

# MAGAS HOZZÁADOTT ÉRTÉKŰ TERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSI POTENCIÁLJA TERMELÉSBŐL KIESŐ, ALACSONY MINŐSÉGŰ TÖLGY ALAPANYAGBÓL – ELŐZETES EREDMÉNYEK

## POTENTIAL FOR MANUFACTURING HIGH VALUE- ADDED PRODUCTS FROM LOW-QUALITY OAK RAW MATERIAL OUT OF USE - PRELIMINARY RESULTS

Horváth Dénes<sup>ORCID:0000-0001-8563-6179</sup> <sup>1\*</sup>, Fehér Sándor<sup>ORCID:0000-0001-6967-1345</sup> <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faipari és Műszaki Intézet, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Soproni Egyetem, 9400 Sopron, Bajcsy-Zs.  
u. 4, Magyarország

<https://doi.org/10.47833/2023.1.ENG.001>

### **Kulcsszavak:**

Nemes tölgy  
Fríz  
Sűrűség  
Hajlítoszilárdság  
Rugalmassági modulusz  
Osztályozás

### **Keywords:**

Noble oak  
Lamella  
Density  
Bending strength  
Modulus of elasticity  
Grading

### **Cikktörténet:**

Beérkezett 2022. október 10.  
Átdolgozva 2022. október 31.  
Elfogadva 2022. november 5.

### **Összefoglalás**

Tölgy fűrészáruból keletkező darabos hulladékot vizsgáltunk, érdemes lehet-e a további feldolgozásba bevonni. A tanulmány 50 db lamella (termelési maradék) sűrűségét, hajlítoszilárdságát és rugalmassági moduluszát mutatja be. A vizsgált mintacsoportot tartószerkezeti szabvány szerint minősítettük és az eredményeket összevetettük irodalmi értékekkel. Megállapítható, hogy a jelenleg alkalmazott tölgy lamella alapanyagbázis bővíthető a durva fahibáktól mentes, de eddig termelésből kivont lamellákkal.

### **Abstract**

Some of the waste of oak timber processing was examined to see if it could be used for further processing. The study investigates the density, bending strength and modulus of elasticity of 50 lamellae (production residues). The tested sample set was graded according to a structural standard and the results were compared with values of literature. It can be concluded that the amount of currently used oak lamellae can be extended with lamellae free of coarse wood faults, but so far out of production.

## 1. Bevezetés

A faipari termékek végfelhasználóinak a mennyiségi és minőségi igényei folyamatosan növekednek. Jó példa a csaphornyos parketta gyártása, ahol a magas esztétikai igények miatt nagyon sok faanyag kiesik a gyártásból. Már nem megfelelőek azok a lamellák, amelyek kissé elszíneződtek, nem épelűek, tűgöcsöt tartalmaznak, vagy nem megengedhető, ill. magas a szíjácsarányuk. Pedig ezeknek a szilárdsága lényegében a hibátlan faanyagéval azonos [11]. A vásárlói igények kielégítésére célszerű nagyobb arányban lombos fafajokat alkalmazni, melyek jellemzően jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a tűlevelű fafajok, és általában jobb az időjárás-állóságuk, tűzállóságuk és esztétikájuk [5]. Napjainkban a fűrészipari alapanyagok

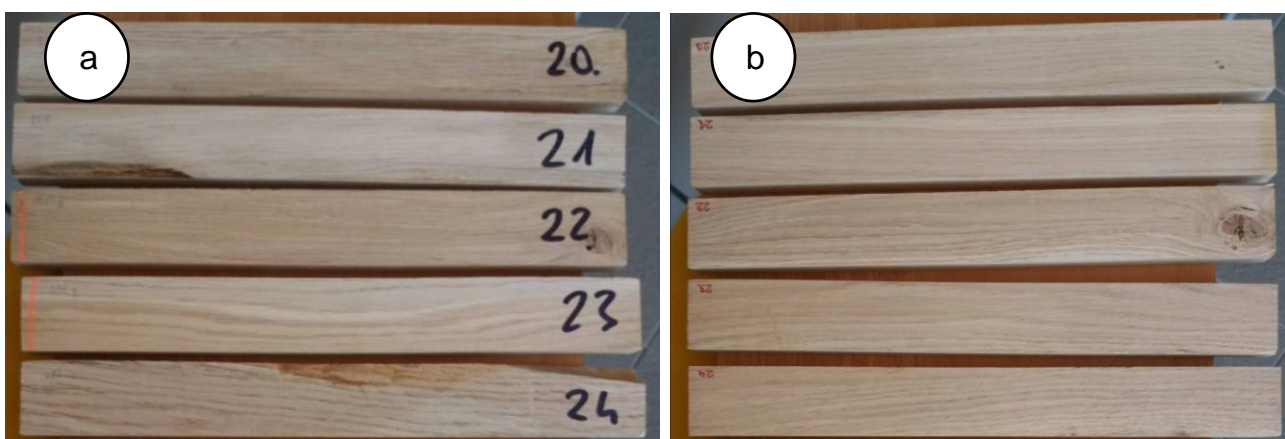
\* Kapcsolattartó szerző.  
E-mail cím: hdenes682@gmail.com

folyamatosan emelkedő ára és az időnként jelentkező alapanyag-hiány a másodlagos faipar résztvevőit a kihatál javítására ösztönzi. Ennek megfelelően új felhasználási területeket kell találni az apró- és gyenge minőségű választéknak, erre egy lehetőség a ragasztás [13]. A famaradékok feldolgozásnak azonban van két figyelmen kívül nem hagyható tényezője, a jelentős élőmunka- és gyakorlottabb munkaerő igény, valamint a nagyobb ragasztómennyiség szükségessége. A válogatás, további hibakijtés, osztályozás, stb. sok időbe telik, amely a jelenlegi bérköltségek mellett jelentősen rontják a jövedelmezőséget. A fűrészáru mennyiség legnagyobb arányú felhasználója az építőipar. Linsenmann [5] szerint a jövőben a lombos faanyagból túlnyomórészt építőipari termékek készülnek. Nagy valószínűséggel a kisebb lamellák legnagyobb mennyiségben hibrid ragasztott faanyag (GLT), vagy hibrid keresztretegelt faanyag (CLT) termékekbe kerülhetnek [4]. Meg kell találni a fahibák tekintetében azokat a határokat, melyekkel együtt az aktuális szabványoknak, felhasználási igényeknek megfelelő tartószerkezeti terméket lehet gyártani és azt a technológiát, amellyel a gyengébb minőségű anyagok felhasználása mellett is profitképes marad a termelés.

A hajlítószilárdságnak kiemelkedő a szerepe a teherviselő faszerkezetek méretezése szempontjából. A hajlítófeszültség húzó- és nyomófeszültségekből tevődik össze, a hajlítószilárdságot ezek mértéke és egymáshoz való viszonya határozza meg. Nagyon fontos a megfelelő hajlítószilárdsági vizsgálati módszer megválasztása, ezért kell a szabványosított eljárásokat követni. A fűrészáru-osztályozási előírások (például [8]) azonban a magasabb sűrűségű lombos fafajok esetében több független kutatás alapján jelentős finomításokra szorulnak [1]. Ráadásul üzemi aprólamella maradékok, vagy hasonló méretű és tulajdonságú, negatívan előminősített minták vizsgálatával foglalkozó tanulmányt, mint Frühwald és Schickhofer [3] munkája, alig lehet találni. Nagy mennyiségben keletkezik maradék faanyag, aminek egy részét felhasználva jelentős kihatáljavítást lehetne elérni. Ezen cikk célja, hogy faipari üzemekben keletkező, „faipari hulladék” kategóriába sorolt tölgy lamellák tulajdonságait vizsgálja, alkalmasak lehetnek-e további felhasználásra.

## 2. Anyagok és módszerek

50 db  $22 \times 50 \times 425$  mm méretű, gyalult felületű nemes tölgy (*Quercus* spp.) próbatestet vizsgáltunk, melyek a Zalaerdő Zrt, fűrészüzeméből származnak (Lenti, Magyarország), ahol a környékről származó tölgy fűrészrönköket dolgoznak fel (*Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*). A valódi ipari termelésből megmaradt minták számos hibát tartalmaztak. Valamennyi mintáról fényképfelvétel (1. ábra) és alapos szemrevételezés során részletes minőségi leírás készült.



1. ábra. Egy példa a mintákról készült felvételekre. Megfigyelhető a hajlítóvizsgálat előtt a minták felső lapja (a) és ugyanazon minták hátoldala (b)

A vizsgálandó próbatestek normál körülmények között kondicionáltuk (20 °C és 65% relatív páratartalom). Az egyensúlyi nedvességtartalom beállta után kapacitív nedvességmérővel ellenőrizve a hosszas kondicionálás hatására 12% lett a nedvességtartalma a mintáknak nagyon kis szórással. A [9] szabvány megengedi a sűrűség számítást a teljes méretű minták tömege és méretei hányadosaként, ami számunkra előnyösebb volt a fahibákkal terhelt minták miatt. Módosító tényezőt nem kellett alkalmazni az osztályba sorolás kritériumaként szükséges karakterisztikus érték meghatározásához, amelyet így a teljes mintamennyiség 5. percentilise adott meg.

A 4 pontos statikus hajlítóvizsgálatoknál a szerkezeti faanyagokkal foglalkozó [10] szabvány előírásait követtük, mert a lamelláink célja a ragasztott tartószerkezetbe való beépítés. A hajlítóvizsgálatokat egy Instron 4208 (Instron Corporation, USA) anyagvizsgáló berendezéssel végeztük. Az alátámasztások távolsága a mintavastagság 18-szorosa, míg a nyomófej görgőinek távolsága 132 mm volt, ezen a hosszon történt meg valójában a minősítés. Mivel a vizsgált szakasz kevesebb, mint harmada a teljes darabnak és egy szerkezetben a teljes hossz dolgozhat, ez az eljárás hibákkal rendelkező tartószerkezeti anyagok esetében nem szerencsés. Azonban a témában régóta használatban lévő MSZ EN 384 szabvány [9] ezt írja elő, így alkalmazása esetünkben is célszerű és logikus. A terhelési sebesség 4,0 mm/min volt, ami a szabvány előírásainak megfelel. Minden egyes mérés előtt a minta közepéhez extenzométert illesztettünk, mely megadta a pontos lehajlási értéket, amely az aktuális nyomófej elmozduláshoz és hajlítóerőhöz tartozik a hajlítóvizsgálat elasztikus szakaszában 1000 N és 1800 N között. A hajlítórugalmassági modulusz ( $MoE$ ) kiszámításához alacsony erőnél történő mintavételezés oka, hogy a rossz minőségű minták könnyen eltörhetnek, ami tönkretelheti az extenzométert (2. ábra).



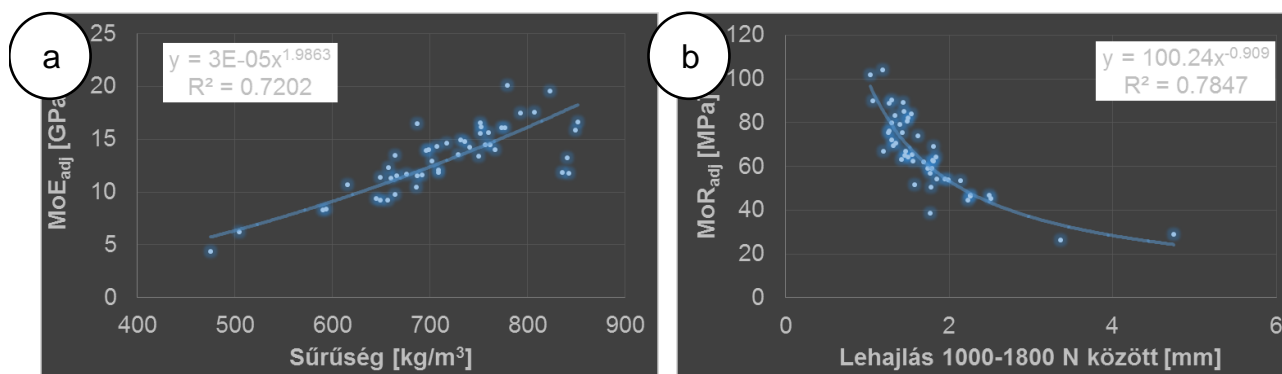
2. ábra. Statikus hajlítóvizsgálat az MSZ EN 408:2010 + A1 [10] szabvány szerint

A lokális  $MoE$  a tiszta hajlításból adódik, és ezt az értéket használják a tartószerkezet-tervezés során. Mi azonban globális  $MoE$  számítást végeztünk a [10] szabvány alapján az egyszerűbb kivitelezhetőség miatt, ami mindig alacsonyabb eredményt ad, mint a lokális  $MoE$  [12]. A lokális  $MoE$  és a globális  $MoE$  értékei közel állnak egymáshoz. Sajnálatos módon a [9] szabvány csak tűlevelűekre ír elő átszámító képletet, lombosok esetében egyéni képlet meghatározását teszi szükségessé, amihez nem volt megfelelő mennyiségű mintánk. Nem találtunk a szakirodalomban kimondottan a tölgyekre vonatkozó átszámítási módszert, ezért a biztonság kedvéért a mindig alacsonyabb globális  $MoE$  eredményekkel számolunk a továbbiakban. A [9] szabvány alapján kiszámítottuk a minták  $MoE$  minősítési értékét ( $MoE_{adj}$ ). Ebből számítható az osztályozáshoz szükséges karakterisztikus érték, ami a minták  $MoE_{adj}$  értékeinek átlaga. A [9] előírásai alapján a  $MoR$  eredményeket átszámítottuk a mérethatás figyelembevételére, így minden minta hajlítószilárdságának megkaptuk a minősítési értékét ( $MoR_{adj}$ ). A 49 db kiértékelt minta  $MoR_{adj}$  értékeit emelkedő sorrendbe állítva a harmadik leggyengébb adja a további számítás alapjául szolgáló értéket, a hajlítószilárdság 5. percentiliséét. Ez megegyezik a karakterisztikus hajlítószilárdsági értékkel.

### 3. Eredmények és következtetések

A fizikai-mechanikai jellemzők és a sűrűség szoros összefüggésben vannak, bár a magasabb sűrűségű lombos fajokra ez csak korlátozottan érvényes [3]. Kutatásaink során  $714,4 \pm 80,1 \text{ kg/m}^3$  átlagos sűrűséget határoztunk meg, ami kicsivel magasabb az irodalmi értékeknél (Molnár [6]:  $690 \text{ kg/m}^3$ ), a gyengébb anyagminőséget figyelembe véve pedig magasnak mondható. Ebben szerepe lehet a magasabb sűrűséggel rendelkező göcsöknek és az esetlegesen megjelenő húzottfának is. A jelentős, de elfogadható mértékű szórás elsősorban a szijács és kéreg jelenléte, repedések és egyéb anyaghiányosságok okozzák. A teljes mintamennyiség sűrűség értékeiből közel ideális haranggörbét kapunk, ami a megfelelő minőségű vizsgálatokat igazolja. Az vizsgált tulajdonságok relatív szórásai a gyengébb faanyagminőség mellett is elfogadhatók, tehát az eredményeink helytállóak.

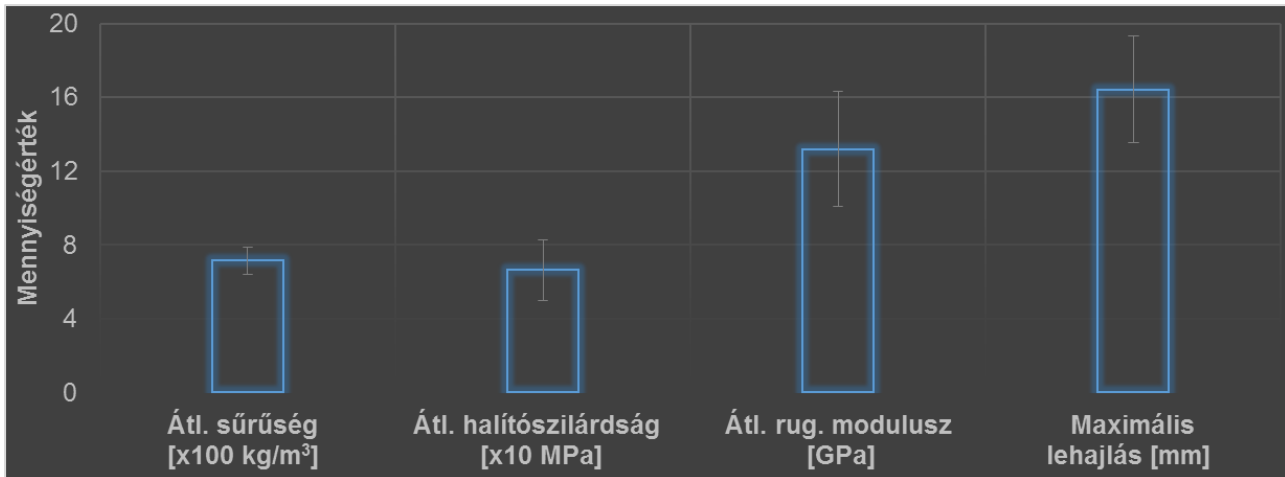
4 pontos statikus hajlítóvizsgálatot végeztünk; egy mintánál mérési hiba történt, az adatok nem kerültek rögzítésre, ezért a 3. ábra 49 db minta vizsgálati eredményeit mutatja be. A 3.b ábra eredményei például alkalmasak lehetnek későbbi roncsolásmentes vizsgálatokhoz is, a szilárdsági értékek előrejelzésére.



3. ábra. A vizsgált tölgy minták minősítési hajlítórugalmassági modulusza ( $MoE_{adj}$ ) a sűrűség függvényében (a) és a minták minősítési hajlítószilárdsága ( $MoR_{adj}$ ) a rugalmassági tartományban mért lehajlás függvényében (b)

A 3. ábra trendvonalainak megrajzolásánál az összes (49 db) minta eredményét figyelembe vettük. A sűrűség és a rugalmassági modulusz kapcsolata hatványos közelítéssel jónak mondható (3.a ábra), a determinációs együttható 72%. Ez azt jelenti, hogy a gyengébb minőségű tölgy minták esetén következtetni lehet a sűrűség értékéből a mechanikai tulajdonságokra. A sűrűség relatív szórása 11,2% lett, míg minden vizsgált tulajdonságnak sokkal magasabb (23,9%-25,7%) (4. ábra). Kiugróan alacsony sűrűség nagy szijácsarány, kieső göcsök, repedések és egyéb anyaghiányosságok miatt fordulnak elő, ami összhangban van az anyagszerkezet gyengülésével. Így könnyen kiválogathatók a további felhasználásra alkalmatlan minták. A sűrűség növekedésével magasabb  $MoR$  és  $MoE$  várható, valamint csökkenő lehajlási képesség a rugalmassági tartományban. Továbbá néhány mintánál normál sűrűség melletti gyenge szilárdsági eredmény figyelhető meg. Ezeknél a göcsök, és/vagy a ferderostúság gyengítették az anyagszerkezetet, miközben a sűrűség nem romlott. Következésképpen a sűrűségvizsgálat segít, de önmagában nem elegendő a mintamennyiség minősítéséhez. Hatványos közelítéssel lehet a legjobb kapcsolatot megteremteni a rugalmassági tartományban mérhető lehajlás és a  $MoR_{adj}$  között (3.b ábra). Itt is magas a determinációs együttható értéke (78%). Nem csak hibátlan faanyagok esetében állnak egymással közeli kapcsolatban a lehajlás és a  $MoR$ , hanem alacsonyabb minőségű lombosfa lamelláknál is. Ez jó alapot ad a roncsolásmentes minősítéshez.

Egy másik megfigyelésünk, hogy a magas  $MoR_{adj}$  átlagon felüli  $MoE_{adj}$  értéket jelent. Azonban rendkívül alacsony  $MoR_{adj}$  is előfordult átlag közeli  $MoE_{adj}$  esetén. Ezen problémák kiküszöbölhetőek több módszer együttes alkalmazásával [3]. Ezért további kapcsolatok feltárása volna célszerű, például dinamikus rugalmassági moduluszra vonatkozóan.



4. ábra. A vizsgálatok legfontosabb eredményeinek átlaga

Az [8] szabványnak megfelelően elvégeztük a mintacsoport osztályba sorolását a korábban leírtak szerint: a sűrűséget és a hajlítózsilárdságot a karakterisztikus 5. percentilis, míg a rugalmassági moduluszt a karakterisztikus átlag alapján. A karakterisztikus sűrűség így D45, a karakterisztikus  $MoR_{D35}$  és a karakterisztikus  $MoE_{D45}$  besorolási értéket adott a 49 db mintánkra, összesítésben tehát D35 lett a teljes mintamennyiség minősítése. Továbbá az [8] szabványt mintánként alkalmazva a minták jelentős része a D30-D50 csoportba sorolható, ami kimondottan jó eredmény a tartószerkezeti célokra jelenleg használt faanyagokat figyelembe véve. Az általunk minősített maradékanyagból származó mintákat is felhasználva szerkezeti fatermékek gyártásához a jövedelmezőség egyértelműen kedvezően változna.

A minták vizuális minősítése nem került kidolgozásra, de egyértelműen látható volt, hogy például az 1. ábrán bemutatott minták közül durva fahibával terhelt (azaz selejtes) a 21. sorszámú, melynek helyességét a mechanikai eredmények igazolják ( $MoR_{adj}$ : 45,2 MPa,  $MoE_{adj}$ : 8,34 GPa). Megállapítható, hogy a durva fahibákkal terhelt lamellák (nagy méretű göcs, jelentős anyagihiányosság, erős ferderostúság) nem alkalmasak további feldolgozásra. Természetesen a vizuális osztályozás nem adhat mindig pontos előrejelzést, hiszen a ferderostúság nehezen megállapítható (2. ábra). Az eddig bemutatott eredményeinket alapul véve a vizsgálati mintáink nagyobb részének faipari alkalmazása helytálló. A sűrűség alapvetően meghatározó, ugyanakkor a göcsösség erősen befolyásolja az eredményeket.

Az eredményeinket abszolút kifogástalan faanyagok vizsgálati eredményeivel is összehasonlítottuk. Taschner [14] a kocsánytalan tölgyeket vizsgálta; kizárólag hibátlan, göcsmentes, egyenes rostú, sűrű évgűrűszerkezetű válogatott faanyagot használt. Az alapanyag szintén Magyarországról származott. További irodalmi értékek is rendelkezésre állnak, például Molnár [6] munkájában. Az összehasonlíthatóság érdekében az 1. táblázatban a [9] szabvány által előírt módosító tényezők alkalmazása nélküli eredményeinket mutatjuk be.

1. táblázat Mintáink mechanikai tulajdonságainak összehasonlítása irodalmi értékekkel.  
Rövidítések:  $MoR_{mean}$  – hajlítóvizsgálat során nyert átlagos hajlítózsilárdság;  $MoE_{mean}$  – hajlítóvizsgálat során nyert átlagos hajlítórugalmassági modulusz; n.a. – nincs adat

	Összes minta (49 db)		Taschner [14]		Molnár [6]	
	$MoR_{mean}$ [MPa]	$MoE_{mean}$ [GPa]	$MoR$ [MPa]	$MoE$ [GPa]	$MoR$ [MPa]	$MoE$ [GPa]
Átlag	97,3	12,5	112,7	12,5	110,0	13,0
Szórás	25,0	3,0	15,9	1,9	n.a.	n.a.
Rel. szórás	25,7%	23,9%	14,1%	14,9%	n.a.	n.a.

A mintáink átlagos sűrűsége ( $714,4 \pm 80,1 \text{ kg/m}^3$ ) a korábban bemutatottak szerint megegyezik az irodalmi átlaggal éppúgy, mint Taschner [14] értékei ( $692 \pm 44 \text{ kg/m}^3$ ). Az 1. táblázatból látható, hogy az általunk vizsgált tölgyek átlagos hajlítási modulusa valamelyest alacsonyabb a hibátlan faanyagok átlagértékeihez képest. Az átlagos hajlítási modulusa a szórás is figyelembe véve megegyezőnek tekinthető Taschner [14] és Molnár [6] adataival. Ezekből következően ismét kijelenthető, hogy nagy mennyiségben található további ipari felhasználásra alkalmas faanyagot a mintáink között, vagyis az ipari termelésből jelenleg kieső maradék anyagban.

#### 4. Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

#### Irodalomjegyzék

- [1] Espinoza, O., Buehlmann, U.: Cross-laminated timber in the USA: opportunity for hardwoods? *Curr Forestry Rep*, 2018, Vol. 4, pp. 1-12, DOI: 10.1007/s40725-018-0071-x
- [2] Frihart, C.R.: Introduction to Special Issue: Wood adhesives: past, present, and future. *Forest Products Journal*, 2015, Vol. 65, No. 1-2, pp. 4-8, DOI: 10.13073/65.1-2.4
- [3] Fröhwald, K., Schickhofer, G.: Strength grading of hardwoods. In: *Proceedings of the 8th World Conference on Timber Engineering. WCTE 2004 Secretariat, Helsinki*, Vol. 3, pp. 675-679
- [4] Glavinić, I.U., Boko, I., Torić, N., Vranković, J.L.: Application of hardwood for glued laminated timber in Europe. *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers* 2020, Vol. 72, No. 7, pp. 607-616, DOI: 10.14256/JCE.2741.2019
- [5] Linsenmann, P.: *European hardwoods for the building sector (EU Hardwoods)*. 2016, *Holzforchung Austria*, Wien, 57 p.
- [6] Molnár, S.: *Faanyagismeret*. 2004, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- [7] MSZ EN 14081-1:2016 + A1: *Faszerkezetek. Szilárdság szerint osztályozott, téglalap keresztmetszetű szerkezeti fa. 1. rész: Általános követelmények*. 2019, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, Hungary
- [8] MSZ EN 338: *Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok*. 2016, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, Hungary
- [9] MSZ EN 384:2016 + A1: *Szerkezeti fa. A mechanikai tulajdonságok és a sűrűség karakterisztikus értékeinek meghatározása*. 2019, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, Hungary
- [10] MSZ EN 408:2010 + A1: *Faszerkezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása*. 2012, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, Hungary
- [11] Németh, R., Molnárné Posch, P., Molnár, S., Bak, M.: Performance evaluation of strip parquet flooring panels after long-term, in-service exposure. *Drewno*, 2014, Vol. 57, No. 193, pp. 119-134, DOI: 10.12841/wood.1644-3985.091.08
- [12] Ravenshorst, G., van der Linden, M., Vrouwenvelder, T., van de Kuilen, J.W.: An economic method to determine the strength class of wood species. *HERON*, 2004, Vol. 49, No. 4, pp. 297-326. <http://heronjournal.nl/49-4/1.pdf>
- [13] Romagnoli, M., Fragiaco, M., Brunori, A., Follesa, M., Scarascia Mugnozza, G.: Solid wood and wood based composites: the challenge of sustainability looking for a short and smart supply chain. In: Bianconi, F., Filippucci, M. (eds) *Digital Wood Design. Lecture Notes in Civil Engineering*, Vol. 24. 2019, Springer, Cham, Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-030-03676-8\_31
- [14] Taschner, R.: *A tölgyek nagy értékű hasznosítását befolyásoló tényezők vizsgálata és összehasonlító elemzése*. 2013, Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 124 p.