

## Színfurnérok rugalmasságának anizotrópiája – II. rész

Dénes Levente, Kovács Zsolt, Bálint Zsolt, Láng Elemér <sup>\*</sup>

### Orthotropic elasticity of sliced veneers – Part 2.

The first part of this article described an experiment that assessed the elastic properties of resinated and non-resinated sliced veneers. The results are provided in the second part. Both prediction models (as described in the first article) showed satisfactory agreement with the experimental data. It was established that gluing and subsequent hot-press curing resulted in a close to linear increase of the apparent MOE of the individual veneer strips, as a function of the grain angle. As a result of the investigation, we obtained a useful database for producing the random material property input for a probabilistic simulation model in order to predict flexural properties of a composite material made of waste sliced veneer strips.

A színfurnérok rugalmassági ortotrópiájának, valamint a technológiai paraméterek rugalmasságra gyakorolt hatásának ismerete olyan matematikai modell előállítását teszi lehetővé, amely kellő pontossággal tudja becsülni a színfurnérokhoz előállított kompozitok azonos tulajdonságait. Az előző számban megjelent első részben az elméleti háttér és az alkalmazott vizsgálati módszerek kerültek bemutatásra, ebben a részben pedig a kapott eredményeket és azok értékelését közöljük.

#### Eredmények és értékelésük

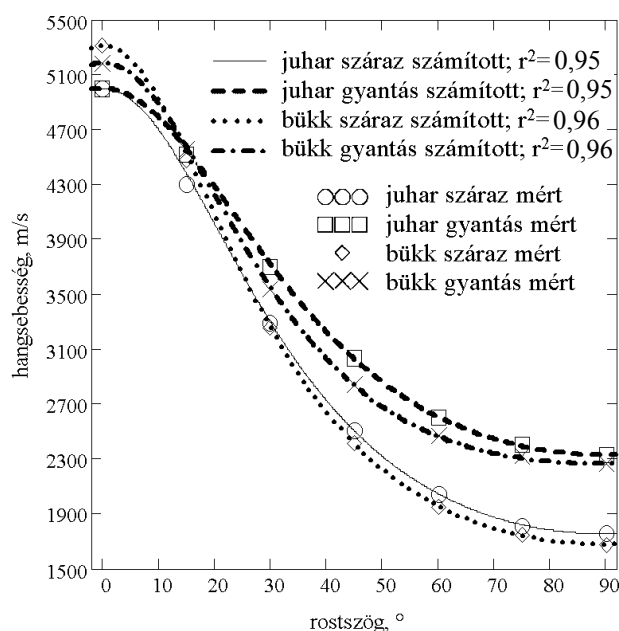
A mérési eredményeket az **1-6. ábra** diagramjaiban foglaltuk össze. Az **1. és 2. ábra** a hangsebesség változását mutatja a rostiránnyal bezárt szög függvényében  $0^\circ$ -tól  $90^\circ$ -ig a két fafaj, valamint a kezeletlen és a gyantával bevont próbatetek esetében, a mért értékekkel, valamint az ortotróp tenzorelmélet (**1. ábra**) és a kétdimenziós, általánosított Hankinson formula (**2. ábra**) szerinti függvénygörbéivel. Az  $n$  kitevő legjobb illeszkedést eredményező értékei az alábbiak:

Kezeletlen minták, mindkét fafaj:  $n = 1,88$

Gyantával kezelt minták, mindkét fafaj:  $n = 1,78$ .

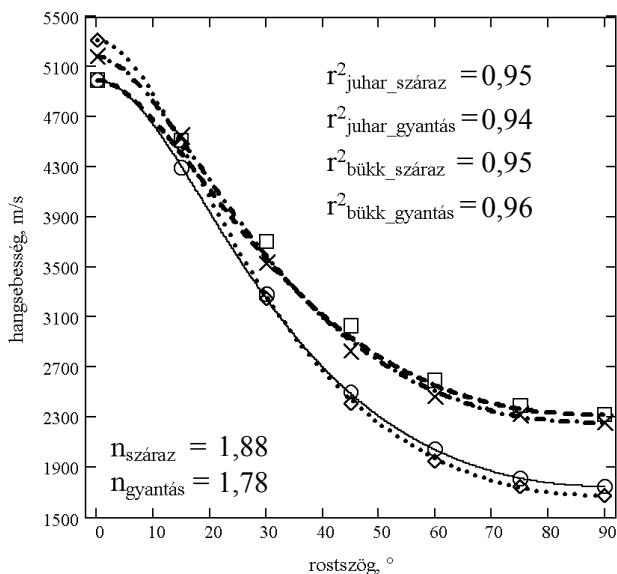
Mint látható, a két fafaj közötti csekély eltérés a rostiránnyal bezárt szög növelésével csökken, mintegy  $45^\circ$ -tól gyakorlatilag változatlan és elhanyagolható. A műgyantával bevont próbatetek esetén a fafajok közötti eltérés a  $15^\circ$ -os szögtől kezdődően ellentétesre változik,

és valamivel nagyobb, mint a kezeletlen mintáknál. Egyúttal a kezeletlen próbatetekon mért hangsebesség a  $\theta$  szög növekedésével egyre kisebb mértékben csökken, mint a kezelt próbatetekon. A megfigyelések magyarázhatók azáltal, hogy a két fafaj szöveti szerkezete hasonló, továbbá a késelés következtében fellépő felületi repedések rostirányban futnak, így a kezeletlen furnéron a hatásuk a rostiránytól való eltérés miatt markánsabb, mint a gyantával kitöltött repedések esetében.

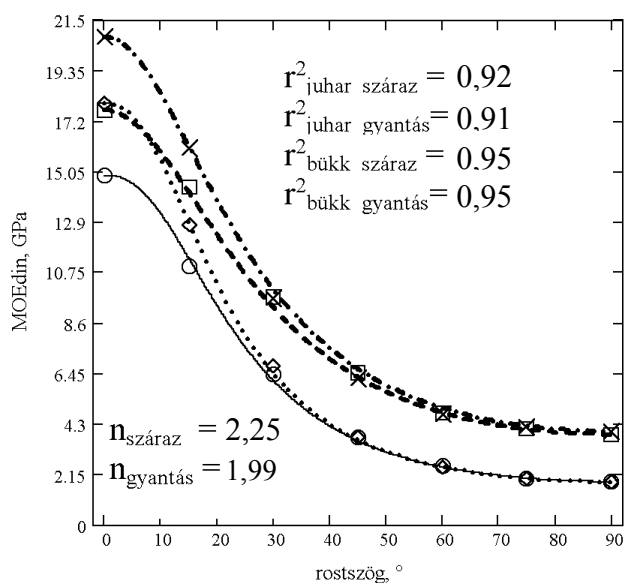


**1. ábra** - A hangsebesség mért értékei és az ortotróp tenzor-elmélet alapján illesztett görbék.

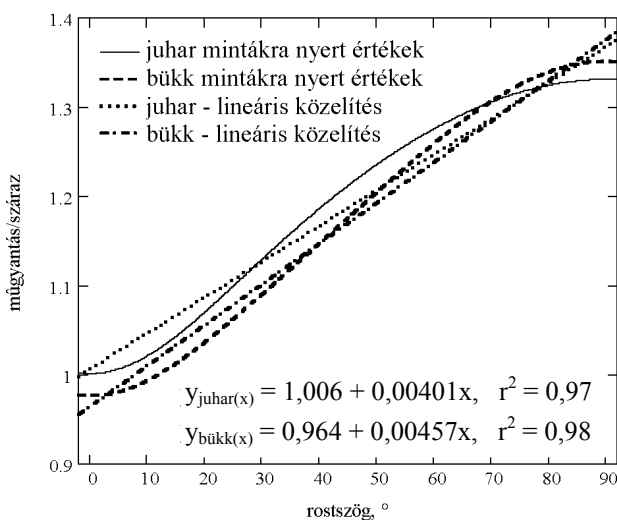
<sup>\*</sup> Dénes Levente dokorandusz hallgató, Dr. Kovács Zsolt CSc. intézetigazgató egy. tanár, NyME Terméktervezési és Gyártástechnológiai Intézet, Bálint Zsolt doktorandusz hallgató, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet, Dr. Láng Elemér PhD. associate professor, West Virginia University Division of Forestry.



**2. ábra** - A hangsebesség mért értékei és az általánosított Hankinson-formula alapján illesztett görbék. (A jelmagyarázatot ld. az **1. ábrán.**)



**4. ábra** - Dinamikus rugalmassági modulusz a rostirány függvényében és a Hankinson-formula alapján illesztett görbék. (A jelmagyarázatot ld. az **1. ábrán.**)



**3. ábra** - A gyantával kezelt és a kezeletlen mintákon mért hangsebesség hányadosa a rostiránnyal bezárt szög függvényében.

A **3. ábra** a hangsebesség műgyantával kezelt és a kezeletlen mintákban mért értékének arányát szemlélteti a rostiránnyal bezárt szög függvényében, a tenzorelmélet alapján illesztett függvénygörbékkel. Mindkét fafaj esetében egyértelmű tendencia a közel lineáris növekedés. A **4. ábra** a dinamikus rugalmassági modulusz rostiránnyal bezárt szög függvényében való változásának menetét hasonlítja össze a négyféle próbatest esetében. A mért értékekre az általánosított Hankinson-formula alapján illesztettük a görbéket.

A dinamikus moduluszra rostirányban meghatározott értékek megfelelnek az adott fafajokra a szakirodalomban található értéktartományoknak (Molnár 2000). A két fafaj rugalmassági moduluszainak eltérése rostirányban mintegy 20 %, ezután rohamosan csökken, és mintegy 35°-tól kezdve megszűnik. Hasonló a menete a gyantával kezelt próbatestek görbéinek is, melyek ordinátái 0°-tól 90°-ig közel azonos különbséget tartanak a kezeletlen próbatestek görbéitől, így a szög növekedésével a műgyantával bevont és a kezeletlen minták dinamikus rugalmassági modulusz értékeinek hányadosa egyre nagyobb. A dinamikus rugalmassági moduluszok kis szögeknél tapasztalt erősebb fafaji elkülönülésében a két fafaj eltérő sűrűsége mutatkozik meg. Arra egyelőre nem találunk magyarázatot, hogy 15°-20° felett ez a különbség miért tűnik el.

A **5. ábra** a dinamikus és a statikus rugalmassági modulusz értékeit hasonlítja össze. A statikus modulusz változása a rostiránnyal bezárt szög függvényében hasonló tendenciájú, és a négyféle minta esetében egymáshoz viszonyítottan is hasonlóan alakul, mint a dinamikus moduluszé. A hajlítással meghatározott rostirányú statikus rugalmassági modulusz értéke irodalmi közlések (Bodig 1982) szerint faanyagoknál mintegy 10-15 %-kal kisebb, mint a

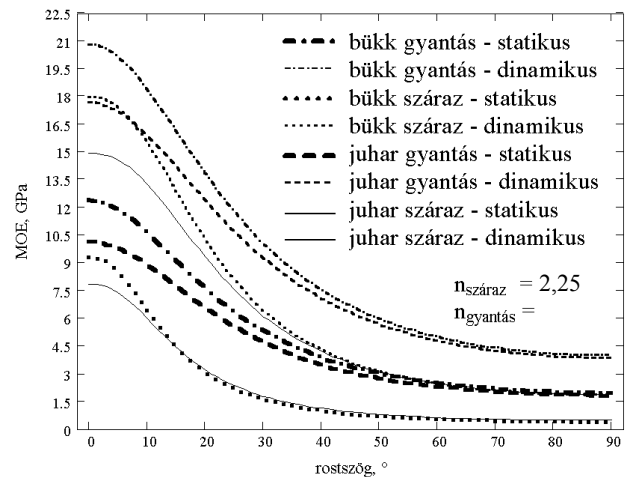
dinamikus modulusz. Mint a **6. ábrán** látható, a kezeletlen minták esetében ez az arány nagyobb, és a rostiránytól való eltérés függvényében először meredeken növekszik, majd kb. 40°-tól alig változik. A megfigyeléseket két okkal magyarázhatjuk. Egyik az, hogy a szabványos hajlító vizsgálat értékelése az elsőrendű elméleten alapul, azaz a használatos egyszerű összefüggésekben a rugalmas szál alakját leíró differenciálegyenletről elhagyjuk a differenciálhányados magasabb hatványait. A mi esetünkben a fellépő geometriai nemlinearitás feltehetően növeli az elhanyagolás hibáját. Ez eredményezheti az alacsony statikus rugalmassági modulusz értékeket. A másik valószínű ok az, hogy a vizsgálat módjából adódóan a statikus merevség a hosszirányú repedések miatt a rostiránytól eltérő terhelése esetében lényegesen erősebben csökken, mint a dinamikus modulusz. Ugyanakkor a gyanta repedéskitöltő hatása a kezelt mintáknál ezt az arányt a rostiránnyal bezárt szög teljes tartományában gyakorlatilag azonos értéken tartja.

### Következtetések

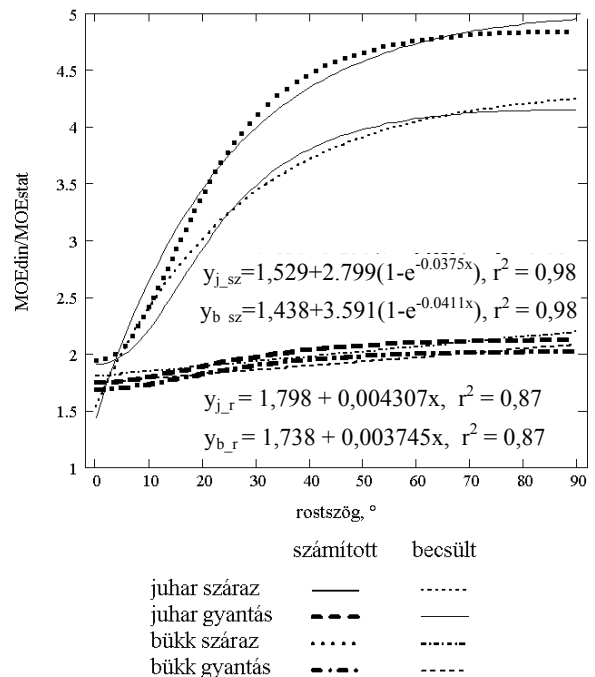
A mérési eredmények alapján 30 elemes mintákból, két fafajból készült, adott minőségű színfurnérra megállapíthatók a dinamikus rugalmassági modulusz rostiránytól függő értékei és ezen értékek eloszlásjellemzői. A rugalmassági modulusz ortotrópiáját gyakorlatilag egyformán jól írja le az általánosított Hankinson-formula és a Szalai (1994) által levezetett, tenzor-elméleten alapuló összefüggés. A vizsgálati eredmények alapján úgy tűnik, hogy a statikus hajlító vizsgálat papíriparban alkalmazott szabványos eljárása a statikus rugalmassági moduluszra a reálisnál alacsonyabb értékeket ad, a fóliászerű anyagokra, mint a furnér, reprodukálható módon való minősítést tesz lehetővé.

A színfurnér lapok műgyantával való bevonása és hőprésben való kikeményítése a kisméretű egyedi farészecskék kompozit termékben mutatkozó tulajdonságainak megismerését célozza, megállapítható, hogy a kezelt furnér látszólagos dinamikus rugalmassági modulusza a technológiai hatásoknak betudhatóan nagyobb, mint a kezeletlené. A különbség – a kísérleteinkben alkalmazott kezelés mellett – a rostiránnyal bezárt szög függvényében növekszik, a növekedés első megközelítésben lineáris

függvénnyel jellemezhető. A vizsgált két fafajra a dinamikus rugalmassági modulusz kísérletekben meghatározott ortotrópia függvényei, eloszlásjellemzői valamint a kezelt és kezeletlen furnérok értékei közötti összefüggések, mint bemeneti jellemzők felhasználhatók az adott hulladék furnéranyagból készített, PSL jellegű kompozit lapok hajlí-tómerevségének a matematikai modell alapján való előrejelzésére.



**5. ábra** -A dinamikus és statikus rugalmassági modulusz értékek változása a rostiránnyal bezárt szög függvényében.



**6. ábra** A dinamikus és statikus rugalmassági moduluszok hányadosának változása a rostiránnyal bezárt szög függvényében valamint a függvényekre illesztett görbék és azok egyenletei.

## **Köszönetnyilvánítás**

A kutatás részben az OTKA (projekt szám T 025985), részben a NATO Cooperative Research Grant (CRG.LG 973967) anyagi támogatásával folyt.

## **Irodalomjegyzék**

1. Molnár S. Szerk. 2000. *Faipari Kézikönyv I.* Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron.
2. Szalai J., 1994. *A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana.* Saját kiadás, Sopron.
3. Bodig, J. és B. A. Jayne. 1982. *Mechanics of wood and wood composites.* Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY.

# **Egyrétegű tömörfalapok ragasztási szilárdságának vizsgálata kisméretű próbatesteken**

Gerencsér Kinga, Gergely Lissette, Szabó Gábor \*

## **A study of the bond quality of solid wood panels using small specimens**

The introduction presents the fields of utilisation, structure, advantages and disadvantages of solid wood panels. Studying the strength of the panels is important when using them in different furniture and other interior applications. The main steps of the manufacturing technology are also presented. The quality of the final product is determined by two factors: raw material properties and technological parameters (quality between two processing phases – dimensional stability, gluing and pressing). The dimensional stability of lamellae thickness and finger parameters were measured using random samples, before and after finger-jointing. Glueline quality was verified by measuring various strength properties (longitudinal tensile strength, tensile strength perpendicular to grain, shear strength and static bending strength) on oak and poplar solid wood panel samples containing the glueline, along with control specimens.

### **Bevezetés.**

A tömörfa lapok gyártása az utóbbi évtizedben a fűrésziparhoz kapcsolódik. A fűrésziparban bekövetkezett gyors technikai fejlődés, amelynek az utóbbi években tanúi lehetünk, a fűrészipari termékek fűrészüzemen belüli továbbfeldolgozását eredményezte (Hargitai 1991). A bevételek növelésének szükségessége rákényszeríti a fűrészüzemeket arra, hogy magasabb készültségi fokú termékeket állítson elő (Gerencsér 1999).

### **A tömörfa lapok szerkezete, előnyei, hátrányai**

A faalapú anyagok tudatos kialakításának, fejlesztésének fő oka és célja a természetes faanyag bizonyos tulajdonságainak javítása. A különböző szempontok az inhomogenitás mértékének csökkentése, a fizikai-mechanikai tulajdonságok javítása, az anizotrópia fokának csökkentése, a törzs által nyújtott természetes geometriai méretkorlátok túllépése, a nedves-ségtartalom változás következtében fellépő méretváltozás mértékének csökkentése, gazdaságosabb anyagfelhasználás és a kihozatal javítása (Szalai 1994).

A tömörfa lapok szerkezete a rétegek száma, az elemek elhelyezkedése és kötési módja alapján sokféle lehet. A tömörfa lapok lehetnek egy-, vagy többrétegűek. A páratlan rétegszámú (3, 5, 7 vagy még több) lapoknál a szomszédos rétegek rostiránya egymásra merőleges, páros számú réteg esetén a két középső réteg párhuzamos. A két szélső réteg a borítóréteg, ezek magasabb esztétikai és szilárdsági tulajdonságokkal rendelkeznek a belső rétegekhez viszonyítva, és vastagságuk is eltérő lehet.

A tömörfa lap a belsőépítészet valamint a bútortipar alapanyagaként alkalmazható, ha

\* Dr. Gerencsér Kinga egy. docens, Gergely Lissette doktorandusz hallgató, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet; Szabó Gábor faipari mérnök