

1

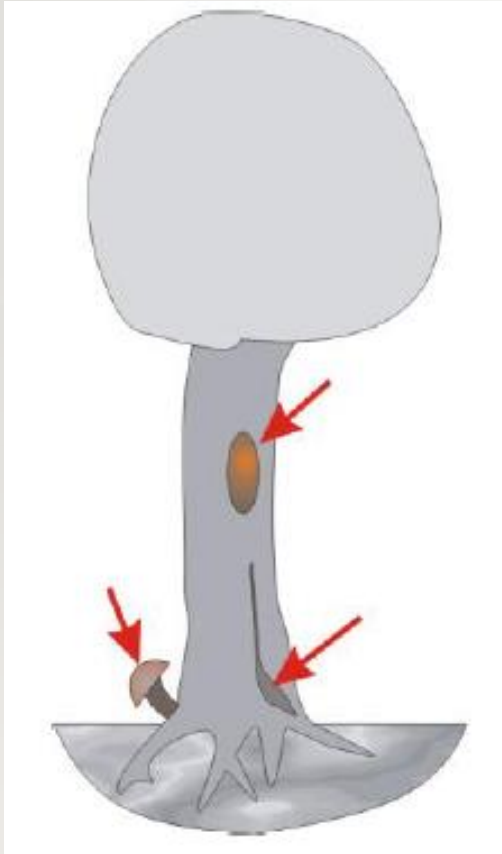
Le analisi strumentali

ROBERTO STUCCHI

DOTTORE AGRONOMO

Ordine Dottori Agronomi Dottori Forestali - La Spezia
9 giugno 2016

2 | Le analisi strumentali



Le analisi strumentali devono sempre seguire la V.T.A.

3

Resistograph Tomografo sonico Martello sonico



Resistograph

ROBERTO STUCCHI

DOTTORE AGRONOMO

Ordine Dottori Agronomi Dottori Forestali - La Spezia
9 giugno 2016



5 | Il Resistograph



6 | Il Resistograph



7 | Il Resistograph



8 | Il Resistograph



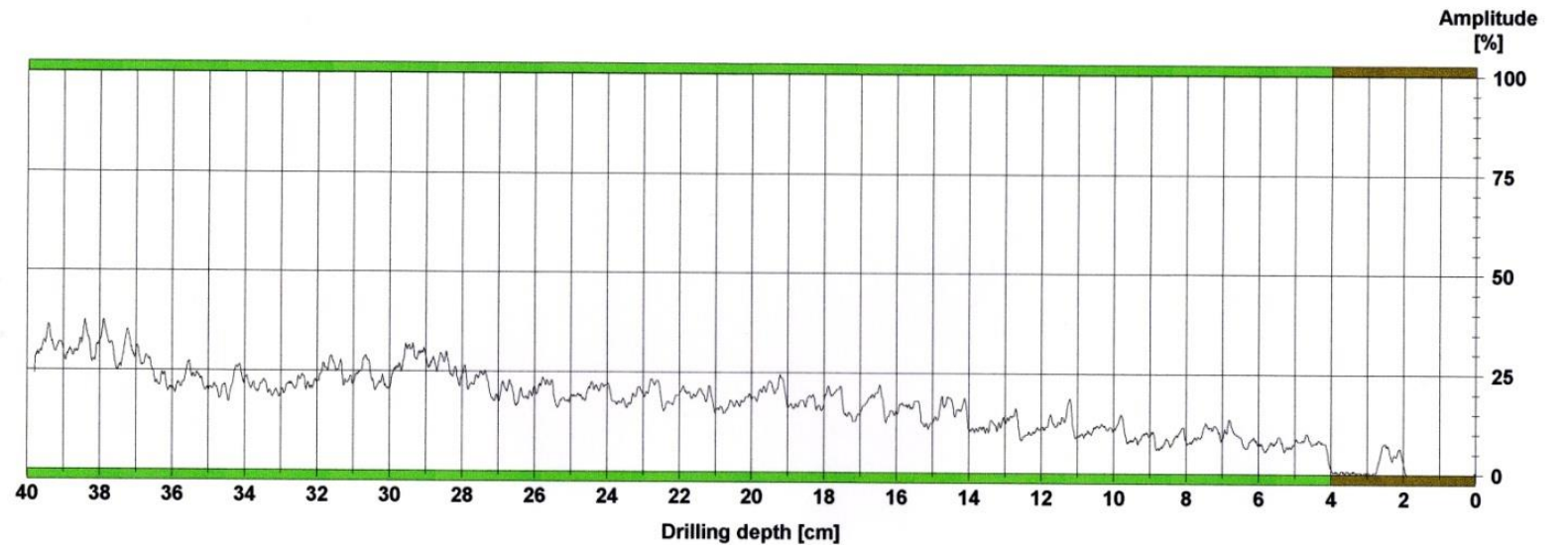
9 | Il Resistograph



10 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Bosca 2011	Date	: 09.05.2011	Level	:
Measurement no.	: 1	Time	: 16:38:38	Direction	: da Nord
Drilling depth	: 39,80 cm	Offset	: 7,6%	Object species	: Cedrus libani
Identification	: Cedro libano	Avg. curve	: off	Location	: Giardino posteriore
Advance	: 30 cm/min (4)	Diameter	: 120,0 cm	Name	: Dr. Agr Nasi Fausto



Assessment

	From	0,0 cm	to	4,0 cm	: Corteccia
	From	4,0 cm	to	40,0 cm	: legno integro
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

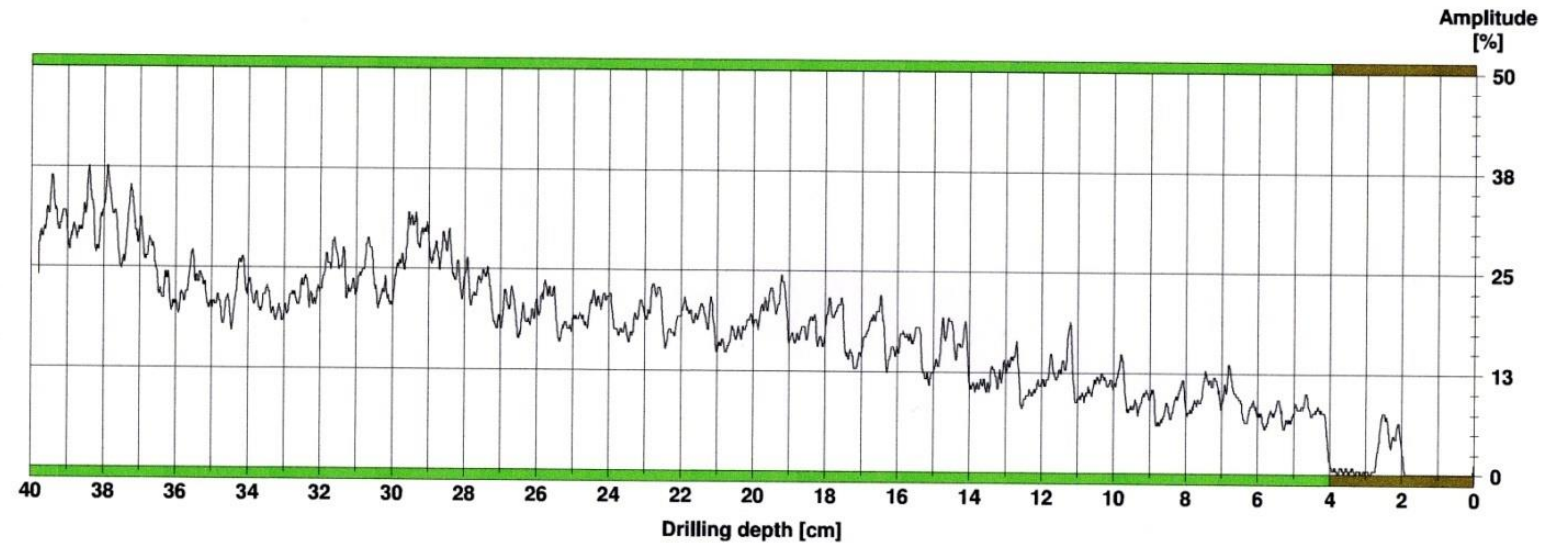
Esemplare perfettamente sano.

Measurement003.rge

11 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Bosca 2011	Date	: 09.05.2011	Level	:
Measurement no.	: 1	Time	: 16:38:38	Direction	: da Nord
Drilling depth	: 39,80 cm	Offset	: 7,6%	Object species	: Cedrus libani
Identification	: Cedro libano	Avg. curve	: off	Location	: Giardino posteriore
Advance	: 30 cm/min (4)	Diameter	: 120,0 cm	Name	: Dr. Agr Nasi Fausto



Assessment

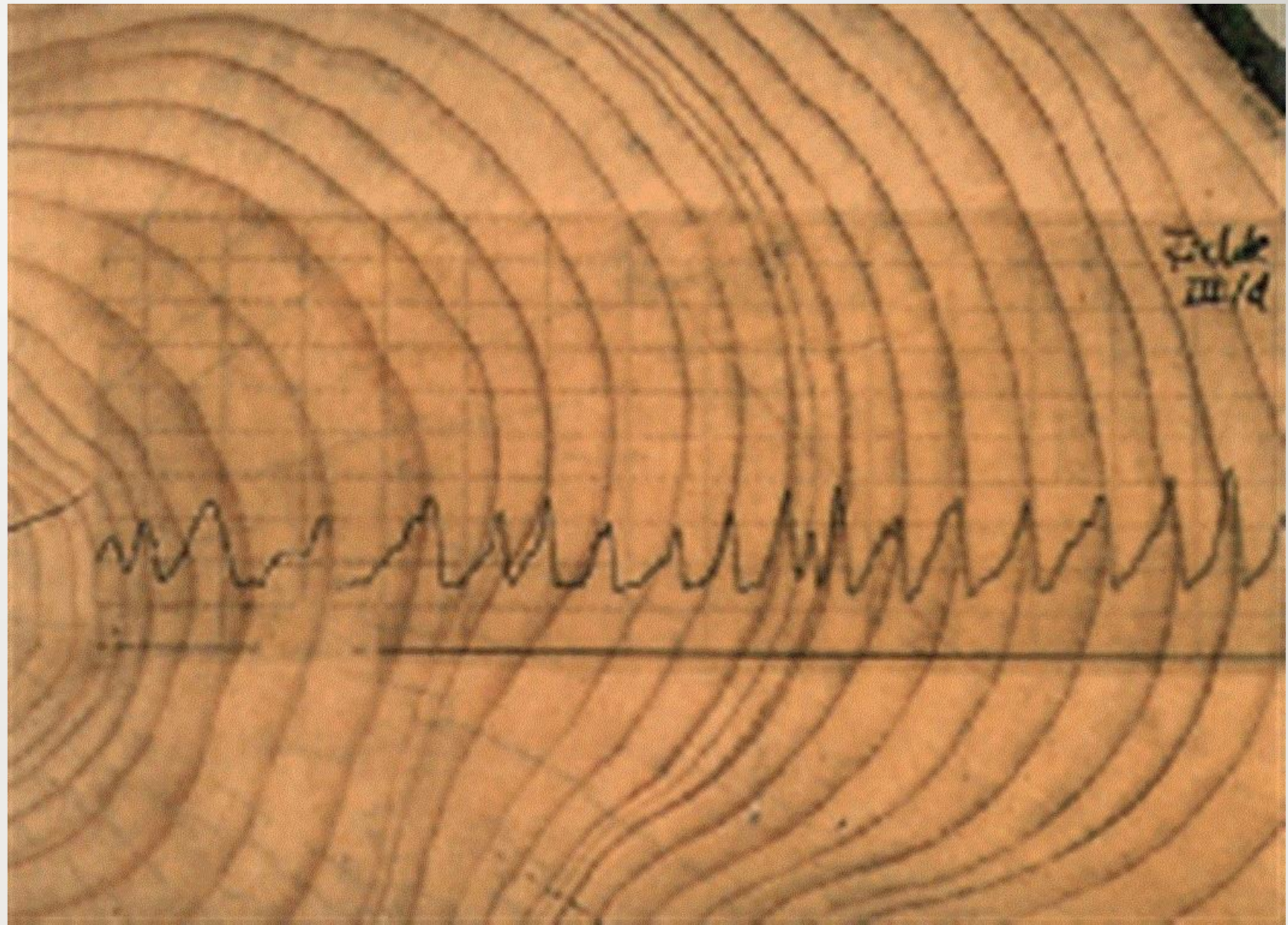
	From	0,0 cm	to	4,0 cm	: Corteccia
	From	4,0 cm	to	40,0 cm	: legno integro
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

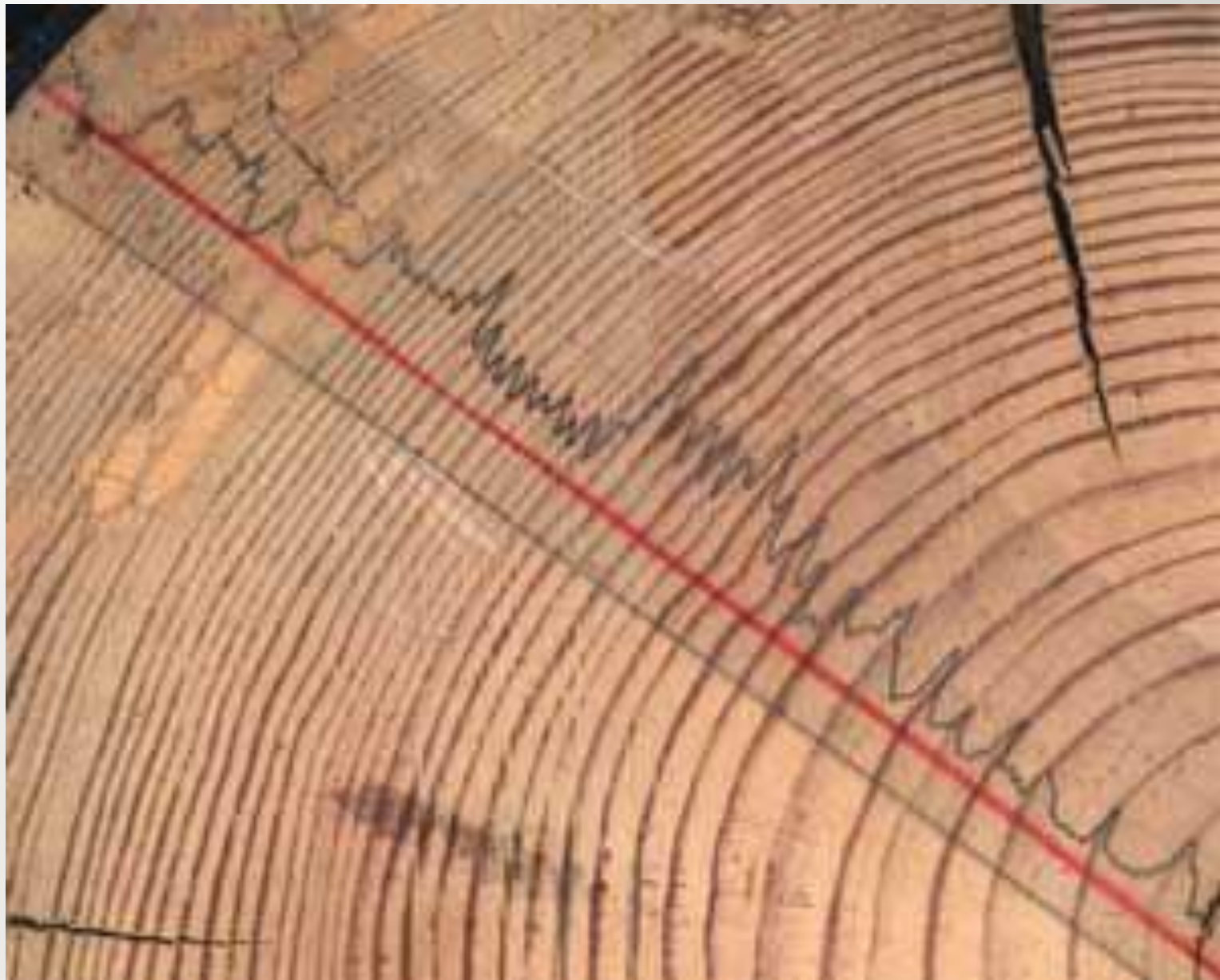
Esemplare perfettamente sano.

Measurement003.rge

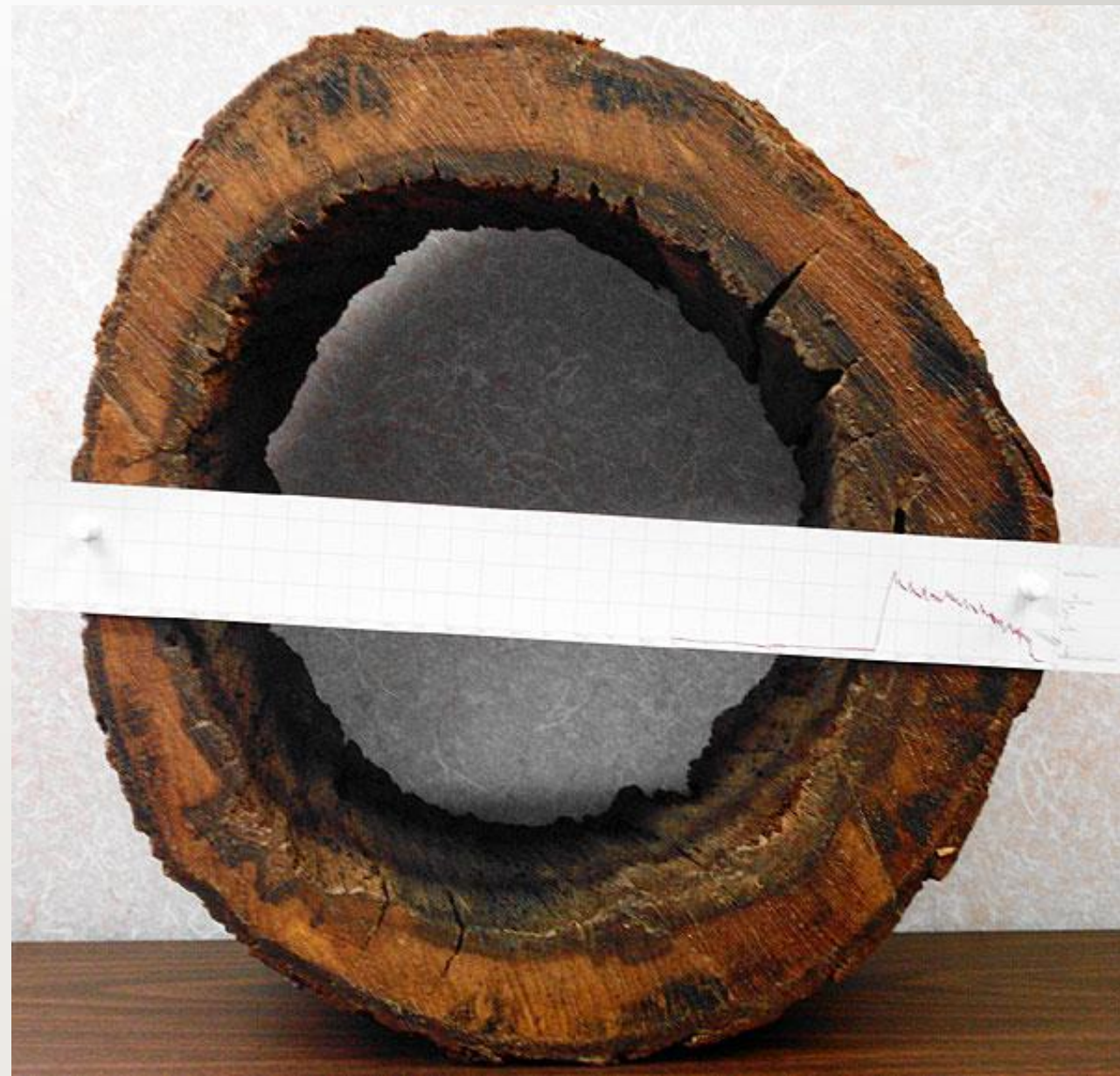
12 | Il Resistograph



13 | Il Resistograph



14 | Il Resistograph



15 | Il Resistograph



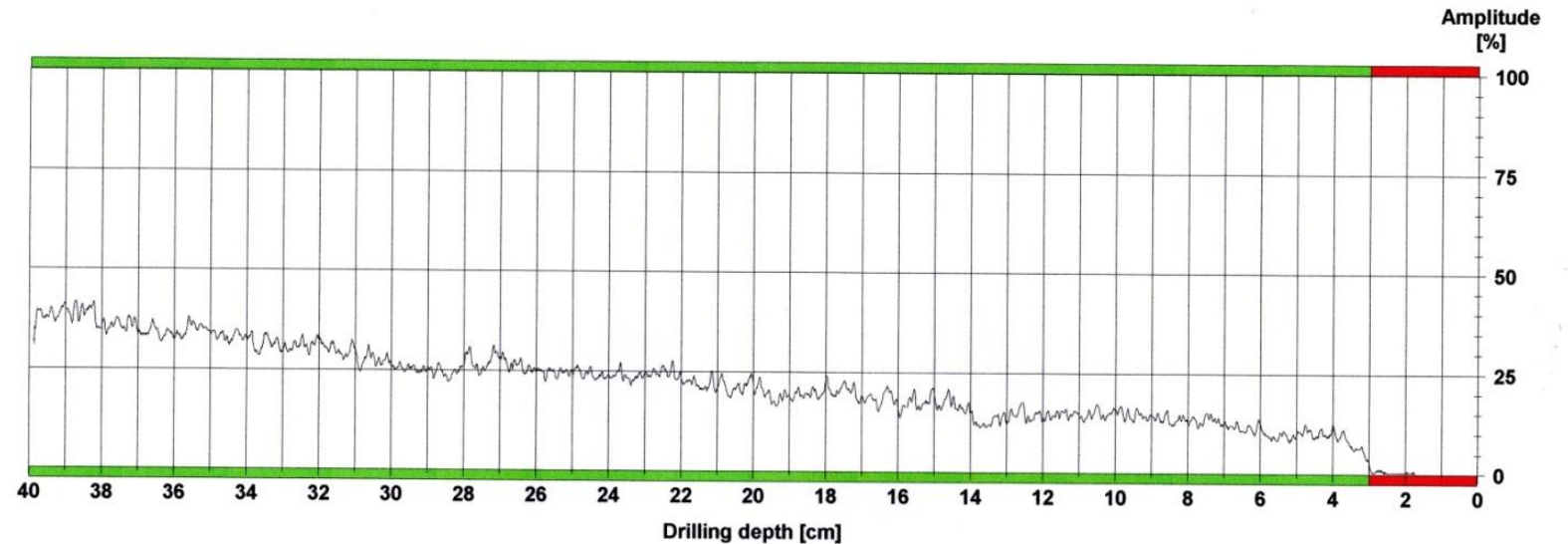
16 | Il Resistograph



17 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Baitella 2011	Date	: 10.05.2011	Level	: 120,0 cm
Measurement no.	: 3	Time	: 14:58:51	Direction	: da Est
Drilling depth	: 39,89 cm	Offset	: 6,5%	Object species	: Magnolia grandiflora
Identification	: Magnolia spp.	Avg. curve	: off	Location	: parco anteriore
Advance	: 30 cm/min (4)	Diameter	: 60,0 cm	Name	: Dr.Agr Fausto Nasi



Assessment

■	From 0,0 cm to 3,0 cm : corteccia
■	From 3,0 cm to 40,0 cm : legno integro
■	From 0,0 cm to 0,0 cm :
■	From 0,0 cm to 0,0 cm :
■	From 0,0 cm to 0,0 cm :
■	From 0,0 cm to 0,0 cm :

Comment

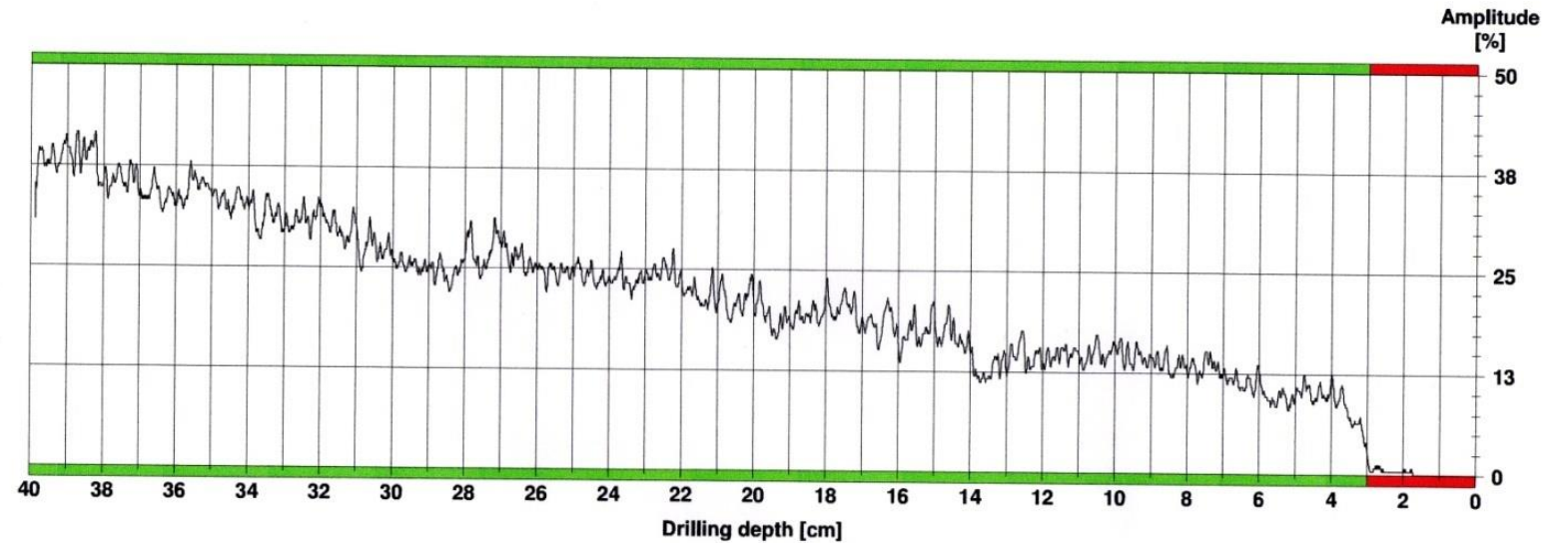
esemplare perfettamente sano.

Measurement010.rge

18 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Baitella 2011	Date	: 10.05.2011	Level	: 120,0 cm
Measurement no.	: 3	Time	: 14:58:51	Direction	: da Est
Drilling depth	: 39,89 cm	Offset	: 6,5%	Object species	: Magnolia grandiflora
Identification	: Magnolia spp.	Avg. curve	: off	Location	: parco anteriore
Advance	: 30 cm/min (4)	Diameter	: 60,0 cm	Name	: Dr.Agr Fausto Nasi



Assessment

■	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: corteccia
■	From	3,0 cm	to	40,0 cm	: legno integro
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

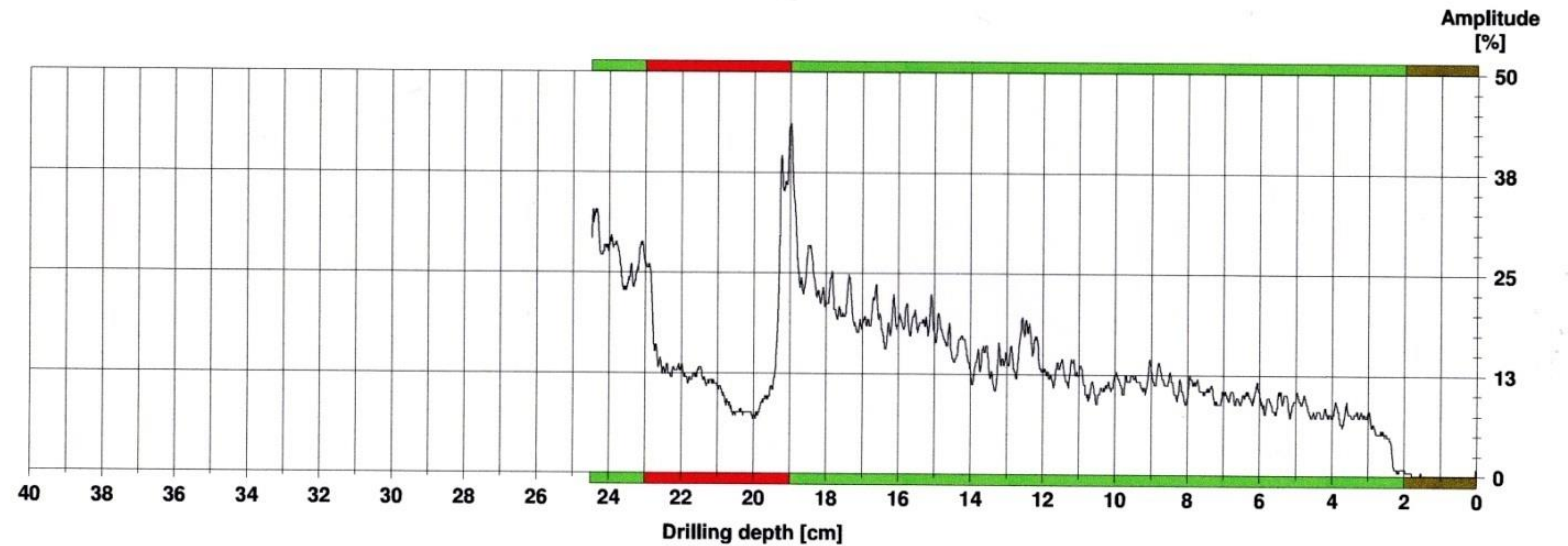
esemplare perfettamente sano.

Measurement010.rge

19 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Baitella 2011	Date	: 10.05.2011	Level	: 140,0 cm
Measurement no.	: 4	Time	: 15:02:01	Direction	: da Ovest
Drilling depth	: 24,49 cm	Offset	: 5,7%	Object species	: Magnolia grandiflora
Identification	: Magnolia spp.	Avg. curve	: off	Location	: Parco anteriore
Advance	: 30 cm/min (4)	Diameter	: 60,0 cm	Name	: Dr.Agr Fausto Nasi



Assessment

	From	0,0 cm	to	2,0 cm	: Corteccia
	From	2,0 cm	to	19,0 cm	: Legno sano
	From	19,0 cm	to	23,0 cm	: Cavità
	From	23,0 cm	to	24,5 cm	: Legno sano
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Dalle analisi resistografiche si può notare la presenza di una cavità tra il cm. 19 e il cm 23. Rapporto T/r accettabile.

Measurement011.rge

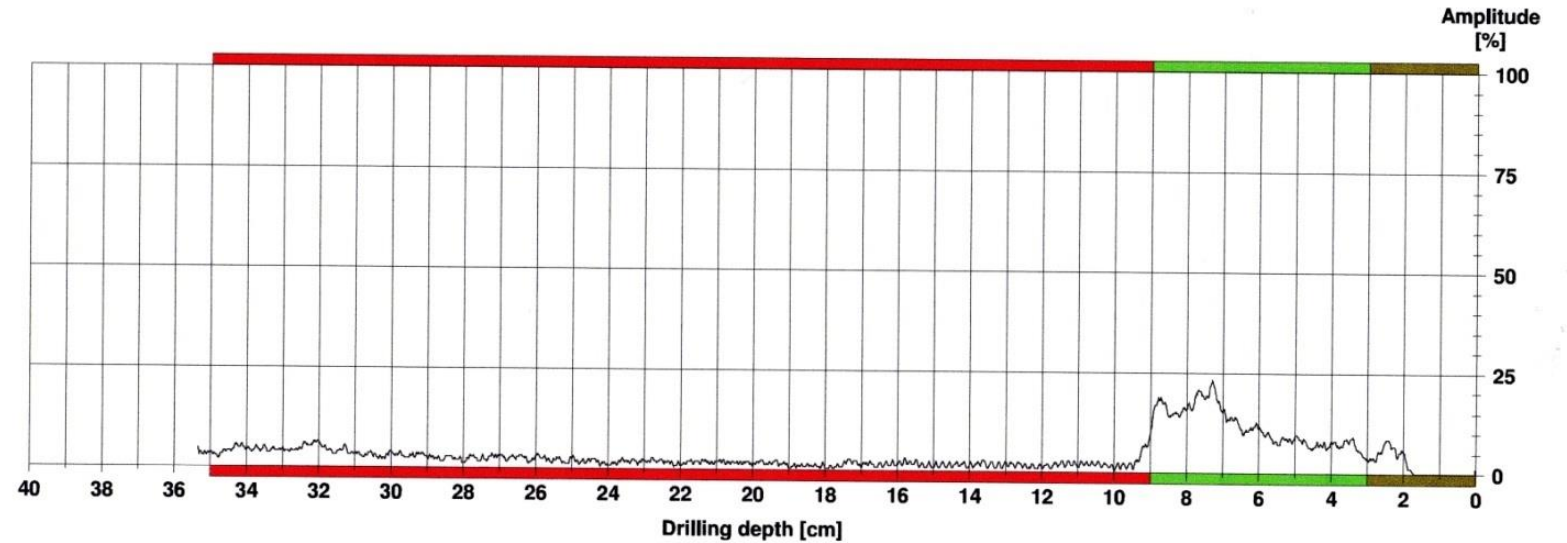
20 | Il Resistograph



21 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Castegnato 2010	Date	: 25.11.2010	Level	: 10,0 cm
Measurement no.	: 16	Time	: 11:32:43	Direction	: Sud-Est
Drilling depth	: 35,35 cm	Offset	: 5,0%	Object species	: Populus italica Pyr
Identification	: Pianta 11	Avg. curve	: off	Location	: Via Casella
Advance	: 45 cm/min (6)	Diameter	: 45,0 cm	Name	:



Assessment

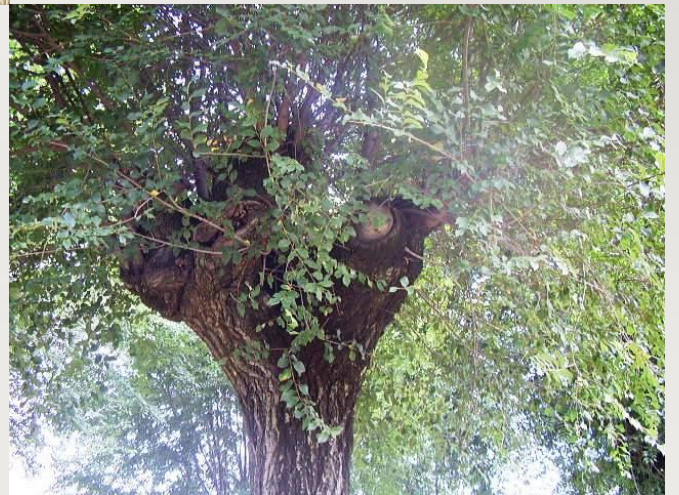
	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: Corteccia
	From	3,0 cm	to	9,0 cm	: Legno sano
	From	9,0 cm	to	35,0 cm	: Legno cariato
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Pianta che evidenzia una vasta zona cariata con legno sano estremamente ridotto.

Measurement016.rge

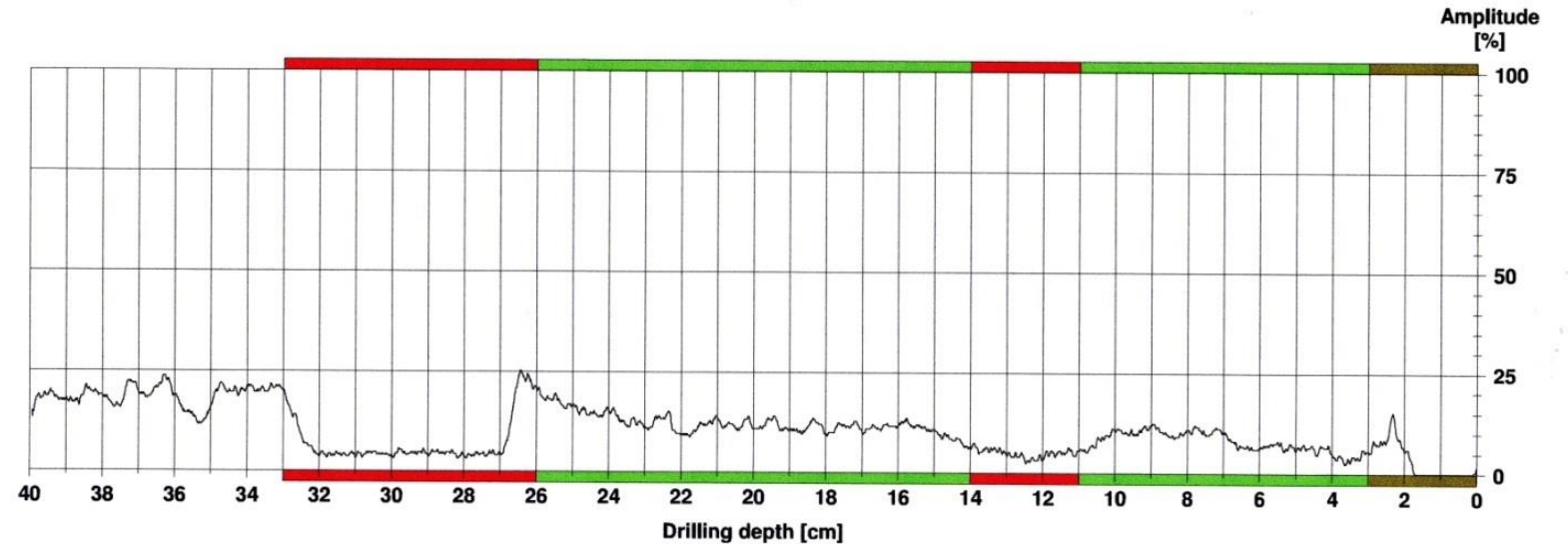
22 | Il Resistograph



23 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Castegnato 2010	Date	: 25.11.2010	Level	: 10,0 cm
Measurement no.	: 10	Time	: 11:09:47	Direction	: Nord
Drilling depth	: 39,94 cm	Offset	: 5,4%	Object species	: Populus italica Pyr
Identification	: Pianta 13	Avg. curve	: off	Location	: Via Casella
Advance	: 45 cm/min (6)	Diameter	: 50,0 cm	Name	:



Assessment

	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: Corteccia
	From	3,0 cm	to	11,0 cm	: Legno sano
	From	11,0 cm	to	14,0 cm	: Legno cariato
	From	14,0 cm	to	26,0 cm	: Legno sano
	From	26,0 cm	to	33,0 cm	: Legno cariato
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Pianta che presenta una vistosa carie interne oltre ad un principio di carie intorno a metà del raggio esaminato

Measurement010.rge

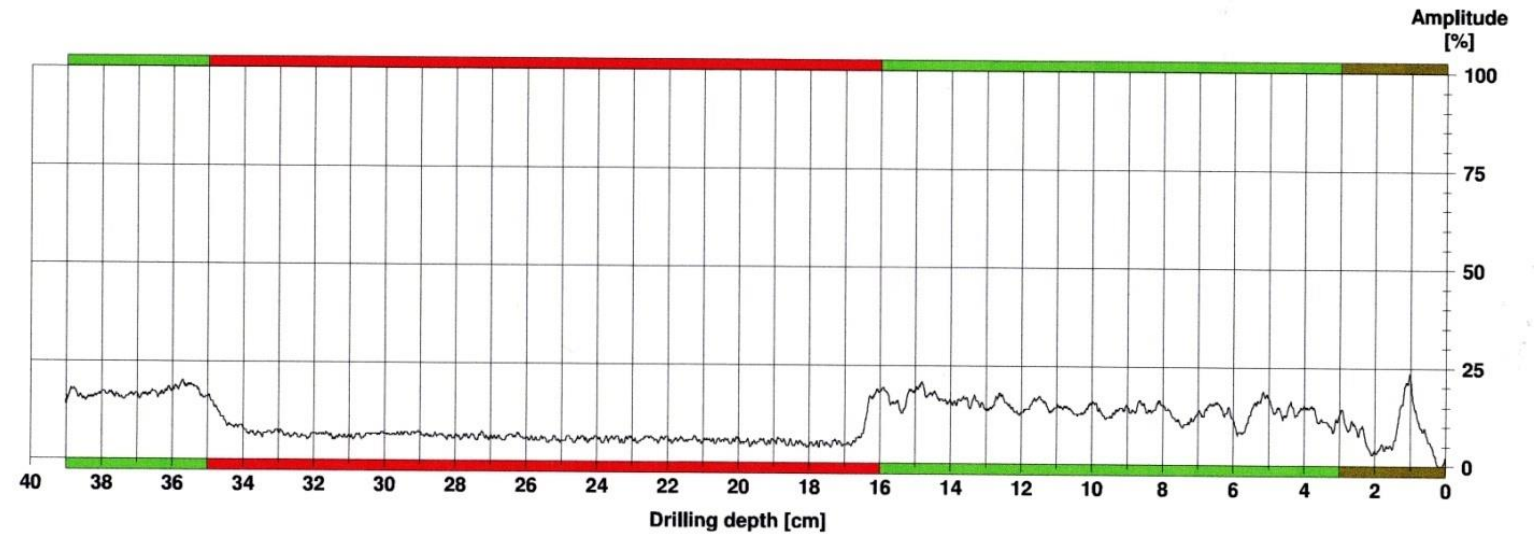
24 | Il Resistograph



25 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Castegnato 2010	Date	: 25.11.2010	Level	: 10,0 cm
Measurement no.	: 7	Time	: 11:03:38	Direction	: Sud
Drilling depth	: 39,03 cm	Offset	: 5,5%	Object species	: Populus italica Pyr
Identification	: Pianta 14	Avg. curve	: off	Location	: Via Casella
Advance	: 45 cm/min (6)	Diameter	: 50,0 cm	Name	:



Assessment

	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: Corteccia
	From	3,0 cm	to	16,0 cm	: Legno sano
	From	16,0 cm	to	35,0 cm	: Legno cariato
	From	35,0 cm	to	39,0 cm	: Legno sano
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

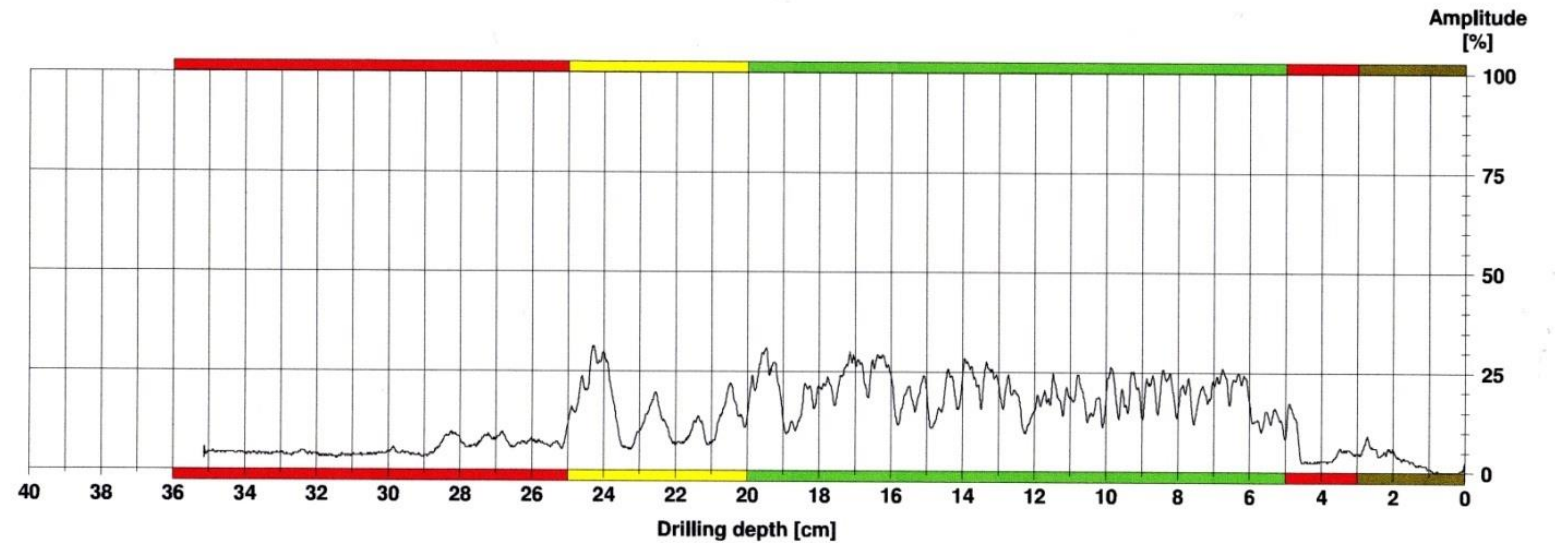
Tracciato che evidenzia una vistosa e diffusa carie nella parte centrale d el fusto.

Measurement007.rge

26 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Castegnato 2010	Date	: 17.11.2010	Level	: 10,0 cm
Measurement no.	: 44	Time	: 17:48:21	Direction	: Sud
Drilling depth	: 35,15 cm	Offset	: 3,8%	Object species	: Ulmus spp.
Identification	: Pianta 14	Avg. curve	: off	Location	: via Roma
Advance	: 45 cm/min (6)	Diameter	: 60,0 cm	Name	:



Assessment

	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: Corteccia
	From	3,0 cm	to	5,0 cm	: Legno cariato
	From	5,0 cm	to	20,0 cm	: Legno sano
	From	20,0 cm	to	25,0 cm	: Tracciato anomalo
	From	25,0 cm	to	36,0 cm	: Legno cariato
	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Tracciato che evidenzia oltre a legno cariato in zona sub-corticale anche un tratto anomalo seguito da successiva vistosa carie.

Measurement044.rge

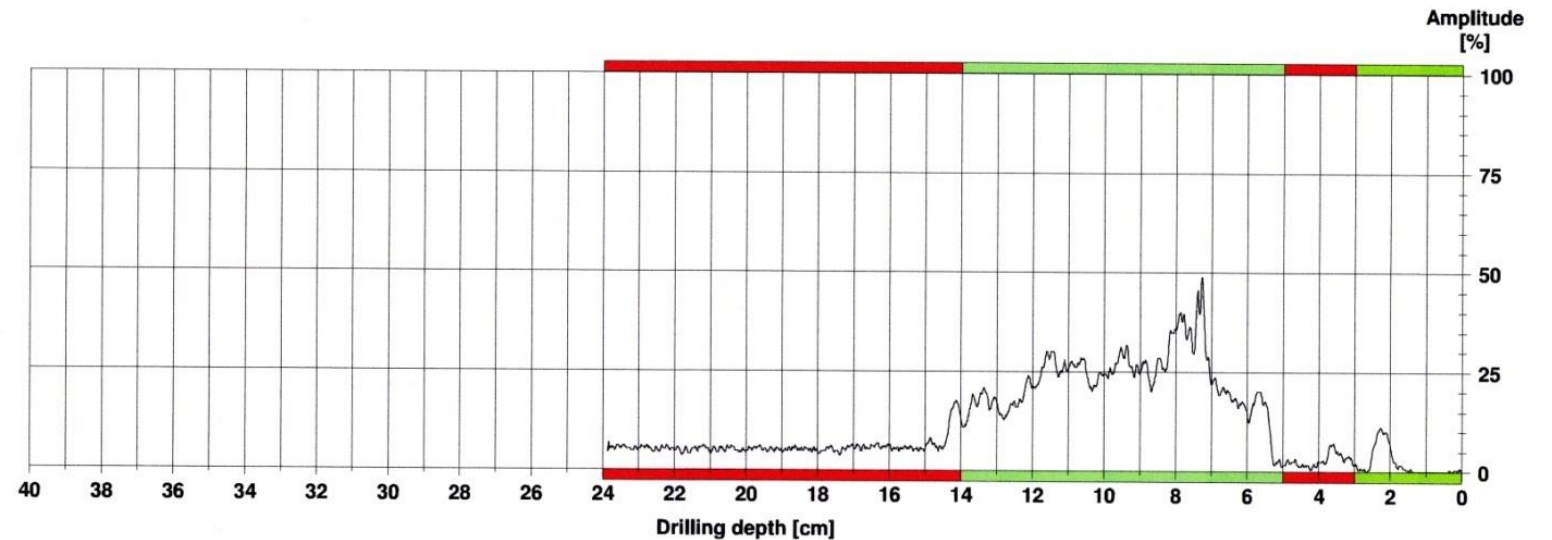
27 | Il Resistograph



28 | Il Resistograph

Measuring / object data

Project	: Castegnato 2010	Date	: 18.11.2010	Level	: 200,0 cm
Measurement no.	: 58	Time	: 10:13:56	Direction	: Nord
Drilling depth	: 23,87 cm	Offset	: 4,2%	Object species	: Ulmus spp.
Identification	: Pianta 22	Avg. curve	: off	Location	: Via Roma
Advance	: 45 cm/min (6)	Diameter	: 55,0 cm	Name	:



Assessment

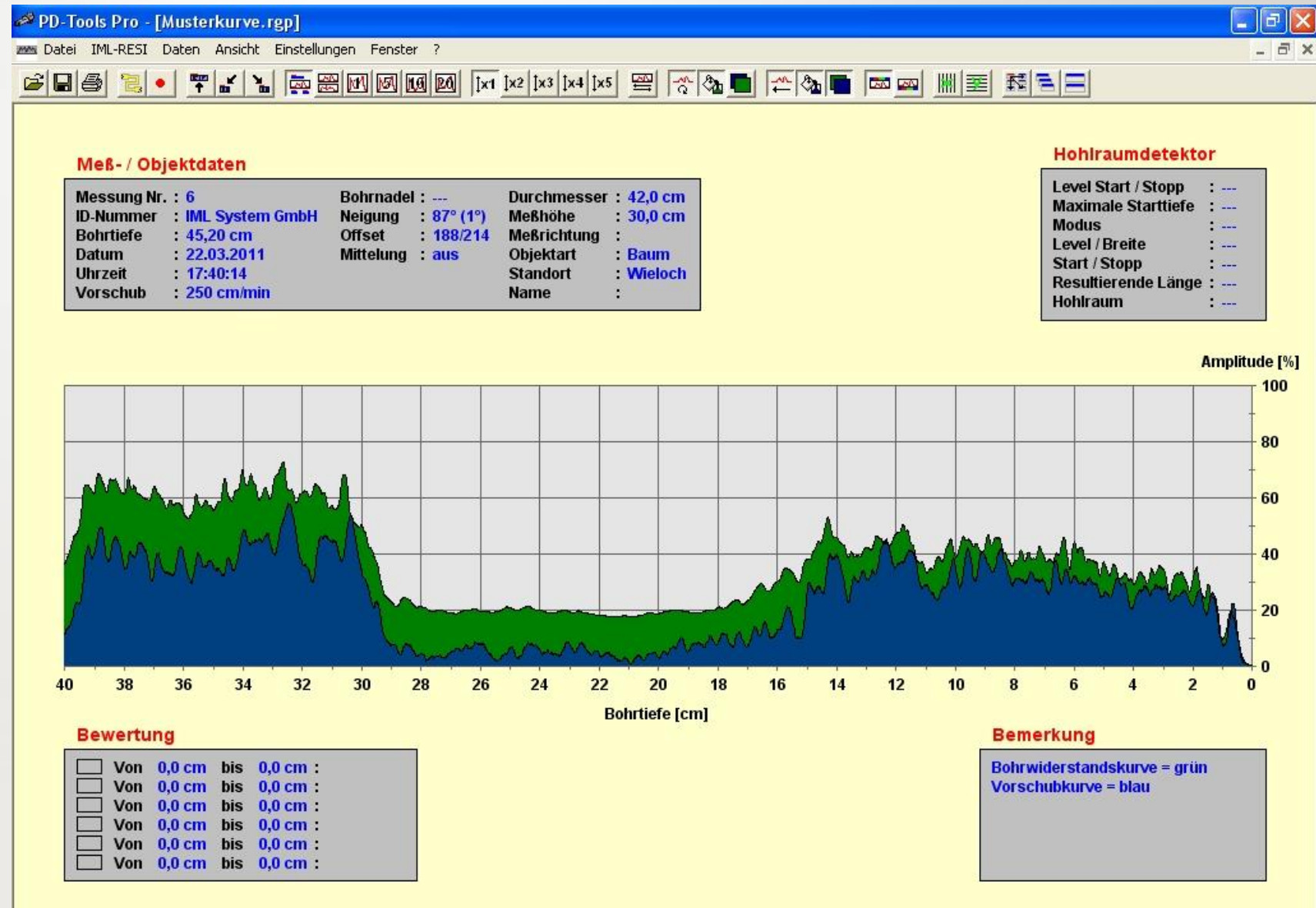
■	From	0,0 cm	to	3,0 cm	: corteccia
■	From	3,0 cm	to	5,0 cm	: legno cariato
■	From	5,0 cm	to	14,0 cm	: legno sano
■	From	14,0 cm	to	24,0 cm	: legno cariato
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
■	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Tracciato che evidenzia fenomeni cariogeni sub-corticali e dalla profondità di 14 cm fino a 24 cm. I problemi al castello sono stati evidenziati anche con materiale fotografico.

Measurement058.rge

29 | Il Resistograph



30

Il tomografo

ROBERTO STUCCHI

DOTTORE AGRONOMO

Ordine Dottori Agronomi Dottori Forestali - La Spezia
9 giugno 2016



Studio Agron
DOTTORI AGRONOMI ASSOCIATI

31 | Lo strumento



32 | Lo strumento



CON LA TOMOGRAFIA SONICA E' POSSIBILE:

- ✓ identificare le aree interessate da alterazioni,
- ✓ rilevarne le dimensioni,
- ✓ valutarne il grado di degradazione,
- ✓ visualizzare lo spessore della parete residua negli alberi (t/R)



33 | Lo strumento



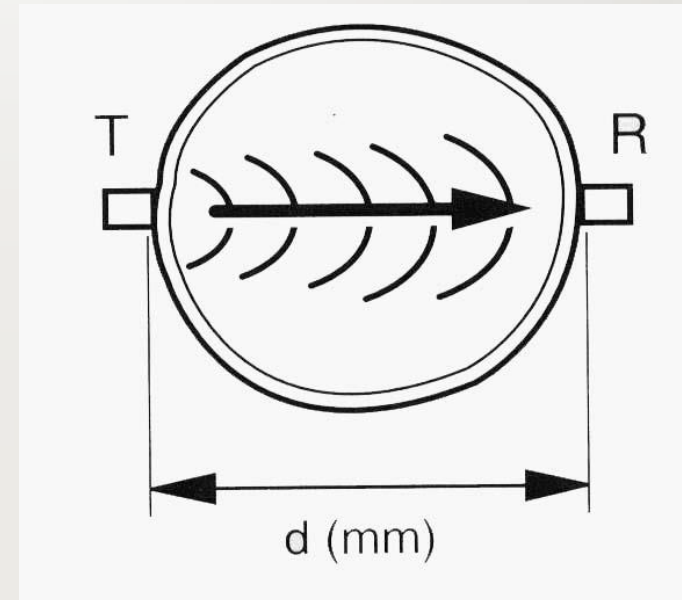
E' un importante strumento
per la comprensione
delle reali condizioni
interne di un albero

34 | Principio del metodo

Si misura la velocità di propagazione dell'onda sonora nel legno

La velocità del suono nel legno, dipende da:

- **modulo di elasticità** (rapporto tra tensione indotta e deformazione risultante)
- **densità del legno.**



35 | Principio del metodo

Il **legno sano** ha una differente capacità di trasmettere una onda sonora rispetto ad un **legno alterato**

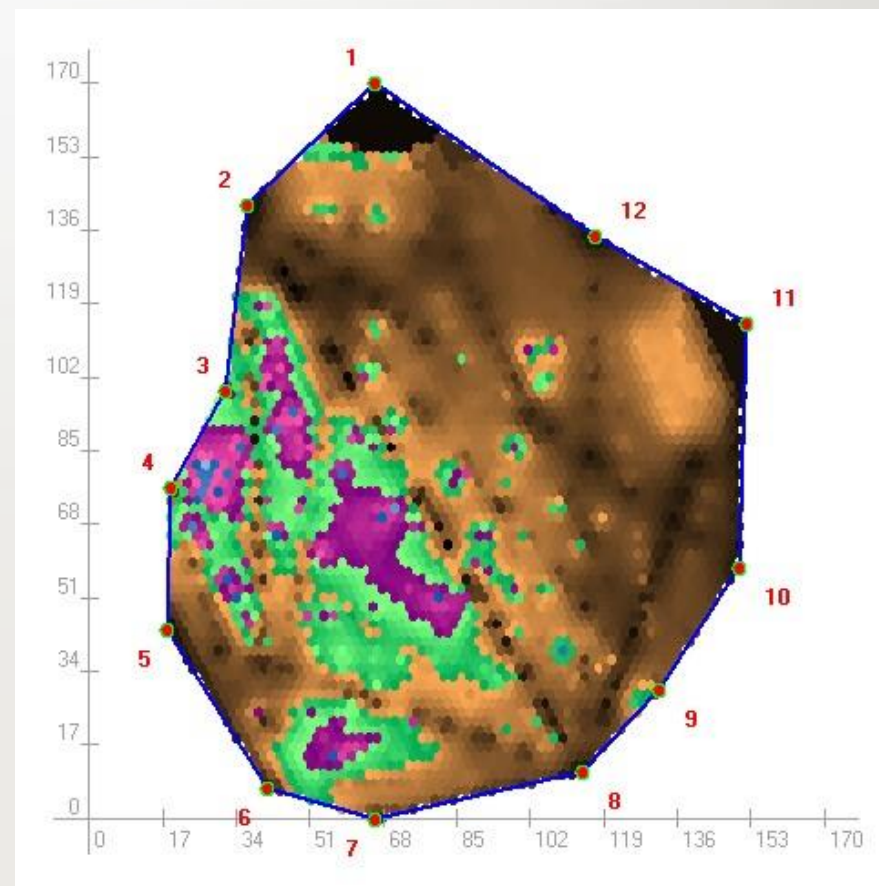
Le fratture, le cavità, i fenomeni degenerativi del legno (carie), riducono l'elasticità e la densità del legno.



36 | Principio del metodo

Il tomografo PICUS è in grado di identificare le differenze nella capacità del legno a trasmettere le onde sonore (soniche)

Il risultato della indagine è un **TOMOGRAMMA**.



37 | Principio del metodo

L'interpretazione di un tomogramma deve essere accompagnata da una corretta investigazione dell'albero

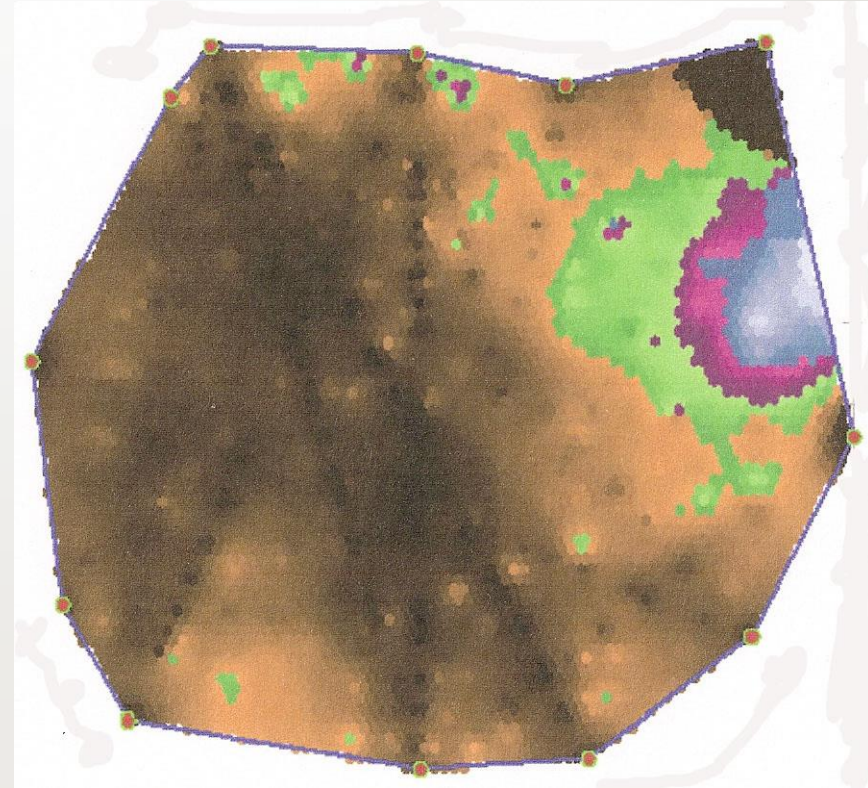
NON ABBATTERE UN ALBERO PER IL SOLO TOMOGRAMMA



38 Risultato dell'indagine

Il risultato dell'indagine è una TOMOGRAFIA BIDIMENSIONALE della sezione indagata

Il tomogramma rappresenta in vari colori definiti le condizioni del legno sia sano, sia alterato e le eventuali cavità presenti.



39 | La procedura

1. Determinare il livello di misurazione, numero e posizione dei punti di misurazione
2. Determinare la geometria del livello di misurazione
3. Posizionare i sensori sull'albero
4. Eseguire la misurazione sonora
5. Calcolare il tomogramma



40 | La procedura



41 | La procedura



N° sensori da 5 a 20 (6-12) posti lungo la circonferenza dell'albero

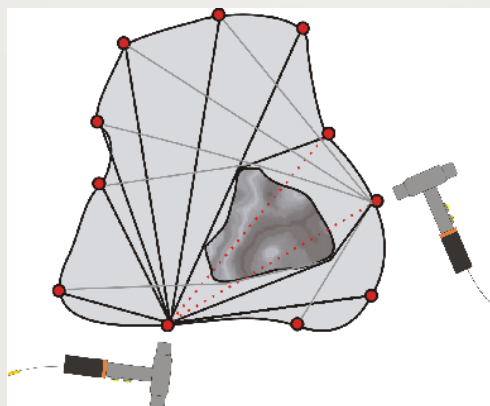
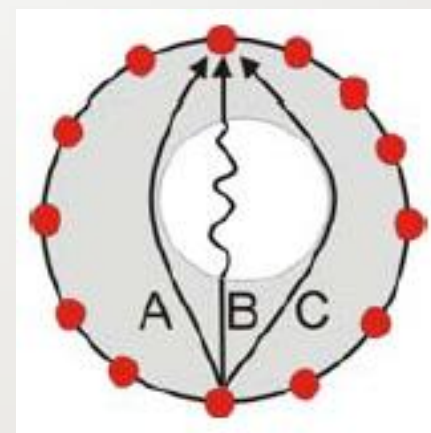
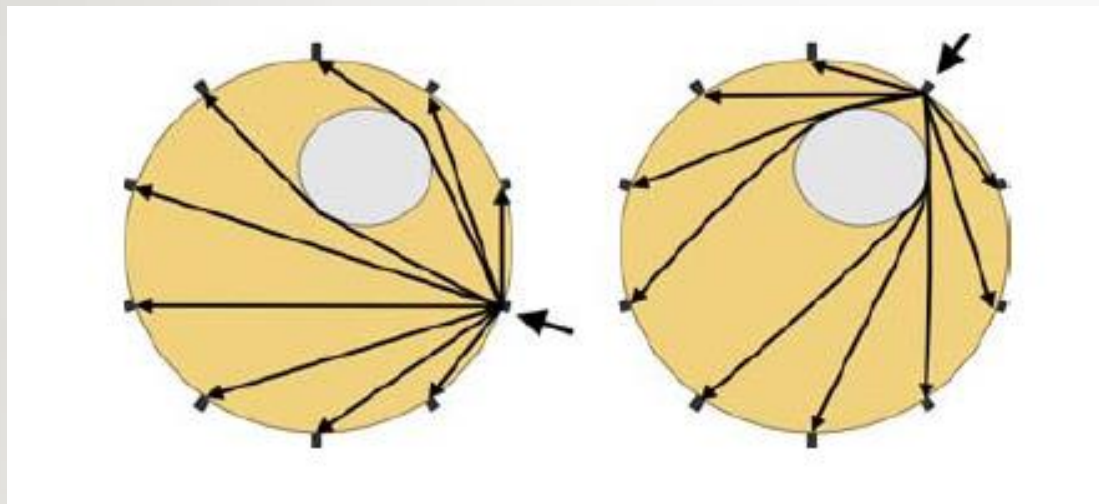
Ogni sensore è collegato ad un chiodo a contatto con il legno

I sensori registrano il tempo di trasmissione della onda sonora indotta dalla percussione con martello sui chiodi

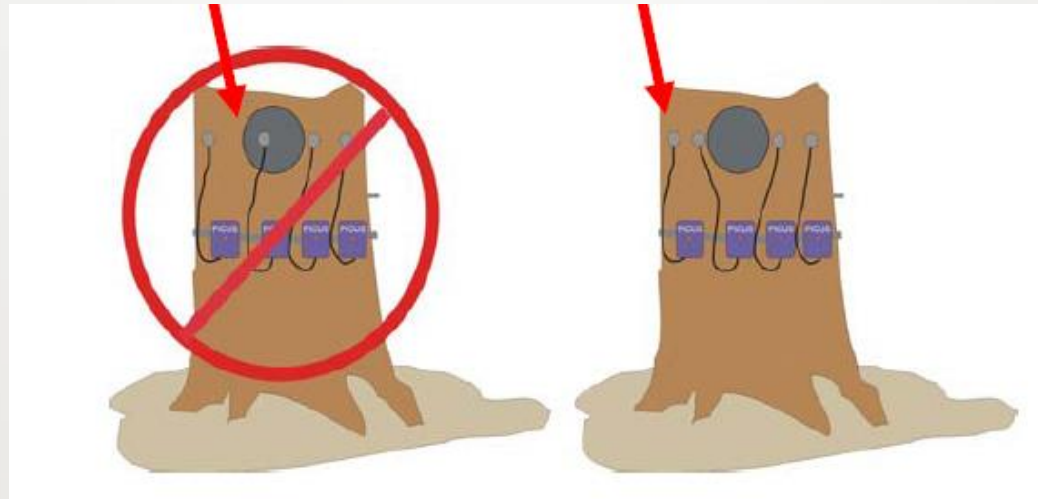
Si ricavano le velocità di trasmissione

Il programma **Picus** trasforma questo network di dati in un tomogramma a colori che fornisce informazioni sulla presenza di alterazioni o difetti all'interno dell'albero, invisibili all'esterno.

COME SI PROPAGANO LE ONDE SONICHE NEL LEGNO



I sensori non devono essere posizionati sulla zona danneggiata ma
ACCANTO alla zona danneggiata

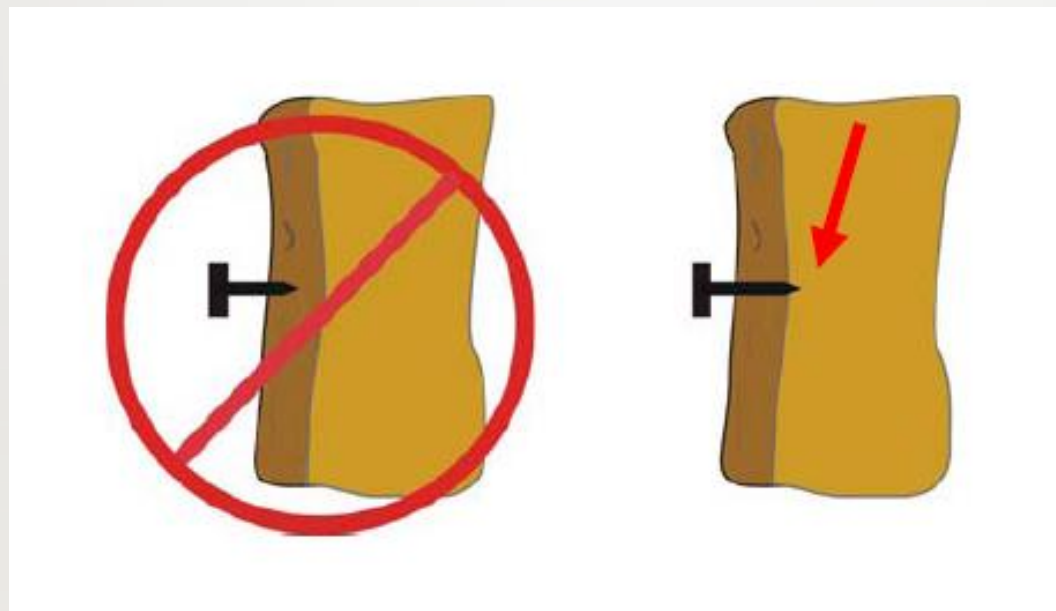


Distanza massima dei sensori: 50cm
Distanza minima dei sensori: 12-15cm

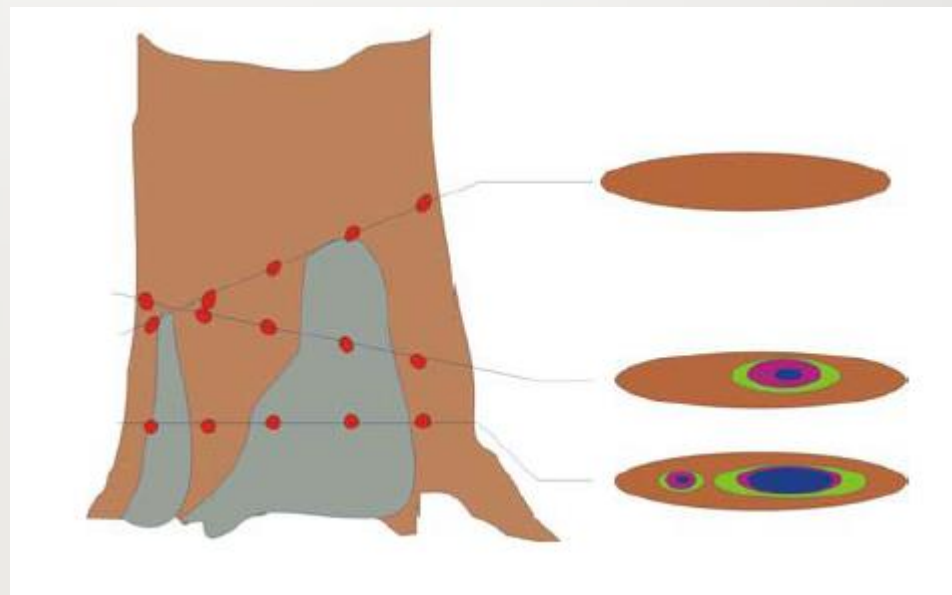
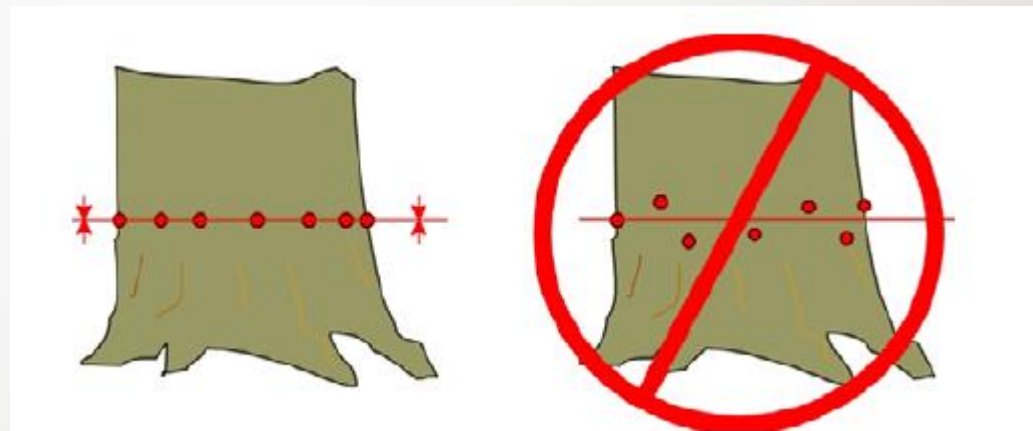
I sensori non devono essere posizionati sulla zona danneggiata ma
ACCANTO alla zona danneggiata



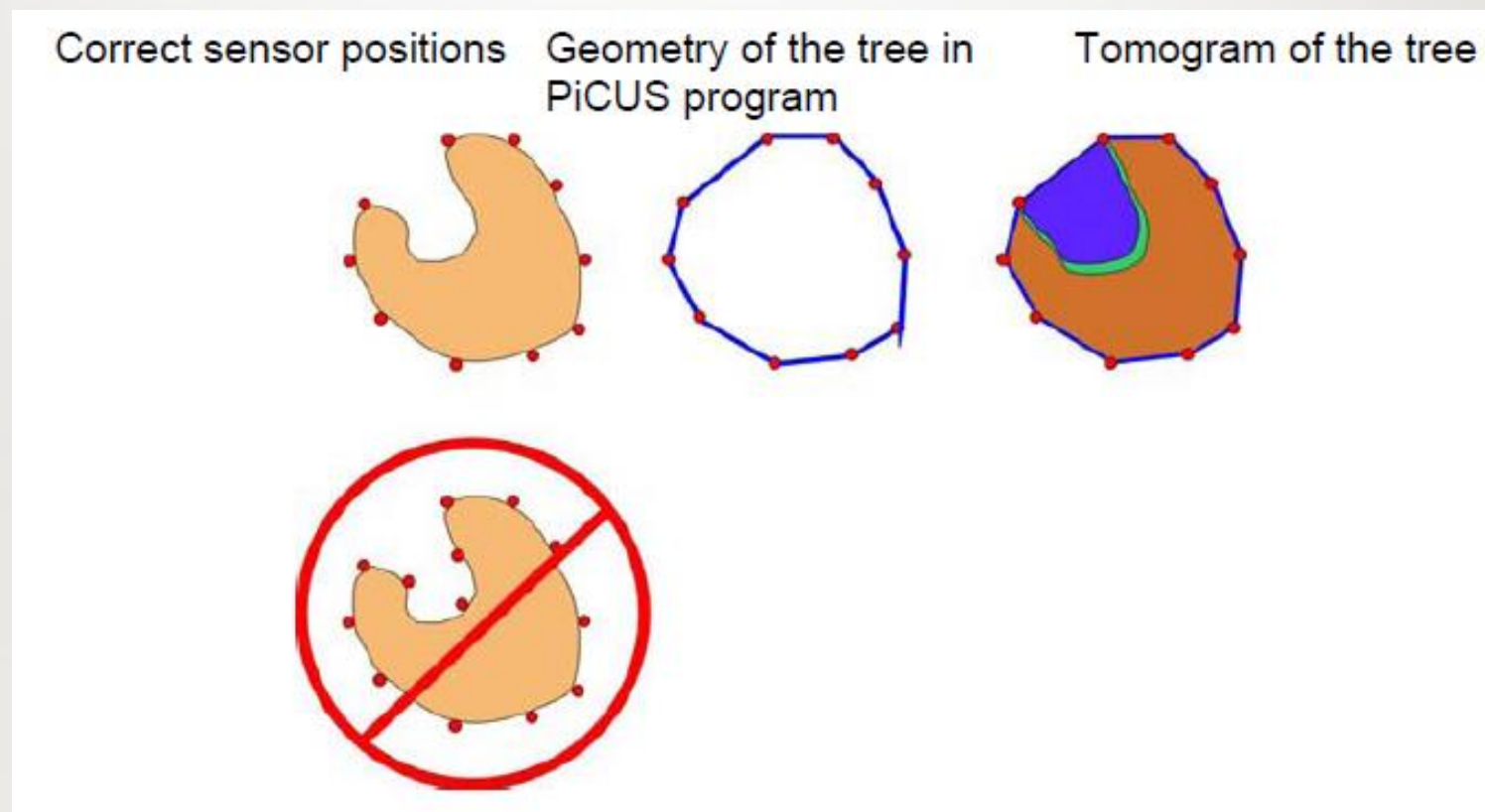
Il chiodo deve toccare il legno ed essere di lunghezza tale da superare la corteccia



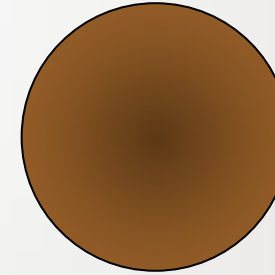
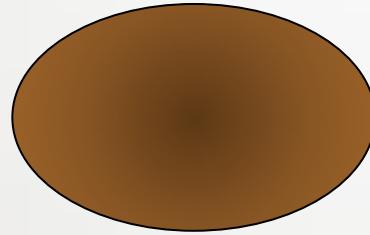
Punti di
misurazione su
linea retta



Installazione dei punti di misurazione in prossimità delle cavità

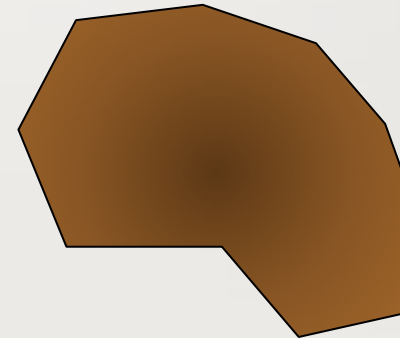


DETERMINAZIONE DELLA GEOMETRIA



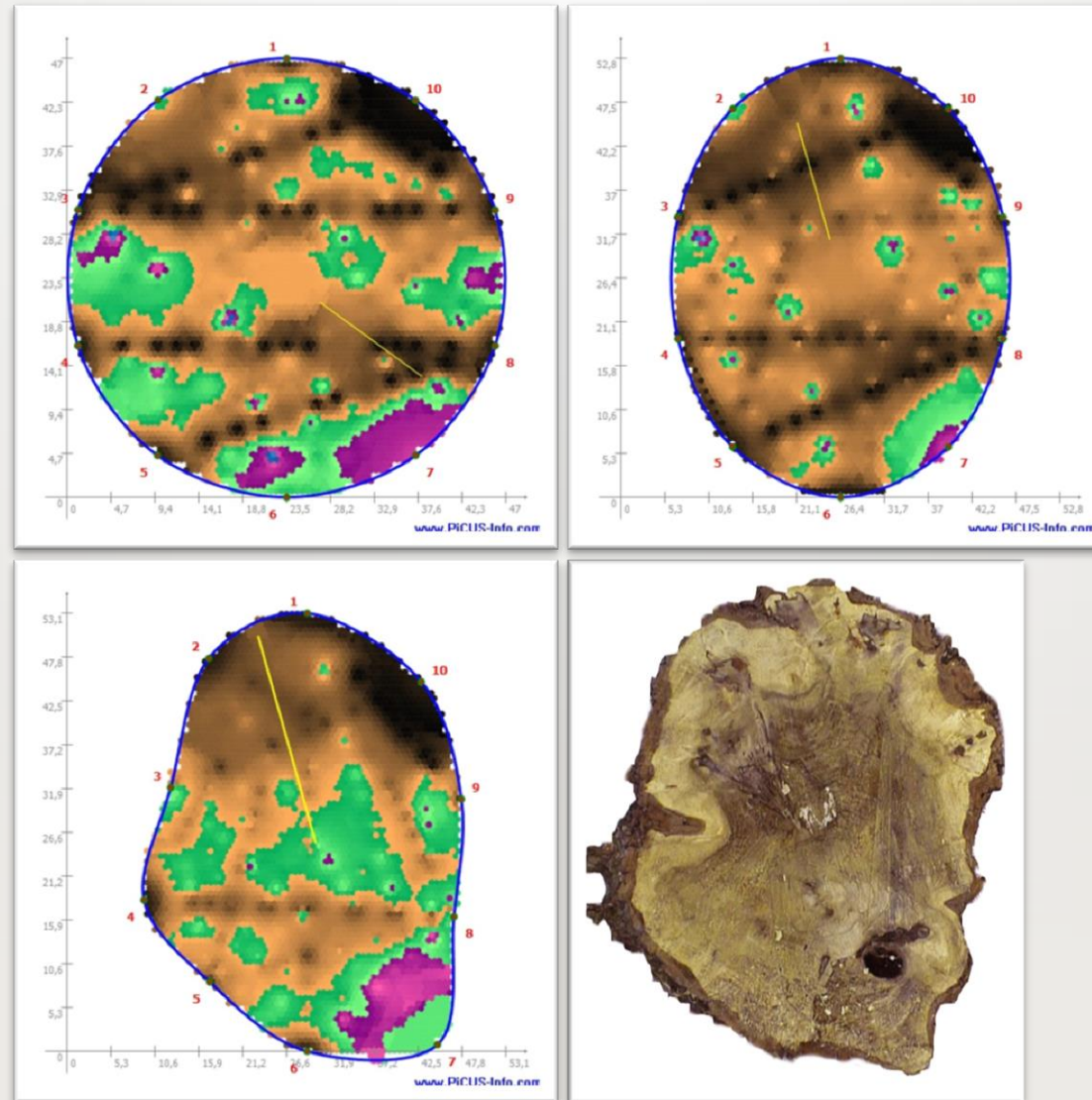
Per sezioni irregolari si procede alla misurazione della distanza reciproca dei sensori creando una forma libera che risulta corrispondente alla reale sezione esaminata.

In questo modo il grado di precisione è estremamente elevato e sono ridotte al massimo le approssimazioni.



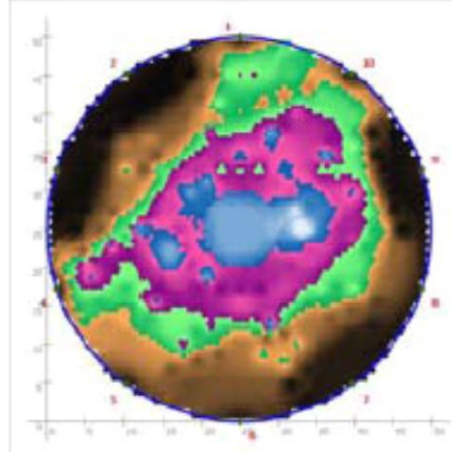
IMPORTANZA DELLA GEOMETRIA

49

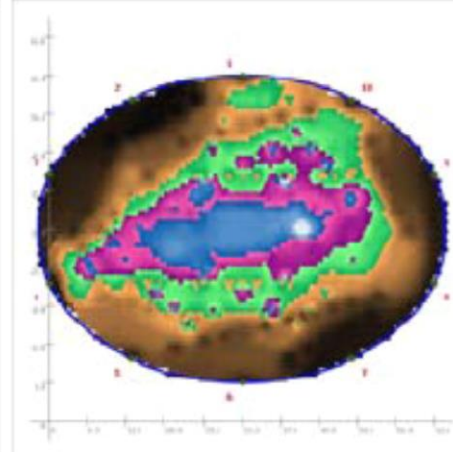


IMPORTANZA DELLA GEOMETRIA

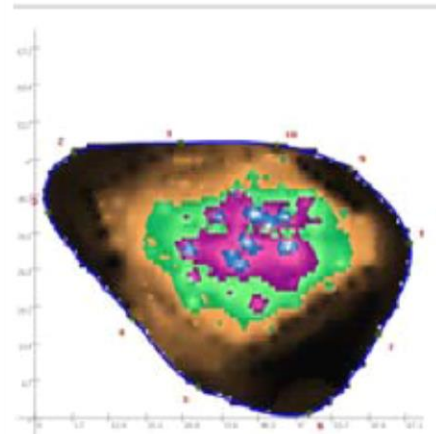
50



Circular geometry



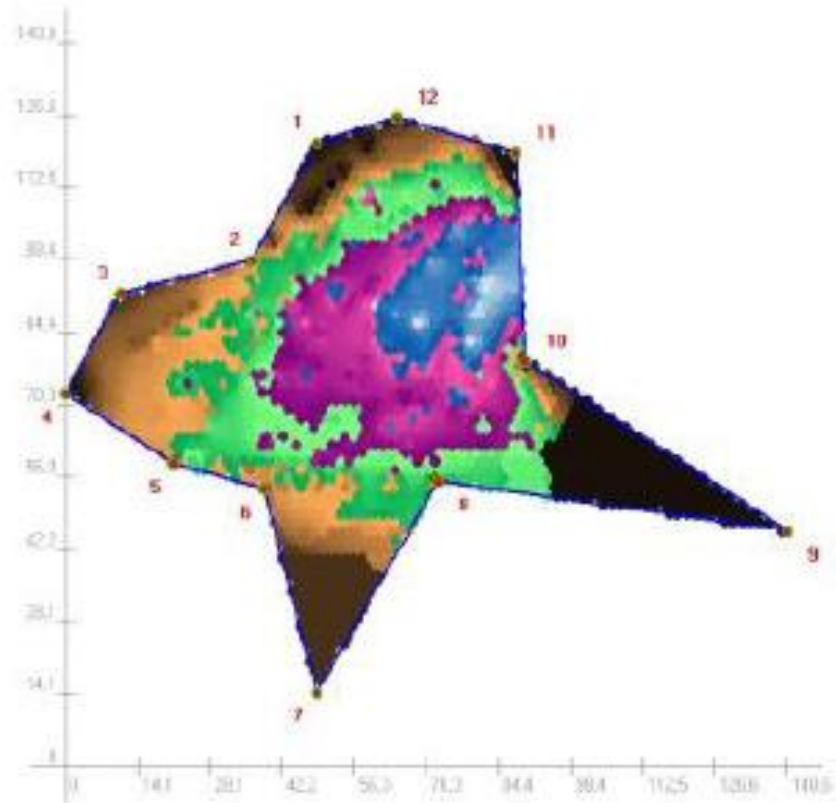
elliptic geometry



precise geometry



photo of trunk

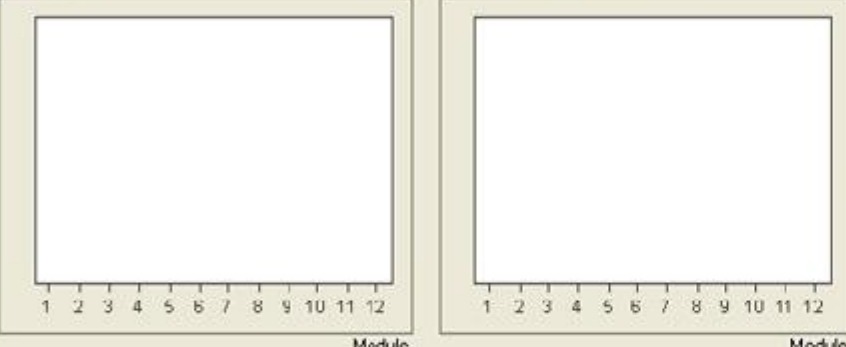


Sonic Measurement

Select COM Port PICUS
COM10 ☐ Open / Connect COM ☒ use voice messages

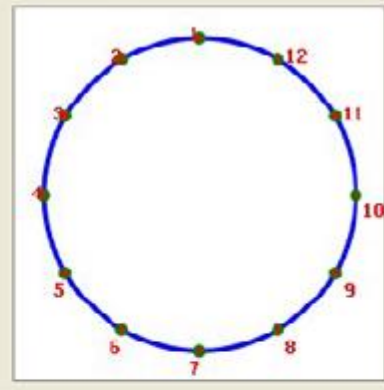
Measuring point: **MP 1** MP without data
Tap number: **0** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

☐ Relative ☒ Absolute Sonic velocity [m/s] Measured propagation delay



Data Quality: -

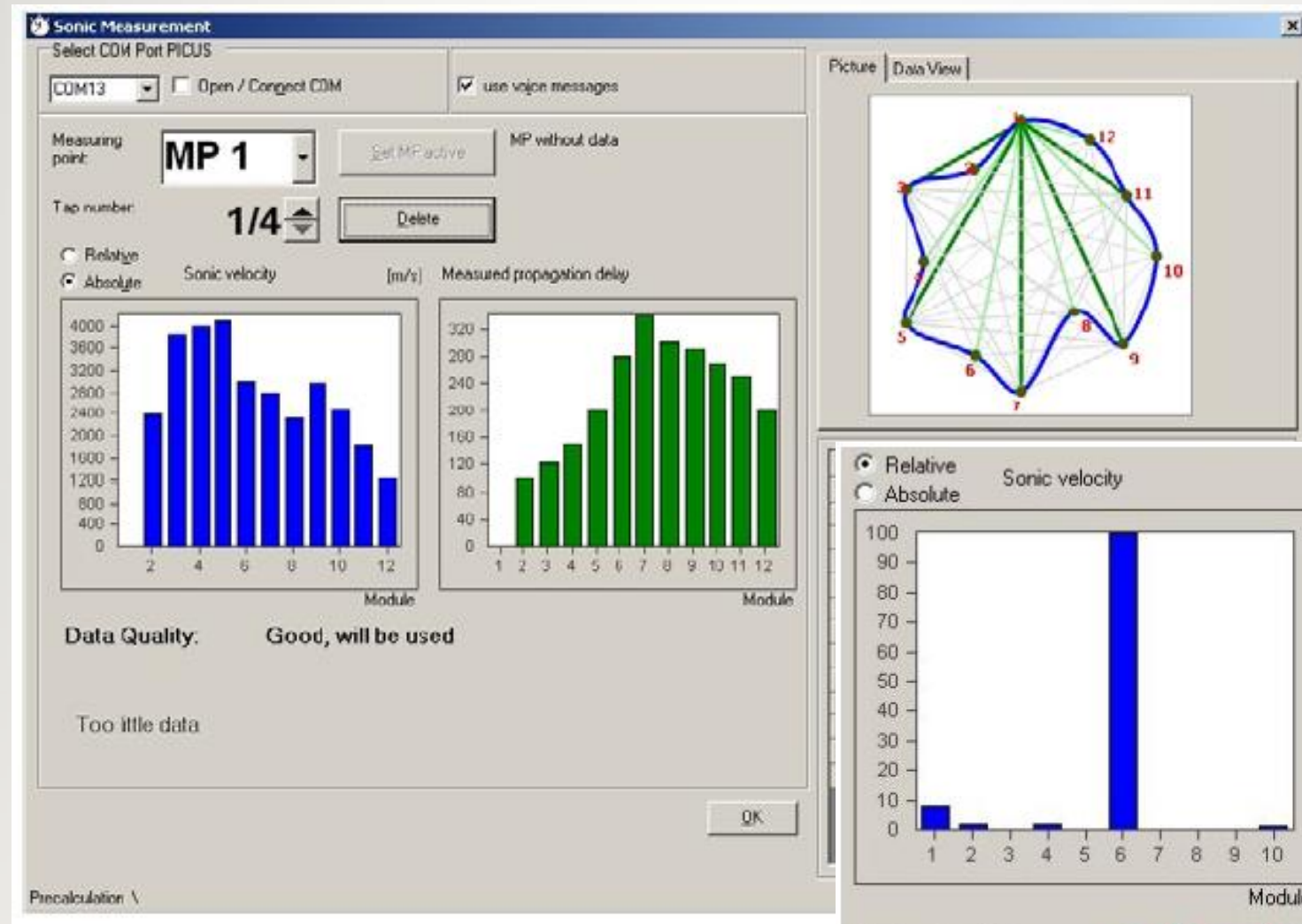
Picture **Data View**



MP Position	CurrentPos
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12

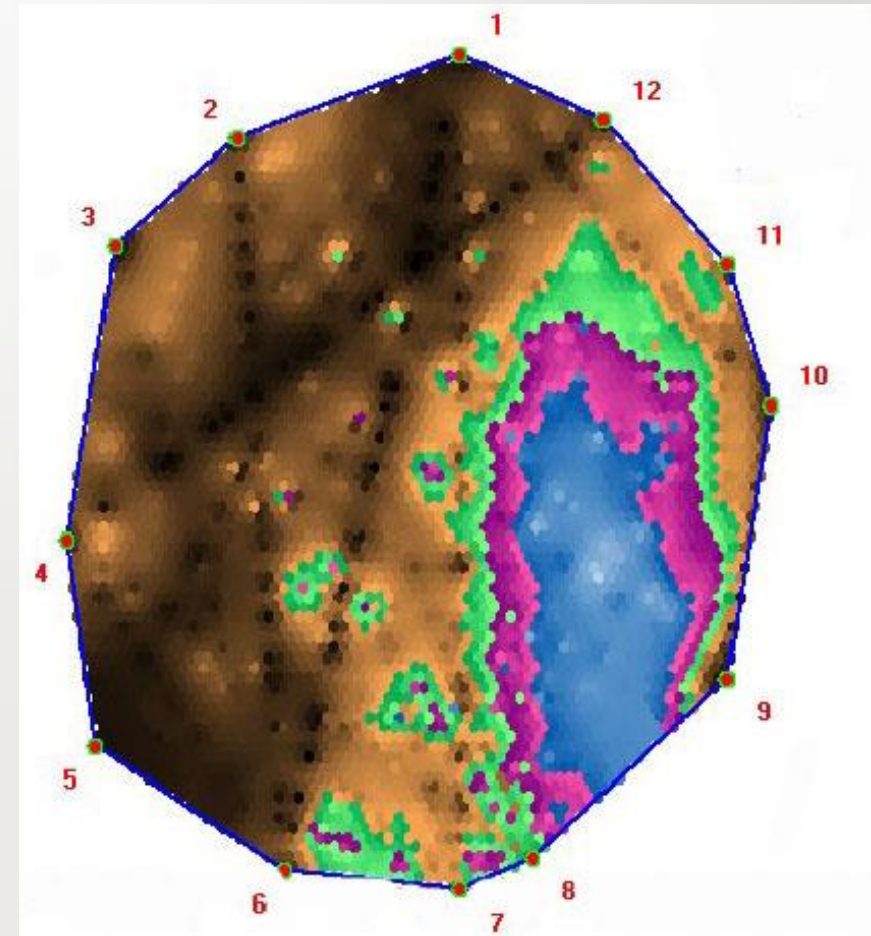
Number of Modules: 12

Module allocation
☐ evenly spaced ☒ side by side



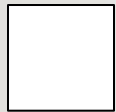
 Le zone nere e marroni indicano una buona trasmissione delle onde quindi buon stato del legno che presenta, quindi normale funzione meccanica (aree di elevata elasticità e densità);



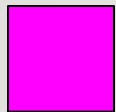




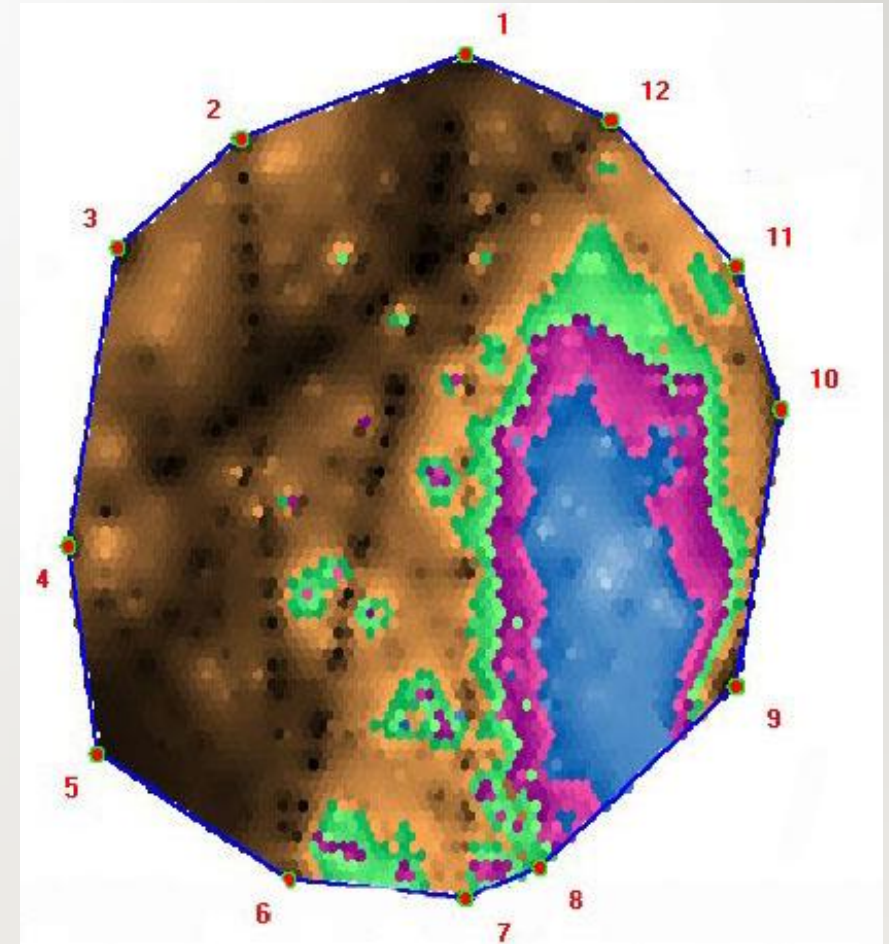
Le zone blu, viola o bianche rappresentano settori soggetti a cavità o forti degenerazioni – bassa velocità del suono – ridotta elasticità e densità.



Zone che hanno perso le funzioni meccaniche

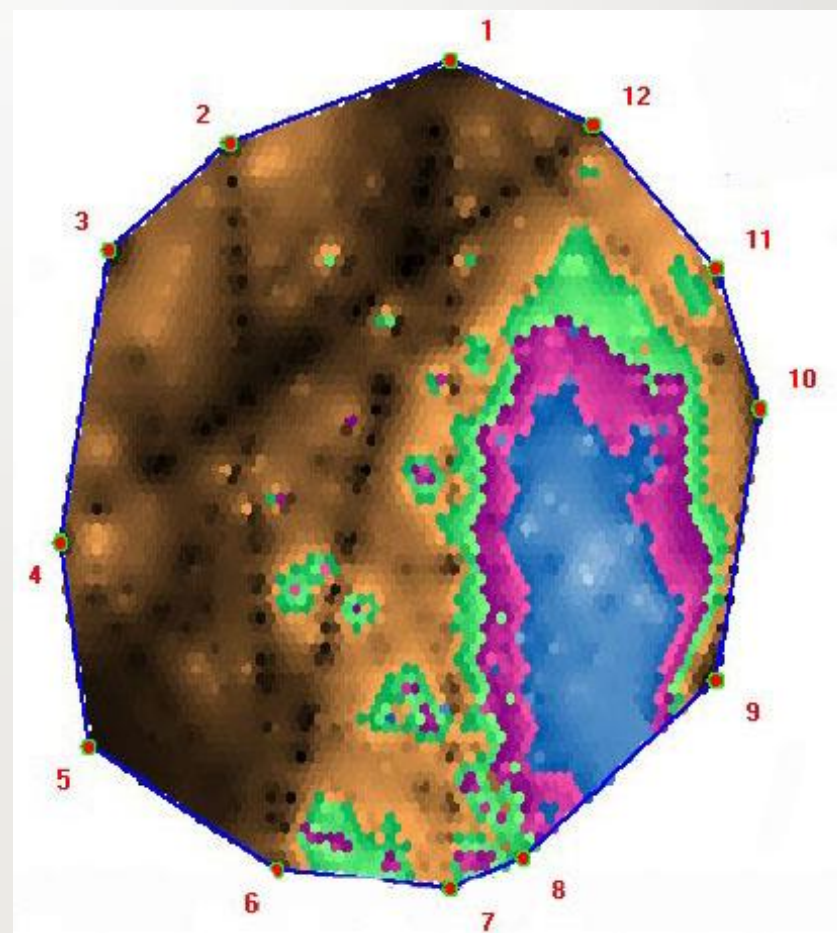


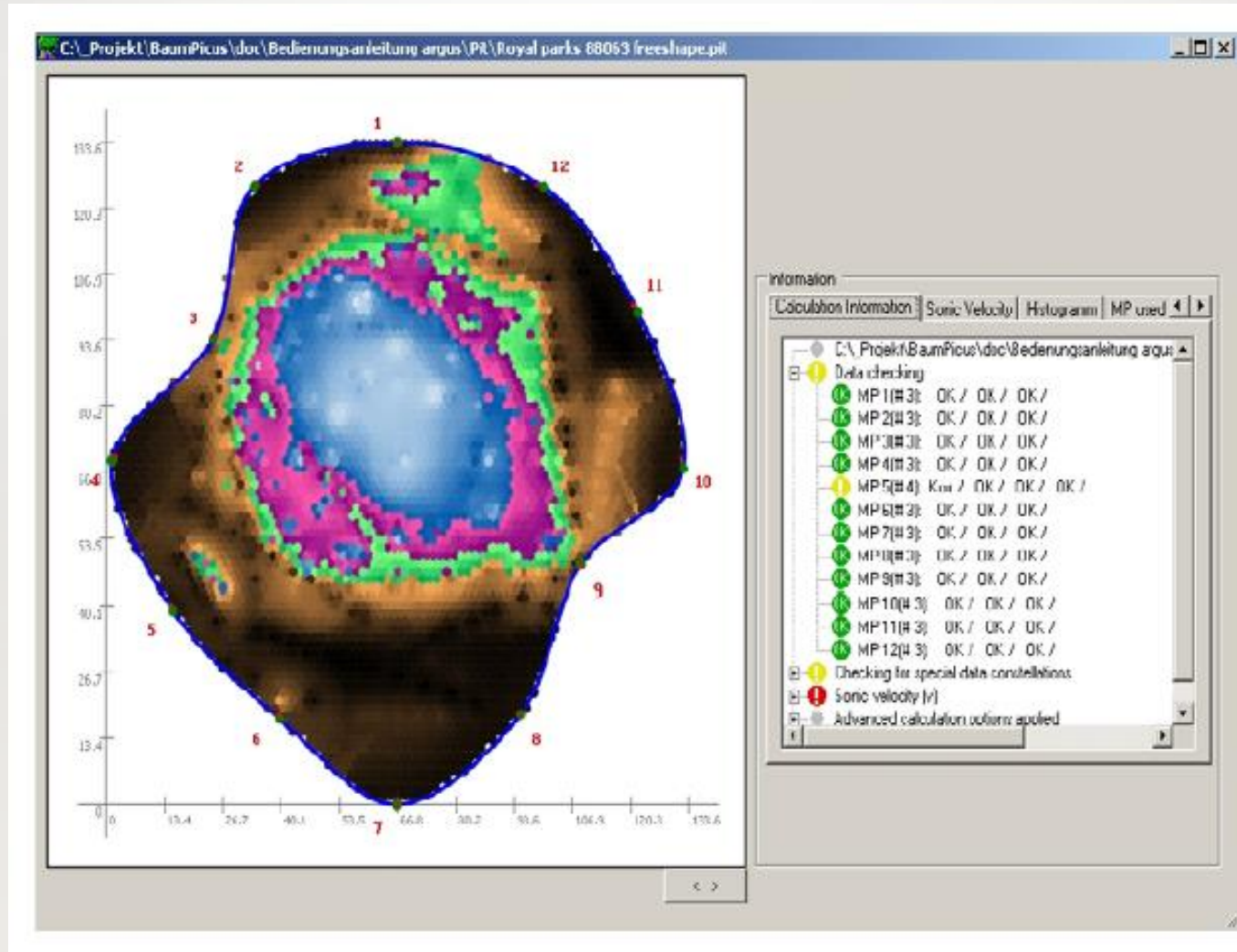
Non è possibile definire con certezza la differenza tra una cavità e una forte degenerazione (carie in stato avanzato) in quanto la densità dei tessuti risulta molto simile

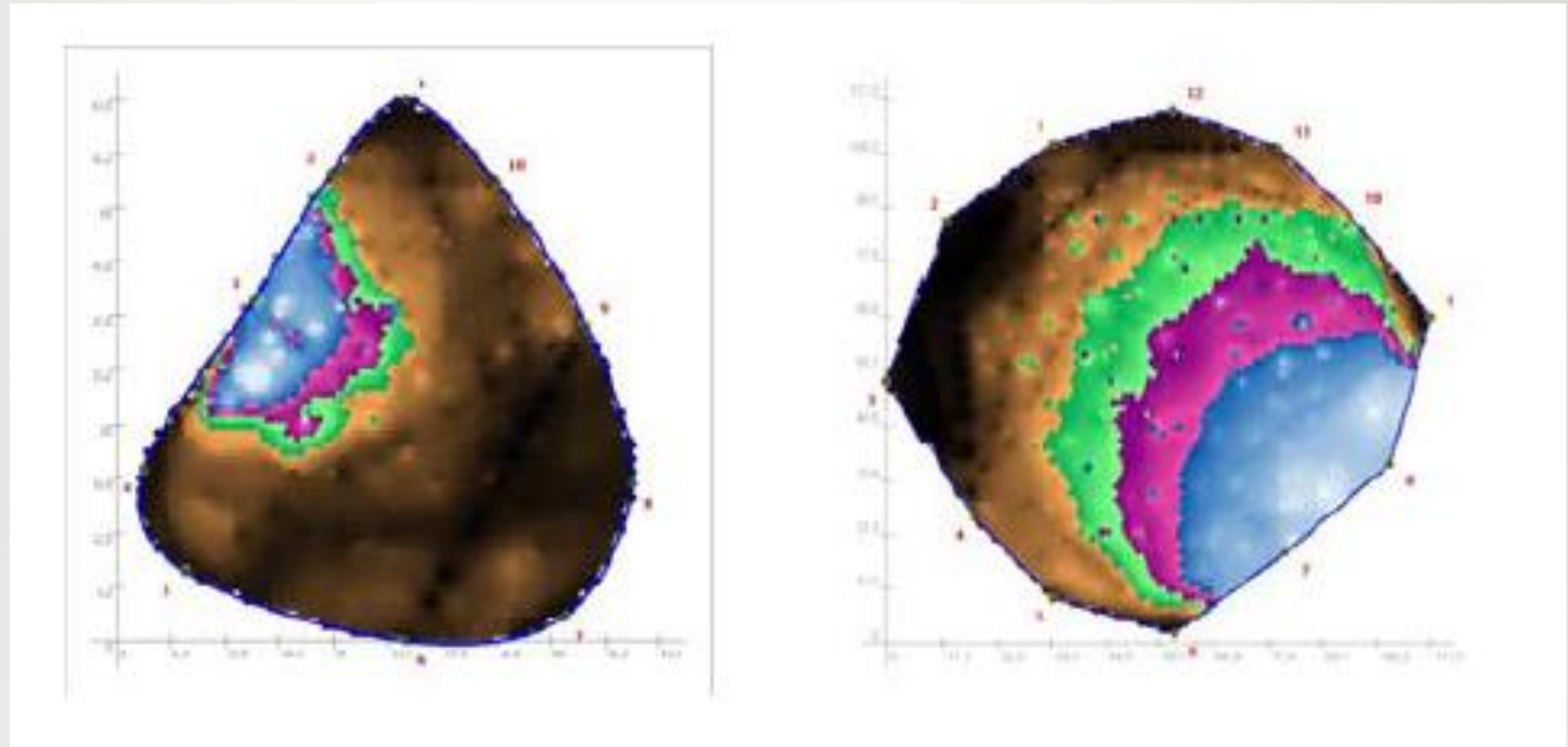




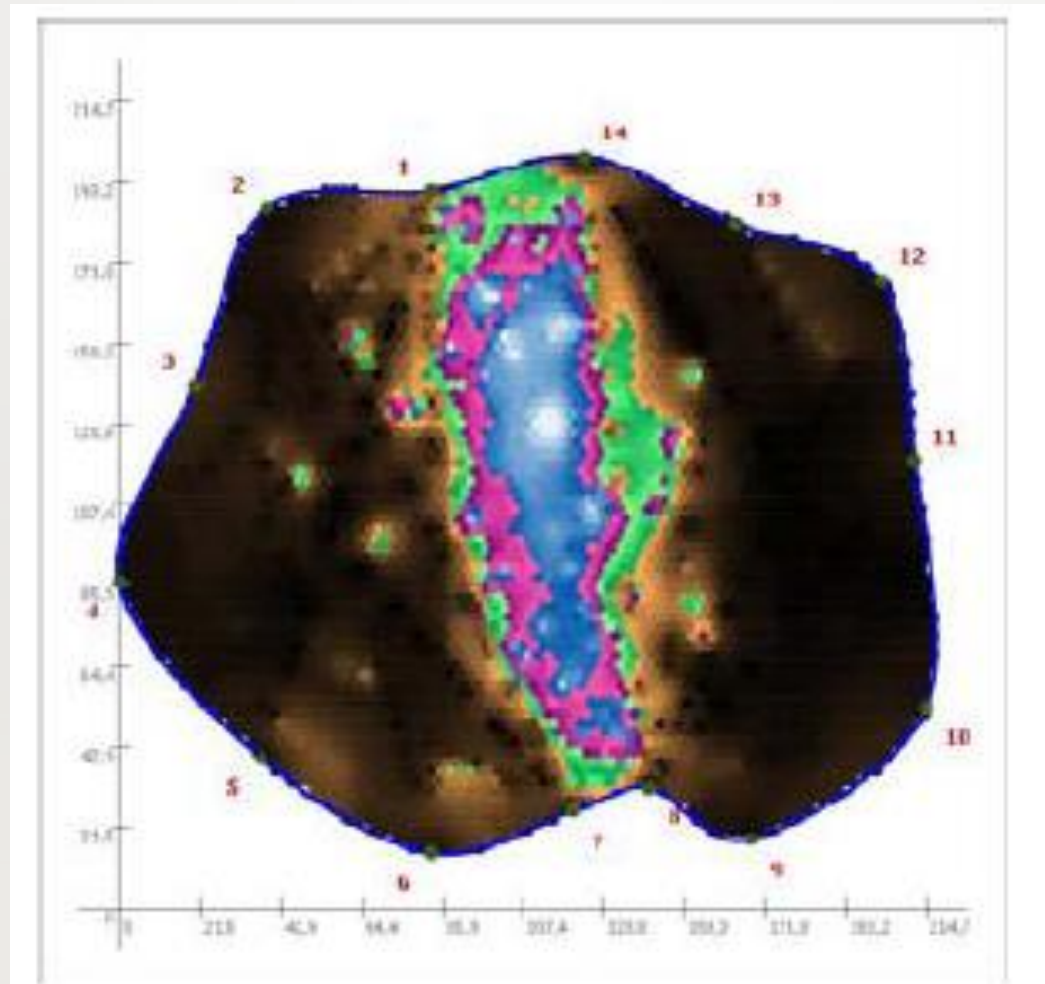
Le aree verdi indicano situazioni intermedie tra le due descritte, si tratta di legno discolorato, legno ancora dotato di una funzione meccanica, ma sottoposto a infezione fungina incipiente.



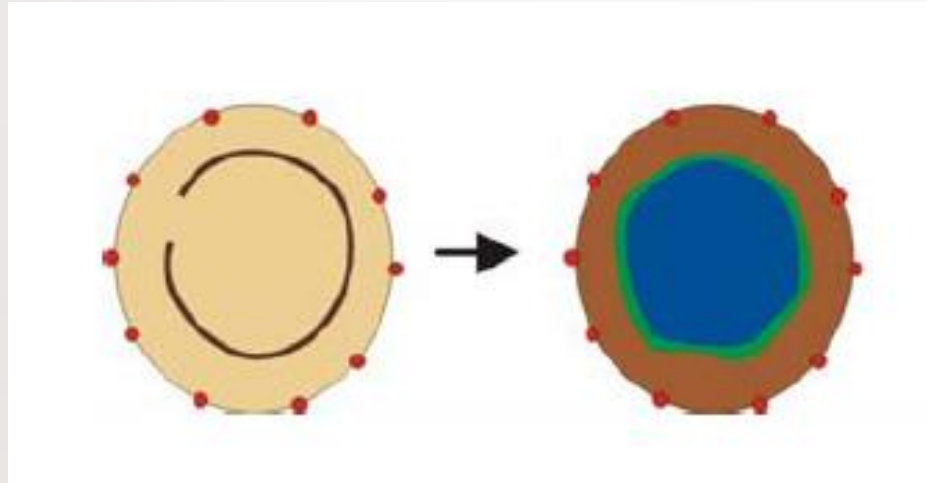




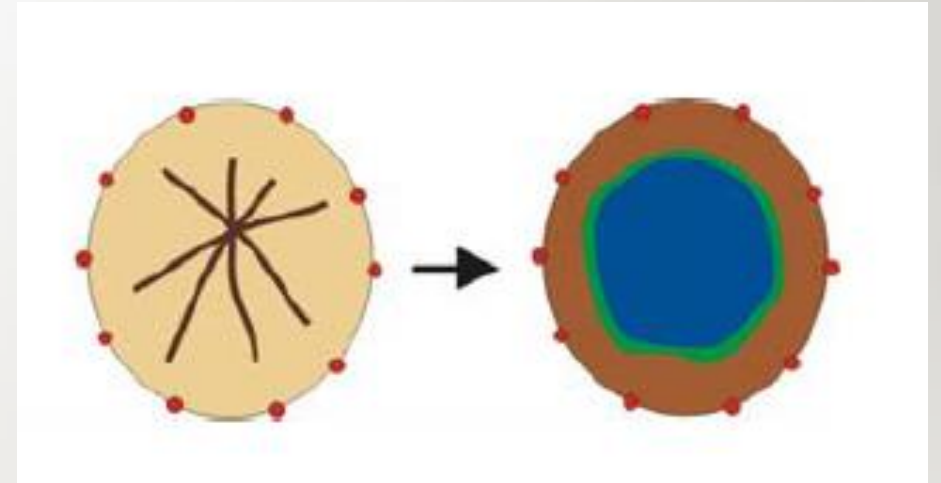
CRACK



INDIVIDUAZIONE DI CRACK RADIALI



Crack ad anello

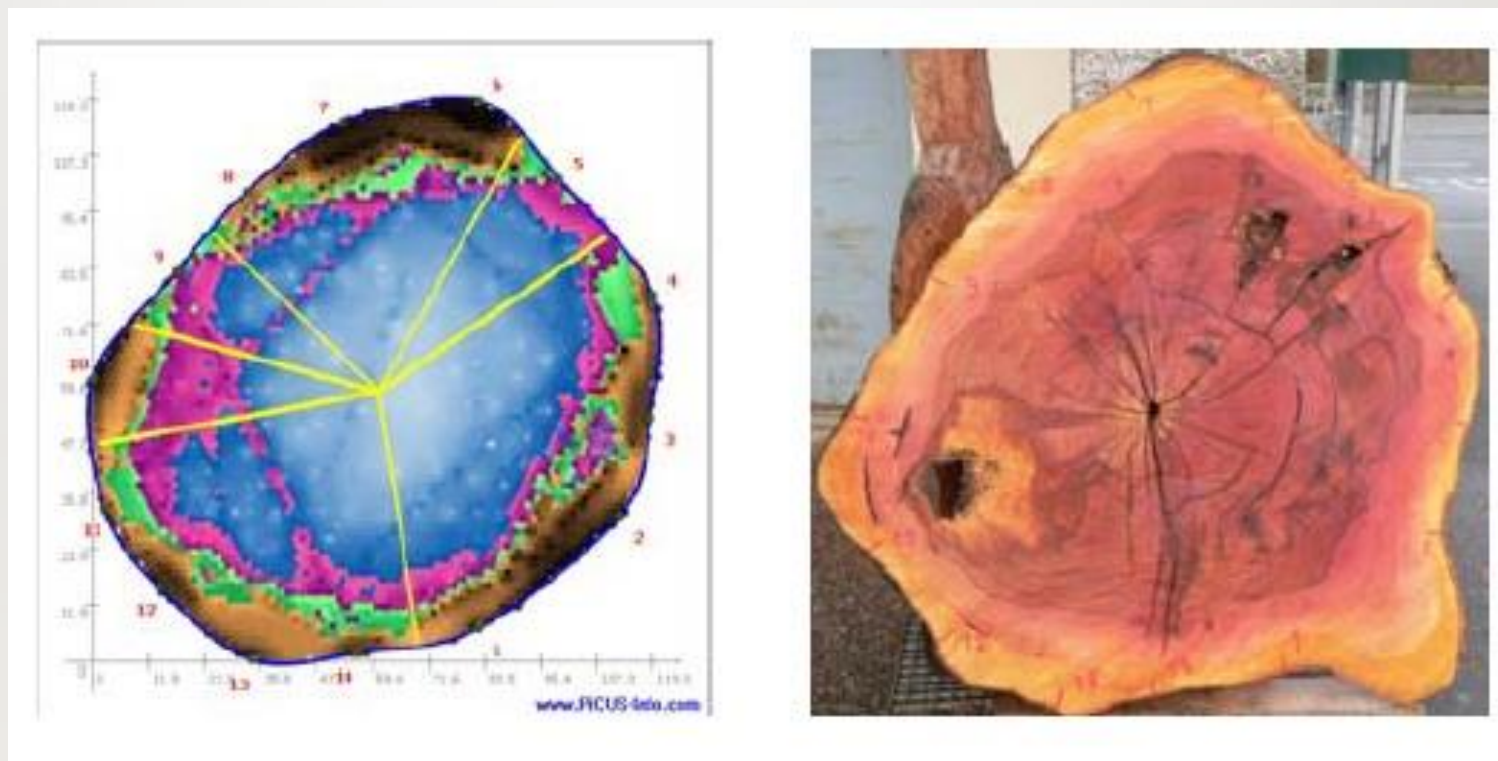


Crack a stella

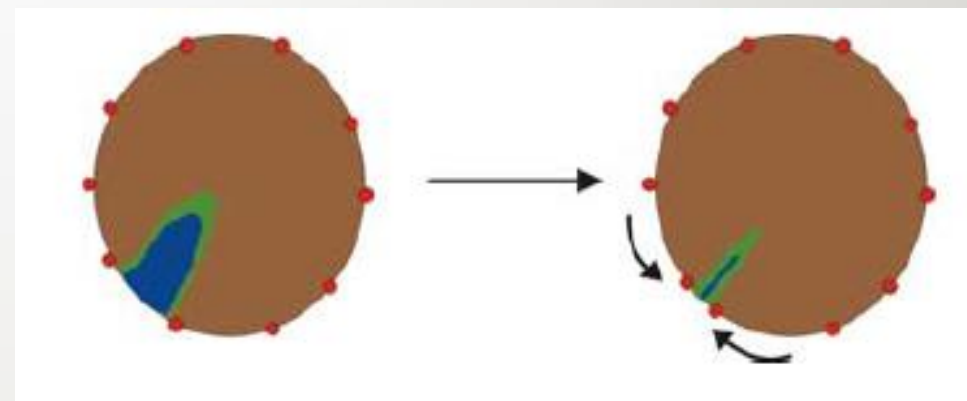
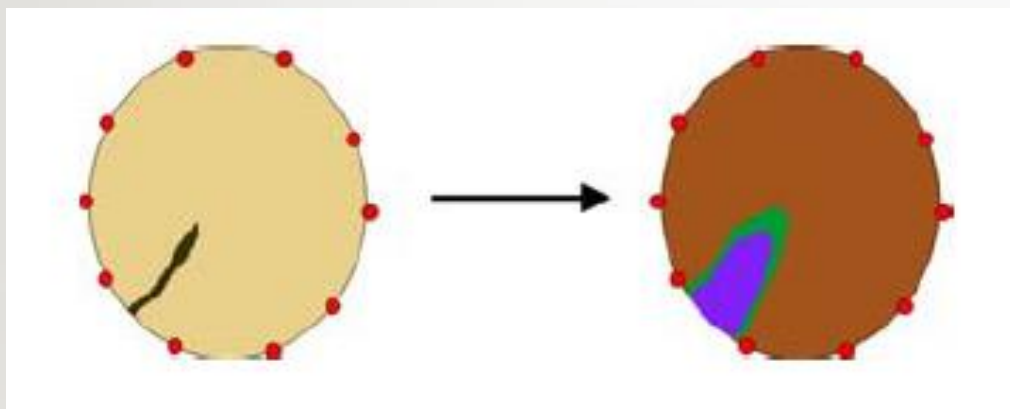
61

La funzione CrackDect analizza i dati sonici e ricerca le piccole ma gravi barriere radiali soniche.

La più probabile posizione delle barriere radiali (cracks) è calcolata e mostrata con linee gialle nel tomogramma (Platano).

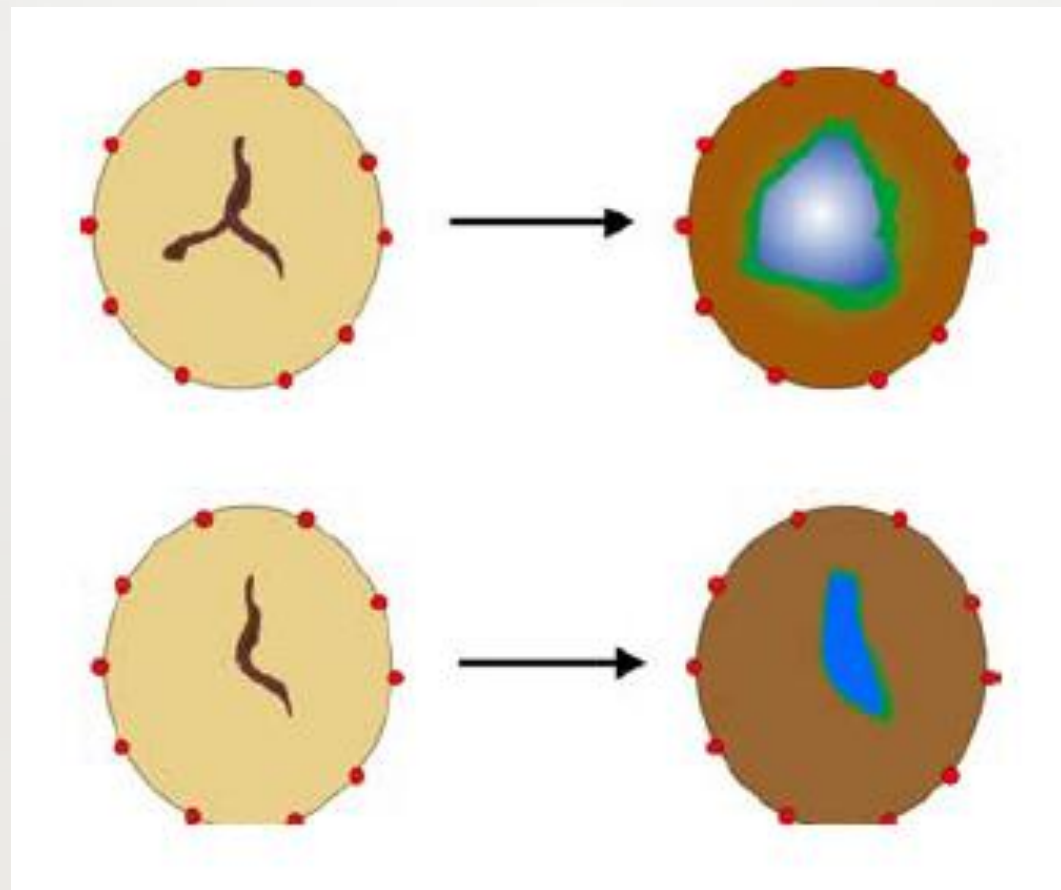


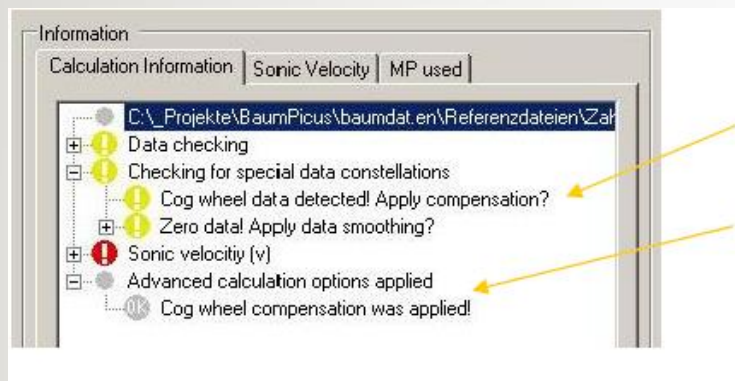
IDENTIFICAZIONE DEI CRACKS



AVVICINAMENTO DEI SENSORI

Cracks a forma di stella - poiché le onde sonore "circondano" il crack.
Querce secolari tendono ad avere cracks come questo.



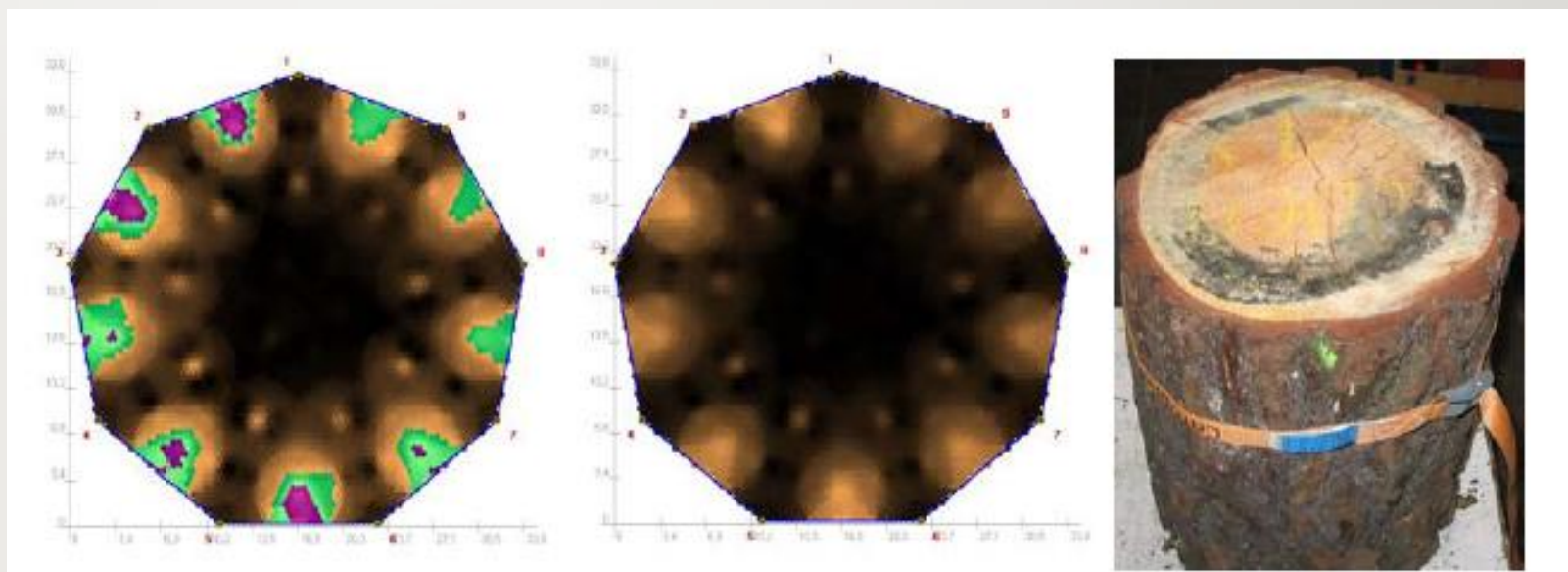
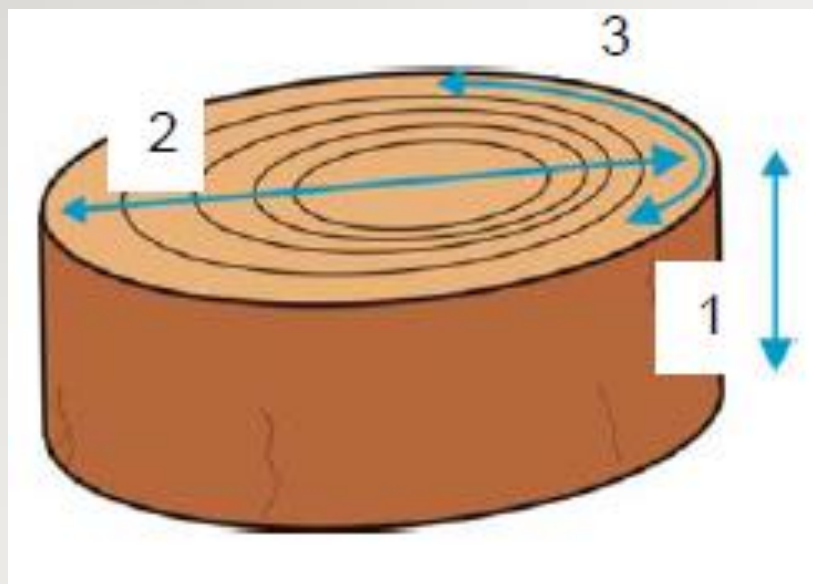


EFFETTO "RUOTA DENTATA"

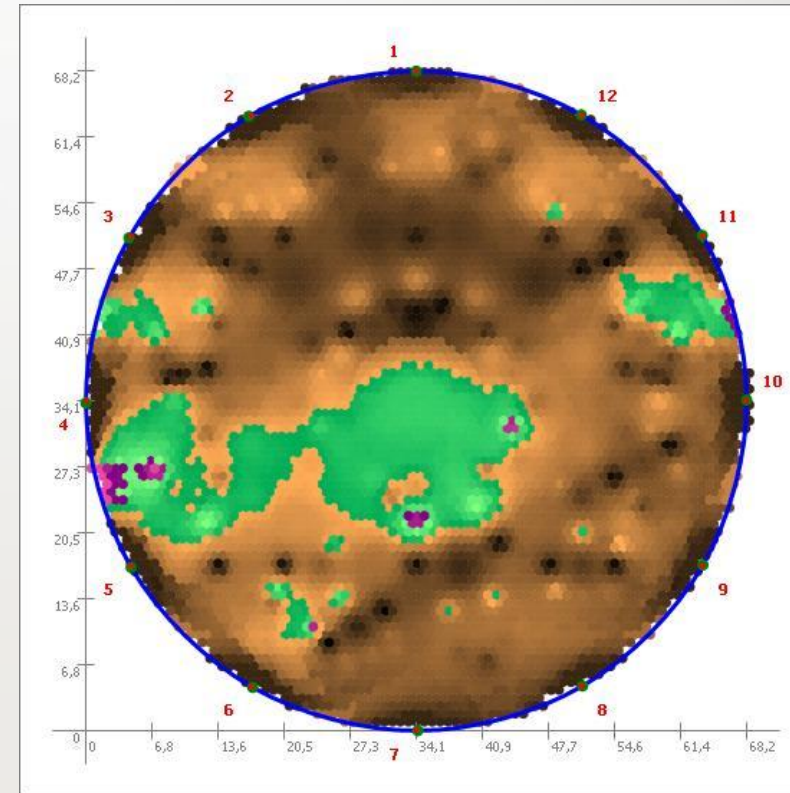
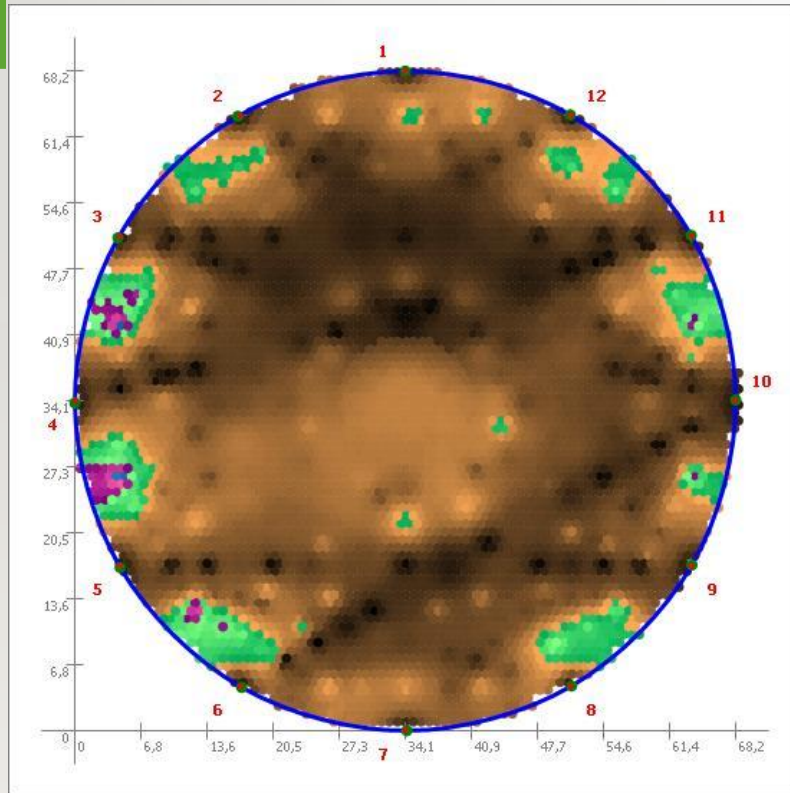
I segnali sonici viaggiano meglio in direzione verticale (1) - lungo il tronco.

La seconda migliore direzione di trasmissione è quella radiale (2) – trasversalmente alla lunghezza del tronco.

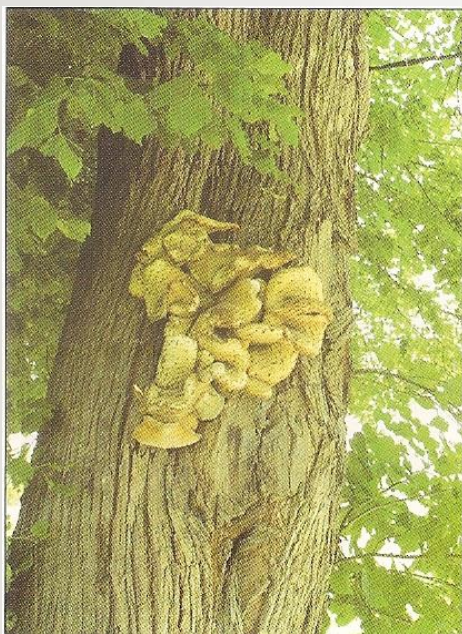
Il più lento direzione è tangente (3) - lungo la circonferenza.



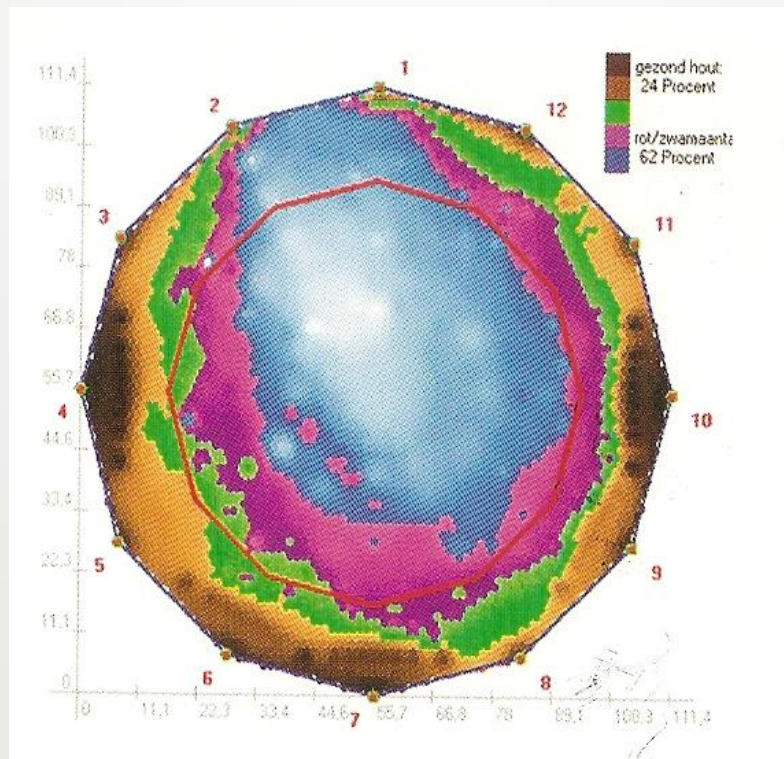
ESCLUSIONE PUNTI ADIACENTI IL PUNTO DI BATTITURA



L'effetto "ruota dentata" può nascondere difetti nella parte centrale della sezione

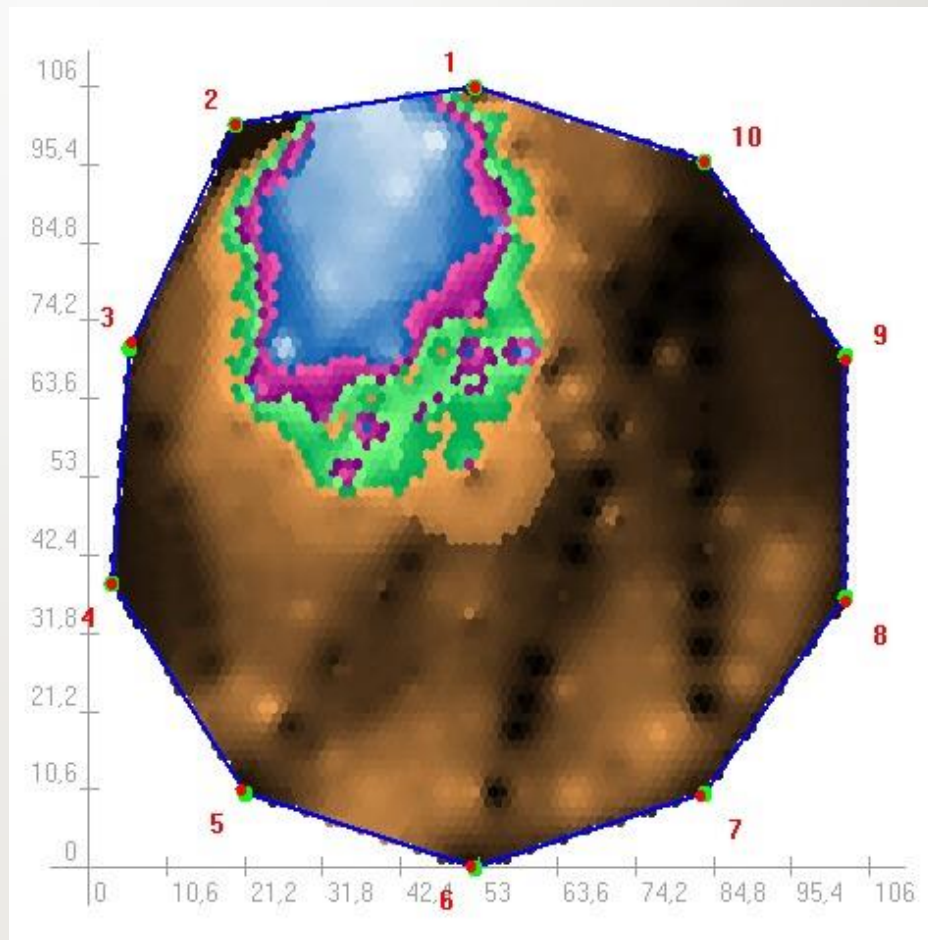


E' possibile rappresentare graficamente il limite del rapporto t/R utile a verificare la quantità del legno sano residuo.



Carie bianca con degradazione contemporanea di lignina e cellulosa. Degradazione evidente nella zona di affioramento dei carpofori. Il fungo ha infettato la ferita e si è progressivamente mosso verso il duramen. Grave rischio di rottura

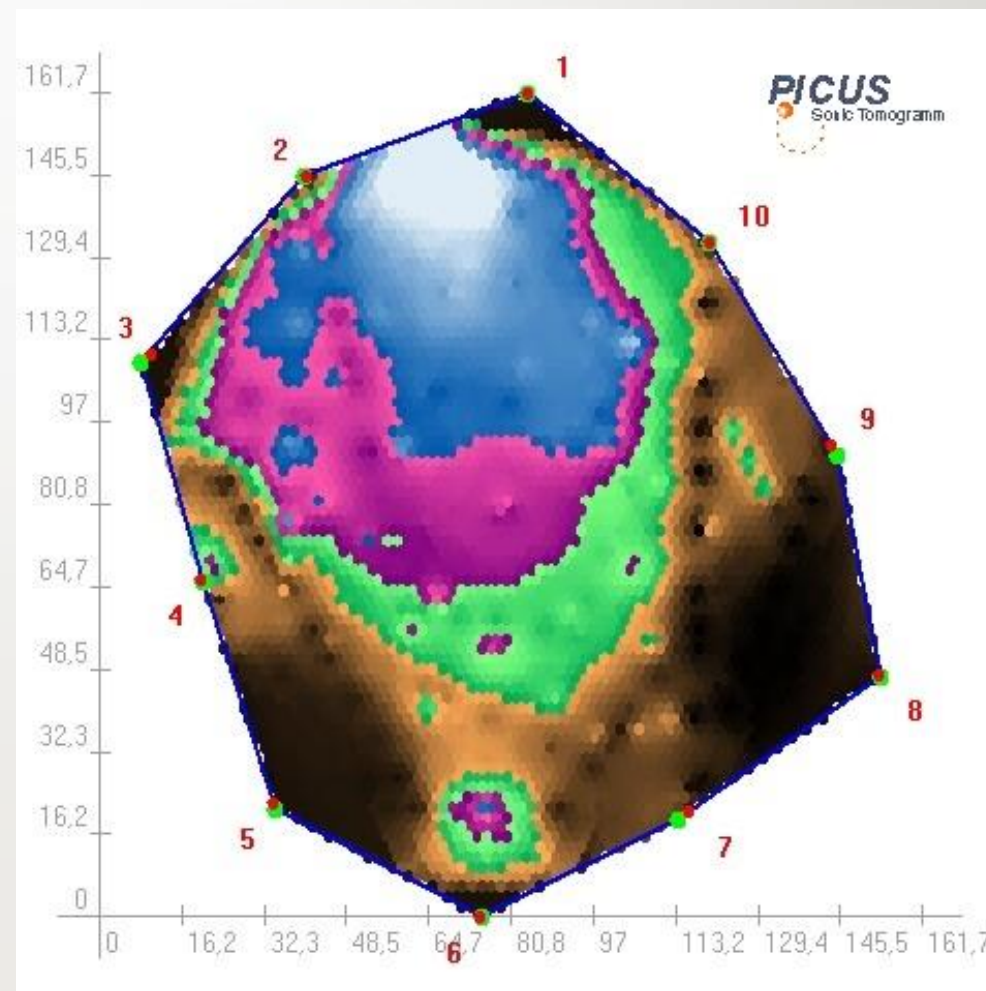
Cavità su Faggio



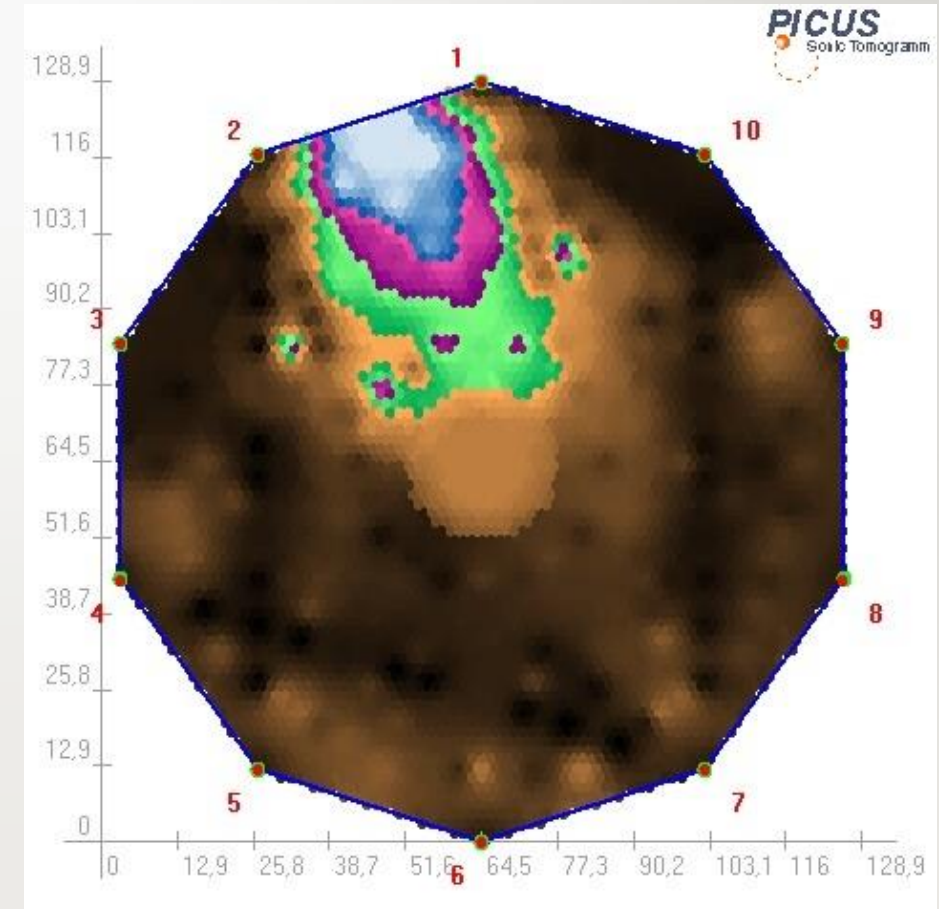
Ganoderma applanatum su Platano



Carie bianca fibrosa



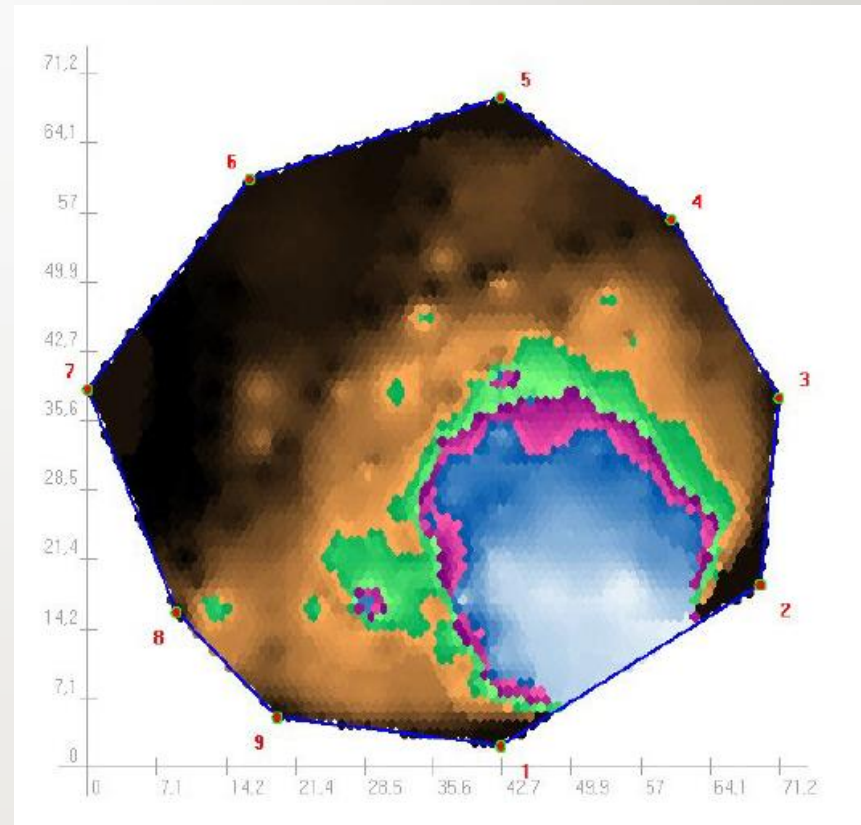
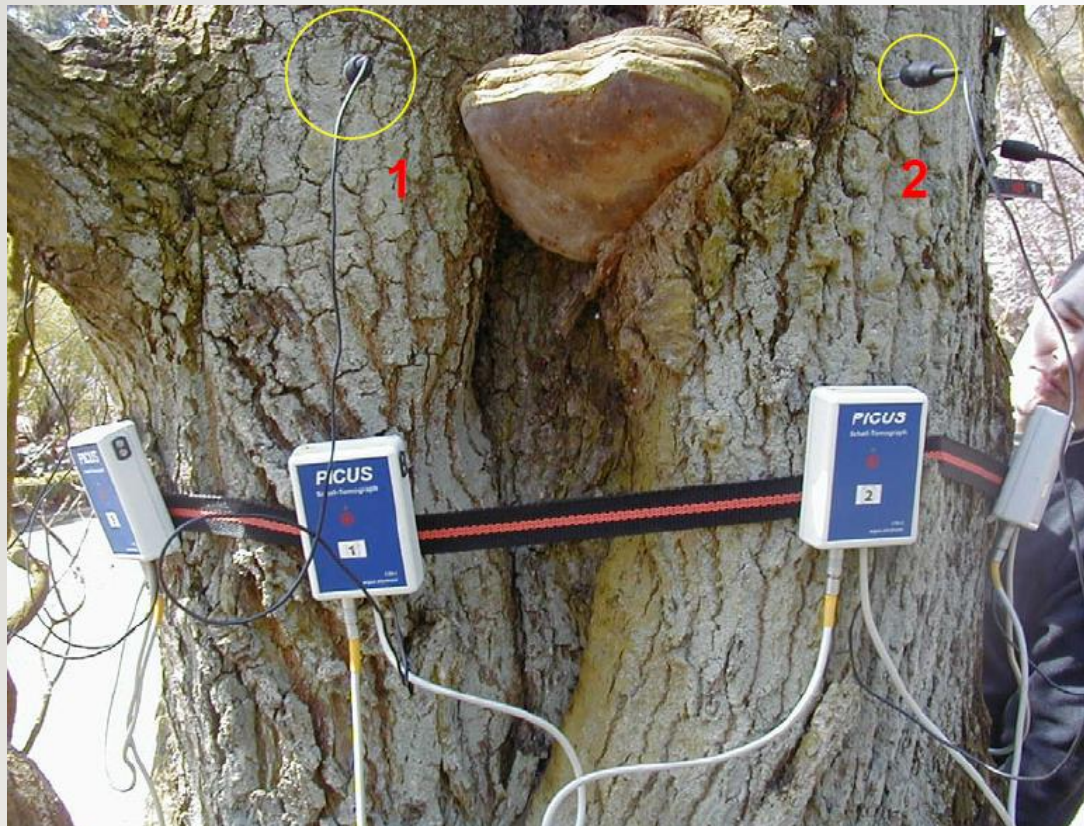
Laetiporus sulphureus su Quercia rossa



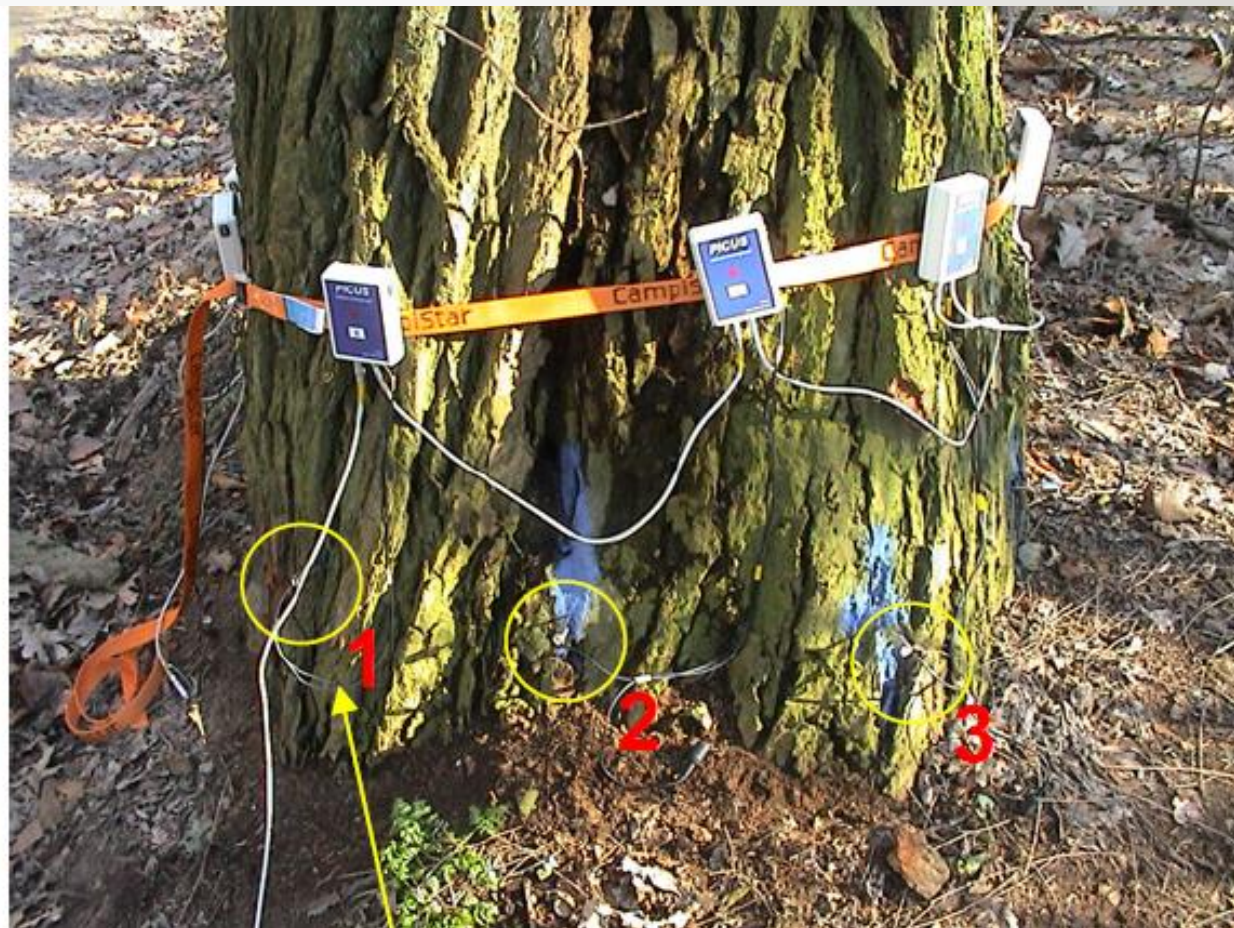
Saprofita che attacca preferibilmente il duramen. Su tronco e branche, talvolta alla base del fusto. Carie bruna cubica. Parassita da ferita. Decomposizione rapida. Frequenti casi di cedimento.

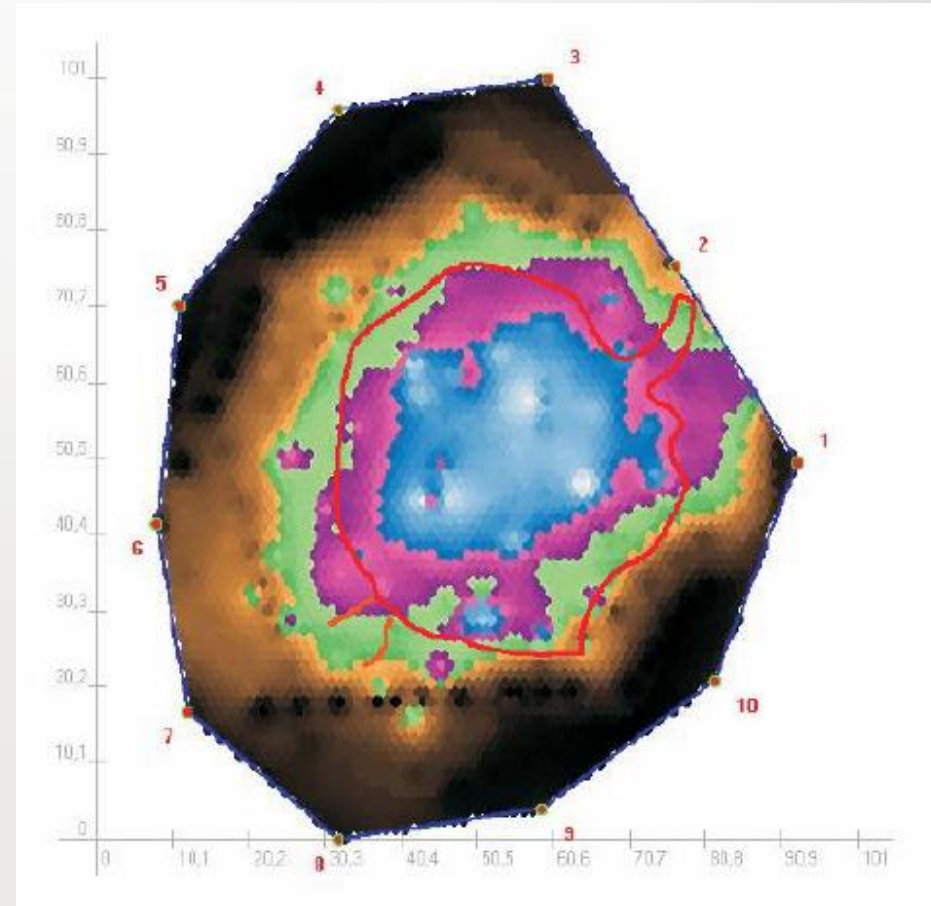
Phellinus robustus su Quercia

70

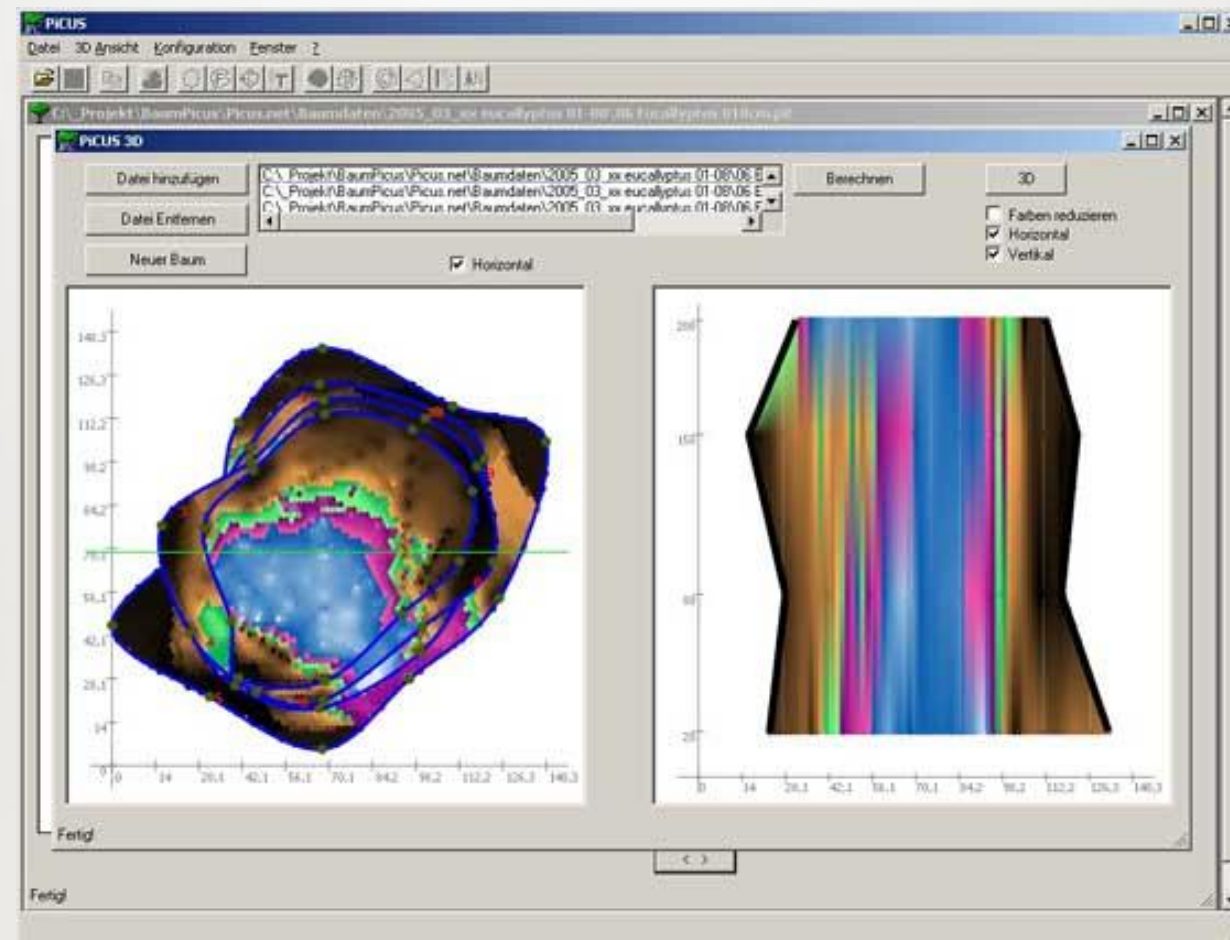


Carie bianca fibrosa. Parassita da ferita di solito ben compartimentato.

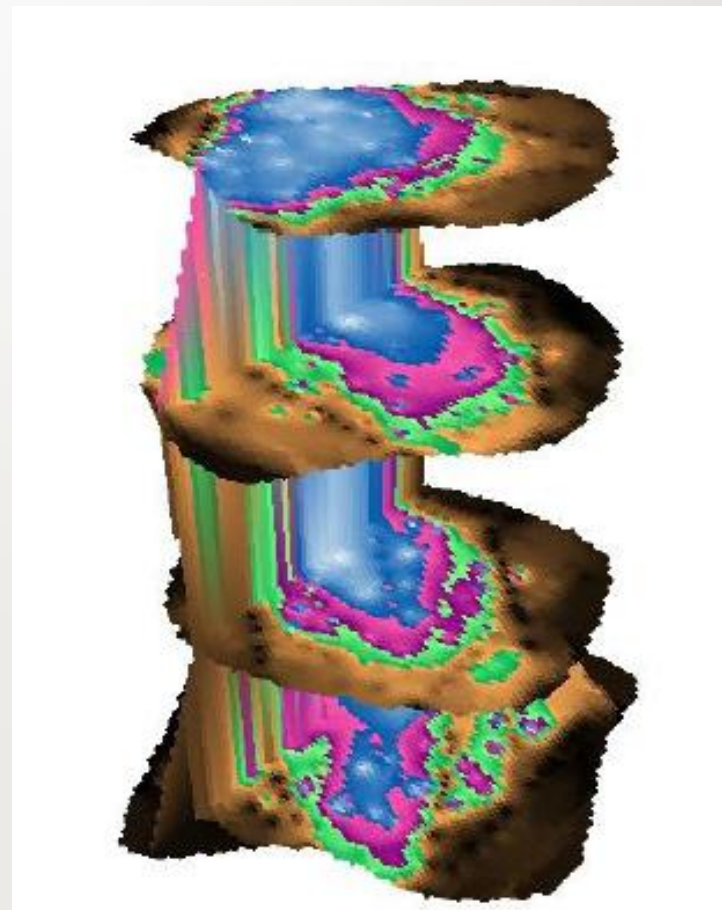




73 | TOMOGRAFIA 3D

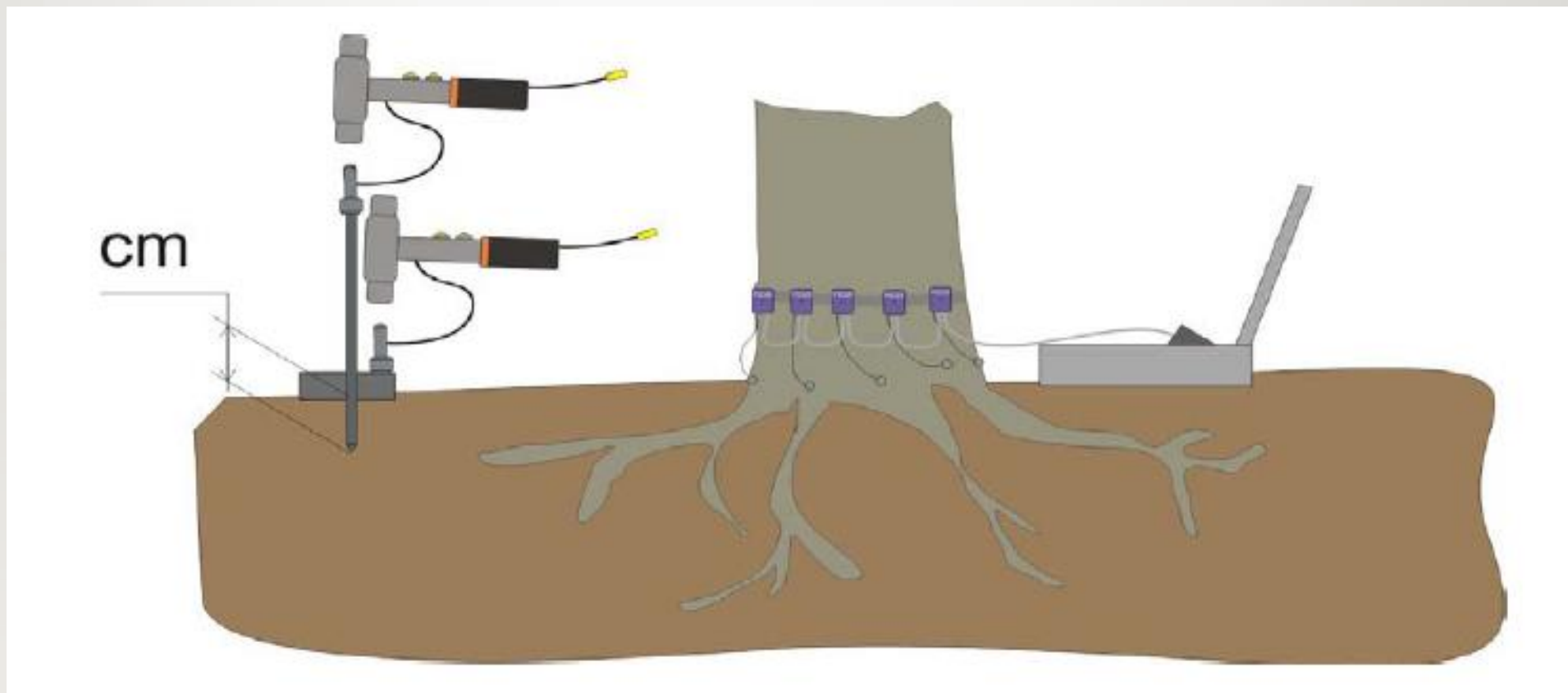


TOMOGRAFIA 3D

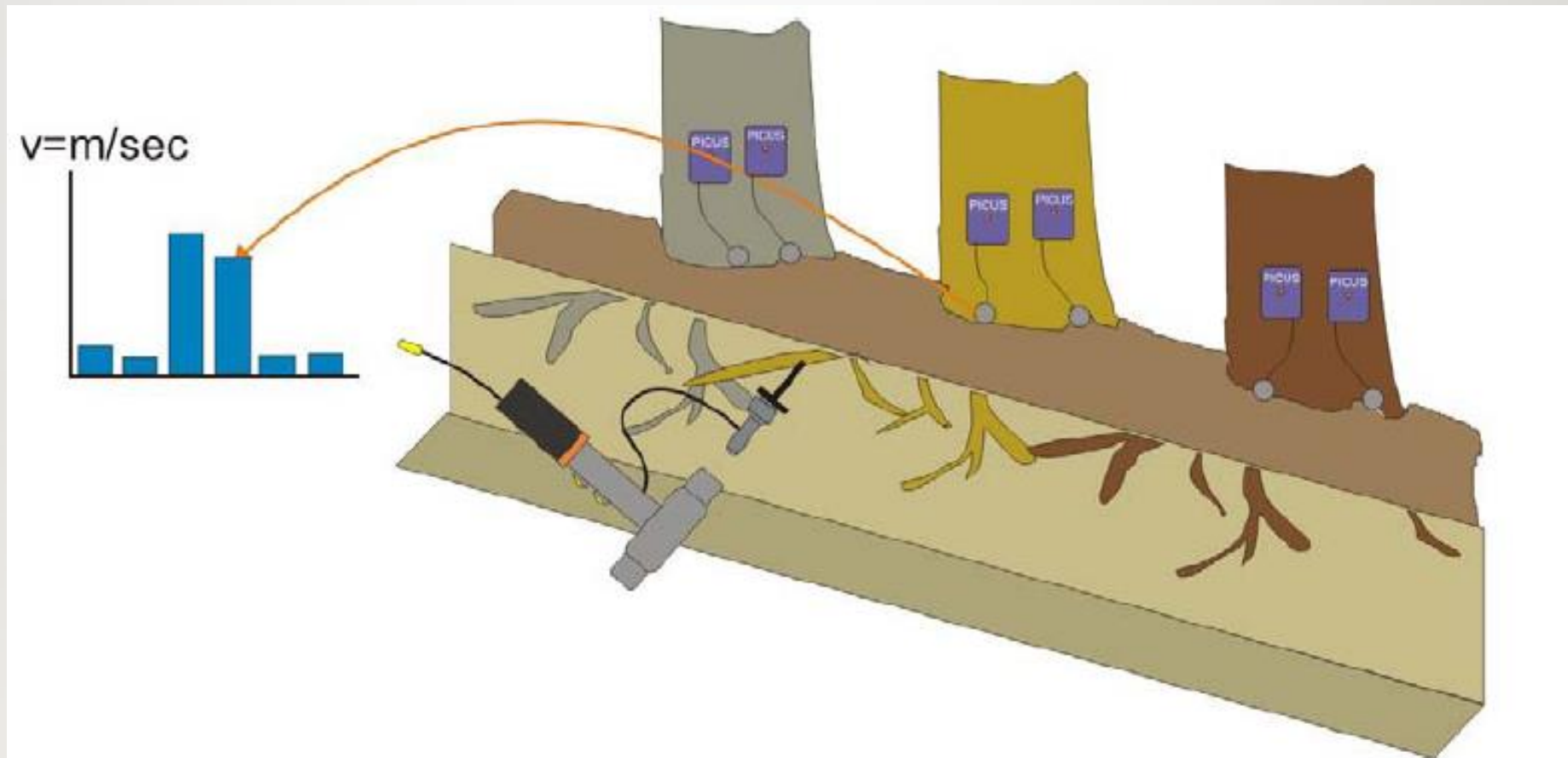




APPLICAZIONI RADICALI DEL TOMOGRAFO

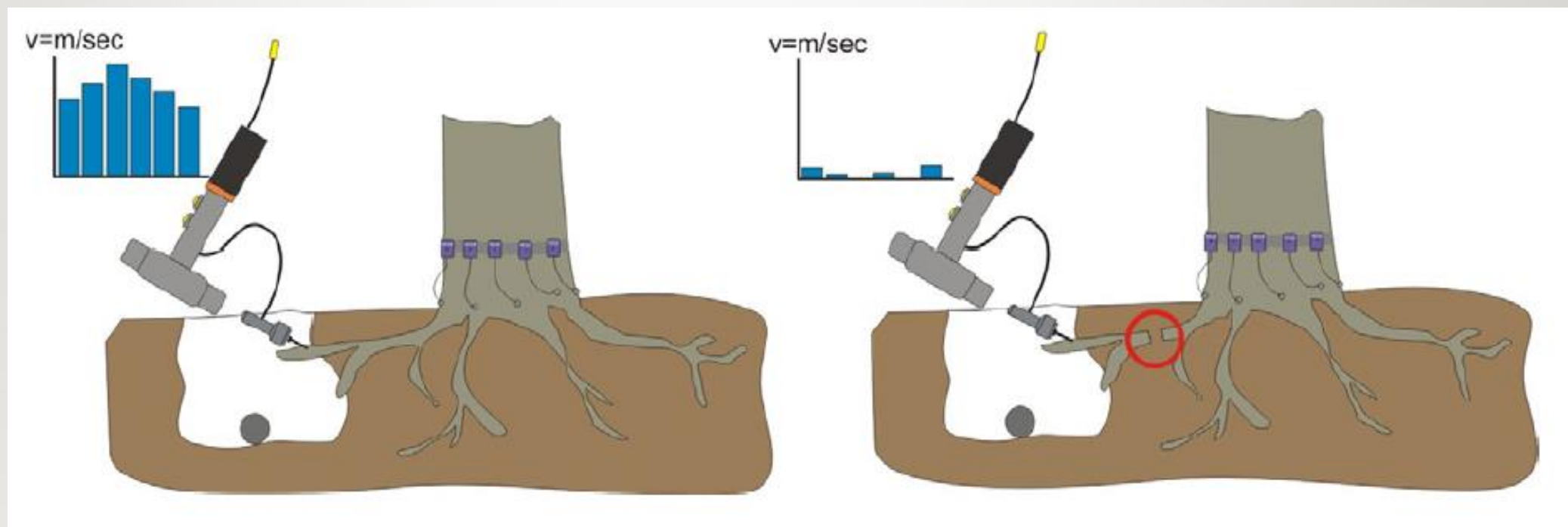


APPLICAZIONI RADICALI DEL TOMOGRAFO



Corrispondenza radice-albero

APPLICAZIONI RADICALI DEL TOMOGRAFO



Connessione radicale

PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



PICUS³ SONIC TOMOGRAPH



86

Sequoia sempervirens



Diametro del fusto di 5m.

(16 sensori per 66 MP)

87

Il martello sonico

ROBERTO STUCCHI

DOTTORE AGRONOMO

Ordine Dottori Agronomi Dottori Forestali - La Spezia
9 giugno 2016



Studio Agron
DOTTORI AGRONOMI ASSOCIATI

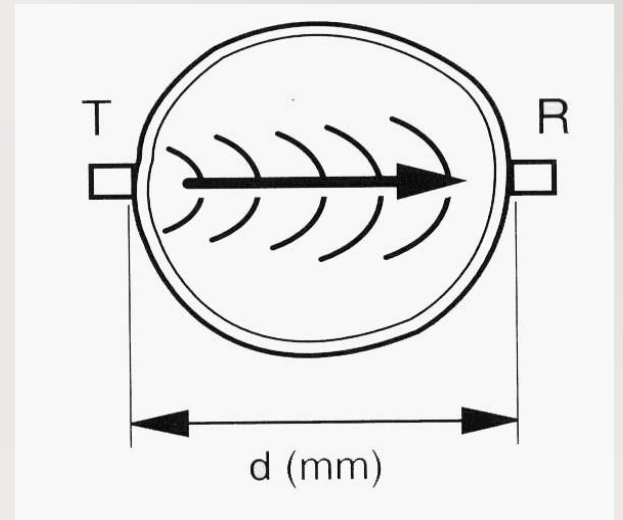
88 | Il martello sonico

PRINCIPIO DEL METODO

Si misura la velocità di propagazione dell'onda sonora nel legno

La velocità del suono nel legno, dipende da:

- **modulo di elasticità** (rapporto tra tensione indotta e deformazione risultante)
- **densità del legno.**



89 | Il martello sonico



Martello sonico HAMMER

90 | Il martello sonico



Martello sonico HAMMER

91 | Il martello sonico

Mis. n.	Id . n.	data	ora	wood	Diam.	Mis. value
1	1-1	03.12.2008	11:55:05	hard	40 cm	760 m/sec
2	1.1	03.12.2008	11:56:03	hard	45 cm	852 m/sec
3	1S6	03.12.2008	12:02:19	hard	30 cm	191 m/sec
4	1S7	03.12.2008	12:07:16	hard	30 cm	476 m/sec
5	1S10	03.12.2008	12:11:35	hard	55 cm	717 m/sec
6	1S11	03.12.2008	12:16:27	hard	40 cm	1071 m/sec
7	1S12	03.12.2008	12:23:20	hard	60 cm	802 m/sec
8	1S17	03.12.2008	12:29:40	hard	35 cm	208 m/sec
9	1S21	03.12.2008	12:36:11	hard	50 cm	328 m/sec
10	1S21	03.12.2008	12:38:26	hard	140 cm	887 m/sec
11	1S21	03.12.2008	12:39:00	hard	130 cm	638 m/sec

92 | Il martello sonico

Lettura n.	altezza lettura	Lato tronco	Valore (m/sec)	media
1	colletto	Est	771	
2	colletto	Est	765	764
3	colletto	Est	757	
4	colletto	Nord	747	
5	colletto	Nord	746	746
6	colletto	Nord	746	
7	colletto	Sud	581	
8	colletto	Sud	580	581
9	colletto	Sud	582	

93 | Il martello sonico

Lettura n.	altezza lettura (cm)	Lato tronco	Valore (m/sec)	media
10	100	Est	1809	
11	100	Est	1789	1809
12	100	Est	1829	
13	100	Nord	1831	
14	100	Nord	1825	1818
15	100	Nord	1799	
16	100	Sud	1856	
17	100	Sud	1847	1855
18	100	Sud	1862	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	committente	<u>CONDOMINIO xxxxxxxxxxxx</u>								
5	località	<u>xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx</u>								
6	oggetto	<u>Cedrus deodara in giardino condominiale</u>								
7										
8										
9	altezza esami	Msmt n°	Id number	Date	Time	Wood	Diameter cm	Zone	Measuring m/sec.	
10	H 0cm	1	A	09/05/2012	10:14:53	hard	50	colletto	1145	
11	H 20cm	2	B	09/05/2012	10:24:33	hard	45	base fusto	1156	
12	H 40cm	3	C	09/05/2012	10:34:21	hard	40	base fusto	1260	
13	H 60cm	4	C	09/05/2012	10:42:21	hard	40	base fusto	1100	
14	H 80cm	5	C	09/05/2012	10:55:55	hard	40	base fusto	1326	
15	H 100cm	6	C	09/05/2012	11:24:20	hard	40	base fusto	650	
16	H 250cm	7	C	09/05/2012	11:36:28	hard	40	sotto castello	175	

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

