

## Együttműködési Megállapodás

Dr. Winkler András<sup>✧</sup>

2003. november 19-én a Faipari Tudományos Egyesület és az Országos Erdészeti Egyesület elnökei együttműködési keretmegállapodást írtak alá. A megállapodás célja a FATE és az OEE szorosabb együttműködése, a közös célok megvalósításának elősegítése. Ezen belül – a megállapodás alapján – a két szervezet az alábbi területeken segíti különösen egymás munkáját:

- A FATE támogatja az OEE programban foglaltakat és lehetőségeit felhasználva segíti annak megvalósítását.
- Az OEE támogatja a FATE munkáját, a FATE céljainak megvalósítását igyekszik szolgálni. A FATE által meghirdetett programokat megismerteti tagságával, és végrehajtásában részt vállal.
- Az OEE vállalja havi lapjában, az *Erdészeti Lapokban*, a FATE-val kapcsolatos hírek, információk közlését, a hirdetések megjelentetését.
- A FATE lapjába, a *Faiparba* várja az OEE tagságának cikkeit, információit, híreit.
- Az együttműködő felek egymás rendezvényein képviselőket biztosítanak, szükség szerint szerepet vállalnak (Vándorgyűlés, Ligno Novum – Wood Tech, konferenciák, tanácsulések, stb.)
- Kiemelt célnak tekintik az egyetemi ifjúság bevonását az egyesületek életébe.

Bízunk benne, hogy a most kezdeményezett együttműködés pozitívan fog hatni mindkét egyesület életére, elősegíti a párbeszédet az erdészeti és a faipari szektorok között, és elősegíti céljaink megvalósítását.

# FAIPAR

A Faipari Tudományos Egyesület  
Lapja

Szerkesztőség:

**Winkler András**, főszerkesztő

**Bejó László**, szerkesztő

**Paukó Andrea**, szerkesztő

**Bálint Zsolt**, tördelőszerkesztő

Szerkesztőbizottság:

Molnár Sándor (elnök),  
Fábián Tibor, Hargitai László,  
Kovács Zsolt, Láng Miklós,  
Németh Károly, Szalai József,  
Tóth Sándor, Winkler András

**Faipar** - a faipar műszaki tudományos folyóirata. Megjelenik a Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karának gondozásában. A folyóirat célja tudományos igényű, lektorált cikkek megjelentetése és általános tájékoztatás a hazai és nemzetközi faipar híreiről, újdonságairól.

A cikkekben kifejtett nézetek a szerzők sajátjai, azokért a Faipari Tudományos Egyesület és a NyME Faipari Mérnöki Kar felelősséget nem vállal. A kiadványban található cikkeket, tanulmányokat a szerzők tudtával és beleegyezésével publikáljuk. A cikkek nem reprodukálhatók a kiadó és a szerzők engedélye nélkül, de felhasználhatók oktatási és kutatási célokra, illetve idézhetők más publikációkban, megfelelő hivatkozások megadása mellett.

Megjelenik negyedévente. Megrendelhető a Faipari Tudományos Egyesületnél (1027 Budapest, Fő u. 68.) A kiadványt a FATE tagjai ingyen kapják. Az újságcikkeket, híreket, olvasói leveleket Bejó László részére kérjük elküldeni (NyME, Lemezipari Tanszék, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky út 4.) Tel./Fax.: 99/518-386. A kiadvány elektronikusan elérhető a <http://faipar.fmk.nyme.hu> weboldalon.

Készült a soproni Hillebrand Nyomdában, 500 példányban.

HU ISSN: 0014-6897

<sup>✧</sup> Dr. Winkler András DSc., a FATE elnöke

## Tartalom

## Contents

|    |  |   |    |
|----|--|---|----|
| 1  | EGYÜTTMŰKÖDÉSI MEGÁLLAPODÁS  | COOPERATION AGREEMENT   | 1  |
| 2  | TARTALOMJEGYZÉK  | CONTENTS  | 2  |
| 3  | TAKÁTS P.: <b>Gipszkötésű kompozitok és tulajdonságaik</b>   | P. TAKATS: <b>Gypsum bonded composites and their characteristics</b>  | 3  |
| 8  | BEJÓ L., LÁNG E., SZALAI J., KOVÁCS ZS., DIVÓS F.: <b>Lombos fafajok ortotrop szilárdsága és rugalmassága. II. rész: kísérleti eredmények és következtetések</b> | L. BEJO, E. LANG, J. SZALAI, Z. KOVACS, F. DIVOS: <b>Orthotropic strength and elasticity of hardwoods. Part 2: experimental results and conclusions</b> | 8  |
| 16 | GERENCSÉR K.: <b>A természetes fa vágása lézerrel – 2. rész</b>  | K. GERENCSER: <b>Cutting solid wood with lasers. Part 2</b>   | 16 |
| 21 | STANDEISKY D.: <b>A Silentium kerti pihenőbútor-család</b>   | D. STANDEISKY: <b>Silentium garden furniture product line</b>   | 21 |
| 27 | KOVÁTSNÉ STENGER M.: <b>A tanninok és tannin bázisú ragasztók</b>  | M. KOVATSNE STENGER: <b>Tannins and tannin based wood adhesives</b>   | 27 |
| 31 | Életmű díj és Pro Universitate Soproniensi kitüntetés  | <b>Life achievement and Pro Universitate Soproniensi awards</b>   | 31 |
| 31 | INTERFOB 2003  | <b>INTERFOB 2003</b>  | 31 |
| 32 | Tudományos Diákköri Konferencia  | <b>Student Scientific Conference</b>  | 32 |
| 32 | Gyakorlati kapcsolatok nélkül nincs fejlődés   | <b>There's no development without industry relations</b>  | 32 |
| 33 | Életmű kiállítás: Dr. Winkler Oszkár   | <b>Life exhibition of Dr. Oszkar Winkler</b>  | 33 |
| 33 | MTESZ-díj  | <b>MTESZ award</b>  | 33 |
| 34 | Beszámoló egy Akita megyei tanulmányútról  | <b>Report on a field trip to Akita prefecture</b>   | 34 |
| 35 | Innovációs és Technológiai Központ létrehozása a faiparban   | <b>Creating an Innovation and Technology Centre in the wood industries</b>  | 35 |
| 36 | A szerkesztő oldala  | <b>Editorial</b>  | 36 |

# Gipszkötésű kompozitok és tulajdonságaik

Takáts Péter ✧

## Gypsum bonded composites and their characteristics

The importance of gypsum bonded composites is increasing in the construction industry. These environment-friendly, pleasant materials have good physical and mechanical properties and are more and more popular for interior constructions. The article briefly introduces the raw materials and production of these products. The different kinds of gypsum bonded board materials are also described, along with their production technologies and physical and mechanical properties.

**Key words:** Composites, Gypsum, Gypsum bonded boards, Drywall construction

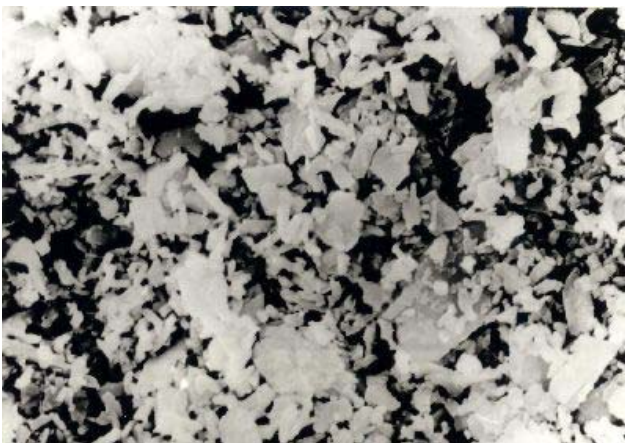
### Bevezetés

A gipszkötésű kompozitok jelentősége az építőipar területén egyre növekszik. Ezek a környezetbarát, esztétikus, jó fizikai és mechanikai paraméterekkel rendelkező termékek egyre népszerűbbek. A dolgozat célja röviden bemutatni ezen termékek alapanyagait és gyártástechnológiáját. Ismertetésre kerülnek a különböző gipszkötésű lemeztermékek, valamint azok gyártástechnológiája és tulajdonságai is.

### A gipszkötésű termékek alapanyagai

A gipszkötésű lapok előállításánál során elmondhatjuk, hogy erre bármely típusú kalcium-szulfát dihidrát alapanyag alkalmas. A rendelkezésre álló gipsz alapanyagokat a következőképpen osztályozhatjuk:

- **Natur-gipsz (NAT):** mely természetes gipsz külszíni bányászása útján nyerhető. Magyar-



**1.ábra** – Természetes gipsz (NAT). Nagyítás: 3500x (Takáts 1993)

országon Rudabánya-Alsóteleki bányában rendelkezünk ilyen alapanyaggal. Az elvégzett rászter-elektronmikroszkópos (REM) vizsgálat egyenletes, jól látható kalcium-szulfát kristályszerkezetet mutat (**1. ábra**).

- **Füstgáz-gipsz (REA),** mely kőszén és barnaszén valamint szénhidrogén alapon üzemelő erőművek füstgázának kéntelenítése útján elsősorban időszakosan télen, de egyre nagyobb mennyiségben keletkezik. Szakmai körökben mindenekelőtt REA-gipsz (Rauchgasentschwefelung-Anfallender-Gips) ill. FGD-gipsz (Flue-Gas-Desulfurization Gypsum) néven terjedt el. A kéntelenítési eljárást az iparilag fejlett országokban, elsősorban Németországban, az USA-ban és Japánban már előszeretettel alkalmazzák a környezetszennyezés (savas esők) megakadályozására. Magyarországon a Mátravidéki Hőerőműben keletkezik ún. REA-gipsz (2002),
- **Foszfor-gipsz (PHO):** legnagyobb mennyiségben a foszforsav gyártás melléktermékeként keletkezik, a fluorsav (hidrogénfluorid) gyártásánál pedig, mint vegyi gipsz anhidrit módosulat. Csekély mértékben fordul elő még szerves savaknak (borkósav, citromsav, oxálsav) és szervetlen savnak (borsav) a ki-nyerésekor vagy tisztításakor, kénsavas cserebomlás eredményeképpen.

A különböző gipsz alapanyagok a legkülönbözőbb formában (finom ill. durva kristályos, pálcika, brikett) és eltérő összetételben fordulhatnak elő (**1. táblázat**). A mindenko-

✧ Dr. Takáts Péter CSc. egy docens, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet

**1. táblázat** – A különböző gipszféleségek vegyi összetétele.

| Megnevezés                             | NAT      | REA      | PHO      |
|--|----------|----------|----------|
| Nedvességtartalom                      | 0,20 %   | 6,7 %    | 24,40 %  |
| Kristály-víz-tartalom H <sub>2</sub> O | 19,30 %  | 20,0 %   | 19,90 %  |
| SO <sub>3</sub>                        | 43,60 %  | 45,2 %   | 44,40 %  |
| CaO                                    | 32,00 %  | 31,7 %   | 32,90 %  |
| MgO                                    | 0,87 %   | 0,04 %   | 0,005 %  |
| SrO                                    | 0,13 %   | 0,0 %    | 0,01 %   |
| Na <sub>2</sub> O                      | 0,03 %   | 0,02 %   | 0,32 %   |
| K <sub>2</sub> O                       | 0,09 %   | 0,04 %   | 0,02 %   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | 0,07 %   | 0,06 %   | 0,03 %   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | 0,19 %   | 0,07 %   | 0,03 %   |
| CO <sub>2</sub>                        | 1,81 %   | 0,38 %   | 0,00 %   |
| C                                      | 0,02 %   | 0,09 %   | 0,15 %   |
| Oldhatatlan maradék (HCl)              | 0,84 %   | 1,37 %   | 0,72 %   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>          | -        | -        | 0,82 %   |
| SO <sub>2</sub>                        | -        | 0,10 %   | -        |
| F                                      | 0,0014 % | 0,0092 % | 0,0020 % |
| Égetési veszteség (900 °C)             | 2,4 %    | 0,82 %   | 1,0 %    |
| pH érték (20 °C)                       | 6,7      | 8,4      | 2,8      |

Forrás: Babcock-BSH 1992: Processing Plants for Synthetic Gypsum

ri vegyi összetétel azonban jelentős mértékben befolyásolja a gipsz hidratációja során kialakuló kristályszerkezetet, ezért a felhasználhatóság szempontjából valamennyi gipsz fajtának teljesíteni kell a DIN 1168 előírásait (**2. táblázat**).

**Szilárdító vázszerkezet:** A gipszkötésű lapok esetében a kompozit vázszerkezetet szerves és szervesetlen alapú anyagok egyaránt képezhetik:

- gipszkarton lapok: karton és/vagy üvegszál rost a gipsz magrészben,
- gipszkötésű rostlemez: hulladékpapír rost, üvegszál, rostiszap, műanyag szál, fémszál, kőgyapot, kerámia szál (**2. ábra**),
- gipszkötésű forgácslapok: gyaluforgács, szeletelt célforgács.

**Adalékanyagok:** a gipszkötésű lapok előállításakor használt adalékanyagok legtöbb esetben többfunkciós feladatok ellátására is alkalmasak. A domináns tulajdonságok figyelembevételével az egyes adalékanyagok az alábbiak szerint csoportosíthatók:

**2. táblázat** – Az építőipari gipszre vonatkozó szabvány előírások (DIN 1168).

| Tulajdonság                          | Megengedett határérték |
|--------------------------------------|------------------------|
| Nedvességtartalom                    | 10 %                   |
| CaSO <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O | 95 %                   |
| MgO                                  | ≤0,10 %                |
| Klorid                               | ≤0,01 %                |
| Szulfid                              | ≤0,25 %                |
| pH                                   | 5-9                    |
| Szerves anyag                        | ≤0,10 %                |
| Szín                                 | fehér                  |
| Szag                                 | semleges               |



**2. ábra** – Üvegszál erősítésű gipszkötésű rostlemez. Nagyítás 70x (Takáts 1995)

- Kötésslassító anyagok (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, bórax, citromsav, keményítő)
- Kötésgyorsító anyagok (CaSO<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub>O, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),
- Gipszerősítők (örölt gipszkő, kalcium-hidrogén-foszfát-dihidrát,)
- Gipszhabosító anyagok (CaCO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)
- Töltőanyagok (perlit, habkő),
- Vízállóságot növelő anyagok (műgyanták, PVAc ragasztó)
- Gipszfolyósító anyagok (lignoszulfonátok)

Az adalékanyagok mennyisége a gipsz alapanyag mennyiségére vonatkoztatva, a gipsz fajtától és a lapgyártási technológiától függően 0,05 - 2,0 % .

### **Gipszkötésű lapok**

A gipszkötésű lapok gipsz mátrix rendszerbe ágyazott vázszerkezetből épülnek fel, amely lignocellulóz vagy anorganikus alapú részecskék, elemi rostszálak szilárd halmazát



jelenti. A szervesen kötésű kompozitok csoportjába tartoznak és jellemző tulajdonságuk, hogy:

- kiváló hő- és hangszigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek,
- környezetbarát termékek, mivel nem tartalmaznak egészségre káros anyagokat,
- porózus felépítésük következtében kiemelkedő a klímaszabályozó képességük, mivel a levegő páratartalmát szükség esetén megkötik vagy közvetlen környezetüknek leadják,
- éghetetlen ill. nehezen éghető összetett lemeztermékek,
- a beltéri száraz építés nélkülözhetetlen alapanyagai (válaszfalak, álmennyezetek, tetőtér beépítés),
- bármilyen felület bevonásra alkalmasak (festhetők, tapétázhatók),
- jó komfortérzetet biztosítanak az adott lakótérben,
- könnyen és problémamentesen használhatók fel régi épületek felújításánál, új lakások építésekor.

### ***A gipszkartonlapok és csoportosításuk***

A legáltalánosabban elterjedt és használt gipszkötésű laptermékek, két speciális karton réteg között kikeményedett gipsz magrészből állnak. (3. ábra) A gipszkarton lapok kifejezetten csak beltéri használatra alkalmasak. A DIN 18180 ill. DIN EN ISO 9001 alapján az alábbiak szerint csoportosítjuk ezeket:

Gipszkarton építőlap (GKB): általános felhasználású építőlemez síkfelületek borításá-



3. ábra – Gipszkarton lap élfelülete. Nagyítás: 70x (Takáts 1993)

ra, álmennyezetek, tetőtér beépítések, falborítások céljára alkalmas. Jelölése: hátoldalon kék színű minőségi tanúsítvány.

Impregnált gipszkarton lap (GKBI): nedvességfelvétellel szemben ellenálló, speciális tulajdonságú anyaggal átítatott kartonborítással rendelkezik, elsősorban vizes blokkok, fürdőszobák, zuhanyozók borítására javasolt. Jelölése: szín- és hátoldalon egyaránt zöld színű minőségi tanúsítvány.

Tűzvédő gipszkarton lap (GKF): a tűzállóság fokozása érdekében 0,2 % 3,0-30 mm hosszú üvegszál erősítést tartalmaz a gipsz mátrix rendszer. Mennyezet és falborításoknál, közbenső tűzvédő szerkezetek kialakítására, álmennyezetek, felvonó aknák és válaszfalak burkolására használatos. Jelölése: hátoldalon piros színű minőségi tanúsítvány.

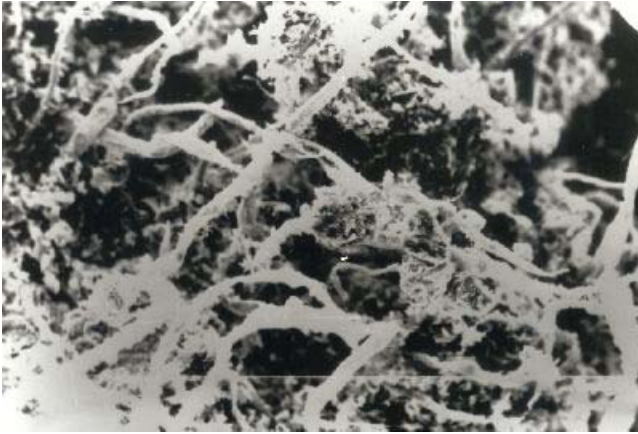
Impregnált tűzvédő lap (GKFI): tűzvédő tulajdonsággal rendelkezik. A gipsz mag része és mindkét kartonborítása speciális anyaggal van impregnálva a nedvességfelvétel megakadályozására. Elsősorban a lakóházak fürdőhelyiségeinek kialakítására használatos termék. Jelölése: hátoldalon piros színű minőségi tanúsítvány, valamint a hát- és homlok lapján egyaránt zöld színű azonosító jelzés.

A gipszkarton lapok éleinek kialakítása a felhasználási területektől és módtól függően az alábbiak szerint változhat:

- laposított él (AK): a laposított rész a fugázó anyag fogadására alkalmas,
- teljes él (VK): a fugázás nélküli szereléskor alkalmazzák,
- kerek él (RK): elsősorban vakolat alá használatos,
- fél-kerek él (HRK): ha a fugázást erősítő csík nélkül végzik,
- fél-kerek laposított (HRAK): a fugázást erősítő csikkal vagy a nélkül készülhet.

### **3. táblázat – Gipszkarton lapok fizikai mechanikai tulajdonságai**

|                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Sűrűség</b>                    | 820-1000 kg/m <sup>3</sup>  |
| <b>Hajlítószilárdság</b>          | 3,0-8,0 Mpa                 |
| <b>Rugalmassági modulus</b>       | 3500-4600 Mpa               |
| <b>Hővezető képesség</b>          | 0,18-,21 W/m <sup>o</sup> K |
| <b>Csavarállóság</b>              | 6,0-8,0 N/mm                |
| <b>Vastagsági dagadás (2 óra)</b> | 1,5-3,0 %                   |



4. ábra – FERMACELL gipszkötésű rostlemez.  
Nagyítás: 140x (Takáts 1995)

A gipszkarton lapok fizikai mechanikai tulajdonságait a 3. táblázat tartalmazza.

### Gipszkötésű rostlemezek

A gipszkötésű rostlemezek nedves vagy félszáras eljárással, gipsz szuszpenzióba vagy por alakú gipsz félhidrátba kevert lignocellulóz, esetenként szervesetlen elemi szálak együttes felhasználásával készülnek. A gipszkarton lapoknál magasabb sűrűségűek. A beltéri felhasználáson kívül ismeretes már szerkezeti elemként, kültérben történő hasznosítású lemez is (4. ábra).

GCF gipszkötésű rostlemez: azbesztszál erősítés helyett cellulóz rostok vannak  $\alpha$ -gipsz félhidrát szuszpenzióba beágyazva és nedves lapgyártás elvén üzemelő Hatschek eljárással készítik a terméket. A gipszkarton lapok legtöbb felhasználási területén alkalmazható.

Babcock-BSH gipszkötésű rostlemez: finomra őrölt kalcium-dihidrát és max. 10 % hulladékpapír rost, valamint kötésszabályozó anyag felhasználásával nedves eljárással híg szuszpenziót képeznek és szalagprésben vákuum-nyomás együttes alkalmazása után a nyers lapokat autóklávban egymenetben kalcinálják és visszanedvesítik (hidratálják).

Fermacell gipszkötésű rostlemez: hulladékpapírból előállított rost és gipsz félhidrát száraz keverékéből állítják elő, egy folyamatos teríték felületére juttatott kötés gyorsító adalékkal vákuumozással és préssel. A gipszkarton lapok valamennyi felhasználási területén alkalmazható. Kifejlesztésre került egy, a faházépítésnél, kültéri felhasználásra is alkalmas termék típus is, a *Fermacell GFP 0 G 05*.

Würtex-Vagips gipszkötésű rostlemez: háromrétegű gipszkötésű rostlemez. Hulladékpapírrost, gipsz-félhidrát és a lap középrétegébe bekevert nedvesített perlittel gyártott, általános felhasználási célra alkalmas termék. Hasonló tulajdonságú még a *Würtex-Gypsonite* és *Schenk-Fiberboard* lemez is.

Bison GFB gipszkötésű rostlemez: az alapanyag hulladékpapír rost, de más szálal anyag, mint műanyag, fémszál is felhasználható a lapgyártásnál, gipsz félhidráttal keverve, félszáras gyártási eljárásban.

USG-GFB gipszkötésű rostlemez: gipsz-dihidrát szuszpenzióba kevert farostok elegyét vízgőz alkalmazásával „Reaktor System” elvén nedves kalcinálásnak vetik alá, majd vákuumo-

4. táblázat – A különféle gipszkötésű rostlemezek fizikai és mechanikai tulajdonságai

|                                |   | GCF  | Babcock-BSH | Fermacell | Würtex-Vagips | Bison GFB | USG-GFB |      |
|--------------------------------|---|------|-------------|-----------|---------------|-----------|---------|------|
|                                |   |      |             |           |               |           | I.      | II.  |
| Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )   |   | 1,55 | 1,10        | 1,05-1,20 | 1,04-1,18     | 1,00-1,15 | 688     | 800  |
| Hajlítószil. (MPa)             |   | 19,2 | 7,0-8,0     | 6,0-8,0   | 5,0-7,0       | 5,5-8,0   | 5,24    | 6,89 |
|                                | ⊥ | 11,8 |             |           |               |           | 4,27    | 5,27 |
| Rug. mod. (GPa)                |   | 9,8  | 2,9-3,0     | 4,0-5,0   | 2,5-4,0       | 2,5-3,5   | 1,77    | 2,55 |
|                                | ⊥ | 8,3  |             |           |               |           | 1,63    | 2,62 |
| Laplelemelő szil. (MPa)        |   | --   | 0,22        | --        | --            | 0,22-0,25 | --      | --   |
| Csavarállóság (N/mm)           |   | --   | --          | 30-50     | 30-40         | --        | 27,6    | 39,1 |
| Vast. dagadás (2 óra)          |   | 0,05 | --          | 0,9-1,0   | 1,0           | --        | --      | 4,3  |
| Hővezetés (W/m <sup>2</sup> K) |   | --   | --          | 0,29      | 0,35          | --        | --      | --   |
| Lin. hőtágulás (%)             |   | --   | 0,03-0,05   | --        | --            | 0,04-0,06 | --      | --   |

zással összekapcsolt többfokozatú préseléssel állítják elő, kétfajta sűrűséggel. A felsorolt gipszkötésű rostlemezek legfontosabb műszaki tulajdonságait a **4. táblázat** foglalja össze.

### **Gipszkötésű forgácslapok**

A gipszkötésű forgácslapok gipsz mátrixrendszerbe ágyazott faforgács részecskék, amelyek a cementkötésű forgácslapokhoz (Duripanel) hasonló elven földnedves keverékből, félszáraz gyártási eljárással készülnek. A lapok folyamatosan rétegezett keresztmetszetűek és valamennyi korábban ismertetett beltéri felhasználásra alkalmasak (**5. ábra**).

Bison gipszkötésű forgácslap: gipsz félhidrát és fenyő faforgács felhasználásával, ún. félszáraz eljárással gyártják. Az alkalmazott gipsz elsősorban foszfor-gipsz, de füstgáz- és természetes gipsz is felhasználható. Valamennyi beltéri felhasználási célra alkalmasak az így készített laptípusok (*Sasmox* ill. *Arborex*). Műszaki adataik az **5. táblázatban** találhatóak.



**5. ábra** – Bison gipszkötésű forgácslap. Nagyítás: 70x (Takáts 1995)

**5. táblázat** – Bison gipszkötésű forgácslap műszaki adatai.

|                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Sűrűség</b>                    | 1000-1200 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Hajlításierősség</b>           | 6,0-11,0 MPa                |
| <b>Rugalmassági modulusz</b>      | 3000-5000 MPa               |
| <b>Hővezetési tényező</b>         | 0,2-0,35 W/m <sup>2</sup> K |
| <b>Csavarállóság</b>              | 50-60 N/mm                  |
| <b>Vastagsági dagadás (2 óra)</b> | 3,0-2,5 %                   |

### **Összefoglalás**

A gipszkötésű kompozitok népszerűsége a szárazépítésben egyre nő, mivel gyors és igényes építést tesznek lehetővé bármely gipsz alapanyag felhasználása mellett.

Különleges kívánások kielégítésére is alkalmasak, miközben a felületekkel szemben támasztott magas minőségi követelményeknek is képesek eleget tenni. A síkbeli felületeken kívül íves, tagolt vagy egy légterű helyiségek, kupolák kialakítására is alkalmasak, lehetővé téve ezáltal az építető és tervező fantáziájának szabad szárnyalását. A kutatás a lemez jellegű termékeken kívül a gipszkötésű formatestek, stukkók irányában is megindult, melynek résztvevői többek között az NYME–FMK Fa-és Papírtechnológiai Intézetének oktatói és kutatói, egy, a közelmúltban elnyert OTKA pályázat keretében.

Teljes biztonsággal állíthatjuk, hogy a gipszkötésű kompozitok az elkövetkezendő évtizedek építészeti megoldásaiban és azok továbbfejlesztésében hazánkban is jelentős szerepet fognak játszani.

### **Irodalomjegyzék**

1. Takáts P. 1998. *Szeretlen kötésű fa- és rost kompozitok*. Egyetemi jegyzet, Soproni Egyetem, 109 old.
2. Deutsche Norm 1989. *Gipskartonplatten, Arten, Anforderungen*, Prüfung, DIN 18 180
3. Teibinger, M. K. P. Schober 1999. *Baustoffe für das Fertighaus*. Holzforstung und Holzverwertung, Nr. 3. S. 38-48.
4. Knauf AG. 1999. *Knauf im Holzbau Entdecken Sie jetzt die Kombination-Gips und Holz in einer neuen Dimension*. Knauf AG., 59 old.
5. Rigips GmbH 1998. *Trockenbaupraxis*. 45 old.
6. Fels-Werke 1999. *Fermacell im Holzbau: die Lösung mit System*. Fels GmbH.
7. Natus G. 1991. *Gypsum Fiberboard production in Nova Scotia, Canada* In: Al Moslemi ed. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conf., Spokane WA
8. Bahner F., M. Braun, L. Kirsten 1992. *Low-cost retrofitting of existing gypsum board lines to produce value-added gypsum-fiber products, Babcock-BSH*. In: Al Moslemi ed. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conf., Spokane WA
9. Englert M. H., D. P. Miller, M. R. Lynn 1993. *Properties of Gypsum Fiberboard Made by the USG Process*. In: Al Moslemi ed. Proc. 4<sup>th</sup> Int. Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conf., Spokane WA 52-58.

# Lombos fafajok ortotrop szilárdsága és rugalmassága. II. rész: kísérleti eredmények és következtetések

Bejő László, Láng Elemér, Szalai József, Kovács Zsolt, Divós Ferenc\*

## Orthotropic strength and elasticity of hardwoods. Part 2: experimental results and conclusions

The orthotropic nature of the strength and elastic characteristics of five hardwood species was investigated. The work presented here is the second part of a series that describes the results of the orthotropic shear strength, compression strength and elasticity determination of solid wood, and the dynamic MOE measurements on structural veneers. The orthotropic prediction models proposed in the first part of the article have been evaluated using standard statistical procedures. The orthotropic tensor theory based on Askenazi's postulates, as well as various forms of Hankinson's formula have been found best to describe the orthotropic nature of the above properties of the examined species. The relationship between static and dynamic moduli of elasticity was also examined using inclined-grain specimens. A second order polynomial regression model provided best fit on the experimental data. The orthotropic and regression models may be used in stochastic and deterministic simulations to estimate the mechanical properties of structural composite lumber products.

**Key words:** Mechanical properties, Hardwoods, Orthotropy, Orthotropic models

### *Bevezetés*

Az ismertetett munka egy nemzetközi kutatóprogram része. Ennek célkitűzése a fa-alapú szerkezeti célú kompozitok alapanyag-tulajdonságainak felmérése, és az alapanyag-bázis kiszélesítése. Ennek érdekében alacsony értékű, gyorsan nöövő, lombos fafajok bevonásának lehetőségeit vizsgáltuk a fejlesztési majd a gyártási folyamatokba. A kutatás alapfeltevése az volt, hogy ha az alapanyag ortotrop mechanikai tulajdonságai ismertek, azokból – a tulajdonságok megmunkálás közbeni változását is figyelembe véve – szimulációs modellek segítségével előre jelezhetők a kompozitok mechanikai tulajdonságai is. Előző cikkünkben (Bejő és tsai. 2003) ismertettük a szimuláció alapját képező, a mechanikai tulajdonságokat tartalmazó adatbázisok felépítését szolgáló kísérleti munka alapjait, a mechanikai tulajdonságok irányfüggését leíró modelleket, valamint a kísérletben használt anyagokat és módszereket. Ezen második rész tartalmazza a kísérletek eredményeit, azok értékelését, illetve a konklúziókat.

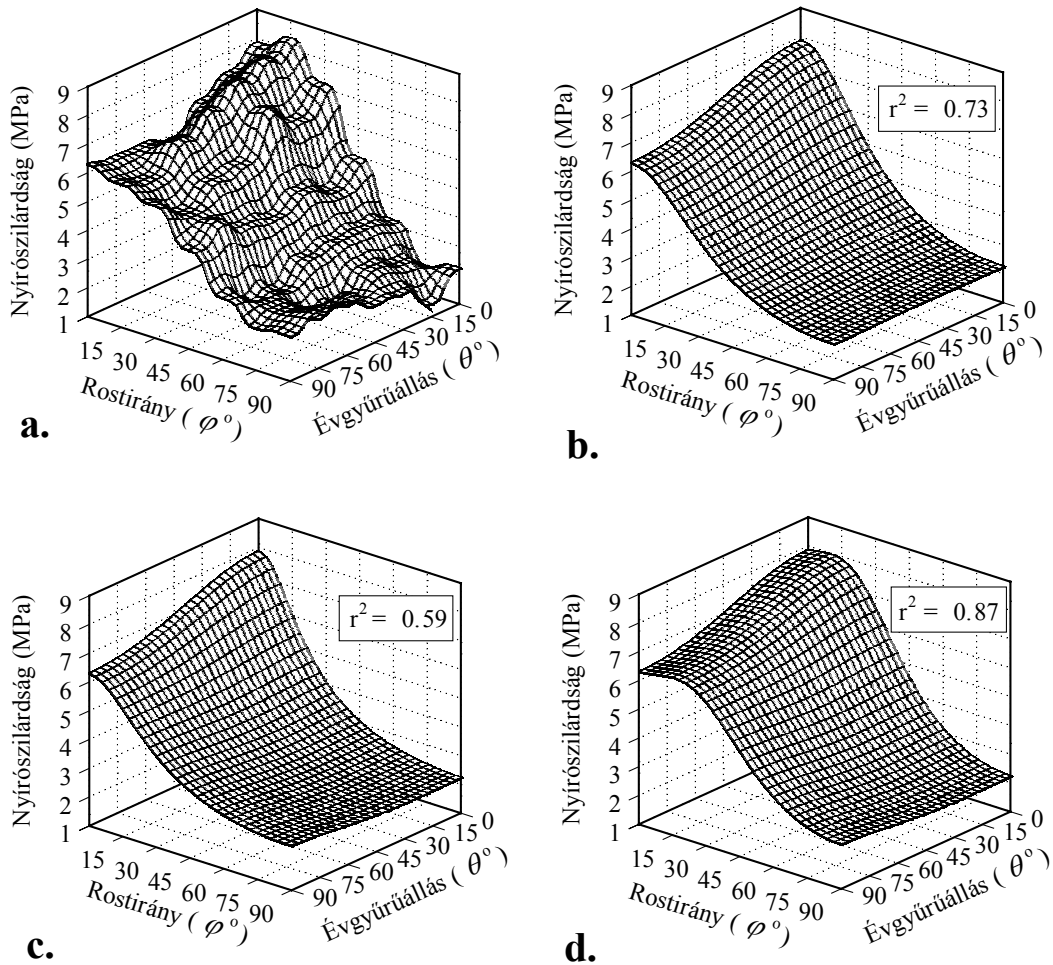
### *A faanyag ortotropikus nyírósilárdsága*

A nyírósilárdságot a rostirány valamint az évgűrűállás függvényében vizsgáltuk, ahogy azt a korábbiakban már közöltük (Bejő és tsai. 2003). Ferde rostú próbatestek esetében a tönkrementeli mód eltért a tiszta nyírástól. Gyűrűslikacsú fajok esetében,  $\varphi = 45^\circ$  fölött a tönkrementel inkább az évgűrűhatár mentén következett be. Ez a szörtlikacsú fafajoknál is megfigyelhető volt magasabb rostszőgek esetében. Liu és Floeter (1984) speciális, tiszta nyírást biztosító próbatest-kialakítás esetében is hasonló problémákról számoltak be. Következtetésük szerint a nyírósilárdsági mérés érvényessége csak a tönkrementel kezdőpontjától, és nem annak irányától függ. A mérések értékelésénél ehhez tartottuk magunkat, és – mivel a fenti feltételnek eleget tettünk – azokat a mérési eredményeket is megtartottuk, ahol a próbatest nem az elméleti nyírt keresztmetszetben ment tönkre.

Kétfaktoros variancia analízis (ANOVA) eljárással statisztikailag kimutatható volt, hogy mind a rostirány, mind az évgűrű-orientáció szignifikánsan befolyásolta a mérési eredményeket, valamint a két faktor kölcsönhatása is

\* Dr. Bejő László PhD. főmunkatárs, NyME Fa- és Papírtechnológiai Int., Dr. habil. Láng Elemér PhD. associate prof. West Virginia University, Dr. habil. Szalai József CSc., egy. tanár intézetigazgató, NyME Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Int., Dr. habil. Kovács Zsolt CSc., egy. tanár, intézetigazgató NyME Terméktervezési és Gyártástechnológiai Int., Dr. habil. Divós Ferenc egy. docens, NyME Roncsolásmentes Faanyagvizsgáló Laboratórium





**1. ábra** – A rezgőnyár nyírószilárdsági ortotropia diagrammjai: **a.** Kísérletileg meghatározott és interpolált értékek; **b.** az ortotrop tenzorelmélettel, **c.** a kvaratikus egyenlettel és **d.** a módosított Hankinson képlettel becsült értékek.

szignifikáns volt. Ez tehát indokolja a cikkünk előző részében leírt háromdimenziós modellek használatát, melyek mindkét tényezőt figyelembe veszik.

Általánosságban elmondható, hogy a nyírószilárdság szignifikáns csökkenést mutatott a rostsög növekedésével.  $\varphi = 0^\circ$ -nál az évgyűrű szög növekedésével a nyírószilárdság általában kissé csökkent. Ferde rostlefutású próbatestek esetében hasonló, egyértelmű trend nem volt megfigyelhető az évgyűrű orientációjában.

A 49 mérési pont mindegyikén átlagoltuk az eredményeket, és az így kapott értékeket egy 3 dimenziós koordináta-rendszerben ábrázoltuk. Ilyen diagramot mutat az **1a ábra**. Itt a mérési pontok között interpolációval további pontokat generáltunk a jobb áttekinthetőség

érdekében. Mint ezen a diagramon látható, a nyírószilárdság maximuma nem minden esetben  $\varphi = 0^\circ$ -nál mutatkozott. Ez igaz volt más fafajok esetében. Ezt a jelenséget már más kutatók is megfigyelték (Askenazi 1959, Szalai 1994). Yilinen (1963) megfigyelései alapján arra következtetett, hogy a nyírófeszültségek eloszlása  $\varphi = 15^\circ$ -nál egyenletesebb a keresztmetszetben, mint  $0^\circ$ -nál, s így a faanyag nagyobb terhelést tud felvenni.

Az eredmények értékelését a korábbi cikkünkben (Bejó és tsai 2003) ismertetett három ortotropikus modell illesztésével folytattuk. A modellekhez szükséges bemeneti paramétereket ( $\tau_{RL}$ ;  $\tau_{TL}$ ;  $\tau_{RT}$ ;  $\tau_{TR}$ ;  $\tau_{90^\circ}$ ) a megfelelő irányokban mért értékek átlaga szolgáltatta. A módosított Hankinson képletben szereplő  $n$

1. táblázat – A nyírószilárdságot becsülő modellek által szolgáltatott  $r^2$  értékek

| Fafaj                | Ortotrop<br>tenzorelmélet<br>$r^2$ | Kvadratikus képlet<br>$r^2$ | Módosított Hankinson egyenlet |       |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
|                      |                                    |                             | $n$                           | $r^2$ |
| <i>Rezgő nyár</i>    | 0,73                               | 0,59                        | 2,72                          | 0,87  |
| <i>Vörös tölgy</i>   | 0,61                               | 0,57                        | 2,62                          | 0,83  |
| <i>Tulipánfa</i>     | 0,68                               | 0,62                        | 2,47                          | 0,76  |
| <i>Pannónia nyár</i> | 0,63                               | 0,55                        | 2,70                          | 0,86  |
| <i>Csertölgy</i>     | 0,74                               | 0,76                        | 2,05                          | 0,77  |

$n \rightarrow$  a módosított Hankinson képletben használt kitevő

kitevő értékét fafajonként, az egyes fafajok teljes adatbázisát felhasználva, görbeillesztéssel határoztuk meg (1. táblázat).

A modelleket vizuálisan valamint statisztikai úton, regresszió-analízis segítségével értékeltük. A vizuális értékeléshez háromdimenziós diagramokat készítettünk; ezeket rezgő nyár esetében a 1. ábra b, c és d részletei szemléltetik. A különböző modellek  $r^2$  értékeit az egyes fafajok esetében, valamint a módosított Hankinson képletben használt  $n$  kitevő értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

Mint a diagramokból és az  $r^2$  értékekből is egyértelműen kitévő, a módosított Hankinson képletben alapuló kombinált modell írja le az adott fafajoknál legpontosabban a nyírószilárdság változását a rostirány és az évgyűrűorientáció függvényében. Ez az eredmény várható volt, hiszen itt a kitevő meghatározása az egész adatbázis felhasználásával történt. Emellett fontos megjegyezni, hogy – mint az 1. ábrán is látható – egyedül ez a képlet tudja leírni a  $15^\circ$ -os rostiránynál jelentkező lokális maximumot; a másik két modell szigorúan monoton csökkenő tendenciát mutat a rostirány függvényében.

Az  $r^2$  értékek alapján elmondható, hogy a 4-dimenziós tenzor alapján előállított ortotrop modell, szintén viszonylag jól leírja a nyírószilárdság ortotropiáját. Noha ez a modell nem alkalmas a korábban említett lokális maximum leírására, erős elméleti megalapozottsága folytán alkalmazása mégis meggondolandó. A kvadratikus egyenleten alapuló modell becsléseinek pontossága azonban lényegesen elmarad a másik két függvényétől.

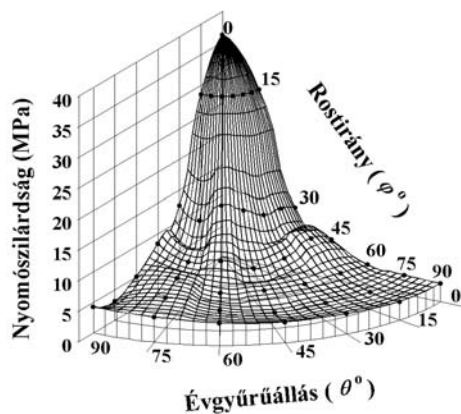
### *A nyomószilárdság és -rugalmasság ortotropiája*

A nyomótulajdonságok tekintetében az amerikai faanyag esetében csak 37 mérési pontot ellenőriztünk, mivel az évgyűrűorientáció hatása  $\varphi = 0^\circ$ -nál nem értelmezett,  $\varphi = 15^\circ$ -nál pedig elhanyagoltuk azt. A magyar faanyagot csak az ortotrop tenzorelmélet szempontjából fontos hat irányban vizsgáltuk.

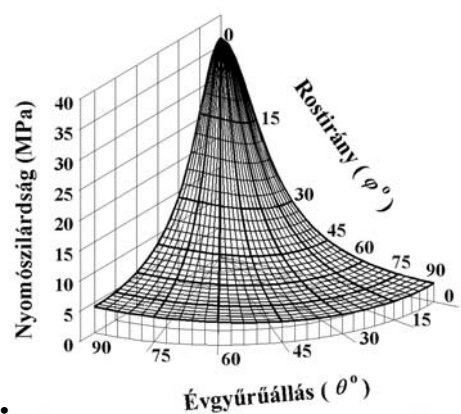
A nem rostirányú próbatestek vizsgálatát ebben az esetben két jelenség nehezítette. Egyrészt, a ferde rostú próbatestekben, a rostiránnyal párhuzamos síkokban esetenként olyan magas nyírófeszültség keletkezett, hogy a próbatestek nyomás helyett nyírás, vagy kombinált, nyomás-nyírás tönkremenetelt mutattak. Különösen jellemző volt ez a gyűrűslikacsú (tölgy) fafajok esetében, az évgyűrűhatár mentén. Ezt a jelenséget egy korábbi publikációban (Láng és tsai. 2002) részletesen tárgyaltuk; mostani cikkünkben a terjedelmi korlátok miatt ennek taglásától eltekintünk.

A másik probléma az volt, hogy  $90^\circ$ -os rostirányhoz közeledve nem mindig állapítható meg határozottan a törés pillanata. Ennek oka, hogy ilyen irányú terheléskor először a korai pásztában található vékony, később a késői pászta vastagabb sejtfalai fokozatosan kihajlási tönkremenetelt szenvednek, miközben a terhelés értéke stabilizálódik, és hosszú ideig ezen az állandó értéken marad. Ilyen esetekben ezt az állandósult értéket tekintettük törőerőnek.

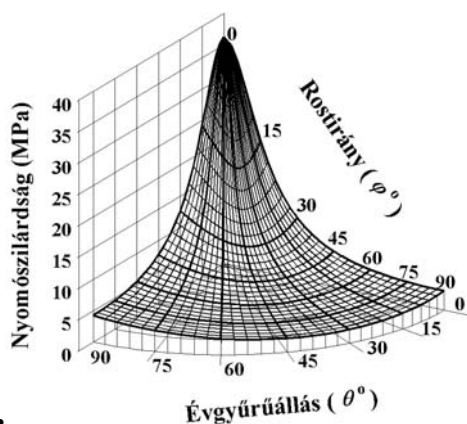
Az ANOVA vizsgálatok kimutatták, hogy mind a rostlefutás, mind az évgyűrűorientáció, valamint azok kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolta a nyomószilárdságot és a rugalmassági moduluszt. Általánosságban elmondható, hogy a rostlefutás ( $\varphi$ ) növekedésének hatására a szilárdság és a rugalmassági



a.



b.



c.

2. ábra – A nyár nyomószilárdsági ortotropia diagramjai.  
 a. Kísérletileg meghatározott és interpolált értékek;  
 b. az ortotropikus tenzorelmélettel és c. a háromdimenziós Hankinson képlettel becsült értékek.

modulusz nagymértékben csökkent. Az évgyűrű-orientációra nézve nem lehetett egyértelmű trendeket felállítani.

Az egyes mérési pontokra számított átlagértékeket ismét ábrázoltuk, ezúttal célszerűen hengeres polárkoordináta rendszerben. Ilyen diagramot mutat a 2. ábra a részlete. A köztes pontokat itt is interpolációval

generáltuk, míg 15°-nál mind a hét esetben ugyanazt az átlagértéket ábrázoltuk.

A következő lépés a cikk előző részében bemutatott két modell értékelése volt. Az ehhez szükséges bemeneti paramétereket (szilárdság és rugalmassági modulusz) ismét a mérési adatbázis szolgáltatta. A nyírószilárdsági modellek értékeléséhez hasonlóan elkészítettük az ortotropikus diagramokat (2b. és 2c. ábra), és kiszámítottuk a 2. táblázatban feltüntetett  $r^2$  értékeket. Ez utóbbi számításhoz,  $\varphi = 15^\circ$ -nál a  $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$  és  $90^\circ$  évgyűrű-orientációnál számított értékek átlagát használtuk fel, mint becsülő paramétert.

A 2. táblázat értékei jól mutatják, hogy az ortotrop tenzorelmélet és a háromdimenziós Hankinson egyenletrendszer közel egyforma hatékonysággal írta le a rezgő nyár és a vörös tölgy nyomótulajdonságainak irányfüggését. A tulipánfa esetében azonban a Hankinson képlet lényegesen gyengébb becslést adott, mint a másik modell. Ez az eredmény nem meglepő, ha figyelembe vesszük, hogy az ortotrop tenzorelmélet több kísérletileg meghatározott eredményt használ fel a nyomótulajdonságok becsléséhez.

A magyar fafajok esetében alkalmazott kísérleti felállítás nem teszi lehetővé a fentihez hasonló statisztikai analízis elvégzését. A fafajok hasonlósága folytán feltételezhető azonban, hogy a modellek itt is hasonló eredményt nyújtanának, így – a szükséges alapadatok birtokában – ezekhez a fafajokhoz is elfogadható biztonsággal használhatók.

#### A hámozott furnérok ortotrop rugalmassága

A hámozott furnérok rugalmassági moduluszának meghatározása több tekintetben eltért a nyomó- és nyírótulajdonságok irányfüggésétől. Ebben az esetben az évgyűrű-orientáció hatása – értelemszerűen – nem vehető figyelembe; mivel hámozáskor tangenciálisan választják le az anyagot, a furnérok síkja jó közelítéssel az LT síkkal párhuzamos. Emellett az alkalmazott mérési eljárás lehetővé tette, hogy minden furnéron minden irányban megmérjük a rugalmassági moduluszt. Ez statisztikailag egy véletlen blokk elrendezésnek felel meg; eszerint végeztük el a variancia analízist is.

Az ANOVA eredményei alapján a rostirány változása szignifikáns hatással van a

rugalmassági modulusz értékére. Tukey többszörös terjedelem próbája azonban megmutatta, hogy ez a változás csak alacsonyabb  $\varphi$  értékek esetében jelentős; amerikai fafajoknál  $45^\circ$ -os, hazai fafajoknál pedig  $60^\circ$ -os rostlefutás fölött a rugalmassági modulusz nem változik jelentősen.

A véletlen blokk elrendezés folytán a hagyományos regresszió analízis nem alkalmazható a becslő modellek értékelésére. Ebben az esetben a becslő modellt minden furnérra külön kell alkalmazni, és az egyes mért értékeket ezzel a becsléssel kell összevetni. Ennek érdekében bevezettünk egy becslési hiba paramétert:

$$Hiba = \frac{\sum \frac{\hat{E}_{\varphi i} - E_{\varphi i}}{E_{\varphi i}}}{n} 100\% \quad [1]$$

ahol:

$\hat{E}_{\varphi i}$  – az ortotrop tenzorelmélettel vagy a Hankinson képlettel az adott  $i$  próbatestre,  $\varphi$  rostirányban számított rugalmassági modulusz érték,

$E_{\varphi i}$  – az  $i$  próbatestenen  $\varphi$  rostirányban mért MOE érték,

$n$  – a próbatestek száma

A **3-7. ábrák** a részletei mutatják a mért értékek eloszlását, valamint az átlagértékek segítségével kiszámított függvénymenetet az 5 fafaj esetében. A grafikonok **b** részlete a fenti módon számított hibaértékeket ábrázolja a rostirány függvényében.

Az ábrákról első látásra megállapítható, hogy az ortotrop tenzorelmélet lényegesen jobb becslést adott a Hankinson egyenletnél; az előbbi esetében a maximális hiba soha nem haladja meg a 40%-ot, míg az utóbbinál időnként még 100% fölé is megy, és mindig magasabb 40%-nál.

A diagramokat jobban megvizsgálva több fontos megállapítást is tehetünk. Először is, az amerikai fajok esetében az ortotrop tenzorelmélet többnyire inkább alábecsüli, míg a Hankinson képlet túlbecsüli a rugalmassági modulusz értékét. A magyar fajok esetében a tendencia fordított. Az is megfigyelhető, főleg az amerikai faanyagoknál, hogy a Hankinson formula, bár  $\varphi = 45^\circ$  környékén nagyon rossz becslést ad, a kezdeti szakaszban sok esetben lényegesen jobban írja le a rugalmassági modulusz változását, mint a másik modell, amely viszont rendkívül pontos  $45^\circ$ -os és a feletti rostirányoknál. Célszerűnek tűnik tehát a két modell becsléseit kombinálni, olyan módon, hogy az eredmény a kettő közé essen, és a kezdeti szakaszban közel essen a Hankinson képletéhez, majd rohamosan közelítse az ortotrop modell becsléseit. A következő képlet célravezetőnek tűnik e tekintetben:

$$\hat{E}_K = \hat{E}_H \frac{\sqrt{\pi/2} - \sqrt{\varphi}}{\sqrt{\pi/2}} + \hat{E}_O \frac{\sqrt{\varphi}}{\sqrt{\pi/2}}, \quad [2]$$

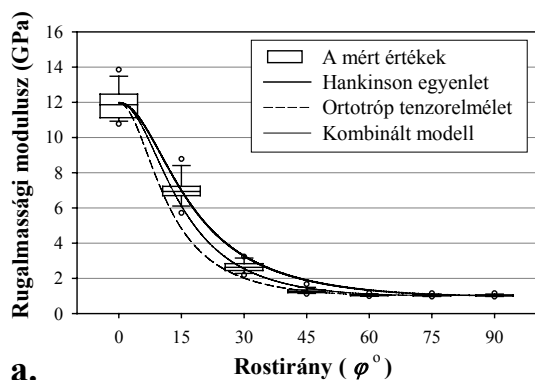
ahol  $\hat{E}_H$ ,  $\hat{E}_O$  és  $\hat{E}_K$  a Hankinson képlettel, az ortotrop tenzorelmélettel, illetve a kettő kombinációjával  $\varphi$  rostirányban becsült rugalmassági modulusz értéke.

A **3-7. ábrákon** látható, hogy az előrejelzések fenti kombinációja következetesen viszonylag jó becslést szolgáltatott, és csak a vörös tölgy esetében eredményezett 40% fölötti hibát. A rezgőnyár és a tulipánfa esetében, alacsonyabb rostorientációnál a becslés lényegesen javult az ortotrop elmélethez képest, míg a magyar fajoknál a becslés minősége nem romlott lényegesen. Mindezt figyelembe véve azonban még mindig vitatható, hogy a kombinált modell valóban jobban működik-e, mint az ortotrop tenzorelmélet.

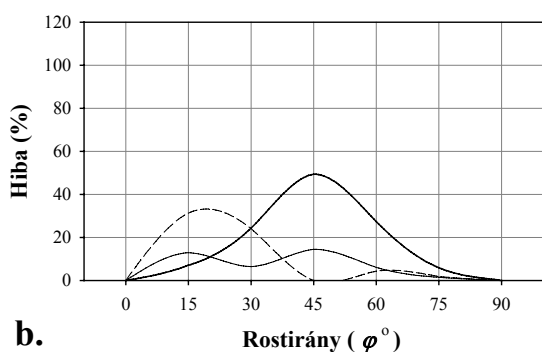
**2. táblázat** – A nyomószilárdságot és -rugalmassági moduluszt becslő két modell által szolgáltatott  $r^2$  értékek

| Fafaj              | Ortotrop tenzorelmélet |                            | 3D Hankinson képlet |                            |
|--------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
|                    | Nyomószilárdság        | Nyomórugalmassági modulusz | Nyomószilárdság     | Nyomórugalmassági modulusz |
| <i>Rezgőnyár</i>   | 0,93                   | 0,94                       | 0,91                | 0,91                       |
| <i>Vörös tölgy</i> | 0,93                   | 0,93                       | 0,93                | 0,94                       |
| <i>Tulipánfa</i>   | 0,92                   | 0,93                       | 0,72                | 0,83                       |



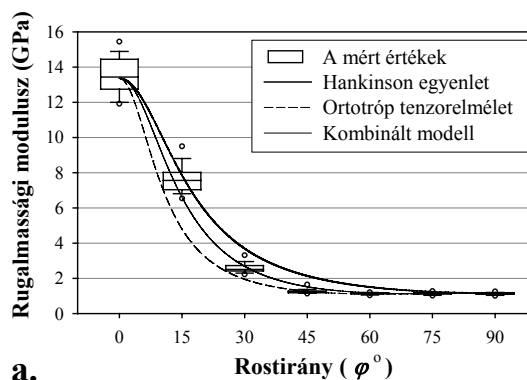


a.

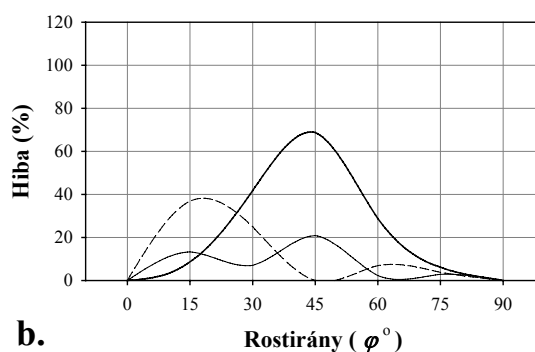


b.

3. ábra – Rezgönyár műszaki furnér dinamik rugalmassági moduluszának változása a rostirány függvényében.

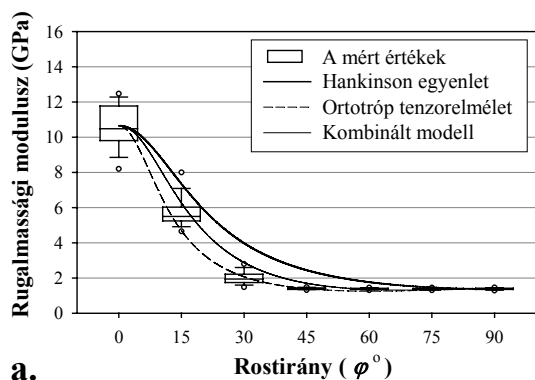


a.

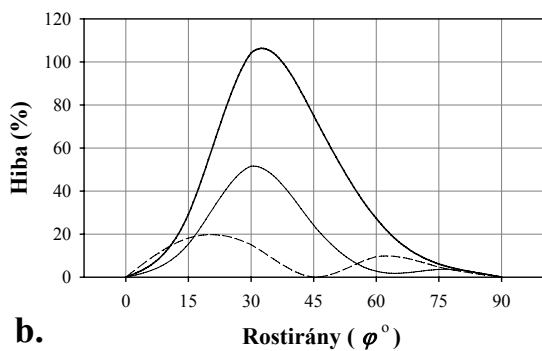


b.

4. ábra – Tulipánfa műszaki furnér dinamik rugalmassági moduluszának változása a rostirány függvényében.

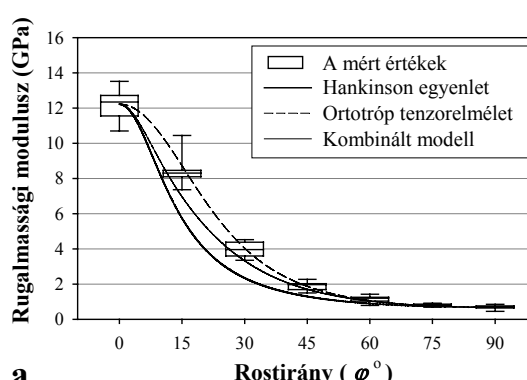


a.

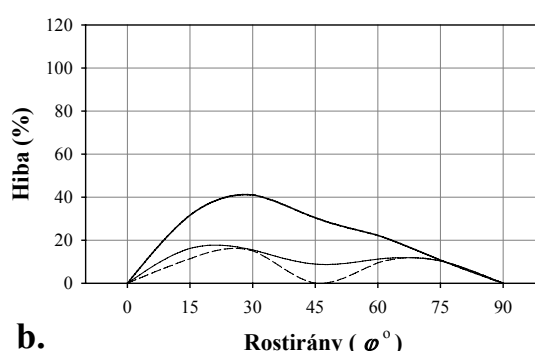


b.

5. ábra – Vörös tölgy műszaki furnér dinamik rugalmassági moduluszának változása a rostirány függvényében.

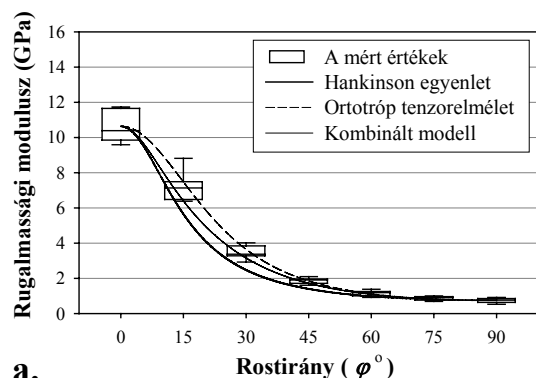


a.

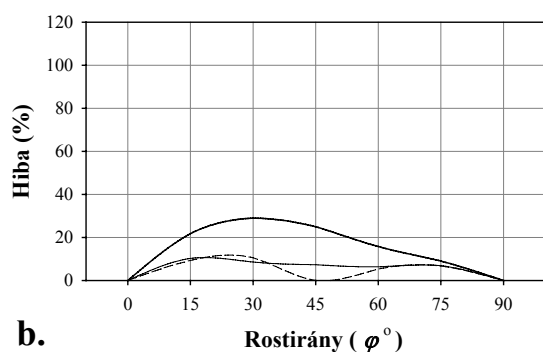


b.

6. ábra – Csertölgy műszaki furnér dinamik rugalmassági moduluszának változása a rostirány függvényében.



a.



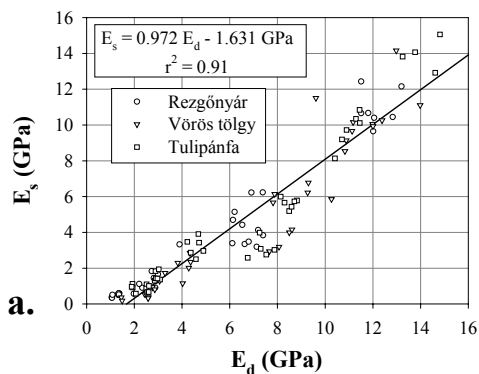
b.

7. ábra – Pannónia nyár műszaki furnér dinamikus rugalmassági moduluszának változása a rostirány függvényében.

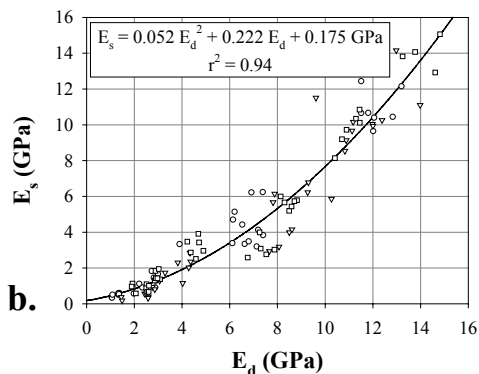
### A dinamikus és statikus rugalmassági modulusz összefüggése

A statikus húzó- és dinamikus rugalmassági modulusz összefüggését 0-45° között változó rostirányú, furnér és tömörfa próbatesteken mértük. Ilyen ferde rostú próbatesteken tudomásunk szerint még nem végeztek hasonló vizsgálatokat.

A 8. ábra szemlélteti a kétféleképpen mért rugalmassági modulusz összefüggését. Elméleti megfontolások (Divós és Tanaka 2000) alapján feltételeztük, hogy az összefüggés fafajfüggetlen, azonos meredekségű egyenes vonallal jellemezhető, és a regressziós egyenes áthalad az origón. A 8a. ábra egyértelműen mutatja, hogy ez a feltételezés téves volt. A regressziós egyenes nem halad át az origón, és az összefüggés linearitása is megkérdőjelezhető. Ennek az eltérésnek az okát több dolog is magyarázhatja. Feltételezhető, hogy a mérést befolyásolta a faanyag erős csillapító hatása a longitudinális irányokban. Problémát okozhatott az is, hogy a faanyag húzó- és nyomórugalmassági



a.



b.

8. ábra – A dinamikus és statikus rugalmassági modulusz összefüggése ferde rostlefutású tömörfa és furnér próbatestek esetében.

sági modulusza eltér. Mint köztudott, a faanyagban elindított lökeshullámok húzó- és nyomódeformációk kombinációjából állnak elő. Az ilyen módon mért rugalmassági modulusz összevetése a tisztán húzódeformációból származtatott értékkel szintén okozhatta a fenti eltéréseket.

A 8a. ábrán látható lineáris regressziós modellel kapcsolatos legfőbb probléma azonban az, hogy e szerint az egyenlet szerint a magasabb  $\varphi$  értékeknél mért alacsonyabb dinamikus rugalmassági modulusz értékek egyes esetekben negatív statikus rugalmassági modulusznak felelnek meg. Ez megengedhetetlen, különösen akkor, ha – mint esetünkben – a modellt egy szimulációs tanulmány keretében statikus rugalmassági modulusz generálására kívánjuk felhasználni.

A 8b. ábra ugyanazokat az adatpontokat mutatja, azonban ebben az esetben egy másodrendű polinomiális regressziót alkalmaztunk. Amint az  $r^2$  érték javulásából is látható, ez a modell lényegesen jobban illeszkedik az adathalmazra, mint a lineáris függvény. Ez a négyzetes modell az alacsonyabb dinamikus

rugalmassági modulusz értékek esetén is pozitív statikus rugalmassági modulusz értékeket szolgáltat. Bár a másodrendű polinomiális függvény alkalmazásának nincs elméleti alapja, ez a modell nyilvánvalóan jobban használható, ha a célunk a statikus rugalmassági modulusz becslése a dinamikus értékek alapján.

### **Összefoglalás**

Cikkünk második részében ismertettük a három észak-amerikai és két magyarországi faanyag ortotrop nyírószilárdság, nyomószilárdság és rugalmassági modulusz, valamint a furnérok dinamikus rugalmassági modulusz kísérleti meghatározásának eredményeit. Megvizsgáltuk az első részben bemutatott ortotrop modellek alkalmasságát az egyes esetekben, valamint röviden kitértünk a statikus és dinamikus rugalmassági modulusz összefüggésére ferde rostú faanyag esetében. Mindezen vizsgálatok eredményeiből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- A nyírószilárdság ortotropiájának leírására legalkalmasabb a módosított Hankinson egyenlet és az ortotrop tenzorelmélet kétdimenziós egyenleteiből származtatott kombinált modell. Minden esetben ez a modell írta le legpontosabban a kísérleti adathalmazt, és ez volt az egyetlen modell, mely a 15°-nál jelentkező lokális maximumot kezelni tudta. Az ortotrop tenzorelméletből származtatott háromdimenziós egyenlet szintén viszonylag jó eredményt adott, míg a harmadik vizsgált modell pontossága lényegesen elmaradt az előbbiektől.
- A nyomószilárdság és -rugalmassági modulusz ortotropiáját leíró modelleket csak az amerikai fafajok esetében volt módunk vizsgálni. Itt a háromdimenziós Hankinson képlet és az ortotrop tenzorelmélet közel egyformán jó becslést szolgáltatott, kivéve a tulipánfát, ahol az ortotrop tenzorelmélet (mely a becsléshez több kísérletileg meghatározott adatpontot igényel) jelentősen jobb becslést adott.
- A hámozott furnérok dinamikus rugalmassági moduluszának változását az LT síkban, a rostirány függvényében szintén az ortotrop tenzorelmélet közelítette jobban. A

Hankinson egyenlet azonban alacsonyabb rostlefutásnál sok esetben pontosabbnak bizonyult. A két elmélet kombinációjából létrejött modell, bár egyes esetekben lényegesen javította a becslés pontosságát, nem bizonyult egyértelműen jobbnak az ortotrop tenzorelméletnél.

- Általánosságban elmondható, hogy a Hankinson képlet (vagy annak módosított formája) és az Askenazi által kidolgozott, négy-dimenziós tenzorelméleten alapuló modellek közel egyforma pontossággal írják le a különböző mechanikai tulajdonságok irányfüggését a használt fafajok esetében. Bár nem minden esetben bizonyult a legjobbnak, összességében a két modell közül az ortotrop tenzorelmélet következetesen viszonylag jó eredményeket szolgáltatott; általános érvényessége, robusztussága és szilárd elméleti megalapozottsága miatt tehát valószínűleg előnyben részesítendő.

A dinamikus és statikus rugalmassági modulusz összefüggését az elméleti megfontolásoknak ellentmondóan egy másodrendű polinomiális regressziós modell írta le legjobban. Az elméleti indokoltság hiánya ellenére gyakorlati szempontból e modell alkalmazása célravezetőbb.

### **Köszönetnyilvánítások**

A leírt kutatást részben a McIntire-Stennis Forestry Research Act 978. sz. projektje, részben az OTKA T 025985. sz. kutatási programja finanszírozta. A nemzetközi együttműködést a NATO CRG.LG 973967. sz. kooperációs kutatási ösztöndíja tette lehetővé. A szerzők hálásak mindezért a pénzügyi támogatásért, és külön köszönetet mondanak a TrusJoist McMillan, a Weyerhaeuser Business Buckhannoni (WV) LVL és PSL gyárának az alapanyagok valamint gyártási kérdések terén nyújtott segítségéért. Az ortotrop nyíró-, nyomó-, illetve dinamikus rugalmassági modulusz vizsgálatok eredményei három különálló angol nyelvű publikációból (Láng és tsai 2000, 2002 és 2003) az itt leírtnál részletesebben is megismerhetők.

### Irodalomjegyzék

1. Askenazi, E. K. 1959. *On the Problem of Anisotropy of Construction Materials*. Sov. Phys. Tech. Phys. Vol 4. 1959 pp. 333-338.
2. Bejó L., Láng E., Szalai J., Kovács Zs., Divós F. 2003. *Lombos fajok ortotrop szilárdsága és rugalmassága. I. rész: elméleti alapok, kísérleti módszerek*. Faipar 51(2):19-25
3. Divós, F., T. Tanaka. 2000. *Effect of creep on Modulus of Elasticity determination of wood*. ASME J. of Vibration and Acoustics 122(1):90-92.
4. Lang, E. M., Bejó, L., Szalai, J., Kovacs, Zs., 2000. *Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite Manufacture. Part I. Orthotropy of Shear Strength*. Wood Fiber Sci. 32(4):502-519.
5. Lang, E. M., Bejó, L., Szalai, J., Kovacs, Zs., Anderson, R. B. 2002. *Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite Manufacture. Part II.: Orthotropy of Compression Strength and MOE*. Wood Fiber Sci. 34(2):350-365
6. Lang, E. M., Bejó, L., Kovacs, Zs., Divós F., Anderson, R. B. 2003. *Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite Manufacture. Part III: Orthotropic Elasticity of Structural Veneers*. Wood Fiber Sci. 35(2):308-320
7. Szalai J. 1994. *A faanyag és faalapú anyagok anizotrop rugalmasság- és szilárdságtana. I. rész: a mechanikai tulajdonságok anizotrópiája*. EFE, Sopron.
8. Ylinen, A. 1963. *A Comparative Study of Different Types of Shear Tests of Wood*. Paper presented on the Fifth Conference of Wood Technology. U.S. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, September 16-27, 67 pp.

## A természetes fa vágása lézerrel – 2. rész

Gerencsér Kinga\*

### Cutting solid wood with lasers. Part 2

The first part of this article presented the main areas of laser utilisation, the theoretical background, the properties of laser light and an analysis of the operation principles and characteristics of the cutting mechanism. In the second part, the author discusses the challenges of using lasers for cutting wood, and describes the experimental work done on solid wood. Laser cutting compared favourably to traditional and high-pressure pneumatic cutting in terms of surface roughness and kerf width. Carbonisation of the surfaces and the high costs of the method are the most important drawbacks of the method.

**Key words:** Laser, Laser cutting, Surface quality

A cikk első része a lézerekkel kapcsolatos legfontosabb alapfogalmakat, illetve a lézervágás alapelveit és mechanizmusát ismertette. A második rész a faanyag lézeres vágásának kérdéseivel, kihívásaival foglalkozik, illetve ismerteti az ezen a területen elvégzett munkát, és annak eredményeit.

#### *A vágáshoz használt lézersugár tulajdonságai*

A vágáshoz vagy folytonos üzemi, vagy olyan ismétlési frekvenciájú impulzuslézere van szükség, ahol az egymást átlapoló lyukak sorozatával végzik a vágást. A vágásrendszernek lehetőleg legkisebbnek kell lennie, anélkül, hogy az anyag újra-összehegedése bekövetkezne. Ez főként műanyagokra vonatkozik, ahol a vágásrés 0,025 mm-nél kisebb is lehet (Myring és Kimmitt 1988).

A vágás mélysége nő a nyomás növekedésével, amíg a nyomás el nem éri azt az értéket (kb. 2-3 bar), amikor a további nyomásnövekedésnek már nincs többé hatása. A vágási sebesség nagymértékben független az alkalmazott gáztól és a gáznyomástól olyan esetekben, amikor az anyagnak nincs exotermikus reakciója a vágógázzal. Olyan anyagokat is, amelyek levegőn elégnak, mint pl. a papír, el lehet vágni, mivel a fókuszon kívül a hűtés hatása többnyire elég nagy ahhoz, hogy megakadályozza az égést. Az anyag tulajdonságaitól függően, nagy relatív mélységű, párhuzamos oldalú vágásrészt lehet kapni a fókuszmélységen túl is.

A vágás során kiáramló segédgáz keresztuláramlik a vágásrészen, és kisöpri onnan a keletkező melléktermékeket. Amennyiben a gáz a szűk vágásrésben lelassul, a felszabaduló

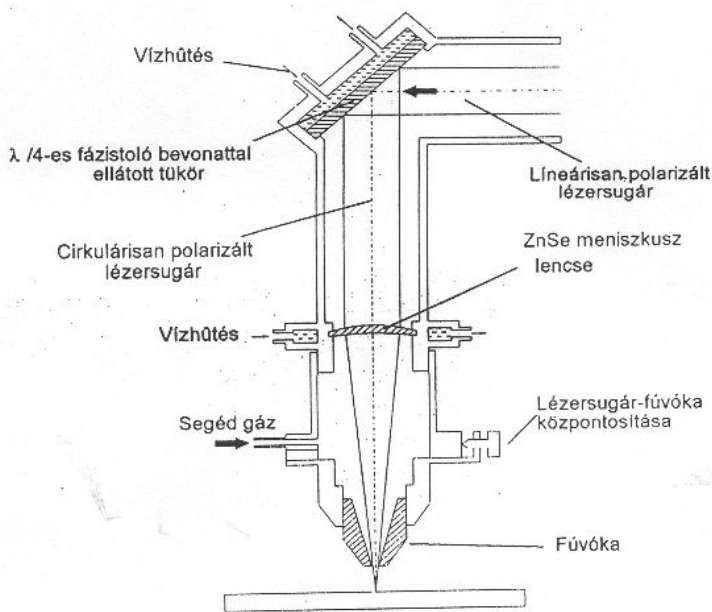
\* Dr. habil Gerencsér Kinga CSc., tszv. egy. docens, NYME Fűrészipari Tanszék



melléktermékeket rosszabb hatásfokkal söpri ki, és ekkor a lézersugár energiájának egy részét ezek nyelik el, csökkentve ezzel a lézer szilárd fatest kölcsönhatási frontfelületére jutó energiáját. A jobb gázáramlás biztosítása érdekében dolgozták ki az úgynevezett szuperszonikus fúvókát, amelyből a segédgáz 1,8-szoros hangsebességgel áramlik ki. Ezzel a fúvókával a maximális vágási sebesség kb. egyharmadával növelhető, mivel a lézersugár a gázsugárban halad, energiájának egy része a gáz felmelegítésére fordítódik. Előmelegített gázsugárral jelentősen csökken a vágás energiaigénye. A vágásrészben azokon a helyeken, ahol a hőmérséklet már akkora, hogy lejátszódnak a kémiai reakciók, ott azok menete a vágógázzal befolyásolható. Ezáltal csökkenthető a vágásfelület beégésének mértéke. Nemes gázzal, pl. héliummal is csökkenthető a beégés mértéke, de alkalmazása nem gazdaságos. A megadott vágási sebességek nem általános érvényűek, mivel ezek függenek a lézeroptika paramétereitől.

### *A faanyag szerkezeti jellemzőinek hatása a fa lézeres vágására*

Az anyag sűrűségének hatása egyértelmű, hiszen ha sűrűbb az anyag, akkor ugyanakkora térfogatról több anyagot kell eltávolítani, több kémiai kötést kell felszabadítani és ebben



1. ábra – A lézersugár irányítása

az esetben lassabbak a bomlási folyamatok. Mivel a fa hővezető képessége függ az anatómiai iránytól, a fa bütü felülete a vágáskor jobban megég. Különböző fahibák (pl. göcsös-ség) is kedvezőtlen hatással lehetnek a fa lézeres vágására, ugyanis eltérő teljesítmény kell az átvágásához (Nagy 2002).

### *Az alkalmazott alapanyagok*

Egyelőre – anyagi okokból – csak kevés vágási kísérletet tudunk elvégezni. A fűrészipari feldolgozásra alkalmas fafajok közül a legnagyobb mennyiségben előforduló fafajokon (tölgy, akác, bükk, kőris, gyertyán, nyár, hárs, éger és fenyő) végeztük el a vágásokat 25 mm vastag deszkán, furnéron és rétegelt lemezen.

**Vékony anyagok vágása.** A lézersugár fókusz-zónájának mondhatjuk azt a részét, ahol a teljesítmény koncentráció olyan nagy, hogy a faanyag égési folyamatai nem mehetnek végbe a nagy hőmérséklet miatt. Itt domináns folyamat az, hogy a lézer közvetlenül annyira felmelegíti a fát, hogy az egy pillanat alatt desztillálódik és a maradék faszén is elgőzölög. A segédgáz szerepe ekkor szinte csak a keletkezett gőzök kisöprése a vágásrészből. Ez a folyamat akkor játszódik le, ha a fókusz-zóna vastagsága nagyobb vagy egyenlő az anyagvastagsággal. Ez a vastagság függ a fókusz-távolságtól (1.

1. ábra), és a fókuszpontban elérhető teljesítménysűrűségtől. Ez utóbbi növelhető a lézer teljesítményének fokozásával és az optika utolsó lencséjére érkező fénysugár átmérőjének csökkentésével, pl. fénysűritővel. Hogy sikerrel vághassuk a fát, a részben a lézer-fa kölcsönhatási helyen a hőmérsékletnek a szén forráspontja felett kell lennie, ami 4273 K. Ezt a vágásrész alján is el kell érni, ezért a kölcsönhatás környékén kb. 5000 K a hőmérséklet. A hőmérséklet gradiens a rés alja felé csökken, egyrészt a fénysugár-átmérő változás miatt, másrészt a keletkező gőzök fényelnyelése miatt. Mivel a vágáskor mozog a fa-lézer kölcsönhatási zóna és a fa rossz hővezető, ezért a lézersugár távolabbi környezete (néhány tized mm) kevésbé melegszik fel. Ehhez némileg hozzájárul a segédgáz hűtőhatása is. Nagyobb

teljesítménysűrűség és a vágást javító eljárások alkalmazása esetén gyorsabb a fa elgőzölése, ezért nagyobb előtolási sebességet alkalmazhatunk. Ezért a hőátadásra rendelkezésre álló idő lecsökken, s ezek miatt a vágásfelület megéégése csökken.

Vastag anyagok vágása. Ha az anyagvastagság nagyobb, mint a fókuszzóna, csak az anyag egy részének vágása történik közvetlen lézer elgőzöléssel. Ekkor a gázsugár keveredve a gőzökkel felmelegszik és a maradék részt termikusan bontja. A vágásfelületen világosan elkülöníthető a két zóna. Ez a vágásmód nagyon érzékeny a nedvességtartalomra. Nem sokkal 12 % felett a hőmérséklet annyira lecsökken, hogy az önfenntartó bomlási folyamatok leállnak. Ezért ennél a folyamatnál nagyobb szerepe van a segédgáznak. Itt az előmelegített gázsugár és az oxigén jelenléte egyértelműen javítja a vágás energiaháztartását.

A vágási kísérleteket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Járműgyártás és Javítás Tanszékén végeztük el, CO<sub>2</sub>-dal működő lézerrel. A lézersugár fókusztávolsága a lencsétől mért, 127 mm-es távolságra történt, mivel más érték beállítása nem volt lehetséges.

A kísérleti körülmények a következők voltak:

- A lézerfény hullámhossza:  $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$
- A maximális lézersugár-teljesítmény:  $P = 1,5 \text{ kW}$
- A lencse anyaga: ZnSe (cinkszelenid)
- A felhasznált energiaforrás: ipari áram  $U = 400 \text{ V}$ ,  $I = 1-2 \text{ A}$
- A gázlézer aktív közege 4 % CO<sub>2</sub>, 16 % N<sub>2</sub> és 80% He
- Belső (vákuum) nyomás:  $p = 100 \text{ mbar}$
- Összes energia felvétel üzem közben 16-20 kW
- A fókusztávolságban a fényugár átmérője:  $d = 0,1-0,15 \text{ mm}$
- A fúvóka átmérője:  $D = 0,8 \text{ mm}$
- A segédgáz anyaga: N<sub>2</sub> és Ar
- A segédgáz nyomása:  $p = 2-5 \text{ bar}$
- Az előtolást a CNC vezérlésű asztal végezte.
- A lézer folytonos üzemmódban működött, az impulzus üzemmódot nem tudtuk kipróbálni.

Megjegyzés: A fókusztávolság a felső felületre történt, amely a vágásrés vizsgálatok szerint előnytelen volt, hiszen a sugár belépési oldalán mért vágásrés általában nagyobb volt egy-két tized milliméterrel, mint a kilépési oldalán mért vágásrés. Előnyösebb lett volna az anyagvastagság felére, illetve alsó harmadára fókusztávolságot állítani a lézer fényugarat, de ennek kipróbálására megfelelő fúvóka hiányában nem volt lehetőség. A segédgáz (vágógáz) anyagának a nitrogén tűnik a alkalmasabbnak, hiszen nem volt látható különbség a nitrogén és az argon (nemesgáz) között. Ennek ismeretében az olcsóbb, a célnak jól megfelelő nitrogén ajánlható vágógáznak.

Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy a fa szálirányának nincs meghatározó jelentősége a lézeres vágás szempontjából. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy – szemben a többi vágási lehetőséggel – nincs mechanikus kapcsolat a vágóközeg (a lézer) és a faanyag között. Ez a fa megmunkálása esetében nagy előnyt jelent, hiszen nincsenek szálkiszakadások a bütü felületén.

#### *A tapasztalt jelenségek*

- A kéreg (háncs+héjkéreg) átvágása nem járt sikerrel, miközben a faanyag belsőbb részeit (a gesztet és a szíjácst) átvágta a lézer. Ennek az oka az eltérő szövetszerkezeti felépítés, az eltérő szervesanyag-összetétel, esetleg a magasabb nedvességtartalom lehet.
- Az egyik legjelentősebb, a vágás szempontjából legfontosabb szövetszerkezeti hiba a göcsösség. A göcs átvágása azonban nem okozott gondot.
- Az erdeifenyő gyantatartalma a vágás közben kifolyva a felületen elszenesedett, csúnya foltot okozva.
- A vágás következtében a faanyagmintákon nem jelentkezett repedés, illetve más, belső feszültség okozta jelenség. Ez azzal magyarázható, hogy bár meglehetősen magas hőhatás éri a vágott felületet és közvetlen környezetét, ez a hatás túl rövid idejű ahhoz, hogy változásokat okozhasson, hiszen a fa kifejezetten rossz hővezető, az elszenesedett felület pedig hőszigetelő tulajdonságú. A hő okozta tágulást pedig a szintén hő okozta

nedvességvesztés zsugorító hatása ellen-súlyozza.

A vágást követően vizsgáltuk a faanyag felületén az elszenesedés mélységét, a vágásrés szélességét és a vágott felület érdes-ségét.

### ***A vágott felület elszenesedésének mértéke***

A fa lézeres vágásának kísérőjelensége, hogy az anyag felülete elszenesedik. Vizsgálataink során arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen vastag a vágott felületen az elszenesedett réteg. A mérést a NyME Faanyagtudományi Intézet mikroszkópján végeztük el. A mérési eredmények azt mutatják, hogy a faanyag 20  $\mu\text{m}$ -ig szenesedett el és további 10  $\mu\text{m}$ -ig lelhetőek fel égési nyomok.

A vágott felület elszenesedésének csökkentési lehetőségei:

- optimálisabb, azaz gyorsabb előtolás alkalmazása,
- a fókuszfolt kiterjedésének csökkentése, vagyis jobb sugár összpontosítás,
- impulzus üzemmódú lézervágás alkalmazása. Ez tűnik a legalkalmasabb megoldásnak az elszenesedés megakadályozására, mely ráadásul nagyobb előtolási sebességet is lehetővé tesz.

### ***A vágásrés vizsgálatainak eredménye***

A faanyagok lézeres vágását a famegmunkálásban alkalmazott három fő megmunkálási iránynak megfelelően végeztük, vagyis rosttal párhuzamosan, merőlegesen és arra  $45^\circ$ -os szögben (**2. ábra**).

A vágásrés szélességét hézagmérővel mértük, 25 mm vastag faanyagon a lézer be- és kilépésénél. A lézervágásnál a vágásrés 0,35-0,7 mm között változott, a vágási iránytól függetlenül. Összehasonlítva a folyadéksugaras, illetve a körfűrész vágás vágásréseivel, jobb eredményeket mutatnak a lézeres vágások. A körfűrészsel való vágáskor a vágásrés a szerszámtól függően 2-5 mm között változhat. A folyadéksugaras vágás átlagos vágásrése 0,8-1,2 mm között változott. Meg kell jegyeznünk, hogy a lézervágás vágásrése tovább csökkenthető az



**2. ábra** – Vágási irányok a mintadarabon

optimális vágási paraméterek megtalálásával (fókuszálás, előtolási sebesség).

### ***A fa vágási felületének érdeségi vizsgálata***

A vágás minősítésének egyik legfontosabb vizsgálati módszere a vágott felület érdeségének mérése. A vizsgálathoz a drezdai székhelyű Fakutató Intézet módszerét használtuk. E módszer a fa, illetve a falemezek felületeinek hullámosságát és durvaságát, tehát annak minőségét mutatja meg.

A berendezés tapogatófejének sugara 5-10  $\mu\text{m}$  között változhat. Az egyenetlenséget a tapogatófej rádiusza és a mért felület aránya adja meg. A mozgó tapogatófej letapogatja a felületet és a szintkülönbségeket, pontosan jelzi a megfelelő program segítségével, a számítógépen keresztül az átlagos érdeséget ( $R_a$ ), az egyenetlenség magasságát ( $R_z$ ) és a maximális érdeséget ( $R_{max}$ ). A vizsgálatokat a NyME Fűrészipari Tanszéken végeztük el.

A próbadarabunk kitapinthatóan a legdurvább felületű, szádiránnyal merőlegesen vágott, kőris fafajú mintánk volt. Az **1. táblázat** segítségével összevethetjük a lézerral és egyéb eljárásokkal kialakított felületek egyenetlenségi mélységeit. Az értékekből kitűnik, hogy a legjobb felületi minőséget a lézervágás adja,

| Vágási eljárás                       | $R_z$                                    |
|--------------------------------------|--|
| Lézer (kőris, szádirányra merőleges) | 54,64                                    |
| Folyadéksugaras                      | 75-95                                    |
| Fűrészelt                            | Duzzasztott 250-290<br>Stellites 160-220 |

megelőzve a folyadéksugaras vágás által elért felületi minőséget. Ez a felületi minőség nagyon finom, csiszolt minőségű. A fa lézeres vágásánál a felületi érdességet három tényező befolyásolja lényegesen:

- A lézersugár teljesítménye; ha ez növekszik, akkor a felületi érdesség is nagyobb.
- Az előtolási, vagy másképp a vágási sebesség, amelynek növekedésével a felületi érdesség csökken.
- A segédgáz sebessége és áramlási viszonyai. Fontos, hogy a gáz egyenletesen áramoljon át a rés egyik oldaláról a másik oldalra. Ha ez nem így történik, egyenetlenül éghet meg a felület. A segédgáz sebességének növekedésével nagyobb a felületen végzett hűtés és jobban kiszorítja környezetéből az oxigént, ezáltal a beégés mélysége kisebb lesz, kevésbé elszenesítve a felületet. A folyadéksugaras vágással csak úgy érhetünk el jobb eredményt, ha a vágás sebességét jelentősen csökkentjük. Láthatjuk, hogy lézervágásnál az előtolási sebesség növekedésével a felületi érdesség javul, míg folyadéksugaras vágásnál romlik.

### **Összefoglalás**

Eddigi vizsgálataink alapján a lézerrel való vágás előnyeit és hátrányait a következőképpen fogalmazhatjuk meg.

A lézervágás előnyei a fűrészeléssel szemben:

- Nincs szükség szerszámra, ami jelentős költségcsökkentést jelent, figyelembe véve azt is, hogy megtakarítjuk a szerszámkarbantartás és élezés költségeit;
- Nem keletkezik fűrészpor, csak csekély mennyiségű füst, melynek elszívása jóval olcsóbb beruházási és üzemeltetési költségű elszívórendszert igényel;
- A vágás szinte zajtalan;
- Könnyen automatizálható, illetve CAD-CAM rendszerbe illeszthető;
- Könnyen végezhető vele bonyolult mintájú figurális vágások (3. ábra);
- Jobb anyagkihozatal érhető el;
- Nincs szálkiszakadás;
- Csiszolásnál elért érdességű felület kapható a megfelelő technológiával történő lézeres vágás esetén.



**3. ábra** – Bonyolult alakzatok vágása lézerrel



### A lézervágás hátrányai a fűrészeléssel szemben:

- A mai nagyteljesítményű lézerek hatásfoka kicsi, szerkezetük bonyolult és speciális anyagokat kívánnak, emiatt drágák,
- A fűrészeléshez képest sokkal kisebb előtolási sebességek érhetők el, még a vékonyabb anyagok vágásánál is,
- A vágási felület égett, mely esztétikai problémát okozhat,

A fűrészrel és a lézerrel történő vágás összehasonlítása során komplex, még sok mindenre kiterjedő vizsgálatokat kell végezni, és csak ezután lehet objektíven eldönteni, hogy mely esetekben célszerű, sőt előnyösebb a lézer alkalmazása.

### *Irodalomjegyzék*

1. Nagy R. 2002. Fa vágása lézerrel. Szakdolgozat, Sopron
2. L. Myring, M. Kimmitt 1988. Első könyvem a lézerekről.

## **A Silentium kerti pihenőbútor-család**

Standeisky Dániel<sup>✧</sup>

### **Silentium garden furniture product line**

The article introduces a new line of garden furniture made of Hungarian Black locust material. The goal of the designers was to develop a product line that, besides its utility value, has a character that is both consistent and distinctive, as well as being comfortable and pleasant looking. The raw material is a very durable species that is also an environment friendly, renewable resource. Through cooperation with the industrial partner, the designer was able to develop products that are constructionally sound, and can be produced using the manufacturer's existing equipment. The new products that are designed to be used both indoors and outdoors, received first prize at the 2003 Hungarian Design Award competition.

**Key words:** Product design, Garden furniture, Black locust

### *Bevezetés*

A cikkben bemutatott termékcsalád egy sorozatban gyártott kerti bútorcsalád akácfaából. Tervezése 2002. februárjában kezdődött, egy diplomamunka keretében, a sorozatgyártás pedig 2003. tavaszán. Kereskedelmi forgalomban 2003. májusától kapható. A gyártó, a kisvárdai Blondel Kft. kínálatában nem szerepelt modern bútorcsalád, és mert a modellváltás szükségessé vált, felmerült az igény egy új esztétikusabb bútorcsalád kifejlesztésére. A bútorcsalád megalkotása az NKFP Erdő-Fa Kutatási Program keretén belül történt, végigkövetve a fa útját a csírázó magtól a dobozba csomagolt termékig. A megfelelő faipari és műszaki tartalomhoz a tudományos háttérrel a Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kara biztosította. A piackutatási alapokon meghatározott design a Kar Sopronban működő Alkalmazott Művészeti Intézetében a Forma-

tervezési Tanszéken készült, Tóth Tibor Pál bútortervező egyetemi magántanár vezetésével. A tervezőmunka 2002-ben formatervező-szakos diplomafeladatként kezdődött, amit további egy éves közös fejlesztőmunka követett. Eredménye a kereskedelemben jelenleg kapható bútorcsalád. A bútorcsalád sikerrel mutatkozott be számos magyar és nemzetközi kiállításon 2002-2003-ban, mint pl. Stuttgartban a Magyar Innovációs Napokon, Genovában kertészeti szakkiállításon, Rostockban a Kertészeti Világkiállításon, itthon pedig a BNV-n és a Formal Formatervezési kiállításon.

A Silentium bútorcsalád a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium és a Magyar Formatervezési Tanács által meghirdetett Magyar Formatervezési Díj nevű nyilvános pályázaton termék kategóriában 2003. decemberében I. helyezést ért el.

<sup>✧</sup> Standeisky Dániel, okl. formatervező művész

### *A célkitűzés megfogalmazása*

Minden külsőtéri bútor legfőbb funkciója a kültéren megvalósítható pihenés, étkezés, társasági élet, stb. követelményeinek az esztétika és ergonómia szempontjainak figyelembe vételével történő kielégítése és az ezekhez a funkciókhoz való igazodása. A sikeres formatervezői munka a piaci siker egyik legfontosabb feltétele.

A formaterv azonban nem valósulhatott meg technológiai kötődés nélkül. A bútorcsalád adott technológiára épül, tehát a gyárthatóság teljesítése, mint szempont az elsők között szerepelt a megvalósításában. Az esztétikai funkciók tervezése és a terméken való megjelenítése a tervezőt arra készíti, hogy mindig éljen a külső tényezők adta lehetőségekkel, és újabb és újabb megoldásokkal tegye még szebbé és emberközpontúbbá a terméket.

A tervezés előtt a gyártóval történt konzultációk és az igényelemzés után a következő igények fogalmazódtak meg:

- finomabb vonalvezetés, lágyabb formák, magasabb esztétikai minőség nyújtása;
- jellegzetes karakter és formajegyek keresése és kialakítása;
- a bútorcsalád ne csak kültéren legyen használható, hanem, dimenziójánál fogva, belső terekben, a kert és a lakás közötti átmeneti helyiségekben is funkcionáljon;
- a családely figyelembe vétele, egymással jól harmonizáló darabokkal, egységes arculat megfogalmazásával;
- jelenlegi technológiai feltételek figyelembe vétele;
- márka, arculat illetve image-építése, a fogyasztók és a gyártók közös szempontjainak feltárása;
- a magyar akác bútor imázsának és üzenetének tervezése és megteremtése,
- funkcionális és ökológiai szempontok összehangolása és a fogyasztó felé történő közvetítése;
- nemzetközi és hazai termék kritériumainak összehangolása és feltárása.

### *Az alapanyag*

Akácból kerti bútort és egyéb magas feldolgozottságú terméket sorozatgyártásban csak a kilencvenes évek elején kezdtek készíteni. Ennek feltétele az a fejlett technológia volt, amely képes az igen kemény, ellenálló fafajt bútortipari minőségben szárítani és megmunkálni. A gyártó Magyarország egyik legprofesszionálisabb akác-megmunkáló technológiájával és szakembergárdájával rendelkezik, ezzel is szavatolva a minőségi termék megalkotását.

Fontosnak tartjuk, hogy az egyik legnagyobb természeti kincsünk a fa, illetve fa alapanyagból készült termékek (külsőtéri bútoroknál hatványozottan) megállják a helyüket a piacon. Célunk, hogy a külsőtéri fabútorok fejlesztését olyan szintre emeljük, hogy a más, idegen anyagokból készült (főleg műanyag, PVC) bútorokhoz hasonló piaci érdeklődésre tartson számot, valamint emberközelségével esztétikusabbá tegye környezetünket. A fa, mint alapanyag az emberekben melegséget és biztonságérzetet, otthonosságérzetet kelt, amit a bútor formavilágával és a felületkezeléssel még fokozhatunk is. Ebben a próbálkozásban fontos szerephez juthat az akác, mint jellegzetes és környezetbarát magyar faanyag.

Az akác innovatív felhasználásával kialakítható egy jellegzetes, a magyar bútortipart külföldön is jól azonosító, markáns karakterrel bíró formanyelv. A jellegzetes faanyag, ami nyugaton is egyre ismertebb és elfogadottabb, magas megmunkáltságú és jól megformált termékként a magyar ipar ideális exportcikkévé, megfelelő piaci bevezetése és szerepeltetése után emblematikus termékfajtájává, a magyar ipari termékek és tárgykultúra egyik fontos reprezentánsává válhat. Ennek a törekvésnek egyik ígéretes példája lehet a díjnyertes Silentium bútorcsalád (**1. ábra**).

Az akác kerti bútorok kedvező fogadtatását erősítheti az alapanyag olcsóbb ára, és újratermelhetősége, gyors növekedése révén, ami ökológiai szempontból fenntartható folyamatot jelent (szemben a trópusi fafajokkal). Ezzel ma már az egyre környezettudatosabb gondolkodású nyugati vásárlóközönségnél jelentős piaci előny szerezhető.



1. ábra – A Silentium Radius kertibútor család

### *Az ipar és a piac*

A '90-es években a városokban – és különösen a fővárosban – viszonylag kevesebb, a falvakban pedig több lakás épült. A városból való kiáramlás hazánkban igen erős folyamat, ami stimuláló tényezője a kertibútor-keresletnek. A modern lakberendezési koncepciók a szellősebb, nyitottabb lakótereket, a szobák egybeolvadását preferálják. A vásárlók lakásviszonyaival kapcsolatosak a bútorok kialakítása és méretei is. Nem közömbös, hogy a megvenni szándékozott bútorok mekkora helyiségbe kerülnek, hiszen ez nagyban befolyásolja a bútor méretét. Ilyen szempontból helyiségnek tekinthetjük a kertet is, különösen, ha bútorunknak többletfunkciót akarunk adni azáltal, hogy belső térben is használhatóvá tesszük.

A vásárlók jó része ma már nem elsősorban az ár alapján választ, hanem komoly minőségi elvárásai vannak. A fogyasztók hajlandók egy termékre többet áldozni, ha ez magasabb minőséggel párosul. Ezért nem szabad elsődleges szempontként a végtermék árára koncentrálni, hanem a minőséget kell szem előtt tartaniuk, aminek szerves része a dizájn által létrehozott használati és esztétikai érték is. A bútoriparban nagyobb tere lehetne a saját formakultúra megtalálására és meghonosítására irányuló kísérleteknek, a magyar bútor, mint a magyar ipari és tárgykultúra reprezentánsának kiemelkedő, nemzetközileg is elismerhető szintre való fejlesztésének. Meggyőződésünk, hogy ennek a folyamatnak egy ígéretes szereplője a díjnyertes bútorcsalád.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy ha sikeres termékcsaládot akarunk a piacra jut-

tatni, akkor annak nem elég csak ergonómiai és minőségi szempontokból jónak lennie, a célközönség számára jó árszinttel rendelkeznie. Saját, a fellelhető konkurenciától eltérő önálló arculattal, stílussal, már-már egyéniséggel kell bírnia, amit a vevő is könnyen érzékel, már a termékkel való első találkozáskor. Ez a legjobb módja ugyanis, hogy termékünk és a vevő között emocionális kapcsolat alakuljon ki, aminek vásárláskor pozitív döntés lesz az eredménye. Termékünknek az értékesítésre kiszemelt társadalmi bázis szociológiai hátteréhez is jól kell igazodnia.

A helyesen megválasztott, és az ergonómia követelményrendszerével összeegyeztetett esztétikai funkciók a vevőt arra készítetik, hogy a terméket közelebbről megismerje, majd birtokba vegye. Ez az első kontaktus lesz meghatározó a termékhez fűződő viszonyunkra, és a vásárlási döntés meghozatalára.

A tárgyi környezettel általában használat során kerül kapcsolatba a vevő. Elsősorban saját magának kell rájönnie és megtanulnia, hogy miként is lehet az adott tárgyat használni. Ebben a stádiumban az ember és a tárgy között, a dizájn sajátos nevelési funkcióival, helyes formai megoldásokkal, harmónia, kényelemérzet biztosításával segíti a rendeltetésszerű használat elsajátítását.

Az import térhódítását a magyar ipar és kereskedelem rugalmatlanságával, a lassú reakcióidővel és az "utánzás" kényelmes termékfejlesztési taktikájával magyarázzák. Meggyőződésünk, hogy a Silentium bútorcsalád jól demonstrálja ennek a magatartásnak az ellenkezőjét. Az importárak tényerése nem csak olcsó áruknak köszönhető, hanem a gyártási folyamatok gazdaságosságból is fakad. Ezek az import termékek többnyire igen nagy volumenű sorozatgyártásban készülnek, ami mögött általában komoly fejlesztési és szervezési teljesítmények húzódnak meg. A magyar belső piac kis mérete, a valós technológiai szint és a tagolt iparszerkezet viszont nem erősíti a magyar bútor európai versenyképességét.

A jövő piacán csak az a vállalat maradhat versenyben, amely jól körülhatárolt piaci szegmensben a tömeggyártás technológiájával képes lesz a differenciálódó egyéni szükségletek kielégítésére is. Ennek feltétele az aktívabb ku-

tatási, fejlesztési, termelés-szervezési és marketing munka.

A műszaki fejlesztési háttér, a magyar tudás és tehetség ma sem hiányzik, de a jó design, egyéni formakultúra megalkotása és a piaci siker nem automatikus folyamat! A karakteres kínálat csak szisztematikus fejlesztő és tervező munka eredménye lehet.

Bútorunknál a fejlesztés minden területének résztvevője nagyon sokat tett azért, hogy a fent vázolt körülmények támasztotta kihívásokra ez a termékcsalád jó választ adjon, és egy színvonalas, versenyképes magyar termék szülessen meg.

### *A termék*

A bútorcsalád hiánypótló termék. Szakít a kerti bútorok stílusbeli dogmaival. A világos, tiszta, modern formák a kortárs épületekhez, terekhez is jól társíthatók. A szabadban és modern, fiatalos belső terekben izgalmas hangulatot teremtenek. A tervezés során az volt a cél, hogy a bútorcsalád egy új vizuális gondolatot jelenítsen meg, és annak formai elemeiből építkezzen minden tagja.

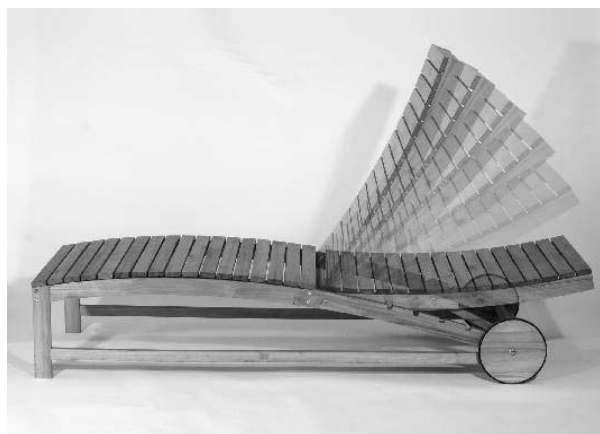
Az egész bútorcsalád arculatának egységnek kell lennie, és a konkurens termékektől is elég markánsan kell különböznie, egyéni jeleget kell hordoznia, oly mértékben, hogy ez a vásárlóban is tudatosuljon, és később mindenképpen ennek a családnak az elemeivel kívánja majd bővíteni vagy cserélni már meglévő bútorait.

Bútorunknak méretrendszerében meg kellett felelnie a beltéri használat feltételeinek is, egy lakásbelsőben is léptékhelyesnek kellett lennie. Ezt a szándékot a megformálásnak szinte tudat alatt kell egyértelművé tennie. Tehát az átlagos fa kerti bútoroknál finomabb méretezést, karcsúbb vonalvezetést igényel. Így termékünk egész évben használható lesz, további használati értékkel ruházzuk fel, ami a piacon fontos előnyt jelent.

A Silentium bútorcsalád két garnitúrából áll, amelyek arányrendszerükben, funkcionális és ergonómiai szempontból is jól elkülönülnek egymástól, ezzel vizuálisan is utalva használatukra. Az első a Radius étkezőgarnitúra amely hat személyes étkezőasztalból, kétszemélyes padból és székekből áll (**1. ábra**).



**2. ábra** – A Silentium Polara kertibútor család



**3. ábra** – Silentium Spirita napozóágy



**4. ábra** – Silentium Radius kerti szék

A második a Polara kávézó garnitúra (**2. ábra**), amely alacsony fotelből, kétszemélyes kanapéból és hozzá tartozó kávézóasztalból áll. Ide tartozik még az egyszerű sarokasztalka, mely a székek sarkának találkozásánál keletkező holt teret használja ki.

A hullámzó vonalvezetésű Spirita napozóágy szépen harmonizál a bútorcsaláddal, könnyed vonalvezetése összhangban áll a bútor rendeltetésével. Ülő- és hátfelületének íves kiképzése, hat pozíciója hozzásegíti használóját az optimális testhelyzet megtalálásához mind ülés és fekvés közben (**3. ábra**).

A bútorcsaládnál a könnyed, lágy íveket ütköztettünk a függőleges és vízszintes vonal-szerű elemekkel. Ezáltal létrejött egy egyszerű térbeli kontraszt, amelyre ráépíthető a bútor, mint vizuális rendszer. A bútorban megjeleníthető, annak formarendszerén keresztül leképezhető vizuális ellentétpáron keresztül próbáltam ezt a gondolatot megjeleníteni, és a benne rejlő lehetőségeket kihasználni.

A szék (és az ülőbútorok) két funkcionálisan és plasztikailag is elkülöníthető egységre oszlanak, az ülőlap-háttámla és a karfa-lábak egységére (**4. ábra**). Az ülőlap és a háttámla azonos sugarú ív mentén egy irányban görbülő felületek, azonos ritmusú és irányú lécezéssel. Ez szigorú geometriával mégis könnyed, légies érzést kelt, szinte hívogatja a szemlélőjét, hogy használja is. Az ülőlap ívelt felülete enyhén hátrafele lejt, a háttámla pedig enyhén hátrafelé hajlik egy íves szárú V alakot formázva. Ezt mintegy kockaként foglalja keretbe a két karfaszerkezet és a hátsó keresztköti. A karfa íve azonban követi az ülőlap ívét is; ez teremti meg a kapcsolatot a két említett formai egység között. A hangsúlyos ülőlap-kontúrt az első láb határozott derékszöge zárja le, ellenpontozva annak lendületes vonalát. Az ülőlap íve a karfa által megkettőzött, így ez az enyhén hátrafelé lejtő kettős ív, valamint a lábak és köti által alkotott derékszögű befoglaló forma lesz a két domináns formaelem, ezek viszonya határozza meg a bútor karakterét. A két ív egyébként hátrafelé enyhén összetart. Ez az optikai trükk teszi feszesebbé a két formaelem együttes hatását.

A bútor összbenyomása a nagy sugarú ívek mentén görbülő ülés, hátlap és karfaelemek

miatt kényelemérzetet sugall. Az ívelt felületek segítenek a helyes háttartás felvételében, a gerinc vonala mentén végig biztosítják az alátámasztást. Az ülőlap íve szintén kedvező alátámasztást biztosít.

A karfaszerkezet 24 mm széles elemekből áll, de mivel ez a kar alátámasztására keskeny lett volna, a karfaelemet kifelé megszélesítettük, ami a látványt sokkal izgalmasabbá teszi, megbontva a karfa-keretszerkezetének síkját az így képződő palástfelület segítségével. Tovább oldja az első láb függőlegesének szigorú mértaniságát a karfa első síkjának 15°-os előredöntése, ami a karfa éleinek 3 mm-rel történő lekerekítésével kellemes tapintásélményt ad, megteremtve a bútor anyaga és a kéz közti kontaktust.

Az ülőbútorok lapraszerelt kivitelűek. Öt alkotóelemből állnak, ezekből állítható össze a bútor. Ezek az elemek: a két karfaszerkezet, (egy-egy keretszerkezet, ami az első és a hátsó lábból, a karfából és az oldalsó kötőből áll), továbbá a hátsó keresztköti, az ülőlap, és a hátlap. A karfaelemek csatlakozásai ragasztott csapozással vannak rögzítve. A háttámla és az ülőlap elemei ragasztott köldökcsapokkal csatlakoznak egymáshoz. Az ülőlap első keresztköti-jénél és a lábszerkezetek hátsó keresztköti-jénél tönkanyás összehúzást alkalmaztunk.

A két támlaelem egymáshoz való rögzítése, egy szélesített, aszimmetrikusan elhelyezett csappal történik, amelynek középtengelyében van az összehúzó csavarnak kiképzett furat, a tönkanya pedig már a csapon túl, az ülés-elemek köldökcsapjai előtt kapott helyet. Mivel a csavarkötés révén az állandó összehúzás biztosított, így a két elem egymáshoz képesti elmozdulása minimális, illetve megfelelő összehúzás esetén teljesen meg is szűnik.

Az ülőlécek közötti távolságok az összes bútorarab esetében azonosak, 5 mm-esek. A szabvány szerint a bútorok lécelemei közötti távolságnak vagy 7,5 mm alattinak, vagy 15 mm felettinek kell lennie balesetvédelmi megfontolásból.

A késztermékek tesztelése után elmondhatjuk, hogy az összeszerelt bútorok nagyon stabilak és állékonyak, rendeltetészerű használatnál egyáltalán nem mozognak.

## ***A technológia***

Gyártmány- és gyártmánycsalád tervezésnél fontos, hogy minél több azonos alkatrészt alkalmazzunk, ami nagyon megkönnyíti a szerzésbeállítást, az alkatrészek gyáron belüli rendszerezését, elosztását az összeszerelők között és csökkenti a hibalehetőségeket, és a selejt mennyiségét: mindezek miatt kisebb lesz az önköltség. A bútorcsalád minden tagjánál azonos alkatrész-keresztmetszeti méreteket, az íves alkatrészeken pedig azonos kivágási mintát alkalmazzunk. Egységesek az ülő és háttámlafelületek, az asztallap és a napozóágy lécei. A háttámla és az ülőlap csatlakozásának csapki alakítása minden ülőbútornál azonos (szék, fotel, pad).

A válogatott nyersanyag bútorigipari lécek formájában érkezik a gyárba. Egy 3-6 hetes, számítógéppel vezérelt szárítási folyamat során a hőmérséklet, pára- és nedvességtartalom folyamatos mérésével és szabályozásával alakított, precízen megmunkálható alapanyagot nyerünk, majd a hibás léceket kiselejtezzük. A 8%-os nedvességtartalmú lécek különböző gépi forgácsolási és csiszolási folyamatok során nyerik el végleges formájukat és felületüket. A felületkezelés során kialakult a bútorok végső színe és fénye. Alapkitelben a bútorokat természetes lenolajba merítjük, de színezett, viaszolt, lazúrozott felülettel is kaphatók a termékek. A vasalatok, szerelvények rozsdamentes acélból, tömör sárgarézéből, vagy galvanizált keményacélból készülnek. A minőségellenőrzés a teljes gyártási folyamatot felöleli.

Egy szabadidő jellegű bútor raktározási és szállítási költségeit ma már csak lapraszerelt állapotú raktározás és szállítás mellett lehet optimális szinten tartani. A bútorok kötései oldható, tönkanyás megoldásúak, összeszerelésükhöz egy imbuszkulcs szükséges. Így a szállítás és a tárolás egyszerű és gazdaságos mind a kereskedő, mind a fogyasztó számára.

## ***Összefoglalás***

Kijelenthetjük, hogy nagy létjogosultságuk van a más gondolkodásmódot megtestesztető újszerű formavilágot felvonultató jól formatervezett modelleknek, amelyek mentesek a megszokott sablonoktól. Ezt támasztja alá a termékcsalád eddigi pozitív fogadtatása is.

A Silentium bútorcsalád joggal számíthat piaci sikerre, akár nemzetközi vonalon is. Már megtörtént a prototípusok és a gyártási folyamat teljes körű vizsgálata és az alkalmazott megoldások újbóli, minden részletre kiterjedő vizsgálata, az első széria piaci és technológiai tesztelése és tökéletesítése. Elmondhatjuk, hogy megtettük a legfontosabb lépéseket egy új, nívós és versenyképes magyar bútorcsalád megalkotásáért, amelyben a közreműködő szakemberek nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak.

## ***Köszönetnyilvánítás***

A szerző köszönetet mond a Blondel Kft. vezetésének és mérnökeinek, amiért megteremtették a fejlesztőmunka, a sorozatgyártás magas szintű technológiai előkészítésének, valamint a bútorcsalád piaci bevezetésének feltételeit. Külön köszönettel tartozom Tóth Tibor Pálnak a Nyugat Magyarországi Egyetem Alkalmazott Művészeti Intézete egyetemi magántanárának, aki bútortervezési tapasztalataival végig támogatást nyújtott a terméktervezés folyamatában, egészen a szériaérett sorozat megalkotásáig. Az ő segítségével nemcsak szakmai jellegű volt, nem korlátozódott az iskola falai közé, hanem segített megteremteni a kapcsolatot a gyártó, a tervező és a piac között mind szakmai, mind emberi vonatkozásban. A szerzőn kívül is sok tanítványának segített megtalálni a zökkenőmentes átmenetet az iskolapad és az élet kihívásai között.



# A tanninok és tannin bázisú ragasztók

Kovátsné Stenger Mónika\*

## Tannins and tannin based wood adhesives

The word „tannin” refers to many different chemical compounds which can be put into two main categories: hydrolyzable and condensed tannins. Hydrolyzable tannins consist of simple phenols and esters of sugar. On the other hand, condensed tannins consist of flavonoid units of different degrees of condensation. Tannin based wood adhesives have been successfully used since the early 70s and are based on the reaction between tannins and formaldehyde.

**Key words:** Tannin, Flavonoids, Adhesives, Modification

### Bevezetés

A „tannin” szó jelentése nagyon tág, sok különböző vegyületet jelöl. Az ide tartozó vegyületek két nagyobb csoportba oszthatóak: a hidrolizálható és kondenzált tanninok.

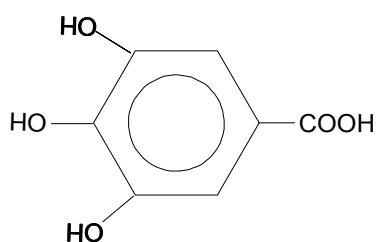
### Hidrolizálható tanninok

Hidrolizálható tanninok találhatók például a dió, balzsamdió és a divi-divi fákban. A hidrolizálható tanninok fenol-karbonsavak szénhidráttal alkotott észterei. A fenol-karbonsav rész (az aglükon) hidrolizáló anyagok hatására hidrolizálható.

Főbb fajtái:

- gallo-tanninok azaz a galluszsav és glükóz észterei (**1. ábra**),
- ellag-tanninok azaz az ellagsav cukorészterei
- fenol-karbonsavak észterei.

Mivel természetes állapotban nem makromolekuláris a szerkezetük, továbbá alacsony fenol szubsztitúció fokot lehet velük elérni és nukleofilitásuk is alacsony, ezért sem kémiai, sem gazdasági, mint ragasztóanyagoknak nincs nagy jelentőségük. Világszerte keveset állítanak elő belőlük.



**1. ábra** – Galluszsavmolekula

### Kondenzált tanninok

A hidrolizálható tanninokkal szemben ezek a vegyületek kémiai és gazdasági is fontos szerepet játszanak a ragasztástechnikában. A kereskedelmi használatban lévő tanninok 90%-át teszik ki, ami évente kb 350 000 tonnát jelent.

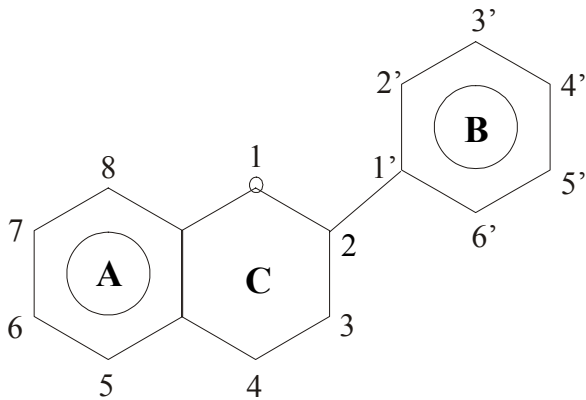
A természetben elterjedt vegyületek, főleg a különböző fák anyagában és kérgében, például: akácok, bürök, szömörcefa és egyes fenyőfélékben fordulnak elő. Ez utóbbiakat még nem aknázták ki jelentősen tanninok előállítására.

A kondenzált tanninokban gazdag fafajokat már régóta természetik a bennük lévő tanninok kivonása céljából. Már a XVIII. században izolálták és azonosították ezt a vízzel kivonható vegyületcsoportot és bőrcserzésre használták, akárcsak a hidrolizálható tanninokat. A tanninok ezen célra való felhasználása a második világháború után érte el a csúcát, azóta egyre inkább jelentőségét veszti.

A kondenzált tanninok különböző kondenzációs fokkal rendelkező flavonoid egységekből állnak. A flavonoidok polifenol vegyületek, közös bennük a difenil-propán váz (**2. ábra**).

A fákban ezek a vegyületek általában glikozidos formában vannak jelen. Ezek a flavonoidok savak vagy enzimek hatására oligomerekké kondenzálnak. Így jönnek létre a kondenzált tanninok. A különböző vegyületek a váz oxidáltsági fokában és a vegyületekben lévő hidroxil és metoxil csoportok számában és elhelyezkedésében térnek el.

\* Kovátsné Stenger Mónika, doktorandusz hallgató, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet



2. ábra – A flavonoidok és polifenol vegyületek difenil-propán váza

Ennek alapján vannak:

- flavan és származékai,
- flavanon és származékai,
- flavon és származékai,
- izoflavon és származékai,
- kalkon és származékai,
- auron és származékai.

A heterociklusos gyűrűn lévő hidroxil-csoportok száma szerint a legfontosabbak:

- flavan-3-ol származékok (katechinek)
- flavan-3,4-diol származékok (leuko-antocianidinek)
- Egyszerűségüknél fogva a monoflavonoidok a legtöbbet tanulmányozott, kereskedelmileg jelentős tannin extraktumok. A már említett flavonoid félékből állnak. A két aromás gyűrű helyettesítése alapján vannak:
- recorcín-pirogallol típusúak (a monoflavonoidok kb 70%-a) ahol a váz 3-as, 7-es, 3'-as, 4'-es és 5'-ös szénatomján találhatóak hidroxilcsoportok.
- rezorcín-katechin típusúak (a monoflavonoidok kb 25%-a) ahol a váz 3-as, 7-es, 3'-as és 4'-es szénatomján találhatóak hidroxil csoportok.
- floroglucín-pirogallol illetve floroglucín-katechin típusú a többi, a váz 3-as, 5-ös, 7-es, 3'-as, 4'-es illetve 5'-ös szénatomján egy-egy hidroxil csoporttal. Ilyenkor az „A” gyűrű mindig floroglucín típusú, ami nagyon fontos a tanninok ragasztóként való felhasználásakor.

A leuko-antocianidinek flavan-3-olokkal illetve flavan-3,4-diolokkal kondenzáció közben biflavonoidokká kapcsolódnak össze. Az intermolekuláris kondenzáció során a 4-es, 6-os illetve 8-as helyzetű szénatomok között jön létre a kötés. A többi flavonoid karbonil csoportokat tartalmaz a 4-es pozícióban. Ezek a csoportok kirekesztik az autokondenzáció lehetőségét és nem jöhetnek létre biflavonoidok illetve poliflavonoidok. Sikeres biflavonoidokat izolálni eukaliptuszból és akácból. A különböző fafajokban eltérő összetételű, térbeli elrendezésű biflavonoidok találhatók.

A biflavonoidokhoz további flavonoidok kapcsolódhatnak, szintén 4-es, 6-os illetve 8-as helyzetben poliflavonoidokat hozva létre. A kondenzált tanninok 3...8 flavonoid egységből állnak. A fakéregben több egységből álló (3000-es molekulatömegű) tanninok is találhatóak, ezek a flobafének. A flavonoidok egy része meghatározóan hat a fafaj színére. A színes fák extraktanyagában mindig találunk flavonoidokat és származékaikat. A polifenolok színe és színváltozásra való hajlama a „B” gyűrű vicinális hidroxilcsoportjainak számától és oxidációs fokától függ. Fény és oxigén hatására a színtelen (leuko) flavonoid származékok is színessé válhatnak.

### A tanninok reakciói

A kondenzált tanninoknak a flavan-3-olok normális reakciói mellett egyedi reakcióik is vannak. A tannin extraktumok ragasztóként való alkalmazásához elengedhetetlen a tannin reakciók ismerete. Fontosabb reakcióik:

- Flavonoidok elektrofil szubsztitúciója,
- Az „A” és „B” gyűrű reakciói aldehidekkel, melyek a ragasztás szempontjából is a legfontosabb reakciók.

Mivel a tanninok fenolos jellegűek, úgy reagálnak a formaldehiddel (bázisos vagy savas katalizátorok alkalmazása mellett) mint a fenolok. Az „A” gyűrű nukleofil központjai sokkal reakcióképesebbek, mint a „B” gyűrű központjai. Ez a vicinális hidroxil-csoportoknak köszönhető. A formaldehiddel a tanninok polikondenzáció során reagálnak metilénhidakon keresztül.

A kondenzáció lejátszódását a kétértékű fémionok felgyorsítják, például: Pb(II), Zn(II), Cd(II), Ni(II), Mn(II), Mg(II), Cu(II), Co(II). Olyan flavonoid molekuláknál, ahol a „B” gyűrű formaldehiddel 10-nél alacsonyabb pH-nál még nem reagál, cink-acetát hozzáadásával már 4,5 és 5,5-es pH között reakcióképes. Kísérletek során kiderült, hogy a fémionok reakciógyorsító hatása nagyon alacsony és nagyon magas pH-nál csak kis mértékben érvényesül, azonban azoknál a pH értékeknél, ahol eredetileg a legkisebb reaktivitást tapasztaltuk, a fémionok jelenléte jelentős reakciógyorsulást eredményez.

Hidrolízis/savas és lúgos autokondenzáció. Tömény ásványi savak jelenlétében történő hevítés hatására a tanninokban két egymással versengő reakció játszódik le. Az egyik egy degradációs reakció, mely antocianidinek és katechin létrejöttéhez vezet. A másik a heterociklusos gyűrűk hidrolízisének eredményeképpen történő kondenzációs reakció. Alkohol jelenléte (például 80 és 100% közti töménységű etilalkohol) a hidrolízisnek kedvez, míg víz jelenlétében flobafének és oldhatatlan kondenzátumok keletkeznek. Erősen lúgos körülmények között részleges autokondenzáció játszódik le és magas pH-nál jelentősen megnő a viszkozitás.

Szulfonálás. Az egyik legrégebbi és talán leghasznosabb reakciója a flavonoid kémiának és különösen hasznos a tannin bázisú ragasztók előállításakor. Hatására alacsonyabb viszkozitású és jobban oldható tanninok keletkeznek, a víztaszító étercsoportok ugyanis eliminálódnak, szulfon és hidroxil csoportok keletkeznek, melyek hidrofílek. Az étergyűrű felbomlásával a sztereokémiai akadályok is megszűnnek a hidrogénhidak képződésének útjából, és így lehetőségessé válik a savas hidrolízis. A szulfonált tanninokban a flavonoid „A” gyűrűje reakcióképesebb a formaldehiddel szemben, hiszen felszakadt az étergyűrű és a tannin molekula mobilitása is magasabb. Ezáltal erősebb tannin-formaldehid hálózatok jönnek létre.

### ***A tanninmeghatározási módszerek***

A tanninmeghatározási módszereket két fő csoportba lehet osztani. Az első csoportba tartoznak az extraktum tannintartalmának meghatározását szolgáló módszerek ami formalde-

hiddel reagálni képes fenolok mennyiségére is utal. Hátránya ezeknek a módszereknek, hogy nem adnak információt a monoflavonoidokról és más fenolokról, melyek a formaldehiddel reagálnak és hozzájárulnak a ragasztóanyag létrehozásához. Ide sorolható eljárások a következők:

Bőr-poros („Hide-powder”) módszer. A legrégebbi tannin meghatározási módszer, a bőrcserzési folyamaton alapszik. A bőrcserzés során abszorbeált tannin mennyiségét egy standarddal vetik össze.

Spektrofotometriás módszerek. Mono- és poliflavonoidok, mint például a kondenzált tanninok, amelyek katechint és pirogallolt tartalmaznak, narancssárga komplexet alkotnak a molibdén ionjaival vízes oldatban. A látható és ultraviola hullámok abszorpciójának mennyiségéből lehet az extraktum tannin-tartalmára következtetni.

Ultraibolya és infravörös spektrometriás meghatározás. A fenolok a rájuk jellemző hullámhosszú fényt nyelik el, és az elnyelt fény mennyiségéből lehet az anyag koncentrációjára következtetni.

A tannin meghatározási módszerek másik csoportja, amikor az összes formaldehiddel reagálni képes fenolt határozzák meg. A ragasztóanyagok előállításához fejlesztették ki őket. A flavonoidok formaldehiddel alkotott vegyületeinek meghatározásán alapszanak. Fő hibájuk, hogy csak a fenolok abszolút mennyiségét lehet meghatározni velük. Ilyen a módosított Stiasny módszer, ami a HCl jelenlétében keletkezett tannin-formaldehid vegyületek gravimetriás meghatározásán alapszik.

### ***Tannin bázisú ragasztók***

A '70-es évek eleje óta használják sikeresen az iparban a kondenzált tannin-formaldehid ragasztókat. A gyártás során sok megoldásra váró probléma merült fel.

A különböző növényi eredetű tannin extraktumok összetétele erősen változó. Az akác kérgében a tannin extraktumok kb. 70-80% aktív flavonoid tartalommal rendelkeznek, míg a fenyők esetében ez csak 50-60%. A fatermékek ragasztásakor olyan magas az elvárás a ragasztókkal szemben, hogy a módosítatlan tannin ragasztók alkalmatlanok.

Mivel a tannin extraktumok tisztítására tett kísérletek nem bizonyultak sikeresnek, a legpraktikusabb módszernek a módosítás tűnik az aktivitás növelésére. A módosítás általában rezorcinnal való kondenzációt jelent. Ez a módosítás a ragasztó gyártása során, használat előtt vagy használat közben is elvégezhető.

A formaldehiddel a tanninok kondenzáció közben reagálnak metilén kötések keresztül, melyben a flavonoid molekulák „A” gyűrűje vesz főként részt. Azonban a tannin molekulák méretüknél és alakjuknál fogva nehezen mobilizálhatóak alacsony kondenzációs foknál és ezért sokszor nem kerülnek elég közel a formaldehid molekulákhoz, hogy létrejöhesse a metilén kötések. Így nem jön létre megfelelő térhálós szerkezet és erős ragasztó. Olyan anyagokra van szükség, amelyek áthidalják ezt a távolságot. Erre a problémára is jó megoldást ad a rezorcinnal való kondenzáció.

Mivel a tannin molekulák általában nagyok, és a molekulánövekedés a kapcsolat kiépülésének függvényében magas, a tannin bázisú ragasztók fazékideje elég rövid. Ezt az időt csak úgy lehet növelni, ha csökkentjük a viszkozitást hígítással, és ha visszatartjuk a reakciót. Ez utóbbit többféleképpen el tudjuk érni, például alkoholt adunk a ragasztókeverékhez, az alkohol reagál a formaldehiddel és így lassítja a tannin-formaldehid reakciót. A tannin-formaldehid reakciót csökkentő anyagok közé tartoznak még a hexaminok (például a hexametilén-tetramin), valamint a nátrium-szulfid.

A viszkozitás nagyban függ a koncentrációtól. 50%-os koncentráció felett a viszkozitás gyorsan növekszik. A szintetikus gyantákhoz képest a tannin extraktumok sokkal viszkózusabbak a normál ragasztó koncentrációknál. Ez többek között a tannin magas molekulásúlyának és az intra- és intermolekuláris hidrogén-híd kötéseknek köszönhető. A viszkozitás számos módszerrel csökkenthető, például savas és lúgos hidrolízissel vagy a hidrogén kötést felbontó anyagok alkalmazásával (például: fenol, fenilacetát, naftalin).

További probléma, hogy a tannin ragasztók hajlamosak a szintetikus gyantáknál gyorsabban besűrűsödni, miután a fa felületén

alkalmaztuk őket. Ennek az oka, hogy a víz nagyobb affinitást mutat a fa irányába, mint az ilyen típusú ragasztókkal szemben. A legjobb megoldás erre a problémára, ha kis mennyiségben karboximetil cellulózt alkalmazunk. Ez az anyag visszatartja a vizet és az alacsony viszkozitású ragasztó oldószert a fától.

Ahhoz, hogy ipari szempontból kiaknázhatóak legyenek a tannin ragasztók, a kémiai és fizikai reprodukálhatóság különböző követelményeinek is meg kell felelniük. Ilyenek például az erdősítés követelményei, az adott tannin extraktumok állandó utánpótlásának biztosítására, hogy a komponensek ne variálódjanak túlságosan, az extrakciós eljárások standardizálása és a szabványosított koncentráció.

### Összefoglaló értékelés

Összefoglalásképpen meg kell jegyeznünk, hogy a tannin bázisú ragasztók számos előnnyel rendelkeznek, mivel megfelelnek a kémiai és fizikai reprodukálhatóság követelményeinek, alacsony árat, magas vízállóságot és jó ragasztószilárdságot biztosítanak, miközben kevesebb formaldehid kell az előállításukhoz, mint a fenol-formaldehid gyantákhoz. Azonban előállításuk és használatuk a termelés különböző problémáit vetik fel, mint például a megfelelő erdősítés, anyagbegyűjtés. Mivel használatukkor hosszú a kötésidő, további kutatásokra van szükség. Magyarországon, úgy tűnik, módosító anyagként lehetnek előnyösek. Például karbamid gyantákban használva csökkentheti az árat és a szabad formaldehid tartalmat, emelve a vízállóságot és ragasztószilárdságot és rezorcinnal gyantákhoz is hasonló tulajdonságokat lehet elérni velük.

### Irodalomjegyzék

1. Németh, K. 1997. *Faanyagkémia*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
2. Pizzi, A. 1994. *Advanced Wood Adhesives Technology*. Marcel Dekker, New York
3. Pizzi, A. 1983. *Wood Adhesives Chemistry and Technology*. Marcel Dekker, New York
4. Kovács, I. 1979. *Faanyagismerettan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
5. Stiasny, E., Orth, F. 1924. *Collegium* 24:50

## Életmű-díj és Pro Universitate Soproniensi kitüntetés



Mint előző számunkban már beszámoltunk róla, 2003. szeptember 25-én, a Lombosfa Kutatás és Felhasználás Kérdései Európában c. nemzetközi konferencia keretében, a NyME Faipari Mérnöki Kar Pro Universitate Soproniensi (A Soproni Egyetemért) kitüntetését adományozott

Bíró Lászlónének, a FATE ügyvezető titkárának, amit Dr. Molnár Sándor dékán adott át. A FATE ünnepi közgyűlésén Bíró Lászlóné életmű-díjat is átvehetett, az Egyesület érdekében kifejtett több évtizedes tevékenységéért.

Bíró Lászlóné 1947-ben született Kecskeméten. Középiskolai tanulmányait Budapesten végezte, itt szerzett középfokú igazgatási és közgazdasági végzettséget. 1977-ben a MTESZ Országos Erdészeti Egyesületébe került, ahol 5 évig ügyvezető titkárként dolgozott. 1982-től a Faipari Tudományos Egyesület ügyvezető titkára. Három évig volt a Faipar főszerkesztője, és ő szerkesztette a FATE 50 éves c. kiadványt is. A fenti kitüntéseken kívül Kiváló Munkáért miniszteri kitüntetésben, MTESZ főtitkári elismerésben is részesült, valamint, a Ligno-Novum 10 éves jubileuma alkalmából kiváló szervezői oklevelet is kapott.

Gratulálunk ügyvezető titkárunknak az elismerésekhez, és további eredményes munkát kívánunk.

---

## INTERFOB 2003

Nemzetközi Erdész, Faiparos és Papíriparos Diáktalálkozó

Október 12. és 16. között rendezték meg az erdész és faiparos diákok évenkénti találkozóját, az *Interfob*-ot. Az idei találkozóra – sorrendben a 15-dikre – Magyarországon került sor, a Zánkai Gyermekvárosban. A rendezvény szervezését a Nyugat-Magyarországi Egyetem néhány lelkes hallgatója vállalta magára, akik sokat dolgoztak a sikeres lebonyolítás érdekében.

A résztvevők tíz ország 14 egyeteméről és főiskolájáról érkeztek Magyarországra. A szervezők célja hazánk bemutatása volt, szakmai és kulturális szinten egyaránt. Ennek érdekében igen színes, sokrétű és tanulságos szakmai programot biztosítottak. A résztvevők összesen 16 erdészeti és faipari vállalatot magába foglaló tanulmányutakon vehettek részt, ahol sokféle témakörben tapasztalatokat szerezhettek. A szakmai programot előadások is színesítették, ahol három különböző szekcióból (erdészeti, faipari és papíripari) választhattak a hallgatók.

A szakmai programok mellett a szervezők kulturális nevezetességekkel – néptáncesttel, borkóstoló-

val, magyaros ételekkel – is igyekeztek emlékeztetessé tenni a találkozót, valamint lehetőséget biztosítottak kikapcsolódásra, fakultatív programokban való részvételre is. A rendezvény jó hangulata és a résztvevők pozitív visszajelzése is tanúskodott a rendezvény sikeréről.

Az összejeövetel további eredménye, hogy létrejött az a megállapodás, amely biztosítja az egyes iskolák közti könnyebb kommunikációt. Kezdeményezték egy internetes honlap létrehozását is, amelyen a rendezvény történetéről, céljairól, támogatóiról illetve az aktuális tudnivalókról olvashatnak az érdeklődők.

A szervezők szeretnék köszönetüket kifejezni azoknak, akik bármilyen módon hozzájárultak a rendezvény sikeréhez, különösen a támogatóknak: a Falco Rt.-nek, az Anest Rt.-nek és az Erdészeti, Faipari és Papíripari Nemzetközi Ösztöndíjas Alapítványnak. Külön köszönet illeti a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki és Faipari Mérnöki Karait, Gazdasági Főigazgatóságát, valamint általános rektorhelyettesét.





## Tudományos Diákköri Konferencia

2003. december 4-én rendezte meg a Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kara a szokásos, évenkénti Tudományos Diákköri Konferenciáját. Ennek a rendezvénynek a keretein belül idén 11 ambiciózus diák mutathatta be az egyetem oktatóinak irányítása mellett végzett tudományos munkájának eredményeit. A Kar diákjai mellett a Zólyomi Egyetemről is érkezett két hallgató; az ottani TDK konferencia nyertesei, akik angolul mutatták be a juvenilis fa egyes fizikai és mechanikai tulajdonságainak értékeléséről készített dolgozatukat.

Az előadások témái a faipar és faanyagtudomány széles skáláját ölelték fel. A jelenlévők újdonságokat hallhattak a faanyagok fizikai és mechanikai tulajdonságainak vizsgálatáról, valamint a faanyag rezgéstani tulajdonságairól, és a hang terjedéséről a fában. Az alkalmazott tudományok területén belül a forgácsolási paraméterek és a porforgács szemcseösszetétele közötti összefüggésről, valamint a búzaszalma rostok ultrahangos kezelésének lehetőségeiről tartottak beszámolót a

hallgatók. Az előadások után feltett kérdések és hozzászólások arról tanúskodtak, hogy az előadások megragadták a hallgatóság figyelmét.

Amíg a zsűri visszavonult döntéshozatalra, Dr. Divós Ferenc rövid, képekkel illusztrált előadásában a nemrégiben lezajlott Japán tanulmányút tapasztalatait összegezte. Mivel az összes előadást igen magas színvonalúnak találta, a zsűri úgy döntött, hogy nem hirdet győztest a konferencián. Az összes előadás díjat kapott, és a zsűri minden előadást javasolt az Országos Tudományos Diákköri Konferenciára való továbbjutásra.

Örvendetes tény, hogy egy hosszabb időszak után, ami alatt az érdeklődés igen lanyha volt, az utóbbi években ismét egyre nagyobb a hallgatói részvétel az Egyetem tudományos munkájában. A Faipari Mérnöki Kar vezetése megköszöni azoknak a hallgatóknak és témavezető oktatóknak a részvételét, akik hozzájárultak ennek a konferenciának a sikeréhez. Egyben szeretnénk minél többeket bátorítani, hogy továbbra is vegyenek részt a Kar tudományos diákköri munkájában.

---

## Gyakorlati kapcsolatok nélkül nincs fejlődés

A Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karán 2003. szeptember 1-től új tanszék alakult Faipari Vállalkozási és Marketing Tanszék névvel. A tanszék ars poeticája, hogy gyakorlati kapcsolatok nélkül nem lehet számottevő kutatási eredményeket elérni, és kutatás- és vállalkozásfejlesztés nélkül rendkívül nagy hátrányba kerülhetnek a vállalkozások az üzleti életben.

Az oktató kollektíva – amely jelenleg három főállású oktatóból és három fő doktorandusz hallgatóból áll – azt a célt tűzte maga elé, hogy aktív kapcsolatot épít ki a faiparban működő termelő, szolgáltató és kereskedelmi vállalkozásokkal, s ezen területek tapasztalatait közvetlenül is alkalmazza a mérnökképzésben. Így a korszerű menedzsment, marketing, humán erőforrás és üzleti kommunikáció területein mindazokat az ismereteket kívánja oktatni, amelyekre a vállalkozásoknak valóban szükségük van.

Az EU csatlakozás sikere meggyőződésük szerint az emberek fejében dől el. Ha az elsődleges faipari, bútorigipari és asztalosipari kis- és középvállalkozások nem tudnak váltani a korszerű piaci működés érdekében, ha a mérnökök, technikusok nem tudnak nyugaton bevált korszerű üzleti technikákat, marketing módszereket alkalmazni, szükségszerűen vesztesre vannak ítéltetve.

A tanszék ezen okok miatt fontosnak ítéli, hogy minél több vállalkozáshoz jussanak el azok a képzési módszerek, változás- és válságkezelő eljárások, amelyek megfelelő elméleti és gyakorlati ismeretekkel vértetik fel a szakma képviselőit.

Rövid időn belül tervezik beindítani a menedzser szakmérnöki posztgraduális szakot, értékesítési specializációval és több szakmai továbbképző kurzust, mint például: értékesítési- csapatépítési tréningek, üzleti kommunikáció, PR, marketing tervezés, vállalati válságkezelés, üzleti és stratégiai tervezés.

Mindazok a vállalkozások, amelyek felelősséget éreznek működésük, üzleti módszereik javításáért, közvetlenül is megkereshetik a tanszékét. Pakainé dr. Kováts Judit tanszékvezető és dr. Molnár István adjunktus készséggel nyújtanak további részletes tájékoztatást a rendkívül változatos együttműködési lehetőségekről.

### **Címük és elérhetőségük:**

**NYME Faipari Vállalkozási és Marketing Tanszék**

9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4.

Tel: 99/518 148, 30/969 3620, 20/935 8295

E-mail: pkj@fmk.nyme.hu

## Életmű kiállítás: Dr. Winkler Oszkár



Nemrégiben zajlott le Budapesten, a közelmúltban alapított HAP Galériában Dr. Winkler Oszkárnak, az Erdészeti és Faipari Egyetem (a mai Nyugat-Magyarországi Egyetem) Építéstan Tanszéke egykori professzorának, a Faipari Mérnöki Kar volt dékánjának életmű kiállítása. Ez alkalomból Dr. Román Andrásnak\* a kiállítással kapcsolatos írásából idézünk.

„A kis kiállítóterem első tárlatát Winkler Oszkár emlékének szentelte. Az országosan alig ismert kiváló építész 1907 és 1984 között élt, mégpedig egész életében Sopronban. Az ottani Műszaki Egyetemen tanított építészetet, és folytatott emellett kiterjedt tervezői munkásságot. Épületei mára a soproni városkép meghatározó elemeivé váltak. Magam szoktam avval hencegni, hogy elég jól ismerem ezt a szép várost, mégis csak a kiállításon tudtam meg, ez is Winkler-épület, az is.

Banális igazság, hogy egy művész jelleme tükröződik műveiben. Ismerhettem az építészt, így tudom, hogy csendes, visszafogott, nyugodt ember volt. S korrekt mindenben. Ilyen volt az építésze is. Nem a blikkfangra, az építettő vagy a szemlélő elkápráztatására törekedett, hanem arra, hogy kiegyensúlyozott, szép, funkcionálisan és szerkezetileg jól megoldott házakat tervezzen.

Kell-e ennél több? Tartózkodott minden túlzástól. A korszak sokáig uralkodó, úgyszólván előírt neobarokkjával szemben az építészet modernista útját járta, de házai (vigyázat, képzavar!) lágyabbak, gömbölydedebbek a gropius-i szögletességnél. Amikor meg egy későbbi kor-

szakban nem úgyszólván, hanem nagyon is szólván előírták a stílust, a szocreált, Winkler akkor is megtalálta ebben a modernség kiskapuját. Mert csendes ember volt ugyan, de azért szeretett egy kicsinyt hamiskásan kikacsintani a rajztábla fölül. S amit nem győzők hangsúlyozni: amit megtervezett, az meg volt tervezve. Ott lehetett (lehet ma is) jól lakni, kultúrházi életet élni, bármit.

Nagyon érdekesnek és jellemzőnek tartom azt is, hogy a kiállított tervek majdnemhogy iskolás jellegűek, hiányzik belőlük minden grafikai túltengés. Azt lehetni, hogy Winkler Oszkár nem nagyon tudott rajzolni. Azt lehetni – amíg szemügyre nem vesszük a művész kiállított ceruzarajzait, akvarelljeit. Egyik jobb, mint a másik. Biztos kompozíciókészség, jó ízlés, remek rajzkészség derül ki valamennyiből.

Még egy tanulsággal szolgált számomra a kiállítás: milyen fontos, hogy egy életmű dokumentumai együtt legyenek. Amit itt láthattunk, az a Magyar Építészeti Múzeum gyűjteményéből való. Merthogy Winkler visszavonulásakor összegyűjtötte és átadta majdani hagyatékát a múzeumnak. Építészek, kövessétek a példát!”

A HAP Galériában tartott tárlat nemrégben bezárt, de az érdeklődőknek hamarosan Sopronban is alkalmuk nyílik megtekinteni a Winkler Oszkár professzor úr munkásságát bemutató kiállítást.



---

## MTESZ-Díj

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége szakmai, tudományos és társadalmi munkássága elismeréséül MTESZ díjat adományozott Dr. Winkler András egyetemi tanár, a Faipari Tudományos Egyesület elnöke részére. A kitüntetést Mandur László, az Országgyűlés alelnöke december 16-án adta át Budapesten, a MTESZ székházban.



\* Dr. Román András CSc., okl. építészmérnök, az ICOMOS Magyar Nemzeti Bizottság programigazgatója.

## Beszámoló egy Akita megyei tanulmányútról

Divós Ferenc, Bejő László<sup>♦</sup>

Nemrégiben a Nyugat-Magyarországi Egyetem két oktatója, Dr. Bejő László és Dr. Divós Ferenc az Akita Megyei Egyetem Fatechnológiai Intézetének meghívására 10 napos tanulmányúton vett részt Japánban. A tanulmányút keretében megtekintették a Fatechnológiai Intézetet, és az ott folyó munkát. Az Intézet felszereltsége kitűnő, szinte bármilyen faipari kutatási feladat ellátására fel van készítve. Számos kutatási projektjük közül a teljesség igénye nélkül csak néhányat említünk meg: a helyi alapanyag (Akita Sugi, *Cryptomeria japonica* D. Don.) anyagtulajdonságainak kutatása, teherhordó fakompozit-rendszerek fejlesztése, környezetbarát faanyagvédelmi rendszerek kifejlesztése, fából biológiai és kémiai úton előállított anyagok, valamint a faanyag hulladékból készült, újrahasznosított anyagok fejlesztése. Az Intézet kitűnően felszerelt, angol irodalommal is bőségesen ellátott könyvtárral rendelkezik.

A tanulmányút folyamán a látogatóknak lehetősége nyílt számos faipari üzemet és egyéb, szakmai szempontból érdekes létesítményt meglátogatni. Ezek közül különösen érdekesnek bizonyult az 1998-ban megépült odatei Jukai sportcsarnok kupolája, melynek



150 méteres fésztrávu szerkezete a világ egyik legnagyobb rétegeltragasztott tartókból épült létesítménye. Szintén igen érdekes volt a noshiroi hengeres LVL üzem. Ennek a terméknek a lényege, hogy műszaki furnérból a szálirányra merőleges varrással vékony szalagokat alakítanak ki, majd ezeket a szalagokat tekercselik fel spirál alakban, több rétegben egy hengeres magra. A termék fő felhasználási területe középületek, többemeletes szerkezetek teherviselő oszlopai, de használják díszítő célokra, például szobortalapzatként is. A hengeres LVL-t szabadalom védi.

A vendégek több, fából készült középületet is megtekintettek, ahol a sugi faanyag minél nagyobb mértékű felhasználására törekedtek.

A sok és nagyméretű fafelület látványa jellemző az épületekre, amely barátságos, kellemes, megnyugtató környezetet biztosít.

A látogatás során kiderült, hogy rövid- vagy hosszútávú kutatási projektre várnak magyar kutatót az akitai Fatechnológiai Intézetbe, vagy a tsukubai Erdészeti és Faipari Kutató Intézetbe. A kapcsolattartó az akitai intézményben Dr. Katsuhito Takata, Tsukubában pedig Dr. Toshinari Tanaka professzor.



<sup>♦</sup> Dr. habil. Divós Ferenc egy. docens, NyME Roncsolásmentes Faanyagvizsgáló Laboratórium, Dr. Bejő László PhD. főmunkatárs, NyME Fa- és Papírtechnológiai Int.

# Innovációs és Technológiai Központ létrehozása a faiparban

Kalcsú Zoltán\*

A nyugat-dunántúli régióban működő Pannon Fa- és Bútoripari Klaszter ez év novemberében jelölte ki a fejlesztési terveiben fő prioritásként kezelt, zalaegerszegi központtal működő faipari Innovációs és Technológiai Központ helyét.

A Pannon Fa- és Bútoripari Klaszter 2001. júniusi megalapításakor a 8 vállalkozásból és 7 szakmai és gazdaságfejlesztő szervezetből álló Alapító Tagok köre már induláskor célul tűzte ki az Innovációs és Technológiai Központ létrehozását. A klaszter munkaszervezete, a Zala Megyei Vállalkozásfejlesztési Alapítvány koordinálásában konzorcium alakult a központ megvalósíthatósági tanulmánytervnek elkészítésére, a soproni Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kara, a budapesti Ipargazdasági Kutató és Tanácsadó Kft., a zalaegerszegi Zala Bútor Rt., a Revolutio-2000 Kft. és a Deák Ferenc Szakközépiskola részvételével.

A Klaszter főleg a nyugat-dunántúli régióban (Győr-Moson-Sopron, Vas, Zala megye) működik, ahol a hazai fűrész- és lemezipar több mint harmada, és a bútorgyártás csaknem 40 %-a koncentrálódik. A klaszter törekvése az, hogy a 84 tag és a nyugat-dunántúli vállalkozások számára olyan központot hozzon létre, amely hosszútávon szellemi bázisa lenne az innovációnak, technológia- és termékfejlesztésnek, termékminősítésnek a faipar területén.

A Zala Megyei Vállalkozásfejlesztési Alapítvány, amelynek tevékenységéhez három éve hozzátartozik a Pannon Fa- és Bútoripari Klaszter munkaszervezeti feladatainak ellátása, a tavaly év őszén pályázatot adott be a Nyugat-dunántúli Területfejlesztési Tanácshoz az innovációs központ helyszínének kiválasztására, építészeti terveinek és a hosszú távú műszaki-gazdaságossági terveinek elkészítésére. Az elnyert pályázat megvalósítását és a műszaki tervezés koordinálását közbeszerzési eljárás keretein belül a budapesti EKFM Kft. nyerte el, bevonva a zalaegerszegi AOD Építészeti Irodát, illetve a biomassza tervezés terület szakértőjét, a budapesti Co-Energy Kft.-t.

A Klaszterbizottság Innovációs és Technológiai Munkabizottsága öt Zalaegerszegen és környékén található helyszín közül választotta ki a Zalaegerszeg Megyei Jogú Város által felajánlott Zalaegerszegi Ipari Park területén lévő, csaknem 3 ha nagyságú helyszínt. Az önkormányzattal sikerült megállapodni abban, hogy a város a területet huszonöt év időtartamra, tartós és ingyenes használatra biztosítja az Innovációs Központ részére.

Az Innovációs és Technológiai Központ induláskor elsősorban a fa- és bútortermelés területén végzi tevékenységét, termékminősítő laboratóriumok, és technológiai jellegű szolgáltató műhelyek létrehozásával. A

központ azonban nemcsak ezen a területen fejti ki hatását, hanem a megújuló energiaforrások és a zalaegerszegi gazdasági struktúrára jellemző egyéb iparágak innovációs tevékenységének befogadását is szolgálja. Célja a régió faipari tevékenységének integrálása, technológiai együttműködés kialakítása vevők-szállítók között, új technológiák elterjesztése, oktatás, továbbképzés szervezése és lebonyolítása a fa- és bútortermelési szektorban, a megújuló energiaforrások hasznosításának elterjesztése, a biomassza energiaforrásokkal kapcsolatos kutatás-fejlesztés.

Az Innovációs Központ tervezett főbb feladatai:

- a faiparhoz kötődő innovációs és technológiai fejlesztés
- megújuló energiaforrások hasznosítása, biomassza mintaközpont
- általános innovációs és inkubációs tevékenység

A központhoz biomassza fűtésű hőerőmű kapcsolódik, amely az épületek fűtését és a kapcsolódó faipari vállalkozások technológiai hőigényét lesz hivatott biztosítani, elsősorban a térség használt fa- és faipari hulladéka begyűjtése révén. A terv lehetőséget biztosít a tavasztól őszi terjedő időszakban a hulladék hő hasznosítására, az ipari parkba betelepülő faipari szárító berendezések és üzemek számára.

A bio-szolár energiarendszerű, mind tájolásban, mind az építészeti, épületgépészeti tervezés szempontjában energiatakarékosra tervezett épület üzemeltetéséhez az Ipari Park fűtési és technológiai hőigénye is kapcsolódik.

A koncepció kidolgozása lehetőséget nyújt arra, hogy a beruházás három külön-külön létrehozandó ütemben valósuljon meg. Az első ütemben egy 2400 m<sup>2</sup> központi épületrész (1600 m<sup>2</sup>-es iroda, szolgáltató és technikai egységek, közös helyiségek és folyosó, valamint 600 m<sup>2</sup>-es laboratórium), a másodikban egy 2400 m<sup>2</sup>-es technológiai-innovációs műhely blokk, illetve harmadikban a biomassza fűtőmű kerül megvalósításra, amely a környező ipari parkot és a vállalkozások igényeit is ellátja.

A központ termékminősítő tevékenységével kapcsolatos egyeztetések már jelenleg is folynak a soproni egyetem Faipari Mérnöki Karával és a budapesti FAIMEI Kft.-vel. A szükséges műszaki engedélyezési és kiviteli terveknek a 2004. év második felére kell elkészülniük, amikor is a klaszter munkaszervezete a Nemzeti Fejlesztési Terv keretében szeretné megpályázni a központ első ütemének a megépítését. A beruházás első üteme 3-5 év alatt valósulhat meg, amelynek várható költsége 600-880 millió Ft.

\* Kalcsú Zoltán klasztermenedzser, Pannon Fa- és Bútoripari Klaszter

### ***A személyi jövedelemadó 1%-a***

Tisztelettel kérjük tagtársainkat, és mindazokat, akik egyesületünk céljainak megvalósítását szeretnék elősegíteni, hogy 2003. évi személyi jövedelemadójuk 1%-át a rendelkező nyilatkozat pontos kitöltésével ajánlják fel

### **RENDELKEZŐ NYILATKOZAT a befizetett adó egy százalékaról**

*A kedvezményezett adószáma:*

**1 9 8 1 5 6 6 8 - 1 - 4 1**

*A kedvezményezett neve:*

**FAIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET**

#### **TUDNIVALÓK**

*Egy ilyen nyilatkozatot tegyen egy postai szabvány méretű borítékba (Az APEH küldi.)*

#### **FONTOS!**

*Ahhoz, hogy rendelkezése teljesíthető legyen, a nyilatkozaton **a kedvezményezett adószámát, a borítékon az ön nevét, lakcímét és adóazonosító jelét pontosan tüntesse fel!***

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik 2002. évi személyi jövedelemadójuk 1%-át a Faipari Tudományos Egyesületnek ajánlották fel. A felajánlott 155 186 Ft-ot egyesületünk működési kiadásaira fordítottuk.

Ezen lap megjelenését az

### **IPAR MŰSZAKI FEJLESZTÉSÉRT ALAPÍTVÁNY**

támogatta



*Minden kedves olvasónknak  
sikerekben gazdag boldog új évet  
kívánunk!*

## ***Tudományos cikkek benyújtása a Faipar részére***

Kiadványunkba örömmel várjuk tudományos igényű közleményeiket. Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy a Faipar célja eredeti alkotások közzlése, ezért csak olyan cikkeket várunk, amelyeket más újságban még nem publikáltak. A folyóirat magas színvonala és a szerkesztői munka megkönnyítése érdekében kérjük az alábbiak betartását:

- A cikkeket egyszerű formátumban kérjük elkészíteni. (12pt Times New Roman betűk, dupla sorköz, elválasztások nélkül.) A stílusok használatát kérjük mellőzni. Az ilyen formában elkészített cikkek terjedelme max. 10 oldal lehet, az ennél hosszabb munkákat kérjük több, külön publikálható részre bontani.
- A cikkekhez angol nyelvű címet, kulcsszavakat, és egy rövid (max. 100 szavas) angol összefoglalót kérünk mellékelni.
- A szerzőknél kérjük feltüntetni a tudományos fokozatot, a munkahelyet és beosztást.
- Az irodalomjegyzéket az első szerző neve szerint, ABC-sorrendben kérjük. Kérjük, ügyeljenek a hivatkozások pontos megadására (újságcikkek esetén év, évfolyam, szám, oldalak; könyvek esetén év, a kiadó neve, székhelye, oldalak száma.) Kérjük, a cikken belül a szerző és az évszám megadásával hivatkozzanak ezekre.

- Az ábrákat és táblázatokat a benyújtott anyag végén, külön lapokon kérjük megadni. A táblázatokat és ábrákat meg kell számozni, és címmel ellátni. A szövegben ezekre szám szerint kérünk hivatkozni (1. ábra, 2. táblázat, stb.)
- Az egyenleteket az MS Word egyenletszerkesztőjével kérjük elkészíteni (kivéve egészen egyszerű egyenletek esetében), és szögletes zárójelekkel beszámolni: [1]. Az állandóknál és változóknál dőlt betűformátum alkalmazását kérjük.

Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy a Faiparhoz beérkező cikkek lektorálásra kerülnek, ami után azokat, ha szükséges, javításra/átdolgozásra visszaküldjük a szerzőknek. A szerzők javaslatait a lektor személyére vonatkozóan örömmel vesszük.

A végleges, javított szöveget, elektronikus formában (e-mailen vagy floppy-n) kérjük. A kéziratokat a következő címre várjuk:

#### **Bejó László**

NyME Lemezipari Tanszék  
Sopron  
Bajcsy-Zsilinszky u. 4.  
9400

E-mail: LBEJO@FMK.NYME.HU  
Tel./fax: 99/518-386