

Opgelost!

De puzzel van ingesloten bast in bomen

DUNCAN SLATER MSC, SENIOR LECTURER IN ARBORICULTURE & RESEARCHER
VERTALING: C.J. VAN DER BAS, ETT

Sommige dingen in het leven blijven een raadsel, ondanks de grote technische en sociale ontwikkelingen van onze moderne tijd, zoals: wat is er toch geworden van de op mysterieuze wijze verdwenen Lord Lucan? En wie ontdekte Marmite (*geleiachtig spul dat de Engelsen op brood smeren, red.*) en dacht laat ik dat eens proeven? Wat voor een vorm heeft de Bermudadriehoek? We zullen wel nooit betrouwbare en controleerbare antwoorden hebben op zulke mysteries.



Simpele vragen

Ongeveer hetzelfde gaat op voor bomen; mensen wonen er al duizenden jaren naast en gebruiken ze voor van alles en nog wat, maar er zijn nog steeds veel dingen die we er niet van weten of begrijpen. Voorbeelden daarvan zijn: hun interactie met andere organismen en de vraag waarom bomen die in dezelfde habitat staan, in verschillende vormen groeien. Door wetenschappelijk onderzoek aan en over bomen, zoals over hun groeiwijze, hun vorm en hun fysiologische systemen neemt onze kennis over deze fascinerende houtige planten toe, maar zelfs simpele vragen die een kind kan stellen blijven tot op de dag van vandaag onbeantwoord.

Een voorbeeld van zo'n vraag is: wat zorgt er nu eigenlijk bij een boom voor dat hij aanhechtingen gaat maken met ingesloten bast? Zulke potentieel zwakke aanhechtingen zijn een veelvoorkomend probleem bij veel boomsoorten (afbeelding 1). Toch is er nooit een bevredigende verklaring voor gevonden. Tenminste, dat was zo totdat schrijver dezes het mechanisme ontdekte en er een kort boekje over schreef (Slater 2016).

Maar wat is nou de hoofdoorzaak van ingesloten bast bij een tak aanhechting dan?, is de vraag die ik je hoor stellen. Wat veroorzaakt deze misvorming van onze bomen?

Veronderstellingen die eerder zijn gedaan over de oorzaak van de ingesloten bast door verschillende auteurs zijn, dat:

- ... ingesloten bast bij een aanhechting wordt veroorzaakt doordat twee of meer takken boven de aanhech-

ting tegen elkaar aangedrukt werden als zij in de dichte groeiden. Nope, niemand heeft bewezen dat dit de oorzaak is van ingesloten bast, het is een onbewezen theorie die nu hoogst onwaarschijnlijk lijkt.

- ... wanneer twee of meer takken strak naast elkaar steil omhoog groeien, dit een aanhechting wordt met ingesloten bast. Nah, als je goed om je heen kijkt kun je gemakkelijk een aanhechting vinden van twee takken die dicht naast elkaar groeien met een goede aanhechting en een aanhechting waar bast is ingesloten met een grotere hoek (afbeelding 2).
- ... het genetische profiel van de boom ervoor zorgt dat er zwakke aanhechtingen ontstaan, zoals aanhechtingen met ingesloten bast. Ook niet, ook al zorgt het genetisch profiel dat de boom weet wat voor vorm hij zou moeten aannemen. De uiteindelijke vorm wordt bepaald door een breed scala aan externe factoren. Dit is gemakkelijk te zien bij de groei van klonen die in verschillende situaties opgroeien. Sommige zullen aanhechtingen maken met ingesloten bast, en andere niet.

Het juiste antwoord op deze vraag ligt meer voor de hand en is simpeler dan je in eerste instantie zou denken. En het oplossen van deze puzzel zorgt voor een belangrijke doorbraak voor de boomverzorging, en zorgt ervoor dat we een andere kijk krijgen op het beheer en het snoeien van onze stadsbomen.

Wij laten als eersten de belangrijke mechanische rol van dit gedraaide weefsel zien

Anatomie van de takaanhechting 2.0

Je hebt een goede kennis nodig van de anatomie van de aanhechting en van de wijze waarop de anatomie zich aanpast aan de statische en de dynamische belastingen op die aanhechting om de logische oorzaken van het ontstaan van een aanhechting met ingesloten bast te kunnen begrijpen. In dit korte artikel kan ik maar een beknopte samenvatting geven van dit fascinerende onderwerp (maar binnenkort komt er een overzichtsartikel over takaanhechtingen, voor wie uitkijkt naar meer gedetailleerde informatie over dit onderwerp).

Er zijn twee belangrijke factoren waardoor een normaal gevormde aanhechting de krachten die ontstaan bij het bewegen van de afzonderlijke stammen kan opvangen:

- a) onder de bastrichel van de takaanhechting bevinden zich dicht in elkaar gedraaide houtvezels, en
- b) wanneer een van de twee takken in diameter veel sneller groeit dan de ander, wordt de langzaam groeiende tak ingesloten door de sneller groeiende tak (of stam), om tenslotte een knoop te vormen aan de basis van de tak (afbeelding 3).

Wanneer de bast bij een takaanhechting wordt ingesloten, is dat te beschouwen als het mislukken van het vormen van het in elkaar gedraaide hout onder de bastrichel. De constatering dat dit belangrijke weefsel onder de bastrichel compleet gevormd wordt (bij een normale takaanhechting), of dat het deels of geheel ontbreekt (bij een aanhechting met ingesloten bast), is bepalend voor het oplossen van het vraagstuk waarom de boom takaanhechtingen met ingesloten bast vormt.

Tijdens ons wetenschappelijke onderzoek met behulp van dissectie, elektronenmicroscopie en micro-CT-scanning, kwamen we erachter dat het hout dat gevormd werd onder de bastrichel, van een grotere dichtheid was dan het hout eromheen. Ten opzichte van de hoeveelheid vezels waren er verhoudingsgewijs minder vaten dan in ander loofhout. Verder bleek dat de houtvezels in een ingewikkeld in elkaar gedraaid patroon van wervelende en rondlopende groeiringen groeiden (afbeelding 4). Dit hout vormt de cruciale verbinding om de trekkrachten boven aan de aanhechting op te vangen, en waar dit weefsel ontbreekt (zoals bij een aanhechting met ingesloten bast) is de aanhechting substantieel verzwakt. Verschillende onafhankelijke wetenschappelijke onderzoeken hebben deze in elkaar gedraaide groeiringen onder de bastrichel geïdentificeerd (Hejnowicz & Kurcryska, 1987; Lev-Yadun & Aloni 1990; Kramer 1999; Andre, 2000), maar wij zijn de eersten die de belangrijke mechanische rol van dit gedraaide weefsel laten zien.



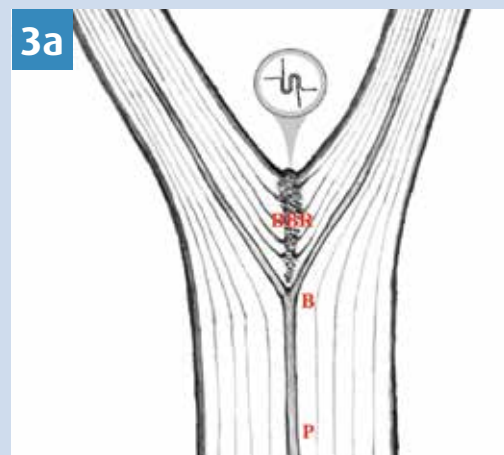
Afbeelding 1 Een aanhechting waarbij bast is ingesloten bij een zuidelijke beuk (*Lophozonia alpina* (Poepp. & Endl) (Heenan & Smissen)). Takaanhechtingen met ingesloten bast zijn structureel zwakker dan exemplaren die normaal zijn gevormd.

Bastrichelhout

Shigo beschreef het hout dat gevormd wordt in de oksel van de tak als compact xyleem en gaf het geen mechanische rol in zijn beschrijving van zijn model van de takaanhechting (Shigo 1985); dit is duidelijk niet juist als je ziet hoe belangrijk het weefsel onder de bastrichel is voor het opvangen van de krachten bij codominante takaanhechtingen (afbeelding 5). En je kunt niet logisch beredeneren dat dit weefsel onder de bastrichel, dat bij een codominante aanhechting zo belangrijk is, geen rol speelt bij de aanhechting van een tak met een kleinere diameter dan de stam.

We hebben ons nieuwe model voor takaanhechtingen geverifieerd met een serie houttesten. Deze wezen uit dat het hout dat onder de bastrichel is gevormd geheel andere mechanische eigenschappen had dan het hout ernaast in de stam of in de tak (Slater & Ennos, 2015; Ozden et al, 2017).

Uit observatie en onderzoek van andere auteurs (o.a. Zimmerman, 1978) blijkt dat het hout in de oksel van een takaanhechting onder de bastrichel, slecht vocht doorlaat. En inderdaad, in sommige van onze monsters troffen we



Afbeelding 2A Een aanhechting van twee steil aangehechte stammen in een gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus* L.) met een goed gevormde bastrichel.

Afbeelding 2B Een tak die bijna horizontaal staat in een *Sorbus aria* Lutescens, die ingesloten bast vormt.

Afbeelding 3 Verschillen in de anatomie tussen codominante stammen (plaatje A) en een tak-stamaanhechting (plaatje B). Er zijn wat overeenkomsten, zoals (in rode letters) P is het merg, B is het punt waar het merg in tweeën splitst en BBR het (cruciale) in elkaar grijpende dichte hout dat gevormd wordt onder de bastrichel. Maar de tak-stamaanhechting (plaatje B) vormt ook nog een knoop als afsluiting van de basis van de tak (G = het punt waar de vezels van het hout in elkaar grijpen, hier eindigen vezels of ze buigen af rond de tak en blijven zo deel van het stamweefsel. C = hier omsluit de stam de tak en vormt de takkraag).

in relatief grote delen van dit hout geen vaten aan, en als er dan wel vaten gevonden werden, waren deze heel klein, verwrongen en vaak doodlopend of groeiden ze in een circulair patroon. Kortom, dit weefsel is niet primair gevormd om goed vocht door te laten stromen naar het bovenliggende weefsel, maar het is weefsel dat een mechanische rol speelt bij het bij elkaar houden van de takken in de takoksel.

De groei van het 'bastrichelhout' wordt gestimuleerd door de statische en dynamische belasting van de aanhechting. Waar zo'n stimulans ontbreekt, zal zich ten gevolge daarvan gaan bastrichelhout vormen. Kortom, zorg ervoor dat de aanhechting niet belast wordt, en houd de omhoog groeiende takken dicht tegen elkaar aan, en er wordt een aanhechting met ingesloten bast gevormd.

Natuurlijke verankering in bomen

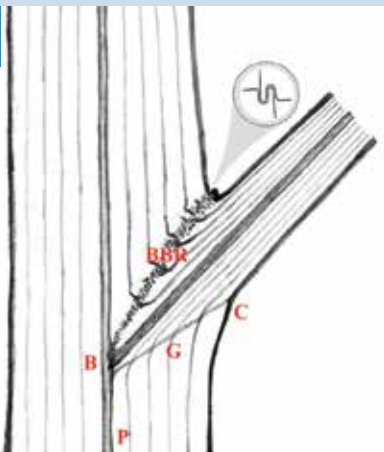
Door op grote schaal, langere tijd 575 aanhechtingen te volgen in verschillende boomsoorten, heb ik een belangrijke eigenschap gevonden die hoort bij aanhechtingen met een ingesloten bast. Door deze eigenschap werden de aanhechtingen met ingesloten bast statisch gehouden. Wanneer er bij de aanhechting met ingesloten bast geen verdikkingen aangetroffen werden (afbeelding 6A), kon

93,9% van die aanhechtingen in verband worden gebracht met een natuurlijke verankering (een tak die is vastgegroeid aan een ander van nature voorkomend object, waardoor dynamische bewegingen beperkt worden). Wanneer er een verdikking zichtbaar was bij een aanhechting met ingesloten bast (afbeelding 6B), ontbrak in 93,2% van de gevallen een natuurlijke verankering.

Er zijn verschillende vormen van natuurlijke verankering, zoals stammen die om elkaar heen groeien, takken die elkaar kruisen, klimplanten en andere complexe verankeringen met andere bomen of objecten (afbeelding 7). Allemaal zorgen ze ervoor dat de takaanhechting minder kan bewegen dan in een normale situatie. En bij zo'n verlies van 'oefening' worden zwakke aanhechtingen gevormd; in het bijzonder als de twee of meer takken bijna verticaal groeien, zodat de aanhechting ook nog eens weinig invloed ondergaat van de zwaartekracht.

Vanuit deze waarnemingen werd duidelijk dat natuurlijke verankering, in de een of andere vorm, de primaire oorzaak was van aanhechtingen met een ingesloten bast. Sindsdien zag ik de relatie tussen de natuurlijke verankering en de ingesloten bast talloze keren terug bij honderden andere bomen, in het Verenigd Koninkrijk, Ierland, Italië, de VS, Hongkong en Singapore. De relatie wordt omschreven in afbeelding 8.

3b



4



5



6b



Afbeelding 4 In elkaar gedraaid weefsel aan de bovenkant van een takaanhechting in een eik (*Quercus robur*).

Afbeelding 5 Een aanhechting onder een steile hoek, maar toch normaal gevormd, met een lange bastrichel. Een aanhechting onder een steile hoek is niet de belangrijkste reden van het ontstaan van aanhechtingen met ingesloten bast.

Afbeelding 6A Een aanhechting met ingesloten bast zonder een waarneembare verdikking.

Afbeelding 6B Een aanhechting met ingesloten bast met een duidelijke verdikking (olifantsoren).

Gevolgen voor boomverzorger en boombeheerder

Al snel werd mij het belang van deze ontdekking duidelijk, en ik begon deze kennis te delen door samen te werken met de Arboricultural Association (*de vereniging voor boomverzorgers uit het Verenigd Koninkrijk, red.*). Om deze kennis te verspreiden heb ik veel workshops gegeven in het Verenigd Koninkrijk. Vandaag de dag heb ik al meer dan 1250 boomdeskundigen getraind inzake natuurlijke verankering en de associatie daarvan met ingesloten bast bij aanhechtingen.

Het goede nieuws is dat we iets kunnen doen aan het probleem van ingesloten bast, nu we de primaire oorzaak weten. Er zijn een aantal consequenties voor boomspecialisten; enkele daarvan zal ik hieronder uitwerken.

Met een goed uitgevoerde begeleidingssnoei kunnen ongewenste natuurlijke verankeringen worden voorkomen. Als we een boom snoeien is het belangrijk dat de belangrijkste takaanhechtingen vrij kunnen bewegen bij windbelasting. Wanneer dit lukt, zullen er weinig of geen aanhechtingen ontstaan waarbij de bast is ingesloten. Dus wanneer we in een vroeg stadium ingrijpen, kunnen we een groot aantal aanhechtingen met ingesloten bast voorkomen bij onze stadsbomen en goed gevormde exemplaren leveren.

Om de veiligheid van een aanhechting met ingesloten bast te beoordelen, is het essentieel om de structuur van de

kroon boven zo'n aanhechting te bekijken. Geen enkele boom zou moeten worden afgekeurd alleen op basis van de aanwezigheid van een aanhechting met ingesloten bast; zeker nu we weten dat zoiets primair ontstaat als er sprake is van een natuurlijke verankering. Een aanhechting met ingesloten bast zou tijdens de inspectie best veilig kunnen zijn doordat deze wordt vastgehouden door een natuurlijke verankering.

Boomverzorgers zouden erin moeten worden getraind om natuurlijke verankeringen die een aanhechting met ingesloten bast hebben veroorzaakt, niet uit een volwassen boom weg te halen. In zo'n boom waaruit de natuurlijke verankering verwijderd is, wordt de aanhechting met ingesloten bast opeens geconfronteerd met bewegingen die hij al jaren niet heeft gemaakt (afbeelding 9). Bij de huidige snoeimethode is het gebruikelijk om tijdens een snoeibeurt sommige natuurlijke verankeringsstructuren zoals schuurtakken te verwijderen. Deze werkwijze moet worden veranderd, omdat deze de kans dat het misgaat met de aanhechting vergroot.

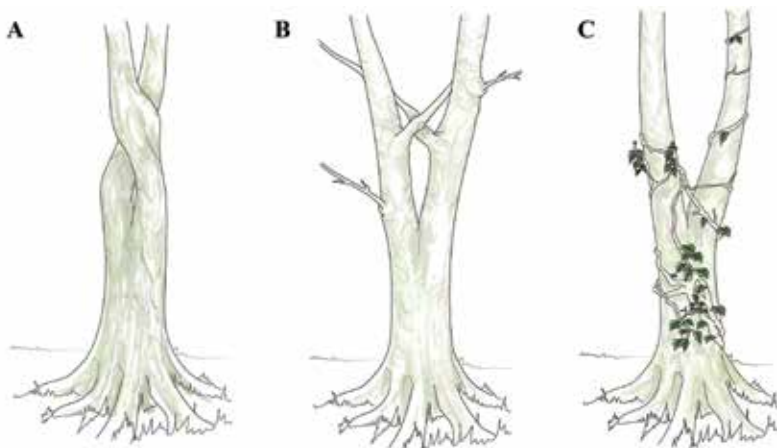
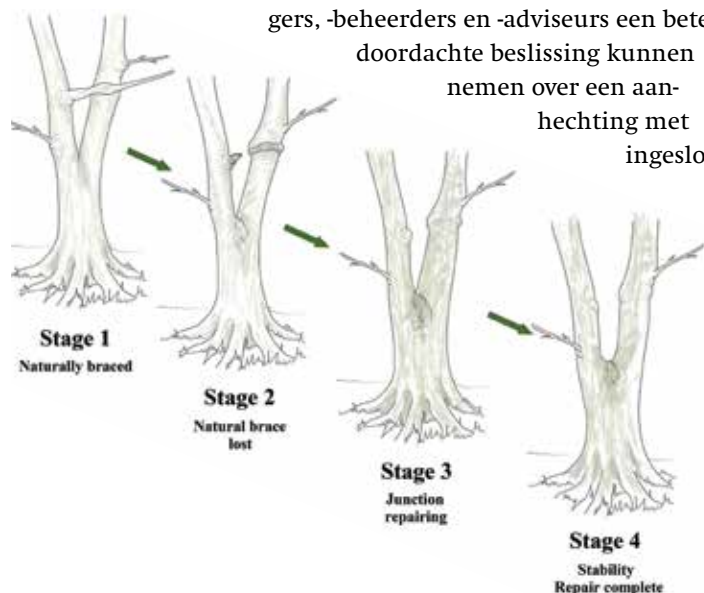
Twee soorten verdikkingen

Uit mijn onderzoek blijkt dat aanhechtingen met ingesloten bast met grote verdikkingen niet direct een teken

Het vraagstuk waarom aanhechtingen met ingesloten bast worden gevormd, is nu grotendeels opgelost

zijn dat grote ingrepen aan de boom nodig zijn, zoals auteurs in het verleden wel hebben gesuggereerd. Verder wetenschappelijk onderzoek is nodig, maar mijn eigen waarneming is dat er twee soorten verdikkingen bij aanhechtingen met ingesloten bast zijn. De eerste zijn verdikkingen die gevormd worden als er ingesloten bast aanwezig is en gepaard gaan met doorlopende scheuren vanaf de top van de aanhechtingen (afbeelding 10A): deze zijn onveilig. En de andere zijn verdikkingen die niet opengescheurd zijn (afbeelding 10B); deze zouden mechanisch stabiel kunnen zijn. Gezien de huidige neiging om verdikkingen bij de aanhechtingen met ingesloten bast onveilig te verklaren, denk ik dat het jaren duurt om deze gedachtegang eruit te krijgen en om boomdeskundigen te trainen om het verschil tussen stabiele en onstabiele verdikkingen te leren onderscheiden. Ik vind het belangrijk om dit onderzoek te publiceren, om te voorkomen dat boomexperts bomen te zwaar snoeien op grond van het niet-wetenschappelijke bewijs en om de onlogische reden dat bomen met olifantsoren bij een aanhechting met ingesloten bast onveilig zouden zijn. Boomverzorging zou bij zulke belangrijke technische afwegingen meer gebaseerd moeten zijn op wetenschap dan op een mening. Voor meer informatie over takaanhechtingen en natuurlijke verankeringen, kun je bij de Arboricultural Association mijn publicatie over dit onderwerp kopen, voor een (hopelijk) schappelijke prijs van 15 Britse pond (*ongeveer 17 euro, red.*) (Slater, 2016). Ook geef ik veel workshops, om mensen die met bomen werken te trainen inzake de effecten van natuurlijke verankering. Dit opdat boomverzorgers, -beheerders en -adviseurs een beter

doordachte beslissing kunnen nemen over een aanhechting met ingesloten bast



Afbeelding 7 Drie van de tien types van natuurlijke verankering. A: om elkaar heen draaiende stammen. B: takken die elkaar kruisen. C: klimplanten.

ten bast en over de vraag of er een ingreep nodig is of niet. Door het geven van deze workshops heb ik mensen ontmoet die eerst sceptisch tegenover de resultaten van mijn onderzoek stonden. Maar de meesten veranderden van mening wanneer ik ze boom na boom liet zien met deze relatie tussen natuurlijke verankering en ingesloten bast. Daarna begonnen ze deze relatie zelf ook terug te zien in bomen die ze tijdens hun werk tegenkwamen. Afbeelding 11 laat een paar voorbeelden zien die ik heb gevonden (eerlijk gezegd heb ik deze relatie ook pas vorig jaar ontdekt). Ik heb een bibliotheek met al meer dan 700 voorbeelden van bomen met een natuurlijke verankering die in verband staat met ingesloten bast. Op grond daarvan accepteer je wellicht makkelijker dat dit een vaak voorkomende relatie is die je in bomen telkens weer tegenkomt als je er eenmaal in getraind en op gespist bent. Die training is daarvoor echt nodig, want het kan je manier van bomen beoordelen en beheren veranderen; het is een 'minirevolutie' in onze manier van boombeheer, waar ik de trotse aanstichter van ben.

< Afbeelding 8 Deze afbeelding is een weergave van het proces van het vormen van ingesloten bast door een natuurlijke verankering, het verlies van die tak door concurrentie in de kroon, en vervolgens het zich vormen van olifantsoren bij de aanhechting. Het is duidelijk dat in dit proces de aanhechting in fase 2 (stage 2) het meest kwetsbaar is, en niet als hij zijn olifantsoren heeft ontwikkeld.

Andere vragen

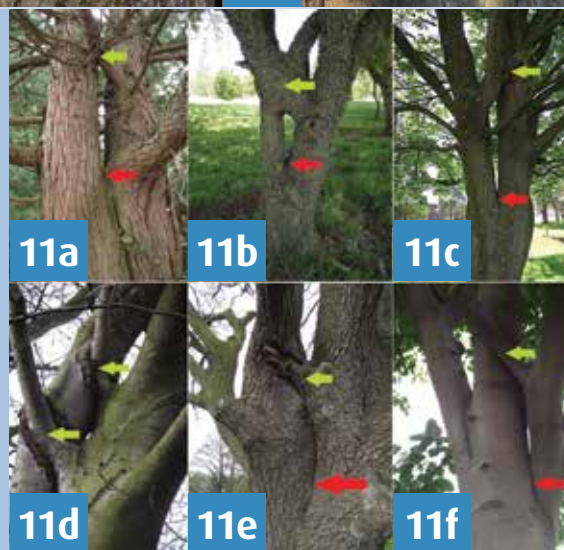
Het vraagstuk waarom aanhechtingen met ingesloten bast worden gevormd, is nu grotendeels opgelost. Dit betekent dat we vanaf nu onze bomen beter kunnen beheren omdat we er meer over weten. Ik vind het leuk om over deze nieuwe kennis te beschikken, maar ik vind het nog leuker



Afbeelding 9 Een voorbeeld van een verwijderde natuurlijke verankering tijdens een snoei-beurt om de bovengrondse leidingen vrij te snoeien in 2017. Het verwijderen van de natuurlijke verankering (een tak die de stam kruiste) heeft ervoor gezorgd dat er weer beweging komt op de aanhechting met ingesloten bast, zodat dus de aanhechting een potentieel risico vormt.

Afbeelding 10 Bij takaanhechtingen met verdikkingen bij een aanhechting moeten we onderscheid maken tussen bomen die verdikken in reactie op scheuren in het hout (A), en bomen die tijdens het vormen van dicht hout stabiel genoeg zijn om aanhechtingen te ondersteunen die de natuurlijke verankering verloren hebben (B). De oude regel 'grote oren = gevaarlijke aanhechting' is duidelijk niet correct als je eenmaal de rol van de natuurlijke verankering bij het vormen van aanhechtingen begrijpt.

Afbeelding 11 De kleine rode pijlen geven de aanhechtingen aan met ingesloten bast, de kleine groene pijlen geven de locatie aan van de natuurlijke verankering. Ik heb al meer dan 700 foto's van natuurlijke verankeringen, en ik verzamel er nog meer. Dit algemeen voorkomend verschijnsel moet binnen de hele gemeenschap van de boomspecialisten worden begrepen en gedeeld, omdat deze kennis zorgt voor een beter boombeheer.



om die kennis te delen en om het kwartje zo vaak te zien vallen bij de cursisten op mijn workshops over vertakkingen in bomen. Is dit het einde van het mysterie rond tak-aanhechtingen met ingesloten bast? Nee, deze bevindingen leiden weer tot andere vragen zoals: waarom zijn bomen niet zo doorgeëvolueerd dat zij geen zich kruisende takken ontwikkelen? En hoe kan het dat deze simpele relatie al die tijd is gemist door andere onderzoekers? En wat zijn andere (geringere) oorzaken van tak-aanhechtingen met een ingesloten bast? En wat hebben Lord Lucan en Marmite hier nou mee te maken? Dit is de vooruitgang in de wetenschap rond bomen: wanneer de ene puzzel is opgelost, zorgt dit voor nog meer vragen die beantwoord zouden moeten worden. Bruikbare kennis ontwikkelt zich vaak op deze manier.

Dit artikel werd oorspronkelijk in het Engels gepubliceerd in het voorjaarsnummer 2017 van Trees Matter, het tijdschrift van de New Zealand Arboricultural Association, als 'Solved! The Puzzle of Bark Inclusions in Trees'.

Meer lezen?

- André J P (2000) Heterogeneous, branched, zigzag and circular vessels: unexpected but frequent forms of tracheary element files: description, localization, form; In: Savidge R., Barnett J. and Napier, R. (ed.s) *Cell and molecular biology of wood formation*; Oxford, Bios Scientific Publishers, 387-395.
- Hejnowicz Z & Kurcyrńska E U (1987) Occurrence of circular vessels above axillary buds in stems of woody plants; *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 56, 415-419.
- Kramer E M (1999) Observation of topological defects in the xylem of *Populus deltoides* and implications for the vascular cambium; *Journal of Theoretical Biology* 200, 223-230.
- Lev-Yadun S & Aloni R (1990) Vascular differentiation in branch junctions of trees: circular patterns and functional significance *Trees: Structure and Function* 4, 49-54.
- Ozden S, Slater D & Ennos A R (2017) Fracture properties of green wood formed within the forks of hazel (*Corylus avellana* L.); *Trees: Structure and Function* 31 (3), 903-917.
- Shigo A L (1985) How tree branches are attached to trunks; *Canadian Journal of Botany* 63, 1391-1401.
- Slater D & Ennos A R (2013) Determining the mechanical properties of hazel forks by testing their component parts; *Trees: Structure and Function* 27, 1515-1524.
- Slater D, Bradley R S, Withers P J & Ennos A R (2014) The anatomy and grain pattern in forks of hazel (*Corylus avellana* L.) and other tree species; *Trees: Structure and Function* 28, 1437-1448.
- Slater D & Ennos A R (2015) Interlocking wood grain patterns provide improved wood strength properties in forks of hazel (*Corylus avellana* L.); *Arboricultural Journal* 37, 21-32.
- Slater D (2016) Assessment of Tree Forks: Assessment of Junctions for Risk Management; Arboricultural Association.
- Zimmermann M H (1978) Hydraulic architecture of some diffuse porous trees; *Canadian Journal of Botany* 59, 2286-2295.