasting van de afzonderlijke proefbomen was niet bekend. Het minimumjaar was voor de jongere opstanden 1913; de cirkelvlakteaanwas bedroeg in dat jaar slechts 20 % van de aanwas van de jaren vlak vóór de vreterij, terwijl eerst 3 à 4 jaar ná de vreterij de aanwas weer op het normale niveau kwam. Voor de oudere opstanden viel dit minimum in de jaren 1913, 1914 of 1915. Hier bedroeg de cirkelvlakteaanwas in het minimumjaar 40 % van de aanwas vlak vóór de vreterij; 6 tot 8 jaren na de vreterij was de aanwas pas weer normaal. De hoogtegroeï was zelfs na 10 jaar nog niet normaal.

LEMMEL (1935) geeft een financiële schadeberekening van de zeer ernstige *Panolis*-plaaag 1922–1924 in Pruisen, Pommeren en Silezië. De aantasting omvatte een gebied van 214000 ha. en veroorzaakte sterfte, aanwasverliezen, vernielingen van de bossen ten gevolge van overmatig houttransport etc. De door LEMMEL berekende schade bedroeg meer dan 1000 R.M. per ha. Hij geeft tevens een aantal maatregelen op het gebied van de bospolitiek aan om de schade zoveel mogelijk te beperken.

FORSSLUND (1944/45) onderzocht in Zweden van ongeveer 150 jonge door *Diprion sertifer* GEOFFR. aangetaste grovedennen (gem. hoogte 2 m) de hoogtegroeï. Door vergelijking met een gelijk aantal onaangetaste bomen vond hij, dat bij een éénmalige aantasting (gemiddeld was 85 % van de oude naalden weggevreten) het verlies in hoogtegroeï in het jaar van de vreterij ± 25 % bedroeg. Werden de bomen het daaropvolgende jaar nogmaals ernstig aangetast, dan bedroeg het verlies in hoogtegroeï voor dat jaar 50 %. Een eventuele nawerking in de daaropvolgende jaren is niet verder nagegaan.

SCHÖNWIESE (1935) bepaalde aan 60 boorspanen verkregen uit een 30-jarige grovedennenopstand, die in 1931 zwaar was aangetast door *Diprion sertifer* GEOFFR., die alleen oude naalden vreet, de jaarringbreedtes van de jaren 1928 tot en met 1931 en vond in het jaar 1931 een teruggang in groei van ruim 40 % t.o.v. de drie voorafgaande jaren. Het jaar 1932, waarin hoogstwaarschijnlijk ook een groeivermindering

zal hebben plaats gehad, is niet in het onderzoek betrokken. De hoogtegroeï was in 1931 tot meer dan de helft teruggelopen. Sterfte kwam vrijwel niet voor.

HERTZ (1933) onderzocht eind 1931 in Finland aan tien 150-jarige in 1929 zwaar door *Diprion pini* L.¹ aangetaste grovedennen op borsthoogte de dikteaanwas over de jaren 1922–1931 en vond nagenoeg geen vermindering in de jaarringbreedte over de jaren 1930 en 1931.

SCHWERTFEGER en SCHNEIDER (1957) behandelden in 1953 en 1954 de ene helft van een vijftienjarige fijnspar-lariksopstand met het organische fosfaathoudende insecticide E 605 tegen het lariksmotje; de andere helft van de opstand fungeerde als controle. In elke helft werden tien bomen uitgezocht, waarvan in 1954 en 1956 naaldwegingen respectievelijk boringen werden uitgevoerd. Het bleek hierbij dat de naaldmassa in het onbehandelde bos slechts de helft was van die van het behandelde bos. De boringen, uitgevoerd op drie hoogtes aan de stam, toonden aan dat in de niet behandelde opstanden de diameteraanwas over de jaren 1954 tot 1956 $\pm 38\%$ lager was dan in de behandelde opstanden.

Ook van Amerika en Canada zijn enkele gegevens bijeengebracht over de gevolgen van vreterij van insecten op de boomgroeï.

MINOTT en GUILD (1925) maten de jaarringbreedtes aan boormonsters van 251 eiken in New-England in een gemengd bos, dat van 1911–1921 wisselend aangetast was geweest door *Porthetria dispar* L. en vonden t.o.v. de jaren 1901–1911 een vermindering in jaarringbreedte van 38% . Zij menen te mogen aannemen, dat het verlies in jaarringbreedte ongeveer recht evenredig is met het percentage van ontbladering.

In Centraal Idaho werd in 1921–1923 (hoogtepunt 1922) *Pinus ponderosa* LAWS ernstig aangetast door *Neophasia menapia* FELD. (*pine butterfly*). In 1935, dus na ruim 10 jaar, bedroeg de sterfte onder de zwaar aangetaste bomen in totaal 31% . Een kwart van deze sterfte lag nog ná het jaar 1928. Bij de matig en licht aangetaste bomen was de sterfte nihil. In 1935 werden door EVENDEN (1940) de overlevende bomen geboord, waarbij bleek dat 89% van deze bomen de jaarring 1923 misten; sommige misten zelfs 11 opeenvolgende jaarringen.

GRAHAM (1931) onderzocht in 1929 de groei van 5-jarige bomen van *Larix laricina* KOCH (*tamarack*) bij verschillende percentages van kunstmatige ontbladering (begin juli) en vond dat, bij 100% ontbladering vier jaren achteréén, in het vierde jaar geen massa-aanwas meer plaats vond (80% van de bomen was ook dood). De teruggang in groei begon niet in het eerste jaar van de ontbladering, maar pas in het jaar daarop. De geleden massaverliezen bleken recht evenredig te zijn met het ontbladeringspercentage.

In 1910 begon in de gemengde *Abies-Picea* bossen van Quebec een zeer zware aantasting van de *spruce budworm* (*Choristoneura fumiferana* CLEM.). Volgens SWAINE, CRAIGHEAD en BAILEY (1924) is het aanwasverlies van de niet gestorven bomen geschat op 3–5 jaar groei, verdeeld over een aantastings- en nawerkingsperiode van ± 8 jaar. Het totale verlies, veroorzaakt door deze aantasting is geraamd op 100–200 miljoen

¹ *Diprion pini* L. heeft in Finland maar één generatie (herfstgeneratie).

cords, een hoeveelheid die voldoende is om 50 jaar lang de aldaar toen aanwezige pulp- en papierindustrie van grondstoffen te voorzien.

BELYEA (1952) beschrijft voor *Abies balsamea* MILL. de gevolgen van een aantasting door de *spruce budworm* (*Choristoneura fumiferana* CLEM) in Ontario. In een gebied waar tot 1945 de aantasting licht, in 1946 $\pm 50\%$, in 1947 80%, in 1948 weer 50% en daarna weer licht was, bleek dat op borsthoogte de jaarringbreedte voor het eerst verminderde in 1948, dus één jaar na het hoogtepunt. Uit de gegeven grafieken is af te leiden, dat de groei op borsthoogte pas in 1953 weer het niveau van voor 1948 bereikte.

LINTOCK (1955) onderzocht de gevolgen van de zware *spruce budworm*-vreterij in Quebec van 1944–1949, welke het ernstigst was in de jaren 1945–1948. Hij vermeldt, dat eind 1952 50% (gemiddelde van de drie aantastingsklassen) van alle aangetaste *Abies balsamea*-bomen dood was en dat de 50% overlevende bomen eind 1952 reeds een verlies van $4\frac{1}{2}$ jaar aanwas hadden geleden.

De eerste sterfte trad pas op in 1949, dus vijf jaren na het begin van de aantasting. De vermindering in jaarringbreedte begon eerst in 1947, terwijl de minimum jaarring in ruim 90% van de gevallen in 1950 of 1951 viel, dus ± 4 jaren ná het hoogtepunt van de plaag.

REEKS en BARTER (1951) hebben in New Brunswick en Quebec aanwasbepalingen verricht aan *Picea glauca* Voss., *Picea mariana* B.S.P. en *Abies balsamea* MILL., die gedurende de jaren ± 1930 –1939 ernstig aangetast waren door de bladwesp *Gilpinia hercyniae* HTG. In 1945, dus 6 jaren ná afloop van de plaag, was van de heersende en medeheersende bomen de dikteaanwas pas weer op het niveau van vóór de aantasting gekomen.

FROELICH, HODSON, SCHNEIDER en DUNCAN (1955) vermelden, dat in Minnesota bij een kaalvreterij van espen door *Malacosoma disstria* (HUBN.) de diktegroei van de bijgemengde *Abies balsamea* MILL. toenam met bijna 20%.

DILS en DAY (1950) bepaalden aan 7 bomen van *Populus tremuloides* MICHX. van ± 15 cm dikte, die in 1950 door *Malacosoma disstria* (HUBN.) ten dele of geheel waren kaalgevreten, met de dial-gauge dendrometer het groeiverloop in 1950. Totale ontbladering veroorzaakte op borsthoogte een groeiverlies van 67%, een ontbladering van 25% een verlies van 38%.

Dat vreterij door insecten niet alleen invloed heeft op de houtvorming, maar ook de kwaliteit van de bast nadelig kan beïnvloeden, blijkt uit een publikatie van PEREIRA MACHADO (1942), die vermeldt, dat vermoedelijk de vreterij van *Lymantria dispar* L. een verminderde geschiktheid van de bast van *Quercus suber* L. voor de produktie van kurken veroorzaakt.

Een bezwaar van vele hierboven genoemde onderzoeken (o.a. die van MICKE, HERING, MARCUS, SREINERTS, SCHÖNWIESE, LINTOCK, HERTZ) is, dat de verliezen niet berekend zijn t.o.v. onaangetaste controlebomen, maar verkregen zijn door vergelijking van de groei tijdens de vreterij en de nawerkingsperiode met de groei in een aantal voorafgaande jaren. Bij de vergelijking met de groei in een aan de vreterij voorafgaande periode kunnen toevallige klimaatsomstandigheden of andere oorzaken de uitkomst belangrijk beïnvloeden.

Uit deze weliswaar weinige onderzoeken mag wel de conclusie getrokken worden dat naaldhout na de aantastingsperiode nog een vrij lange periode van verminderde groei vertoont. De verwachting dat op de betere gronden na een aantasting het groei-verlies kleiner zal zijn dan op de slechtere gronden, alsmede dat oudere bomen langzamer reageren op ontbladering dan jongere, kan door deze onderzoeken niet of nauwelijks bevestigd worden.

2. PROBLEEMSTELLING

Hoewel dus een aantal onderzoekers zich min of meer uitgebreid hebben beziggehouden met het vaststellen van de schade, die ontstaat, wanneer insecten bossen kaalvreten, is toch onze kennis over dit probleem vrij gering. In Nederland is wel zeer weinig onderzoek op dit gebied verricht.

Dit onderzoek heeft ten doel een bijdrage te leveren tot onze kennis van de aard en de grootte van de schade ten einde op grond hiervan de economie van eventuele bestrijdingsmaatregelen beter te kunnen beoordelen.

II. METHODEN VAN ONDERZOEK EN ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTENPLAGEN

De aantasting van de Japanse lariks door de spinselbladwesp (*Cephalcia alpina* KLUG) in de jaren 1941–1950 in Drente, alsmede de aantasting van de groveden door de gewone dennenbladwesp (*Diprion pini* L.) in 1951 op de Veluwe en in de Achterhoek, boden een goede gelegenheid onze kennis omtrent de schade, die ontstaat door vreterij van insekten, te vermeerderen. Het onderzoek naar de schade veroorzaakt door deze beide bladwespen heeft plaats gehad gedurende de jaren 1952–1956.

I. AANTASTING DOOR *CEPHALCIA ALPINA* KLUG

1.1. Vaststelling van de aantastingsgraad

Het kennen van de aantastingsgraad van de verschillende opstanden is voor een onderzoek naar de veroorzaakte schade een allereerste vereiste. De gegevens betreffende de zwaarte van de aantasting zijn door het Staatsbosbeheer verzameld. In de jaren 1943, 1945, 1947 en 1948 is door genoemde dienst in de boswachterij Gieten (Drente) de graad van aantasting door *Cephalcia* van alle lariksupstanden geschat en op kaarten geregistreerd. De aantastingsgraden werden geschat met intervallen van 10 %. Een aantasting van 100 % betekent dat alle naalden weggevreten waren, een aantasting van 0 % dat geen aantasting heeft plaats gehad. De bij dit onderzoek gebruikte graad van aantasting is de gemiddelde aantasting van deze vier jaren en niet de gemiddelde aantasting over de gehele tienjarige periode. Uit de opgaven van de boswachter te Schoonlo is echter gebleken dat de gemiddelde aantasting over de gehele periode weinig verschilt van die over deze vier jaren.

1.2. Indeling van de proefbossen

De grootte van de gezochte schade kan behalve van de graad van aantasting mede afhankelijk zijn van andere factoren, zoals het stamtal per ha, de grondsoort en de weersomstandigheden.

Om deze andere invloedsfactoren zo goed mogelijk te elimineren zijn de bossen naar stamtal en grondsoort in afzonderlijke groepen gerangschikt. De volgende groepen zijn daarbij onderscheiden:

1. bossen met een stamtal bij de aanleg van 1600 bomen per hectare:
 - a. gelegen op zandgrond,
 - b. gelegen op leemgrond.
2. bossen met een stamtal bij de aanleg (1928) van 3300 bomen per hectare:
 - a. gelegen op zandgrond,
 - b. gelegen op leemgrond.
3. bossen met een stamtal bij de aanleg van 2200 bomen per hectare; hiervan komen alleen maar bossen op zandgrond voor.

4. bossen met een stamtal bij de aanleg (1933/1934) van 3300 bomen per hectare; voor deze groep is geen verdere uitsplitsing doorgevoerd, omdat de grondsoort op korte afstand zo sterk wisselt dat een scheiding naar grondsoort niet mogelijk is.

1.3. Bemonsteringswijze van de proefbossen

In elk van deze groepen werden zoveel mogelijk aantastingsgraden bemonsterd.

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van proefvlakten. Ten einde een zo willekeurig mogelijke ligging van deze proefvlakten te verkrijgen zou het aanbeveling verdienen over elk van de uitgezochte proefopstanden een netwerk te leggen, om dan in dit netwerk *at random* een aantal proefvlakten te kiezen. Deze methode is echter niet gevolgd, omdat dan de kans aanwezig is dat de gevonden proefvlakten zeer onregelmatig verspreid over het terrein komen te liggen. Er is gestreefd naar een regelmatige verdeling van de proefvlakten. Om vrij te zijn van eventuele beïnvloeding in het terrein zijn voor elke groep de proefvlakten op het laboratorium regelmatig verdeeld op de kaart ingetekend en daarna in het veld opgezocht.

Wat de grootte en het aantal van de proefvlakten betreft is, met het oog op de mogelijke verschillen binnen één opstand, de voorkeur gegeven aan vele kleine verspreide proefvlakten boven een kleiner aantal grotere. Als norm voor de grootte van één proefvlakte is gekozen 10×20 meter; alleen in enkele gevallen met een ruim stamverband zijn deze tot 20×20 meter vergroot.

Figuur 1 omvat een gedeelte van de boswachterij Gieten met daarin opgenomen de

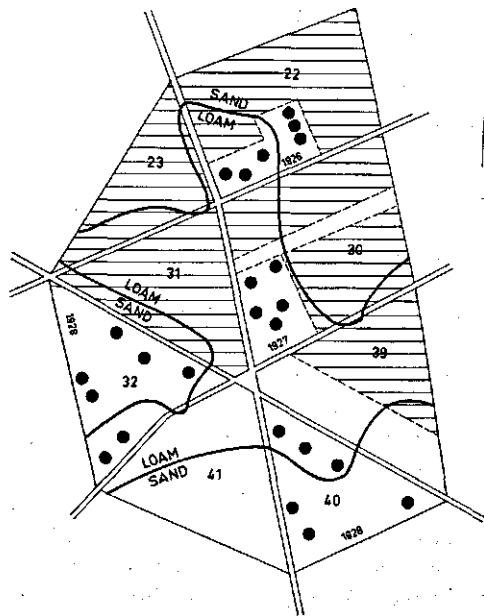


FIG. 1. Kaartje aangevende de proefvlakten in de lariksopstanden 22, 30, 32 en 40
Map showing the sample plots in the larch stands 22, 30, 32 en 40

ligging van de in die bosvakken voorkomende proefvlakten, alsmede een aanduiding voor het jaar van aanleg en de grondsoort.

Het ten behoeve van het *Cephalcia*-onderzoek totaal aantal geboorde proefvlakten bedraagt:

in Gieten	120
in Schoonlo	22
in Veenhuizen	6

In totaal dus ca. 150 stuks, waarbij 2400 bomen en 36 000 jaarringen zijn onderzocht.

1.4. Bemonstering van de proefvlakten

De bomen in de proefvlakten zijn op borsthoogte, overkruis tot op millimeters nauwkeurig geklemd. Van elke proefvlakte is dus de diameterspreiding bekend.

In de proefvlakten zijn niet alle bomen geboord, maar slechts een aantal van een drietal diameters. Deze diameters zijn zo gekozen, dat steeds hun relatieve plaats in de diameterspreiding dezelfde is. Geboord zijn namelijk in elke proefvlakte slechts die diameters, welke op 23, 46 en 71 % van het stamtal met de dikste boom als uitgangspunt vallen.

Voor de proefvlakte 22¹ is hieronder (tabel 1) deze diameterbepaling nader toegelicht.

TABEL 1. Diameterspreiding in proefvlakte 22¹

Diameter in mm						
10,5						
11,8						
12,0	12,5	12,8				
13,2	13,8					
14,0	14,1	14,2	14,9			
15,4						
16,0	16,0	16,1	16,2	16,6	16,6	16,7
17,0	17,5					
18,0	18,4	18,8				
20,1	20,3					
Totaal 26 bomen/Total 26 trees						

TABLE 1. Distribution of diameters in sample plot 22¹

In deze proefvlakte (10 × 20 m) werden in totaal dus 26 bomen gevonden met diameters zoals die in tabel 1 staan aangegeven. De diameter die op 46 % van het stamtal ligt met de dikste boom als uitgangspunt is de 12de boom ($0,46 \times 26 = 11,96$). Bij terugtellen wordt hiervoor de diameter 16,1 cm gevonden. Op dezelfde wijze worden voor de 23 % en 71 %-bomen de diameters 17,5 en 14,1 cm gevonden.

Bij het weer opzoeken van de aldus berekende diameters in de proefvlakte zijn ook diameters toegelaten, die niet meer dan 2 mm onder en boven de gezochte diameters liggen. Van de 46 %-diameter zijn 8 bomen gezocht, van de beide andere diameters

elk 4. Werd in de proefvlakte zelf niet het vereiste aantal gevonden, dan werden de resterende bijeengezocht vlak om de proefvlakte.

De waarden 23, 46 en 71 % zijn gebaseerd op de metingen van een zestal door het Bosbouwproefstation TNO te Wageningen ter beschikking gestelde proefperken van Japanse lariks (aantal bomen 300 totaal) van ongeveer dezelfde ouderdom als de lariksopstanden in Drente. De diameter op 46 % van het stamtal had in deze proefperken over de laatste vijf jaren een cirkelvlaktoeanwas gelijk aan de gemiddelde cirkelvlaktoeanwas van het gehele proefperk over diezelfde periode. Wanneer men het proefperk verdeelt in twee naar stamtal gelijke delen waarbij het ene deel de dikkere en het andere de dunneren bomen omvat, dan heeft de diameter van de 23 %-boom een cirkelvlaktoeanwas over de laatste 5 jaren welke gelijk is aan de gemiddelde cirkelvlaktoeanwas van alle dikkere bomen en de diameter van de 71 %-boom een cirkelvlaktoeanwas welke gelijk is aan de gemiddelde cirkelvlaktoeanwas van alle dunneren bomen over die periode.

De geringe afmetingen van de proefvlakten hebben tot de zojuist beschreven wijze van werken genoopt. Het was namelijk in de proefvlakten niet mogelijk voldoende bomen met de gemiddelde cirkelvlaktoeanwas te vinden. Om toch een voldoende aantal bomen te verkrijgen werden de acht bomen van de gemiddelde aanwas aangevuld met de vier 71 %- en de vier 23 %-bomen. Daar de aanwas van de 23 %-bomen even ver boven de aanwas van de 46 %-bomen ligt als die van de 71 %-bomen eronder, verandert de gemiddelde aanwas door deze aanvulling niet.

Het onderzoek naar het groeiverlies is uitgevoerd door met een aanwasboor houtspanen loodrecht op de stamas te nemen. Elke boom werd slechts éénmaal op borsthoogte geboord en wel in de richting van de gemiddelde diameter. Daar een boom in de richting van de gemiddelde diameter op twee diametraal tegenover elkaar liggende plaatsen geboord kan worden, werd steeds die kant gekozen, die ligt aan de zijde van de rechterhand. Aangezien de bomen in willekeurige richtingen zijn benaderd, betekent dit, dat bij veel waarnemingen een daarbij optredend verschil in jaarringbreedte voldoende zal worden vereffend. Bovendien is met relatieve aanwaswaarden gewerkt en deze verhoudingswaarden zullen voor diametrale boringen bij een regelmatig jaarringpatroon weinig uiteenlopen.

Cirkelvlaktoeverliezen op borsthoogte geven echter geen juist beeld van de massaverliezen van de boom. Een nauwkeuriger bepaling van het massaverlies is mogelijk, wanneer de bomen geveld worden en de verliezen sectiegewijze bepaald worden. Zo volledig is dit in Drente niet geschied. Aangenomen werd dat een voldoende betrouwbaar beeld van de massaverliezen kan worden verkregen uit het cirkelvlaktoeverlies op de halve hoogte van de bomen in het jaar 1945 (het midden van de plaag), daar men de massa in de praktijk steeds bepaalt uit het produkt van middenvlak en lengte (formule van HUBER). Daarom is in elke proefvlakte aan één 46 %-boom op deze hoogte ook een boring verricht. Deze halve hoogte van die in het jaar 1945 is voor bossen aangelegd in 1925 op 7 meter, 1926 op 6,5 meter, 1927 op 6 meter, 1928 op 5 meter, 1929 op 4 meter en voor 1930 op 3 meter, gesteld. De boringen aan de staande bomen zijn uitgevoerd met behulp van een uitschuifbare aluminium ladder.

Voor de jongere opstanden (1933/1934) zijn geen aanvullende boringen verricht, omdat de halve hoogte in het jaar 1945 en de borsthoogte ongeveer samenvallen.

1.5. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas

De boorspanen zijn op triplex plankjes gelijmd en geolied. Door het oliën ontstaat een scherp contrast tussen het donkere zomerhout en het lichtere voorjaarshout. Met een scherp scheermes zijn de bovenzijden van de boorspanen vlak gesneden, waardoor de overgang tussen najaarshout en voorjaarshout zich scherp aftekent.

De breedtes van de ringen zijn gemeten met een binoculair (vergrotingen 10, 20, 30 en 60 maal) met een op een objectglas aangebrachte schaalverdeling van $\frac{1}{2}$ mm. Een schatting tot op 0,1 mm was hierdoor mogelijk.

In elke proefvlakte is voor elke geboorde diameter van elke jaarring de gemiddelde breedte bepaald en vervolgens uit diens buiten- en binnendiameter de oppervlakte berekend met de formule

$$O = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$$

In elke proefvlakte zijn van de drie onderzochte boomdiameters de jaarringoppervlakten jaarsgewijze gesommeerd en gemiddeld; bij dit middelen is de 46 %-boom tweemaal geteld vanwege het dubbele aantal bomen waaruit deze 46 %-waarde is bepaald. De aldus verkregen jaarringoppervlakten zijn grafisch tegen de jaren uitgezet en door lijnen verbonden. De op deze wijze verkregen aanwaslijnen zijn noodzakelijk om te kunnen beoordelen of de bomen zich reeds van de aantasting hebben hersteld en om de duur van de invloedsperiode vast te stellen. Aan een voorbeeld zal een en ander hier verduidelijkt worden.

Het vak 22 van de boswachterij Gieten bestaat uit een westelijk deel, waar in de bovenste grondlagen leem voorkomt, en een oostelijk deel met alleen zand. Het stamtal bij de aanleg bedroeg 1600 bomen per hectare. De drie proefvlakten in het oostelijk deel (22¹, ³, ⁵) behoren dus tot de hiervoren genoemde groep 1a, die van het westelijk deel tot groep 1b.

De wijze van bewerken alsmede de uitkomst van de oppervlakteberekeningen voor de proefvlakte 22¹ zijn in de navolgende tabel aangegeven.

TABEL 2. Gemiddelde jaarringoppervlakten in cm² van de proefvlakte 22¹

	'39	'40	'41	'42	'43	'44	'45	'46	'47	'48	'49	'50	'51	'52	'53
23 %	6,9	8,7	5,6	4,4	1,9	2,5	3,1	4,1	1,9	3,7	3,7	6,2	11,9	6,7	5,5
46 %	5,9	7,6	5,5	4,4	2,4	3,0	4,1	4,1	1,7	2,0	4,2	6,9	10,3	5,3	5,9
46 %	5,9	7,6	5,5	4,4	2,4	3,0	4,1	4,1	1,7	2,0	4,2	6,9	10,3	5,3	5,9
71 %	5,0	6,3	5,0	3,7	2,2	3,1	3,1	3,1	1,3	1,3	2,5	5,1	8,1	4,4	3,6
gemiddeld/average	5,9	7,8	5,4	4,2	2,2	2,9	3,6	3,9	1,6	2,3	3,6	6,3	10,1	5,4	5,2
	13,7		36,0										20,7		

TABLE 2. Mean areas of the annual rings in cm² of the sample plot 22¹

De in deze tabel genoemde gemiddelden zijn in fig. 2 grafisch weergegeven.

1.6. Berekening van de massaverliezen

Voor de bepaling van het aanwasverlies is het nodig bij de verschillende graden van aantasting de aanwas gedurende de gehele aantastingsperiode (1941–1950) te vergelijken met de aanwas van onaangetaste bomen gedurende dezelfde periode. Dit laatste was echter helaas in Gieten niet mogelijk, omdat onaangetaste opstanden niet voorkwamen. Daar echter naast zwaar aangetaste opstanden wel matig en licht aangetaste opstanden voorkwamen, kon toch door extrapolatie de aanwas bij geen aantasting gevonden worden.

Voor het vergelijken van de aanwas van aangetaste opstanden met de aanwas van niet aangetaste opstanden kan, om de volgende reden, niet de absolute aanwas gebruikt worden. Uit de aantastingskaarten van Gieten blijkt dat in geen enkel bosvak alle aantastingsgraden naast elkaar aanwezig zijn. In de vakken 32 en 40 komen alleen de graden boven 80 % voor; in de vakken 22 en 30 komen alleen aantastingen voor boven 60 %, terwijl de bosvakken 1 en 2 alleen maar lage aantastingsgraden vertonen. Dit is een nadeel bij dit *Cephalcia*-onderzoek. Het impliceert dat geconstateerde verschillen tussen bepaalde aantastingsgraden niet enkel een gevolg behoeven te zijn van het verschil in aantasting, maar ook mede veroorzaakt kunnen zijn door plaatselijke verschillen in bodemsoort of behandeling, grondwaterstand, kortom vele factoren van de te vergelijken opstanden. Getracht is deze bijkomende invloeden zo veel mogelijk te elimineren door niet de absolute aanwaswaarden, maar de relatieve aanwaswaarden van de verschillende aantastingsgraden met elkaar te vergelijken.

Onder de relatieve aanwaswaarde wordt hier verstaan de gemiddelde jaaraanwas over de periode 1941–1950 in verhouding tot de gemiddelde jaaraanwas over de periode 1939–1940 en 1951–1953 of in formulevorm:

$$\frac{0,1 \sum \text{aanwas } 1941\text{--}'50}{0,2 \sum \text{aanwas } 1939\text{--}'40 + 1951\text{--}'53}$$

Het aantal vergelijkingsjaren vóór de aantasting is tot 2 beperkt, daar bij een langere periode de juistheid van de boorrichting twijfelachtig wordt.

Worden binnen elke groep deze relatieve aanwaswaarden grafisch uitgezet tegen de verschillende graden van aantasting, dan kan, door extrapolatie, de relatieve aanwaswaarde bij geen aantasting en derhalve het bij elke graad van aantasting behorende cirkelvlakteaanwasverlies (op borsthoogte) afgelezen worden.

Dit aanwasverlies kan men aangeven in procenten. Voor het totale aanwasverlies moet men dan ook nog de duur van de aantastingsperiode in rekening brengen. Doelmatiger is het daarom het totale aanwasverlies uit te drukken in een aantal jaren bijgroei, dat men vinden kan door het procentuele jaarlijkse aanwasverlies te vermenigvuldigen met de duur der aantastingsperiode. Het best kan een en ander verduidelijkt worden aan fig. 3. Deze grafiek omvat de proefvlakten, behorende tot de groepen 1a (cirkeltjes en streeplijn) en 1b (stippen en getrokken lijn). Voor deze bomen is de relatieve aanwaswaarde uitgezet tegen de graad van aantasting. Uit tabel 2 kan voor de proefvlakte 22¹ met de boven aangegeven formule een relatieve aanwaswaarde berekend worden van $0,52 \left(\frac{36,0 \times 0,1}{34,4 \times 0,2} = 0,52 \right)$; deze waarde, uitgezet tegen de aan-

tastingsgraad (in dit geval 95 %), geeft het cirkeltje rechts in de grafiek. De gemiddelde lijn, gelegd door de proefvlakten van de groep 1a snijdt de verticale as bij de waarde 0,99, wat dus betekent dat dit cijfer voor deze groep de relatieve aanwaswaarde bij geen aantasting voorstelt. Daar bij een aantasting van bijv. 85 % de relatieve aanwas slechts 0,55 bedraagt, betekent dus een zodanige aantasting een aanwasverlies van

$$\frac{0,99 - 0,55}{0,99} \times 100 = 44 \% \text{ (zie tabel 4).}$$

Op dezelfde wijze als zo juist beschreven, zijn de boorspanen afkomstig van de *halve hoogtes* bewerkt. Voor deze bomen (alle 46 %-bomen) zijn dus verliezen bekend voor borsthoogte en halve hoogte. De verhouding tussen het cirkelvlakteaanwasverlies op halve hoogte en dat op borsthoogte kan dan als correctiefactor worden gebezigd om de cirkelvlakteverliezen op borsthoogte (tabel 4) om te rekenen tot massa-verliezen (zie tabel 6).

Deze berekeningen zijn opgezet voor elke groep. Dit stelt ons in de gelegenheid de verliezen op zandgronden te vergelijken met die op leemgronden. Daar echter voor de praktijk bij één bepaalde aantastingsgraad niet meerdere verliespercentages opgegeven kunnen worden zijn daartoe alle groepen bijeen genomen en gemiddeld (zie tabel 7).

1.7. Datering van de jaarringen

Alvorens over te gaan tot de financiële schadeberekening is het gewenst eerst de juiste datering van de jaarringen in beschouwing te nemen. Hoewel de Japanse lariks een houtsoort is met een groot herstellingsvermogen moet toch, wegens de lange duur van de plaag, met de mogelijkheid rekening worden gehouden dat er in de zwaar aangetaste opstanden aan de bomen één of meer jaarringen kunnen ontbreken. Voor het geval dat jaarringen ontbreken moet aannemelijk worden gemaakt van welke jaren deze zijn. Om het bestaan van deze mogelijkheid na te gaan zijn van een aantal licht aangetaste opstanden de boorspanen aan een onderzoek op bepaalde jaarkenmerken onderworpen. Dit is gedaan in navolging van DOBBS (1951/53), die stamschijven van de Europese lariks onderzocht, afkomstig uit de omgeving van Bristol. Hij vond dat in 98 % van de 105 onderzochte schijven bij de jaarring van 1918 in het lichte voorjaarshout een donker lijntje voorkwam, dat al naar de plaats in het voorjaarshout werd aangeduid met *early*, *mid*, of *late line*. Onderzoek van de boorspanen in Gieten bracht een soortgelijk kenmerk aan het licht. Het bleek dat bij de jaarring van 1934 in ongeveer 74 % van het aantal gevallen een donker lijntje in het lichtere voorjaarshout voorkomt. Dit kenmerk, samen met het feit dat het najaarshout van 1935 vaak smal is, geeft voldoende houvast voor het juist dateren van de jaarringen.

Van de boorspanen, waaraan vanaf 1934 tot het tijdstip van boren niet het juiste aantal ringen geteld kon worden, is aangenomen, dat de jaarring, die in de volledige boorspanen in het minimum is, in de onvolledige spanen ontbreekt.

DOBBS (1951/53) schrijft het ontstaan van de *lines* toe aan een droogteperiode, die weer gevolgd is door een regenrijke periode in de vegetatietijd. Of dit voor Drente ook geldt is als volgt nagegaan. Volgens SCHANS en VAN SOEST (1952) heeft de Japanse lariks eind juni 75 % van zijn diktegroei voltooid. Wanneer droogte een rol van be-

tekenis bij deze vorming van *lines* zou spelen dan zouden vooral de temperaturen en neerslagen in mei en juni dit moeten aangeven. Bij nadere beschouwing van de maandelijkse temperatuur- en neerslaggegevens voor Gieten over mei en juni 1934 blijkt inderdaad, dat de verhouding tussen neerslag en temperatuur $\left(\frac{N}{T}\right)$ toen een zeer lage waarde bereikte. Tegenover een gemiddelde van de 20-jarige periode 1932-1951 van 7,7 had het jaar 1934 een waarde van 5,6; in de periode 1939-1942 lagen de $\frac{N}{T}$ waarden nog lager namelijk 4,1, 4,7, 4,0 en 5,3.

Een ander punt dat ook pleit voor een vochttekort als oorzaak, is het feit dat in Gieten op de zandgronden het percentage *lines* significant hoger ligt dan op de beter vochthoudende lemige gronden. Op de zandgronden in Gieten bedroeg dit percentage 93 %, terwijl dit in dezelfde opstanden op de lemige gronden daalde tot 53 %.

1.8. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen

In het tweede deel van de probleemstelling wordt als verder doel van het onderzoek genoemd het beoordelen van de economie van eventuele bestrijdingsmaatregelen. Dit betekent dat de hiervoren berekende massaverliezen omgezet moeten worden in geldswaarden, hetgeen op twee manieren mogelijk is.

Bij de eerste methode (in het vervolg methode A genoemd) bepaalt men de vermindering van de bedrijfswaarde van de opstand, die optreedt, wanneer een insecten-aantasting een zeker aantal jaren bijgroeverlies veroorzaakt.

De bedrijfswaarde van een opstand is te berekenen als de zg. houtverwachtingswaarde, dat is de gediscoteerde waarde van de uit de opstand te verwachten opbrengsten, verminderd met de nog daaraan te besteden kosten.

De aan de opstand te besteden kosten zullen in de beide gevallen even groot zijn, waardoor het verlies in bedrijfswaarde op het tijdstip van de aantasting op m-jarige leeftijd te berekenen is als:

$$\text{Verlies } H_{vm} = \frac{E_t - E'_t + \sum_m^t D_n 1, \text{ Op}^{t-n} - \sum_m^t D'_n 1, \text{ Op}^{t-n}}{1, \text{ Op}^{t-m}}$$

waarin E_t en E'_t = de eindopbrengst van de niet- resp. de wel-aangetaste opstand
 D_n en D'_n = de dunningen van de niet- resp. de wel-aangetaste opstand
 p = de bosrentevoet
 t = de omloopstijd
 n = leeftijd, waarop de dunningen plaats hebben
 m = de leeftijd bij het begin van de aantasting

Het onzekere in deze berekening is de schatting van het opbrengstverloop van de aangetaste opstand. Blijft bijvoorbeeld, in het geval er geen sterfte optreedt, een eenmaal ontstaan massaverlies gehandhaafd of verandert dit weer?

Bij de tweede methode (B) is de geldswaarde van de plaag berekend als het verschil in exploitatiewaarde aan het einde van de plaag, gediscoteerd tot het begin van de plaag.

Vanwege het onzekere karakter van methode A en tevens vanwege de wenselijkheid de schade voor de beide in deze studie betrokken insektensoorten volgens eenzelfde methode te berekenen, is voor de schadeberekening de methode B gekozen, hoewel methode A in principe de juiste is.

De schadeberekening is, wat de massabepaling betreft, vrij gemaakt van de Drentse opstanden, door het massaverlies naar het aantal jaren bijgroeverlies, te berekenen voor de groeiklasse II van de opbrengsttafel voor de Japanse lariks van SCHÖBER tot welke groeiklasse het merendeel der Drentse en ook Nederlandse opstanden behoort.

De eenheidswaarden van het hout zijn ontleend aan de gegevens van BECKING en VAN LAAR in het artikel „Omloop, kostprijs, en ondernemerswinst van de Japanse lariks in Nederland” in het *Ned. Bosbouw Tijdschrift* 1954. Deze eenheidswaarden zijn afgeleid uit de prijzen van geveld larikshout voor de Veluwe en Utrecht gedurende de winterseizoenen 1952/'53 en 1953/'54.

Een voorbeeld van een schadeberekening volgens de gekozen methode B is gegeven op blz. 19.

2. AANTASTING DOOR *DIPRION PINI* L.

2.1. Vaststelling van de aantastingsgraad en indeling van de proefbomen

De bij de *Diprion*-aantasting van de *groveden* gebezigde methodiek wijkt in verschillende opzichten af van die bij de *Cephalcia*-plaag.

Bij de *Cephalcia*-aantasting hebben de verzamelde aantastingsgraden betrekking op de aantasting van de gehele opstand of van gedeelten van de opstand. Bij de *Diprion*-plaag zijn daarentegen de aantastingsgraden van afzonderlijke bomen geregistreerd. Deze werkwijze heeft boven de eerste het voordeel dat in licht en matig-zwaar aangetaste opstanden zowel gegevens van onaangetaste bomen als zwaar aangetaste bomen konden worden verzameld. De overige omstandigheden (weer, behandeling enz.), waaronder de aangetaste en onaangetaste bomen verkeren, zijn dan nagenoeg gelijk. Bij het onderzoek van de *Cephalcia*-plaag was een dergelijke meer betrouwbare vergelijking niet mogelijk.

In het voorjaar van 1952, dus nagenoeg direct na de plaag, zijn in tien voor dit onderzoek geschikt geachte opstanden (zie tabel 10) door middel van proefvlakten de diametersamenstellingen bepaald.

Vervolgens zijn, in willekeurige richtingen door de opstand gaande, de benodigde bomen bijeengezocht en genummerd.

Om te bereiken dat de groep bomen met een zware aantasting ongeveer een gelijke diametersamenstelling heeft als de beide andere aantastingsklassen (matig en licht) en de klasse onaangetaste bomen, zijn de gevonden bomen direct geklasseerd, naar diameter, in één van de navolgende klassen:

- a. onaangetaste bomen;
- b. bomen met een aantastingsgraad van 1 t/m 33 %;
- c. bomen met een aantastingsgraad van 34 t/m 67 %;
- d. bomen met een aantastingsgraad van 68 t/m 100 %.

De schatting van de aantastingsgraad geschiedde op het oog.

Zolang werden aangetaste bomen bijeengezocht tot in elk van de zoëven genoemde klassen de diameterspreiding ongeveer overeenkwam met die van de opstand; alleen de allergrootste en de allerkleinste diameters werden niet bij de proefbomen genomen. Bovendien zijn bomen van de overheersende of de onderdrukte klasse, alsmede bomen die geheel of nagenoeg geheel vrij stonden buiten het onderzoek gehouden.

Daar in maart/april 1952 de naalden van 1949 reeds van nature zullen ontbreken, was het niet meer mogelijk een eventuele vreterij van de *Diprion*-generatie 1950 aan deze naalden nog vast te stellen. Een in 1952 geschatte aantasting van 100 % betekent dus het volledig weggevreten zijn van de naalden 1950 en 1951 waarbij de naalden van 1949 wel of niet weggevreten kunnen zijn. Er mag echter worden aangenomen dat de vreterij aan de jaarscheut 1949, ook bij de zwaar aangetaste bomen, gering of afwezig was daar de plaag pas in 1950 optrad en de aantasting in dat jaar werd veroorzaakt door de tweede generatie (dus vreterij aan de jaarscheut 1950 en weinig aan die van 1949). Het in begin 1952 geschatte naaldenverlies mag dus beschouwd worden als het werkelijke naaldenverlies.

Het totaal aantal bomen dat in de tien proefopstanden bijeengezocht is, bedroeg 492. Dit aantal kon veel lager zijn dan bij het *Cephalcia*-onderzoek, omdat bij het *Diprion*-onderzoek de aantastingsgraad per boom bekend was; bij het *Cephalcia*-onderzoek was de aantastingsgraad per opstand of deel van de opstand gegeven, wat noodgedwongen een veel groter aantal proefbomen vereiste.

2.2. Bemonsteringswijze van de proefbomen

Uit de literatuur was reeds bekend dat bij groveden een lange nawerkingsperiode te verwachten is. Het sterfteverloop tijdens de jaren 1952-1955 alsmede enkele oriënterende boringen hebben mij doen besluiten niet eerder dan eind 1955 met boren te beginnen. Toen zelfs bleek nog uit de boorspanen dat een aantal van de zwaar aangetaste bomen zich nog niet geheel hadden hersteld. Tot eind 1955 is dus geen ander onderzoek aan deze bomen verricht dan een driemaandelijks controle, waarbij de sterfte geregistreerd werd. Op deze wijze is dus een inzicht verkregen van het verloop van de sterfte in de jaren 1952-1955.

Eind 1955 zijn de toen nog aanwezige bomen op borsthoogte, overkruis tot in millimeters nauwkeurig geklemd en in de richting van de gemiddelde diameter geboord. Alle bomen zijn, in tegenstelling met het *Cephalcia*-onderzoek, aan beide zijden geboord. Dit was om twee redenen wenselijk:

- 1e omdat het jaarringpatroon van de groveden veel onregelmatiger en door diens gering herstellingsvermogen veel sterker door de aantasting wordt beïnvloed dan dit het geval is bij de Japanse lariks,
- 2e omdat een ringkenmerk voor een bepaald jaar bij de groveden niet kon worden gevonden.

De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte zijn, zoals reeds eerder uiteengezet, geen juiste maatstaf voor de door de aantasting veroorzaakte massaverliezen. Teneinde de massaverliezen beter te kunnen benaderen is van 79 proefbomen, die daarvoor

geveld werden, uit de jaarscheut 1945 een stamschijf gezaagd. De jaarscheut van 1945 is hiervoor gekozen, omdat deze schijf ook voor de controle op de jaarscheutdeterminaties benodigd was.

De jaarscheut 1945 lag over het algemeen in de onderste helft van de groene kroon en is gevonden door terugtelling van de jaarscheuten en nadien gecontroleerd aan de jaarringen van de schijf.

De keuze van de 79 proefbomen was niet geheel *at random*. In de eerste plaats is er voor gezorgd, dat ze ongeveer gelijkelijk over de vier aantastingsklassen verdeeld waren en verder dat de cirkelvlakteaanwas op borsthoogte ongeveer met het gemiddelde van die klasse overeen kwam. De 79 bomen konden dus pas uitgezocht worden, nadat de boringen op borsthoogte bewerkt waren.

2.3. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas

De jaarringmetingen alsmede het berekenen van de jaarringoppervlakten is op dezelfde wijze en met dezelfde nauwkeurigheid uitgevoerd als bij het *Cephalcia*-onderzoek. Wat dit betreft kan dus naar dat onderzoek worden verwezen.

De jaarringoppervlakten zijn per opstand voor elke aantastingsklasse jaarsgewijze gesommeerd en gemiddeld, zodat van elke klasse de gemiddelde oppervlakte van de jaarringen voor de verschillende jaren gevonden werd (zie fig. 7, blz. 37). Deze aanwaslijnen zijn voor de verliesberekening als zodanig niet nodig; daarvoor zou het voldoende geweest zijn de periode 1946 tot en met 1950 en de periode 1951 tot en met 1955 in zijn geheel te meten (zie hieronder). Bij meting van de boorspanen op deze laatste wijze is het evenwel niet mogelijk te beoordelen of de schade zich reeds volledig gevormd heeft; bovendien gaan bijzonderheden van de afzonderlijke jaren verloren (droge jaar 1947; jaarlijkse groei tijdens de aantasting).

2.4. Berekening van de massaverliezen

Wat de berekening van de aanwasverliezen betreft dient nog het navolgende vermeld te worden. Bij het *Cephalcia*-onderzoek is de gemiddelde aanwas gedurende de aantastingsperiode uitgedrukt als een verhoudingscijfer t.o.v. de aanwas van twee jaren vóór en drie jaren ná die periode. Dit kon bij het *Diprion*-onderzoek niet, daar eind 1955 de nawerking van de plaag, althans bij de zwaar aangetaste bomen nog niet of maar nauwelijks voorbij was. De mogelijkheid om daardoor de aanwas gedurende de aantastings- plus nawerkingsperiode ook uit te drukken in een aantal jaren groei na die periode is dus niet aanwezig. De groei over 1951–1955 is bij het *Diprion*-onderzoek dan ook noodgedwongen alleen uitgedrukt in de groei van vijf (1946–1950) aan de plaag voorafgaande jaren. De formule van de relatieve aanwas wordt in dit geval

$$\text{dus } \frac{\sum 1951-1955}{\sum 1946-1950}.$$

Deze relatieve aanwas is berekend per boom, niet per groep van bomen. Zet men deze relatieve aanwas grafisch uit tegen de aantastingsgraden, dan kan uit deze grafiek het bij elke graad van aantasting behorende verlies (op borsthoogte) afgelezen worden (zie fig. 8).

Op dezelfde wijze zijn uit de 79 stamschijven van de jaarscheut 1945 per boom de relatieve aanwaswaarden berekend. Uit deze waarden en de relatieve aanwaswaarden op borsthoogte zijn door interpolatie de relatieve aanwaswaarden op halve hoogte gevonden. Worden deze relatieve aanwaswaarden uitgezet boven de bijbehorende aantastingsgraden en door een kromme grafisch vereffend, dan zijn voor alle graden van aantasting de verlieswaarden op halve hoogte bekend en dus ook de correctie die aan de verliezen op borsthoogte aangebracht moet worden om de verliezen op halve hoogte – dus de massaverliezen – te krijgen.

Stelt in fig. 9 (Lierderbos 1912) de bovenste lijn de vereffende relatieve aanwaswaarden op halve hoogte voor dan is hieruit voor een aantasting van 50 % een verlies te berekenen van 37 % $\left(= \frac{1,44 - 0,90}{1,44} \right)$. Voor borsthoogte (onderste lijn in de figuur) wordt een verlies gevonden van 36 % $\left(= \frac{1,10 - 0,70}{1,10} \right)$. De correctiefactor bedraagt dus $\frac{37}{36} = 1,03$ (tabel 13).

2.5. Datering van de jaarringen

Voor het juist op jaartal brengen van de verschillende jaarringen kon bij het *Cephalcia*-onderzoek gebruik gemaakt worden van het donker lijntje in de jaarring van 1934. Bij de groveden was een soortgelijk kenmerk helaas niet te vinden, hoewel het hier veel urgenter was, omdat bij de groveden door zijn gering herstellingsvermogen veel vaker jaarringen ontbreken.

Voor het bepalen van het juiste jaartal van de ringen is bij de groveden als volgt te werk gegaan. In elke opstand zijn de heersende onaangetaste bomen het eerst onderzocht en van de opvallend smalle en brede ringen het jaartal bepaald, waarbij tevens van de veronderstelling is uitgegaan, dat in deze bomen alle jaarringen aanwezig zijn. Bij het merendeel der boommonsters bleken smallere ringen toe te behoren aan de jaren 1919–1921, 1931, 1935, 1940–1941, 1947. Het is mogelijk bepaalde groeiremmende factoren in het verleden aan te wijzen voor het ontstaan en deze smallere ringen. Zo zijn de smallere ringen 1919–1921 te wijten aan de hevige *Panolis*-plaag in 1919 (DE KONING, 1938); de smallere ringen van 1931 en 1947 aan respectievelijk de *Diprion*-plaag van 1930 (DE KONING, 1938) en het zeer droge jaar 1947, terwijl de smallere ringen van 1940 en 1941 mogelijk een gevolg zijn van de strenge winters van 1939/1940 en 1940/1941.

Deze opvallende ringen zijn ook in de andere boorspanen opgezocht en aan de hand daarvan is de al of niet volledigheid van deze boorspanen beoordeeld.

Het afwezig zijn van ringen op borsthoogte impliceert nog niet, dat deze ringen over de gehele boom afwezig zijn. NÄGELI (1935) vond, dat de werkzaamheid van het cambium in het voorjaar het eerst begint in de kroon en bij de wortelhals. Wordt nu door een ernstige insektenaantasting de werkzaamheid van het cambium stilgelegd, dan kan het voorkomen, dat op de beide bovengenoemde plaatsen reeds hout is gevormd en in de daar tussen liggende zone van de stam nog niet. Er ontstaat dan een

naar boven en een naar beneden „uit wiggende” houtmantel (*auskeilende Jahrringe*), die dus niet volledig is.

2.6. Invloed van de aantasting op de hoogtegroeï

Aanvankelijk werd gedacht dat de 79 gevelde bomen eveneens de gelegenheid boden om althans enig inzicht te verkrijgen in de hoogtegroeï vanaf 1946. Daar de jaarlijkse hoogtegroeï over de periode 1951–1955 meer dan eens tot zeer geringe afmetingen was teruggelopen en dus de mogelijkheid bestond dat de overgangen tussen opeenvolgende lengtescheuten niet steeds werden opgemerkt, was het noodzakelijk om een controle te hebben en deze werd gevonden in de stamschijf uit de veronderstelde jaarscheut 1945.

Bij de uitvoering van de lengtemetingen aan de 79 gevelde bomen bleek echter, dat bij vele bomen de topscheut was afgestorven of misvormd en de hoogtegroeï door een zijtak was overgenomen. De metingen na 1949 moesten dus bij vele bomen noodgedwongen uitgevoerd worden aan zijtakken. Daar het percentage gedwongen zijtakmetingen bij de aangetaste bomen veel hoger was dan bij de onaangetaste bomen, is verder van deze lengtemetingen afgezien. Ten einde enig inzicht te verkrijgen in de graad van de misvorming is wel van elke gevelde boom de jaarscheut genoteerd, waarbij de vertakking begint (tabel 17).

2.7. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen

De berekening van de financiële verliezen wijkt niet af van die bij het *Cephalcia*-onderzoek, zodat daarnaar moge worden verwezen.

De voor de berekening van de financiële verliezen benodigde houtprijzen zijn ontleend aan het Rapport van de Commissie Kostprijsberekening (1957).

Als opbrengsttafel is gebezigd de in 1955 verschenen uitgave van GRANDJEAN en STOFFELS.

Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is de financiële schade berekend volgens methode B. Een voorbeeld van schadeberekening volgens deze methode volgt hieronder.

Een 40-jarige grovedennelopstand (Boniteit III, GRANDJEAN en STOFFELS) wordt aangetast door *Diprion pini* L., zodanig dat een aanwasverlies wordt geleden van 2 jaren groei Na 5 jaren is de invloed op de bijgroei voorbij.

De onaangetaste opstand heeft op 45-jarige leeftijd voor de dunning een stamtal van 1580 met een massa van 179 m^3 , een grondvlak van $28,3 \text{ m}^2$ en een gemiddelde diameter op borsthoogte van 15,1 cm. Voor de aangetaste opstand is bij het zelfde stamtal de massa $179 - \frac{2}{5} \times (\text{massa-aanwas } 40-45 \text{ jaar}) = 179 - \frac{2}{5} \times 32 = 166,2 \text{ m}^3$ en het grondvlak $28,3 - \frac{2}{5} \times (\text{cirkelvlaktaanwas } 40-45 \text{ jaar}) = 28,3 - \frac{2}{5} \times 4,4 = 26,7 \text{ m}^2$ met een gemiddelde diameter van 14,7 cm.

Tabel 3 toont aan hoe verder het schadebedrag van f 560,— per hectare wordt gevonden.

TABEL 3. Verliesberekening volgens methode B

Opbrengst	Massa m ³ /ha	Massa -10 %	d _{1,30} in cm	Netto waarde op stam per m ³	Netto waarde per ha	Netto waarde per ha op 40-jarige leeftijd
				<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
E 45	Onaangetaste opstand/ <i>uninfested stand</i> 179	161,1	15,1	46,00	7411,—	6394,—
E'45 = E 43	Aangetaste opstand/ <i>infested stand</i> 166,2	149,6	14,7	45,20	6762,—	5834,—
						560,—
<i>Yield</i>	<i>Volume</i> m ³ /ha	<i>Volume</i> -10 %	<i>d</i> _{1,30} in cm	<i>Net standing</i> value per m ³	<i>Net standing</i> value per ha	<i>Net standing</i> value per ha discounted to the age of 40 years

TABLE 3. Calculation of financial loss according to method B

3. DE ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTENPLAGEN

Voor de beoordeling van de vraag, of een bestrijding van een insektenplaag economisch verantwoord is, zijn twee punten van bijzonder belang:

- 1e. Het aantal insektengeneraties dat als gevolg van één bestrijding op een onschadelijk niveau wordt gebracht;
- 2e. de kosten van de bestrijding per ha.

Het eerste punt is afhankelijk van het bestrijdingsmiddel en de insektensoort.

THALENHORST (1952) vond bij een bestrijding van de fijnsparrenbladwesp (*Lygaeone-matus abietinum* Htg.) met DDT- en HCH-preparaten, dat in het jaar na de bestrijding de populatiedichtheid weer even hoog was als bij het begin van de plaag. Hij meent daaruit de algemene conclusie te mogen trekken, dat de bestrijding met chemische middelen van zg. „Dauerschädlinge” niet wel mogelijk is en daarvoor langs ecologische weg een oplossing moet worden gezocht.

Voor de bij dit onderzoek betrokken insektensoorten t.w. *Cephalcia alpina* KLUG en *Diprion pini* L. zijn wij echter niet zo somber gesteld. Wij menen, dat bij gebruik van het juiste bestrijdingsmiddel wel voldoende effect is te bereiken. Daar deze insektensoorten ook het verschijnsel van „overliggen” kennen, is het echter geenszins uitgesloten, dat zij zich na 2 jaar resp. 2 generaties weder tot plaagdichtheid kunnen ontwikkelen. Daarom moet met de mogelijkheid rekening worden gehouden dat na deze periode de bestrijding zal moeten worden herhaald.

De bestrijdingskosten van de plaag per ha hangen van de omvang van de plaag en de wijze van bestrijding af. Wij beschikken, wat betreft Nederlandse omstandigheden en voor zover het *Diprion* en *Cephalcia* aangaat, alleen over gegevens over de bestrij-

dingskosten van de *Diprion*-plaag op de Veluwe. Daar zijn in 1951 1100 ha aangetaste opstanden uit een vliegtuig met een HCH-preparaat geneveld. De kosten bedroegen gemiddeld f 28,— per ha. (MAAN en MEYERINK, 1952).

De kosten van een effectieve chemische bestrijding van insektenplagen zullen momenteel in de regel niet boven f 50,— per ha uitgaan. Veiligheidshalve is dit bedrag als kostennorm voor onze economische beschouwingen aangehouden.

Wij willen nu naar bovengestelde normen de bestrijdingskosten van de *Cephalcia*-plaag in de lariksbossen bij Gieten alsook van de *Diprion*-plaag in de grovedennenbossen op de Veluwe bepalen.

Daar de *Cephalcia*-plaag 10 jaar voortduurde zouden daarvoor in het ongunstigste geval 5 behandelingen om de 2 jaar nodig zijn geweest. De contante waarde van de 5 behandelingen berekend op het begin van de aantastingsperiode wordt:
 $50(1,00 + 1,03^{-2} + 1,03^{-4} + 1,03^{-6} + 1,03^{-8}) = f\ 223,—$ per hectare. In alle lariksopstanden waar het verlies groter is dan f 223,— per hectare is bestrijding verantwoord.

De *Diprion*-plaag duurde 3 generaties. Maximaal zouden 2 behandelingen nodig zijn geweest om de plaag geheel te onderdrukken.

De contante waarde van deze 2 behandelingen, op dezelfde wijze als hiervoor berekend, wordt f 97,— per hectare. Alle opstanden met een zodanige aantastingsgraad dat een verlies geleden wordt van f 97,— of meer per hectare mogen bestreden worden.

In het bovenstaande is verondersteld, dat één behandeling de populatie van het insect gedurende twee generaties op een onschadelijk niveau zal houden. Een bestrijding is dan economisch verantwoord, wanneer de kosten van een behandeling geringer zijn dan de schade toegebracht door 2 generaties.

Bij toekomstige plagen is het optreden van een tweede generatie echter onzeker. Het is zeer goed mogelijk, dat tengevolge van een natuurlijke mortaliteitsfactor deze tweede generatie uitblijft.

Men loopt geen enkel risico, wanneer men eerst tot bestrijding overgaat wanneer de financiële schade van één generatie de bestrijdingskosten gaat overtreffen. Wanneer een gelijke kans aan het al dan niet optreden van de tweede generatie wordt toegekend, betekent dit dat een bestrijding — economisch gezien — verantwoord is, wanneer de schade van 1,5 generatie de bestrijdingskosten gaat overtreffen.

Om bij een opkomende insektenplaag snel te kunnen beoordelen, of een bestrijding economisch verantwoord is, is het gewenst tabellen of grafieken samen te stellen, waarmee men de te verwachten geldschade kan schatten.

De grootte van deze geldschade is afhankelijk van de houtsoort, de groeiklasse, de leeftijd van de aangetaste opstand en het aantal jaren bijgroeverlies.

Met het oog op de vele factoren, waarvan de geldschade afhankelijk is, zal men er niet aan kunnen ontkomen voor elke houtsoort en liefst voor twee groeiklassen afzonderlijke tabellen op te stellen.

In elk van deze tabellen of grafieken kan men dan de volgens methode B berekende geldschade opnemen met als ingangen: de leeftijd van de aangetaste opstand en het naar de aantastingsgraad te schatten aantal jaren bijgroeverlies.

Wat de leeftijd van de opstand betreft zullen intervallen van 10 jaren voldoende zijn. Voor het aantal jaren bijgroeverlies zijn waarden gekozen van $\frac{1}{4}$, 1 en 2 jaren. Voor tussenliggende waarden kan men dan interpoleren zie tabellen 9 en 18; grafieken 6 en 11).

III. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

1. RESULTATEN VAN HET *CEPHALCIA*-ONDERZOEK

1.1. *Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting*

Alvorens over te gaan tot de bespreking van de resultaten van het *Cephalcia*-onderzoek is een korte beschrijving van de proefopstanden alsmede vermelding van enkele gegevens van de aantasting hier op zijn plaats.

De lariksopstanden in Gieten en Schoonlo zijn voor het overgrote deel gelegen op dekzanden, fijnzandige gronden aldaar gedeponeed onder de invloed van sneeuwstormen (niveo-eolisch) tijdens de Würm-ijstijd. De gronden zijn dus van diluviale ouderdom. Dit dekzand ligt weer op een keileemlaag, die op verschillende plaatsen vrij dicht aan de oppervlakte komt. Onder deze keileem bevinden zich de vóór de Risz-ijstijd afgezette premorenale en fluviatile zanden. Plaatselijk is de keileemlaag geheel geërodeerd, zodat hier het dekzand direct op de premorenale zanden rust.

De bovenste grondlagen in Gieten en Schoonlo zijn dus fijnzandig, waardoor de vochthuishouding redelijk goed is. De gronden bij Schoonlo zijn over het algemeen iets vochtiger dan die bij Gieten, wat mogelijk toegeschreven kan worden aan de meer hogere ligging of het minder geërodeerd zijn van de keileemlaag bij Schoonlo. De gronden zijn te klassificeren als humuspodsolen al dan niet op leem met een uiteenlopend vochtgehalte (droog tot vochtig).

De gronden, waarop de lariksopstanden van Veenhuizen staan, zijn veenontginingsgronden.

In 1941 bleken verschillende opstanden min of meer ernstig aangetast te zijn door de spinselbladwesp *Cephalcia alpina* KLUG¹, een bladwesp, die in ons land nog nooit eerder schadelijk was opgetreden. De aantasting breidde zich in 1942 uit, om misschien in 1943 zijn hoogtepunt te bereiken. Daarna schommelde de aantasting tot en met 1948 sterk zonder evenwel in enig jaar geheel te ontbreken. Vanaf 1949 nam de aantasting sterk af; ze was in 1950 nog maar licht en in 1951 geheel verdwenen. De plaag heeft een natuurlijk einde gevonden, waarschijnlijk als gevolg van het optreden van parasieten (MINDERMAN, 1950) en van muizen. MINDERMAN vond, dat in 1950 bijna alle in de grond kruipende larven bezet waren met parasieteieren, die volkomen identiek waren aan die van *Ctenopelma luciferum* Grav en *Prosmoris* nov. spec., beide ichneumoniden.

Uit gegevens verzameld door KUIPER (1952) kan voor *Cephalcia alpina* KLUG de volgende bionomische formule worden opgesteld:

$$\frac{4.6 - 5.7^2}{6.5 + 4.6}$$

¹ Volgens R. BENSON (Brits Museum) betreft het hier niet *Cephalcia alpina* KLUG, maar de soort *Cephalcia annulata* HARTIG.

² In deze formule geven de cijfers boven de lijn en voor het - teken de maanden aan waarin het insect in het eistadium verkeert; de cijfers na het - teken geven de maanden waarin de larven en dus de vreterij voorkomt, terwijl de cijfers onder de lijn betrekking hebben op het pop- en het volwassen stadium.

1.2. De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte

De gevolgen van een insektenaantasting openbaren zich op twee wijzen: sterfte en groeiverliezen van de niet-gestorven bomen.

Sterfte kwam onder de lariks als gevolg van *Cephalcia* slechts sporadisch voor. In de zwaarst aangetaste opstanden in Gieten was deze sterfte over de gehele periode van 10 jaren niet meer dan 2 %. Dit dankt de lariks ongetwijfeld aan zijn vermogen nog hetzelfde jaar nieuwe naalden te vormen. De opstanden, die eind juni/begin juli geheel kaal stonden, waren medio augustus weer groen, ofschoon wel iets ijler dan normaal. Ook GRAHAM (1931) bericht over het grote herstellingsvermogen van de lariks. Zo waren bij *Larix laricina* K. KOCH na 4 opeenvolgende jaren met 75 % ontbladering de kronen slechts iets ijler geworden; wel was de aanwas aanmerkelijk kleiner.

Een bespreking van de resultaten kan dus beginnen met de beschouwing van de aanwaslijnen.

Zoals in het vorige hoofdstuk reeds vermeld, werden uit de in het veld gemeten buitendiameters en de op het laboratorium gemeten jaarringbreedtes per proefvlakte de gemiddelde oppervlaktes van de afzonderlijke jaarringen berekend in cm^2 . Van de proefvlakte van vak 22¹ is de aanwaslijn in fig. 2 gegeven. Ook van de andere proefvlakten zijn soortgelijke lijnen geconstrueerd. Uit deze grafieken blijkt dat tot 1940 de aanwas een stijgend verloop had; in 1941, dus het eerste jaar van de aantasting, vertoont de aanwas een scherpe daling, welke in de meeste gevallen een minimum heeft in 1943 en een volgend minimum in het droge jaar 1947. In 1951 heeft de groei weer het niveau bereikt van 1940. De sterke teruggang in groei in de jaren 1952 en 1953 mag gezien worden als een gevolg van de zware aantasting door het lariksmotje in 1952 (LUITJES en BLANKWAARDT, 1954).

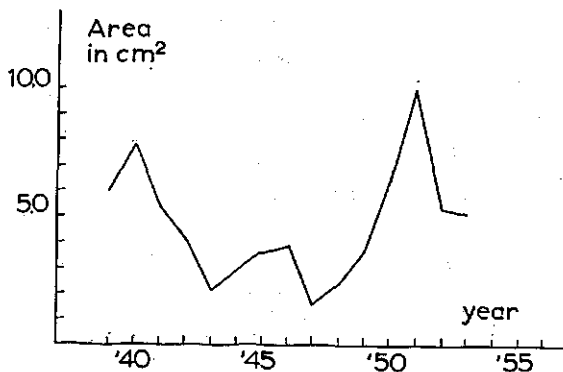


FIG. 2. Gemiddelde oppervlakte van de jaarringen op borsthoogte in de proefvlakte 22¹
Mean area of the annual rings at breast height in the sample plot 22¹

De aanwaslijn in fig. 2 toont aan dat in de zwaaraangetaste proefvlakte 22¹ de invloedsperiode zich tot en met het jaar 1950 uitstrekt. In het jaar 1951 mag de groei weer normaal genoemd worden.

Zoals in het vorige hoofdstuk reeds uiteengezet is per proefvlakte voor het bepalen

van de schade de gemiddelde aanwas gedurende de aantastingsjaren 1941–1950 uitgedrukt in de gemiddelde aanwas van de jaren 1939, 1940, 1951, 1952 en 1953. Voor het bepalen van de verliezen zijn deze waarden uitgezet tegen de bijbehorende aantastingen (zie figuur 3).

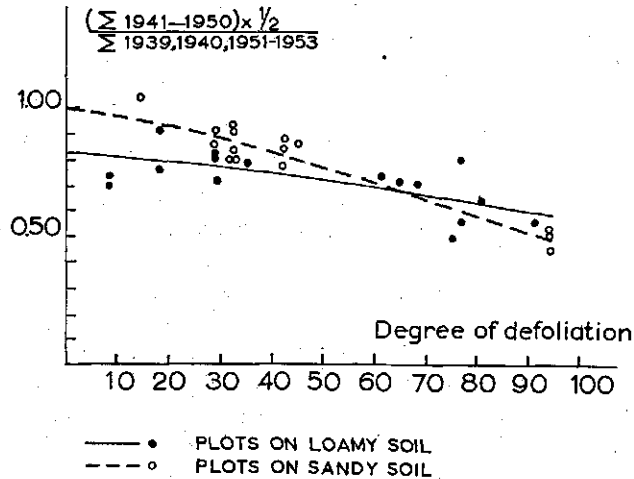


FIG. 3. Het verband tussen de relatieve aanwas en aantastingsgraad
The relation between the relative increment and the degree of defoliation

De op deze wijze voor verschillende groepen berekende verliezen (op borsthoogte) zijn, gesplitst naar zandgrond en leemgrond, in tabel 4 opgenomen.

TABEL 4. Aanwasverliezen in jaren op borsthoogte voor de gehele periode 1941–1950

Aantastings- graad (%)	1600 bomen per hectare		2200 bomen per hectare		3300 bomen per hectare (1928)		3300 bomen per hectare (1933/1934)
	z	l	z	l	z	l	
85	4,4	2,6	5,3	—	5,0	4,2	2,9
50	2,2	1,3	2,4	—	1,6	1,0	1,2
20	0,6	0,4	0,7	—	0,5	0,3	0,5
Degree of defoliation (%)	1600 trees per ha		2200 trees per ha		3300 trees per ha (1928)		3300 trees per ha (1933/1934)

TABLE 4. Increment losses in years, at breast height, for the whole period 1940–1950

z = zand/sand l = leem/loam

1.3. De massaverliezen

De in tabel 4 vermelde verliezen stellen voor de verliezen op borsthoogte. De verliezen mogen niet zonder meer beschouwd worden als representant van de verliezen voor de gehele boom.

Ter verkrijging van een betere indruk van het verlies voor de gehele boom is, zoals reeds in hoofdstuk II medegedeeld, in elke proefvlakte aan één gemiddelde boom het verlies bepaald op borsthoogte en op een hoogte gelijk aan de halve hoogte in het jaar 1945 (het midden van de plaagperiode). Op dezelfde wijze als hierboven aangegeven voor borsthoogte zijn voor deze halve hoogte voor de aantastingsgraden 20, 50 en 85 % de procentuele verliezen bepaald. Uit deze verliezen en de verliezen genoemd in tabel 4 is de correctie te berekenen, die op tabel 4 toegepast moet worden om de massaverliezen te benaderen.

Tabel 5 vermeldt de voor de verschillende groepen en aantastingsgraden berekende correctiefactoren; alle waarden liggen beneden 1, wat dus betekent dat hoger in de boom de geleden verliezen kleiner zijn dan op borsthoogte.

TABEL 5. Berekening en grootte van de correctiefactoren

Aantal bomen bij de aanleg	Aantastingsgraad (%)	Aanwasverlies (%)		Correctie factoren
		op 1,30 m	op halve hoogte	
1600	85	44	25	0,57
	50	35	19	0,54
	20	16	9	0,56
3300 (1928)	85	54	45	0,83
	50	12	11	0,92
	20	4	3	0,75
2200	85	54	45	0,83
	50	31	29	0,94
	20	12	12	1,00
Number of trees in the year of planting	Degree of defoliation	At 1.30 m	At half height	Correction factors
		Increment loss (%)		

TABLE 5. The correction factors and their calculation

TABEL 6. Massaverliezen van de verschillende groepen en aantastingsgraden voor de gehele periode 1941-1950

Aantastings- graad (%)	1600 bomen per hectare		2200 bomen per hectare		3300 bomen per hectare (1928)		3300 bomen per hectare (1933-1934)
	z	l	z	l	z	l	
85	2,5	1,5	4,4	3,3+	4,1	3,5	2,9
50	1,2	0,7	2,3	1,4+	1,5	0,9	1,2
20	0,3	0,2	0,7	0,4+	0,4	0,2	0,5
Degree of defoliation (%)	1600 trees per ha		2200 trees per ha		3300 trees per ha (1928)		3300 trees per ha (1933-1934)

TABLE 6. Volume losses of the different groups corresponding to the different degrees of defoliation for the whole period 1941-1950

+ verkregen door vergelijking met de groepen 1600 en 3300 (1928)
 + obtained by comparison with the groups 1600 and 3300 (1928)

De gecorrigeerde verlieswaarden, dus de massaverliezen in de verschillende groepen, staan vermeld in tabel 6.

In Gieten zijn de verschillende aantastingsgraden niet binnen dezelfde opstanden gevonden. De zwaar aangetaste proefvlakten liggen in geheel andere opstanden dan de licht aangetaste proefvlakten. Een tijdelijk optredende groeibevorderende invloed tijdens de plaag in de zwaar aangetaste opstanden zal, wanneer deze invloed in de licht aangetaste niet aanwezig is, een te lage verlieswaarde geven. Het omgekeerde is eveneens mogelijk.

In verband met deze mogelijk optredende storende invloeden, maar ook omdat het om praktische redenen gewenst is voor één aantastingsgraad slechts één verliespercentage te hebben, is het wenselijk nogmaals te middelen.

De aldus verkregen gemiddelden (tabel 7) bezitten dus nu geldigheid voor de algemene omstandigheden, zoals die in Gieten aanwezig waren. Dit waren aldaar:

- a. een boniteit II/III SCHÖBER en
- b. een aantasting van 15-23-jarige opstanden (leeftijd in het midden van de aantastingsperiode).

TABEL 7. Gemiddelde massaverliezen van de verschillende aantastingsgraden voor de gehele periode 1941-1950

Aantastingsgraad (%)	Massaverliezen in jaren ¹	
20	0,4	(0,2-0,6)
50	1,3	(1,0-1,8)
85	3,1	(2,0-3,8)
Degree of defoliation (%)	Volume losses in years ¹	

TABLE 7. Mean volume losses corresponding to the different degrees of defoliation for the whole period 1941-1950

¹ De waarden tussen haakjes geven de in die aantastingsklasse gevonden maxima en minima.

¹ The values in brackets indicate the maxima and minima found in that class of defoliation.

De tabellen 6 en 7 alsmede de grafiek 4 tonen aan:

1. dat zwaar aangetaste bomen verhoudingsgewijs meer lijden dan minder zwaar aangetaste bomen en
2. dat de verliezen op zandgrond groter zijn dan op leemgrond.

GRAHAM (1931) en ook MINOTT en GUILD (1925) vonden evenwel bij hun proeven verliezen die recht evenredig waren met het ontbladeringspercentage.

Ook MICKÉ (1902) vond op de betere gronden geringere verliezen. MARCUS (1942) daarentegen vond op de betere gronden (in dit geval veengronden) grotere verliezen dan op de slechtere (zandgronden).

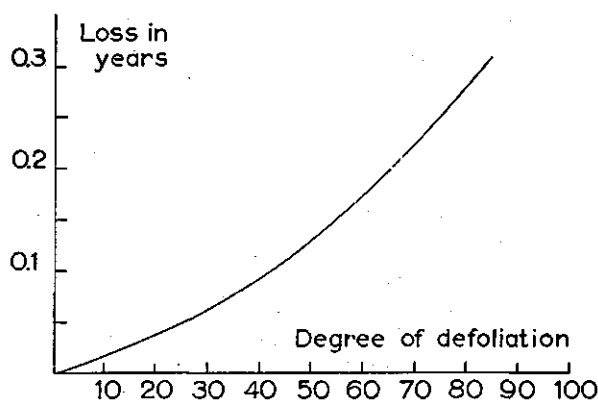


FIG. 4. Het verband tussen de aantastingsgraad en het massaverlies in jaren, voor de boniteit II/III SCHOBER (leeftijd ± 20 jaar)
The relation between the degree of defoliation and the volume loss in years, for the quality class II/III Schober (Age ± 20 years)

1.4. Het massaverlies bij een enkele aantasting

De verliezen gegeven in tabel 7 zijn geldig voor een 10 jaar durende aantasting. Zoals aangegeven in het vorige hoofdstuk zal bij toekomstige plagen de schade veroorzaakt door 1,5 generatie, gesteld worden tegenover de kosten van een bestrijdingsactie. Het is dus van belang de verliezen te kennen van één enkele aantasting. Voor dit doel was de *Cephalcia*-aantasting van 1941–1950 als basismateriaal niet in alle opzichten ideaal. Ten eerste duurde de plaag 10 jaar en behoeft het verlies bij een één jaar durende aantasting geenszins het 1/10 deel te zijn van de in tabel 7 gegeven verliezen (SCHWERDTFEGER, 1932). Ten tweede waren in Drente niet de aantastingsgraden van alle jaren tussen 1941 en 1950 bekend, maar van deze periode slechts de jaren 1943, 1945, 1947 en 1948.

Gezien het grote herstellingsvermogen van de lariks, wat mede tot uiting komt in het feit, dat in het eerste jaar na de plaag (1951) al geen invloed meer merkbaar is op de breedte van de jaarring, is over deze bezwaren heengestapt en zullen de verkregen gegevens ook aangewend worden voor verliesberekeningen bij éénmalige aantastingen. Dit wil dus zeggen, dat tabel 7 ook gebruikt zal worden voor een éénmalige aantasting; een vreterij van 50 % betekent dus in dit geval een verlies van 0,13 jaar (zie figuur 4).

Figuur 4 is berekend uit ± 20 -jarige bossen behorende tot de boniteit II/III. Voorlopig zal deze grafiek ook voor de andere boniteiten en leeftijden aangehouden moeten worden, maar het moet als wenselijk beschouwd worden bij een soortgelijk onderzoek in de toekomst, de andere leeftijden en boniteiten daarin te betrekken.

1.5. Mogelijke oorzaak van het optreden van *Cephalcia*

Behalve in Gieten zijn ook nog in Schoonlo en Veenhuizen enkele boringen verricht. Deze boringen hebben voor het onderzoek niet die betekenis als de boringen in Gieten, omdat voor deze bossen slechts een algemene aanduiding voor de graad van

aantasting bekend is (b.v. kaalvreterij, geen vreterij). De reden waarom de resultaten hier toch vermeld worden is gelegen in het feit dat mogelijk één van de oorzaken van het optreden van de *Cephalcia* in Drente erdoor verduidelijkt wordt.

In Schoonlo duurde, evenals in Gieten, de plaag van 1941–1950. De aanwaslijnen van de vakken 39 en 68 te Schoonlo (dit zijn de vakken, waar in Schoonlo de aantasting het zwaarst was en die m.i. mogen worden vergeleken met de vakken 32 en 40 te Gieten) hebben ongeveer hetzelfde verloop als in Gieten de vakken 32 en 40 met dit kenmerkende verschil evenwel dat de jaarling 1947 in de vakken te Schoonlo geen smalle ring is, daarentegen wel het jaar 1949. Het jaar 1949 was in de vakken 19 en 29 te Schoonlo (vergelijkbaar ongeveer met vak 1 te Gieten) ook weer smal, maar hier was ook 1947 smal. Overigens vertoont het algehele beeld van de vakken 19 en 29 te Schoonlo wel overeenkomst met vak 1 Gieten. Het jaar 1949 is inderdaad een droog jaar geweest; waarom dit in Gieten nergens tot uiting is gekomen is niet bekend.

In Veenhuizen duurde de aantasting van 1946 tot 1950. De aanwaslijnen van het onaangetaste en het zwaar aangetaste bosgedeelte zijn weergegeven in fig. 5.

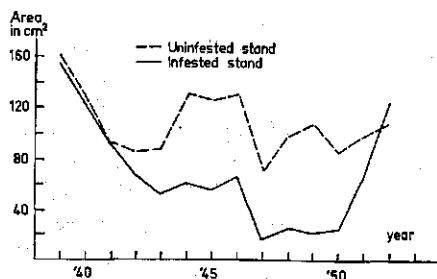


FIG. 5. Gemiddelde oppervlakte van de jaarringen op borsthoogte in Veenhuizen
Mean area of the annual rings at breast height in Veenhuizen

De beide grafieken van fig. 5 openen de mogelijkheid voor de navolgende beschouwing. Uit deze grafieken zou de conclusie getrokken kunnen worden dat de groeikracht van de boom bepalend is geweest voor het optreden van *Cephalcia*. In de aangetaste zowel als in de niet aangetaste bossen liep de groei van 1940 tot 1943 naar beneden als gevolg van een of andere groeiremmende factor. Vervolgens is over de jaren 1944–1946 in de groei van het niet aangetaste bos een stijging ingetreden met daarna van 1946 tot 1950 geen *Cephalcia*-aantasting, terwijl in het andere bos, waar in de jaren 1944–1946 de groei zich niet heeft hersteld maar op het niveau van 1943 is gebleven, in 1946 een ernstige vreterij van *Cephalcia* is opgetreden. Precies hetzelfde heeft HESSELING (1928) geconstateerd ten aanzien van de *Panolis*-plaag van 1919 in de grovedennenbossen van Austerlitz. Hij zegt dat bij het jaarlingonderzoek bleek dat de bossen, waarin de plaag woedde, reeds vanaf 1908 kwijnden; dat daarentegen de in deze bossen groen gebleven bomen van 1908 tot 1913 ook smalle ringen hadden, maar na 1913 zich weer hersteld hadden.

De uitkomsten in de vakken 1d, 2 en 36 van Gieten zijn goed in overeenstemming met de hierboven geopperde mogelijkheid, namelijk dat de groeikracht van de bomen

mede bepalend is geweest voor het optreden van *Cephalcia*. De aanwaslijnen van deze vakken vertonen bij een vrij lichte aantasting een vrij sterke teruggang in groei gedurende 1940–1943. Dit zou erop kunnen wijzen, dat er een andere, vrij sterk groei-remmende factor werkzaam is geweest. Mogelijk dat de strenge winters van 1940 en 1941 samen met de droge mei en juni maanden van 1939–1942 $\left(\frac{\text{Neerslag}}{\text{Temperatuur}} = 4,1, 4,7, 4,0 \text{ en } 5,3 \text{ tegenover } 7,7, \text{ als gemiddelde van de hele periode } 1932\text{--}1951 \right)$ deze groei-vermindering hebben bewerkt. Een feit is dat ook de groveden in Nederland in de jaren 1940 en 1941 over het algemeen een slechte groei heeft gehad.

Tot een zelfde uitspraak komen KRAHL-URBAN, LIESE en SCHWERDTFEGER (1944); zij zochten naar de oorzaak van het „Eichensterben” in de houtvesterij Hellefeld (Polen) en vonden bij eik een duidelijk verminderde jaarringbreedte gedurende de jaren 1939–1941, wat zij toeschreven aan de strenge winters.

Het volgende moge in dit verband tevens nog vermeld worden. Vermoedelijk zijn de weersomstandigheden in de maanden mei en juni (imago, eistadium, eilarven-stadium) van groot belang voor het insekt. Vochtig, koud weer kan de eiafzetting sterk remmen (MINDERMAN, 1950) en beïnvloedt mogelijk ook de ontwikkeling van de eilarven in ongunstige zin. De jaren 1939–1942 zijn dus mogelijk gunstige jaren geweest voor de ontwikkeling van *Cephalcia* en ongunstige jaren voor een krachtige groei van de lariks.

1.6. De financiële verliezen

De berekening van de gevonden verliezen (tabel 7) kan uiteraard niet het einde zijn van dit onderzoek. De gevolgen van een insektenplaag moeten aangegeven worden in guldens per hectare en niet alleen in procenten of aantallen jaren aanwasverlies.

Voor vak 32/40 (het haardgebied van *Cephalcia* in Gieten) is op de wijze als aangegeven in het voorbeeld van het eind van Hoofdstuk II, paragraaf 2, dit financiële verlies bepaald.

Dit vak heeft in de jaren 1941–1950 een massaverlies geleden van 3,5 jaren groei, wat overéénkomt met een financieel verlies van $\pm f 1500,-$ per hectare (tabel 8).

Volgens hoofdstuk II paragraaf 3 is een bedrag van maximaal f 223,— per hectare voldoende om de gehele aantasting (10 jaar) te voorkomen. Dit wil dus zeggen dat een chemische bestrijding in vak 32/40 meer dan verantwoord zou zijn geweest.

1.7. Toepassing van gevonden resultaten

Het zojuist berekende schadebedrag heeft betrekking op een aantasting in het verleden. Wanneer in de toekomst aanwijzingen aanwezig zijn die duiden op een nieuwe aantasting van de lariks door *Cephalcia*, dan moet snel het bij elk verwacht aantastingspercentage behorende financiële verlies bepaald kunnen worden. Om hiertoe in staat te zijn, zijn de financiële verliezen bij $\frac{1}{4}$ jaar en 1 jaar aanwasverlies berekend. De uitkomsten van deze berekening zijn, voor 2 boniteiten, in de tabel 9 samengevat.

Uit deze waarden is graf. 6 geconstrueerd. Deze toont aan dat de verliezen variëren met de leeftijd m.a.w. dat een vreterij van x % op 20-jarige leeftijd van het bos een

TABEL 8. Financiële verliezen in het vak 32/40 te Gieten

Opbrengst	Massa m ³ /ha	Massa -10%	d in cm	Netto waarde op stam per m ³	Netto waarde per ha	Netto waarde per ha op 15- jarige-leeftijd
	Onaangetaste opstand/ <i>uninfested stand</i>			<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
D 20	25	22,5	7,7	18,60	419,—	362,—
E 25	186	167,4	13,0	39,20	6562,—	4882,—
	Aangetaste opstand/ <i>infested stand</i>					5244,—
D'20	21	18,9	7,3	16,50	312,—	269,—
E'25	144,5	130,1	11,9	35,60	4632,—	3446,—
						3715,—
						1529,—
<i>Yield</i>	<i>Volume m³/ha</i>	<i>Volume -10%</i>	<i>d in cm</i>	<i>Net standing value per m³</i>	<i>Net standing value per ha</i>	<i>Net standing value per ha, discounted to the age of 15 years</i>

TABLE 8. Financial losses in the stand 32/40 at Gieten

TABEL 9. Financiële verliezen in guldens bij een massaverlies van $\frac{1}{4}$ en 1 jaar

	Boniteit					
	II			I		
	Leeftijd waarop vreterij					
	15	20	30	15	30	
Aanwas verlies						<i>Volume loss</i>
1 jaar	407	517	591	619	874	<i>1 year</i>
$\frac{1}{4}$ jaar	102	128	148	155	219	<i>$\frac{1}{4}$ year</i>
	<i>Age at which defoliation</i>					
	II			I		
	<i>Quality class</i>					

TABLE 9. Financial losses in guilders corresponding to volume losses of $\frac{1}{4}$ and 1 year

ander financieel verlies geeft dan een vreterij van x % op 30-jarige leeftijd, vooropgesteld dat de vreterij van x % in beide gevallen een gelijk aanwasverlies geeft.

Een bestrijding is verantwoord wanneer de hieraan verbonden kosten lager liggen dan het financiële verlies behorende bij de vreterij van 1,5 generatie (Hoofdstuk II, par. 3).

Voor een lariksbos van 20 jaar en boniteit II blijkt een financieel verlies van f 50,—

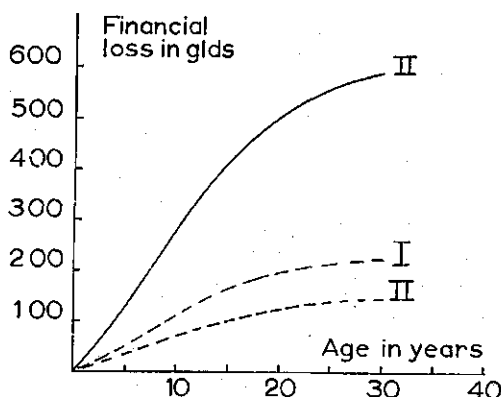


FIG. 6. Het verband tussen de leeftijd van de opstand en de financiële verliezen, die behoren bij massaverliezen van I (—) en $\frac{1}{2}$ (---) jaar voor de boniteiten I en II SCHÖBER
 The relation between the age of the stand and the financial losses corresponding to volume losses of I (—) and $\frac{1}{2}$ (---) year for the quality classes I and II Schöber

te behoren bij een aanwasverlies van $\pm 0,10$ jaar (grafiek 6); volgens grafiek 4 is een verlies van 0,10 jaar een gevolg van een vreterij van 40 %. Dit betekent dus dat, wanneer uit de dichtheid van de populatie een verwachte vreterij van meer dan 30 % $\left(\frac{40 + 20}{2}\right)$ mag worden aangenomen, deze populatie bestreden mag worden.

Voor de boniteit I verschuift deze grenswaarde van 30 % naar 20 %.

Bovendien blijkt uit grafiek 6 dat in een oud bos eerder bestrijdingsmaatregelen moeten worden genomen dan in een jong bos.

Met eventuele schadelijke nevenwerkingen (HOFFMAN en MERKEL 1948, SOLOMON 1955, MASSEE 1953) die mogelijk op een chemische bestrijding kunnen volgen (de inductie van nieuwe plagen) is bij de vaststelling van deze limietwaarden geen rekening gehouden en wel om reden dat dergelijke schadelijke nevenwerkingen in Nederland in de bosbouw vermoedelijk niet spoedig zullen optreden.

De in deze studie verkregen resultaten mogen alleen maar toegepast worden op insecten, die een soortgelijke levenswijze bezitten als *Cephalcia alpina* KLUG, vooral wat betreft het tijdstip van vreten. Een ernstige vreterij door b.v. de jonge larven van het larksmotje in september/oktober zal weinig of geen aanwasverlies geven omdat de larkis voor het lopende jaar reeds zijn groei afgesloten heeft en deze naalden het jaar daarop toch niet meer voor assimilatie aanwezig zijn (volgens de onderzoeken van SCHANS en VAN SOEST (1952) is nl. de diktegroei zowel als de hoogtegroei van de Japanse larkis in de tweede helft van september beëindigd).

PARAMONOV vond dat 80–100 % bladverlies bij de beuk door vreterij van *Dasychira pudibunda* L. geen aanwasverliezen veroorzaakte, afgezien van een klein verlies (8,4 %) in het bovenste deel van de stam. Vermoedelijk is dit geringe verlies toe te schrijven aan het late tijdstip waarop de vreterij begint (aangehaald uit SCHWERDT-FEGER, 1944: Die Waldkrankheiten). Tot dezelfde uitkomst komt ook SCHNEIDER

(1954). Een 90 % kaalvreterij van „volwassen” beuk door *Dasychira pudibunda* L. veroorzaakte slechts een massaverlies van 7-13 %.

2. RESULTATEN VAN HET *DIPRION*-ONDERZOEK

2.1. Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting

Ook deze paragraaf zal aanvangen met een korte beschrijving van de proefopstanden en vermelding van enkele gegevens van de aantasting.

Zoals aangegeven in hoofdstuk II is het onderzoek naar de schade veroorzaakt door *Diprion pini* L. in 1950 en 1951 uitgevoerd op de Veluwe en in de Achterhoek.

De proefbossen Lierderbos 1910 en 1912 zijn gelegen op stuifzand, afgezet op gedeeltelijk afgestoven, gestuwd preglaciaal. Het bodemtype kan omschreven worden als licht humeus tot humusarm stuifzand van wisselende dikte (20-80 cm) op een plaatselijk al dan niet geërodeerd lemig humusijzerpodsol. De grond is droog tot plaatselijk matig vochtig, terwijl de kruidenvegetatie bestaat uit mossen plaatselijk met bosbes. In beide opstanden bevinden zich een aantal kleine opgestoven hoogten, waarop een lichte begroeiing van eikestruiken voorkomt. Volgens een kaart van Maarleveld (SCHELLING, 1955), waarop het voorkomen van stuifzanden en dekzanden op de Veluwe staat aangegeven, strekt zich ten zuidwesten van Beekbergen een jong stuifzandgebied uit; de beide hierboven genoemde proefbossen zijn gelegen in de oostelijke helft van dit gebied, op circa 1,5 km ten zuiden van Beekbergen.

De drie proefbossen Limburger, Laar en Zambos zijn gelegen in het Loenense Bos, ongeveer 1,5-2 km ten zuidwesten van Loenen (Veluwe). Volgens de zojuist genoemde kaart liggen deze proefvelden op gestuwd preglaciaal. Het bodemtype is een lemig tot zeer lemig humusijzerpodsol; vochtklasse droog. De kruidenvegetatie bestaat voornamelijk uit mossen en bosbes. Het terrein is vlak, uitgezonderd het Zambos, dat een enigszins golvend karakter draagt. In deze bossen is vrijwel geen struikenondergroei aanwezig.

Het proefbos te Velhorst (5 km ten westen van Lochem) is gelegen op licht golvend terrein, heeft geen ondergroei, terwijl de kruidenvegetatie voornamelijk bestaat uit mossen, plaatselijk licht gemengd met heide. De geologische formatie is dekzand, waarin zich een humuspodsol heeft ontwikkeld.

In het vroege voorjaar van 1952 werden in de opstanden, waarvan in tabel 10 enkele opstandskennmerken zijn vermeld, 492 proefbomen uitgezocht. Dit aantal is helaas gedurende de jaren 1952-1955 tot bijna de helft teruggebracht als gevolg van vervroegde kap (de opstanden Sprengenberg Oost en West, Dieren Oost en West) en stormschade (Zambos).

Een enkele opmerking over het verloop van de aantasting, ontleend aan de beschrijving die ELTON c.s. (1955) van deze plaag geven, is hier op zijn plaats. Deze auteurs vermelden, dat in het voorjaar van 1950 zich de eerste tekenen voordeden van een mogelijk opkomende plaag. De tweede generatie¹ van 1950 veroorzaakte op

¹ *Diprion pini* L. heeft in Nederland twee generaties. De bionomische formule is als volgt:

$$\frac{4.5 - 5.7}{6.7 + 7.8} \times \frac{8 - 9.10}{10.4 + 4.5}$$

Vreterij vindt dus plaats in de maanden mei-juli en september-oktober.

TABEL 10. Enkele gegevens van de grovedennelopstanden op de Veluwe en in de Achterhoek

Proefvlakte	Jaar van aanleg	Aantal bomen per hectare in 1952	Gem. diam. in 1952 in cm	Gem. hoogte in 1950 in m	Boniteit in 1950
<i>Veluwe</i>					
Lierderbos	1910	944	17,2	14,70	2,0
Lierderbos	1912	1240	15,0	13,50	2,4
Limburger	1910	1780	13,3	13,00	2,8
't Laar	1926	2638	9,0	8,50	2,9
Zambos	1905		19,0	16,40	2,0
Dieren Oost	± 1906	930	15,9		
Dieren West	± 1906	1125	14,6		
<i>Achterhoek</i>					
Velhorst	1901	1650	13,4	13,80	3,4
Sprengenberg Oost	± 1910	1400	13,4	± 10,00	
Sprengenberg West	± 1910	1375	13,0	± 10,00	
<i>Sample plot</i>	<i>Year of planting</i>	<i>Number of trees per ha in 1952</i>	<i>Mean diam. in 1952 in cm</i>	<i>Mean height in 1950 in m</i>	<i>Quality class in 1950</i>

TABLE 10. Relevant data concerning the Scots pine stands of the „Veluwe” and the „Achterhoek”

vele plaatsen, vooral in het gebied Haarle-Holten (hierin liggen de proefbossen Sprengenberg Oost en West), reeds ernstige schade; op de Veluwe was de tweede generatie ook duidelijk talrijker dan de eerste doch in mindere mate dan in het gebied Haarle-Holten.

In 1951 breidde de plaag zich verder uit om tijdens de tweede generatie zijn hoogtepunt te bereiken. Hoewel, aldus de schrijvers, medio 1951 de parasitering van de zomercocoons, zowel als die van de eieren van de tweede generatie van 1951 door de chalcicide *Achrysocharella ruforum* KRAUSSE schommelde tussen 40–80 % (beide waarden voor de zone 0,1–2,5 meter boven de grond), moet de uiteindelijke onderdrukking van de plaag echter toegeschreven worden òf aan de omstreeks half oktober 1951 op grote schaal optredende larven-infectieziekte, òf aan de werking van de bovengenoemde eiparasiet in de 1e generatie van 1952. In het jaar 1952 is er dus geen vreterij meer geweest (LUITJES en BLANKWAARDT, 1954).

Vroegere ernstige aantastingen van deze bladwesp in Nederland hadden plaats in 1930 (DE KONING, 1938), 1937–1940 (BESEMER, 1942) en 1943–1944 (VOÛTE, 1944).

2.2. De sterfte onder de proefbomen

Het gevolg van de *Diprion*-aantasting bestond, behalve uit groeiverliezen, uit sterfte van een deel der aangetaste bomen.

Zoals in het tweede hoofdstuk reeds vermeld, zijn gedurende de jaren 1952–1955 elke drie maanden de proefbomen gecontroleerd, waarbij telkens de grootte van eventuele sterfte werd vastgelegd.

TABEL 11. Sterftepercentage onder de aangetaste proefbomen

	Lierderbos 1910 Lierderbos 1912 Limburger Laar Velhorst				Sprengenber Oost Sprengenber West Dieren Oost Dieren West				Number of infested trees
	Totaal	Licht	Matig	Zwaar	Totaal	Licht	Matig	Zwaar	
	120	33	45	42	154	—	13	141	
	Total	Lightly	Moderately	Heavily	Total	Lightly	Moderately	Heavily	
	Totaal	Sterfte in procenten			Totaal	Sterfte in procenten			
Sterfte tot medio 1953	2	0 0%	0 0%	2 5%	33	— —	1 8%	32 23%	
Sterfte tot eind 1955	12	1 3%	1 2%	10 24%	— —	— —	— —	— —	
	Total	Percentage mortality			Total	Percentage mortality			

TABLE 11. Percentage mortality among the infested trees

De sterftecijfers verkregen in de zwaar aangetaste opstanden verschillen duidelijk van die in de minder zwaar aangetaste. De eerste groep omvat die opstanden, waar de aantasting als geheel zo zwaar was, dat geen onaangetaste bomen konden worden gevonden; in de laatste groep waren naast aangetaste bomen ook onaangetaste bomen aanwezig.

De sterfte onder de proefbomen in de groep zwaar aangetaste opstanden (Sprengenberg Oost en West, Dieren Oost en West) kon slechts gevolgd worden tot medio 1953; op dit tijdstip werd door de eigenaren tot velling besloten.

Tabel 11 geeft de in de verschillende proefbossen onder de aangetaste bomen opgetreden sterfte. De sterfte onder de 113 niet aangetaste proefbomen bedroeg slechts 1 %; deze sterfte is in deze tabel reeds in mindering gebracht.

Uit deze tabel blijkt dat in de opstanden waar in 1952 geen onaangetaste bomen gevonden konden worden, dus de zwaarst aangetaste opstanden, het sterftepercentage het grootst is.

Deze veel hogere sterfte onder de proefbomen in deze opstanden moet mogelijk gezien worden als een gevolg van het feit dat de opstand zijn boskarakter (b.v. microklimaat) tijdelijk grotendeels heeft verloren, zodat bepaalde invloeden (zoals b.v. wind, zonbestraling) tot voor het bos extreme waarden konden inwerken. In de andere bossen, waar zwaar aangetaste zowel als niet aangetaste bomen naast elkander voorkomen, wordt de inwerking van deze nadelige invloeden op de aangetaste bomen door de aanwezigheid van de onaangetaste bomen verzwakt.

Hoewel het hier slechts een éénmalige waarneming betreft, zou het zeer goed mogelijk kunnen zijn dat het voor de lariks verkregen resultaat n.l. dat zwaar aangetaste bomen relatief meer te lijden hebben dan minder zwaar aangetaste (zie fig. 4), voor de groveden in die zin gewijzigd zou mogen worden, dat voor bomen van een bepaalde aantastingsgraad de schade groter is naarmate de aantasting sterker over de opstand is verbreid.

De sterfte blijkt zich vooral te concentreren op de aantastingsklasse „zwaar”. Tussen de drie klassen „licht”, „matig” en „zwaar” van de minder zwaar aangetaste bossen bestond eind 1955 een sterfteverhouding van 1:1:8 (afgerond).

Hetzelfde vond EVENDEN (1940). In zijn aantastingsklasse „zwaar” bedroeg de sterfte 31%, terwijl in zijn klassen „matig” en „licht” geen sterfte optrad. Ook KINGHORN (1954), die tot 1950 de sterfte van *Tsuga heterophylla* SARG. onderzocht na een aantasting in 1943 door de Hemlock looper (*Lambdina fiscellaria* ssp. *lugubra* Hbst.), vond een sterfteverhouding bij 20,40 en 80% ontbladering van 1:2:8.

De sterfte was het grootst in 1953, om daarna geleidelijk af te nemen. Het jaarringpatroon van enkele van de nog in 1956 levende bomen deed vermoeden dat deze alsnog dood zouden zijn gegaan; deze bomen zijn in de tabel 11 opgenomen.

De gedurende de jaren 1952 t/m 1955 opgetreden sterfte was in vele gevallen niet vooruit te voorspellen. Meer dan eens werd de indruk verkregen dat herstel ingetreden was (beoordeeld naar het weer groen worden van de kroon), terwijl toch later bleek dat de bomen stierven. Een herstel van de bomen in de zin van een weer toenemend groen worden („Wiederbegrünung”, LIESE 1933), dient dan ook gescheiden gehouden te worden van een herstel in de zin van een weer toenemen van de houtaanwas („Wie-

dererholung", LIESE 1933). Uitsluitel over herstel in laatstgenoemde zin verschaffen de uit de boringen berekende aanwaswaarden en de daaruit geconstrueerde aanwaslijnen.

Een weer groen worden van de bomen (herstel in eerstgenoemde zin) betekent nog niet een herstel in laatstgenoemde zin. De bomen zullen wanneer zij kaalgevreten worden, na de plaag al hun reserves aanwenden om de gevolgen van de plaag zo spoedig mogelijk te boven te komen. Het is m.i. zelfs niet uitgesloten dat de boom direct na aanwending van deze reserves het meest gevoelige stadium heeft bereikt. De indruk wordt gevestigd dat de bomen zich herstellen, terwijl ze in werkelijkheid juist een crisis doormaken. De gehele nawerkingsperiode is, zo mag worden aangenomen, een gevoelige periode. Zo kan de invloed van een bepaalde factor, die in normale gevallen de boom niet of nauwelijks beïnvloedt, in deze periode een geheel ander, vaak ongunstiger effect bewerken. LIESE (1933), die de *Panolis*-plaag van 1922-1924 in Duitsland beschrijft, noemt als een gevolg van de zware vreterij een stijgen van de grondwaterstand; toen in 1926 bovendien nog veel neerslag viel, betekende dit een te hoge grondwaterstand, waarvan een extra sterfte onder de groveden het gevolg was. De door LIESE gevonden sterfte zou dus, wanneer er in 1926 geen zware regenval was geweest, een andere waarde hebben gehad. Dit wil dus ook zeggen dat de in tabel 11 gegeven sterftepercentages, alsmede de uiteindelijk gevonden verlieswaarden, (tabel 14) ook bepaald worden door de weersgesteldheid tijdens de jaren 1951-1955. Een andere weersgesteldheid kan dus andere verlieswaarden veroorzaken.

Het voorgaande impliceert eveneens dat de wijze van verliesberekening, zoals die in dit onderzoek (en dit geldt natuurlijk ook voor het *Cephalcia*-onderzoek) is gevolgd, mogelijk niet geheel goed is, juist omdat de invloed van de weersgesteldheid tijdens de jaren 1951-1955 op de aangetaste bomen mogelijk anders (groter) is geweest dan de invloed van dezelfde weersgesteldheid op de onaangetaste bomen. Dit betekent dan dat de gevonden verlieswaarden te groot zullen zijn en derhalve de grens bestrijden/niet bestrijden te laag.

De weerstand, die de boom in de nawerkingsperiode kan stellen, tegenover elke secundaire beschadiging (bastkever, schimmel) is verminderd; zo ooit, dan moet nu bijzondere aandacht geschonken worden aan een goede verzorging van het bos (b.v. ruim voldoende vangstammen tegen de dennenscheerder).

2.3. De cirkelvlakeverliezen op borsthoogte

De in tabel 11 gegeven sterftepercentages vormen slechts een deel van de schade. Al de niet gestorven bomen vertonen aanwasverlies en wel in des te groter mate naarmate de aantasting heviger was. Alvorens dit verlies te berekenen, zullen eerst de aanwaslijnen nader beschouwd worden.

Beschouwen we eerst de aanwaslijn (fig. 7) behorende bij de niet aangetaste bomen en vergelijken we deze met die van de andere proefbossen, dan blijkt deze in alle onderzochte proefbossen hetzelfde algemene verloop te hebben nl. een maximum in 1945, een minimum in 1947 (droog jaar), daarna een weer oplopen tot 1950, een weer dalen tot 1952 en vervolgens een weer stijgen tot 1955. Merkwaardig in deze lijn is het weer dalen gedurende de periode 1950-1952, waar het hier gaat om niet door *Diprion* aan-

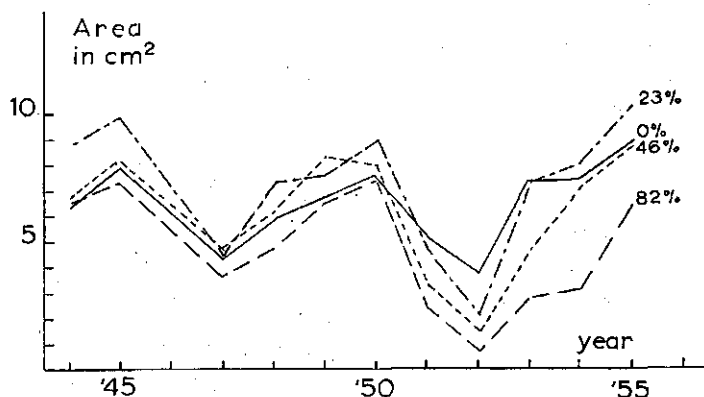


FIG. 7. Gemiddelde oppervlakte van de jaarringen op borsthoogte in de vier aantastingsklassen (Lierderbos 1912)

Mean area of the annual rings at breast height in the four classes of defoliation (Lierderbos 1912)

getaste bomen. Hiervoor zijn twee oorzaken mogelijk. Het kan zijn, dat in 1950 of 1951 een of andere onbekende factor werkzaam is geweest, die in 1952 een minimum heeft veroorzaakt. Het zou ook mogelijk kunnen zijn dat dit minimum toch nog een gevolg is van de *Diprion*-aantasting, ondanks het feit dat deze bomen destijds als onaangetaste bomen zijn geklassificeerd. Een dergelijke foutieve klassificering zou mogelijk zijn wanneer door het ontbreken van werkelijk onaangetaste bomen, men die met de meest volle kronen als zodanig heeft geklassificeerd. Daar *Diprion* evenwel in kolonies optreedt, waardoor zelfs lichte vreterij al gauw opvalt, kan deze mogelijkheid gevoegelijk uitgesloten worden geacht. De daling is bovendien zo groot dat, wanneer vreterij hiervan de oorzaak zou zijn geweest, de aantastingsgraad minstens enkele tientallen procenten zou moeten hebben bedragen, wat zeker opgemerkt zou zijn. Wanneer de plaag van 1951 aan *Panolis* zou moeten worden toegeschreven (*Panolis* vreet solitair en dus is de vreterij meer over de boom verspreid) dan zou het wel mogelijk kunnen zijn, dat bomen met een lichte tot zeer lichte vreterij geklassificeerd zijn als onaangetast. Er blijft dus m.i. geen andere mogelijkheid over dan het optreden van een onbekende groeiremmende factor aan te nemen.

In de figuur 7 en ook in de hier niet weergegeven grafieken voor de andere proefbossen vertonen de aanwaslijnen voor de aangetaste bomen een zelfde verloop als de aanwaslijn van de onaangetaste bomen. Het minimum valt ook hier niet in 1951, maar in 1952, één jaar ná de plaag. De aanwaslijnen van de aangetaste bomen tonen verder aan, dat de groei in de jaren daarna zich geleidelijk hersteld heeft, waardoor in het jaar 1956 waarschijnlijk in het overgrote deel der gevallen de normale aanwas wel weer bereikt zal zijn. Het tijdstip van boren kon dus zeker niet vroeger gekozen worden dan eind 1955.

Zoals reeds aangegeven in hoofdstuk II is voor de afzonderlijke bomen de gemiddelde groei van de jaren 1951–1955 uitgedrukt in een percentage van de gemiddelde groei tijdens de jaren 1946–1950. Voor het Lierderbos 1912 zijn in fig. 8 deze relatieve aan-

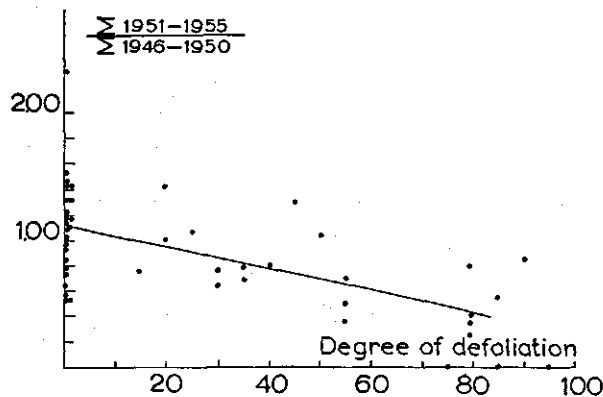


FIG. 8. Het verband tussen de relatieve aanwas en de aantastingsgraad (Lierderbos 1912)
The relation between the relative increment and the degree of defoliation (Lierderbos 1912)

waswaarden grafisch uitgezet boven de bijbehorende graden van aantasting en door een kromme grafisch vereffend.

Daar deze grafiek gebruikt moet worden voor de schadeberekening, dienen hierin ook de gestorven bomen verwerkt te zijn. De aanwas van de gestorven bomen gedurende de periode 1951-1955 is niet gemeten. Enige, zij het ook geringe, aanwas zullen deze toch wel hebben. Toch hebben wij voor de gestorven bomen een aanwas van 0 % aangehouden. De berekende verliezen op borsthoogte voor de verschillende proefbossen bij de aantastingsgraden 20 %, 50 % en 85 %, overeenkomende met de gebruikelijke aanduidingen „licht”, „matig” en „zwaar”, staan vermeld in de hierna volgende tabel 12.

TABEL 12. Aanwasverliezen voor de gehele periode 1951-1955 (op borsthoogte)

	Aantastingsgraad					
	20 %		50 %		85 %	
	Verlies					
	In %	In jaren	In %	In jaren	In %	In jaren
Lierderbos 1910 . .	8	0,40	28	1,40	39	1,95
Lierderbos 1912 . .	14	0,70	37	1,85	65	3,25
Limburger	22	1,10	34	1,70	56	2,80
Velhorst	16	0,80	41	2,05	73	3,65
't Laar	22	1,10	57	2,85	83	4,15
Gemiddelde/Average	16	0,80	39	1.95	63	3,15
	In %	In years	In %	In years	In %	In years
	Loss					
	20 %		50 %		85 %	
	Degree of defoliation					

TABLE 12. Increment losses for the whole period 1951-1955 (at breast height)

2.4. De massaverliezen

De in tabel 12 opgenomen verlieswaarden stellen weer de geleden verliezen op borsthoogte voor. In hoofdstuk II is aangegeven, hoe deze verliezen omgezet kunnen worden in massaverliezen.

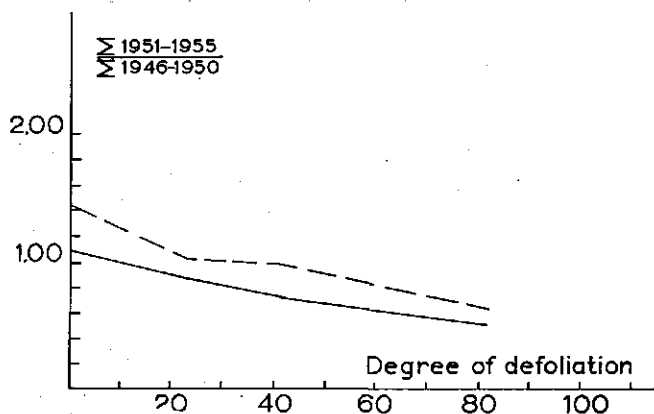


FIG. 9. Het verband tussen de aantastingsgraad en de relatieve aanwas op borsthoogte (—) en op halve hoogte (----)
 The relation between the degree of defoliation and the relative increment at breast height (—) and half height (----)

Van de 15 berekende correctiefactoren (5 proefbossen elk met 3 aantastingsklassen) liggen er 12 boven 1,00 wat dus wil zeggen dat in het algemeen hoger langs de stam de verliezen groter zijn dan op borsthoogte (tabel 13). Dit is dus in tegenstelling met de resultaten verkregen bij het *Cephalcia*-onderzoek; hier werd juist op borsthoogte een grotere teruggang in groei gevonden dan op halve hoogte.

Ook in de literatuur vindt men hierover verschillende uitspraken. HOLMSGAARD (1955), die de invloed van het klimaat op de groei van een tiental houtsoorten in Denemarken naging, vond dat goede beukenzaadjaren corresponderen met smalle jaarringen en dat de grootste vermindering in jaarringbreedte lag in de bovenste delen van de stam. Ook bij fijnsparren waren de zaadjaren in het jaarringpatroon terug te vinden, maar hier werden geen verschillen geconstateerd op de verschillende hoogtes langs de stam. CRAIGHEAD (1940) vond bij kunstmatige ontbladering van groveden en *Pinus Banksiana* LAMB. bij wegnemen van de volgroeide nieuwe naalden de grootste vermindering in jaarringbreedte in de top van de bomen, daarentegen bij wegnemen van de oude naalden vroeg in het voorjaar de grootste vermindering aan de basis van de boom.

Deze correctiefactoren stellen ons in staat om de massaverliezen van de drie aantastingsklassen te berekenen. De in tabel 12 genoemde verliezen behoeven daartoe slechts met de zojuist bepaalde correctiefactoren vermenigvuldigd te worden. De na de toegebrachte correctie berekende verliezen zijn samengevat in tabel 14. Zij stellen dus voor de zo goed mogelijk benaderde massaverliezen behorende bij de aangegeven aantastingsgraden.

TABEL 13. Berekening en grootte van de correctiefactoren

Proefvlakte	Aantastings- graad in %	Aanwasverlies in %		Correctiefactor
		Op 1,30 m	Op halve hoogte	
Lierderbos 1910 . . .	85	49	55	1,12
	50	27	42	1,55
	20	16	29	1,81
Lierderbos 1912 . . .	85	54	56	1,04
	50	36	37	1,03
	20	17	26	1,53
Limburger	85	51	60	1,18
	50	35	42	1,20
	20	25	34	1,36
Laar	85	62	61	0,98
	50	53	39	0,73
	20	24	19	0,79
Velhorst	85	67	70	1,04
	50	56	59	1,05
	20	22	23	1,05
Sample plot	Degree of defoliation in percent	At 1.30 m	At half height	Correctionfactor
		Increment loss in percent		

TABLE 13. The correctionfactors and their calculation

TABEL 14. Massaverliezen van de verschillende aantastingsgraden voor de gehele periode 1951-1955¹

	Aantastingsgraad		
	20 %	50 %	85 %
	Verlies in jaren		
Lierderbos 1910	0,70	2,15	2,20
Lierderbos 1912	1,05	1,90	3,40
Limburger	1,50	2,05	3,30
Velhorst	0,85	2,15	3,80
't Laar	0,85	2,10	4,05
Gemiddeld/Average	1,00 (0,70-1,50)	2,05 (1,90-2,15)	3,35 (2,20-4,05)
	Loss in years		
	20 %	50 %	85 %
	Degree of defoliation		

TABLE 14. Volume losses corresponding to the different degrees of defoliation for the whole period 1951-1955¹

¹ De waarden tussen haakjes geven de maxima en minima aan
¹ The figures in brackets give the ranges of the losses

2.5. Het massaverlies bij een enkele aantasting

De hierboven gegeven verliescijfers hebben betrekking op drie aantastingen. Om de verliezen te vinden voor één enkele aantasting is dus een correctie nodig. Uit onderzoeken van SCHWERTFEGER (1932) is gebleken dat de gevolgen van een tweemaalige aantasting van 50 %, relatief veel ernstiger zijn dan de gevolgen van een éénmalige aantasting van 50 %. Zo kan uit de gegevens, verzameld door SCHWERTFEGER, naar aanleiding van een aantasting in 1928 en 1929 door de dennenspanner, *Bupalus piniarius* L., globaal afgeleid worden, dat na een éénmalige aantasting van 50 % na 3 jaren 97 % van de opstanden nog een nagenoeg normale sluiting had, terwijl 3 % door sterfte in lichtere sluiting gekomen was. Daarentegen was bij een tweemaalige aantasting van 50 % na 3 jaren slechts 78 % van de opstanden normaal, terwijl 22 % in lichtere sluiting was, waarvan 6 % in hoge mate.

Aangenomen is dat de aantasting van 1950 en de 1ste generatie van 1951 tesamen even ernstig zijn geweest als de aantasting van de 2de generatie van 1951. Dit betekent dan, dat een in het voorjaar van 1952 bepaalde aantasting van b.v. 50 %, gelijk te stellen is aan twee achtereenvolgende aantastingen van 25 %. In verband hiermede zullen de verliescijfers van tabel 14 gecorrigeerd moeten worden met een factor $< 0,5^1$. Hoeveel lager dan 0,5 is niet bekend, maar een correctiefactor van 0,3, lijkt m.i., gezien de resultaten van SCHWERTFEGER, aanvaardbaar. Worden alle verliezen van tabel 14 op deze wijze gecorrigeerd dan ontstaan verliezen, zoals die zijn weergegeven in tabel 15 en door figuur 10. Deze tabel en grafiek geven dus aan de aanwasverliezen die in een grovedennenbos (boniteit II tot III en leeftijd 30-50 jaar) verwacht mogen worden, wanneer de in de eerste kolom resp. op de horizontale as genoemde graden van vretelij aanwezig zijn.

TABEL 15. Verwachte massaverliezen na één enkele aantasting

Aantastingsgraad in %	Aanwasverliezen in jaren
10	0,30
20	0,50
30	0,75
40	0,95
Degree of defoliation in %	Volume losses in years

TABLE 15. Expected volume losses after a single defoliation

De procentuele verliezen bij een aantasting van de groveden door de dennenspanner, *Diprion pini* L., zijn dus veel groter dan de door *Cephalcia* aan lariks veroorzaakte schade (fig. 4).

¹ Hierbij is dus aangenomen dat de gevolgen van voorjaars- en najaarsvretelij gelijk zijn, wat evenwel onwaarschijnlijk moet worden geacht.

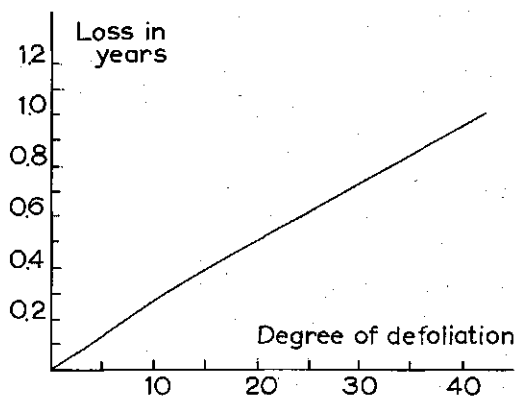


FIG. 10. Het verband tussen de aantastingsgraad en het massaverlies in jaren, voor de boniteit II/III
The relation between the degree of defoliation and the volume loss in years, for the quality class II/III

Wat reeds bij het *Cephalcia*-onderzoek is medegedeeld betreffende het in de toekomst ook in onderzoek nemen van de andere boniteiten en andere leeftijden geldt ook hier. De figuur 10 bezit eigenlijk alleen maar geldigheid voor de boniteiten 2 en 3 en de leeftijden 30–50 jaar. Andere boniteiten en andere leeftijden zullen, zo mag worden aangenomen, andere verlieswaarden geven.

SREINERTS (1935) vermeldt, dat na de ernstige nonvlinderplaag van 1911–1913 in Letland de jonge bomen na 3–4 jaren weer het normale groeivolume hadden bereikt, de oudere daarentegen pas na 6–8 jaren. LIESE (1933) zegt, dat na een eenmalige kaalvreterij door *Panolis* de „Althölzer” weer eerder groen waren dan de „Stangenhölzer”. SCHWERTFEGER (1932) zegt, dat na de *Bupalus*-plaag van 1928–1929 de snelheid van herstel het grootste was in de jonge opstanden en met toenemende leeftijd afneemt. Ongeveer tot dezelfde conclusie komt KURIR (1949); hij vermeldt dat de oude fijnsparrenopstanden veel meer schade ondervonden van de nonvlinderplaag 1946–1948 dan de jonge opstanden met dezelfde aantastingsgraad.

2.6. Mogelijke oorzaak van het optreden van *Diprion*

Bij het *Cephalcia*-onderzoek is alreeds ter sprake gebracht de mogelijkheid dat het optreden van *Cephalcia* voorafgegaan of begeleid wordt door een groeiremmende factor, die de boom voor de aantasting in een bepaalde fysiologische toestand brengt, waarna pas de aantasting door *Cephalcia* optreedt (Veenhuizen).

Het verloop van de aanwaslijn voor de niet door *Diprion* aangetaste bomen (fig. 7) kan heel goed in overeenstemming zijn met de in de vorige alinea beschreven mogelijkheid. Zonder uitzondering vertonen de onaangetaste bomen een groeivermindering in 1951 en 1952. Dat ze desondanks niet aangetast zijn, kan toegeschreven moeten worden aan het feit dat de sterkte van deze groeiremmende factor „x” in die bomen niet groot genoeg was om ze in een voor het insect gunstige fysiologische toestand te brengen. Mocht de veronderstelling juist zijn dat de sterkte van deze factor „x” de

hevigheid van de aantasting bepaalt, dan betekent dit dat het verschil in aanwas tussen aangetaste en niet aangetaste bomen niet alleen op rekening van *Diprion* mag worden gebracht; ook het verschil tussen de sterktes van deze factor „x” moet dan in aanmerking genomen worden. Dat wil dus zeggen dat in dat geval de *Diprion*-invloed kleiner is dan in dit onderzoek berekend.

De mogelijk wisselende sterkte van deze factor is hiermede alleen maar ter sprake gebracht. Het kan heel goed zijn dat de teruggang in groei in aangetaste en onaange-taste bomen dezelfde is en dat *Diprion* bij toeval op de aangetaste bomen terecht is ge-komen en daar een extra teruggang in groei heeft bewerkstelligd. Een teruggang in groei bij de niet aangetaste bomen is evenwel aanwezig en het *optreden* van de *Diprion* kan mogelijk wel gebonden geweest zijn aan de *aanwezigheid* van deze groei-remmende factor.

Tot ongeveer een zelfde uitspraak komen ook enkele andere auteurs. Volgens ZWÖLFER (1953) lijkt het erop, dat althans bij een deel van de zg. primaire beschadi-gers deze niet principieel maar slechts gradueel van de secundaire beschadigers ver-schillen; dit zou dan, aldus ZWÖLFER, betekenen dat de fysiologische toestand van de bomen een grote rol speelt bij het ontstaan van plagen van deze primaire beschadigers. THALENHORST (1953) vond dat de oorzaak van het wegblijven van een verwachte plaag van *Gilpinia frutetorum* F. in 1952 in de houtvesterij Diepholz gelegen was in het met hars doordrenkt zijn van de in de naalden aanwezige eieren en embryonen. PARAMONIV (1953) noemt als hoofdoorzaak van gradaties droogte; zij brengt ver-anderingen in de bomen teweeg, waardoor deze verzwakt worden. Deze verzwakking gaat samen met een voor het insect gunstige verandering van de kwaliteit van het voedsel. De plant, hoewel een botanische eenheid, is geen chemische eenheid (DETHIER 1951). De verhouding tussen de voornaamste bestanddelen in de plant wisselt als gevolg van diverse invloeden, waaronder klimatologische invloeden en de bodem-toestand. De geschiktheid van de plant voor insektenaantastingen is dus op verschil-lende tijden verschillend. SCHWERDTFEGER (1953) schrijft de *Ips typographus* L. – aan-tasting van 1940–1950 in Zuid-Duitsland mede toe aan het verminderde harsend ver-mogen van de bomen als gevolg van de droogte tijdens deze jaren. POSTNER (1954) zegt, dat krachtig groeiende populieren de afgezette eieren en de larven van *Saperda populnea* L. door woekerweefsel in verdrukking brengen, zelfs zodanig, dat deze hier-door kunnen omkomen.

2.7. Invloed van de aantasting op de hoogtegroeï

Van een analyse van de invloed van de *Diprion*-vreterij op de lengtegroeï moest worden afgezien, om redenen, die in het vorig hoofdstuk zijn vermeld. Teneinde toch enig inzicht te verkrijgen in de door *Diprion* veroorzaakte misvormingen van de boomtop is aan de 79 gevelde bomen opgenomen:

- 1e. In hoeveel gevallen de hoogtegroeï door een zijtak is overgenomen,
- 2e. Uit welke takkrans deze zijtak ontsproten is.

In de navolgende tabel zijn alle gevelde bomen gekarakteriseerd door twee vertikaal boven elkaar geplaatste symbolen; een + betekent dat in de bijbehorende periode de

TABEL 16. Invloed van de aantasting op de hoogtegroe
 - de spil is gestorven en is vervangen door een zijtak
 + de spil is niet gestorven

	Periode	Geen aantasting	Lichte aantasting	Matige aantasting	Zware aantasting
Lierderbos 1910	1946-1949 1950-1955	++++ +---	++++ ----	++++ ----	++++ ----
Lierderbos 1912	1946-1949 1950-1955	++++ ++--	+++ ----	++++ +---	+++ ----
Limburger	1946-1949 1950-1955	++++ ----	++++ ----	++++ ----	+++ +---
Velhorst	1946-1949 1950-1955	+++++ ++++-		+++++ -----	+++++ +-----
't Laar	1946-1949 1950-1955	++++ +---	+++ ---	++++ ++--	+-+ -----
	1946-1949 1950-1955	+ - 21 1 7 15	+ - 14 1 0 15	+ - 21 0 3 18	+ - 17 4 2 19
	Period	No defoliation	Light defoliation	Moderate defoliation	Heavy defoliation

TABLE 16. Influence of defoliation on the height growth
 - the top has died and has been replaced by a side branch
 + the top has not died

topscheut is gebleven, een - dat een zijtak de functie van de topscheut heeft overgenomen.

Uit deze tabel blijkt, dat slechts van één van de 22 niet aangetaste bomen in de periode 1946-1949 de hoogtegroe is overgenomen door een zijtak en dat over dezelfde periode bij 57 aangetaste bomen slechts in 5 gevallen de lengtegroe door een zijtak is overgenomen. In de periode 1946-1949 kan van een verschil tussen de aangetaste en de onaangetaste bomen dus eigenlijk niet gesproken worden. Mogelijk moeten één of meer van de vier bomen in de aantastingsklasse „zwaar” nog op rekening van de *Diprion* gebracht worden, omdat het afsterven van de topscheut zich ook kan uitstrekken tot vroegere jaarscheuten (MARCUS, 1942).

Wat de jaren 1950-1955 betreft, blijkt in de eerste plaats dat van 90 % van alle aangetaste bomen de topscheut afgestorven is en de lengtegroe door een zijtak was overgenomen en ten tweede dat in dezelfde periode ook van vele niet aangetaste bomen (70 %) de hoofdscheut afgestorven was en de leiding door een zijtak was overgenomen. Een nadere analyse van het begin der vertakking toont aan dat

- hoe zwaarder de aantasting des te later in de boom begint de vertakking;
- de vertakking in de niet aangetaste bomen pas veelvuldig is opgetreden in de jaren 1953 en 1954. Waaraan dit moet worden toegeschreven is niet verklaarbaar.

TABEL 17. De jaartallen van de takkransen, waaruit de zijtakken, die de hoogtegroeï hebben overgenomen, zijn ontsproten

Takkrans	Geen aantasting	Lichte aantasting	Matige aantasting	Zware aantasting
1955	II		II	
1954	III		II	I
1953	III	IIIIII	II	I
1952	III	III	IIII	II
1951	I	II	II	III
1950	I	III	IIII	IIIIIIII
	15	15	18	19
<i>Whorl</i>	<i>No defoliation</i>	<i>Light defoliation</i>	<i>Moderate defoliation</i>	<i>Heavy defoliation</i>

TABLE 17. The dates of the whorls, producing the side branches which later took over the height growth

2.8. De financiële verliezen

Bij het *Cephalcia*-onderzoek is van een bepaalde opstand het geleden financiële verlies berekend. Dit kon bij het *Diprion*-onderzoek niet gebeuren, omdat hier niet gewerkt is met aantastingspercentages, geldend voor een hele opstand of voor een deel van de opstand, maar met aantastingspercentages van afzonderlijke bomen binnen de opstand. Voor geen van de in tabel 10 genoemde opstanden kan dus de financiële schade opgegeven worden.

Het in hoofdstuk II, paragraaf 2 gegeven voorbeeld van schadeberekening heeft betrekking op een 40-jarige grovedennenopstand, boniteit III, die zodanig is aangeast dat daardoor in de eerstkomende periode van 5 jaren een verlies van 2 jaren groei is ontstaan. Daar het in dit voorbeeld genoemde groeiverlies van 2 jaren overeenkomt met een naaldverlies van $\pm 50\%$ (zie tabel 14) mag dus het in dit voorbeeld gevonden schadebedrag van f 560,— per ha beschouwd worden als de financiële schade van die bossen (40 jaar, boniteit III) die in 1950–1951 een totaal naaldverlies hebben geleden van $\pm 50\%$.

2.9. Toepassing van gevonden resultaten

Om bij toekomstige *Diprion*-plagen snel te kunnen beoordelen of bestrijding zal moeten plaatsvinden, is, evenals voor de lariks, voor de groveden bepaald hoe groot het financieel verlies zal zijn, wanneer een massaverlies van 1 en 2 jaren groei wordt geleden.

De uitkomsten van deze berekeningen, uitgevoerd voor de boniteiten III en IV en voor een viertal leeftijden, zijn in tabel 18 samengevat.

Uit deze waarden is de grafiek 11 geconstrueerd.

De grafieken 10 en 11 stellen ons in staat om in de toekomst bij elke verwachte vretelij de bijbehorende financiële verliezen te bepalen. In een 40-jarig bos (boniteit IV) wordt, zo blijkt uit de grafiek, een schade van f 50,— per hectare veroorzaakt door

TABEL 18. Financiële verliezen bij een massaverlies van 1 en 2 jaar

	Boniteit								
	III				IV				
	Leeftijd waarop vreterij								
	15	20	30	40	15	20	30	40	
Aanwasverlies	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>Volume loss</i> <i>1 year</i> <i>2 years</i>
1 jaar	139	198	266	284	118	153	197	215	
2 jaar	281	391	538	560	230	302	385	424	
	15	20	30	40	15	20	30	40	
	<i>Age at which defoliation</i>								
	III				IV				
	<i>Quality class</i>								

TABLE 18. Financial losses corresponding to volume losses of 1 and 2 years

een aanwasverlies van 0,23 jaar, welk verlies-overéénkomt met een aantasting van 9 % (grafiek 10). Dit betekent dus dat bij een hoogte van de bestrijdingskosten van f 50,— per hectare, een verwachte vreterij van $\frac{9+3}{2} = 6\%$ reeds bestreden moet worden.

Voor een 20-jarig bos van dezelfde boniteit ligt deze grenswaarde bij een vreterij van 8 %.

Deze waarden liggen aanmerkelijk lager dan eigenlijk verwacht werd. De mogelijk verschillende invloed van de weersgesteldheid of andere factoren tijdens de aantastings- plus nawerkingsperiode op de aangetaste en niet aangetaste bomen (zie blz. 36) tesamen met/of de mogelijk verschillende vitaliteit (dus groei) tussen aangetaste en niet aangetaste bomen (zie blz. 43) zou hiervoor een verklaring kunnen zijn.

Uit deze cijfers blijkt ook dat een bestrijding van *Diprion pini* L. veel eerder verantwoord is dan een bestrijding van *Cephalcia alpina* KLUG. Voor dit insect lag de grenswaarde voor een 20-jarig lariksbos (boniteit II) bij een vreterij van 30 %.

Niet in alle gevallen mogen de grafieken 10 en 11 gebruikt worden om te bepalen, of een bestrijding uitgevoerd moet worden. Een aangetast bos, waar de financiële omloop over enkele jaren bereikt wordt, kan misschien voordeliger direct gekapt worden dan dat bestrijdingskosten worden uitgegeven; de bedrijfswaarde minus exploitatiewaarde (dit is de schade als gevolg van vervroegde kap) moet dan minder zijn dan het bedrag van de bestrijdingskosten. Ook wanneer tot aan het tijdstip van kap zich maar een deel van de schade kan vormen en dit deel minder is dan het bedrag van de bestrijdingskosten ook dan is bestrijding niet verantwoord.

Bestrijdingsmaatregelen moeten afgemeten worden aan zg. kritische waarden uitgedrukt in aantallen cocons per m², hoeveelheid eieren per m² of hoeveelheid excrementen per m² enz. Deze aantallen resp. hoeveelheden behoren op een economische

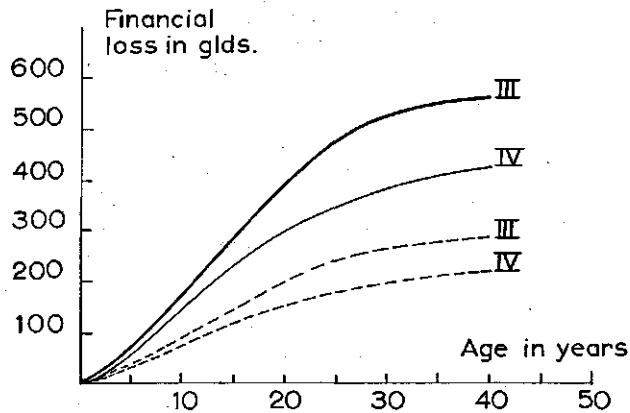


FIG. 11. Het verband tussen de leeftijd van de opstand en de financiële verliezen, die behoren bij massaverliezen van 2 (—) en 1 (----) jaar voor de boniteiten III en IV
The relation between the age of the stand and the financial losses corresponding to volume losses of 2 (—) years and 1 (----) year for the quality classes III and IV

basis vastgesteld te zijn. De aantallen cocons resp. de hoeveelheden excrementen, die behoren bij de snijpunten van de gebogen lijnen in figuur 11 en de horizontale lijn getrokken door het financiële verlies van f 50,— moeten als de kritische waarden gezien worden, want op deze snijpunten is het verlies gelijk aan de bestrijdingskosten. Een prognose-onderzoek moet dus volgen op dit aanwasonderzoek. Bekend moet namelijk worden welke dichtheid van de cocons, eieren of excrementen, op een tijdstip dat nog geen schade is toegebracht, een uiteindelijke vreterij van 6 % resp. 8 % (zie hierboven) zal veroorzaken. In verband met de mogelijkheid dat de gevonden verlieswaarden te groot, dus de grenswaarden te laag zijn (zie blz. 46) is het gewenst aan deze kritische dichtheid voorlopig een ruime veiligheidsmarge toe te voegen. Nadrukkelijk zij er hierop gewezen, dat deze kritische dichtheid iets heel anders is dan wat SCHWERTDFEGER (1934) onder kritische dichtheid verstaat. SCHWERTDFEGER noemt kritische dichtheid, die dichtheid die kaalvreterij veroorzaakt.

SUMMARY

ON THE ECONOMIC SIGNIFICANCE OF FOREST-INSECT PESTS (*CEPHALCIA ALPINA* KLUG AND *DIPRION PINI* L.)

From 1952-1956 a study was made of the increment- and consequent financial losses caused by the 1941-1950 outbreak of the spinning larch sawfly (*Cephalcia alpina* KLUG.¹) in Japanese larch and the 1950-1951 outbreak of the pine sawfly (*Diprion pini* L.) in Scots pine. The aim of the study was to ascertain the growth losses resulting from different degrees of defoliation, with the further object of comparing these growth losses, after conversion into financial losses, with the cost of control operations.

THE INVESTIGATION INTO THE INCREMENT LOSSES OF JAPANESE LARCH

The Larch stands concerned were situated in Drente (Gieten, Schoonlo and Veenhuizen), one of the northern provinces of the Netherlands. The stands near Gieten belonged to the quality class II/III (SCHÖBER). In the first year of the outbreak they were 10-18 years old. The degree of defoliation in 1943, 1945, 1947 and 1948 had been estimated by the State Forest Service. It is known that the mean degree of defoliation for the whole period of the outbreak (1941-1950) does not differ greatly from the mean degree of defoliation for the four years mentioned.

No records were available of the degree of defoliation in the stands near Schoonlo in the successive years 1941 to 1950.

As to the Veenhuizen stands, these suffered almost complete defoliation every year from 1946 to 1949, but only slight defoliation in 1950.

Sample plots were laid out in the above-mentioned stands (fig. 1). The total number of plots was about 150, of which 120 were in the Forest District of Gieten.

Since the growth of the trees depends on the age of the stand, the soil type and the method of planting, the plots were classified in one of the following classes:

1. Plots with 1600 trees per hectare in the year of planting.
 - a. plots on a sandy soil,
 - b. plots on a loamy soil.
2. Plots with 3300 trees per hectare in the year of planting (1928).
 - a. plots on a sandy soil,
 - b. plots on a loamy soil.
3. Plots with 2200 trees per hectare in the year of planting.
4. Plots with 3300 trees in the year of planting (1933/1934).

In each of the plots the tree diameters were measured at breast height. The values thus obtained were arranged in series, the highest being put first, the next highest second, and so on. In this series the value having 46 percent of the other values to its left was called the 46 percent diameter (table 1). The 23 percent and 71 percent diameter were ascertained in the same way.

Eight trees having the 46 percent diameter were then selected and cores bored from the stems at breast height. Four trees with the 23 percent diameter and four with the 71 percent diameter were similarly treated. In this way 16 trees were sampled in one plot. Where a sufficient number of trees of a certain diameter were not available within the plot (size 10 × 20 metres) trees of this diameter were taken which were as near as possible to the plot.

The 23, 46 and 71 percent diameters were derived from measurements made in larch stands by the Forestry Experimental Station at Wageningen. These stands were comparable with ours as to age and quality class. The trees of these stands were divided into two parts according to their diameter, one part containing half the total number of trees and having the smallest diameters, the other part containing the remaining trees, having the largest diameters. It was found from these measurements that the mean increment at breast height over the last five years of the parts with the smallest diameters

¹ Bionomic formula $\frac{4.6 - 5.7}{6.5 + 4.6}$

and largest diameters respectively was represented by a tree which had a diameter lying on 71 percent and 23 percent from the diameter of the biggest tree; the tree having the mean increment of the total stand was found to be the one which had a diameter lying on 46 percent from the diameter of the biggest tree.

Each tree was bored once only at breast height in the direction of the mean diameter; as each tree can be bored in the direction of the mean diameter at two opposite points, the right-hand side was always selected.

The total number of bored trees was about 2400, of which 1900 were in the Forest District of Gieten.

The widths of the annual rings visible in the cores was then measured under a binocular microscope. For each diameter it was then possible to calculate the areas of the rings in a cross-section of the tree at breast height. The three diameters (the 23 percent, 46 percent and 71 percent diameter) of the same plots were combined and the areas of the same annual rings averaged (table 2).

These data were plotted against the corresponding years (fig. 2). The graphs show an increase in the rate of growth during the two years preceding the outbreak (1941), in most cases a minimum in 1943, another increase up to the end of 1946, and then a second minimum in the drought year 1947. In 1950, when infestation was negligible, the annual increment again reached the normal level. The 1952 minimum is due to a serious outbreak of the larch case bearer (*Coleophora laricella* Hb.) in that year.

Correct dating of the annual rings was made possible by the presence of a dark line in the spring wood of the 1934 ring. DOBBS (1951/53) considers that a dark line in the spring wood is caused by a drought followed by a wet period in the growing season. DOBB's explanation seems to be supported by the fact that at Gieten 93 percent of the trees on sandy soils have a dark line in 1934, as against 53 percent on loamy soils, together with a very low precipitation: temperature ratio for the months of May and June 1934 $\left(\frac{P}{T} = 5.6\right)$.

These graphs give a clear idea of the fluctuations in annual growth, but they afford no direct information regarding the size of the increment losses.

In order to ascertain these increment losses, the ratio between the mean increment of the period 1941-1950 and the mean increment of the years 1939, 1940, 1951, 1952 and 1953 was calculated for each sample plot. These ratios (the relative increment) were plotted against the degrees of defoliation (fig. 3). The curve formed by joining these points enables us to read the increment losses at breast height for any degree of defoliation.

The next example illustrates the method of calculating the loss at breast height. The relative increment for the sample plot 22¹ (table 2) is $\frac{36.0}{(13.7 + 20.7) \times 2} = 0.52$. This value was plotted (fig. 3) against the corresponding degree of defoliation (95 percent). The relative increment for a degree of defoliation of 85 percent is 0.55, whereas for no defoliation this increment is 0.99 (fig. 3); this means a loss of $\frac{0.99 - 0.55}{0.99} \times 100 = 44$ percent (table 4, column 2).

As already mentioned, the increment losses relating to the sample plots on a loamy soil were kept separate from those on a sandy soil, and in addition plots with a certain number of trees in the year of planting were kept separate from those in which a different number of trees was used. The increment losses at breast height are listed in table 4.

So far only increment losses at breast height have been considered. It is probable, however, that a better approximation of the average loss suffered by the whole tree would be given by the loss in increment at half height in 1945. In order to convert the increment losses at breast height into those at half height, one of the 46 percent-trees in each sample plot was bored a second time at this point. From these borings the increment losses at half height could be calculated in the same way as described above, and they enabled the correction factor $\frac{\text{loss at half height}}{\text{loss at breast height}}$ to be calculated for any degree of defoliation (table 5).

This table shows that the correction factors are less than 1; this means that the increment losses higher up the stem are smaller than at breast height.

The increment losses at breast height (table 4) should be multiplied by these correction factors in order to obtain the increment losses at half height. The converted increment losses, assumed to be the average losses, are listed in table 6.

The results show, among other things, that the increment losses of trees on the better, loamy soils are less than those of trees on sandy soils, and also that as defoliation increases the increment losses become proportionally greater. It should, however, be noted that site influences were a possible factor in the determination of the size of the increment losses (various degrees of defoliation occurred in various stands). To eliminate these site influences as much as possible, the figures given in table 6 were combined and averaged again (table 7). These figures relate to 15–23 year old stands, quality class II/III (SCHÖBER), and an outbreak lasting ten years.

Experiments carried out by SCHWERTFEGER (1932) showed that the losses caused by two successive defoliations are proportionally greater than the loss caused by a single defoliation. Nevertheless, on account of the greater power of recovery possessed by larches it is assumed that the differences will be negligible, that therefore a single defoliation will give proportionally the same losses as shown in table 7. These modified losses are represented by fig. 4.

The losses given in table 7 may be converted into financial losses by two different methods (A and B). According to method A, the wood-expectation value of a stand which has suffered a delay in growth of x years can be subtracted from the expectation value (HVM) of that stand had it not suffered such a delay. The resulting figure gives the financial loss corresponding to an increment loss of x years. The formula for the calculation of these wood-expectation values is given on page 13, were

- E_t = Final yield where there is no defoliation
- E'_t = Final yield in the case of defoliation
- D_n = Thinnings where there is no defoliation
- D'_n = Thinnings in the case of defoliation
- t = Financial rotation
- n = Years in which the normal thinnings occur
- p = Rate of interest
- m = Age at which defoliation occurs

According to method B, the exploitation value of the stand in the first year succeeding the period of delayed growth is subtracted from the exploitation value of that stand in the same year where there is no defoliation.

Since it is very difficult to know the yields of the thinnings and the main crop of the defoliated stand (especially in the case of a great number of dead trees), financial losses are only assessed by the B method.

In the larch stands 32 and 40 near Gieten the mean degree of defoliation during the period 1941–1950 was 90 percent, corresponding to a loss in increment of 35 percent (table 7). The figure obtained for the financial loss suffered by these stands was 1500 guilders per hectare (table 8).

The data on the normal stand are derived from SCHÖBER (1953) and the timber prices from BECKING en VAN LAAR (1954).

In order to know whether chemical control is justified or not it is necessary to compare the cost of chemical control with the financial loss resulting from defoliation. The cost of chemical control depends on several factors (e.g. the extent of the outbreak, the method of control), but it is assumed that in the Netherlands, under average conditions, 50 guilders per hectare would be a sound estimate of these costs. Assuming, moreover, that a single control operation will prevent a dangerous level of two sawfly generations, a maximum of five control operations would be necessary to eliminate such a *Cephalcia* outbreak. The total cost of these five control operations, calculated for 1941, is f 223,— per hectare (page 20). This means that chemical control would have been more than justified in stands 32/40.

In order to ascertain the financial losses for different ages of the stand and varying degrees of defoliation, these losses have been calculated by the B method where increment losses of 1 and $\frac{1}{4}$ year were suffered (table 9). The results allow a graph to be constructed (fig. 6) from which may be read the financial losses corresponding to these and other increment losses. So far no methods have been

evolved of forecasting the possible degree of defoliation at an early stage of an attack by *Cephalcia alpina*. As soon as such methods are available, figures 4 and 6 will enable us to forecast the financial losses for any degree of defoliation in stands of any age.

The graphs show that an expected degree of defoliation of 40 percent in a 20-year old stand, quality class II (SCHÖBER), gives a financial loss of 50 guilders per hectare. We assumed above that a single control operation would be able to prevent a dangerous level of two sawfly generations, but in the case of future defoliations it is unknown whether this second generation will develop or not. It is therefore assumed that in the case of future defoliations a control operation will be justified if the financial losses of 1.5 generations exceed the cost of chemical control. This means that in this case chemical control is justified for all degrees of defoliation exceeding 30 percent.

THE INVESTIGATION INTO THE INCREMENT LOSSES OF SCOTS PINE

The pine stands which were attacked by the pine sawfly (*Diprion pini* L.¹) in 1950 and 1951 and which were used for this study, are situated in the provinces of Gelderland and Overijssel. Table 10 gives some data on these stands.

On the average, the pine stands at Dieren and Sprengenberg suffered moderate to heavy defoliation (no uninfested trees could be found). The average degree of defoliation of the other stands was moderate to slight.

In the early spring of 1952, 492 trees (336 infested and 156 uninfested) were numbered and the degree of defoliation estimated.

The numbered trees were classified in one of the following defoliation classes:

- a. trees without defoliation
- b. trees with a degree of defoliation between 1–33 percent
- c. trees with a degree of defoliation between 34–67 percent
- d. trees with a degree of defoliation between 68–100 percent

Sufficient trees were included in each of these classes for the distribution of the diameters of the trees therein to correspond to the distribution of the diameters in the stand. Care was taken not to include the very large and very small trees in the samples.

Unfortunately the stands at Dieren en Sprengenberg were felled about the middle of 1953 and the investigation there could not be continued.

The number of dead trees in the various stands was ascertained every three months from 1952 to 1955 inclusive. It was found that the total mortality among the heavily infested sample trees in this period was 24 percent. Mortality was low, i.e. 3 and 2 percent respectively, among trees which had suffered only slight and moderate defoliation (table 11). The observations made at Dieren and Sprengenberg indicate, however, that mortality among infested trees may nevertheless be higher when they are situated in stands where most other trees have lost the greater part of their foliage. This may have been due to the sudden change in the microclimate. No difference in mortality was observed among trees of different sizes (the very large and very small trees were not, however, included in the samples).

During 1952–1955 it was found impossible to predict the death of the trees. More than once trees seemed to recover, only to die afterwards. It is thought that during the period of delayed growth (in this case 1952–1955) trees are very susceptible to certain influences and that at this stage even slight harmful influences may cause the trees to die.

This implies that the values given in tables 11 and 14, may not only represent the effect of the corresponding degree of defoliation, but also the difference between the effects of other (e.g. climatic) influences.

In 1956 220 trees were bored at breast height at two opposite points in the direction of the mean diameter. The widths of the annual rings were measured on the cores and the area of these rings calculated in the case of each tree. In each stand the trees belonging to the same defoliation class were grouped together and the areas of the same annual rings averaged.

Figure 7 shows the areas of the annual rings in sq. cm for the Lierderbos 1912 stand from 1944 to

¹ Bionomic formula $\frac{4.5 - 5.7}{6.7 + 7.8} \times \frac{8 - 9.10}{10.4 + 4.5}$

1955 inclusive. This figure shows that the annual increment of both infested and uninfested trees reaches a minimum in the drought year 1947, after which it again increases up to 1950. In 1952, the first year after the outbreak, there is another minimum. It also appears that in some cases the annual increment of the heavily infested trees had not yet reached the normal level in 1955. For this reason borings could not be made immediately after the outbreak as the heavily infested trees did not resume their normal growth until 1956.

No identification mark could be found for a particular ring as in the case of the larch cores, but after the cores of the largest uninfested trees had been examined it was found possible to date the rings. The number of rings in these trees was assumed to be complete. In this case a number of particularly narrow rings could be dated as follows:

1947 (drought year), 1940 and 1941 (severe winters 1939/1940 and 1940/1941) 1935, 1931 (outbreak of pine sawfly in 1930), and 1919–1921 (outbreak of *Panolis* in 1919).

These rings could be recognised in the infested trees, so that the correct dates could be assigned to them and to the intermediate rings.

The relative increments were calculated and plotted in the same way as has already been described for the investigations on larch, the dead trees being plotted against a relative increment of nil.

Since no data on the rings were available after 1955 the relative increment from 1951–1955 is calculated with regard to 1946–1950 only (fig. 8). The increment losses, calculated in the same way as described for the investigations on larch, are given in table 12.

The figures for these losses are only valid for breast height and do not give the average of losses at all points along the stem. A figure representing the average loss in increment of the whole stem was obtained in the following way. Distributed over the four defoliation classes, 16 trees were felled in each stand and disks were taken from the 1945 shoot. This point of the stem approximately corresponds to the lower limit of the crown.

The width was measured of each annual ring on the disk and the area of the annual rings and the relative increment calculated for each disk.

The relative increments for the disk (1945 shoot) and breast height enables us to ascertain (by interpolation) the relative increment at half height. These increments, plotted against the corresponding degrees of defoliation (fig. 9), give the increment losses at half height for any degree of defoliation (table 13, column 4).

From these losses and those at breast height it was then possible to establish a correction factor $\frac{\text{loss at half height}}{\text{loss at breast height}}$

for each defoliation class, which, when applied to the figures in table 12, gave the increment losses at half height (table 14). The latter are assumed to give a better approximation of the average of the losses at all points along the stem.

The increment losses and the degrees of defoliation given in table 14 are the result of the damage inflicted by the two successive sawfly generations of 1951. In order to ascertain the effect of a single defoliation, the degrees of defoliation in table 14 should be multiplied by 0.5 and the increment losses by a factor < 0.5 (because the effect on growth of two successive attacks is known to be relatively greater than that of a single attack (SCHWERTFEGER, 1932)).

From the results obtained by SCHWERTFEGER (1932) it is assumed that a factor of 0.3, though quite arbitrary, is justified. The increment losses obtained in this way are given in table 15 and figure 10. They are valid for 30–50 year-old stands of the quality class II/III (GRANDJEAN and STOFFELS).

The felled trees afforded a good opportunity of studying the influence of defoliation on the height growth.

In 90 percent of the trees attacked the height growth was taken over by a side branch (the terminal shoot had died), as against 70 percent in the uninfested trees (table 16). On closer examination it was found (table 17)

1. that with increasing defoliation the leading shoot died back further and height growth had to be taken over by a side branch at a point lower down the stem, and
2. that this 70 percent (uninfested trees) is mainly found in the annual shoots 1953 and 1954; the nature of the factor causing this 70 percent is unknown.

In order to obtain some idea of the financial losses of those stands which suffered a 50 percent defoliation by the two sawfly generations of 1951, a calculation of these losses is given in table 3. This example is based on the data given in table 14 and refers to a 40-year old stand, quality class III. The period of delayed growth is 5 years. The example given shows that a 50 percent defoliation by the two sawfly generations of 1951 caused a financial loss of 560 guilders per hectare.

The timber prices are derived from the „*Rapport van de Commissie Kostprijberekening*” (BECKING en VAN LAAR, 1954), and the data of the normal stand from the yield table of GRANDJEAN and STOFFELS (1955).

Assuming, moreover, that a single control action prevents a dangerous level of two sawfly generations, a maximum of two control operations would be necessary to wipe out the above-mentioned financial loss. The total cost of these two control operations, calculated for the year 1950, is 97 guilders per hectare (cost of control 50 guilders per hectare). Hence in the example given above chemical control of the stand would have been more than justified.

The financial losses, corresponding to increment losses of 1 and 2 years, were calculated for the two quality classes III and IV (table 18 and fig. 11).

Figures 10 and 11 enable us to estimate the financial losses for any expected degree of defoliation and any age of the stand. The graphs show that an expected degree of defoliation of 40 percent in a 40-year old stand, quality class IV, gives an increment loss of approximately 1 year, which is equal to a financial loss of 215 guilders per hectare.

If we also assume that the cost of a chemical control operation will be 50 guilders per hectare, figures 10 and 11 show that an expected degree of defoliation of 9 percent¹ in a 40-year old stand, quality class IV, or an expected defoliation of approximately 12¹ percent in a 20-year old stand, quality class IV, gives a financial loss of 50 guilders per hectare. This means that in these cases a chemical control operation is justified for all degrees of defoliation exceeding 6 percent respectively 8 percent (assumed a single control operation will prevent a dangerous level of 1.5 sawfly generations).

These percentages are less than was actually expected. This is possibly due to the different effect of other (e.g. climatic) influences upon the infested and uninfested trees. It is also conceivable that the factor causing the reduction in growth of the uninfested trees had a more severe effect on the infested trees (see here below). Therefore it might be advisable not to carry out control measures until higher degrees of defoliation are expected.

A few years before the end of the financial rotation period, the difference between the wood-expectation value and the exploitation value ($H_{vm} - E_m$) is less than the cost of chemical control. From this age on it is more profitable to cut the stand than to carry out control operations.

This study gave evidence of the possibility that low vitality of the trees favours insect attack.

Examination of figure 5 (Veenhuizen) shows that during the 3 years preceding the outbreak the annual increment was much lower in the stands which had suffered heavy defoliation than in those which had not been attacked. Low annual increment probably indicates low vitality. The figure therefore suggests that low vitality favours insect attack.

This conclusion would be supported by the results obtained in the larch stands at Gieten. In stands 1d, 2¹, 2, 3, and 36¹, 2, 3, 4, which were only slightly infested in 1943 and the two preceding years the increment during this period was disproportionately low. It is possible that the severity of the two preceding winters had caused the trees to be generally less vigorous and increased their susceptibility to insect attack, and that their condition was conducive to an increase in numbers of the pest.

A similar phenomenon may be observed in the figure 7. Here we find that the annual increment of the uninfested trees was particularly low in 1951 and 1952. It seems possible that in this case also low vitality favoured the outbreak of the pine sawfly.

It is even possible that the degree to which vitality (and hence increment) is reduced determines the degree of infestation and consequent defoliation. This would mean that the method of calculating the increment losses is incorrect; in this case the figures in the tables 7 and 14 represent the difference between the degree of defoliation and the difference between the preceding increment reduction of the infested and the uninfested trees due to different vitality. Further research in this field is greatly needed.

¹ These percentages have been calculated from figures 10 and 11; this is not altogether correct as figure 10 only relates to quality class II/III.

LITERATUUR

- BECKING, J. H. en A. VAN LAAR 1954 Omloop, kostprijs en ondernemerswinst van de Japanse Lariks in Nederland. *Ned. Boschb. Tijdschr.* 26, 326-339.
- BELYEA, R. M. 1952 Death and Deterioration of Balsam Fir weakened by Spruce Budworm Defoliation in Ontario. *J. For.* 50, 729-738.
- BESEMER, A. F. H. 1942 Die Verbreitung und Regulierung der *Diprion pini*-kalamiti in den Niederlanden in den Jahren 1938-1941. *Meded. Con. Bestud. Bestrijd. Insectenplagen in Bossen* 5, 106 pp.
- COMMISSIE KOSTPRIJS-BEREKENING 1957 Kostprijsberekening voor hout van de groveden of geworpijnboom (*Pinus sylvestris* L.) in een normaal bosbedrijf Derde en vierde groeiklasse.
- CRAIGHEAD, F. C. 1940 Some effects of artificial defoliation on pine and larch. *For.* 38, 885-888.
- DETHIER, V. G. 1951 Host plant perception in phytophagous insects. *Trans. IX. int. Congr. Ent.* 2, 81-89.
- DILS, R. E. and M. W. DAY 1950 Effect on defoliation (by *Melacosoma disstria*) upon growth of aspen. *Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. Sta.* 33, 111-111.
- DOBBS C. G. 1951-1953 A study of Growth Rings in trees 1-3. *For.* 24, 22-35. 2, 104-125. 26, 97-110.
- ELTON, E. T. G., H. F. H. BLANKWAARDT en A. C. ALTENA 1955 Plagen van *Diprion pini* L. in Nederland in 1950 en 1951. *Ned. Boschb. Tijdschr.* 27, 163-177.
- EVENDEN, J. C. 1940 Effects of Defoliation by the Pine Butterfly upon Ponderosa Pine. *J. For.* 38, 949-955.
- FORSSLUND, K. H. 1944-1945 Något om röda tallstekelns (*Diprion sertifer* GEOFFR.) skadegörelse. Einiges über die Schädigungen der roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion sertifer* GEOFFR.) Meddeland. Statens Skogsforsöksanstalt 34, 365-390.
- FRANSEN, J. J. 1947 Aanwasverliezen als gevolg van kaalvreterij bij *Populus serotina* HART en *Populus Marilandica* BOSC. *Meded. Dir. Tuin* 10, 216-232.
- FROELICH, R., A. C. HODSON, A. E. SCHNEIDER and D. P. DUNCAN 1955 Influence of aspen defoliation by the forest tent caterpillar in Minnesota on the radial growth of associated Balsam Fir. *Minn. For. Note* 45.
- GRAHAM, S. A. 1931 The effect of defoliation on Tamarack. *J. For.* 29, 199-200.
- GRANDJEAN, A. J. en A. STOFFELS 1955 Opbrengsttabellen voor de groveden in Nederland. *Ned. Boschb. Tijdschr.* 27, 215-231.
- HERING, H. 1932 Eulenfrasz und Kiefernzuwachs. *Forstarch.* 8, 369-383.
- HERTZ, M. 1933 Die gewöhnliche Kiefernbuschhornblattwespe (*Lophyrus pini* L.) und ihre forstwirtschaftliche Bedeutung. *Comm. Inst. For. Fenniae* 18, 1-53.
- HESELINK, E. 1928 Eene bijdrage tot de ecologie van het grovedennenbos. *Meded. Rijksboschbouwproefstat.* 3, 203-313.
- HOFFMAN and MERKEL 1948 Fluctuations in insect populations associated with aerial applications of DDT to forests. *J. econ. Ent.* 41, 464-473.

- HOLMSGAARD, E. 1955 Årringsanalyser af danske skovtræer. *Forstl. Forsgsv. Danm.* 22, 247 pp.
- KINGHORN, J. M. 1954 The influence of stand composition on the mortality of various conifers caused by defoliation by the western hemlock looper on Vancouver island, British Columbia. *For. Chron.* 30, 380-400.
- KONING, M. DE 1938 Insektenkalamitäten in den Niederländischen Forsten. *Verh. VII Intern. Kongr. Ent.*, 2011-2020.
- KRAHL-URBAN, LIESE, J. J. und F. SCHWERTFEGER 1944 Das Eichensterben im Forstamt Hellefeld. *Z. ges. Forstwes.* 76/70, 70-86.
- KUIPER, F. J. 1952 Stofwisseling tijdens winterrust van de spinnende lariksbladwesp (*Cephalcia alpina* KL.); 108 pp.
- KURIR, A. 1949 Kalamität der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in den Alpengebieten der Nord Steiermark 1946-1948. *Anz. Schädlingssk.* 22, 113-115.
- LEMMEL 1935 Die wirtschaftlichen Auswirkungen und der finanzielle Schaden der grossen Eulenfräsen 1922-1924. *Mitt. Forstwirtschaft. u. Forstwiss.* 6, 237-292.
- LIESE, J. 1933 Wiederbegrünung und Wiedererholung von Forleulenbeständen. *Forstl. Wschr. Silva* 21, 201-205.
- LUITJES, J. en H. F. H. BLANKWAARDT 1954 Overzicht der beschikbare gegevens over insectenplagen in onze bossen en andere houtopstanden in het jaar 1952. *Inst. Toegepast Biol. Onderz. in de Natuur* (Itbon). *Meded.* 15, 12 pp.
- MAAN, W. J. en W. E. MEYERINK 1952 De dennenbladwespbestrijding met behulp van vliegtuigen. *T. Ned. Heide Mij.* 63, 65-73.
- MARCUS, B. A. 1942 Über das Wachstum der Kiefer nach starkem Eulenfrasz. *Z. angew. Ent.* 29, 31-84.
- MASSEE, A. M. 1953 Insect population balance and chemical control of pests. *Chemistr. and Industr.*
- MC. LINTOCK, T. J. 1955 How damage to balsam fir develops after a spruce budworm epidemic. *Northeastern For. Exp. Stat. Stat. Pap.* 75.
- MICKE 1902 Einwirkung des Fraszes von *Lophyrus pini* auf den Zuwachs der Kiefern. *Z. Forst- u. Jagdwes.* 34, 725-740.
- MINDERMAN, G. 1950 Unpublished report. *Inst. Toegepast Biol. Onderz. in de Natuur* (Itbon).
- MINOTT, C. W. and I. T. GUILD 1925 Some results of the Defoliation of Trees. *J. econ. Ent.* 18, 345-348.
- NÄGELI, W. 1935 Aussetzende und auskeilende Jahrringe. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 209-215.
- PARAMONIV, A. J. 1953 Gradationen der primären Forstschädlingen und ihre Prognosen. *Ukrain. Techn. Hochschule im Auslande, Wiss. Ber.* 36/38, 43-44.
- PEREIRA MACHADO, D. 1942 Influência do ataque de lagarta da *Lymantria dispar* L. na produção da cortiça folhada. Influence of attack by the caterpillars of *Lymantria dispar* L. on the production of laminated bark. *Suppl. to Bol. Soc. port. Sci. nat.* 13.

- POSTNER, M. 1954 Zur Biologie und Bekämpfung des kleinen Pappelbockes, *Saperda populnea* L. *Z. angew. Ent.* 36, 156-177.
- REEKS, W. A. and G. W. BARTER 1951 Growth reduction and mortality of Spruce caused by the European spruce sawfly, *Gilpinia hercyniae* HTG. *For. Chron.* 27, 140-156.
- SCHANS, D. en J. VAN SOEST 1952 Wanneer groeien de bomen het hardst. *Ned. Boschb. Tijdschr.* 24, 179-191.
- SCHELLING, J. 1955 Stuifzandgronden. *Uitvoerige versl. Bosbouwproefstat. T.N.O.* 2, 58 pp.
- SCHNEIDER, G. 1954 Lohnt sich eine Bekämpfung des Buchenspinners? *Forst- u. Holzw.* 9, 378-379.
- SCHOBER, R. 1953 Die Japanische Lärche. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main; 212 pp.
- SCHÖNWIESE, F. 1935 Beobachtungen und Versuche anlässlich einer Übervermehrung von *Lophyrus sertifer* GEOFFR. (rufus Panz) in Südkärnten in den Jahren 1931-1932. *Z. angew. Ent.* 21, 463-500.
- SCHWERTFEGER, F. 1953 Voraussetzungen für die Infektion von Fichten durch *Ips typographus* L. *Int. Union For. Res. Organiz. XI Congr. Rome.* 711-717.
- 1934 Neue Untersuchungen und Erfahrungen zur Prognose von Forleulenkalamitäten. 12. *Beitr. Forleulenuntersuch. Zool. Inst. Forstl. Hochschule. Hann-Münden;* 141-153.
- 1932 Die Erholungsfähigkeit von Kiefernbeständen nach Spannerfrasz. *Z. Forst- u. Jagdwes.* 64, 641-679.
- 1944 Die Waldkrankheiten; 479 pp.
- SCHWERTFEGER, F. und G. SCHNEIDER 1957 Über den Einfluss von Lärchenminiermottenfrasz auf Benadelung und Zuwachs der Lärche. *Forstarch.* 28, 113-117.
- SOLOMON, M. E. 1955 Das Gleichgewicht von Insektenbevölkerungen und die chemische Schädlingsbekämpfung. *Z. angew. Ent.* 37, 110-121.
- SREINERTS, P. 1935 Die Einwirkung des Nonnenfraszes auf den Zuwachs der Fichte. *Mitt. Forstl. Versuchsanst. Lettl.* 3, 63 pp.
- SWAINE, J. M., F. C. CRAIGHEAD and I. W. BAILEY 1924 Studies on the Spruce Budworm (*Cacoecia fumiferana* CLEM). *Bull.* 37 - New Ser. Dominion of Canada, Dep. Agr.
- THALENHORST, W. 1953 Vorzeitiger Zusammenbruch einer Massenvermehrung von *Gilpinia frutetorum* F. (Hym., *Diprionidea*). *Anz. Schädlingsk.* 26, 53-56.
- 1952 Versuche zur Bekämpfung der kleinen Fichtenblattwespe (*Lygaeonematus abietinum*). *Forst- u. Holz.* 7, 49-51.
- VOUTE, A. D. 1944 De huidige plaag van de dennenbladwesp (*Diprion pini* L.) in Nederland. *Ned. Boschb. Tijdschr.* 17, 258-260.
- ZWÖLFER, W. 1953 Biologische und chemische Schädlingsbekämpfung. *Allg. Forstz.* 50, 1-8.