



FAKOPP

Húzóvizsgálat
használati útmutató

Fakopp Kft.
2026. 03. 25.

Tartalomjegyzék

Kapcsolat.....	1
Bevezetés.....	2
Az eszköz elemei.....	2
A húzóvizsgálat elemei.....	5
Mérési folyamat.....	7
A gyökérzet biztonságának mérése.....	8
A törzs biztonsága.....	11
Mérési útmutató.....	13
Mérés és szoftver.....	18
Útmutató az EN1991 Biomechanika használatához.....	26
A Függelék.....	37
B Függelék.....	39

Kapcsolat

Cég
EU adószám

Fakopp Kft.
HU32866438

Cím
Település
Irányítószám
Ország

Fenyő utca 26.
Ágfalva
9423
Magyarország

Web
E-mail
Telefon

<https://www.fakopp.com>
office@fakopp.com
+3630 394 9562

FIGYELEM! Legyen körültekintő a vizsgálat közben. A szoftver igyekszik túlbecsülni a kockázatot, de a biztonsági tényező számítása egyszerűsítéseket tartalmaz, és a bemeneti adatokba is kerülhet hiba. Kizárólag ön felelős a húzóvizsgálati eszköz rendeltetésszerű használatáért. Felhívjuk a figyelmét, hogy a húzóvizsgálati eszköz csak egy eszköz, amelyet az ön tapasztalatával és képesítésével együtt kell használnia a fák egészségének vizsgálatár. Minden hardver és szoftver meghibásodhat, illetve lehetséges helytelenül használni.

Bevezetés

A városi fák vizsgálata a közterek biztonsága érdekében elengedhetetlen feladat.

A leginkább elfogadott módszer a gyökérzet biztonságának megállapítására a húzóvizsgálat, mely során egy, a fatörzshöz erősített kötél segítségével terhelésnek vetjük alá a fát. Gyökfő dőlésének alapján meg tudjuk becsülni a kidöntéshez szükséges erőt. Elmozdulásmérőkkel kiegészítve fel tudjuk mérni a törzs törésének kockázatát. Mindkét eljárást bemutatjuk a használati útmutatóban.

Az eszköz elemei

Kaliber 5t erőmérő

- Erőmérő cella
- Terhelhetőség: 50kN
- Felbontás: 1 kgf
- Kijelző egység
- 2 db omega sekli
- Az erőmérő csatlakoztatható a központi egységhez (Central Unit) vagy a számítógéphez Bluetoothszal vagy USB kábellel.



LineScale 3t erőmérő

- Terhelhetőség: 30 kN
- Integrált OLED grafikus kijelző
- Bluetooth (BLE)



Központi egység (Central unit)

- Áramellátásáért felel
- Adatátvitel a PC-re

Csatlakoztatható:

- 2 db dőlésmérő
- Kaliber erőmérő
- Elmozdulásmérők
- PC



Dőlésmérő (High Precision Inclination Recorder)

- Nagy pontossággal méri a dőlést a gyökfőnél
- Méréstartomány: +/-10°
- Felbontás: 0,001°
- A központi egységhez csatlakozik



Elmozdulásmérő (Elastometer)

Az elmozdulásmérő adatai alapján a törzs rugalmassági határát becsüljük meg.

- A két érzékelő a törzs apró deformálódását méri húzás közben
 - Méréstartomány: +/- 2 mm
 - Felbontás: 0,0001 mm



Húzóvizsgálati szoftver

- Adatokat gyűjt és rögzít
- Becslést ad a gyökérzet, illetve törzs maximális teherbírására
- Szélteher becslést végez az EN1991 szabvány szerint. Tesztelés.

Inclination
1.27°
Raw inclination
X=-00.845
Y=-00.944
Tara

Force
9 kgf
Raw force
0.09
Tara

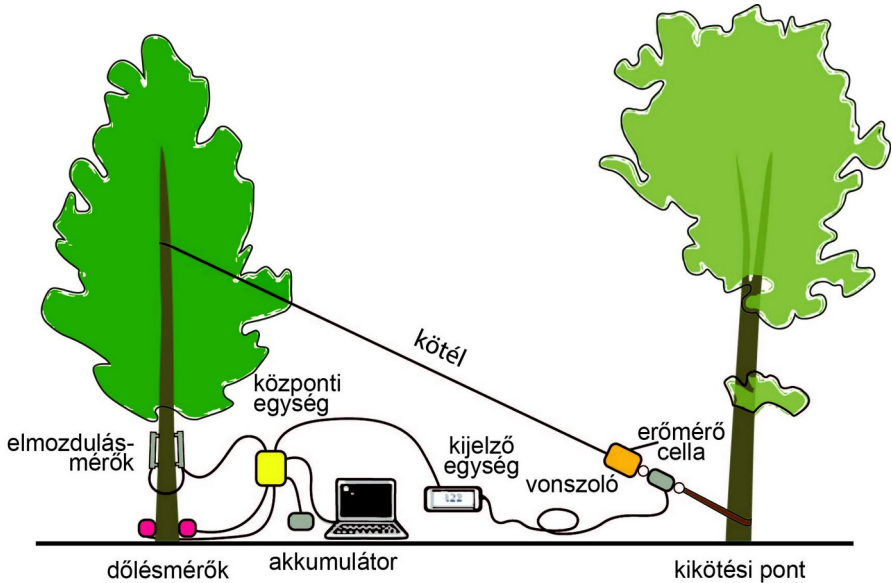
Inclination
1.16°
Raw inclination
X=+01.110
Y=-00.334
Tara

Elastometer
1536 2987
Raw displacement
[01536, 02987]
Tara

Measurement: English
New
Name
Rope height on tree (m)
Anchor-tree level difference (m)
Anchor-tree distance (m)
Drag factor
Wind speed (m/s)
Crown area (m²)
Crown center height (m)
Elasto1 height (m)
Elasto2 height (m)
Recording setup
Inclination alert limit (deg)
Force alert limit (kgf)
Save directory
C:\Users\Kossch\Documents\untitled.pul

Recording
Start Stop
RECORDING
9,175809 kgf 1.27°
9,175809 kgf 1.27°
9,175809 kgf 1.27°
9,175809 kgf 1.26°
8,156274 kgf 1.27°
8,156274 kgf 1.27°
7,13674 kgf 1.26°
6,117206 kgf 1.27°
5,097672 kgf 1.27°
3,058603 kgf 1.26°
2,039068 kgf 1.27°
1,019534 kgf 1.27°
1,019534 kgf 1.27°
Elastometer settings

A húzóvizsgálat elemei



1. Húzóvizsgálat gyökér és törzs vizsgálathoz

- Dőlésmérők: 2 érzékelő
- Elmozdulásmérő: 2 érzékelő
- Erőmérő és kijelző egység (csak Kaliber 5t erőmérő esetén)
- Központi egység

Segédeszközök

Az alábbi eszközöket nem tartalmazza a húzóvizsgáló eszköz, ezeket a felhasználónak kell beszereznie.

- Vonszoló
- Acélsodrony kötél
- 2 db körkötél/heveder (a húzott fa koronájába és a rögzítési ponthoz kötjük)
- Összecsukható asztal
- Laptop legalább Windows 10 vagy 11-es operációs rendszerrel és a Pulling Test szoftverrel



2. ábra: Körkötél



3. ábra: Mérési felszerelés.

A vonszoló nem része a terméknek. Más típusú is használható.

Mérési folyamat

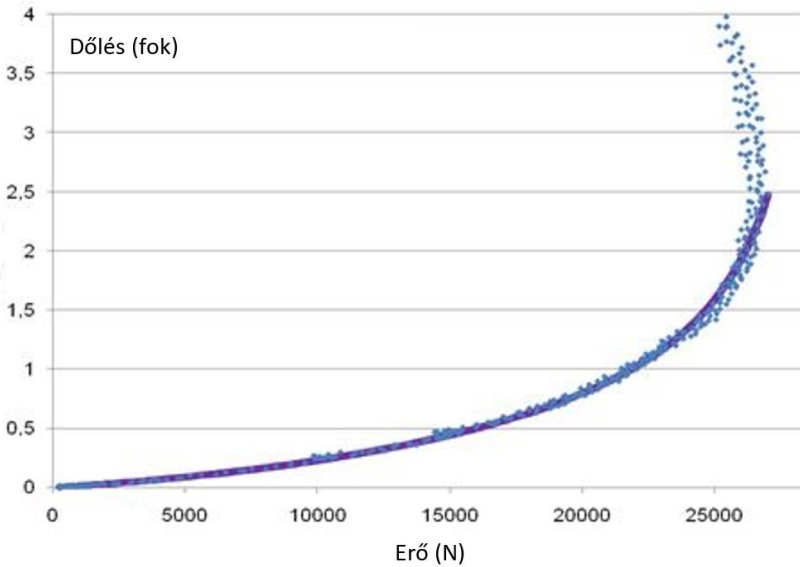
A vizsgálat során egy sodronykötelet rögzítünk a fa koronájában, és azon keresztül fokozatosan növekvő terhelést fejtünk ki, miközben mérjük a gyökfő dőlését és a fatörzs alakváltozását. A mérés során a dőlést $0,2^\circ$ alatt tartjuk, így a vizsgálat nem tehet maradandó kárt sem a törzsben, sem a gyökérzetben.

A vizsgálni kívánt fa koronájának lehetőleg a középpontjába erősítsük a kötelet. Csak olyan helyre rögzítsük a kötelet a törzsön, amely elég erős ahhoz, hogy ellenálljon a húzásnak. Amennyiben a korona középpontja nem terhelhető, a kötelet rögzítsük a fa középmagasságában. A kötélerősítéséhez létrára lesz szükségünk, fel kell másznunk a fára a kívánt magasságba, vagy kosaras autót kell használni. A fa sérülésének elkerülése érdekében körkötelet használunk (lásd: 2. ábra). Ezt kötjük a kötélel. A kötélel másik végére rögzítjük a vonszolót, mely egy rögzítési ponthoz van kikötve. A talajszinten lévő kikötési pontnál elvárta a biztonságos terhelhetőség. Ez a pont általában egy másik fa törzse. Amennyiben egy másik fát használunk erre a célra, gondoskodjunk arról, hogy a fatörzset nem sértjük fel: használjunk körkötelet.

A vonszoló segítségével terheljük a kötelet. A vonszoló és a körkötél között rögzítjük az erőmérő cellát, vagy a kötélel másik végén a lombkoronában (LineScale esetén). A cella valósídejű terhelési adatokat szolgáltat, húzóerőt mér.

A kábel szöget zár be a földdel, a mért terhelés vízszintes komponensét használjuk a kiértékeléshez. A terhelést folyamatosan mérjük, az erőadatokat a számítógép rögzíti, és az adatrögzítés után kiértékeli.

A gyökérzet biztonságának mérése



4. ábra: Tipikus kidőlési görbe

A gyökérzet biztonságának megállapításához dőlés és erő adatokra van szükség. A dőlést a gyökfőnél mérjük, míg az erőt a kótelen. Mindkét adatsort a PC fogadja, rögzíti és kiértékeli.

Általános kidőlési görbe

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

1. képlet: Általános kidőlési görbe egyenlete

φ [fok]

F [N]

F_{max} [N]

dőlés a gyökfőnél

vízszintes erőkomponens

kidöntéshez szükséges vízszintes erő

A fenti egyenletet ha illesztjük a mért erő és dőlési adatokra, megbecsülhetjük a vízszintes erőt, mely kidöntené a fát (F_{max}). Ebből kiszámíthatjuk a maximális forgatónyomatékat.

$$M_{max} = F_{max} h$$

M_{max} [Nm]

h [m]

maximális forgatónyomaték

a kötél fára rögzítésének

magassága

Kidőléshez szükséges szélesebesség (Uniform model)

FIGYELEM: Magyarországon az EN1991 model használatos, lásd később.

Az maximális forgatónyomatékokot (M_{max}) alapján ki tudjuk számolni, hogy az adott szélesebesség esetén mekkora az veszélye annak, hogy a fa gyökerestül kiforduljon. A fára ható forgatónyomaték adott szélesebesség esetén a következő egyenlettel számolható ki:

$$M_{szél} = A \frac{\rho}{2} v^2 c_w h_{cr}$$

$M_{szél} [Nm]$	fára ható forgatónyomaték
$A [m^2]$	lombkorona területe
$\rho [kg/m^3]$	légsűrűség
$v [m/s]$	szélesebesség
C_w	aerodinamikai légellenállási tényező
$h_{cr} [m]$	a lombkorona középpontjának magassága

A légellenállási tényező fafaj függő. A tényező értékeit a B Függelékben található táblázat mutatja. (Wessoly and Erb 1998 alapján).

Az $M_{szél}$ (a szélből származó maximális fára ható forgatónyomaték) és az M_{max} (maximális forgatónyomaték) arányából kiszámíthatjuk a Biztonsági Faktort (SF: Safety Factor). Ez az arány becsüli meg a fa biztonságát.

$$SF = \frac{M_{max}}{M_{szél}}$$

Amennyiben ez az érték 1,5 fölé esik, a fát biztonságosnak becsüljük. Ha az SF azonban 1 alatt van, magas a kockázati faktor. A két érték között mérsékelt a kockázata a gyökérzet kifordulásának.

Ha több SF értéket kapunk a vizsgált fára, a legalacsonyabb értéket vegyük figyelembe.

A húzóvizsgálat csak akkor képes a gyökérzet biztonságát megállapítani, ha a gyökfő, amelyre a dőlésmérőket szereltük, együtt mozog a gyökérrel. Amennyiben a gyökfő súlyosan károsodott, a kapcsolat a gyökerek és a gyökfő között gyengébb, így a biztonsági faktor félrevezető lehet.

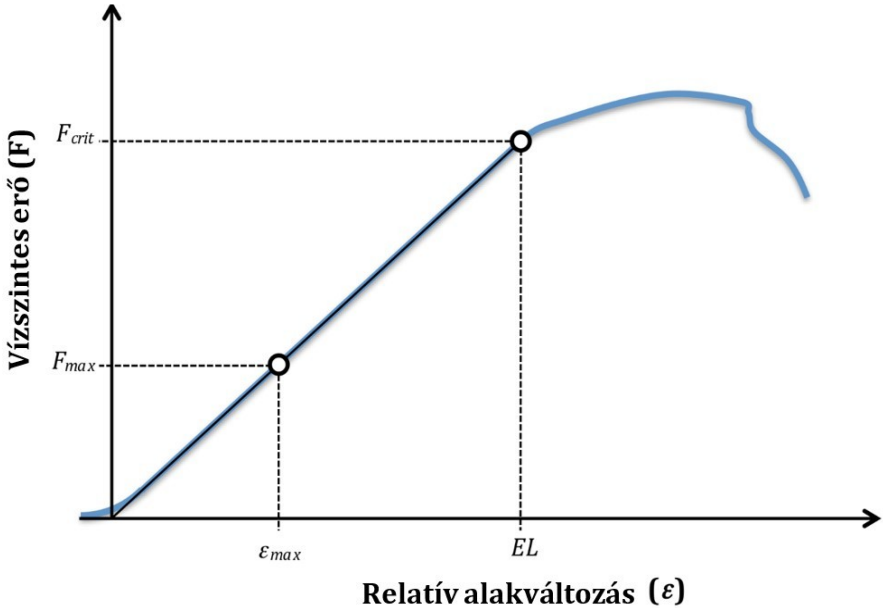
A törzs biztonsága

A törzs biztonságának kiértékeléséhez a törzs deformációját mérjük, a húzás közben. A húzóvizsgálat során a fatörzs meghajlik, mely nyúlással jár a kábelhez képest távolabb eső oldalon, és nyomással a közelebbin.

A tesztelés folyamata hasonló a gyökérzet stabilitásának meghatározásához. Az alakváltozást a törzs nyújtott, nyomott vagy mindkét oldalán mérjük, melyből megbecsülhető a fatörzs törésének kockázata. Az erő és alakváltozás adatait a számítógépes szoftver összegyűjti, majd elemzi.

A törzs biztonságát egy elasztikus határérték alapján becsüljük meg. Amikor a fatörzs hajlásnak van kitéve, egy bizonyos pontig lineáris az alakváltozás. Fontos kiemelni, hogy ez a deformáció egy adott pontig nem tartós, és eddig a pontig nem szenved maradandó sérülést a törzs. Ennek a relatív alakváltozásnak a határát elasztikus határértéknek (EL, elastic limit) hívjuk.

Az elasztikus határérték olyan állandó, mely függ a fafajtól (lásd: táblázat a B Függelékben). A húzóvizsgálat során keletkező alakváltozásnak jóval a elasztikus határérték alatt kell maradnia.



A mérés után terhelés és alakváltozás adatokat (F_{max} és ε_{max}) kapunk. A szoftver egy lineáris függvényt illeszt a mért adatpontokhoz. Ezt a függvényt ezután extrapolálja az EL pontig, ami megadja a kritikus terhelést (F_{crit}).

A kritikus terhelőerőből a biztonsági tényező számítása hasonló a gyökérstabilitáséhoz.

$$M_{crit} = F_{crit} h$$

M_{crit} [Nm]

kritikus forgatónyomaték

F_{crit} [N]

kritikus vízszintes terhelőerő

h [m]

a kötél fára rögzítésének magassága

A biztonsági tényező a kritikus forgatónyomaték (M_{crit}) és a szélből származó forgatónyomaték ($M_{szél}$) hányadosa.

$$SF = \frac{M_{crit}}{M_{szél}}$$

Itt az $M_{szél}$ értéket ugyanúgy számítjuk ki, mint ahogyan leírtuk a gyökérzet biztonsági vizsgálatánál, illetve az SF jelentése is megegyező. Amennyiben ez az érték 1,5 fölött van, a fa biztonságos. Ha 1 alatti értéket kapunk, magas a kockázat, közötte pedig mérsékelt kockázatról beszélhetünk. Ha több SF értéket kapunk a vizsgált fára, a legalacsonyabb értéket vegyük figyelembe.

Mérési útmutató

Sodronykötél

Szereljük fel a körkötelet a fa törzsére, a lombkorona középpontjához a lehető legközelebb. Rögzítsük a törzsre vagy egy erős középső ágra. A fa roncsolását elkerülendő körkötelet (2. ábra) tekerünk a törzs köré, és ebbe akasztjuk bele a sodronykötelet.

A rögzítési pontnak minimum kétszer akkora távolságra kell lennie a vizsgált fától, mint amilyen magasan rögzítettük a kötelet a fán. Minél nagyobb a távolság, annál jobb a mérés, mert így a vízszintes erőkomponenst növeljük. Végül állítsuk össze a vonszolót, köteleket, kábeleket. Mindig kövessük a biztonsági előírásokat!

Erőmérő

Kaliber 5t erőmérő

- **A Kaliber erőmérőbe soha ne tegyünk elemet, amikor a Központi egységről tápláljuk!**

- Szereljük fel az erőmérő cellát a vonszoló és a körkötél közé a rögzítési pontnál
- Kapcsoljuk össze az erőmérőt a Rinstrum kijelző egységgel
- A külső kijelző egységet csatlakoztassuk a központi egységhez

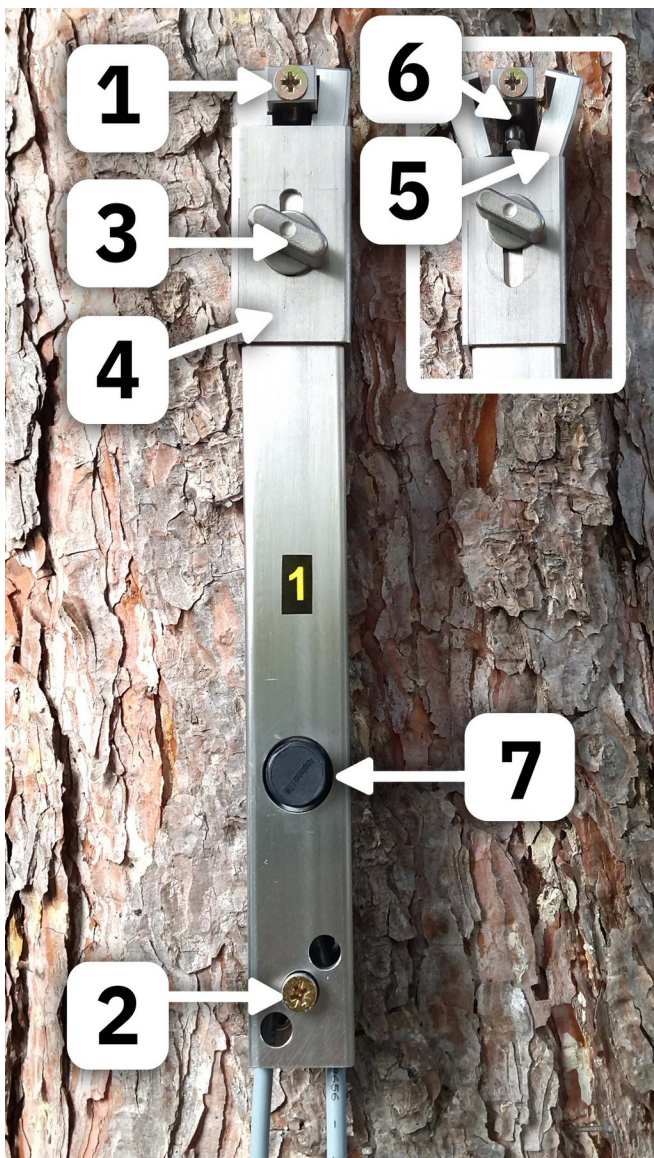
LineScale 3t erőmérő

- Szereljük fel az erőmérőt vagy a lombkoronánál az acélsodrony és a körkötél közé

Dőlésmérők

- Szereljük fel az első dőlésmérő szenzor rögzítőelemét csavarral a gyökfőre, olyan közel a földhöz amennyire csak lehet, de ne tőterpeszre
- Ne szereljük fel a dőlésmérőt beteg törzsfelületre
- Csúsztassuk a rögzítőelemre az érzékelőt, és szintezzük azt a kéttengelyű szintező eszköz segítségével
- Csatlakoztassuk a dőlésmérőt a központi egységhez
- Ismételjük meg a fentieket a második dőlésmérővel is

Elmozdulásmérők



Elmozdulásmérő felszerelése

- Húzzuk meg a felső (1) és alsó (2) csavarokat anélkül, hogy kinyitnánk a zármechanizmust (5)
- Lazítsuk meg a szárnyas csavart (3) és csúsztassuk le a gallért (4) hogy kinyissuk a zármechanizmust (5)
- Ekkor az elmozdulásmérő rúd (6) szabadon mozoghat a nyitott zármechanizmusban, miközben a fa hajlik. A nyitott zármechanizmusnak nem szabad hozzáérnie az acél blokkhoz (1).
- Ne lazítsuk meg a szellőződugót (7)
- **Ha kinyitás után észrevesszük, hogy mélyebbre kell hajtani a rögzítő csavart, először mindig zárjuk vissza a mechanizmust.**

Elmozdulásmérő pozicionálása

- Az érzékelőket mindig a húzás vonalába, húzott vagy nyomott oldalon helyezzük el
- Lehetséges pozíciók:
 - mindkét érzékelő a nyomott oldalon
 - mindkét érzékelő a húzott oldalon
 - egyik a nyomott, másik a húzott oldalon
- Érzékelő magasság:
 - külső jegyek alapján válasszunk olyan magasságot, amely a fa leggyengébb pontja lehet
 - ne tegyük magasabbra a rögzítési pont magasságának a felénél az érzékelőket

Elmozdulásmérő csatlakoztatása (INDEL verzió, 2025)

Ez a szakasz csak a 2025 októberét követően gyártott (INDEL) elmozdulásmérőkre vonatkozik, amelyekhez nincs külön elmozdulásmérő elektronika.

- Csatlakoztassuk a 2-es elmozdulásmérő érzékelőt az 1-eshez.
- Csatlakoztassuk az 1-es érzékelőt a központi egységhez (“Central unit”) a képen látható kábellel.



Elmozdulásmérő és központi egység összekötő kábel

A központi egységhez közvetlenül csatlakoztatott elmozdulásmérő a szoftverben mindig Elasto 1 néven jelenik meg.

Központi egység és a teszt megkezdése

- Kapcsoljuk az akkumulátort a központi egységhez (“Central unit”)
- Kapcsoljuk be a központi egységet
- Kaliber erőmérő: kapcsoljuk be és nyomjuk meg a “Tara” gombot. Az erő értéke nulla kell, hogy legyen. A kábelt nem szabad megfeszíteni.
- LineScale erőmérő: a bekapcsoláshoz tartsuk lenyomva a piros gombot
- A központi egységen minden eszközhöz tartozik egy LED közvetlenül a kábel csatlakozója mellett, mely az adatátvitelt villogó fénnel jelzi

- A Central Unit M2 verziója beépített alacsony energiafogyasztású Bluetooth (BLE) egységet használ, amelynél nincs szükség párosításra a PC-n.

LM048 kapcsolódás a Kaliber erőmérőhöz

- Az LM048 egységnek DTE pozícióban kell lennie
- Ha az LM048 egységgel csatlakoztassuk a Kaliber erőmérőt és a központi egységet
- Csatlakoztassuk az LM048-at az erőmérő soros kimenetéhez



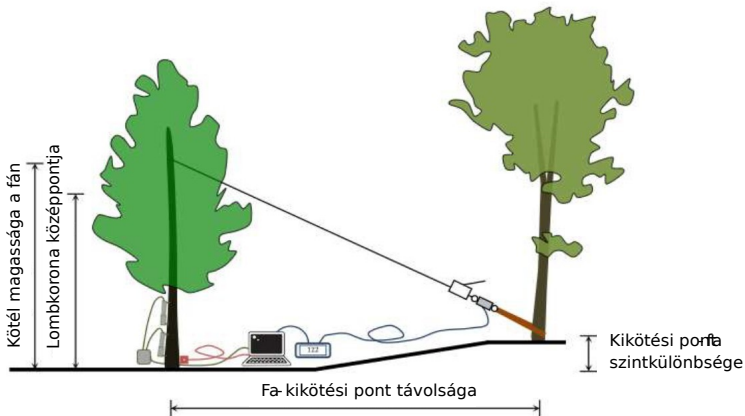
Ha az LM048 egység csatlakoztatva van a Kaliber erőmérőhöz, akkor nem kap tápot a központi egységtől. Helyezzen négy darab teljesen feltöltött AA jelzésű elemet a Rinstrum kijelző egységébe. Ne felejtse el kivenni az elemeket a mérés befejeztével. **Ne használjon elemet, ha a Rinstrum erőmérő csatlakoztatva van a központi egységhez.**

Mérés és szoftver

- A központi egység legyen a PC-hez csatlakoztatva
- Indítsuk el a PullingCollector (adatgyűjtő) alkalmazást, mely a szenzorokból érkező adatokat gyűjti és rögzíti
- Az eszközállapot mezők pirosak, amíg nem érkezik adat
- A mezők zöldre váltanak, ha van adatkapcsolat
- 2021 előtt gyártott elmozdulásmérők: Írjuk be a kalibrációs állandót mindkét elmozdulásmérőhöz a "Beállítások" gombra kattintva

- 2025 októberét követően gyártott elmozdulásmérőkhöz nem tartozik külső elmozdulásmérő elektronika. Az elmozdulásmérők egymáshoz és közvetlenül a központi egységhez kapcsolódnak.

Mérési paraméterek



A rögzítési pont-fa szintkülönbség pozitív, amennyiben a rögzítési pont magasabban fekszik a vizsgált fánál.

Az aerodinamikai légellenállási tényező fafaj függő, mely értékeket a szoftver automatikusan kitölti fafaj választást követően.

Hasonlóképpen történik elasztikus határérték kezelése.

Az EN1991 értékeléshez a paraméterek a megjelenítőben állíthatóak a mérést követően.

Végül megadhatjuk a projekt nevét, és a mentés helyét. A tesztelés paramétereit később is beírhatjuk vagy megváltoztathatjuk a PullingViewer megjelenítőben.

A mérés megkezdése előtt ne felejtünk el figyelmeztető jelzést beállítani a dőlés és az erő értékeire. A szoftver figyelmeztető

hangjelzést ad, amikor elérjük a beírt határértéket. Bár a Kaliber erőmérő maximális terhelhetősége 5 t, a LineScale 3t, a vonszolók általában csak 1.6 t vagy 3.2 t terhelést bírnak el. A figyelmeztető jelzés limitjét a leggyengébb elemhez állítsuk be. Például egy 1.6 t vonszolóhoz 1500 kg-ot adjunk meg. Fontos továbbá, hogy minden mérés előtt nyomjuk meg a “Tara” gombot terheletlen állapotban, hogy 0 pozícióba állítsuk az erőmérő eszközt.

PullingCollector adatgyűjtő

- Adjuk meg a paramétereket.
- Győződjünk meg róla, hogy minden csatlakoztatott eszköz jó értékeket mutat, és a kijelzőterületük zöld színű.
- Állítsuk a Dőlés limitet 0.2 fokra.
- A törzs deformációjára vonatkozó figyelmeztetés automatikusan származtatott a fafaj alapján.
- Állítsuk be az Erő limitet a vonszoló kapacitása vagy az erőmérő kapacitása alapján, amelyik alacsonyabb. Ha az értékek közül egyet elérünk, a program csipogó hanggal jelez. E határértékek betartása biztosítja, hogy a legtöbb esetben nem áll fenn a fa maradandó károsodásának veszélye. Különösen figyelniünk kell, ha súlyosan sérült fát mérünk.

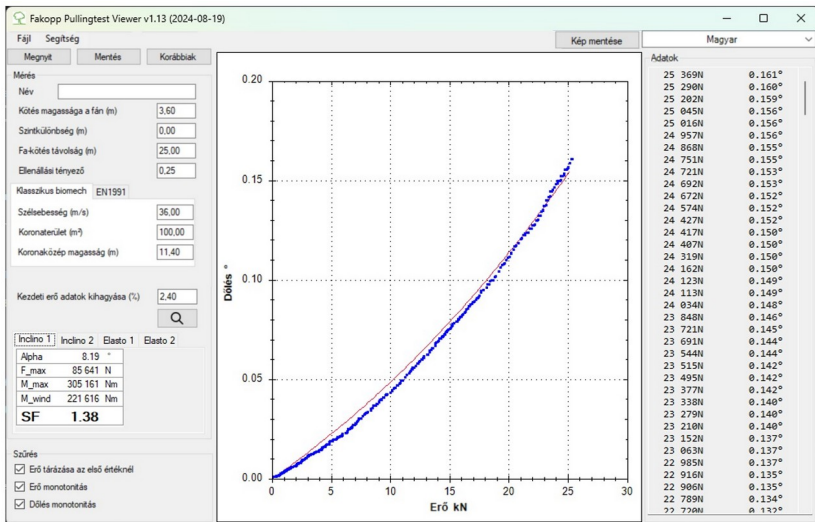
Mérés a PullingCollector-ban

Mindenképpen kövessük a biztonsági előírásokat mérés közben!

- **Tárázzunk minden eszközt („tara” gomb)**
- Kattintsunk meg a “Start” gombot a rögzítés indításához
- Fokozatosan növeljük a kötélt terhelését a vonszoló lassú, és egyenletes működtetésével

- Folyamatosan növeljük a terhelést, míg el nem érjük a 0.2° dölést, illetve a vonszoló vagy az erőmérő maxiális kapacitását (ezek közül a legalacsonyabb értéket)
- Ha az bármelyik limitet elértük, kezdjük el visszaereszteni a kötelet, amíg a húzóerő vissza nem tér nulla közelébe
- Ha ez megtörtént kattintsunk a “*Stop*” gombra a mérés befejezéséhez
- Kattintsunk az “*Megnyitás a megjelentőben >>*” gombra

Pulling Viewer



Lehetőség van arra, hogy a dőlésmérő és a elmozdulásmérők görbéi között váltogathassunk, ehhez kattintsunk a paraméterek alatti fülekre: *Inclino 1*, *Inclino 2*, *Elasto 1*, *Elasto 2*.

A program illeszt egy általános kidőlési görbét (1. képlet: Általános kidőlési görbe egyenlete) a dőlési adatokhoz (Inclino) és egy lineáris függvényt az elmozdulásmérő adataihoz (Elasto), amennyiben a szűrők be vannak kapcsolva.

A program ezen felül kiszámítja a statikai paramétereket, továbbá a biztonsági tényezőket.

Kiértékelés

A teszt befejezésével, a szoftver lehetőséget biztosít a biztonsági tényezőt (SF) meghatározására.

Ha az SF 1.5 fölött van, a fa biztonságos. Vegyük figyelembe, hogy a húzóvizsgálat nem számol a környezeti sajátosságokkal. Amennyiben egy fa szélcsatornában áll, magas SF értékek ellenére is veszélyes lehet. Amennyiben szélárnyékban áll, jelentősen alulbecsüli a tényleges biztonsági tényezőt.

Az SF 1 alatti érték esetén magas kockázatot jelöl. A két érték közötti tartomány enyhe kockázatot jelent. Külön SF értéket kapunk a gyökérstabilitásra (1-es és 2-es dőlésmérő), és külön-külön az egyes elmozdulásmérőkre. Az utóbbiak alapján kapott törési biztonsági tényező azon törzsrészre vonatkozik csak, ahová a elmozdulásmérőt felszereltük.

Fontos, hogy a húzóvizsgálat adatainak pontjai általában szépen kövessék az illesztett görbét. Amennyiben rossz az illesztés, az eredmény nem megbízható. Ez akkor szokott előfordulni, ha nagy széllelkések mellett végeztük a tesztet. Ilyen esetben ismételjük meg a tesztet, amikor enyhül a szél. Ne végezzünk húzóvizsgálatot, 25 km/h-nál nagyobb széllelkések esetén.

Az elmentett méréseket később megnyithatjuk a PullingViewer kiértékelő programban a „*Megnyit*” vagy „*Korábbiak*” gombokra kattintva. A húzóvizsgálati mérés fájlját megnyithatunk meg Excelben is:

- Jobb egérgombbal kattintsunk a mérési fájlra
- *“További lehetőségek megjelenítése”* (csak Windows 11-nél)
- *“Open with Excel”*

Biztonsági előírások

A húzóvizsgálat során jelentős terhelést alkalmazunk. A mérés során kövessük a biztonsági előírásokat. A kötéel szakadása súlyos sérüléshez vezethet.

Nézzük át a vonszolót, hogy nincs-e rajta sorja! Csiszolja/köszörülje le a sorját, ha szükséges! A sorja felsértheti az acélsodrony kötelet is.

Győződjünk meg arról, hogy az összes kötéel sérülésmentes állapotban van.

1. A húzóvizsgálat biztonságos kivitelezése a mindenkori munkavezető feladata és felelőssége.
2. Csak betanított személyzet végezheti a húzóvizsgálatot.
3. Az alkalmazott eszközöknek, beleértve a körkötelet, kötelet és a vonszolót sérülésmentes állapotúnak kell lennie. A felszerelést alaposan nézzük át a tesztelés előtt, nem látunk-e rajtuk sérülést vagy sorját.
4. Minden eszközt védeni kell a magas nedvességtartalomtól, fagytól és tartós napsugárzástól.
5. A munkaterületet le kell keríteni, illetéktelenek nem keresztezhetik a kötéel vonalát.
6. A húzóvizsgálatot végző egyéneknek legalább 2 méterre kell tartózkodnia a kábeltől, leszámítva a vonszoló kezelőjét.
7. 1 kN terhelés fölött a vonszoló kezelőjének tanácsos kihúzott vonszolókart használnia, mellyel a kötéeltől minél távolabbra állva működtetheti a vonszolót.
8. Készüljünk fel az eszköz esetleges sérülésre vagy a fa törésére, kifordulására, és biztosítsunk menekülési útvonalat.

9. A húzóvizsgálat végzését hagyjuk abba, amikor elérjük a 0.2° dőlést.

10. Esőben és fagypont alatt vizsgálatot végezni tilos.

Fontos megjegyeznünk, hogy a húzóvizsgálat felszerelése: a kötelek és a vonszoló külső cég terméke, melyet a felhasználónak kell beszereznie. A FAKOPP Kft. nem vállal felelősséget a húzóvizsgálat során történő esetleges károkért és sérülésekért!

Fontos megjegyzések

A fák vizsgálatának első lépése a vizuális vizsgálat. A faápolónak, a fa vizsgálójának meg kell állapítania, hogy a húzóvizsgálat mennyire kockázatos. Egyes esetekben a húzóvizsgálat teljes mértékben kerülendő, míg más esetekben a megfelelő elővigyázatossággal elvégezhető.

Ne végezzünk húzóvizsgálatot:

- ha hasadás látható a fatörzsön
- ha fennáll a törzstörés kockázata
- ha villás elágazású a fa, melyet a húzás megnyithatna
- ha esős vagy szeles idő van

Amennyiben a gyökfő kérdéses állapotban van, mindenképpen használjunk 2 dőlésmérőt. Mindkettőt rögzítsük a gyökfőre, olyan közel a földhöz, amennyire csak lehetséges. Semmi esetre se helyezzük a dőlésmérőket sérült felületre vagy tőterpeszre. Ha a mért SF értékek több mint 50%-os eltérést mutatnak egymáshoz képest, a kapott eredmény nem megbízható.

A dőlésmérőket célszerű úgy rögzíteni a gyökfőre, hogy azok 90 fokos szöget zárjanak be egymással a bélhez viszonyítva. Ha a gyökfő ellipszis alakú, rögzítsük az egyik dőlésmérőt a főtengelyre, a másikat pedig a kistengelyre.

A fát abból az irányból húzzuk, amely irányban a leggyengébbnek ítéljük meg.

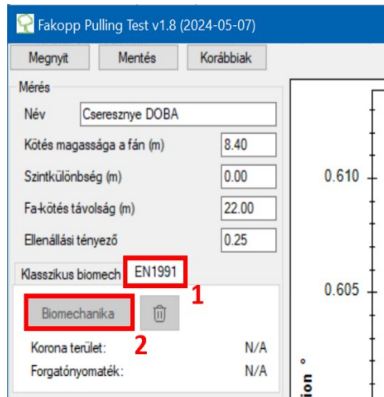
Amennyiben a húzóvizsgálatot villás elágazású fán kell elvégeznünk, az elágazásra merőlegesen húzzunk, nehogy megnyissuk a törzset. Használjunk nyitható csigát, amivel a terhet megosztjuk.

Útmutató az EN1991 Biomechanika használatához

Elindítás

Az EN1991-re alapuló biomechanika elindításához:

1. Kattintsunk az “EN1991” fülre
2. Kattintsunk a “Biomechanika” gombra



- Válasszunk ki egy képet a vizsgált fáról. (A kép nagy részét a fa alakja töltse ki.)
- A Biomechanika ablakban megjelenik a kép:



Állítsuk be az EN1991 paramétereit

Kezdként írjuk be a modell paramétereit:

1. Alap szélesség: megtalálható az EN1991-1-4 szabvány 4.2-es fejezetében, illetve a nemzeti mellékletben. **Magyarországon 23.6 m/s.**
2. Terület kategória: az EN1991-1-4 szabvány 4.3.2-es fejezetében a 4.1-es táblázatban, illetve a nemzeti mellékletben. (B függelék)
3. Ellenállási tényező: a főablakban, az EN1991 fül felett adható meg.
4. A fa sűrűsége.
5. A dőlésszöget a program automatikusan számolja a kép alapján, ha már minden szükséges vonalat berajzoltunk „Dőlésszög megadását” kiválasztva manuálisan is beírható. Ez abban az esetben szükséges, ha a dőlés mértéke nem látszik jól a képen.
6. A DBH (Diameter at breast height) a mellmagasságban mért törzs átmérő. Megadásához 1.3 m magasságban mérünk átmérőt (Forest mensuration, Kershaw et al., 2016). Ez az érték a térfogat és az önsúlyból származó nyomoték kiszámítására szolgál (lásd: *Számítások*). Alapértelmezés szerint ezt a paramétert a kép alapján számítja ki a szoftver, miután az összes vonalat berajzoltuk. Ha a DBH-t a helyszínen mérjük, ezt az értéket nekünk kell megadni.

EN1991

Alap szélesség 23 m/s

Terület kategória II Mezőgazd.

Ellenállási tényező 0.25

Fa sűrűség 600 kg/m³

Dőlésszög megadása 1 °

DBH megadása 79 cm

A fa méreteinek meghatározása

Kattintsunk egyesével a jobb oldali gombokra, és rajzoljuk be a hozzájuk tartozó vonalakat.

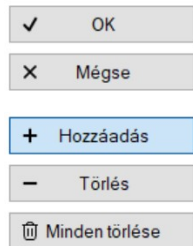
- Korona: rajzoljuk meg a korona körvonalát
- Törzs: rajzoljuk meg a fatörzs körvonalát
- Vízszintes: rajzoljunk egy vonalat a fa aljához, amely követi a képen látható vízszintet.
- Referencia: rajzoljunk be egy ismert magasságot a képre. (Ez tipikusan a fa magassága).



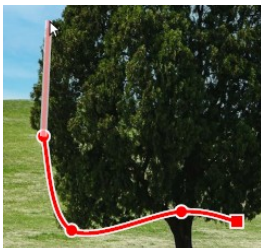
Pontok hozzáadása

Bármely vonalhoz hozzáadhatunk pontot:

- A “Hozzáadás” gomb legyen aktív
- Kattintással adjunk a vonalunk végéhez új pontot
- Akkor is beszúrhatunk új pontot a vonalunkhoz, ha közel visszük a kurzort a meglévő vonalhoz



A már elhelyezett pontokat elmozdíthatjuk a bal egér gombot lenyomva tartva.



Pontok törlése

Pontot törölhetünk:

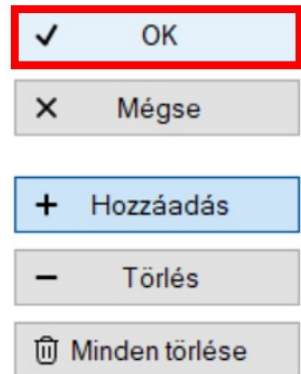
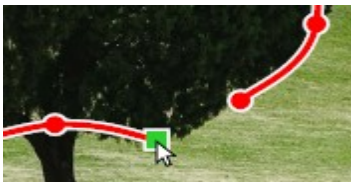
- “Hozzáadás” módban: Jobb egér gombbal kattintsunk a pontra
- “Törlés” módban: kattintsunk a pontra
- “Minden törlése” gomb: összes pont törlődik



A rajzolás befejezése

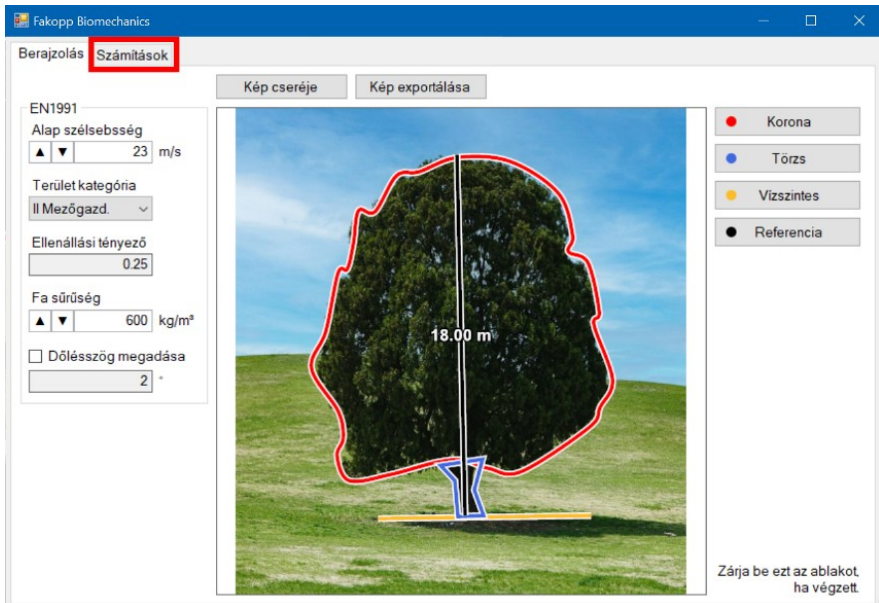
A rajzolás befejezéséhez:

- Kattintsunk az “OK” gombra
- vagy a korona és törzs esetében bal egér gombbal kattintsunk az első berajzolt pontba.



Az eredmény kiszámítása

- A rajzolás befejeztével ellenőrizzük, hogy minden paramétert és vonalat pontosan adtunk-e meg.
- Ha mindezek rendben vannak, kattintsunk a “Számítások” fülre. Erre a fülre később is visszatérhetünk, ha javítanunk kell.

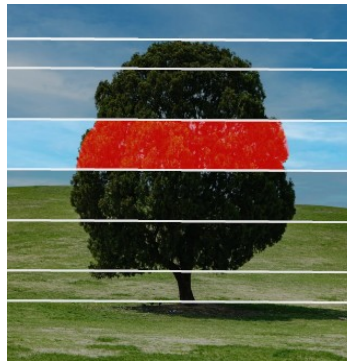
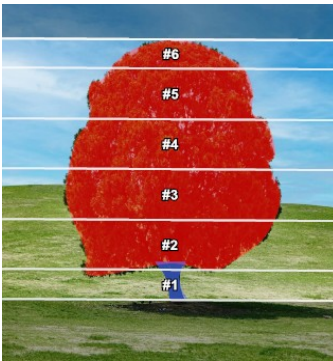


“Részek” táblázat

A modell “részekre” osztja a szélel találkozó felületet, a terület kategória és a fa magassága alapján:

rész	alsó	felső	forgatónyom.
Összes	0.00 m	17.93 m	385 kNm
#6	15.93 m	17.93 m	53 kNm
#5	12.44 m	15.93 m	123 kNm
#4	8.96 m	12.44 m	107 kNm
#3	5.48 m	8.96 m	72 kNm
#2	2.00 m	5.48 m	28 kNm
#1	0.00 m	2.00 m	2 kNm

- A részek a földtől felfele vannak számozva, #1-el jelölve a legalsó részt.
- Az “Összes” sor legfelül az egész fára vonatkozik.
- Az “alsó” és “felső” oszlopok minden rész talajszinthez viszonyított tetejének és aljának a magasságát adja meg.
- A “forgatónyom.” oszlop az egyes részek összesített forgatónyomatékát mutatja.



“Eredmények” táblázat

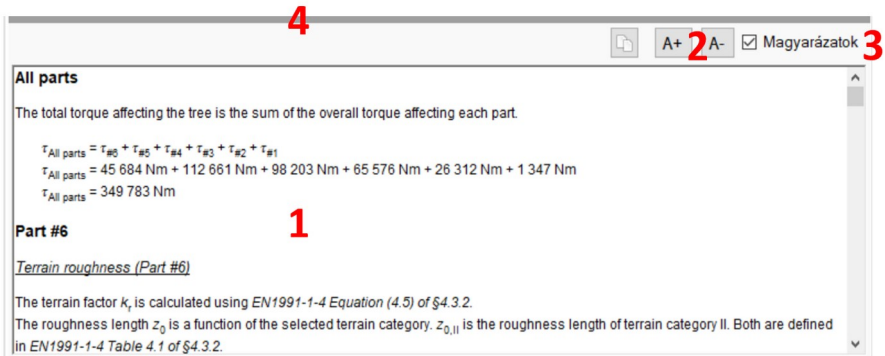
Az eredmények táblázat összegzi a modell eredményeit. Feltünteti a korona és a törzs felszínét, illetve az egész fára vonatkozó forgatónyomatékokot.

Koronaterület	179.75 m ²
Törzs terület	2.94 m ²
Teljes forgatónyomaték	349 783 Nm




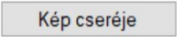

A modell kiszámítása

A „Számítások” fül alsó fele mutatja be a modell kiszámításának folyamatát.

1. Képletek és rövid magyarázatok.
2. A betűméret az „A+” és „A-” gombokra kattintva állítható.
3. A „Magyarázatok” opciót kipipálva jelennek meg a rövid magyarázatok a képletek mellett.
4. A vastag szürke vízszintes vonal mozgatásával változtathatjuk az alsó ablak magasságát.



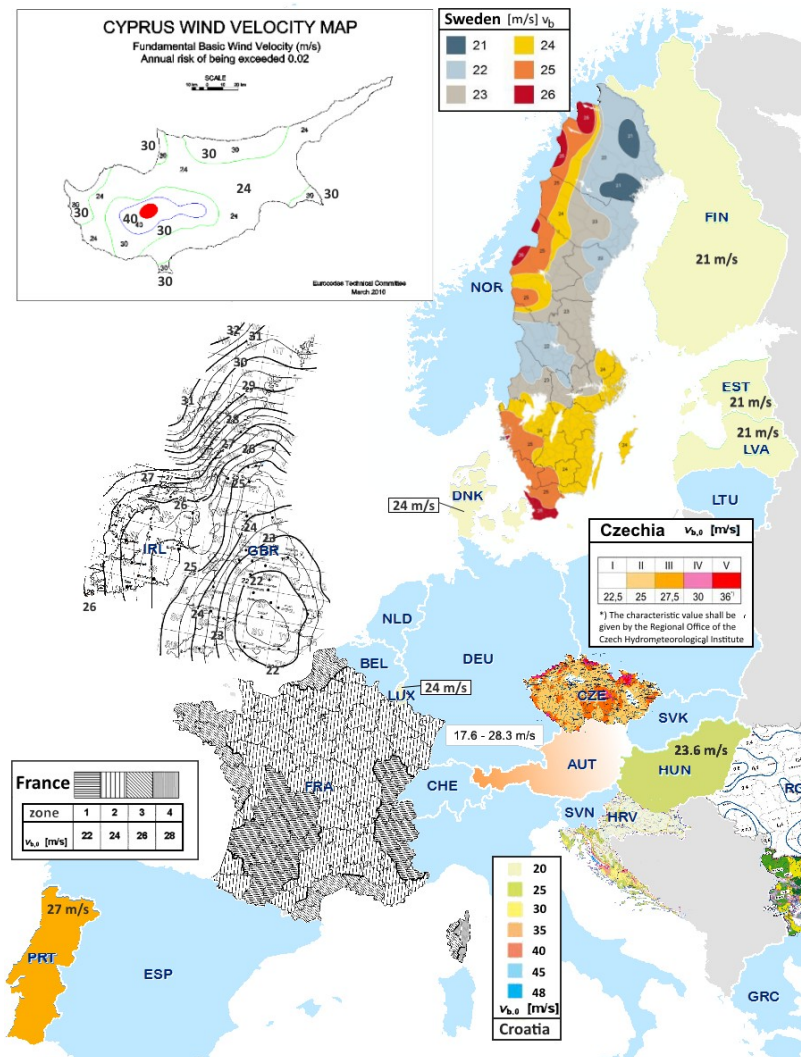
Adatok exportálása

1. A „másolás” ikonra kattintva a    Magyarázatok számítási adatok a vágólapra másolhatóak.
2. A berajzolt kép is menthető, a   „Kép exportálása” gombra kattintva.

Kilépés a Biomechanikai szerkesztőből

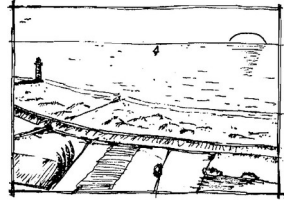
1. Zárjuk be az ablakot.
2. Munkánk tárolásához, mentünk a szokásos módon. A „Mentés” gomb a főablak bal felső sarkában található.

EN1991 A Fűggelék: szél térképek



EN1991 B Függelék: Terület kategóriák

0 Nyílt tengerre néző vagy tengerparti terület



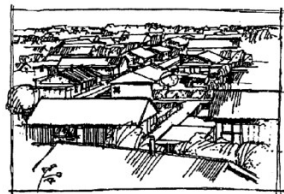
I Tavak és sík vidékek gyér növényzettel és magasabb tárgyak nélkül



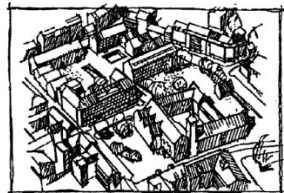
II Terület alacsony növényzettel (pl. fű) és egymástól távol álló tárgyakkal (fák, épületek), melyek között legalább a tárgyak magasságának húszszorosa a távolság



III Terület, melyre általános növényzet és beépítettség jellemző, illetve olyan tárgyak, melyek egymástól a saját magasságuknak legfeljebb húszszorosára helyezkednek el. (pl. falvak, külvárosi területek, erdő)



IV Legalább 15 %-ban beépített terület, ahol az épületek átlagmagassága meghaladja a 15 métert



A Függelék

Kaliber 5t erőmérő

- *Kalibrált erőmérő cella, 5 tonnás terhelhetőségű*
- *Rintsum gyártású külső kijelző*
- *Soros hálózati csatlakozás a központi egységhez*
- *Soros hálózati vagy Bluetooth kapcsolat (LM048) a számítógéphez*
- *Mintavételezési ráta: 1 Hz*
- *Omega sekli*
- *4 db AA-s újratölthető ceruzaelem töltővel*

LineScale 3t erőmérő

- *Erőmérő egység, 3 tonnás terhelhetőségű*
- *LineScale gyártású*
- *BLE (Low Energy Bluetooth) kapcsolat a számítógéppel*
- *Mintavételezési ráta: 1 Hz*
- *Töltése USB kábelen keresztül*

Dőlésmérő

- *Dőlésmérő érzékelő*
- *Érzékelőtartó lemez*
- *Kéttengelyű színtező eszköz*
- *9V újratölthető elem töltővel*
- *Méréstartomány ± 10 fok*
- *Felbontás: 0.001 fok*
- *Hőmérséklet kompenzált*
- *Mintavételezési ráta: 10 Hz*

- *Csavarral felszerelt*
- *Áramforrás: 12V, 20 mA*
- *Időjárásálló, IP65*

Elmozdulásmérő

Az eszköz tartozéka két elmozdulásmérő érzékelő, mely a fatörzsre szerelhető. Az érzékelők jelét a Központi egység gyűjti.

- Méretek: 35x60x270 mm (zárt állásban)
- Távolság: 244 mm
- Áramforrás: 12V

Fontos: A 2021 február 1 előtt gyártott egységek kalibrációs állandói a kalibrációs lapon szerepelnek. Az eszköz első használatakor ezeket a szoftverbe be kell táplálni.

2025. október 1. után gyártott egységek: Az új elmozdulásmérők mellé nem jár elmozdulásmérő doboz, mivel az elektronika már az érzékelőkben található.

Húzóvizsgáló szoftver

- PC szoftver, mely Windows 10 vagy 11-es verziójú operációs rendszereken fut
- Valós idejű terhelés-, dőlés- és elmozdulásmérés
- Terhelés-dőlés és terhelés-alakváltozás görbék illesztése
- Automatikus biztonsági faktor számítás gyökeres kifordulásra és törzstörésre
- Egyidejűleg két dőlésmérőt és két elmozdulásmérőt kezel

B Függelék

Stuttgart fa szilárdság táblázat

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

Species	Modulus of elasticity (N/mm ²)	Comparable strength in		Proposed Aerodynamic drag factor (c_w)
		longitude (N/mm ²)	Elastic limit (%)	
<i>Abies alba</i>	9500	15	0.16	0.20
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8500	25	0.29	0.25
<i>Acer negundo</i>	5600	20	0.36	0.25
<i>Acer campestre</i>	6000	25.5	0.43	0.25
<i>Acer saccharinum</i>	6000	20	0.33	0.25
<i>Acer saccharum</i>	5450	20	0.37	0.25
<i>Aesculus hippocastanum</i>	5250	14	0.26	0.35
<i>Ailanthus altissima</i>	6400	16	0.25	0.15
<i>Betula pendula</i>	7050	22	0.31	0.12
<i>Chamaecyparis lawsonia</i>	7350	20	0.27	0.20
<i>Cedrus deodora</i>	7650	15	0.20	0.20
<i>Fagus sylvatica</i>	8500	22.5	0.26	0.25–0.30
<i>Alnus glutinosa</i>	8000	20	0.25	0.25
<i>Fraxinus excelsior</i>	6250	26	0.42	0.20
<i>Picea abies</i>	9000	21	0.23	0.20
<i>Picea omorika</i>	9000	16	0.18	0.20
<i>Carpinus betulus</i>	8800	16	0.18	0.25
<i>Castanea sativa</i>	6000	25	0.42	0.25
<i>Cercis siliquastrum</i>	0	15	—	0.20
<i>Larix decidua</i>	5035	17	0.32	0.15
<i>Liriodendron tulipifera</i>	5000	17	0.34	0.25
<i>Pinus pinaster</i>	8500	18	0.21	0.20
<i>Pinus sylvestris</i>	5800	17	0.29	0.15
<i>Platanus</i> × hybrid	6250	27	0.43	0.25
<i>Populus</i> × <i>canescens</i>	6050	20	0.33	0.2–0.25
<i>Populus nigra</i> ‘Italica’	6800	16	0.24	0.30
<i>Populus nigra</i>	6520	20	0.31	0.2
<i>Populus alba</i>	6400	20	0.31	0.2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1000	20	0.20	0.20
<i>Pyrus communis</i>	5800	17	0.29	0.30
<i>Quercus robur</i>	6900	28	0.41	0.25
<i>Quercus rubra</i>	7200	20	0.28	0.25
<i>Robinia pseudoacacia</i>	7050	20	0.28	0.15
<i>Robinia monophyla</i>	5200	20	0.38	0.15–0.20
<i>Salix alba</i>	7750	16	0.21	0.20
<i>Salix alba</i> ‘Tristis’	7000	16	0.23	0.20
<i>Sequoiadendron giganteum</i>	4550	18	0.40	0.20
<i>Sophora japonica</i>	6450	20	0.31	0.15
<i>Sorbus aria</i>	6000	16	0.27	0.25
<i>Tilia</i> × <i>hollandica</i>	4500	17	0.38	0.25
<i>Tilia euclora</i>	7000	17.5	0.25	0.25
<i>Tilia tomentosa</i>	8350	20	0.24	0.25–0.30
<i>Tilia platyphyllos</i>	8000	20	0.25	0.25
<i>Tilia cordata</i>	8300	20	0.24	0.25
<i>Ulmus glabra</i>	5700	20	0.35	0.25

(Forrás: Wessolly, L., and M. Erb 1998. *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Patzer Verlag, Berlin, Germany)