

# HOUTINSTITUUT T.N.O.

NIJVERHEIDSORGANISATIE VOOR TOEGEPAST  
NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

SERIE II. AANTASTING No. 5

## HET OPTREDEN VAN BLAUW IN HOUT

DOOR Dr. T. HOF

CIRCULAIRE 16



2de druk  
SEPTEMBER 1952

PRIJS F. 2.50

## INHOUD

	Blz.
I. Inleiding .....	3
II. Oorzaak van het blauw worden van hout ..	3
III. Schimmels die het verblauwen van hout veroorzaken .....	5
IV. Associatie van blauwschimmels met kevers	6
V. Aangetaste houtsoorten .....	7
VI. Invloed van het vochtgehalte van het hout op de ontwikkeling van blauwschimmels ....	8
VII. Invloed van de temperatuur op de ontwikkeling van blauwschimmels .....	9
VIII. Invloed van de blauwschimmels op de cellwanden van hout .....	10
IX. Invloed van de blauwschimmels op de mechanische eigenschappen van hout .....	11
X. Invloed van de blauwschimmels op de fysische eigenschappen van hout .....	12
XI. Invloed van de blauwschimmels op de duurzaamheid van hout .....	13
XII. Toelaatbaarheid van het gebruik van verblauwd hout als constructiehout .....	13
XIII. Onderzoekingen verricht over het voorkomen van de ontwikkeling van blauwschimmels door toepassing van fungiciden .....	14
XIV. Het voorkòmen van het blauw worden van hout .....	15
XV. Summary .....	15

## HET OPTREDEN VAN BLAUW IN HOUT

## SERIE II. AANTASTING No. 5

DOOR

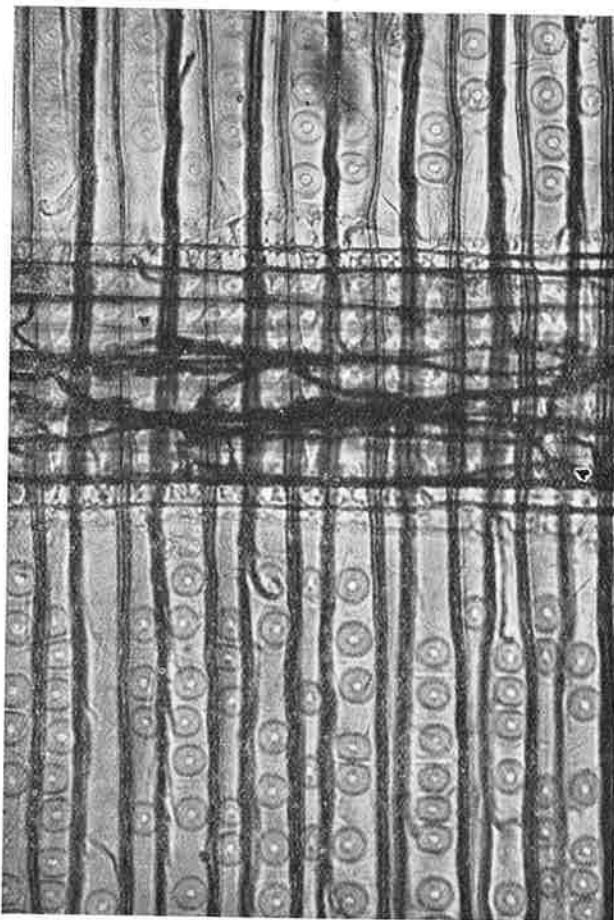
Dr. T. HOF

## I. INLEIDING

Hout kan in bepaalde gevallen vlekken vertonen, die verschillende kleuren o.a. blauw, blauw-grijs, grijs, bruin, geel en rood kunnen aannemen. De meeste van deze verkleuringen worden veroorzaakt door schimmels. Enkele zijn op zuiver chemische verschijnselen terug te brengen, zoals b.v. oxydatie van bepaalde in het hout aanwezige stoffen door de luchtzuurstof. Dit is o.a. het geval met het rood worden van elzenhout (45) en het groen worden van lindenhout (44). Blauw-zwarte verkleuringen kunnen in tannine-rijke houtsoorten ontstaan, wanneer zij met ijzer of ijzerverbindingen in aanraking komen. Een onregelmatige vorming van kernkleurstoffen kan eveneens verkleuringen te voorschijn roepen (18). De verkleuringen, die door schimmels worden veroorzaakt, zijn microscopisch in de regel gemakkelijk van de zuiver chemische verkleuringen te onderscheiden. De meest voorkomende is het zogenaamde „blauw”. Rode verkleuringen, veroorzaakt door *Fusarium*-soorten of gele door *Penicillium*-soorten (58), komen ook voor, maar blijven beperkt tot de oppervlakte van het hout. De blauwe, blauw-grijze, grijze en bruinachtig-zwarte verkleuringen dringen verder in het hout door. De laatsten, die alle wel met de naam „blauw” worden aangeduid, worden in deze circulaire behandeld.

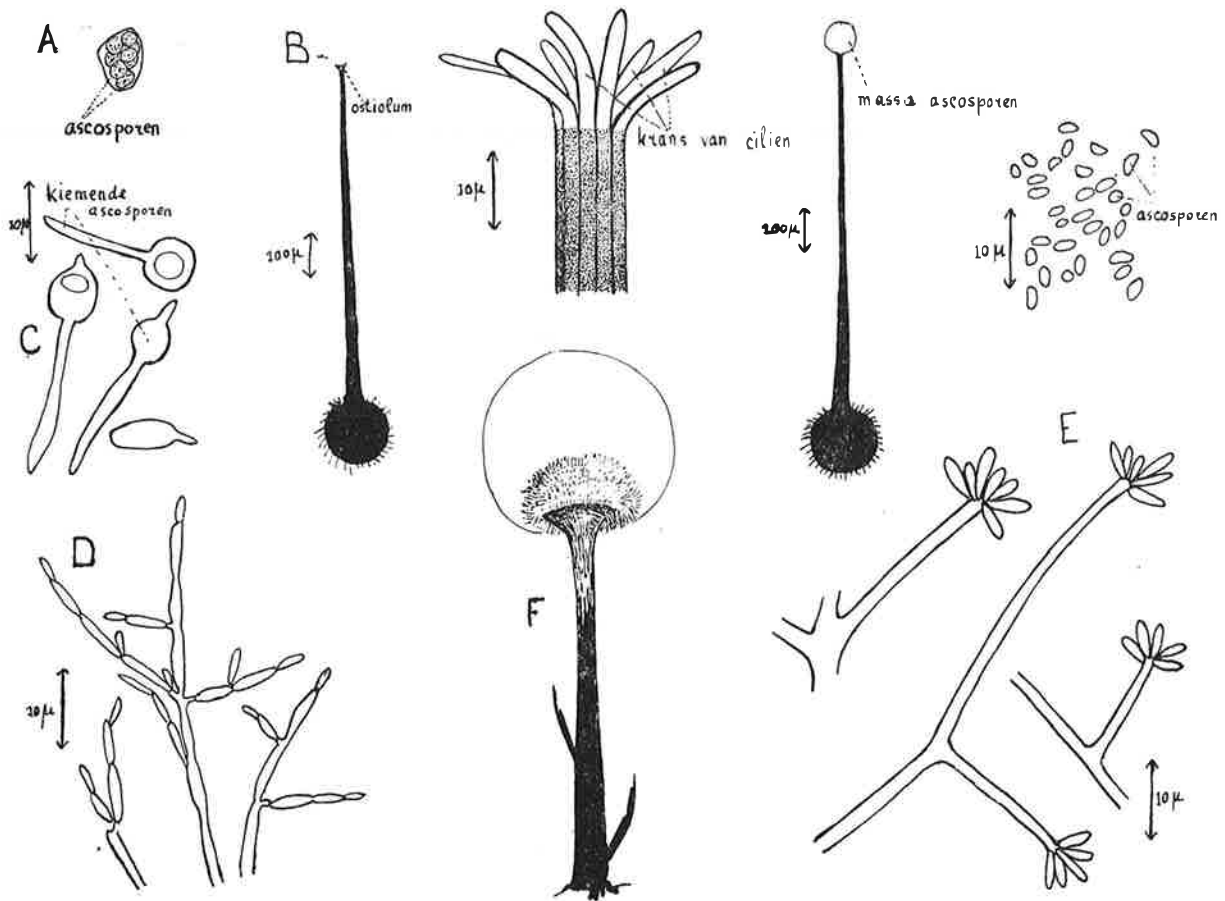
## II. OORZAAK VAN HET BLAUW WORDEN VAN HOUT

Zoals reeds vermeld is het optreden van bepaalde schimmelsoorten de eigenlijke oorzaak van het „blauw” worden van hout. Bij microscopisch onderzoek van verblauwd hout zijn er schimmeldraden in de houtcellen waar te nemen en wel voornamelijk in de straalcellen en in de parenchymcellen (zie fig. 1). De kleur hiervan is echter niet grijsblauw, zoals het uiterlijk van het verblauwde hout meestal doet verwachten, maar donkerbruin. De blauwe tint is een optisch verschijnsel. Door dispersie van het licht lijken de zeer dunne, donker-



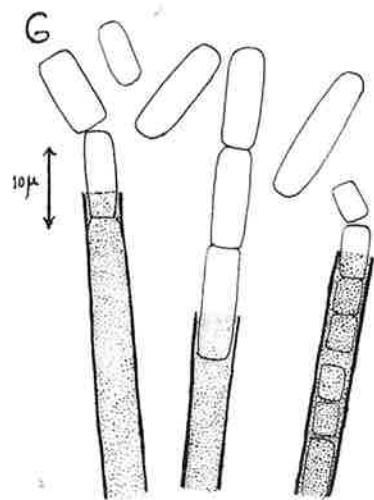
1. Radiale doorsnede van verblauwd hout van *Pinus pinaster* Ait.

bruin gekleurde schimmeldraden, in massa gezien door de doorzichtige celwanden van het hout heen, blauwachtig grijs. In sommige gevallen is het uiterlijk van het verblauwde hout zwartachtig of bruinachtig. Aangezien deze verkleuringen door soortgelijke of soms wel door dezelfde schimmels worden veroorzaakt, worden zij veelal toch onder verblauwen gerekend.



- 2 A Ascus met ascosporen van *Ceratostomella fimbriata*  
 B Peritheciën en ascosporen van *Ceratostomella piceae*  
 C Kiemende ascosporen van *Ceratostomella multiannulata*  
 D Conidienvorming volgens het Cladosporium-type  
 bij *Ceratostomella multiannulata*  
 E Conidienvorming volgens het Cephalosporium-type  
 bij *Ceratostomella* species  
 F Conidienvorming volgens het Graphium-type  
 bij *Ceratostomella piceae*  
 G Conidienvorming volgens het Endoconidiophora-type  
 bij *Endoconidiophora coerulea*

Tekening Houtinstituut, behalve A naar Andrus en Harter en F naar Münch

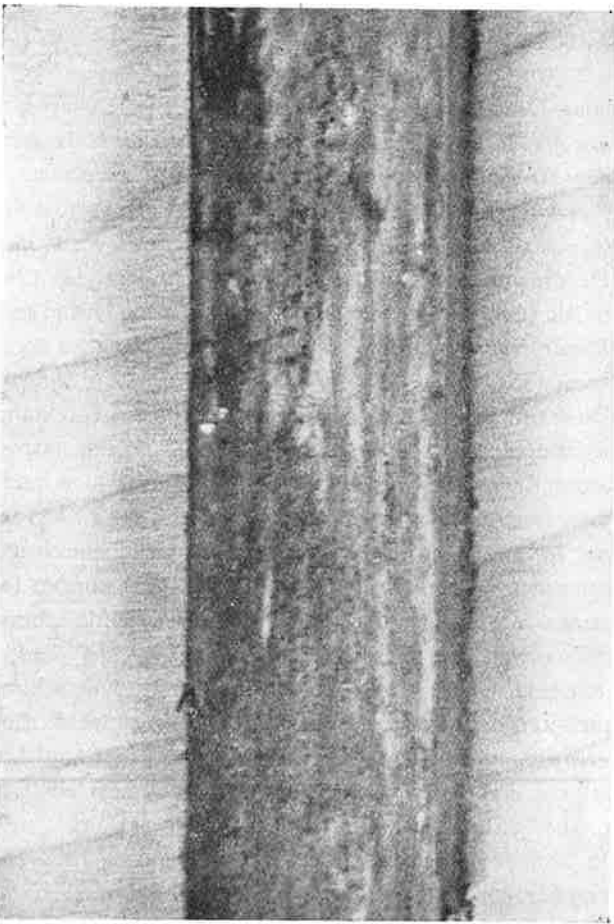


### III. SCHIMMELS DIE HET VERBLAUWEN VAN HOUT VEROORZAKEN

De schimmels, die het verblauwen van hout te weeg brengen, worden aangetroffen onder de *Ascomyceten* en de *Fungi Imperfecti*.

De *Ascomyceten* (Zakjeszwammen) zijn gekenmerkt doordat zij sporen in asci (zakjes) vormen (zie fig. 2A). Onder de „blauw” veroorzakende *Ascomyceten* nemen de *Ceratostomella* (= *Ophiostoma*, = *Ceratocystis*) soorten de grootste plaats in.

Zij vormen vruchtlichamen, hier peritheciën genoemd, die een min of meer flesvormige gedaante aannemen en zwart van kleur zijn (zie fig. 2B). Binnen in het onderste, verwijde gedeelte van het vruchtlichaam worden de ascosporen gevormd. Bij rijpheid komen deze door het halsvormige gedeelte naar buiten. De opening, waarmee het halsvormige gedeelte naar buiten uitmondt, het ostiolum, is omkleed door een krans van ciliën, kleurloze uiteinden van hyphen (schimmeldraden). De



3. Peritheciën van een *Ceratostomella*-soort op verblauwd hout

eveneens kleurloze ascosporen worden tezamen met een geleachtige stof naar het ostiolum gebracht. De grootte van de vruchtlichamen, de lengte van het halsvormige gedeelte en het aantal ciliën om het ostiolum varieert per soort. Op het oppervlak van verblauwd hout zijn de peritheciën als donkere stipjes met het blote oog waar te nemen (zie fig. 3).

Behalve de vorming van ascosporen, die de perfecte fructificatie wordt genoemd, heeft bij de *Ceratostomella* (*Ophiostoma*)-soorten nog de ontwikkeling van secundaire sporen plaats en wel van conidiën. Deze worden exogeen op bepaalde tot conidiëndragers uitgegroeide hyphen gevormd. Men onderscheidt conidiën van het *Cladosporium*-type, van het *Cephalosporium*-type en van het *Graphium*-type.

De conidiën van het *Cladosporium*-type (zie fig. 2D) ontstaan in kettingen op vertakte conidiëndragers. Bij het *Cephalosporium*-type (zie fig. 2E) ontstaan kleine kopjes van conidiën op korte opstaande einden van hyphen. Het *Graphium*-type (zie fig. 2F) wordt gevormd op een rechte zwartgekleurde steel, bestaande uit parallel gerangschikte hyphen. Aan de top verbreedt deze zich, er komen fijne, hyaliene hyphen uit, die aan de uiteinden conidiën vormen. Tegelijkertijd met de conidiën wordt ook water afgescheiden, zodat de conidiën in een druppel water komen te liggen aan de top van het *Graphium*.

Bij één en dezelfde *Ceratostomella*-soort kan meer dan één conidiëntype voorkomen. Zo vond MAC CALLUM (37) bij cultures van *C. piceae* afkomstig van een enkele conidie van het *Cladosporium*-type vorming van conidiën volgens het *Cladosporium*-type, zowel als volgens het *Graphium*-type. LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN vermelden bij *C. piceae* het voorkomen van het *Cephalosporium*-type met een overgang tot het *Cladosporium*-type naast het *Graphium*-type.

In Europa zijn de meest voorkomende *Ceratostomella*-soorten (43): *C. coerulea* Münch, *C. piceae* Münch en *C. pini* Münch. In Amerika komen *C. pilifera* (Fr.) Wint. en *C. ips* Rumbold veel op naaldhoutsoorten voor. *C. pluriannulata* Hedgcock wordt daar op loofhoutsoorten dikwijls aangetroffen (65). Naast de genoemde soorten zijn nog tal van andere *Ceratostomella*-soorten beschreven (zie o.a. (16)).

Andere blauw veroorzakende, tot de *Ascomyceten* behorende schimmels zijn soorten van het geslacht *Endoconidiophora*. Zij bezitten soortgelijke peritheciën als

de *Ceratostomella*-soorten. De conidiënvorming wijkt echter af. Deze worden namelijk binnen in hyphen gevormd (zie fig. 2G), zoals ook bij *Chalara*-soorten het geval is. MÜNCH is de eerste geweest, die deze manier van conidiënvorming bij een blauwschimmel waarnam. Hij vond dit zo typerend, dat hij voor deze schimmel een nieuw geslacht en een nieuwe soort *Endoconidiophora coerulescens* Münch opstelde. Lange tijd werd aangenomen, dat de in Amerika veel voorkomende *Endoconidiophora*-soort hiermee identiek was. DAVIDSON (17) concludeerde echter in 1944, dat de in Amerika voorkomende soort afwijkt van de Europese. Hij geeft aan de Amerikaanse soort de naam *E. virescens*. NANNFELDT (41) is van mening, dat *Endoconidiophora coerulescens* tezamen met de *Ceratostomella*-soorten in het geslacht *Ophiostoma* moet worden gebracht. BAKSHI (5) brengt de *Endoconidiophora*-soorten met de *Ceratostomella*-soorten tezamen in het geslacht *Ceratocystis*. Blauwschimmels behorende tot de *Fungi imperfecti* zijn

o.a. *Alternaria humicola* Oudem., *Cadophora fastigiata* Lagerberg et Melin, *Cladosporium herbarum* Link, *Diplodia natalensis* Pole Evans, *Graphium rigidum* (Pers.) Sacc., *Leptographium Lundbergii* Lagerberg et Melin, *Pullularia pullulans* (de Bary et Löw) Berkh., *Sclerophoma entoxylina* Lagerberg et Melin, en *Trichosporium tingens* Lagerberg et Melin. Bij deze schimmels ontbreekt de perfecte fructificatie-vorm, vandaar de naam *Fungi imperfecti* (onvolmaakte schimmels). De conidiënen worden bij de genoemde schimmels op verschillende wijzen gevormd. *Sclerophoma entoxylina* en *Diplodia natalensis* bezitten pycnidiënen. Dit zijn meer of min bolvormige lichaampjes, waarin de conidiënen worden gevormd. Bij de anderen ontstaan de conidiënen op conidiophoren, die verspreid aan het mycelium voorkomen. Sommige van de genoemde schimmels worden niet uitsluitend op hout aangetroffen, maar komen op alle mogelijke substraten voor. Dit is vooral bekend van *Cladosporium herbarum*, *Diplodia natalensis* en *Pullularia pullulans*.

#### IV. ASSOCIATIE VAN BLAUWSCHIMMELS MET KEVERS

Het optreden van blauw in hout gaat dikwijls gepaard met het optreden van in de schors of in het hout broedende kevers, voornamelijk die behorende tot de families van de *Scolytidae* en de *Platypodidae*. Uit onderzoekingen is gebleken, dat dit samen voorkomen geen toevalligheid is, maar dat de kevers een zeer grote rol spelen bij de verspreiding van de schimmels. Bij nagenoeg alle *Ceratostomella*- (= *Ophiostoma*-) soorten zijn de ascosporen ingebed in een geleachtige stof, waardoor zij niet gemakkelijk door luchtstromingen worden verspreid, maar juist wel gemakkelijk aan kevers blijven kleven. Ook met sommige soorten conidiënen is dit het geval. Bij de proeven, die LEACH, ORR en CHRISTENSEN (33) uitvoerden, werden stukken hout, die zodanig in kooien in de buitenlucht waren geplaatst, dat er geen kevers bij konden komen, niet verblauwd. Overeenkomstige stukken er vlak naast, maar buiten de kooien opgesteld, verblauwden wel als gevolg van het optreden van *Ips pini* en *Ips grandicollis*. Vele onderzoekingen betroffen de vraag, welke schimmels in associatie met bepaalde keversoorten optreden. Zo ging RUMBOLD (53) na, welke schimmels in de gangen van verschillende *Dendroctonus*- en *Ips*-soorten voorkomen. In de gangen van *Dendroctonus frontalis* en van *D. brevicornis*, die beide *Pinus*-soorten aantasten, werd *Ceratostomella pini* aangetroffen. Deze schimmel groeit van de kevergangen af in het spinhout tot aan het kern-

hout. De schimmel in associatie levend met *Dendroctonus pseudotsugae*, die *Pseudotsuga taxifolia* en *Larix occidentalis* aantast, werd als een nieuwe soort *Ceratostomella pseudotsugae* door RUMBOLD beschreven (54), evenals die (*Ceratostomella piceaperda*) in associatie levend met *Dendroctonus piceaperda*, die *Picea glauca* aantast (54) en die (*Ceratostomella montium*) in associatie levend met *Dendroctonus monticola*, die o.a. op *Pinus montana* voorkomt (55).

De schimmel, die in associatie met *Ips*-soorten voorkomt, werd eveneens door RUMBOLD beschreven als een nieuwe soort: *Ceratostomella ips* (53). Zij vond deze soort tezamen met *Ips calligraphus*, *Ips grandicollis*, *Ips emarginatus*, *Ips integer* en *Ips oregoni*, die allen naaldhoutsoorten aantasten. LEACH, ORR en CHRISTENSEN (33) vonden tezamen met *Ips pini* en *Ips grandicollis* dezelfde schimmelsoort en nog een andere door hen *Tuberculariella ips* genoemd. GROSSMANN (25) beschreef in 1931 de schimmelsoort, die bijna steeds bij *Ips typographus* wordt aangetroffen als *Leptographium penicillatum*. Later ontdekte zij, dat deze soort peritheciënen vormt en bracht zij haar tot het geslacht *Ceratostomella* (26).

In 1950 (24) vermeldt zij, dat in Duitsland bij *Ips typographus* ook de door RUMBOLD beschreven soort *Ceratostomella ips* (= *Ophiostoma ips*) voorkomt. De door haar in Duitsland geïsoleerde stammen waren bijna ge-

heel identiek met de door RUMBOLD in Amerika geïsoleerde stammen.

WRIGHT (69) beschreef de schimmel, die voorkomt in de gangen van *Scolytus ventralis*, een schorskever, die *Abies concolor* aantast, als een nieuwe soort: *Trichosporium symbioticum*.

MATTHIESEN (39) wijst erop, dat er sterk gespecialiseerde schimmelsoorten zijn, die slechts bij één bepaalde keversoort voorkomen. *Ophiostoma canum* komt slechts in associatie met *Blastophagus minor* voor. Met deze keversoort leeft nog een andere schimmelsoort tezamen, n.l. *Trichosporium tingens*.

Met *Ips acuminatus*, die tegelijkertijd met *Blastophagus minor* optreedt, gaan andere schimmels gepaard, n.l. een nog niet beschreven *Ophiostoma*-soort en *Ophiostoma pini*. MATTHIESEN (39) vermeldt, dat ook *Boktorren* (*Cerambycidae*) tezamen met blauwschimmels kunnen optreden, zoals o.a. *Acanthocinos aedilis* met *Ophiostoma olivacea*.

De verhouding tussen kevers en schimmels wordt door de meeste onderzoekers opgevat als een symbiose in bredere zin. Zowel de schimmels als de kevers hebben voordeel van de samenleving. De schimmels worden door de kevers verspreid. De schimmels helpen de kevers voor het verkrijgen van een voor hen gunstig vochtgehalte van het hout.

Volgens LEACH, ORR en CHRISTENSEN (33) worden de kevers direct na het uitkomen uit de pop al met schim-

melsporen besmet. De schimmelsporen zijn niet alleen buiten op de kevers, maar ook in de darm ervan aanwezig. WRIGHT (69) kon bij *Scolytus ventralis* echter slechts bij uitzondering cultures van de bij deze keversoort behorende schimmelsoort (*Trichosporium symbioticum*) isoleren. FRANCKE-GROSSMANN constateerde bij *Ophiostoma ips* (= *Ceratostomella ips*) daarentegen weer dat de grootste verspreiding door middel van passage door de darm van de kevers (*Ips typographus*) plaats heeft. Bij de rijpingsvraat eten de kevers van de schimmels. Daarna vliegen zij weg en nemen de schimmelsporen in de darm mee en deponeren deze later op andere stukken hout. De buitenlaag van de sporen wordt niet door de darmsappen aangetast, zodat zij ook na passage door de darm nog kiemkrachtig zijn.

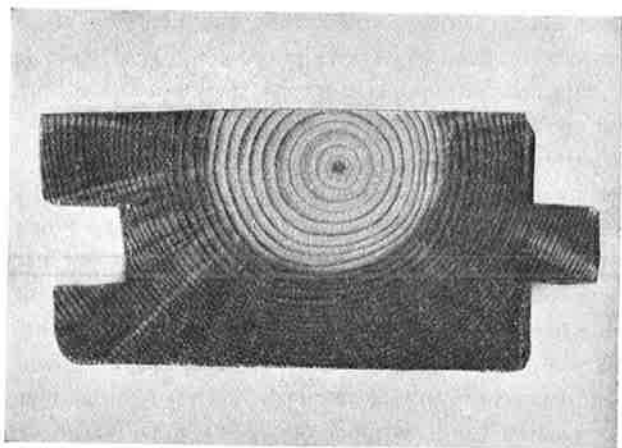
NELSON en BEAL (46) onderzochten welke invloed schimmels, die in associatie met schorskevers (*Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus terebrans* en *Ips calligraphus*) leven, op levende bomen (*Pinus rigida* en *Pinus echinata*) hebben. Nadat de schimmels in de levende bomen waren geënt, stierven deze na korte tijd af. WRIGHT (69) kreeg met *Trichosporium symbioticum* bij enting in *Abies concolor* een soortgelijk resultaat. De meeste bomen gingen na enting met de schimmel dood of vertoonden sterke beschadigingen. Slechts enkele bleven normaal. Het afsterven van de bomen komt, doordat de schimmel het cambium doodt.

## V. AANGETASTE HOUTSOORTEN

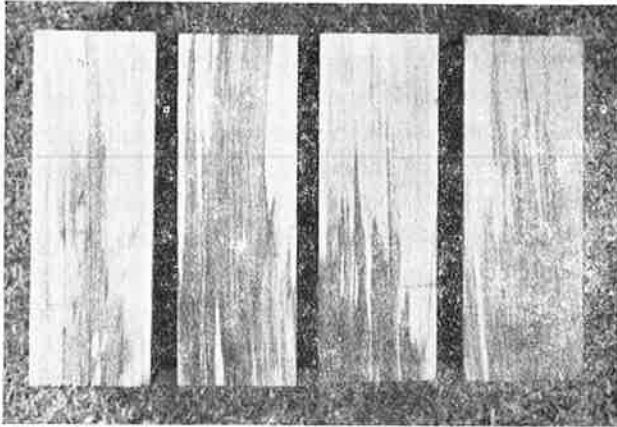
Zowel naald- (zie fig. 4) als loofhoutsoorten (zie fig. 5) kunnen blauw vertonen. Het verschijnsel is bij naaldhoutsoorten het uitvoerigst bestudeerd. Blauw komt bijna uitsluitend in het spint voor (zie fig. 4). Bij houtsoorten, zoals vuren, waarbij geen eigenlijk kernhout wordt gevormd, treedt blauw vrijwel alleen in de buitenste jaarringen op. Slechts in enkele gevallen is blauwkleuring van kernhout waargenomen. Zo vermelden CHRISTENSEN en KAUFERT (11) het optreden van blauw in kernhout van staande bomen van *Thuja occidentalis* (Northern white cedar).

LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32) vermoedden, dat het niet of hoogst zelden aangetast worden van het kernhout terug te brengen is op een gebrek aan „vrij water” in kernhout. Volgens THEDEN (64) is dit niet het geval. Blokjes grenenkern worden in laboratoriumproeven, ook wanneer zij een vochtgehalte bezitten hoger dan dat in

evenwicht met het vezelvezadigingspunt, niet aangetast. De inhoud van de straalcellen is in het kernhout zodanig



4. Kops oppertlak van een verblauwde grenenkern. Het kernhout is niet verblauwd



5. Verblauwd populierenhout

veranderd, dat zij de blauwschimmels niet meer tot voedsel kunnen dienen. In vele gevallen zal ook de aanwezigheid van bepaalde tijdens de verkerning gevormde stoffen oorzaak zijn, dat de blauwschimmels niet gaan groeien. In dit verband wijzen wij erop, dat RENNERFELT (51) aantoonde, dat de in kernhout van Western red cedar

voorkomende stof thuyaplicin zeer giftig voor blauwschimmels is. Het niet aangetast worden van kernhout is dus een deels terug te brengen op een gebrek aan voor de blauwschimmels geschikt voedsel, anderdeels op de aanwezigheid van voor hen giftige stoffen.

Het spinhout van nagenoeg alle houtsoorten kan door blauwschimmels worden aangetast. Er is echter wel verschil in mate van aantasting. Zo toonden LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32) aan, dat grenspint in het algemeen veel gemakkelijker door blauwschimmels wordt aangetast dan vurensint. Het vet, aanwezig in grenspint, kan wel door blauwschimmels worden omgezet, het vet uit vurensint echter niet.

De meer of mindere aanwezigheid van bepaalde groeistoffen zal ook oorzaak kunnen zijn, dat het spinhout van de ene houtsoort gemakkelijker wordt aangetast dan dat van een andere. Vele blauwschimmels kunnen zich namelijk zoals ROBBINS en MA (52), BARNETT en LILLY (6) en RENNERFELT (50) aantoonde niet zonder groeistoffen ontwikkelen. Verder is ook vooral het zetmeelgehalte van het spinhout van belang.

## VI. INVLOED VAN HET VOCHTGEHALTE VAN HET HOUT OP DE ONTWIKKELING VAN BLAUWSCHIMMELS

MÜNCH (43) was één der eersten, die proeven deed over de invloed van het vochtgehalte van hout op de ontwikkeling van blauwschimmels. Hij stelde vast, dat grenspint direct na het vellen niet door *Ceratostomella pini* wordt aangetast. Deze schimmel groeit dan slechts op het hout, maar dringt er niet in door. Wanneer het hout 15% van zijn gewicht door uitdrogen heeft verloren, doet zij dit echter wel. MÜNCH deed zijn proeven zowel met levend als met dood hout. De verblauwing bleek alleen van het watergehalte van het hout af te hangen. Het dood of levend zijn ervan had geen invloed. RADULESCU (48) vond later, dat de grenzen van het watergehalte voor blauwschimmels bij levend hout wel anders liggen dan bij dood hout. Bij een gering vochtgehalte groeit de schimmel in levend hout beter dan in het dode. Bij een hoog vochtgehalte is juist het omgekeerde het geval. Hij wil dit verklaren door het feit, dat bij levend hout de straalcellen zuurstof verbruiken en bij dood hout niet. Bij een hoog vochtgehalte is er betrekkelijk weinig zuurstof in het hout aanwezig. Leeft het hout nog, dan gebruiken ook de straalcellen van deze geringe voorraad en wordt de groei van de schimmel eerder geremd dan bij dood hout het geval is.

LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32) berichtten in 1927 over uitvoerige proeven op dit gebied. Zij gebruikten hierbij stukken hout met een driehoekige doorsnede. Een deel van de proefstukken werd gesteriliseerd door de stukken 48 uur bij 50° C. te plaatsen. Er werd geconstateerd, dat door deze behandeling althans alle blauwschimmels waren afgestorven. Als de proefstukken op het gewenste vochtgehalte waren gebracht, werden zij geënt met sporen van verschillende blauwschimmels. Er bleek, dat het normale vochtgehalte van het spinhout ( $\pm 148\%$ ) de groei van *Ceratostomella coerulea* en *Trichosporium tingens* sterk, maar die van *Endoconidiophora coerulescens* slechts weinig vertraagde. Bij een vochtgehalte van  $\pm 138\%$  werd reeds optimale groei van *Ceratostomella coerulea* en *Endoconidiophora coerulescens* waargenomen. De groei bleef bij vermindering van het vochtgehalte tot op  $\pm 40\%$  constant, maar nam bij verdere daling snel af. Werden de proefstukken met paraffine afgedicht, dan moest het vochtgehalte meer dalen (60—80%) om optimale groei mogelijk te maken. *Ceratostomella pini* kon een hoger vochtgehalte verdragen dan de andere schimmels. Bij een vochtgehalte van 163 à 171% heeft zij nog optimale groei. Het laagste vochtgehalte, waarbij nog



groei optreedt, lag bij *Ceratostomella coerulea* juist even boven 27% en bij *Discula pinicola*, *Trichosporium tingens* en *Leptographium Lundbergii* juist even boven 28%.

De Amerikaanse onderzoekers COLLEY en RUMBOLD (12) onderzochten, hoe laag het vochtgehalte van loblolly pine, *Pinus taeda* kan zijn, wil er nog blauw in kunnen optreden. Zij vonden, dat bij een vochtgehalte van 24% *Ceratostomella pilifera* het hout niet meer verblauwde, indien de relatieve luchtvochtigheid laag was. Op grond hiervan raden zij aan voor de praktijk als grens een vochtgehalte van 20% aan te nemen. Er is dan een zekerheidsfactor van 4%.

LINDGREN (34) vond eveneens, dat *C. pilifera* in hout met een vochtgehalte lager dan 24% niet meer kan groeien.

In 1942 verscheen van THEDEN een publicatie (64) over de invloed van het vochtgehalte van hout op de groei van blauwschimmels. Zij onderzocht of bij vochtgehaltes beneden het vezelvezadigingspunt nog groei plaats had. Blokjes grenenhout (5 x 2,5 x 0,7 cm) aangepast aan een relatieve luchtvochtigheid van 100, 99, 98,2, 96,5 en

92,4%, overeenkomende met een vochtgehalte van het hout van resp. 28, 26, 25, 23 en 19%, werden geënt met een niet nader gedetermineerde blauwschimmel. Bij een vochtgehalte van 28% was de groei het best, bij 26% en 25% aanmerkelijk vertraagd. Bij een vochtgehalte van 23% was nog slechts een zeer geringe ontwikkeling waar te nemen en bij 19% had geen groei meer plaats. Het vochtgehalte was ook bij de blokjes, waarin zich de schimmel had ontwikkeld, vóór en na de proef gelijk. De gebruikte blauwschimmel verhoogt het vochtgehalte van hout dus niet, hetgeen bij houtaan-tastende schimmels wel het geval is.

In droog hout blijven blauwschimmels lange tijd in leven. HUBERT (30) vermeldt, dat uit Southern pine na 7 jaar bewaren in droge toestand nog een *Ceratostomella species* gekweekt kon worden.

Is het hout gedroogd geweest en verkrijgt het daarna weer een vochtgehalte gunstig voor de ontwikkeling van blauwschimmels, dan kan weer verblauwing optreden, maar in de regel verblauwt het hout dan minder snel dan in groene staat.

## VII. INVLOED VAN DE TEMPERATUUR OP DE ONTWIKKELING VAN BLAUWSCHIMMELS

Evenals bij andere schimmels is de temperatuur van grote invloed op de ontwikkeling van blauwschimmels. LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32) onderzochten de invloed van verschillende temperaturen op *Ceratostomella coerulea*, *C. picea*, *Endoconidiophora coerulescens*, *Trichosporium tingens*, *Leptographium Lundbergii* en *Xylomyces species I*. De schimmels werden in petrischalen op moutagar gekweekt. De radiale groei werd om de andere dag gemeten. *Endoconidiophora coerulescens* vertoonde optimale groei bij 22,5° C., *Leptographium Lundbergii* bij 25° C. en *Xylomyces species I* bij 19° C. De andere soorten gaven optimale groei in een tamelijk breed temperatuurgebied, die enigszins culmineerde bij 22,5° C. Bij 3—4° C. had nog ontwikkeling van alle schimmels plaats. Bij lagere temperaturen werd niet onderzocht. De maximale temperatuur ligt bij alle soorten boven 27° C.

RENNERFELT (49) stelde vast, dat *Phialophora fastigiata* (= *Cadophora fastigiata*) het best groeide bij 22° C. Bij 27° C. was de groei nog betrekkelijk goed, bij 32° C. uiterst gering, evenals bij 5° C. Bij 37° en 42° C. had geen groei meer plaats. *Pullularia pullulans* had een

iets hogere optimale temperatuur: 27° C. Bij 37° en 42° C. groeide ook deze schimmel echter niet meer.

RUMBOLD (55) vond bij *Ceratostomella montium* goede groei bij temperaturen variërende tussen 12°—22° C. LINDGREN (34) ging eveneens de invloed van verschillende temperaturen na. Hij onderzocht o.a. zeven stammen van *Ceratostomella pilifera*, die geïsoleerd waren uit hout afkomstig van geographisch verschillende streken. Zij vielen, wat hun temperatuurgevoeligheid betreft, in twee groepen uiteen. De ene groep had een minimum temperatuur van 3° C., een optimum van 25°—26° C. en een maximum van 34°—35° C. Bij de andere groep waren deze temperaturen iets hoger, n.l. resp. 4°, 27°—29° en 34°—35° C. De tweede groep was uit warmere streken afkomstig dan de eerste.

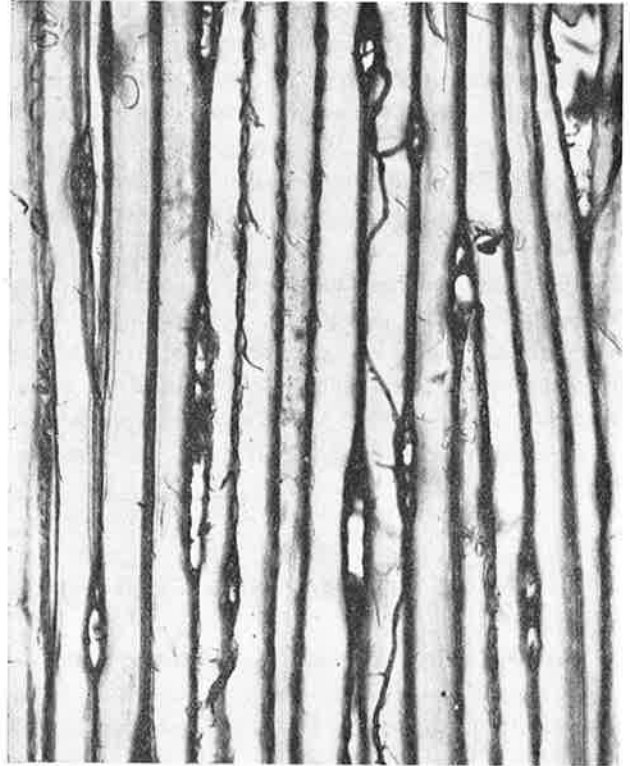
Door hoge temperaturen kunnen blauwschimmels in hout worden gedood. Zij zijn echter, zoals door HUBERT (30) werd aangetoond, resistenter tegen hoge temperatuur dan houtrot veroorzakende schimmels. In proefstukken (1 x 4 x 24 inch) van hout van *Pinus strobus* was *Ceratostomella pilifera* na 3 uur bij 120° F. (= 49° C.) nog niet bezweken, echter wel na 6 uur. Bij dikkere

stukken (2 x 4 x 24 inch) was een expositietijd van 24 uur nodig om de schimmel in het hout te doden. Bij temperaturen beneden het vriespunt gaan blauw-

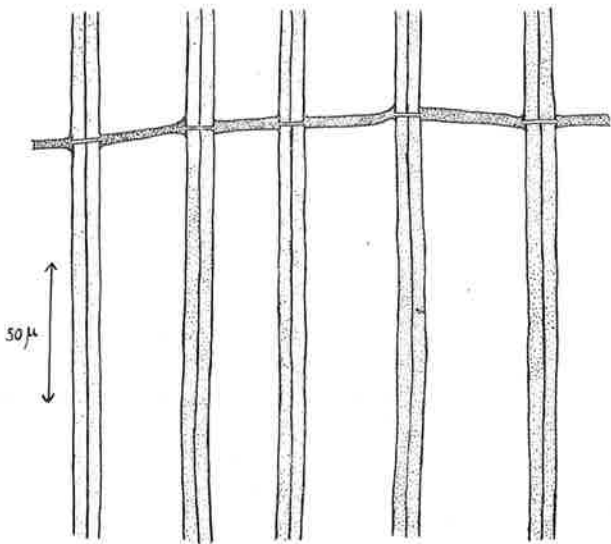
schimmels in hout niet dood. SCHEFFER en LINDGREN (59) vermelden, dat zij vele dagen lang een temperatuur van  $-18^{\circ}$  C. kunnen doorstaan.

### VIII. INVLOED VAN DE BLAUWSCHIMMELS OP DE CELWANDEN VAN HOUT

Over het algemeen tasten de blauwschimmels, in tegenstelling met de houtrot veroorzakende schimmels, de wanden van de houtcellen niet of slechts zeer weinig aan. De wanden van de tracheïden (en eventueel bij loofhout die van de vaten) blijven zo goed als geheel intact, behalve dat zij op enkele plaatsen door de schimmeldraden doorboord kunnen zijn. In de meeste gevallen gaan de schimmels door de stippels (onverdikte plaatsen van de celwand) van de ene tracheïde naar de andere. Het gebeurt echter ook, dat zij de verdikte celwand passeren. In dat geval is het deel van de schimmel, dat door de celwand gaat, veel dunner dan dat wat zich in het lumen van de cel bevindt (zie fig. 6). Volgens LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32) en ook volgens CARTWRIGHT en FINDLAY (8) zou deze doorboring langs mechanische weg tot stand komen, dit in tegenstelling met de houtrot veroorzakende schimmels, waar de doorboring langs enzymatische weg geschiedt. De wanden van de straalcellen zouden, althans door sommige blauwschimmels, wel worden aangetast (zie



7. Tangentiale doorsnede van verblauwd hout van *Pinus pinaster* Ait.



6. Doorboring van de celwanden van de tracheïden door een blauwschimmel in vurenhout

fig. 7). De meningen van de verschillende onderzoekers zijn op dit punt echter niet altijd gelijk. Volgens VON SCHRENK (60) lossen de wanden, die de straalcellen van elkaar scheiden op en worden de wanden, die de straalcellen van de tracheïden scheiden zeer dun als gevolg van de ontwikkeling van *Ceratostomella pilifera*.

MÜNCH (43) bestrijdt deze opvatting van VON SCHRENK. De wanden van de straalcellen zijn in verblauwd hout nog wel aanwezig, maar moeilijk te herkennen, doordat zij vervormd zijn en vaak bruin gekleurd. RUMBOLD (53) neemt aan, dat de wanden van de straalcellen worden verbroken, wanneer het aantal en de diameter van de hyphen van de blauwschimmel erin toeneemt. LAGERBERG, LUNDBERG en MELIN (32), die eveneens aannemen, dat *Ceratostomella*-soorten de wanden van de straal-

cellen niet aantasten, vonden dat *Sclerophoma entoxylina* deze wanden duidelijk oplost.

FINDLAY en PETTIFOR (23) menen op grond van een chemische analyse van obeche-hout (*Triplochiton scleroxylon*), dat verblauwd was door *Botryodiplodia theobromae* (synonym met *Diplodia natalensis* (3)) aan te moeten nemen, dat deze schimmel zowel cellulose als lignine, dus de celwanden van het hout, kan aantasten.

CARTWRIGHT en FINDLAY (8) en ook BOYCE (7) vermelden, dat blauwschimmels de wanden van de straalcellen

kunnen oplossen. Zij laten zich er echter niet over uit, of dit voor alle dan wel voor enkele blauwschimmels geldt. Volgens BOYCE worden de wanden van de straalcellen wel aangetast en die van de tracheïden niet, omdat de eerste minder verhout zijn. Daar de meeste blauwschimmels zuivere cellulose niet zouden kunnen aantasten (43) blijft het enigszins raadselachtig, hoe deze aantasting van weinig verhoutte celwanden tot stand komt, zodat verder onderzoek hierover zeer gewenst is.

#### IX. INVLOED VAN DE BLAUWSCHIMMELS OP DE MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HOUT

MÜNCH (43) was één der eersten, die in 1907 uitgebreide proeven deed over de invloed van blauwschimmels op de mechanische eigenschappen van hout. Hij bepaalde de drukvastheid van hout, dat gedurende vier weken door *Ceratostomella pini* was aangetast. Hij vond geen verschil tussen het verblauwde en het niet verblauwde hout.

In latere jaren werden vooral door FINDLAY en PETTIFOR en door CHAPMAN en SCHEFFER dergelijke proeven gedaan.

FINDLAY en PETTIFOR (21) gebruikten bij hun eerste onderzoek Scots pine (*Pinus silvestris*). De slagbreukarbeid en de drukvastheid werden zowel aan kunstmatig verblauwd hout (verkregen door infectie met *Ceratostomella coerulea* (= *Ophiostoma coerulea*) of met een nog niet geïdentificeerde als S 51 aangeduide schimmel) als aan onder natuurlijke omstandigheden verblauwd hout, bepaald. De buigvastheid en de hardheid werden alleen aan het laatste nagegaan. Bij het kunstmatig verblauwde hout waren de proefstukken die aan de schimmels werden blootgesteld, en de contrôle-proefstukken, wat betreft hun ligging in de stam, zodanig gekozen, dat de normale variatie van de onderzochte eigenschappen van het hout bij beide groepen zo veel mogelijk gelijk verondersteld kon worden. Van het onder natuurlijke voorwaarden verblauwde hout werden betrekkelijk veel proefstukken onderzocht (40—100). Uit de resultaten bleek, dat de blauwschimmels de buigvastheid en de drukvastheid niet verlagen, wel echter in merkbare mate van invloed zijn op de brosheid (bepaald aan de slagbreukarbeid) en de hardheid.

De slagbreukarbeid was na inwerking van *Ceratostomella coerulea* gedurende 52 weken  $\pm 40\%$  en na blootstelling aan de inwerking van de schimmel S 51 na dezelfde periode  $\pm 25\%$  minder. Bij het onder natuurlijke omstandigheden verblauwde hout was de achter-

uitgang veel minder, n.l. 10 à 12%, hetgeen niet meer als significant kon worden beschouwd. Werden de cijfers echter gerangschikt naar gelang de mate van verblauwing, dan was toch een invloed aan te tonen. De achteruitgang in hardheid was slechts gering, n.l.  $\pm 13\%$ , zowel voor het radiale als voor het tangentiale en kopse vlak, echter wel significant.

In 1939 (22) vermeldten FINDLAY en PETTIFOR de resultaten van een aanvullend onderzoek naar de invloed van de verblauwing op de elasticiteitsmodulus. Zij konden wel een invloed van de verblauwing constateren, deze was echter zo gering (een achteruitgang van 2,8%), dat zij practisch van geen betekenis is.

Dezelfde auteurs publiceerden in 1946 (47) een onderzoek over de afschuifsterkte van verblauwd hout. Als houtsoort werd Corsican pine (*Pinus nigra* var. *calabrica*) gebruikt, daar de voor het vorige onderzoek gebruikte houtsoort (Scots pine, *Pinus silvestris*) niet in voldoende mate beschikbaar was. Corsican pine lijkt zo veel op Scots pine, dat de verkregen resultaten ook wel voor de laatste houtsoort zullen gelden. Kunstmatig door infectie met *Ceratostomella coerulea*, *Ceratostomella pilifera* of *Diplodia natalensis* verblauwd hout werd onderzocht. Het bleek, dat de ontwikkeling van alle drie de schimmels een achteruitgang in afschuifsterkte tengevolge had. Na 94 dagen bedroeg voor beide *Ceratostomella*-soorten de afneming van de afschuifsterkte 11% en voor *Diplodia natalensis* 14%.

FINDLAY en PETTIFOR (23) onderzochten eveneens de inwerking van een blauwschimmel *Botryodiplodia theobromae* op de tropische loofhoutsoort obeche (*Triplochiton scleroxylon*). De buigsterkte, de elasticiteitsmodulus en de slagbreukarbeid werd bepaald. Het bleek, dat de schimmel een afneming van de buigsterkte (max. 19,7%), van de elasticiteitsmodulus ( $\pm 7\%$ ) en van de slagbreukarbeid (max. 53%) had teweeg gebracht. In

tegenstelling met het vorig onderzoek werd hier dus ook een afnemning in buigsterkte als gevolg van de verblauwing geconstateerd.

CHAPMAN (9) deed in 1933 proeven over de invloed van sterilisatie met behulp van stoom op de vatbaarheid van hout voor blauwschimmels en bepaalde tevens de invloed van deze schimmels op mechanische eigenschappen van hout. Hij betrok drie houtsoorten: *Pinus echinata*, *Pinus taeda* en *Pinus palustris* bij zijn onderzoek. Als blauwschimmels werden *Ceratostomella pilifera* en *Graphium rigidum* gebruikt. Bij de proeven bleek, dat de blauwschimmels grote invloed hadden op de totale arbeid verbruikt bij de statische buigproef. In het ongestoomde hout trad hierbij gemiddeld een verlies van 22% op en in het gestoomde hout een verlies van 46%. Een nog grotere invloed hadden de schimmels op de slagbreukarbeid. In het ongestoomde hout waren de slagbreukwaarden gemiddeld 30% en in het gestoomde hout gemiddeld 50% lager dan die van het normale hout.

CHAPMAN en SCHEFFER (10) deden in 1940 nog verdere proeven over de invloed van blauwschimmels op de sterkte van *Pinus palustris*, *P. taeda* en *P. echinata*. Behalve de inwerking van *Ceratostomella pilifera* en *Gra-*

*phium rigidum* werd ook die van *C. ips* en *C. pini* onderzocht.

Ook nu vonden zij een sterke invloed op de totale arbeid verbruikt bij de statische buigproef en op de waarden verkregen bij de slagbreukproef. De grootste brosheid verkregen proefstukken van gestoomd en daarna met *Graphium rigidum* geënt hout van *Pinus taeda*. De slagbreukarbeid was hier 75% minder dan bij het overeenkomstige gezonde hout.

Samenvattend kan worden gezegd, dat blauwschimmels de brosheid van hout (bepaald aan de slagbreukarbeid) verhogen en bovendien van invloed zijn op de buigsterkte, de elasticiteitsmodulus en de afschuifsterkte. Op de druksterkte werd tot nu toe geen invloed geconstateerd.

De veranderingen in mechanische eigenschappen, die onder natuurlijke omstandigheden verblauwd hout ondergaat, zijn echter meestal gering, vooral wanneer men de natuurlijke variabiliteit, die bij éénzelfde houtsoort in de genoemde eigenschappen kan optreden in aanmerking neemt.

## X. INVLOED VAN DE BLAUWSCHIMMELS OP DE PHYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HOUT

Het volumegewicht, de belangrijkste fysische eigenschap van hout, wordt door blauwschimmels nauwelijks beïnvloed. CHAPMAN en SCHEFFER (10) vonden slechts bij enkele van hun proeven een significante afwijking, die dan nog slechts ten hoogste 4% bedroeg. FINDLAY en PETTIFOR (21) vonden eveneens dat de verlaging van het volumegewicht als gevolg van de ontwikkeling van *Cerastomella coerulea* zeer gering is. Bij de inwerking van *Botryodiplodia theobromae* (23), synoniem met *Diplodia natalensis* (3), op obeche werd wel een tamelijk grote verlaging (gemiddeld 7 à 9%) van het volumegewicht geconstateerd.

Een andere belangrijke fysische eigenschap van hout is het vermogen om vloeistoffen op te kunnen nemen. Dit is namelijk van grote betekenis voor het behandelen van hout met conserveermiddelen. Lange tijd heerste de mening, dat deze eigenschap door blauwschimmels ongunstig wordt beïnvloed. Hoewel door zorgvuldig gecontroleerde proeven werd aangetoond, dat dit niet het geval is, treft men in recente literatuur deze opvatting nog wel aan. Zo vermeldde LIESE (in Mahlke Troschel, 38) in 1950, dat sterk verblauwd grenenhout moeilijkheden

oplevert bij het impregneren met olieachtige middelen. Hij wil dit verklaren door aan te nemen, dat de hofstippels door de erin aanwezige hyphen van blauwschimmels zijn verstopt.

In 1925 toonde DANIELS (14) reeds aan, dat de hoeveelheden creosootolie opgenomen door verblauwd hout en gezond hout even groot waren. Ook wat betreft het indringen van de olie in het hout was geen verschil waar te nemen. VANIN (geciteerd door Scheffer en Lindgren (59)) kon in 1932 evenmin een verschil in opneming van creosootolie constateren. SALING (56) vond in 1930 zelfs, dat creosootolie door verblauwd hout gemakkelijker wordt opgenomen dan door gezond hout. SCHEFFER en LINDGREN (59) vermeldden in 1940 eveneens een verschil in gunstige zin. Bij de „hot and cold bath”-methode namen de verblauwde proefstukken 100 à 150% meer creosootolie op dan de niet verblauwde. De olie was in het spinhout van de verblauwde stukken geheel ingedrongen, het spinhout van het gezonde hout bevatte daarentegen slechts voor de helft olie. In water opgeloste conserveermiddelen zouden door verblauwd hout sneller worden opgenomen dan door gezond hout. De totale

hoeveelheid vloeistof, die uiteindelijk wordt opgenomen, is evenwel gelijk (59).

De afgifte van water verloopt, zoals uit het bovenstaand-

de kan worden verwacht, bij verblauwd hout iets sneller dan bij gezond hout (57). Het drogen van verblauwd hout levert dus geen moeilijkheden op.

## XI. INVLOED VAN DE BLAUWSCHIMMELS OP DE DUURZAAMHEID VAN HOUT

Veelal heerst de mening, dat verblauwd hout minder duurzaam is dan niet verblauwd hout. Uit proefnemingen door verschillende onderzoekers verricht, blijkt dat dit echter niet of in slechts zeer geringe mate het geval is. MAYER-WEGELIN en zijn medewerkers (40) vonden bij hun proeven juist het tegenovergestelde. Verblauwd hout had minder van houtaantastende schimmels te lijden dan niet verblauwd hout.

JOHANN (31) komt tot de conclusie, dat verblauwd hout minder door houtrot verwekkende schimmels wordt aangetast, als de blauwschimmel hierin nog in leven is. Is de blauwschimmel in het verblauwde hout al dood, dan is geen verschil in aantastbaarheid met gezond hout waar te nemen.

FINDLAY (19) die hierover in 1939 een onderzoek verrichtte, constateert, dat verblauwd hout iets sneller wordt aangetast. Zo gaf *Merulius lacrimans* na 10 weken bij verblauwd hout een gewichtsverlies van 16,3% en bij niet verblauwd hout een gewichtsverlies van 13,6%. Bij *Poria vaillantii* bedroeg dit resp. 9,6% en 7,9% en bij *Coniophora cerebella* 21,0% en 17,9%. FINDLAY is van mening, dat het optredende verschil zo gering is, dat dit voor de praktijk als van geen betekenis moet worden beschouwd.

MEYER (42) onderzocht in 1946 of blauwschimmels invloed uitoefenen op de groei van in huizen houtrot veroorzakende schimmels. Bij groei op agar stimuleerden *Alternaria humicola* en *Leptographium Lundbergii* de ontwikkeling van *Poria vaporaria*; *Ceratostomella coerulea*, *Ceratostomella piceae*, *Hormonema dematioides* en

*Leptographium Lundbergii* die van *Coniophora cerebella*. Bij groei in hout bevorderde *Hormonema dematioides* de ontwikkeling van *Coniophora cerebella* en van *Poria vaporaria*; *Leptographium Lundbergii* stimuleerde de ontwikkeling van *Coniophora cerebella*, *Poria vaporaria* en *Merulius lacrimans*.

Hoewel uit de verschillende onderzoeken blijkt, dat in sommige gevallen verblauwd hout iets sneller door schimmels wordt aangetast, dan niet verblauwd hout, is het verschil toch zo gering, dat het voor de praktijk van geen belang is.

De in praktijkkringen heersende mening, dat verblauwd hout gemakkelijker door houtrot wordt aangetast, dan niet verblauwd, berust waarschijnlijk hierop, dat verblauwd hout vaak een hoger vochtgehalte heeft dan het niet verblauwde (blauw is namelijk een aanwijzing, dat het hout niet snel genoeg is gedroogd, en dus de condities gunstig geweest zijn voor de ontwikkeling van houtaantastende schimmels). Verder komt, zoals vermeld, blauw bijna uitsluitend in spint voor en daar dit veel gemakkelijker wordt aangetast dan kernhout, kan bij oppervlakkige beschouwing van een stuk verblauwd hout, waarin houtrot is opgetreden, de indruk ontstaan, dat het verblauwde deel meer wordt aangetast dan het gezonde.

Ook moet er rekening mee worden gehouden, dat in verblauwd hout een begin van houtrot aanwezig kan zijn, daar het optreden van blauw een aanwijzing is, dat de omstandigheden gunstig zijn geweest voor de ontwikkeling van schimmels.

## XII. TOELAATBAARHEID VAN HET GEBRUIK VAN VERBLAUWD HOUT ALS CONSTRUCTIEHOUT

De duurzaamheid van verblauwd hout is bij eenzelfde vochtgehalte nagenoeg gelijk aan die van niet verblauwd hout. Uit dit oogpunt kan verblauwd hout dus even goed worden gebruikt als niet-verblauwd hout. Wel moet het zorgvuldig op aanwezigheid van houtrot worden gecontroleerd, daar dit naast blauw aanwezig kan zijn.

De mechanische eigenschappen van verblauwd hout kunnen enigszins afwijken van die van gezond hout. Vooral de brosheid (bepaald aan de slagbreukbaarheid)

kan erdoor worden beïnvloed. Hierdoor zou verblauwd hout minder geschikt geacht kunnen worden. De achteruitgang in sterkte is echter ook bij sterk verblauwd hout gering, zodat in de meeste gevallen, waar er uit esthetisch oogpunt geen bezwaar tegen is, verblauwd hout gebezigd kan worden. In die gevallen, waar het hout zeer weinig bros mag zijn, zoals b.v. in de vliegtuigbouw en voor ladders, is het verwerken van verblauwd hout ontoelaatbaar.

### XIII. ONDERZOEKINGEN VERRICHT OVER HET VOORKOMEN VAN DE ONTWIKKELING VAN BLAUWSCHIMMELS DOOR TOEPASSEN VAN FUNGICIDEN

Door het hout voor het droogproces met een oplossing van een fungicide te behandelen, kan de ontwikkeling van blauwschimmels worden voorkómen of althans in sterke mate worden geremd. Over de vraag welke fungiciden hiervoor het meest geschikt zijn, werd vooral in Amerika veel onderzoek verricht.

In 1911 deden WEISS en BARNUM (67) proeven met planken uit spinhout van longleaf pine. Direct na het verzagen werden deze met verschillende middelen behandeld en daarna op stapels gezet. Vervolgens werd nagegaan in welke mate het hout verblauwde. Op grond van hun resultaten bevelen zij het gebruik van een 5 à 10% natriumbicarbonaat-oplossing aan voor de bestrijding van blauwschimmels. Met sublimaat werden betere resultaten verkregen dan met natriumbicarbonaat. Wegens de grote giftigheid van dit middel voor de mens achten zij het gebruik ervan voor de praktijk niet aanbevelenswaard. Zij wijzen er verder op, dat de ontwikkeling van blauwschimmels reeds voor een zeer groot deel kan worden onderdrukt, wanneer het hout in goed geventileerde stapels te drogen wordt gezet.

HOWARD (29) verkreeg in 1922 bij red oak goede resultaten met creosootolie verdund met petroleum en met borax.

LINDGREN, SCHEFFER en CHAPMAN (35) deden in 1932 proeven met rondhout. Zij verkregen de beste resultaten met gechlorideerde phenolen, organische kwikverbindingen en creosoot. In 1933 berichtten dezelfde auteurs (36) over proeven met verzaagd naald- en loofhout. Meer dan honderd middelen werden op hun werkzaamheid onderzocht. Borax bleek zeer effectief voor loofhout (sap-gum) te zijn, voor naaldhout was het minder werkzaam. Natrium-o-phenylphenoxide bleek juist voor naaldhout goed te helpen, maar voor loofhout minder. Ethylmercurichloride, ethylmercuriphosfaat en natriumchlorophenoxide beschermden beide houtsoorten.

In 1940 vermeldden SCHEFFER en LINDGREN (59), dat bij proeven op praktijkschaal genomen, naaldhout (Southern pine) door behandelen met ethylmercurichloride (0,018%), natriumtetrachloorphenolaat (0,48%), natriumpentachloorphenolaat (0,9%) of een mengsel van natriumtetrachloorphenolaat met natrium-o-phenylphenolaat (0,5% + 0,5%) goed tegen blauwschimmels

wordt gevrijwaard. Bij red-gum gaven ethylmercurichloride (0,01%) ethylmercuriphosfaat (0,007%), natriumtetrachloorphenolaat (0,48%) en borax (5%) goede resultaten.

CUMMINS (13) verrichtte in Australië proeven met hout van *Pinus radiata*. Als conserveermiddelen werden lignasan, een handelsproduct, dat als werkzame stof ethylmercurichloride bevat en een mengsel van soda en dubbelkoolzure soda, gebruikt. Met lignasan werd de beste bescherming verkregen. Planken, hierin ondergedompeld, vertoonden op het oppervlak wel groei van andere schimmels, blauwschimmels bleven echter geheel achterwege. Planken, ondergedompeld in de soda-oplossing, waren nog voor 40% verblauwd. Bij proeven met hoop pine in Queensland bereikte YOUNG (70) eveneens de beste resultaten met lignasan.

In Duitsland deden SCHULZ (61) en SCHULZE en THEDEN (62) proeven over de invloed van fungiciden op blauwschimmels. SCHULZ (61) ontwikkelde een laboratoriummethode voor de bepaling van de giftigheid van conserveermiddelen t.o.v. blauwschimmels. Om de proefstukken (halve schijven van grenenhout met een diameter van 10 cm en een dikte van 1 cm) zeer vatbaar voor blauwschimmels te maken, werden zij met 1% moutextract geïmpregneerd. Gedroogd en daarna weer natgemaakt hout werd namelijk niet vatbaar genoeg voor blauwschimmels bevonden en groen hout is voor een standaardproef niet gemakkelijk in voldoende hoeveelheid in voorraad te houden.

SCHULZE en THEDEN (62) gingen na op welke wijze in gebruik zijnd hout tegen de aantasting door blauwschimmels kan worden beschermd. Zij bestreken grenenspintplankjes (20 x 10 x 1 cm) aan één kant met verschillende middelen en infecteerden ze daarna met sporen van drie verschillende blauwschimmels (een *Ceratostomella*-soort en twee niet nader gedetermineerde schimmels). Na afloop van de proef werden de plankjes doorgezaagd en werd nagegaan of ze verblauwd waren. Behandelen met fluoriden (5—15%) en met silicofluoriden (10%) bleek het gehele plankje tegen verblauwen te vrijwaren. Door een oplossing van pentachloorphenol of een ander organisch middel werd slechts het blauw worden van de behandelde kant voorkomen.

#### XIV. HET VOORKOMEN VAN HET BLAUW WORDEN VAN HOUT

De ontwikkeling van blauwschimmels kan worden verhinderd door het hout na het vellen snel te verzagen, snel te drogen en droog te houden.

In gevallen, waar het niet mogelijk is, het gevelde hout direct te verwerken, kan verblauwen worden voorkomen door het onder water te bewaren. Indien ook hiervoor geen gelegenheid is, moet het in de schors worden gelaten. Het vochtgehalte van het spinhout is in de regel te hoog om ontwikkeling van blauwschimmels mogelijk te kunnen maken. Door het in de schors te laten, kan uitdrogen worden tegengegaan en is het althans enige tijd tegen verblauwen gevrijwaard.

In streken waar de omstandigheden bijzonder gunstig voor de ontwikkeling van schimmels zijn, is een behandeling met fungiciden aan te bevelen. Het behandelen moet bij rondhout direct na het vellen of bij verzaagd hout direct na het verzagen geschieden. Wacht men te lang, dan kunnen de blauwschimmels zich reeds hebben ontwikkeld en in het hout zijn gedrongen. Door de behandeling (bespuiten, bestrijken of korte tijd onderdompelen), die slechts een oppervlakkig effect heeft, worden de schimmels in het hout niet gedood, zodat zij

verder kunnen groeien, met als gevolg toch verblauwen van het hout.

De meest in aanmerking komende fungiciden zijn organische kwikverbindingen, zoals ethylmercurichloride en zouten van gechlloreerde koolwaterstoffen, zoals natriumpentachloorphenolaat natriumtetrachloorphenolaat en natrium 2-chloor-o-phenylphenolaat. Deze middelen worden onder handelsnamen: lignasan, Dovicide P, Dovicide H, Dovicide G, Santobrite, Cryptogil NA, enz. aan de markt gebracht. Vaak wordt ook nog een speciaal insectide b.v. gammexaan toegevoegd om tegelijkertijd de aantasting door nathoutboorders tegen te gaan.

Ook indien een fungicide wordt toegepast, moet er nog voor worden gezorgd, dat het hout snel droogt. Dit kan geschieden door het zodanig op stapels te plaatsen, dat een goede luchtcirculatie mogelijk is.

Bij het drogen in een droogkamer behoeft geen fungicide te worden toegepast. De temperatuur is gedurende het kunstmatig drogen te hoog om groei van blauwschimmels mogelijk te kunnen maken. Het kunstmatig drogen van hout zo kort mogelijk na het vellen moet dan ook als het beste middel worden beschouwd om het optreden van blauw te voorkomen.

#### XV. SUMMARY

The occurrence of blue-stain in timber is discussed, mainly on the basis of the relevant literature. Blue-stain is caused by the development of fungi with dark coloured hyphae, belonging to the Ascomycetes and the Fungi imperfecti, in the ray cells. Their appearance often coincides with the appearance of beetles belonging to the Platypodidae or the Scolytidae. Blue-stain occurs nearly always in the sap wood. Heartwood is very rarely attacked. The development of the blue-stain fungi is

dependent on temperature and moisture. A temperature of about 25° C. and a moisture content of the wood varying between 40—120% is favourable. A review is given of their influence on the cellwalls, on the mechanical and physical properties of timber and on its durability. The admissibility for constructions of bluestained timber is discussed. Finally preventive measures are dealt with.

## L I T E R A T U R

1. *Anonym*, Le Bleuissement du bois des résineux. Ann. Ecole Nat. Forest., Nancy, 8 (1), 109, 1941.
2. *Anonym*, Sap-stain in timber, its cause, recognition and prevention. Leaflet No. 12. For. Prod. Res. Lab. Princes Risborough, 1942.
3. *Ainsworth*, G. C. and *Bisby*, G. R., A dictionary of the fungi. Second ed., The Imperial Mycological Institute, Kew, 1945.
4. *Andrus*, C. F. and *Harter*, L. L., Organisation of the unwallied ascus in two species of *Ceratostomella*. J. Agric. Res., 54, 19, 1937.
5. *Bakshi*, B. K., Fungi associated with ambrosia beetles in Great Britain. Ann. Brit. Mycol. Soc., 33, 111, 1950.
6. *Barnett*, H. L. and *Lilly*, V. G., The relation of thiamin to the production of perithecia by *Ceratostomella fimbriata*. Mycologia, 39, 699, 1947.
7. *Boyce*, J. S., Forest Pathology. Second Ed., New York, 1948.
8. *Cartwright*, K. St. G. and *Findlay*, W. P. G., Decay of timber and its prevention. London, 1946.
9. *Chapman*, A. D., Effect of steam sterilization on susceptibility of wood to blue-staining and wood-destroying fungi. J. Agric. Res., 47, 369, 1933.
10. *Chapman*, A. D. and *Scheffer*, T. C., Effect of blue stain on specific gravity and strength of Southern pine. J. Agric. Res., 61, 125, 1940.
11. *Christensen*, C. M. and *Kaufert*, F. H., A blue staining fungus inhabiting the heartwood of certain species of conifers. Phytopath., 32, 735, 1942.
12. *Colley*, R. H. and *Rumbold*, C. T., Relation between moisture content of the wood and blue stain in loblolly pine. J. Agric. Res., 41, 389, 1930.
13. *Cummins*, J. E., Blue stain in *Pinus radiata* (*insignis*) timber. J. Counc. Sc. and Ind. Res., 6, 244, 1933.
14. *Daniels*, A. S., The effect of blue-sap-stain on penetration. Wood Preserving News, 3, 152, 1925.
15. *Davidson*, R. W., Fungi causing stain in logs and lumber in the Southern States, including five new species. J. Agric. Res., 50, 789, 1935.
16. *Davidson*, R. W., Some additional species of *Ceratostomella* in the United States. Mycologia, 34, 650, 1942.
17. *Davidson*, R. W., Two American hardwood species of *Endoconidiophora* described as new. Mycologia, 36, 300, 1944.
18. *Eades*, H. W. and *Alexander*, J. B., Western red cedar: significance of its heartwood colorations. Dep. of the interior, Canada, Forest Service, Circ. 41, 1934.
19. *Findlay*, W. P. K., Effect of sap-stain on the decay-resistance of pine sapwood. Forestry, 13, 56, 1939.



20. *Findlay, W. P. K.*, Staining of wood by fungi. *Timber News*, 58, 74, 1950.
21. *Findlay, W. P. K.* and *Pettifor, C. B.*, The effect of sap-stain on the strength of Scots pine sapwood. *Forestry*, 11, 40, 1937.
22. *Findlay, W. P. K.* and *Pettifor, C. B.*, The effect of sap-stain on the modulus of elasticity of Scots pine sapwood. *Forestry*, 13, 146, 1939.
23. *Findlay, W. P. K.* and *Pettifor, C. B.*, Effect of blue stain on the strength of Obeche (*Triplochiton scleroxylon*). *Empire Forestry J.*, 18, 259, 1939.
24. *Francke-Grosmann, H.*, Zur Ökologie und Taxonomie eines mit Borkenkäfern vergesellschafteten Bläuepilzes. Abstr. Forestry Sect. VII Intern. Bot. Congr., Stockholm, 1950.
25. *Grosmann, H.*, Beiträge zur Kenntnis der Lebensgemeinschaft zwischen Borkenkäfern und Pilzen. *Z. f. Parasitenk.*, 3, 56, 1931.
26. *Grosmann, H.*, Über die systematischen Beziehungen der Gattung *Leptographium Lagerberg* et *Melin* zur Gattung *Ceratostomella* Sacc. *Hedwigia*, 72, 183, 1932.
27. *Hedgcock, G. G.*, Studies upon some chromogenic fungi which discolor wood. *Mo. Bot. Gard. Ann. Report*, 17, 59, 1906.
28. *Hedgcock, G. G.*, The prevention of wood-staining in basket veneers. *J. For.*, 31, 416, 1933.
29. *Howard, N. O.*, The control of sap-stain, mold and incipient decay in green wood, with special reference to vehicle stock. *U.S. Dept. Agr. Bull.* 1037, 1922.
30. *Hubert, E. E.*, Effect of kiln drying, steaming and air seasoning on certain fungi in wood. *U.S. Dept. Agr. Bull.* 1262, 1924.
31. *Johann, F.*, Untersuchungen über die Dauerhaftigkeit blauen Kiefernholzes. *Mitt. Forstwirtschaft. und Forstwiss.*, 2, 209, 1931.
32. *Lagerberg, T., Lundberg, G.* and *Melin, A.*, Biological and practical researches into blueing in pine and spruce. *Svenska Skogsvårdfören. Tidskr.*, 25, 145 en 561, 1927.
33. *Leach, J. G., Orr, L. W.* and *Christensen, U.*, The interrelationships of bark beetles and blue-staining fungi in felled Norway pine timber. *J. of Agric. Res.*, 49, 315, 1934.
34. *Lindgren, R. M.*, Temperature, moisture and penetration studies of wood-staining *Ceratostomellae* in relation to their control. *Techn. Bull. No. 807, U.S. Dept. Agr.*, 1942.
35. *Lindgren, R. M., Scheffer T. C.* and *Chapman A. D.*, The chemical control of lumber and log staining and molding fungi. *J. of For.*, 30, 714, 1932.
36. *Lindgren, R. M., Scheffer T. C.* and *Chapman A. D.*, Tests of chemical treatments for control of sap stain and mold in Southern lumber. *Ind. and eng. chem.*, 25, 72, 1933.
37. *Mac Callum, B. D.*, Some wood-staining fungi. *Trans. Brit. Myc. Soc.*, 7, 231, 1922.
38. *Mahlke Troschel*, *Handbuch der Holzkonservierung*. Dritte, neubearbeitete Auflage, Berlin, 1950.

39. *Matthiesen, A.*, Die Insektenbläuen Schwedens. Abstr. Forestry Sect. VII, Intern. Bot. Congr., Stockholm, 1950.
40. *Mayer-Wegelin, H., Brunn, G. and Loos, W.*, Zur Frage der Bewertung stammblauen Kiefernholzes, Mitt. Forstwirt. und Forstwiss., 2, 573, 1931.
41. *Melin, E. and Nannfeldt, J. A.*, Researches into the blueing of ground woodpulp. Svenska Skogsvårdsfören. Tidskr., 32, 397, 1934.
42. *Meyer, E. I.*, Stimulatory action of staining fungi on the development of house fungi. Bull. Soc. Nat. Moscou, Sect. biol. N.S. li, 33, 1946 (Russisch mit samenvatting in het Engels).
43. *Münch, E.*, Die Blaufäule des Nadelholzes. Naturw. Z. f. Forst- und Landwirtsch., 5, 531, 1907; 6, 297, 1908.
44. *Neger, F. W.*, Die Vergrünung des frischen Lindenholzes. Naturw. Z. f. Forst- und Landwirtsch., 8, 305, 1910.
45. *Neger, F. W.*, Die Rötung des frischen Erlenholzes. Naturw. Z. f. Forst- und Landwirtsch., 9, 96, 1911.
46. *Nelson, R. M. and Beal, J. A.*, Experiments with blue stain fungi in Southern pines. Phytopathology, 19, 1101, 1929.
47. *Pettifor, C. B. and Findlay, W. P. K.*, Effect of sap-stain on the tensile strength of Corsican pine sapwood (*Pinus nigra* var. *calabrica* Schneid). Forestry, 20, 57, 1946.
48. *Radulescu, Th.*, Beiträge zur Kenntnis der Baumkrankheiten, 3. Teil, Das Verhalten eines Blaufäulepilzes in lebendem und in totem Holz. Forstwiss. Zentralbl., 59, 677, 1937.
49. *Rennerfelt, E.*, Das Wachstum einiger Pilze auf Holzschliff bei verschiedener Temperatur. Arch. Mikrobiol., 12, 19, 1941.
50. *Rennerfelt, E.*, Über das Wuchsstoffbedürfnis einiger Blaufäulepilze. Medd. Göteborgs Bot. Trädgård., 13, 1939.
51. *Rennerfelt, E.*, Investigations of thujaplicin, a fungicidal substance in the heartwood of *Thuja plicata* D. Don. Physiol. Plant., 1, 245, 1948.
52. *Robbins, W. J. and Ma R.*, Vitamin deficiencies of *Ceratostomella* and related fungi. Am. J. of Bot., 29, 835, 1942.
53. *Rumbold, C. T.*, Two blue-staining fungi associated with bark beetle infestation of pines. J. of Agric. Res., 43, 847, 1931.
54. *Rumbold, C. T.*, Three blue-staining fungi, including two new species, associated with bark beetles. J. of Agric. Res., 22, 419, 1936.
55. *Rumbold, C. T.*, A blue stain fungus, *Ceratostomella montium* n. sp., and some yeasts associated with two species of *Dendroctonus*. J. of Agric. Res., 62, 589, 1941.
56. *Saling, W. M.*, The effect of blue stain on the penetration and absorption of preservatives. Proc. Am. Wood Pres. Ass., 26, 183 1930.

57. *Scheffer, Th. C.*, Drying rates of blue-stained and bright lumber. Southern Lumberman, March 15, 1941.
58. *Scheffer, Th. C.* and *Lindgren, R. M.*, Some minor stains of Southern pine and hardwood lumber and logs. J. Agric. Res., 45, 233, 1932.
59. *Scheffer, Th. C.* and *Lindgren, R. M.*, Stains of sapwood and sapwood products and their control. Techn. Bull. No. 714, U.S. Dept. of Agr., 1940.
60. *Schrenk, H. von*, The blueing and the red rot of the yellow Western pine with special reference to the Black Hill Forest Reserve. U.S. Dept. Agr., Bull. 36, 1903.
61. *Schulz, G.*, Ein mykologisches Verfahren zur Bewertung vorbeugender Schutzmittel gegen das Verblauen von Kiefernholz. Angew. Botanik, 26, 1, 1951.
62. *Schulze, B.* und *Theден, G.*, Versuche mit einigen Schutzstoffen gegen das Verblauen von Werkholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 9, 53, 1951.
63. *Taylor, Vinje, M.*, Studies on *Ceratostomella montium*. Mycologia, 32, 760, 1940.
64. *Theден, G.*, Beitrag zum Verhalten der Bläuepilze. Die Feuchtigkeitsansprüche eines Bläuepilzes. Die Ursache, die ihn am Befall des Kernholzes hindert. Wiss. Abh. d.d. Materialprüfungsanst. II Folge, Heft 3, 85, 1942.
65. *Verrall, A. F.*, Relative importance and seasonal prevalence of wood staining fungi in the Southern States. Phytopath., 29, 1031, 1939.
66. *Verrall, A. F.*, Fungi associated with stain in chemically treated green lumber. Phytopath., 3, 270, 1941.
67. *Weiss, H. F.* and *Barnum, C. T.*, The prevention of sap stain in lumber. U.S. Dept. Agr., Forest Serv. Circ. 192, 1911.
68. *Wilson, M.*, The blueing of coniferous timber. Trans. Roy. Scott. Arboricult. Soc. 36, 1922.
69. *Wright, E.*, *Trichosporium symbioticum* n. sp. A woodstaining fungus associated with *Scolytus ventralis*. J. of Agric. Res., 50, 525, 1935.
70. *Young, H. E.*, Blue-stain in hoop pine logs. The Queensland J. Agric. Sc., 5, 125, 1948.

## CIRCULAIRES VAN HET HOUTINSTITUUT T.N.O.

### Circulaire 1.

Dr. W. W. Varossieau: Het ontstaan van hout,  
Serie I. Structuuronderzoek No. 1 (Juli 1947)

### Circulaire 2.

Dr. W. W. Varossieau: De bouw van hout.  
Serie I. Structuuronderzoek No. 2 (Juli 1947)

### Circulaire 3.

Dr. W. W. Varossieau: De techniek van het structuuronderzoek. Serie I. Structuuronderzoek No. 3 (Juli 1947)

### Circulaire 4.

Dr. W. W. Varossieau: De betekenis van het structuuronderzoek voor de toepassing van hout in de praktijk. Serie I. Structuuronderzoek No. 4 (Juli 1947)

### Circulaire 5.

Dr. W. W. Varossieau: Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout.  
Algemeen overzicht van factoren, die de duurzaamheid van verf op hout kunnen beïnvloeden. Serie III. Conservering en veredeling No. 1 (Mei 1948)

### Circulaire 6.

Dr. W. W. Varossieau: Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout.  
Eigenschappen van hout die de duurzaamheid van verf op dit materiaal kunnen beïnvloeden. Serie III. Conservering en veredeling No. 2 (Mei 1948).

### Circulaire 7.

Dr. W. W. Varossieau: Vergelijking van indrukken aangaande het bosbouwkundig en technisch houtonderzoek in vijf landen van Europa en enkele opmerkingen over de betekenis van dit onderzoek voor Suriname. Serie VI. Documentatie en voorlichting No. 1 (Juli 1948)

### Circulaire 8.

Ir. J. L. Bienfait en Dr. T. Hof: Buitenproeven met geconserveerde palen. 1ste mededeling. Serie III. Conservering en veredeling No. 3 (December 1948)

### Circulaire 9.

Dr. T. Hof: Aantasting van groen hout door insecten en hoe deze te voorkomen. Serie II. Aantasting No. 1 (December 1948)

### Circulaire 10.

Dr. T. Hof: Aantasting van hout door Lyctus-soorten en maatregelen ter bestrijding ervan. Serie II. Aantasting No. 2 (December 1948)

### Circulaire 11.

Dr. W. W. Varossieau: Een overzicht van werkzaamheden verricht door de afd. Hout, ten behoeve van Handel en Industrie. Serie VI. Documentatie en Voorlichting No. 2 (1949)

### Circulaire 12.

Dr. T. Hof: Aantasting van hout door klopkevers (Anobiidae). Serie II. Aantasting No. 3 (Dec. 1949)

### Circulaire 13.

Dr. T. Hof: Het laboratoriumonderzoek naar de beschermende werking van houtconserveringsmiddelen t.o.v. de aantasting door schimmels. Serie III. Conservering en Veredeling No. 4 (September 1950)

### Circulaire 14.

Ir. J. L. Bienfait en Ir. H. J. Romeijn: Eigenschappen van Hout voor constructie-doeleinden. (December 1950).

### Circulaire 15.

Dr. T. Hof: Aantasting van hout door schimmels. Serie II. Aantasting No. 4. (Februari 1952).

### Circulaire 16.

Dr. T. Hof: Het optreden van blauw in hout. Serie II. Aantasting No. 5 (Februari 1952)