



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Elektrische weerstandstomografie (ERT - electrical resistivity tomography)

Sibrecht Vancaeyseele



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)



- Sinds '60 meting houtkwaliteit a.d.h.v. snelheid geluid
- Correlatie tussen geluidssnelheid en houtkwaliteit (elasticiteitsmodulus en densiteit)

Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

- Vanaf '90: meten interne houstructuur a.d.h.v. 2 meetpunten
 - Principe: snelheid van geluid is lager in aangetast hout dan in intact hout
 - Werking: d.m.v. ultrasoon geluid
 - Nadelen:
 - Snelheidsreferenties nodig
 - Lokalisatie en bepaling omvang van houtrot nauwelijks mogelijk
- 1999: eerste tomograaf met meer dan 2 meetpunten



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- $v = \frac{x}{t}$

met

v = voortplantingsnelheid

x = afstand

t = tijd

- $v = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}$

met

v = voortplantingsnelheid

ε = elasticiteitsmodulus

ρ = dichtheid

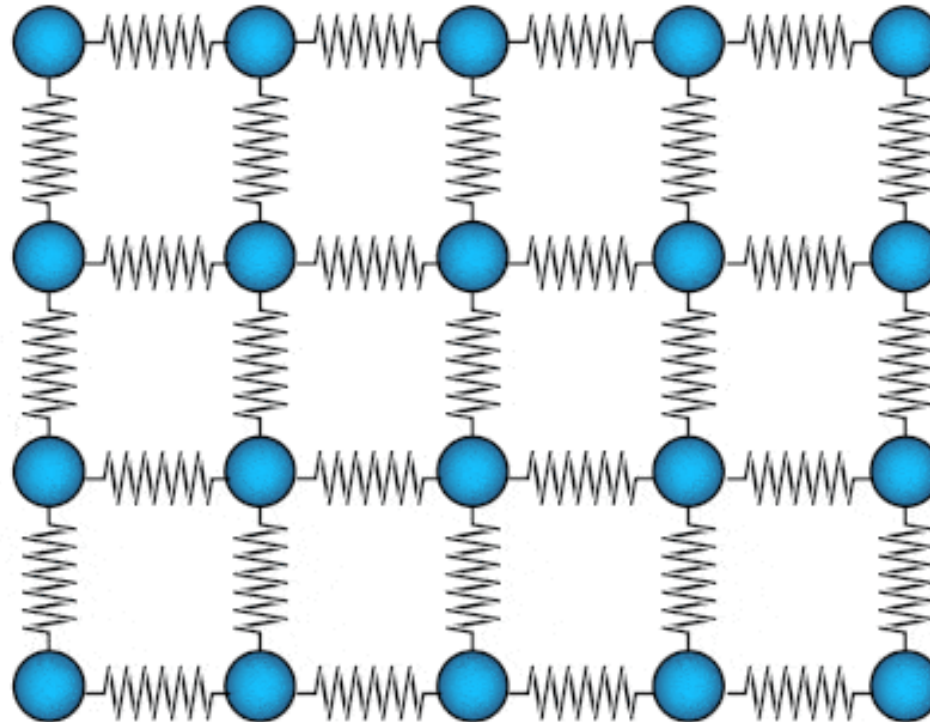


Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- $$v = \sqrt{\frac{\epsilon}{\rho}}$$

Intact hout vs aangetast hout



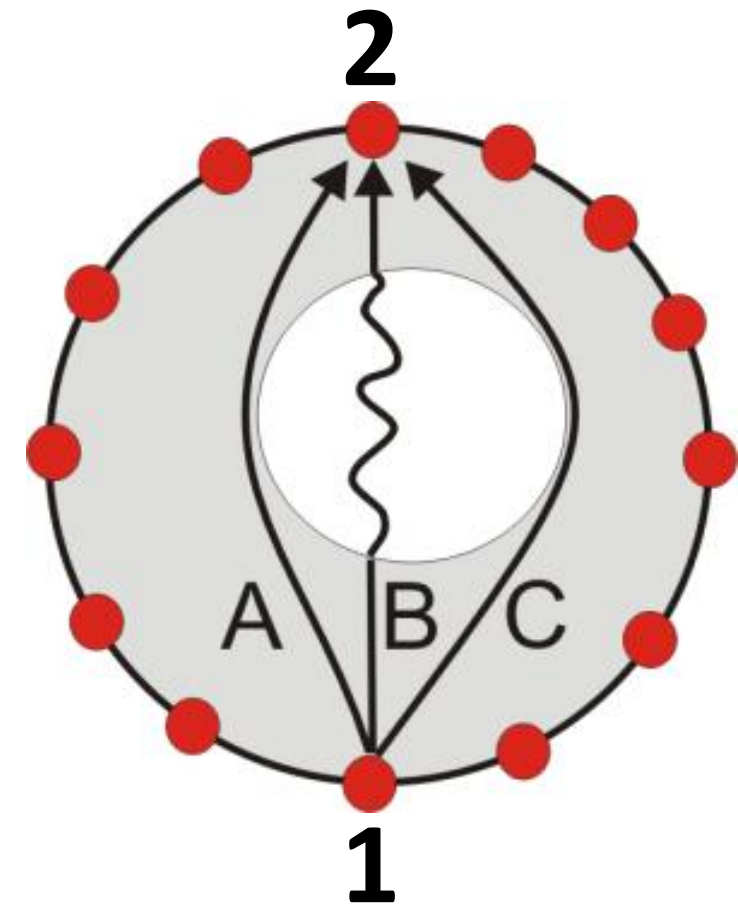


Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- Stam met houtrot
 - Geregistreerde tijd tussen 1 en 2 groter dan verwacht bij intacte stam

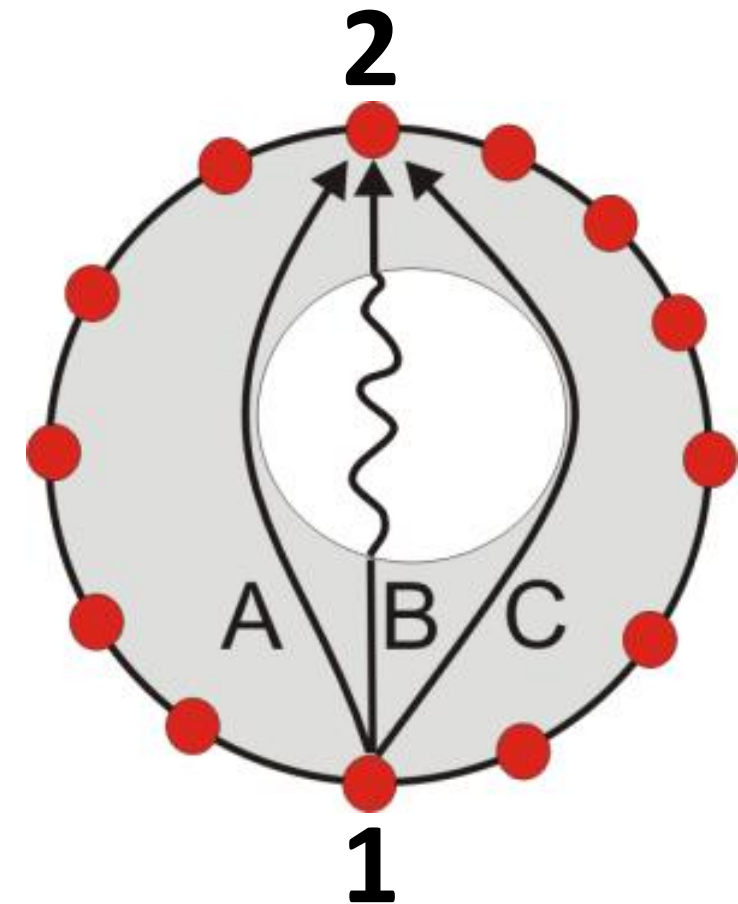
→ Lagere 'waargenomen snelheid' ($v = \frac{x}{t}$)



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- Verklaring 1: geluidsgolven nemen een omweg rond houtrot (A,C)
 - grotere afstand (x)
 - Traject in intact hout
 - geen afwijkende houteigenschappen (ϵ, ρ)
 - 'normale' snelheid van geluid
- $t \uparrow = \frac{x \uparrow}{v}$

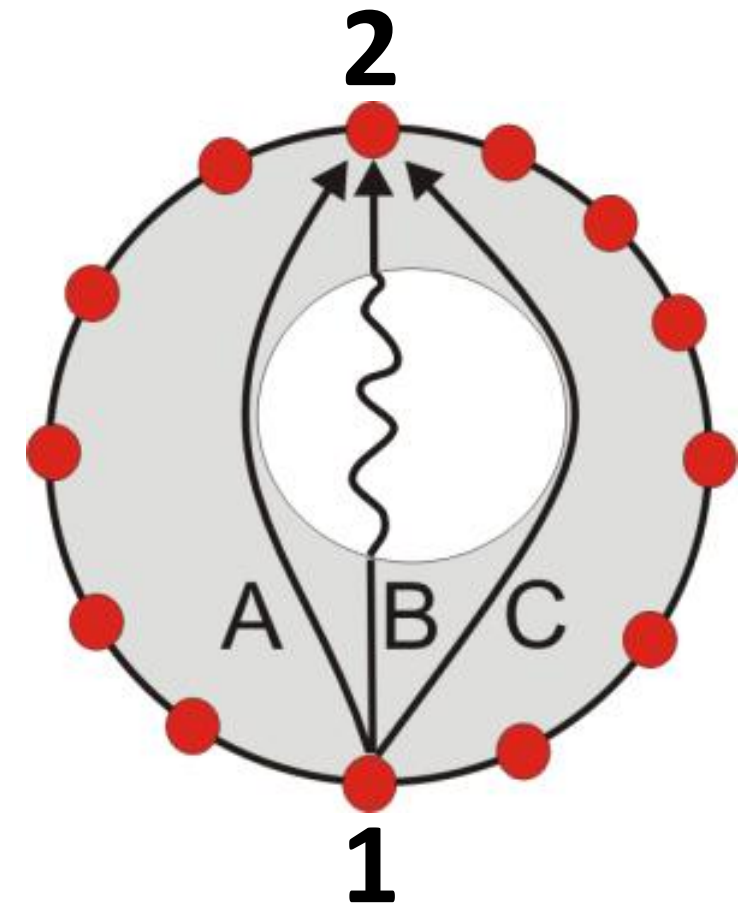




Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- Verklaring 2: geluidsgolven gaan doorheen houtrot (B)
 - Zelfde afstand (x)
 - Voortplanting in rot hout
 - veel lagere ε , lagere ρ
 - lagere snelheid (v) dan in intact hout
- $t \uparrow = \frac{x}{v \downarrow}$

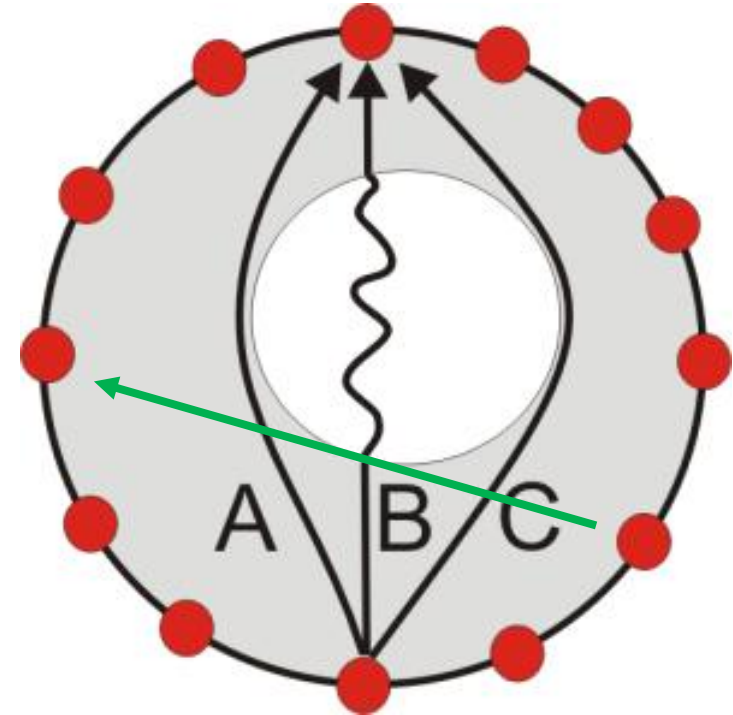




Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- Welke verklaring is de juiste?
- Holte of houtrot?



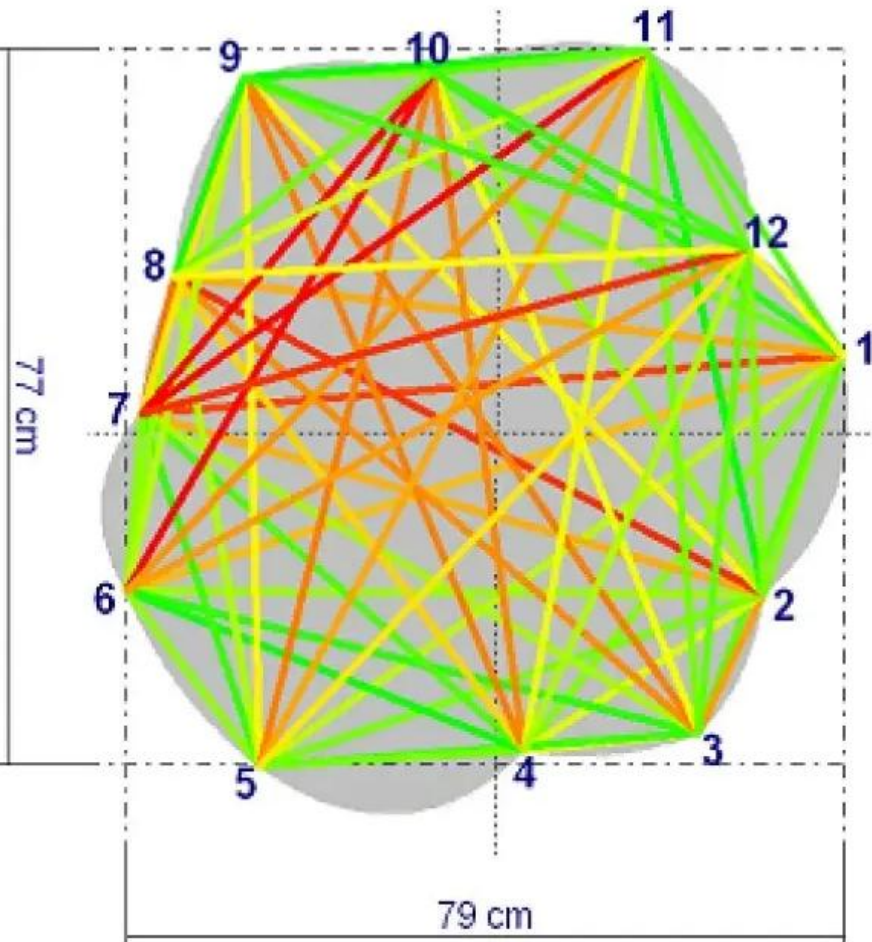
Geluidstomografie (SOT – sonic tomogra

Een beetje theorie

- Stam met houtrot



H: 60 cm

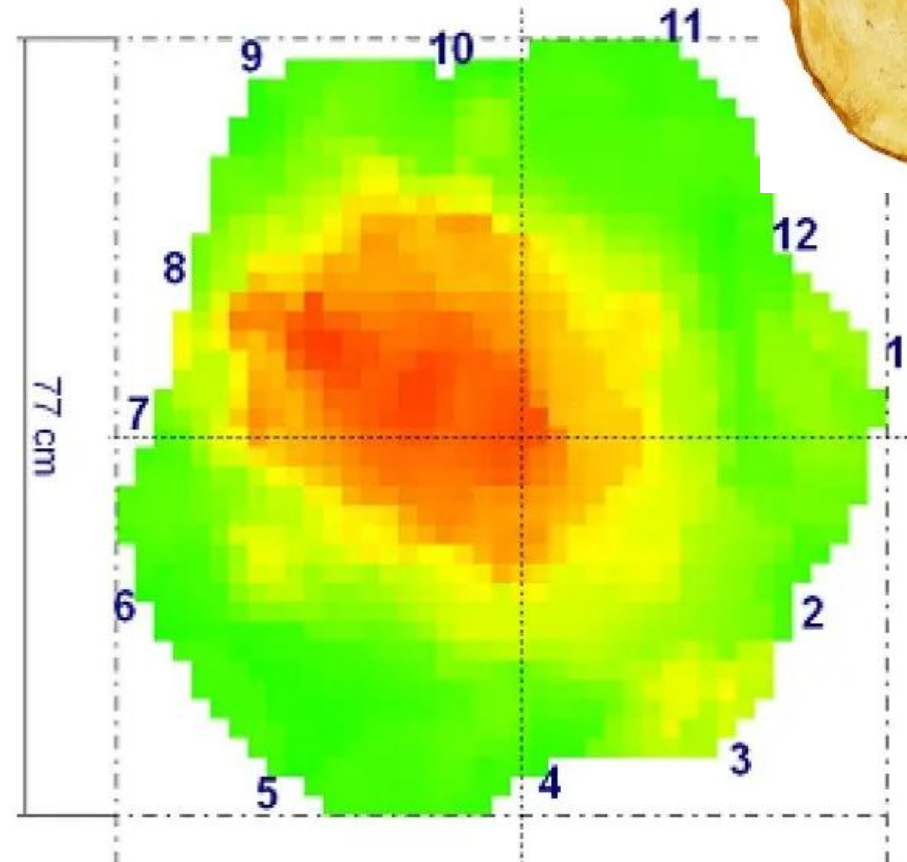


1600



1200

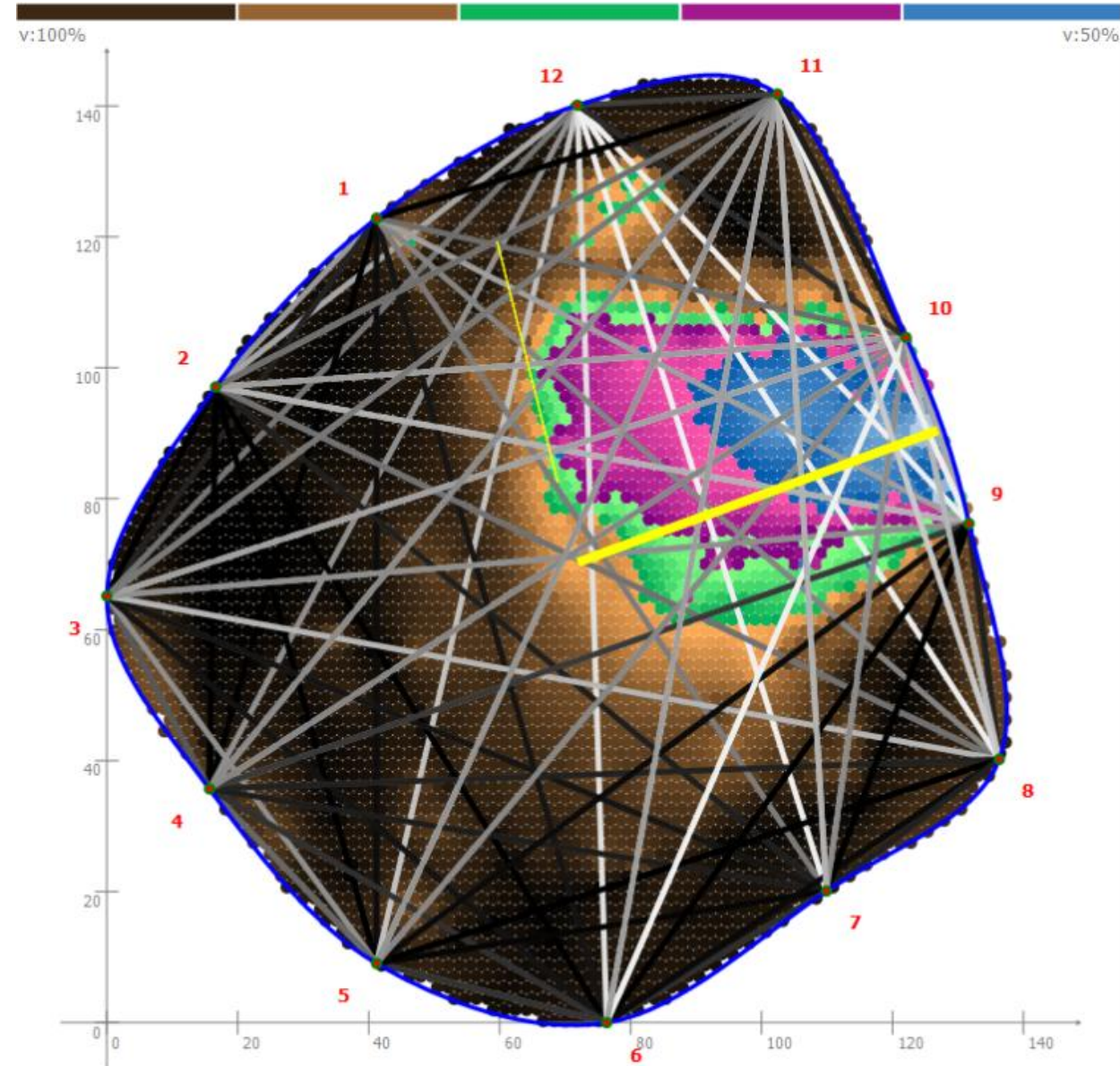
300



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

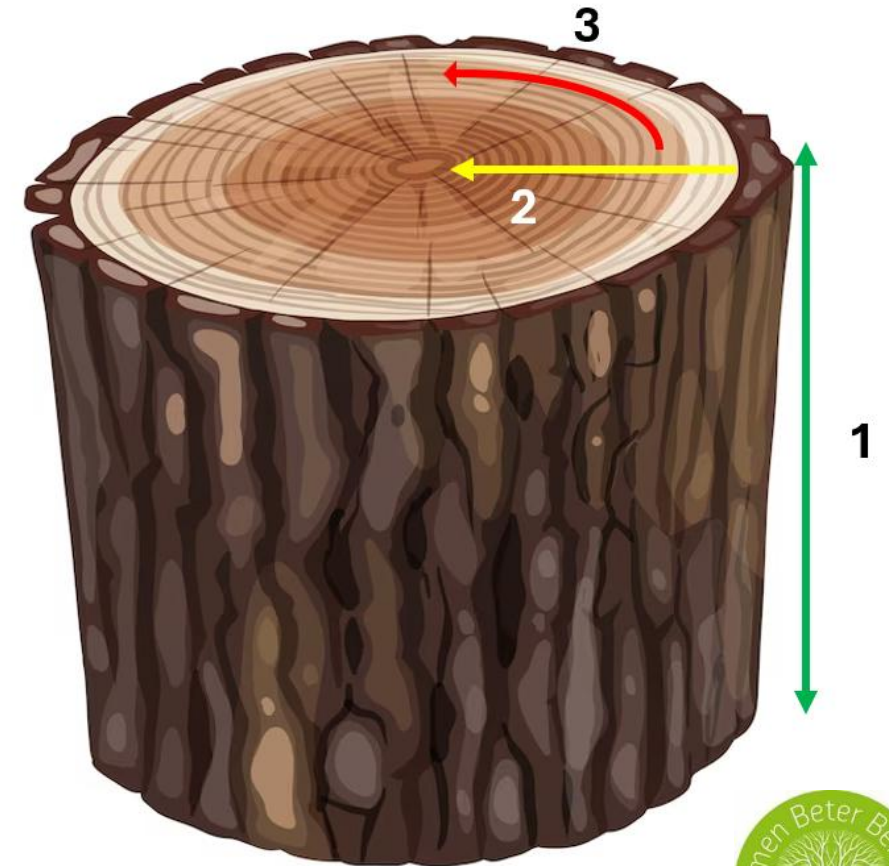
- Stam met houtrot



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

Een beetje theorie

- Voortplantingsnelheid van geluid bij meeste boomsoorten:
 - Axiaal (1): hoog
 - Radiaal (2): matig
 - Tangentieel (3): laag



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

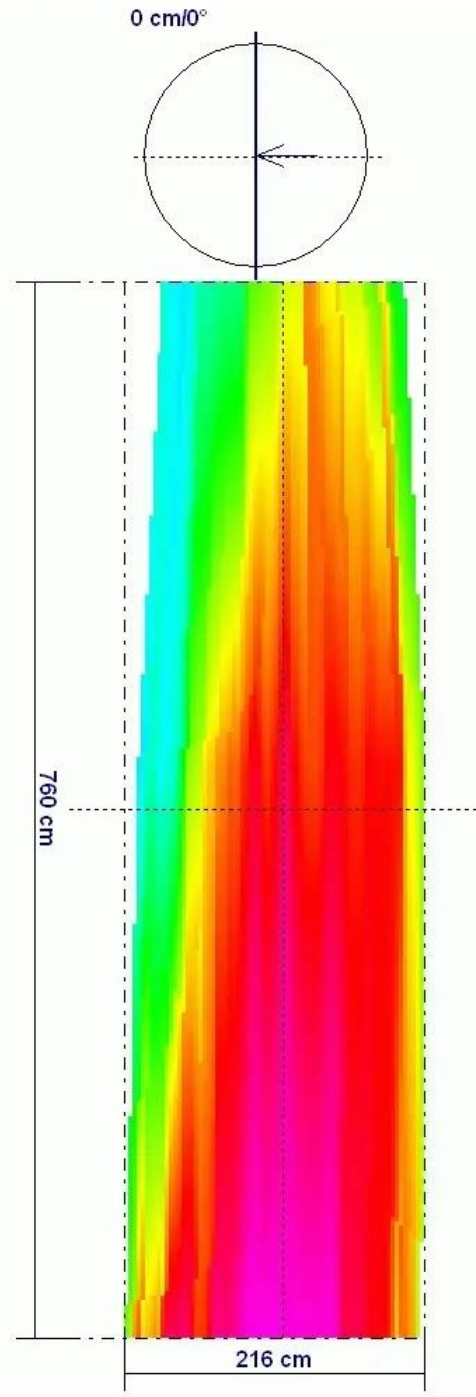
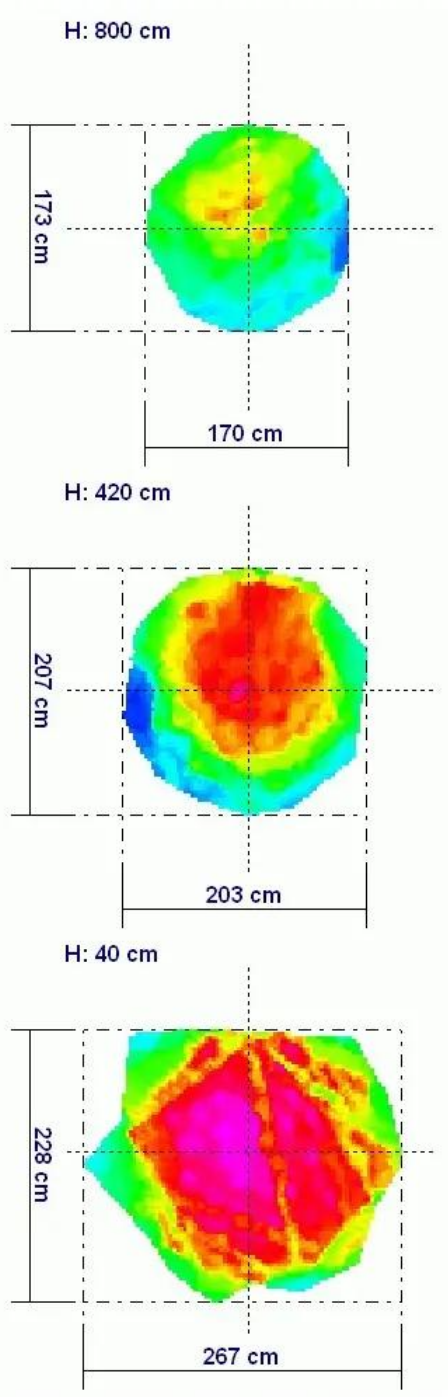
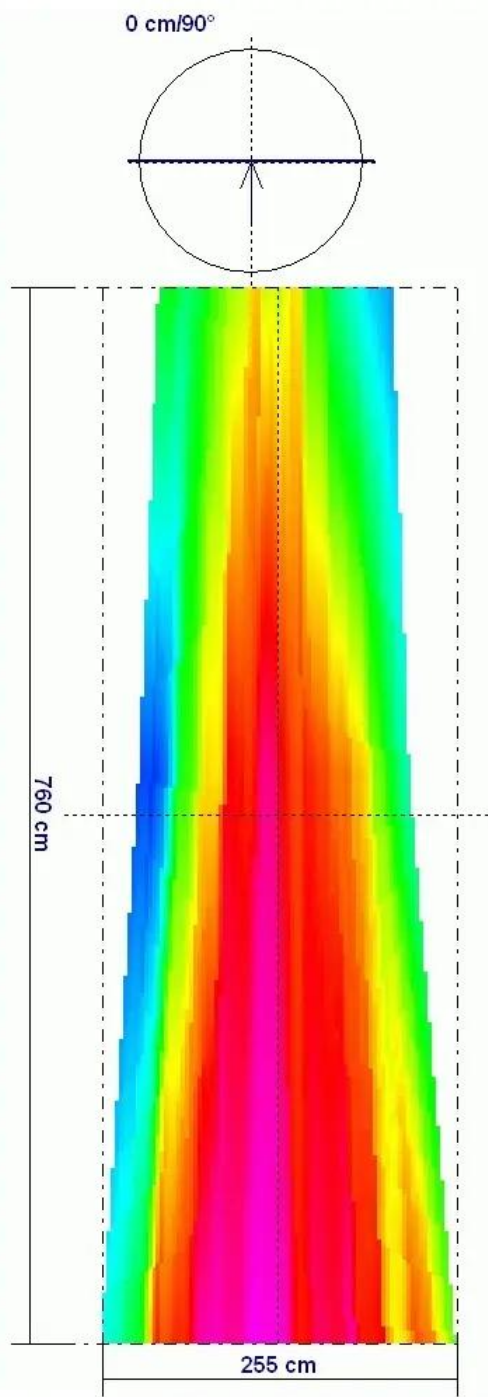
- Doel:
 - Onderzoek breukgevoeligheid a.d.h.v. dikte restwand
 - Snelheid ontwikkeling aantasting
- Tomografie uitvoeren op
 - Stamvoet
 - Stam
 - Kroondeel (\varnothing 40 cm)
- Tomografie uitvoeren bij
 - Niet visueel inspecteerbare holte
 - Reactiegroei die wijst op structureel defect



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

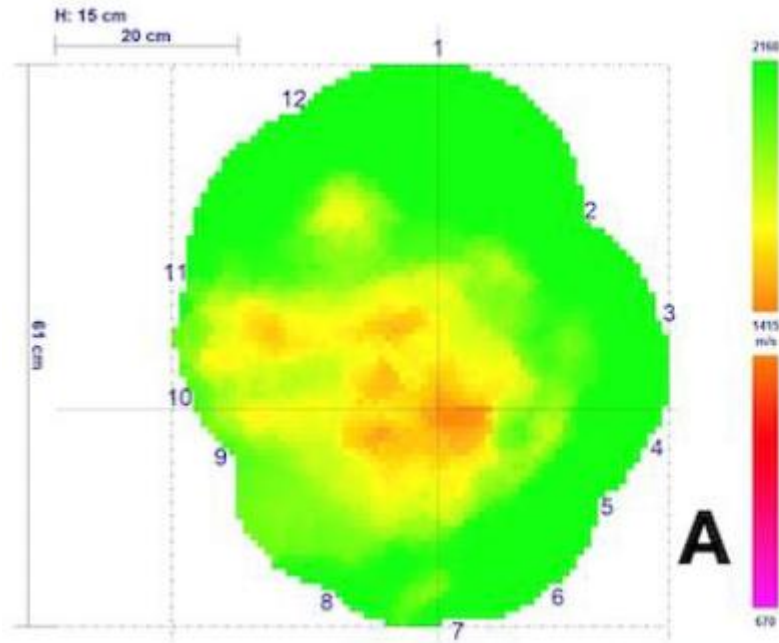
- Tomografie niet uitvoeren bij
 - (Structureel verzwakte) enten
 - Oppervlakkige defecten en aantastingen
 - Bomen met beperkte waarde (€ SOT)
 - Bomen waarbij een doelwit bij falen ontbreekt



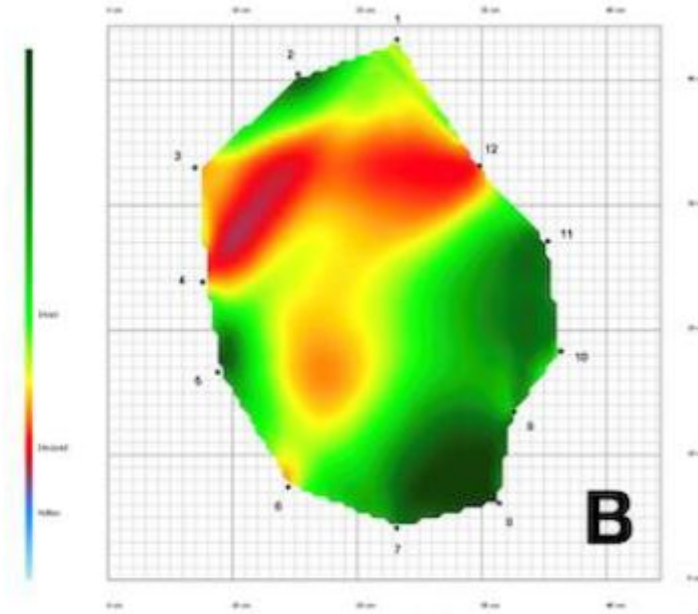




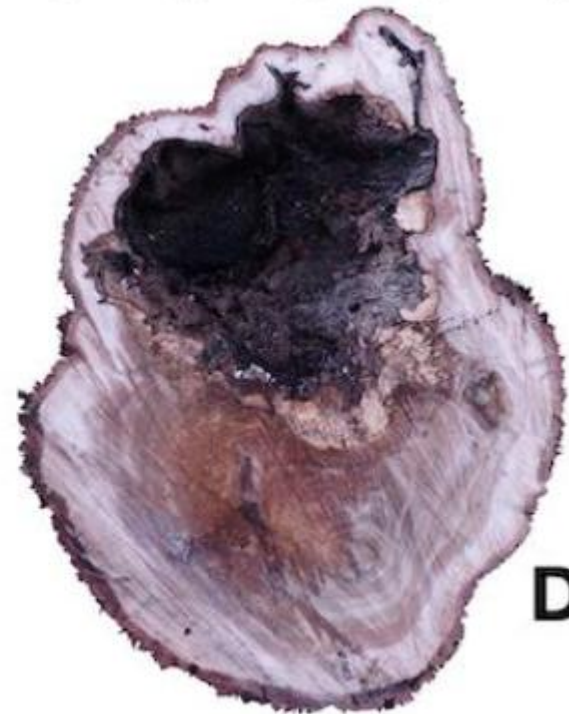
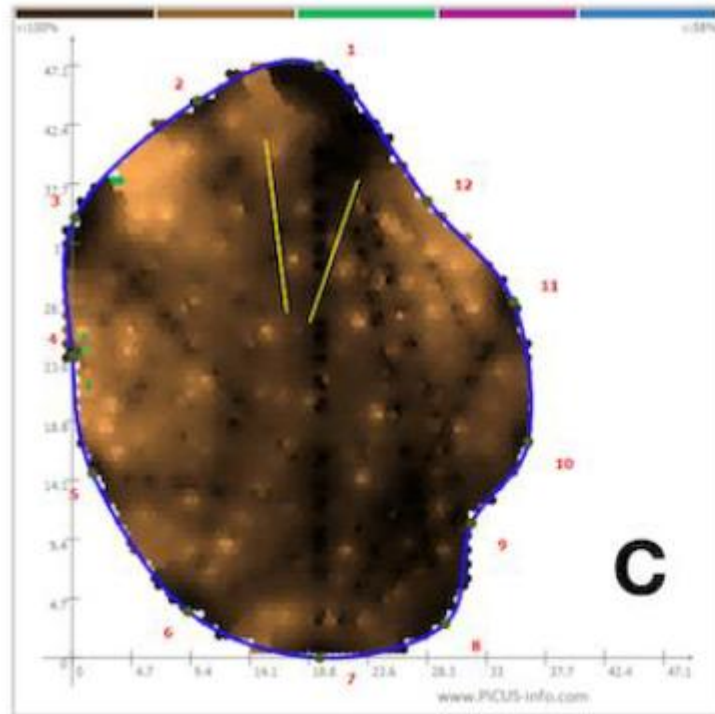
Arbotom



Arbosonic



Picus



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

- Fabels:
 - Tomografie niet uitvoerbaar bij *Kretzschmaria* of *Fomes*.
 - Bruinrot kan niet gedetecteerd worden met SOT
 - In de nabijheid van statische verankeringen kan geen SOT worden uitgevoerd
 - SOT kan enkel loodrecht op stam of tak worden uitgevoerd

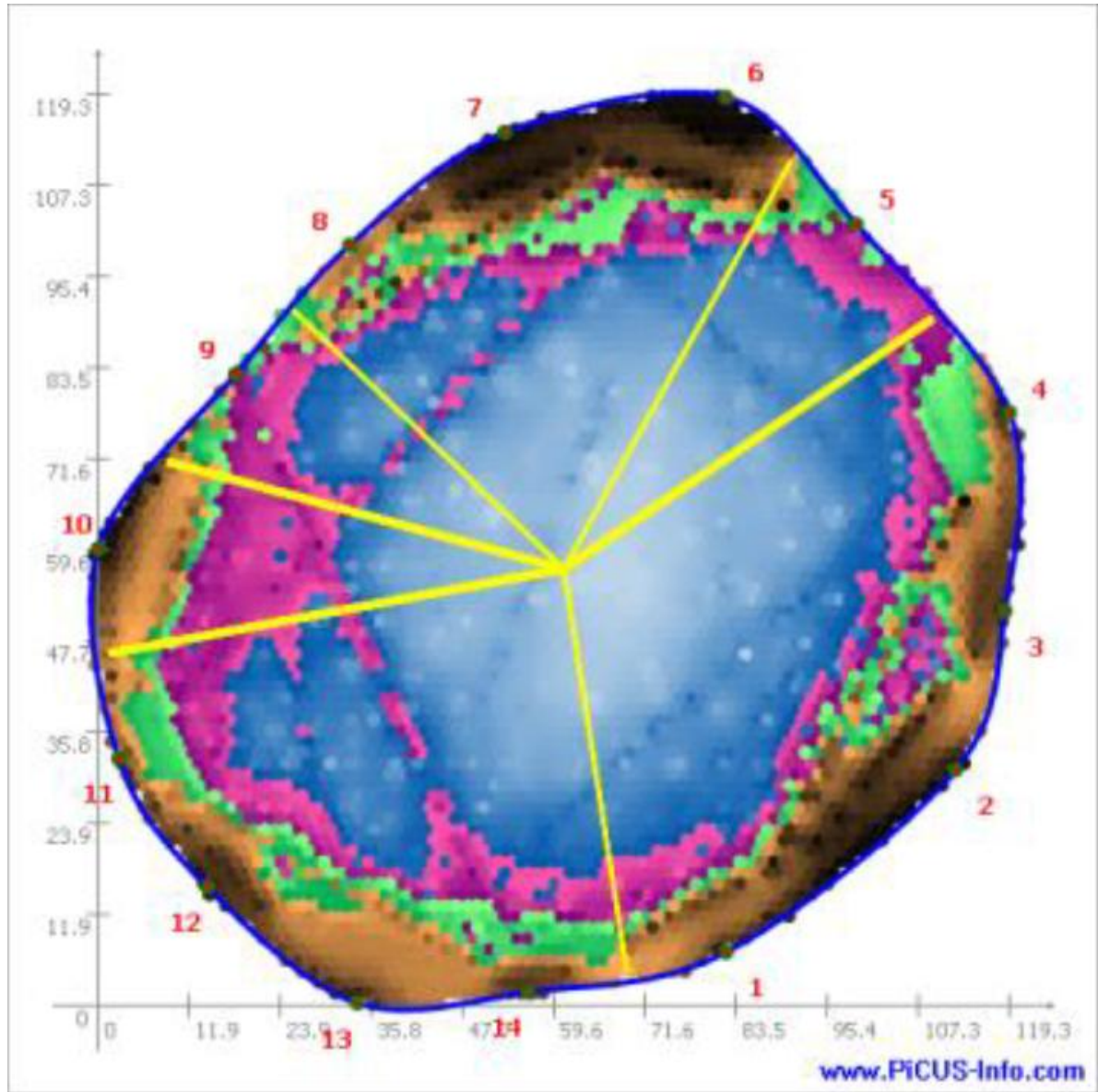


Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

- Nadelen:
 - Holte of aangetast hout?
 - Kleurschaal is relatieve schaal → gebrek aan referentiewaarden
 - Verstarend effect scheuren
 - Complex op hoogte
 - Houtrot met $\varnothing < 5$ cm niet detecteerbaar
 - Natrot en met vocht gevulde holtes moeilijk detecteerbaar



Geluidstomografie (SOT – sonic tomography)

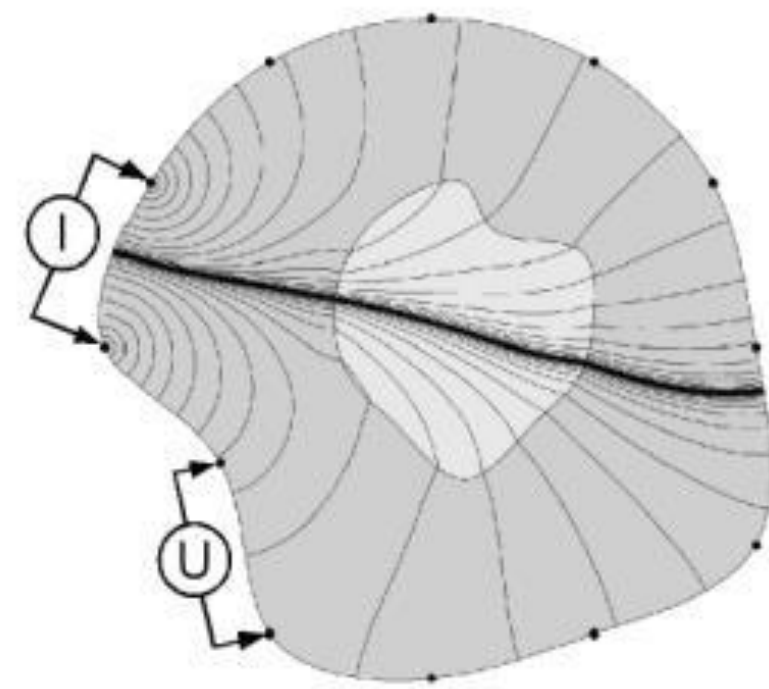
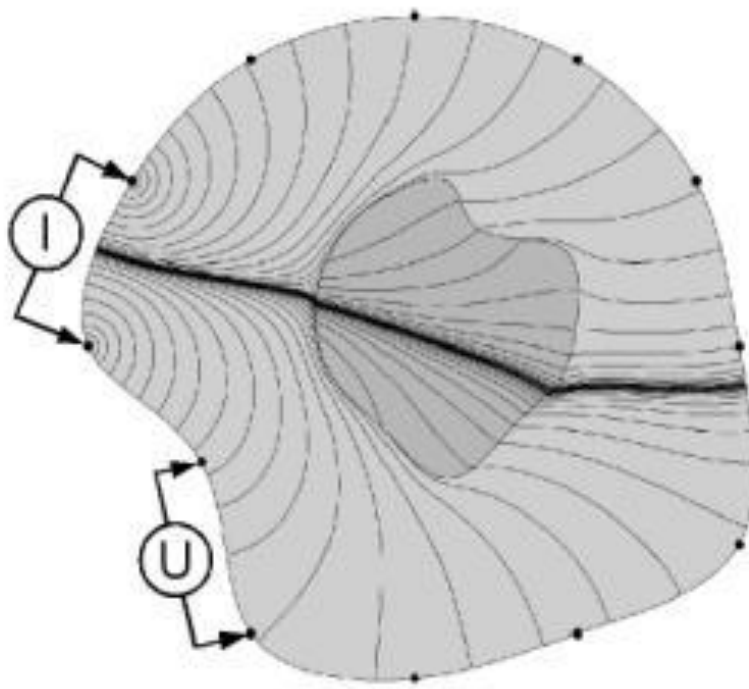
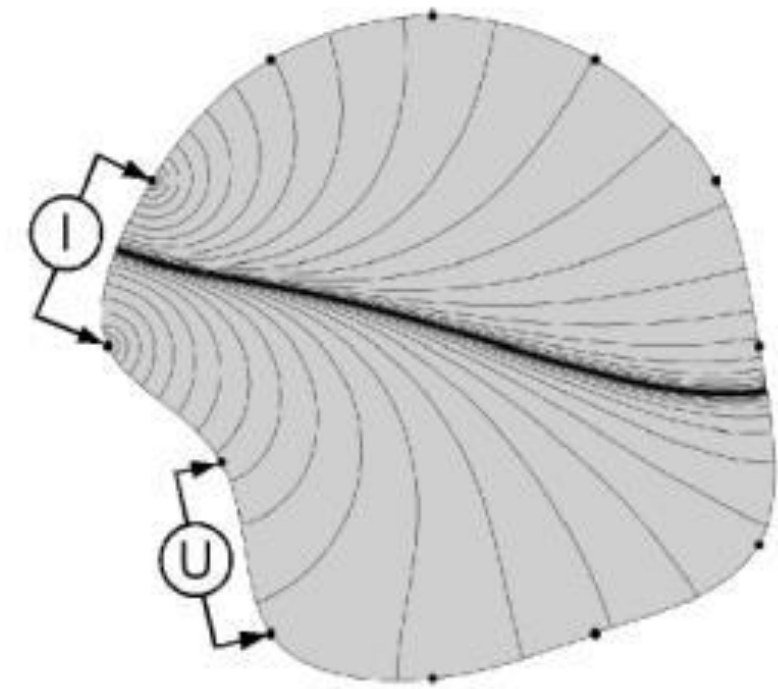


Elektrische weerstandstomografie (ERT)

Nog een beetje theorie?

- Principe:
 - Hogere elektrische weerstand door
 - Lager vochtgehalte
 - Lagere ionconcentraties
 - Hoge houtdichtheid
 - Veel verschil tussen soorten
 - Elektrische weerstand wordt beïnvloedt door schimmel- of bacteriële aantastingen
 - Stijging H^+ -concentratie bij bruinrot, K^+ -concentratie bij witrot
 - Actieve verplaatsing van ionen vanuit bodem naar aangetaste delen





$$R = \frac{U}{I}$$

met

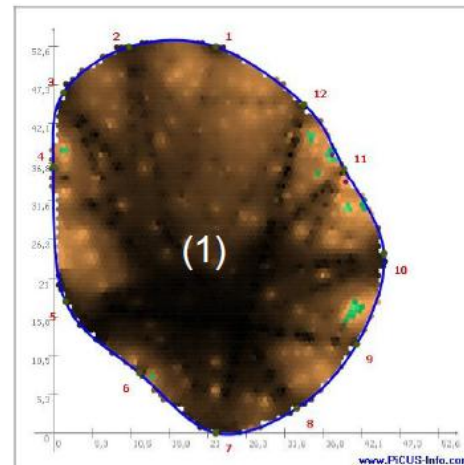
R = elektrische weerstand

U = spanning

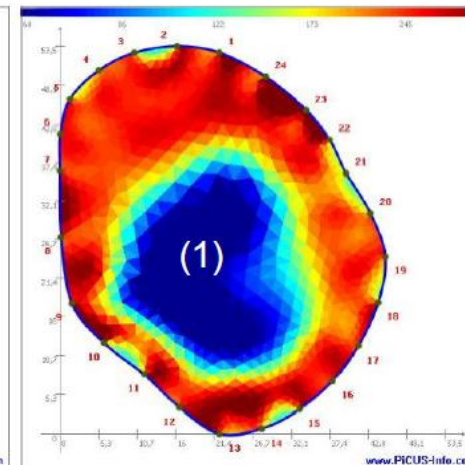
I = stroomsterkte

Elektrische weerstandstomografie (ERT)

- Voordelen:
 - Detectie van aantastingen nog voor er veranderingen zijn van hout eigenschappen
 - Maakt in combinatie met SOT soms onderscheid mogelijk tussen holte en aangetast hout
 - Detectie van natrot mogelijk
 - Minder beïnvloed door scheuren (ster- en ringvormig) dan SOT



SOT

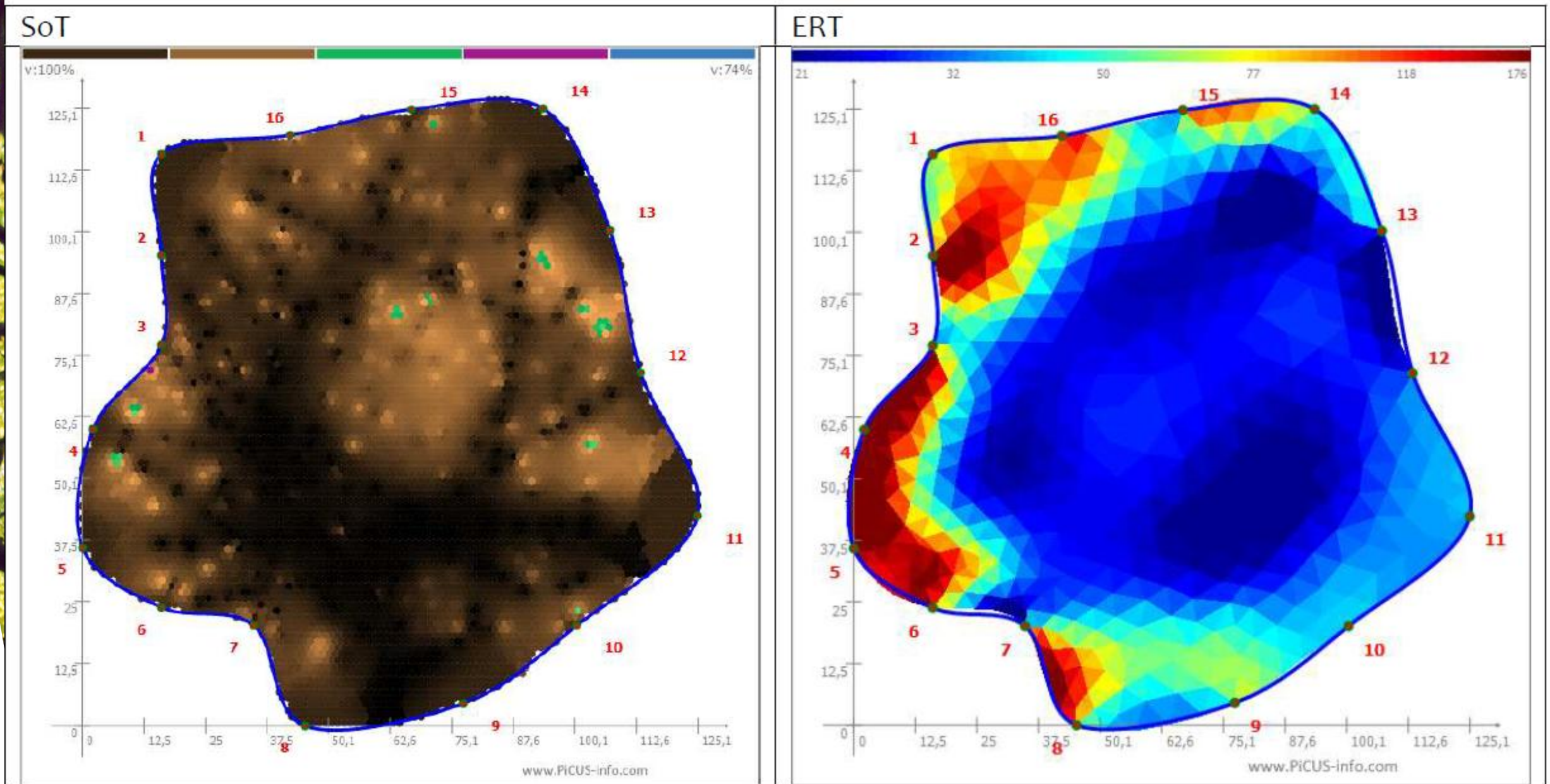


ERT



Elektrische weerstandstomografie (ERT)

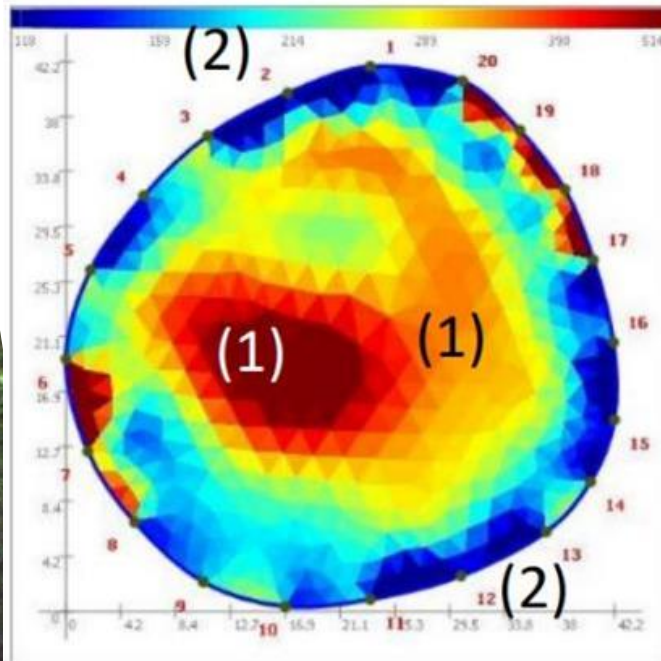
- Natrot hii naardenkastanie



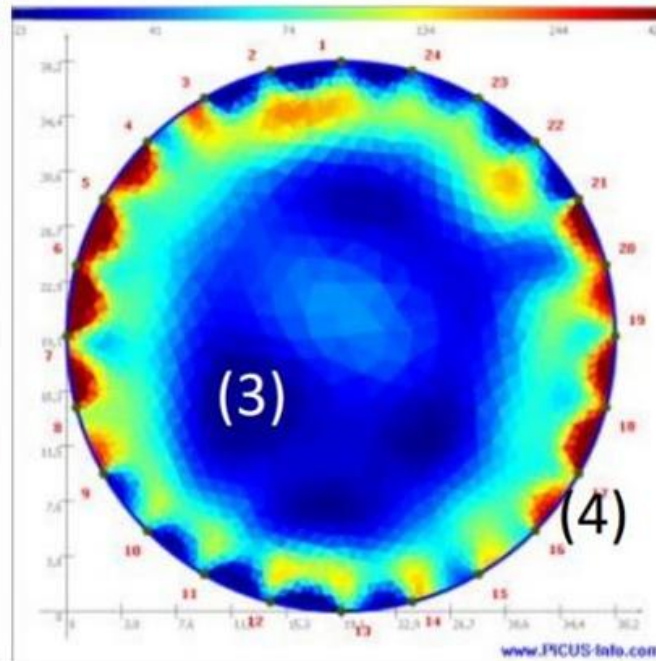
Niet-destructieve methoden

Elektrische weerstandsmeting (ERT)

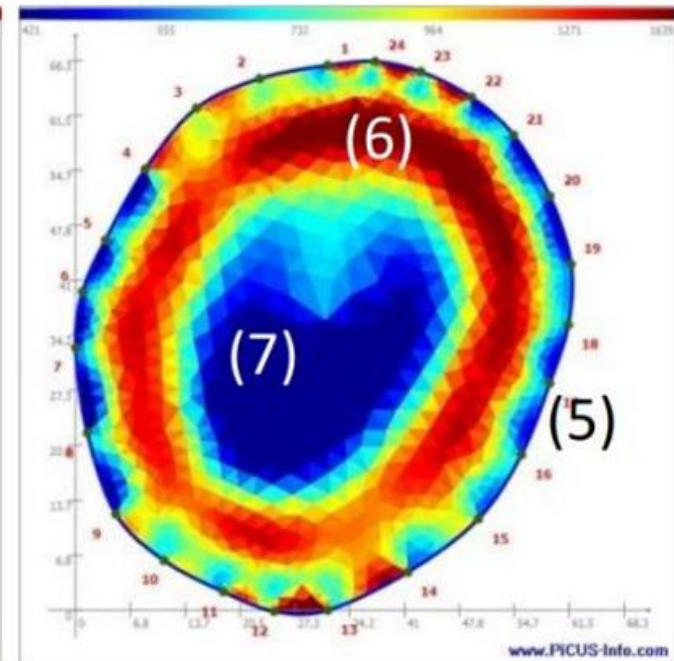
- Nadelen:
 - Metingen t.h.v. maaiveld niet aangewezen
 - Holle bomen met dunne restwand moeilijk meetbaar
 - Elektrische geleidbaarheid verschilt sterk per soort
➔ expertise vereist



ERT Type 1



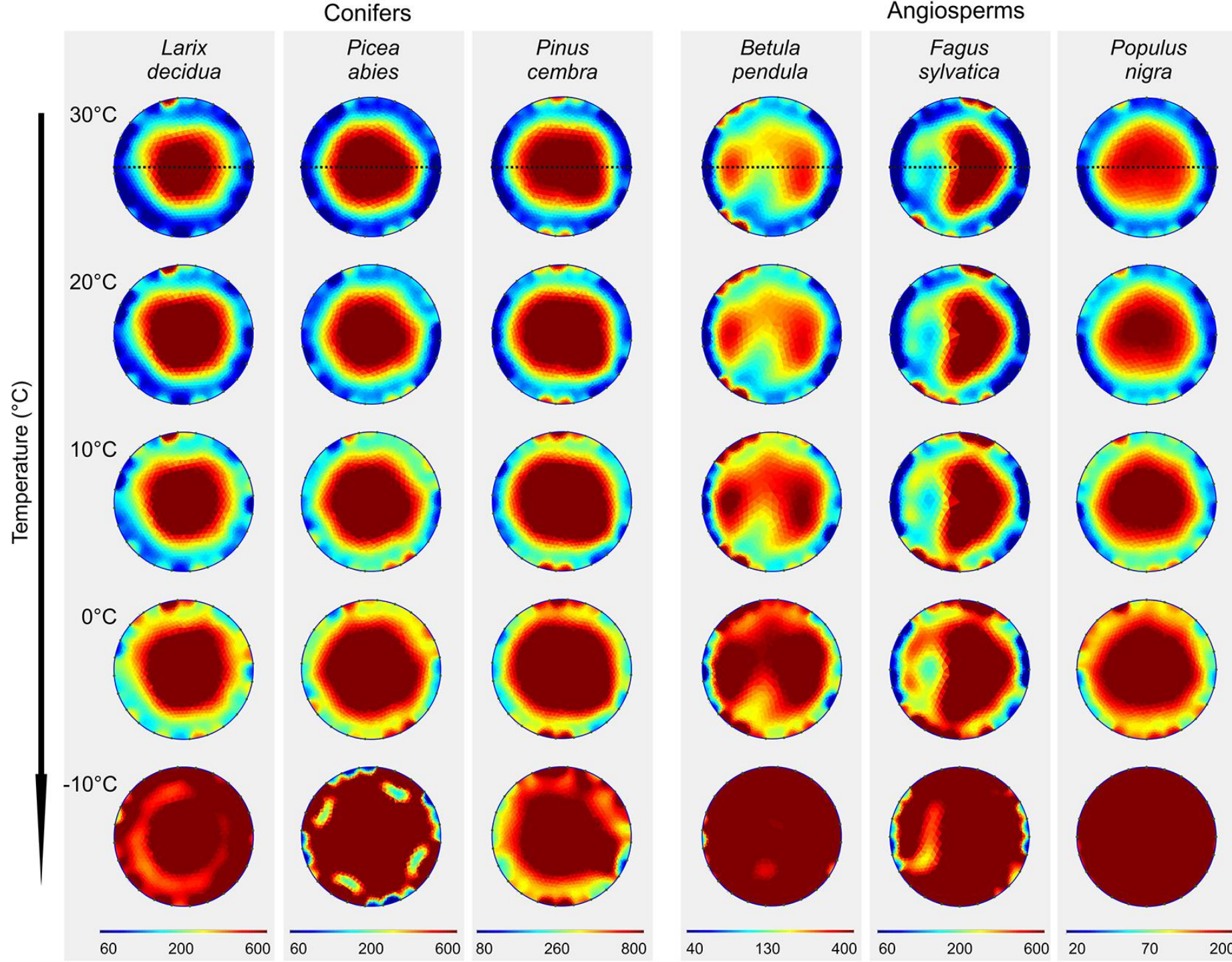
Type 2



Type 3

Invloed temperatuur

- Enkel relevant
onder 0°C



Invloed vochtgehalte

- Droger: hoge weerstand
- Soortafhankelijk

