

FAKOPP Microsecond Timer Manual

BLE - Bluetooth Low Energy



Fakopp Enterprise Bt

2023

Pagina lasciata intenzionalmente bianca

Introduzione

“Microsecond Timer – FaKopp” è uno strumento per l’analisi non distruttiva del legno e degli alberi. Il suo scopo è di misurare i tempi con cui le onde sonore attraversano il legno in un percorso tra due punti. Questo rappresenta un parametro che stabilisce se il legno è integro e sano oppure se ci sono cavità o marciumi causati da funghi oppure se ci siano altri problemi strutturali.

Contenuto della confezione

- Apparato “Microsecond Timer FaKopp”
- Valigetta
- Martello in acciaio da 100 g
- Martello in gomma
- Sensore piezoelettrico a vibrazione SD02 “START” (rosso)
- Sensore piezoelettrico a vibrazione SD02 “STOP” (privo di contrassegni)
- Barra in alluminio da 44 cm per verifica (opzionale)
- Batterie 9 v cc ricaricabili (N° 2)
- Caricabatterie 220 v ac/ 9 v cc
- Cavetto USB-Seriale
- Manuale
- Chiavetta USB con istruzioni e dati di calibratura

Dati tecnici

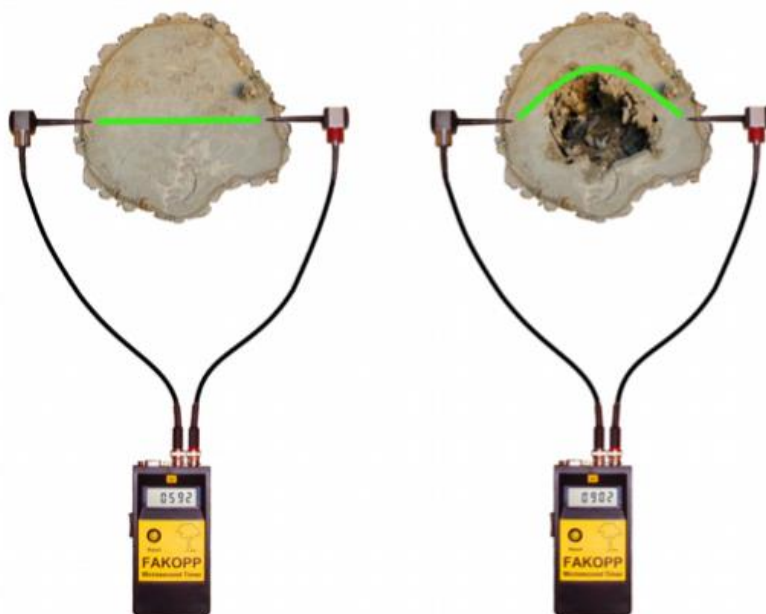
Dimensioni apparato senza sensori	29 x 80 x 156 mm
Peso	220 g
Batteria	9 v cc
Consumo prima del RESET	15 mW
Consumo dopo RESET	50 mw
Involucro dell'apparato	Plastica, non impermeabile
Visore	LCD, 4 cifre
Deviazione standard tempo	+/- 1 μ s
Sensori	A vibrazione ad alta sensibilità SD02
RS232 baud rate	2400 bps
Connettore ES232	D-Sub 9
Range di temperatura di funzionamento dell'apparato elettronico	-10 °C ... +40 °C
Bluetooth	BLE Bluetooth Low Energy-Interno

Principio di funzionamento

“Microsecond Timer FaKopp” misura il tempo che impiegano le onde sonore a percorrere la distanza fra due punti, cioè lungo un singolo percorso. Il rapporto fra la distanza a cui sono fissati i due sensori ed il tempo impiegato dalle onde sonore a percorrerla esprime la velocità. Ciascuna specie di albero è caratterizzata da una differente velocità di propagazione delle onde sonore e questa può essere rilevata nel legno di un albero sano. Il confronto tra la velocità di propagazione delle onde rilevata nel legno di un albero e quella di riferimento nel legno sano di un albero della stessa specie indica la sua integrità o la

sua alterazione. Le onde sonore viaggiano più velocemente nel legno sano rispetto a quello alterato, perciò il loro tempo di percorrenza sarà maggiore nel legno che presenta problemi nella zona compresa fra i due sensori.

Il sensore “START” (contrassegnato da un banda rossa) è percusso da un martello per produrre le onde sonore che percorrono il legno. Quando le onde giungono al secondo sensore “STOP” il visore mostra il tempo che hanno impiegato per passare da uno all’altro sensore in micro-secondi, cioè in milionesimi di secondo. La velocità di propagazione delle onde sonore in senso radiale al fusto, cioè perpendicolare agli anelli di crescita, varia tra 1100 e 2000 m/s a seconda delle specie di albero.



Note generali

- Lo stiletto del sensore deve penetrare nella corteccia e superarla per fissarsi nel legno interno
- Entrambi i sensori occorre siano ben fissi nel legno dell'albero così da esserci un buon accoppiamento tra essi ed il legno per la trasmissione del suono
- Utilizzare il martello di gomma per infiggere i sensori nel legno
- Percuotere il sensore "START" secondo la direzione dello stiletto e non lateralmente
- Percuotere il sensore con il martello in acciaio, effettuare una percussione "morbida" lasciando che il martello rimbalzi

Velocità di riferimento, per alcuni alberi, di propagazione delle onde sonore radialmente

Genere	Genere IT	vel di riferimento m/sec
Silver fir	Abies alba	1.360
Japanese fir	Abies firma	1.450
Scotch pine	Pinus sylvestris	1.470
Black fir	Abete nero	1.480
Spruce	Picea abies	1.550
Linden	Tilia	1.600
Birch	Betula	1.650
Beech	Fagus	1.650
Larch	Larix	1.700
Oak	Quercus	1.800
Maple	Acer	1.850
Robinia	Robinia	2.000

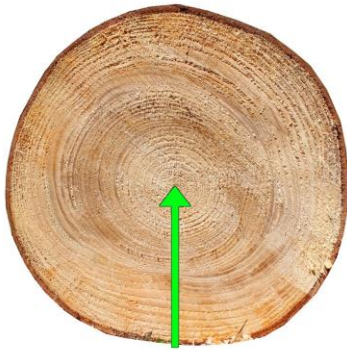
La tabella sopra pubblicata è un esempio limitato dei dati contenuti nella Tabella delle Velocità Radiali in appendice. Per dati a riguardo di ulteriori alberi è possibile consultare la tabella in appendice.

La velocità di propagazione dell'onda sonora in senso radiale è un parametro condizionato dalla presenza di alterazioni del legno interno di un tronco, di un ramo o di un campione di legno in genere. Se la velocità misurata è inferiore alla velocità rilevata nel legno integro (velocità di riferimento) si stabilisce che c'è un problema nel legno interno del campione. La differenza relativa tra il valore della velocità rilevata e quella

aspettata (velocità di riferimento) è indicativa della dimensione del difetto, cioè è proporzionale.

Velocità radiale e velocità tangenziale

Normalmente l'integrità del legno è valutata tramite la misura della velocità radiale. Attenzione che c'è una leggera differenza



**Radial
direction**



**Tangential
direction**

tra la velocità tangenziale e quella radiale. La velocità tangenziale è inferiore del 5-15% rispetto a quella radiale. Questa proprietà può essere utilizzata come verifica della velocità radiale quando si valuta un albero di cui è sconosciuta la velocità di riferimento.

Umidità del legno e velocità radiale

Negli alberi vivi e sani il contenuto d'umidità del legno è sempre superiore al 30%-40% (la variabilità dipende dalla specie) in quanto le fibre sono sature. Quando l'umidità scende al di sotto rispetto a quella delle fibre sature la velocità di propagazione delle onde aumenta in maniera significativa.

Temperatura e velocità di propagazione delle onde sonore

Tra 0° e 40° C l'incremento di 1° C di temperatura determina una riduzione della velocità di propagazione delle onde sonore di 3 m/s. È un effetto molto piccolo che può essere ignorato. Per contro quando si effettuano test con temperature sotto 0° C e gli alberi sono ghiacciati le velocità di propagazione delle onde sonore potrebbero essere molto alte. Questo è dovuto all'acqua ghiacciata che è un ottimo conduttore di onde sonore. Si raccomanda di evitare di effettuare test con temperature rigide per evitare errori di valutazione.

Modalità manuale & modalità automatica

Modalità manuale

Quando si accende l'apparato "Microsecond Timer FaKopp" è impostato per funzionare nella "Modalità automatica", cioè

non è necessario premere il tasto giallo prima di ogni percussione affinché il visore mostri il tempo misurato. Per operare in Modalità manuale occorre accendere lo strumento mentre si tiene premuto il pulsante di “Reset”. In Modalità manuale quando si accende appaiono quattro zeri, “0000”, se non si preme il tasto giallo (RESET) questo valore non cambia anche se si produce la percussione sul sensore “Start”, in seguito è necessario premere il tasto giallo prima di ogni percussione affinché il visore mostri il tempo misurato. Questa modalità è utile in ambiente rumoroso, dove potrebbero esserci interferenze fra rumori di sottofondo e percussioni sui sensori. È anche utile per il minor consumo della batteria. Nella modalità manuale una batteria carica consente circa 120 ore di lavoro.

Modalità automatica

La modalità automatica è già impostata quando si accende l'apparato “Microsecond Timer FaKopp”. Con questa modalità ogni volta che si percuote il sensore compare sul visore il tempo misurato senza che sia necessario premere il tasto giallo (RESET). La carica della batteria ha una durata inferiore rispetto alla modalità manuale, infatti è di circa 40 ore.

Fasi di una valutazione

1. Fissare i sensori al tronco agli estremi opposti di un diametro (misura radiale)
2. Infiggere i sensori tramite un martello di gomma avendo cura di percuoterli sulla testa, non sul lato o sul cavo
3. Assicurarsi che i sensori siano ben saldi

4. Accendere l'apparato "Microsecond Timer FaKopp"
5. Percuotere con un colpo morbido il sensore "START" (contrassegnato col rosso)
6. Ripetere la percussione dopo 1 o 2 secondi, non in maniera sequenziale rapida
7. In caso di misure inferiori a 200 μs occorre applicare il tempo di correzione specifico per ciascun apparato e determinato in fase di calibrazione. Il valore è riportato nell'ultima pagina del manuale
8. Calcolare la velocità dividendo la misura della distanza fra i sensori per il tempo rilevato:
 Velocità (m/s) = distanza (cm) / tempo (ms)*10000

Calcolo della velocità - esempio

Time-of-flight	650 μs
Distance	80 cm
Velocity	80 / 650 * 10000 = 1230 m/s

Calcolo della diminuzione relativa della velocità (RVD - Relative Velocity Decrease)

La diminuzione relativa di velocità è il risultato del seguente rapporto:

$$\text{Relative Velocity Decrease } [\%] = \left(\frac{V_{ref} - V_{meas}}{V_{ref}} \right) \cdot 100$$

dove V_{ref} è la velocità di propagazione radiale di riferimento nel legno sano di un albero

V_{meas} è la velocità misurata nel campione

La diminuzione relativa di velocità è da interpretare come il decremento percentuale di velocità in senso radiale di propagazione dell'onda sonora rispetto al legno sano. Per esempio RVD=30% significa che l'onda sonora ha viaggiato il 30% più lentamente nel campione che nel legno sano. Più è alta la percentuale e maggiore è la criticità del campione

Diminuzione relativa della velocità RVD - esempio

Specie	Larice
Reference Velocity	1490 m/s
Measured Velocity	1000 m/s
RVD	$((1490 - 1000) / 1490) * 100 = 32\%$

Diminuzione relativa della velocità RVD e area degradata

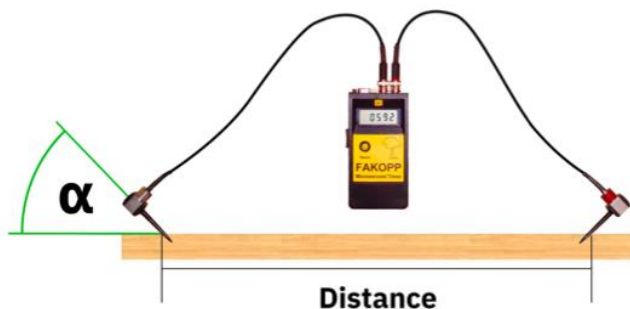
Relative velocity decrease [%]	Decayed area estimate [%]
0	0
5	0
10	0
15	0-10
20	10-20
25	10-20
30	20-30
40	20-40
50	30-50
>50	50>

Approssimativamente c'è una relazione lineare tra la diminuzione relativa della velocità e la superficie alterata del legno. La tabella pubblicata qui sopra offre una stima della percentuale di superficie degradata rispetto alla diminuzione di velocità calcolata. Naturalmente l'informazione è tanto più accurata tante più misure sono effettuate, per una stima quantitativa sono necessarie almeno 2 misure effettuate in direzioni perpendicolari fra loro. Nel caso fosse necessario ottenere un'informazione più precisa sulla condizione interna della sezione di legno è bene effettuare più test secondo più direzioni, quindi verificare i diversi esiti per individuare il legno sano e quello alterato. In alternativa effettuare una tomografia con ArborSonic 3D FaKopp.

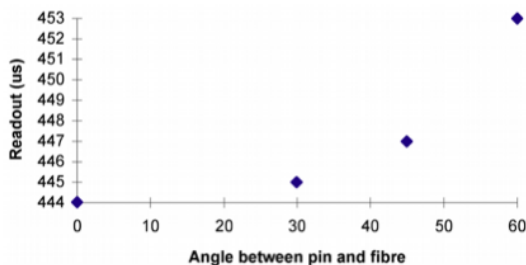
Misure lungo le fibre

La misura della velocità di propagazione delle onde sonore lungo le fibre legnose è fatta per calcolare il modulo di elasticità (MOE) del legno del campione. La velocità di propagazione dell'onda sonora lungo le fibre è assai maggiore rispetto alla propagazione in senso radiale. Nel legname essiccato la velocità varia tra 4000 e 7000 m/s.

I sensori si fissano nel campione di legno come illustrato nella successiva immagine



L'angolo formato dal puntale con il campione influenza il tempo di percorrenza dell'onda. È raccomandato un angolo α compreso tra 30° e 60° , importante che non sia maggiore di 60° perché il dato potrebbe essere non affidabile

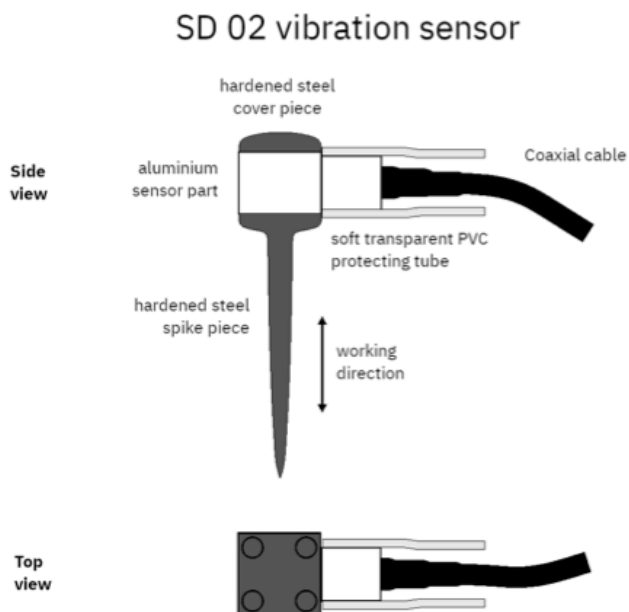


Calcolo del modulo di elasticità - MOE

$$MOE = \rho \cdot v^2$$

Il MOE può essere calcolato con la formula riportata qui sopra.
Il MOE è uguale alla densità del legno (ρ) del campione moltiplicato per la velocità rilevata (v) elevata al quadrato.

Piezosensori a vibrazione “SD 02”



SD02 Technical specification

Mass	Sensor part	22 g
	Total	62 g
Dimensions	Length	99 mm
	Width (cable direction)	40mm (+50mm clearing)
	Width (perpendicular to cable)	20mm
Sensitivity (160Hz)	Charge sensitivity, sensor part	1.35 pC / m / s ² typ.
	Force sensitivity, total	23 pC / N
Resonance Frequency	Sensor	23 kHz typ.
	Total	Depends on sensor coupling
Capacitance	without cable	260 pF ±5%
	cable only	100 pF/m ±5%
Polarity	positive for shock hitting the tip of the spike	
Maximum shock resistance	in working direction	10000 m/s ²
	in traverse direction	3000 m/s ²
Temperature	sensor operation	-30°C .. 70°C

Barra di riferimento in alluminio per la verifica

Una barra in alluminio è disponibile per effettuare test di verifica dell'apparato. Le dimensioni della barra piena sono di 440 mm di lunghezza e 22 mm di diametro. Entrambe le estremità sono dotate di un inserto in legno entro i quali si fissano i sensori delle dimensioni di 13 mm di diametro e 28 mm di lunghezza. Il tempo di percorrenza dell'onda sonora lungo la barra è di 89+/-2 µs quando i puntali dei sensori sono infissi per 12 mm negli inserti di legno. La velocità di riferimento nella barra di alluminio è perciò di 5290+/-20 µ/s a temperatura

ambiente (circa 20°C). Per questo test si usa un martello in metallo da 100 g. I due inserti in legno potrebbero degradarsi a causa di un intenso utilizzo e possono essere sostituiti. La garanzia dell'apparato "Microsecond Timer FaKopp" non copre la barra di riferimento.

Guida alla soluzione dei problemi

Guida alla soluzione dei problemi		
Problema	Causa	Soluzione
Display bianco	Batteria scarica	Sostituire la batteria
	Interruttore in posizione errata	Spegnere e riaccendere lo strumento
	Problemi di connessione della batteria	Togliere e rimettere la batteria
I valori di tempo sono alti	Errore di connessione dei sensori	Controllare la connessione dei sensori
	Il sensore di stop non è ben fissato	Fissare correttamente il sensore di stop
	Percussione mal fatta	Ripetere la percussione in maniera corretta
Nessuna comunicazione con il PC	Percussione troppo debole	Percuotere correttamente
	PC non compatibile	Provare con altro PC
	Collegamenti errati	Controllare le connessioni
	Numero della porta errato	Selezionare il numero corretto della porta
	Batteria scarica	Sostituire la batteria

Microsecond Timer App

Microsecond Timer App è progettato per registrare e valutare il tempo di propagazione dell'onda sonora misurato da “Microsecond Timer FaKopp” negli alberi vivi. L'App Microsecond Timer può essere usata con o senza Bluetooth. Nel caso in cui si usi Bluetooth, le misurazioni saranno trasferite tramite Bluetooth all'App, altrimenti sono da riportare manualmente.



Pagina principale



- Nuovo progetto: la selezione di questo tasto consente l'impostazione di un nuovo progetto, perciò chiede d'inserire un nome. Quando non è impostato un nuovo nome specifico l'applicazione nomina il progetto con data e ora corrente
- Apri progetto: apri un progetto creato in precedenza
- Condividi progetto: condivide il contenuto del progetto in formato Excel
- Vai al manuale: apre il manuale per l'uso dell'applicazione

Pagina “albero”

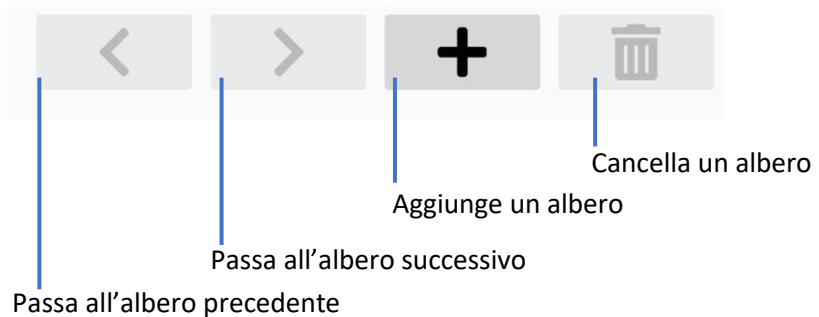
Quando si seleziona “nuovo progetto” si apre la pagina da compilare relativa all’albero che s’intende analizzare

	Nome progetto
	Barra navigazione
ID dell'albero #1 <input type="text" value="Platano via del Corso - N 123"/>	Riferimento
Specie di albero Platanus acerifolia (1650 m/s) <input data-bbox="241 691 684 746" type="button" value="SELEZIONA LA SPECIE DI ALBERO..."/>	Accede a elenco alberi
Misure dell'albero <input data-bbox="241 807 684 863" type="button" value="AGGIUNGI MISURA..."/>	Accede a misure analisi
Situazione / appunti sull'albero <input type="text"/>	Note sull'albero
Posizione dell'albero non disponibile <input data-bbox="241 1059 684 1115" type="button" value="GPS..."/>	Localizza albero
Immagine dell'albero <input data-bbox="241 1176 684 1232" type="button" value="AGGIUNGI IMMAGINE..."/>	Aggiunge foto albero

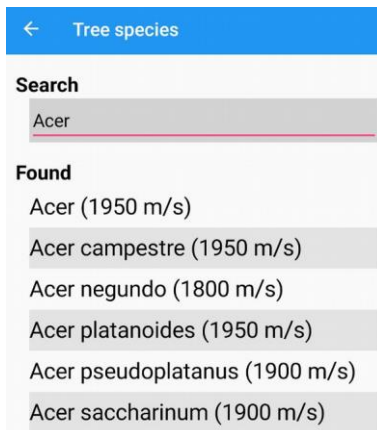
In questa pagina sono contenuti i dati relativi al singolo albero.

Barra navigazione

Tramite la barra di navigazione è possibile aggiungere, eliminare o selezionare uno fra i diversi alberi



Specie di albero



Tramite “Specie di albero” si accede ad un elenco alfabetico di specie di alberi. È possibile cominciare a scrivere la specie cercata affinché appaia la selezione dei nomi simili.

Dalla lista si sceglie la specie dell'albero in esame. Se non si digita alcun nome appaiono come primi della lista le specie di alberi esaminati più di recente

Misurazione dell'albero

← Misurazione

X ✓

Specie di albero
Platanus acerifolia (1650 m/s)

Distanza (cm)
32

Tempo cronometrato (µs)
349

Ricerca di dispositivi Bluetooth

Velocità misurata (m/s)
917

Diminuzione della velocità relativa (RVD) (%)
44

“Misurazione” introduce alla pagina dove è possibile registrare le singole analisi. Per registrare l’analisi è necessario aver selezionato la specie dell’albero. Per effettuare un’analisi servono due misure: la distanza fra i due sensori e il tempo di percorrenza dell’onda sonora misurato da “Microsecond Timer FaKopp”. Il tempo cronometrato può essere riportato manualmente dopo averlo letto sul visore dell’apparato oppure può essere trasmesso tramite Bluetooth di cui è dotato lo strumento.

Fatta l’analisi se è premuto il tasto con la spunta in alto a destra si apre di nuovo la pagina “albero”. Nella sezione “Misure dell’albero” sono riportati tutti i dati della singola analisi compresi quelli di velocità e di decremento relativo della velocità (RVD). Il significato della percentuale RVD è trattato nei paragrafi

precedenti. È possibile aggiungere numerose misure ripetute, affinché il dato sia significativo si consiglia di effettuare almeno 3 misure per ogni distanza e calcolare la media.

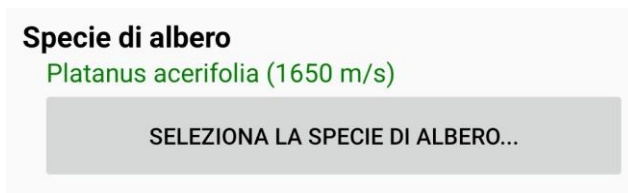
Sequenza di lavoro

Una nuova indagine inizia aprendo un nuovo progetto. Per ogni albero è possibile seguire il seguente schema di lavoro:

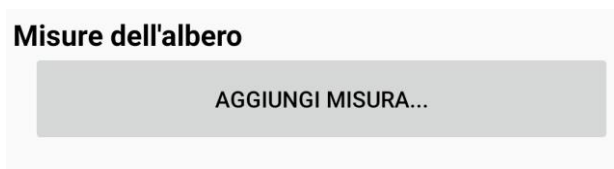
- 1) Indicare un nome oppure un codice di identificazione dell'albero



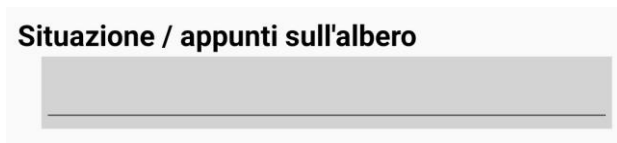
- 2) Selezionare genere e specie dell'albero



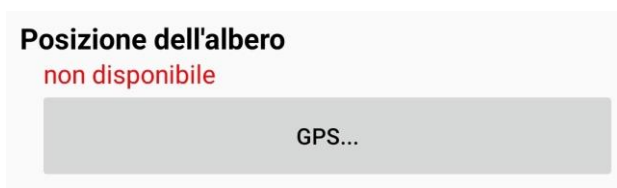
- 3) Effettuare le analisi e riportare le misure. Si possono aggiungere molte misure. Attenzione a salvare le singole misure quindi premere di nuovo il tasto “Aggiungi misura...”



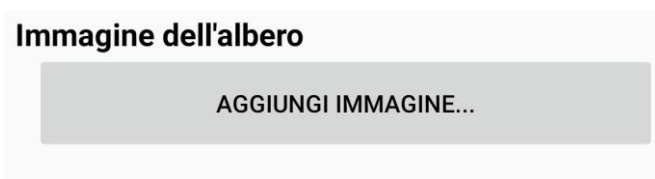
- 4) Aggiungere eventuali note sulle condizione dell'albero



- 5) Localizzare con GPS l'albero



- 6) Scattare una fotografia dell'albero, è possibile aggiungere più immagini relative all'albero in esame



- 7) Terminata l'analisi di un albero premendo il pulsante "+" della barra di navigazione si apre la scheda di un nuovo albero



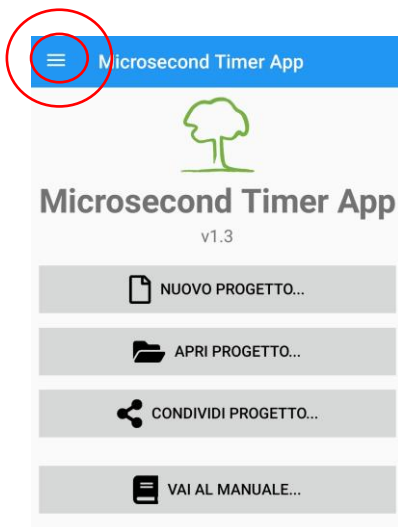
È possibile usare questo schema di lavoro per ogni albero. Quando si conclude l'analisi di un albero è possibile utilizzare il tasto "Condividi progetto" nella pagina principale per condividere il progetto in formato "Excel".

Apparato Bluetooth

⚠ **Attenzione:** *Gli strumenti prodotti dal 2023 hanno già integrato un trasmettitore Bluetooth Low Energy - BLE*

Bluetooth – configurazione

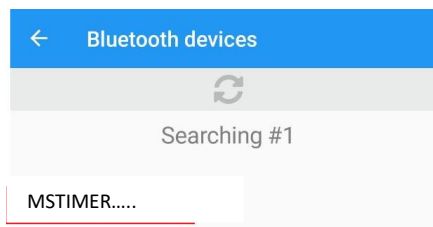
- 1) accendere Microsecond Timer FaKopp
- 2) avviare l'applicazione sull'apparato Android
- 3) aprire il menu generale in alto a sinistra



4) selezionare Bluetooth

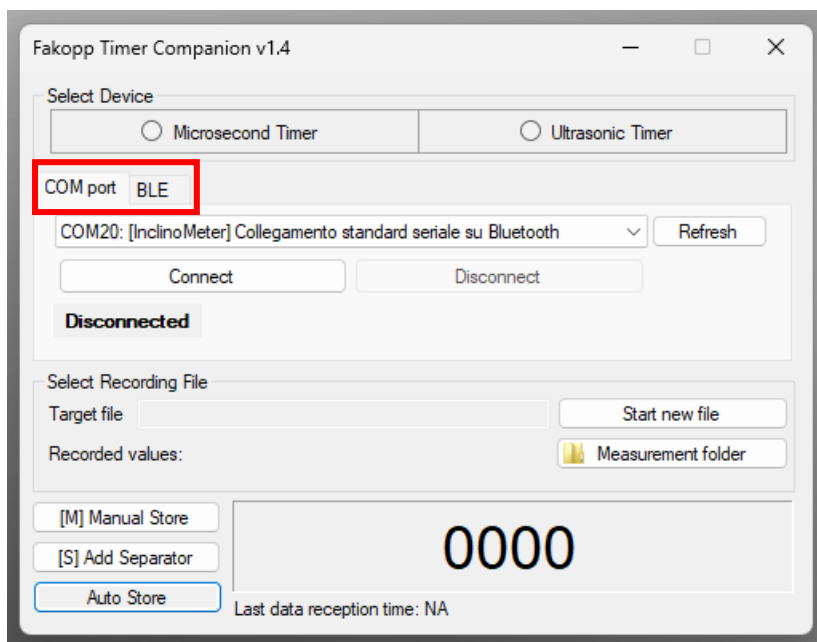


5) selezionare dall'elenco degli apparati Bluetooth "MSTIMER..."



L'accoppiamento Bluetooth si effettua solo la prima volta, in seguito non è più necessario, il software infatti memorizza l'apparato.

Per collegare Microsecond Timer Fakopp ad un PC o Notebook Windows tramite il software “PC Microsecond Timer Companion” occorre selezionare nell’apposita caselle “BLE” invece che “Com...”



Appendice – tabella velocità radiale propagazione onde sonore - densità legno

Genere	specie	velocità radiale m/s	densità kg/m³
Abies	spp	1.400	415
Abies	alba	1.360	415
Abies	Firma	1.450	415
Abies	nordmanniana	1.400	415
Acer	spp	1.850	587
Acer	campestre	1.950	587
Acer	negundo	1.800	587
Acer	platanoides	1.950	587
Acer	pseudoplatanus	1.900	587
Acer	saccharinum	1.900	587
Aesculus	spp	1.650	383
Ailanthus	spp	1.700	383
Alnus	spp	1.600	675
Betula	spp	1.650	675
Betula	pendula	1.650	634
Broussonetia	papyrifera	1.800	605
Calocedrus	decurrens	1.900	418
Carpinus	spp	1.900	717
Castanea	sativa	1.400	454
Catalpa	bignonioides	1.550	605
Celtis	australis	1.750	605
Celtis	occidentalis	1.750	605
Chamaecyparis	lawsoniana	1.650	352
Cladrastis	lutea	1.600	628

Corylus	columna	1.700	675
Elaeagnus	angustifolia	1.650	
Fagus	Spp	1.650	655
Fagus	sylvatica	1.650	655
Fagus	syl. Purpurea	1.650	655
Fagus	syl. Pendula	1.650	655
Fraxinus	spp	1.950	594
Fraxinus	excelsior	1.950	594
Fraxinus	pennsylvanica	1.750	610
Ginkgo	biloba	1.700	800
Gleditsia	triacanthos	1.850	666
Juglans	nigra	1.600	483
Juglans	regia	1.650	483
Juglans	spp	1.650	483
Koelreuteria	paniculata	1.650	485
Larix	spp	1.700	573
Larix	decidua	1.700	573
Liriodendron	spp	1.650	427
Maclura	pomifera	1.500	
Morus	spp	1.800	605
Paulownia	tomentosa	1.250	605
Phellodendron	spp	1.600	605
Picea	spp	1.550	424
Picea	pungens	1.600	424
Picea	abies	1.550	424
Pinus	nigra	1.600	528
Pinus	ponderosa	1.550	528
Pinus	strobus	1.600	528
Pinus	wallichiana	1.600	528
Pinus	sylvestris	1.470	528

Platanus	acerifolia	1.650	539
Populus	adenopoda	1.500	394
Populus	alba	1.400	394
Populus	canescens	1.400	394
Populus	euramericana	1.400	394
Populus	nigra	1.400	394
Populus	nigra "Italica"	1.200	394
Populus	simonii "fastigiata"	1.400	394
Prunus	Amygdalus "Dulcis"	1.700	480
Prunus	avium	1.800	480
Pseudotsuga	spp	1.400	479
Pyrus	pyraster	1.750	612
Quercus	spp	1.800	744
Quercus	cerris	1.800	744
Quercus	petraea	1.800	697
Quercus	robur	1.800	657
Quercus	robur "Fastigiata"	1.600	657
Quercus	rubra	1.650	657
Robinia	spp	2.000	708
Robinia	pseudoacacia	2.000	708
Salix	spp	1.550	408
Salix	babylonica	1.550	408
Sideroxylon	spp	1.750	
Sophora	japonica	1.950	810
Tilia	spp	1.600	398
Tilia	cordata	1.600	398
Tilia	platyphyllos	1.550	398

Tilia	tomentosa	1.650	398
Ulmus	spp	1.750	593
Ulmus	minor	1.800	593

Sommario

Introduzione 3

Contenuto della confezione 3

Dati tecnici 4

Principio di funzionamento 4

Note generali 6

Velocità di riferimento, per alcuni alberi, di propagazione delle onde sonore radialmente 7

Velocità radiale e velocità tangenziale 8

Umidità del legno e velocità radiale 9

Temperatura e velocità di propagazione delle onde sonore 9

Modalità manuale & modalità automatica 9

Fasi di una valutazione 10

Calcolo della velocità - esempio 11

Calcolo della diminuzione relativa della velocità (RVD - Relative Velocity Decrease) 11

Diminuzione relativa della velocità RVD - esempio 12

Diminuzione relativa della velocità RVD e area degradata 12

Misure lungo le fibre 13

Calcolo del modulo di elasticità - MOE 14

Piezosensori a vibrazione “SD 02” 15

Barra di riferimento in alluminio per la verifica 16

Guida alla soluzione dei problemi 17

Microsecond Timer App 18

Pagina principale 18

Pagina “albero” 19

Barra navigazione 20

Specie di albero 20

Misurazione dell’albero 21

Sequenza di lavoro 22

Apparato Bluetooth 24

Bluetooth – configurazione 24

***Appendice – tabella velocità radiale propagazione onde
sonore - densità legno 27***

Sommario 31
