

A fák tényleg alszanak? Növényélettani vizsgálatok földi lézerszkenneléssel

Zlinszky András

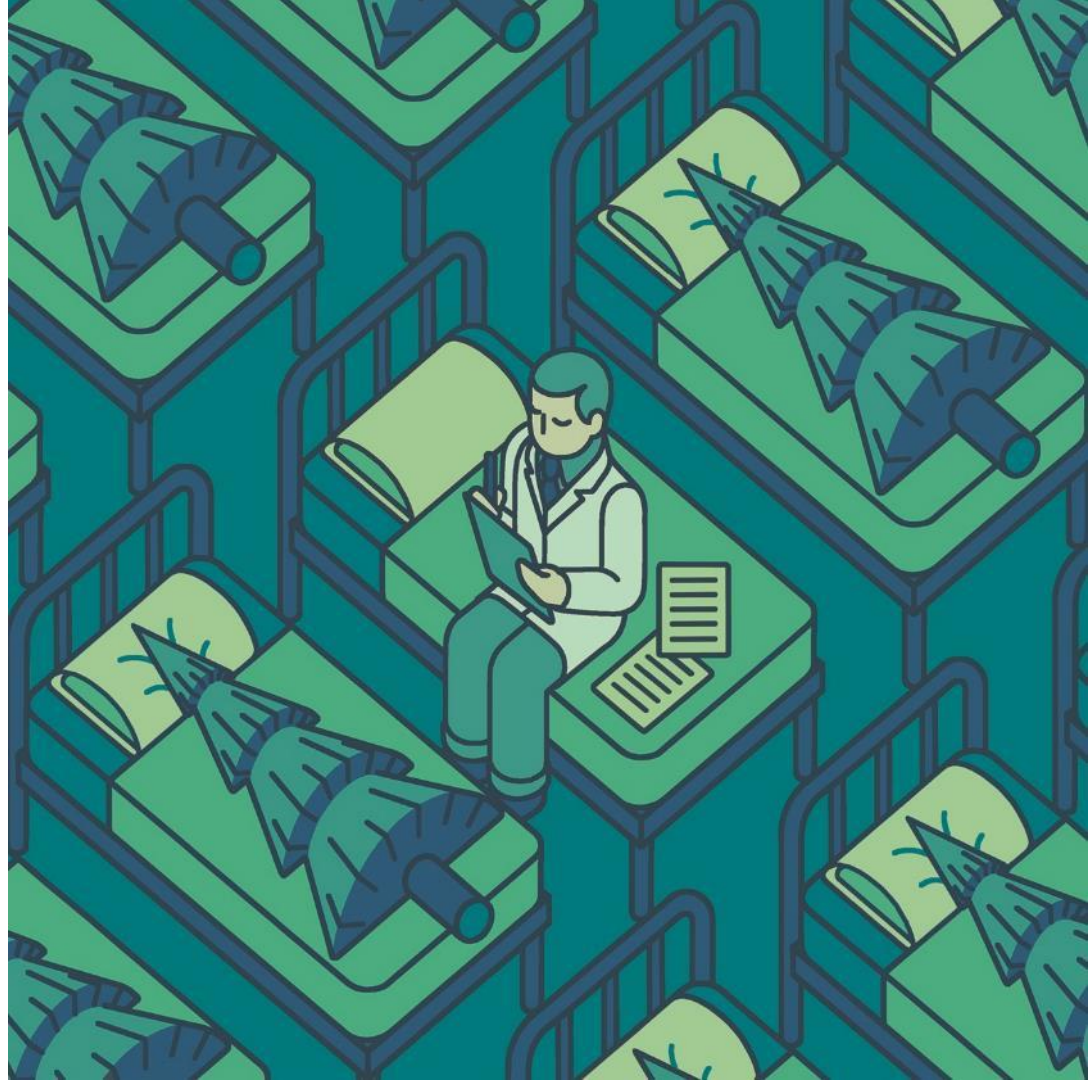
Ulyssys Kft

Dr.zlinszky.andras@ulyssys.hu

Ex (MTA) Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet

Miről lesz szó?

- Eddig ismeretlen éjszakai mozgások fákbán
 - Mérési módszertan
 - Vizsgálati eredmények
 - Élettani következtetések (óvatosan)
- New Scientist „biggest and best science stories of 2016”



Mi az a LIDAR?

Légi lézerszkennelés

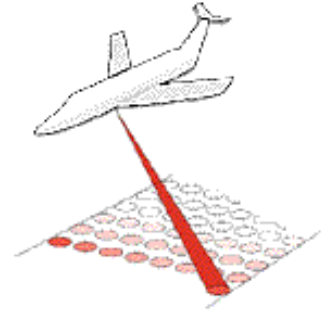
- Három dimenziós térbeli modell, amely nagy területet fed le
- A világ második legelterjedtebb légi távérzékelési módszere
- 1-1000 pt/m²

Földi lézerszkennelés

- Három dimenziós térbeli modell egy pont környezetéről
- Gyors és részletes térbeli adatgyűjtési módszer
- 1-20 pt/cm²

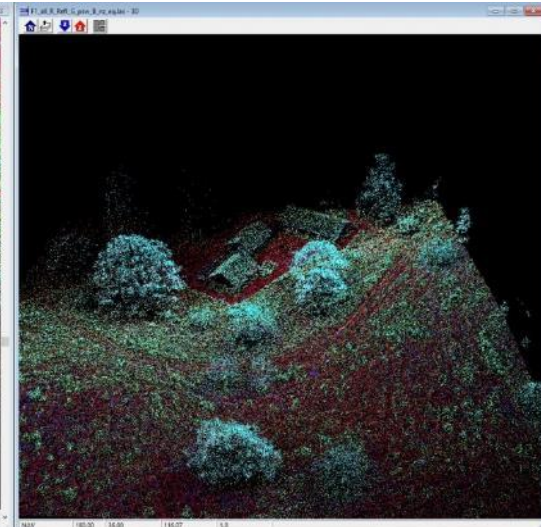
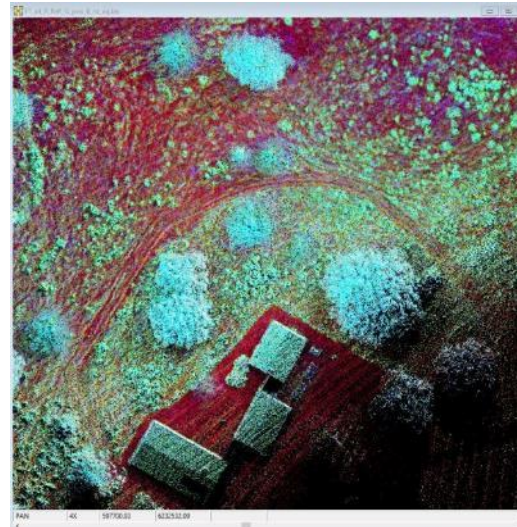
Mi az a LIDAR?

101



Légi lézerszkennelés

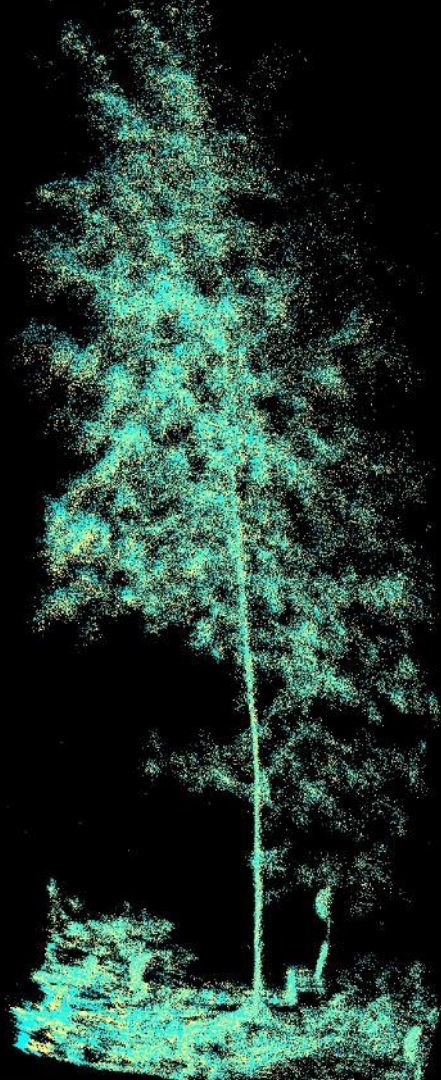
- Három dimenziós térbeli modell, amely nagy területet fed le
- A világ második legelterjedtebb légi távérzékelési módszere
- 1-1000 pt/m²



Mi az a LIDAR?

Földi lézerszkennelés

- Három dimenziós térbeli modell egy pont környezetéről
- Gyors és részletes térbeli adatgyűjtési módszer
- 1-20 pt/cm²



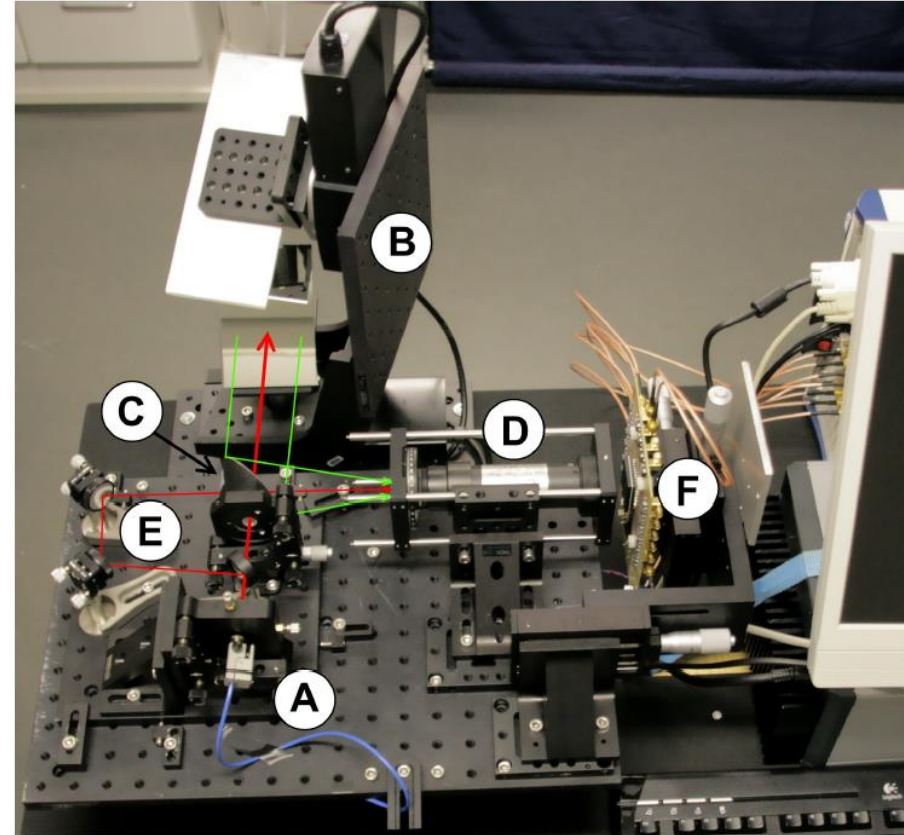
Hogyan alszanak a fák? Első mérés

- Véletlen felfedezés egy teljesen más célú mérés nyomán
- A Finn Geodéziai Intézet új fejlesztése a „hiperspektrális lézerszkenner”
- A mérés célja: a fa éjszakai optikai változásainak követése
 - Teljes 3D mérés óránként ismételve éjszaka
 - Kb 10 000 000 pont mérésenként



„Hiperspektrális lézerszkennner”

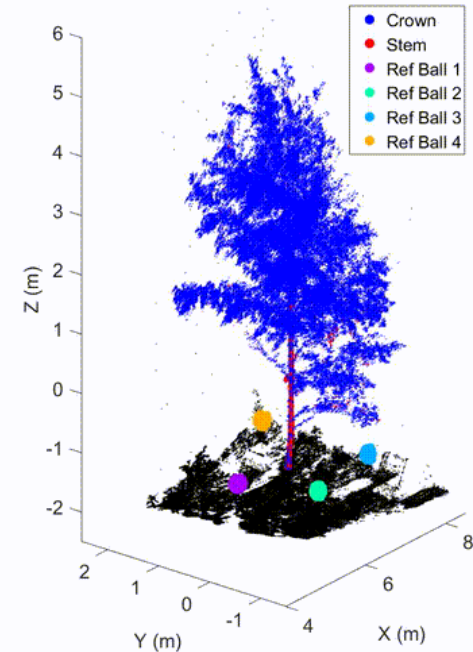
- Lézerfény kibocsájtása a látható és közeli IR fény teljes spektrumában
- Detektálás 16 spektrális csatornán, futásidő és intenzitás méréssel
- A: fényforrás száloptika; B: szkennelő tükör; C: detektor tükör; D: spektrográf; E: megszakító (trigger); F: detektor



Nem várt eredmény: a fa mozog

2013-09-11 19:40

- A mérések koregisztrációja ismert pozíciójú célgömbök alapján történt, a hiba 5 mm alatti
- Ennek ellenére akár 10 cm-es eltéréseket is találtak a korona egyes ágainak pozíciója között
- Mi lehet a magyarázat? Kérdezzük meg a biológust



Nem várt eredmény: a fa mozog

2013-09-11 19:40

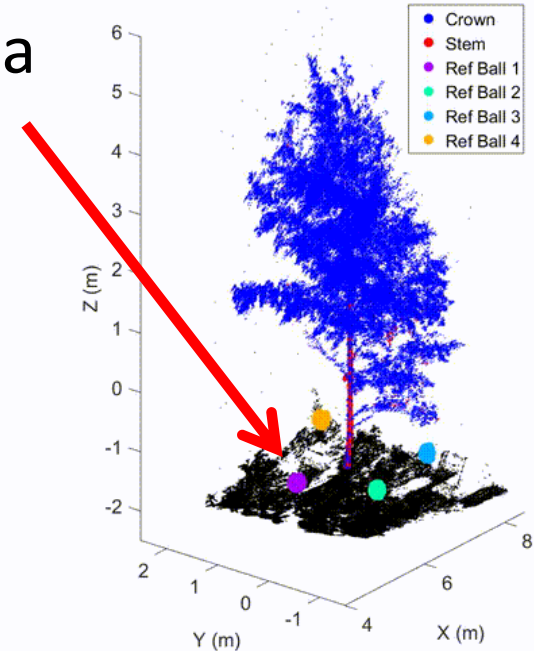
- A mérések tényleg pontosak, a mérési hiba 5 mm
 - Ennek ellenére a fa mozgása eltéréseket okozhat a mérési ágainak pozíciójában
 - Mi lehet a oka?
- biológust



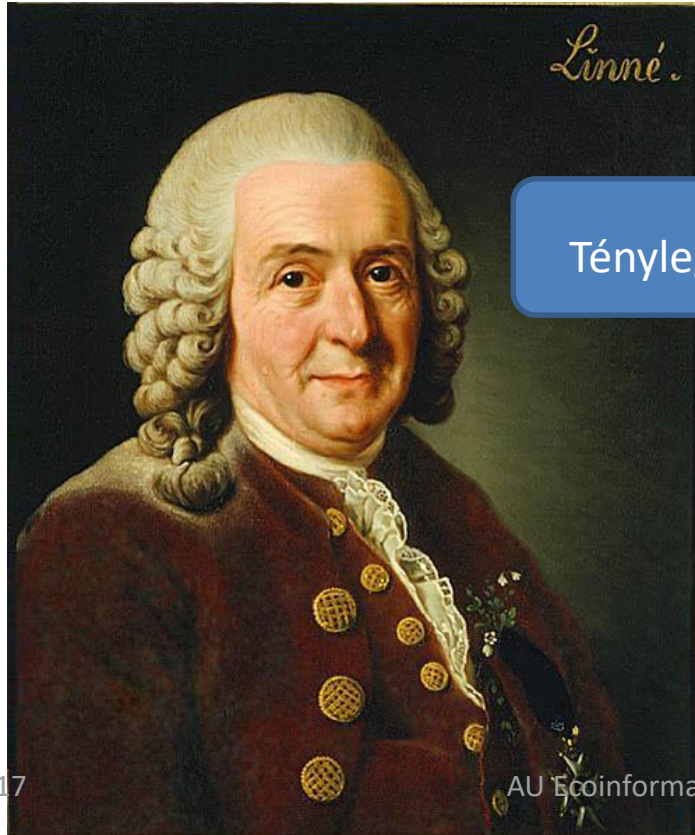
Nem várt eredmény: a fa mozog

2013-09-11 19:40

- A mérések koregisztrációja ismert pozíciójú célgömbök alapján történt, a hiba 5 mm alatti
- Ennek ellenére akár 10 cm-es eltéréseket is találtak a korona egyes ágainak pozíciója között
- Mi lehet a magyarázat? Kérdezzük meg a biológust



A növényi mozgások első vizsgálatai

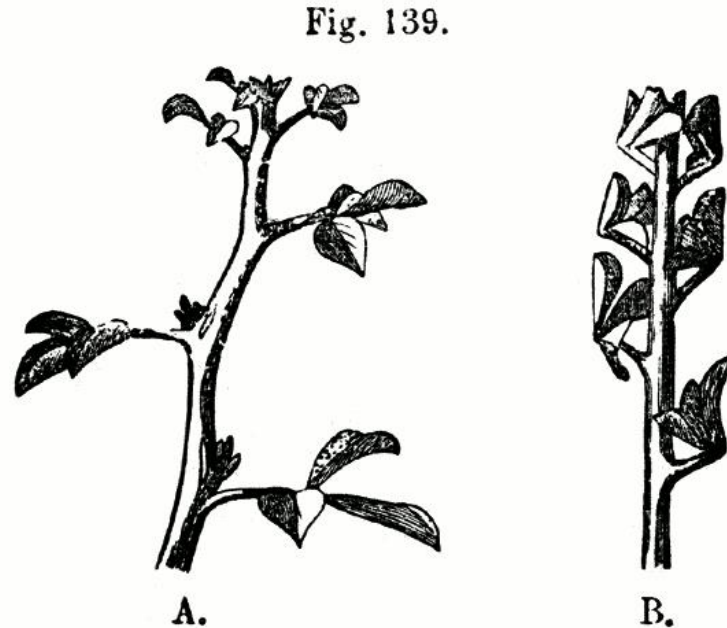


Tényleg alszanak



Darwin: the power of the movement of plants

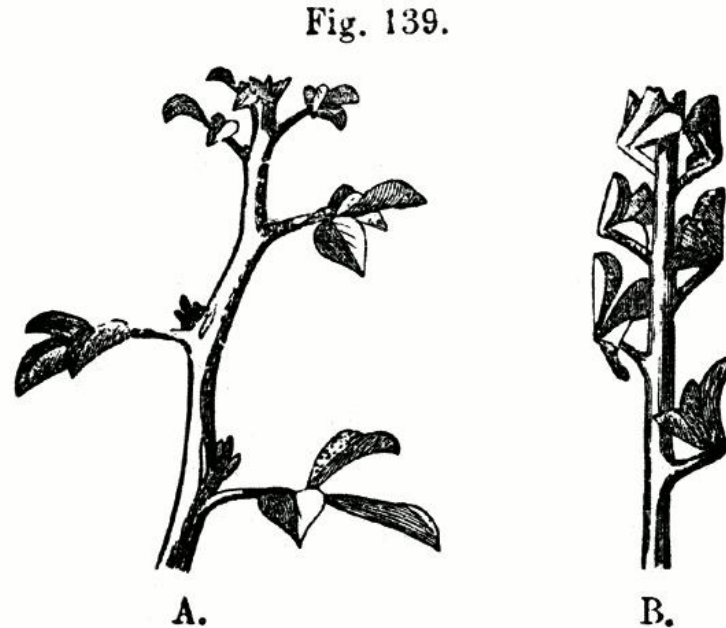
- Darwin & Darwin 1880
- A növényi mozgások típusai
- Alvás - nyctinasztia



Medicago marina : A. leaves during the day ; B, leaves asleep at night.

Darwin: the power of the movement of plants

- Darwin & Darwin 1880
- A növényi mozgások típusai
- Alvás - nyctinasztia



A levelek mozgása ismert, az ágak és törzs mozgásáról semmilyen megfigyelés nincs

Véletlen megfigyelésből tervezett kísérlet: a második mérés

- Az őszi napéjegyenlőség idején
- Hasonló méretű és korú nyírfa (*Betula pendula*)
- Ausztriában, a Riegl LIDAR műszergyár területén
- Egy éjszakán keresztül óránként mérve



Véletlen megfigyelésből tervezett kísérlet: a második mérés

- Az őszi napéjegyenlőség idején
- Hasonló méretű és korú nyírfa (*Betula pendula*)
- Ausztriában, a Riegl LIDAR műszergyár területén
- Egy éjszakán keresztül óránként mérve
- Standard célgömbök a lombkoronában is

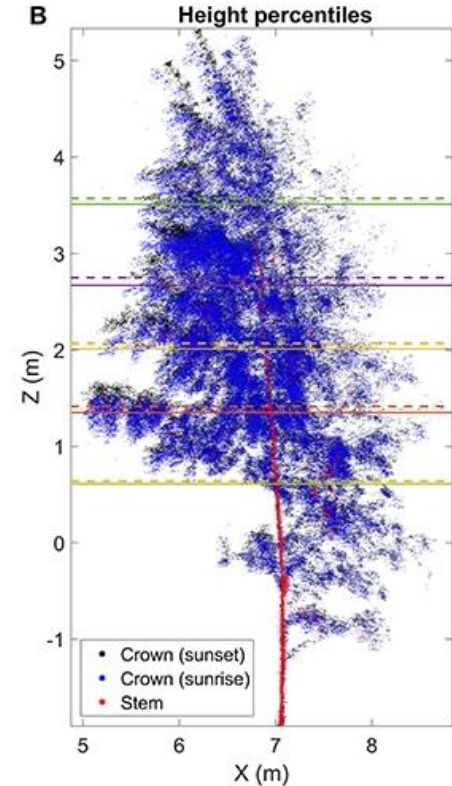
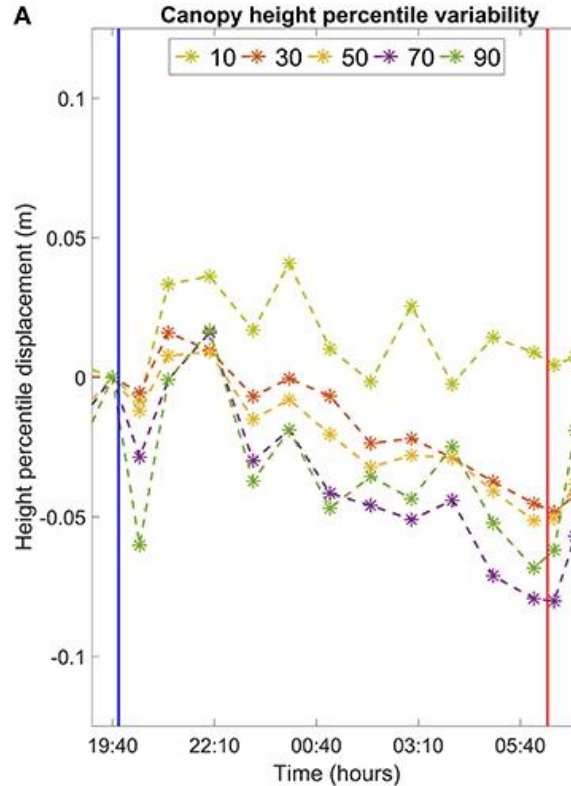


Mozgásvizsgálat: percentilisek

- Percentilis: „legyen egy halmazunk, amelynek minden eleméhez tartozik egy érték. Az N percentilis egy számérték, amely kijelöli azt a részhalmazt, melyben az ennél kisebb értékű elemek vannak”
 - (gyakorikerdesek.hu :~)

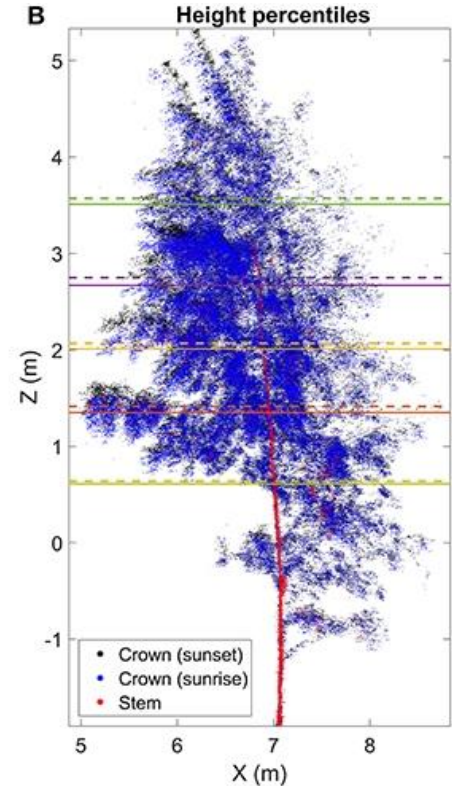
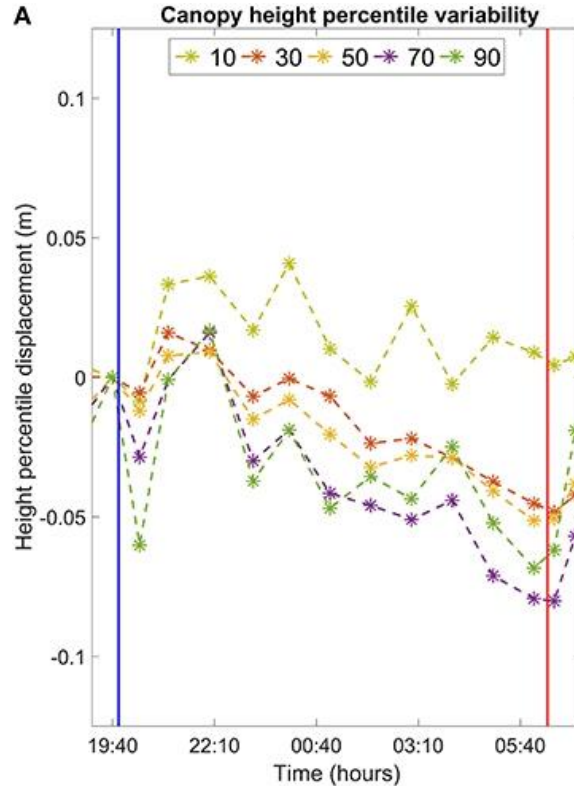
A korona pontjainak percentilisei időben elmozdulnak

- Felfelé történő egyidejű mozgás 22:00-ig
- Lassú lefelé mozgás 05:00-ig
- Visszatérés a kiindulási helyzetbe



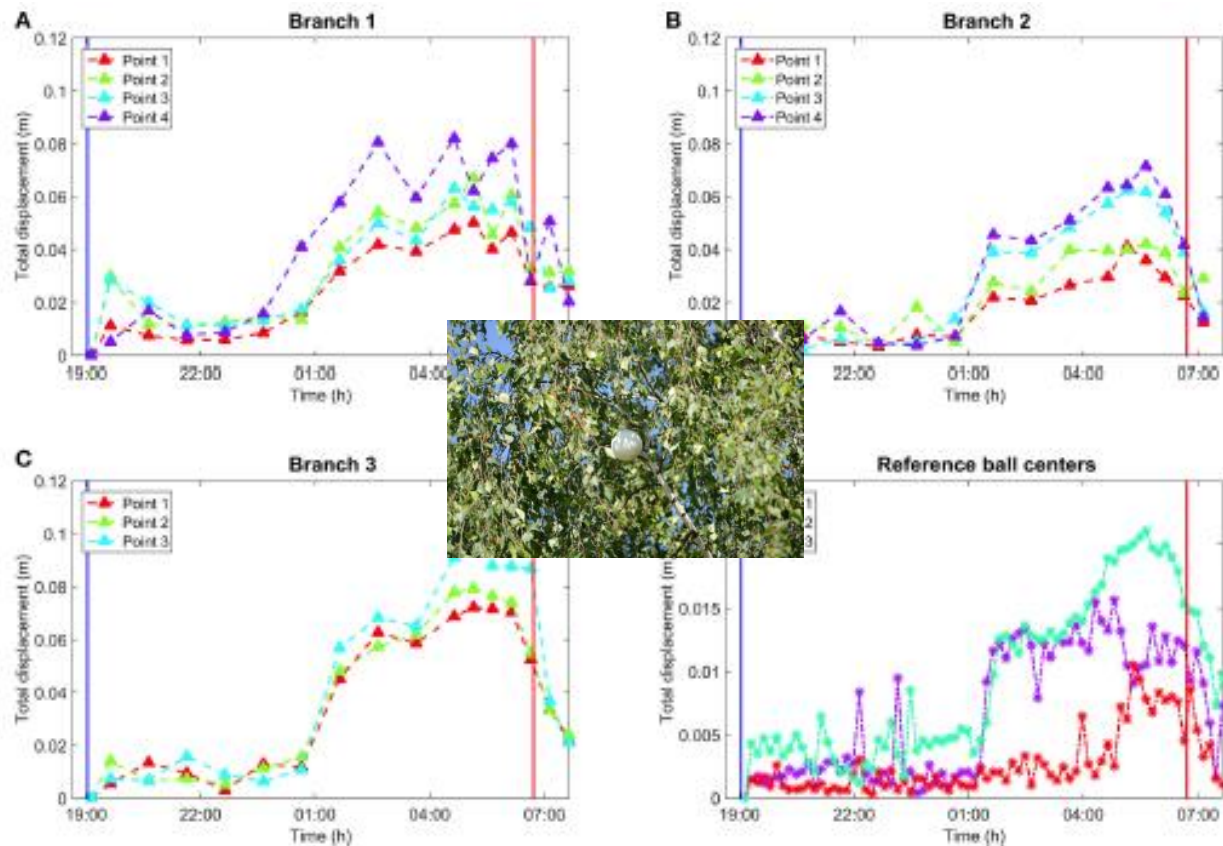
A korona pontjainak percentilisei időben elmozdulnak

- A levélzet és a törzs pontjai is elmozdulnak
- A mozgás „zajos”
- A legnagyobb kitérés kb. 10 cm



Mozgásvizsgálat célgömbökkel

- A grafikonok a pozíció abszolút változását mutatják
- Éjfél után indul meg az elmozdulás, hajnalban a leggyorsabb.

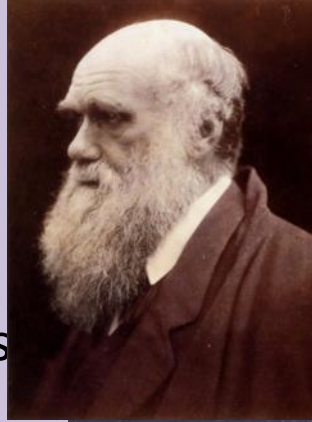


Az eredmények értelmezése

- Az éjjeli, 12 h periódusú mozgás nem egyedi jelenség
 - Több, egymástól izolált nyírfa is végez hasonló mozgást
- A tapasztalt változások bőven a műszer hibahatára fölött vannak
- Nem korrelálnak ismert külső környezeti tényezőkkel
 - Szél
 - Napsütés → bár a kiinduló helyzetbe napkelte körül tér vissza



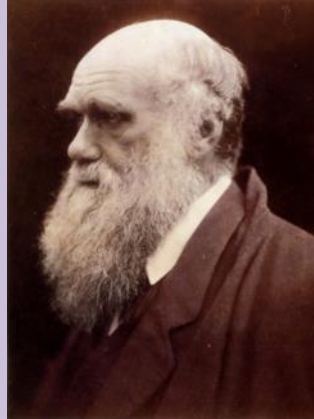
Alvás?



- Éjszakai, 12 órás periódusú, inaktív fotoszintézis közbeni növényi mozgás
 - Tehát Darwin szerint nevezhetjük annak
- De ez „csak” egy analógia
 - A növényeknek nincs központi idegrendszerük
 - Nem tudunk róla, hogy tudatosak lennének, arról meg végképp nem, hogy többféle tudatállapotuk lenne



Nyitott kérdések



- Ez egy aktív tevékenység vagy csak a vízszállítás lelassulásának a következménye?
- Minden fa „alszik”? Ha igen, akkor paszív, ha nem, akkor lehet aktív
- Milyen szempontból előnyös ez a fa részére?
 - Hideg adaptáció?
- Mi irányítja? A külső fény számít?

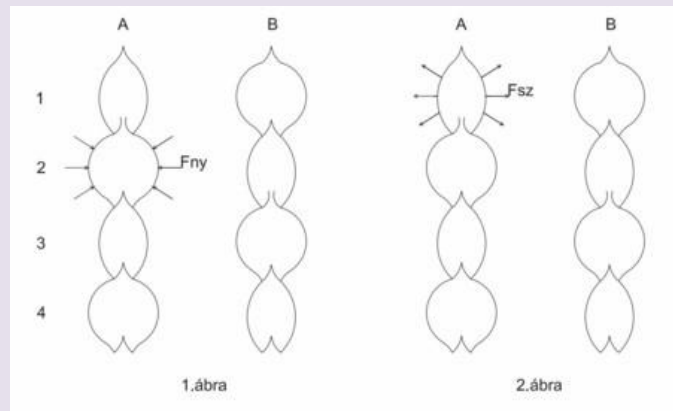


Új kísérlet tervezése

- 1 cél: mérjük fel az éjszakai mozgás változatosságát
 - Az eszköz: minél többféle növény azonos körülmények között
- 2 cél: tudjuk meg, hogy a külső körülmények hogyan befolyásolják a mozgást
 - Az eszköz: mérjük részletesen a környezeti változókat (fény, páratartalom)

Egy külső hipotézis: az „eltolt időfázisú szivattyú”

- A szerzője Török András (ny. erdőmérnök), ForestPress 2017
- Az elmélet szerint a fák vízszállításában a szállító elemek perisztaltikus mozgása is szerepet játszik
- A tágulást-szűkülést részben a párolgás hővesztesége hatására fellépő szűkülés okozza
- Az elmélet a szerző szerint magyarázza az előző kísérlet tapasztalatait.



A kísérlet helyszíne: egy faiskola

- Közel van a kutatóintézethez (Balatonfüred)
- Sok, változatos rendszertani háttérű és hasonló méretű fa és facsemete elérhető
 - Ezek hasonló körülmények között nőnek hosszabb ideje
- Rendelkezésre áll hely és eszközpark ezek mozgatásához



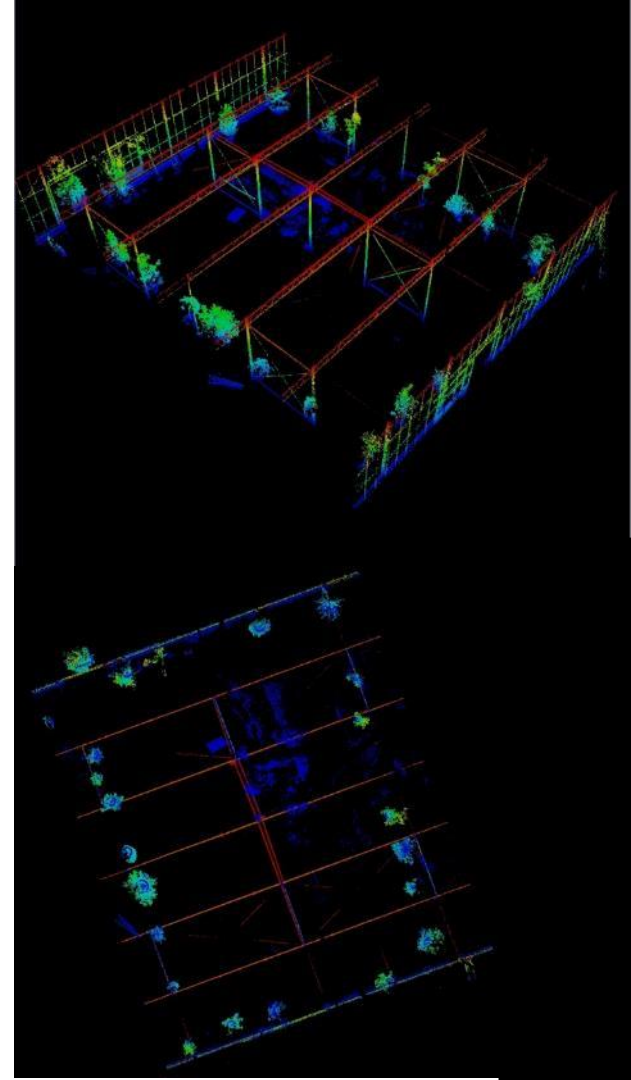
A kísérleti elrendezés

- 22 különböző, 2-5 m magas, cserépben nevelt fa és cserje
- Félig zárt üvegház: acél szerkezet, üveg tető, de falak nélkül
- A fákat targoncával mozgattuk
- Körben rendeztük el őket, hasonló távolságra a szenzortól



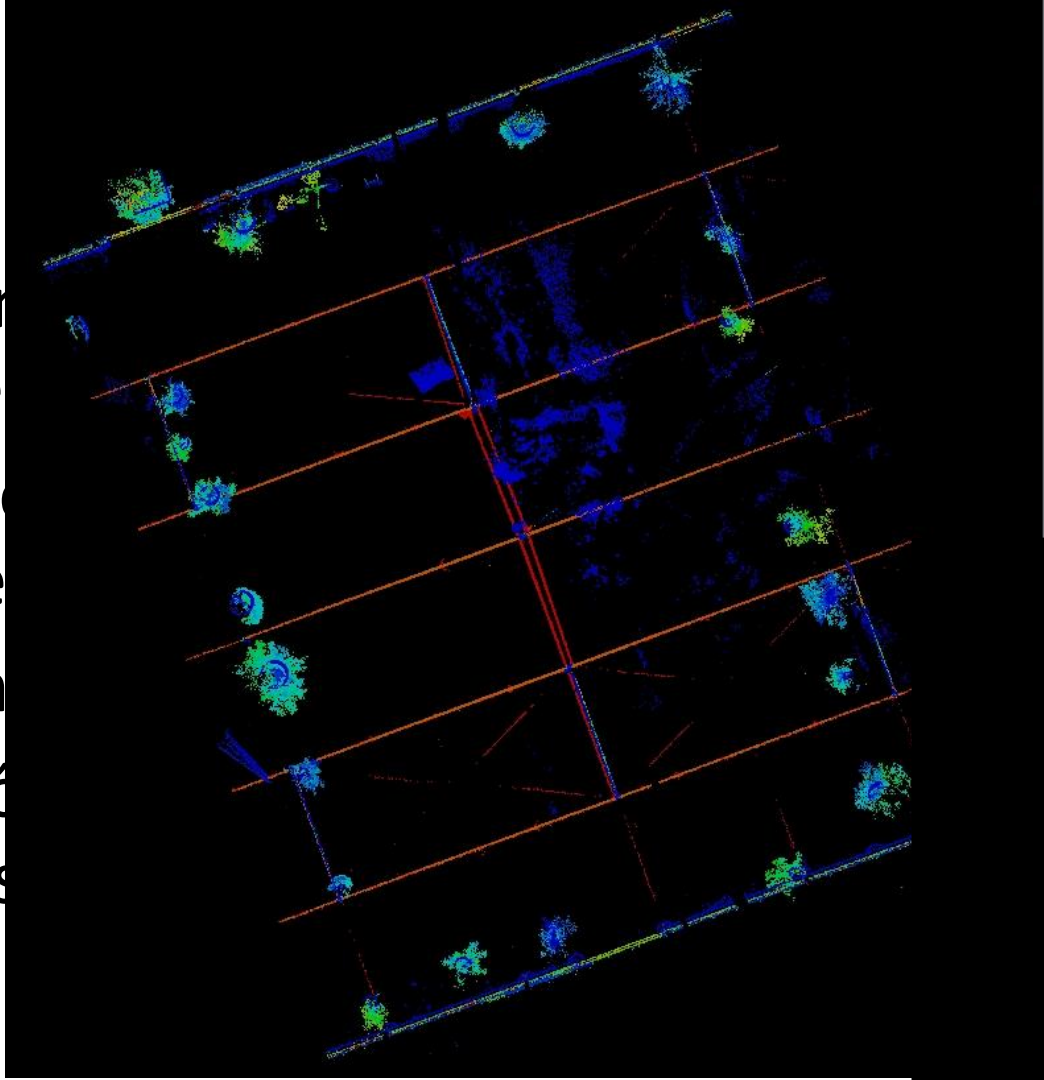
A kísérleti elrendezés

- 22 különböző, 2-5 m magas, cserépben nevelt fa és cserje
- Félig zárt üvegház: acél szerkezet, üveg tető, de falak nélkül
- A fákat targoncával mozgattuk
- Körben rendeztük el őket, hasonló távolságra a szenzortól



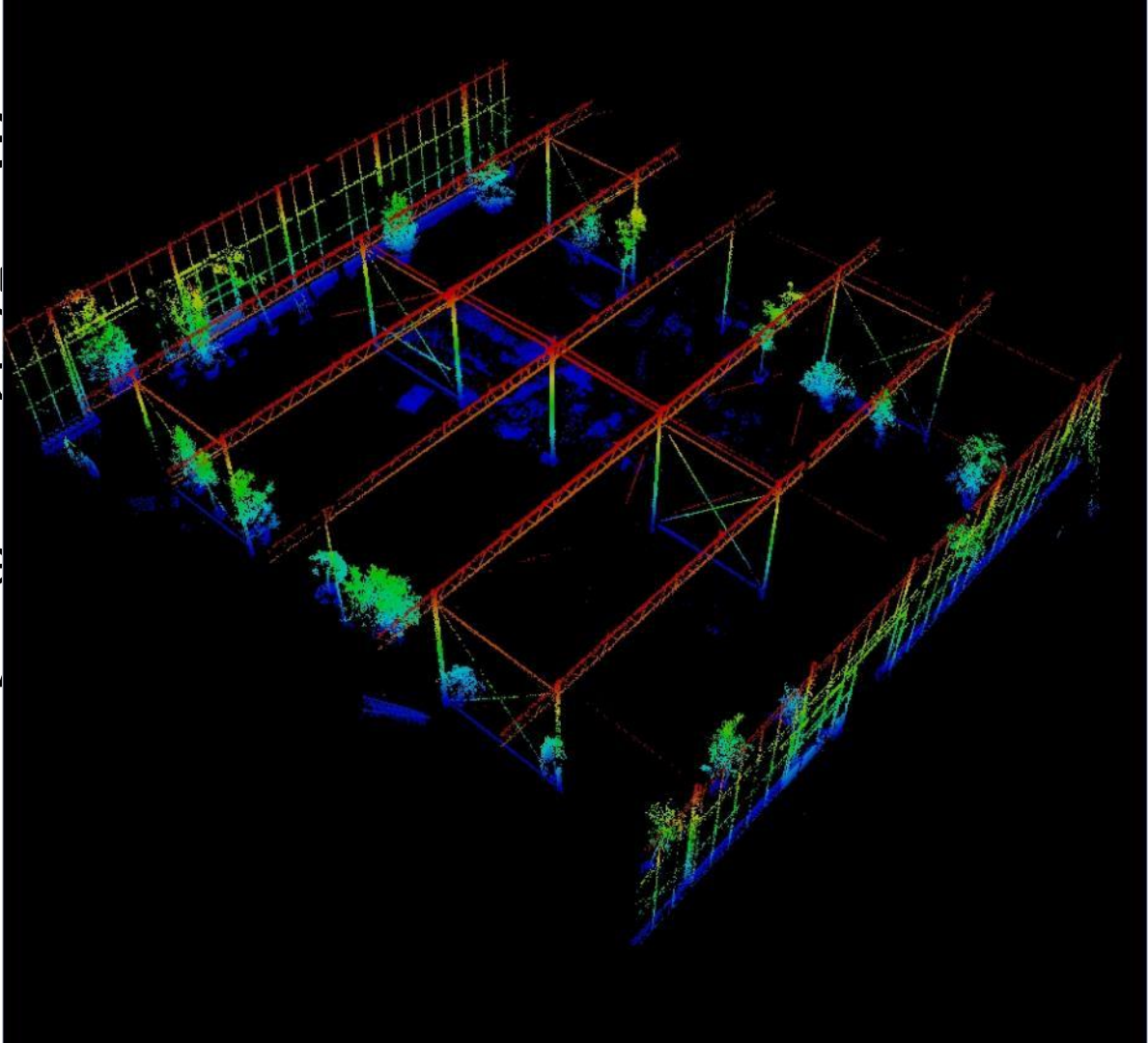
A kísérleti elre

- 22 különböző, 2-5 m m cserépben nevelt fa é
- Félig zárt üvegház: ac üveg tető, de falak né
- A fákat targoncával m
- Körben rendeztük el ó hasonló távolságra a s



A kísérleti e

- 22 különböző, 2-3 méter magas cserépben nevelt
- Félig zárt üvegház, üveg tető, de falak
- A fákat targoncával
- Körben rendeztük hasonló távolság



A mért háttérváltozók

- Levegő hőmérséklet és páratartalom
 - 6 fa törzsén, valamint a szenzor közelében, 10 másodpercenként
- Talajhőmérséklet
 - 6 fa talajában, 30 másodpercenként
- Szél és fény: óránként minden mérés előtt az üvegházban és azon kívül



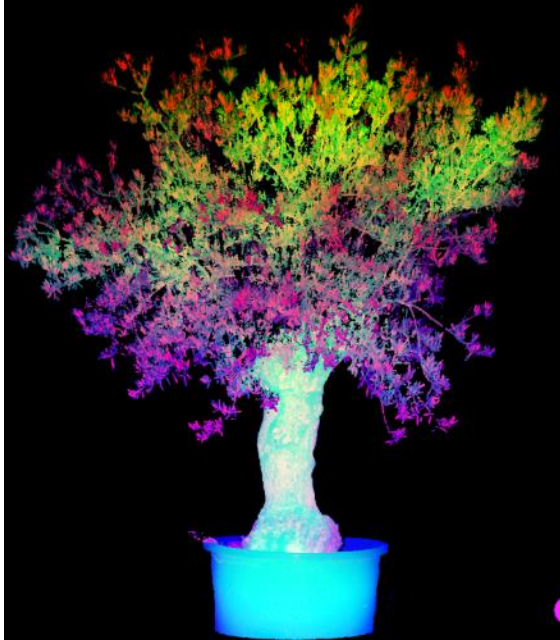
A lézeres mérés

- FARO Focus S120 lézerszkennер
fázis-alapú futásidő méréssel
 - Méreseként 7 000 000 000 pont
 - 1 + 2.5 mm pontosság
- 18:30-tól 20:00-ig félóránként,
utána óránként 4:00-ig,
félóránként 7:00-ig



Adatfeldolgozás

- A mért pontfelhők illesztése
 - Célgömbök és az üvegház szerkezete adták az illesztőfelületet
 - A max. átlagos eltérés az első méréstől 2.3 mm
- Az egyes fák pontfelhőinek kivágása
- Magassági percentilisek számítása

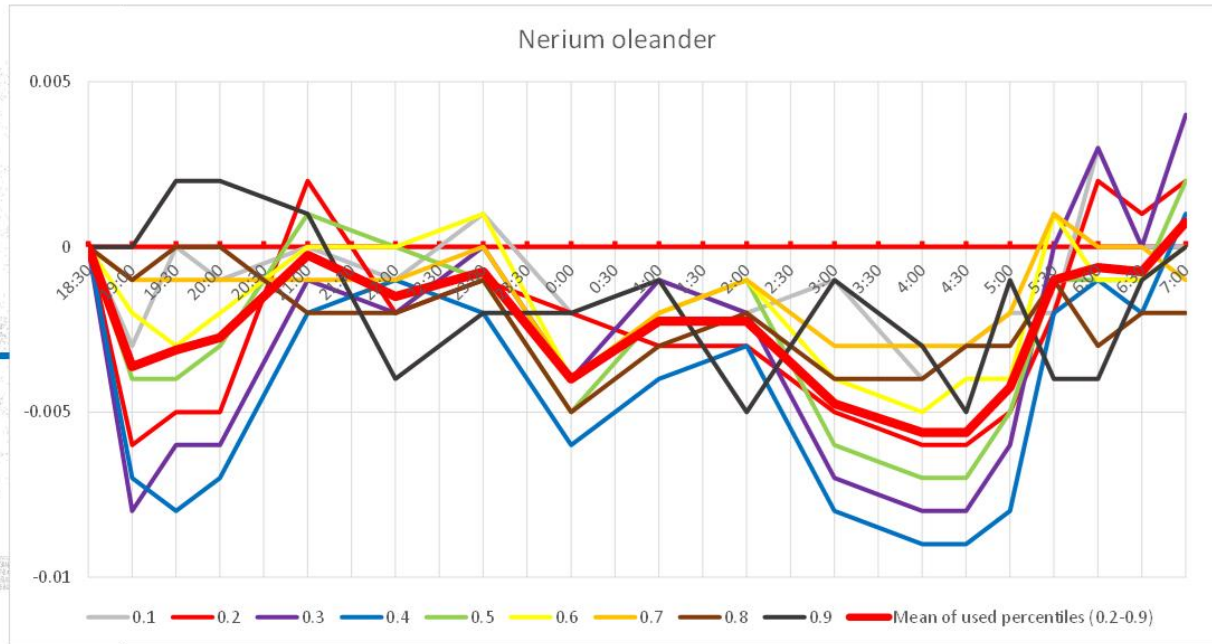
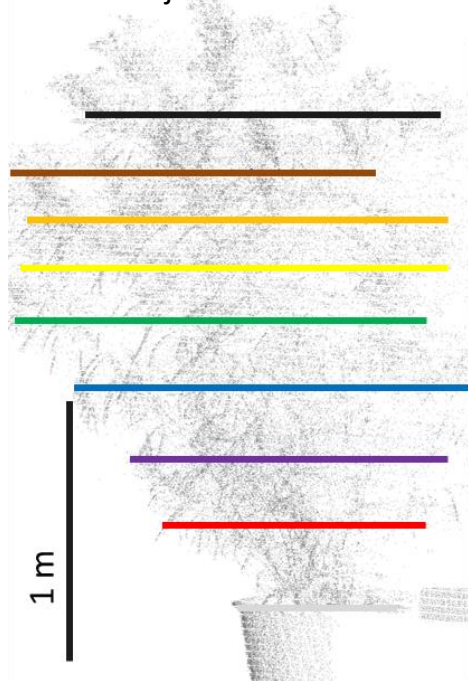


Eredmények: növényi mozgások értelmezése

A pontfelhő keresztmetszetet és a percentiliseket mutatjuk

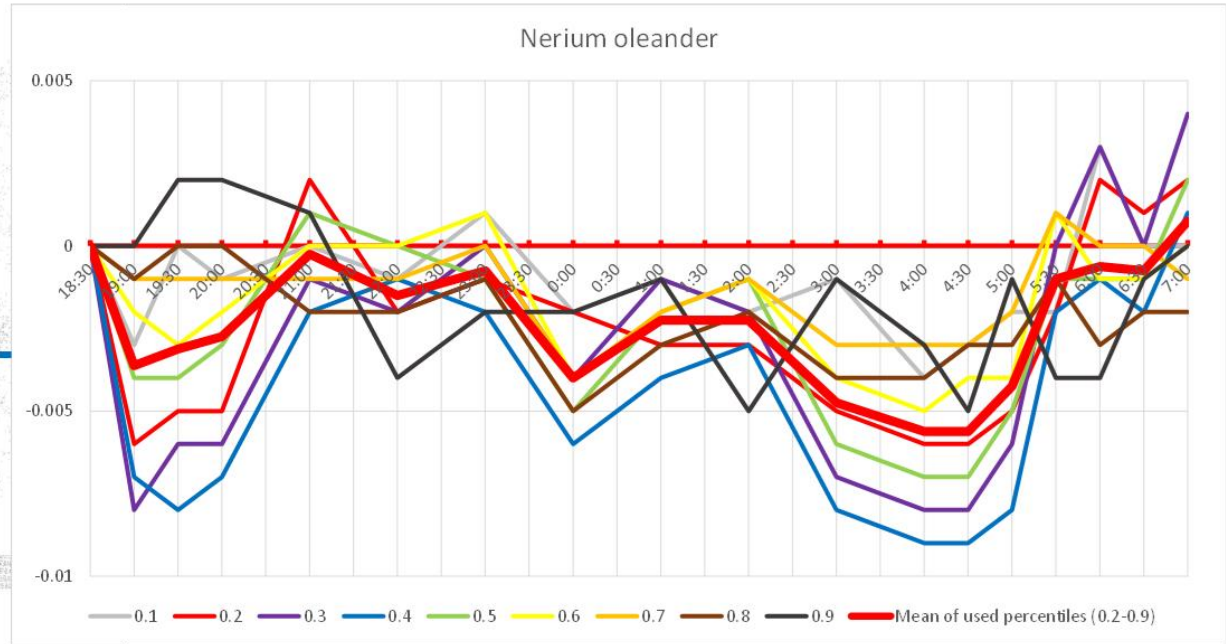
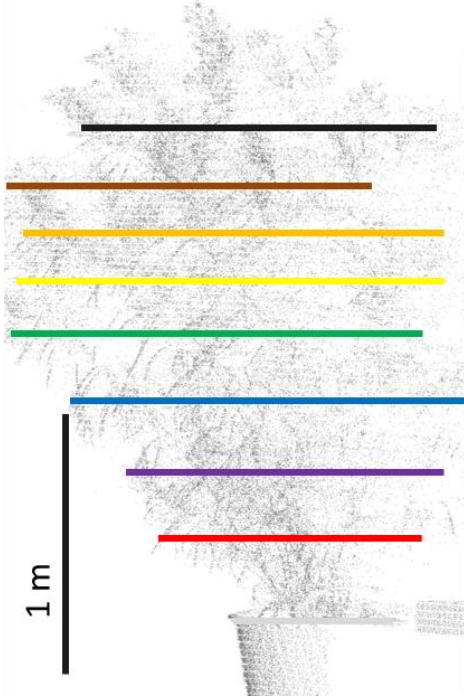
Az összes percentilis átlaga **vastagon** van jelölve

Szürkével jelöltük azokat az adatsorokat, amelyek nem vettük bele az átlag számításába



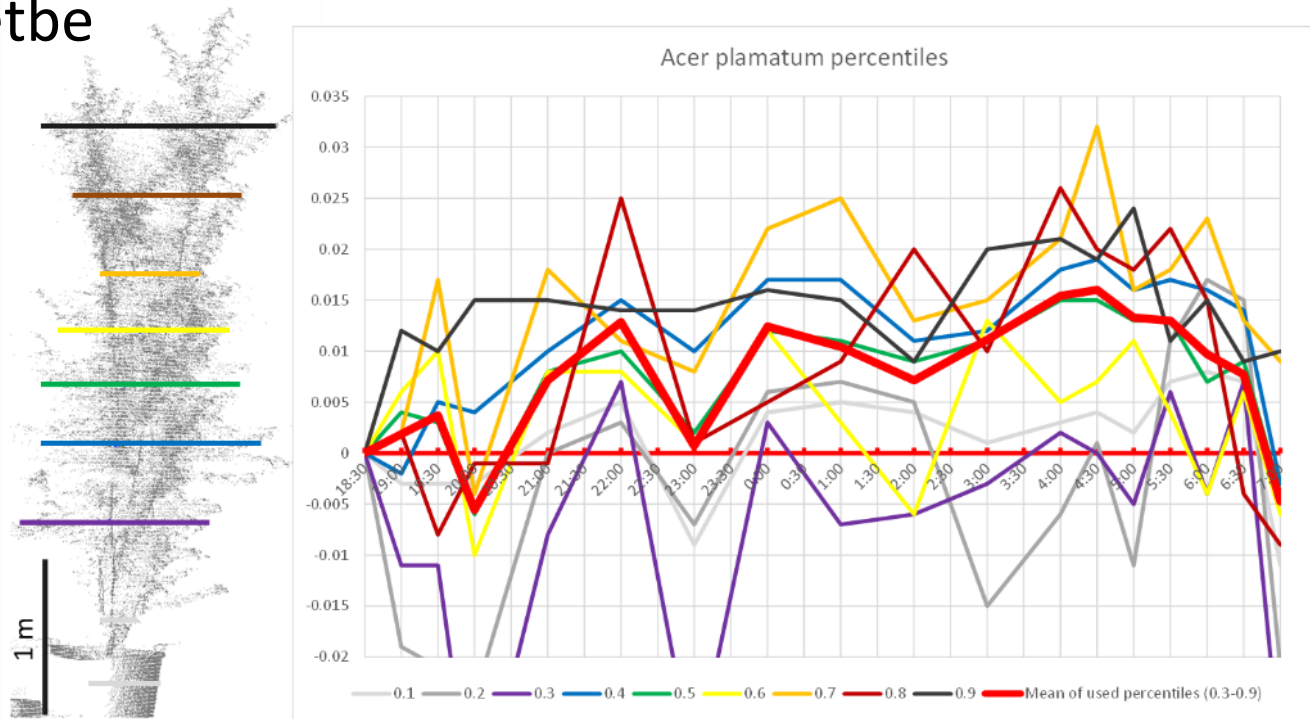
Eredmények: Nerium oleander

„Klasszikus” alvómozgás, mint a nyírfánál



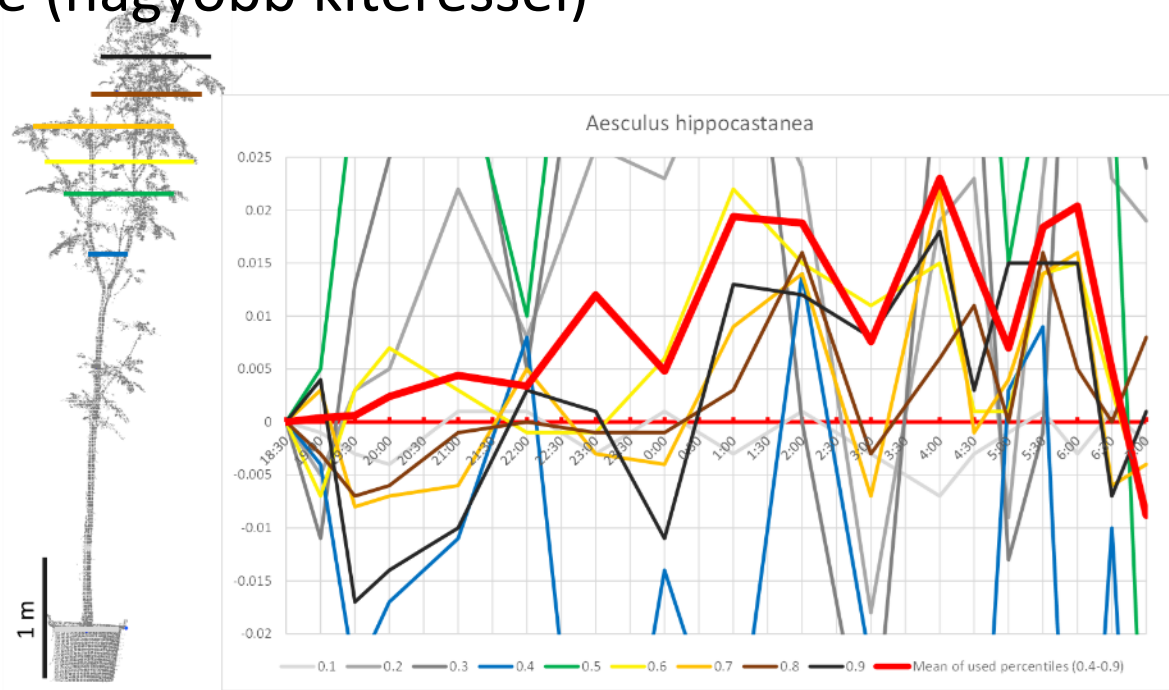
Eredmények: *Acer palmatum*

Felfelé történő elmozdulás, mely reggelre visszatér a kiinduló helyzetbe



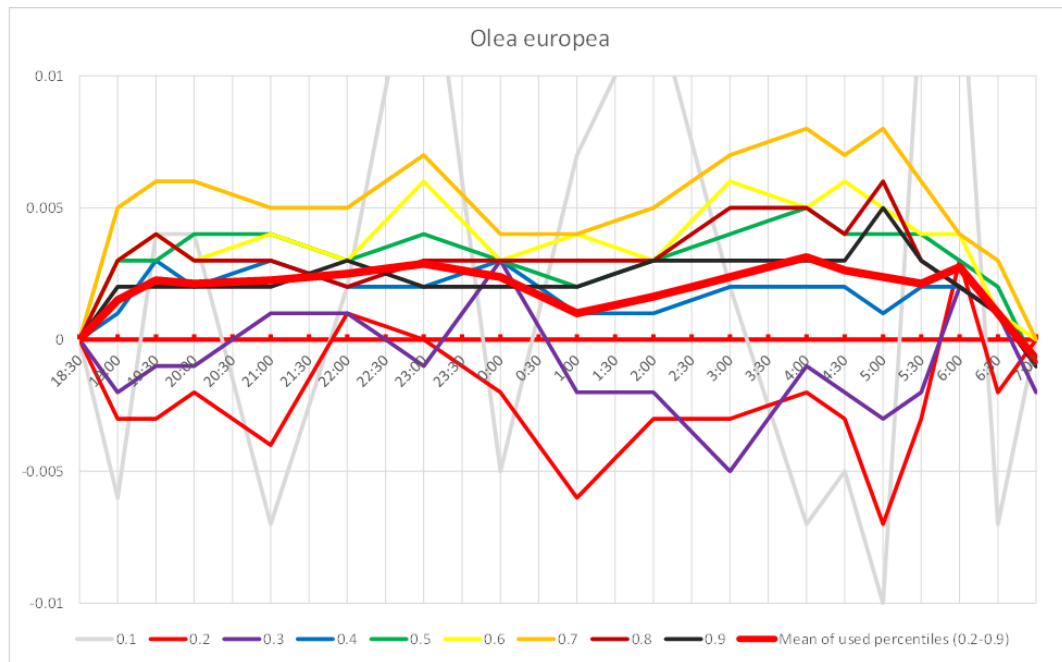
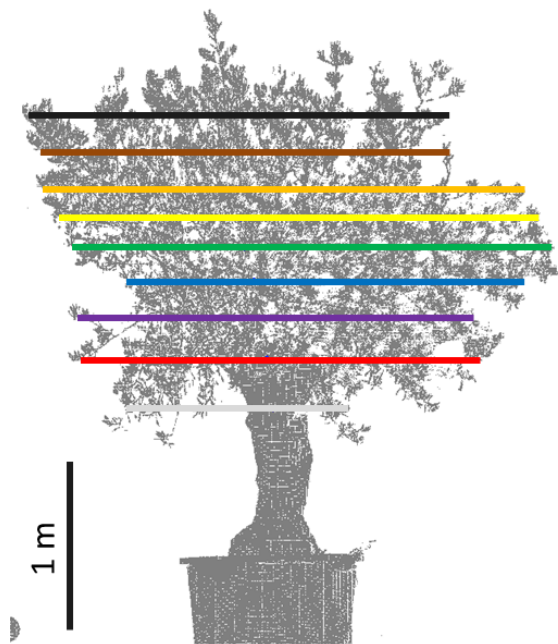
Eredmények: *Aesculus hippocastanea*

Felfelé történő elmozdulás, mely reggelre visszatér a kiinduló helyzetbe (nagyobb kitéréssel)



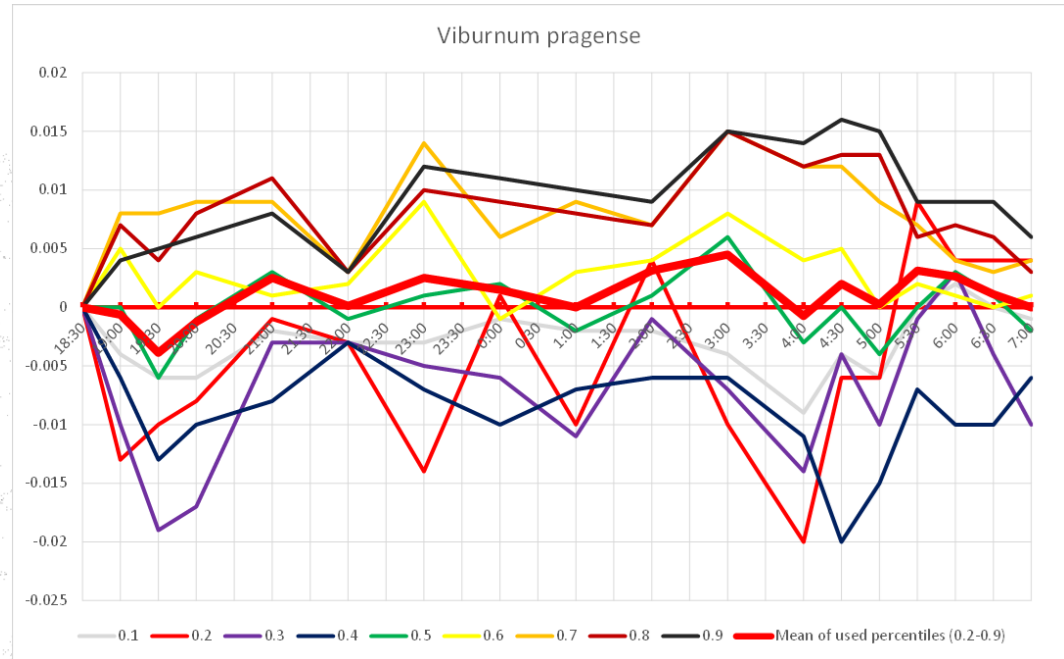
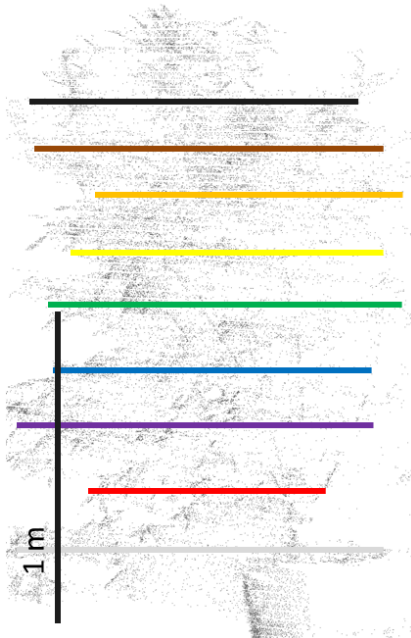
Eredmények: *Olea europea*

Alig mérhető elmozdulás, ellentétes irányú az alsó és felső ágakon



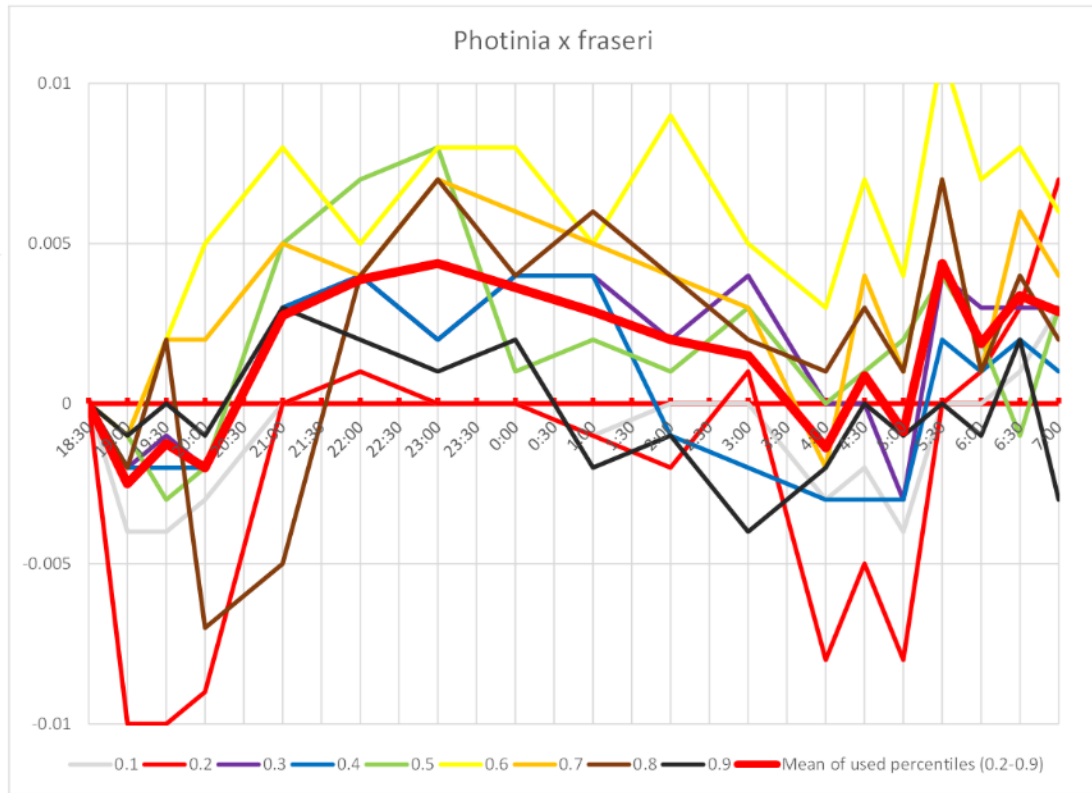
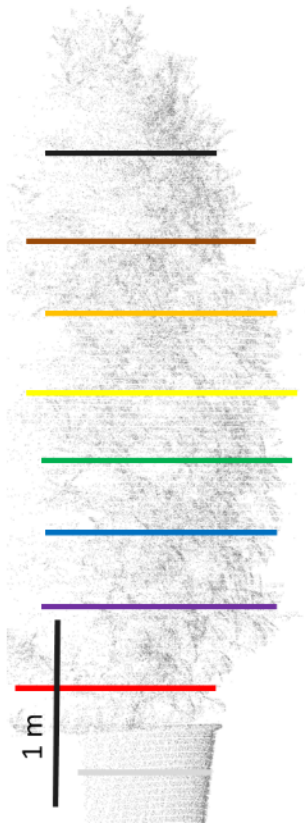
Eredmények: *Viburnum pragensense*

Alig mérhető elmozdulás, ellentétes irányú az alsó és felső ágakon. Egyes percentiliseken 2 cm is mérhető volt



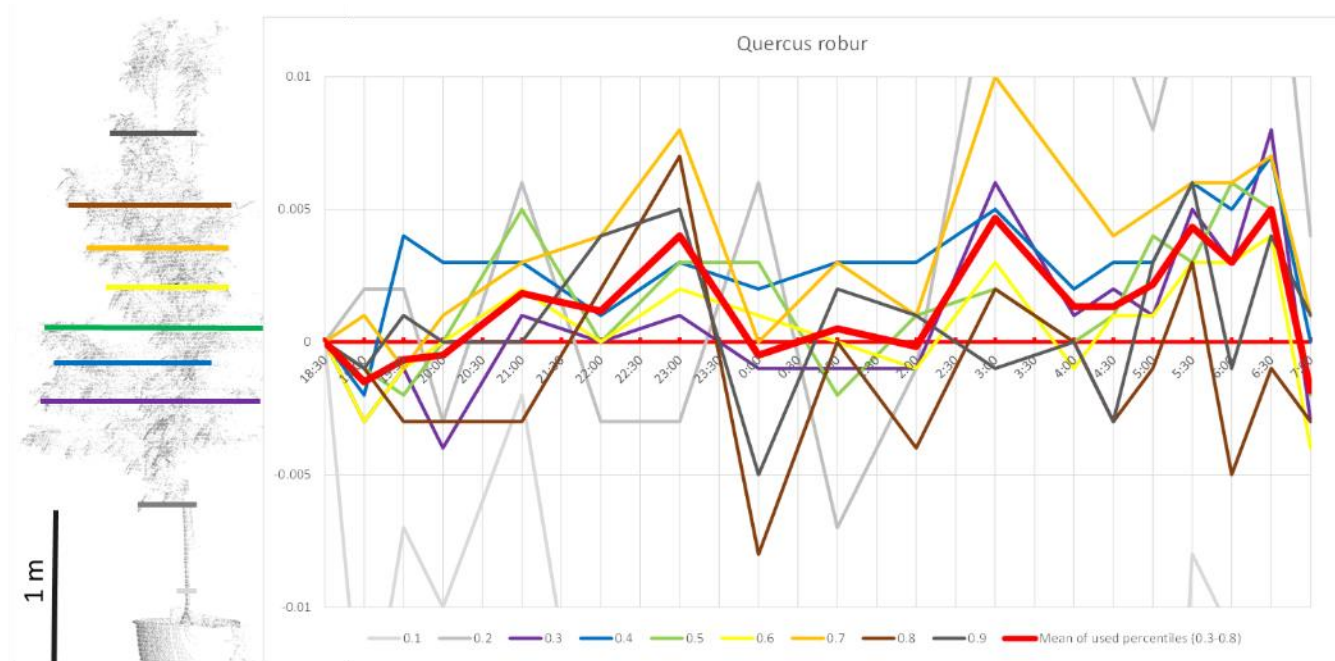
Eredmények: Photinia fraseri

Egyértelmű elmozdulás, 12 óránál rövidebb periódus?



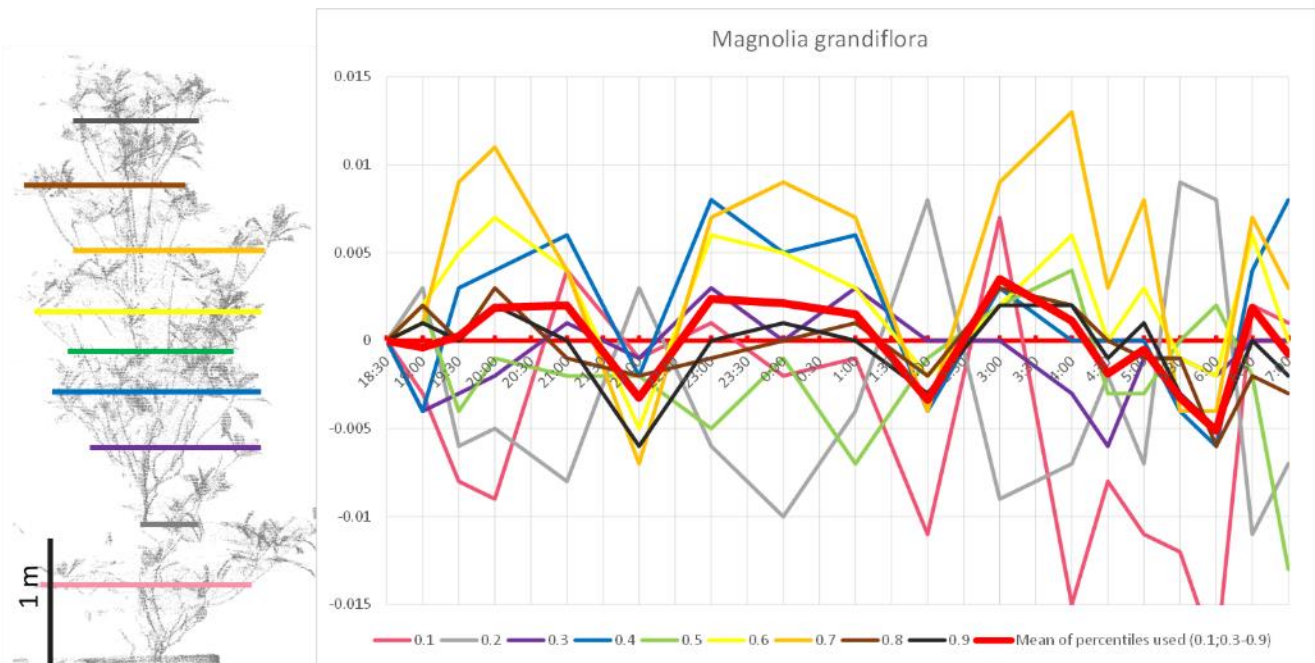
Eredmények: Quercus robur – két ciklus?

Egyértelműen mérhető mozgás, de nem 12 óra periódusidejű. Több, rövidebb ciklus?



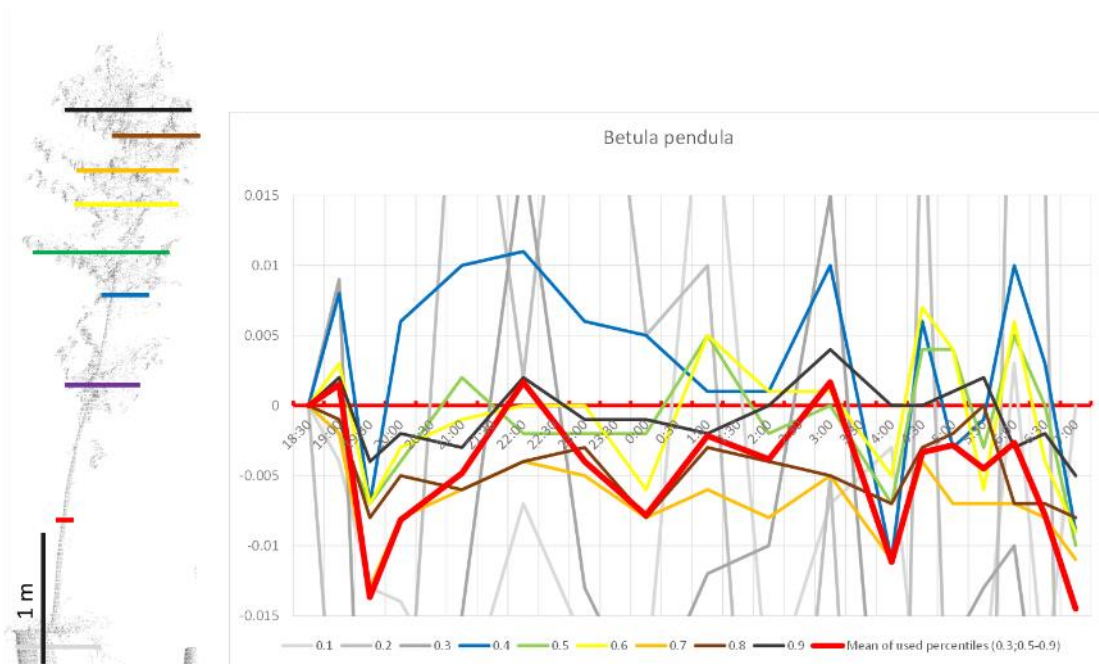
Eredmények: Magnolia grandiflora – három ciklus?

Egyértelműen mérhető mozgás, 3-4 óra periódussal,
szinkronizáltan az egész fa ágrendszerén.



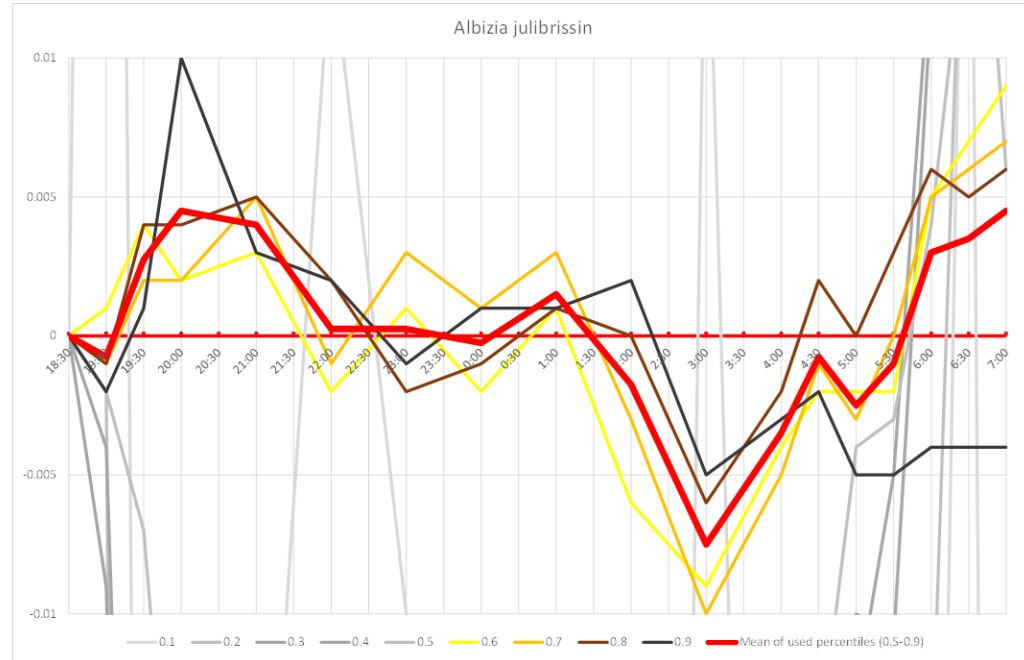
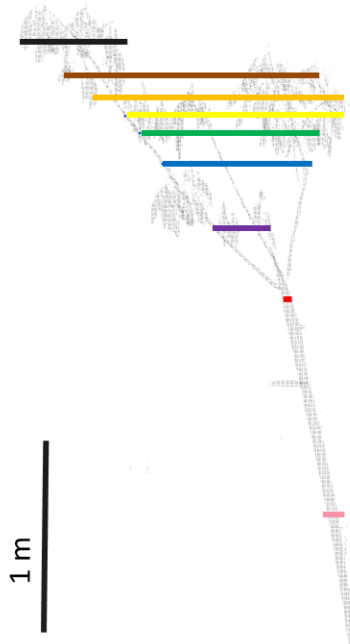
Eredmények: Betula pendula – a csalódás

Egyértelműen mérhető mozgás, de a periódusidő bizonytalan.
Nem tér vissza a kiindulási helyzetbe: ez nem alvómozgás



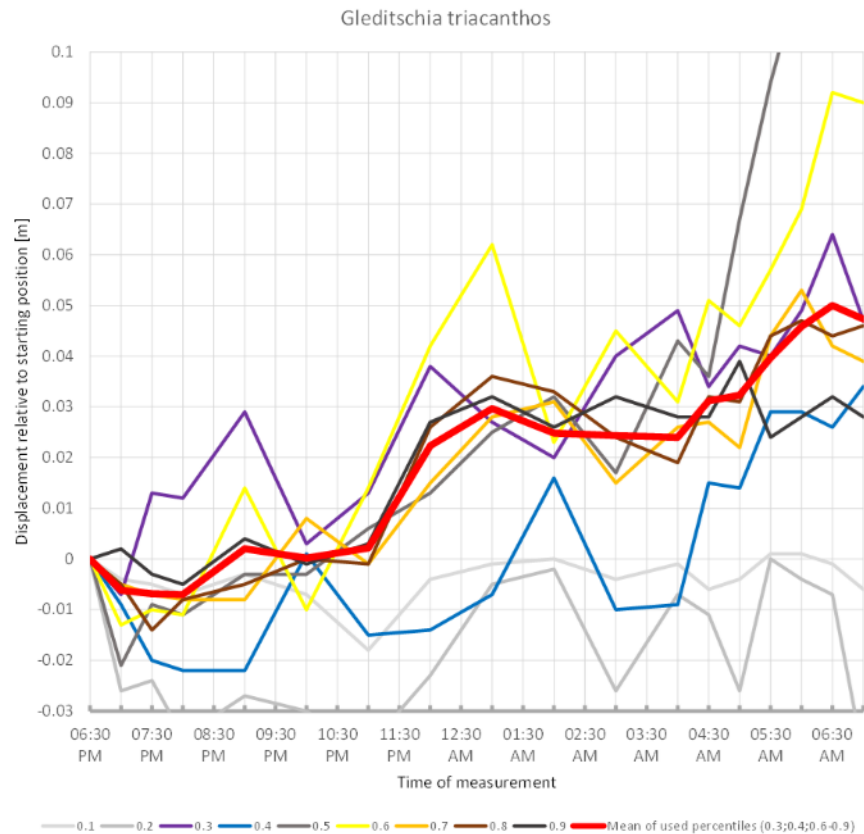
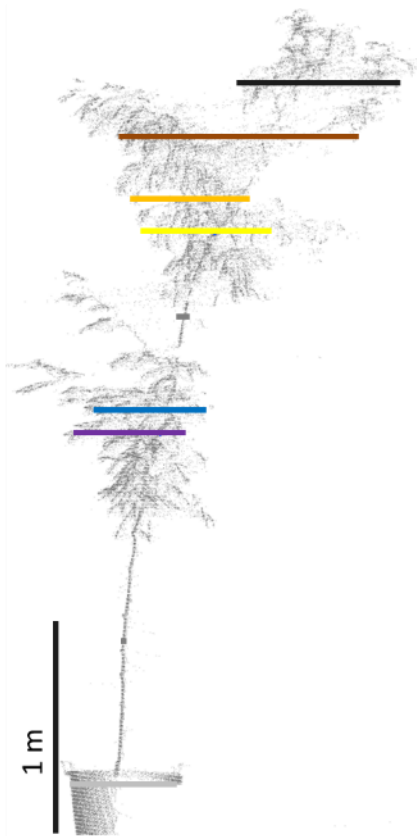
Eredmények: Albizia julibrissin – egyértelmű alvómozgás

Jól mérhető, nagy amplitúdójú mozgás. Nagyon kicsi lombkorona, a levelek záródása jól követhető



Eredmények: *Gleditsia triacanthos*

Folyamatos,
egyirányú
mozgás? Vagy
később
visszatért
volna?



Az eredmények értelmezése:

háromféle mozgás

- Alvómozgás (*sensu* Darwin 1880): 12 órás periódusú fel vagy le induló mozgás, amely reggelre visszatér a kiindulási állapot közelébe
- Rövid periódusú mozgás: 6 óránál rövidebb
- Folyamatos egyirányú mozgás: stressz hatásának, hervadásnak tűnik

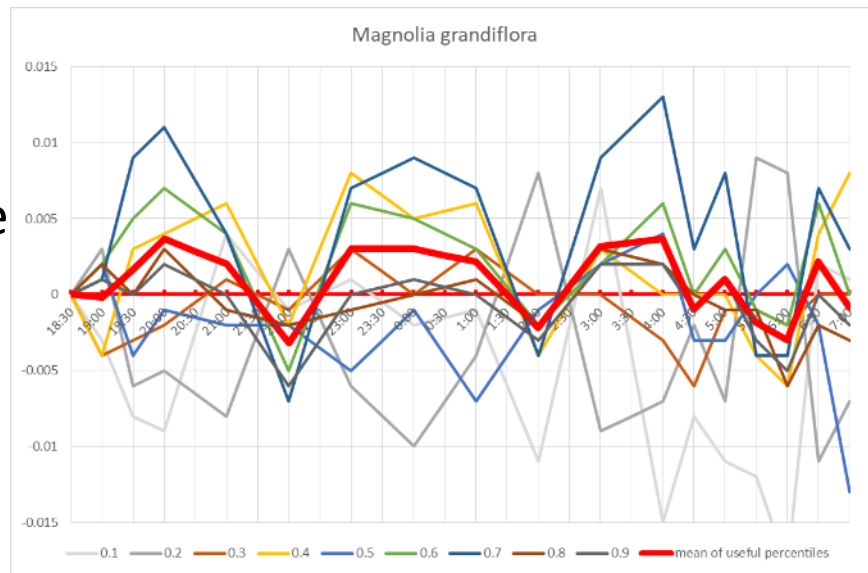
Összefoglalás: a mozgás típusok változatossága

- Az alvómozgás nem általános, csak kevés fánál mértük
- Számos mozgás és irányváltás történt a teljesen sötét időszakban, tehát nem elsősorban a fény irányít
- A legnagyobb periodikus mozgás 2 cm, a legnagyobb mért mozgás 5 cm volt
- **Általánosnak tűnik a rövid (3-6 h) periódusú, az egész növényre kiterjedő mozgás**



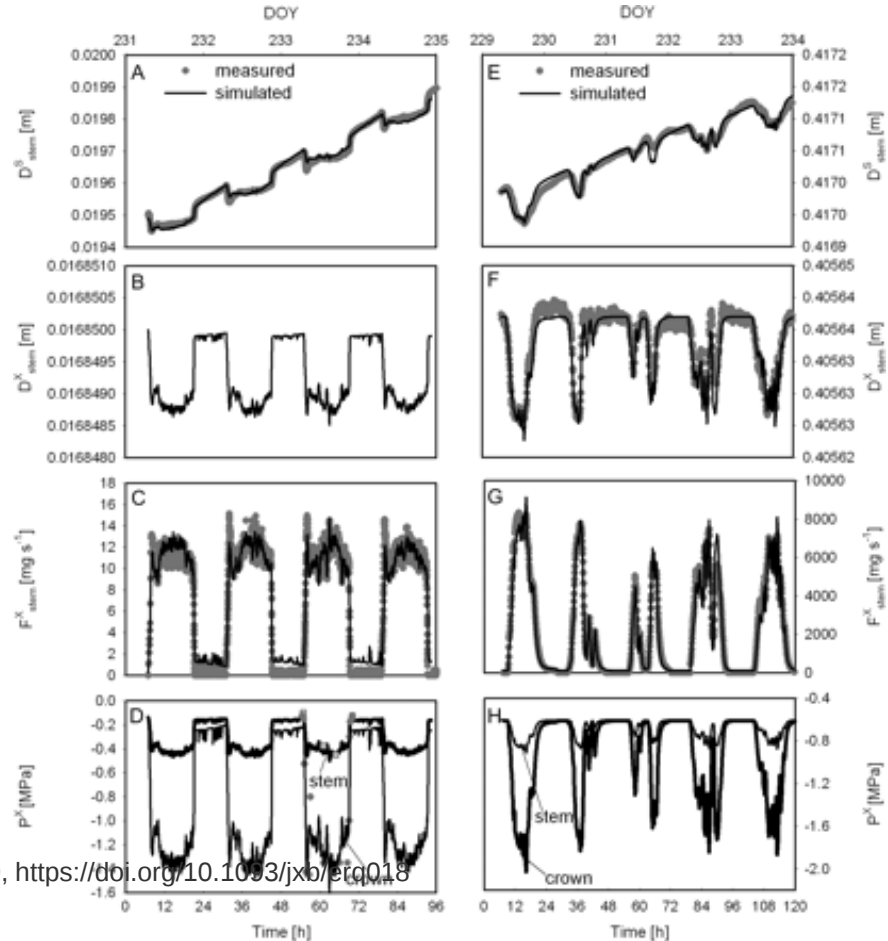
A rövid periódusú mozgás értelmezése

- A mozgás az egész növényre kiterjed, szinkronizáltan
- A növényi mozgások a turgornyomással függenek össze
- Eddig nem tudtunk olyan mechanizmusról, amely a víz nyomását a növényben a cirkadiánnál rövidebb periódusban szabályozta volna



A rövid periódusú mozgás értelmezése

- De Schepper és Steppe 2010 víz transzport modelljének verifikálása során mértek rövid periódusú átmérő változást, amit a modell nem jósolt.



Journal of Experimental Botany, Volume 61, Issue 8, May 2010, Pages 2083–2099, <https://doi.org/10.1093/jxb/erq018>

The content of this slide may be subject to copyright: please see the slide notes for details.

Egy hipotézis: aktív víztransport éjszaka

- A növénynek érdekében áll éjszaka is fenntartani a víz mozgását a talajban, amikor a sztómák zárva vannak
- A szállítóedények körüli parenchyma sejtek képesek lehetnek rugalmas alakváltozásra
- Az élő vízszállító sejtek aquaporinjai gyors nyitásra-zárásra képesek
 - Ez szerepet játszik a bélsugarakon keresztüli gyors laterális transzportban
- Lehetséges, hogy a víz szállításához aktív, rugalmas, periodikus mozgás is hozzájárul, elsősorban fiatal fáknál

Nyitott kérdések

- Vajon tényleg létezik ilyen aktív transzport?
 - Egyidejű lézerszkenneléses és élettani mérésekkel lehetne vizsgálni
- A nagyobb fáknak is van rövid periódusú mozgása?
 - Egyes mérések szerint igen
- Egy-egy fa minden nap ugyanúgy mozog?
 - Hosszú távú mérésekre lenne szükség

Újabb mérés – nagy nyírfa, pont csoportok

- Furth im Wald, Németország
- Egy TV felvétel kedvéért...
- Riegl VZ földi szkenner

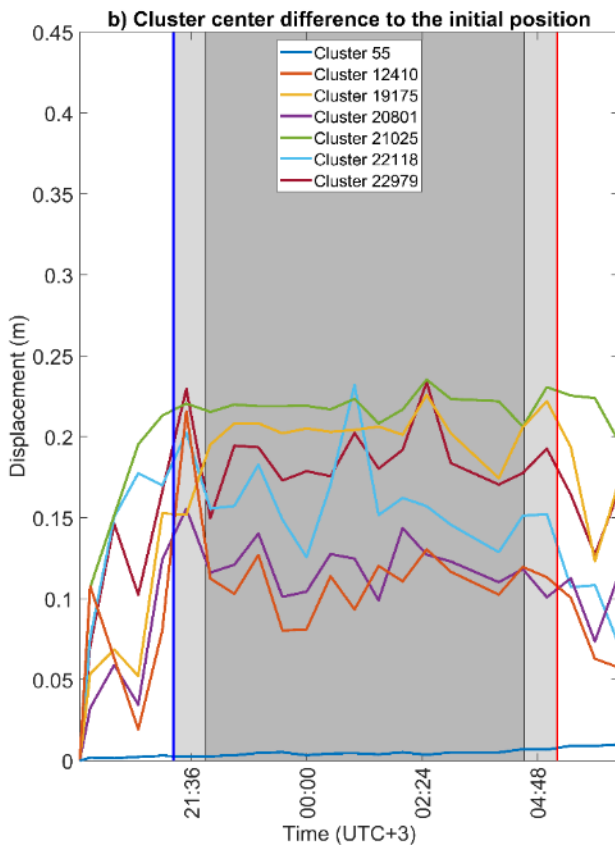
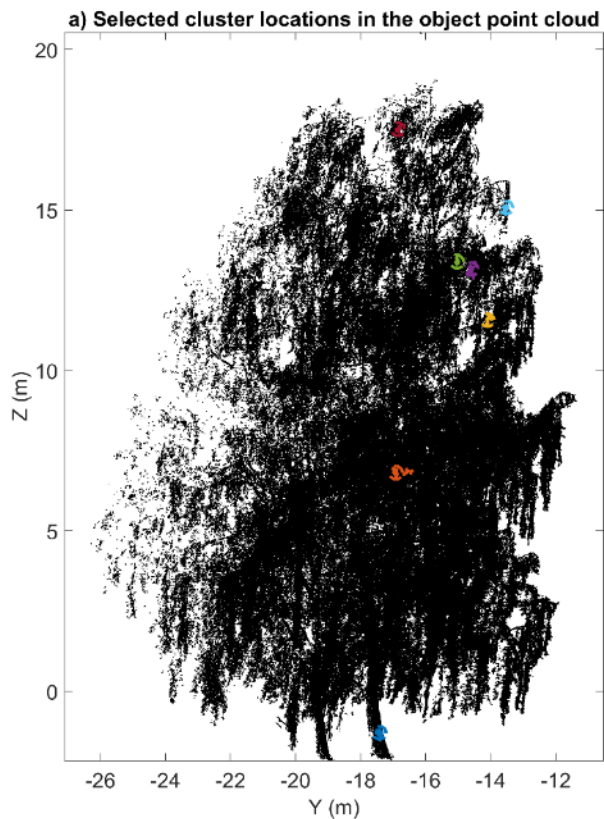


Újabb mérés – nagy nyírfa, pont csoportok

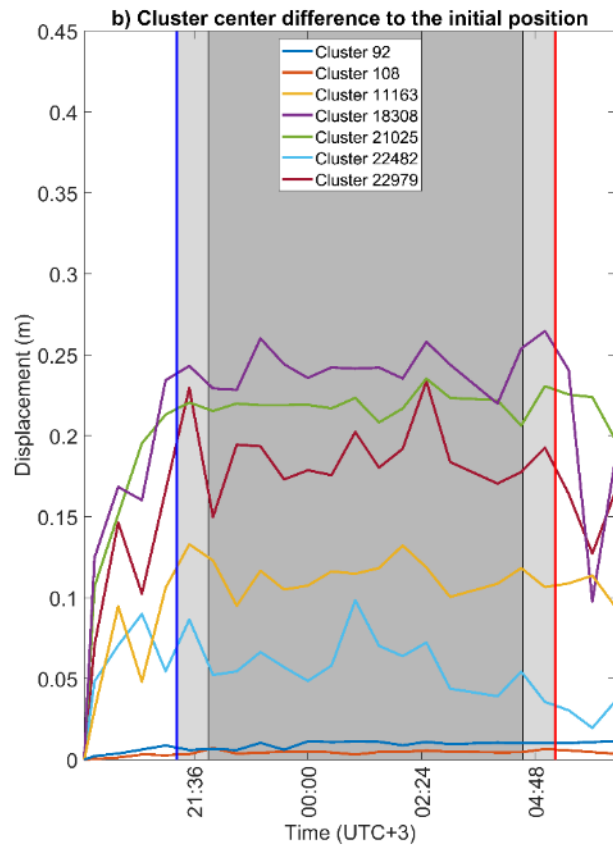
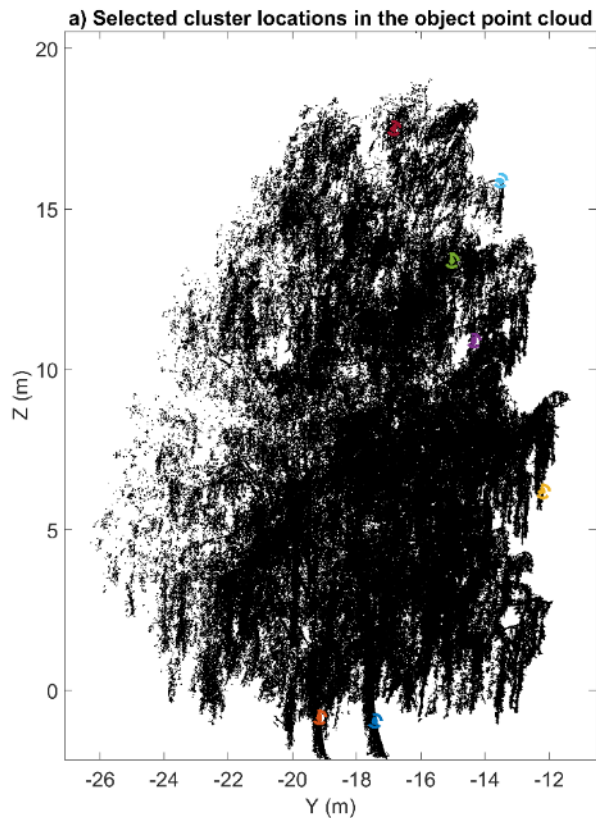
- Furth im Wald, Németország
- Egy TV felvétel kedvéért...
- Riegl VZ földi szkenner



Eredmény: alvómozgás felfelé



Eredmény: alvómozgás felfelé



Összefoglalás

- A földi lézerszkennelés alkalmas a fák éjszakai mozgásának számszerűsítésére
- Az eddigi megfigyelések korábban nem ismert mozgásokat igazoltak
- A mozgások összefüggenek a növények szerkezeti és rendszertani sajátosságaival
- A mozgások élettani mechanizmusa és evolúciós jelentősége még nem azonosított

