

Finstauderbohm  
130

Beretning Nr. 130.

KJELD LADEFOGED:

FROSTRINGSDANNELSER I  
VAARVEDDET

HOS UNGE DOUGLASGRANER, SITKAGRANER  
OG LÆRKETRÆER

(THE FORMATIONS OF FROST-RINGS IN THE SPRINGWOOD  
OF YOUNG DOUGLAS FIR, SITKA SPRUCE AND LARCH)

(Særtryk af det forsilige Forsøgsvæsen i Danmark, XV)

MCMXXXVIII



INDHOLD AF BD. XI—XV, H. 2.

**Bd. XI.** Nr. 96. C. H. BORNEBUSCH: The Fauna of Forest Soil (Skovbundens Dyreverden), S. 1. — Nr. 98. A. OPPERMANN og C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Skov og Hede (La forêt et la lande de Nørholm), S. 257. — Nr. 99. Hedeskovenes Foryngelse I—II (Verjüngung der Heidewälder I—II), S. 361. — Nr. 100. A. OPPERMANN: Lawsoniens Vækst i Danmark (Chamaecyparis Lawsoniana Parl. in Denmark), S. 377. — Nr. 101. A. OPPERMANN: Bøgekvas (Reisholz der Rotbuche), S. 395.

**Bd. XII.** Nr. 104. A. OPPERMANN: Egens Træformer og Racer (Les configurations et races du chêne).

**Bd. XIII, H. 1:** Nr. 102. C. H. BORNEBUSCH: Dybtgaaende Jordbundsundersøgelser, Hedeskovenes Foryngelse III (Tiefgehende Bodenuntersuchungen), S. 1. — Nr. 103. A. OPPERMANN: Nordmannsgranens Vækst i Danmark (Abies Nordmanniana in Dänemark), S. 51. **H. 2:** Nr. 105. C. H. BORNEBUSCH: Skovbundsfloraen i Mølleskoven (The flora in »Mølleskoven«), S. 57. — Nr. 106. FR. WEIS: Beplantningsforsøg paa et afføgent Sande (Boisement d'un terrain du sable mouvant éventé), S. 63. — Nr. 107. C. H. BORNEBUSCH: Et Udhugningsforsøg i Rødgran (Ein Durchforstungsversuch in Fichte), S. 117. — Nr. 108. MATH. THOMSEN: Sprøjtemidler til Bekæmpelse af Chermes paa Ædelgran (Spritzmitteln gegen Chermes auf Weisstannen), S. 215. **H. 3:** Nr. 109. C. H. BORNEBUSCH og FOLKE HOLM: Kultur paa trametesinficeret Bund med forskellige Træarter (Replanting of areas infected with Polyporus annosus), S. 225. — Nr. 110. C. MUHLE LARSEN: To gamle fynske Egeprøveflader (Zwei alte Eichenprobeflächen auf Fünen), S. 265. **H. 4:** Nr. 111. E. C. L. LØFTING: Bjergfyrbbevoksninger paa Hedebund og deres Foryngelse, Hedeskovenes Foryngelse IV (Mountain pine plantations in Jutland and their conversion into forests of more valuable tree-species), S. 305. **H. 5:** Nr. 112. C. H. BORNEBUSCH: Proveniensforsøg med Rødgran (Ein Provenienzversuch mit Fichte), S. 325. — Nr. 113. FOLKE HOLM: Abies grandis i Danmark (Abies grandis in Denmark), S. 379. — Nr. 114. C. H. BORNEBUSCH: Forsøgsvæsenets Ordning og Ledelse, IX, S. 409.

**Bd. XIV, H. 1:** Nr. 115. E. C. LØFTING: Bevaring af stormfældet Gran (Aufbewahrung von sturmgeschlagenem Fichtenholz), S. 1. — Nr. 116. POUL LARSEN: Regenererende Kulsyre-assimilation hos Askegrene (Regenerierende Kohlensäureassimi-

# FROSTRINGSDANNELSER I VAARVEDDET

HOS UNGE DOUGLASGRANER, SITKAGRANER  
OG LÆRKETRÆER

AF

KJELD LADEFOGED

## Indledning.

Ved Forstkandidatforeningens Ekskursion til Frijsenborg Skovdistrikter d. 16. og 17. September 1938 fremviste Skovrider H. H. BIILMANN en 7 aarig, 1—3 m høj Plantningskultur af Sitkagran, hvoraf Hovedparten helt eller delvis var udgaet; efter Skovriderens Forklaring meget pludseligt i Løbet af Juni Maaned nu i Aar. Forud for dette Tidspunkt havde alle de unge Sitkagraner i Kulturen haft et tilsyneladende frodigt og sundt Udseende, uden ydre Tegn paa Svækkelser af nogen Art.

Kulturen, der er ret stor (1.2 ha.), staar paa et lavtliggende, græs- og nældebevokset Areal, under en Skærm af ældre Birke og Ælle. Jordbunden er leret og forholdsvis velafvandet.

Skovrideren oplyste, at lignende Ødelæggelser er at iagttage i Aar i mange af de unge Kulturer paa Distriktet; fortrinsvis paa lavereliggende Arealer og paa Naaletræ saasom Lærk, Douglasgran og Sitkagran, dog ogsaa paa Løvtræ saasom Birk og Æl.

Paa Ekskursionen kunde man kun fremkomme med forskellige Formodninger om Aarsagen eller Aarsagerne til disse pludselige, udbredte Ødelæggelser i nævnte Kulturer.

Indgaaende Undersøgelser, som jeg har foretaget her paa Forsøgsvæsenets Laboratorium paa helt eller delvis dræbte Træer fra enkelte af de ødelagte Kulturer, har givet til Resultat, at i hvert Fald den primære Sygdoms- eller Dødsårsag hos Naaletræerne er at søge i en patologisk, parenkymatisk Celledannelse

eller Frostsprængninger i Vaarveddet, d. v. s. en Frostringsdannelse, som Følge af tidlig Foraarsfrost. Hos Birk og Æl drejer det sig derimod om en almindelig Nedfrysning.

I det efterfølgende vil jeg nærmere redegøre for Frostfænomenerne og beskrive den af Frosten foraarsagede patologiske, anatomiske Vedopbygning, idet jeg navnlig vil holde mig til Naaletræerne.

### Litteratur.

Skønt der foreligger en særdeles omfattende Litteratur, der paa den ene eller anden Maade beskæftiger sig med Frostvirkninger paa Træer, er forannævnte Form for patologisk Frostskade kun nærmere omtalt og beskrevet af ganske faa Forskere og for et Faatal af Træarter.

HARTIG (1900) har nærmere undersøgt Frostringe i Veddet af Rødgran og Skovfyr og som den første fundet, at Frostringene her skyldes en unormal parenkymatisk Celledannelse.

O. G. PETERSEN (1905) har i Forsøgsvæsnets første Bind omhyggeligt redegjort for »Undersøgelser over Nattefrostens Virkninger paa Bøgens Ved« og beskriver i dette Arbejde en unormal parenkymatisk Vævdannelse i nedfrosne Top- og Grenspidser m. v.

RHOADS (1923) har foretaget indgaaende Undersøgelser over Frostringsdannelser hos følgende Træarter: *Pinus albicaulis*, *P. contorta*, *P. densiflora*, *P. lambertiana*, *P. monticola*, *P. ponderosa*, *Picea engelmanni*, *Larix occidentalis*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Abies grandis*, *A. lasiocarpa*, *Tsuga heterophylla*, *T. mertensiana*, *Thuja plicata*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Sequoia washingtoniana* og *Taxus baccata*. Hans Beskrivelse af disse Træarters Frostringe er ledsaget af instruktive Mikrofotografier, der tydeligt viser det parenkymatiske Frostvævs Anatomi.

BORTHWICK (1928) omtaler i et mindre Arbejde, hvorledes unge Naaletræer kan beskadiges som Følge af Frost og nævner herunder Dannelsen af Frostringe i Veddet hos Douglasgran. Han beskæftiger sig dog ikke nærmere med Frostringenes anatomiske Opbygning.

### Det ydre Sygdomsbillede.

Det ydre Sygdomsbillede af de frostramte Naaletræer paa Frijsenborg varierer noget efter Træarten.

I de hærgede Sitkakulturer, som jeg har haft Lejlighed til at se i September d. A., findes hovedsagelig helt døde Træer spredt over Arealet, blandet med tilsyneladende sunde, frisk grønne Træer. Af Træer, hvoraf partielle Dele (Top, Grene etc.) havde taget Skade, eller hvor Naalene havde et brunligt, sygeligt Udseende, har jeg kun set faa hos denne Træart.

I de hærgede Lærke- og Douglaskulturer findes derimod som Regel alle mulige Overgangsformer mellem dræbte, partiel dræbte, svagt beskadigede, brunnaalede og tilsyneladende helt sunde, ubeskadigede Træer, saaledes at disse Kulturer kan frembyde et højst broget Billede.

De helt udgaaede Træer har som Regel mistet alle Naalene. De partiel dræbte Træer har kun mistet Naalene paa de helt dræbte, tørre Stamme eller Grendele. Hos Douglas er det meget almindelig at se, at Træernes øverste Halvdel eller Trediedel er tør og naaløs, medens der endnu findes helt frisk grønne Grene nede ved Jorden (jvf. Fig. 1). Paa Lærk har jeg iagttaget enkelte Eksemplarer med det omvendte Forhold (jvf. Fig. 2).

Paa alle Stamme og Grendele paa de helt eller delvis dræbte Træer kan ofte iagttages rigeligt Harpiksflod, hvilket skyldes Frostsprængninger i Barklaget (jvf. FERDINANDSEN og FABRITIUS BUCHWALD 1936 etc.).

Paa Douglas ses ofte mørke Frostnekroser omkring Topskuddet, eller, hvad der er noget sjældnere, længere nede paa Stammen (jvf. Fig. 4).

Paa de Træer, jeg har undersøgt, havde Rødderne ingen Skade taget.

I de døde Stammer og Grene findes i mange Tilfælde rigeligt med Insekthuller, der er fremkaldt af Anobier. Da disse først angriber, efter at Veddet er nogenlunde tørt (jvf. BOAS 1923), kan dette Angreb kun betragtes som et sekundært Fænomen, der ikke har været medvirkende til Træernes Død eller Beskadigelser.

Unge frostramte Birke- og Ællekulturer har jeg ikke personlig set paa Frijsenborg. De enkelte Eksemplarer, jeg har undersøgt af disse Træarter, er blevet mig tilsendt af Skovrider H. H. BILMANN. Det var gennemgaaende 1—2 m høje, meget stærkt nedfrosne Træer. Kun de nederste 10—20 cm af Stammen lige over Jordoverfladen var endnu levende og bar enkelte



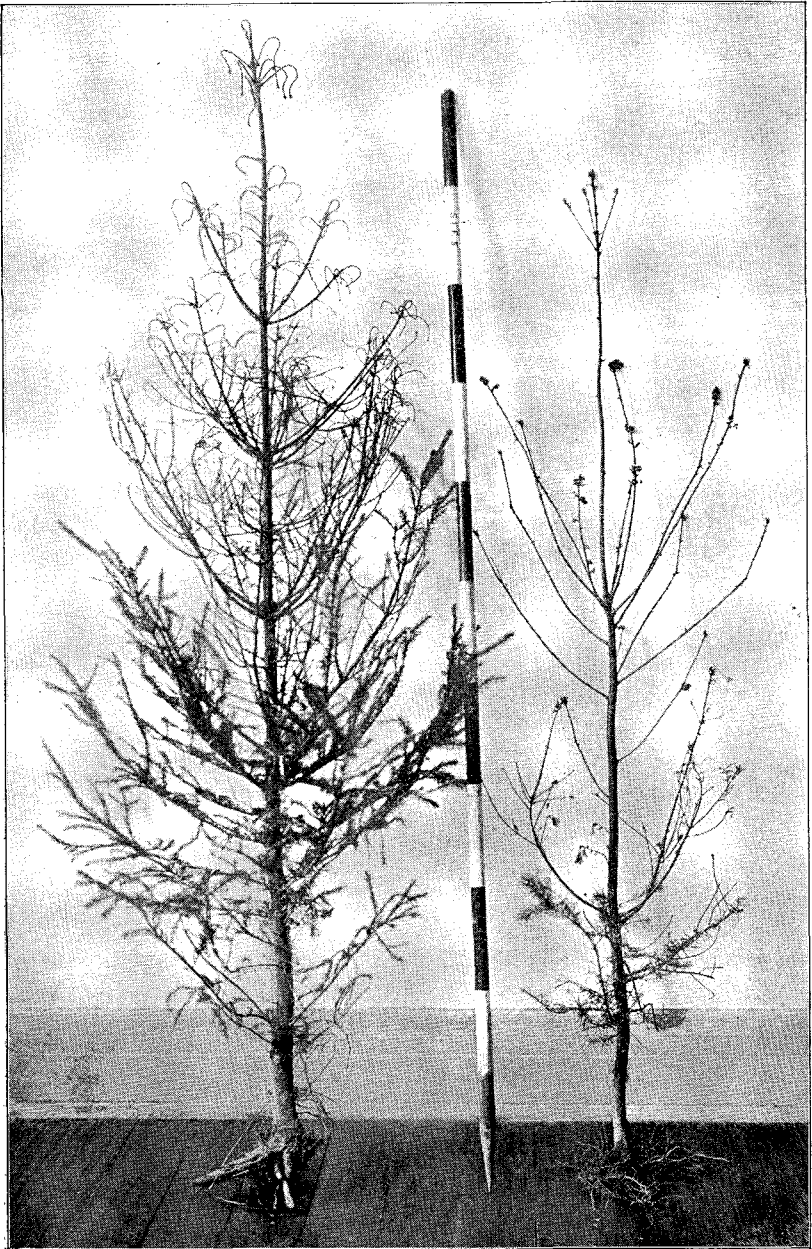


Fig. 1. Eksempler paa delvis udgaet Træer. Til venstre en Sitkagran, til højre en Douglasgran.

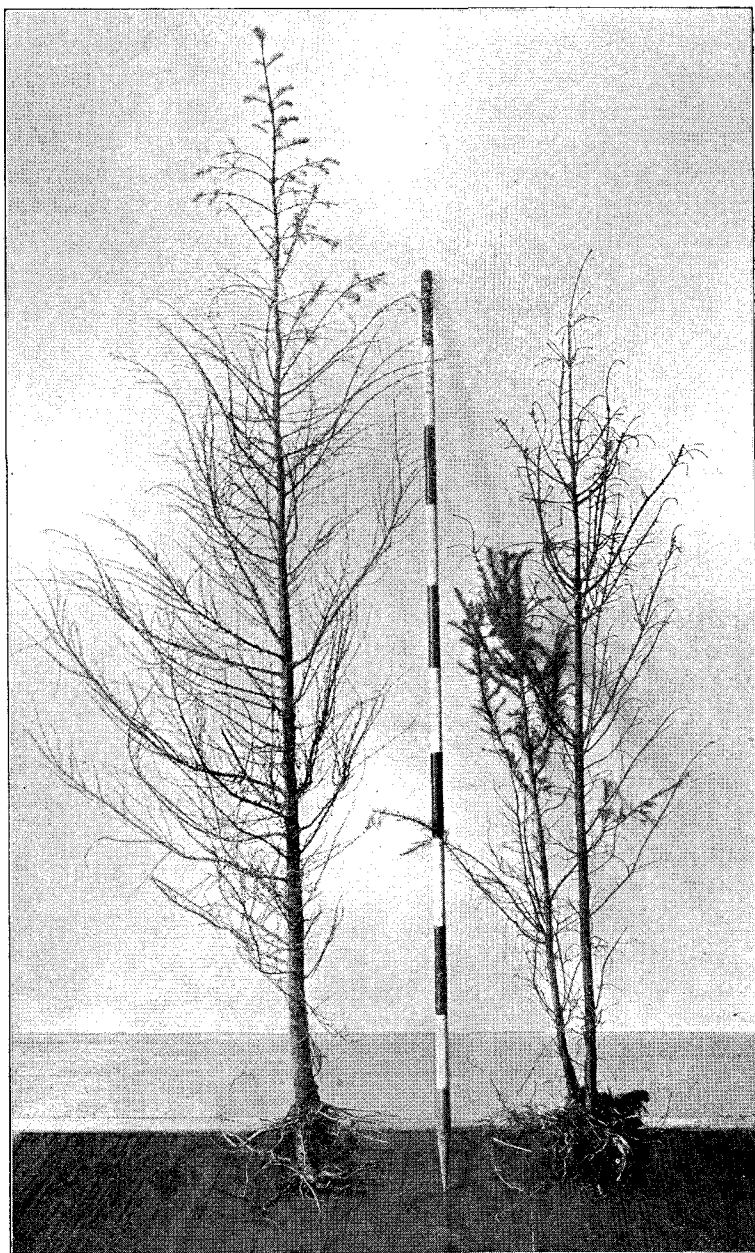


Fig. 2. Til venstre en Lærk, der med Undtagelse af Toppen er helt dræbt. Til højre en Sitkagran, der tveger lige under Jordoverfladen. Den ene Tvege er helt dræbt, den anden har ikke taget Skade.

Grene med grønne Blade. Hele den øvrige Del af Træerne var fuldstændig tør.

### Den parenkymatiske Vævdannelse i Frostringen.

Saafrømt man betragter et Stammetværsnit taget mellem Jordoverfladen og Basis af indeværende Aars Topskud paa et af de helt dræbte, tørre Træer, eller blot paa et af de mere svagt beskadigede, gulnaalede Træer, ja endog i enkelte Tilfælde paa tilsyneladende helt sunde, frisk grønne Træer, vil man kunne iagttage en smal, ca.  $\frac{1}{2}$  mm bred, brun Ring, der følger Barken hele Træet rundt i en Afstand fra Vedoverfladen af ca.  $\frac{1}{2}$ —1 mm. Denne brune Ring, der for det uvæbnede Øje meget ligner en almindelig Aarringsgrænse, er den af unormale, parenkymatiske Vævdannelser bestaaende Frostring.

I Fig. 3 er vist en mindre Forstørrelse af en Del af et Stammetværsnit taget umiddelbart over de øverste levende Grene paa den paa Fig. 1 viste Sitkagran. Ved *a* findes Grænsen mellem forrige Aars og indeværende Aars Aarring. Det noget mørkere Bælte *a*—*b*, der er brunligt under Mikroskopet, er den i indeværende Aars Vaarved unormale, parenkymatiske Vævdannelse. Udenfor denne følger et noget bredere Vedlag af tilsyneladende normalt Udseende. En Forestilling om Bredden af Aarringen fra i Aar faas ved en Sammenligning med Barktykkelsen.

I Fig. 4. er vist en mindre Forstørrelse af en Del af et Stammetværsnit taget i den nederste Del, lige over den øverste levende, grønne Gren paa den i Fig. 1 viste Douglasgran. Denne havde paa dette Sted mindre Barknekroser (jvf. foran) og Snittet blev lagt saaledes, at det gennemskar en af disse. Fotografiet viser det ene Sted paa Tværsnittet, hvor Barknekrosen (til højre for *b*) og den levende Bark (til venstre for *b*) mødes.

Under den levende Bark iagttages et smalt Vedlag, der ophører, hvor Barknekrosen begynder (ved *b*), og er skarpt afgrænset fra forrige Aars Aarring ved en mørk Linie, der danner en direkte Fortsættelse af den under Barknekrosen værende Vedoverflade. Denne mørke Linie er den af parenkymatiske Vævdannelser bestaaende Frostring, Vedlaget *a* er den normale Væddannelse fra i Aar.

Barknekroserne er utvivlsomt opstaaet derved, at de paa-gældende Steder har været særlige udsatte eller modtagelige overfor Frostvirkningen. Paa disse specielle Steder paa Stam-



men er hele Barklaget øjensynlig blevet dræbt øjeblikkelig (jvf. den almindelige Nedfrysning, O. G. PETERSEN 1905 etc.), hvorefter det er udtørret og faldet sammen.

I Fig. 5 er vist en større Forstørrelse af et tilsvarende Stammetværsnit som vist paa Fig. 3, her blot taget paa en dræbt Douglasgran. Det fremgaar tydeligt af dette Fotografi, hvilket voldsomt Indgreb den parenkymatiske Vævdannelse i Vaarveddet har foraarsaget i hele Træets normale Vedopbygning.

Til Belysning af Forskellen mellem Aarringsdannelsen i Aar og en normal Aarringsdannelse er i Fig. 6 vist et radiale Stammetværsnit af en dræbt Douglasgran.  $a-b$  er det parenkymatiske Frostvæv,  $b-c$  er den forholdsvis normale Veddannelse udenpaa Parenkymvævet,  $a-d$  er forrige Aars Aarring.

Af Fotografiet fremgaar paa instruktiv Maade, hvilken overordentlig stor Forskel der er mellem det af normale, store Trakeider dannede Vaarved forrige Aar (lige over  $d$ ) og den i Aar af Frostvirkning foraarsagede unormale Dannelse af Parenkymvæv. Selv Marvstraalerne afbrydes af Parenkymvævet, men fortsætter dog senere hen igen paa normal Maade.

Til en nærmere Illustration af hele det parenkymatiske Vævs Opbygning er der i Fig. 7, 8, 9 og 10 vist stærke Forstørrelser af Frostringe fra Douglasgran, Sitkagran og Lærk.

#### Douglasgran.

Fig. 7 og 8 viser henholdsvis en stor Forstørrelse af en Del af det i Fig. 5 viste Tværsnit af en dræbt Douglasstamme og et tilsvarende radiale Snit taget i samme Stamme umiddelbart under Tværnittet.

$a-b$  betegner paa begge Fotografier den parenkymatiske Celledannelse. Ved  $a$  ligger Grænsen mellem forrige Aars og indeværende Aars Aarring. Under  $a$  ses forrige Aars normale Høsttrakeider (Høstved). Omtrent ved  $b$  finder der en Overgang Sted fra det patologiske Parenkymvæv til en igen mere normal Trakeidedannelse.

Ved at sammenholde de to Fotografier faas et Indtryk af Celleformen i den parenkymatiske Vævdannelse i Sammenligning med de normale Trakeideceller. Parenkymvævet's Celler er uforholdsmæssig store, uregelmæssig formede, med omtrent samme Dimensioner i radial og vertikal Retning. Mange af Cellerne er protoplasmafyldte og indeholder Stivelseskorn (farves

blaa af Jod-Jodkalium), der paa Fotografiet fremtræder som smaa Prikker inde i Cellerne eller langs Cellevæggene, hvor de findes sammen med Protoplasmarester, der medvirker til at give Cellevæggene en tilsyneladende uforholdsmæssig Tykkelse.

De Partier, der paa Fotografierne fremtræder som mørke Skygger, er brunlige under Mikroskopet og bestaar formodentlig bl. a. af størknet Harpiks, der ved Vævsprængninger etc. har bredt sig paa unormal Maade i Vævet. De to næsten cirkelrunde Huller, der ses indenfor *b* paa Fig. 7, er Harpikskanaler.

I Midten af det radiale Snit ses uregelmæssigt formede Marvstraaleceller i Parenkymvævet.

I den Zone, hvor det unormale Parenkymvæv atter gaar over i den normale, trakeidale Celledannelse, ses »Overgangs-trakeider«, der afviger stærkt fra den normale prosenkymatiske Trakeideform. De er her korte, brede, ofte kølle- eller skinkeformede, med kun faa eller ingen fremtrædende, skrueformede Fortykkelser i Cellevæggene, hvilket ellers er at iagttage paa de normale Trakeider hos Douglasgran (jvf. O. G. PETERSEN 1908, C. C. FORSAITH 1926 etc.), saaledes som det tydeligt ses paa Høsttrakeiderne i Figuren.

Af begge Fotografier fremgaar, at hos den her undersøgte Douglasgran maa Foraarsfrosten være indtruffet inden at Kam-bialcellerne havde paabegyndt Dannelsen af Vaartrakeider, hvilket ikke har været Tilfældet hos de af HARTIG, O. G. PETERSEN og RHOADS undersøgte og beskrevne Eksemplarer.

#### -Sitkagran.

I Fig. 9 er vist et radiale Snit af den nederste Del af Stammen paa den i Fig. 2. viste, helt dræbte Sitkagran. *a—b* er det parenkymatiske Frostvæv. Ved *a* ligger Grænsen mellem forrige Aars og indeværende Aars Aarring. Fra *b* og opefter ses et udenpaa Frostvævet højst uregelmæssigt opbygget Vedparti bestaaende af lignende unormale »Overgangstrakeider« som beskrevet ovenfor under Douglasgran. Til venstre paa Billedet ses i Parenkymvævet en Marvstraale med en tilsyneladende normal Celleopbygning og normal Forbindelse med forrige Aars Aarring.

Ligesom hos den foran beskrevne Douglasgran er den her beskrevne Sitkagran blevet paavirket af Frosten, inden Kam-bialcellerne havde begyndt Dannelsen af Vaartrakeider. Parenkymvævet grænser direkte op til forrige Aars Høstved.

## Lærk.

I Fig. 10 er vist et radiale Snit af den midterste Del af Stammen paa den i Fig. 2 viste, delvis dræbte Lærk. Ved *a* ligger Grænsen mellem forrige Aars og indeværende Aars Aarring. *a—b* er Frostvævet og over *b* ses den normale Trakeidedannelse fra i Aar.

Som det fremgaar af dette Snit, har Frosten haft en helt anden Virkning paa Vaarveddannelsen hos Lærk end foran beskrevet hos Douglasgran og Sitkagran. Der ses ingen unormal Dannelse af Parenkymvæv i Lærkens Vaarved, derimod store Lakuner, der er opstaaet ved Vævsprængninger i Vaartrakeiderne. Den eneste Forbindelse de periferiske Veddele, Bark m. v. har med den indenfor Aarringsgrænsen *a* værende hele centrale Vedcylinder er alene gennem Marvstraalerne, der, saaledes som Fotografiet ogsaa viser, ikke er blevet gennembrudt af Lakunerne. I Marvstraalecellerne kan iagttages unormale Harpiksflejringer paa den Strækning, hvor de skærer Lakunevævet.

Hos Lærken fandtes ingen tilsvarende Overgangszone fra Frostvævet til en igen normal Trakeidedannelse, saaledes som beskrevet foran under Douglasgran og Sitkagran. Udenpaa Lakunevævet ses straks helt normale, prosenkymatisk formede Vaartrakeider. Længere ude (øverst paa Fotografiet) gaar disse Vaartrakeider dog meget pludselig over i meget tynde Trakeider, der er langt tyndere end forrige Aars Høsttrakeider. Paa Fotografiet ses de paa Grund af Snittets Tykkelse kun som en uklar Masse.

Efter alt at dømme har Dannelsen af Vaartrakeider været i fuld Gang, da Frostvirkningen gjorde sig gældende. Indenfor den store Lakune til højre paa Fotografiet ses saaledes en stor og en lille ganske normal Vaartrakeide, der maa være blevet dannet inden Lakunen opstod. Denne paa Frosttidspunktet længere fremskredne Vækstaktivitet hos Lærken end hos Douglasgran og Sitkagran er muligvis Aarsagen til det mellem disse to sidstnævnte Træarter og Lærk stærkt afvigende anatomiske Sygdomsbillede.

## Birk og Æl.

Hos de undersøgte Birke og Ælle (Hvidæl) har jeg ikke iagttaget nogen patologisk, parenkymatisk Frostringsdannelse i Veddet hverken i de helt dræbte eller de endnu levende Stam-

me- eller Grendele. For disse to Træarters Vedkommende drejer det sig aabentbart om den i Praksis saa almindelig kendte Nedfrysning, der er behandlet andre Steder i Litteraturen (jvf. ROSTRUP 1902 etc.). I de døde Dele af Træerne har der, efter de mikroskopiske Undersøgelser at dømme, overhovedet ikke fundet nogen Veddannelse Sted i Aar. Den døde og indskrumpede Bark grænser alle Steder direkte op til forrige Aars Høstved (jvf. Barknekroserne hos Douglasgran).

I den levende Del af Stammen og Grenene (jvf. S.) er der derimod dannet et ganske smalt Vedlag i indeværende Aar. Paa Fig. 11, der viser en svag Forstørrelse af en Del af et Tværsnit gennem den nederste levende Del af Stammen paa en Birk, ses det i Aar dannede smalle Vedlag indenfor *a*. Nærmere mikroskopiske Undersøgelser af dette vil vise, at det bestaar af ganske normalt Vaarved uden noget patologisk Parenkymvæv.

I Fig. 12 er vist en stærkere Forstørrelse af en Del af ovenfor nævnte Tværsnit (Fig. 11). *a—b* angiver den begyndende, normale Vaarvedsdannelse. Indfor *b* ses Kambialringen som et mørkt Bælte. Over Kambialringen ses Barkens Parenkymvæv og øverst oppe en Gruppe Stenceller.

Hos de undersøgte Hvidælle var Billedet omtrent det samme, blot var den i Aar dannede Vedring noget tykkere end hos Birken.

Der er al mulig Grund til at tro, at den tidlige Foraarsfrost har virket øjeblikkelig dræbende, paa de Stamme- og Grendele, der nu er helt tørre paa Birkene og Ællene. Frostvirkningen er sandsynligvis kommet umiddelbart efter at Kambiallaget er »vaagnet«, men inden det endnu havde dannet noget Vaarved, ligesom for Douglasgranens og Sitkagranens Vedkommende. En lignende dræbende Virkning har Frosten ikke haft paa de nedre endnu levende Stamme- og Grendele, hvilket kan skyldes en senere begyndende Kambialvirksomhed i denne Del af Træet end højere oppe (jvf. v. MOHL 1862 etc.), eller et beskyttende Græstæppe etc. I denne nedre levende Stammedel og i de derpaa siddende Grene er Dannelsen af Vaarved begyndt paa tilsyneladende normal Maade, indtil den pludselig er holdt op, formodentlig paa Grund af pludselig Næringsmangel, Tørke etc.



### Hvorledes opstaar den patologiske Frostring?

Dannelsen af Parenkymvævet eller Lakunerne i Frostringen forklares paa omtrent overensstemmende Maade i den foreliggende Litteratur.

HARTIG (1900) skriver: »Bildete sich ein starker Eismantel zwischen Rinde und Jungholz, so wird letzteres wohl ganz zusammengeprest und getödtet. Die Markstrahlen durchsetzen unbeschädigt den Eismantel, und wenn das Eis wieder geschmolzen ist, so erweitern sich letztere ausserordentlich, weil sie ja nun ganz ohne Gegendruck sich ausdehnen können. Von der Innerseite der Siebhaut, aus dem Cambium entsteht ein zunächst rein parenchymatisches Gewebe, das sich später braun färbt, und erst allmählich entsteht in dem neuen Holzmantel ein normales Holzgewebe wieder.«

O. G. PETERSEN (1905) skriver om Dannelsen af Parenkymvæv og Lakuner i Bøgens Ved: »At der som paavist opstaar Lakuner eller Spalter i Vævene gaar vel til paa den Maade, at der ved Udtrædning af Vand af Cellerne danner sig større eller mindre Klumper af Is, der sprænger Cellevævet og ved Tøningen efterlader Rum, som derpaa fyldes med abnorm Celledannelse.«

RHOADS (1926) giver en mere udtømmende Forklaring: »As is well known, when living plant tissue is frozen the water is withdrawn from the cells, solidifying to ice in the intercellular spaces or other tissue gaps. Upon the initiation of the freezing the water from the still living cambial wood passes out between the wood and the bark and forms an ice mantle there. The extraordinarily tender nature of the youngest cambial cells favors the separation of the tissue, and a loosening of the phloem is facilitated either by the stronger shrinkage of the frozen wood or by the expansion of the cortex due to the stress exerted by the ice formation beneath it. . . . . After the thawing, the cell tissue that has been compressed does not expand to its previous form and size, but remains permanently distorted. In the cases of the more severe injury there begins at the periphery of the wood formed before the injury a more or less broad zone of large-celled parenchyma, which is distinguished by its greatly thickened simple-pitted walls and by the dark-brown color of the walls and the cell contents. This zone of parenchyma tissue quickly passes over into

tracheidal tissue, which at first is usually somewhat larger celled than that developed before the frost injury, but which quickly becomes typical.«

Disse citerede Beskrivelser af Frostens fysiologiske Virkninger bygger dog ikke paa selvstændige, eksperimentelle Undersøgelser etc., men maa betragtes som personlige Forestillinger om Aarsagsforholdet, bygget paa de andet Steds i Litteraturen foreliggende Oplysninger om Frostvirkningernes Fysiologi m. v. (Molisch 1895 m. fl.).

### Frostskaden og de klimatiske Forhold.

Om Tidspunktet for Frostringsdannelsen anfører RHOADS (1923): »Frost-ring formation may occur in the wood from the action of either late or early frost during the course of the growing season or from the freezing of the cambium during the winter when the tree is dormant..... Frost-rings arise through late frost only when the cambial activity has already commenced and some new xylem cells have been differentiated.«

Frostringe som Følge af Frostvirkninger paa Træerne om Vinteren er velkendte her i Landet (jvf. Rostrup 1902 etc.). Skaden der foraarsages herved betyder som Regel kun at Veddets tekniske Værdi aftager. Den medfører sjældent at Træerne dør.

Større Ødelæggelser i Kulturer som Følge af Frostringe, efter at Kambiumvirksomheden er begyndt, er, i hvert Fald efter Litteraturen at dømme, sjældne her i Landet, formodentlig fordi de kun i større Udstrækning finder Sted, naar vi faar særlige unormale Klimaforhold i Foraarsmaanederne: et meget varmt og tidligt Foraar efterfulgt af en kortere eller længere, relativ streng Frostperiode.

Netop i Aar, hvor Frostskaden har antaget et usædvanligt Omfang, har disse klimatiske Betingelser været til Stede.

Foraaret kom unormalt tidligt. I den af Meteorologisk Institut udsendte Maanedsoversigt for Marts Maaned er saaledes anført: »Temperaturen var i Maanedens Løb hver Dag over Normalen, og Afvigelserne fra denne var oftest mellem 4° og 10°; særlig store var Afvigelserne fra Normalen i Tiden fra d. 16.—22. Hele Maanedens Middeltemperatur blev derfor usædvanlig høj, for Landet som Helhed 6.0°, normalt 1.6°; en saa høj Middeltemperatur er ikke forekommet i Marts, siden den regelmæssige Temperaturmaaling i større Udstrækning begyndte i 1874.«

Utvivlsomt har denne varme Maaned fremkaldt en unormal tidlig Kambialvirksomhed hos Træerne, navnlig hos de let paavirkelige, ikke aklimatiserede, eksotiske Træarter.

I April fulgte derefter en Frostperiode. Efter Meteorologisk Instituts Oversigt for denne Maaned havde Frosten stor Udbredelse: »Nætterne til d. 9.—10., 17.—22. og 24.—25. og var gennemgaaende strengest i Tiden fra d. 18.—21., da de laveste Temperaturer i Indlandet mange Steder i Jylland naaede mellem ca.  $\div 4\frac{1}{2}^{\circ}$  og  $\div 8^{\circ}$  og adskillige Steder paa Fyn og Sjælland ned mellem  $\div 3\frac{1}{2}^{\circ}$  og  $\div 5\frac{1}{2}^{\circ}$ .« Kulden kom med: »stormende nordvestlige Vinde.«

Under disse ret strenge Frostperioder er Frostskaaden uden Tvivl sket.

### Frostringens vækstfysiologiske Betydning.

Spørgsmaalet om, hvilken Betydning Frostringen har for de enkelte Træers Ernæringsfysiologi: Nærings- og Vandtransport, er jo vanskeligt at besvare. Sandsynligvis foraarsager denne Kappe af løst opbygget Parenkymvæv eller Lakuner udenomkring hele den centrale Vedcylinder, at Forbindelsen mellem denne og de udenfor Frostringen liggende periferiske Veddele, Bark m. v. i den Grad bliver besværliggjort at Træerne tager Skade eller gaar ud, selv om Marvstraaleforbindelsen stadig eksisterer.<sup>1)</sup>

PETERSEN (1905) skriver følgende om Frostringens Betydning: »Den paa det normale Veds Bekostning stærkt fremtrædende Udvikling af parenkymatiske, levende Celler maa være uheldig for Træet, idet disse maa gøre de paagældende Dele af Stammen mere følsom over for snart paafølgende nye Frostangreb. Endvidere bliver der et Ringbælte af noget svagere Bygning, der mulig kan danne Udgangspunktet for Afbrydelser i Veddets normale Sammenhæng....«.

RHOADS (1923) nøjes med at omtale denne Side af Frostringens Virkning med følgende Ord: »As may be expected from their structure, frostrings constitute a plane of weakness in the wood, which may not only predispose to the formation of circular shake in the standing tree, but may require the manu-

<sup>1)</sup> Ved Kogning med Schulzes Vædske forsvinder Parenkymvævet fuldstændigt, hvilket viser at Cellevæggene heri ikke bestaar af samme Vedsustans m. v. som de normale Trakeidevægge.

factured wood to be discriminated against for use in small pieces where great strength is required.«

Det bemærkelsesværdige ved Frostfænomenet er, at Træerne ikke øjeblikkelig dør efter Frostvirkningen; Løvspringet foregaar tilsyneladende ganske normalt og i lang Tid kan Træerne bevare et ganske sundt, frisk grønt Udseende. Først senere hen paa Aaret, navnlig i Sommerens kritiske Tørkeperioder, kommer de ydre Sygdoms- og Svækkelsessymptomer. Naalene bliver brunlige, falder af, og i Løbet af kort Tid kan store Dele af enkelte Kulturer pludselig gaa ud tilsyneladende uden ydre Aarsager, saaledes som iagttaget i Aar i Juni Maaned paa Frijsenborg (jvf. Indledningen). Angaaende de enkelte Lærke- og Douglasproveniencers Modtagelighed overfor Frostvirkningen har Skovrider H. H. BIHMANN oplyst, at der ikke paa Frijsenborg er iagttaget nogen Beskadigelser i Lærkekulturer af europæiske Provenienser, derimod i alle Provenienser af Douglasgran. De foran beskrevne Lærketræer var *L. coreensis*, og Douglasgranerne var *var. coast strain*.

#### LITTERATUR

- BOAS, J. E. V. *Dansk Forstzoologi*. 1923.
- BORTHWITCK, A. V. Frost Damage to Young Coniferous Trees. *Scottish Forestry Journal*. Ud. 42, 2. 1928.
- FORSAITH, C. C. The Technology of New York State Timbers. *Technical Publication No. 18 of New York State College of Forestry at Syracuse University*. 1926.
- FERDINANDSEN, C. og N. FABRITIUS BUCHWALD. *Fysiogene Plantesygdomme I*. 1936.
- HARTIG, R. *Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten*. 1900.
- MOHL, H. VON. Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. *Bot. Zeit.* 1862.
- MOLISCH, H. *Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen*. 1897.
- PETERSEN O. G. Nattefrostens Virkninger paa Bøgens Ved. *Det forstlige Forsøgsvæsen*. Bd. I.: 49—68. 1905—1908.
- : *Dansk Forstbotanik*. 1916.
- RHOADS, A. S. The Formation and pathological Anatomy of Frost Rings in Conifers injured by late Frost. *United States Department of Agriculture. Bull. No.: 1131*. 1923.
- ROSTRUP, E. *Plantepatologi*. 1902.



## SUMMARY

During June of the present year, certain conifer plantations in the forestry district belonging to the earldom of Frijsenborg in Jutland consisting of young trees 1—3 meters in height suddenly died down, partially or entirely. The worst sufferers were cultures of non-acclimatised exotic species such as Sitka Spruce, Douglas Fir, and Larch, planted in lowlying areas, with or without shelter-wood. At the broad-leaf trees was the damage worst at alder and birch.

Experiments carried out in the laboratories of the Danish Experimental Forestry Service have demonstrated that the cause of this extensive destruction by the conifers is to be found in a parenchymatic frostring, or a frostring of lacunæ, built up just outside last year's summer wood. In the case of the Sitka Spruce and Douglas Fir, the frostring consists of parenchymatic tissue; of lacunæ in the case of the Larch.

In the killed-down alders (White Alder) and birches no formation of frostrings was discovered in the spring-wood. No wood formation of this year's growth of any kind had taken place in the trunks or branches of the destroyed trees. In the lower parts of the trunk and branches, where there were still signs of life, there was a slight formation of this year's wood consisting of spring-wood of normal structure.

After describing the outward symptoms of the killed or partly killed trees, the anatomical structure of the frostrings is set forth in detail; micro-photographs of frostrings in transverse and radial section further illustrate this account.

The physiological significance of the frostring as regards growth is considered, and, finally, the question of the formation of frostrings and climatic conditions is discussed. Abnormal warmth in early spring followed by a period of relatively sharp frost must, in this country, be regarded as a condition for damage of any extent.

## Explanation of the Illustrations.

- Figs. 1 & 2 give specimens of Sitka Spruce, Douglas Fir, and Larch from Frijsenborg, wholly or partially destroyed. Fig. 1. on the left is a Sitka Spruce, that on the right, a Douglas Fir.
- Fig. 2, on the left, is a Larch, on the right, a Sitka Spruce, which bifurcates just below the surface of the ground; one of the forks is quite dead, the other is apparently unaffected.
- Fig. 3. Portion of a transverse section of the trunk of the partially destroyed Sitka Spruce illustrated in Fig. 1 (Magnified, 27x); *a—b* is the frostring.
- Fig. 4. Portion of the transverse section of the stem of the partially destroyed Douglas Fir illustrated in Fig. 1 (magnification 14x). On the right of *b* is seen a crumbled necrosis of the bark. On the left of *b* the living bark surrounding a frostring formation with subsequent thin wood formation.

- Fig. 5. A transverse section of the trunk of completely destroyed Douglas Fir (magnification 64 x). *a—b* is the frostring formed of pathological parenchymatic cell-tissue.
- Fig. 6. A radial section of the trunk of a completely destroyed Douglas Fir (magnified; 43 x). *a—c* this year's annual ring with frost-tissue *a—b*. *d—e* the normally developed last year's annual ring with normal formation of spring tracheids.
- Figs. 7 & 8. A radial and transverse section through the frostring of trunk of a Douglas Fir. *a—b* the pathological, parenchymatic frost-tissue. *a* marks the borderline between this year's and last year's annual ring. Protoplasm and starch grains are seen in the parenchyma. Above the parenchyma the abnormal »Transitional tracheids«.
- Fig. 9 A. radial section of the trunk of a Sitka Spruce killed by frost (See fig. 8).
- Fig. 10. A radial section of the trunk of a Larch killed by frost. In contrast with the Sitka Spruce and Douglas Fir, no parenchymatic tissue in this case has been formed in the frostring (*a—b*); on the other hand, extensive lacunæ have arisen. The photograph shows that the Larch under examination, in contrast with the Sitka Spruce already described, was attacked by frost during its growth-period. Among the large lacunæ on the right will thus be observed one large and one small springtracheid of normal structure.
- Fig. 11. Transverse section through the lower living part of the trunk of a frozen birch. *a* shows the thin ring of new wood. (Slightly magnified).
- Fig. 12. Part of same (Fig. 11) highly magnified. *a—b* shows the ring of new wood. Above *b* the bark parenchyma, and at the extreme top stone cells in the bark.

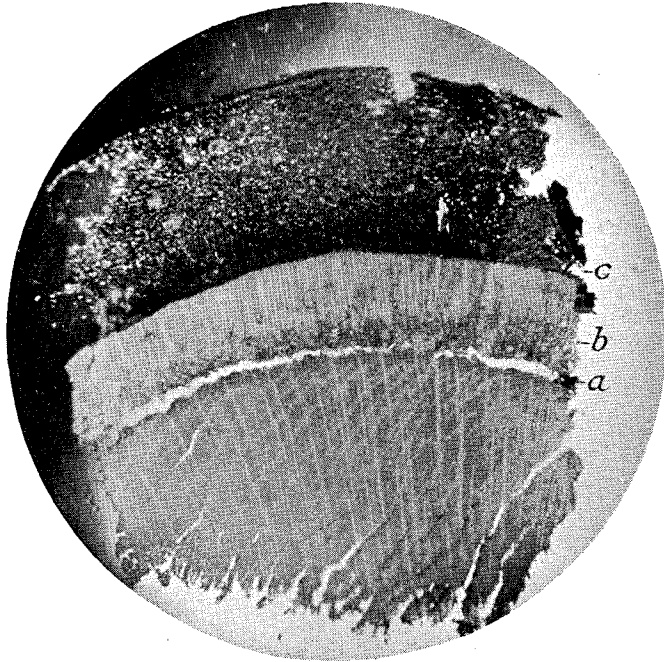


Fig. 3. Svag Forstørrelse (27 $\times$ ) af en Del af et Stammtværsnit fra den paa Fig. 1 viste, delvis udgaaede Sitkagran. *a—b* er Frostvæv. Jvf. i øvrigt Teksten.



Fig. 4. Svag Forstørrelse (14 $\times$ ) af en Del af et Stammtværsnit fra den paa Fig. 1 viste delvis udgaaede Douglasgran. Til højre for *b* ses en sammenfaldet Barknekrose, til venstre for *b* levende Bark udenpaa en Frostringsdannelse og efterfølgende tynd Veddannelse. Jvf. i øvrigt Teksten.

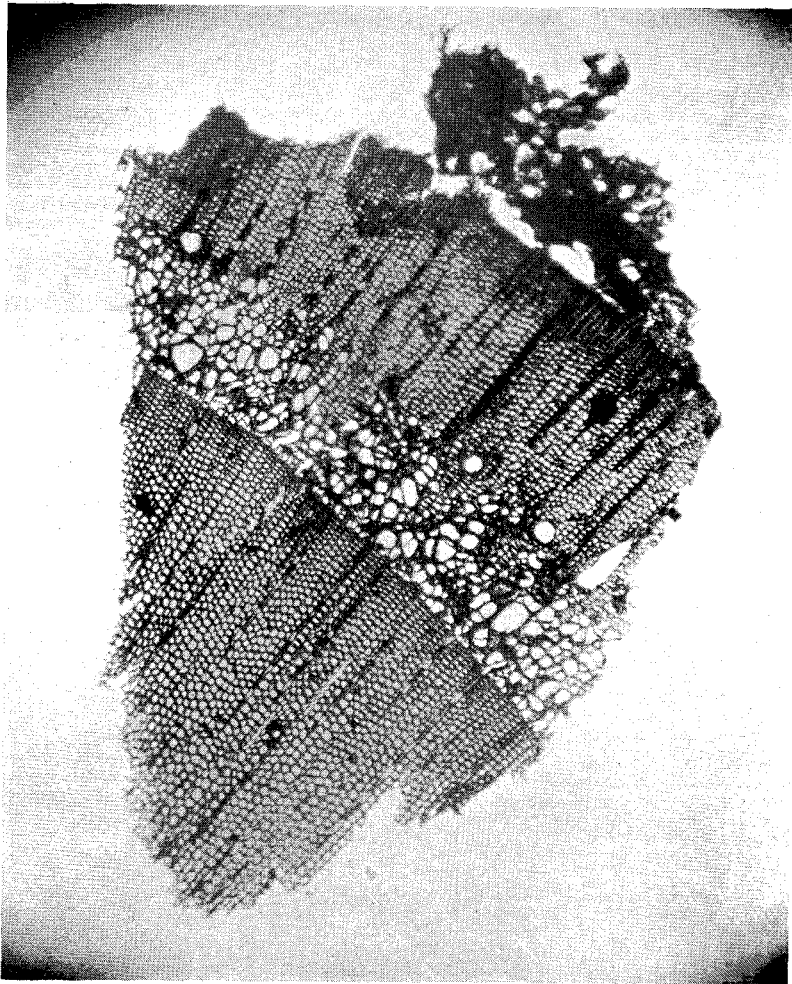


Fig. 5. Svag Forstørrelse ( $64\times$ ) af et Tværnit af Stammen paa en helt udgaaet Douglasgran med Frostringsdannelse ( $a-b$ ). Jvf. i øvrigt Teksten.



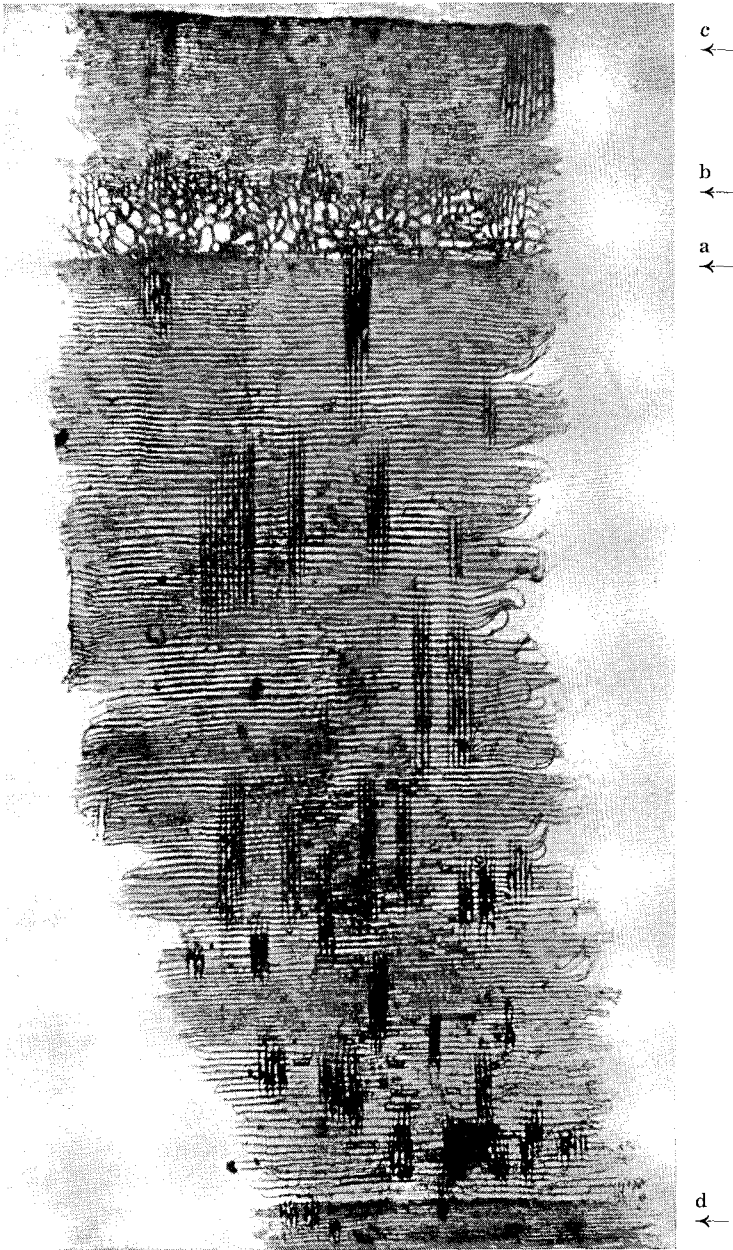


Fig. 6. Svag Forstørrelse (43 X) af et radiale Snit gennem Stammen paa en dræbt Douglasgran. *a-c* er indeværende Aars Aarring med Frostvævdannelsen (*a-b*). *d-a* er forrige Aars Aarring med normal Dannelse af Vaartrakeider. Jvf. i øvrigt Teksten.

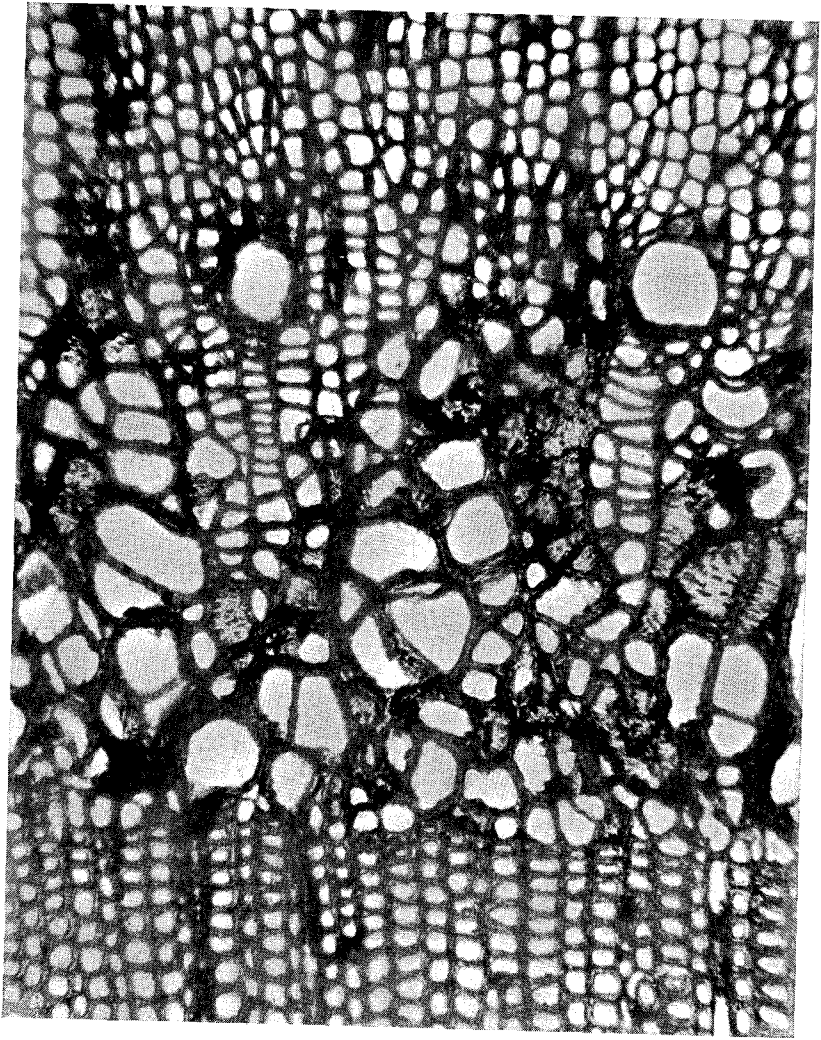


Fig. 7. Stærk Forstørrelse. (160 X) af et Tværsnit gennem Frostringen hos Douglasgran. Jvf. Teksten.

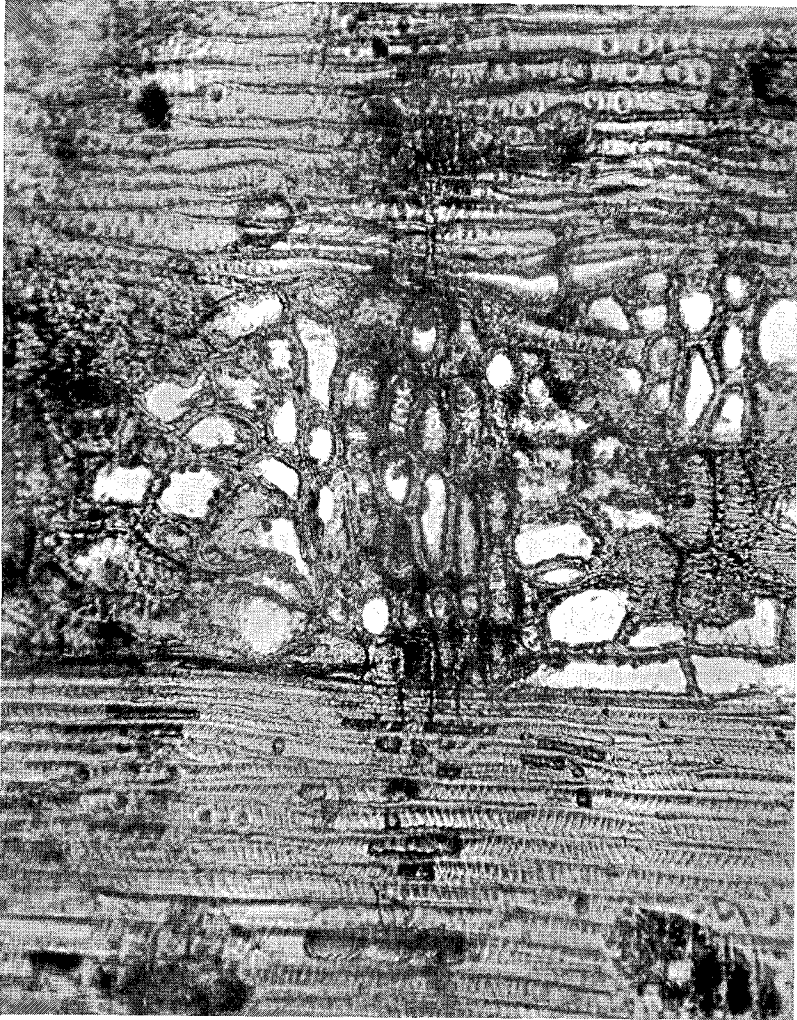


Fig. 8. Stærk Forstørrelse (160 X) af et radialt Snit gennem Frostringen hos Douglasgran. Jvf. Teksten.

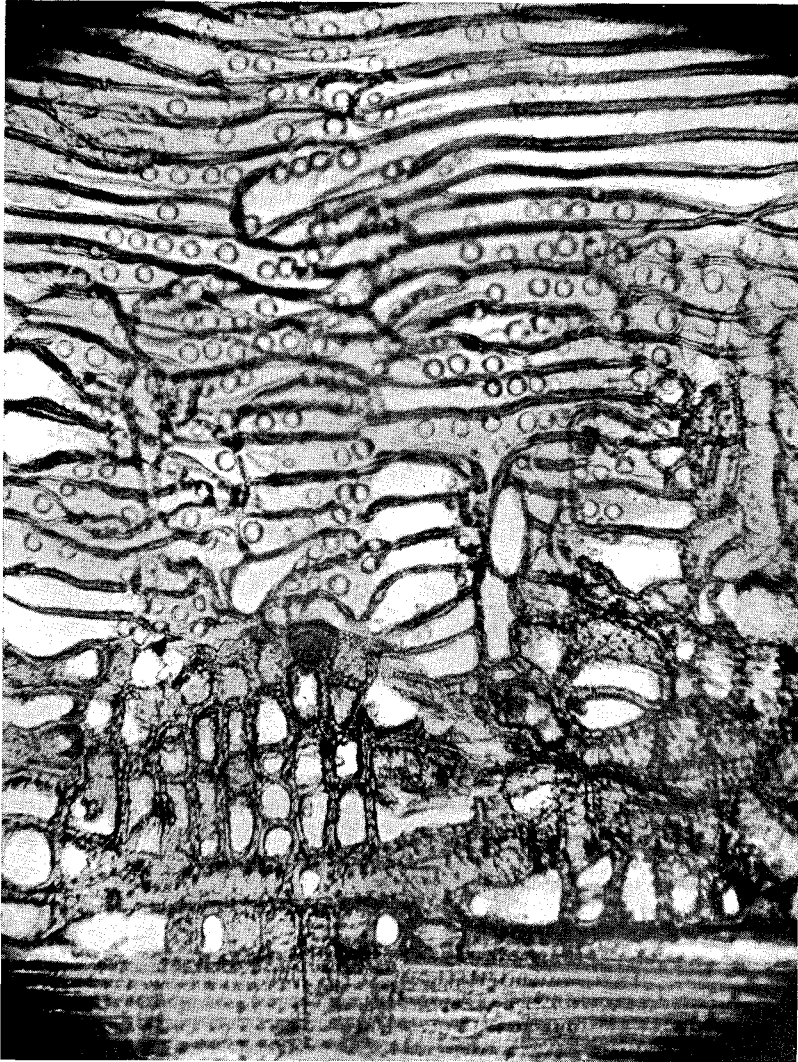


Fig. 9. Stærk Forstørrelse (160  $\times$ ) af et radiale Snit gennem Frostringen hos Sitkagran. Jvf. Teksten.



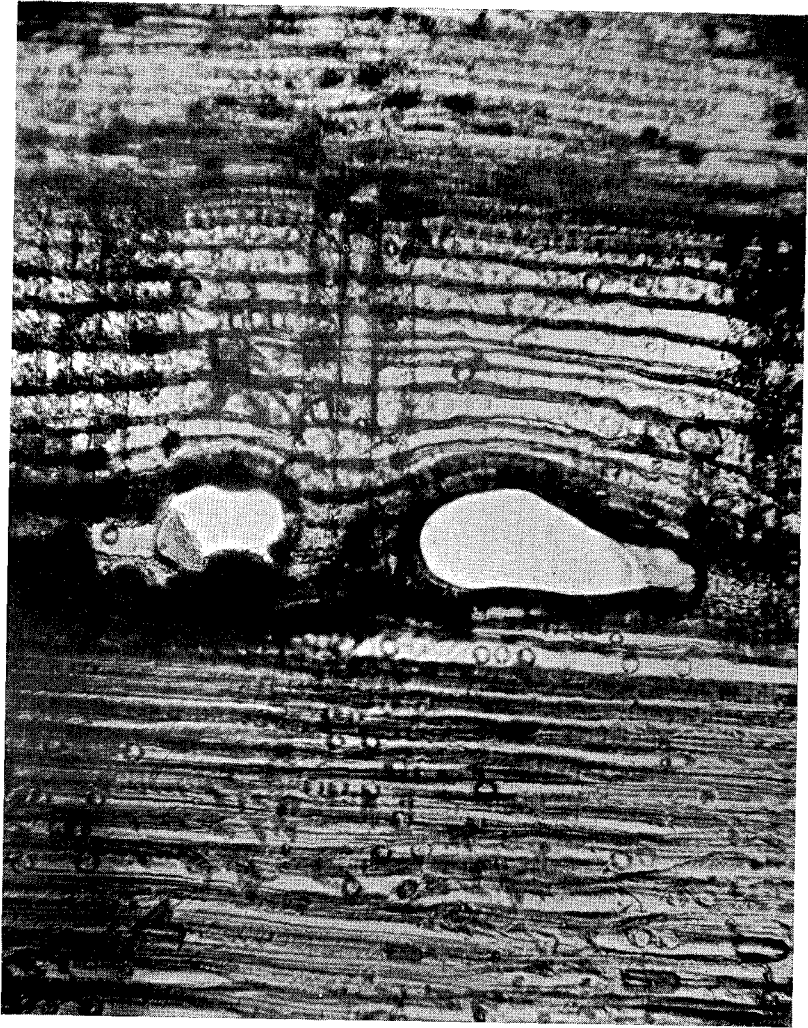


Fig. 10. Stærk Forstørrelse (160  $\times$ ) af et radiale Snit gennem Frostringen hos Lærk, Jvf. Teksten.

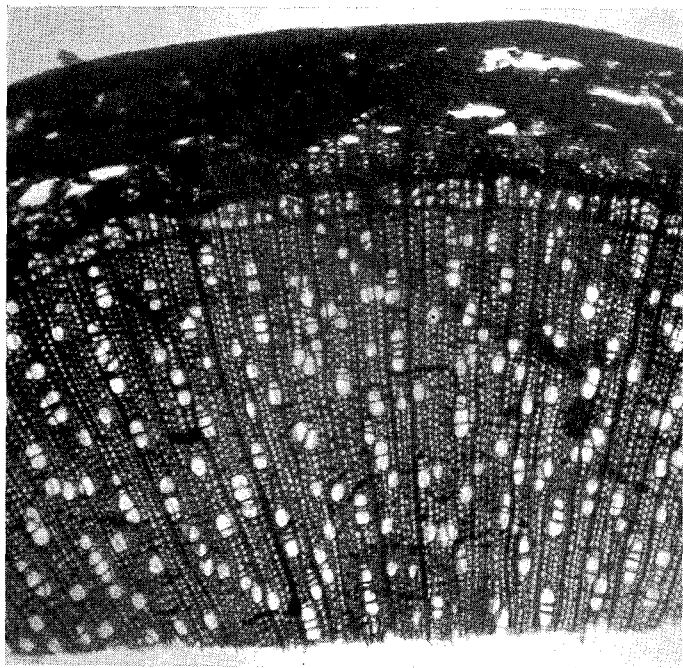


Fig. 11. Svag Forstørrelse (27  $\times$ ) af en Del af et Tværnit gennem den nederste levende Del af Stammen paa en af Frosten dræbt Birk. Jvf. Teksten.

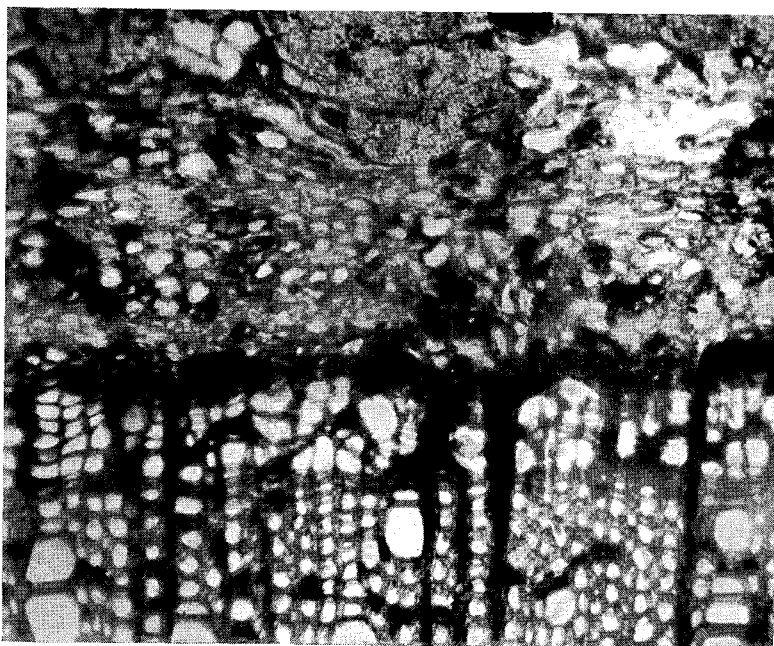


Fig. 12. Stærk Forstørrelse (160  $\times$ ) af en Del af det i Fig. 11 viste Tværnit. *a—b* angiver den begyndende, normale Vaarvedsdanneles. Jvf. i øvrigt Teksten.







lation bei Eschenästen), S. 13. — Nr. 117. C. H. BORNEBUSCH: Thuja som dansk Skovtræ (Thuja plicata as a Danish Forest Tree), S. 53. H. 2: Nr. 118. C. H. BORNEBUSCH: Sommerplantning af Naaletræer (Sommerpflanzung von Nadelhölzern), S. 97. — Nr. 119. E. C. L. LØFTING: Rodfordærverangrebenes Betydning for Sitkagrans Anvendelighed i Klitter og Heder, Hedeskovenes Foryngelse V (The significance of the attacks of Polyporus annosus to the suitability of the Sitka spruce for Dunes and Heaths), S. 133. — Nr. 120. C. H. BORNEBUSCH: Stormskaden paa Udhugningsforsøget i Hastrup Plantage (Sturmschaden in dem Hastruper Durchforstungsversuch), S. 161. — Nr. 121. C. H. BORNEBUSCH: Iagttagelser over Rødgranens Naalefald (Chute d'aiguilles naturelle d'epicea), S. 173. — Nr. 122. W. O. HISEY: Cellulose af europæisk Bøg (Pulping Characteristics of European Beech), S. 177. — Nr. 123. FOLKE HOLM: Bøgeracer (Races de hêtre), S. 193. H. 3: Nr. 124. P. L. KRAMP: Forsøg over forskellige Træsarters Modstandsdygtighed overfor Angreb af Pæleorm og Pælekrebs (Experiment on the Power of Resistance of various kinds of Wood against Attack of Ship-Worm and Gribble), S. 265. H. 4: Nr. 129. AXEL S. SABROE: Rødgranens Form og Formtal (Form und Formzahl bei Fichte), S. 281 (er under Trykning).

Bd. XV, H. 1: Nr. 125. FOLKE HOLM: Bøgebrænde (Buchenbrennholz), S. 1. — Nr. 126. CECIL TRESCHOW: Undersøgelser over Brintjonkoncentrationens Indflydelse paa Væksten af Svampen Polyporus annosus (Untersuchungen über den Einfluss des Wasserstoffionenkoncentration auf das Wachstum von Polyporus annosus.), S. 17. — Nr. 127. C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Hede, Anden Beretning (La Lande de Nørholm, Deuxième Rapport), S. 33. — Nr. 128. KJELD LADEFOGED: Floraundersøgelser i Mølleskoven, Anden Beretning (Floraundersuchungen im »Mølleskoven«, Zweiter Bericht), S. 81. H. 2: Nr. 130. KJELD LADEFOGED: Frostringsdannelser i Vaarveddet hos unge Douglasgraner, Sitkagraner og Lærketræer (Formations of Frost Rings in the spring-wood of young Douglas Fir, Sitka Spruce and Larch), S. 97. — Nr. 131. CARL MAR: MØLLER og D. MÜLLER: Aanding i ældre Stammer (Die Atmung in alten Stammteilen), S. 113. — Nr. 132. C. H. BORNEBUSCH: Egekulturforsøg paa Vallø Stifts Skovdistrikt (Eichenkultur-Versuche) S. 139.

---



## DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION  
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK  
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

udgives ved den forstlige Forsøgskommission under Redaktion af Dr. phil. C. H. BORNEBUSCH, i Hæfter sædvanlig paa 5—10 Ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen pr. Springforbi. Cirka 25 Ark (400 Sider) udgør et Bind. Prisen pr. Bind er 5 Kr., der tages ved Postgiro samtidig med Udsendelsen af 1ste Hæfte.

---

Fortegnelse over Indholdet af Bd. I—X, 1905—1930, Beretninger Nr. 1—95 og Nr. 97, findes i Slutningen af 10de Bind og tilsendes gratis ved Henvendelse til Forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. XI—XV, H. 2, begynder paa Omslagets indvendige Sider.

---