

Rapportage bastknobbelonderzoek in Alphen aan den Rijn 2006-2007



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
Oktober 2007

PPO nr. 32 340 427 00

Gemeente
Alphen aan den Rijn



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGEN **UR**

Anatomisch onderzoek naar het ontstaan en de opbouw van bastknobbels

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Alphen aan den Rijn

Projectleider: Ir A.J. van Kuik
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Bomen
Adres : Prof. Van Slogterenweg 2
: Postbus AB Lisse
Tel. : 0252 – 46 21 21
Fax : 0252 – 46 2
E-mail : fons.vankuik@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Uitvoerder: Dr. A.A.M. van Lammeren
Leerstoelgroep Plantencelbiologie
Wageningen Universiteit en Research Centrum
Arboretumlaan 4
6703 BD Wageningen

andre.vanlammeren@wur.nl

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

	Pagina
Inhoudsopgave.....	3
Figuurverwijzing in beeldverslag	3
Samenvatting	4
Inleiding.....	5
Werkwijze.....	5
Resultaten	6
Knobbelontwikkeling bij <i>Abies nordmanniana</i> , Nordmanspar	6
Knobbelontwikkeling bij <i>Acer saccharinum</i> 'Pyramidale'	6
Knobbelontwikkeling bij alle overige onderzochte soorten bomen en heesters.....	6
Discussie.....	8
Aanbevelingen	8
Beeldverslag	9
<i>Abies nordmanniana</i> - Nordmanspar	9
<i>Acer saccharinum</i> L. 'Pyramidale' - esdoorn	10
<i>Aesculus hippocastanum</i> - paardenkastanje.....	14
<i>Alnus</i> sp. - els.....	17
<i>Edgeworthia chrysantha</i> - papierstruik	19
<i>Elaeagnus ebbingei</i> - olijfwilg	23
<i>Fagus sylvatica</i> - beuk.....	26
<i>Ficus carica</i> - vijg.....	28
<i>Fraxinus excelsior</i> - es	31
<i>Gleditsia triacanthos</i> L. 'Inermis' - valse Christusdoorn	46
<i>Hamamelis interm.</i> 'Diane' - toverhazelaar	52
<i>Ilex aquifolia</i> - hulst	56
<i>Malus sylvestris</i> 'Elstar' - appel	59
<i>Olea europea</i> - olijf	62
<i>Platanus acerifolia</i> - plataan	67
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant' - zilverlinde.....	71

Figuurverwijzing in beeldverslag

- Voor *Abies nordmanniana* zie Figuur 1
- Voor *Acer saccharinum* 'Pyramidale', esdoorn zie Fig. 2-10
- Voor *Aesculus hippocastanum*, paardenkastanje zie Fig. 11-15
- Voor *Alnus* sp. els zie Fig. 16-18
- Voor *Edgeworthia chrysantha*, papierstruik zie Fig. 19-26
- Voor *Elaeagnus ebbingei*, olijfwilg zie Fig. 27-33
- Voor *Fagus sylvatica*, beuk, zie Fig. 34-38
- Voor *Ficus carica*, vijg, zie Fig. 39-45
- Voor *Fraxinus excelsior*, es zie Fig. 46-75
- Voor *Gleditsia triacanthos*, valse Christusdoorn zie Fig. 76-88
- Voor *Hamamelis interm.* 'Diane' en 'Feurzauber', toverhazelaar zie Fig. 89-95
- Voor *Ilex aquifolium* 'C.C. Tol', hulst zie Fig. 96-101
- Voor *Malus sylvestris* 'Elstar', appel zie Fig. 102-107
- Voor *Olea europea*, olijf zie Fig. 108-115
- Voor *Platanus acerifolia*, plataan zie Fig. 116-122
- Voor *Tilia tomentosa* 'Brabant', zilverlinde zie Fig. 123-128

Samenvatting

Recent is geconstateerd dat veel straatbomen in Alphen aan de Rijn knobbels op hun stam vormen. Omdat het niet zeker is of het hier slechts een ontsiering betreft of een voorbode van verslechtering van het bomenbestand of een signaal van veranderde omgevingscondities is op initiatief van de gemeente Alphen aan de Rijn in 2006 en 2007 onderzoek verricht naar het verschijnsel bastknobbels op straatbomen in de gemeente Alphen aan den Rijn. In samenwerking met PPO-Lisse en de leerstoelgroep Plantencelbiologie van Wageningen Universiteit is onderzocht wat de bastknobbels behelzen. Leidende vragen zijn daarbij wat is de aard van de knobbels, hoe ontstaan ze en wat zijn de gevolgen ervan? Op de eerste vraag wordt in dit verslag antwoord gegeven.

Onderzocht zijn een zestiental boomsoorten waaronder één naaktzadige (*Abies nordmannia*) en verder bedektzadigen waaronder heesters en bomen met leeftijden variërend van enkele jaren tot vele tientallen jaren. De onderzochte bomen staan voor een belangrijk deel in de gemeente Alphen aan den Rijn maar ook zijn soorten van kwekerijen van binnen en buiten Nederland betrokken. Het blijkt dat qua opbouw en oorsprong alle boomsoorten identieke bastknobbels vertonen uitgezonderd de knobbels van *Abies nordmanniana* en *Acer saccharinum* 'Pyramidale'. De knobbels van *Abies* ontstaan door ophoping van hars onder de oppervlakte van de stam. Bij verwonding treedt hars naar buiten. Ook de knobbels van *Acer saccharinum* 'Pyramidale' zijn afwijkend van al de anderen. Zij ontstaan als gevolg van een verandering in het normale vaatweefselvormende cambium, de delende cellaag die het bast- en houtweefsel van de stam vormt. Ze ontstaan door een plaatselijk verhoogde vorming van houtweefsel waardoor de bast gaat opbollen.

De bastknobbels van al de overige boomsoorten zijn bijzonder omdat zij allen dezelfde afwijkende ontstaansplaats en hetzelfde bouwtype blijken te hebben. Alle bastknobbels ontstaan in de buitenste laag van het floem van de stam en worden door een geheel nieuw vaatweefselvormend cambium gevormd. Dat cambium zet om een centrum naar binnen toe xyleem (hout) en naar buiten toe floem (bast) af waardoor een min of meer kogelvormig groeisel vlak onder de oppervlakte van de stam ontstaat. De grootte van het groeisel varieert van enkele millimeters tot meerdere centimeters waarbij de groei in anderhalf jaar kan leiden tot knobbels met een diameter van 1 cm. Bij veel knobbels is in het centrum van de knobbel necrotisch weefsel aangetroffen. Dat weefsel kan mogelijk de oorzaak zijn van de abnormaliteit.

Door welke factor of factoren bastknobbels ontstaan is nog onduidelijk. Het is niet uitgesloten dat omgevingsfactoren hierbij een rol spelen. Onderzoek naar verbanden tussen omgevingsfactoren en het optreden van knobbelvorming is daarom wenselijk. Ook is nog onbekend wat de knobbels op termijn voor het bomenbestand betekenen. Hiervoor is het nodig de ontwikkelingen van het verschijnsel in de tijd te blijven volgen. Omdat het verschijnsel zich niet tot de gemeente Alphen aan den Rijn beperkt, is een grootschaliger onderzoek gewenst.

Inleiding

De gemeente Alphen aan den Rijn heeft opgemerkt dat de laatste jaren veel van de bomen in de stad knobbels op hun stam kregen. Omdat het niet zeker is of het hier slechts een ontsiering betreft of een voorbode van verslechtering van het bomenbestand is op initiatief van de gemeente in 2006 en 2007 onderzoek verricht naar het verschijnsel bastknobbels op straatbomen in de gemeente Alphen aan den Rijn. Dat onderzoek is door PPO-Lisse en de leerstoelgroep Plantencelbiologie van Wageningen Universiteit en Reserearch Centrum (WUR) uitgevoerd. Leidende vragen zijn daarbij wat is de aard van de knobbels, hoe ontstaan ze en wat zijn de gevolgen ervan? Op de eerste vraag wordt in dit verslag antwoord gegeven.

Werkwijze

Van een aantal boomsoorten waarop knobbels zijn vast gesteld zijn monsters genomen om met microscopische methoden te onderzoeken hoe bastknobbels zijn opgebouwd. De onderstaande tabel geeft de plantensoorten die bij het onderzoek zijn betrokken.

Latijnse naam	Nederlandse naam	Oorsprong
<i>Abies nordmanniana</i>	Nordmanspar	Alphen a/d Rijn
<i>Acer saccharinum</i> 'Pyramidale',	esdoorn	Alphen a/d Rijn
<i>Aesculus hippocastanum</i> ,	paardenkastanje	Alphen a/d Rijn
<i>Alnus</i> sp.	Els	Alphen a/d Rijn
<i>Edgeworthia chrysantha</i> ,	papierstruik	elders uit Nederl.
<i>Elaeagnus ebbingei</i> ,	olijfwilg	elders uit Nederl.
<i>Fagus sylvatica</i> ,	beuk	Alphen a/d Rijn
<i>Ficus carica</i> ,	vijg	Portugal
<i>Fraxinus excelsior</i> , 'Atlas' en 'Westhofs glorie', es		Alphen a/d Rijn
<i>Gleditsia triacanthos</i> ,	valse Christusdoorn	Alphen a/d Rijn
<i>Hamamelis interm.</i> 'Diane' en 'Feuerzauber',	toverhazelaar	elders uit Nederl.
<i>Ilex aquifolium</i> ,	hulst	elders uit Nederl.
<i>Malus sylvestris</i> 'Elstar',	appel	elders uit Nederl.
<i>Olea europea</i> ,	olijf	Portugal
<i>Platanus acerifolia</i> ,	plataan	Alphen a/d Rijn
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant',	zilverlinde	Alphen a/d Rijn

Monsters zijn uit de stam genomen met een holpijp met inwendige diameter van 2 cm. Ze zijn gefixeerd in een oplossing van 1% glutaraaldehyde, 2% formaldehyde in 0,1M fosfaatbuffer, pH 6,5. Coupes met een dikte van 15-25 micrometer zijn met een slede-microtoom vervaardigd en met de lichtmicroscoop onderzocht en gefotografeerd.

De resultaten van onderzoek aan de verschillende boomsoorten worden in alfabetische volgorde gepresenteerd waarbij in een fotoreportage meestal eerst de verschijningsvorm van de boom/heester wordt getoond. Vervolgens worden de bastknobbels morfologisch weergegeven en wordt een doorsnede van de bastknobbels vertoond. Ten slotte zijn per boomsoort enige lichtmicroscopische foto's opgenomen om de knobbelopbouw te illustreren. Daaruit blijkt dat inderdaad in de meeste gevallen de knobbels identiek van opbouw zijn. Bij een aantal foto's van bomen is de maatverdeling met een meetlint in centimeters weergegeven. In de microfoto's wordt de maatverdeling met een maatstaafje in micrometer weergegeven. De nummers bij de legenda's hebben betrekking op de fotoarchivering.

Resultaten

Knobbelontwikkeling bij *Abies nordmanniana*, Nordmanspar

Naar blijkt zijn de knobbels van de Nordmanspar geheel afwijkend van de overige bastknobbels. Het gaat hierbij om ophoping van hars onder de oppervlakte van de stam. Bij verwonding treedt de hars direct naar buiten (Fig. 1).

Knobbelontwikkeling bij *Acer saccharinum* 'Pyramidale'

Ook de knobbels van *Acer saccharinum* 'Pyramidale' zijn afwijkend van al de andere tot nu toe onderzochte plantensoorten. Het blijkt dat in het normale vaatweefselvormende cambium van de stam een verandering optreedt waardoor een ander type cellen gevormd wordt. Het is bij *Acer saccharinum* normaal dat het cambium naar binnen toe libriform, houtvaten, lengteparenchym en houtstraalparenchym vormt en naar buiten toe bastvezels, zeefvaten, begeleidende cellen, lengteparenchym en baststraalparenchym. Ter plaatse van een 'knobbel' worden in het vasculaire cambium echter alleen of voornamelijk houtstraalparenchymcellen en baststraalparenchymcellen gevormd omdat ter plaatse in het cambium de initialen voor andere celtypen ontbreken. De houtstraalparenchymcellen op deze plaats strekken in radiale richting meer dan normaal en dat leidt tot vervorming van het omliggende weefsel. Omdat deze ontwikkelingen zich niet vlak onder het oppervlak afspelen maar dieper in de stam op de overgang van xyleem naar floëem, is de plaatselijke opbolling minder markant. Het verschijnsel leidt tot 'heuvelvorming'. Duidelijk is dat het verschijnsel meer dan enige jaren optreedt omdat het al in dieper gelegen xyleem-jaarringen is terug te vinden.

Knobbelontwikkeling bij alle overige onderzochte soorten bomen en heesters

In grote lijnen blijkt dat de knobbels bij al de onderzochte boom- en heestersoorten uitgezonderd *Acer saccharinum* 'Pyramidale' en *Abies nordmanniana* op eenzelfde wijze ontstaan: dicht onder het stamoppervlak. De oorsprong van de knobbel is gelegen in de buitenste lagen van het floëem. De knobbel bestaat uit een kern van secundair xyleem (hout). Het xyleem is omhuld door een vaatweefselvormend cambium dat het xyleem gevormd heeft. Hetzelfde cambium zet naar buiten toe een laag secundair floëem af. Het xyleem van de knobbel is op een uitzondering na niet vastzittend aan het normale xyleem van de boom maar bestaat wel uit dezelfde elementen. In de knobbels zijn in het xyleem duidelijke groeiringen aangetroffen. Bij knobbels van om en nabij 0,5 cm kunnen dat al tot 10 groeiringen zijn. Het xyleem en floëem wijken in hun oriëntatie volledig af van het reguliere secundair xyleem en floëem en leveren daarom in het geheel geen bijdrage aan de opwaartse en neerwaartse stromen van water, mineralen en voedingsstoffen. Wel is er zetmeelopslag in de parenchymatische elementen van de bastknobbels. Indien het xyleem van de bastknobbel wel met het xyleem van de stam in contact staat is dat een secundair contact, een gevolg van aaneengroeien.

In één geval bij de es (*Fraxinus excelsior* 'Atlas') is bekend hoe snel een bastknobbel kan groeien omdat hij ontstaan is op een wondvlak dat in april 2006 is aangebracht. Op het tijdstip van monsternamen (september 2007) had de knobbel een diameter van 10 mm (Zie Fig. 69 - 73). Voor andere knobbels lopen op dit moment nog metingen.

Knobbeldiameters variëren van enkele millimeters tot enkele centimeters waardoor markante knobbels op de stam verschijnen. De figuur op de omslag is daarvan een voorbeeld.

Wat betreft de ontstaanswijze is regelmatig gezien dat knobbels gevormd zijn om een groepje verdrukt en verbruinde, necrotische cellen. In meerdere gevallen is geconstateerd dat bij het groepje necrotische cellen ook bastvezels of steencellen van het floëem ingesloten waren. Deze waarneming betekent dat de oorsprong van de knobbels niet in de epidermale of subepidermale lagen maar in de buitenste floëemlaag heeft plaats-gevonden. De knobbels zijn daarom naar hun ontstaansplaats 'bastknobbels' genoemd.

In de fotobijlage zijn de beelden van de ontwikkeling van de bastknobbels van de diverse boomsoorten weergegeven. Een deel van de foto's bestaat uit opnamen van het aanzicht van de stam van de boom met bastknobbels, andere geven macro-opnames van dwarse doorsneden van de knobbels in verschillende ontwikkelingsstadia en ten slotte zijn er microfoto's gemaakt met de lichtmicroscopie die de cellulaire opbouw van de knobbels laten zien.

Discussie

De gemeente Alphen aan den Rijn heeft het initiatief genomen het verschijnsel bastknobbels aandacht te geven omdat het een recent optredend fenomeen is dat op een groot deel van het bomenbestand in de gemeente is vastgesteld. Of het slechts een ontsiering van het bomenbestand betreft of dat het een voorbode is van kwaliteitsvermindering of een signaal is van verslechterde omstandigheden is op dit moment niet bekend. Om deze reden heeft het de zorg van groenbeheerders.

Knobbels komen voor op heel verschillende boomsoorten. Om te achterhalen of het hier één of verschillende fenomenen betreft is een scala van boomsoorten bij het onderzoek betrokken, en om te achterhalen of het een lokaal, regionaal, nationaal of internationaal fenomeen betreft zijn niet alleen boomsoorten uit de gemeente Alphen aan den Rijn in het onderzoek opgenomen maar ook van andere locaties in Nederland en enkele uit het mediterrane gebied (Portugal). Het feit dat al deze boomsoorten, op twee uitzonderingen na, knobbels van hetzelfde type laten zien, geeft aan dat het niet slechts een lokaal of regionaal verschijnsel betreft.

Het onderhavige onderzoek heeft aangetoond dat op twee uitzondering na al de onderzochte boomsoorten knobbels met een vrijwel identieke structuur hebben gevormd. De knobbels ontstaan in de buitenste floeemlaag van de stam en bestaan uit een xyleemkern, een vaatweefselvormend cambium en een floeemlaag. Zij worden 'bastknobbels' genoemd naar hun plaats van ontstaan. Betreffende de oorzaak van het ontstaan van de bastknobbels kan op basis van dit onderzoek geen uitsluitel gegeven worden. Hier is de aard en de opbouw onder studie geweest. Wat veel bastknobbels echter gemeen hebben is een centrum met enige necrotische cellen die mogelijk de ontstaansreden van de knobbel zijn. Hoe deze cellen necrotisch geworden zijn is niet bekend.

Er is door de gemeente Alphen aan den Rijn breed onderzoek gedaan naar de oorzaak van het ontstaan van bastknobbels. Daarbij is onderzocht of verslechterde bodemkwaliteit de veroorzaker is. Daar bleken geen aanwijzingen voor. Er is nagegaan of in bastknobbels bacteriën, virussen of schimmels zijn aan te wijzen als veroorzakers. Deze organismen zijn niet aangetoond. Het is ook niet waarschijnlijk dat een bepaald insect de veroorzaker is aangezien het hier een breed spectrum van boomsoorten betreft op soms zeer verschillende standplaatsen.

Aanbevelingen

Omdat nu nog niet bekend is wat de oorzaak van de aantasting is maar wel dat het een recent optredend verschijnsel is dat met nadruk in het stedelijk milieu optreedt, moet aandacht gegeven worden aan veranderingen in dat milieu die recent of wel gelijktijdig optreden met het hier onderzochte fenomeen.

Aandacht zal zich derhalve moeten richten op veranderde factoren in de leefomgeving zoals recente veranderingen in luchtkwaliteit, bodemkwaliteit en veranderingen als het recent verschijnen van masten voor mobiele telefonie.

Om de ontwikkeling van bastknobbels als fenomeen en als individu te volgen zijn monitorexperimenten nodig. Kleinschalig zijn in Alphen aan den Rijn al monitorings-experimenten opgezet waarbij het ontstaan en ontwikkeling van bastknobbels in de tijd wordt gevolgd. Daarnaast is er echter sterk behoefte aan landelijk onderzoek om de verspreidingsgraad en variatie en oorzaak in beeld te brengen.

Beeldverslag

Abies nordmanniana - Nordmanspar



Fig. 1. *Abies nordmanniana*, Nordmanspar met 'harsknobbels' – (P3140907)

***Acer saccharinum* L. 'Pyramidale' - esdoorn**



Fig.

2. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', stam met knobbel, vóór monstername P9070486.

Fig. 3 en 4. *Acer saccharinum* 'Pyramidale'. Opnames na monstername (P9070487). De linker opname toont dezelfde knobbel als foto P9070486. Diameter monsterplaats is 20mm.





Fig. 5. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', floëem dwars, ter plaatse van zelfde oude knobbel (DC-0004). De bovenzijde is buitenzijde van de stam. Streepje is 1cm.

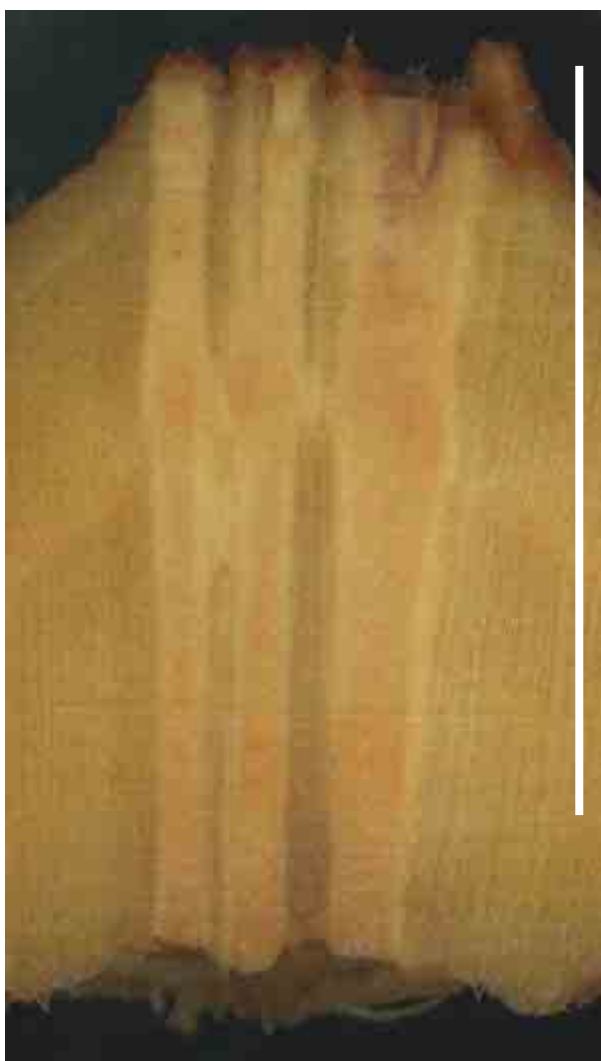


Fig. 6. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', xyleem ter plaatse van knobbel dwars oud. De verticale banden bestaan geheel uit straalparencym (DC-0002). Streepje is 1cm.

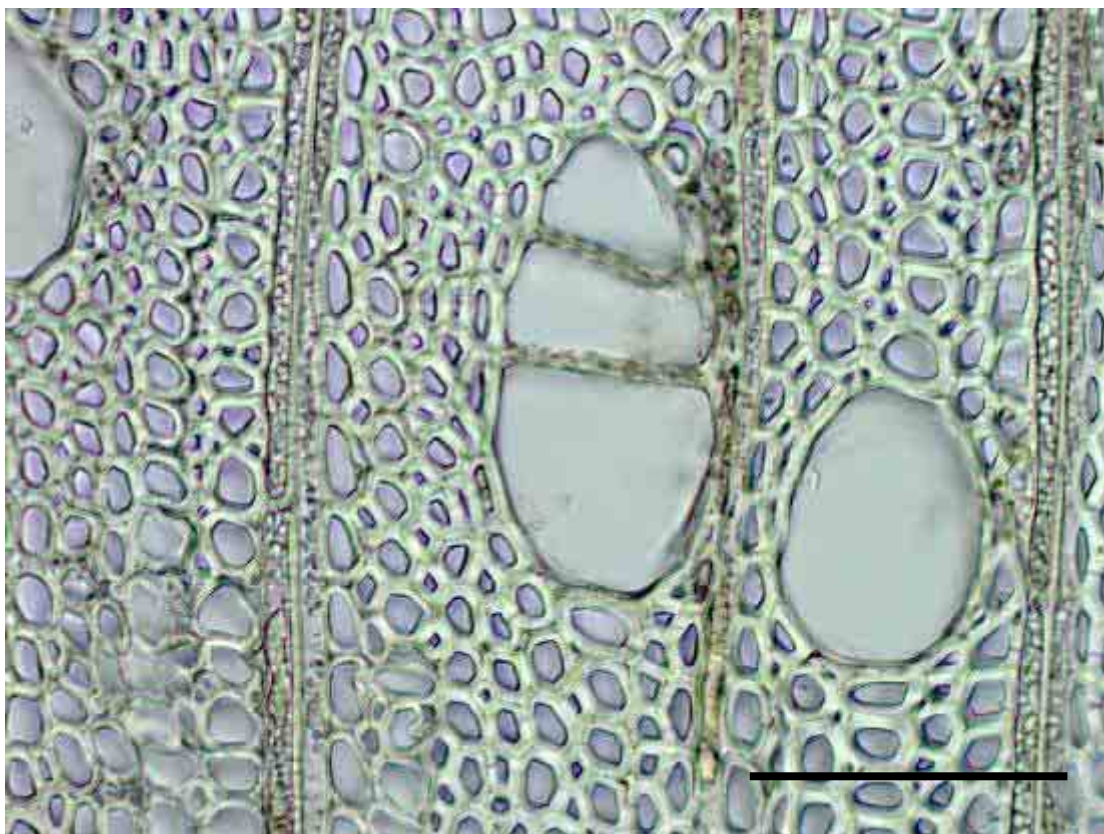


Fig. 7. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', normaal xyleem (LM-0064). Streepje is 100 μ m.

Fig. 8. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', brede straal tangential (LM-0054). Streepje is 100 μ m.



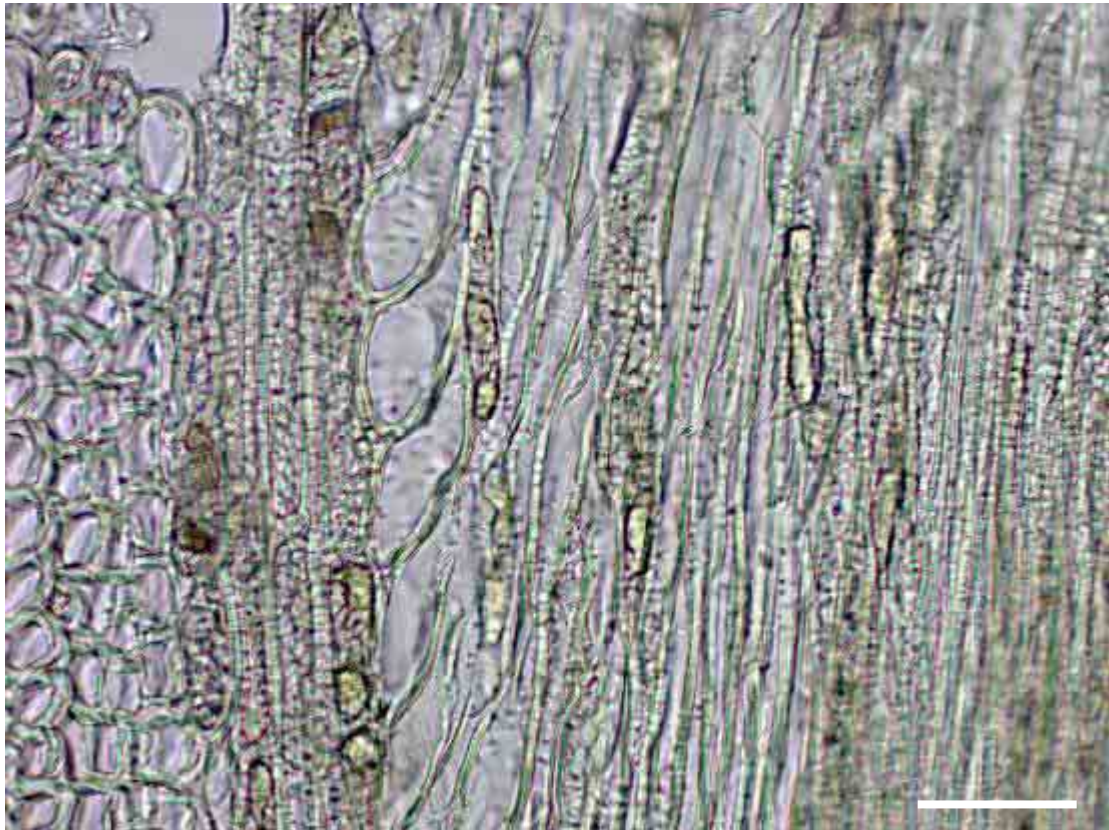


Fig. 9. *Acer saccharinum* 'Pyramidale'. Xyleem met brede houtstraal (LM-0053). Streepje is 100µm.

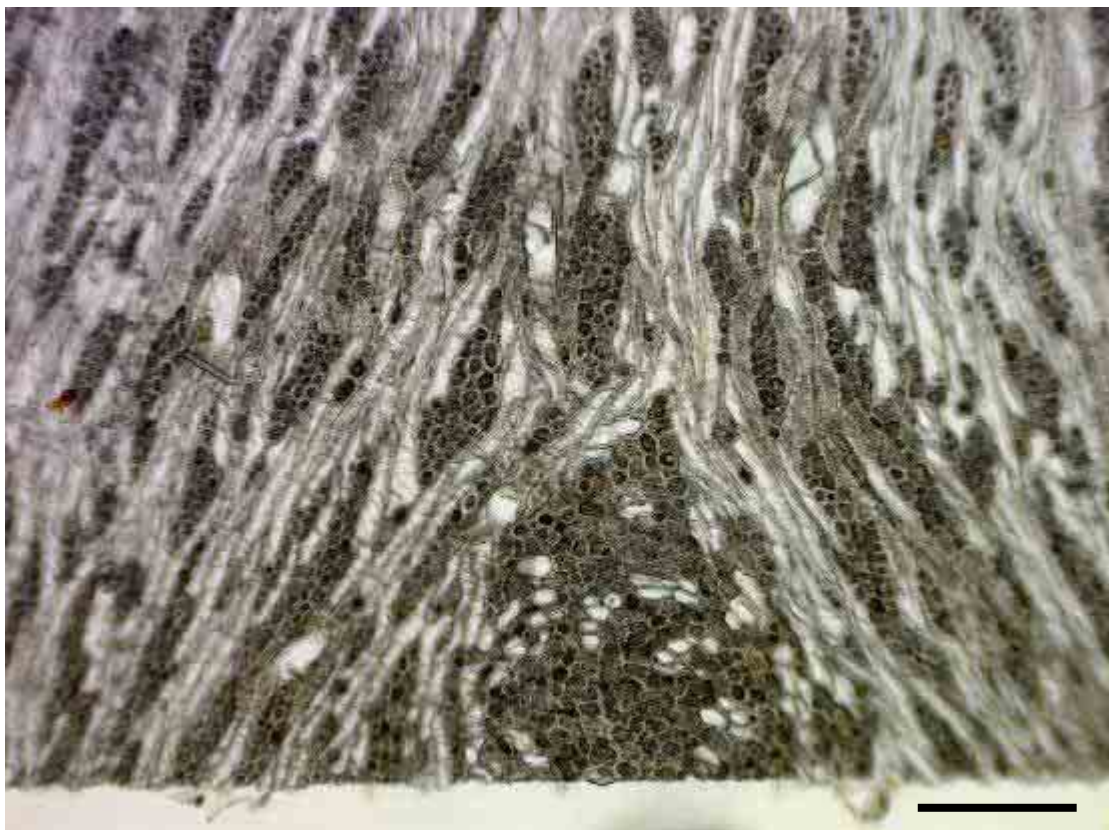


Fig. 10. *Acer saccharinum* 'Pyramidale', tangentiale doorsnede door floëem toont midden onder in de foto de straalvormige uitroeiing die de oorzaak is van de knobbelvorming (LM-0042). Streepje is 100µm.

***Aesculus hippocastanum* - paardenkastanje**

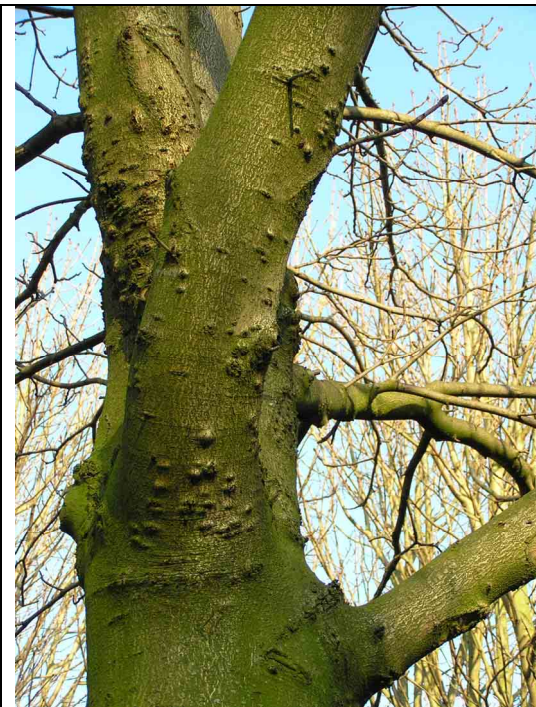


Fig. 11. *Aesculus hippocastanum*, paardenkastanje op Doornenburg met bastknobbels op stam. (P3140959)



Fig. 12. Kastanje, oude bastknobbel dwars. (P4251014)

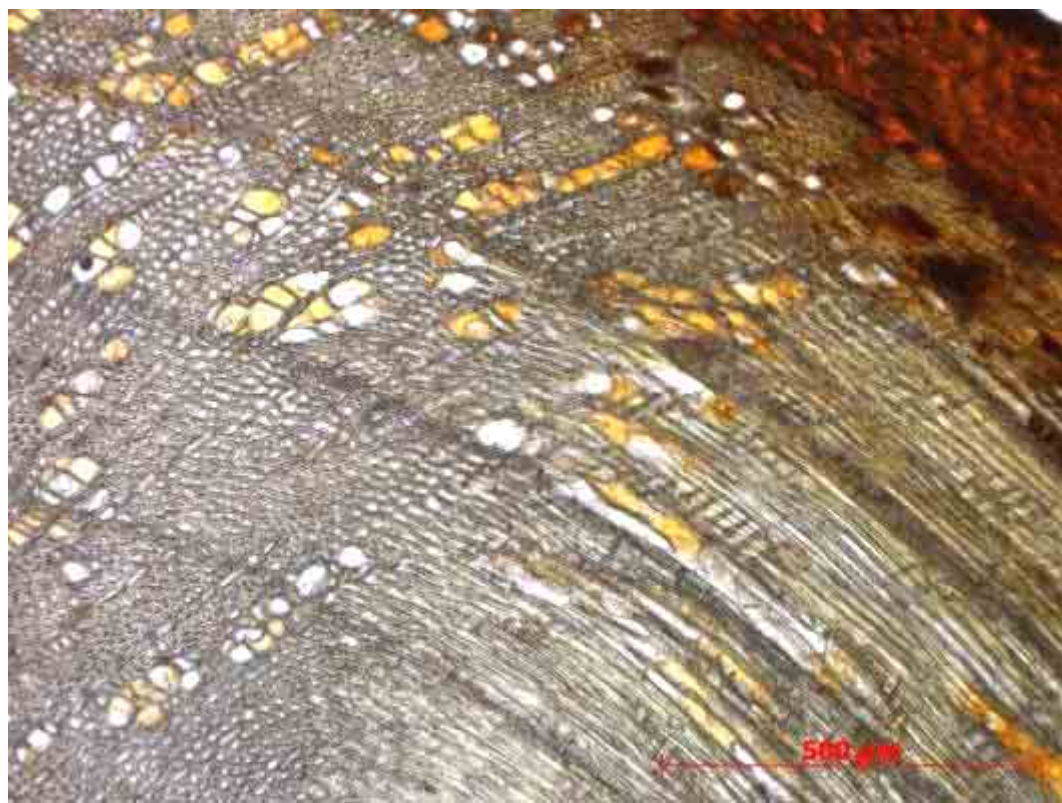


Fig. 13. Paardenkastanje, xyleem met groeiringen en floem in bastknobbel. (LM-0191)



Fig. 14. Paardenkastanje, detail xyleem in bastknobbel. (LM0184)



Fig. 15. Paardenkastanje, detail xyleem in bastknobbel. (LM-0187)

***Alnus sp.* - els**

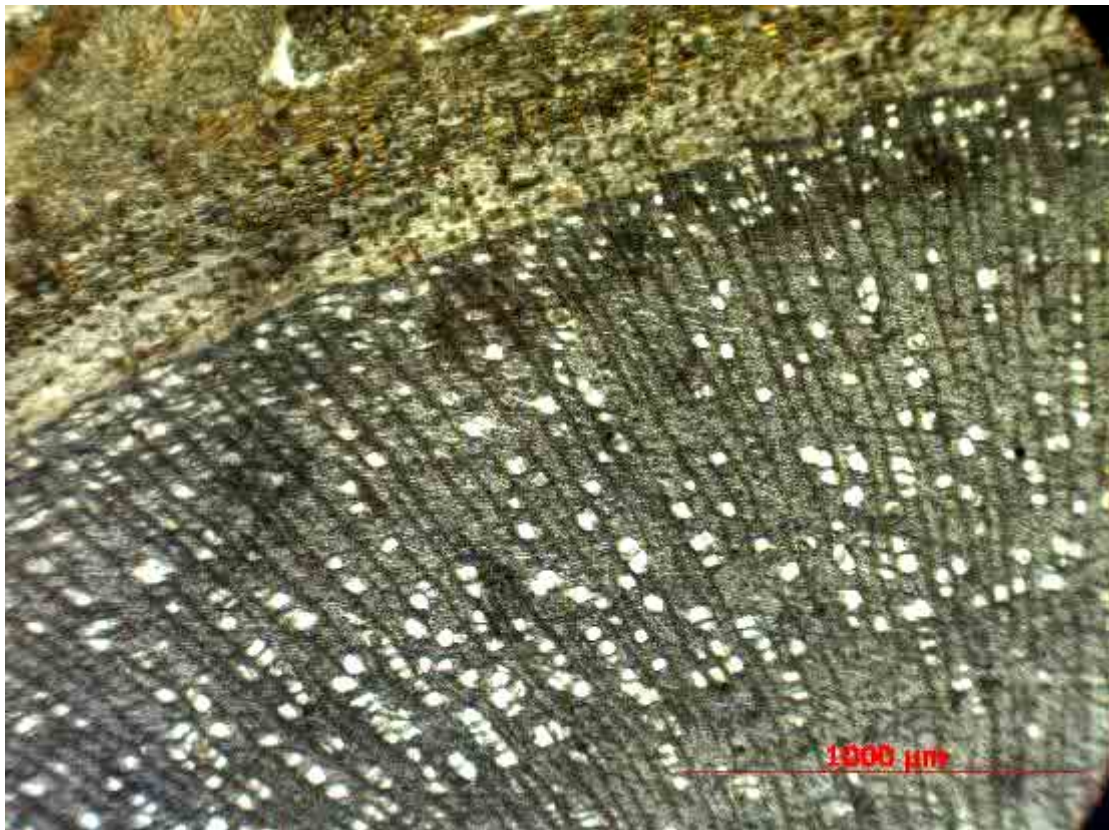


Fig. 17. Els, detail xyleem en floem van bastknobbel. Eén groeigrens is aanwezig. (LM-0411b)

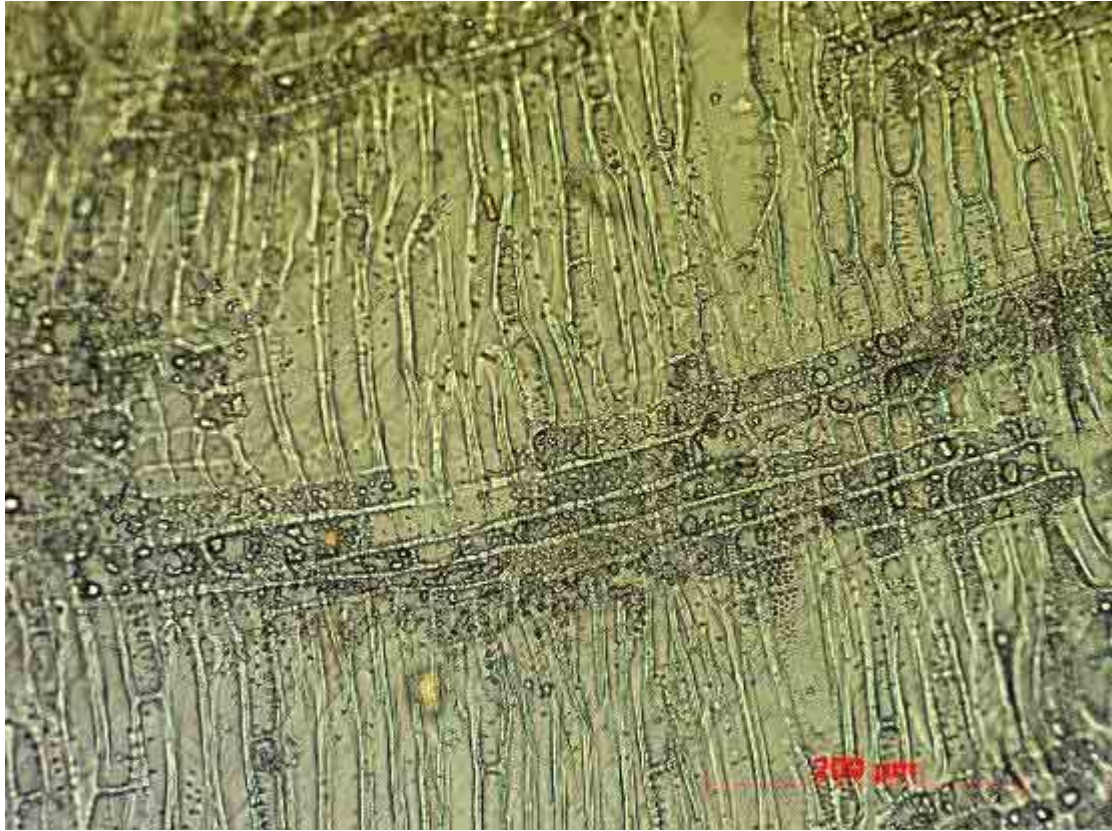


Fig. 18. Els, detail xyleem in knobbel. (LM-0414b)

Edgeworthia chrysantha - papierstruik



Fig. 19. *Edgeworthia chrysantha* - Habitus. (P6041041)



Fig. 20. *Edgeworthia chrysantha* - Knobbels op stam. (P6041015)



Fig. 21. *Edgeworthia chrysantha* - Plaats van monsterring met monster. Let erop dat vlak boven de bastknobbel een rustende okselknop zit waarvan het vaatweefsel verbinding heeft met het xyleem van de stam. (P6041057)



Fig. 22. *Edgeworthia chrysantha* - Bastknobbel dwars gesneden. Let erop dat in deze knobbel niet alleen een bastknobbel is gevormd (*), maar ook twee bijwortels aan de linkerzijde (pijlen). (P6141012)



Fig. 23. *Edgeworthia chrysantha* - Overzicht knobbel met links de aanleg van twee bijwortels en rechts een bastknobbel. (LM-0344)



Fig. 24. *Edgeworthia chrysantha* - Overzicht van het xyleemgedeelte van de bastknobbel. (LM-0308)



Fig. 25. *Edgeworthia chrysantha* - Detail xyleemgedeelte van bastknobbel met houtvaten. (LM-0315)



Fig. 26. *Edgeworthia chrysantha* - Detail xylem in bastknobbel. (LM-0310)

***Elaeagnus ebbingei* - olijfwilg**



Fig. 27 *Elaeagnus ebbingei* , olijfwilg
Habitus. (P604140)



Elaeagnus ebbingei - Detail bastknobbel.
stam. (P7091051)

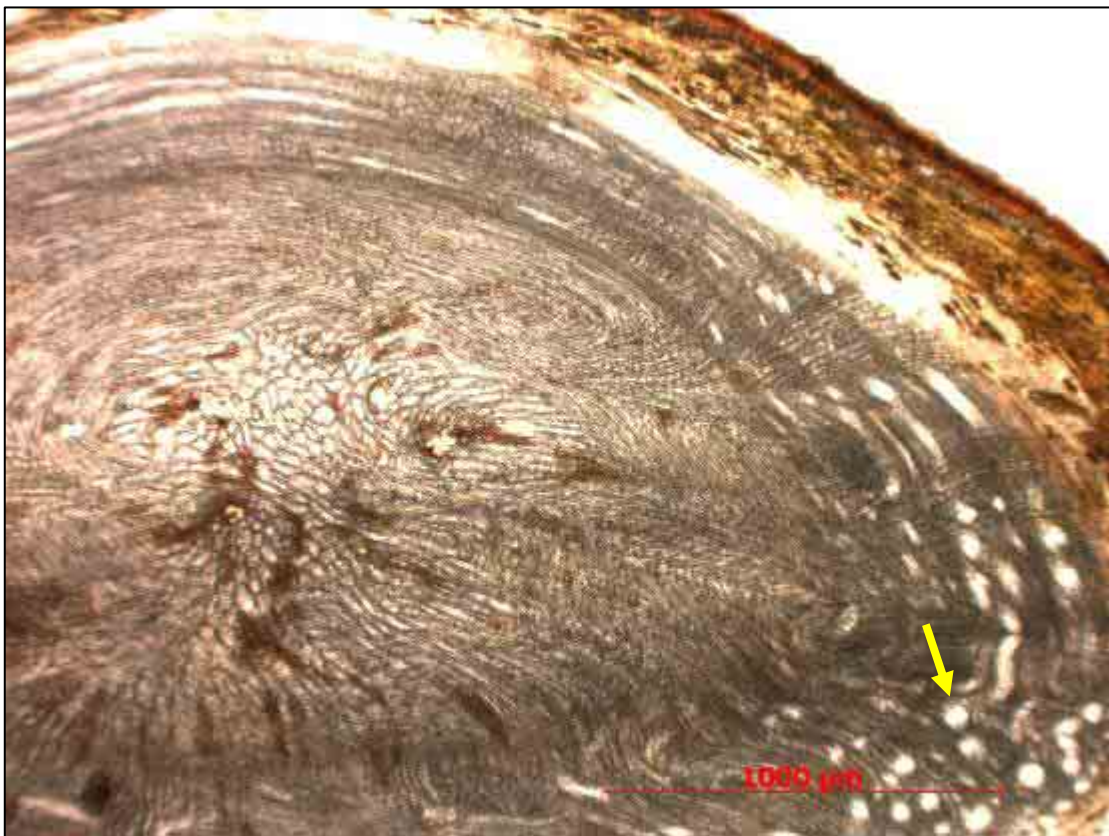
Fig.
28



Fig. 29. *Elaeagnus ebbingei* - Monster van (P604118)



Fig. 30. *Elaeagnus ebbingei* - Dwarse doorsnede bastknobbel. (P7091055)



groeiringen aan de buitenzijde en de dwars doorsgesneden houtvaten aan de rechterzijde (pijl). (LM-0359b)

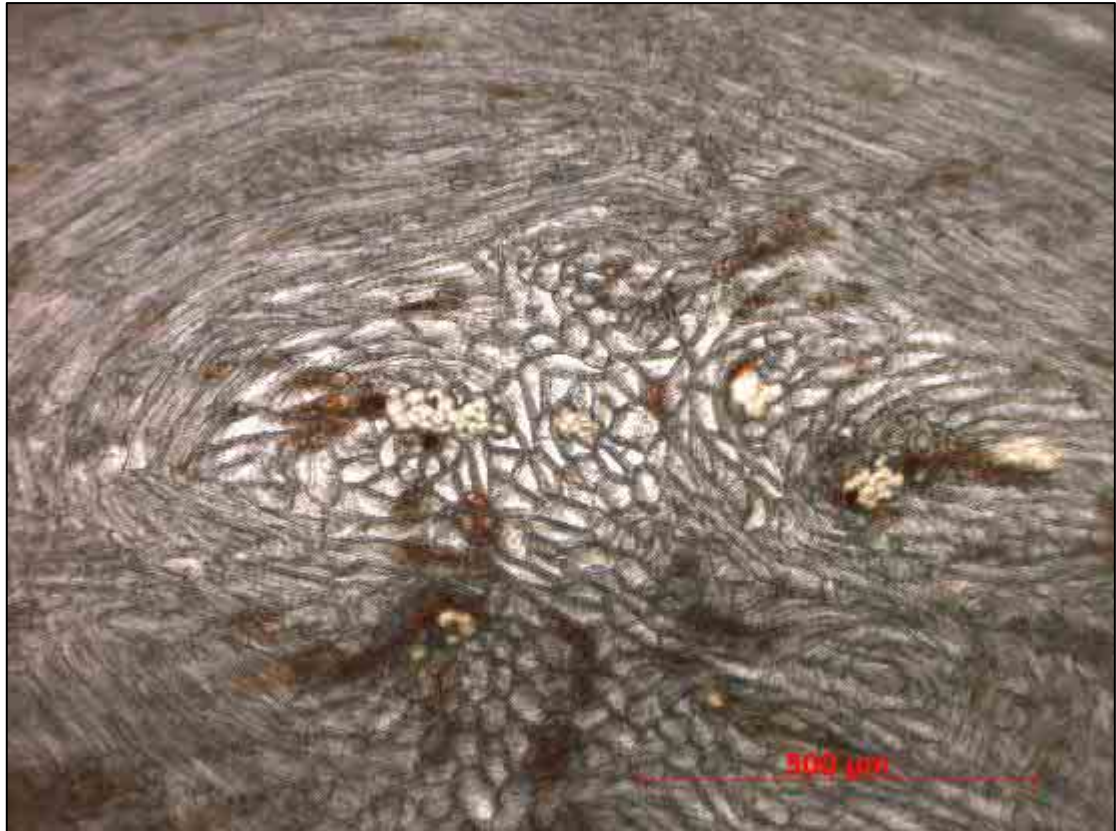


Fig. 32. *Elaeagnus ebbingei* - Overzicht van het xyleemcentrum van de bastknobbel met daarin ingesloten bastvezels/steencellen van het floem. (LM-0358b)



backscattered electron (BSE) van het xyleem (LM-0358b)

Fagus sylvatica - beuk

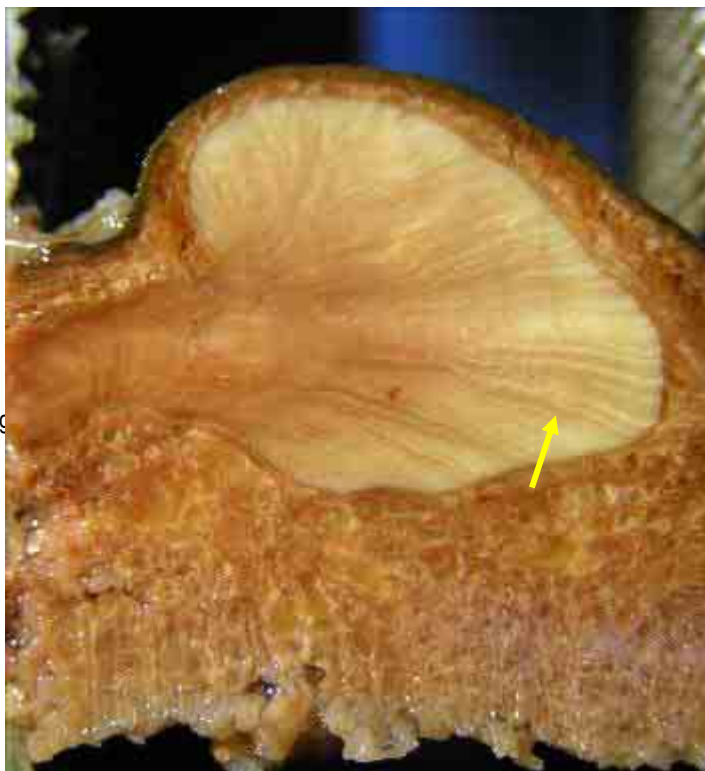


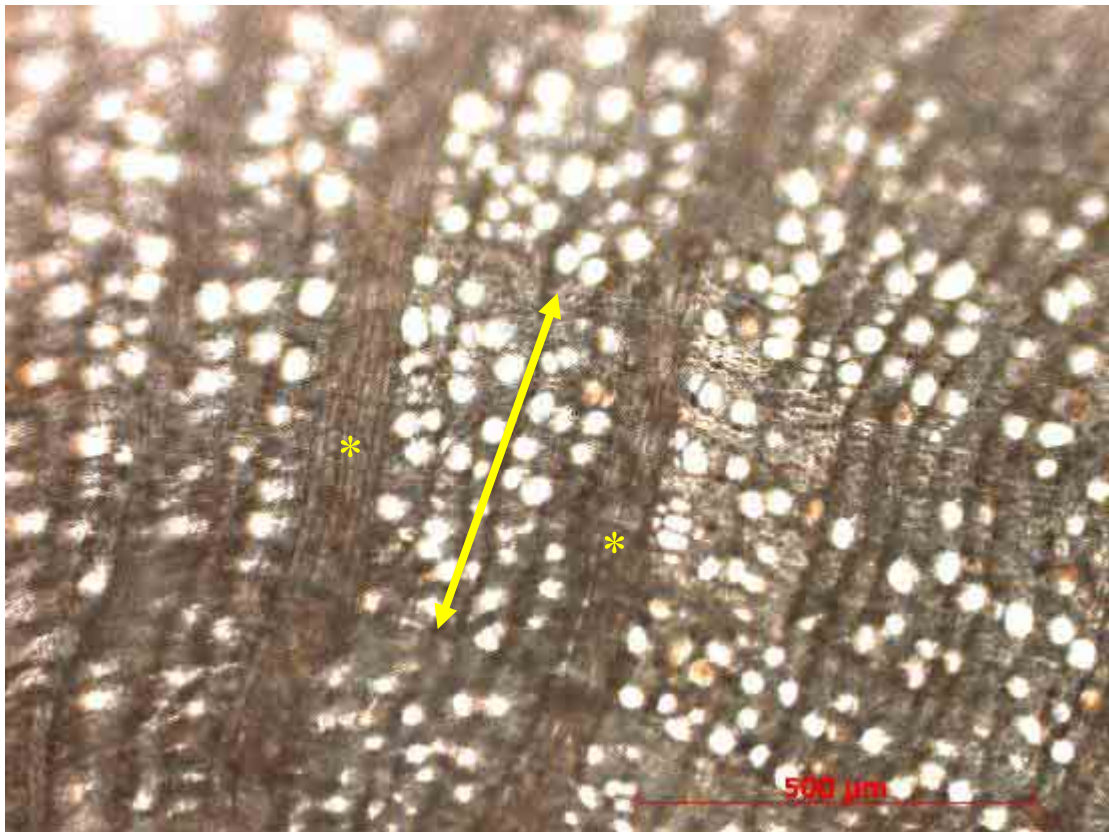
Fig. 34. *Fagus sylvatica* – Overzicht knobbels op stam(P3140891)



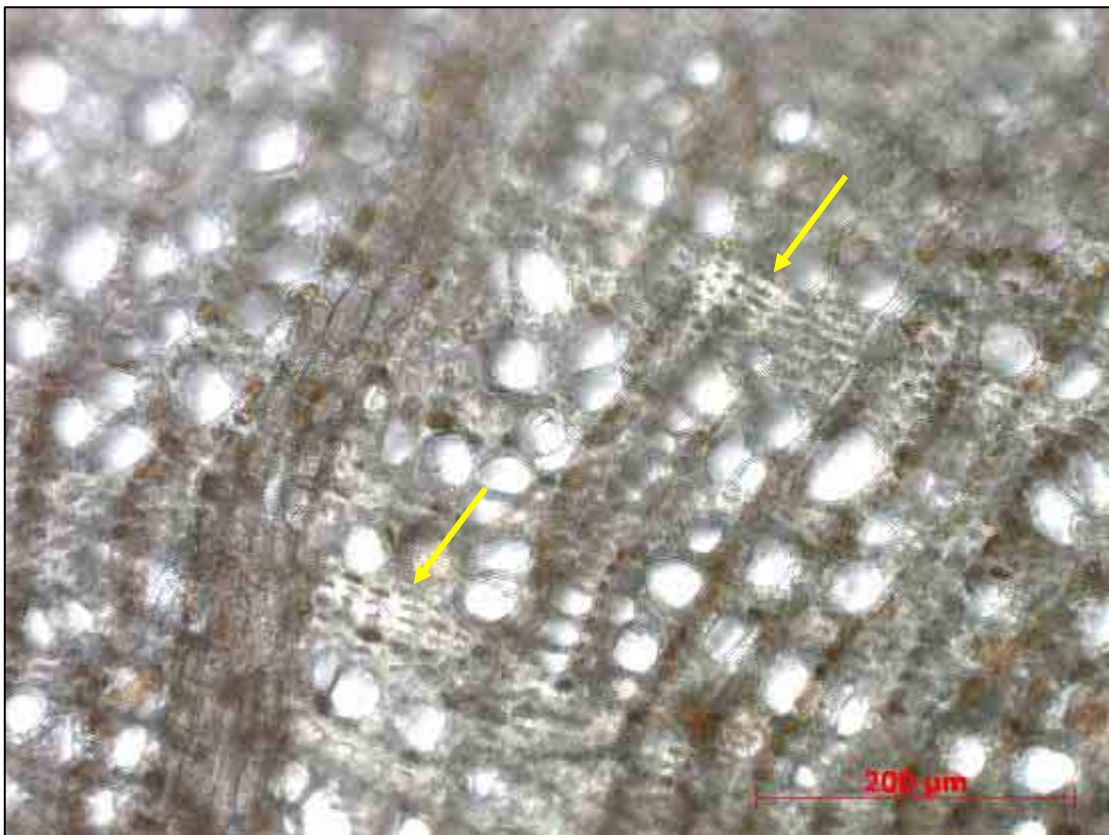
Monstername(P7091044)

Fig. 36. *Fagus sylvatica*
Overzicht dwarse doorsnede bastknobbel.
Let op de asymmetrische opbouw, de
Duidelijke houtstralen (pijl) en de aanwezig-
heid van groeiringen. (P7091049)





mergstralen (*) en groeiringen (pijl). (LM-0368b)



groeigrenzen (pijlen) waardoor een groeiring wordt bepaald. (LM-0368b)

***Ficus carica* - vijg**



Fig. 39. *Ficus carica* – Habitus. (P6041039) Fig. 40. *Ficus carica* –Bastknobbel. (P604123)

Fig. 41. *Ficus carica* - Na monstere met monster. Let erop dat de bastknobbel geen sporen nalaat op het



onderliggende xyleemweefsel van de stam. (P6041062)



Fig. 42. *Ficus carica* - Overzicht bastknobbel dwars. (P6141015)



Fig. 43. *Ficus carica* - Overzicht van bastknobbel met duidelijke groeiringen. (LM-0351)



Fig. 44. *Ficus carica* - Overzicht bastknobbel met groeiringen. (LM-0319)



Fig. 45. *Ficus carica* - Detail xyleem van bastknobbel. (LM-0326)

***Fraxinus excelsior* - es**



Fig. 46. Opname stam *Fraxinus excelsior* 'Westhofs Glorie' met knobbels in verschillende ontwikkelingsstadia (P9070470).



Fig. 47. *Fraxinus excelsior* 'Westhofs Glorie', detail knobbelontwikkeling (P9070466).



Fig. 48. *Fraxinus excelsior* 'Westhofs Glorie', oud stadium met kwetsuur op de top van de gemarkeerde knobbel. (P9070425)

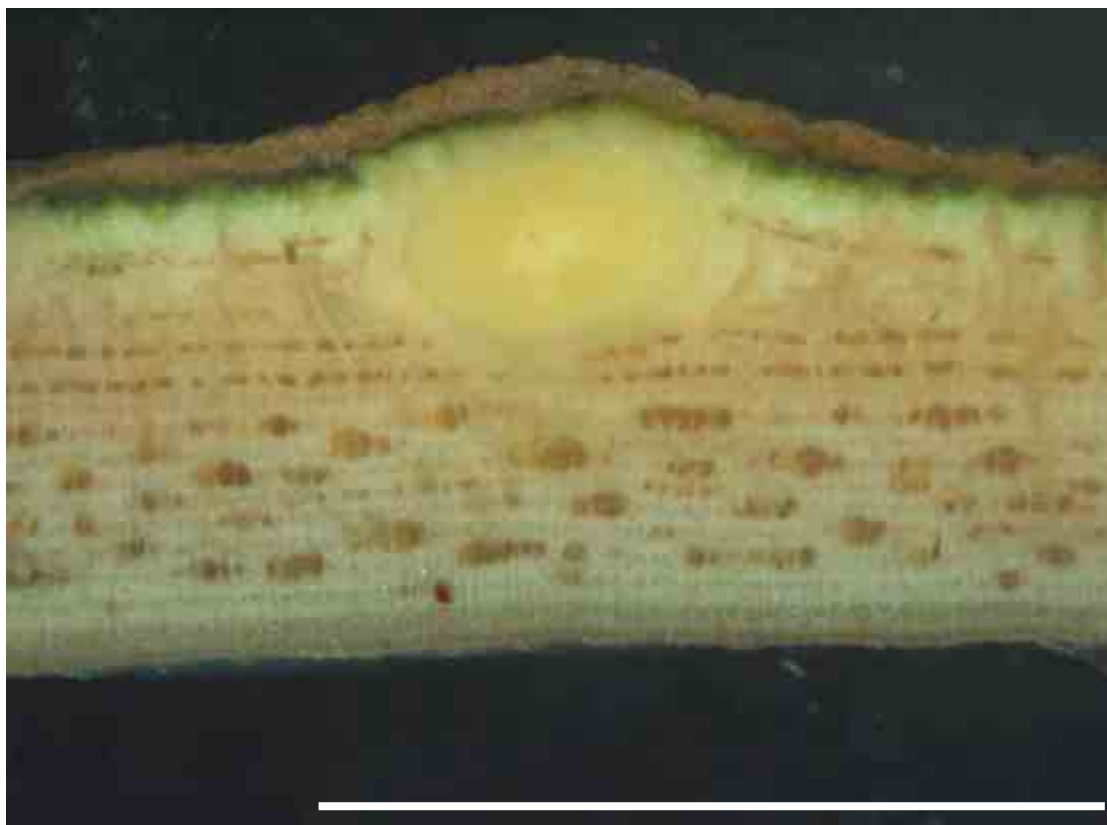
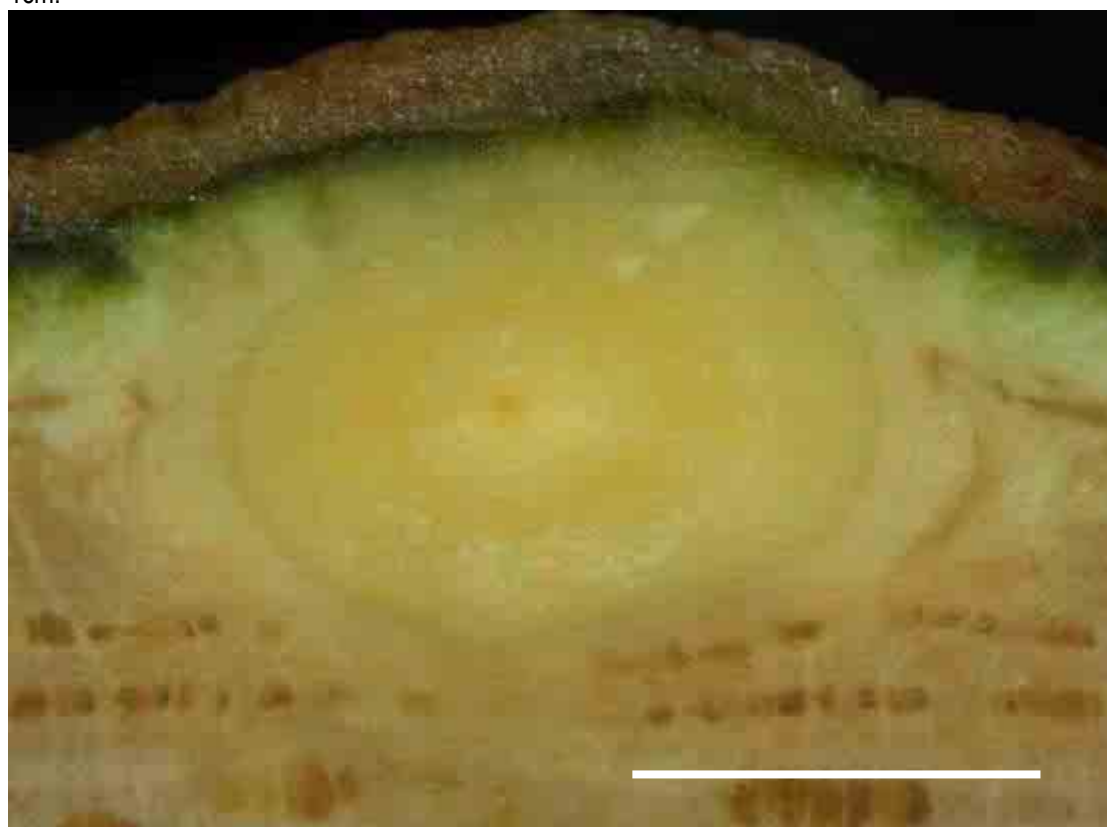


Fig. 49. *Fraxinus excelsior*, macro-opname knobbelontwikkeling, vroeg stadium (DC-0014). Streepje is 1cm.



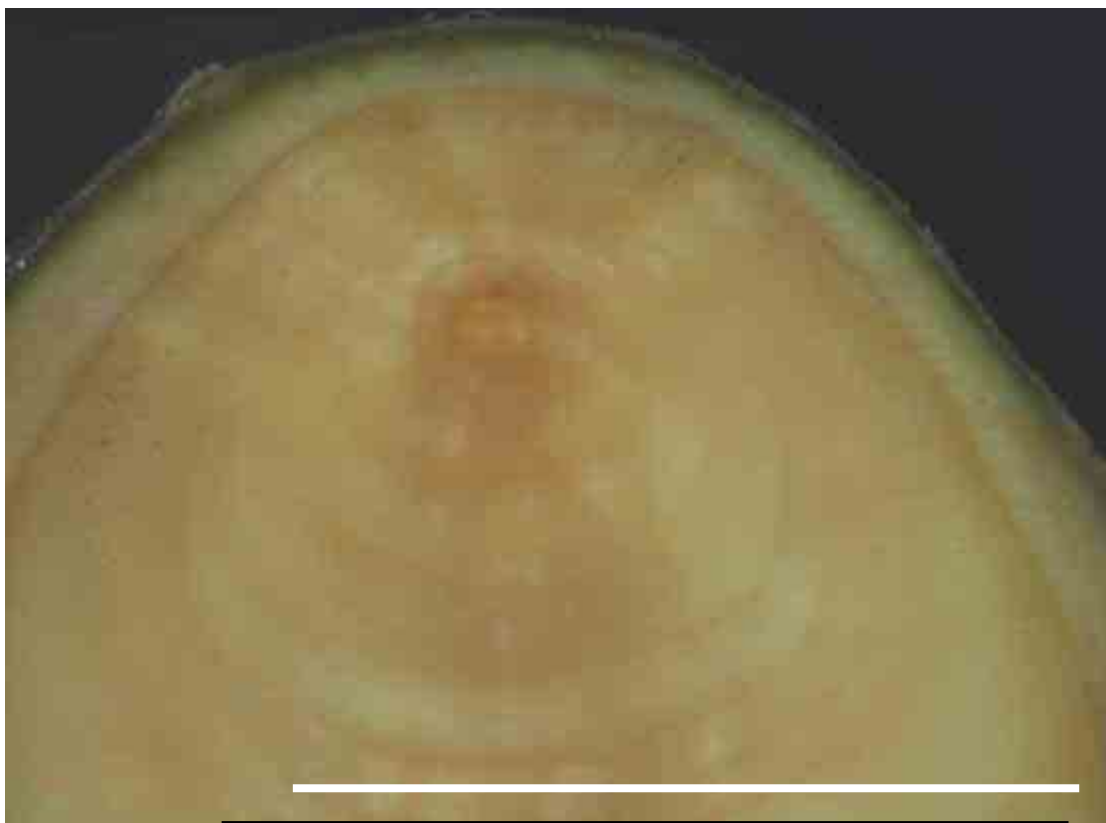


Fig. 51. *Fraxinus excelsior*, knobbelontwikkeling, oud stadium (DC-0018). Streepje is 1cm.

Fig. 52. *Fraxinus excelsior*, knobbelontwikkeling oud stadium detail (DC-0020). Streepje is 0.5cm.



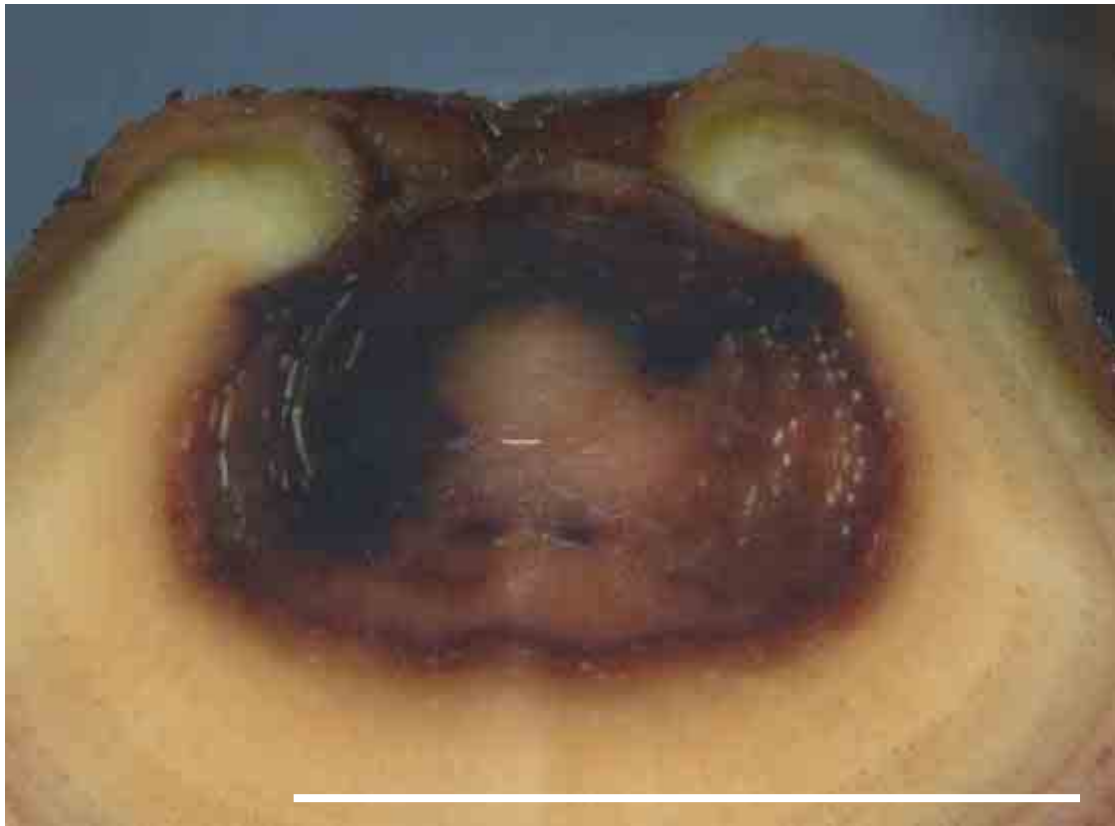


Fig. 53. *Fraxinus excelsior* 'Atlas' met knobbel die aan de top beschadigd is (DC-0043)
Materiaal is hetzelfde als Fig. 48. Streepje is 1cm.

Fig. 54. *Fraxinus excelsior* 'Atlas',
Detail overgroeiing op plaats van
wond van boven-staande foto (LM-
0076)
Streepje is 1000 μ m.

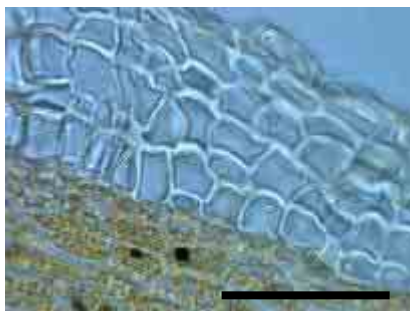


Fig. 55. *Fraxinus excelsior*. Normaal
periderm (secundair kurk) dat de
boomstam beschermt tegen
uitdroging en invasie van buitenaf
(LM-0132). Streepje is 100 μ m.

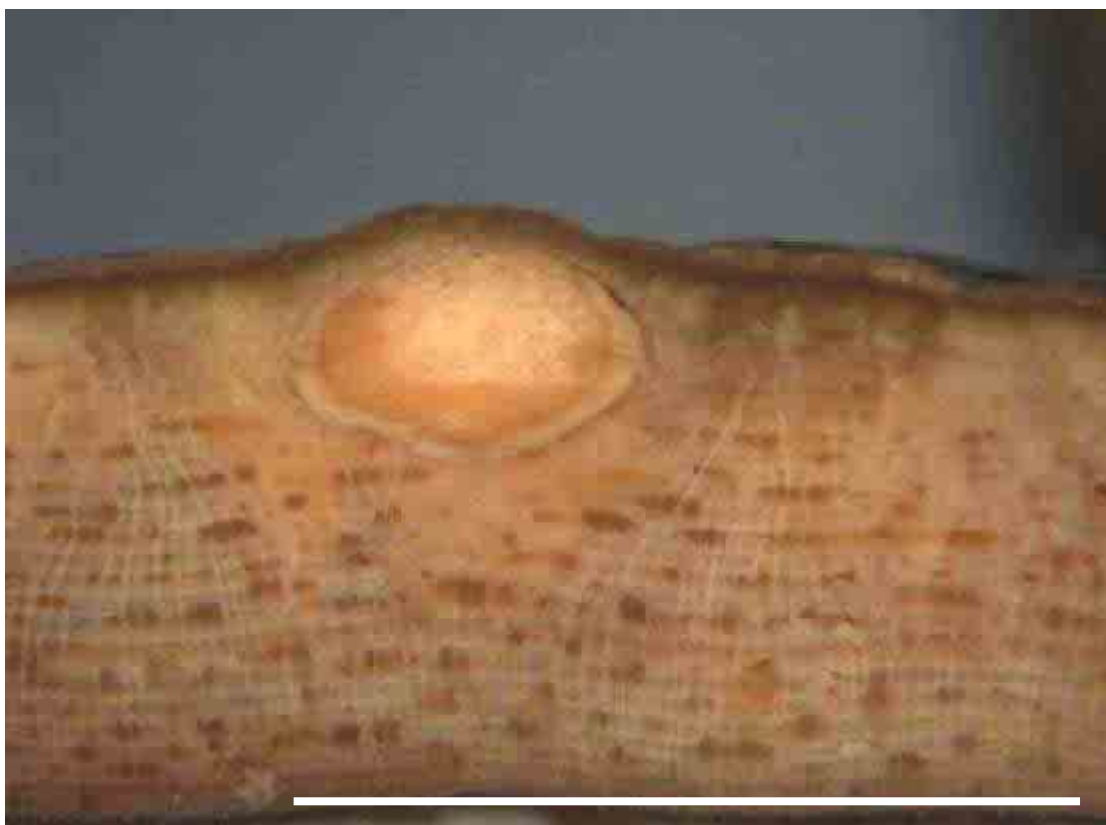


Fig. 56. *Fraxinus excelsior*, macro-opname jonge bastknobbel (DC-0056). Streepje is 1cm.

Fig. 57. *Fraxinus excelsior*, macro-opname middelstadium knobbel (DC-0051). Streepje is 1cm.





Fig. 58. *Fraxinus excelsior*, overzicht oude knobbel macro-opname (DC-0049). Streepje is 1cm.

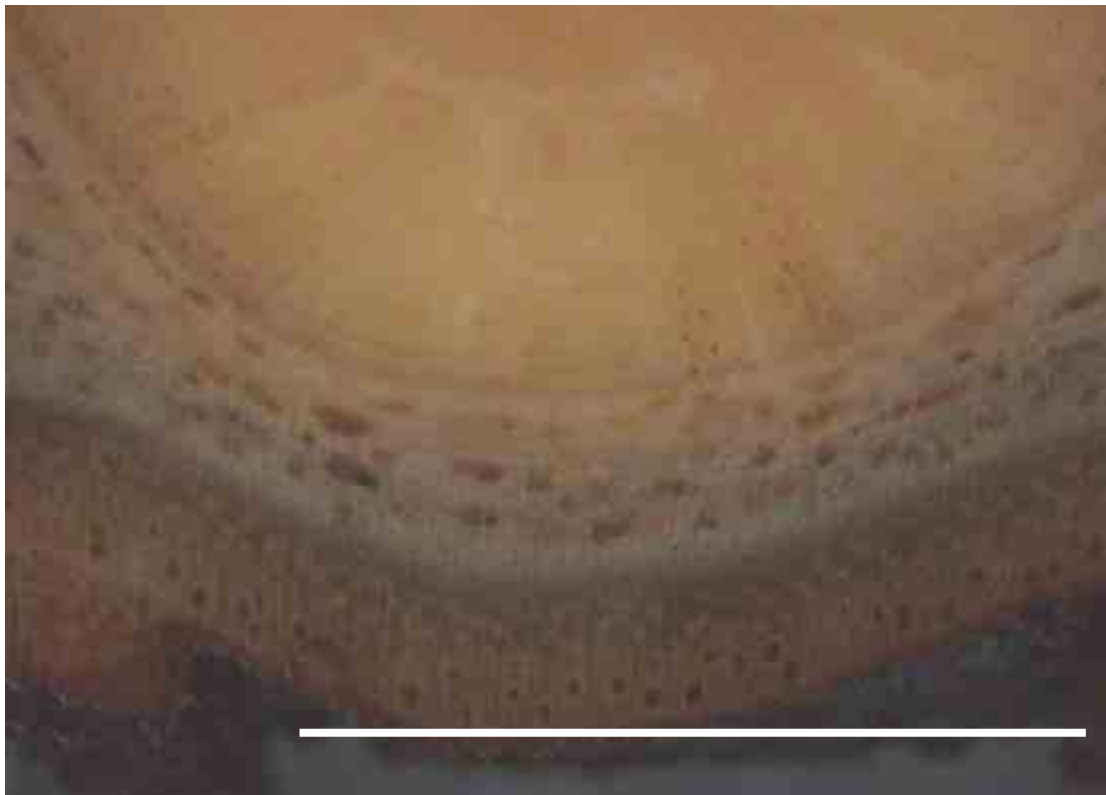


Fig. 59. *Fraxinus excelsior*, oude knobbel macro-opname van xyleemzijde (DC-0047). Streepje is 1cm.

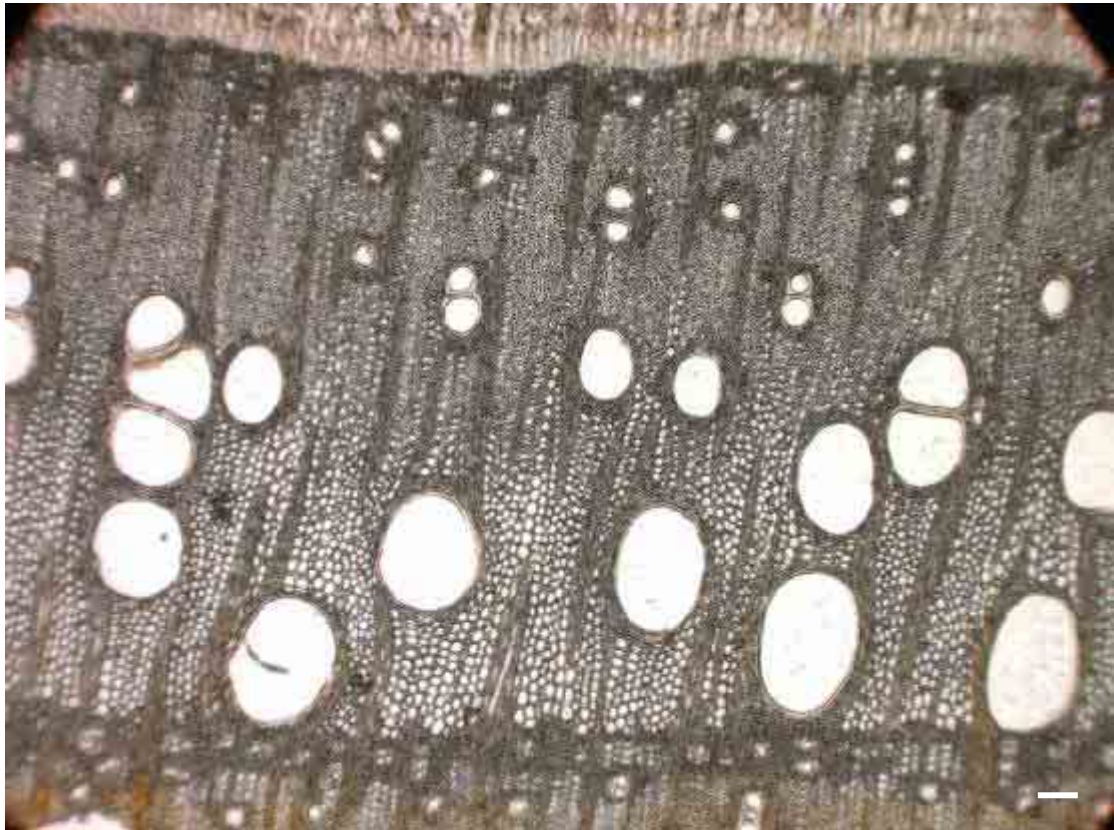
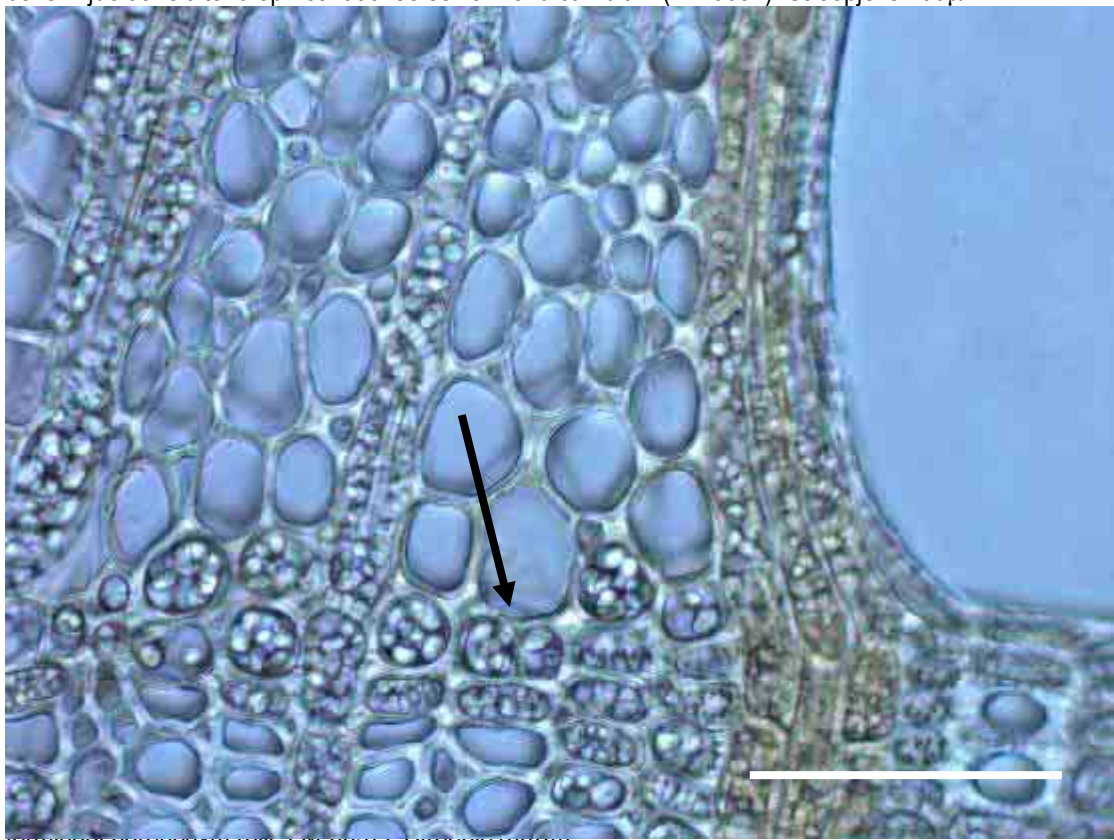


Fig. 60. *Fraxinus excelsior*, overzicht laatste jaarring van het normaal kringporig xyleem, aan de bovenzijde aansluitend op het vaatweefselvormend cambium (LM-0094). Streepje is 100µm.



terminaal parenchym (pijl, LM-0097). Streepje 100µm.

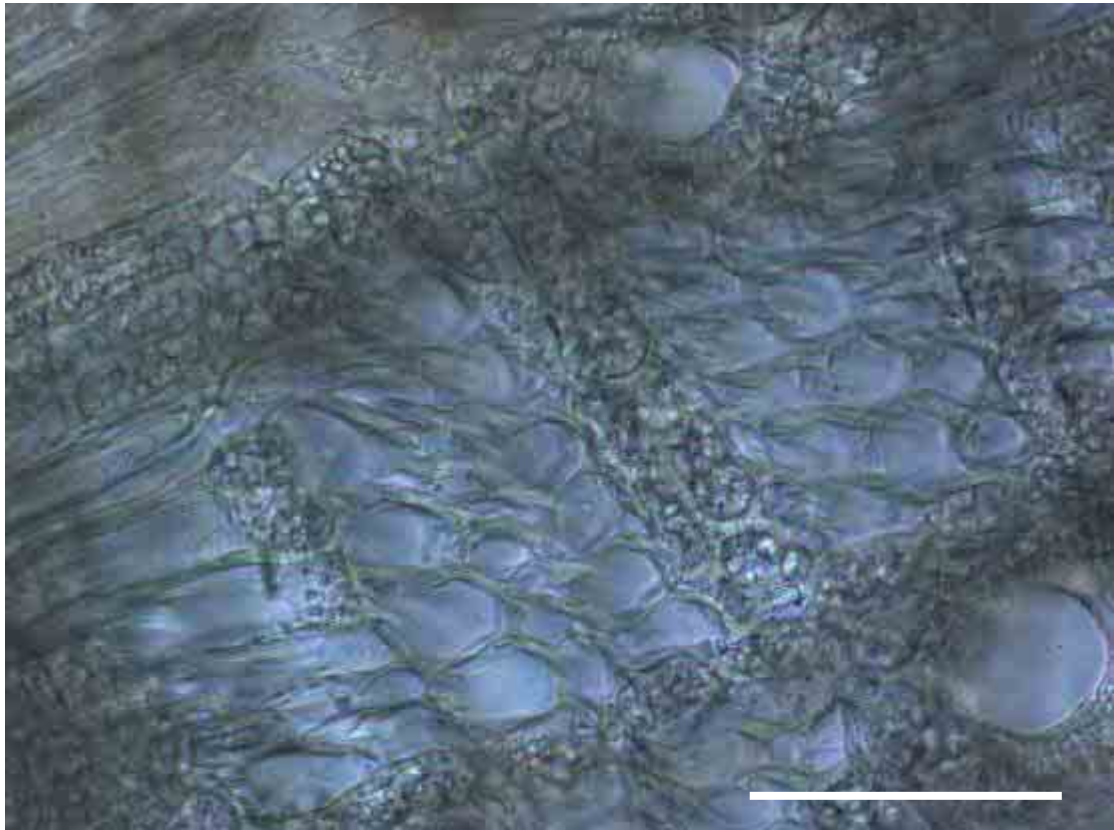


Fig. 62. *Fraxinus excelsior*, detail xyleem in knobbel met twee banden terminaal parenchym (pijlen). Links boven ligt het cambium (LM-0104). Streepje is 100 μ m.

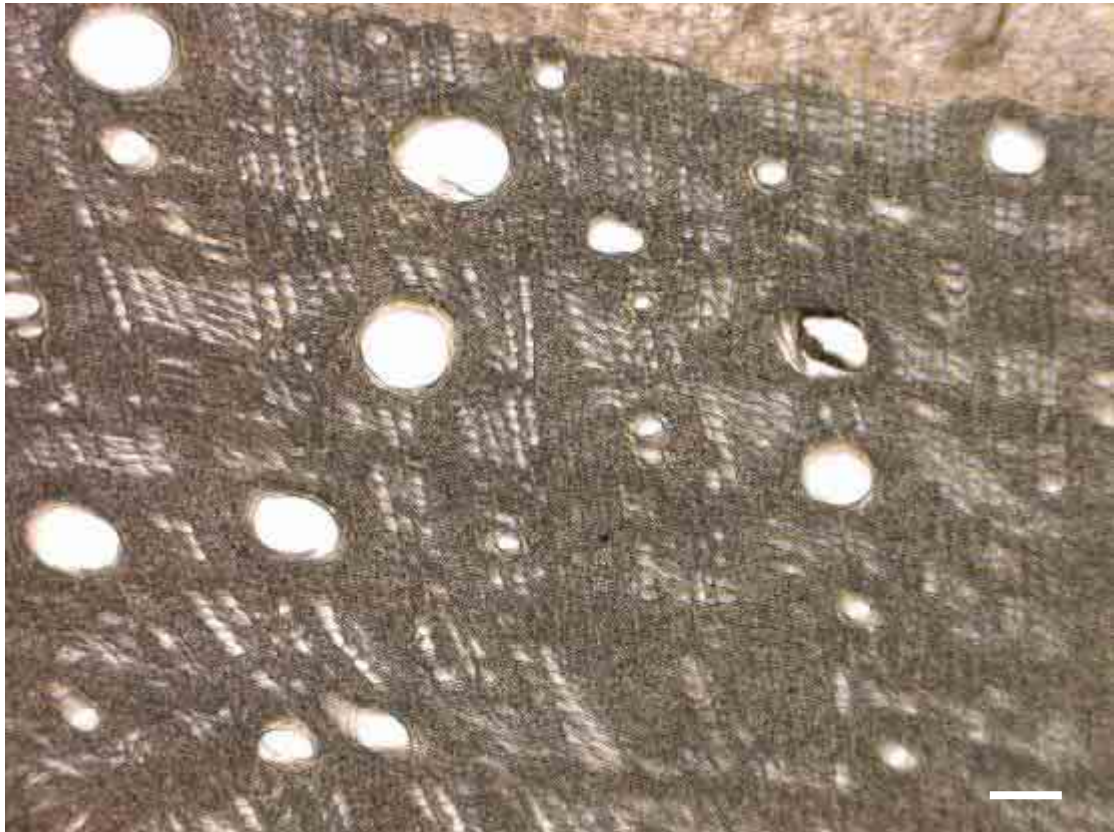


Fig. 63. *Fraxinus excelsior*, opname van oude bastknobbel met 5-6 groeiringen in het xyleem (LM-0101). Streepje is 100 μ m.

Fig. 64. *Fraxinus excelsior*, opname van middenstadium bastknobbel met zicht op groeiringen (LM-

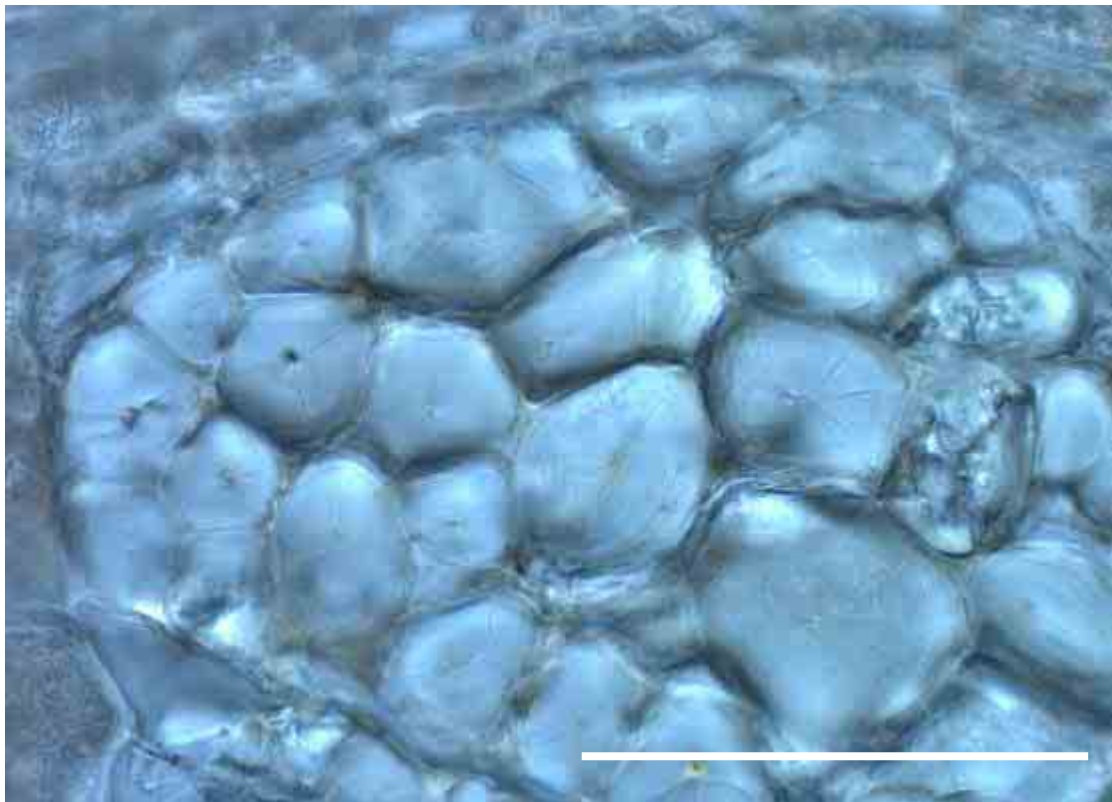


0116). Streepje is 100 μ m.



Fig. 65. *Fraxinus excelsior*, Jonge knobbel met in het centrum een necrotische plaats (met een bastvezelbastvezel, pijl) waaromheen de bastknobbel is gaan groeien (LM-0120). Let op dit is een cruciale opname! Streepje is 100 μ m.

Fig. 66. *Fraxinus excelsior*, detail van bastvezels zoals die normaal in het secundair floëem te zien zijn



(LM-0139). Streepje is 100 μ m.



Fig. 67. Es, detail centrum jonge bastknobbel met necrose en steencel in het centrum. (LM-0240)

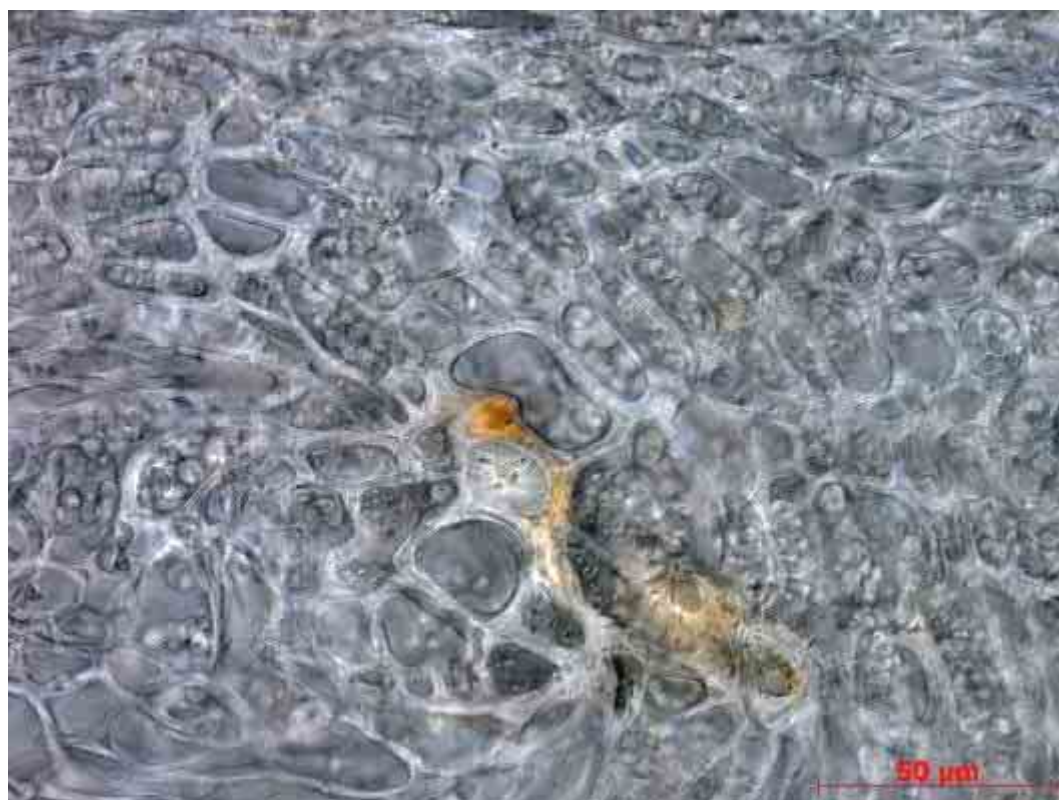


Fig. 68. Es, detail centrum jonge bastknobbel met necrose en steencel in het centrum. (LM-0254)



Fig. 69. Overzicht *Fraxinus excelsior* 'Atlas', es op het moment van monsternamen in April 2006

Fig. 70. Overzicht *Fraxinus excelsior* 'Atlas', es met bastknobbelvorming op/in herstelde bast op wond van 17 maanden oud (pijl). September 2007 (P9210040)





groeiringen en is secundair aan xyleem van stam vastgegroeid. Middellijn is 1 cm. (P.020102)

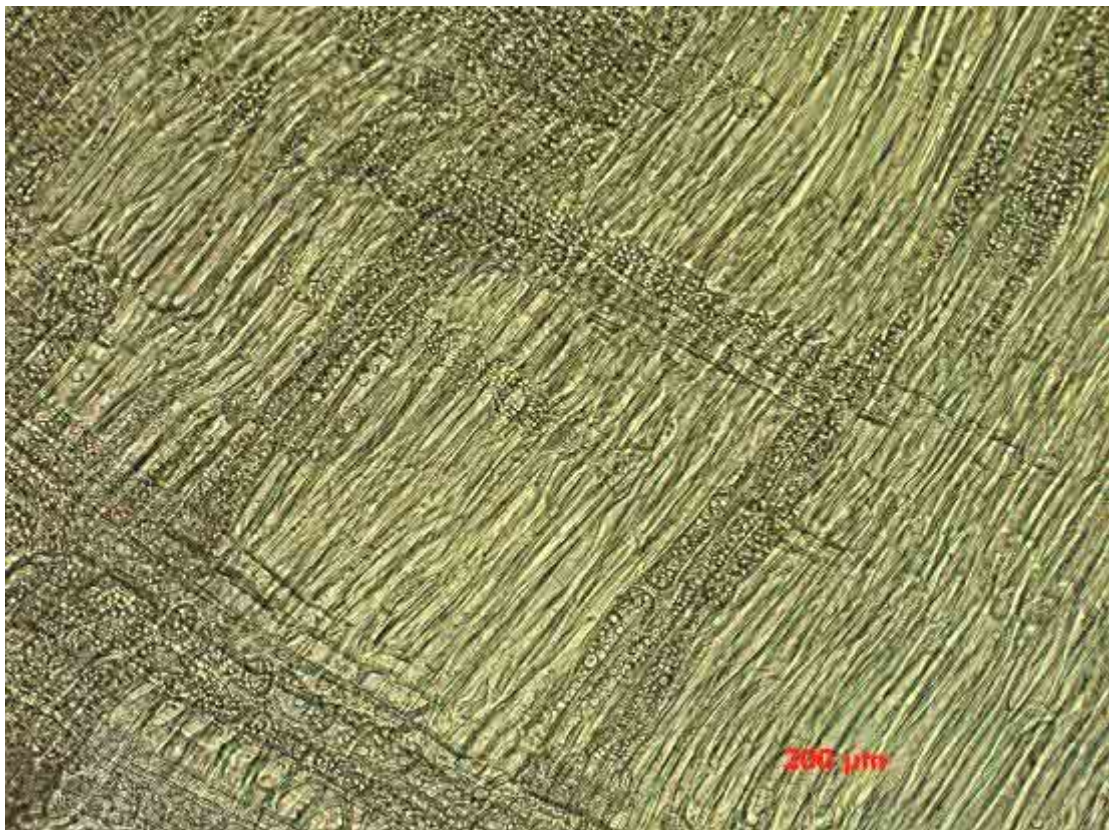


Fig. 72. Es van Fig. 70, detail xyleem van bastknobbel met banden libriform en parenchym. (LM-0401b)

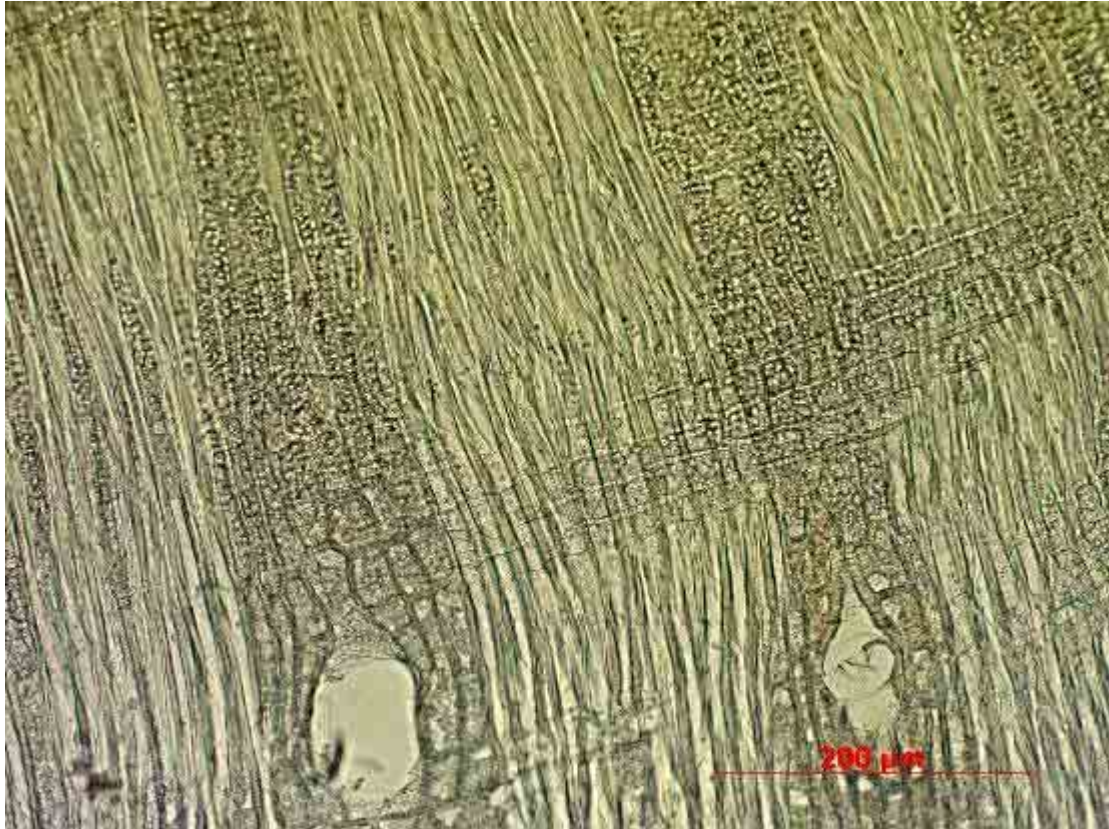


Fig. 73. Es van Fig. 70, detail xyleem van bastknobbel met banden libriform en banden met parenchym en houtvaten. (LM -0405b)



Fig. 74+75. *Fraxinus excelsior*, jonge bastknobbel (P3210902) *Fraxinus excelsior*, oude bastknobbel. (P3270923)

***Gleditsia triacanthos* L. 'Inermis' - valse Christusdoorn**



Fig. 76. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', detail monsterplaats. (P9070439).



Fig. 77 en 78. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis' met takdoorns (links) en vrijgeprepareerde takdoorn naast een 'bastknobbel' gefotografeerd in Wageningen.



Fig. 79 en 80. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', bastknobbel, voor (links) en na (rechts) monstername. (P9070440 en P9070444)



Fig. 81. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', macro-opname jonge knobbel. (DC-0029)
 Streepje 0.5cm.



Fig. 82. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', macro-opname middenontwikkelingsstadium knobbel. (DC-0035) Streepje is 1 mm

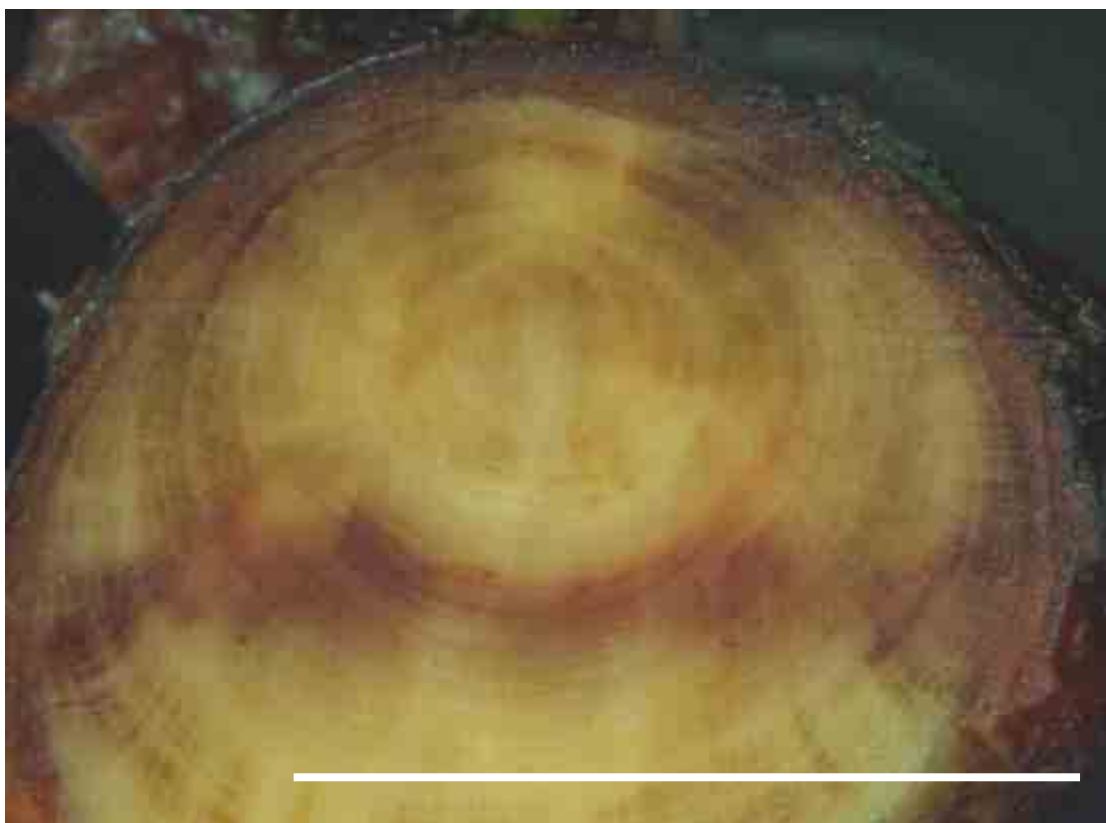


Fig. 83. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', macro-opname oud ontwikkelingsstadium knobbel. (DC-0021)
Streepje is 1cm.



Fig. 84. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', oud ontwikkelingsstadium knobbel. Streepje is 1cm. (DC-0026)



Fig. 85. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', oud ontwikkelingsstadium, xyleem in knobbel, lichtmicroscopie. (LM-0016) Streepje is 100 μ m.

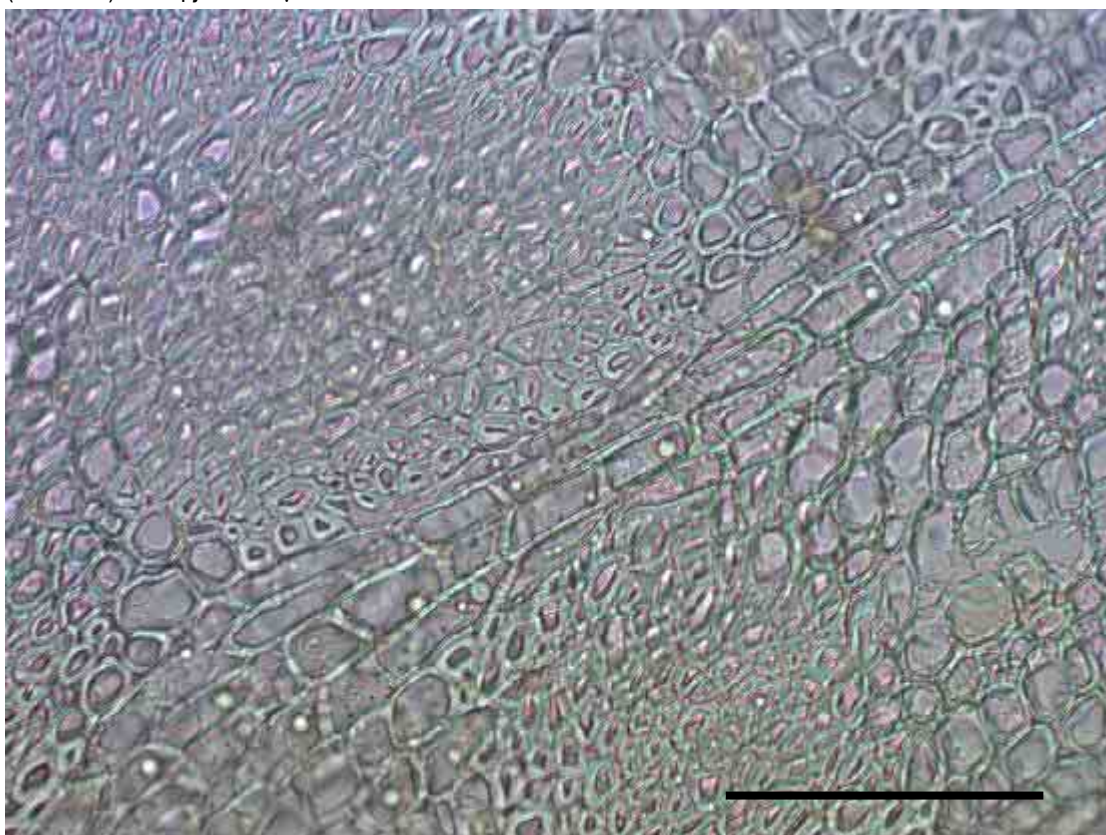


Fig. 86. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', oud ontwikkelingsstadium, xyleem in knobbel. (LM-0015) Let op velden met libriformvezels en de houtstraal lopend van links onder naar rechts boven. Streepje is 100 μ m

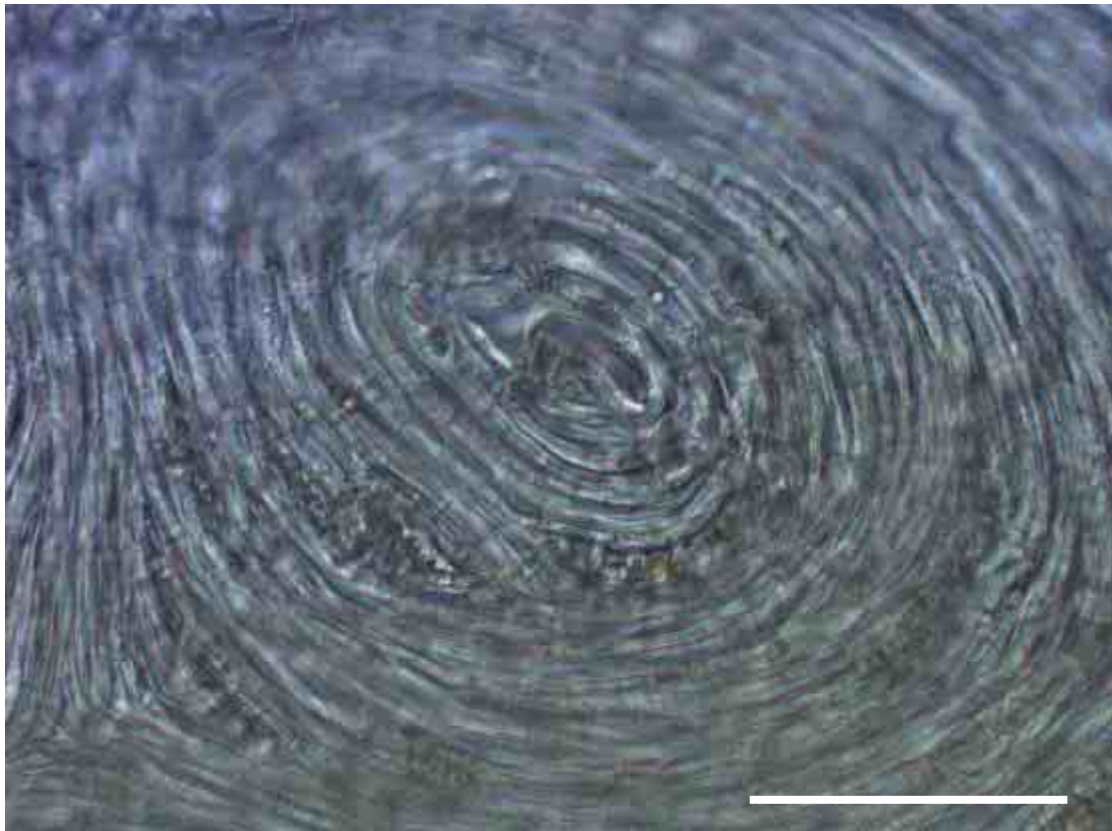


Fig. 87. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', oud ontwikkelingsstadium. Centrum xyleem in knobbel. (LM-0025) Streepje is 100 μ m.

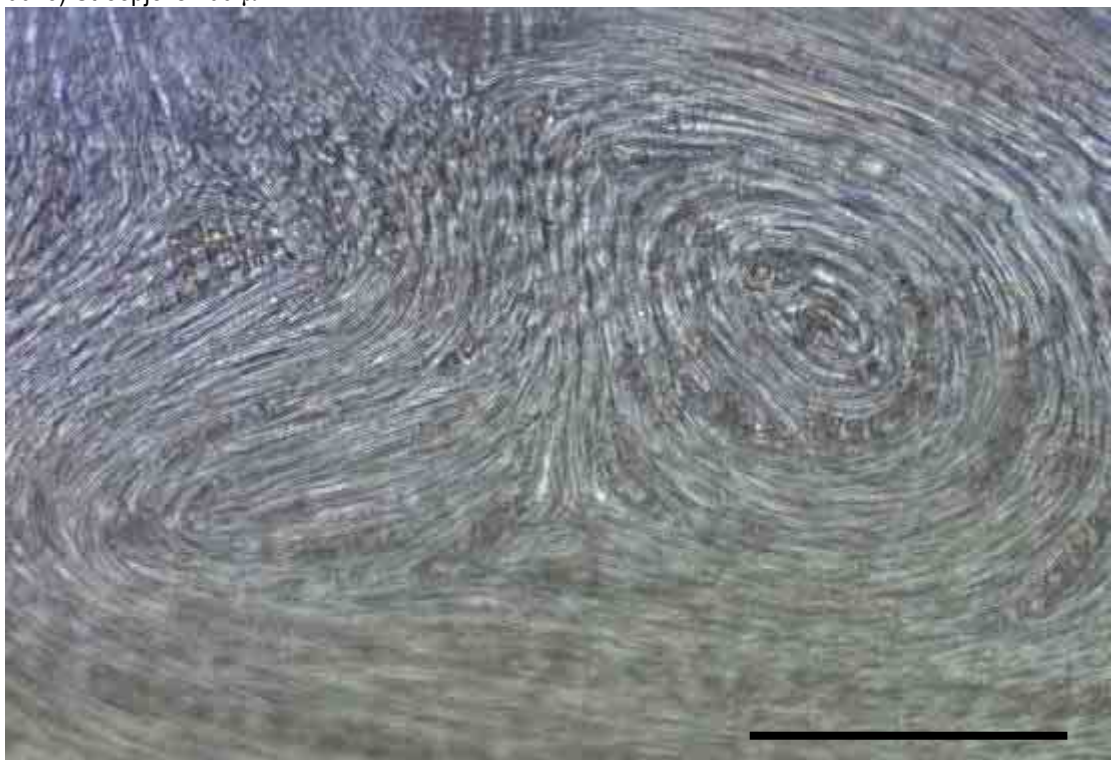


Fig. 88. *Gleditsia triacanthos* 'Inermis', oud ontwikkelingsstadium. Centrum xyleem in knobbel. (LM-0026) Streepje is 100 μ m.

***Hamamelis interm.* 'Diane' - toverhazelaar**



Fig. 89. *Hamamelis interm.* 'Diane' – Habitus. (P6041043)



Fig. 90. *Hamamelis* -Stam met bastknobbels. (P6041033)



Fig. 91. *Hamamelis* *interp.* 'Feuerzauber' - Na monstername. Let erop dat de bastknobbel geen sporen nalaat op het onderliggende xyleemweefsel van de stam. (P6041077)

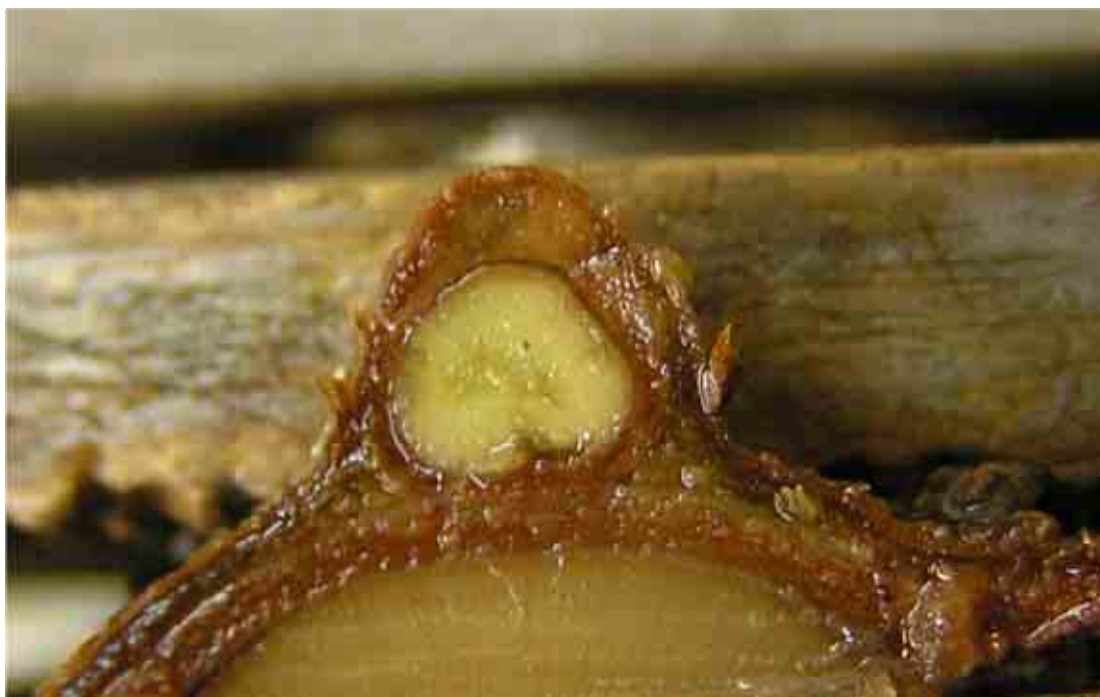


Fig. 92. *Hamamelis intern.* Overzicht dwarse doorsnede van bastknobbel. (P6141011)

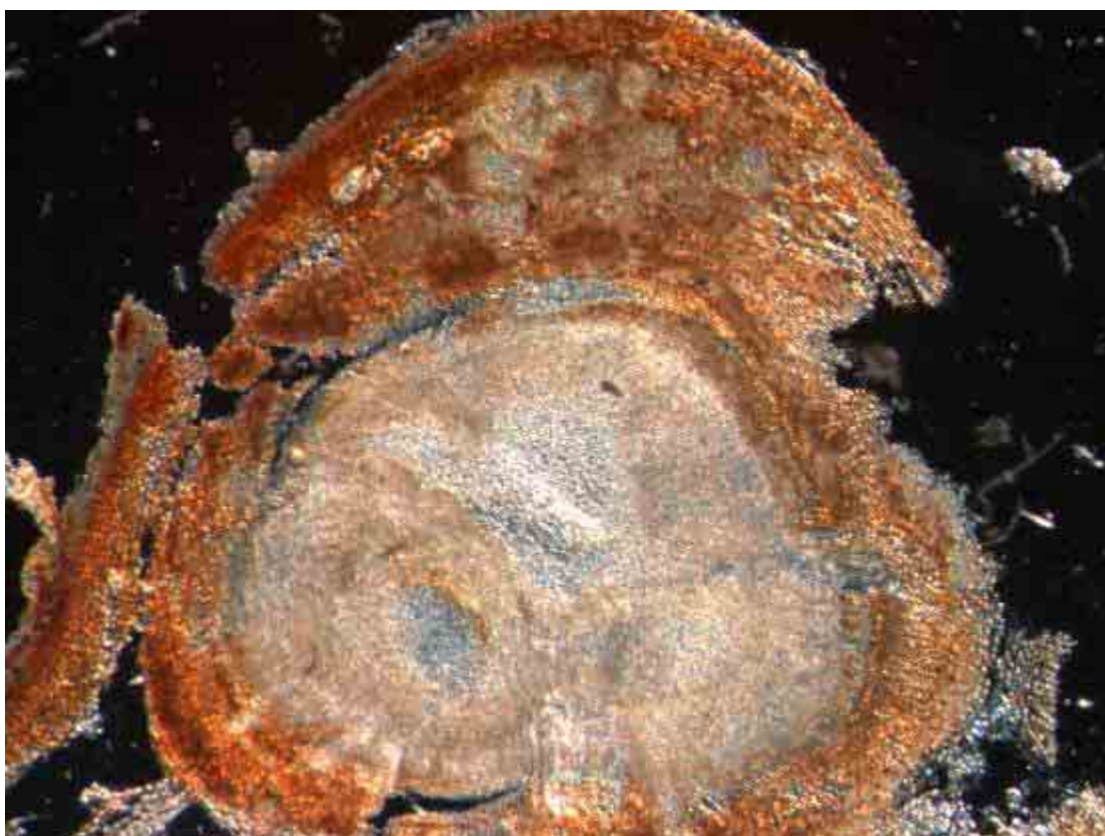


Fig. 93. *Hamamelis intern.* Overzicht dwarse doorsnede bastknobbel. (LM-0342)



Fig. 94. *Hamamelis interm.* Overzicht van het xyleem in de bastknobbel. (LM-0299)

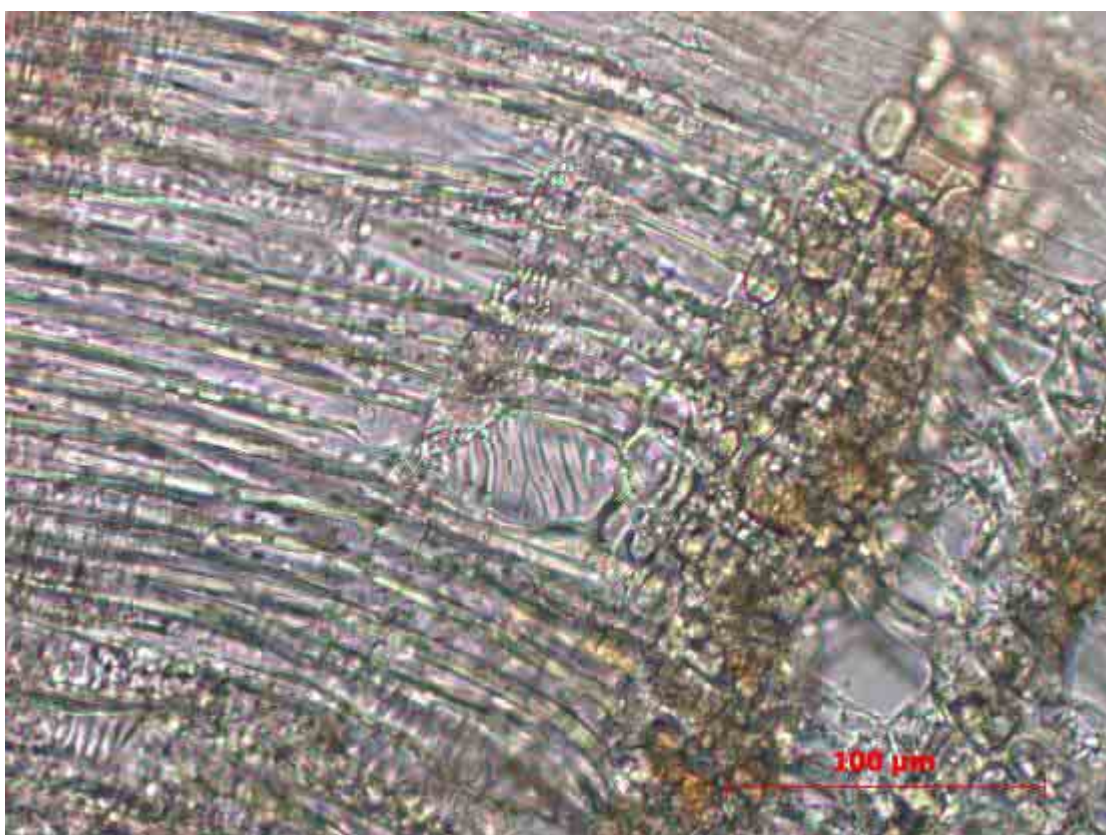


Fig. 95. *Hamamelis interm.* Detail van het xyleem in de bastknobbel. (LM-0302)

***Ilex aquifolia* - hulst**



Fig. 96. *Ilex aquifolia* 'J.C. van Tol' – Habitus. (P6041047)



Fig. 97.
Ilex

aquifolia 'J.C. van Tol' - Bastknobbels op stam. (P6041025)



Fig.

98. *Ilex aquifolia* 'J.C. van Tol' – Stam na monstername met bastknobbel. Let erop dat de bastknobbel geen sporen nalaat op het onderliggende cambium en /of xyleemweefsel van de stam. (P6041066)



Fig. 99. *Ilex aquifolia* 'J.C. van Tol', - Dwarsdoorsnede van de bastknobbel bastknobbel. (P6141007)



Fig. 100. *Ilex aquifolium*, Dwarse doorsnede bastknobbel mediaan. (LM-0338)

Fig. 101. *Ilex aquifolium* Detail xyleem in bastknobbel. (LM-0298)



***Malus sylvestris* 'Elstar' - appel**



Fig. 102.
Malus

sylvestris 'Elstar' Overzicht bastknobbel na monstername. (P7131001)



Fig. 103. *Malus sylvestris* 'Elstar' – Overzicht dwarse doorsnede bastknobbel. Ook hier is een kern van xyleem omgeven door floeemweefsel en ook hier is de bastknobbel ontstaan in de buitenste laag van het floeem. De donkere vlekken zijn veroorzaakt door verkleuring in houtparenchymcellen. (DC-069b)

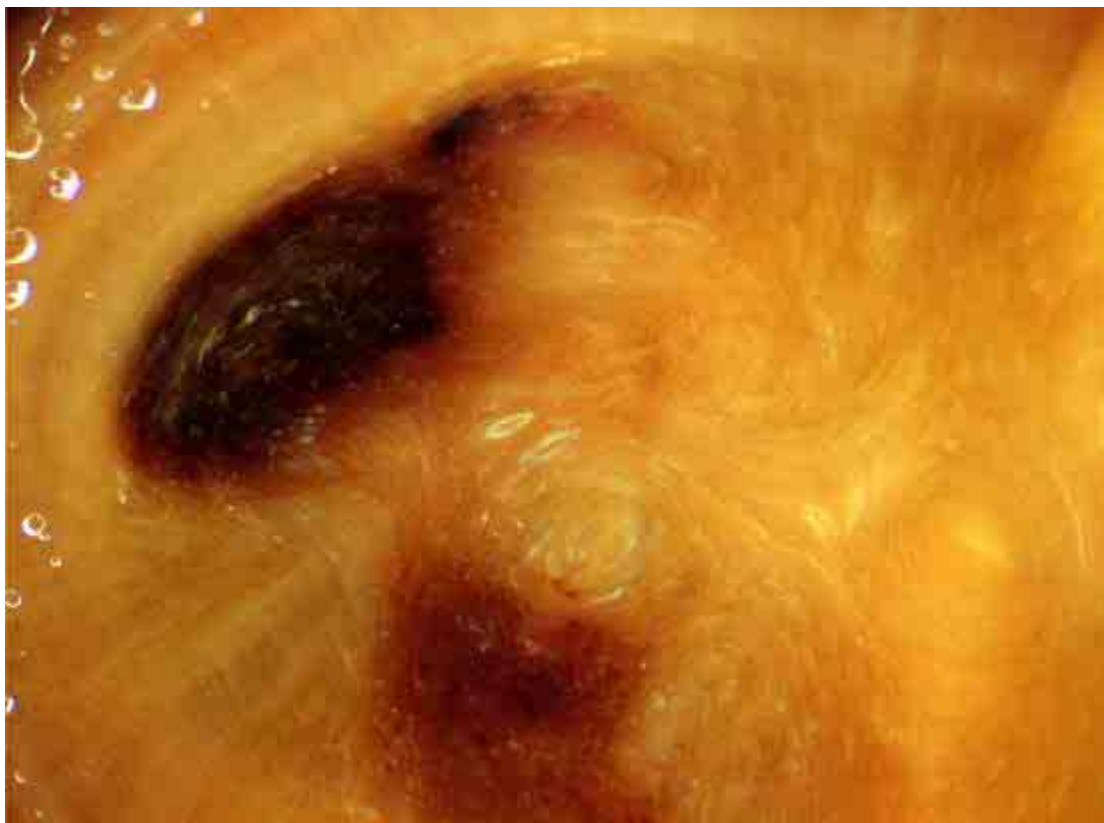


Fig. 104. *Malus sylvestris* 'Elstar' – Detail xyleemweefsel in bastknobbel met verkleuring (DC-0072b)



Fig. 105. *Malus sylvestris* 'Elstar' – Detail xyleemweefsel in bastknobbel met verkleuring als gevolg van lokale degeneratie in en van houtparenchymcellen. (LM-0375b)



Fig. 106. *Malus sylvestris* 'Elstar' – detail xyleemweefsel van de bastknobbel met concentrische organisatie van xyleemelementen. (LM-0376b)



Fig. 107. *Malus sylvestris* 'Elstar' – detail xyleemweefsel van de bastknobbel met concentrische organisatie van xyleemelementen. (LM-0378b)

Olea europea - olijf



Fig. 108. *Olea europea* - Habitus. De gele cirkel geeft de plaats aan waar veel bastknobbels zijn ontwikkeld. (P6041037)



Fig. 109. *Olea europea* - Bark knobbels op stam. Cirkel geeft plaats van monstername aan. (P6041010)



Fig. 110. *Olea europea* - Plaats van monstername. Let erop dat de bastknobbels geen sporen nalaten op het onderliggende cambium en/of xyleemweefsel van de stam. (P6041054)



Fig. 111. *Olea europea*, - Dwarse doorsnede van bastknobbels waarvan de rechter mediaan is aangesneden. (P614100)



Fig. 112. *Olea europea*, - Dwarse doorsnede bastknobbel. (LM-0336)



Fig. 113. *Olea europea* - Detail onder bastknobbel met beeld op het floem van de stam. (LM-0274)

Fig. 114. *Olea europea* - Detail rechts van bastknobbel met bastweefsel, schors en afschermend periderm. (LM-0277)



Fig. 115. *Olea europea* - Detail xyleem in bastknobbel. Parenchymcellen zijn levend en bevatten zetmeelkorrels. (LM-0273)

***Platanus acerifolia* - plataan**



Fig. 116. *Platanus acerifolia*, plataan op Burg. Visserpark met bastknobbel, gemonsterd – (P3140966)



Fig. 117. Plataan, bastknobbel dwars – (P4050954)



Fig. 118. Plataan met dwars-gesneden bastknobbel met lichte houtstralen en donkere banden met houtvaten. De pijl wijst naar het vaatweefselvormend cambium – (DC 0082 8x)



Fig. 119. Plataan, Overzicht bastknobbel met prominente stralen en zones met houtvaten (LM-0204)



Fig. 120. Plataan, detail xyleemcellen in bastknobbel – (LM-0210)

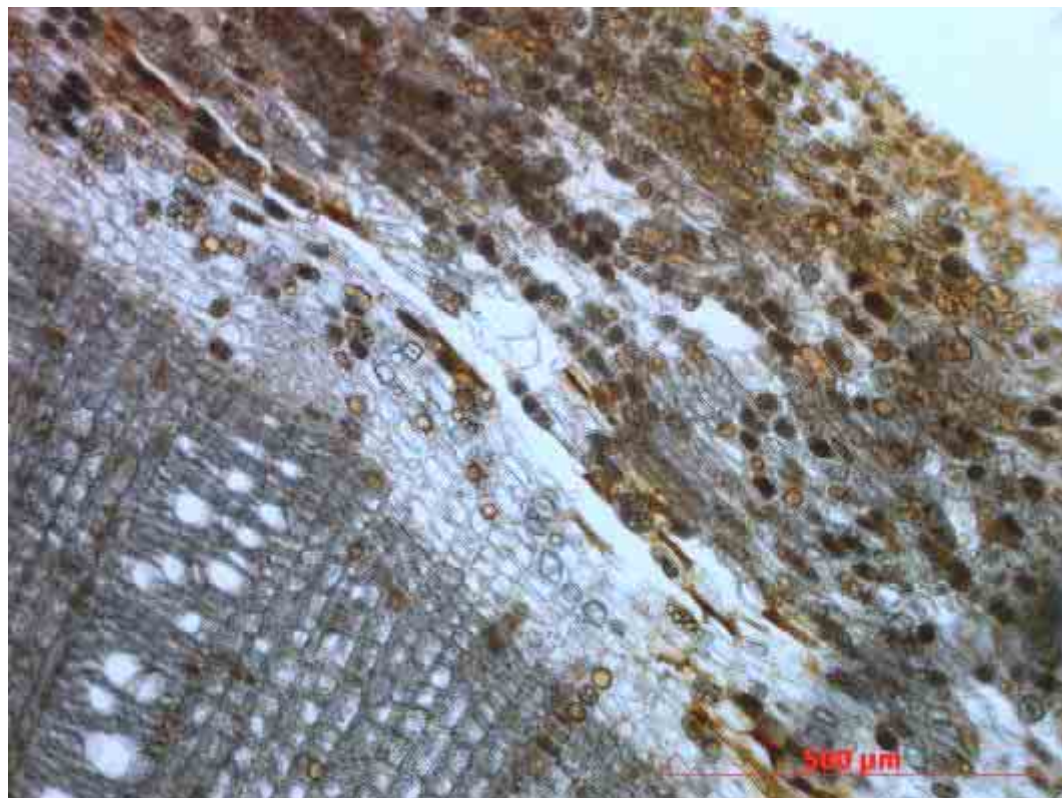


Fig. 121. Plataan, overgang van xyleem naar floeem in bastknobbel – (LM-0214)

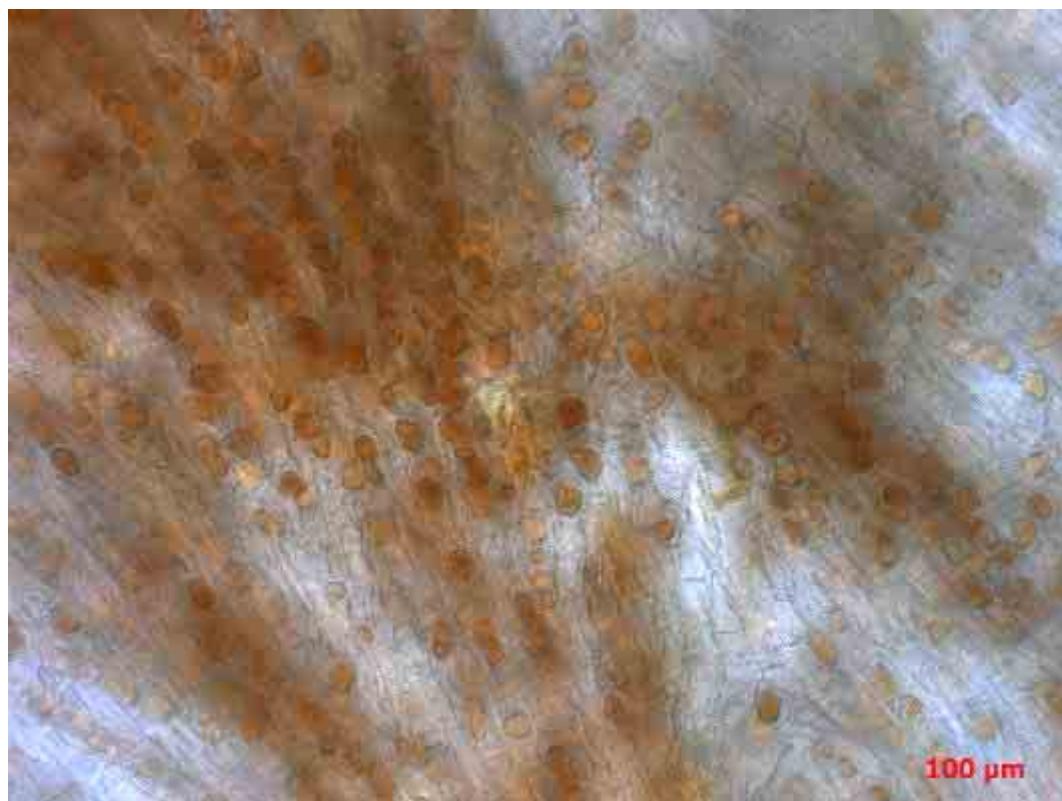


Fig. 122. Plataan, detail verbruind centrum van bastknobbel – (LM-0222)

***Tilia tomentosa* 'Brabant' - zilverlinde**



Fig. 123. *Tilia tomentosa*, linde op Emmalaan met bastknobbels bij bladlitteken – (3140963)



Fig. 125. zilverlinde, bastknobbel dwars (DC 0080 8x) (P4030946)



Fig. 124. Zilverlinde, net aangesneden bastknobbel.



Fig. 126. Zilverlinde, detail inhoud bastknobbel – (LM-0150)

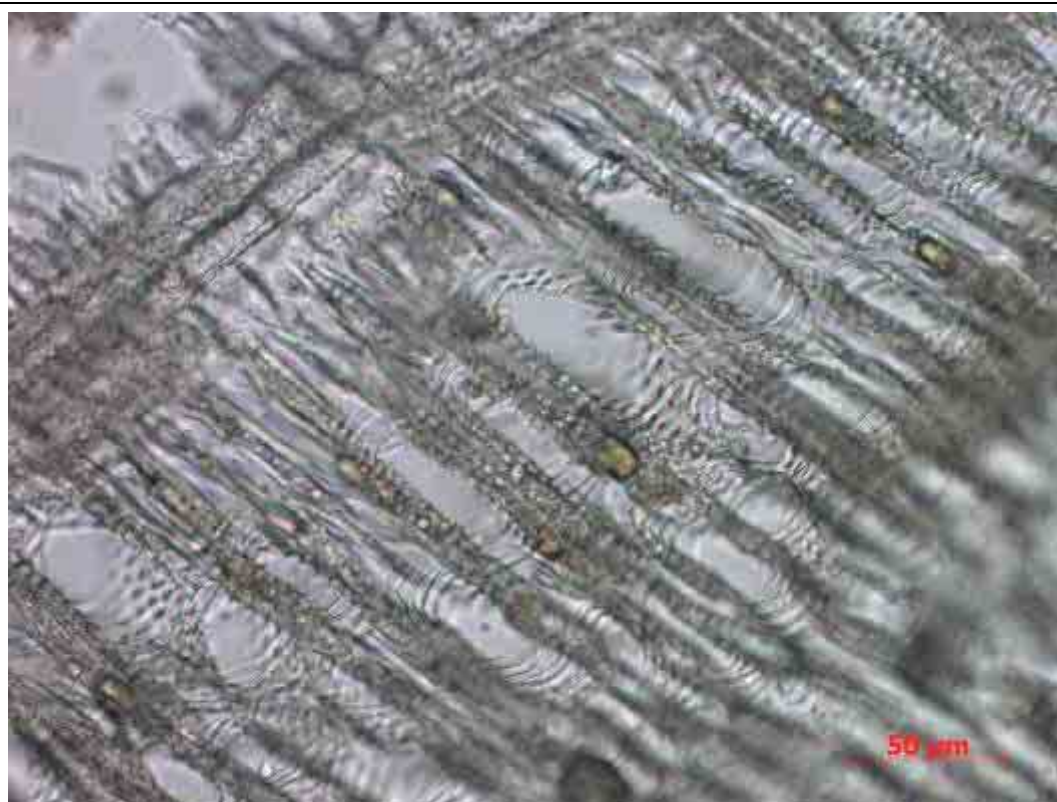


Fig. 127. Zilverlinde, detail xyleem in bastknobbel – (LM-0157)

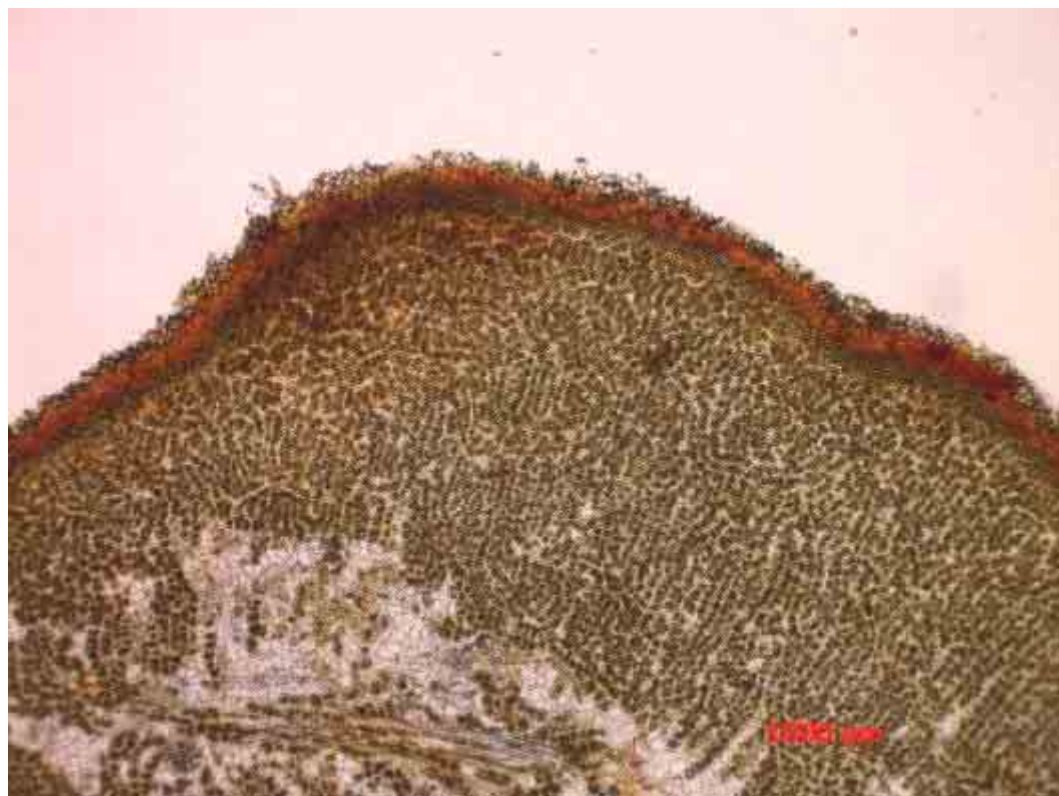


Fig. 128. Zilverlinde, detail zijkant bastknobbel – (LM-0147)



Paardenkastanje met bastknobbelaantasting



WAGENINGEN UNIVERSITEIT
WAGENINGENUR