

**Fossil
'HOUT'**

Hans Steur

Alle artikelen van Hans Steur over fossiel 'hout'

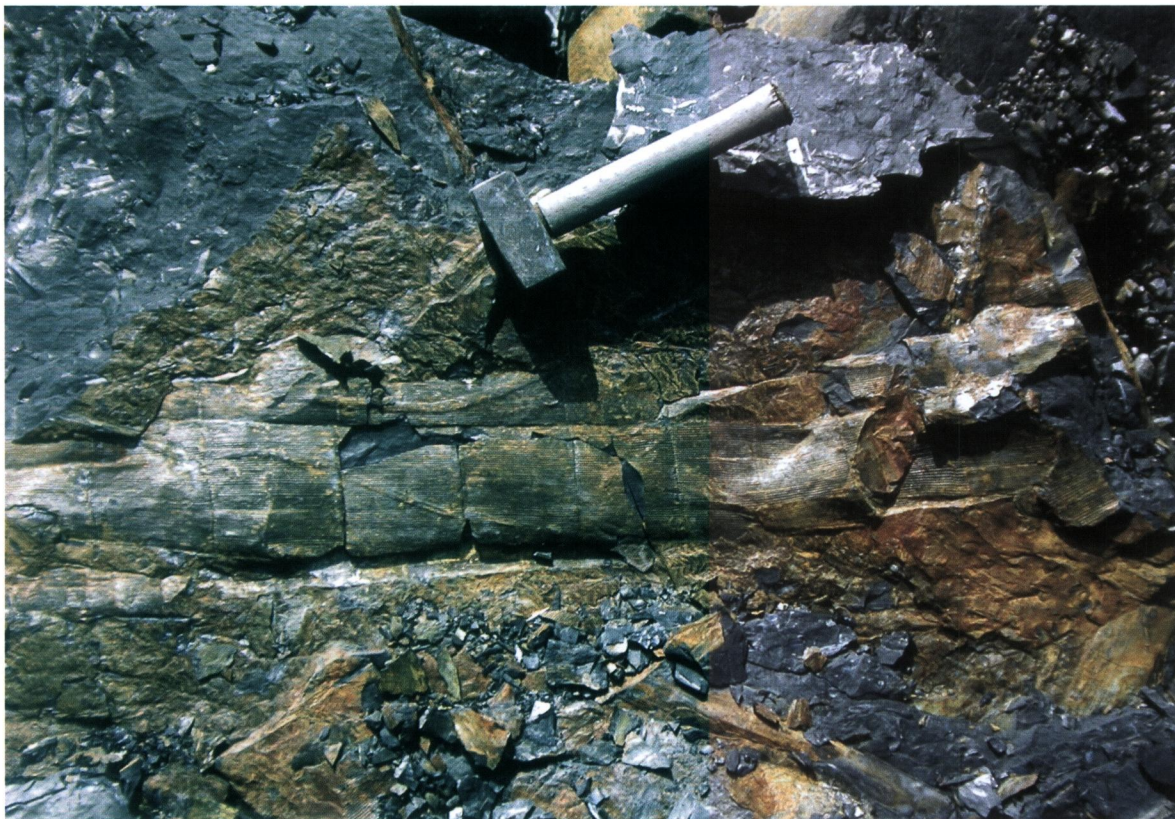
- De paardenstaartboom <i>Calamites</i>	3
- <i>Psaronius</i> , een boomvaren uit het Laat-Carboon en het Vroeg-Perm	8
- Fossiel coniferenhout	17
- <i>Tempskya</i> , versteend hout van een boomvaren uit het Krijt	22
- Fossiel palmhout ofwel <i>Palmoxylon</i>	29
- Avontuur in loofhout	35
- Een palmvoet met wortels en een oerboom uit de Noordzee	41

H. STEUR

Laan van Avegoor 15, 6955 BD Ellecom, steurh@xs4all.nl, www.fossieleplanten.nl

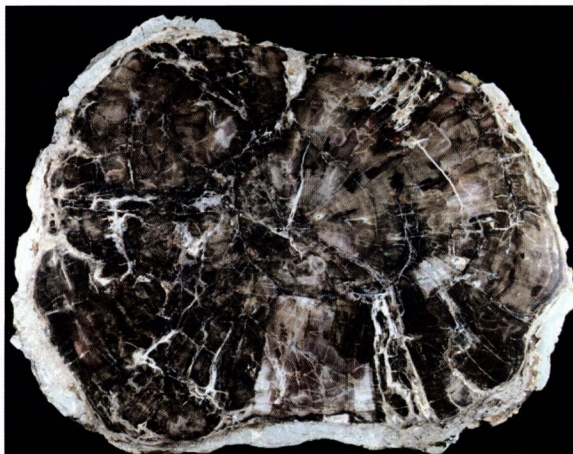
HOUT VAN DE PAARDENSTAARTBOOM *CALAMITES*

Calamites is een van de bekendste fossielen uit de steenkolenlagen van het Carboon en het Perm. Je vindt ze als stammetjes met lengtestrepen en met, op enige afstand van elkaar, dwarsstrepen ofwel knopen (Afb. 1). In de meeste gevallen zijn de stammetjes van *Calamites* platgedrukt, maar soms zijn ze min of meer driedimensionaal. In het laatste geval blijkt de opvulling van het fossiel echter geen structuur te vertonen: het is gewoon versteend sediment. Het is dan ook moeilijk om een beeld te krijgen van de inwendige bouw van de *Calamites*-boom.



Afbeelding 1.
Calamites (holte-
opvulling) in de
Piesberg (Dld).

Afbeelding 2.
De dikste *Calamites*-
stam ter wereld in
het Museum für
Naturkunde in
Chemnitz (Dld). Vind-
plaats: Chemnitz.
Diameter 50 – 60 cm.
Foto R. Rößler.



Gelukkig zijn in sommige gevallen stammen en takken wél buitengewoon goed bewaard gebleven, namelijk als ze, tengevolge van bijzondere omstandigheden, gemineeraliseerd zijn. Dat is onder meer het geval in de afzettingen uit het Onder-Perm van Chemnitz (Dld), waar de stammen als gevolg van een enorme vulkaanuitbarsting verkiezeld zijn. In het vernieuwde Museum für Naturkunde in deze plaats is zojuist de dikste *Calamites*-stam ter wereld aan de permanente tentoonstelling toegevoegd (Afb. 2). En deze is nog met structuur en al bewaard gebleven ook!

Coal balls

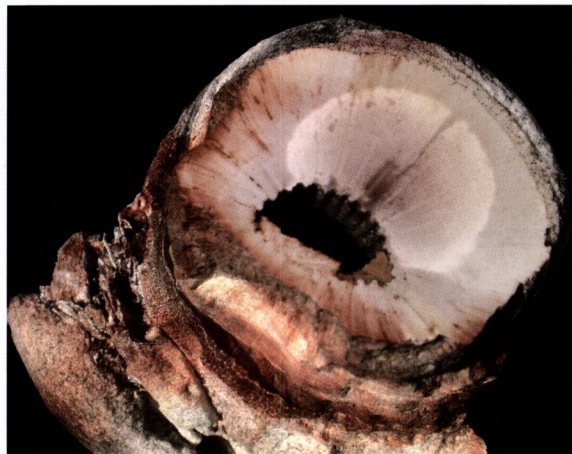
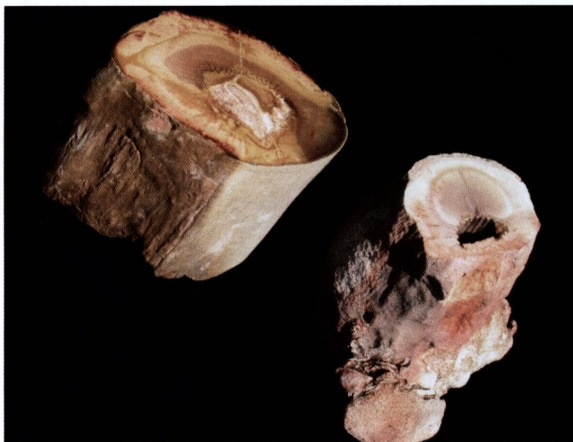
Een ander geval van exceptioneel goede conservering is dat van coal balls. Dat zijn concreties van dolomiet of calciet, die in sommige kolenlagen van het Boven-Carboon voorkomen. Ze zijn bijvoorbeeld gevonden in de kolenvelden van Lancashire en Yorkshire in Engeland, maar ook in Zuid-Limburg komen ze in een enkele laag voor.

Dankzij de heer Harry Huisman van het Natuurmuseum in Groningen heb ik de beschikking gekregen over een aantal slijpplaatjes van coal balls, die in 1922 (!) in Engeland door de universiteit van Groningen ten behoeve van het onderwijs zijn aangekocht. Ze zijn van zeer goede kwaliteit en ze zijn gemaakt door het laboratorium van de firma Hemmingway, die ook veel Rhyne chert-preparaten heeft gemaakt. Bij deze slijpplaatjes (en slijpplaten!) zit een zevental met doorsneden van *Calamites*-takken. De microfoto's bij dit artikel zijn van deze preparaten gemaakt.

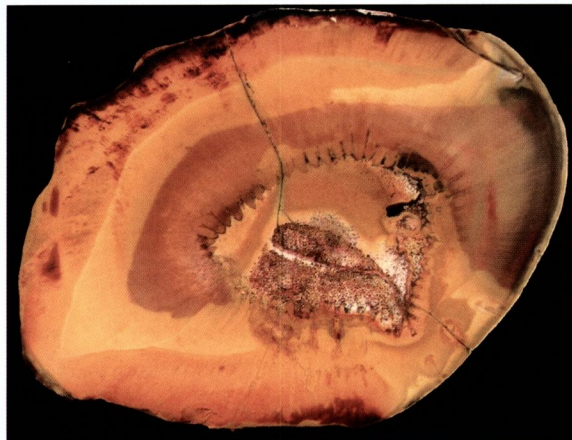
Stammetjes uit Brazilië

Tenslotte bezit ik nog twee kleine stammetjes van *Calamites* uit het Perm van Brazilië, die ik door aankoop heb verworven (Afb. 3). Al met al voldoende materiaal om

Afbeelding 3.
Twee *Calamites*-stam-
metjes uit het Perm
van Brazilië. Diame-
ter van het rechter
stammetje 7 cm.



Afbeelding 4.
Calamites-stammetje met centrale holte. Diameter stam-
metje 4 cm.



Afbeelding 5.
Calamites-stammetje. De gekartelde lijn geeft aan waar de
centrale holte heeft gezeten. Diameter stammetje 7 cm.



Afbeelding 6.
Calamites-stammetje met diafragma in coal ball-preparaat
41. Breedte van het stammetje 6 mm.



Afbeelding 7.
Dwarsdoorgesneden
stengel van *Calamites*
in coal ball-pre-
paraat 44. De bast
ontbreekt. Kijk voor
de verklaring naar
de afbeeldingen 9 en
10. Diameter stengel
4 mm.

de structuur van de de paardenstaartboom te kunnen doorgronden.

Opvullingen

In de dwarse doorsnede van de beide stammetjes (Afb. 4 en 5) is een gekartelde rand te zien. In het ene stammetje bevindt zich daarbinnen een lege ruimte, bij de andere is deze ruimte opgevuld met een amorfe sedimentmassa. Bij leven was deze centrale holte bij jonge planten gevuld met dunwandige parenchym-cellen (merg), terwijl zij bij oudere stammen alleen aan de buitenkant merg bevatte en verder leeg was.

Verreweg de meeste fossielen van *Calamites* zijn versteende opvullingen van deze centrale cilinder van de stam. Deze holte raakte, nadat de boom was gestorven, vol met sediment, waarna de bast en het hout van de stam verteerden. Zo bleef een afgietsel over van de centrale holte. De lengtestreping daarop is het negatief van het kartelpatroon aan de binnenkant van de centrale cilinder.

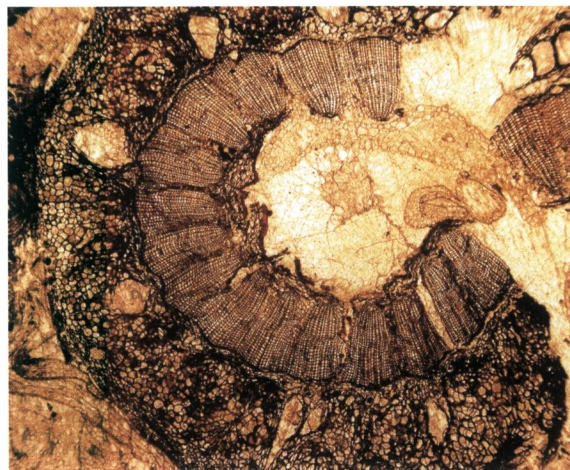
De dwarslijntjes op de steenkern geven aan waar de tussenschotten in de centrale holte hebben gezeten. Deze tussenschotten of diafragma's zijn kenmerkend voor de paardenstaarten. Ter hoogte van deze 'knopen' waren kransen blaadjes of ook wel zijtakken aangehecht. In afbeelding 6 is een dwarse doorsnede van zo'n diafragma te zien in een *Calamites*-takje in een coal ball. De bast van het takje is verdwenen en de lichtgekleurde, lang-gerekt rechthoekige cellen, die grenzen aan de centrale cilinder, horen bij het merg.

Bouw van de *Calamites*-stam

Afbeelding 7 toont een dwarse doorsnede van een stammetje. De centrale cilinder is grotendeels leeg, maar aan de buitenkant zit een laagje merg. Vervolgens komt een ring van kleine holtes en vervolgens secundair hout.

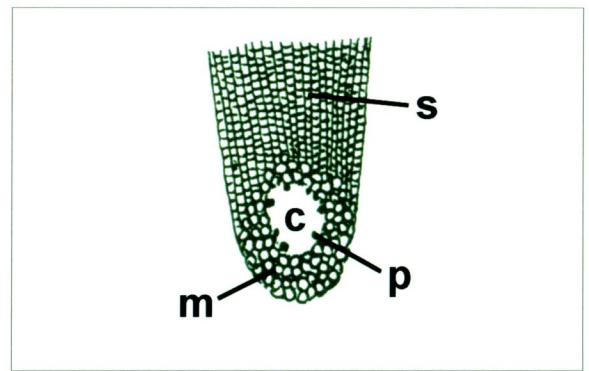
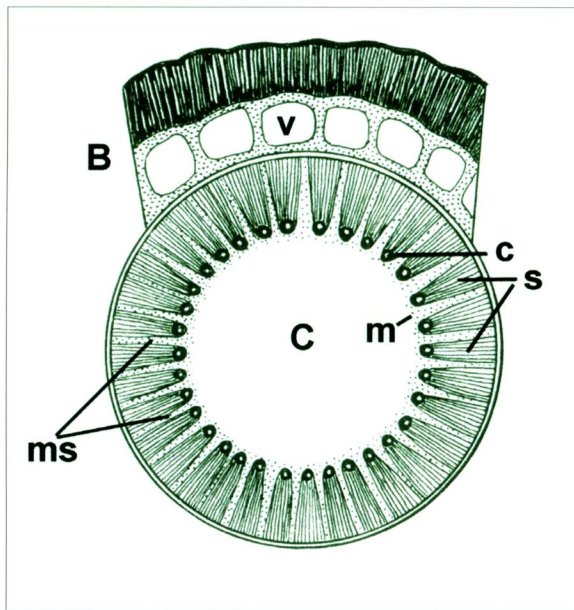
De bast is in dit geval verdwenen. Afbeelding 8 toont een deel van een stammetje met ongeveer dezelfde kenmerken. In dit geval is de bast echter wél aanwezig. Merk op dat in de bast op regelmatige afstanden holtes zitten. De verklaring van deze structuur kan gegeven worden aan de hand van de reconstructies in afbeeldingen 9 en 10. Op de plaats van de kleine gaatjes zaten bij de juist uitgekomen plant de allereerste houtvaten (het protoxyleem). Deze hadden een zeer kleine diameter. Daaromheen ontwikkelde zich het metaxyleem, ook met zeer dunne cellen. Vervolgens kwam de secundaire diktegroei op gang vanuit een één cel dikke cambiumlaag, die naar buiten toe het secundaire hout vormde. In de loop van dit proces ontstonden er kanalen op de plaats van het proto- en het metaxyleem. Deze worden *carinaal-kanalen* genoemd worden.

Tussen de opeenvolgende houtvatenbundels, die vanuit het carinaalkanaal naar buiten groeiden, vormden zich uitstulpingen van het merg: de mergstralen. Deze zijn overigens niet altijd aanwezig. In het laatste geval vormt



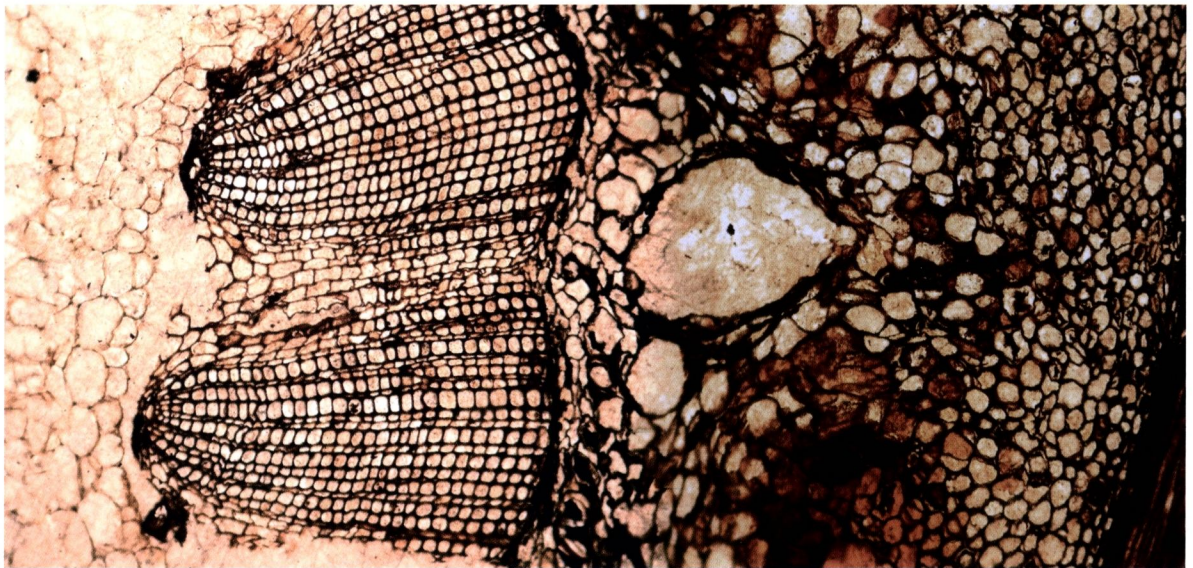
Afbeelding 8.
Deel van een dwars-
doorgesneden
stengel van *Calamites*
in coal ball-pre-
paraat 185. Kijk voor
de verklaring naar
de afbeeldingen 9 en
10. Breedte van het
preparaat 8 mm.

Afbeelding 9.
Schematische tekening van de dwarse doorsnede van een *Calamites*-stam. Bovenaan is een deel van de bast getekend. Naar Stewart & Rothwell (1993).
B = bast
C = centrale holte/cilinder
m = merg
ms = mergstralen
c = carinaal-kanaal
s = secundair hout/xyleem
v = valleculaar-kanaal



Afbeelding 10.
Detail van afbeelding 9. Naar Stewart & Rothwell (1993).
c = carinaal-kanaal
p = protoxyleem
m = metaxyleem
s = secundair hout/xyleem

Afbeelding 11.
Detail van de stengel in afbeelding 8. Getoond wordt een complete doorsnede vanaf het merg (links) tot en met de bast. Links de dunwandige mergcellen, dan twee bundels secundair hout met daartussen een mergstraal, vervolgens de bast met een valleculaar-kanaal. Breedte van het preparaat 2 mm.



het secundaire hout een aaneengesloten cilinder. In de bast, die slechts zelden bewaard is gebleven, zitten op regelmatige afstanden luchtkanalen, die *valleculaar-kanalen* genoemd worden (Eng. vallecular = behorend bij een groeve). Door deze kanalen vertoonde de buitenkant van de levende *Calamites*-boom lengteribbels. Doordat de bast echter bijna nooit geconserveerd is, kunnen deze ribbels slechts zelden worden waargenomen. De buitenkant van de stammetjes in afbeelding 3 is tamelijk glad. Dat komt doordat dit de buitenkant van de houtige kern is, die geen ribbelpatroon vertoont. Afbeelding 11 geeft een complete doorsnede vanaf het merg tot en met de bast met opperhuid.

Soorten

Bij structureel bewaard gebleven *Calamites*-stammen worden drie geslachten onderscheiden. De bovenbeschreven houtsoort heet *Arthropitys*. Het is het meest voorkomende type. Daarnaast zijn ook nog *Arthroxylen* en *Calamodendron* beschreven. De verschillen liggen vooral in de manier waarop de parenchymcellen tussen de houtcellen liggen. Het is de vraag of deze houttypen systematische betekenis hebben of meer te maken hebben met ontwikkelingsstadia en de plaats in de stam.

Hofstippels

De cellen in het secundaire hout zijn in de lengterichting van de stam heel langgerekt. Bij vergroting van de

lengtedoorsnede van afbeelding 3 is dat goed te zien (Afb. 12). Links in de figuur liggen de mergcellen, rechts de houtcellen. Deze laatste zorgen zowel voor stevigheid als voor watergeleiding. Ze heten *tracheïden*. Net als bij de coniferen gaat de waterstroom van de ene tracheïde via openingen in de radiale wanden naar de naastgelegen tracheïde. Deze openingen kunnen de vorm van een hofstippel hebben (cirkelvormig met een opening in het midden), maar ook laddervormige structuren komen voor. Hierbij liggen de openingen als het ware tussen de treden van een ladder. In afbeelding 13 komen beide typen voor. De treden zijn de ringvormige verdikkingen in de wanden van de houtvaten.

Conclusie

Samenvattend kan gezegd worden dat de paardenstaartbomen dankzij een efficiënte manier van houtvorming een maximale stevigheid hebben bereikt. De cilindervormige structuur met een grote centrale holte bleek heel goed te werken want de paardenstaartbomen konden naar schatting zo'n 20 meter hoog worden. En dat ze uitgestorven zijn, zal niet aan de houtstructuur gelegen hebben.

DANKWOORD

Graag wil ik de volgende personen hartelijk danken: prof. dr. Hans Kerp van de afdeling Paleobotanie van de Wilhelmsuniversiteit te Münster voor het kritisch doorlezen van het ontwerp van het artikel; de heer Harry

Huisman van het Natuurmuseum te Groningen voor het uitlenen van de coal ball-preparaten; dr. Ronny Rößler, directeur van het Museum für Naturkunde in Chemnitz, voor de foto van afbeelding 2.

LITERATUUR

Remy, W., & R. Remy, 1977. Die Floren des Erdaltertums. Glückauf, Essen.

Stewart, W.N., & E.L. Taylor, 1993. Paleobotany and the evolution of plants. University Press, Cambridge.

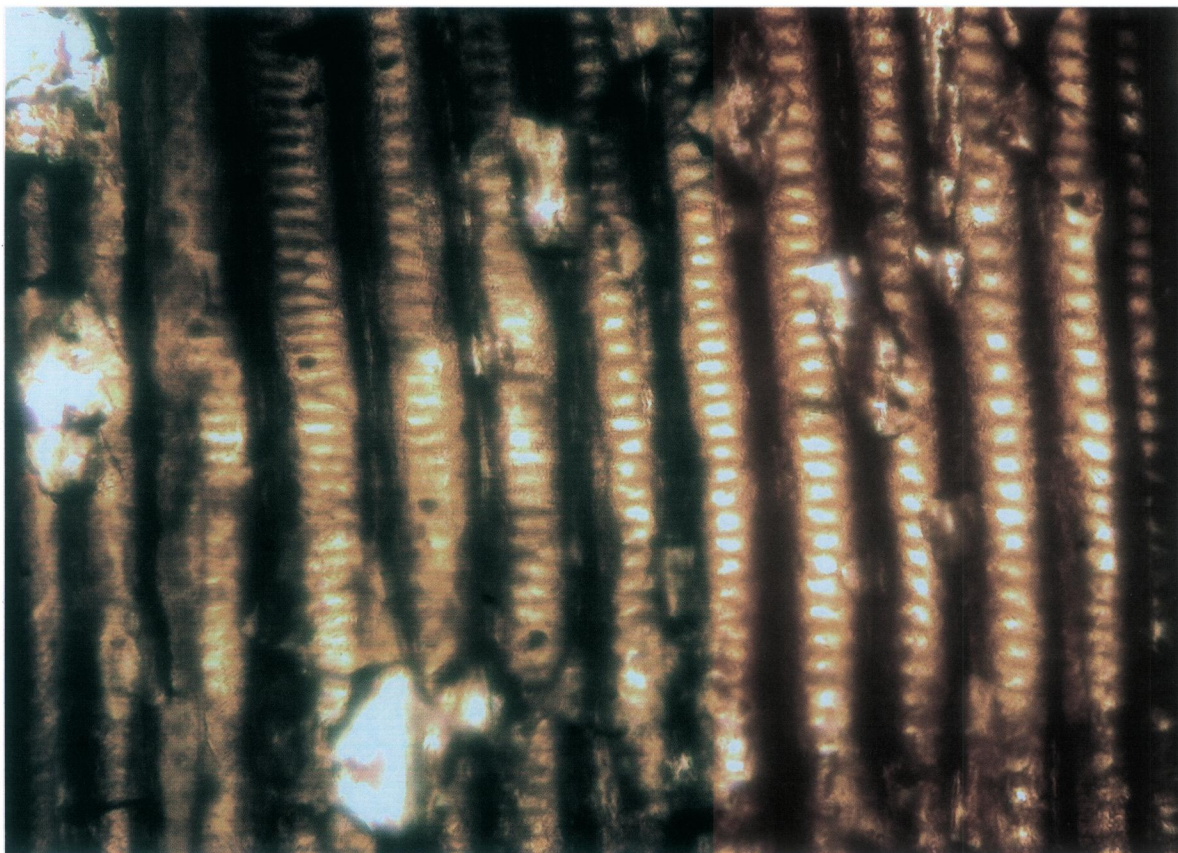
Taylor, T.N., & E.L. Taylor, 1993. The biology and evolution of fossil plants. Prentice Hall, New Jersey.

FOTO'S

H. Steur, tenzij anders is vermeld.



Afbeelding 12.
Radiale (lengte)doorsnede van de wand van een *Calamites*-stengel in coal ball-preparaat 41. Links de lichte mergcellen, rechts de tracheïden waarin rijen hofstippels te zien zijn. Hoogte preparaat 0,8 mm.



Afbeelding 13.
Tracheïden van *Calamites* in preparaat 41 met hofstippels en laddervormige openingen. Hoogte preparaat 0,2 mm.

De stad Chemnitz (Sachsen, Duitsland) is onder verzamelaars van verkiezeld hout beroemd vanwege zijn 'Staarsteine' (sterrenstenen). Dat is al zo sinds het midden van de zeventiende eeuw, toen de eerste publicaties over deze wonderlijke fossielen verschenen. De afbeeldingen 1 en 2 maken duidelijk waar de naam Staarsteine vandaan komt: op het gezaagde en gepolijste oppervlak zijn vele, scherp afgetekende sterretjes met een diameter van een paar millimeter te zien. Wat het geheel extra aantrekkelijk maakt, zijn de kleurige agaatopvullingen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze stenen zeer geliefd zijn bij verzamelaars.

Psaronius, een boomvaren uit het Laat-Carboon en het Vroeg-Perm

Hans Steur (tekst) en Hans de Kruyk (preparaten)

H. Steur, Laan van Avegoor 15, 6955 BD Ellecom, steurh@xs4all.nl, www.xs4all.nl/~steurh

H. de Kruyk, Hoffmanstraat 14, 4143 BE Leerdam

In feite gaat het hier om verkiezelde stamdelen van de uitgestorven boomvaren *Psaronius*. Deze fossielen zijn niet alleen prachtig om te zien, maar ook heel interessant, omdat ze informatie verschaffen over een be-

langrijk, en soms zelfs dominant, element van de flora van het allerjongste Carboon en het Vroeg-Perm. Terwijl de wolfsklauwbomen als *Sigillaria* en *Lepidodendron* aan het einde van het Westfalen sterk terugliepen en vele soorten zelfs uitstierven, breidde de boomvaren *Psaronius* zich juist uit. Deze verandering wordt weerspiegeld in de toename van *Pecopteris*-achtige bladeren in de flora. *Psaronius*-bomen droegen namelijk een kroon van *Pecopteris*-bladeren (Afb. 3 en 4).

In het voorjaar van 2002 zijn mijn vrouw en ik negen dagen in de omgeving van Chemnitz geweest (zie Grondboor & Hamer 2003-1 voor een beschrijving van onze belevenissen aldaar). Eén van onze doelen was het verzamelen van informatie over en fossielen van *Psaronius*. De informatie vonden we vooral in het mooie museum van Chemnitz, en met name in het Sterzeleanum op de benedenverdieping, waar talloze verkiezelde stamdelen van allerlei boomgroepen tentoongesteld zijn. Vaak hebben ze gepolijste vlakken, waardoor de inwendige structuur tot in details is te zien.

De fossielen hebben we gekregen van verzamelaars. Zelf vinden is moeilijk, omdat de fossielen alleen bij grondwerkzaamheden vrijgelegd worden en de bouwondernemers en werklieden hierin ook zelf geïnteresseerd zijn. Van één van deze bouwondernemers, de heer Knut Nestler, kregen we de mooie stukjes waarvan veel van de foto's bij dit artikel zijn gemaakt. Hij heeft zelf een prachtige verzameling verkiezeld hout in en rond zijn huis en de gesprekken speelden zich af rond een 'boomstamschijf-tafel' met een diameter van zo'n anderhalve meter.

Vulkaanuitbarsting

Dat er in de omgeving van Chemnitz zulke prachtig verkiezelde stammen van allerlei soorten bomen gevonden worden, is te danken aan het feit dat in dat gebied zo'n 290 miljoen jaar geleden, in het allervroegste Perm, een gigantische vulkaanuitbarsting heeft plaatsgevonden. Over een groot oppervlak werd alles wat leefde vernietigd. In de ring daarbuiten werden de bossen door de drukgolf omvergeblazen, maar bleven de structuren van de stammen min of meer bewaard. Bij de uitbarsting werden de neergeslagen bossen met

Afbeelding 1.
Gepolijst stukje wortelmantel van *Psaronius* uit Chemnitz.
Breedte: 8 cm.
Foto: H. de Kruyk.



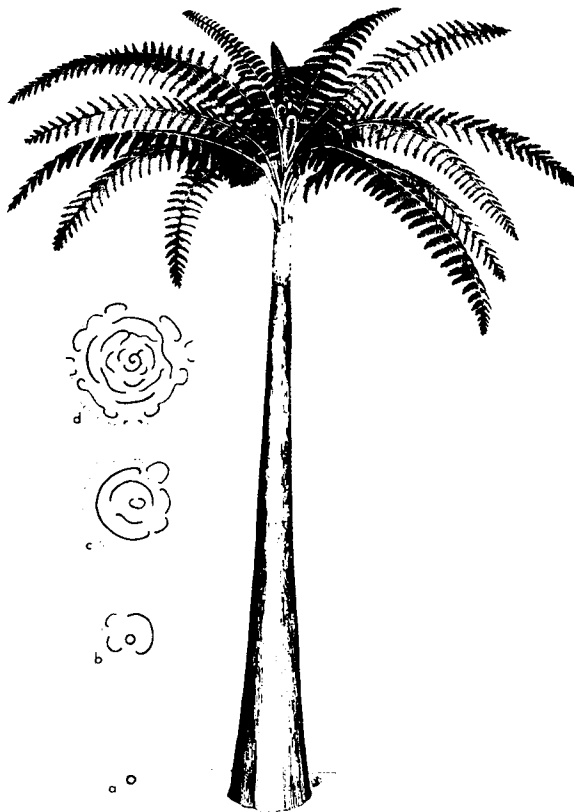
Afbeelding 2.
Een stukje wortelmantel in sterkere vergroting.
Breedte: 2,5 cm.
Foto: H. Steur.



Afbeelding 3.

Reconstructie van de *Psaronius*-boom (Stidd 1971, Morgan 1959).

a, b, c en d zijn doorsneden van de bundel houtvaten op steeds grotere hoogte in de stam. Onderaan is de vaatbundel eenvoudig van structuur, naar boven toe wordt hij door achtereenvolgende splitsingen steeds gecompliceerder. De C-vormige bundels aan de buitenkant zijn de houtvaten van de bladstelen in wording. In feite was de stam aan de basis sterker verdikt.



Afbeelding 4.

Reconstructie van een blad van een *Psaronius*-boom (Stidd 1971). De blaadjes zijn van het *Pecopteris*-type. Als ze fructificaties dragen, zoals onderaan is getekend, dan worden ze tot het genus *Scolecopteris* gerekend. Het bovenste deel van de stam vertoont littekens van bladstelen. Een compleet blad was 2 tot 3 meter lang.

een dikke laag vulkanische as bedekt. Korte tijd later zorgden enorme regenbuien ervoor dat kiezelzuurhoudend water in de onder-

grond doordrong, waardoor de aanwezige plantenresten verkiezelden. Dit verkiezelingsproces voltrok zich binnen relatief korte tijd, voordat

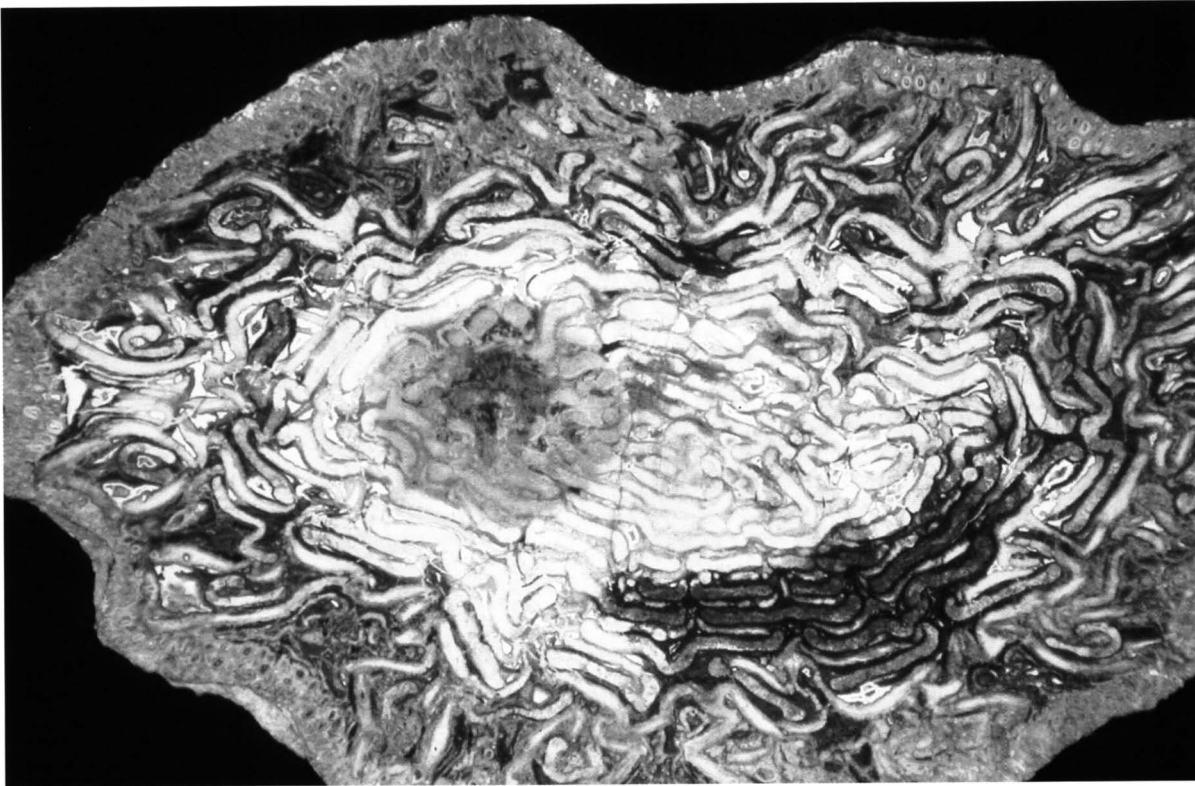
Afbeelding 5.

Stamdeel met bladlittekens, uit Chemnitz. Dit stuk komt uit het bovenste deel van de stam. Dat blijkt uit het feit dat er bladlittekens te zien zijn. Ook de ingewikkelde structuur van de houtvatenbundel en het ontbreken van een wortelmantel wijst daarop. Museum für Naturkunde, Chemnitz. Foto: R. Röbler.



het hout de gelegenheid kreeg om te gaan rotten. De bomen liggen bij Chemnitz met de top naar het westen, wat de richting van de drukgolf aangeeft. De stammen werden dicht bij de groeiplaats ingebed: ze zijn ontschorst en het stamoppervlak is door het contact met hete vulkanische assen vaak gedeeltelijk verbrand.

Structuur van de *Psaronius*-stam
Naakt- en bedektzadige bomen hebben secundaire diktegroei. Daardoor zijn zij in staat stevige houtige stammen te vormen, die (in principe) weer en wind kunnen doorstaan. Boomvarens hebben die aanpassing niet. Zij hebben een andere manier ontwikkeld om toch een stabiele (schijn)stam te vormen. Dat gaat namelijk als volgt: de bundel houtvaten van de jonge plant splitst zich al groeiend in meerdere delen, waardoor de (primaire) houtige kern naar boven toe een steeds grotere doorsnede krijgt. Zo ontstaat een houtkern met de vorm van een op zijn punt staande kegel: onder-

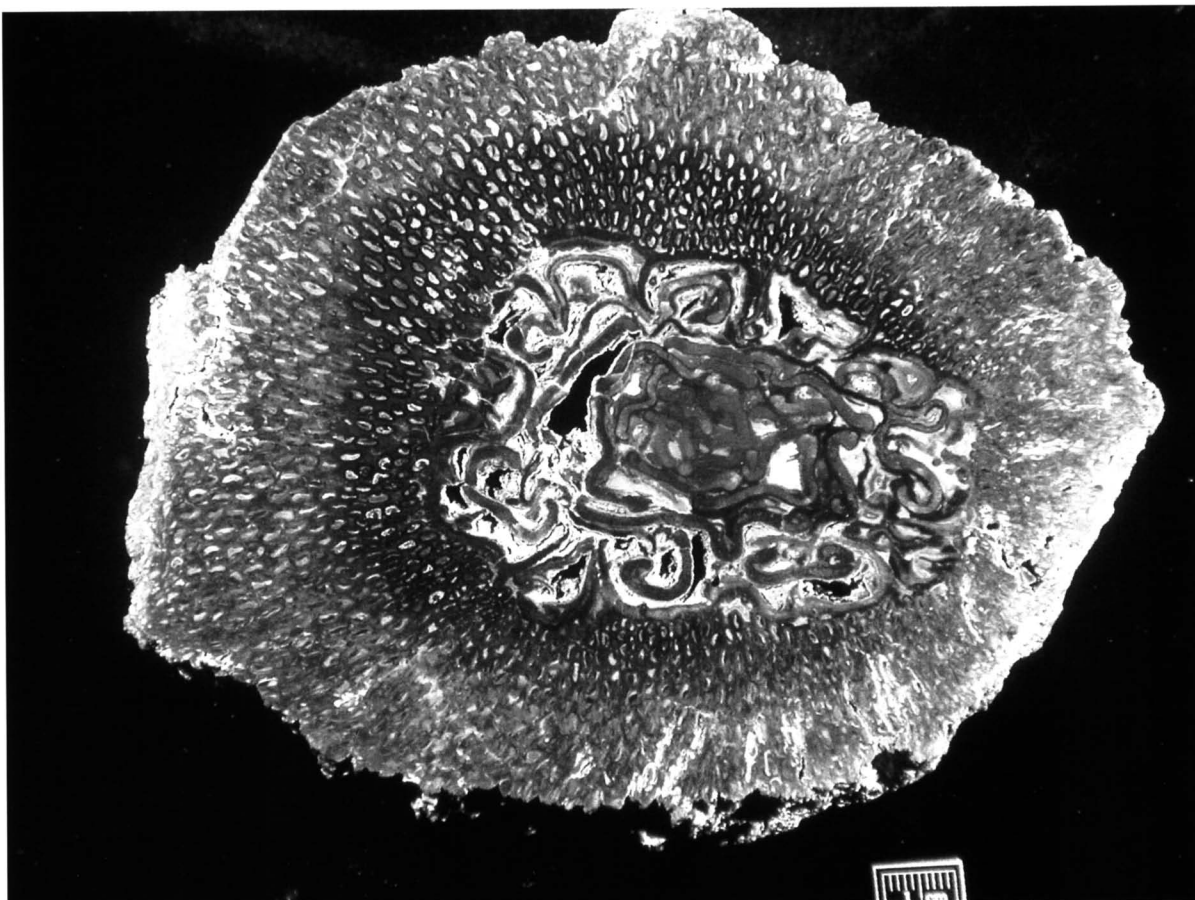


Afbeelding 6.
Doorsnede van de
stam uit afbeelding 5.
De C-vormige
houtvaten aan de
buitenkant zijn van de
bladstelen. Museum
für Naturkunde,
Chemnitz. Foto: R.
Röbler.

aan smal en bovenaan breed.
Tegelijkertijd ontwikkelen zich, met
name aan de basis van de stam, een
groot aantal luchtwortels, die samen
een brede wortelmantel vormen.

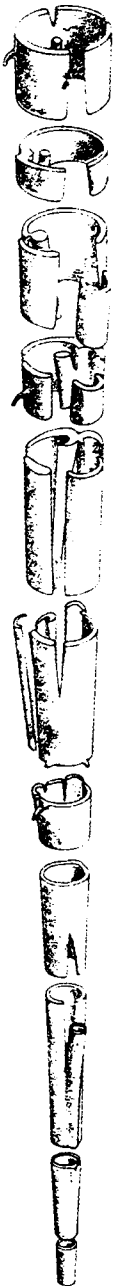
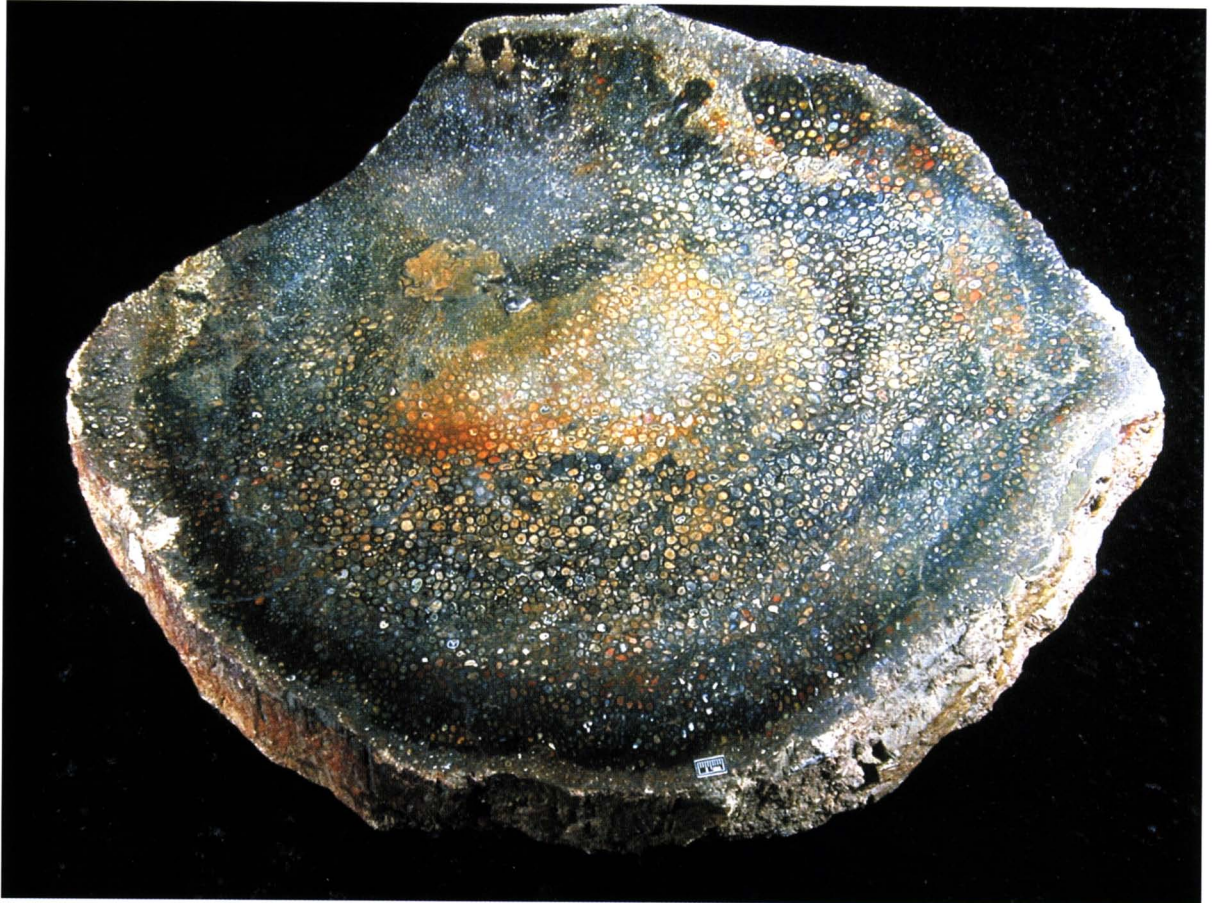
Deze luchtwortels zijn in het binnen-
ste deel van deze mantel zelfs
met elkaar vergroeid. De wortelman-
tel, die aan de basis het overgrote
deel van de stamdiameter omvat,

geeft de stam de nodige stevigheid.
Vanwege de brede luchtwortelmantel
is het onderste deel van een boom-
varenstam vaak verdikt. Dit principe,
dat bij moderne boomvarens wijd



Afbeelding 7.
Doorsnede uit het
middengedeelte van
een stam van *Psaronius*.
Zowel wortelmantel als
houtvatenbundel zijn
aanwezig. De zich ont-
wikkende bladstelen
zijn te herkennen aan
de C-vormige hout-
vatenbundel. Museum
für Naturkunde,
Chemnitz.
Foto: R. Röbler.

Afbeelding 8.
Doorsnede van de basis
van een *Psaronius*-
boom uit Chemnitz.
De doorsnede bestaat
geheel uit luchtwortels.
Museum für Natur-
kunde, Chemnitz.
Foto: R. Röbler.



Afbeelding 9.
Reconstructie van de bundel houtvaten van een
zeer jong exemplaar van *Psaronius*. Hoogte: 4,5
cm. Stidd en Phillips, 1968. Zie toelichting.

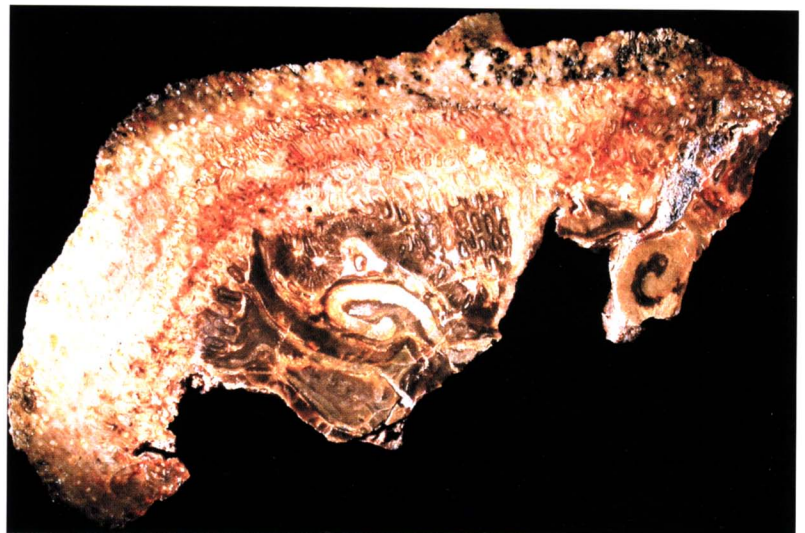
Toelichting bij afbeelding 9:
de centrale vaatbundel begint als
een buisje van 0,5 millimeter
doorsnede. Op een zeker moment
splijt een deel van dit buisje zich
af, krult naar binnen en vormt een
nieuw buisje. Dit wordt een
bladsteeltje. Boven de afsplitsing
ontstaat tijdelijk een opening in
de vaatbundel. Dit afsplitsen
herhaalt zich telkens. Bij het
dichtgroeien van de openingen
krullen de zijanten naar binnen
en daarbij ontstaat binnen de
oorspronkelijke bundel een nieuwe
bandvormige bundel houtvaten. Zo
krijgt de totale centrale bundel
een steeds grotere diameter en
ontstaan er naar binnen toe steeds
nieuwe deelvaatbundels. De
vaatbundels van de bladstelen
worden C-vormig en treden na
verloop van tijd uit de centrale
bundel en vervolgens uit de stam.
Op drie punten aan de linkerkant is
te zien hoe een worteltje uit de
vaatbundel ontstaat.

verbreed is, is ook op *Psaronius* van
toepassing.

Niet alleen luchtwortels ontwikkel-
den zich bij *Psaronius* vanuit het
centrale vaatbundelsysteem, maar
ook de bladstelen splitsten zich af.
Deze waren relatief dik omdat de
bladeren 2 à 3 meter lang waren. Het
bovenste deel van de stam had (nog)
geen wortelmantel en onder de
kroon waren de littekens van afge-
vallen bladeren te zien (Afb. 5).
Lager in stam werden deze bladlitte-

kens bedekt door de wortelmantel.
Psaronius-bomen konden 10 tot 15
meter hoog worden en behoren daar-
mee tot de hoogste varenbomen.
Veel tegenwoordige boomvarens heb-
ben kortere stammen, waarbij blad-
stelen én luchtwortels bijdragen tot
de stabiliteit. De nog bestaande
boomvarens die wél een lange stam

Afbeelding 10.
Stuk van een *Psaronius*-stam uit Chemnitz met
houtvaten en wortelmantel. Breedte: 9,5 cm.
Foto: H. Steur.



hebben, behoren tot een andere groep dan *Psaronius*.

Stamdelen met veel (deel)vaatbundsels maar zonder wortelmantel zijn dus afkomstig uit het bovenste deel de boom, uit het gedeelte onder de kroon. Op zulke stukken zijn aan de buitenkant bladlittekens te zien (Afb. 3d en 6). Stamdelen met een smalle wortelmantel en een beperkt aantal (deel)vaatbundsels zijn uit de middenregionen van de stam afkomstig (Afb. 3b, c en 7). Stamdelen van *Psaronius* die helemaal of bijna helemaal uit luchtwortels bestaan, zijn afkomstig uit het onderste deel van de boom (Afb. 3a en 8).

Veel soorten, die in het verleden beschreven zijn, blijken te zijn gebaseerd op verschillende ontwikkelingsstadia of op doorsnedes op verschillende hoogte van stammen van dezelfde soort. In dit artikel ga ik niet in op de verschillende (echte) soorten die er in de wereld gevonden zijn, maar beperk ik mij tot vondsten uit de omgeving van Chemnitz.

De centrale vaatbundel

De centrale bundel van de houtvaten ziet er in de hogere delen van de stam bijzonder ingewikkeld uit (Afb. 6). In doorsnede gezien liggen de houtvaten gerangschikt in bandvormige, enigszins gebogen, structuren. Deze banden liggen (maar dat is lang niet altijd goed te zien) weer op concentrische cirkels. Stidd en Phillips (1968) hebben het ontstaan van deze structuur laten zien aan de hand van een fossiel van een heel jong plantje van *Psaronius* in een coal ball. Een coal ball is een kalk- of dolomietconcretie waarin de organische resten buitengewoon goed bewaard zijn gebleven. Het bewuste plantje was 4,5 centimeter lang. In afbeelding 9 is de reconstructie van de houtkern van dit plantje te zien (zie ook de toelichting daarbij).

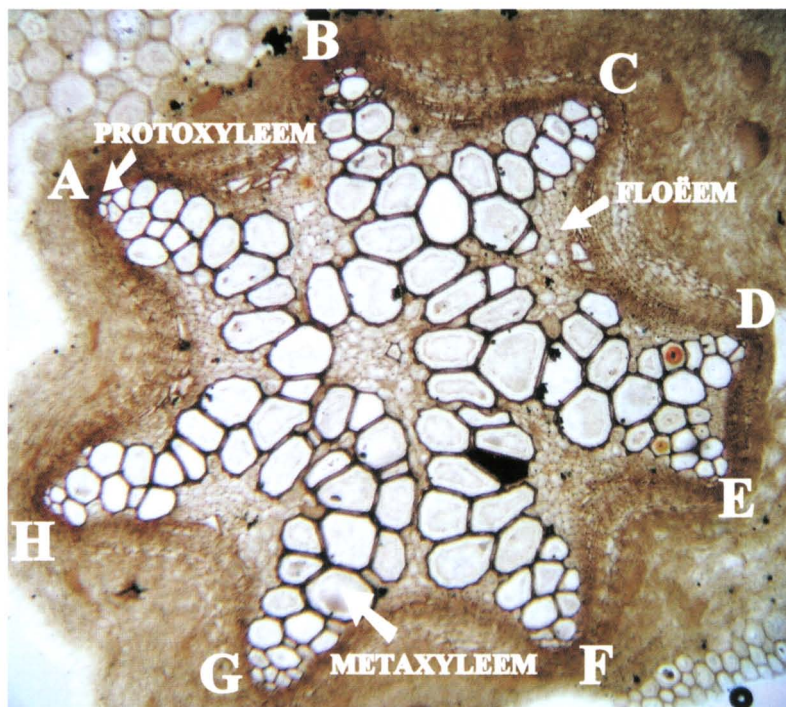
In het stukje stam dat wij van de heer Bernd Tunger in Chemnitz kregen, is een deel van de centrale vaatbundel zichtbaar en de wortelmantel (Afb. 10). In de detailfoto (Afb. 11) is de laag steunweefsel, die de scheiding vormt tussen de vaatbundel en de wortelmantel met een pijltje aangegeven.

De wortelmantel

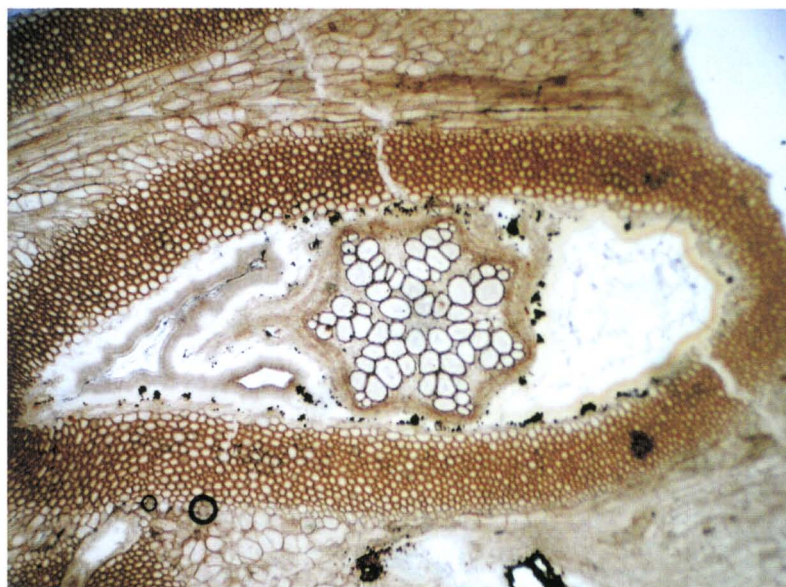
De wortelmantel bestaat uit een binnenzone en een buitenzone. In de binnenzone is de ruimte tussen de



Afbeelding 11. Detail van afbeelding 10. De witte band is een bundel houtvaten. Rechts-boven in het beeld zijn worteltjes te zien. Het pijltje wijst de laag steunweefsel aan die de scheiding vormt tussen de wortelmantel en de houtvaten. Foto: H. Steur.

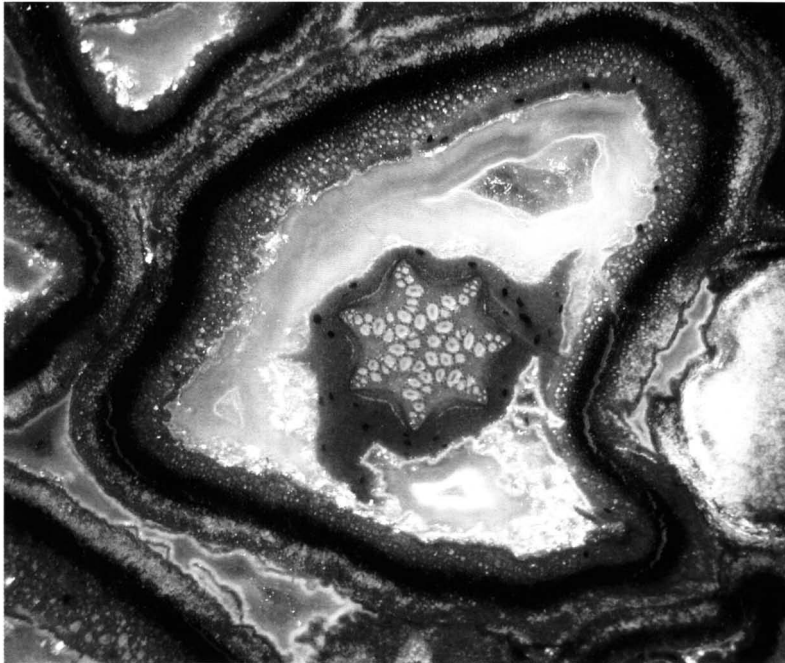


Afbeelding 12. Houtkern van een worteltje. Zie de tekst voor toelichting. Diameter ster: 1,5 mm. Foto: H. de Kruyk. Tekening: H. Steur.



Afbeelding 13. Worteltje met stervormige houtkern. Diameter wortel: 6 mm. Foto: H. de Kruyk.

Afbeelding 14.
Worteltje.
Diameter: 5 mm.
Foto: H. de Kruyk.



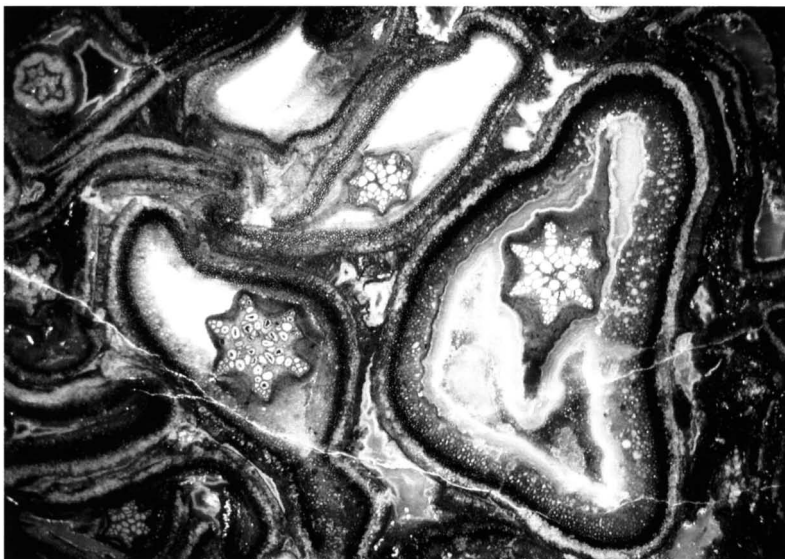
worteltjes opgevuld met dunwandig celweefsel, het zogenaamde parenchym. In de buitenzone is de ruimte tussen de luchtwortels niet met parenchym opgevuld en liggen ze los van elkaar. In het bovenste deel van de stam is de differentiatie tussen binnenzone en buitenzone nog niet tot stand gekomen.

Waarschijnlijk zullen de *Psaronius*-stammen zacht en veerkrachtig hebben aanvoeld, net als de huidige boomvarenstammen. De worteltjes hebben een stervormige houtvatenbundel (zie de afbeeldingen 12 - 16). Het ontstaan van het sterretje is als volgt te verklaren (Afb. 12). De allereerste houtvaten (het protoxyleem) ontwikkelden zich in 5 tot 9, op een cirkel liggende punten (A tot en met H) rond het centrum van het worteltje. Deze houtvaten waren heel dun. Vervolgens begonnen zich naar de binnenzijde steeds grotere houtvaten (het metaxyleem) te vormen. Het resultaat was een stervormige houtvatenbundel. In een lengtedoorsnede is te zien dat deze houtvaten laddervormige verdikkingen hebben (Afb. 17).

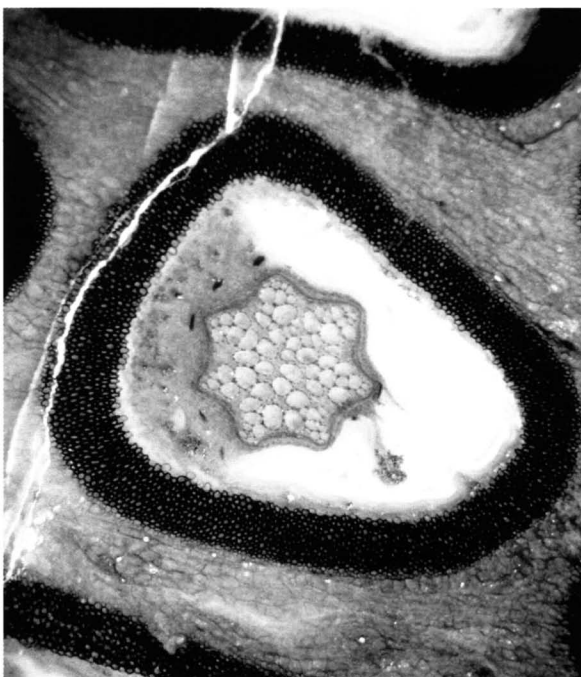
In de meeste gevallen is het dunwandige celweefsel buiten de centrale vaatbundel niet bewaard gebleven en - tenminste bij met materiaal

Afbeelding 17.
Lengtedoorsnede van houtvaten van *Psaronius*.
Let op de verstevigende ringen en spiralen.
Breedte foto: 0,3 mm. Foto: H. de Kruyk.

Afbeelding 15.
Worteltjes.
Breedte foto: 1 cm.
Foto: H. de Kruyk.



Afbeelding 16.
Worteltje.
Diameter: 5 mm.
Foto: H. de Kruyk.



uit Chemnitz - vervangen door agaat, wat tot prachtige optische effecten leidt. In afbeelding 12 zijn de zeefvaten (het floëem) nog wel aanwezig.

De bladstelen

In afbeelding 5 is een stuk stam met bladlittekens te zien. Deze zijn ontstaan bij het afvallen van de bladeren. Ze zijn ovaal van vorm en tonen een karakteristieke vorm van de centrale vaatbundel. Soms staan de bladlittekens in twee rijen tegenover elkaar, soms in vier rijen en in andere gevallen zijn ze in een spiraal geplaatst. De plaatsing aan de stam is wel als soortkenmerk gebruikt, maar aan één stam kunnen bladeren op verschillende wijzen aangehecht zijn, zodat dit kenmerk niet veel waarde heeft.

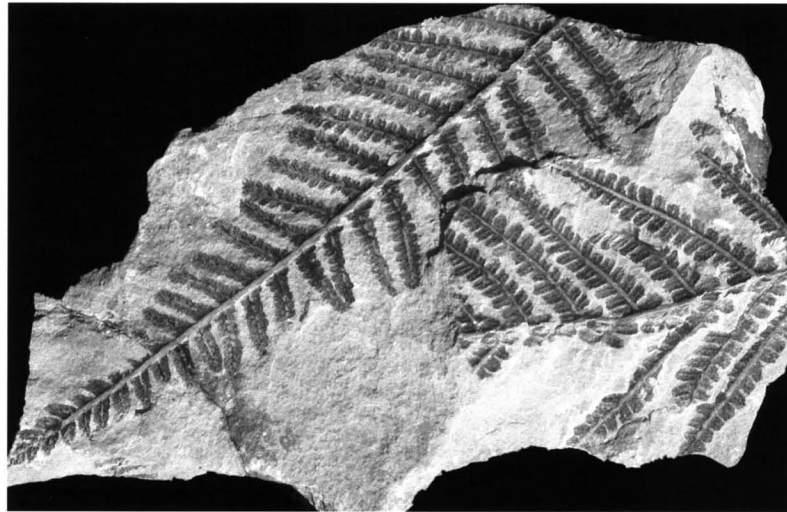
Soms worden verkiezelde stukken bladsteel geïsoleerd gevonden. Als de bundel houtvaten daarin op doorsnede W-vormig is, spreekt men van *Stipitopteris*; exemplaren met een hoefijzervormige vaatbundel worden als *Stewartiopteris* beschreven. Veel betekenis hebben deze namen echter niet, omdat inmiddels duidelijk is dat de vorm van de bundel houtvaten afhankelijk is van de positie in de bladsteel: dicht bij de stam of verder er van af. In een stamdoorsnede zijn bladstelen alleen aanwezig in de hoger gelegen delen. Ze liggen dan aan de buitenrand van de centrale vaatbundel en zijn de herkenningen aan de C-vormige bundel houtvaten (Afb. 7).

De bladeren

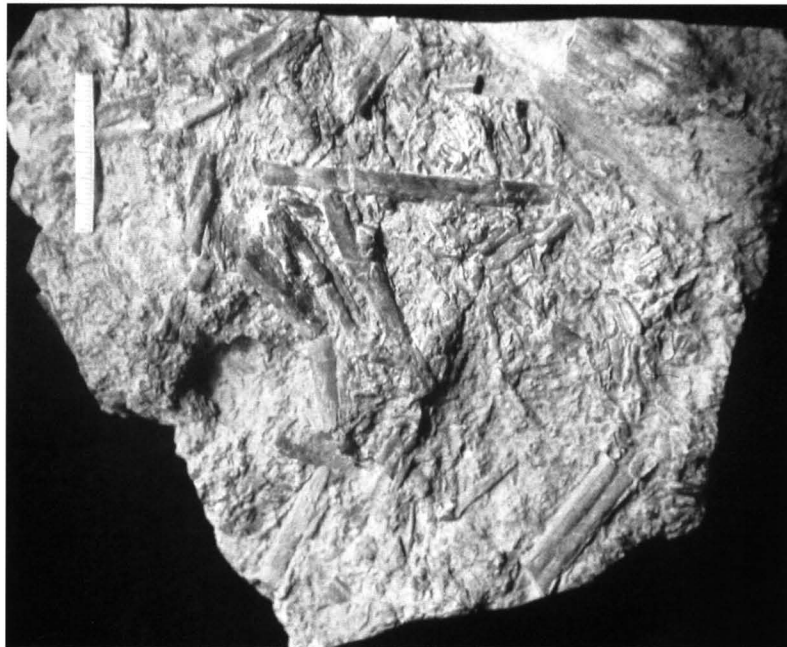
Vanaf het Westfalien is een sterke toename te constateren van het aantal *Pecopteris*-fossielen (Afb. 18). In het Stephanien en het Onder-Perm zijn deze varenbladeren zelfs een van de belangrijkste flora-elementen.

Onder- / Vroeg-Perm	Rotliegendes
Boven- / Laat-Carboon	Stephanien
	Westfalien
	Namurien

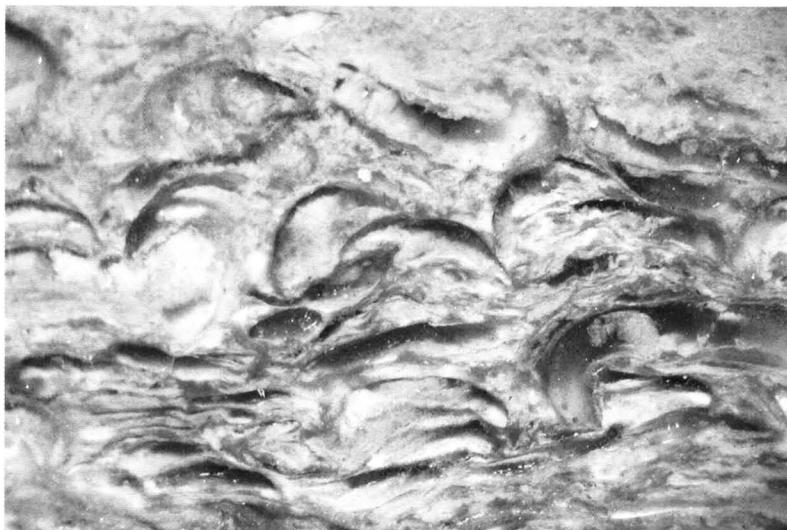
Uit coal ball-vondsten uit de VS is bekend dat de bladeren van *Psaronius* van het *Pecopteris*-type waren. Men heeft namelijk bladstelen met aangehechte bladveren gevonden. Aan veel van deze blaadjes zitten ook nog sporangia. Deze zijn op karakteristieke wijze met elkaar vergroeid tot zogenaamde synangia. *Pecopteris*-blaadjes met zulke synangia dragen de naam *Scolecopteris*.



Afbeelding 18. Veren van *Pecopteris* sp. uit het Onder-Perm van Manebach (Dld). Breedte foto: 8,8 cm. Foto: H. Steur.



Afbeelding 19. 'Madenstein' van Chemnitz-Altendorf. Museum für Naturkunde, Chemnitz. Foto: R. Röbler.

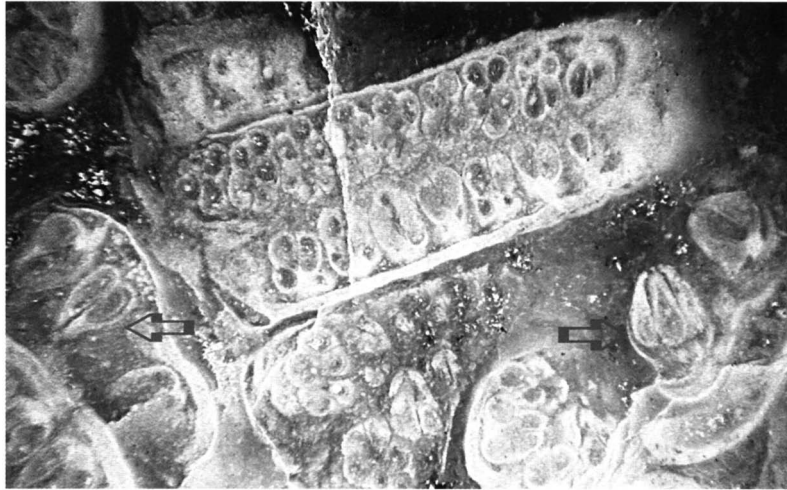


Afbeelding 20. Gepolijst oppervlak van Hornstein van Chemnitz-Altendorf. De C-vormige structuren zijn de overblijfselen van *Pecopteris*-blaadjes. Merk op dat de blaadjes erg dik waren. Breedte foto: 4 cm. Foto: H. de Kruyk.

Op enkele plaatsen in Sachsen, bij Dresden en bij Chemnitz, worden verkiezelde stenen gevonden, die *Pecopteris/Scolecopteris*-blaadjes bevatten. In de volksmond heten ze

'Madensteine' omdat men in het verleden dacht dat de stenen vol met fossiele maden zaten (Afb. 19). Jammer genoeg is de kwaliteit van de verkiezeling niet erg goed: de cel-

Afbeelding 21.
Blaadjes van *Scolecoperis* met aanzittende synangia. De pijlen wijzen naar synangia in zijaanzicht. Te zien is dat de synangia uit meerdere sporangia bestaan. Hornstein van Freital. Breedte foto: 1 cm. Foto: W. Schwarz (Weiss 2002).



structuren zijn niet of nauwelijks te zien. Toch kan men er de vorm van de synangia uit reconstrueren.

Van de heer Bernd Tunger uit Chemnitz, een man die zich intensief bezig houdt met de geologie en de paleontologie van de omgeving van Chemnitz, kreeg ik een stuk van deze Hornstein (chert) uit Chemnitz-Altendorf. Men denkt dat de Hornstein niet tijdens, maar kort na de uitbarsting is gevormd. Toch is vulkanisme indirect verantwoordelijk voor de vorming van deze 'Madensteine', aangezien vulkanische as het kiezelzuur geleverd heeft. Op een gepolijst oppervlak zijn *Pecopteris*-blaadjes zichtbaar als C-vormige holtes (Afb. 20). De dikte van deze blaadjes wijst op een aanpassing aan droge omstandigheden (Barthel en Weiss 1997). Jammer ge-

noeg zijn er geen sporendoosjes te zien. De mooie foto's van de clusters sporangia die samen de synangia vormen in de afbeeldingen 21 en 22 zijn van dr. Hans-Jürgen Weiss (2002) uit Rabenau die veel over dit onderwerp gepubliceerd heeft.

De ecologie van *Psaronius*

Vroege vormen van *Psaronius* zijn bekend uit het Namurien van Schotland en het Onder-Pennsylvanian van Illinois. In het Westfalien A en B was dit geslacht nog relatief zeldzaam en in het Westfalien C en D breidde het genus zich uit. In het Stephanien en in het Vroeg-Perm had *Psaronius* zijn grootste verbreiding.

De verschillende soorten groeiden in zeer diverse milieus: nat laagland, nat bosgebied met veenvorming,

maar ook op periodiek droge terreinen. Pas later in het Perm, toen het klimaat op veel plaatsen erg droog en heet werd, verdween *Psaronius*.

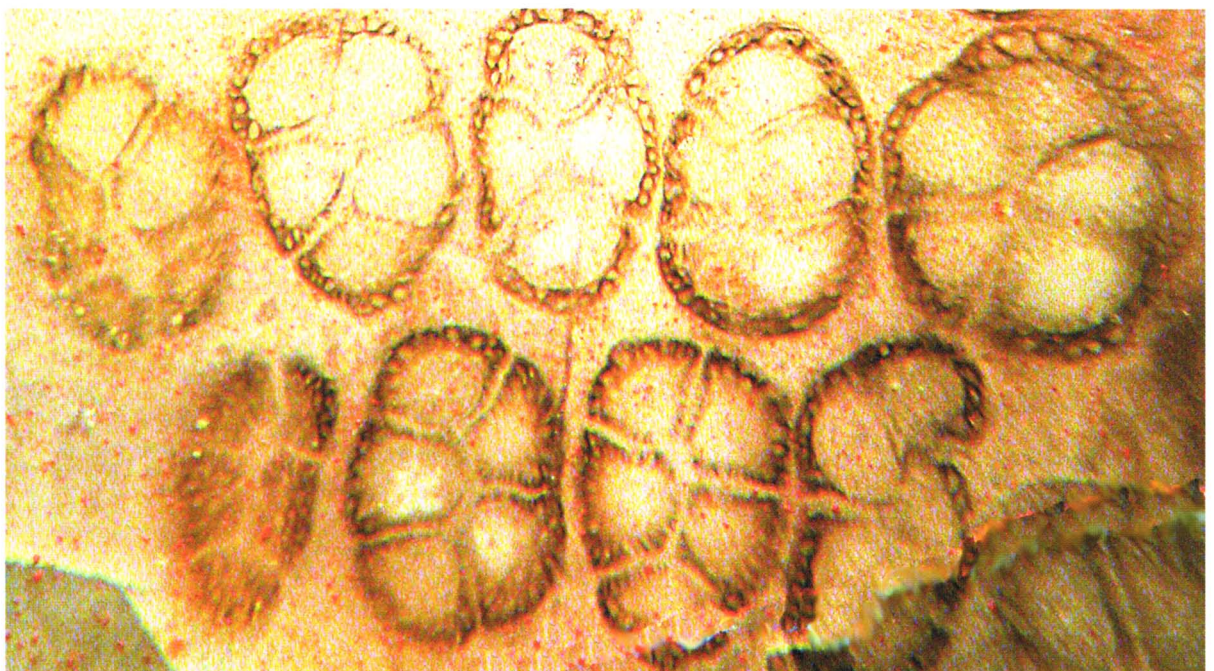
Interessant is nog dat uit fossielen blijkt dat op en in de wortelmantel van *Psaronius* veel epiphytische varens groeiden. Ook klommen lianachtige varens en zaadvarens langs *Psaronius*-stammen omhoog. Er zijn stammen gevonden met wel acht klim-assen van één plant. De worteltjes van deze epiphyten worden vaak aangetroffen tussen de worteltjes van *Psaronius*. Door hun afwijkende structuur vallen ze direct op (Afb. 23).

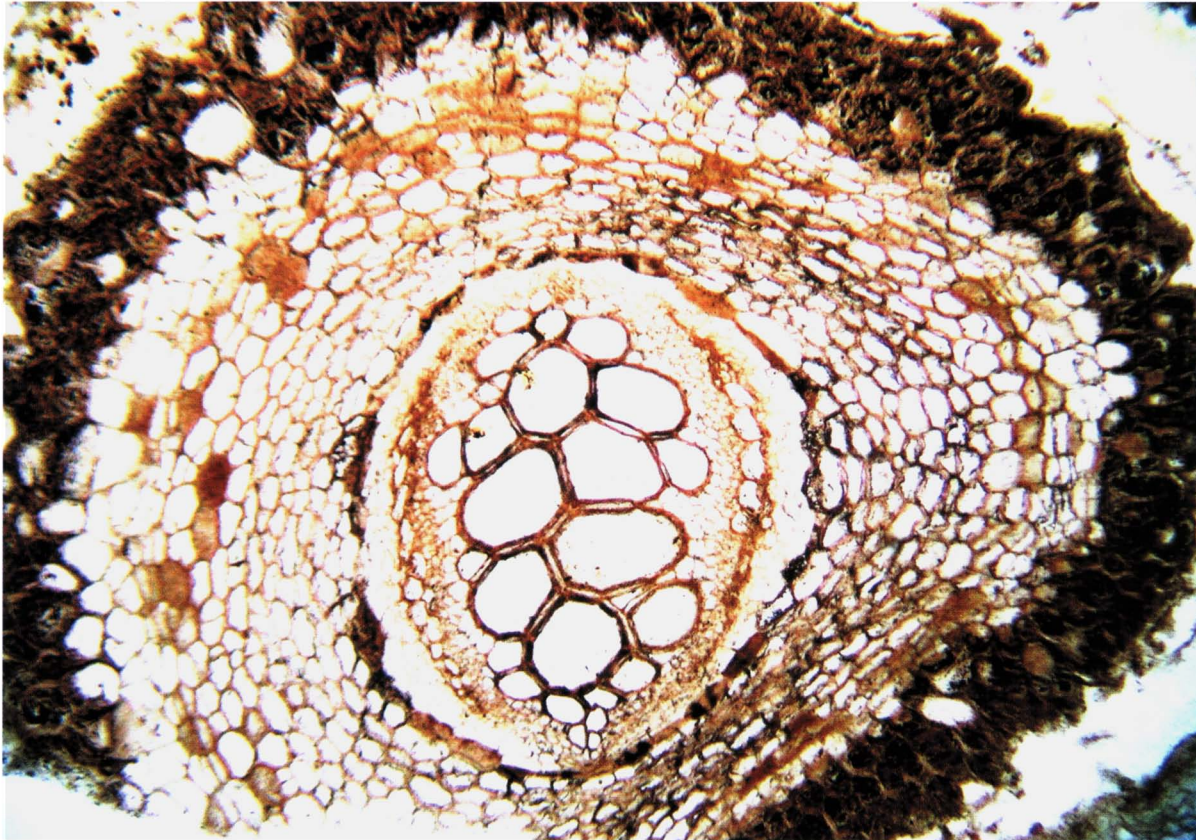
Toch leuk om te weten dat de *Pecopteris*-blaadjes op het kleine zwerfsteentje dat Bert Metz uit Zwiggelte in de buurt van Zwolle vond (Afb. 24), hoogstwaarschijnlijk aan een varenboom van het *Psaronius*-type hebben gezeten.

Dankwoord

Graag wil ik de volgende personen hartelijk danken: prof. Hans Kerp van de afdeling Paleobotanie van de Wilhelmsuniversiteit te Münster voor zijn gedetailleerde commentaar op het ontwerp van dit artikel. De heren Knut Nestler en dr. Bernd Tunger uit Chemnitz en Jürgen Meyer uit Zwickau voor de stukken *Psaronius* die zij mij gegeven hebben. Dr. Ronny Rößler, directeur van het Museum für Naturkunde in Chemnitz, voor de prachtige dia's van de afbeeldingen 5, 6, 7, 8 en 19.

Afbeelding 22.
Sterk vergrote synangia van *Scolecoperis*, elk bestaande uit 4 of 5 sporangia. De celstructuur van de wanden is goed bewaard gebleven. De sporangia zitten vol met sporen. Hornstein van Freital. Breedte foto: 3 mm. Foto: W. Schwarz (Weiss 2002).





Afbeelding 23.
Doorsnede van een worteltje van een epiphyt of klimplant op *Psaronius*.
Diameter: 3 mm.
Foto: H. de Kruyk.

Dr. Hans-Jürgen Weiss uit Rabenau voor de foto's van synangia in de afbeeldingen 21 en 22. De heer Bert Metz voor het beschikbaar stellen van het zwerfsteentje in afb. 24.

Literatuur

Barthel, M. en Weiss, H.-J., 1997.

Xeromorfe Baumfarne im Rotliegend Sachsens. Veröffentl. Mus. Naturk. Chemnitz, Band 20, 45 - 56.

Dernbach, U. en Tidwell, W.D. (red.) (2002): Geheimnisse versteinerner Pflanzen. D'Oro, Heppenheim.

Ehret, D.L. en Phillips T.L., 1977.

Psaronius Root-systems - Morphology and Development. Palaeontographica 161B, 147 - 164.

Morgan J., 1959. The morphology and anatomy of American species of the genus *Psaronius*. Illinois Biol. Monogr. 27: 1-108.

Rößler, R., 2001. Der versteinerte Wald von Chemnitz. Museum für Naturkunde Chemnitz.

Rothwell, G.W. en Blickle, A.H., 1982.

Psaronius magnificus, a marattialean fern from the Upper Pennsylvanian of North America. Palaeontol. 56: 459-468.

Steur, H. Het versteende woud van

Chemnitz. Grondboor & Hamer, 2003-1, p. 18-19.

Stewart, W.N. en Rothwell, G.W., 1993.

Paleobotany and the evolution of plants. Cambridge University Press, Cambridge.

Stidd, B.M., 1971. Morphology and anatomy of the frond of *Psaronius*. Palaeontographica 134B: 87 - 123.

Stidd, B.M. & Phillips, T.L., 1968. Basal stem anatomy of *Psaronius*. Amer. J. Bot. 55: 834 - 840

Taylor, T.N. en Taylor, E.L., 1993. The biology and evolution of fossil plants. Prentice Hall, New Jersey.

Tunger, B. en Eulenberger, S., 2001. Der Hornstein von Chemnitz-Alterdorf im Aufschlub - Lithofazielle Beobachtungen und ihre Interpretation. Veröffentl. Mus. Naturk. Chemn., Band 24, 23 - 30.

Weiss, H.-J., 2002. Beobachtungen zur Variabilität der Synangien des 'Madenfarns'. Veröffentl. Mus. Naturk. Chemn., Band 25: 57 - 62.



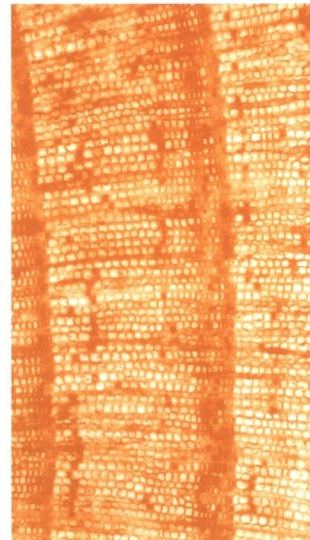
Afbeelding 24.
Zwerfsteentje met *Pecopteris*-blaadjes uit een zuiggat in de buurt van Zwolle.
Diameter: 1,6 cm.
Coll. B. Metz.
Foto: H. de Kruyk.

H. STEUR

Laan van Avegoor 15, 6955 BD Ellecom,
steurh@xs4all.nl, www.fossieleplanten.nl

FOSSIEL CONIFERENHOUT

Mijn vrouw en ik waren zeer onder de indruk toen we, op aanwijzing van Eddy Spijkerman uit Krommenie, in de kliffen van het Portugese plaatsje Rabimar complete verkiezelde boomstammen aantroffen (Afb. 1). We wisten niet wat voor soort hout het was en namen een aantal losliggende stukken mee. Hans de Kruyk uit Leerdam maakte er slijpplaatjes van op de voorgeschreven manier: een dwarse doorsnede, een lengtedoorsnede door het hart van de stam en een lengtedoorsnede die niet door het midden van de stam gaat. Het hout bleek buitengewoon goed geconserveerd te zijn en Hans zag direct dat het om coniferenhout ging. Er zaten geen jaarringen in, wat klopt met het feit dat het Jura-hout is. De temperatuur op aarde was destijds hoger dan nu en er waren geen seizoenen en dus werden er ook geen jaarringen gevormd. Nieuwsgierigheid naar de structuur van coniferenhout is de drijfveer geweest voor het schrijven van dit artikel.



V.l.n.r.:
Afbeelding 1.
Coniferenhout
uit het Jura in een
klif bij Rabimar
(Portugal).

Afbeelding 2.
Stammetje van
coniferenhout.
Diameter 4,5 cm.

Afbeelding 3.
Jaarringen in een
slijpplaatje van
het stammetje van
Afb. 2. Breedte van
het preparaat 3 mm.

V.l.n.r.:

Afbeelding 4.

Schematische tekening van een stuk coniferenhout met vier jaarringen. Naar Strasburger (1967).

D = dwarsdoorsnede
R = radiale doorsnede
T = tangentiële doorsnede

B = bast

J = jaarring

V = vroeghout

L = laathout

c = cambium

m = mergstraal (of houtstraal)

h = harskanaal of houtparenchym

Afbeelding 5.

Blokschema van een stuk Sequoia-hout (Sequoia sempervivens, Red-wood) als voorbeeld van de structuur van coniferenhout. Naar T.L. Rost et al (1979).

De tracheïden in het laathout zijn dikwandiger dan die in het vroeghout. Mergstralen lopen horizontaal vanuit het cambium naar het centrum van de boom, zijn 1 cel dik en 1 tot 30 cellen hoog. De hofstippels zitten in verticale rijen in de radiale wanden van de tracheïden. Ze vormen de verbinding tussen naast elkaar gelegen tracheïden.

Bovenvlak = dwarsdoorsnede

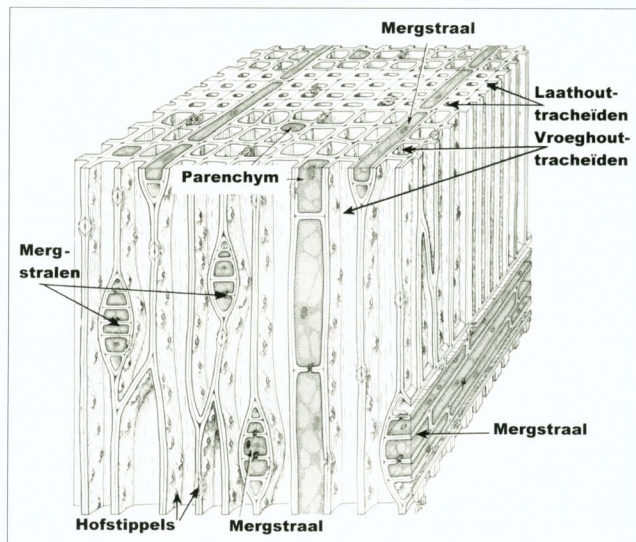
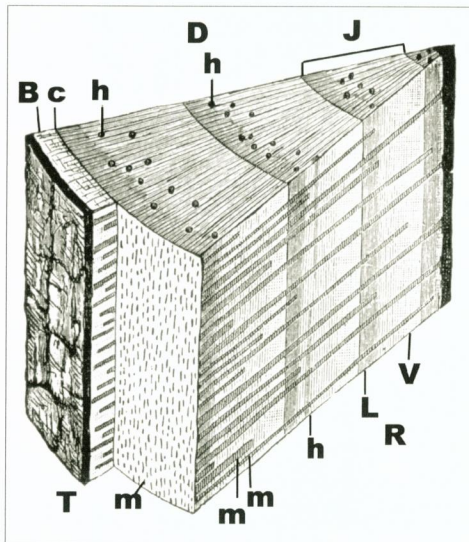
Zijvlak =

radiale doorsnede

Voorvlak =

tangentiële

doorsnede



Tussen de zwerfstenen die in het oosten van ons land en in Duitsland gevonden worden in groeves en bij zuigerijen zitten relatief vaak stukken versteend/verkiezeld hout. De meeste van deze vondsten zijn terug te voeren tot de groep van de naaktzadigen. Het oudste hout met naaktzadigenstructuur dateert al van het Midden-Devoon. Ook het Paleozoïsche hout *Dadoxylon* hoort erbij, evenals het Mesozoïsche *Araucarioxylon* en het hout van de 'modernere' coniferen.

Opvallend is de constantheid van structuur van al deze houtsoorten in de loop van honderden miljoenen jaren. Er zijn microscopische preparaten nodig om de grote groepen uit elkaar te houden en het determineren op soort, of zelfs op geslacht of familie is echt specialistenwerk. Doel van dit artikel is dan ook de structuur van het hout van naaktzadigen te beschrijven en niet om allerlei taxa te onderscheiden.

In afbeelding 2 is een dwars doorgezaagd en gepolijst stammetje van fossiel coniferenhout te zien. Opvallend zijn daarin de concentrisch lopende jaarringen en verder zijn er fijne, donkere lijntjes waar te nemen die vanuit het centrum naar de omtrek lopen. Dat zijn de mergstralen. Bij de sterkere vergroting in afbeelding 3 zijn ook de vele straalsgewijs lopende rijen cellen te zien. Dit zijn de tracheïden, die watergeleiding en het geven van stevigheid tot taak hebben.

Vorming van hout (zie Afb. 4)

Hout wordt gevormd door het cambium (c). Dat is een laag van zich delende cellen, die naar buiten toe de zeefvaten (het floëem) vormt en naar binnen toe het (secundaire) hout. Het cambium is maar één cellaag dik. In de figuur is een sector uit een stam getekend waarin vier jaarringen zitten. Een jaarring (J) is het hout dat in één jaar gevormd wordt in een omgeving

waar seizoenen zijn. In tropische omstandigheden en in tijden waarin geen seizoenen waren (zoals in Jura en Krijt) vertoont het hout geen jaarringen. In een jaarring kan het vroeghout (V) met grote, dunwandige cellen en het laathout (L) met dikwandige, kleinere cellen onderscheiden worden. Het vroeghout, dat in het voorjaar gevormd wordt, speelt een belangrijke rol bij het vervoer van vloeistoffen in opgaande richting. Het laathout daarentegen heeft meer de functie van het geven van stevigheid aan de stam.

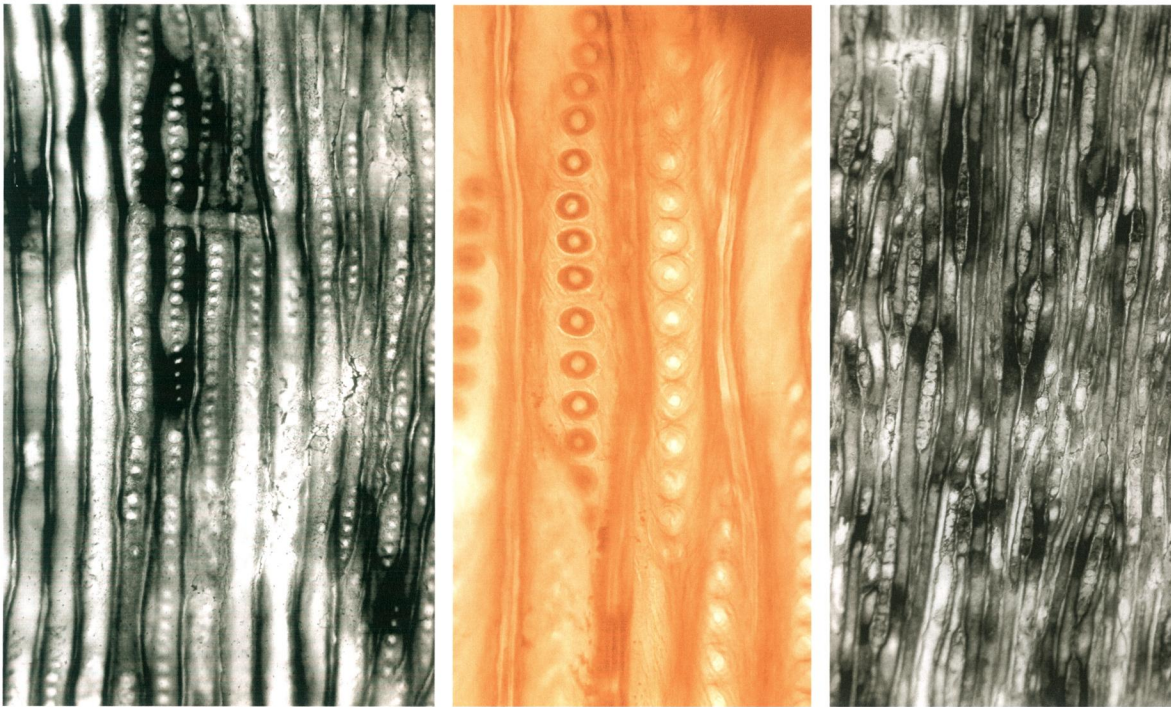
Tracheïden en hofstippels

Coniferenhout bestaat voor meer dan 90% uit tracheïden (houtcellen). Dat zijn langgerekte cellen die voor het transport van de sapstroom van beneden naar boven zorgen. De tracheïden hebben dichte (schuine) uiteinden, en via hofstippels staan ze in verbinding met de naastgelegen houtcellen. Zo'n hofstippel is een ringvormig gebiedje met een opening in het midden (Eng.: bordered pit). Zo kan het water van de ene cel naar de andere bewegen.

De hofstippels liggen bijna allemaal op de radiale zijden van de houtcellen, dus vanuit het centrum van de boom gezien aan de zijkanten van de cellen. Ze liggen in verticale rijen. Bij de modernere soorten coniferenhout (vanaf het Jura) liggen ze in het algemeen in enkelvoudige rijen onder elkaar (Afb. 6). De hofstippels zijn meestal cirkelvormig maar als ze dicht tegen elkaar aan liggen, is het scheidingsvlak soms recht. Bij verschillende groepen van de modernere coniferen komen ook wel dubbele rijen hofstippels voor.

Mergstralen

Vanuit het cambium lopen mergstralen of houtstralen horizontaal in de richting van het centrum. Sommige reiken tot in het centrum van de stam, de meeste



V.l.n.r.:
Afbeelding 6.
Tracheïden en hofstippels in Jura-hout uit Rabimar (Portugal). Radiale doorsnede. Hoogte van het preparaat 0,6 mm

Afbeelding 7.
Verdere vergroting van de hofstippels in Afb. 6. Hoogte van het preparaat 230 µm.

Afbeelding 8.
Tangentiale doorsnede met mergstralen. Jura-hout uit Rabimar (Portugal). Hoogte van het preparaat 2,1 mm.

eindigen al eerder (Afb. 5). Ze bestaan voornamelijk uit levende, dunwandige cellen (parenchym) en ze zijn één cel breed en één tot dertig cellen hoog (afhankelijk van de soort). In afbeelding 8 zijn ze ongeveer vijf cellen hoog. De functie van de mergstralen is het transporteren van in de bast geproduceerde stoffen naar het centrale deel van de boom, waar deze stoffen in lege cellen worden opgeslagen. In de mergstralen komen ook enkele tracheïden (watergeleidende cellen) voor.

Crossfield

Het gebied waar verticale tracheïden en horizontale mergstralen elkaar snijden, wordt cross-field genoemd. In de cross-fields staan de tracheïden en de mergstraaltracheïden met elkaar in verbinding door middel van zeer kleine hofstippels (Afb. 10). Zo kan de omhooggaande waterstroom via de mergstralen ook in horizontale richting worden omgebogen. De vorm en de wijze van groepering van deze crossfield-stippels wordt door specialisten gebruikt om het hout te determineren.

Parenchymcellen

In sommige soorten coniferen lopen in de lengterichting lange rijen parenchymcellen van één cel dik (Afb. 5). Ze zitten verspreid door het hout. Parenchymcellen vallen meestal op doordat ze een donkere inhoud hebben. In sommige groepen komen ze veel voor zoals bij de *Taxodium*-achtigen (moerascypressen) en de cypresachtigen. In afbeelding 3 zijn de kleine donkere vlekjes doorsneden van parenchymkanalen. Bij *Pinus*-soorten zijn ze schaars en bij *Araucaria*-achtigen en *Taxus*-achtigen komen ze helemaal niet voor.

Harskanalen

Vanaf het Jura komen in sommige groepen coniferen harskanalen (ofwel harsgangen) voor. Er zijn zowel

verticale als horizontale harskanalen. Harskanalen zijn te herkennen als wat grotere openingen omgeven door parenchymcellen. Ze komen voor in de geslachten *Pinus* (den of pijnboom), *Picea* (spar), *Larix* (lork), *Pseudotsuga* (Douglas) en *Cathaya* (een sparachtige boom).

De functie van hars is het bestrijden van infecties en indringers en het afdekken van verwondingen. Harskanalen zijn in fossiel hout meestal slecht geconserveerd. Afbeelding 11 toont fossiel *Pinus*-hout met openingen waar de harskanalen hebben gezeten. In afbeelding 12 is een harskanaal in recent *Pinus*-hout te zien. Toen het hout nog leefde, was de binnenkant van het harskanaal bekleed met dunwandige epitheelcellen. Bij *Pinus* komen ook horizontale harskanalen voor (Afb. 13 en 14).

Dadoxylon en Araucarioxylon

De naam *Dadoxylon* wordt gebruikt als verzamelbegrip voor Paleozoïsch naaktzadigenhout en de naam *Araucarioxylon* voor Mesozoïsch naaktzadigenhout. De twee soorten hout zijn heel moeilijk van elkaar te onderscheiden, zelfs microscopisch. Dit type hout kan afkomstig zijn van een heel scala aan bomen zoals *Cordaites*, zaadvarenbomen, *Araucaria*-achtige bomen, *Ginkgo*, *Cycas* en zelfs van *Glossopteris*, de zaadvarens van het grote zuidelijke continent Gondwana.

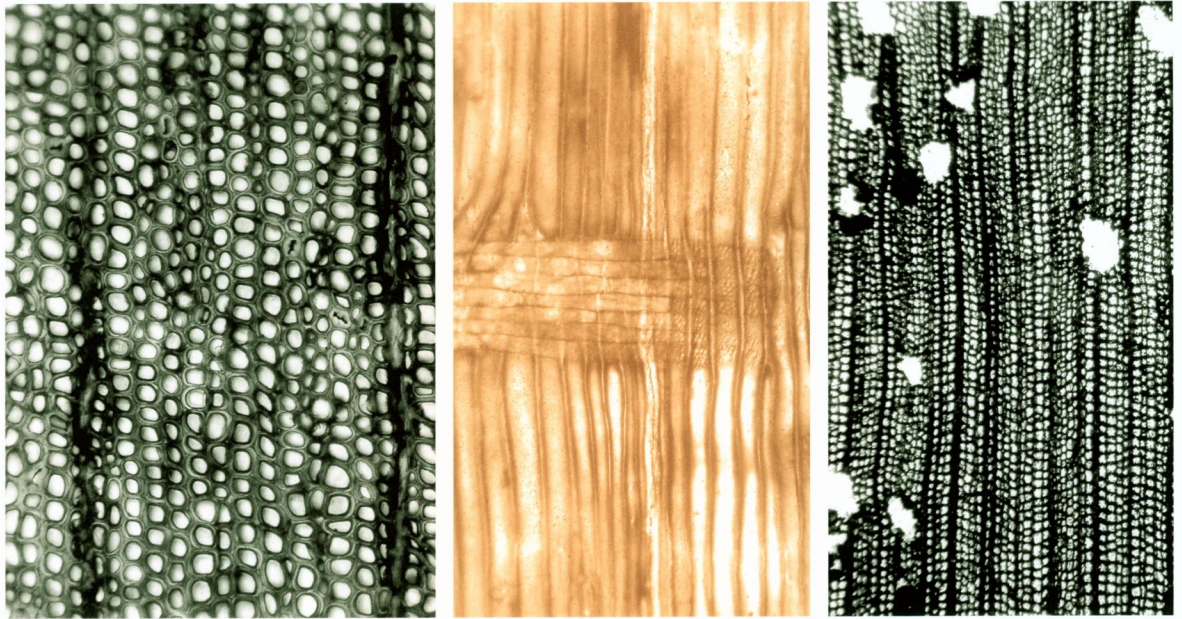
Dadoxylon en *Araucarioxylon* zijn met behulp van slijpplaatjes wel te onderscheiden van het modernere coniferenhout, doordat de hofstippels meestal in meerdere rijen naast elkaar liggen. Daarbij liggen ze niet naast elkaar maar op verschillende hoogte: ze alterneren. Bovendien liggen de hofstippels vaak tegen elkaar aan en vormen dan rechte scheidingswanden, waardoor een honingraatachtig patroon ontstaat.

V.l.n.r.:

Afbeelding 9. Dwarse doorsnede met mergstralen. Jura-hout uit Rabimar (Portugal). Hoogte van het preparaat 2 mm.

Afbeelding 10. Crossfield met kleine hofstippels. Jura-hout uit Rabimar (Portugal). Hoogte van het preparaat 0,9 mm.

Afbeelding 11. Coniferenhout uit de IJssel met resten van harskanalen. Breedte van het preparaat 6 mm.



Men noemt dit de *araucarioïde* (hof)stippeling (Afb. 16). Ook bij modernere coniferen liggen wel eens twee rijen hofstippels naast elkaar maar dan zijn de hofstippels rond en liggen ze in tweetallen **naast elkaar** (op dezelfde hoogte dus). Dat is onder andere het geval bij de genera *Sequoia*, *Taxodium* (moerascypres), *Pinus* (den) en *Picea* (spar). Bij de ceder (*Cedrus*) liggen de hofstippels ook in twee rijen naast elkaar en alterneren de stippels soms, maar ze behouden wel de ronde vorm.

Hoe is coniferenhout te herkennen?

De beste methode is het stuk hout loodrecht op de lengterichting door te zagen en vervolgens nat te maken. Met een sterke loep (minstens 10 maal) is dan de globale celstructuur wel te zien. Kenmerkend is de opbouw zoals in afbeelding 3: celrijen vanuit het centrum naar buiten afgewisseld met donkerder

lijntjes, de mergstralen. In Tertiair hout zullen meestal jaarringen zitten, in hout uit Krijt of Jura niet. Verder zijn er hoogstens enkele verspreide gaatjes, meestal in het laathout: dat zijn de harskanalen. In hout dat ouder is dan Jura komen ze niet voor. Als er veel gaatjes (bredere kanalen) te zien zijn, kan het gaan om hout van bedektzadigen of palmhout. Hout van bedektzadigen vertoont een veel grotere verscheidenheid aan celvormen, terwijl in palmhout verspreid liggende, rondachtige vaatbundels het beeld domineren. Soms is de structuur van het kopse hout ook te zien zonder te zagen, namelijk als er een plat vlak is. Overigens is lang niet al het versteende hout zo goed geconserveerd dat de celstructuur bewaard is gebleven. Vaak is er een te sterke verkiezeling opgetreden waardoor de celstructuur geheel of gedeeltelijk is verdwenen. Aan de zijkant van het hout is moeilijker te zien of het om coniferenhout gaat. Fijne, evenwijdige

Soorten doorsneden

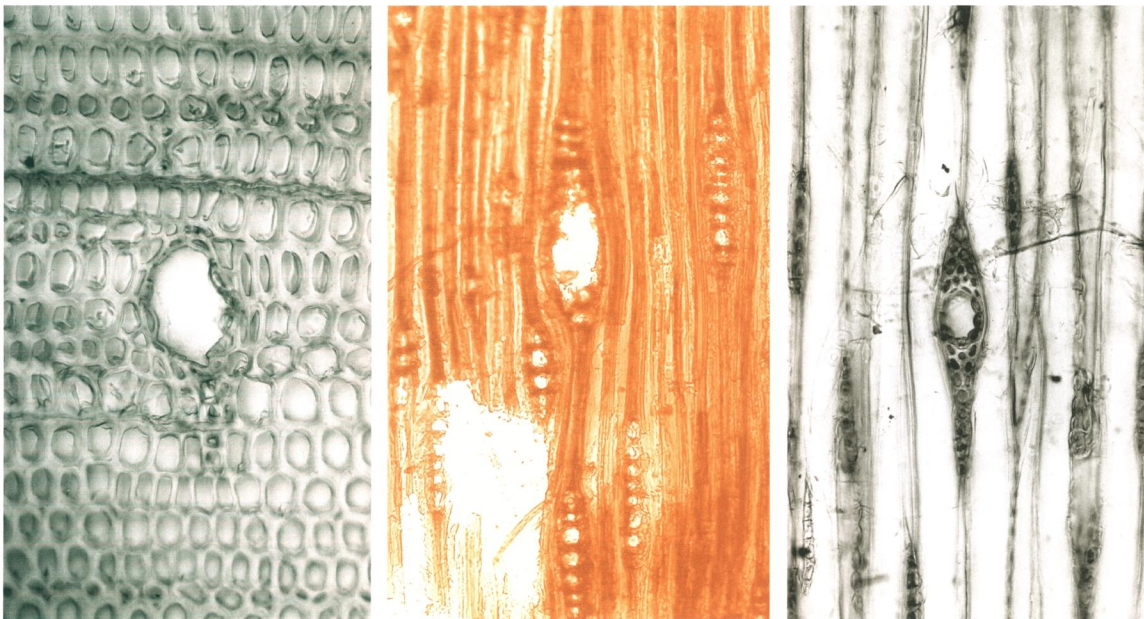
Om hout microscopisch te kunnen onderzoeken, moeten drie soorten doorsneden gemaakt worden.

Dwarse doorsnede: loodrecht op de lengterichting van de stam (D in Afb. 3).

Radiale doorsnede: door de lengteas van de boom (R in Afb. 3).

Tangentiale doorsnede: evenwijdig aan de lengteas van de boom maar niet dóór de lengteas (T in Afb. 3 en het voorvlak in Afb. 4).

Met deze drie doorsneden krijgt men een volledig beeld van de structuur van het hout.



V.l.n.r.:
Afbeelding 12.
Een harskanaal in recent *Picea*-hout.
Coll. Lab. v. Paleobotanie en Palynologie, Utrecht. Diameter harskanaal 100 µm.

Afbeelding 13.
Restant van horizontaal harskanaal in *Pinus*-hout uit het Boven-Mioceen van Eschweiler (Dld). Coll. Lab. v. Paleobotanie en Palynologie, Utrecht. Hoogte van het preparaat 1 mm.

Afbeelding 14.
Horizontaal harskanaal in recent *Picea*-hout. Coll. Lab. v. Paleobotanie en Palynologie, Utrecht. Hoogte van het preparaat 1 mm.

rechte lijnen zijn echter wel een aanwijzing daarvoor. Mergstralen kunnen nog voor een patroon van onderling loodrechte lijntjes zorgen. Zekerheid krijg je pas na zagen en polijsten of na het maken van slijpplaatjes.

DANKWOORD

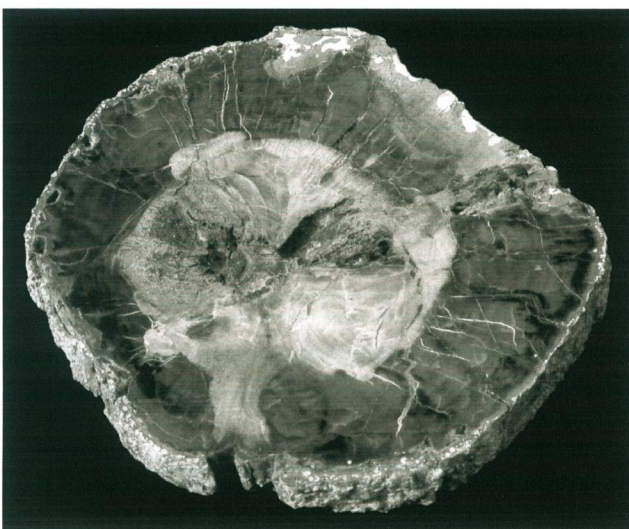
Graag wil ik de volgende personen hartelijk danken: Dr. Johan van der Burgh van het Laboratorium voor Paleobotanie en Palynologie in Utrecht, voor zijn commentaar op dit artikel en voor het opzoeken en uitlenen van een aantal microscopische preparaten; Hans de Kruyk uit Leerdam voor het maken van de slijpplaatjes van het hout van Rabimar; Hans van Essen (Dieren), Kees van Oorde (Arnhem) en Freek Rhebergen (Emmen) voor het aanleveren van stukjes coniferenhout.

De foto's zijn van de auteur.

LITERATUUR

Strasburger E. et al., 1967. Lehrbuch der Botanik, Stuttgart.

Rost T.L. et al., 1979. Botany, a brief introduction to plant biology.



V.l.n.r.:
Afbeelding 15.
Dadoxylon uit het Perm van Chemnitz (Dld). Diameter van de schijf 12 cm.

Afbeelding 16.
Araucarioïde hofstipeling in Perm-hout van Djambi (Sumatra). Coll. Lab. v. Paleobotanie en Palynologie, Utrecht. Hoogte van het preparaat 200 µm.

Tempskya: versteend hout van een boomvaren uit het Krijt

Hans de Kruyk (preparaten en foto's) en Hans Steur (tekst)

H. de Kruyk, Hoffmanstraat 14, 4143 BE, Leerdam

H. Steur, Laan van Avegoor 15, 6955 BD Ellecom, steurh@xs4all.nl, www.xs4all.nl/~steurh

De vondst van een prachtig stuk versteend hout bij de zandzuigerij te Kalkar (Duitsland) door Hans de Kruyk was aanleiding tot het schrijven van dit artikel. Het fossiel is een stammetje van 28 centimeter lang met een maximale diameter van 6 centimeter. Op één plek is een massa dooreengevlochten buisjes te zien, elk met een diameter van ongeveer 1 millimeter (Afb. 1). Toen de vinder er slijpplaatjes van had gemaakt (zijn gewoonte bij interessante stenen), bleek het hout uitmuntend geconserveerd te zijn. Onder de microscoop was een prachtige structuur zichtbaar, die evenwel veel vragen oproep. Via foto's op een geïmproviseerde website stelde Prof. H. Kerp uit Münster vast dat het om *Tempskya*-hout ging. Gezien de bijzondere kwaliteit van de vondst raadde hij ons aan een artikel aan *Tempskya* te wijden, hetgeen hierbij gebeurt.

Inleiding

Tempskya is een geslacht van boomvormige varens, waarvan de fossielen tot nu toe alleen in lagen uit het Krijt gevonden zijn. De stammen van boomvarens bestaan in de regel uit een enkele echte stam met daaromheen een mantel van luchtwortels. Secundaire diktegroei ontbreekt. De opbouw van een *Tempskya*-stam is echter uniek en wijkt af van de stammen van andere boomvarens. Hij is namelijk gevormd door een verstrengeling van grote aantallen stengels en wortels. Deze stamvormige structuur wordt wel 'schijnstam' genoemd.

Kortom, de *Tempskya*-schijnstam was opgebouwd uit stengels en wortels. De omhooggroeiende stengels, die een doorsnede van 2,5 tot 10 millimeter hebben, gaven grote aantallen wortels af (doorsnede ongeveer 1 mm) die naar beneden groeiden. Ze vormden een viltige massa rondom de stengels. Doordat de stengels zich geregeld vertakten, ontstond er een zeer

stevig geheel. Van de bundels houtvaten in de stengels takten regelmatig dünnere houtvatstrengen af. Deze groeiden in de richting van de buitenkant van de stam. De houtvatbundeltjes vormden de kern van een zogenaamd bladsteeltje, dat aan de buitenkant van de stam uitmondde in een 'bladvoetje'. Aangenomen wordt dat hier de bladeren aan vastzaten. Hoe die er uit zagen is niet bekend. Men heeft nooit aangehechte bladeren gevonden.

De stam kon naar schatting een hoogte bereiken van zo'n 6 meter en een doorsnede van 50 centimeter. Men heeft een stam gevonden van ongeveer 1 meter lang. De grootste doorsnede die is aangetroffen, is ongeveer 40 centimeter. Afbeelding 2 toont de reconstructie van de plant door Andrews en Kern (1947).

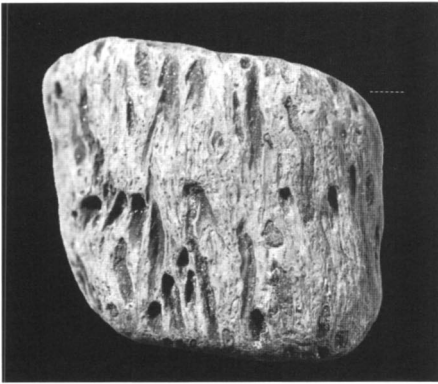
In de levende boom rotten de stengels van onderaf weg. Van bovenaf groeiende worteltjes vulden de vrijge-



Afb. 2. Reconstructie van de varenboom *Tempskya* door Andrews en Kern (1947).



Afb. 1. Stuk verkieseld *Tempskya*-hout. Zwerfsteen van Kalkar (Dld). Lengte 28 cm.



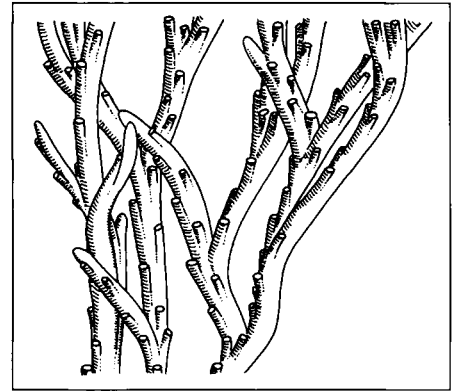
Afb. 3. Stuk *Tempskya* uit *Sibculo*. Coll. F. Rhebergen.

komen ruimte weer op. In het onderste deel van de stam kwamen daarvoor geen stengels voor. Het stuk dat Hans de Kruijk vond, toont uitsluitend worteltjes en is dus afkomstig uit het onderste deel van een stam. Juist de stukken met alleen worteltjes blijken vaak zeer goed geconserveerd. Dit is te verklaren doordat deze onderste stukken gedeeltelijk in de bodem zaten en dus een grotere kans op fossilisatie hadden dan hogere delen.

Toen bleek dat in het gevonden stuk *Tempskya* alleen wortels en geen stengels voorkwamen, gingen we op zoek naar ander materiaal. De 'sponzenclub' bestaande uit Tom Koops, Freek Rhebergen, Harm Snippe en Ruud Eggink, verklaarde zich bereid

stukken *Tempskya* uit eigen collecties te halen en deze aan ons te tonen, met recht van zagen. Dat gebeurde op zaterdag 9 juni 2001 in Emmen. De meest kansrijke stukken werden uitgezocht, waarvan Hans de Kruijk slijpplaatjes maakte. Daaruit bleek dat bij geen van de in onze omgeving gevonden stukken de stengels goed bewaard zijn gebleven. In de meeste exemplaren waren de stengels duidelijk te zien, maar ze waren slecht gefossiliseerd. Alleen in het stuk van afbeelding 3 zijn celstructuren in zekere mate bewaard gebleven.

Ook uit de literatuur blijkt dat de in Europa gevonden fossielen van *Tempskya* in bijna alle gevallen slecht geconserveerd zijn. Er worden slechts enkele uitzonderingen gemeld, waaronder een stuk uit Rusland. De belangrijkste publicaties over *Tempskya* gaan over Amerikaans materiaal, voornamelijk gevonden in de staten Montana, Idaho en Wyoming. Deze publicaties zijn van Read en Brown (1937), Read (1939), Andrews en Kern (1947) en Ash en Read (1976). Het materiaal dat hierin beschreven wordt, is inclusief de stengels uitmuntend bewaard gebleven. Van prof. H. Kerp hebben wij een peil van het oorspronkelijke materiaal van Andrews te leen gekregen. Een buitengewoon goed geconserveerd stuk *Tempskya* afkomstig uit Idaho (Afb. 4) kregen wij

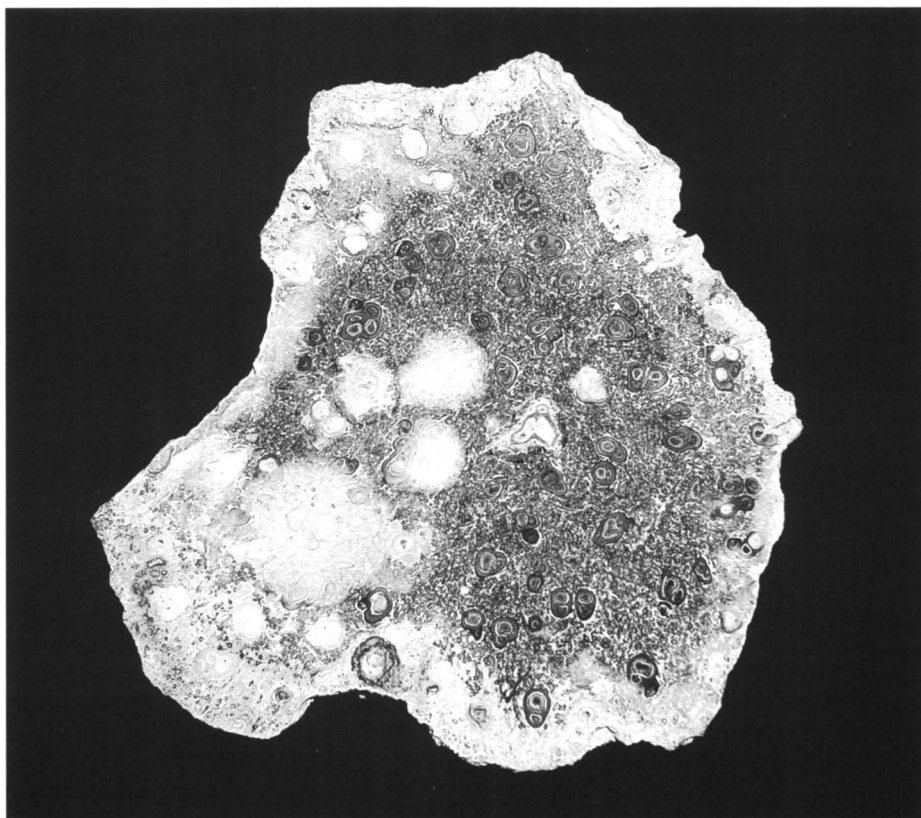


Afb. 5. Reconstructie van een zich (binnen de stam) vertakkende stengel met bladsteeltjes. De bladsteeltjes houden ook in werkelijkheid na korte afstand op. Getekend door J. Hulst naar Andrews en Kern (1947).

van prof. T.N. Taylor van de University of Kansas. Veel foto's bij dit artikel betreffen preparaten van dit stuk. Verder konden wij via de familie Vlasveld uit Bennekom beschikken over een schijfje *Tempskya* uit Tasmanië, waarop de bladvoetjes duidelijk zichtbaar zijn (Afb. 13). Door middel van deze objecten kunnen wij vrijwel elk detail van het organisme goed in beeld brengen.

De geschiedenis van het onderzoek
De eerste vermelding van *Tempskya* is een beschrijving door Stokes en Webb in 1824 onder de naam *Endogenites erosa*. Zij dachten dat het om hout van een palmachtige plant ging. De officiële beschrijving is in 1845 gegeven door Corda aan de hand van niet al te goed geconserveerd materiaal uit Bohemen. De naam *Tempskya* is gegeven ter ere van de natuuronderzoeker *Tempsky*. In 1897 werd de ware aard van *Tempskya* als mogelijkheid geopperd door de Duitser Karl Stenzel: 'omhooggroeiende en zich vertakkende varenstengels, ingesloten door hun eigen neerwaartsgroeiende wortels'.

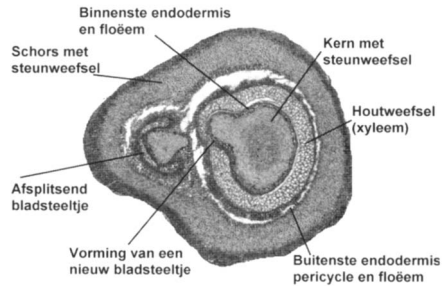
In 1911 werd gedetailleerd onderzoek aan zeer goed geconserveerd *Tempskya*-materiaal uit Rusland uitgevoerd door Kidston en Gwynne-Vaughan, waarbij zij de bouw van de stam op de juiste wijze interpreterden. Eveneens in 1911 werd voor het eerst Amerikaans materiaal beschreven en wel door Berry. In 1935 gaf dr. M. Stopes een overzicht van het onderzoek aan *Tempskya* en publiceerde daarbij een reconstructie van de boom, gemaakt door Kidston en Gwynne-Vaughan. De zijtakken en bladeren waren daarbij in een kroon hoog boven op de stam geplaatst. In de periode 1930 - 1935 hebben kaar-



Afb. 4. Doorsnede van *Tempskya*-stam uit Idaho (VS). Grootste diameter 12,5 cm.



Afb. 6. Stengeldoorsnede met zojuist afgesplitste, maar nog niet losgekomen bladsteel. Let op de massa worteltjes rondom de stengel. Grootste diameter stengel: 5 mm.



Afb. 7. Schematische tekening met uitleg van de stengel van afbeelding 6. Tekening: H. Steur.



Afb. 9. Stengel met aan de linkerkant een zich afsplitsende wortel. Rechts een bladsteeltje dat los is van de centrale bundel, maar nog binnen de stengel zit. Aan de bovenzijde begint de vorming van een nieuwe bladsteeltje. Grootste diameter stengel: 5 mm.

tenmakers in Idaho en Wyoming (VS) zeer veel, voortreffelijk geconserveerd *Tempskya*-materiaal verzameld. Aan de hand daarvan hebben Read en Brown in 1937 een zeer nauwkeurige beschrijving van de plant gepubliceerd. In 1939 publiceerde Read nog een artikel over de groeiwijze van *Tempskya*.

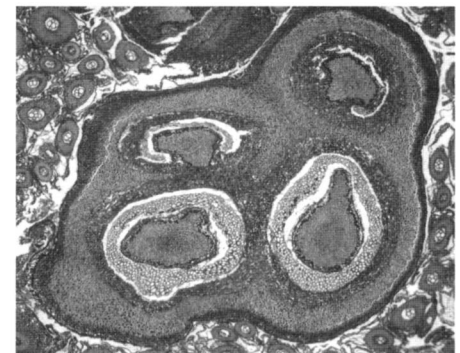
In een belangrijk artikel in 1947 gingen Andrews en Kern vooral in op de groeiwijze van de plant. Zij zijn de scheppers van de reconstructie op afbeelding 2, die men nog steeds in alle boeken tegenkomt. Tenslotte noemen we de publicatie van Ash en Read uit 1976 over de stratigrafische betekenis van de diverse *Tempskya*-soorten in Noord-Amerika. Van veel soorten is niet duidelijk of het om echte soorten dan wel om verschillende ontwikkelingsstadia of niveau's van stammen van één enkele soort gaat. Daarom laten wij in dit artikel de soortenproblematiek buiten beschouwing.

De gebruikte technieken

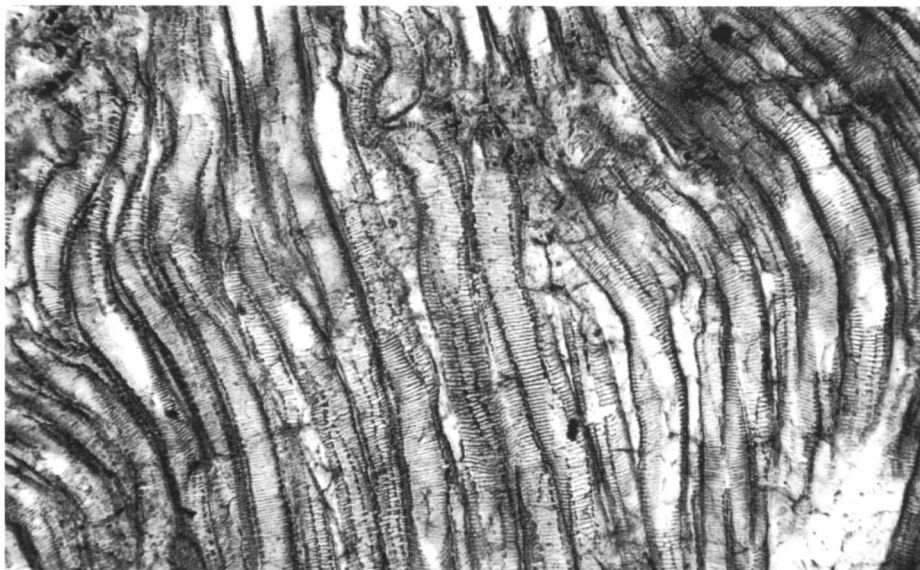
De belangrijkste techniek bij het onderzoek van de *Tempskya*-fossielen was het maken van slijpplaatjes. Alleen al van het Amerikaanse stuk heeft Hans de Kruyk er vijftig gemaakt. Omdat het materiaal erg zwart was, moesten de slijpplaatjes extreem dun geslepen worden (rond 0,03 mm). Hiervan zijn foto's genomen met behulp van een digitale Olympus-camera door een Euromex stereomicroscop, type MIC 1654 voor kleine vergrotingen en type MIC 3035 voor sterkere vergrotingen. Het Amerikaanse stuk is ook nog op een andere manier behandeld: het is eerst gepolijst en vervolgens geëtst met fluorwaterstof (HF). Deze zeer agressieve stof lost de kwarts op maar laat de organische resten ongemoeid. Na grondig spoelen en drogen zijn van het geëtste oppervlak digitale opnamen gemaakt, waarvan het contrast met beeldbewerkingssoftware werd versterkt.

De structuur van de *Tempskya*-stam
Afbeelding 4 geeft de dwarsdoorsnede van het stuk *Tempskya* dat wij van

prof. Taylor kregen. De lichte plekken zijn plaatsen waar de conservering minder goed is. De enigszins ronde structuren (diameter 3 tot 9 mm) zijn stengeldoorsneden. In de meeste stengeldoorsneden is het proces van de afsplitsing van bladsteeltjes zichtbaar. Het oppervlak zit verder vol met kleine cirkelvormige structuren: de worteldoorsneden. Deze zijn op de foto onzichtbaar vanwege hun kleine diameter: 0,2 tot 1,2 millimeter. In tegenstelling tot dit Amerikaanse stuk is de omtrek van stammen uit onze omgeving vaak min of meer elliptisch.



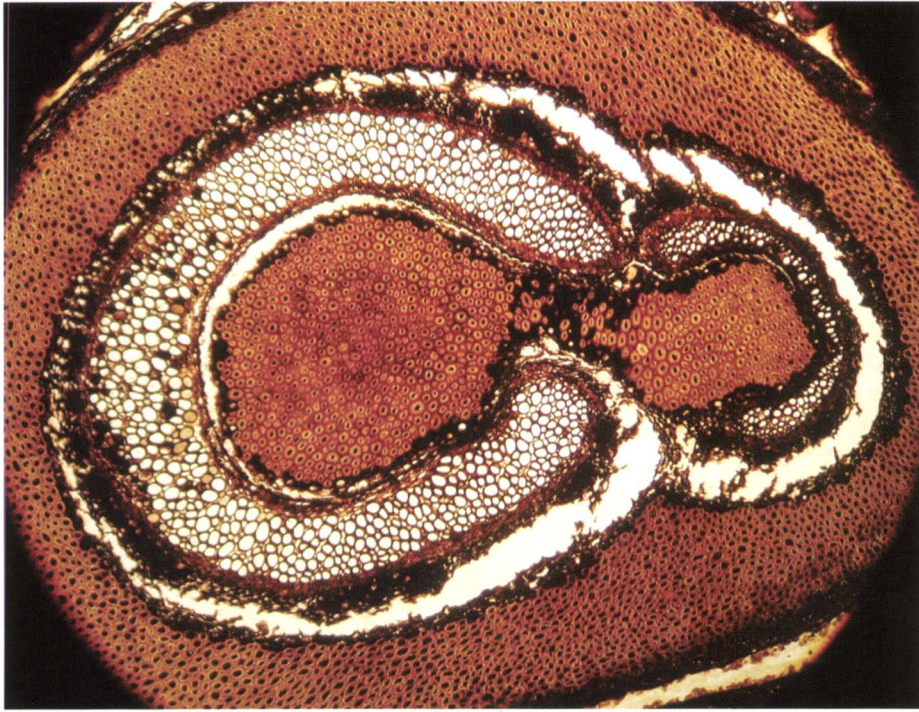
Afb. 10. Stengel die bezig is te splitsen. Dit is te zien aan de twee ringvormige vaatbundels aan de onderkant van de foto. Boven: twee bladsteeltjes die zich losgemaakt hebben maar zich nog binnen de stengel bevinden. Bij elke stengelvaatbundel is het beginstadium van een nieuw bladsteeltje te zien. Diameter stengel: 8 mm.



Afb. 8. Houtvaten met laddervormige verdikkingen in *Tempskya* van *Sibculo*. Breedte foto: 1,3 mm.

Dit komt hoogstwaarschijnlijk doordat de van oorsprong ronde stam tijdens het fossilisatieproces in elkaar is gedrukt.

In afbeelding 5 is schematisch een lengtedoorsnede van een zich vertakende stengel afgebeeld naar Andrews en Kern (1947). Deze onderzoekers hebben door middel van een lange serie opeenvolgende slijpplaatjes aangetoond dat de stengels zich frequent



Afb. 11. Stengeldoorsnede met zojuist afgesplitst bladsteeltje binnen de stengel. Te zien is dat de xyleemring van de stengel doorbroken is. Deze ring sluit zich weer snel. Let ook op de goed zichtbare steuncellen in de kern en de bast. De dunwandige cellen zijn vergaan. Diameter 4 mm.

vertakten (in hun geval eens per 1,5 cm). Ook ontstonden er zeer veel bladstelen uit de stengels. Deze worden in de doorsnede echter zelden los van de stengel aangetroffen. Alleen aan de buitenkant van de stam groeiden ze door en traden ze uit de stam, waar ze loof ontwikkelden (dat evenwel nooit is gevonden). Talrijke naar beneden groeiende worteltjes ontsproten aan de stengels en vulden de ruimte tussen de stengels op. De worteltjes zijn in de tekening weggelaten.

Stengels

In de stengeldoorsneden zijn globaal drie zones te herkennen: de kern, vervolgens een ring met xyleem en floëem, en tenslotte de schors of cortex. Deze drie zones zijn gescheiden door eencellige lagen, endodermis

genaamd (Afb. 6 en 7). Het floëem is meestal vergaan. De kern bestaat uit steunweefsel (sclerenchym), dat is opgebouwd uit cellen met dikke wanden. Aan de buitenkant van de eerste endodermis ligt een smalle zone met floëem. Dit bestaat uit dunwandige cellen die vaten vormen waardoor het voedsel dat de plant gemaakt heeft, wordt getransporteerd.

Vervolgens komt een ring met houtvaten (xyleem). Deze bestaan uit langgerekte cellen die versterkt zijn met laddervormige verdikkingen. In de doorsnede van afbeelding 8 zijn deze goed te zien. Aan de buitenkant van het houtweefsel zit weer een dunne laag floëem, gevolgd door de zogenaamde pericycle en de buitenste endodermis. Uit de pericycle ontstaan



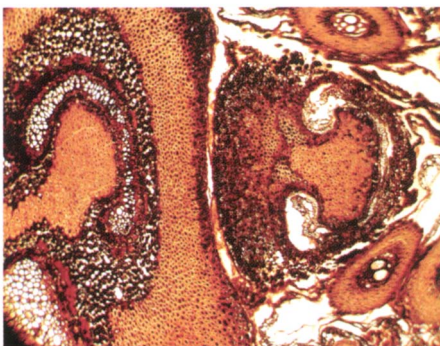
Afb. 14. Lengtedoorsnede van een stengel met afsplitsende bladstelen. Lengte stengel: 14 mm.

de worteltjes (Afb. 9).

De bast is opgebouwd uit drie lagen. De smalle binnenste laag bestaat uit dunwandige cellen. De middenlaag is dik en is opgebouwd uit zeer dikwandige cellen met een kleine diameter: dit is het steunweefsel. De buitenste laag bestaat weer uit enkele lagen dunwandige cellen. Het geheel wordt omsloten door de opperhuid of epidermis.

Bladstelen

Er is bijna geen stengeldoorsnede waarin niet een bladsteel gevormd of afgesplitst wordt. Het proces gaat als volgt: eerst wordt het xyleem op de plaats van afsplitsing dunner en buigt naar buiten. Er ontstaat een uitbocht van de centrale vaatbundel. Dan maakt het steeltje zich los en neemt daarbij een C-vormig stuk xyleem van de stengel mee. In het xyleem van de stengel blijft een opening zitten die



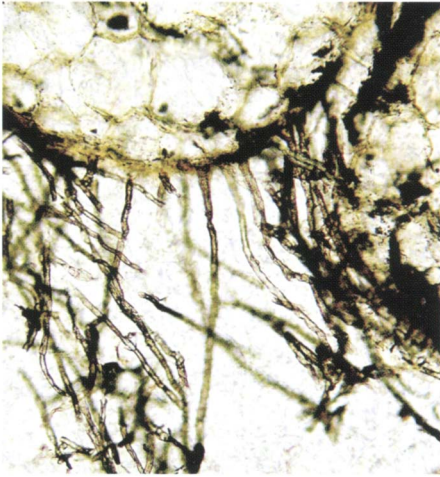
Afb. 12. Vervallen bladsteeltje vlak na het uittreden uit de stengel. De C-vormige bundel houtvaten is bijna geheel verteerd. Diameter bladsteeltje 1,8 mm.



Afb. 13. Stukje Tempskya uit Tasmanië waarop aan de onderkant van de foto veel bladvoetjes te zien zijn. Breedte 4,5 cm.



Afb. 15. Bladvoetje van het stuk van afb. 13. Diameter 4 mm.



Afb. 16. Wortelharen in een stuk *Tempskya* uit Westerhaar. Coll. F. Rhebergen. Breedte foto: 1 mm.

zich spoedig weer sluit (Afb. 10 en 11). De doorsnede van een steeltje lijkt op die van een stengel maar het xyleem blijft C-vormig. De bladsteeltjes houden al na ongeveer 1 millimeter op te bestaan, behalve in het bereik van de buitenkant van de stam. Dit verklaart waarom er zo weinig doorsneden van

losse bladsteeltjes zichtbaar zijn. Vrije bladstelen komen maar zelden voor en als ze er al zijn, bevinden ze zich nog vlakbij de stengel waarvan ze zijn afgesplitst en zijn ze sterk vervallen (Afb. 12). Deze bladstelen worden ook wel bladvoetjes of phyllopodia genoemd. Ze zijn altijd te herkennen aan het C-vormige houtweefsel.

In het Tasmaanse stuk *Tempskya* (Afb. 13) zitten wel veel bladstelen, vlak voor het uit treden uit de stam. Afbeelding 14 toont het proces van het afsplitsen van bladsteeltjes aan de hand van een verticale doorsnede. In afbeelding 15 is één van deze bladvoetjes vergroot afgebeeld.

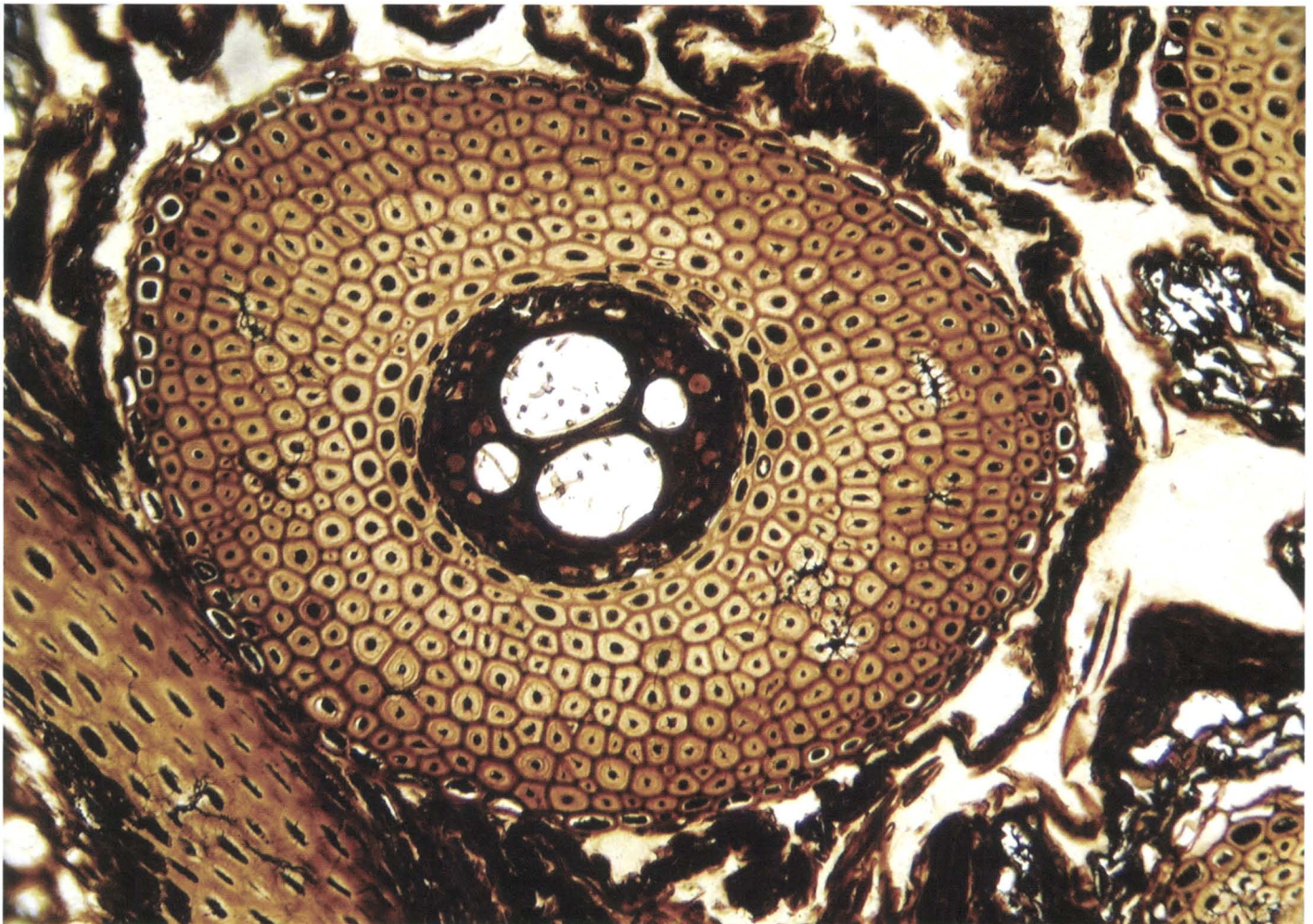
Wortels

De stengels gaven grote aantallen wortels af, die net als alle wortels, naar beneden groeiden. Ze werden gevormd in de pericycle (Afb. 9) en vormden binnen de schijnstam een viltige mat rondom de stengels. Tegelijkertijd takte een dunne streng houtvaten af die de kern van de wortel vormde. In afbeelding 6 is te zien

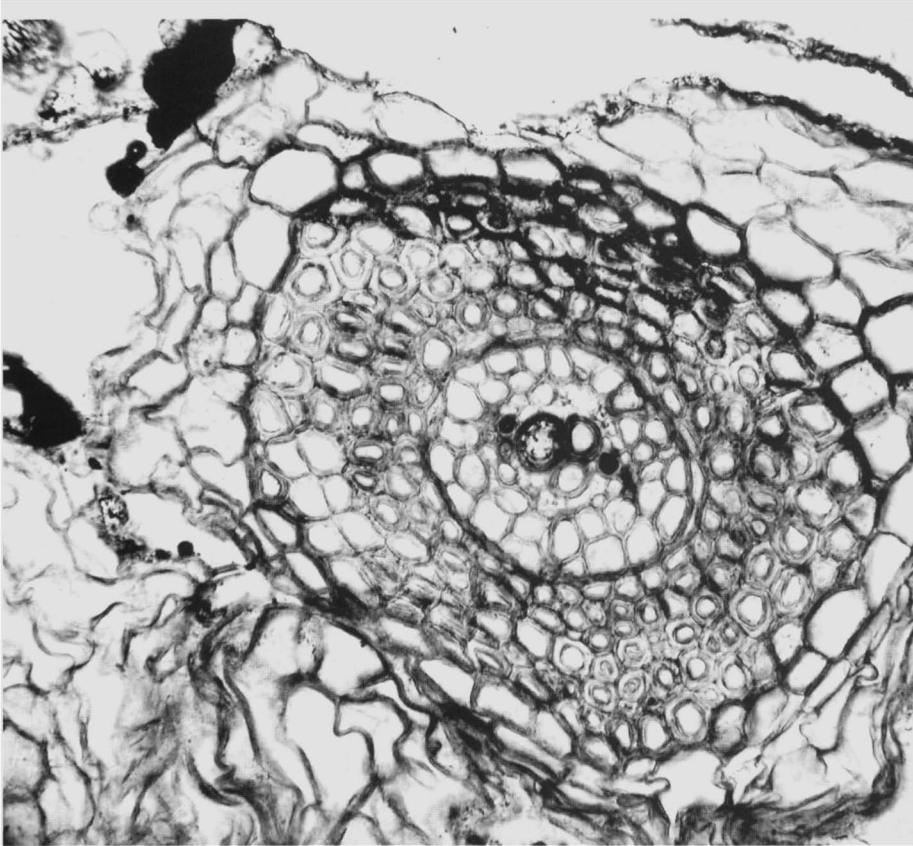
hoe de worteltjes alle ruimte in de schijnstam volledig opvulden. Aan de wortels zaten wortelharen waarmee binnen de stam water kon worden opgenomen. Deze wortelharen zijn soms verbazend goed geconserveerd (Afb. 16), vooral in de stukken waarin alleen wortels zitten.

De structuur van de wortels is anders dan die van de stengels. In het midden zit het houtweefsel en het floëem. De houtvaten bevinden zich in twee onderling loodrechte vlakken. Meestal zijn er twee tot vier houtvaten met een zeer grote doorsnede bij (Afb. 17, 18 en 19). De cellen tussen de houtvaten vormen het floëem.

De dikke ring daaromheen is de bast of schors. Het grootste deel hiervan wordt gevormd door de middelste ring die uit zeer taaie cellen bestaat. Deze hebben een buitengewoon dikke wand (Afb. 19 en 20). Het is deze laag die de wortels, en daarmee de schijnstam, de nodige stijfheid gaf. De buitenste schorslaag bestaat uit dunwandige cellen. Deze laag is vaak



Afb. 17. Worteldoorsnede. De grote vaten in de kern zijn houtvaten. Daaromheen zit de bast die opgebouwd is uit zeer dikwandige cellen. De dunwandige cellen, die daarbuiten hebben gezeten, zijn vergaan, maar de opperhuid is nog aanwezig in de vorm van een slingerende lijn. Diameter wortel 0,8 mm.



Afb. 18. Worteldoorsnede. In de kern zijn niet alleen de houtvaten te zien (donkere cellen) maar ook het floëem (lichte cellen). Ook de dunwandige cellen in de buitenschors zijn nog aanwezig. De conservering in de wortelstukken uit onze omgeving is beter dan in het Amerikaanse stuk. Diameter wortel 0,9 mm.

vervallen waardoor er een lege ruimte is tussen de opperhuid en het steunweefsel. Bij oude wortels is het houtweefsel weggerot en is de kern leeg.

De habitus van *Tempskya*

Een intrigerende eigenschap is dat het aantal stengels per oppervlakte-eenheid groter is, naarmate de doorsnede hoger in de stam wordt genomen. De plant zal begonnen zijn met één stengeltje, dat zich daarna herhaaldelijk splitste. Andrews en Kern (1947) stellen zich de ontwikkeling van de plant voor als in afbeelding 21. Overigens hebben zij vastgesteld dat bij een vorkvormige vertakking niet altijd beide vertakkingen doorlopen. Soms houdt één van beide na korte afstand op te bestaan. Zoals eerder gezegd blijken de stengels in de stam van onderaf weg te rotten. De ruimte die zo ontstond, werd al gauw weer opgevuld door worteltjes.

Rekening houdend met het feit dat de bladvoetjes voornamelijk in het bovenste twee-derde deel van de stam worden gevonden, hebben Andrews en Kern (1947) de reconstructie van afbeelding 2 gemaakt. Waarschijnlijk was het oppervlak van de stam zeer absorberend, waardoor regenwater gemakkelijk in de stam kon komen.

De wortelharen dienden om dit water op te nemen. Lang niet alle wortels bereikten de grond en bovendien waren de stengels aan de onderkant weggerot. Daardoor hadden de wortels de functie van luchtwortels.



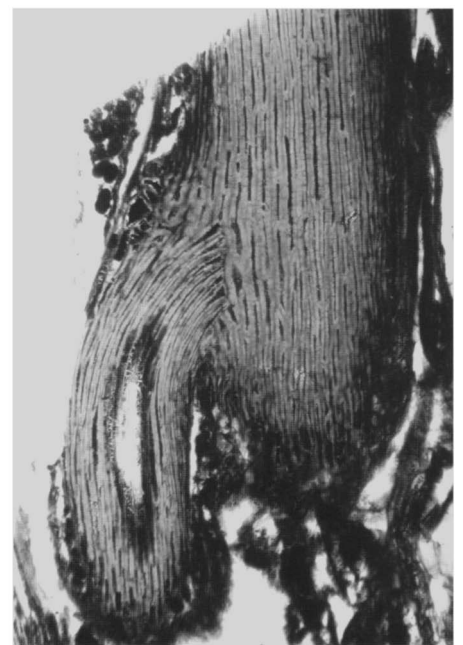
Afb. 19. Lengtedoorsnede van een worteltje. In het midden een houtvat met laddervormige verdikkingen. Daarbuiten de zeer dikwandige schorscellen. Diameter wortel 0,5 mm.

Dat het om een varen gaat, maakt men op uit de analogie van *Tempskya* met nog levende varenbomen, die evenwel zonder uitzondering verschillen van *Tempskya*. De *Tempskya*-stam moet heel veel, relatief kleine bladeren hebben gehad. Dit blijkt uit de geringe doorsnede van de bladstelen en de bladvoetjes.

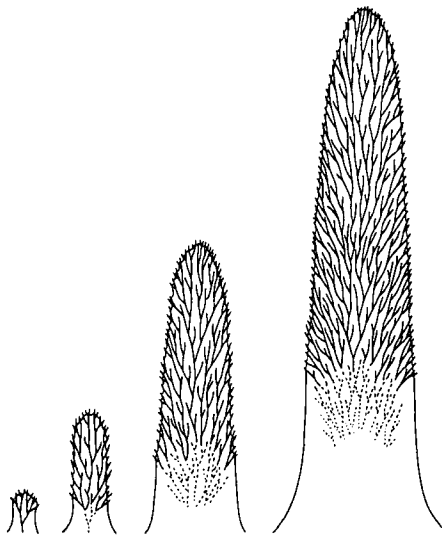
Hoe is *Tempskya* te herkennen?

In onze omgeving worden twee types *Tempskya* gevonden. Het eerste is geheel opgebouwd uit wortels (Afb. 1). Op een gepolijste dwarsdoorsnede zijn talloze zeer kleine, cirkelvormige doorsneden zichtbaar. Aan de buitenkant bevindt zich soms een dooreengevlochten massa dunne buisjes. Het stuk van Hans de Kruyk en ook dat van Freek Rhebergen (Afb. 22, bovenste stuk) behoort tot dit type. Het stuk is afkomstig uit het onderste deel van de schijnstam.

Het andere type heeft vaak de vorm van een ellipsvormige schijf waarin de stengels met een diameter van 2 tot 10 millimeter opvallen. Door zagen en polijsten zijn soms ook overblijfselen van de worteltjes te zien. De conservering is echter in de meeste gevallen slecht. *Tempskya* wordt vooral gevonden in oostelijke zwerfstenen, maar de bron van de *Tempskya*-fossielen is niet bekend. Aangenomen wordt dat ze ten dele uit de Wealden-formaties uit het gebied van de Deister bij Hannover afkomstig zijn (Anderson, 1957).



Afb. 20. Zich vertakkende wortel. Let op de dikwandige steuncellen. Diameter wortel 0,6 mm.



Afb. 21. Achtereenvolgende groeistadia van de stam van *Tempuskya*. Getekend door J. Hulst naar Andrews en Kern (1947)

Conclusie

Het fossiel *Tempuskya* houdt al bijna twee eeuwen lang onderzoekers bezig en nog zijn niet alle vragen beantwoord. Het 'hout' van deze boomvaren heeft een unieke en zeer complexe structuur. In het Krijt moet *Tempuskya* een wijdverbreid genus zijn geweest, dat over de hele wereld voorkwam. Aangenomen kan worden dat het enige wat nog rest van deze groep, het fossiele hout is.

Dankwoord

Graag willen wij prof. dr. H. Kerp van de afdeling Paleobotanie van de Wilhelmsuniversiteit te Münster danken voor zijn waardevolle commentaar op het ontwerp van dit artikel. Prof. T.N. Taylor van de afdeling Paleobotanie van de University of Kansas zijn wij bijzonder dankbaar voor het prachtige stuk *Tempuskya* dat hij ons geschonken heeft. Zonder dit

stuk hadden wij het artikel niet kunnen maken. Wij danken de 'sponzenclub' (Tom Koops, Freek Rhebergen, Harm Snippe, Ruud Eggink en Gerrit Anninga) voor hun medewerking aan dit project. De belangeloze, enthousiaste inzet en de vriendelijke ontvangst in Emmen zullen we niet vergeten. Heel hartelijk dank aan de tekenaar van de afbeeldingen 5 en 21, de heer J. Hulst te Amersfoort.

De foto's van de afbeeldingen 8, 11, 12, 16, 17, 18, 19 en, 20 zijn gemaakt van slijpplaatjes, die van de afbeeldingen 4, 6, 9, 10 en 14 van met HF behandeld oppervlak en die van de afbeeldingen 13 en 15 van een gepolijst oppervlak.

Literatuur

- Anderson, W.F., 1957. Verkiezelde *Tempuskya*-stammen uit het Weald als zwerfsteen in Overijssel. Publicaties van de Nederlandse Geologische Vereniging, p. 143-150.
- Andrews, H.N. en Kern, E.M., 1947. The Idaho *Tempuskya*s and associated fossil plants. Missouri Bot. Garden Annals, v. 34, no. 2, p. 119-183.
- Ash, S.R. en Read, C.B., 1976. North American species of *Tempuskya* and their stratigraphic significance. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 874: p. 1-42.
- Read, C.B. en Brown, R.W., 1937. American Cretaceous ferns of the genus *Tempuskya*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 186-F, p. 105-131.
- Read, C.B., 1939. The evolution of habit in *Tempuskya*. Lloydia, v. 2, p. 63-72.
- Stewart, W.N. en Rothwell G.W., 1993. Paleobotany and the evolution of plants. University Press, Cambridge.
- Taylor T.N. en Taylor E.L., 1993. The biology and evolution of fossil plants. Prentice Hall, New Jersey.



Afb. 22. Enkele stukken *Tempuskya* uit Nederland en Duitsland. Lengte bovenste stuk 20 cm.

FOSSIEL PALMHOUT OFWEL PALMOXYLON

Vooraf in Twente en in de Achterhoek is veel versteend hout gevonden, dat aangeduid wordt met de naam palmhout of *Palmoxylon*. Vaak gaat het om stukjes van minder dan 10 cm, maar ook fraaie, grote stukken zijn gevonden. Niet altijd is dit hout ook werkelijk afkomstig van een palm, maar in de meeste gevallen wel.

In dit artikel wordt de structuur van *Palmoxylon* beschreven aan de hand van slijpplaatjes en handstukken. Niet ingegaan wordt op het onderscheiden van soorten omdat dat echt specialistenwerk is. Daarbij komt dat er veel valkuilen zijn doordat in één stam de structuren erg kunnen verschillen, afhankelijk van de plaats in de stam.

Waar wordt *Palmoxylon* gevonden?

Opvallend is dat het gebied in Nederland waarin het fossiele palmhout gevonden wordt, vrij beperkt is. Het grootste deel van de stukken, die in de verzamelingen terecht gekomen zijn, is gevonden in de noordelijke Achterhoek, waarbij vooral de plaatsnamen Eibergen, Lievelede (gemeente Groenlo) en Vragender (gemeente Lichtenvoorde) veelvuldig voorkomen. Het betreft een gebied waar de grond zoveel stenen bevat, dat de boeren het er extra moeilijk mee hebben.

Verder wordt het palmhout ook gevonden in de groevecomplexen bij Wilsum, Wielen, Itterbeck, Kloosterhaar, Sibculo en Westerhaar in Twente en het aangrenzende Duitse gebied.

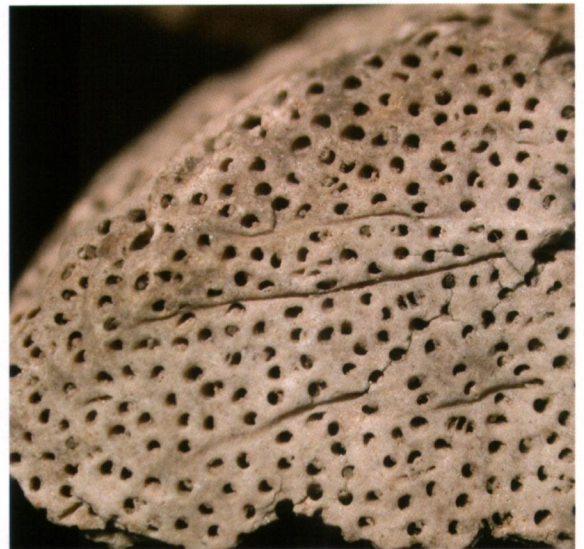
Over de herkomst van dit zwerfsteenmateriaal is niets met zekerheid te zeggen. Omdat het grootste deel Rijngrind is, is het niet onaannemelijk dat (een deel van) het palmhout uit Miocene bruinkoollagen in Duitsland afkomstig is.

De palmen verschenen in het Senoon (Laat-Krijt) en ondergingen de belangrijkste radiatie waarschijnlijk in het Paleogeen.

Kenmerken

Palmhout wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van veel dunne buisjes, die op de kopse kant van het hout verspreid liggen over de hele doorsnede. (Afb. 1). Aan de zijkant van het hout is te zien dat de buisjes globaal evenwijdig lopen aan de lengteas van de stam. Die zijkant toont óók gaatjes, doordat de buisjes nogal bochtig verlopen. De diameter van alle buisjes is van dezelfde grootte-orde. Als er èn dikke èn dunne buisjes te zien zijn, gaat het niet om palmhout, maar b.v. om *Tempskya*. In de meeste gevallen zijn de buisjes leeg, maar soms is er een opvulling te zien (Afb. 2). Wat opvalt, vooral bij beschouwing door een loep, is dat de gaatjes niet rond zijn, maar meer de vorm hebben van een gedeeltelijk

Afbeelding 1.
Stukje palmhout van
Westerhaar. Hoogte
5 cm.
Coll. F. Rhebergen.



Afbeelding 2.
Palmhout met opge-
vulde buisjes.



Afbeelding 3.

De buisjes hebben vaak de vorm van een gedeeltelijk verduisterde maan. Vindplaats: Eibergen. Coll. Huis Bergh, 's Heerenberg.



Afbeelding 4.

Slijpplaatje van slecht geconserveerd palmhout met de karakteristieke doorsnede van de buisjes. Schoonebeek. Breedte foto 4,5 mm. Palmhout coll. F. Rhebergen, slijpplaatje 379 coll. J. van der Burgh.

verduisterde maan (Afb. 3). Een slijpplaatje van zo'n stuk palmhout, geeft een duidelijker beeld (Afb. 4). Microscopische preparaten van in Nederland gevonden palmhout tonen in bijna alle gevallen een slechte conservering van de inwendige structuur. Zo zijn in afbeelding 4 alle celstructuren verdwenen. Er zijn echter uitzonderingen waarbij op sommige plaatsen in het hout de structuur wél goed bewaard is gebleven. Een voorbeeld is te zien in afbeelding 5. Het witte vlakje (de doorsnede van een buisje) is weliswaar leeg, maar verder is de celstructuur goed geconserveerd. Het lege gedeelte is gevuld geweest met sklerenchymcellen (dikwandige cellen, die ook wel steun- of steenvezelcellen worden genoemd). Boven deze sklerenchymkap, die als functie heeft het verlenen van stevigheid aan de stam, is in afbeelding 5 het echte vaatbundelgedeelte te zien. De witte vlekken daarin zijn grote (meestal zijn er twee) houtvaten, daaromheen zit een groot aantal tracheïden (watergeleidende cellen). De houtvaten zijn versterkt met ringen en spiralen (Afb 6). Binnen de vaatbundel, grenzend aan de sklerenchymkap zitten de zeefvaten (het floëem), die tot taak hebben de voedselstroom van de bladeren naar de rest van de plant mogelijk te maken. De vaatbundel, inclusief de sklerenchymkap, is ingebed in het grondweefsel (parenchym), dat er bij verschillende soorten palmen ook verschillend uitziet. In het geval van afbeelding 5 staan langgerekte

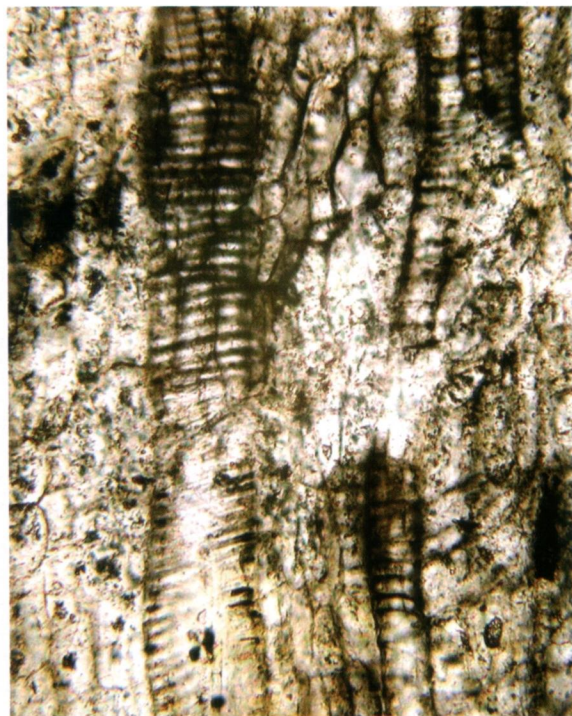
cellen loodrecht op de bundel, terwijl dat bij andere soorten vaak anders is.

De structuur van de vaatbundel

Het mooiste preparaat, dat ik ken, is er een dat in 1922 door de Universiteit van Groningen in Engeland is aangekocht en dat vervaardigd is uit een stuk palmhout dat (volgens de toelichting) wellicht uit Frankrijk komt (Afb. 7). In de detailopname van afbeelding 8 is te zien dat in dit geval ook de cellen van de sklerenchymkap bewaard zijn gebleven. Deze cellen hebben een zeer dikke wand en een heel nauwe holte, die als een donkere stip op de dwarsdoorsnede te zien is.

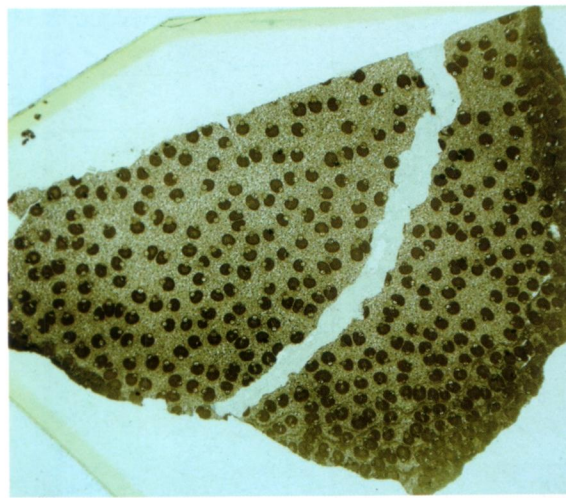


Afbeelding 5.
Microfoto van een vaatbundel met omliggend parenchymweefsel. De sklerenchymbundel is niet geconserveerd, de rest wel. Hoogte van de vaatbundel 0,9 mm. Preparaat nr. 380 van een stuk palmhout van Schoonebeek. Palmhout coll. F. Rhebergen, slijpplaatje coll. J. van der Burgh.

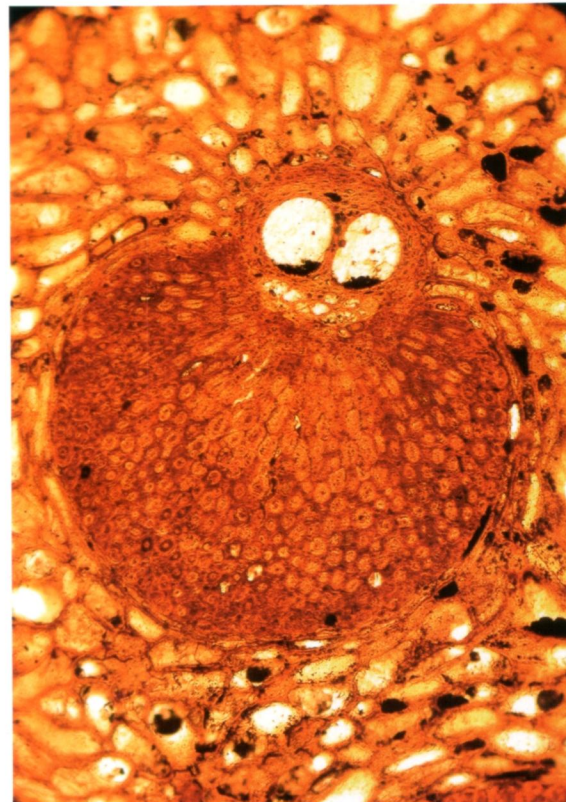


Afbeelding 6. Lengtedoorsnede van houtvaten met ringen en spiralen in palmhout. Breedte foto 0,5 mm. Foto H. de Kruyk.

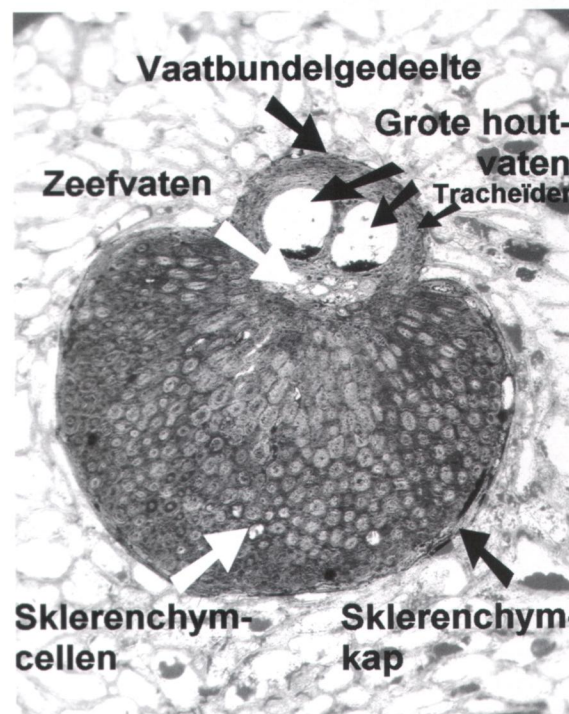
Samenvattend: Zie afbeelding 9. De vaatbundels van palmhout bestaan uit een (echt) vaatbundeldeel en een sklerenchymkap. In het vaatbundeldeel zitten meestal twee zeer grote houtvaten en verder een groot aantal tracheïden. Aan de kant van de sklerenchymkap zitten



Afbeelding 7. Preparaat uit 1922 van zeer goed geconserveerd palmhout. De witte strook is een met kwarts opgevulde breuk in het gesteente. De rondachtige vlekken zijn de vaatbundels. Coll. Natuurmuseum Groningen. Breedte van de foto 6 cm.

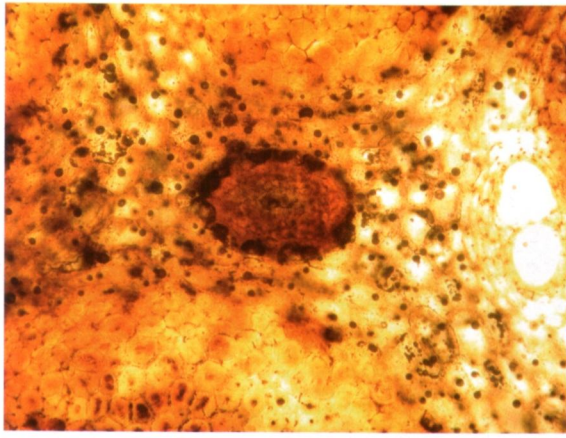


Afbeelding 8. Vaatbundel uit het preparaat van afbeelding 7. De 'ogen' zijn de houtvaten, het donkere gedeelte is gevuld met sklerenchymcellen. Hoogte van de vaatbundel 1,1 mm.



Afbeelding 9. De onderdelen van een vaatbundel.

Afbeelding 10.
Een sklerenchym-
bundel in het prepa-
raat van afbeelding
13. Diameter van de
bundel 0,3 mm. Dit
soort bundels zorgt,
net als de sklen-
chymkappen van de
vaatbundels voor
meer stevigheid.



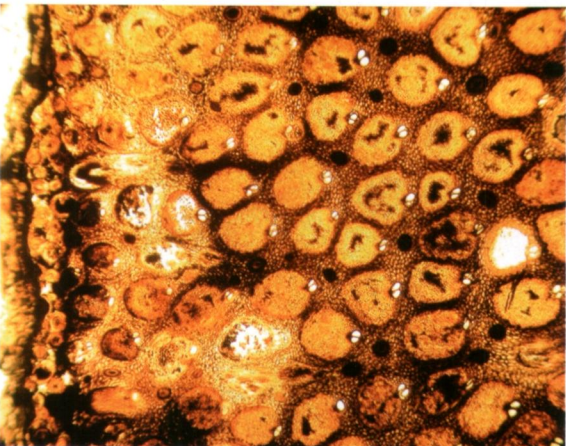
Afbeelding 11.
Horizontaal aftak-
kende bundels naar
een bladsteel. Vind-
plaats: Vragender.
Coll. Huis Bergh, 's
Heerenberg.



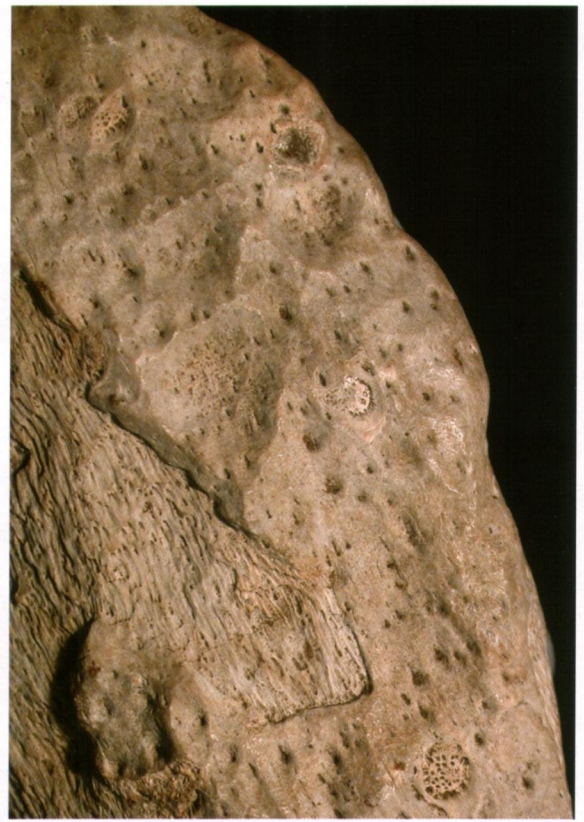
Afbeelding 12.
Palmhout met
schors. Duidelijk
is te zien dat de
vaatbundels bij de
schors kleiner zijn
en dichter opeen-
gepakt zitten. Vind-
plaats: Vragender.
Coll. Huis Bergh,
's Heerenberg.



Afbeelding 13.
Microfoto van de
zone in de buurt
van de schors
(links). Merk op dat
de vaatbundels in
de richting van de
schors georiënteerd
liggen. De skleren-
chymbundels zijn als
donkere stippen te
zien. Breedte van de
foto 7 mm. Herkomst
onbekend.



de zeefvaten (het floëem). Deze zijn slechts in zeldzame gevallen bewaard gebleven (zoals hier). Verder is het vaatbundeldeel geheel of gedeeltelijk omgeven door een laag sklerenchymcellen. De ruimte tussen de bundels is gevuld met dunwandige parenchymcellen.



Afbeelding 14.

Stuk palmhout dat nog gedeeltelijk met schors bedekt is. In de schors zijn drie bladlittekens te zien. Vindplaats: Vragender. Coll. Huis Bergh, 's Heerenberg.

Behalve de bovenbeschreven vaatbundels komen vaak ook nog bundels voor die alleen uit sklerenchymcellen bestaan (Afb. 10 en 13). Deze sklerenchymbundels hebben een veel kleinere diameter. Zij verhogen eveneens de stevigheid van de stam.

Sommige vaatbundels buigen af en gaan horizontaal lopen. Dat is b.v. het geval in afbeelding 11. Deze vaatbundels gaan naar een blad toe en worden wel kruisingsbundels genoemd omdat ze de andere vaatbundels kruisen.

De schors

De schors is maar zelden bewaard gebleven in fossiel palmhout. In de collectie van Huis Bergh te 's Heerenbergh bleken toch enkele stukken met schors aanwezig te zijn. In afbeelding 12 is dat het geval. Bij de schors (aan de rechterzijde) zijn de vaatbundels kleiner van diameter en zitten ze meer opeengepakt dan meer naar het centrum van de stam. Dat is een vaste regel.

Zo geeft afbeelding 13 een beeld van een doorsnede van een ander stuk palmhout in de buurt van de schors (links). Wat daar ook goed te zien is, is dat de vaatbundels in een bepaalde oriëntatie liggen, en wel met de sklerenchymkap naar de schors toe. Het vaatbundelgedeelte, te herkennen aan de twee grote houtvaten is steeds naar rechts, naar het centrum van de stam, gericht. In het algemeen verdwijnt de oriëntatie naarmate de vaatbundels verder van de buitenkant aflaggen.

Het stuk in afbeelding 14 is gedeeltelijk met schors bedekt, waarin nog de aanhechtingsplaatsen van drie bladstelen te zien is. In afbeelding 15 is een van deze bladlittekens vergroot afgebeeld.

Afbeelding 16 is een groot stuk palmhout, waarschijnlijk de top van een stam, met zeer grote bladlittekens.



Afbeelding 15.
Een van de bladlittekens van het stuk in Afbeelding 14.
Diameter bladlitteken 5 mm.

Hout of geen hout?

In feite voldoet *Palmoxyton* niet aan de definitie van hout. Onder hout wordt namelijk secundair xyleem verstaan, d.w.z. houtweefsel gevormd door een cambium. Alle loofbomen (tweezaadlobbigen of dicotylen) hebben zo'n cellaag, die naar buiten toe de bast en naar binnen toe het hout produceert. Verreweg de meeste eenzaadlobbigen (monocotylen), waartoe ook de palmen horen, hebben zo'n cambium niet.

De palmen hebben een eigen manier ontwikkeld om stammen te vormen. Die komt globaal op het volgende neer:

Uit het zaad komt een kiemplant, die rozetbladen vormt en die zich in de loop van een lange tijd (1 tot wel 5 jaren) in de breedte ontwikkelt. Op deze wijze wordt de basis gevormd waaruit later de stam kan groeien. Vervolgens ontstaan verschillende groeizones, waarin door celdelingen zowel dikte- als hoogtegroeit optreedt. Zo ontstaat een stam, die geheel uit primair houtweefsel bestaat. De stamdikte zal dan ook niet, zoals bij de loofbomen, naar boven toe afnemen, maar in principe gelijk blijven, alhoewel ten gevolge van betere en slechtere omstandigheden de dikte kan variëren.

Om redenen van gemakzucht en spraakgebruik wordt in dit artikel toch over palmhout gesproken. De aanduiding palm' hout' zou beter geweest zijn.

Palm of geen palm?

Er zijn ook andere eenzaadlobbige bomen waarvan de stam opgebouwd is als de stam van een palm. Voorbeelden zijn *Dracaena*, *Yucca* en *Pandanus*. Specialisten kunnen fossielen van de diverse groepen wel uit elkaar houden. Aangenomen wordt dat toch verreweg de meeste *Palmoxyton*-stukken van echte palmen afkomstig zijn.

Conservering

Palmoxyton-fossielen, gevonden in de Verenigde Staten, zijn vaak veel beter geconserveerd. In de staten Texas en Louisiana wordt zoveel goed-geconserveerd palmhout gevonden dat het is uitgeroepen tot State Fossil. Ook uit Indonesië komt heel goed bewaard gebleven palmhout (Afb. 17).

Het Nederlandse palmhout is blijkbaar onder minder gunstige omstandigheden gefossiliseerd. Het kiezelhoudende water is waarschijnlijk minder overvloedig aanwezig geweest waardoor het proces langzaam verliep. Twee factoren spelen bij de verkieseling een rol. Ten



Afbeelding 16.
Stuk palmhout met grote bladlittekens.
Hoogte 30 cm. Vindplaats: Holterbeek.
Coll. Huis Bergh, 's Heerenberg.

eerste de doordringbaarheid van de celwanden voor het kiezelhoudende water, ten tweede de snelheid waarmee de cellen vergaan. De dunwandige parenchymcellen (het vulweefsel) vergaan snel maar ze worden ook snel doordrenkt. De zeer dikwandige sklerenchymcellen vergaan langzaam, maar het water kan er bijna niet in komen. De houtvaten zijn tamelijk dunwandig en worden vrij snel doordrenkt, en ze bieden weerstand aan het vergaan door de sterke ringen en spiralen.

Zo is de sklerenchymkap in afbeelding 5 klaarblijkelijk al vergaan voordat het kiezelhoudende water in de cellen kon doordringen. In het geval van afbeelding 4 is de verkieseling zo langzaam gegaan dat alleen de grote structuur bewaard is gebleven. Toch is op een aantal plaatsen het houtvatgedeelte nog vaag te zien. Vaak is het centrum van de stam minder goed bewaard gebleven dan de periferie. Dat komt doordat de buitenkant van de stam eerder verkieselt dan de binnenkant: het water komt immers van buitenaf. De binnenkant is dan vergaan voordat de verkieseling voltooid is.

Wortels

Palmen hebben onder de grond een enorm aantal wortels zitten. Het onderste deel van de stam heeft vaak lucht- of adventiefwortels. Deze liggen gedeeltelijk ingebed in de schors. In de palmvoet van afbeelding 17 is dat mooi te zien. Soms wordt verkieseld palmwortelhout gevonden. Om het te herkennen zijn een slijpplaatje en een deskundige nodig. In afbeelding 18 is een microfoto van zo'n stukje palmwortelhout, *Rhizopalmoxyton* genaamd, afgebeeld. De centrale cilinder van de worteltjes is meestal verdwenen. Dat komt doordat de binnenkant van de bast uit een laag sklerenchymcellen bestaat, die water zeer slecht doorlaten. Vaak zijn de worteltjes tegen elkaar platgedrukt.

TOT BESLUIT

Het is verbazingwekkend zo weinig er over *Palmoxyton* is geschreven. Het standaardwerk is het ongeveer 300 bladzijden tellende werk *Fossile Palmenhölzer* van Stenzel uit 1904 (!).

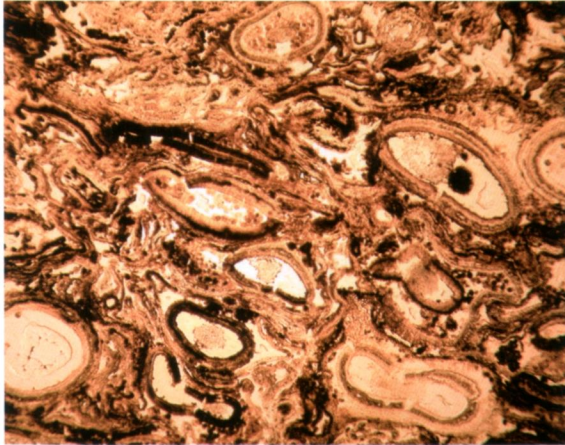
In 1954 stelde Roding in Grondboor & Hamer vast dat fossielen die altijd aangeduid werden met 'boomvarenwortel' in feite *Palmoxyton* was.

Verder is er in het Nederlands en Duits nog het werk van Van der Burgh en Meulenkamp (1966). Er lijkt hier nog een heel terrein braak te liggen voor de liefhebbers.

Afbeelding 17.
Stambasis van een palm uit Indonesië. De stomp is gedeeltelijk bedekt met schors en luchtworteltjes. Diameter 40 cm. Coll. H.Wolters, Zuid-Laren.



Afbeelding 18.
Microfoto van worteltjes van palmhout: *Rhizophora*. Vindplaats: Ellertshaar bij Borger. Breedte van de foto 6 mm. Coll. Derk ter Heide, Westerbork.



LITERATUUR

- Burgh J. van der, & Meulenkaamp J.E., 1966.** Über einige fossile palmenartige Hölzer aus den östlichen Niederlanden. Acta Botanica Neerlandica 15, pp. 276 – 283.
- Burgh J. van der, & Meulenkaamp J.E., 1966.** Palmhout uit diluviale gronden in Oost Nederland. Grondboor & Hamer, nr. 6, pp. 234 – 255.
- Roding G.M., 1956.** Fossil palmhout. Grondboor & Hamer pp. 87 – 90.
- Stenzel K.G., 1904.** Fossile Palmenhölzer. Beitr. Paläont. Geol. Österr.-Ung. und des Orients, XVI, pp. 107 – 272.

De foto's zijn van de auteur, tenzij anders is vermeld.

DANKWOORD

- Ik dank de volgende personen hartelijk voor hun bijdrage
- Dr. Johan van der Burgh van het Laboratorium voor Paleobotanie en Palynologie van de Universiteit van Utrecht voor het kritisch doorlezen van het artikel en voor het uitlenen van preparaten, die hij ook voor zijn artikel uit 1966 gebruikt heeft.
 - Freek Rhebergen uit Emmen voor de beschikbaar stellen van vele stukken palmhout, waaronder stukken die voor het genoemde artikel uit 1966 gebruikt zijn, en voor het beantwoorden van een aantal vragen mijnerzijds.
 - de verzamelaars Bert Metz (Zwiggelte), Derk ter Heide (Westerbork) en Tom Koops (Emmen) voor het aandraagen van materiaal.
 - Jan Drent (Doetinchem) voor het bieden van de mogelijkheid om de collectie van Huis Bergh te 's Heerenberg door te nemen en te fotograferen.
 - Hans de Kruyk (Leerdam) voor het maken van diverse slijpplaatjes en foto's.
 - Harry Wolters (Zuid-Laren) voor het laten fotograferen van palmstammen uit Indonesië.
 - Harry Huisman (Lieveren) voor het uitlenen van het preparaat van de afbeeldingen 7, 8 en 9.



AFBEELDING 2. | *De windplaats
bij Vachères*

Avontuur in loofhout

H. STEUR, LAAN VAN AVEGOOR 15,
6955 BD ELLECOM,
STEURH@XS4ALL.NL,
WWW.FOSSIELEPLANTEN.NL

H. DE KRUYK, HOFFMANSTRAAT 14,
4143 BE LEERDAM
HANSDEKRUYK@HOTMAIL.COM

Dit avontuur begon met een telefoontje uit Vachères in de Provence (Frankrijk). Hans Ramseier, vrijwilliger van het museum(pje) in die plaats, vertelde dat hij een paar mooie stukken fossiel hout had gevonden en hij vroeg of hij die aan mij mocht opsturen. Bij ons bezoek aan dat museum had ik hem het adres van mijn website gegeven en hij had gezien dat ik veel met hout gedaan had. Ik had er geen bezwaar tegen een paar goed geconserveerde stammetjes te ontvangen, maar waarschuwde hem er wel voor dat resultaat in de vorm van een determinatie niet gegarandeerd was. Zo kreeg ik een paar dagen later een pakketje met een aantal mooie stukken versteend hout, waarvan vooral het stammetje van afbeelding 1 mijn interesse wekte. Onder de stereomicroscop kon ik namelijk zien dat er poriën zaten in de dwarse doorsnede. En dus moest het loofhout zijn. Ik wilde al lang de wonderen van het loofhout bestuderen, na al die andere soorten hout. En dit was het duwtje dat ik nodig had.

AFBEELDING 1. | *Stammetje (A) uit het Eoceen van Vachères*

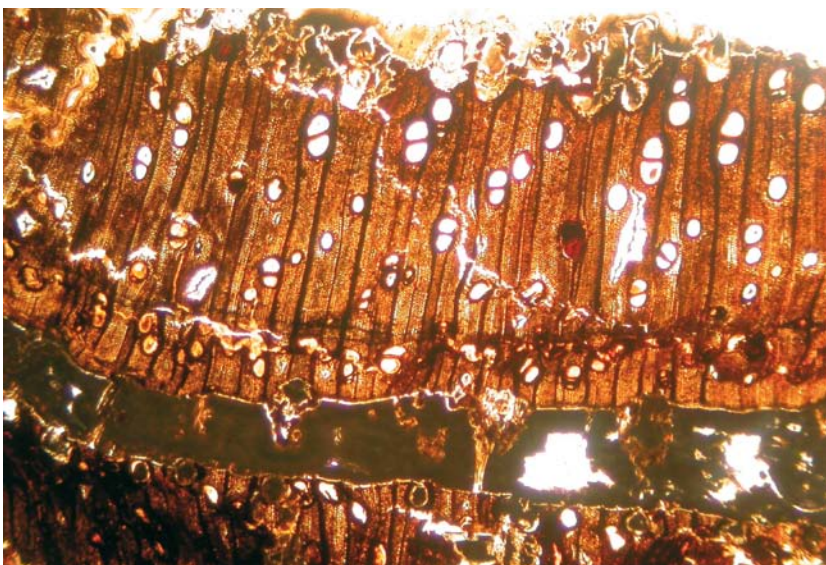


Bij het stammetje zat nog een klein stukje versteend hout, dat even zwart was en waarvan ik aannam dat het van hetzelfde stammetje afkomstig was. Hans de Kruyk toog aan het werk om daar slijpplaatjes van te maken. Na enige tijd kreeg ik via email een aantal prachtige foto's toegestuurd van de drie doorsneden, die voor het onderzoek van hout noodzakelijk zijn: de dwarse, de radiale (in de lengte, door het midden van de stam) en de tangentiale (in de lengte, evenwijdig aan het raakvlak). Hans en ik waren beiden verbaasd over de variatie van vormen en elementen, die te zien was. Wat een verschil met de eenvoudige structuur van coniferenhout!

Het vereiste flinke studie in onder meer het boek van Schweingruber (2001) om iets meer te begrijpen van wat er te zien was. Van determineren was echter nog geen sprake: daarvoor bleven te veel vragen over. Intussen had Hans Ramseier aan de hand van geologische kaarten vastgesteld dat het om hout uit het Eoceen ging. In de zomervakantie hebben we samen met hem daarna de vindplaats bezocht. De foto van afbeelding 2 is bij die gelegenheid genomen. Op zoek naar iemand die me zou kunnen helpen, kwam ik bij loofhoutspecialist Prof. Pieter Baas van het Nationaal Herbarium te Leiden terecht. Hij wees me



AFBEELDING 3. | Macrofoto van de dwarsdoorsnede van stammetje A. Duidelijke, zij het onregelmatige groeiringen. Halfkringporig.



AFBEELDING 4. | Microfoto (opnamevergroting 25 x) van de dwarsdoorsnede van stammetje A.

de weg naar hét boek(je) waarin alle kenmerken van loofhout heel precies beschreven worden, nl. de IAWA Hardwood List (Wheeler, Baas & Gasson, 1989). In combinatie met een lijst van dezelfde kenmerken op het internet (zie literatuurlijst), waarop eigenschappen die van toepassing zijn, aangevinkt kunnen worden, is het mogelijk tot een resultaat te komen.

In veel gevallen is dat resultaat een verzameling van mogelijke soorten, waarbij vervolgens geprobeerd kan worden soorten uit te sluiten, zodat de verzameling steeds kleiner wordt. De lijst op internet bevat zo'n 5.000 recente loofhoutsoorten en 1.500 fossiele. Omdat het aantal beschreven fossiele loofhoutsoorten tamelijk beperkt is, is de kans om tot een eenduidige soortdeterminatie te komen, erg klein. In de meeste gevallen zul je tevreden moeten zijn met een familie- of genusnaam, bv. *Quercoxylon* (voor hout dat het meest lijkt op dat van een eik) of *Aceroxylon* (voor hout dat het dichtst bij een esdoorn staat).

Op aanraden van Prof. Baas maakte Hans de Kruyk ook nog doorsneden van een deel van het stammetje zelf. Het is natuurlijk jammer om zo'n mooi stuk versteend hout te verminken, maar de informatie die je er uit krijgt, verzacht de pijn aanmerkelijk. Bovendien wist Hans dat zo te doen dat er toch een mooi geheel overbleef. Op mijn advies maakte hij alleen lengtedoorsneden omdat ik al een goede dwarsdoorsnede had. Ook daarvan kreeg ik foto's en later de slijpplaatjes zelf en zo kon ik weer aan het determineren gaan. Maar er bleven nog veel vragen over ...

Gelukkig maakte Prof. Baas tijd voor mij vrij om samen aan de hand van de slijpplaatjes mijn ingevulde lijsten door te nemen. En dat leverde al spoedig de verrassende constatering op dat het om twee verschillende houtsoorten ging. Het kleine, losse stukje was van een andere soort dan het stammetje, en de dwarsdoorsnede die ik had, gold niet voor het stammetje! Dit feit alleen al beantwoordde een flink aantal van mijn vragen. In de paar uur die volgden, leerde ik enorm veel en kreeg ik een goede indruk van de manier waarop loofhoutverzamelaars hun zaken aanpakken. Hoewel we niet tot een slotsom waren gekomen, keerde ik toch zeer voldaan huiswaarts.

Nadat Hans de Kruyk alsnog een dwarsdoorsnede van het stammetje had gemaakt, kon ik met een schone lei de beide houtsoorten gaan determineren. In beide gevallen kwam ik op een verzameling van resultaten uit die ik niet verder kon inperken. Ik nam toen contact op met Raimund Aichbauer uit Venray, die een autoriteit is op het gebied van loofhoutdeterminatie en die cursussen daarover verzorgt in Amsterdam. Hij was direct bereid het hout samen met mij te bekijken. Samen hebben we diverse uren doorgebracht met het controleren van de door mij aangestreepte kenmerken en daarnaast kon Raimund daar nog diverse andere eigenschappen aan toevoegen. Toch bleef het moeilijk om tot een eenduidige determinatie te komen. Een feit is dat er natuurlijk veel meer bekend is over de nu nog levende bomen dan over de bomen die uitgestorven zijn en alleen (zo nu en dan) als fossiel gevonden worden.

Dit probleem werd ook duidelijk in een tweede sessie bij Prof. Baas in Leiden. We voerden alle kenmerken nog eens opnieuw in, stonden één fout toe en kregen vervolgens een lijst met mogelijke uitkomsten. Die namen we door en Prof. Baas kon daarvan een groot aantal soorten uitsluiten. Het resultaat bleef toch omgeven door een mate van onzekerheid. De stam is waarschijnlijk afkomstig van een soort uit de Rutaceae. Dit is een grote familie (momenteel 150 geslachten, 900 soorten) van vooral heesters en bomen, die genoemd is naar de wijnruit (*Ruta graveolens*), een geneeskrachtig struikje. Tot deze familie behoort onder meer het genus *Citrus*, dat ons citrusvruchten zoals citroenen en sinaasappels levert.

De determinatie van het kleine stukje is onzekerder. Het lijkt nog het meest op een soort uit de Meliaceae, een grote familie (nu 55 geslachten, 550 soorten) uit tropische en subtropische streken, die vooral bekend is als leverancier van prachtige houtsoorten, zoals mahonie.

Ik zal nu de belangrijkste kenmerken beschrijven met verwijzingen naar de beide stukken uit Zuid-Frankrijk in de hoop op die manier wat inzicht te geven in de structuur van loofhout. Volledigheid is daarbij niet mogelijk omdat dit artikel dan onleesbaar en te

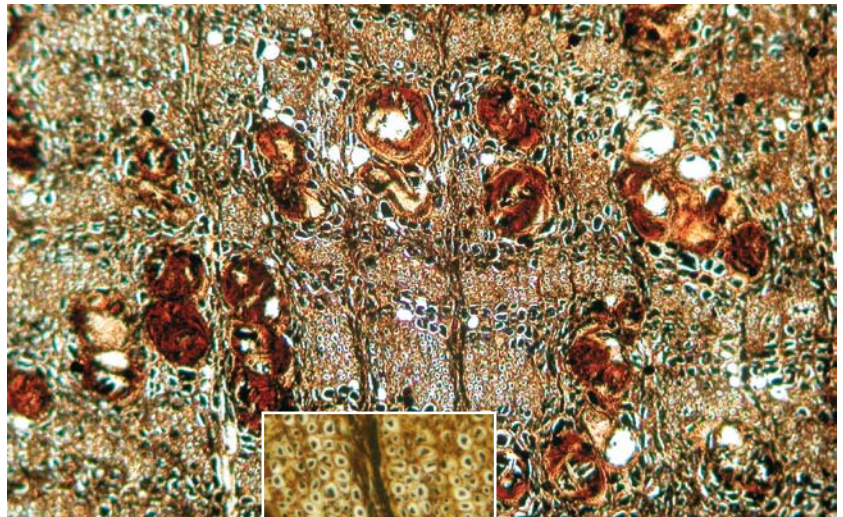
lang zou worden. Voor de duidelijkheid geef ik het stammetje van afbeelding 1 aan met de letter A en het kleine losse stukje (niet afgebeeld) met de letter B.

Groeiringen

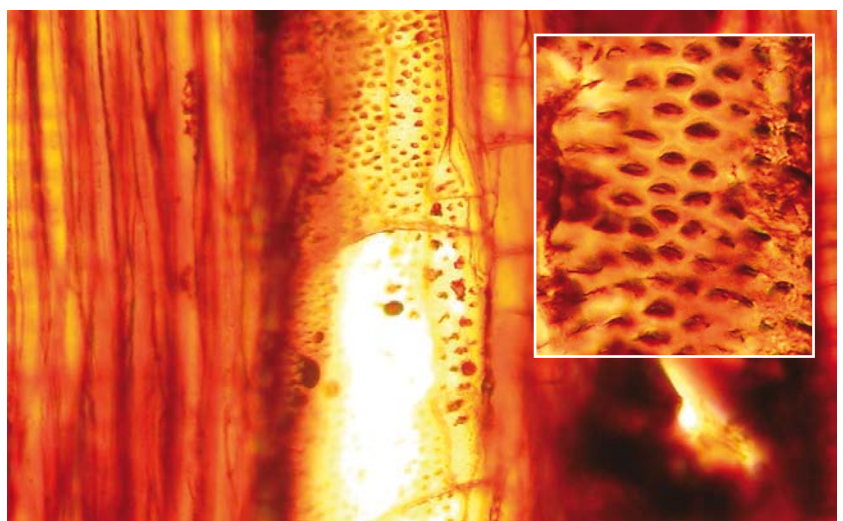
Groeiringen ontstaan door verschillen in groeisnelheid in de loop van het jaar en zijn te zien als concentrische zones in de dwarse doorsnede van de stam. De oorzaak ligt meestal in een afwisseling van natte en droge periodes of in temperatuursinvloeden waarbij een stopperiode in de groei plaatsvindt als de temperatuur te laag wordt. In het laatste geval zijn de groeiringen veel scherper begrensd dan in het eerste. In de gematigde klimaatzones wordt meestal één ring per jaar gevormd (de jaarring dus), maar als er een groeistop plaatsvindt door bv. kaalvraat door de eikenprocessierups of door een zeer lange droogteperiode, kunnen er meerdere groeizones per jaar ontstaan. In een zeer gelijkmatig klimaat ontstaan geen groeiringen.

Als er sprake is van jaarringen dan zijn de in het voorjaar gevormde cellen groot en dunwandig en de in de zomer gevormde cellen kleiner en dikwandig. Men spreekt van *vroegehout* en *laathout*.

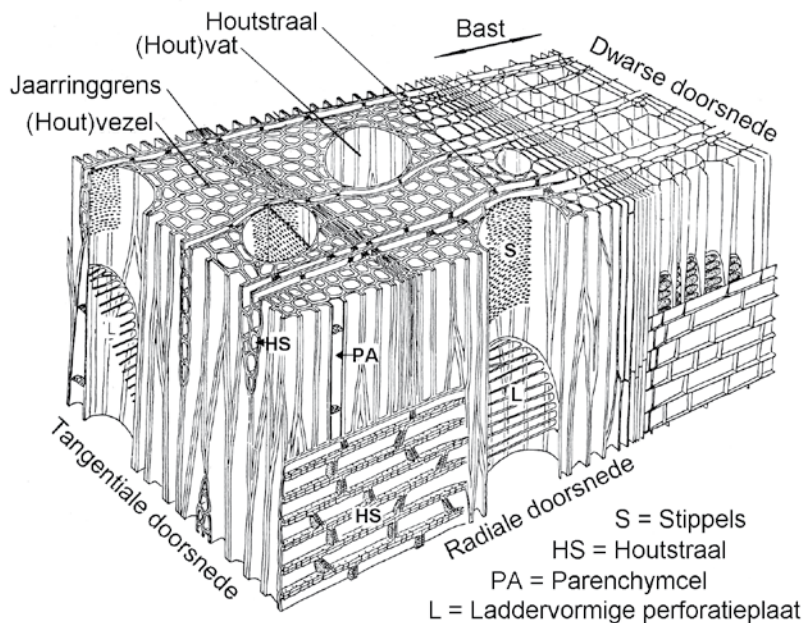
In het geval van het stammetje A (Afb. 3) zijn de groeiringen duidelijk aanwezig, maar bij het kleine stukje hout B (Afb. 5) zijn ze erg onduidelijk. Het al of niet aanwezig zijn van duidelijk begrensde groeiringen is een determinatiekenmerk.



AFBEELDING 5. | Microfoto (opnamevergroting 100x) van de dwarsdoorsnede van stukje B. Verspreidporig. Verticale lijnen zijn houtstralen. Horizontale lijnen zijn parenchymbanen. Inzet: vezels in sterkere vergroting.



AFBEELDING 6. | Microfoto (opnamevergroting 100x) van een houtvat in stammetje A. Links: vezelcellen. Inzet: vat-vat-stippels.

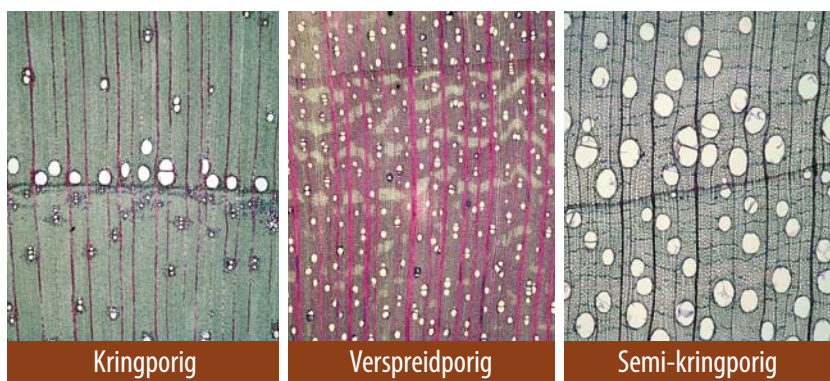


AFBEELDING 7. | Schematische tekening van een blok loofhout. De bast is bij fossiel hout vrijwel altijd verdwenen. Naar Grosser (1977)

(Hout)vaten

Op de dwarse doorsnede van loofhout zijn de z.g. poriën het meest opvallend (Afb. 4, 5 en 7). Het zijn in feite de doorsneden van houtvaten (Eng. *vessels*), die in de lengterichting van de stam lopen en die water transporteren. Ze hebben een aanmerkelijk grotere diameter dan de andere elementen van het hout. Ze zijn opgebouwd uit vatelementen, die, op elkaar gestapeld, het vat vormen. Op het raakpunt van twee elementen zit een geperforeerde wand: de perforatieplaat (Afb. 7). Zie afbeelding 6 voor een vat waarin twee elementen en de tussenwand te zien zijn. Als twee of meer vaten tegen elkaar aan liggen, wat veel voorkomt (zie Afb. 4 en 5), dan staan die met elkaar in verbinding via z.g. vat-vat-stippels. Dat zijn vrij gecompliceerde systemen met een membraan. Die stippels zijn te zien op de bovenste cel en in de inzet in afbeelding 6.

De meest voorkomende perforatieplaat vertoont geen bijzondere structuur. Vrij veel voorkomend zijn platen met laddervormige perforaties. In afbeelding 7 is



AFBEELDING 8. | Voorbeelden van kringporig hout (es: *Fraxinus*; links), verspreidporig hout (esdoorn: *Acer*; midden) en halfkringporig hout (walnoot: *Juglans*; rechts). Van de website: *Database of Japanese Woods*.

zo'n plaat getekend. Daarnaast komen er ook voor met netvormige perforaties. Onze stukjes hout hebben beide eenvoudige perforatieplaten.

Een belangrijk determinatiekenmerk is gelegen in de verdeling van de poriën over de dwarse doorsnede (zie voor voorbeelden Afb. 8):

- Bij *kringporig* hout zijn de vaten (en dus de poriën) in het vroeghout aanmerkelijk groter dan die in het laathout. De brede poriën vormen een duidelijk

afgescheiden zone. Voorbeelden van kringporig loofhout zijn eik, es, iep, robinia en kastanje.

- Bij *verspreidporig/diffuusporig* hout hebben de poriën allemaal ongeveer dezelfde doorsnede en liggen ze gelijkmatig verspreid over de hele doorsnede, onafhankelijk van de groeizones. Verreweg de meeste tropische houtsoorten horen bij deze groep alsmede veel soorten uit de gematigde zone. Bv. beuk, berk, esdoorn, linde, populier en wilg.
- Bij *halfkringporig* hout is er een duidelijk verschil in grootte van de poriën tussen laathout en het daaropvolgende vroeghout, maar is er een geleidelijke overgang naar kleinere poriën van vroeghout naar laathout in dezelfde jaarring. Voorbeelden zijn: prunus en walnoot.

Wat onze stukjes betreft: het stammetje A is halfkringporig en het kleine stukje B is verspreidporig.

De houtvaten leveren overigens nog veel meer kenmerken op. Ik noem er een paar:

- de groepering van de vaten: ze kunnen, op dwarse doorsnede gezien, allemaal los van elkaar liggen, in radiale rijtjes, of in clusters;
- patronen: de poriën kunnen volgens bepaalde patronen gerangschikt zijn;
- de rangschikking en de grootte van de vat-vat-stippels;
- de diameter van de houtvaten;
- het aantal vaten per mm^2 op de dwarse doorsnede;
- de lengte van de cellen waaruit een vat bestaat.

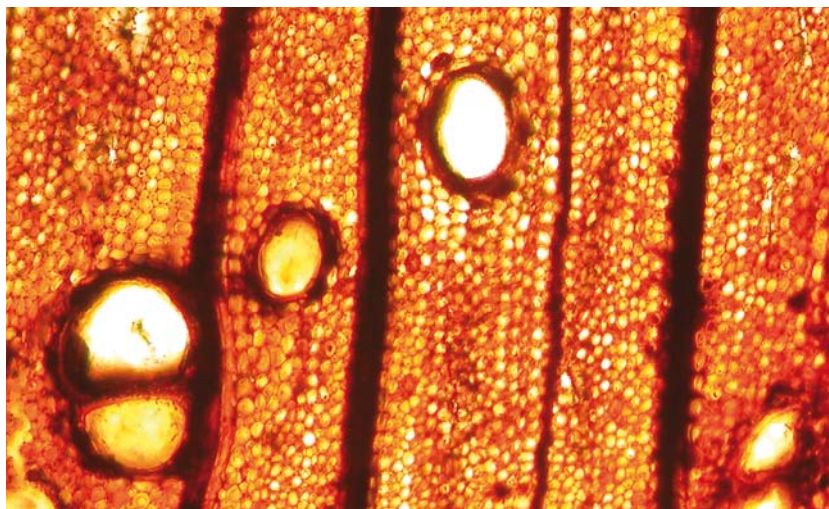
Het grondweefsel

In de dwarsdoorsnede in afbeelding 9 is te zien dat het hout voornamelijk is opgebouwd uit kleine cellen. Dit zijn de (hout)vezels (Eng. *fibres*). Samen vormen ze het grondweefsel (Eng. *ground tissue*). In een lengtedoorsnede is te zien dat ze langgerekt zijn, met scheve wanden aan de onder- en bovenzijde, waardoor ze puntig in elkaar steken. Zie bijvoorbeeld de lange, dunne cellen in afbeelding 7, links van het houtvat. Zie ook de

schematische tekening in afbeelding 6. Deze vezelcellen staan met elkaar in verbinding door heel kleine stippels in de verticale wanden.

Kenmerken die gebruikt worden bij het determineren van de houtsoort zijn onder meer:

- de dikte van de wand in de dwarse doorsnede. Zo zijn deze in het kleine stukje (B) erg dik (zie inzet van Afb. 5). De zwarte stip in het midden van een cel geeft aan wat er over is van de holte in de cel. Bij het stammetje A (Afb. 9) zijn ze veel dunner;
- de gemiddelde lengte van de vezels;
- het al of niet aanwezig zijn van septen (dwarswandjes) in de vezels, te bekijken in een lengtedoorsnede;
- het type stippels tussen de vezels (al of niet met een hof).



AFBEELDING 9. | Microfoto (opnamevergroting 100x) van dwarsdoorsnede van stammetje A. Grote objecten zijn houtvaten; kleine cellen zijn houtvezelcellen; verticale lijnen zijn houtstralen. Vergelijk Afb. 6.

Houtstralen

De donkere lijnen die in de afbeeldingen 4, 5 en 9 in verticale richting lopen zijn houtstralen (vroeger mergstralen geheten; Eng. *ray*). Het zijn banen van dunwandige cellen (parenchym) die in horizontale richting straalsgewijs naar buiten lopen. Sommige houtstralen beginnen in het midden van de stam, de meeste beginnen op enige afstand daarvan. De functie van houtstralen is onder meer het transport van voedingsstoffen in horizontale richting. In de tangentiale doorsnede zien de houtstralen er lensvormig uit (Afb. 6 en 10). Terwijl ze bij coniferenhout maar één cel breed zijn, hebben ze in loofhout heel vaak een meercellige dikte. De hoogte vertoont grote variaties per soort en vaak ook binnen een soort. Voor de determinatie is vooral van belang:

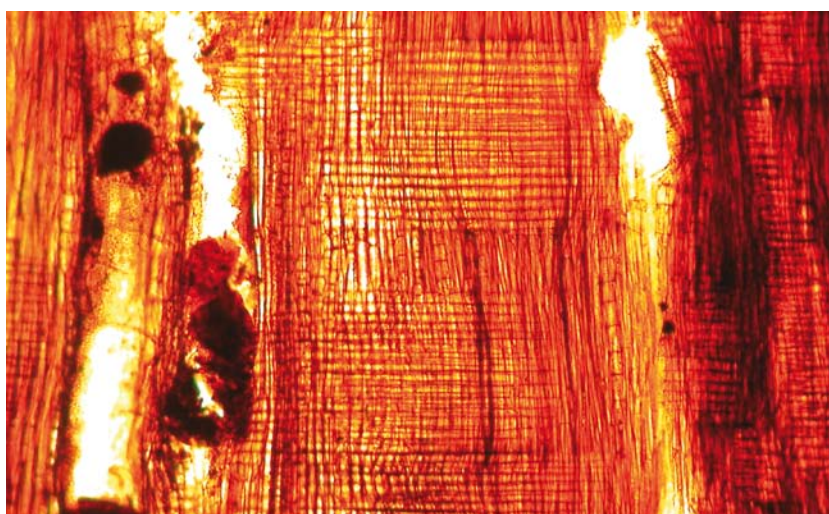
- het gemiddelde aantal cellen dat een houtstraal breed is in de tangentiale doorsnede.

In de radiale doorsnede is de houtstraal te zien als een horizontaal lopende band van min of meer rechthoekige cellen (Afb. 6 en 11). Een determinatiekenmerk is:

- de vorm van de cellen waaruit de straal is samengesteld. Soms zijn alle cellen van dezelfde vorm: liggend rechthoekig, of staand rechthoekig (inclusief vierkant). In andere gevallen zijn de meeste cellen liggend rechthoekig maar is de bovenste rij staand rechthoekig. Zo zijn er nog meer combinaties.



AFBEELDING 10. | Microfoto (opnamevergroting 100x) van tangentiale doorsnede door stammetje A. De lensvormige structuren zijn houtstralen.



AFBEELDING 11. | Microfoto (opnamevergroting 25 x) van radiale doorsnede van stammetje A. Links en rechts zijn twee slecht geconserveerde houtvaten te zien. De horizontale banden zijn houtstralen.

Bij onze twee stukken hout lijken alle cellen liggend rechthoekig te zijn, hoewel dat bij het kleine stukje (B) moeilijk te zien is. In zo'n geval kun je het beste dit kenmerk overslaan. Een ander kenmerk is:

- het aantal houtstralen per mm. Dit meet je langs een rechte lijn in de tangentielle of de dwarse doorsnede.

Parenchym

Zoals eerder gezegd bestaat parenchym uit dunwandige cellen. Ze kunnen losjes verspreid liggen tussen de andere cellen zoals in afbeelding 6 en dan vallen ze niet erg op. Maar vaak zijn deze cellen gegroepeerd op een voor een soort of familie karakteristieke wijze. Men spreekt van *axiaal parenchym* om het te onderscheiden van het parenchym van de houtstralen. Ik zal het woord axiaal hier verder weglaten. Dit parenchym wordt ook vaak tot het grondweefsel gerekend. Er worden drie belangrijke manieren onderscheiden waarop het parenchym gegroepeerd kan zijn:

1. *Apotracheaal parenchym*. Apo betekent: weg van. Dit parenchym ligt los van de houtvaten (tracheeën), verspreid over de dwarse doorsnede.
2. *Paratracheaal parenchym* (para = naast). Hier ligt het parenchym op een of andere manier tegen de houtvaten aan.
3. *Gebandeerd parenchym*. Dit is een term voor parenchym dat in doorlopende banden ligt. In de dwarse doorsnede is meestal vrij gemakkelijk te zien welke groep van toepassing is, of dat er sprake is van de mogelijkheid:
4. er is geen of zeer weinig axiaal parenchym aanwezig.

In het geval van het kleine stukje uit Zuid-Frankrijk (B) is heel duidelijk gebandeerd parenchym te zien (Afb. 5). Het zijn min of meer horizontaal lopende lijnen van één, twee of drie cellen dik. Je zou ze kunnen verwarren met jaarringen, maar die vertonen in het laathout veel dikkere celwanden. De verticale lijnen zijn de houtstralen.

Bij het stammetje A (Afb. 4) is heel weinig parenchym te zien, zodat dit onder de vierde mogelijkheid valt.

Andere kenmerken

Er zijn te veel kenmerken om allemaal op te noemen, maar enkele voorbeelden zijn:

- het al of niet aanwezig zijn van met olie of slijm gevulde cellen;
 - het al of niet aanwezig zijn van kristallen in diverse soorten cellen;
 - de vorm en grootte van stippels die de houtvaten en de houtstralen verbinden.
- Ter geruststelling: voor determinatie is vaak een beperkt aantal kenmerken al voldoende om een flink eind op streek te raken.

Tot slot

Het zal duidelijk zijn dat het onmogelijk is om in het bestek van een kort artikel een volledig beeld van de structuur van loofhout te geven. De bedoeling van dit stuk is dan ook om de belangrijkste elementen van de structuur voor te stellen. Loofhout is een wereld op zich en het is niet verwonderlijk dat er een actieve vereniging van houtsoortenverzamelaars bestaat (NEHOSOC), waarvan de leden thuis kasten vol met rechthoekige blokjes hout hebben staan. Met versteend hout houden zij zich in het algemeen wat minder bezig, vooral omdat daarvoor andere technieken nodig zijn zoals het maken van slijpplaatjes.

Ik moet zeggen dat Hans de Kruijk en ik erg genoten hebben van dit avontuur en dat we weer heel wat momenten van verwondering over de fraaie en in het begin zo raadselachtige structuren hebben meegemaakt. En ik ben ook blij dat ik nu Hans Ramseier heb kunnen berichten dat het stammetje waarschijnlijk afkomstig is uit de familie van de Rutaceae en dat het misschien wel een sinaasappelboom geweest is. Hij heeft namelijk in zijn museum een nog veel grotere stam van ditzelfde hout liggen en kan daar nu een naamplaatje bij zetten.

Dankwoord

Ik dank Hans Ramseier uit Vachères (Provence, Frankrijk) voor het opsturen van een aantal mooie stukken fossiel loofhout, die hij in zijn omgeving gevonden had. Deze vormden de basis van dit artikel. Ik dank Prof. Pieter Baas van het Nationaal Herbarium te Leiden heel hartelijk voor de begeleiding die hij gaf bij het inwerken in deze materie en bij het schrijven van het artikel. Ik dank

Raimund Aichbauer (Venray) van de Nederlandse Vereniging van Houtsoortenverzamelaars (NEHOSOC) hartelijk voor het met mij doornemen van mijn determinaties en het geven van allerlei aanwijzingen en informatie. Dr. Johan van der Burgh van de Universiteit van Utrecht dank ik voor het verstrekken van een aantal slijpplaatjes van loofhout als oefenmateriaal.

LITERATUUR

Barefoot, A.C. & Hankins, F.W., 1982. Identification of Modern and Tertiary Woods. Oxford.

Daniels, F.J. & Dayvault, R.D., 2006. Ancient Forests. A closer look at fossil wood. Colorado. Groot formaat platenboek.

Fahn, A., Werker, E. & Baas, P., 1986. Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions. Jerusalem 1986.

Grosser, D., 1977. Die Hölzer Mitteleuropas. Springer Verlag, Berlijn.

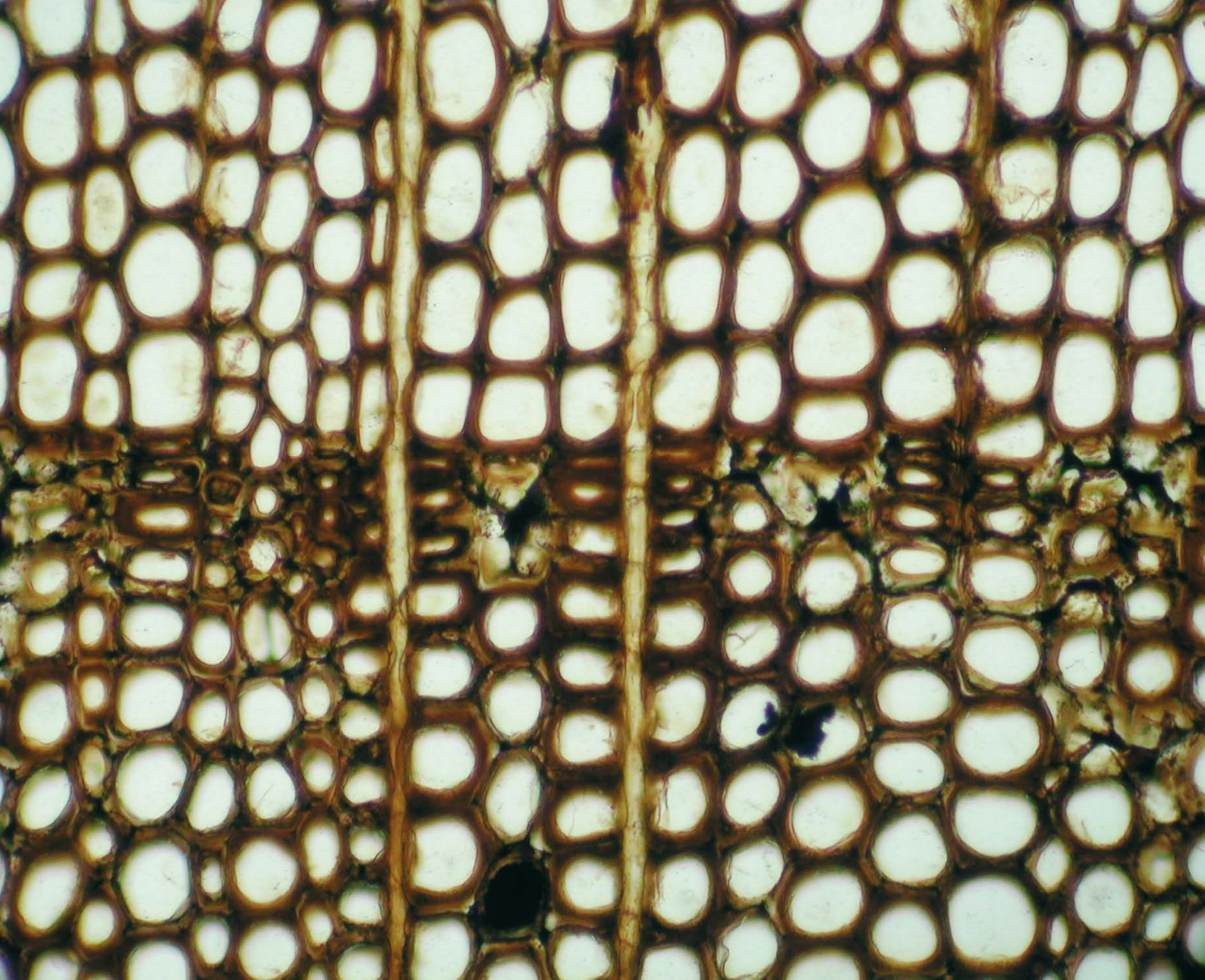
Ilic J., 1987. The CSIRO Family Key for Hardwood Identification. Leiden. Voorloper van de IAWA-lijst.

Schweingruber F.W., 1990. Mikroskopische Holz Anatomie/ Anatomie microscopique du bois/ Microscopic Wood Anatomy. Birmensdorf (Zwitserland).

Wheeler, E.A., Baas, P. & Gasson, P.E., 1989 (4e herdruk: 2007). IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. Te bestellen bij het NCB-Nationaal Herbarium te Leiden.

Inside Wood. Online-determinatielijst voor loofhoutsoorten. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/menu/type/modern/.2> Maakt gebruik van de IAWA List (1989).

What wood is that? Nog een online-determinatielijst, die ook handig is om mee te werken. <http://what-wood.servehttp.com/>



Een palmvoet met wortels en een oerboom uit de Noordzee

HANS STEUR
LAAN VAN AVEGOOR 15
6955 BD ELLECOM
STEURH@XS4ALL.NL
WWW.FOSSIELEPLANTEN.NL

Noordzeevissers brengen heel wat meer aan land dan alleen vis. Mammoetkiezen, botten van reuzenherten en andere al dan niet uitgestorven zoogdieren, een hyenadrol, een kaak van een sabeltandtijger, etc. En nu dan ook een verkiezelde palmvoet en een prachtig geconserveerde coniferenstam.

AFBEELDING LINKERPAGINA. | Sterke vergroting van de dwarse doorsnede door de fossiele stam van *Sciadopitys* die in dit artikel wordt beschreven. Onder: laathout, boven: vroeghout. Hoogte van de foto 0,4 mm. Foto H. de Kruijk. Zie voor verdere uitleg afbeelding 8.

Iemand die in het brandpunt van deze vondsten zit, is Klaas Post, vishandelaar te Urk. Als vissers iets fossiels van de zeebodem hebben opgehaald, melden ze dat bij Klaas, die alles dankbaar in ontvangst neemt. Hij heeft er een loods vol mee liggen. Hij houdt zich vooral bezig met zeezoogdieren en heeft daar, al dan niet in samenwerking met het Natuurhistorisch Museum Rotterdam, al heel wat over gepubliceerd. In 2003 werd zijn werk beloond met de van Van der Lijn-onderscheiding. Van tijd tot tijd komt er ook fossiel hout bij hem binnen, maar dat is niet echt zijn terrein. Doorgaans eindigen dergelijke stukken als versiering in een visserstuin. Klaas zorgde ervoor dat enkele van die stukken bij mij terecht kwamen omdat ik me wèl met fossiel hout bezighoud. Over twee van die stukken wil ik graag iets schrijven, namelijk over een palmvoet en over een zwaar stuk coniferenhout, dat afkomstig blijkt te zijn van een voorouder van een “levend fossiel”.

De palmvoet

Een heel bijzonder fossiel is de palmvoet van afbeelding 1. Hij is in 2009 opgevoerd van de bodem van het meest zuidelijke deel van de Noordzee (Afb. 11) door de ARM 44 (Arnhemuiden 44). Precieze datering van de vondst is moeilijk: het is waarschijnlijk Eoceen (Ypresien: 56-49 miljoen jaar), maar helemaal zeker is dat niet. Zie het stukje “Herkomst” aan het eind van dit artikel. Het stuk is 30 cm hoog en weegt 4,3 kg.



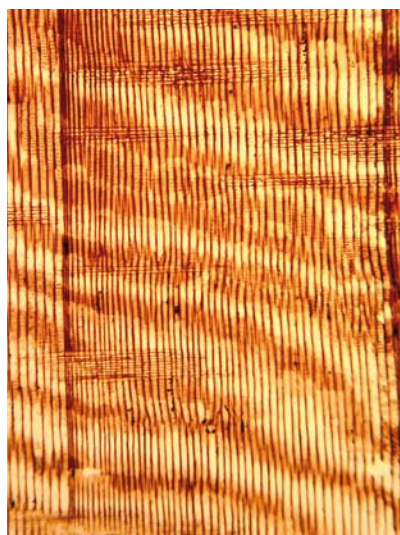
AFBEELDING 2. | Detail van afbeelding 1. De witte, ronde vlekjes in het bovenste deel van de foto zijn dwarse doorsneden van vaatbundels; de witte streepjes zijn lengtedoorsneden. In het onderste deel van de foto ziet men de wortels van deze palmvoet.



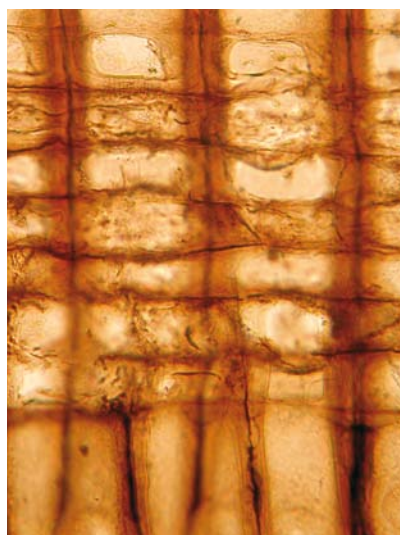
AFBEELDING 1. | Palmvoet met wortelkluif uit de Noordzee. Hoogte van het fossiel 30 cm, gewicht 4,3 kg.

Dat het om palmhout gaat, is te zien aan de verdeling van de vaatbundels (Afb. 2). Deze liggen op een dwarse doorsnede regelmatig verspreid. In afbeelding 2 is ook de lengtedoorsnede van deze vaatbundels te zien. Zie voor de structuur van palmhout het downloadbare artikel van Steur (2006). Een palmstam ontstaat op een geheel andere wijze dan de stam van een naald- of loofboom. Deze laatste hebben secundaire diktegroei, waarbij uit een eencellige cambiumlaag onder de schors (secundair) hout wordt gevormd, waardoor de stam dikker wordt. Palmen hebben geen secundaire diktegroei en moeten op een andere wijze een stam vormen. Daarvoor groeit een jonge palm eerst in de breedte uit voordat hij omhoog gaat. Het duurt vaak heel lang (tot meerdere jaren) voordat de jonge plant breed genoeg is om omhoog te gaan groeien. De stam heeft in principe overal dezelfde dikte, maar door dikker of dunner worden van de cellen kan de stam op bepaalde plaatsen ook dikker of dunner worden. Bovenop de stam zit een heel grote groeiknop, waaruit de waaier- of veervormige bladeren voortkomen. Als die groeiknop wordt weggehaald (dat gebeurt wel omdat hij eetbaar is) sterft de palm meestal af.

Stammen worden vaak versterkt door bladstengels, die blijven zitten als de bladschijf is afgevallen. Palmen hebben zeer veel wortels, waarmee ze heel effectief verankerd zijn aan de bodem. Deze wortels hebben ook geen secundaire dikte-groei en zijn dus cilindrisch. Het bijzondere van het hier gepresenteerde fossiel is dat ook de wortelkluit gefossiliseerd is.



AFBEELDING 4. | Radiale doorsnede van de stam. De dikke verticale lijnen zijn jaarringgrenzen, de dünnere verticale lijntjes zijn de wanden van de tracheïden. De horizontale banden zijn de houtstralen. Hoogte van de foto: 4,5 mm.



AFBEELDING 5. | Radiale doorsnede van een crossfield: de doorsnede van een houtstraal met de tracheïden. De venstervormige "stippels" zijn vooral in de bovenste rij cellen goed te zien. Hoogte van de foto 0,4 mm.



AFBEELDING 3. | Coniferenstam uit de Noordzee: van twee kanten gefotografeerd. De lengte van de stam is 58 cm, het gewicht 20 kg. Uit het onderzoek blijkt dat het een stam van *Sciadopitys* is.

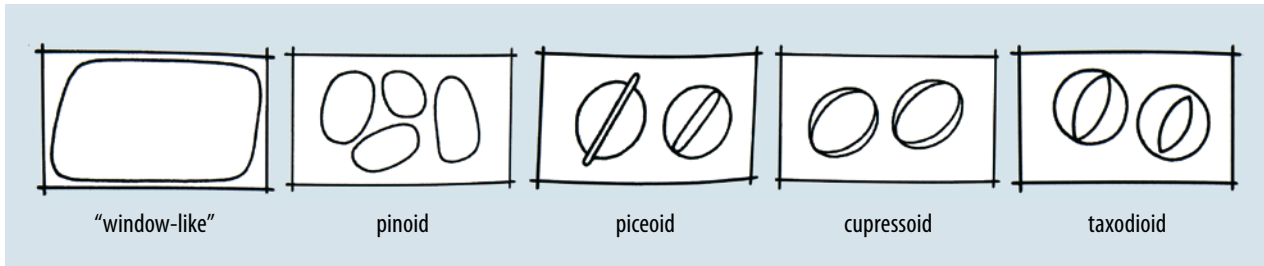
Om het hout van de palmvoet op soort te kunnen determineren, moeten slijpplaatjes gemaakt worden. Dat zou het fossiel echter ernstig beschadigen, terwijl de uitkomst toch maar een betrekkelijke waarde heeft. In het algemeen hoort fossiel palmhout tot het genus *Palmoxylon*. Er zijn veel soorten beschreven, maar die hebben vaak weinig systematische betekenis. Soms kunnen aan één stam meerdere soorten *Palmoxylon* worden onderscheiden, afhankelijk van de plaats in de stam. Daarom maakten we geen slijpplaatjes van dit stuk. Palmen groeien meestal in tropische of subtropische omstandigheden. Dat klopt ook in ons geval, want in de hele periode van 70 tot 40 miljoen jaar geleden was het klimaat veel warmer dan nu. De gemiddelde jaartemperatuur lag tot wel 10 graden hoger dan tegenwoordig.

De coniferenstam

Het stuk stam is fors: met een lengte van 58 cm weegt het 20 kg (Afb. 3). Het is opgevoerd in 2007 door de ARM 18 in hetzelfde gebied als waar de palmvoet gevonden is (Afb. 11). Op de dwarse doorsnede is met een sterke loep wel te zien dat de celstructuur erg fijn is en dat er geen poriën aanwezig zijn (zoals bij loofhout). Het moet dus wel coniferenhout zijn. Gelukkig zat er een stukje van de steen los, zodat er geen geweld gebruikt hoefde te worden voor het maken van de slijpplaatjes. Daarbij merkte Hans de Kruyk dat de celstructuur zeer goed bewaard is gebleven. Hij maakte de vereiste drie doorsneden: de dwarse, de radiale (in de lengte en door het midden van de stam) en de tangentiale (in de lengte en evenwijdig aan een raakvlak).

Het determineren van naaldhout is moeilijk, omdat de structuren in de loop van zo'n 350 miljoen jaar maar weinig veranderd zijn. Daardoor zijn er betrekkelijk weinig kenmerken waarop gedetermineerd kan worden. Dit in tegenstelling tot loofhout waarin wel veel structurelementen aanwezig zijn.

Het IAWA (International Association of Wood Anatomists) heeft, net als voor loofhout, een boekje uitgegeven waarin de kenmerken van coniferenhout heel precies worden beschreven (Richter *et al.*, 2011). Het is bij het Nationaal Herbarium te Leiden te bestellen. Omdat het in ons geval om fossiel hout gaat, is een flink aantal kenmerken niet te gebruiken, zoals de kleur en de geur van het hout. Jammer genoeg is er niet, zoals bij loofhout, op het internet een bij het boekje behorende aanstreeplijst om het hout te determineren.



AFBEELDING 6. | De stippels in de crossfields voor de verschillende groepen coniferen (Naar Richter, 201; van links naar rechts):

- window-like* bij veel *Pinus*-soorten (*den*);
- pinoid*: bij de overige *Pinus*-soorten;
- piceoid*: bij *Picea*-soorten (*spar*);
- cupressoid*: bij leden van de familie van cypressen en bij de *araucaria*'s;
- taxodioid*: bij de familie van de moerascypressen.

Toch geeft het gebruik van de zoekwoorden "*softwood identification*" in Google een aantal interessante uitkomsten (coniferenhout wordt in het Engels *softwood* genoemd). Eén daarvan (Esteban *et al.*, 2004) beschrijft een flink aantal kenmerken en geeft daarna een tabel van 352 coniferensoorten met de bijbehorende kenmerken. Indien van toepassing, wordt ook het IAWA-nummer van het kenmerk genoemd. Uit een blokschema van Passas (2006) begrijp ik dat je, om conife-

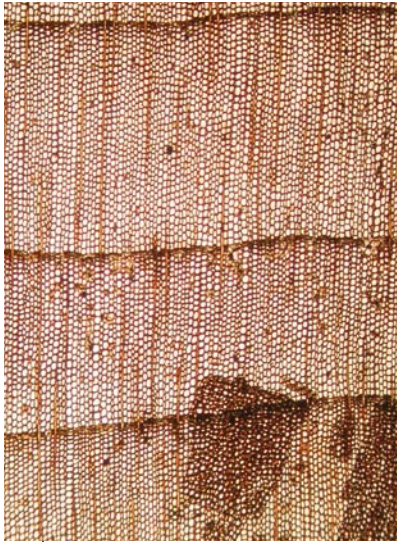
renhout te kunnen determineren, in de eerste plaats moet kijken naar de stippels in het z.g. *crossfield*. Dit behoeft enige uitleg (zie ook Steur, 2005). Houtstralen (vroeger ook mergstralen genoemd) zijn horizontaal verlopende banden van dunwandige cellen (parenchymcellen). Ze lopen vanuit het cambium naar het midden van de stam en zijn dus te zien op de radiale doorsneden (Afb. 4). Ze dienen voor het transport van water en voedingsstoffen en voor opslag. Tracheïden zijn watergeleidende cellen die in de lengterichting van de stam lopen. Houtstralen en tracheïden staan dus loodrecht op elkaar (Afb. 4 en 5). De cellen van de houtstralen en de tracheïden staan, daar waar ze elkaar snijden (het *crossfield*), met elkaar in verbinding door z.g. stippels. Dat zijn structuren met een membraan dat water doorlaat. Deze stippels hebben bij de verschillende grote groepen coniferen een karakteristieke vorm (zie daarvoor Afb. 6). Om deze "*crossfield pitting*" te kunnen zien is meestal een flinke vergroting vereist.

In onze slijpplaatjes kwam duidelijk naar voren dat het Noordzeehout grote, "*window-like*" stippels had. Per cel was er meestal één zo'n zeer grote "stippel" te zien (zie Afb. 5, waarin deze stippels vooral in de bovenste rij cellen goed te zien zijn). Soms waren er twee per cel. Aanstrepen van deze eigenschap in de lijst van 352 coniferensoorten van Esteban (2004) gaf als resultaat 20 soorten *Pinus* (*den*) en verder alleen nog *Sciadopitys verticillata*. Let wel: de lijst bevat alleen soorten die nu nog voorkomen.

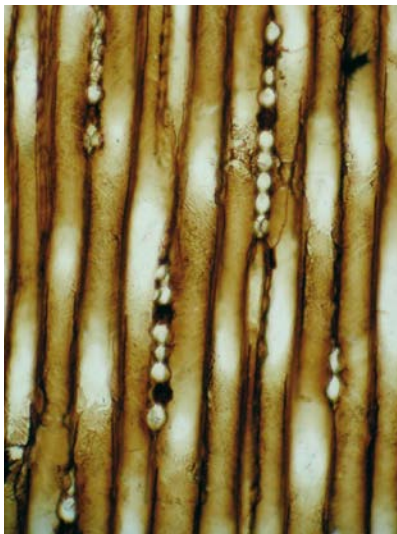
Een ander kenmerk dat belangrijk is voor de determinatie is het al of niet aanwezig zijn van harskanalen. Deze kunnen zowel verticaal als horizontaal voorkomen maar in ons hout zijn ze niet aanwezig. Bij alle *Pinus*-soorten komen ze echter wél voor! Op deze manier bleef er maar één soort over. Dat kon niet waar zijn



AFBEELDING 7. | Twee exemplaren van het "levende fossiel" *Sciadopitys verticillata*, alias Kransspar, alias Japanse Parasolden, in het prachtige Von Gimborn-arboretum te Doorn. Inzet: een takje met naalden. Interessant is dat de naalden bij deze boom geen blaadjes zijn, maar takjes, die de functie van blaadjes hebben overgenomen.



AFBEELDING 8. | *Dwarse doorsnede. De horizontale lijnen zijn jaarringgrenzen. De celletjes zijn de dwarse doorsneden van de tracheïden. Hoogte van de foto 8 mm. Voor een nog grotere vergroting, zie de afbeelding boven de titel van dit artikel.*



AFBEELDING 9. | *Tangentiale doorsnede. De verticale rijtjes cellen zijn de dwarse doorsnede van houtstralen. De langgerekte cellen zijn tracheïden. Hoogte van de foto 0,8 mm. Foto H. de Kruyk.*

Tijd dus om contact op te nemen met een echte houtkenner, Raimund Aichbauer uit Venray, die me ook bij het determineren van loofhout terzijde heeft gestaan. Raimund wees op de online determinatietabel van de website “*What Wood is That?*” waarin ook de coniferen zijn opgenomen. Op zijn verzoek heb ik de slijpplaatjes aan hem opgestuurd en enige tijd later kreeg ik

een uitvoerige analyse van het hout, alsmede een groot aantal foto’s opgestuurd. Zijn conclusie was dat er door de venstervormige stippels niet veel mogelijkheden overbleven. De afwezigheid van zowel verticale als horizontale harsgangen bevestigt dat het geen *Pinus* kan zijn. Dan blijven er nog maar een vijftal kandidaten over (volgens de tabel van *What Wood is That?*). Omdat daarvan alleen *Sciadopitys* op het noordelijk halfrond voorkomt en de andere alleen op het zuidelijk halfrond, is *Sciadopitys* de meest waarschijnlijke uitkomst. Het bijbehorende hout heet dan *Sciadopityoxylon*.

Raimund verwijst ook naar een artikel van Zhang et al. (1999) waarin het houtgenus *Protosciadopityoxylon* wordt beschreven uit het Onder-Krijt van China. De eigenschappen van dit hout komen zeer goed overeen met die van ons fossiel. Volgens Taylor et al. (2011) komt *Sciadopityoxylon* voor vanaf het Krijt. Van andere delen van de *Sciadopitys*-achtige bomen zijn echter al veel oudere fossielen gevonden. Zo zijn uit het Trias van Antarctica (meer dan 200 miljoen jaar geleden) fossielen bekend van een kegel die *Parasciadopitys* wordt genoemd (Yao et al., 1997).

De enige soort die nu nog leeft is *Sciadopitys verticillata* ofwel de Japanse parasol-den, alias de “kransspar”. Deze boom komt in het wild alleen nog voor in Zuid-Japan. Via kweken is hij nu verbreid over de hele wereld. Een eigenaardigheid van deze boom is dat takjes met bladgroen de functie van bladeren/naalden hebben overgenomen. We kunnen dus met een grote mate van zekerheid aannemen dat deze stam tot het houtgenus *Sciadopityoxylon* behoort. En omdat dit hout al zo lang bestaat, kunnen we zeggen dat onze stam een voorouder is van het levende fossiel *Sciadopitys verticillata* (Afb. 7). De ARM 18 heeft dus een wel zeer bijzondere vangst gedaan!

De determinatie van coniferenhout was in dit geval in feite eenvoudig. Meestal moeten veel meer eigenschappen bekeken worden en stuit het vinden van een naam vaak op moeilijkheden. Hieronder wordt aan de hand van foto’s nog een aantal eigenschappen van deze stam aangestipt.

Afbeelding 8 toont een dwarse doorsnede (zie ook de afbeelding boven de titel van dit artikel). Daaraan is te zien dat er geen harsgangen zijn. De zwarte stipjes zouden op harsgangen kunnen wijzen maar uit de lengtedoorsneden blijkt dat het geen doorlopende gangen zijn. Afbeelding 9 is een tangentiële doorsnede. De houtstralen zijn, zoals bij bijna alle coniferen één cel breed. De hoogte varieert, maar is gemiddeld ongeveer zeven cellen. In deze doorsnede is te zien dat er geen horizontale harsgangen zijn. De zwarte puntjes zijn weer plaatselijke onregelmatigheden. Afbeelding 10 is weer een radiale doorsnede. Hier zijn de hofstippels van de tracheïden te zien. Meestal liggen deze in één rij maar in de vroeghouttracheïden zijn ze soms tweerijig.

Herkomst

Er kleven raadsels aan de herkomst van beide hier beschreven vondsten. Vastgesteld kan worden dat ze allebei erg gaaf en niet afgerold zijn. Ze zijn dus niet over grote afstand getransporteerd. De Noordzeebodem is in het vangstgebied (lichtblauw in Afb. 11) bedekt met een laag Kwartair materiaal en daaronder liggen afzettingen uit het Onder-Krijt en Tertiaire afzettingen uit het Oligoceen en Eoceen. Nu is de Kwartaire laag niet overal even dik, maar het is toch onwaarschijnlijk dat fossielen uit de onderliggende lagen vrij op de zeebodem komen te liggen. De pre-kwartaire laag wordt bij het vissen maar zelden bereikt. Een mogelijkheid is, dat de fossielen afkomstig zijn van het Engelse vasteland uit de *London Clay* die in een groot gebied in de Thamesvallei aan de oppervlakte komt en die zich ten noorden ervan nog voortzet. De *London Clay*-afzettingen op het eiland Sheppey zijn erg bekend om de vele fossiele plantenresten (vooral zaden) die er gevonden worden. Daarbij zijn ook veel palmzaden. De afzettingen zijn in zee ontstaan in het kustgebied door aanvoer van grote rivieren, die ook de plantenresten meebrachten. Men heeft de flora die dit gebied zo’n 50 miljoen jaar geleden bedekte, gereconstrueerd als een tropisch tot subtropisch mangrovebos. Daarin zouden onze bomen mooi passen ware het niet dat de fossielen uit dit gebied meestal van pyriet zijn terwijl het hout meestal in calciumcarbonaat is veranderd. En dat terwijl onze fossielen verkiezelde zijn...

Aan de Engelse kust ter hoogte van het vangstgebied liggen de beroemde witte krijtrotsen, maar die leveren in het algemeen alleen mariene fossielen op, zoals zee-egels, schelpen en ammonieten. Het is niet waarschijnlijk dat daar een gave palmvoet met wortels uitgekomen is. Datzelfde geldt voor de Franse Krijtkusten.

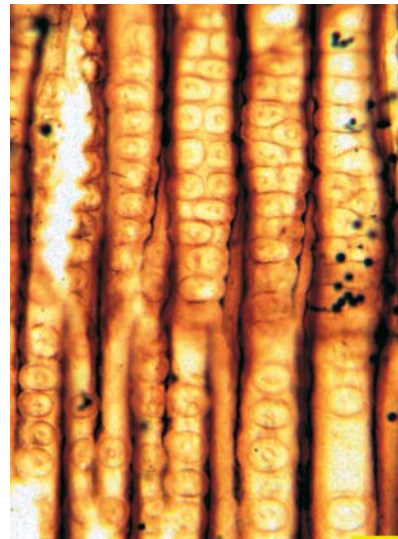
Al met al lijkt een herkomst uit de *London Clay* toch het meest waarschijnlijk. De kliffen in het kustgebied ten noorden van de Thames zijn de afgelopen eeuwen op sommige plaatsen wel drie kilometer teruggeërodeerd. Daarbij moeten heel veel fossielen in zee terecht zijn gekomen. Als de fossielen inderdaad uit de *London Clay* afkomstig zijn, zijn ze tussen de 56 en 49 miljoen jaar oud.

Tot besluit

De vissers van Arnemuïden hebben twee unieke fossielen van de zeebodem naar boven gehaald: een palmvoet compleet met wortelkluif en een zwaar stuk stam van een boom, die alleen nog maar in Zuid-Japan in het wild groeit en waarvan al 100 miljoen jaar geleden familieleden groeiden met (vrijwel) dezelfde houtstructuur. Deze fossielen maken ook duidelijk dat er zo'n 50 miljoen jaar geleden in onze omgeving een totaal andere flora groeide dan nu.



AFBEELDING 11. | Globale schets van het vangstgebied in het zuidelijk deel van de Noordzee. L.C. = London Clay, K.R. = Krijt.



AFBEELDING 10. | Radiale doorsnede waarop de hofstippels van de tracheïden te zien zijn. Soms zijn ze tweerijig, soms eenrijig. Hoogte van de foto 0,6 mm. Foto R. Aichbauer.

Dankwoord

Ik wil de volgende personen heel hartelijk danken: Klaas Post te Urk voor de fossielen die hij mij heeft toevertrouwd en voor informatie die hij mij heeft verstrekt; Raymond Aichbauer te Venray (van de Nederlandse Vereniging van Houtsoorten Verzamelaars) voor zijn uitgebreide bijstand bij het determineren van de *Sciadopitys*-stam; Hans de Kruyk voor het maken van de slijpplaatjes en voor zijn constructieve opmerkingen over het ontwerp van dit artikel; Cees Laban voor het geven van informatie over de mogelijke geologische herkomst van de stukken.

De foto's zijn van de auteur tenzij anders vermeld.

LITERATUUR

García Esteban, L., Palacios, P. de, Guíndez Casasas, A. & García Fernández, F., 2004.

Characterisation of the xylem of 352 conifers. *Invest Agrar: Sist. Recur. For* 13 (3): pp. 452-478. Downloadbaar.

Passas, R., 2006.

Microscopy Training session E.F.P.G. – 1st year. – E.F.P.G. Bureau B03 (website)

Richter, H.G., Grosser, D., Heinz, I. & Gasson, P.E., 2004.

(1^e herdruk: 2011). *IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification*. Te bestellen bij het NCB-Nationaal Herbarium te Leiden.

Taylor, T.N., Taylor, E.L. & Krings, M., 2009.

Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants (2nd Ed). New York: Academic Press.

What wood is that? Een online-determinatielijst voor loofhout en coniferenhout.

<http://what-wood.servehttp.com/>

Yao X., T.N. Taylor, E.L. & Taylor, T.N., 1997.

A Taxodiaceous seed cone from the Triassic of Antarctica. *American Journal of Botany* 84(3): pp. 343-354. Downloadbaar.

Zhang, W., Zheng, S.L. & Ding, Q. H., 1999.

A new genus (*Protosciadopityoxylon* gen. nov.) of Early Cretaceous fossil wood from Liaoning, China. *Acta bot. sin.* 41: pp. 1312-1316. Downloadbaar.