

WOOD

4

sustainability

*p*_{rocessing}

*c*_{onstruction}

*p*_{roduct}

*d*_{esign}

2024

Wood 4 Sustainability

Processing, Construction, Products and Design

2024

Főszerkesztő: Dr. Csiha Csilla

Wood 4 Sustainability

Processing, Construction, Products and Design

2024



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2024

Közreadó a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara

Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábián Attila

a Soproni Egyetem rektora

Főszerkesztő

Dr. Csiha Csilla Mária

Szerkesztők

Prof. Dr. Kósa Balázs, Prof. Dr. Magoss Endre, Dr. habil. Németh László

Lektorok

Gerencsér Kinga Címzetes Egyetemi Tanár, Szabadhegyi Viktor Címzetes Egyetemi Docens,
Prof. Dr. Alpár Tibor, Prof. Emeritus Tolvaj László, Prof. Dr. Markó Balázs

Technikai szerkesztő

Mucsi Zsuzsanna

ISBN 978-963-334-541-2 (pdf)

DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-541-2>

Creative Commons license: BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! Ne add el! Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution – Non commercial – Share Alike 4.0 International

Tartalom

A klímaváltozás hatása a faipari kutatásokra	11
<i>Magoss Endre, Csiha Csilla</i>	
Faanyagok dinamikus szilárdságvizsgálata	19
<i>Orbán Gábor, Kánnár Antal</i>	
A vastagság figyelembe vétele a mikrohullámú radarral történő sűrűség és nedvességtartalom becslés során	29
<i>Jakócs Mihály, Bejő László</i>	
Szürke nyár (<i>Populus × canescens</i>) fűrészáru szilárdság-becslésének lehetőségei	39
<i>Ács Ruben, Vécs Martin László, Hantos Zoltán</i>	
A klímaváltozás hatása a faanyag mennyiségére és minőségére	51
<i>Sütő Anett Ibolya, Báder Mátyás, Németh Róbert</i>	
Natúr és hőkezelt platán fatestének faanyagvédelmi, tartóssági vizsgálatai I. rész: Egyes fafizikai tulajdonságok és változásaik.....	60
<i>Buga-Kovács Luca, Horváth Norbert</i>	
Színreprodukció a csomagolóanyag-nyomtatásban – A flexográfiai és a digitális nyomtatás komparatív vizsgálata	67
<i>Maňúrová Klaudia, Horváth Csaba, Preklet Edina</i>	
2-5 rétegből álló kisméretű rétegelt-ragasztott tölgy fűrészáru hajlítóvizsgálata	79
<i>Báder Mátyás, Fehér Sándor, Horváth Dénes Ákos</i>	
Termo-hidromechanikusan módosított tölgy érettfá nyomóvizsgálatai tulajdonságai különböző nedvességtartalmakon	88
<i>Báder Mátyás, Németh Róbert, Gecseg Péter Pál</i>	
Finite element analysis of furniture structures made from underutilized wood species.....	95
<i>Zsófia Benedek-Csányi, József Garab</i>	

Relationships of Fibers length and Ring Width with Precipitation and Temperature on Wood of <i>Robinia pseudoacacia</i>	104
<i>Fath Alrhman Awad Ahmed Younis, Mátyás Báder, Miklós Bak, Róbert Németh</i>	
Comparison of barks of deciduous and coniferous trees	113
<i>Hiba Khalifa, Róbert Németh</i>	
Ecological and Health Implications of Microplastics in Water: A Short Review	121
<i>Omar Saber Zinad, Csilla Csiha, Dhafer Saber Zinad, Ali Fahem Al-Mamoori</i>	
Cultural Preservation Meets Modern Design: Investigating the Impact of Traditional Woodcarvings on Natural Ventilation in Johor, Malaysia	131
<i>Noor Roziana Binti Abdul Rahim, Kovács Zsolt</i>	
Smart Network: The Role of Meta-Organizational Networks in the Sustainability-Digital Transition	150
<i>Andrea Reményi</i>	
Investigating the stability of wooden lake piles: the influence of dynamic MOE and pile length on buckling behavior	161
<i>Brougui Marwa, Krisztián Andor</i>	
Wood-based composites for 3D printing filaments to use in technical applications....	175
<i>Mihályi Domonkos, Garab József, Alpár Tibor</i>	
Clustering analysis of the nineteen most populous Hungarian cities using Urban Atlas Building Height Data from Copernicus Land Monitoring Service's 10m raster maps	191
<i>Zsolt Tóth</i>	
Az európai LVL gyártás helyzetének áttekintése	200
<i>Horváth Kund</i>	

Hazai faipari kisvállalkozások gyártási és szervezettségi szintjét felmérő hatékonyságnövelő tanácsadó rendszere	206
<i>Suriné Lengyel Veronika, Magoss Endre</i>	
A hajdani MÁV Gyermekotthon (Kőszeg) huszártornyának szerkezeti megerősítése	217
<i>Hantos Zoltán</i>	
Handler Jakab klasszicista lakóépülete a soproni Várkerületen.....	229
<i>Tárkányi Sándor</i>	
Faszerkezetek Egyiptom korai piramisaiban	235
<i>Szabó Péter</i>	
Szemelvények a Sopron, Várkerület 34. számú üzletház építés- és tulajdonlástörténetéből	244
<i>Tárkányi Sándor</i>	
A Roth Gyula Erdészeti Szakközépiskola utcai homlokzatának 2019-2020 közötti helyreállítása	249
<i>Tárkányi Sándor</i>	
A Voronoi-szerkezetek bútorigipari felhasználása	254
<i>Boros Eszter</i>	
A tömördi Chernel-kúria bejárati kapujának restaurálása	259
<i>Tárkányi Sándor</i>	
Modularitás és érték	265
<i>Bodorkós Dániel, Zalavári József, Horváth Péter György</i>	
A Zichy-Meskó palota porcelánkabinetjének kétszárnyú ajtói	275
<i>Tárkányi Sándor</i>	

Horváth Kund^a

^a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4. Email: kund.horvath@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-541-2-19>

ABSZTRAKT

A tanulmány röviden áttekinti a rétegelt ragasztott fatermékek (LVL) történeti, előállítási, alkalmazási és gazdasági paramétereit. Összefoglalja a gyártás folyamatát és az európai gyártók jelenleg piacon kapható termékeinek szilárdsági tulajdonságait. A 2015-ben tervezett gyártás kapacitás még kihasználatlan, bár az LVL termékek Európai Unió felhasználása 2010-től 2017-ig igen jelentős növekedést mutat. A világpiaci megoszlás várhatóan egyharmadával fog bővülni, de a jelenlegi rendszer még lefedi a várható igényeket. A felhasználás további növekedésének a fenntartható erdőgazdálkodással összhangban kell történnie.

Kulcsszavak: LVL, fagazdálkodás, fenntarthatóság, fafeldolgozás, faépítészet, Ipar, innováció és infrastruktúra

1. Bevezetés

A laminált furnér fűrészáru (Laminated Veneer Lumber, LVL) egy rétegelt ragasztott fatermék. Az LVL gyártása 1941-ben kezdődött. Első alkalmazásai a repülőgép ipar számára készültek. Az első felhasznált fafaj szitka luc (*Picea sitchensis*) volt. A szerkezet 3,6 mm furnérvastagsággal készült (Hiziroglu, 2016). Az azóta eltelt időben az alkalmazása széles körűvé vált, a kedvező műszaki paramétereinek miatt. Sokoldalúan használható mind tartószerkezeti, mind teherviselő funkcióval nem rendelkező elemek kialakításához. A felhasznált fa alapanyag és a gyártási technológia meghatározza az elemek mechanikai tulajdonságait. Előre gyárthatósága és minőségromlás nélküli tárolásának lehetősége a gyártói kapacitás tervezhetőségét segíti elő. A méretrugalmassága a felhasználási

igények szerinti egyedi alkalmazás lehetőségét biztosítja (HFA, PLB, 2018).

2. LVL ismertetése

Jelen tanulmány a teherviselésre alkalmas termékek vizsgálatára szorítkozik. A laminált furnérból készülő teherviselő elemek műszaki tulajdonságai erősen függenek az alkalmazott fa alapanyagtól, a felhasználás ragasztó és ragasztási eljárásától és a furnér anyag szálirányától. A környezeti osztályban való alkalmazás a faanyag impregnálásától, bevonati rendszerétől függ. Mind beltérben (SC1 EN 1995-1-1), nedves környezetben (SC2 EN 1995-1-1), vagy kültéren (SC3 EN 1995-1-1) használható termékek is találhatók a gyártók portfóliójában. A szálirány a termékek meghatározó jellemzője. Alapvetően két féle gyártmány létezik. A párhuzamos szálirányú terméknél az összes szál a hossziránnyal pár-

huzamosan fut. A keresztirányú szálakkal is gyártott termékek jellemzően 25-50% lamellát 90°-kal elforgatva helyezik a terítékbe és így a tartókban keletkező 2. irányú feszültség felvételére is szálirányú (nagyobb ellenállású) lamella található.

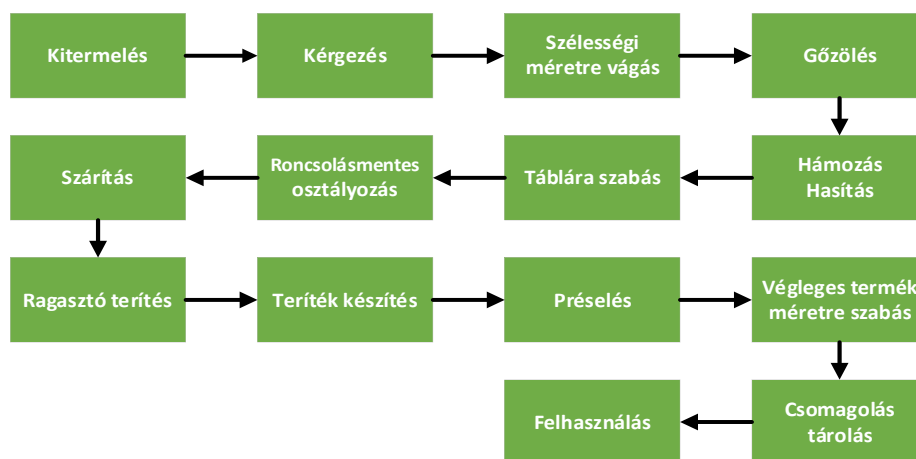
3. LVL gyártási technológiája

A leírt technológia csak általánosan igaz, a gyártók saját technológiai folyamatokat használnak, amelyek alapvetően nem nyilvánosak. Az alkalmazott fafajok igen változatosak. Alkalmazásra kerülnek tülevelű és kemény lombos fafajok is. A laminált furnérból készített termékek gyártása a megfelelő fafaj kiválasztásával és kitermelésével kezdődik. A kitermelés után a fa kérgezése és a száliránnyal párhuzamos méretre szabása következik. A hámozást megelőzően a fa nedvességtartamát gőzöléssel optimalizálják. A hasítás után az anyagot táblákra szabják és roncsolásmentes vizsgálattal osztályozzák. Az osztályozás a rugalmassági modulus alapján történik. A fenol-formaldehid ragasztóanyag felhordása után elkészítik a terítéket és hőpréssel a táblásított terméket. A tábla lehűlése után az

anyag a végleges méreteire lesz szabva. A gyártók különféle variánsokat, lamella kiosztást, záró lamellát, bütü zárást, felületkezelést fejlesztettek ki. Ezek a speciális kialakítások nem tartoznak a vizsgálatunk körébe (1. ábra).

4. Termék alkalmasság jogszabályi háttere

Magyarországon az építésügy fő jogszabályi keretét a magyar építészetről szóló 2023 évi C. törvény adja. A törvény előírja, hogy építménybe építési terméket csak az építményekre vonatkozó alapvető követelmények teljesülése mellett szabad betervezni, illetve beépíteni. A termék akkor tekinthető alkalmasnak, ha az építményekre vonatkozó alapvető követelmények (állékonyság és mechanikai szilárdság, tűzbiztonság, higiénia, egészség és környezetvédelem, biztonságos használat és akadálymentesség, zaj és rezgés elleni védelem, energiatakarékosság és hővédelem, természeti erőforrások fenntartható használata) teljesülnek. Az építési termékek alapvető jellemzőit a harmonizált műszaki előírások határozzák meg az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel összefüggésben.



1. ábra. Gyártási folyamat (forrás: szerző)

Amennyiben ilyen műszaki előírás nincs, akkor a gyártó teljesítménynyilatkozata a mértékadó. Az LVL termékek teljesítményének (ellenállásának) meghatározása nem a műszaki előírásokon (szabványokon) keresztül történik, hanem a gyártói dokumentumok írják le az általuk gyártott termékek pontos műszaki tulajdonságait. Ezzel együtt a gyártó alkalmazástechnikai utasításait teljes körűen figyelembe kell venni, mert ez tartalmazza azon peremfeltételeket, amelyeket a kísérletek, számítások során figyelembe vettek.

5. LVL gyártók Európában

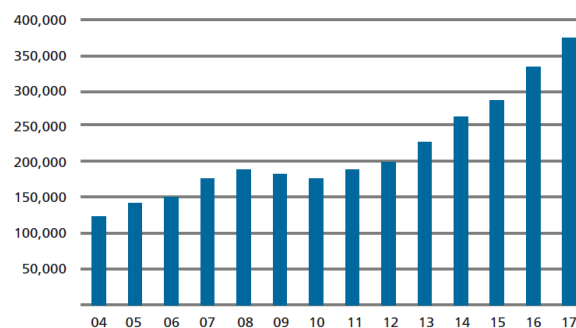
Az 1. Táblázat az európai LVL gyártók adatait tartalmazza és a feldolgozott fafajokat. Az alábbi műszaki paramétereket a gyártók teljesítménynyilatkozatból kivonatoltam (2. Táblázat). Az összehasonlíthatóság kedvéért a tartókat állított lamellákkal és 30/50 cm keresztmetszettel, 7,00 m hosszal számoltam, ott, ahol képletszerűen kerültek megadásra az adatok valamely fenti paraméter függvényében.

2. Táblázat. A legfontosabb gyártók Európában és termékeik

Gyártó	Ország	Termék
Stora Enso	Finn	Sylva LVL, LVL G (Lucfenyő)
Pollmeier Massivholz	Német	BauBuche (Bükk)
		Fichte LVL (Lucfenyő)
Metsä Wood	Finn	Kerto LVL S
		Kerto LVL T
MLT	Orosz	LVL Ultralam™ (Fenyő)
		Ultralam™ RBirch (Nyír)
Steico	Német	LVL R, LVL X
		GLVL R

6. LVL gyártási kapacitások

A gyártók az éves gyártmány mennyiségeiket nem adták meg publikus, kereshető formában (3. táblázat). Ugyanakkor a gyártók 2015-ös tervei igen nagyra törőek voltak Európában. 2013-tól 2021-ig a meglévő kapacitásokat több mint kétszeresre kívánták bővíteni. A LVL termékek szilárdság / tömeg aránya nagyon kedvező, így felhasználásuk nagy fesztávolságú szerkezeteknél kifejezetten gazdaságos. A fenti gyártási kapacitás növekedés gyakorlati megvalósulására a világban zajló események erősen hatással voltak. Véleményem szerint a teljes kapacitás kiépítés vagy a tényleges gyártási kapacitás felfuttatása nem történt meg. 2017-re a felhasznált LVL szerkezeti elemek mennyisége elérte a 370.000 m³-t, de az arra az évre tervezett 620.000 m³-t nem. Ezzel együtt az LVL termékek Európai Uniói felhasználása 2010-től 2017-ig igen jelentős növekedést mutat (2. ábra). Ugyanakkor az LVL termékeket nem csak a végfelhasználók alkalmazzák, mint tartót, hanem a gyártók is további gyártmányuk alapanyagaként beépítik. Ezek a mennyiségek a felhasznált mennyiségben nem szerepelnek.



2. ábra. LVL felhasználás Európában. Forrás: (VASSILEVA, 2019)

3. Táblázat. LVL műszaki paraméterei a gyártók szerint

Termék	Hajlítás határfe- szültség	Húzási határfe- szültség szálir. párh.	Húzási határfe- szültség szálir. mer..	Rugalmassági modulus szálir. párh.	Rugalmassági modulus szálir. merőleges
	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t90,k}$ [N/mm ²]	$E_{0,05}$ [N/mm ²]	$E_{90,05}$ [N/mm ²]
Sylvia LVL ¹	40	30	-	9000	-
Sylvia LVL GS ²	44	35	0,8	11600	-
Sylvia LVL GX ³	32	26	6	8800	2000
BauBuche ⁴	75	60	0,6	15300	400
Fichte LVL ⁵	50	31	0,9	12000	-
Kerto LVL S ⁶	44	35	0,8	11600	-
Kerto LVL T ⁷	27	22	-	8000	-
Kerto LVL Q32 ⁸	28	19	9	8300	2000
Kerto LVL Q32 ⁹	32	26	9	8800	2000
Ultralam LVL-R ¹⁰	26,5	22,5	0,7	14000	-
Ultralam LVL-X ¹¹	19,5	17,5	-	11000	-
Ultralam LVL-I ¹²	23,5	16,5	-	12700	-
Steico LVL R ¹³	44	36	0,9	12000	-
Steico LVL X ¹⁴	30	18	7	9000	2300
Steico GLVL R ¹⁵	57,5	33,8	0,9	12000	350
Steico GLVL X ¹⁶	41,9	19,7	5	9000	2300

^{1.} EN14374^{2.} ETA 20/0291^{3.} ETA 20/0291^{4.} PM-019-2022 Leistungserklärung (Pollmeier)^{5.} PM-014-2000 Declaration of Performance (Pollmeier)^{6.} MW/LVL/311-001/CPR/DOP (Metsä Wood)^{7.} MW/LVL/314-011/CPR/DOP (Metsä Wood)^{8.} MW/LVL/312-001/CPR/DOP (Metsä Wood)^{9.} MW/LVL/312-001/CPR/DOP (Metsä Wood)^{10.} <https://ultralam.com/products/laminated-veneer-lumber-lvl/>^{11.} <https://ultralam.com/products/laminated-veneer-lumber-lvl/>^{12.} <https://ultralam.com/products/laminated-veneer-lumber-lvl/>^{13.} Leistungserklärung Nr. 03-0008-01 (Steico)^{14.} Leistungserklärung Nr. 03-0006-01 (Steico)^{15.} Allgemeine Beaufsichtliche Zulassung Nr. Z-9.1-870^{16.} Allgemeine Beaufsichtliche Zulassung Nr. Z-9.1-870**4. Táblázat.** Gyártási kapacitások kiépülése

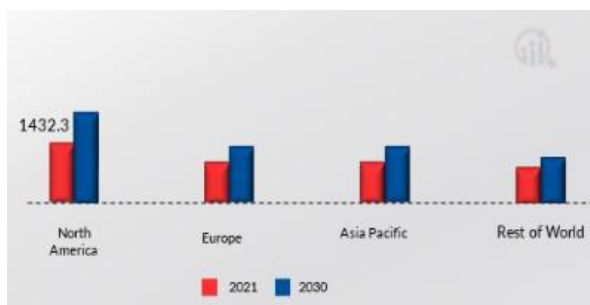
2008	MTL	Torzhok	120 000.00
2013	Pollmeier	Keményfa LVL gyártó üzem, Creuzburg	150 000.00
2015	MTL	Üzembővítés, Torzhok	30 000.00
2016	Steico	LVL gyártoüzemét nyitja, Czarna Woda	90 000.00
2017	Steico	A második LVL gyártoüzemét nyitja, Czarna Woda	80 000.00
2018	Stora Enso	LVL üzem megnyitása, Varkaus	100 000.00
2019	Pollmeier	Fichte LVL gyártó üzemegység, Creuzburg	30 000.00
2021	Pollmeier	Gyártási kapacitás bővítés, Aschaffenburg	
			830 000.00
		Forrás: EUWID Holz und Holzwerkstoffe 07.12.2015 36.-39.	Andreas Ruf, 2015

A LVL termékek világpiaci helyzetére jellemző érdekes ugrásszerű folyamat mutatkozik 2019-2020 között. Az elemzők várakozása alapján úgy néz ki, mintha a piac egy szintet lépne és utána kvázi stagnál. Ez a jelentősen alacsonyabb növekedés arányaiban az amerikai kontinens északi felén jelentkezik (3. ábra).



3. ábra. Világpiaci várakozás 2022-2030 között. Forrás: (Chaudary, 2022)

A világpiaci megoszlás, ha a 2021-es évet vesszük alapul, azt jelzi, hogy Európa kb. 575 millió dolláros piac volt. Ez a piac - ha a diagramok arányát nézzük – várhatóan kb. egyharmadával bővül. Ugyanakkor a már kiépített kapacitások kihasználatlansága miatt egyáltalán nem biztos, hogy érdemes újabb kapacitásokat felépíteni a piac lefedésére (4. ábra).



4. ábra. Világpiac regionális megoszlása. Forrás: (Chaudary, 2022)

7. Összefoglalás

Az építési fa, megfelelően kezelt erdőgazdaságokból fenntartható építőanyag forrás. Ugyanakkor pont a fenntarthatóság kívánja, hogy a felhasználás üteme a visszánövekedéshez igazodjon. Így a hagyományos tömörfa felhasználása nem növekedhet olyan ütemben, mint amit az elemzők prognosztizálnak, mert egyszerűen nincs meg rá a ki-termelhető vágásérett erdő. A fenntartható fejlődéshez szükséges az eddig nem használt faalapanyag bevonása, vagy más módon használt faalapanyag tulajdonságainak optimalizálása. Az optimalizált tulajdonságú faanyag ugyanolyan műszaki tulajdonságok mellett kevesebb alapanyagot igényel. Ami eddig hulladék volt, az is bevonható a termékbe. Ezek alapján az alternatív, faalapú kompozitok használata mutatkozik a kivezető útnak.

Szerzői nyilatkozatok

Horváth Kund – szerző.

Referenciák

- Andreas Ruf, 2015. Steico fährt LVL-Produktion in Czrna Woda schrittweise hoch. EUWIDHolz und Holzwerkstoffe, 36-39.
- Chaudary, T., 2022. LVL Market Research Report - Market Forecast Till 2023. Pune, India: Market Research Future. Forrás: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/laminated-veneer-lumber-market-10360>
- HFA, PLB. (2018.06.01. 06 2018). Dataholz.eu. Von https://www.dataholz.eu/fileadmin/dataholz/media/baustoffe/Datenblaetter_en/lvl_en_01.pdf
- Hiziroglu, S., 2016. *Laminated Veneer Lumber (LVL) as a Construction Material*. Oklahoma, USA: Oklahoma State University.
- VASSILEVA, R., 2019. LVL is unlocking the 'timber age'. Forrás: RAUTE: <https://www.raute.com/blog/industry-insights/lvl-is-unlocking-the-timber-age/>

An overview of European LVL manufacturing

Abstract

The study briefly reviews the historical, production, application and economic parameters of laminated veneer lumber (LVL). It summarizes the production process and the strength properties of the products currently available on the market from European manufacturers. The planned production capacity in 2015 is still unused, although the consumption of LVL products in the European Union shows a very significant increase from 2010 to 2017. The world market share is expected to increase by one third, but the current system still covers the expected needs. Further growth in consumption should be in line with sustainable forest management.

Keywords: LVL, wood management, sustainability, wood processing, wooden architecture, Industry, innovation and infrastructure