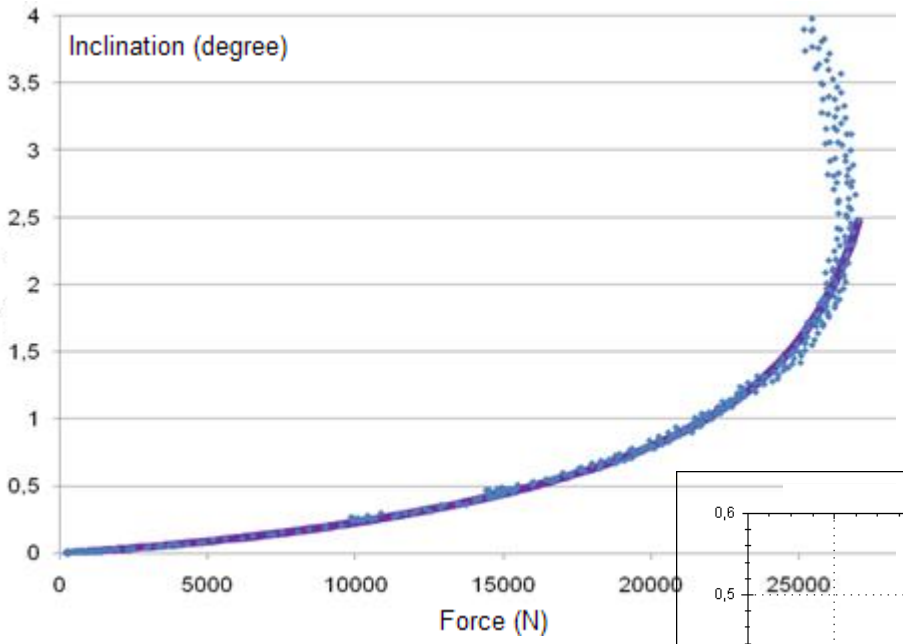
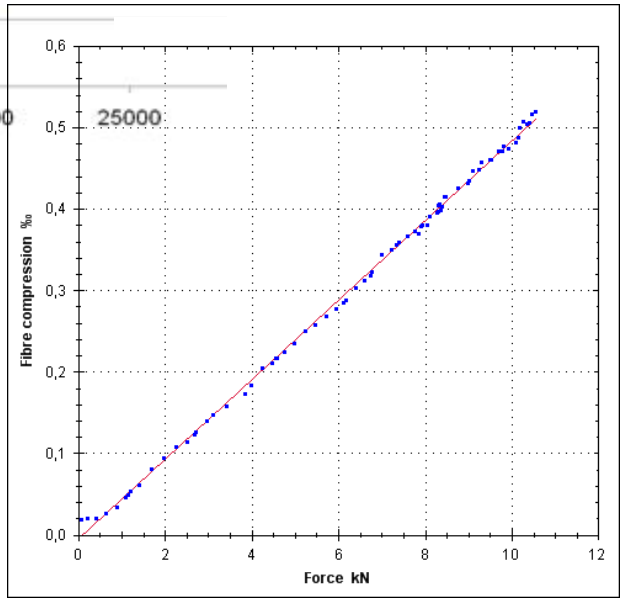
Fakopp Pulling Test per la valutazione della: propensione allo scalzamento della zolla radicale (inclinometro - dinamometro) e propensione alla frattura del fusto (inclinometro - estensimetri-dinamometro)





2016 gennaio

Fakopp Enterprise Bt.

www.fakopp.com

Fakopp Pulling Test Hardware per la valutazione dell'apparato radicale

Introduzione

Il metodo della "messa in tensione" si applica per valutare l'efficacia dell'apparato radicale degli alberi. E' un metodo messo a punto da Wessolly and Erb 1998.

Componenti hardware:

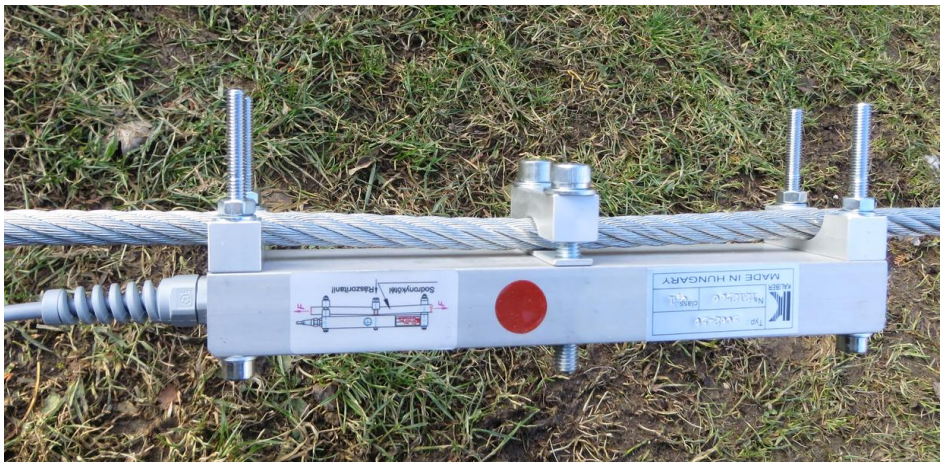
Inclinometro:

- Inclinometro, ST-015
- Ratchet Lashing
- Supporto del sensore
- Unità di controllo (contiene batteria e bluetooth)
- X-Y livella a bolla
- Batteria a 9v ricaricabile con caricabatteria

Installazione dell'inclinometro

Dinamometro

- Cavo per la messa in tensione (non compreso)
- Display Rinstrum
- Apparato bluetooth
- Chiave a brugola, 6 mm
- Batterie ricaricabili a stilo AA con caricabatterie



dinamometro per cavo

Il dinamometro occorre sia collegato al display
Il display si collega alla porta USB del computer tramite il cavo USB-seriale

Esecuzione del test

- Fissare la fune per la messa in tensione nella chioma. Scegliere la branca centrale più robusta. Utilizzare una fascia in fibra morbida per avvolgere la branca per evitare danni alla corteccia.
- Individuare un punto di ancoraggio efficace lungo la traiettoria scelta per la tensione.
- Posizionare il paranco e le funi lungo la corretta direzione. Attenersi alle istruzioni di questi strumenti. Operare in funzione delle istruzioni sulla sicurezza.
- Installare il dinamometro con l'aiuto della chiave a brugola. L'operazione occorre sia fatta dopo aver messo in tensione moderata il cavo. Il dinamometro è da fissare ad una certa distanza dal paranco e non troppo vicino ad esso.
- Fissare l'inclinometro tramite l'apposito supporto a nottolino al colletto dell'albero. Posizionarlo il più vicino possibile al terreno. Scegliere una posizione opportuna. In caso di cavità o lesioni del tronco la posizione dell'inclinometro ha una grande influenza sull'esito del test. In questo caso è raccomandato di posizionare l'inclinometro lontano dalle lesioni.
- L'inclinometro occorre sia fissato il più orizzontale possibile, per fare ciò avvalersi dell'ausilio della livella a bolla.
- Accendere gli apparati. Azzerare il dinamometro premendo sul display il tasto "Tara". Lanciare il programma "Pulling Test". Quando I due apparati sono collegati I due rettangoli rossi della finestra del programma diventano Verdi. Per azzerare premere i pulsanti "tara" sotto i rettangoli.
- Inserire i dati richiesti
- Premere "start" per iniziare il test.
- Tendere il cavo lentamente tramite il paranco.
- Fermare il test quando l'inclinazione raggiunge il valore di 0,2 gradi premendo il tasto "stop".
- Aprire la schermata di valutazione premendo il tasto "Open in viewer"
- Rimuovere gli apparati

Collegamenti

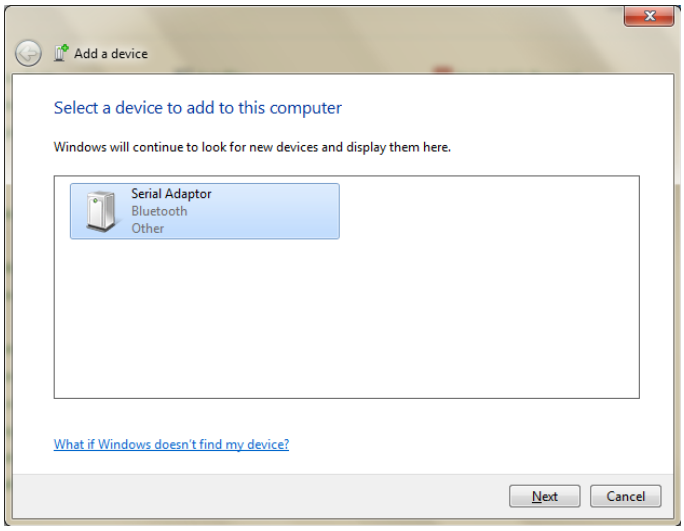
Collegare l'inclinometro STS-015 ed il display Rinstrum N320 del dinamometro tramite collegamento seriale al PC. I collegamenti possono avvenire con le seguenti modalità:

- Porte seriali del computer
- Porte USB del computer tramite cavi "USB-Serial converter"
- Bluetooth

I collegamenti raccomandati sono: Bluetooth per l'inclinometro e cavo USB-Seriale per il display del dinamometro. Questo manuale presuppone che i collegamenti siano effettuati in questo modo.

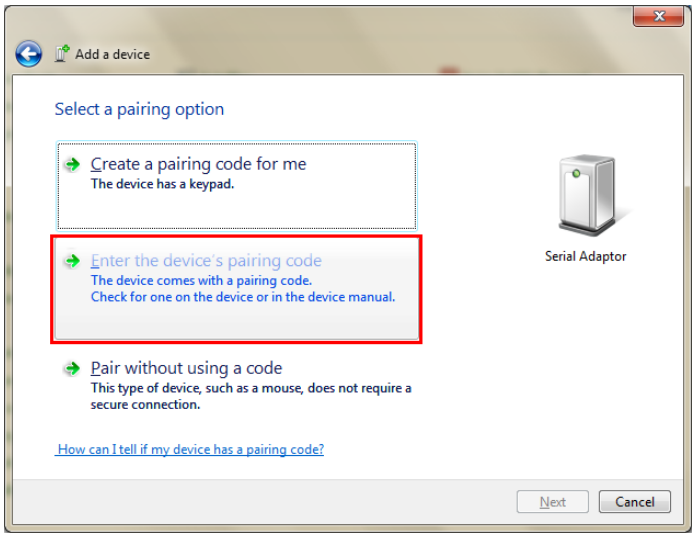
Collegamento dell'inclinometro al PC tramite bluetooth

In funzione del sistema operativo iniziare la procedura per aggiungere un dispositivo Bluetooth.

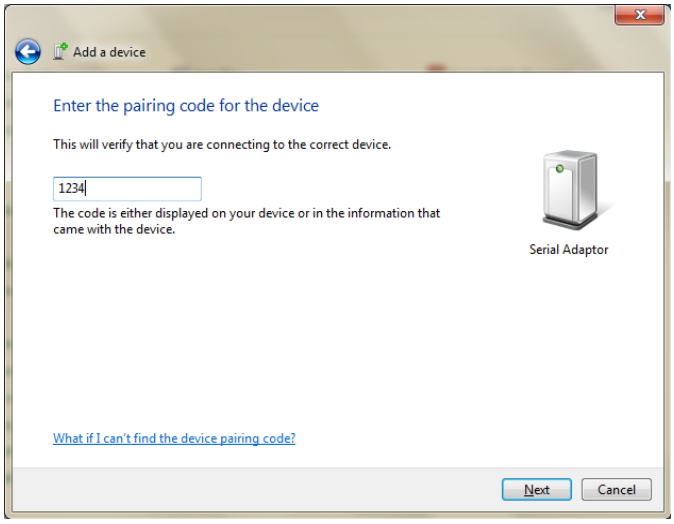


Where it says "**Serial adaptor**", you should see "**Inclinometer**" as the device name. Select it, and click "**Next**".

In "gestione dispositivi" appare un'icona simile a questa riportata di lato identificata come "Inclinometer". Procedere alla sua connessione

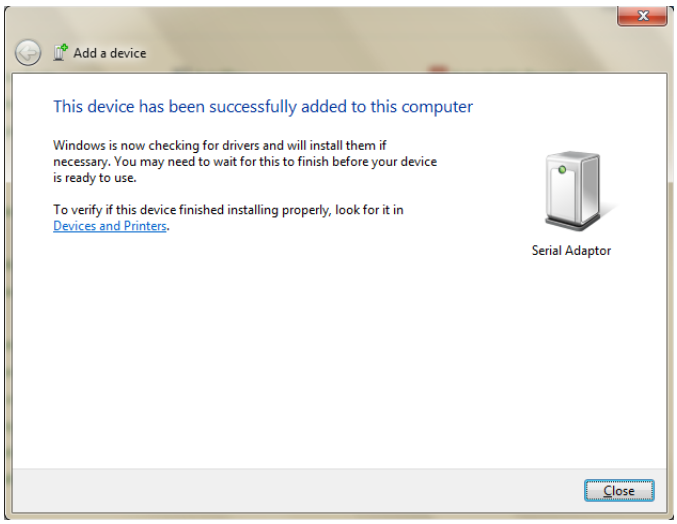


In funzione del sistema operativo utilizzato inizierà la procedura di connessione della periferica tramite Bluetooth

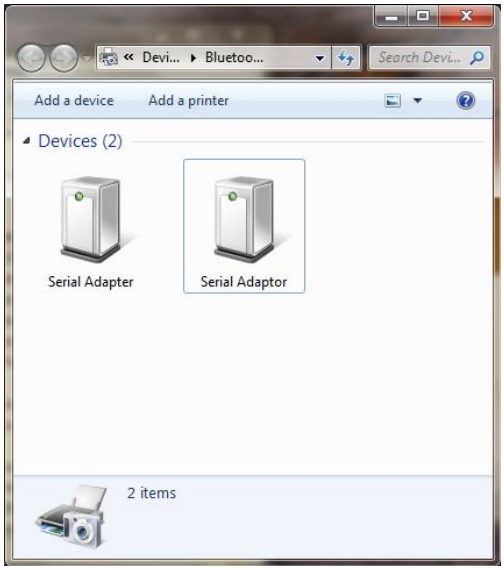


Alla richiesta di codice d'identificazione scrivere la successive sequenza di numeri

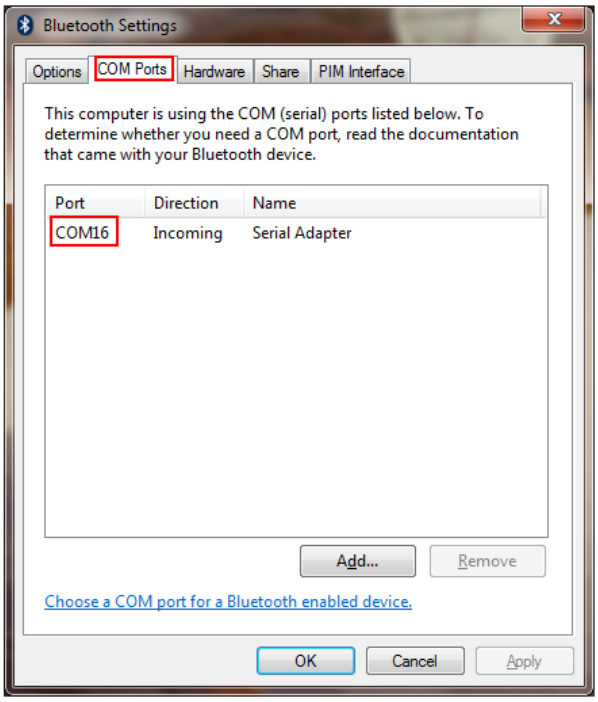
1234



Compare la finestra di connessione avvenuta con successo



Cliccare due volte sull'icona



Select the "**COM Ports**" tab at the top of the properties window.

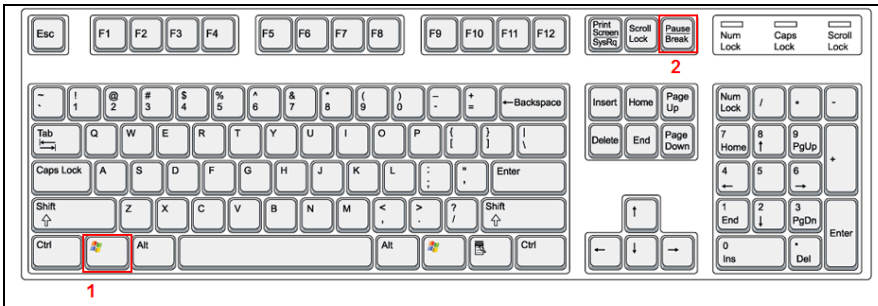
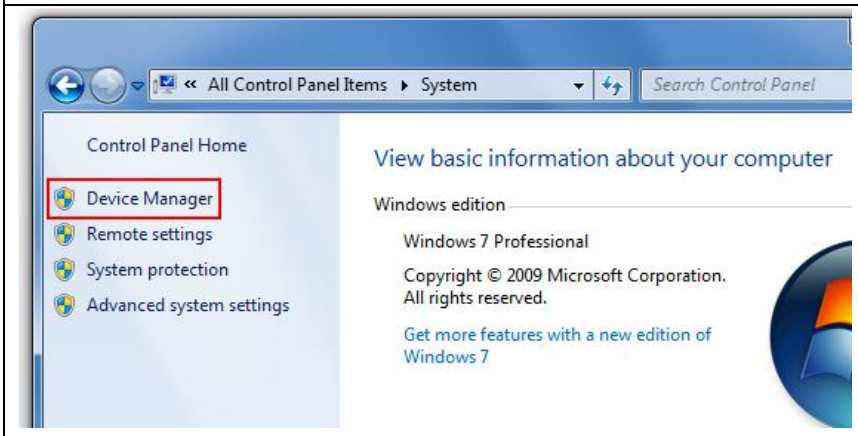
In this example "COM16" is the port on which the Inclinometer data will be received.

You will have to note this COM number, and you will have to set it in the software as the inclinometer port.

Selezionare "COM ports" oppure "Hardware" per rilevare il numero relative di COM Port a cui è collegata la periferica. Annotare questo numero

Collegamento del dinamometro al PC.

Collegato il cavo USB-Seriale alla porta USB del computer la connessione avviene in automatico. Per conoscere il numero della porta a cui fare riferimento seguire la procedura illustrata di seguito (windows 7).

	Press hold the “Win” key and then press “Pause break” keys as shown here.
	Select “Device Manager”.

	In this example COM4 will be the port you will have to set in the program.

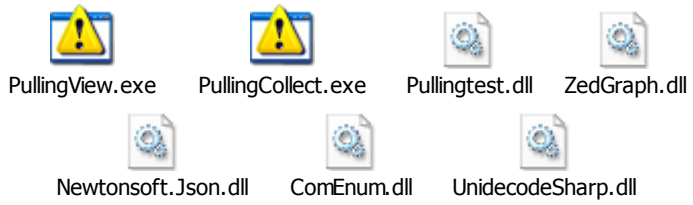
Fakopp Pulling Test Software v1.2

Inclinometro e dinamometro inviano in contemporanea I dati al software. Le due periferiche occorre siano entrambe accese.

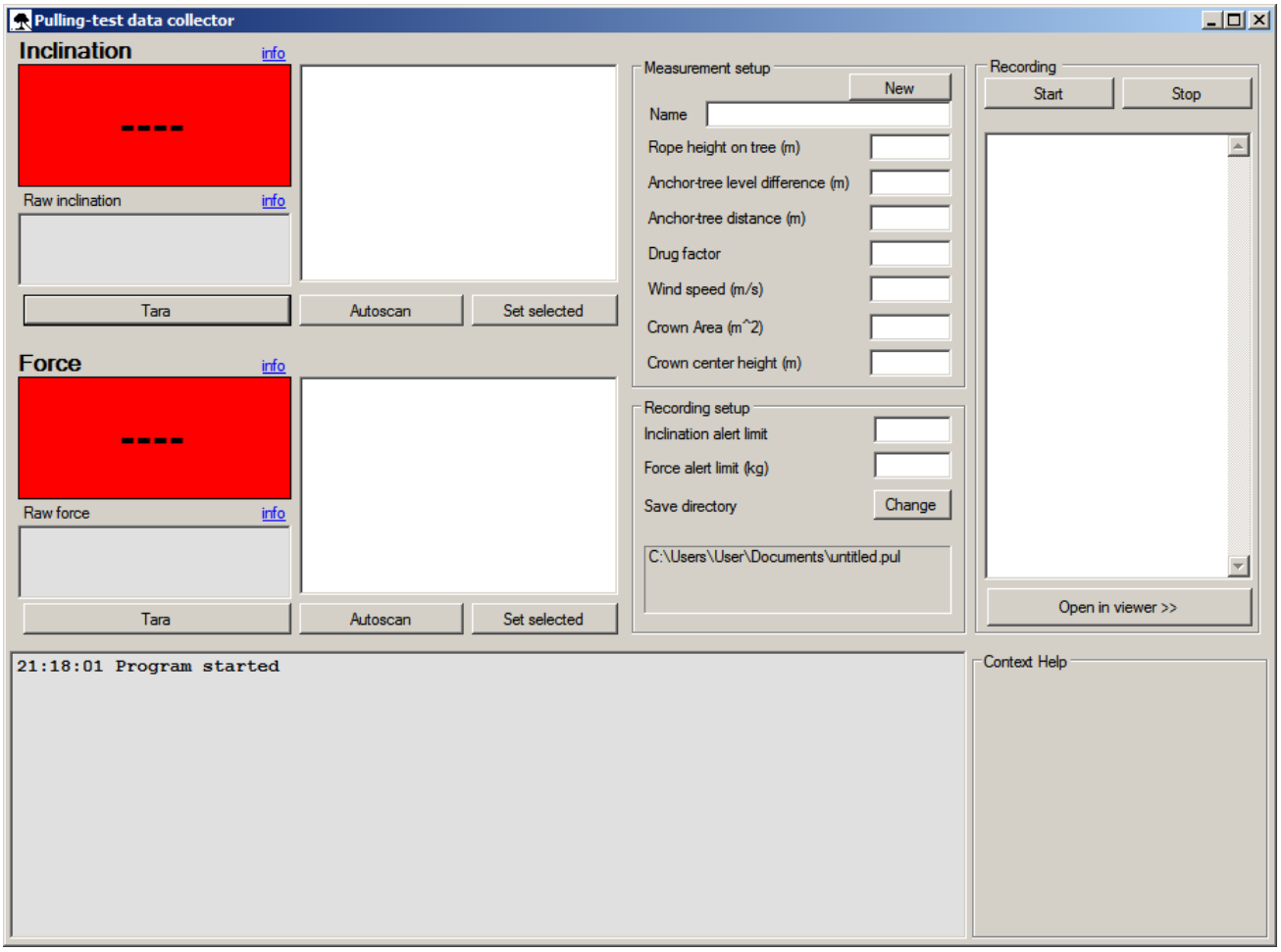
Guida rapida – Pulling Test 2 Collect

Dopo aver copiato I file su disco rigido del PC lanciare il programma tramite il file “PullingCollect.exe”

I file che occorre copiare sono I seguenti:



Compilare I dati necessari per identificare l'albero (name). Inserire i parametri come spiegato nel capitolo "inserimento dei dati". Una volta inseriti i valori di allarme (alert) quando questi sono superati un beep avviserà dello sconfinamento. Per l'inclinazione si consiglia d'inserire un valore di 0,2, massimo 0,25.
Quando tutto è pronto premere i tasti "tara" dell'inclinometro e del dinamometro, quindi il tasto "start" ed agire sul paranco per mettere in tensione l'albero. Raggiunti i valori limite d'inclinazione o di carico premere "stop" e di seguito "Open in viewer". Automaticamente si apre la finestra che riporta i dati registrati e la curva elaborata. Qui è riportato anche il fattore di sicurezza.

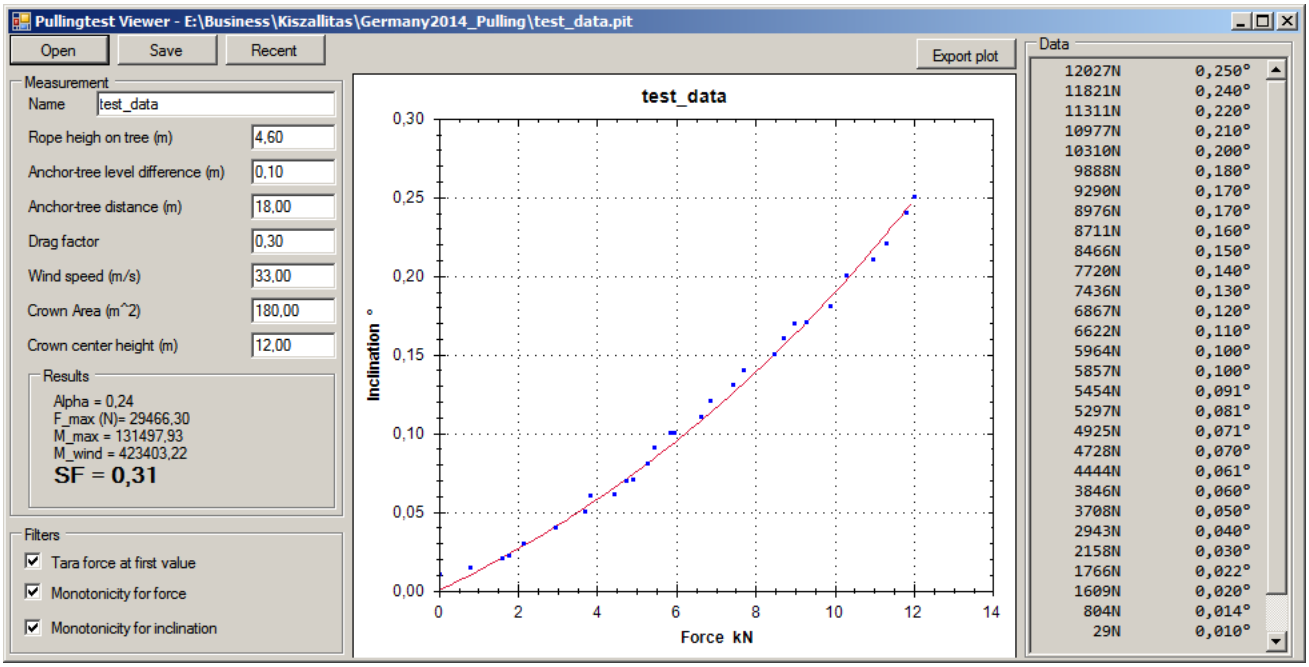


Finestra del programma PullingCollect tramite il quale si registrano i dati durante la messa in tensione dell'albero

Guida rapida - Pulling-test 2 Viewer

Questa schermata consente di rilevare tutti I dati ed I valori inseriti, inoltre fornisce l'indice di sicurezza e gli altri dati relativi ai carichi stimati.

Tramite i pulsanti in alto a sinistra è possibile salvare il file, aprire quelli già salvati e avere l'elenco degli ultimi archiviati. Il tasto "Export plot" consente di esportare il grafico.



Finestra del programma PullingViewer con cui visionare I risultati del test

Inserimento dei dati

Dopo aver raccolto I dati il software elabora una curva (punti rosa) reale, cioè riportante le misure realmente effettuate. L'estrapolazione di questa curva consente di calcolare il carico di ribaltamento dell'albero. La funzione applicata è descritta nel capitolo "Pulling Test Algorithm".

”Rope height on tree (m)” (altezza della fune sull’albero), “Anchor to tree level (m)” (livello di ancoraggio rispetto all’albero), “Anchor tree distance (m)” (distanza di ancoraggio) e “Crown center height (m)” (altezza del centro della chioma) sono misure da effettuare come spiegato nello schema seguente di figura N° 2. Se il punto d’ancoraggio è più alto del livello del colletto dell’albero esaminato (come appare in figura 2) il valore da inserire è positivo. Nel caso contrario il valore è negativo.

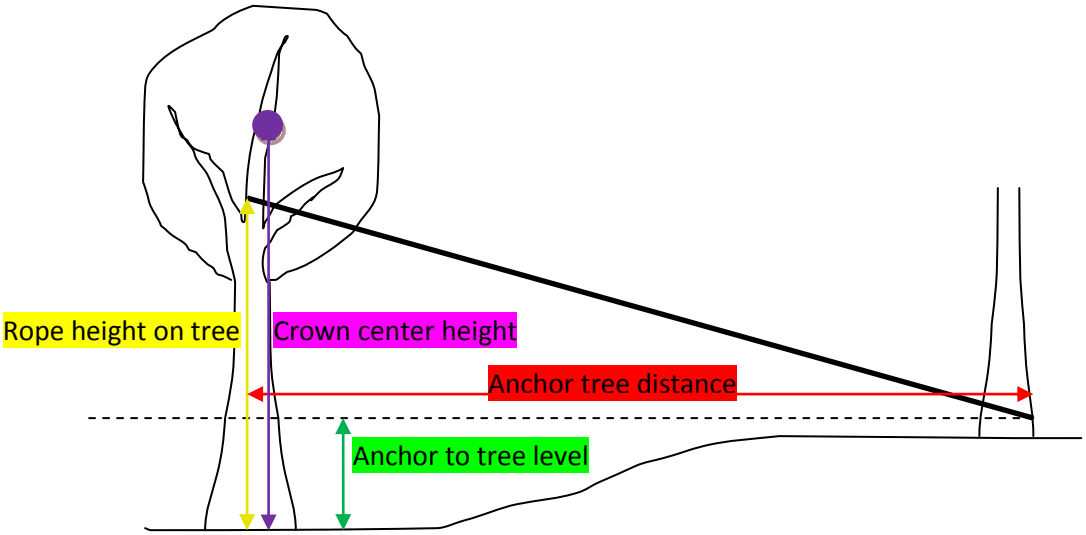


Figura 2. Rappresentazione grafica dei parametri da inserire

Drug factor () dipende dalla specie. I valori sono reperibili nella tabella riportata di seguito all’algoritmo di valutazione del pulling test allegato. Nel caso l’albero in esame non fosse citato occorre assumere il valore della specie più affine.

Wind speed (m/s) (velocità del vento): è la velocità massima del vento per la zona espressa in metri al secondo. Il modello qui usato considera uniforme la velocità del vento per tutta l’altezza dell’albero. Se non ci sono indicazioni specifiche sulla velocità del vento si consiglia di usare 33 m/sec. Questo valore consente di ottenere indici di sicurezza molto bassi, soprattutto nel caso di alberi alti meno di 12 m.

Crown area (m^2) : è la stima della superficie della sezione della chioma compreso il tronco. E’ possibile utilizzare il software del tomografo ArborSonic 3D per valutare con maggiore correttezza l’area.

The safety factor: Il dato finale è quello del fattore di sicurezza (safety factor) allo scalzamento (SF). Se esso è pari o inferiore a 1 significa che c’è un rischio elevato di scalzamento delle radici. Se fosse compreso tra 1 e 1.5 indicherebbe una situazione di rischio moderato. Superiore ad 1.5 l’apparato radical è considerate a basso rischio di scalzamento. Questo indice varia in funzione della direzione della tensione. Occorre stabilire qual’è la direzione più critica oppure effettuare almeno 2 test della tensione secondo due direzioni perpendicolari fra loro. Se il terreno è bagnato l’indice di sicurezza si riduce del 10%-20% rispetto al terreno asciutto.

Fakopp Pulling Test Hardware per la valutazione della propensione alla frattura del fusto

Introduzione

Il metodo della “messa in tensione” si applica per valutare l’efficacia dell’apparato radicale degli alberi e in contemporanea può essere utilizzato per valutare la propensione alla frattura del fusto. Anche in questo caso il metodo è messo a punto da Wessolly and Erb 1998. Oltre all’inclinometro si utilizzano degli estensimetri che valutano la deformazione delle fibre legnose sottoposte ad un carico.

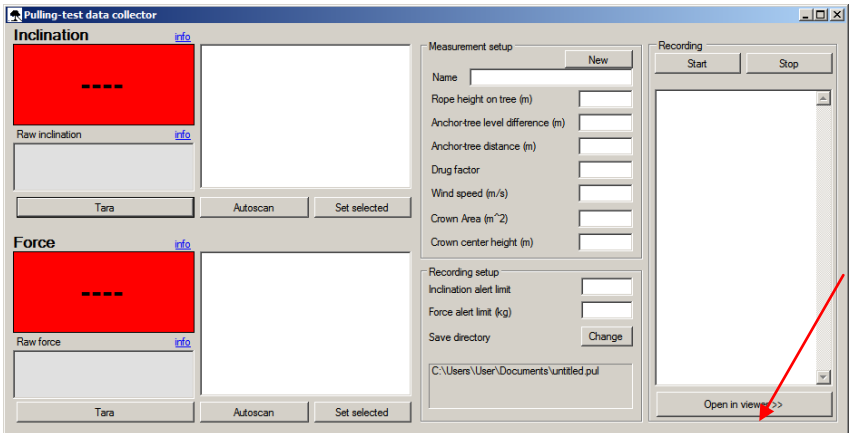
Componenti hardware (estensimetri):

Estensimetri:

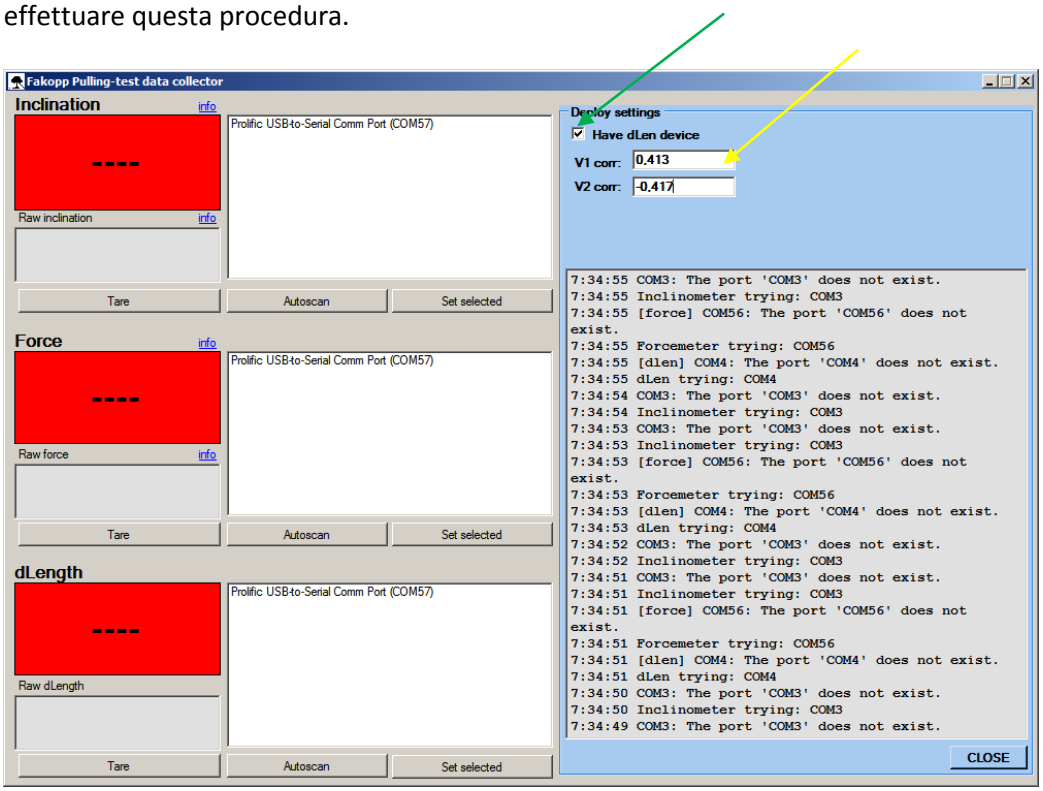
- N° 2 Estensimetri FaKopp tipo LVDT
- unità di controllo LVDT a 2 canali
- cavo seriale-USB per collegare il computer
- N° 2 batterie ricaricabili 9 v cc

Impostazione dei valori di calibrazione degli estensimetri

Per impostare I valori di calibrazione è necessario utilizzare un tasto “nascosto”.
A questo scopo “cliccare” due volte appena sotto il pulsante “Open in viewer”, nella zona stretta compresa fra il pulsante ed il bordo del box (come indicato dalla freccia rossa).



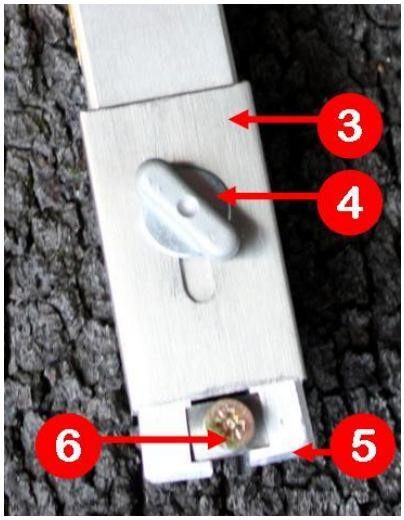
Compare una finestra a sfondo azzurro chiaro.
Selezionare "Have dLen device" (freccia verde), cioè "collega la periferica dLen (estensimetri)".
Nel manuale sono riportati i grafici di calibrazione degli estensimetri con i relativi valori di taratura "calibration constant". Ogni estensimetro ha il proprio valore di calibrazione ed è riferito ad una specifica periferica. Riportare questi valori nei rispettivi riquadri (freccia gialla) "V1 corr" e "V2 corr". Attenzione al segno + (più) ed a quello – (meno). Dopo aver riportato questi valori chiudere la finestra tramite il tasto "close". Nel caso si utilizzasse un altro computer, la prima volta, occorre effettuare questa procedura.



Estensimetro

Com'è fatto

- Nell'assetto di trasporto e di installazione è un apparato contenuto in un tubo a sezione quadra di circa 30 mm x 30 mm e lungo 270 mm circa. Al suo interno c'è un'asta che può scorrere liberamente in senso longitudinale. Da una estremità fuoriesce un cavo elettrico coassiale (1). In prossimità dell'apice da cui esce il cavo elettrico c'è un foro passante centrale (2). All'altra estremità un collare quadro (3) lungo 60 mm scorre sul corpo quadro dell'estensimetro. La sua corsa è condizionata da una cava centrale e da una vite a galletto (4). Questa estremità termina con due piccole ganasce a pinza (5), simili ad una chela di granchio. Quando il collare è del tutto abbassato le due ganasce sono strette e immobilizzano un piccolo blocco di acciaio (6), che è posto di traverso al tubo quadro. Questo blocchetto impedisce all'asta centrale interna di uscire e la fissa facendo da tappo. Il blocchetto è forato in senso longitudinale.

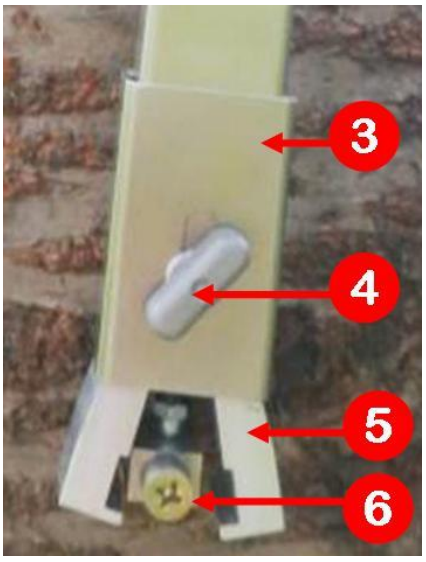


Trasporto e fissaggio sul tronco

- Quando si trasporta l'estensimetro occorre che il collare (3) sia abbassato e fissato, in modo tale che la pinza (5) trattenga il blocchetto di acciaio (6) e che sia così chiuso il foro di uscita dell'astina. Questo assetto deve essere mantenuto anche durante il fissaggio dell'estensimetro sul tronco che avviene tramite due viti attraverso il foro passante presente sul corpo dell'estensimetro (2) (dalla parte del cavo) e il foro del blocchetto (6) stretto fra le ganasce della chela (5). Questo garantisce che l'astina mantenga la giusta posizione all'interno dell'apparato. L'estremità a pinza è bene sia fissata in basso.

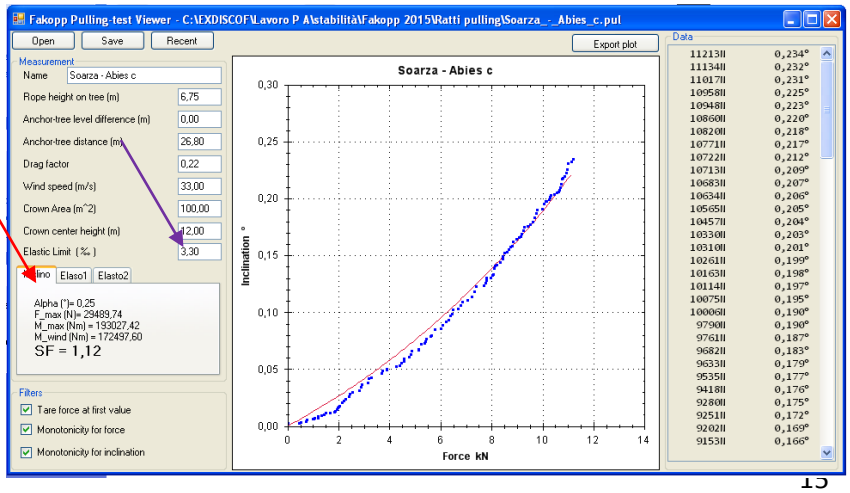
Esecuzione del test

- Dopo aver fissato le viti si svincola il collare (3) e lo si solleva fino a liberare il blocchetto (6) dalla morsa delle ganasce (5), bloccando il collare (3) con la vite a galletto (4) nella nuova posizione sollevata. In questo modo l'astina resta appoggiata sul blocchetto (6) per effetto del suo peso mentre l'intero estensimetro scorre liberamente a seguito dell'allungamento del legno a cui è vincolato.



- Fissati i due estensimetri in questo modo nelle posizioni ritenute opportune si collegano tramite il cavo coassiale e gli spinotti alla loro unità di controllo. Attenzione a rispettare il corretto numero di riferimento.
- L'intero apparato è da collegare tramite cavo "USB-seriale" al computer.
- Prima di iniziare il test premere il pulsante "Tara" posizionato sotto la finestra di lettura dei valori degli estensimetri indicata con "dLeg".

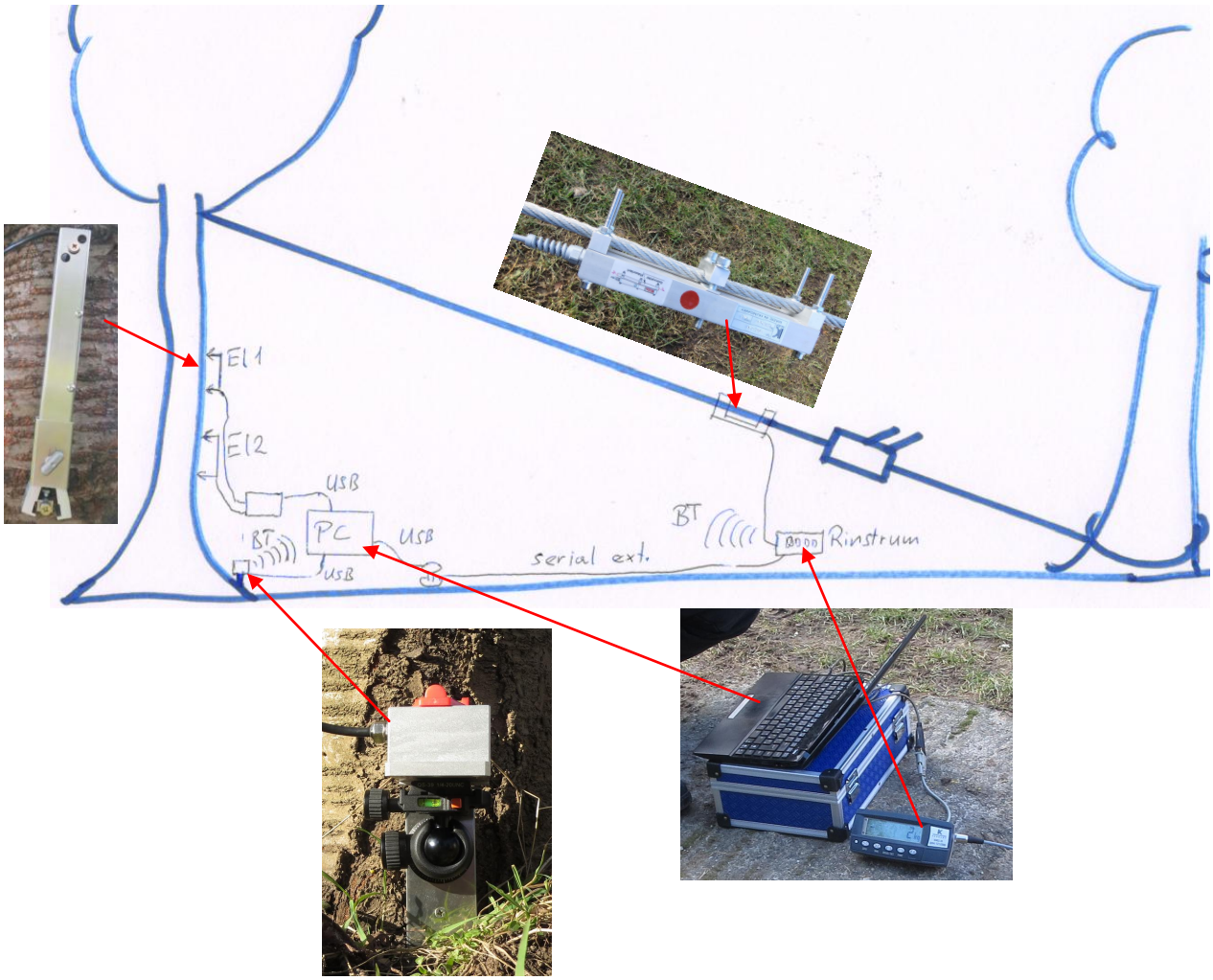
Quando si lavora anche con gli estensimetri la finestra del programma "pulling view" mostra dei dati ulteriori. In particolare compaiono tre box con i dati separati per l'analisi con inclinometro e con ciascuno dei due estensimetri. Occorre inoltre inserire il valore di Limite di Elasticità (Elastic Limit) (freccia viola) reperibile nelle tabelle in allegato I e allegato II.



Configurazione inclinometro + estensimetri

Possibilità di collegamento fra le periferiche ed il computer

Apparato	Tipo di comunicazione	Cavo USB-seriale	Bluetooth
Dinamometro (Rinstrum)	Cavo USB-seriale o Bluetooth	**SI**	**SI**
Inclinometro	Cavo USB-seriale o Bluetooth	**SI**	**SI**
Estensimetri	Cavo USB-seriale	**SI**	**NO**



Algoritmo valutazione Pulling Test

Misurazione del carico massimo dell'albero tramite pulling test (messa in tensione)

I dati inseriti sono:
- l'inclinazione assunta dal fusto alla sua base: ψ, in gradi
- forza della tensione: F

Si trova il valore di F_{max} che minimizza la seguente differenza:

$$(\varphi - \varphi_{calc})^2$$

Dove

$$\varphi_{calc} = \frac{1}{3}\tan\left(\frac{100}{73.85}\frac{F}{F_{max}}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{F}{F_{max}}\right)^2 - \frac{1}{10}\left(\frac{F}{F_{max}}\right)$$

La funzione riportata qui sopra descrive la curva di ribaltamento. Essa è dimostrata per diametri compresi fra 15 e 35 cm.

Gli altri parametri:

h_k = altezza a cui è ancorata la fune sull'albero

l = distanza tra l'albero esaminato ed il punto di ancoraggio

Δh = differenza di livello tra il colletto dell'albero ed il punto di ancoraggio (Δh è positivo quando il punto di ancoraggio è più alto del colletto dell'albero, in caso contrario è negativo)

l'angolo formato dalla fune è calcolato dalla funzione:

$$\alpha = arctan\left(\frac{h_k - \Delta h}{l}\right)$$

Il carico massimo dell'albero è misurato da:

$$M_{max} = F_{max}\, h_k \cos(\alpha)$$

Previsione del carico dovuto al vento

Scelta della velocità massima del vento:	v, di default è inserita la velocità di 33 m/sec (120 km/h)
Superficie della sezione della chioma:	espressa in m^2, calcolata tramite un programma di grafica con la foto dell'albero o per approssimazione
Altezza del centro della chioma:	espressa in m^2, calcolata tramite un programma di grafica con la foto dell'albero o per approssimazione
Densità dell'aria:	ρ (rho) = 1.2 kg/m^3
Drug factor (coefficiente di aerodinamicità):	c_w, si ricava dal catalogo di Stoccarda (Wessoli)

$$M_{wind} = A\frac{rho}{2}v^2 c_w\, h_{crowncenter}$$

Risultato finale

Il risultato è espresso come fattore di sicurezza (safety factor) SF:

$$SF = \frac{M_{max}}{M_{wind}}$$

Un albero è considerato “sicuro” quando il fattore di sicurezza è maggiore di 1,5

Appendice I

Table 1. Stuttgart table of wood strength (Wessolly and Erb 1998).

Species	Modulus of elasticity (N/mm^2)	Comparable strength in longitude (N/mm^2)	Elastic limit (%)	Proposed Aerodynamic drag factor (c_w)
Abies alba	9500	15	0.16	0.20
Acer pseudoplatanus	8500	25	0.29	0.25
Acer negundo	5600	20	0.36	0.25
Acer campestre	6000	25.5	0.43	0.25
Acer saccharinum	6000	20	0.33	0.25
Acer saccharum	5450	20	0.37	0.25
Aesculus hippocastanum	5250	14	0.26	0.35
Ailanthus altissima	6400	16	0.25	0.15
Betula pendula	7050	22	0.31	0.12
Chamaecyparis lawsonia	7350	20	0.27	0.20
Cedrus deodara	7650	15	0.20	0.20
Fagus sylvatica	8500	22.5	0.26	0.25–0.30
Alnus glutinosa	8000	20	0.25	0.25
Fraxinus excelsior	6250	26	0.42	0.20
Picea abies	9000	21	0.23	0.20
Picea omorika	9000	16	0.18	0.20
Carpinus betulus	8800	16	0.18	0.25
Castanea sativa	6000	25	0.42	0.25
Cercis siliquastrum	0	15	—	0.20
Larix decidua	5035	17	0.32	0.15
Liriodendron tulipifera	5000	17	0.34	0.25
Pinus pinaster	8500	18	0.21	0.20
Pinus sylvestris	5800	17	0.29	0.15
Platanus × hybrid	6250	27	0.43	0.25
Populus × canescens	6050	20	0.33	0.2–0.25
Populus nigra ‘Italica’	6800	16	0.24	0.30
Populus nigra	6520	20	0.31	0.2
Populus alba	6400	20	0.31	0.2
Pseudotsuga menziesii	1000	20	0.20	0.20
Pyrus communis	5800	17	0.29	0.30
Quercus robur	6900	28	0.41	0.25
Quercus rubra	7200	20	0.28	0.25
Robinia pseudoacacia	7050	20	0.28	0.15
Robinia monophyla	5200	20	0.38	0.15–0.20
Salix alba	7750	16	0.21	0.20
Salix alba ‘Tristis’	7000	16	0.23	0.20
Sequoiadendron giganteum	4550	18	0.40	0.20
Sophora japonica	6450	20	0.31	0.15
Sorbus aria	6000	16	0.27	0.25
Tilia x hollandica	4500	17	0.38	0.25
Tilia euchlora	7000	17.5	0.25	0.25
Tilia tomentosa	8350	20	0.24	0.25–0.30
Tilia platyphyllos	8000	20	0.25	0.25
Tilia cordata	8500	20	0.24	0.25
Ulmus glabra	5700	20	0.35	0.25

Appendice II

valori di resistenza del legno di alcuni alberi, coefficienti di aerodinamicità e densità.

Nella schermata „pulling view", quando si utilizzano anche gli estensimetri, occorre inserire il valore di „limite di elasticità" (Elastic Limit). Questo dato può essere ricavato dalla tabella di appendice I oppure da appendice II.

In queste tabelle è espresso in percento, nel programma è da riportare in permille, per esempio: Abies alba (0.15%) è da inserire come1.5‰. Questo valore dipende dalla specie, nei casi dubbi è anche possibile inserire, come simulazione, i valori limite (1.6‰ e 4.2‰) e valutare agli estremi il fattore di sicurezza

Albero	MOE*	carico rottura alla compressione**	Limite di elasticità	cw	densità
Genere e specie	Mpa o N/mm2	Mpa o N/mm2	in percentuale		Kg/m3
Abies alba	9.800,00	15,00	0,15	0,200	414,50
Acer campestre	6.000,00	25,50	0,43	0,250	587,00
Acer negundo	5.600,00	20,00	0,36	0,250	587,00
Acer platanoides	10.540,00	22,10	0,21	0,250	587,00
Acer pseudoplatanus	8.500,00	25,00	0,29	0,250	587,00
Acer saccharinum	10.600,00	20,00	0,19	0,250	506,00
Acer saccharum	5.450,00	20,00	0,37	0,250	676,00
Aesculus hippocastanum	5.300,00	14,00	0,26	0,350	383,00
Ailanthus altissima	6.400,00	16,00	0,25	0,150	604,65
Alnus glutinosa	8.000,00	20,00	0,25	0,250	675,25
Betula pendula	8.700,00	22,00	0,25	0,120	633,50
Carpinus betulus	9.700,00	16,00	0,16	0,250	717,00
Castanea sativa	7.200,00	25,00	0,35	0,250	454,00
Cedrus atlantica	10.100,00	15,00	0,15	0,200	483,65
Cedrus deodara	7.650,00	15,00	0,20	0,200	483,65
Chamaecyparis lawsoniana	5.400,00	20,00	0,37	0,200	352,00
Cupressocyparis leylandii	5.900,00	19,00	0,32	0,200	418,00
Fagus sylvatica	9.800,00	22,50	0,23	0,25 - 0,30	655,00
Fraxinus americana	11.000,00	26,00	0,24	0,200	638,00
Fraxinus excelsior	9.500,00	26,00	0,27	0,200	594,00
Gleditsia triacanthos	8.900,00	20,00	0,22	0,156	666,00
Juglans nigra	10.800,00	19,70	0,18	0,224	562,00
Juglans regia	5.000,00	19,70	0,39	0,224	483,00
Larix decidua	9.900,00	17,00	0,17	0,150	572,50
Liriodendron tulipifera	5.000,00	17,00	0,34	0,250	427,00
Nothofagus procera	5.000,00	19,70	0,39	0,224	605,00
Picea abies	9.000,00	21,00	0,23	0,200	424,00
Picea omorika	9.000,00	16,00	0,18	0,200	424,00
Picea sitchensis	10.400,00	18,50	0,18	0,200	424,00
Pinus pinaster	10.000,00	18,00	0,18	0,200	528,00
Pinus ponderosa	8.690,00	17,50	0,20	0,175	528,00
Pinus strobus	8.690,00	17,50	0,20	0,175	528,00
Pinus sylvestris	10.000,00	17,00	0,17	0,150	528,00
Platanus x hispanica	6.400,00	19,70	0,31	0,250	539,00
Populus alba	6.400,00	20,00	0,31	0,200	394,25
Populus x canadensis	6.800,00	20,00	0,29	0,200	394,00
Populus x canescens	7.200,00	20,00	0,28	0,20 - 0,25	394,00
Populus nigra	6.520,00	20,00	0,31	0,200	394,00
Populus nigra "Italica"	6.800,00	20,00	0,29	0,300	394,00
Prunus avium	8.300,00	16,50	0,20	0,275	479,50
Pseudotsuga menziesii	12.700,00	20,00	0,16	0,200	446,00
Pyrus communis	5.800,00	17,00	0,29	0,300	612,25
Quercus robur	6.900,00	28,00	0,41	0,250	697,00
Quercus rubra	10.800,00	20,00	0,19	0,250	657,00
Robinia monophyla	5.200,00	20,00	0,38	0,15 - 0,20	708,00
Robinia pseudoacacia	7.050,00	20,00	0,28	0,150	708,00
Salix alba	7.750,00	16,00	0,21	0,200	408,00
Salix alba "Tristis"	7.000,00	16,00	0,23	0,200	408,00
Sequoiadendron giganteum	4.700,00	18,00	0,38	0,200	418,30
Sequoia sempervirens	7.600,00	19,00	0,25	0,200	436,00
Sophora japonica	6.450,00	20,00	0,31	0,150	810,22
Sorbus aria	6.000,00	16,00	0,27	0,250	612,25
Thuja plicata	7.700,00	19,00	0,25	0,200	344,00
Tilia americana	8.070,00	18,90	0,23	0,255	398,00
Tilia euchlora	7.000,00	17,50	0,25	0,250	398,00
Tilia cordata	8.300,00	20,00	0,24	0,250	398,00
Tilia x hollandica	4.500,00	17,00	0,38	0,250	398,00
Tilia platyphyllos	8.000,00	20,00	0,25	0,250	398,00
Tilia vulgaris	9.200,00	20,00	0,22	0,250	398,00
Tilia tomentosa	8.350,00	20,00	0,24	0,25 - 0,30	398,00
Tsuga canadensis	9.720,00	20,00	0,21	0,200	479,00
Tsuga heterophylla	11.300,00	20,00	0,18	0,200	479,00
Ulmus americana	8.550,00	20,00	0,23	0,250	554,00
Ulmus glabra	9.400,00	20,00	0,21	0,250	594,00
Ulmus x hollandica	5.400,00	20,00	0,37	0,250	594,00
Ulmus procera	5.200,00	20,00	0,38	0,250	594,00

Sommario

Fakopp Pulling Test Hardware per la valutazione dell'apparato radicale 2

Introduzione 2

Componenti hardware: 2
Inclinometro: 2
Dinamometro 3
Esecuzione del test 4

Collegamenti 4

Collegamento dell'inclinometro al PC tramite bluetooth 5

Collegamento del dinamometro al PC. 7

Fakopp Pulling Test Software v1.2 8
Guida rapida – Pulling Test 2 Collect 8
Guida rapida - Pulling-test 2 Viewer 10
Inserimento dei dati 10

Fakopp Pulling Test Hardware per la valutazione della propensione alla frattura del fusto 12

Introduzione 12

Componenti hardware (estensimetri): 12
Estensimetri: 12
Impostazione dei valori di calibrazione degli estensimetri 12
Estensimetro 14
Esecuzione del test 15

Configurazione inclinometro + estensimetri 16

Algoritmo valutazione Pulling Test 17
Misurazione del carico massimo dell'albero tramite pulling test (messa in tensione) 17
Previsione del carico dovuto al vento 17
Risultato finale 18

Appendice I 18

Appendice II 19