

Doktori (PhD) értekezés tézisei

FŰRÉSZÁRU SZILÁRDSÁGA ÉS FIZIKAI  
TULAJDONSÁGAINAK KAPCSOLATA

Sismándy-Kiss Ferenc

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Sopron  
2012

Doktori (PhD) értekezés tézisei  
Nyugat-magyarországi Egyetem  
Faipari Mérnöki Kar  
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola  
Vezető: Prof. Dr. Tolvaj László egyetemi tanár

Doktori program:  
Rosttechnika tudományok

Témavezető:  
Prof. Dr. Divós Ferenc  
egyetemi tanár

## Jelmagyarázat

|  |  |
|--|--|
| <i>CKDR:</i>                                 | koncentrált göcsátmérő arány   |
| <i>Csill.:</i>                               | logaritmikus dekrementum ( $\Lambda$ ) x 1000                                      |
| <i>E<sub>becsült</sub>:</i>                  | statikus rugalmassági moduluszt becslő formula [GPa]                               |
| <i>E<sub>luc</sub>:</i>                      | lucfenyő statikus rugalmassági moduluszát becslő formula [GPa]                     |
| <i>E<sub>vörös</sub>:</i>                    | vörösfenyő statikus rugalmassági moduluszát becslő formula [GPa]                   |
| <i>GTA:</i>                                  | göcsterület arány  |
| <i>hajlIMOE:</i>                             | hajlító rezgésből számolt dinamikus rugalmassági modulusz 1. módusban [GPa]        |
| <i>longIMOE:</i>                             | longitudinális rezgésből számolt dinamikus rugalmassági modulusz 1. módusban [GPa] |
| <i>R:</i>                                    | korrelációs koefficiens  |
| <i>SZCKDR:</i>                               | szegély koncentrált göcsátmérő arány   |
| <i>SZGTA:</i>                                | szegély göcsterület arány  |
| <i><math>\sigma_{\text{becsült}}</math>:</i> | hajlítószilárdságot becslő formula [MPa]   |
| <i><math>\sigma_{\text{luc}}</math>:</i>     | lucfenyő hajlítószilárdságát becslő formula [MPa]                                  |
| <i><math>\sigma_{\text{vörös}}</math>:</i>   | vörösfenyő hajlítószilárdságát becslő formula [MPa]                                |
| <i><math>\sigma_{\bar{x}}</math>:</i>        | standard hiba  |

# 1 Bevezetés

A roncsolásmentes faanyagvizsgálatok több évtizedes múltira tekintenek vissza. Már az első vizsgálatok is a faanyag szilárdságának becslésére irányultak. A roncsolásmentes faanyagvizsgálatok célja a fa olyan paramétereinek a gyors és pontos mérése, amelyek kapcsolatban állnak a faanyag mechanikai tulajdonságaival pl.: hajlítószilárdsággal, rugalmassági moduluszal, és segítségükkel ezek a tulajdonságok nagy pontossággal megbecsülhetőek.

## 1.1 Célkitűzés

A kutatómunka célja az volt, hogy az általam meghatározott, illetve mért roncsolásmentes paraméterek közül kiválasszam azokat, amelyekkel a faanyag statikus rugalmassági modulusza és hajlítószilárdsága a lehető legnagyobb pontossággal megbecsülhető. Ehhez kutatásom során 1307 db különböző keresztmetszetű és hosszúságú fenyő pallón, illetve gerendán végeztem roncsolásmentes és roncsolásos méréseket. A pallók jellemző méretei 5x10 cm-es keresztmetszetű 2 m hosszúságú luc (*Picea abies*)- illetve vörösfenyő (*Larix decidua*) volt.

A paraméterek között szerepeltek többek között az évgyűrűszerkezetre vonatkozó felmérések úm. átlag évgyűrűszélesség, maximális évgyűrűszélesség, több göcsparaméter úm. göcsterület arány, szegély göcsterület arány, göcsátmérő arány, szegély göcsátmérő arány, különböző rezgések frekvenciáiból meghatározott dinamikus rugalmassági moduluszok, a csillapítás, valamint a sűrűség. A roncsolásmentes paraméterek mérése után elvégeztük a statikus rugalmassági modulusz és a hajlítószilárdság mérését, az MSZ EN 408-as szabványnak megfelelően 4 pontos hajlítással.

## 1.2 A téma aktualitása

A téma aktualitását az adja, hogy 2010. év elejétől az MSZ 15025 (Építmények teherhordó faszervezeteinek erőtani tervezése) szabvány helyett a jelenleg is már érvényben lévő EUROCODE 5 (Faszervezetek tervezése) alapján kell a faszervezeteket méretezni, illetve tervezni.

Az EUROCODE 5 az MSZ EN 338 előírásai szerint, a szilárdságuk alapján besorolt faanyaggal számol. Az MSZ EN 338 1994 óta honosított

szabvány Magyarországon, melyet azóta többször is módosítottak. Jelenleg a legújabb változata 2010-ben jelent meg. Ez a szabvány az MSZ EN 338-nak megfelelően két csoportra osztja a fafajokat, ún. C csoport, amelybe a fenyők és a nyárok tartoznak, valamint a D csoport, amelybe a lombos fafajok, majd ezeken belül határoz meg különböző szilárdsági osztályokat. Ez lényegesen eltér a magyar gyakorlattól, hiszen a „régí” magyar szabvány 3 fafajt (keménylombos, lágylombos és fenyő) és 4 szilárdsági osztályt (0, I, II, III) különböztet meg, míg az „új” európai 2 fafajcsoportot (C és D), valamint 12 szilárdsági osztályt a C csoportban és 6 szilárdsági osztályt a D csoportban.

## 2 A vizsgálat alapanyagai, eszközei, módszerei

### 2.1 Vizsgált faanyag

Méréseim során 3 csoportot különböztetem meg fafaj valamint származási hely szerint. A csoportok a következőképpen alakultak:

- I. csoport: Szlovákiából származó lucfenyő
- II. csoport: Oroszországból származó vörösfenyő
- III. csoport: Szlovákiából származó vörösfenyő

A csoportok megoszlását az *2.1 táblázat* mutatja.

2.1 táblázat: Csoportok megoszlása

|                  | Kereszt-metszet (cm) | Hossz [m] | Fafaj      | Növekedési terület | Próbatest szám [db] |             |
|------------------|----------------------|-----------|------------|--------------------|---------------------|-------------|
|                  |                      |           |            |                    | Roncsolásmentes     | Roncsolásos |
| <b>I.</b>        | 5x10                 | 2         | lucfenyő   | Szlovákia          | 432                 | 432         |
| <b>II.</b>       | 5x10                 | 2         | vörösfenyő | Oroszország        | 432                 | 432         |
| <b>III.</b>      | 5x10                 | 2         | vörösfenyő | Szlovákia          | 143                 | 143         |
|                  | 5x10                 | 4         |            |                    | 41                  | 0           |
|                  | 5x10                 | 4         |            |                    | 51                  | 51          |
|                  | 7,5x15               | 6         |            |                    | 50                  | 0           |
|                  | 7,5x15               | 3         |            |                    | 100                 | 100         |
|                  | 10x10                | 4         |            |                    | 58                  | 58          |
| <b>Összesen:</b> |                      |           |            |                    | 1307                | 1216        |

Az 1307 mérésből 1216 próbatesten végeztem statikus méréseket. A különbség abból adódik, hogy a táblázat 4. illetve 6. sorában szereplő fűrészárúk 4 illetve 6 m-esek voltak. Ezeket először 4 illetve 6 méteres

hosszban mértem roncsolásmentesen, majd kétfelé vágtam ezután ismét elvégeztem a roncsolásmentes méréseket, majd következett a statikus mérés. Erre a mérathatás vizsgálata miatt volt szükség. Az alapanyag minden esetben fűrészelt palló illetve gerenda volt.

## 2.2 Roncsolásmentes mérések

Roncsolásmentes mérések között az alábbiak szerepeltek:

- dinamikus rugalmassági modulusz mérése longitudinális rezgéssel
- dinamikus rugalmassági modulusz mérése hajlító rezgéssel
- csillapítás mérése
- különböző göcsparaméterek
  - teljes göcsterület arány (GTA)
  - szegély göcsterület arány (SZGTA)
  - göcsátmérő arány (CKDR)
  - szegély göcsátmérő arány (SZCKDR)

## 2.3 Roncsolásos vizsgálatok

Roncsolásos mérések között az alábbiak szerepeltek:

- statikus rugalmassági modulusz mérése
- hajlítószilárdság mérése

A hajlító rugalmassági modulusz mérését 4 pontos hajlítással az MSZ EN 408-as szabványnak megfelelően végeztük.

## 3 Eredmények összefoglalása

A kutatásom alapvető célja az, hogy a faanyag mechanikai tulajdonságait a lehető legpontosabban meghatározzam roncsolásmentes módszerekkel, a legjobb algoritmust találjam meg eme tulajdonságok mérésére illetve becslésére. A mechanikai tulajdonságok közül talán a méretezés szempontjából legfontosabb paraméterek a rugalmassági modulusz és a hajlítószilárdság. Ehhez a mért adatokat statisztikailag elemeztem STATISTICA szoftver segítségével és meghatároztam a legjobb korrelációval és legkisebb standard hibával rendelkező formulákat. A 2.1

táblázatban bemutatott csoportokat külön-külön vizsgáltam. Terjedelmi okok miatt a legjobb becslő formulákat mutatom be.

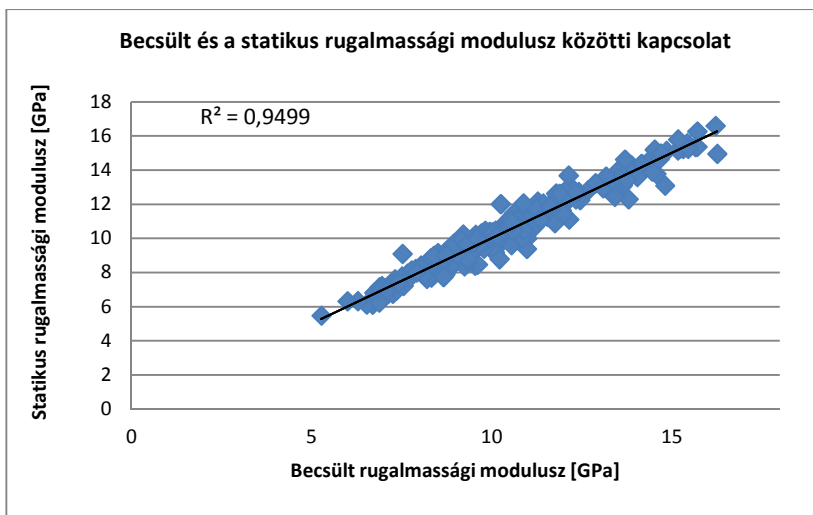
### 3.1 I. csoport eredményei

Az I. csoportba a Szlovákiából származó 5x10 cm-es keresztmetszetű 2 m hosszú lucfenyő pallók tartoznak. A nedvességtartalom  $13 \pm 2\%$ .

A legjobb eredményt a statikus rugalmassági modulusz becslésénél úgy kaptam, ha a dinamikus hajlító rugalmassági moduluszt és a csillapítást használtam. Az egyenlet az alábbi szerint alakul:

$$E_{\text{becsült}} = 0,863 \cdot \text{hajl}1\text{MOE} - 0,043 \cdot \text{Csill.} + 2,512 \quad [3.1]$$

Az 3.1 ábrán látható a becstelt és a statikus rugalmassági modulusz közötti összefüggés. A becslés standard hibája 0,51 GPa.



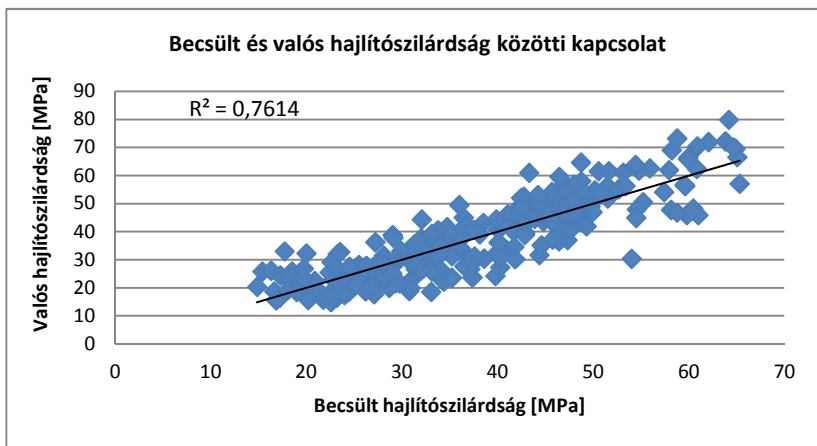
3.1 ábra: A becstelt és a statikus rugalmassági modulusz közötti kapcsolat

**Forrás:** saját szerkesztés

A hajlítószilárdság becslésénél a legjobb becslő formula az alábbiak szerint alakul:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{becsült}} = & 2,946 \cdot \text{hajl}1\text{MOE} - 16,103 \cdot \text{GTA} - 10,423 \cdot \text{SZGTA} - \\ & - 0,547 \cdot \text{Csill.} + 29,760 \end{aligned} \quad [3.2]$$

Az 3.2 ábrán látható a becült és a valós hajlítószilárdság közötti összefüggés. A becslés standard hibája 6,82 MPa.



3.2 ábra: A becült és a valós hajlítószilárdság közötti kapcsolat hajlító-rezgés esetén  
**Forrás:** saját szerkesztés

### 3.2 II. csoport eredményei

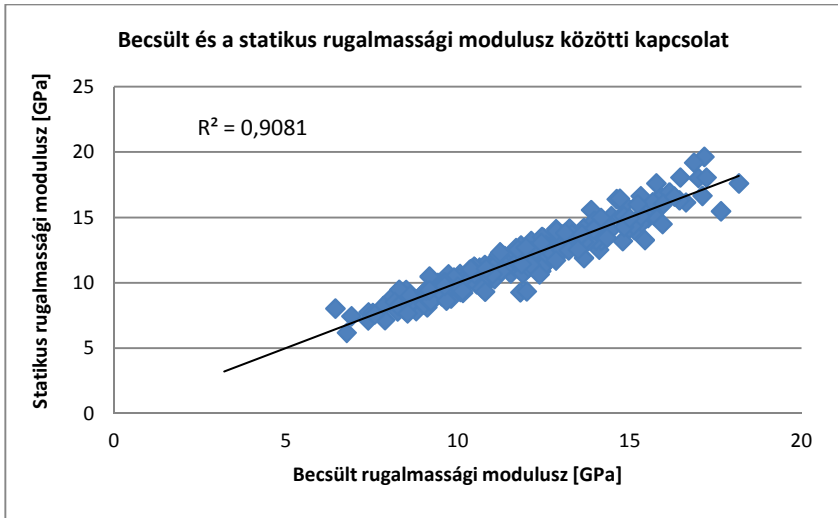
A II. csoportba az Oroszországból származó 5x10 cm-es keresztmetszetű 2 m hosszú vörösfenyő pallók tartoznak. A nedvességtartalom  $13\pm 3\%$ .

A legjobb eredményt a statikus rugalmassági modulusz becslésénél, a dinamikus hajlító rugalmassági moduluszt és a CKDR-t használva, az egyenlet az alábbi szerint alakul:

$$E_{becsült} = 0,937 \cdot hajl1MOE - 1,683 \cdot CKDR + 0,536 \quad [3.3]$$

Az 3.3 ábrán látható a becült és a statikus rugalmassági modulusz közötti összefüggés hajlító modulusz esetén. A becslés standard hibája 0,75 GPa.





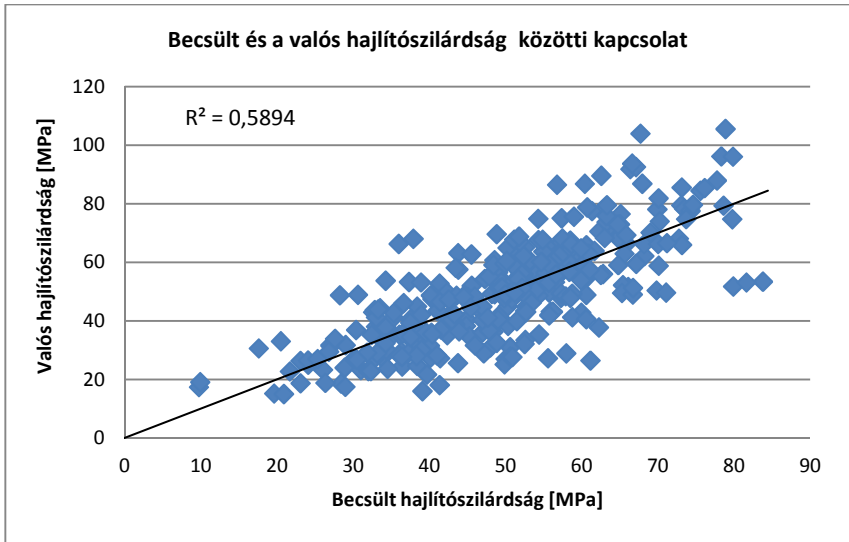
3.3 ábra: A becült és a statikus rugalmassági modulusz közötti kapcsolat

Forrás: saját szerkesztés

A hajlítózilárdság becsléséhez használt egyenlet az alábbiak szerint alakul hajlító rezgés esetén:

$$\sigma_{becsült} = 3,909 \cdot hajl1MOE - 43,676 \cdot CKDR + 10,191 \quad [3.4]$$

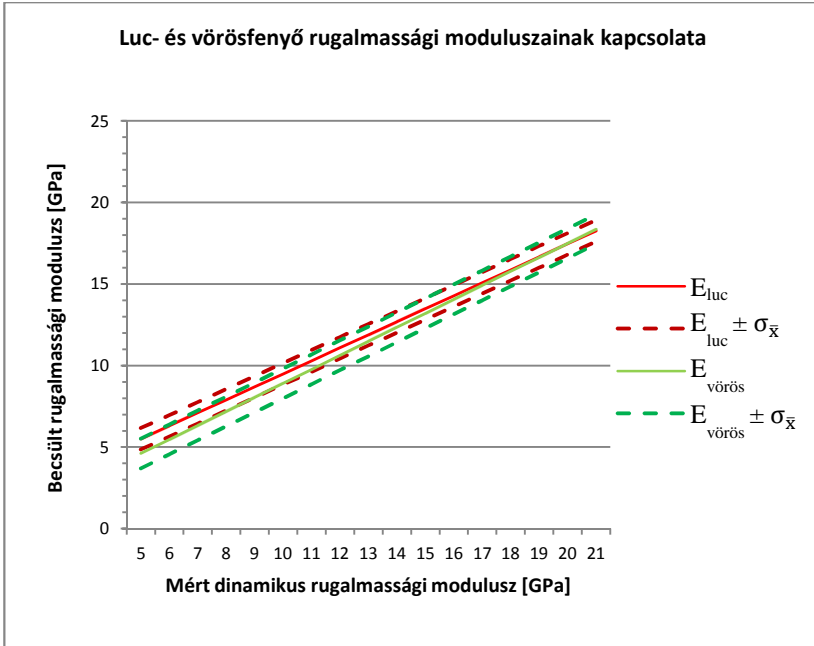
Az 3.4 ábrán látható a becült és a valós hajlítózilárdság közötti összefüggés. A becslés standard hibája 11,62 MPa.



3.4 ábra: A becsült és a valós hajlítószilárdság közötti kapcsolat hajlító rezgés esetén  
**Forrás:** saját szerkesztés

### 3.3 I és II. csoport összehasonlítása

Ha vizsgáljuk a szlovák lucfenyő (I. csoport) és az orosz vörösfenyő (II. csoport) kapcsolatát, megállapítható, hogy a vörösfenyő átlag szilárdsági és rugalmassági modulusz adatai meghaladják a Szlovákiából származó lucfenyő adatait. Azonban ha megvizsgáljuk azokat a becsülő egyenleteket, amelyekkel a statikus rugalmassági modulusz illetve a hajlítószilárdság megbecsülhető, majd ezeket a teljes tartományon ábrázoljuk, az alábbi *ábrákon* bemutatott grafikonokat kapjuk. Az *3.5 ábrán* a lucfenyő és a vörösfenyő becsült és mért rugalmassági moduluszainak kapcsolata látható. Mindkét egyenletet lineáris regresszióval határoztam meg úgy, hogy csak a longitudinális rezgésből számolt rugalmassági moduluszt használtam (long1MOE), mivel a gyakorlatban is ez a legéletszerűbb, leggyorsabb meghatározás.



3.5 ábra: A lucfenyő és a vörösfenyő becsült és mért rugalmassági modulusza közötti kapcsolat

**Forrás:** saját szerkesztés

A 3.5 ábrán az  $E_{luc}$ , és az  $E_{vörös}$ , a lucfenyő és a vörösfenyő statikus rugalmassági moduluszát becsülő egyenletek, melyek az alábbiak szerint alakulnak:

$$E_{luc} = 0,797 \cdot long1MOE + 1,520 \quad [3.5]$$

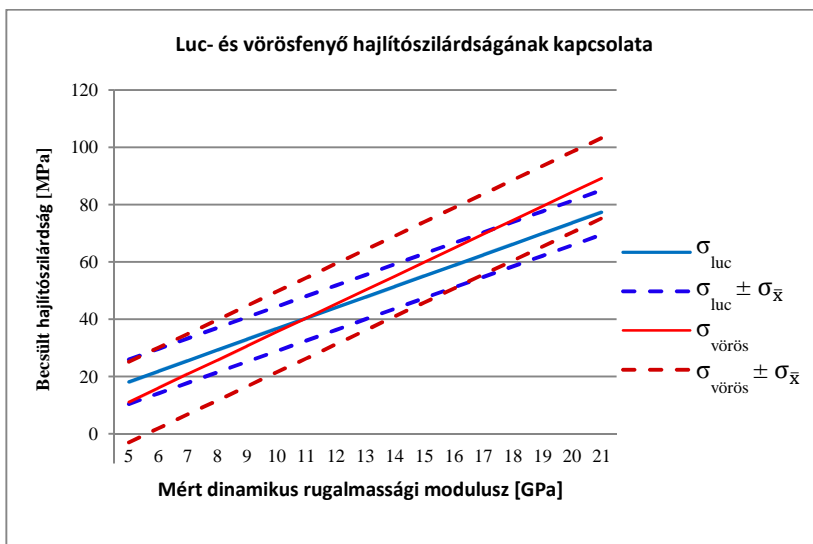
$$E_{vörös} = 0,859 \cdot long1MOE + 0,317 \quad [3.6]$$

Az  $E_{luc} \pm \sigma_{\bar{x}}$  valamint az  $E_{vörös} \pm \sigma_{\bar{x}}$  a becsült értékektől  $\pm 1$  standard hibányi távolság. A lucfenyő statikus rugalmassági moduluszának becslésénél ez az érték  $\pm 0,657$  GPa, a vörösfenyőnél  $\pm 0,911$  GPa.

A grafikon 5 GPa-os értéktől indul, mivel az adatokat csak azon a tartományon ábrázolom, amely tartományon belül méréseket végeztem (5-21GPa). A grafikon értelmezésének a 7 GPa-os értéktől van létjogosultsága, hiszen a szilárdság szerint történő osztályozásnál az MSZ EN 338-as

szabványnak megfelelően a 7 GPa alatti rugalmassági moduluszal rendelkező faanyagot osztályon alulinak kell tekinteni. A szórásmezők részben fedik egymást. A 7 GPa-os mért értéktől ráadásul a két becült érték között csupán 0,77 GPa-os különbség van, ami benne van a két becslés hibája által lefedett területben. A nagyobb értékek felé haladva a két érték különbsége gyakorlatilag eltűnik.

Hasonlóan alakulnak a becült hajlítószilárdsági értékek is, melyeket az alábbi grafikonon szemléltetnek.



3.6 ábra: A lucfenyő és a vörösfenyő becült és a mért hajlítószilárdsága közötti kapcsolata

**Forrás:** saját szerkesztés

A 3.6 ábrán a  $\sigma_{luc}$ , és a  $\sigma_{vörös}$ , a lucfenyő és a vörösfenyő hajlítószilárdságát becslő egyenletek, melyek az alábbiak szerint alakulnak:

$$\sigma_{luc} = 3,696 \cdot long1MOE - 0,306 \quad [3.7]$$

$$\sigma_{vörös} = 4,8827 \cdot long1MOE - 13,306 \quad [3.8]$$

A  $\sigma_{\text{luc}} \pm \sigma_{\bar{x}}$ , valamint a  $\sigma_{\text{vörös}} \pm \sigma_{\bar{x}}$  itt is a becslt értékektől  $\pm 1$  standard hibányi távolság. A lucfenyő hajlítószilárdságának becslésénél ez az érték  $\pm 7,760$  MPa, a vörösfenyőnél  $\pm 14,056$  MPa.

Ahogy az előzőekben bemutattam, itt is mindkét egyenletet lineáris regresszióval határoztam meg úgy, hogy csak a longitudinális rezgésből számolt rugalmassági moduluszt használtam. Itt is az 5-21 GPa-os tartományt ábrázolom.

A szórásmezők itt is elég jól fedik egymást. A magasabb szilárdsági értékeknél távolodnak el egy kicsit egymástól, azonban még ez az érték is a hibahatáron belül van. A becslt értékek közötti legnagyobb eltérés nem éri el a 12 MPa-t.

Ugyan az MSZ EN 338-ban a fenyőket egy csoportban kezelik (C csoport), ugyanakkor az osztályozó gépek MSZ EN 14081-es szabvány szerinti minősítésénél minden egyes fafajra illetve termőhelyre egy – meglehetősen nagy –, több száz próbatestből álló mintát kell vizsgálni, hogy utána a gép az adott fafajra valamint az adott termőhelyre megszerezze a minősítést. Ez több ezer próbatest vizsgálatát követeli meg, amely igen nagy költségekkel jár. A bemutatottak alapján látható, hogy annak ellenére, hogy két eltérő fafajt vizsgáltam, amelyek eltérő termőhelyről is származtak, a becslő formulák nem térnek el egymástól szignifikánsan.

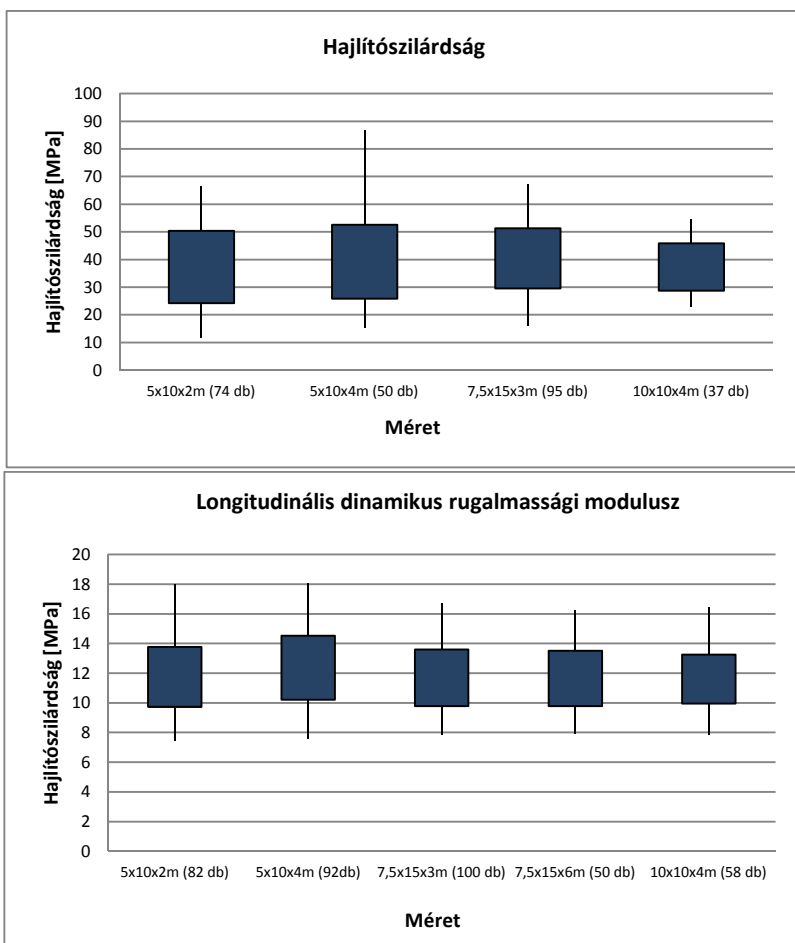
### 3.4 III. csoport eredményei

A III. csoportban különböző keresztmetszetű és hosszúságú pallót, illetve gerendát vizsgáltam. A nedvességtartalom  $12 \pm 4\%$ . A célom az volt, hogy kimutassam, hogy a mérhető jelensége valós méretű pallók illetve gerendák esetében fennáll-e. A vizsgált próbatestek méretei és számai az *2.1 táblázatban* láthatóak.

A vizsgálatot azért tartottam fontosnak, hogy megtudjam, hogy a kisebb méretű próbatesteken történő méréseket (5x10 cm keresztmetszetű 2m hosszú) biztonságosan fel lehet-e használni a nagyobb keresztmetszetű és hosszúságú anyagoknál. A vizsgálatok során először – mint az előző csoportoknál – meghatároztam a roncsolásmentes paramétereket majd elvégeztük a törővizsgálatot.

A 6 m hosszú 7,5x15 cm-es keresztmetszetű pallók esetében valamint 41 db 5x10-es keresztmetszetű 4 m hosszúságú pallónál először lemértem 4 ill. 6 m-es hosszban roncsolásmentesen majd ketté vágtam, újra

megmértem a roncsolásmentes paramétereket majd ezután következett a törővizsgálat. Mivel a „nagy” darabokról értelemszerűen nincsen hajlítószilárdsági adatom a dinamikus rugalmassági moduluszokat hasonlítottam össze. A dinamikus rugalmassági moduluszok minden esetben longitudinális rezgésből számolt rugalmassági moduluszok voltak 1. módusban. Ha az adatokat ábrázolom, az alábbi grafikonokat kapom:



3.7 ábra: A mechanikai tulajdonságok átlagának, szórásának, minimumának és maximumának ábrázolása

**Forrás:** saját szerkesztés

Az 3.7 ábrán szereplő dobozok felső és alsó határa az átlag körüli szórást mutatja a vékony vonalak pedig az értékek minimumát illetve maximumát.

A bemutatottak alapján kijelenthető, hogy az egyes méretek közötti mérethatás nem figyelhető meg, hiszen a különböző méreteknél mért szilárdsági és dinamikus rugalmassági modulusz értékek átlagai nagyon kis mértékben térnek el egymástól, a szórásmezők átfedésben vannak.

Ez az osztályozás szempontjából pozitívnak mondható, hiszen a viszonylag kis méreten mért adatok (esetemben a 2m-es próbatestek) is használhatók a nagyobb keresztmetszeten illetve hosszúságon.

## 4 Összefoglalás

Kutatásom során 1307 db különböző keresztmetszetű és hosszúságú luc- és vörösfenyő fenyő pallón illetve gerendán végeztem roncsolásmentes és roncsolásos méréseket. A pallók jellemző méretei 5x10 cm-es keresztmetszetűek és 2 m hosszúságúak voltak.

A paraméterek között szerepeltek többek között az évgyűrűszerkezetre vonatkozó felmérések ún. átlag évgyűrűszélesség, maximális évgyűrűszélesség, több göcsparaméter ún. göcsterület arány, szegély göcsterület arány, göcsátmérő arány, szegély göcsátmérő arány, különböző rezgések frekvenciáiból meghatározott dinamikus rugalmassági moduluszok ún. hajlító, longitudinális rezgések, a csillapítás, nedvességtartalom valamint a sűrűség.

A meghatározott mutatók közül a legjobb becslő paraméternek a csillapítás (logaritmikus dekrementum) és az általam bevezetett szegély göcsátmérő arány (SZCKDR) bizonyult. Lucfenyő esetében a legjobb becslő formulával sikerült a statikus rugalmassági moduluszt  $\pm 0,51$  GPa-os, a hajlítószilárdságot  $\pm 6,82$  MPa-os hibával, vörösfenyő esetén a statikus rugalmassági moduluszt  $\pm 0,75$  GPa-os, a hajlítószilárdságot  $\pm 11,62$  MPa-os hibával megbecsülni.

Vizsgálataim során bemutattam, hogy a valós méretű kisebb próbatesteken (5x10 cm keresztmetszetű 2 m hosszú) végzett mérések adatai felhasználhatóak nagyobb keresztmetszetek és hosszúságok (5x10 cm keresztmetszetű 4 m hosszú; 7,5x15 cm keresztmetszetű 3m és 6m hosszú; 10x10 cm keresztmetszetű 4m hosszú) esetén is, a mérethatás elenyésző hatása miatt.

Méréseim során megállapítottam, hogy a szibériai vörösfenyőre és a szlovákiai lucfenyőre meghatározott formulák szignifikánsan nem térnek el egymástól, tehát az MSZ EN 338-ban lévő fafaj összevonás (minden fenyő fafaj egy csoportba (C) tartozik) indokolt, de az MSZ EN 14081-ben szereplő követelményrendszer, amelyik a fafaj és termőhelyek szerinti megkülönböztetést írja elő, indokolatlannak látszik.







## 5. tézis

Empirikus formulát származtattam a hajlítószilárdság becslésére ( $\sigma_{\text{becsült}}$ ). Méréseim során megállapítottam, hogy az 1. módusban mért hajlító-rezgés frekvenciájából számolt dinamikus rugalmassági modulusz (*hajl1MOE*) mellett az 1. módusban mért logaritmikus dekrementum (*Csill.*), a göcsterület arány (*GTA*) és a szegély göcsterület arány (*SZGTA*), mint egymástól független paraméterek segítségével a

$$\sigma_{\text{becsült}} = 2,946 \cdot \text{hajl1MOE} - 16,103 \cdot \text{GTA} - 10,423 \cdot \text{SZGTA} - 0,547 \cdot \text{Csill.} + 29,760 \quad [5.5]$$

(213)                      (4,219)                      (3,499)  
(137)                      (5,011)

empirikus formulával lehet a legkisebb hibával a hajlítószilárdságot ( $\sigma_{\text{becsült}}$ ) megbecsülni 5x10 cm-es keresztmetszetű 2 m hosszú, 13±2%-os nedvességtartalmú lucfenyő palló esetén.

A fenti formula 6,82 MPa-os standard hibával képes a hajlítószilárdság becslésére az 15-80 MPa-os tartományban. Formula együtthatói alatt zárójelben szereplő számok az adott paraméter standard hibáit mutatják helyi érték helyesen.

## 6. tézis

Empirikus formulát származtattam a statikus rugalmassági modulusz becslésére ( $E_{\text{becsült}}$ ). Méréseim során megállapítottam, hogy az 1. módusban mért longitudinális rezgés frekvenciájából számolt dinamikus rugalmassági modulusz (*long1MOE*) mellett, a göcsátmérő arány (*CKDR*), mint független paraméter segíti a leghatékonyabban a statikus rugalmassági modulusz ( $E_{\text{becsült}}$ ) becslését 5x10 cm-es keresztmetszetű 2 m hosszú, 13±3%-os nedvességtartalmú vörösfenyő palló esetén.

$$E_{\text{becsült}} = 0,819 \cdot \text{long1MOE} - 1,981 \cdot \text{CKDR} + 1,158 \quad [5.6]$$

(19)                      (404)                      (306)

A fenti formula 0,88 GPa-os standard hibával képes a statikus rugalmassági modulusz becslésére a 6-21 GPa-os tartományban. A formula együtthatói alatt zárójelben szereplő számok az adott paraméter standard hibáit mutatják helyi érték helyesen.

## **6 Hivatkozások**

MSZ 15025: Építmények teherhordó faszerkezeteinek erőtani tervezése

MSZ EN 14081: Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, négyszög keresztmetszetű szerkezeti fa.

MSZ EN 338: Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok

MSZ EN 408: Faszerkezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztolt fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása

MSZ EN 1995-1-1: Eurocode 5. Faszerkezetek tervezése

## 7 A dolgozat témájához kapcsolódó publikációk

### Magyar nyelvű lektorált publikációk

1. Sismándy-Kiss, F., Divós, F., 2011: Szerkezeti fa szilárdsági osztályozása (Hordozható fűrészáru osztályozó berendezés minősítése az EN14081 szerint), Brassó - Sopron Faipari Tudományos és Diákköri Konferencia, Sopron, Magyarország, 2011. július 18-24, *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*
2. Sismándy-Kiss, F., Divós, F., 2010: Szerkezeti fa szilárdsági osztályozása/Göcsök szerepe, Faipar LVIII. évf. 2010/2. szám:19-25

### Angol nyelvű lektorált publikációk

3. Divos, F., Sismándy-Kiss, F., 2011: Strength Grading of Structural Lumber – Effect of Damping and Knots, 17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Sopron, Magyarország, 2011. 09. 14-16, *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*
4. Divos, F., Sismandy Kiss, F., 2010: Strength Grading of Structural Lumber by Portable Lumber Grading - effect of knots, The Final Conference of COST Action E53, The Future of Quality Control for Wood & Wood Products, Edinburgh, UK, 2010. 05. 4-7, *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*

#### Internetes elérhetőség:

<http://www.coste53.net/downloads/Edinburgh/Edinburgh-Presentation/19.pdf>

### Szóbeli előadások, poszterek

5. Sismándy Kiss, F., Divós, F., 2011: Fűrészáru szilárdsága és fizikai tulajdonságainak kapcsolata, Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kar Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola Doktorandusz Konferencia, Sopron, Magyarország, 2011. 06. 03., *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*

6. Sismándy-Kiss, F., 2010: Fűrészáru szilárdság szerinti osztályozása, "Aktualitások a fűrésziparban" című továbbképző tanfolyam, Sopron, Magyarország, 2010. 11. 23., *(szóbeli előadás)*
7. Sismándy Kiss, F., Divós, F., 2010: Fűrészáru szilárdsága és fizikai tulajdonságainak kapcsolata, Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kar Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola Doktorandusz Konferencia, Sopron, Magyarország, 2010. 06. 04., *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*

### **Egyéb publikációk**

8. Divos, F., Sismándy Kiss, F., Takats, P., 2011: Evaluation of historical wooden structures using nondestructive methods, SHATIS'11 International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures, Lisszabon, Portugália, 2011. 06. 16-17, *(Konferencia kiadvány)*
9. Sismándy-Kiss, F., Divós F., 2010: Forgácslap rugalmas tulajdonságainak meghatározása dinamikus méréssel, A fa, mint fenntartható fejlődés alapanyaga konferencia, InnoLignum Erdészeti és Faipari Szakvásár és Rendezvénysorozat Sopron, Magyarország, 2010 09. 10. *(Poszter és konferencia kiadvány)*
10. Fassola, H. E., Sismándy-Kiss, F., Divos, F., 2012: Factibilidad de uso de la transformación rápida de Fouries (FFT) para la determinación del modulo de elasticidad dinamico a bajo costo, 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA., Eldorado, Misiones, Argentina, 2012. 06. 7-9, *(Konferencia kiadvány és szóbeli előadás)*