

Kovácsvölgyi Gábor

**LVL típusú termékek előállítása nyár klónok
alapanyagbázisán**

**Témavezető:
Dr. Németh József
c. egyetemi tanár**

**Nyugat-Magyarországi Egyetem
Sopron**

2005.

LVL típusú termékek előállítására nyár klónok alapanyagbázisán

Értekezés doktori (Ph.D.) fokozat elnyerése érdekében

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskolája Faanyagtudomány (F1) program keretében

Írta:
Kovácsvölgyi Gábor

Témavezető: Dr. Németh József c. egyetemi tanár

Elfogadásra javaslom igen/nem

_____ alíírás

A jelölt a doktori szigorlaton 89%-ot ért el,

Sopron, 2004. április 27.

_____ Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezés bírálójaként elfogadásra javaslom:

Bíráló: Dr. _____

igen/nem

_____ alíírás

Bíráló: Dr. _____

igen/nem

_____ alíírás

A doktori (Ph.D.) oklevél minősítése _____

_____ az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések.....	6
2.	A rétegelt furnéripari termékek előállításának története	8
3.	Az LVL (Laminated Veneer Lumber) története.....	10
4.	LVL, mint furnéripari termék.....	12
4.1.	Szerkezeti felépítés	12
4.2.	LVL gyártás technológiája	12
5.	Az LVL termékek hasznosításának területei	19
5.1.	Általános felhasználási jellemzők	19
5.2.	Az LVL termékek bútorigari felhasználásának lehetőségei.....	21
6.	A hazai furnéripari termékek gyártásának lehetőségei	24
6.1.	Alapanyaghelyzet	24
6.2.	A furnéripari alapanyag hasznosítása, a hazai gyártó művek bemutatása.....	26
6.3.	A furnér és furnéralapú rétegelt termékeket gyártó ipar jelenlegi helyzete.....	28
7.	Az LVL termékekkel kapcsolatos hazai kutatási tevékenység	30
8.	Kutatómunka célja és módszerei.....	31
9.	Alkalmazott alapanyagok meghatározása és kiválasztása.....	33
9.1.	Alkalmazott alapanyagok meghatározása	33
9.2.	Rönkalapanyag kiválasztása	34
9.3.	Szárított alapanyagok hajlító szilárdsági vizsgálata, mérési eredmények	37
9.3.1.	A vizsgálat elméleti háttere.....	37
9.3.2.	Eredmények	38
9.4.	Hámozott furnéralapanyag vizsgálata	38
9.4.1.	A vizsgálat elméleti háttere, vizsgálatoz szükséges paraméterek meghatározása	38
9.4.2.	A mérési rendszer kivitelezése.....	41
9.4.3.	Mérési végeredmények részletezése	42
9.4.4.	A mérési adatok (eredmények) alapján levonható következtetések	45
10.	Kísérleti LVL lemezek készítése és vizsgálata	46
10.1.	Vizsgálat célja, felhasznált anyagok	46
10.2.	Vizsgálat korlátainak behatárolása	46
10.3.	A présidő meghatározása	47
10.4.	Hajlító vizsgálat.....	49
10.5.	Mérési eredmények:.....	50
11.	Félüzemi kísérletek	51
11.1.	Üzemi kísérletek célja	51
11.2.	Alkalmazott anyagok:.....	51
11.3.	LVL lemeztípusok	51
11.4.	A gyártástechnológiai paraméterek meghatározása:.....	51

11.4.1. Ragasztóanyag mennyisége és a felhordás módja:.....	51
11.4.2. Présparaméterek:	52
11.5. Üzemi kísérletek mérési módszere.....	54
11.6. Mérési eredmények:.....	56
11.7. Levonható következtetések.....	61
12. Javasolt technológia elkészítése	62
12.1. Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai alapjai	62
12.2. Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai (műveleti) helyei	63
12.3. A rendelkezésre álló technikai és technológiai feltételek	63
12.4. Az Újkígyósi Falemezüzem jelenlegi feltételei között gyártható LVL termék jellemző technológiája.....	64
12.4.1. Elvi megfontolások	64
12.4.2. Főbb műveleti helyek	65
12.4.3. Az Újkígyósi Falemezüzem feltételei között megvalósítható LVL típusú lemezek gyártásának technológiai paraméterei.....	65
12.5. Nyárfurnér-alapú LVL lemezek gyártásának technológiája.....	72
13.1. Új mérés technikai eredmények	75
13.2. Tudományos eredmények	75
14. Tézisek	76
15. Tudományos önéletrajz	77
16. Irodalom jegyzék:.....	79
17. Mellékletek.....	84
1/1. melléklet Olasz nyár (I214) tömör faanyag szilárdsági vizsgálata	84
1/2. melléklet Olasz nyár (I214) tömör faanyag szilárdsági vizsgálata	85
2/1. melléklet marilandika tömör faanyag szilárdsági vizsgálata.....	86
2/2. melléklet marilandika tömör faanyag szilárdsági vizsgálata.....	87
3. melléklet Hajlítóvizsgálat eredményeit kiértékelő Excel-macro program	88
4/1. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálata.....	97
4/2. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	98
4/3. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	99
4/4. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	100
4/5. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	101
4/6. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	102
4/7. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	103
4/8. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat.....	104
5/1. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	105
5/2. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	106
5/3. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	107
5/4. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	108
5/5. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	109

5/6. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	110
5/7. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	111
5/8. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat	112
6. melléklet marilandika nyárfurnérból készült LVL próbatestek hajlító vizsgálata	113
7. melléklet olasz (I214) nyárfurnérból készült LVL próbatestek hajlító vizsgálata.....	114
8. melléklet nyár-bükk vegyes felépítésű próbatestek hajlító vizsgálata	115
9. melléklet nyár-csertölgy vegyes felépítésű próbatestek hajlító vizsgálata	116
10. melléklet Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai leírása.....	117

1. Bevezetés és célkitűzések

A fa az egyetlen olyan ipari nyersanyag, amelynek létrehozása nem a fogyást, csökkenést jelenti bányászati tevékenység révén, hanem – az emberi léptékek szerint – a természetben korlátlanul rendelkezésre álló „komponensekből” (víz – széndioxid – napenergia) bővített jelleggel is "előállítható".

A fának, mint ipari nyersanyagnak a létrehozását biztosító erdőgazdálkodási tevékenység azonban költségeket jelent, az erdőgazdálkodást végző szervezetek gazdálkodásának eredménye pozitív egyenleggel kell, hogy járjon.

Az erdőgazdálkodásnak, illetve a fahasználati láncban résztvevőknek (fagazdaság, bútóripar, épületasztalos-ipar, cellulóz és papíripar, fakereskedelem) egyaránt érdekük, hogy a legolcsóbb és legtisztább természeti erőforrásokból létrehozott fanyersanyag – egységre vetítetten – minél nagyobb eredményességgel hasznosuljon.

Amennyiben az erdőgazdálkodásnak és a fahasznosításnak kizárólag az értékbeni hozamát tekintjük minősítő szempontnak, úgy megállapítható, hogy egységnyi faanyag legmagasabb értékkihozatalt jelentő hasznosítási formája a furnérgyártás, illetve a furnéralapú termékek gyártása.

Annak azonban, hogy a furnérok és furnéralapú rétegelt termékek gyártását nagymértékben fokozni tudjuk, gátat szab a szigorú minőségi feltételeket biztosítani tudó fa alapanyag mennyisége.

A magyarországi erdők jelenlegi jellemzői – területarány, fajösszetétel, kor, művelési és kitermelési technológiák – furnér (szín és műszaki furnérok) hasznosítási célra az éves kitermelési mennyiség mintegy 1,5 – 3 % - t tudják csak biztosítani.

A színfurnérgyártás (bútóripari, épületasztalosipari hasznosítás) klasszikus hazai fafajai a tölgy, bükk, gyümölcsök, kőris, juhar, dió stb., a rétegelt termékek alapjait jelentő műszaki furnérgyártást legnagyobb mértékben a bükk, nyarak, éger, hárs stb. biztosítják.

A gyártmányok skálája és a gyártmányok mennyisége a jelenlegi alapanyag helyzet miatt determinált, különösebb bővülés nem prognosztizálható.

A furnérok és a furnéralapú rétegelt lemezeket illetően régen várt kitörési lehetőséget jelent a meghirdetett és megvalósulás kezdeti szakaszába érkező 10 éves, összesen 150 ezer hektár új erdő létrehozását jelentő erdészeti illetve telepítési program. Ilyen nagy horderejű nemzeti program, amely révén az ország 19 %-os erdősültsége 25 – 26 %-ra fog nőni, természetszerűen nem lehet statikus jellegű, a végrehajtás folyamán feltehetően változtatások, korrekciók is lesznek. Konstans tényezőnek lehet azonban tekinteni, hogy a program végrehajtása során meghatározó szerephez jutnak a mezőgazdasági művelés alól kivont földterületek, és tömeg jelleggel megjelennek a nagy fatömeget produkáló – elsősorban nyár és akác – faültvények. Az ültvények másik jellemzője – az egységnyi területen létrehozható nagy fatömeg mellett – hogy rövid vágásfordulójúak. megfelelő művelési technológiával elérhető, hogy pl. a nyár ültvények kitermelésre kerülő faanyagának 40 – 50 % - a furnéripari alapanyagként hasznosuljon.

Az előzőeket összefoglalva 2020-ig létrejön egy olyan – maitól teljesen eltérő – helyzet, amikor a jelenlegi, furnérgyártási alapanyagbázis 3 – 4 szeresére bővül. Ezért kutató

munkám elsődleges célja az volt, hogy ezen bővülő alapanyag bázison meghatározzam a azokat a furnérialapú gyártmányokat és technológiákat, amelyek hazai gyártó művekben gazdaságosan előállítható és potenciálisan tovább fejleszthető.

A kutatás célkitűzései

- I. A hazai ültetvényes erdőkben termesztett nyárfafajtákból hámozható furnérok préselés hatására bekövetkező tömörödési tulajdonságainak, valamint hajlító szilárdság változásának vizsgálata, a változások fajonkénti összevetése.
- II. Laboratóriumi, kísérleti LVL lemezek hajlító szilárdságának vizsgálata a kiválasztott nyárfafajok alkalmazásával.
- III. Vegyes felépítésű (nyár-bükk, nyár-csertölggy) kísérleti LVL lemezek hajlító szilárdsági vizsgálata
- IV. Félüzemi kísérletek során gyártott (homogén és vegyes felépítésű) LVL lemezek hajlító szilárdságának vizsgálata.
- V. Javasolt technológia elkészítése

2. A rétegelt furnéripari termékek előállításának története

A rétegeltlemez készítésének 5-6 ezer éves történelme szinte végigkíséri az emberi civilizáció fejlődését a Nílus menti birodalmak idejétől, az európai ipari forradalmon keresztül egészen napjainkig. Ennek megfelelően a rétegeltlemez-gyártás történelme négy fő részre osztható: ókori, ipari forradalom korszaka, és a XX. századi korszak, számítógépes automatizálás korszaka.

Már az ókori Egyiptom archaikus időszakában (Kr.e.4. évezred vége-Kr.e. 3. évezred első harmada) uralkodó II. dinasztia sírkamrájában találtak olyan szarkofágot, melynek falszerkezete fűrészelt furnérlemezek merőleges szálirányú összeragasztásával készült. Mindez bizonyítja, hogy már az ókorban ismerték és hasznosították a faanyag rétegelt ragasztásával járó előnyöket.

Az egyiptomiak nyomán a furnérgyártás és furnérozás elterjedt Babilóniában, Asszíriában, Görögországban és az ókori görög birodalomban is. A rómaiak korában egyszerű eszközökkel hasítással készített furnérokat már ajtóbetétek díszítésére is használták.

A középkorban rétegeltlemez gyártás területén jelentős előrelépés nem történt, annak ellenére, hogy a furnér, mint faalapú díszítőelem alkalmazása egyre közkedveltebbé válik a barokk, rokokó, és reneszánsz művészeti stílusok idején. (Perry 1955.)

A rétegeltlemez-gyártás előretörését és egyben fejlődésének második szakaszának kezdetét a furnér készítésére alkalmas hasító- illetve hámozógépek megjelenése hozta el.

Az első furnérhasító-gépet Sir Samuel Bentham 1793-ban szabadalmaztatta, mely kézi meghajtással működött, annak ellenére, hogy akkor már Watt tökéletesített gőzgépe rendelkezésre állt.

Nem sokkal később 1823-ban, Franciaországban került szabadalmi oltalom alá Pepe M. furnérhámozó-gépe. Ezután 1830-ban Szentpéterváron, 1840-ben pedig az Amerikai Egyesült Államokban készítettek furnérhámozó-gépet.

Ezt követően Európában, a cári Oroszországban és az Amerikai Egyesült Államokban párhuzamosan fejlesztették a furnérgyártó gépeket, melynek eredményeként a XIX. század közepén létrejöttek az első rétegeltlemez gyártó üzemek mindhárom ipari területen. Az első szabadalmakat Christian Luther, Artur Louré, és Wittkowsky nyerték Európában, John K. Mayo az Amerikai Egyesült Államokban.

Mindezzel megteremtették a viszonylag olcsó nagytömegű rétegeltlemez-gyártás alapjait és a rétegeltlemez széleskörű elterjedésének lehetőségét. A XIX. század végére a fenti három ipari területen már három különbözőfajta ipari technológiát alkalmaztak.

- A „régí amerikai” technológia, melynek során hagyományos asztalosenyv segítségével, szorítóprésben ragasztották össze a nedves hámozott furnérokat, majd présürítés után a ragasztott lemezeket szabadlevegőn szárították. Az így kialakult lemezszerkezet természetesen gyenge minőségű volt. A technológiát főleg Oroszország és az Amerikai Egyesült Államok kis műhelyeiben alkalmazták.
- „Új amerikai” technológia szerint a hámozott furnérokat hideg ragasztása előtt a hámozott furnérokat már előszárították, majd hidraulikus présben történt a teríték ragasztása kazein enyv segítségével. Az elkészült lemezek végső nedvességtartalmát szárítókamrában történő utánszáritással biztosították.
- „Lengyel nedves ragasztású” technológia során már hőprést alkalmaztak, melyben nedves hámozott furnérokat ragasztottak össze, majd az elkészült lemezszerkezetet utánszáritották.

A XIX. század rétegeltlemez-gyártásának technológiáit természetesen kizárólag fenyőfafajokra lehetett alkalmazni, mivel csak e fajok rugalmassági tulajdonságai viselik el repedés nélkül a nedves préselés és utánszáritásból adódó igénybevételt.

A XIX. század végén és a XX. elején főleg Európában egyre nagyobb igény jelentkezett a lombos fajok, elsősorban a bükk, nyír lemezipari hasznosítására, mely fajok furnéripari feldolgozása megkívánta a furnérok azonnali, de kíméletes szárítását, valamint erősebb, nagyobb teljesítményű gépek illetve keményebb szerszámok alkalmazását. Mindez erőteljes műszaki fejlesztést indított el a furnér és lemezipari gépgyártás és technológia fejlesztés területén. Ennek megfelelően a századfordulón az Amerikai Egyesült Államokban készítették el az első folyamatos üzemű furnérszáritó-gépet az 1885-ben alapított Proctor & Schwartz Elektromos Gépgyárban [1], majd 1907-ben Berlinben a Roller cég állította elő Európa első hasonló furnérszáritó berendezését.

A műszaki fejlesztések eredményeként 1910-re megvalósult

- furnérok tömeggyártásához szükséges nagy teljesítményű hámozógépek kifejlesztése
- gyors és megbízható szárításhoz szükséges szárítógépek fejlesztése
- megfelelő kötést biztosító növényi és állati eredetű ragasztóanyagok előállítás
- rövid présidőt és erős ragasztási kötést biztosító hőprések kifejlesztése.

Mindez lehetővé tette a korszak ipari méreteihez viszonyított rétegeltlemez-gyártó középüzemek kialakulását és egyben lezárta a rétegeltlemez-gyártás fejlődésének második, ipari forradalomhoz kapcsolódó szakaszát.

A rétegeltlemez-gyártás XX. századi korszakát műszaki fejlesztések gazdaságossági törekvések határozták meg. A két világháború között gazdasági verseny a gyártástechnológia minden területére kiterjedt. Nem csak a célgépeket fejlesztették és modernizálták, hanem azok működését is összehangolták, melynek következtében kialakultak a rétegeltlemez gyártó gépsorok. Az eddig használt különböző növényi és állati eredetű nyelveket felváltják az újonnan kifejlesztett hőre keményedő műgyanták gyorsabbá és gazdaságosabbá téve ezzel a rétegeltlemez-gyártás folyamatát.

A 80-as években a rétegeltlemez gyártás felé követelményként lépett fel, hogy diverzifikálják termelésüket és törekedjenek anyagtakarékosabb gyártási megoldásokra és lehetőség szerint új és olcsó fajokot vonjanak be a termelésbe.

Az új termékek kifejlesztéséhez intenzív kutató munkára és új laboratóriumokra volt szükség melyek lefektették a mai rétegelt furnéripar intenzív gyártmányfejlesztésének alapjait.

3. Az LVL (Laminated Veneer Lumber) története

A több mint 100 éves múlttal rendelkező rétegelt ragasztott tartók piaci sikerei alapján, már a XX. század első felében is dagoztak egy olyan lemezipari termék kifejlesztésén, amely nem csak az építőiparban alkalmazott fűrészipari gerendák, illetve pallók helyettesítésére alkalmas, hanem azok méretét meghaladva felveszi a versenyt a rétegelt ragasztott tartók egyes típusaival is. Az Egyesült Államokban már az 1940-es években párhuzamos száliránnyal ragasztott furnérokól készítették nagyszilárdságú repülőgép szerkezeti alkotó elemeket.

Ennek ellenére az építőipari tartóelemek területén e célszerű anyagszerkezet alkalmazása nem volt időszerű, mivel ebben az időben még nagy mennyiségű, jó minőségű, nagy átmérővel rendelkező rönkfa készlet állt rendelkezésre. Az 1950-es évektől kezdve azonban a fűrészipari rönkkészlet átlagos átmérője folyamatosan és drámaian csökkenni kezdett mindezen túl pedig a rönk árak folyamatos növekedése volt megfigyelhető. (Palmberg C. 2002)

Az 1960-as évek végén szakirányú faipari területeken igény fogalmazódott meg egy olyan új technológiával gyártott faipari termék előállítására, melynek segítségével lehetővé válhat, az abban az időben már egyre nagyobb mennyiségű alacsonyabb minősítési osztályokba sorolt rönkök feldolgozása tartószerkezeti elemek előállítása céljából.

P. Koch 1967-ben „szuper erős” tartót ismertet, melyet hámozott fenyőfurnérból készített.

Az első tanulmányokban általában vastag (6 mm fölötti) furnért használtak a rétegelt szerkezet előállítására (Koch 1967; FPL-Press-Lam Research Team 1972, Bohlen 1972, Jung 1984). Az Egyesült Államokban 1967 óta használják építkezési célokra (Kunesh 1978.)

Koch és Woodson 1968 – ban leszögezik, hogy a furnérvégek illesztése számottevően nem csökkenti a furnértartók rugalmassági modulusát.

Leicesten és Banker még ugyanebben az évben (1968) kijelentik, hogy a tartók készítéséhez felhasznált furnérok vastagságának csökkentésével együtt járó fokozatos törőszilárdság növekedés arra a következtetésre ad alapot, hogy kellően vékony rétegeket alkalmazva a rétegelt furnértartó bizonyos szilárdsági mutatói elérhetik a teljesen hibátlan faanyag megfelelő szilárdsági tulajdonságait.

1968 és 71 között a Forest Products Laboratory, Madison, az Egyesült Államok vezető faipari laboratóriuma új gyártási eljárást, és új terméket mutat be tudományos publikációiban, mely teljesíti az ipar elvárásait.

Mindezzel párhuzamosan a Helsinkii Műszaki Egyetemen is nagyszabású kooperációs kutatási program indult meg. A kutatás korai fázisában nagy hangsúlyt kapott a szabványosítás és a biztonsági előírások kidolgozása, azért, hogy a jövőben egy könnyen és biztonságosan alkalmazható épületszerkezeti alapanyag álljon az építőipar rendelkezésére.

A kutatómunka eredményeként, számos publikáció és disszertáció született ezen a tudományos területen és 1975-re elkészült az első LVL gyártó gépsor prototípusa.

A gyártó gépsor fejlesztésének utolsó változataként egy olyan technológiai folyamatot mutattak be, amely már folyamatos terítékképzésre, préselésre és fűrészelésre volt képes.

Mindezzel alkalmassá tették a technológiát speciális rendeltetésű szerkezeti elemek gyártására. Az új termék szilárdsági anizotrópiája hasonló volt a fűrészáru megfelelő paramétereivel, de szilárdsági értékei jóval szűkebb szórási tartományban mozogtak.

A kezdetben alkalmazott nyírfa alapanyagot később fenyőfaára változtatva még ellenállóbb terméket sikerült előállítani. Az előállított terméket ezek után a különböző export célpiacok előírt építőipari szerkezetelemekre vonatkozó vizsgálati folyamatoknak kellett alávetni, illetve a vonatkozó szabványok előírásainak megfelelően módosítani kellett a termék egyes tulajdonságait. (Christopher Palmberg 2002.)

Először J. C. Bohlen nevezi LVL –nek a kísérletei során kialakított lemezt 1971-ben, bár Theodore L. Laufenberg még 1983- ban is még PLV – (Parallel - Laminated Veneer) elnevezéssel ismerteti a terméket (Laufenberg 1983).

Európa első LVL gyártó üzemét 1981-ben a RAUTE gépgyár építette fel a finnországi Lohjében. és 1983-ban új Laminated Veneer Lumber néven forgalmazott építőipari termékkel jelent meg a piacon. A második gépsort amelynek kapacitása már 30 000 m³ /év késztermék volt 1986- ban helyezték üzembe. A kétszintes hőpréssel felszerelt soron – keresztaszálú furnérok beadagolásával - az LVL termék mellett hagyományos rétegelt lemezeket is gyártottak.

A ma gyártott LVL legnagyobb része 3,2-3,5 mm vastag furnér folyamatos laminálásával készül. Az LVL hagyományos alapanyagai a fenyőfélék. A '90-es évektől kezdve az amerikai gyártók tulipánfát is alkalmaznak (Vlosky és tsai. 1994).

A világon ma már több mint 2 millió m³ LVL terméket gyártanak.

2002-re Észak-Amerikában az LVL termelés a 2000 évi 1,47 millió m³ -ről 1,81 millió m³ -re növekedett.

Az észak-amerikai új gyárak (pl. 2001 Roseburg Forest Products' Riddle, Oregon, 187 000 m³ , 2001 nov. Willamette Industries Albany, Oregon) mellett az utóbbi időben a finnországi fejlesztések voltak jelentősek. Lohjában a Finnforest 2001 – ben 80 000 m³ -re növelte kapacitását, 2002 –ben pedig 100 000 m³ –es kapacitású új LVL üzemet létesített Punkaharju- ban lucfenyő alapanyagbázison.

Oroszországban a z LVL-Ugra cég Nyagan- helységben (Hanti-Mansik autonóm terület) (Khanty-Mansiysk region) erdei fenyőt feldolgozó 40 000 m³ kapacitású üzem építése fejeződött be 2002 februárjában.

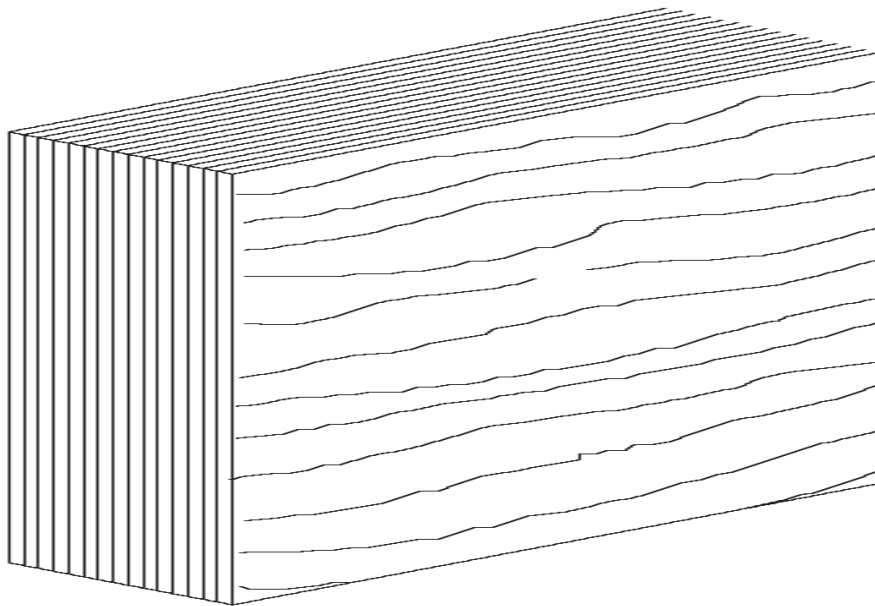
Az indonéziai Perawang-ban a Surya Dumai Group 2001-ben épített egy 74 000 m³ – gyártására alkalmas LVL gyártó sort.

Új-Zélandban a Nelson Pine Industries, (Richmond) 100 000 m³ kapacitású LVL üzeme 2002 –ben kezdte meg működését.

4. LVL, mint furnéripari termék

4.1. Szerkezeti felépítés

LVL (Laminated Veneer Lumber) vagy rétegelt furnérfa párhuzamos szálirányú furnérrétegek síkpréselt ragasztásával állítható elő. Az furnérrétegek vastagsága rétegenként állandó, de az egyes rétegek vastagsági méretei eltérhetnek. A rétegek számát a termék tervezett vastagsága határozza meg. (1. ábra)

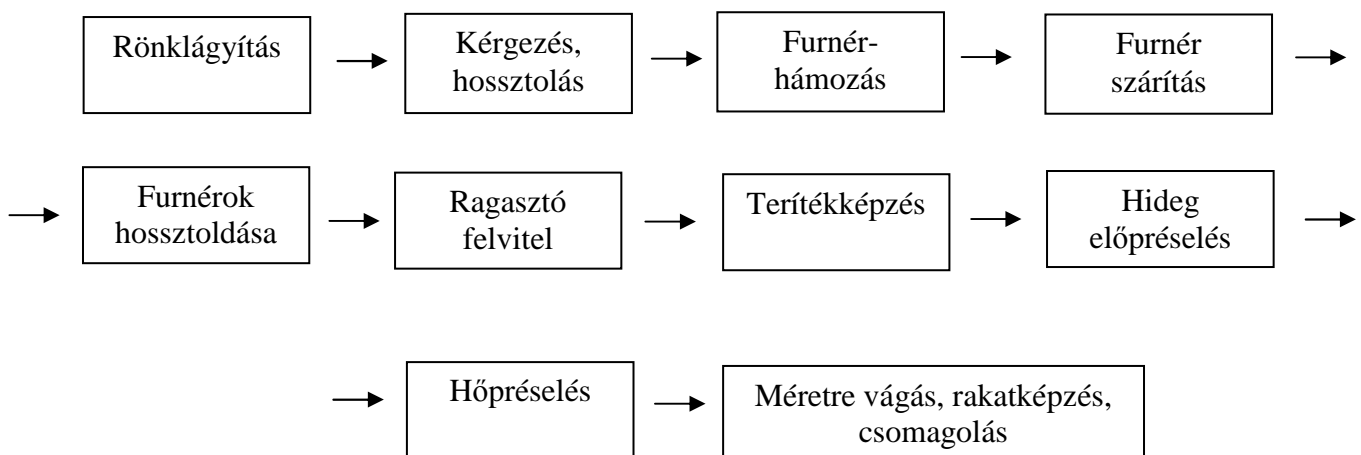


1. ábra – Az LVL keresztmetszeti szerkezete

4.2. LVL gyártás technológiája

Az LVL gyártástechnológiája nagyon hasonló a rétegeltlemezek gyártástechnológiájához, sőt egyes technológiai elemek teljesen meg is egyeznek azzal.

A technológia 10 fő elemből rakható össze (2. ábra):



2. ábra – Az LVL gyártástechnológiai folyamata

Rönklágyítás

A rönklágyítás, hatására a hámozásra váró rönk faanyaga képlékennyé válik, ezzel együtt javulnak a mechanikai megmunkálás feltételei, nő a gépi teljesítmény a hámozó szerszámok éltartóssága és csökken az energia felvétel. Másfelől csökken a felületi érdesség, a repedések nagysága, a vastagsági méterszórás, a belső feszültségek. Károsítóktól mentes és egyenletesebb szilárdságú faanyag alakítható ki. Fenyő rönkök esetében a lágyítást általában főzés műveletével végzik 50 °C hőmérsékleten, 24 órás időtartamban.

Rönkök kérgezése és hossztolása

A rétegeltlemez gyártástechnológia megfelelő elemével teljesen megegyező folyamat. A beérkező rönk kérget a hámozó kés élének kímélése érdekében szükség esetén leválasztják, majd a rönköt a hámozó berendezés követelményeinek megfelelően kívánt hosszra vágják, az esetleges hibákat kiejtik. A hossztolást végző eszköz lehet hosszirányú transzporterre szerelt láncfűrész vagy körfűrész. A hossztolást célszerű a kérgezés művelete után végezni, mivel így a kialakított vágott felület minőségét a kérgező szerszámok már nem befolyásolhatják.

Furnérhámozás

A furnérok hámozása a rétegeltlemez gyártásnál alkalmazott hámozó berendezések révén történik, ezért minden rétegeltlemez-gyártáshoz alkalmas fafaj elvileg alkalmazható LVL gyártáshoz is. A hámozott furnér vastagságát általában 3.2 mm-re állítják be a gyártók de a kész termék tulajdonságai és gazdaságossági szempontok megfontolásával természetesen lehetőség van tetszőleges vastagsági méretek beállítására.

A modern LVL gyártástechnológiákban, orsó nélküli hámozó berendezés alkalmazásával lehetővé válik olyan kis átmérőjű rönkök feldolgozása, amelyek építőipari alkalmazása egyébként nem lenne lehetséges.

A modern hámozógépeket olyan nagy teljesítményű számítógéppel vezérelt rendszerrel szerelik fel, amely egy érzékelő kamera képei alapján nagy sebességű rotációs ollóberendezést működtetve kiejti a hámozó késről lefutó furnérszőnyeg hibáit és egyenetlenségeit, valamint méretre vágja a megfelelő minőségű furnérdarabokat, amelyek aztán szárításra váró rakatokba kerülnek.

Furnérszárítás

A modern LVL technológiákban általában a rétegeltlemez gyártásnál ismert berendezéseket alkalmaznak, melyek automatikus be-, és kiadagoló rendszerrel vannak felszerelve.

Furnérok osztályozása

A szárító kiadagoló berendezésébe furnérnedvesség mérő készülék, és egy ultrahangos mérő berendezés van integrálva, melyek adatokkal, utasításokkal látják el a rakatképző berendezéseket, a furnérok megfelelő osztályozásához, és rakatba helyezéséhez. A vezérlő számítógép ultrahangterjedés-mérési adatok alapján meghatározza a furnér rugalmassági modulusát, melynek alapján négy csoportba sorolja a szárított furnérokot, melyek lehetnek fedőfurnér, belsőfurnér, alkalmatlan és újraszárítandó minőségi kategóriák.

A fedőfurnér minőségi kategóriába azok a furnérdarabok tartoznak, melyek csak kis mértékben tartalmaznak hibákat, vagyis az előforduló hibák csak nem csökkentik jelentősen a furnérdarab rugalmassági moduluszát.

A belsőfurnér minőségi kategóriába tartoznak azok a furnérdarabok, melyek anyagfolytonosság és rugalmassági modulusz tekintetében is teljesítik az előírt minimális követelményeket.

Amennyiben a furnérdarab nedvességtartalma 5% alatt van és nem tartozik a fenti két minőségi kategória egyikébe sem, akkor a furnérdarabot az alkalmatlan minőségi kategóriában helyezi el a rakatképző-berendezés.

Ha a furnérdarab nedvessége meghaladja az 5%-ot akkor az újraszárítandó minőségi kategóriába kerül besorolásra.

Furnérok hosszoldása

A furnérok hosszoldása a technológia és minőségi követelmények alapján háromféleképpen kivitelezhető: ferde átlapolással, egyszerű átlapolással, tompa illesztéssel.

A ferdeátlapolásos hosszoldás biztosítja a fenti három toldási típus közül a legszilárdabb kötést, mely folyamatos furnérszőnyeg képzését teszi lehetővé. Ki kell azonban emelni, hogy a RAUTE cég nagy teljesítményű gépsorainak folyamatos terítékképző berendezései a ferdeátlapolásos hosszoldást és a terítékképzést egy ütemben végzik, és így nem direkt módon képeznek folyamatos furnérszőnyeget. Mindezen tetszetősebb megjelenést biztosít a termék számára. A ferde átlapolás hossza általában 8-10-szerese a furnér vastagságának.

Egyes RAUTE technológiák megengedik az egyszerű átlapolásos, illetve a tompaillesztéses hosszoldási eljárásokat a belsőrétegekben. Alkalmazásuk a külső három-három réteg között javasolható. Meg kell azonban említeni, hogy egyes szakirodalmak kiemelik ennek szilárdsági tulajdonságokban mérhető káros hatását.

Ragasztóanyag felhordás

Az LVL iparban használt ragasztótípusok többnyire megegyeznek a rétegtlemez-gyártásban használtakéval. A megfelelő ragasztóanyag megválasztásával javítható az előpréselés hatékonysága és a hőpréselés présideje. A ragasztóanyag típusa általában fenol-formaldehid, mivel ezen termékeknél követelmény a vízállóság. A ragasztóanyag felvitel módja lehet öntés vagy szórás (3. ábra).

A felhordott ragasztóanyag mennyisége: 200-220 g/m².



3. ábra - Ragasztófelhordás

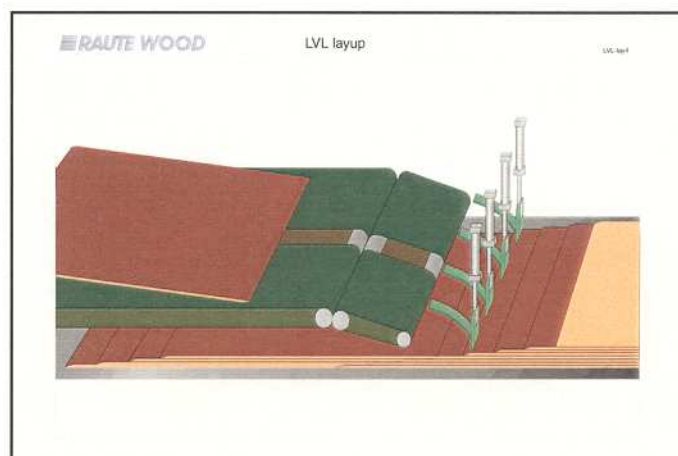
Terítékképzés

A terítékképzés módja a technika fejlettsége és a gépsorok kapacitása szerint változik.

A modern gépsorok teljesítmény szerint *közepes* és *magas* kategóriákba sorolják.

A *közepes teljesítményű gépsorok* (>50 000 m³/év) terítékképző berendezése folyamatos terítéket képes a teríték szakaszos előtolása mellett. A ragasztózott furnérokat a berendezés pontos pozícióban helyezi el az előprés felé haladó futószalagon, a hosszoldás típusának figyelembevételével.

Nagy teljesítményű gépsorok (>100 000 m³/év) kifejlesztése a finn RAUTE cég nevéhez fűződik. Elsősorban 2.5 m x 1.25 m méretű furnérok feldolgozásához készítették. A furnérokat a terítékképzés első szakaszában a képen látható módon precíziós pozicionáló berendezés lépcsőzetesen helyezik el. Majd a teríték következő szakaszát a lépcsőzetes kialakításnak megfelelően képi a gép úgy, hogy a további furnérok az előző lépcsőzetes kialakítást folyamatos terítékké alakítsa. (4. ábra)



4. ábra - Terítékképzés

Előprézelés

Az előprézelés során

- a ragasztóréteg megfelelő előzetes elterítése egyenletesebbé teszi a ragasztóréteget így növeli a ragasztási szilárdságot.
- az előprézelt teríték tömörebb szerkezete megnöveli a furnérokra felhordott ragasztó nyílt idejét, így lehetővé teszi, hogy az előprézelés és a hőprézelés között eltelt idő akár 2-3 órára növekedjen.
- előprézelés után a teríték a tömörebb szerkezet miatt stabilabbá, így szállíthatóbbá válik, ezért könnyebb elkerülni, hogy a teríték a hőprézésig tartó szállítószalagos úton elmozdul, megsérül.
- A teríték tömörebb szerkezete kisebb hőprés-nyitást tesz lehetővé, mely technológiai idő és energia megtakarítást eredményez.

Hőprézelés

A hőprézelés művelete alatt a furnérok felületére felhordott ragasztóréteg hő és nyomásközlés hatására polimerizálódik, megszilárdul. A prézelés hőmérsékletét a megrendelők igényeinek megfelelően 140-180 °C-os, illetve a nyomást 1.4-1.8 MPa-os határok között állíthatják be. Említésre méltó a RAUTE cég új présvezérlési automatikája, mely a préseltlap belső feszültségének közvetett mérésével vezérli a présnyomás szabályozását. Amikor folyamatosan lassan csökkentett présnyomás mellett a préselt lemez belső feszültsége eléri a présnyomás pillanatnyi értékét az automatika egy bizonyos időre megállítja a nyomás csökkentését.

A hőprések típusa szerint megkülönböztetünk *egyszintes, kétszintes, három vagy négyzintes és több szintes hőpréseket*.

Az *egyszintes hőprések* kiskapacitású (20 000 m³/év), LVL termékek termelését kezdő üzemek berendezése lehet. Előnye a technológiai flexibilitás és az egyszerű kezelhetőség. (5. ábra)



5. ábra - Egyszintes hőprés

A *kétszintes hőprések* a leggyakrabban alkalmazott hőprések az LVL iparban. Kapacitásuk elérheti 30 - 50 000 m³ -t évente, mégis jól illeszthetők a hagyományos technológiai sorok terítékképző berendezéseire. Műszaki továbbfejlesztésnek köszönhetően a RAUTE

kétszintes hőprései már tetszőleges hosszúságú LVL lemezeket tudnak préselni, rendkívül flexibilissé téve így a termelést. (6. ábra)



6. ábra - Kétszintes hőprés

A három- vagy négyszintes hőprések a kétszintesek továbbfejlesztett változatai. Kapacitásuk elérheti a 70 -100 000 m³/év mennyiséget. A nagy termelékenységre való tekintettel a technológiai sort nagy kapacitású terítékképző berendezésekkel szükséges ellátni. (7. ábra)



7. ábra - Háromszintes hőprés

Öt vagy több szintes hőprések alkalmazása is elérheti a 100 000 m³/év mennyiséget, azonban folyamatos, végtelenített LVL lemez gyártása ebben az esetben már nem válik lehetővé a présberakás komplikáltsága miatt. Alkalmazása ott lehet gazdaságos, ahol körülbelül egyenlő hosszúságú LVL elemekre van szükség, és az elemek hossza nem haladja meg a 6 métert. Az öt vagy többszintes hőprés technológia előnye a kis helyigény és az alacsony ár.



8. ábra - Többszintes emeletes hőprés

Szükséges megemlíteni hogy a víz, gőz, vagy olaj fűtésű hőprések mellett lehetőség van nagyfrekvenciás melegítésű prések alkalmazására is. A technológiai elem alkalmazása azokban az esetekben gazdaságos, ahol a teríték vastagsága miatt a hőpréselés ideje túlságosan hosszúra nyúlna. Alkalmazása viszonylag ritka. (Sinko H. 1999.)

5. Az LVL termékek hasznosításának területei

5.1. Általános felhasználási jellemzők

Az LVL - t elsősorban szerkezeti vázanyagként hasznosítják lakó-, valamint kereskedelmi épületeknél, de alkalmas olyan helyeken is, ahol acél kötőgerendák és könnyűfém gerendák jöhetnek szóba. Egyes gyártóknál felár mellett felületkezelés, vagy építésetileg megfelelő megjelenés is biztosítható. Ha olyan helyen alkalmaznak LVL - t, ahol lényeges a megjelenés, a fa rajzolatát hangsúlyozó és felületét védő bevonat is kialakítható. Az ilyen megjelenésű LVL hasonlít a rétegelt falemez felületéhez. Más célú hasznosítás magába foglalja a zsaluzóelemként való alkalmazást (zsaluhéj és merevítés céljára) a keretszerkezeteket, az előre gyártott I tartó övgerendáit.

Az LVL tábla a gyártás helyén könnyen felszabható. A rögzítő és kapcsolóelemek valamint ezek alkalmazása hasonlatos a fűrészárúnál alkalmazottéhoz. Az LVL termékek maximális elérhető hosszmérete 24 m / a közúti szállíthatóság mértéke /, a szokásos hosszmeretek 14 - 20 méterig terjednek. Vastagsága 19 és 64 mm közötti, de ismert 150 mm vastag termék is. Feldarabolás előtt az LVL panelként jelentkezik, szélessége általában 610 és 1220 mm között változik.

Az LVL olyan termék, amely hasonló mértékben reagál a tűzre, mint egy azonos méretű fűrészárú, vagy rétegelt-ragasztott gerenda. Előállításához fenol-formaldehid ragasztót használnak, amely kikeményedés után nem járul hozzá a tűz terjedéséhez, valamint a magas hőmérséklet sincs negatív hatással a kötőszilárdságára. Hagyományos faipari szerszámokkal a felhasználás helyén jól megmunkálható, de előre gyártott szerkezetként a megmunkálási igény minimálisra csökkenthető.

Az összetett keretszerkezeteket gyakran alkalmazzák épületszerkezeti csomópontok megoldására. Ezen összetett alkalmazási területen lehet az LVL kiemelkedő szilárdsági tulajdonságait legjobban kihasználni, elsősorban a vastagság csökkentéséből következő anyag- és szerelési munkaerő-megtakarításnak köszönhetően.

Hasonló megfontolás alapján alkalmazzák nagy fesztávok áthidalására is, ahol a követelmények felülmúlják a normál TR26-os szilárdsági tulajdonságait.

A teherviselő képesség növelése érdekében az inerciaviszonyok javításával, profil szelvényű tartószerkezeti elemek is kialakíthatók. A felületegységre eső tömeg csökkentésével növekszik az áthidalható fesztáv. Az LVL -ből kialakított gerinc mellett a tartóövek készülhetnek LVL -ből, rétegelt-ragasztott fából, illetve természetes tömör faanyagból.

Az I profilu tartók készülhetnek bemart öves és teljes övszélességben ragasztott kivitelben. Az áthidalandó fesztáv illetve terhelés függvényében épülhetnek kazettás tartók egyszerű és összetett kivitelben. Az LVL termékek hosszoldása ékkötés, szegkötés, facsavar és ragasztott kötéssel biztosítható. A Multi-Kralen Dübe (MKD) jelöléssel ellátott, kétféjű szeggel összeillesztett két párhuzamosan futó LVL termék csatlakozására kialakított kapcsolat favázis konstrukciók csomópontjaiként kiválóan alkalmazható. A láthatatlan csomópontok kedvező tűzálló tulajdonságokat is biztosítanak. (E. Milbrandt, Holz-Zentralblatt 1986)

A széles körben felhasználásra kerülő profilszelvényű LVL tartók jellemző alkalmazási területei:

- fűrészelt gerenda és heveder kiváltás (Fenyő fűrészáruból a beszerezhető maximális hossz méret 6,0 m)
- fedélszéki rendszer kialakítás
- új típusú födéme
- önálló, kis-, és közepes fesztávolságú szerkezetek
- szelemenek céljára
- idegen anyagból (RR-tartó, acél, vasbeton) készült főtartók kiegészítésére.
- felhasználásra kerülnek még kiegészítő elemként RR tartók húzott övének megerősítésére.

Ablakgyártásban a jelenleg alkalmazott háromrétegű ragasztott fenyő alapanyagok kiváltására a homogén szerkezetű, vízálló, fix vastagságú LVL megfelelő alapanyag lehet.

Összetett szerkezetek készítésénél is felhasználható az LVL mint építőelem.

Például:

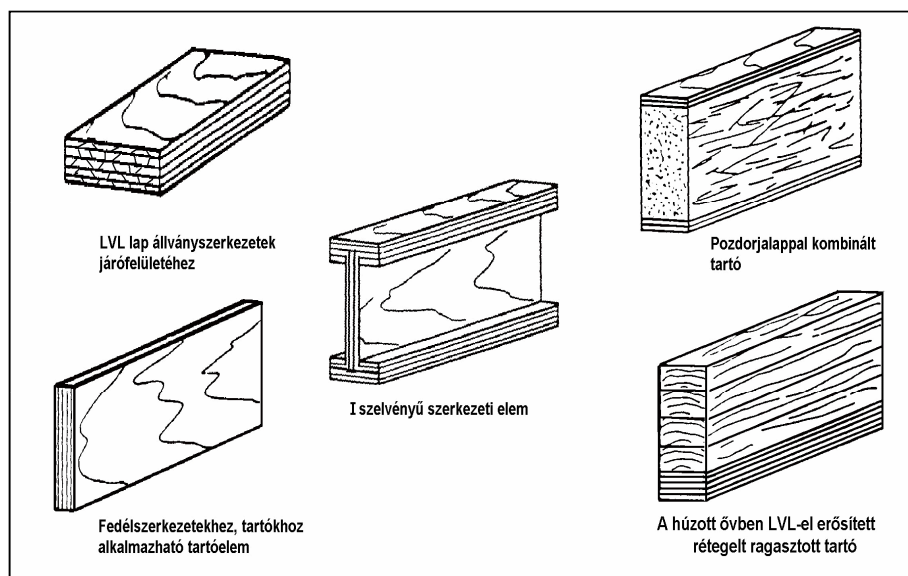
- nagyobb fesztávú rácsos tartók
- tartórácsok, térrácsok, rácsos felületszerkezetek.

Vékonyabb lemezeket dongahéjak, konoid héjak, függőtetők gyártásakor jól lehet alkalmazni.

A térrácsok és felületszerkezetek kialakításában, idáig hazánkban nem igen alkalmazott építészeti megoldásoknál kiváló alapanyagként bizonyulhat.

Az előzőekben már említett alkalmazási területeken kívül felhasználásra kerülhet még:

- boronafalas faházak előre gyártott, helyszínen szerelt elemeiként
- járművek padlólemezeiként



9. ábra

Néhány, a Rauma-Repola cég által ajánlott felhasználási lehetőség

Az LVL szerkezeti célú alkalmazására a legjobb példa a maga nemében egyedülálló reprezentatív építmény amely annak idején méltán hívta fel magára a világ figyelmét.

Az építmény az Oulu-i észak finnországi sportcsarnok. Egy futballpályát fed a 115 m átmérőjű hálózatos kialakítású fa kupola. Az elsődleges teherhordó szerkezet LVL tartókból

áll, melyek keresztmetszeti mérete 148 x 700 mm. A főtartók legnagyobb hossza 12,5 m. A főtartók merevítői fém papucsba ágyazva ülnek. Az összesen 342 főtartó 127 csomópontot képez egymással és a talpazaton körbefutó vasbeton hornyokkal.

Neves építész szakember véleménye szerint az LVL a leggazdaságosabb szerkezeti anyag azoknál az építményeknél, szerkezeteknél,

- ahol az önsúly csökkentése a fontos, mivel az LVL –el egyenértékű, kiváló szilárdsági tulajdonságú, húzó-, nyomófeszültségeknek megfelelő, könnyű építőanyag még nem áll rendelkezésre,
 - ahol a dilatációképzés gondot okozhat, mivel az LVL termékek hőmozgása elhanyagolható,
 - ahol a hőhídmentes szerkezet kialakítása kritérium, mivel az LVL termékek hővezetési tulajdonságai kedvezőek,
 - ahol a szerkezet korróziós hatásoknak van kitéve, mivel a faanyag erre érzéketlen,
- (Hannu L. 1997)

5.2. Az LVL termékek bútorigipari felhasználásának lehetőségei.

A bútorigipar általában az alacsonyabb sűrűségű és szilárdságú – nem szerkezeti célú – LVL termékeket használja. Alkalmazása jelentősen javítja a bútorszerkezet mechanikáját, a korpuszbútoroknál de különösen a formatervezett ívelt hajlított formáknál lehetővé teszi a kevésbé igényes faforgácslap helyettesítését.

Az LVL bútorigipari alkalmazásának előnyeit Korzeniowski, és Tymicki lengyel kutatók adatai alapján mutatom be. (1. táblázat)

A Kutatók a fűrészárúból és az LVL –ből készült termékek hengeres fára átszámolt faanyag igényét vizsgálták. Az eltérő alapanyagokból készített bútoralkatrészek átlagos faanyag felhasználását az alábbi táblázatban tüntették fel.

Az alábbi 1. táblázat a gyártásra előkészített (előreszabott) félkész-termékek típusait, felhasználási adatait tartalmazza.

Alkatrész		Tömörfából [m ³]	Rétegelt fából [m ³]	Nyersméretű félkész termékből [m ³]	Késméretű félkész termékből [m ³]
Székláb	Első	0,003070	0,001535	0,001275	0,001173
	Hátsó	0,002648	0,001324	0,001125	0,001035
Székkötés		0,001316	0,000658	0,000560	0,000515
Üléskeret elem		0,000828	0,000414	0,000352	0,000317
Kanapé kárptkeret elem	Hosszú	0,011858	0,005929	0,005040	0,004704
	Rövid	0,002964	0,001482	0,001260	0,001176
Aasztalkáya	Hosszú	0,004970	0,002485	0,002112	0,002006
	Rövid	0,002484	0,001242	0,001056	0,001003
Asztalláb		0,004118	0,002059	0,001750	0,001481
Könyvespolc		0,015530	0,007765	0,006600	0,006248
Fiókoldal		0,002234	0,001117	0,000950	0,000768
Ajtókeretelem		0,001036	0,000518	0,000440	0,000418
Átlag		0,004421	0,00221	0,001877	0,001737

1. táblázat - Különböző anyagokból készített
bútoralkatrészek átlagos faanyag felhasználása

Az adatok alapján megállapítható, hogy a rétegelt furnérfa alkalmazása jobb kihozatalt eredményez. A kihozatal értéke természetesen a fűrészárú minőségétől függően változhat.

A vizsgálatok szerint a rétegelt furnérfánál valamivel jobb kihozatali eredmények érhetők el I. osztályú fűrészárú alkalmazásával, azonban erre az ilyen értékes fűrészárút – magas ára miatt - nem használnak. II. osztályú fűrészárúval szemben már előnyösebb az LVL alkalmazása, mivel ugyanazon mennyiségű hengeresfa alapanyagból 1,5 – szeres mennyiségű bútóralkatrészt lehet gyártani. Lényeges szempont, hogy a fűrészárú alapanyaga az értékes fűrészrönk, míg az LVL – termékek gyártására kevésbé értékes kisebb átmérőjű, rövid furnérrönk is felhasználható (pl. a faültetvények gyorsan növekvő alapanyaga) A bútoripari alkalmazás gazdaságosságát természetesen csak a helyi árviszonyokon alapuló gazdasági számítás bizonyíthatja.

Az LVL termékek szilárdsági tulajdonságait a finn KERTO cég által garantált és Magyarországon az ÉMI Rt. által ellenőrzött adatok alapján a 2. táblázat mutatja be. (Haannu L. 1997.)

Megnevezés	KERTO-S N/mm ²	KERTO-Q N/mm ²	KERTO-T N/mm ²
Hajlító határfeszültség – a hajlítás síkja párhuzamos a furnérok síkjával – $\sigma_{Hm, y}$	29	22	20
Hajlító határfeszültség – a hajlítás síkja merőleges a furnérok síkjára – $\sigma_{Hm, z}$	29	22	20
Rostokkal párhuzamos hajlítószilárdság – $\sigma_{Hh, x}$	23	17	16
Rostokra merőleges húzószilárdság – $\sigma_{Hh, y}$	0,5	4	0,5
Rostokkal párhuzamos nyomószilárdság – $\sigma_{Hny, x}$	23	17	16
Rostokra merőleges nyomószilárdság – a hajlítás síkja párhuzamos a furnérok síkjával – $\sigma_{Hm, z}$	4,3	7,4	3,1
Rostokra merőleges nyomószilárdság – a hajlítás síkja merőleges a furnérok síkjára – $\sigma_{Hm, y}$	2,2	2,2	1,5
Nyírószilárdság – a nyírás síkja párhuzamos a furnérok síkjával – $\zeta_{H, y}$	3,7	3,4	2,2
Nyírószilárdság – a nyírás síkja merőleges a furnérok síkjára – $\zeta_{H, z}$	2,5	0,9	1,2
Rugalmassági modulus – a furnérok síkjával párhuzamos irányban – E_y	12 000	8 800	8 800
Rugalmassági modulus – a furnérok síkjára merőleges irányban – E_z	12 000	8 800	8 800
Nyírási rugalmassági modulus - G	400	400	310

2. táblázat - A KERTO termékek főbb szilárdsági értékei

6. A hazai furnéripari termékek gyártásának lehetőségei

6.1. Alapanyaghelyzet

Az egyes országok fahasznosításának fejlettségét – némi leegyszerűsítéssel - jellemezni lehet a nettó fakitermelés ipari célú és tüzelési célú hasznosításának arányával, és jellemezni lehet a „sarangolt” fafajválasztékok ipari célú hasznosítási arányával. A nemzetközi és hazai tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a nettó fakitermelésből az ipari célra való hasznosítást leginkább az befolyásolja, hogy a „sarangolt” választékokból milyen mennyiség kerül ipari hasznosításra (farost-, faforgács és cellulózipari, fakémiai) és milyen mennyiség kerül eltüzelésre.

A XX. század utolsó éveiben Nyugat-Európában a nettó fakitermelés 87 % -a hasznosult ipari alapanyagként, Magyarországon mintegy 60 %. A nagymérvű eltérést két tényező okozza, egyrészt Ny-Európában a rönk választékok aránya a fafaj-összetételből adódóan kedvezőbb, másrészt a sarangolt választékok ipari hasznosításában előbbre tartanak, mint Magyarország (3. táblázat).

Jellemző	Ny-Európa	Magyarország
Rönkválasztékok aránya [%]	55	30
Sarangolt választékok aránya [%]	45	70
Ipari hasznosítás aránya [%]	87	60
Tüzelési hasznosítás aránya [%]	13	40

3. táblázat – Faalapanyag ipari hasznosítása Nyugat-Európában és Magyarországon

A színfurnérok és a furnéralapú rétegelt termékek gyártási alapanyaga a magas minőségi követelményeket kielégítő furnér-rönk. Ezen választék az összes nettó fakitermelésnek 1,5 – 3 % -ra tehető (Jelenlegi erdőművelési és fakitermelési technológiák mellett!).

Az Erdészeti Szolgálat adatai alapján készített táblázati értékek mutatják a fafaj szerinti bruttó erdőtervi fakitermelési lehetőségeket 1999 – 2008 között.
(4. táblázat)

Fafaj	Vonatkoztatás	1999-2008	2009-2018	2019-2028
		[ezer br. m ³ /év]		
Tölgy	19 Eg. rt.	1209,19	1234,44	1227,65
	Többi	531,84	552,59	562,85
	Összesen	1741,03	1787,03	1790,50
Cser	19 Eg. rt.	714,29	717,19	690,40
	Többi	346,21	363,74	349,47
	Összesen	1060,50	1080,93	1039,87
Bükk	19 Eg. rt.	537,74	554,21	538,80
	Többi	197,25	190,55	175,60
	Összesen	734,99	744,76	714,40
Gyertyán	19 Eg. rt.	284,16	282,79	273,71
	Többi	180,00	171,55	162,41
	Összesen	464,16	454,34	436,12
Akác	19 Eg. rt.	601,97	618,14	617,53
	Többi	1547,11	1497,83	1441,44
	Összesen	2149,08	2115,97	2058,97
Egyéb kem.l.	19 Eg. rt.	199,39	204,72	187,72
	Többi	180,57	178,31	178,11
	Összesen	379,96	383,03	365,83
Nyár+Fűz	19 Eg. rt.	458,50	500,82	464,65
	Többi	1136,73	1075,31	867,87
	Összesen	1595,23	1576,13	1332,52
Egyéb lágý	19 Eg. rt.	174,85	187,17	180,25
	Többi	262,24	237,19	271,25
	Összesen	437,09	424,36	451,50
Fenyő	19 Eg. rt.	755,11	836,97	935,42
	Többi	389,67	585,23	774,34
	Összesen	1144,78	1422,20	1709,76
Összesen:		9706,81	9988,76	9899,45

4. táblázat - bruttó erdőtervi fakitermelési lehetőségeket 1999 – 2008

20 % apadékkal számolva, 1999 – 2008 között a felhasználható furnér rönk mennyisége 115 – 155 ezer m³/év.

Ez a mennyiség lényegesen nem változik 2008 –ig.

A hazai furnér- és furnérialapú rétegelt termékeket gyártó ipar bővülő alapanyagforrással három esetben számolhat:

- kedvezően változik, vagyis több furnérrönk kinyerését teszi lehetővé a jelenlegi erdőművelési és fakitermelési gyakorlat,
- jelentősen bővül a hazai erdőszűkség, ezáltal a fakitermelési lehetőség,
- furnér-rönk import révén.

Nyilvánvaló, hogy nemzetgazdasági szempontból az első két tényezőcsoport érvényesülése kedvezőbb.

6.2. A furnéripari alapanyag hasznosítása, a hazai gyártó művek bemutatása.

A gazdasági rendszerváltás negatív hatása (spontán privatizáció, helytelenül levezényelt későbbi privatizációk) a hazai furnér és furnéralapú rétegelt termékgyártó ipart alaposan átrendezte.

Megszűntek sok évtizedes múlttal rendelkező gyártók (FURLEM, Szegedi Falemezgyár, Ceglédi hajlított idomgyár) és több új vállalkozás jött létre.

Bebizonyosodott – ezen területen is – hogy csak a szakmai befektetők (OWI-Zala, Elefánt, Újkígyós stb.) éltek a fejlesztés lehetőségével.

A jelenlegi helyzetet országos szinten a 5. táblázat érzékelteti.

Termékfajta	Mennyiség	Kapacitás	Termelés
Színfurnér	millió m ²	10,0	8,0
Műszaki furnér (összesen)	1000 m ³	85,0	60,0
ebből árufurnér	1000 m ³	20,0	16,5
Rétegelt falemez	1000 m ³	27,0	22,0
Rétegelt idom	1000 m ³	10,0	4,1

5. táblázat - Furnér és furnéralapú termékek hazai összefoglaló adatai 2001 évben

A gyártási profil, az erőforrások, a gyártási és értékesítési jellemzők alapján a 2001 év furnér és furnéralapú rétegelt termékeket előállító reprezentáns gyártó művek adatait a 6. táblázat foglalja össze. (FVM Eredészeti Hivatal 1999-2003)

Gyártó mű:		Budapest Furnér Művek Kft.	Franciavágás	OWI Zala	Újkígyós	Derula Kft. Szolnok	Norba	Licit	
I. Gyártási profil		Színfurnér	műszaki furnér rétegelt lemez idomok	műszaki furnér rétegelt lemez idomok	műszaki furnér rétegelt lemez idomok	műszaki furnér rétegelt lemez	idomok	idomok	
II. Erőforrások	1. Működési terület (m ²)	165 000	140 000	58 000	115 000	12 000	40 000	12 000	
	2. Foglalkoztatottak száma (fő)	200	105	230	300	100	24	50	
	3. Energiaellátás	biztosított	biztosított	biztosított	biztosított	biztosított	biztosított	biztosított	
	4. Gyártási alapanyag (%)	B 75-80	B 60	B 100	B 70	Ny 85	B 93	B 100	
		T10-15	Ny 40		Ny 30	Egzóta.imp.15	Nyír 7		
		Egyéb 10			Egyéb 10				
	5. Alapanyag biztosítás								
	belföldi (%)	80	100	100	80	85	90	100	
	import (%)	20			20	15	10		
	III. Technológia jellemzők								
	1. Gyártási mód	folyamatos	folyamatos	folyamatos	szakaszos	folyamatos	szakaszos	szakaszos	
	2. Géppark	korszerű	felújított	korszerű	felújított	új	felújított	használt	
	IV. Értékesítési jellemzők								
	1. Kapacitás/év								
	színfurnér (M m ²)	10.0							
	műszaki furnér (e m ³)		7.0	10.0	10.0	40.0			
	rétegelt lemez (e m ³)		3.0	1.0	3.0	20.0			
	idom (e m ³)		1.5	3.0	1.0		1.0	0.8	
	2. Gyártási volumen/év								
	színfurnér (M m ²)	8.0							
műszaki furnér (e m ³)		2.5	3.2	3.0	30.0				
rétegelt lemez (e m ³)		0.6	0.9	1.5	18.0				
idom (e m ³)		0.6	2.0	0.5		0.6	0.4		
3. Exportarány (%)	65-70	12	95	70	90	50	60		

6. táblázat - a 2001 év furnér és furnéralapú rétegelt termékeket előállító reprezentáns gyártó művek adatai

Ezen gyártó művek használják fel a furnérgyártási alapanyag mintegy 70 %-át, 10 %-ra tehető a kisebb gyártók felhasználása és pontosabb adatok híján 20 %-ra becsülhető a furnér rönk export.

6.3. A furnér és furnéralapú rétegelt termékeket gyártó ipar jelenlegi helyzete

A magyar tulajdonban lévő és Magyarországon működő külföldi érdekeltségű furnér és furnéralapú termékeket gyártók jelenlegi helyzete a következőkben jellemezhető:

Gyártási profil

A 90-es évek kezdetétől – a tulajdonváltással párhuzamosan – a hazai faiparban jelentős változás következett be a gyártási profilt illetően,

- csökkent a továbbfeldolgozási fok, jó minőségű műszaki furnérok tömege került és kerül exportálásra,
- nagymértékben megnőtt a bükkbázisú idompréselt termékek gyártása,
- a gyártmányfejlesztés külföldi tulajdonlás esetén nem a hazai gyártóműben történik.

Erőforrások

- a működési terület és az energianyeresi lehetőség biztosított, és további fejlesztést is lehetővé tesz,
- az emberi erőforrások szakmakultúrája magas szintű, minden képzettségi szinten biztosított és bővíthető jellegű,
- a fa alapanyag biztosítása konfliktusokkal terhelt (alapanyag export), mennyisége nagyobb léptékű fejlesztésnél korlátozó tényező

Technológiai jellemzők

- a külföldi tulajdonban lévő gyártóműveknél, pl. Budapest Furnér Művek Kft, OWI-Zala Bt. a jelentős tőke befektetések következtében Ny-Európai színvonalú technológiák kialakítására került sor,
- hazai tulajdonlás esetén a nagyobb gyárak esetében, pl. Franciavágás, Újkígyós, a tőkehiány miatt nem került sor technológiai változásra, a technológiai hátrányt a tulajdonosok piaci rugalmassággal és fokozott munkaszervezéssel igyekeznek ellensúlyozni,
- kisebb gyártó művek, pl. NORBA, LICIT bizonyították, hogy esélyesek a fenntartható fejlődésre.

Gyártási jellemzők

- a gyártási volumen a belföldi kereslet növekedése és az export lehetőségek bővítése esetén valamennyi gyártó műben növelhető, ezen a területen az élőmunka biztosítása nem jelent problémát, az alapanyag-ellátottság (rönk) azonban igen,
- a gyártott termékek minősége általában jó, az export minőség kiváló, a hazai értékesítés területén az igényesség növekszik,
- az értékesítési árak tekintetében a külföldi tulajdonú cégeknél (Budapest Furnér Művek, OWI-Zala, Derula) az anyavállalkozás értékesítési politikája miatt nehéz megítélni az árjellemzőket, hazai tulajdonlású cégeknél a jelenlegi árszint csak az alacsonyabb bérköltségek esetén biztosít elfogadható fedezetet, a prognosztizálható bérköltség esetén az áremelés elkerülhetetlen.

Értékesítési jellemzők

- az ezredforduló időszakában a hazai furnér és furnéralapú termékeket gyártó ipar exportorientált, a belföldi keresletben még nem érzékelhetők a nemzetgazdaság fejlődéséből adódó kedvező változások,
- a megindult nagymértékű lakásépítési és ingatlanstruktúra változások várhatóan kedvező hatást gyakorolnak a belföldi piacokra is,
- a várhatóan kedvezően változó belföldi értékesítési lehetőség gyártási bővítésre adhat alapot, ebben azonban az exportteljesítést is fenn kell tartani, különben csak pótlásról lehet szó,
- a közeljövőben várható EU tagság (piaci lehetőségek komolyabb bővülése) a nagyobb élőmunka-igényű, kvalifikált munkaerők meglétét feltételező termékek esetében fog piacbővítést jelenteni.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a hazai furnér és furnéralapú termékeket gyártó ipar főbb – az intenzívebb fejlődést akadályozó – problémái a következők:

- a hazai tulajdonú cégeknél az általánosnak mondható tőkehiány,
- a nem kellő mennyiségű alapanyag,
- az elmaradó gyártmányfejlesztési tevékenység és
- a fanyersanyag és a fából készült termékek nem kellő mértékű preferálása a hazai társadalom részéről.

A tőkehiány feltehetően csak a nemzeti iparpolitika érvényesülésével orvosolható. Az alapanyagforrás bővítését csak a meglévő erdők üzemterv adta megnövelt kitermelésével lehet korlátozottan, illetve a nemzeti erdőtelepítési program révén jelentősen bővíteni. A gyártmányfejlesztési tevékenységet a meglévő és bővülő erőforrások, valamint a piaci igények szerint állandóan növelni szükséges. A hazai furnéripari termékek fejlesztésének egyik legfontosabb irányvonala az előzőek szellemében a rétegelt furnérfa (LVL) hazai alapanyagbázison (elsősorban ültetvényeszerű nyár) és hazai technológiai lehetőségek között történő gyártásának megvalósítása.

7. Az LVL termékekkel kapcsolatos hazai kutatási tevékenység

Az LVL termékek hazai alkalmazásával kapcsolatos szakvéleményt először a Faipari Kutató Intézet készítette (1989).

A véleményeket és tapasztalatokat röviden az alábbiakban foglaljuk össze:

Az LVL termékek állandó minőségű, egzakt módon számítható szerkezeti anyagot biztosítanak az építőipar számára.

A szerkezetépítésben egyre nagyobb szerepet kap, mivel környezetbarát, az acél, vagy vasbeton szerkezeteknél gazdaságosabb térlefedéseket tesz lehetővé.

Ha a szerkezeti célra használt természetes állapotú faanyagok tulajdonságaival összehasonlítjuk, az LVL lemezek elsőse kétségtelen. Eltekintve a megengedett feszültségek különbözősége által adott lehetőségektől, az LVL gyártási dimenziói önmagukban anyagtakarékos – tehát gazdaságos szerkezet kialakítását biztosítják.

A keresztmetszet megválasztásánál az LVL fontos előnye a fűrészelt fához viszonyítva, hogy míg a keskeny fagerenda hajlamos a hosszirányú repedésre, az LVL repedésmentes.

Az LVL szerkezetek gazdaságosságát, fűrészelt gerendával is áthidalható fesztávolságok esetén a négyszögkeresztmetszet I -, vagy szekrénykeresztmetszettel való helyettesítés teszi szembeűnővé. A fentiek alapján megállapítható, hogy az LVL szerkezetek - valamint a rétegelt lemezek - tartószerkezeti alkalmazása kis fesztávok esetén is 40 – 50 % -os anyagmegtakarítást jelenthet.

Statikai tulajdonságai figyelembe-véve az LVL szerkezet gazdaságossága kis fesztávolságú szerkezeteknél kifejtett arányoknál fokozottabban érvényesül rúdszerkezetek építése esetén. A deszkából készült gerinclemezes tartók faanyagszükséglete az LVL -nek 2,0 – 2,5 -szerese, élőmunka szükséglete 8,0 – 10,0 -szerese.

LVL kutatás a Faipari Mérnöki Kar Lemezipari Tanszékén

1980 - as évek elején figyeltek fel fel az új termékre a szakirodalomban.

1986-ban meghívást kaptak az LVL gépsorokat gyártó RAUTE cég képviselői Finnországból, hogy tartsanak előadást Sopronban a hallgatók és üzemi szakemberek előtt.

A tanszék professzorai Finnországi tanulmány úton ismerkedtek meg az LVL gyártástechnológiájával.

A tanszék vállalati megbízás alapján a FAKI - val közösen kutatást kezdett az LVL gyártás hazai megvalósításának lehetőségéről.

A kutatási eredményeket és a tapasztalatokat a Lemezipari Tanszék 1994 - évben bemutatta az első nemzetközi fatudományi és erdészeti konferencián (Brunel University High Wycombe, England)

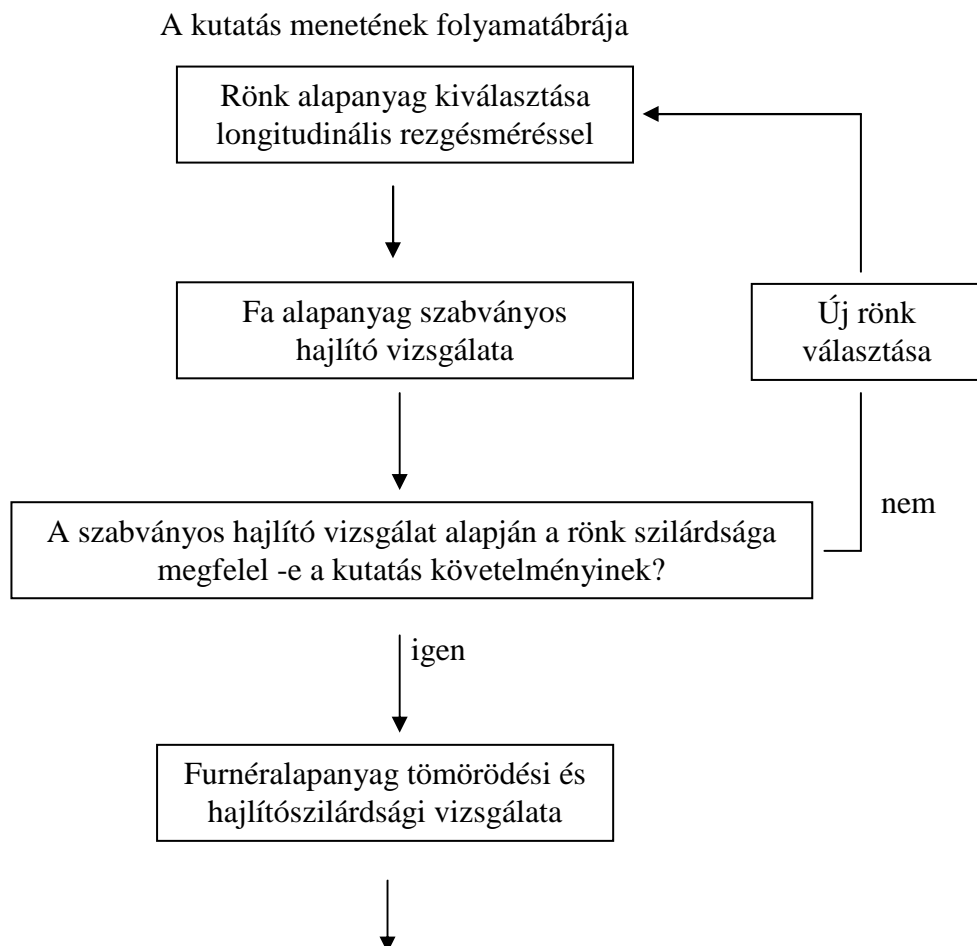
1996 és 1999 között a Copernicus kutatási program keretében LVL típusú falemezekkel alkalmasságának vizsgálata történt nyár és csertölgy, homogén felépítésű lemezek esetében. (Kovács Zs. 1999.)

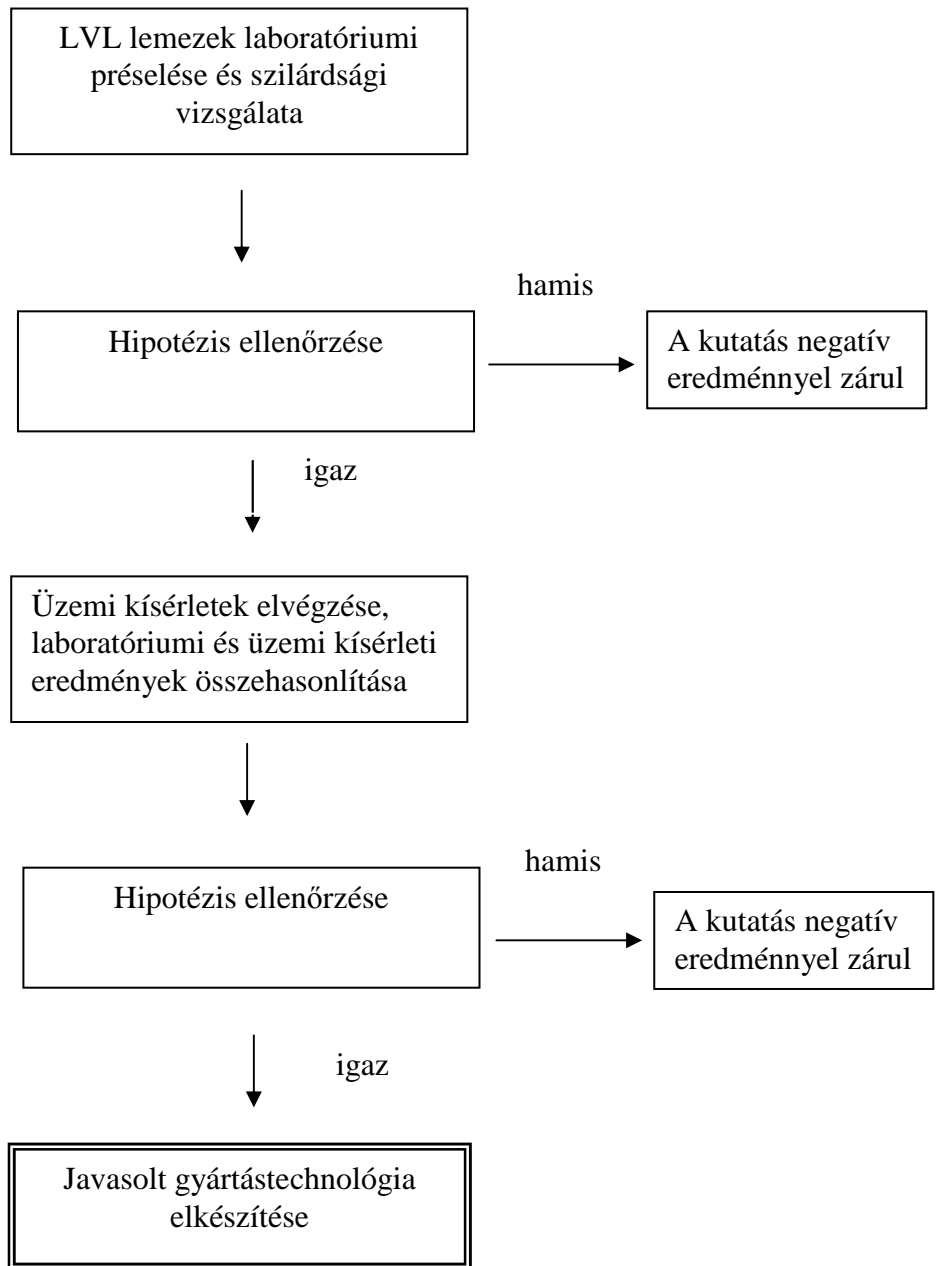
Összefoglalva, az eddigi kutatások bizonyították egyes európai fafajok alkalmasságát LVL gyártásra. A fő technológiai jellemzők vizsgálata és az eredmények alapvető statisztikai elemzése igazolta, hogy a terméknek elsősorban alternatív építőfa választékként (Eurocode 5. Teherviselő faszerkezetek tervezési előírásai szerint) jelentős szerepe lehet Magyarországon is

8. Kutatómunka célja és módszerei

A kutatás elsődleges célja, hogy bizonyítsa a Magyarországon termeszthető adott sűrűségű nyár fafajtákból, lehetséges olyan magas szilárdságú furnéripari termék -jelen esetben LVL-gyártása, melynek előállítása megoldható a hazai lemezipar viszonylag tőkehiányos feltételei között. Mindez egyben a kutatás hipotézisét is jelenti. Az általam választott kutatási módszer szerint, szükséges a megfelelő alapanyag kiválasztása, mely minősége eléri vagy meghaladja a hazai átlagértékeket. Szükséges továbbá a hámozott furnéralapanyag tömörödési és mechanikai tulajdonságainak mérése, az LVL késztermékek laboratóriumi előállítása és hajlítoszilárdsági tulajdonságainak meghatározása. Amennyiben a laboratóriumi kísérletek pozitív eredménnyel zárulnak további fél-üzemi kísérletek elvégzése válik szükségessé a kutatás hipotézisének igazolására és céljának elérésére. A kutatás hipotézisét a vizsgálatok menete során két alkalommal - a laboratóriumi vizsgálatok és a fél-üzemi vizsgálatok végén- szükséges ellenőrizni, amennyiben a részeredmények kizárják a hipotézis teljesülését, úgy a kutatás folyamata megszakítható.

A fentieknek megfelelően a kutatás menetét az alábbi folyamatábrába foglaltam szemléletesen össze (9. ábra):





9. ábra - A kutatás menetének folyamatábrája

9. Alkalmazott alapanyagok meghatározása és kiválasztása

9.1. Alkalmazott alapanyagok meghatározása

A magyarországi nyárfaklónok sűrűségi és szilárdsági tulajdonságai nagyon eltérőek lehetnek. Az 7. táblázat a Magyarországon termesztett leggyakoribb, a magyar faipar számára leginkább rendelkezésre álló nyárfaklónok tulajdonságait szemlélteti. Mivel az alábbi klónok tulajdonságai hajlító szilárdság tekintetében akár 20% körüli értékben is eltérhetnek a késztermék szilárdsági tulajdonságai. Figyelembe véve, hogy a kísérleteket minimum két nyárfafajta esetére érdemes elvégezni, a legmagasabb sűrűségű korai nyár marilandika és a legalacsonyabb sűrűségű olasz nyár (I214) klónokat választottam a kutatás alapanyagának, mivel ez esetben egyben vizsgálható az eltérő sűrűségű szövetszerkezetből adódó késztermék-szilárdságában mérhető szórás mértéke.

Jellemző Fafaj	Sűrűség ($u = 12\%$) kg/m^3	Hajlító- szilárdság N/mm^2	Nyíró- szilárdság N/mm^2	Nyomó- szilárdság N/mm^2	Húzó- szilárdság N/mm^2	Ütő- hajlító- szilárdság J/mm^2	Rugalmassági modulusz N/mm^2	Brinnell- keménység	
								oldal- felületen	büti- felületen
Korai nyár (Marylandica)	425	60,8	7,6	22,6	66,1	4,5	7800	-	30,9
Óriás nyár (Robusta nyár)	419	66,9	8,1	30,2	74,4	3,9	7500	09,8	24,8
Pannónia nyár	406	67,4	8,3	32,6	56,2	-	6510	10,8	20,6
Parás kérgű nyár (I-45/51)	389	61,6	7,4	29,7	51,0	-	5850	10,7	17,5
Agatha-F (OP-229)	388	58,0	6,9	29,6	44,5	-	5200	11,7	20,7
Koltay- nyár	388	-	-	-	-	-	-	-	-
Kopecky- nyár	382	70,7	7,4	33,0	56,1	-	5620	12,5	20,6
BL-Constanza- nyár	375	75,1	7,5	36,9	59,6	-	6160	11,3	25,4
Triplo nyár	367	65,1	-	26,6	64,1	-	7059	07,7	22,8
Blanc du Poitou nyár	362	-	-	-	-	-	-	-	-
Olasz-nyár I-214	320	48,0	6,4	22,5	44,3	2,4	5330	08,3	21,9

7.táblázat – Magyarország leggyakoribb ipari nyárfa klónjainak mechanikai adatai

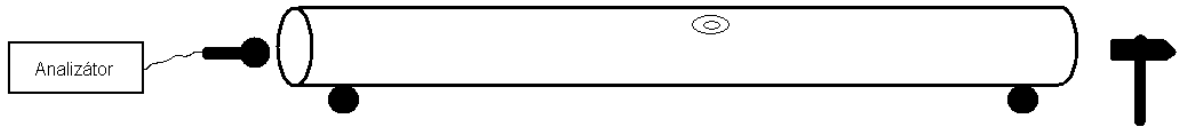
A magyarországi keménylombos rönkpiac viszonyai nem kedveznek a hazai furnéripár minőségi alapanyag felhasználóinak. A gyengébb minőségű rönkalapanyag feldolgozása során a jó minőségű furnérdarabok leválasztása után nagy mennyiségben keletkezik gyenge minőségű furnér választék, melynek feldolgozása alapvető gazdasági kérdés. Ezért a kutatás során további alapanyagként jelöltem meg a két leggyakrabban hámozott keménylombos fafaj, a bükk és a csertölgy hámozott furnérjait is.

9.2. Rönkalapanyag kiválasztása

Az élőnedves alapanyag vizsgálatokor a késztermék alapanyagát szolgáltató rönkök hajlító szilárdságát kellett megbecsülnöm, a rönktéren is egyszerűen alkalmazható berendezés segítségével. A faanyag adott nedvességtartalomhoz tartozó statikus hajlító rugalmassági modulusza jól korrelál hajlítószilárdsággal. (Bodig, J. 1965)

A statikus hajlító szilárdság mérése rönkök esetében és rönktéri körülmények között meglehetősen körülményesen kivitelezhető eljárás. Helyette az ütésszerű deformációval keltett hullámok mérése célszerű.

A rugalmas hullámok kitérésének mérésével ún. dinamikus rugalmassági modulusz határozható meg, mely jelentősen különbözik a statikus rugalmassági modulusz értékétől. A jelenség oka a rugalmas alakváltozások sebességének különbségében keresendő. Míg a hullámkitérés mérésénél az alakváltozás a másodperc töredéke alatt lezajlik, addig a statikus terhelés meghatározási mód esetén az alakváltozás teljes végbemenetele akár 1 percet is igénybe vehet a próbatest leterhelésének sebességétől függően. Gyors alakváltozások esetén nincs idő -az anyagban lassú terhelés esetén egyébként végbemenő-viszkoelasztikus deformációk végbemenetelére, ezért a dinamikus rugalmassági modulusz értékét kisebb kitérés fogják meghatározni, ezért annak értéke nagyobb lesz.



10. ábra – Rostirányú átlagos rugalmassági modulusz mérése

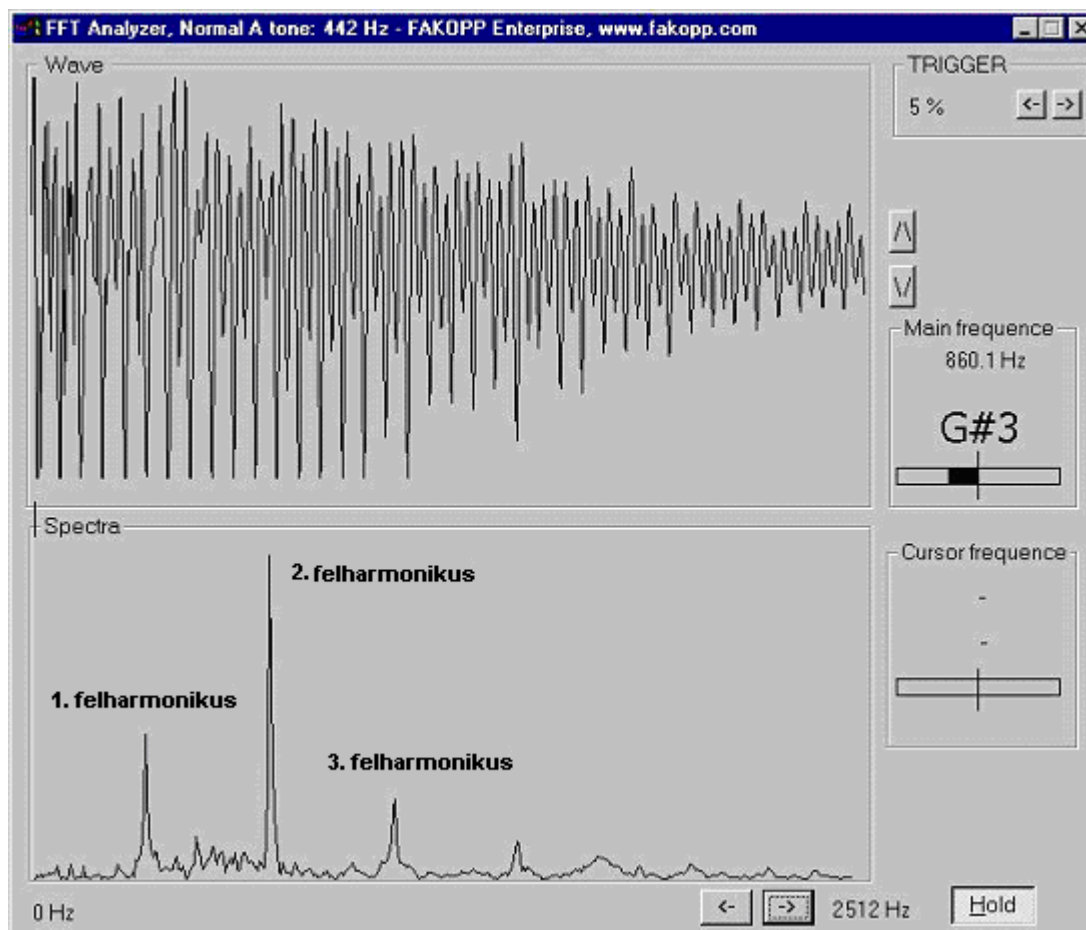
A mérés kivitelezését a fenti összeállítás szemlélteti (10. ábra). A két végén alátámasztott rönköt kalapáccsal megütve egy mikrofon és egy analizátor segítségével mértük a faanyag ütés hatására bekövetkező rezgéseit. Az ábra szerinti elrendezésben a dinamikus rostirányú rugalmassági modulusz értéke mérhető mely szabványban (MSZ EN 338) rögzített módon korrelál ugyanazon faanyag hajlítószilárdságával.

Az analizátor a jelen mérés esetében egy hordozható számítógép és egy alkalmas program volt, mely megjelenítette a mikrofon által érzékelt frekvencia jeleket, illetve Fourier transzformáció segítségével megadta a rezgés frekvencia spektrumának gyakoriság függvényét, mely az alábbiak szerint alakul:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-i 2 \pi f t} \cdot dt$$

ahol

$H(f)$ a frekvencia gyakorisági függvénye
 $h(t)$ a frekvencia idő függvénye
 i $\sqrt{-1}$
 f frekvencia
 t idő



11. ábra – A megjelenített szoftveres frekvencia képek

A hordozható számítógép programja a frekvencia gyakorisági függvényének elemzésével megállapította a kialakult rezgés leggyakoribb, azaz legdominánsabb frekvenciáját. Ez az esetek többségében valamely felharmonikus frekvencia, tehát a faanyagban rezgések terjedésekor alapvetően állóhullámok alakulnak ki. Az állóhullámok közül általában az első felharmonikus a meghatározó, de faanyagoknál gyakran megfigyelhető, hogy a második felharmonikus rezgés frekvenciája dominánsabb az elsőnél. Jelen mérés esetében is minden esetben ez a jelenség volt megfigyelhető (11. ábra)

Az alkalmazott program a hullámterjedés leggyakoribb frekvenciát adja meg melynek terjedési sebessége a felharmonikus hullám rendjét figyelembe véve számítható:

$$v = l \cdot f$$

ahol

- v: hullámterjedésének sebessége
- l: hullám hossza (jelen esetben a rönk hossza)
- f: második módusú állóhullám frekvenciája

A hullámfrekvencia mérés után a rönk végétől mért 40-50 cm távolságban 5 darab 50mm x 50mm x 50mm-es mintát vettem és meghatároztam a faanyag sűrűségét és nedvességtartalmát.

A kiszámított hullámterjedési sebesség ismeretében a nyíró rugalmassági modulusz az alábbiak szerint számítható.

$$E_n = \rho \cdot v^2$$

ahol

- E_n : rostirányú rugalmassági modulusz
- ρ : a faanyag sűrűsége
- v: hullámterjedés sebessége

Az MSZ EN 338 Magyar Szabványügyi Testület által is honosított európai szabvány táblázata részletesen tartalmazza az egyes faanyagok rugalmassági moduluszának, fajták szerinti szilárdsági besorolását.

A mért frekvencia, sűrűség, és nedvességtartalom adatok alapján már nem csak a nedves faanyag rugalmassági modulusza számítható ki, hanem az ipari gyakorlat által már sikerrel alkalmazott képlettel (Budó, 1965) becsülni lehet a száraz faanyag rugalmassági moduluszát is :

$$MOE = \rho_k (2lf)^2 0.92(1 + u/50)$$

ahol

- l: rönk hossza
- f: mért frekvencia
- u: nedvességtartalom különbség
- ρ_k : a rönk korrigált sűrűsége

$$\rho_k = \frac{\rho}{1 + u/100}$$

ρ : nedves rönk sűrűsége

Mivel a vonatkozó MSZ EN 338 szabvány -véleményem szerint helytelenül- nem ír elő nedvességtartalmat, ezért az építőiparban alkalmazott szárított fűrészárúk nedvességtartalmát

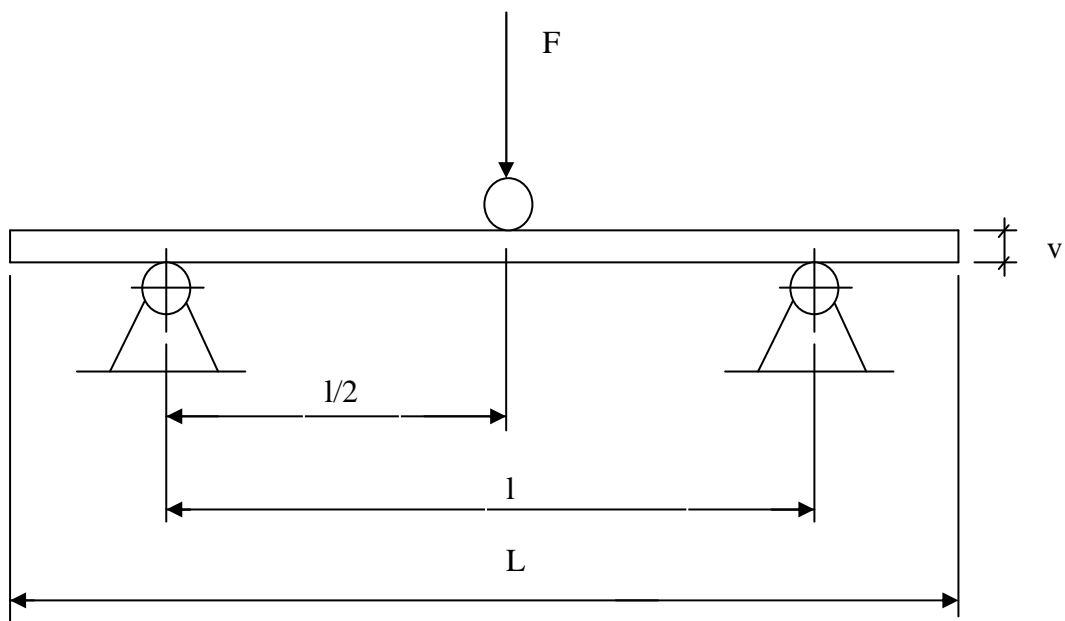
alkalmaztam száraz nedvességtartalom értéként, amely átlagosan 17%. (Budó Á és tsa, 1965).

A 17%-os nedvességtartalom hoz tartozó rugalmassági modulusz becsült értéke minden kiválasztott rönknél az első rönk esetben túlteljesítette az MSZ EN 338 szabvány által meghatározott C40 szilárdsági kategória értékeit ezért így a rönköket első lépésben alkalmasnak találtam kiválasztani a kísérletek lefolytatására.

9.3. Szárított alapanyagok hajlító szilárdsági vizsgálata, mérési eredmények

9.3.1. A vizsgálat elméleti háttere

Mivel a longitudinális hullámok terjedésével végzett mérés eredmény csak közelítő becslésnek tekinthető, szükségessé vált a kiválasztott rönkök szilárdsági tulajdonságainak pontos ellenőrzésére. A roncsolás mentes vizsgálat segítségével kiválasztott rönkökből 50 cm hosszú darabok kerültek levágásra, majd ezek 3 cm vastag szeletekre lettek fűrészelve. A felfűrészelt szeletek ezután zárt térben természetes szárítással érték el 7%-os nedvességtartalmukat. A szilárdság ellenőrzéshez a vonatkozó magyar szabvány (MSZ 6786-5:1976) szerint a próbatestek méreteit az alábbiak szerint alakítottam ki.



A próbatest hosszúsága: (L)	400 mm
A próbatest szélessége: (Sz)	20 mm
A próbatest vastagsága: (v)	20 mm
Alátámasztások távolsága: (l)	300 mm

A próbatestek hajlító vizsgálatát a 65% relatív légnedvesség és 20 °C hőmérséklet mellett kondicionálás előzte meg. A próbatest méretek, valamint a törés-diagrammok ismeretében a hajlító szilárdságot az alábbi képlet segítségével határoztam meg.

$$\sigma_{hajl} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot S_z \cdot V^2}; [MPa]$$

9.3.2. Eredmények

Fafaj	Hajlító szilárdság [MPa]	Szórás [%]	Szakirodalmi átlag [MPa]
Korai nyár	62.61	11.18	60.8
Olasz nyár (I214)	47.05	12.18	48.0

8. táblázat – Ellenőrző hajlítószilárdsági vizsgálatok eredményei

Részletes eredményeket az 1. és 2. melléklet tartalmazza

Az eredmények (10. táblázat) értékelése során megállapítottam, hogy a kiválasztott rönkök végéből vett minta-próbatestek szilárdsága mindkét fafaj esetében megfelelően közelítették a szakirodalom által megadott átlagos értékeket. Ennek megfelelően a rönköket további vizsgálatok céljára alkalmasnak találtam, és utasítást adtunk a rönkök hámozására.

9.4. Hámozott furnéralapanyag vizsgálata

9.4.1. A vizsgálat elméleti háttere, vizsgálatoz szükséges paraméterek meghatározása

Műszaki furnérokat – önmagukban – sem fanemesítési cézzal, sem technológiai szükségszerűség miatt nem szoktak tömöríteni. Összehasonlítási cézzal, továbbá kiindulási alapadatok (tömörödési alapidó) meghatározása céljából elvégeztem a ragasztóanyag nélküli, ún. „tisza” műszaki furnérok tömörödési hatás-vizsgálatát is.

A rendelkezésre álló furnérhalmazból kiválasztottam azokat, amelyek paramétereik miatt viszonylagosan homogénnek tekinteni, s a vizsgálatokat ezekkel végeztem el. A furnérlapok kiindulási méretei – hasonlóan a többi vizsgálatokhoz – 600 x 600 mm voltak. A tömörödési vizsgálatokhoz furnér-nemenként összesen 240 db furnérmintát használtam fel.

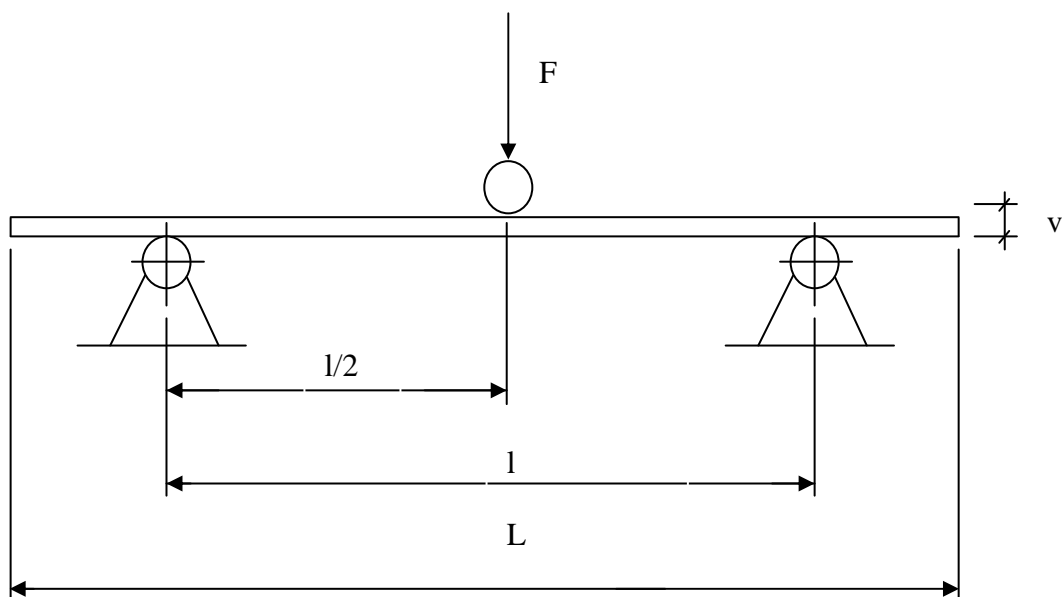
A préselés során a faanyag vastagságának csökkenését – viszonylagosan homogénnek tekintve a faanyagot – az alkalmazott présnyomás és a préselési idő befolyásolja. Amennyiben az idő függvényében a présnyomást nem változtatjuk, bizonyítható tény, hogy a tömörödési folyamat egy adott időponton túl nem folytatódik, a vastagságcsökkenés megszűnik. (Németh, 1986) Azt az időpontot, ahol egy adott présnyomás mellett már nem történik vastagságcsökkenés, „tömörödési alapidónek” nevezzük. A tömörödési alapidót a további vizsgálatok (változó nyomásértékek hatása a tömörödésre, illetve a tömörödés hatása a szilárdsági tulajdonságokra) elvégzéséhez kellett meghatározni.

A „tömörödési alapidő” meghatározása során a Fa- és Papírtechnológiai Intézet laborprésén 600 x 600 mm lapméretű, „száraz” (ragasztóanyag nélküli) műszaki furnérokat 1.5 Mpa nyomáson tömörítettem és mértem a vastagsági csökkenést különböző időpontokban. A préselés utáni vastagságmérést 5 percnyi „pihentetési idő” után végeztük el, azért, hogy csak a maradandó vastagságcsökkenést regisztráljam. Végeredményként megállapítható volt, hogy 4 percnyi nyomásközlés után megállt a további tömörödés. Ezt a megismételt kontroll vizsgálatok is bizonyították. Így a tömörödési alapidőt – a kísérleti eredményt 1 perccel „pótlékolva” – 5 percben választottam meg.

A tömörödési alapidő meghatározása után, amelyet a továbbiakban fix paraméternek tekintettem, lehetséges volt a választott furnérfajták tömörödési hatásvizsgálata, melyet 0, 1, 1.5 valamint 2 Mpa-os présnyomás alkalmazása mellett végeztem el.

Mind a Marilandika, mind pedig az I214 furnérfajtából véletlenszerűen választottam ki fajtánként, és nyomásértékenként 5-5 darab 600mm x 600mm-es furnér lemezeket, melyekből fafajonként és nyomás típusonként 60-60 darab próbatestet vágtam ki a UFA Franciavágási üzemének ipari furnérollójának segítségével. A próbatestek méreteinek mérését ± 0.01 mm pontosságú Mitutoyo számítógépes adatátviteli csatlakozással rendelkező digitális tolómérővel végeztem, míg a tömegmérés egy szintén számítógépes csatlakozóval rendelkező BIZERBA HW-E-620B típusú ± 0.01 g pontosságú laboratóriumi mérleggel történt. A próbatestek paramétereinek rögzítése után a Faanyag Tudományi Intézet INSTRON típusú hajlító berendezését alkalmaztam a próbatestek hajlítószilárdságának és hajlító rugalmassági modulusának meghatározására. A mérőcella mérési határa 1000 N mérési pontossága pedig ± 1 N volt.

További problémát jelentett a hajlító vizsgálat kivitelezése, mivel Magyarországon nem létezik furnérok hajlító vizsgálatára vonatkozó szabvány, sőt egyes kutatók kétségbe vonják a furnérokon végzett hajlító vizsgálatok létjogosultságát. Jelen disszertációnak nem feladata igazolni vagy cáfolni a kis vastagságú lemezek hajlító vizsgálatának létjogosultságát, annyit evidenciaként viszont meg kell jegyezni, hogy furnérokon végzett hajlító vizsgálat eredménye mindenképpen egyenes arányban van a furnér valós hajlítószilárdságával, ezért összehasonlító vizsgálatok végzésére feltétlenül alkalmas, és 3 mm-es vastagság esetében nagy valószínűséggel közelíti a valós értéket ezért tájékoztató jellegű mérések végzésére is megfelelőnek tekinthető. Mivel hatályos szabvány nem állt rendelkezésre ezért egy már sikerrel alkalmazott kísérleti módszer (Németh J. 1986.) paramétereit vettem át, melynek beállításait az alábbi ábra tartalmazza:



A próbatest hosszúsága: (L)	150 mm
A próbatest szélessége: (b)	50 mm
A próbatest vastagsága: (v)	3 mm
Alátámasztások távolsága: (l)	100 mm

Hajlító szilárdság számítása:

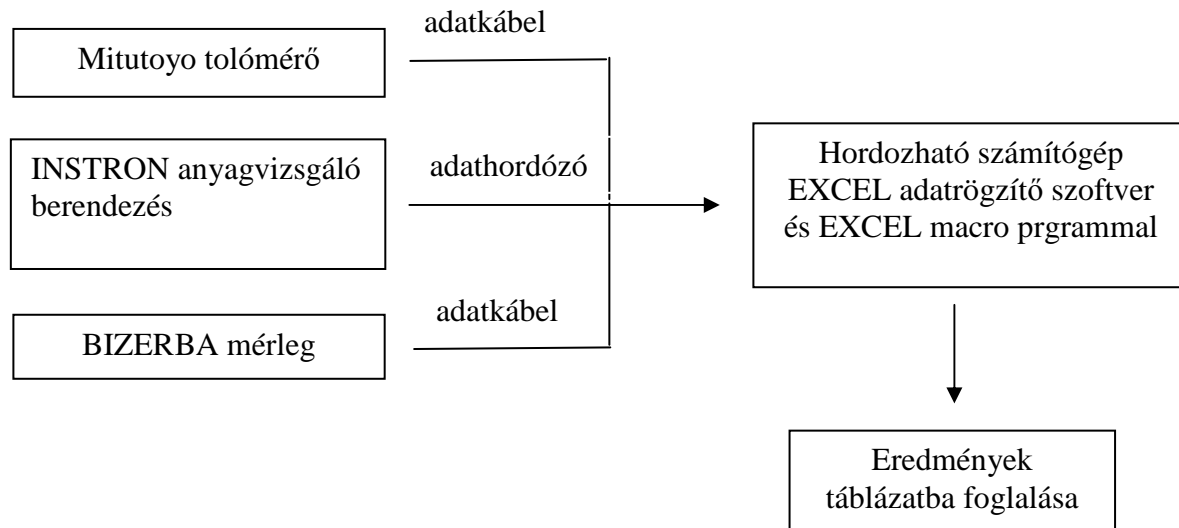
$$\sigma_{\text{hajl}} = \frac{3 \cdot F_{\text{max}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot v^2}; [\text{MPa}]$$

Rugalmassági modulusz számítása:

$$E_{\text{hajl}} = \frac{\Delta F}{\Delta y} \cdot \frac{l^3}{4 \cdot b \cdot v^3}; [\text{MPa}]$$

9.4.2. A mérési rendszer kivitelezése

A 9.4.1. pontban részletezett mérés a két fafaj, 4 présnyomás érték valamint 60 darab próbatest mellett összesen 480 darab próbatestet eredményezett, az alábbiak szerint állítottam fel egy gyors, pontos és hatékony adatfeldolgozó rendszert. (12. ábra)



12. ábra – Alkalmazott mérési rendszer sematikus ábrája

Mind a Mitutoyo tolómérő, mind pedig a Bizerba mérleg esetében műszerek kijelzője által mutatott érték átvitele gombnyomásra történt a hordozható számítógép adatrögzítő szoftverébe a billentyűzet használata nélkül. Az INSTRON anyagvizsgáló berendezés használata közben a próbatestek vizsgálata előtt csupán azok sorszámát kellett bebillentyűznöm. A mérés végeztével elmentettem a három berendezés által szolgáltatott adatállományokat. Ezután egy általam erre a célra írt EXCEL macro program (a különböző állományokat beavatkozás szükséglete nélkül megnyitotta és azok tartalmának értelmezése és feldolgozása után kitöltötte disszertáció 4. és 5. mellékletében található táblázatokat.

A program (3. melléklet) a táblázatokba foglalt sűrűség és hajlítószilárdsági értékeket egzakt képletek, a hajlító rugalmassági modulusz kiszámításához szükséges meredekséget pedig a hajlító erő 10 és 40%-ához tartozó diagram pontok közötti szakaszon felvett regressziós egyenes segítségével határozta meg. A létrehozott mérési rendszer töredékére csökkenti a nagy mintaszámú mérések időtartamát.

9.4.3. Mérési végeredmények részletezése

A mérési eredményeket a 9/a és a 9/b táblázatok foglalják össze, a részletes eredményeket pedig a melléklet 4/1 – 5/8 táblázatai tartalmazzák.

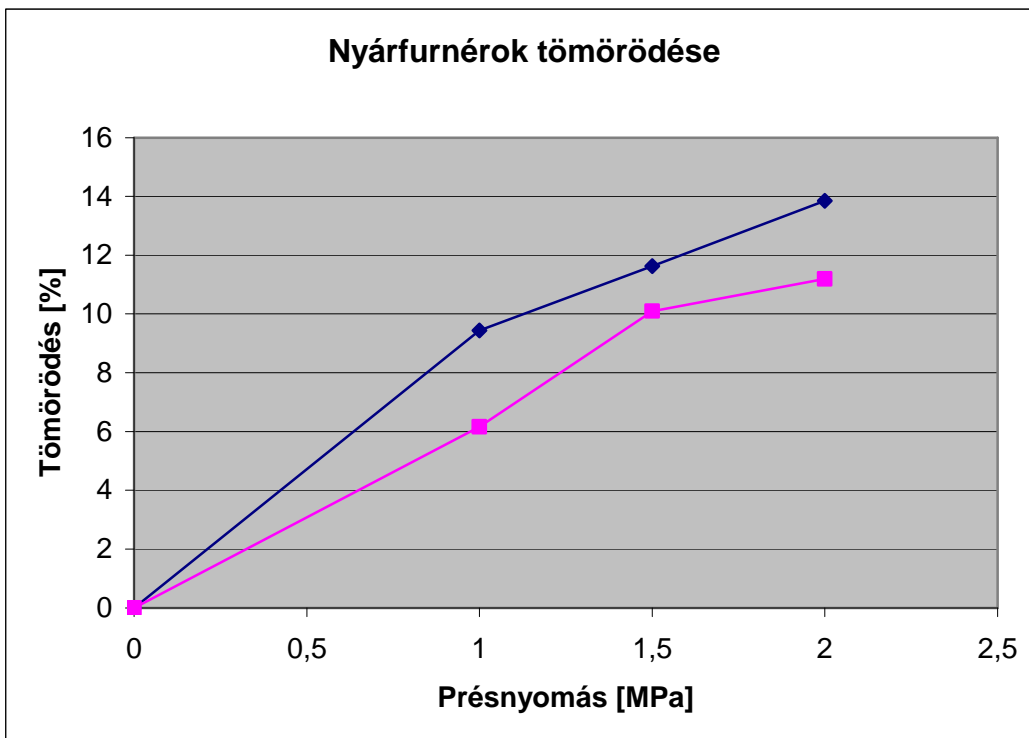
Présnyomás [Mpa]	Átlagos vastagság [mm]	Tömörödés [%]	Sűrűség [g/cm ³]	Hajlító szilárdság [Mpa]	Rugalmassági modulusz [Mpa]
0.0	2.98	0	0.43	62.19	5009.96
1.0	2.80	6.04	0.46	66.48	5461.55
1.5	2.68	10.07	0.47	67.63	5651.06
2.0	2.65	11.17	0.48	68.38	5719.65

9/a. táblázat - Marylandica nyárfurnér vizsgálata 120 °C-os, 5 perces présidő után

Présnyomás [Mpa]	Átlagos vastagság [mm]	Tömörödés [%]	Sűrűség [g/cm ³]	Hajlító szilárdság [Mpa]	Rugalmassági modulusz [Mpa]
0.0	3.03	0	0.36	51.99	3534.86
1.0	2.74	9.57	0.44	64.71	4870.42
1.5	2.67	11.88	0.46	66.53	5310.89
2.0	2.61	13.86	0.47	67.66	5492.36

9/b. táblázat I-214 nyárfurnér vizsgálata 120 °C-os, 5 perces présidő után

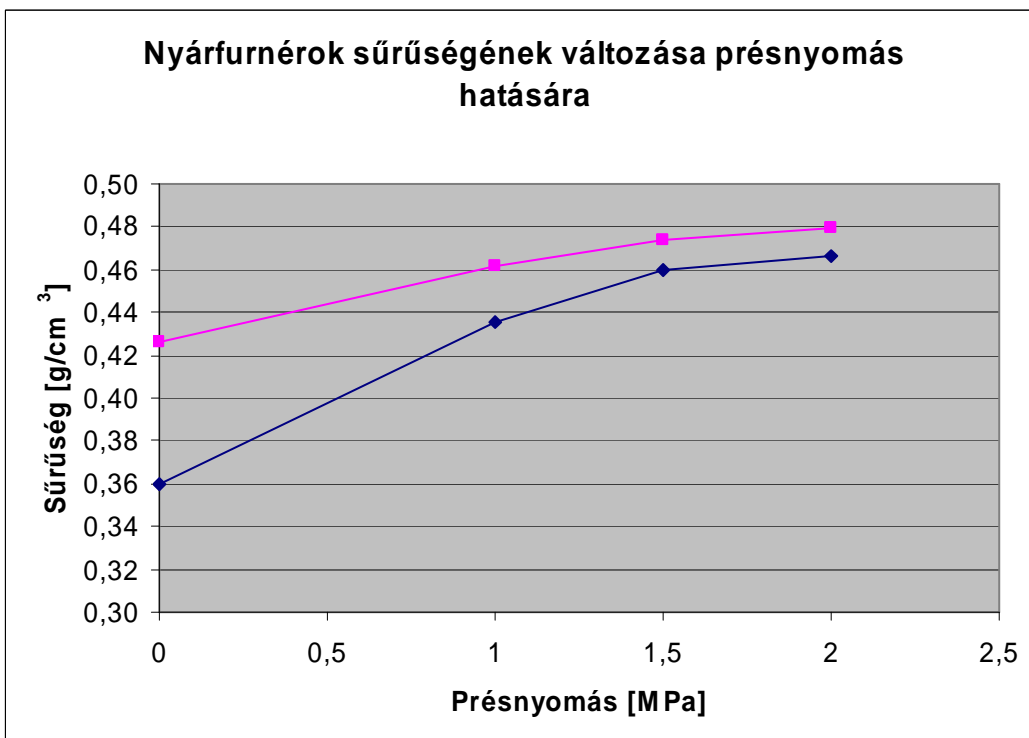
A mérési eredmények fontosabb összefüggéseit diagramok segítségével ábrázoltam (13 a,b,c,d,e,f ábrák), melyek az I214 és Marilandika furnérok tömörödését, sűrűségváltozását, hajlítoszilárdság-változását és hajlító rugalmassági modulusz változását mutatják be.



13/1. ábra – Nyárfurnérok relatív tömörödése

Jelmagyarázat: — Marilandika nyárfurnér

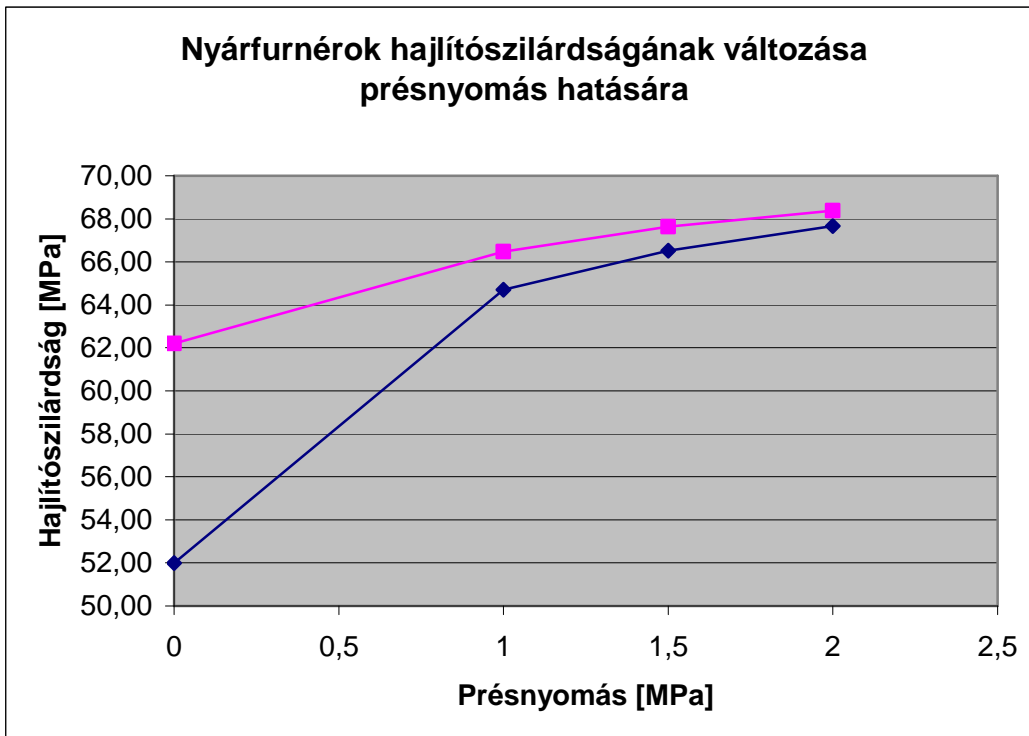
— Olasz nyár furnér



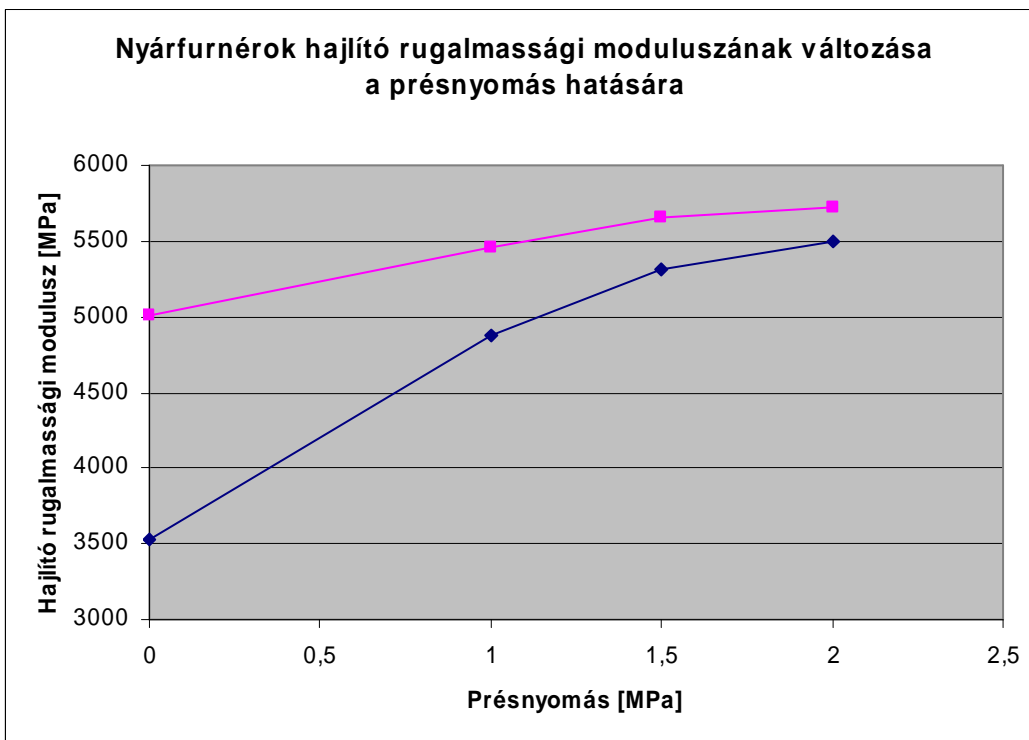
13/2. ábra – Nyárfurnérok sűrűségének változása az alkalmazott présnyomás függvényében

Jelmagyarázat: — Marilandika nyárfurnér

— Olasz nyár furnér



13/3. ábra – Nyárfurnérok hajlító szilárdságának változása az alkalmazott présnyomás függvényében



13/4. ábra – Nyárfurnérok hajlító rugalmassági modulusának változása az alkalmazott présnyomás függvényében

Notation: — Marylandica Poplar Veneer
 — I214 Poplar Veneer

9.4.4. A mérési adatok (eredmények) alapján levonható következtetések

- A minta furnérlapok , illetve az ezekből készített próbatestek mért adatai alapján az I-214 furnér „alap”-sűrűsége $0,36 \text{ g/cm}^3$, a Marylandica sűrűsége $0,43 \text{ g/cm}^3$, vagyis az utóbbié mintegy 17%-al nagyobb.
- A tömörödés mértéke némileg eltér egymástól, az I-214 esetében 12-14%, a Marylandica esetében 6-10%.
- A furnérok rostirányú hajlítószilárdsága jelentős mértékben megnőtt; az I-214 esetében 24-30%-al, a Marylandica esetében 7-10%-al.

Megjegyzés: az alsó érték 1 N/mm^2 , a felső érték 2 N/mm^2 fajlagos présnyomás alkalmazásakor értendő!

A nyár műszaki furnérok esetében a fajlagos présnyomás növelésével jelentős javulás érhető el szilárdság és rugalmassági modulusz tekintetében egyaránt, de az anyagvesztéget jelentő furnér-vastagságcsökkenés is jelentős.

Ezideig a hámozott műszaki furnérok – ezen belül a nyár furnérok – sűrűségnövelésének (tömörítésének) hatásvizsgálata nem történt meg, ezen kutatási eredmények hozzájárulnak a rétegelt faszerkezetekre vonatkozó alapkutatások további végzéséhez.

10. Kísérleti LVL lemezek készítése és vizsgálata

10.1. Vizsgálat célja, felhasznált anyagok

A kísérleti LVL lapok készítésének célja egyrészt a tisztán nyár fafajtákból, másrészt a vegyes felépítésű (nyár-bükk, nyár-csertölgy) LVL termékek szilárdsági vizsgálata annak eldöntésére, hogy megfelelő szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező LVL termék készíthető a rendelkezésre álló alapanyagokból.

Mivel hazai nyár klónok sűrűsége és ezzel együtt szilárdsága is viszonylag széles határok között változik (7. táblázat), a tisztán nyár fafajtákból és különös tekintettel az Olasz nyár fajtából készült lapoknál szükséges megvizsgálni, azt hogy a tömörödés és a ragasztóanyag együttes hatása valóban olyan mértékben érvényesül -e az LVL termékekben mint ahogyan azt a rétegtlemez-mechanikai tulajdonságai alapján becsülni lehet (Németh és tsai 2001-2004). Továbbá tekintettel arra, hogy az egyes nyárfa rönkök fajtájának megkülönböztetésére a furnéripari üzemek rönkterén nincs lehetőség, érdemes a kutatásnak jelen fázisában megvizsgálni, hogy van -e jelentős vagy számottevő különbség a legnagyobb sűrűségű és a legkisebb sűrűségű nyárfafajtákból készült LVL termékek hajlító szilárdsága között.

Magyarországi rönkkereskedelmi és a furnéripari sajátosság, hogy általában nagy mennyiségű, gyenge minőségű keménylombos alapanyag áll a hazai gyártók rendelkezésére mivel a jó minőségű furnéripari rönkök Nyugat-Európában kerülnek értékesítésre. A gyenge minőségű rönkök nagy mennyiségű, alacsony minőségi besorolású furnértömeget eredményeznek a furnéripari egységek raktáraiban. További magyar fagazdálkodási sajátosság, hogy az magyarországi kiterjedt, eddig tűzifaként értékesített csertölgyes állományok faipari értékét elkezdték felfedezni és a megfelelő választékok más keménylombos fafajoknál jóval olcsóbban kerülnek értékesítésre ezért hámozásuk rendkívül gazdaságos. Ebben az esetben is természetesen nagymennyiségű gyenge minőségű fedőfurnérként nem alkalmazható választék keletkezik.

Mindebből kifolyólag feltétlenül gazdaságos lehet egy olyan termék gyártása amely szélső, de nem a legszélső rétegeiben keménylombos fafajták furnérjait tartalmazza, mennyiben ez jelentős szilárdság növekedést eredményez. Jelen vizsgálat másodlagos célja tehát eldönteni azt, hogy jelentős mértékben növeli -e meg, a keménylombos fafajták furnérjainak fent vázolt alkalmazásmódja az LVL termék hajlító szilárdságát.

10.2. Vizsgálat korlátainak behatárolása

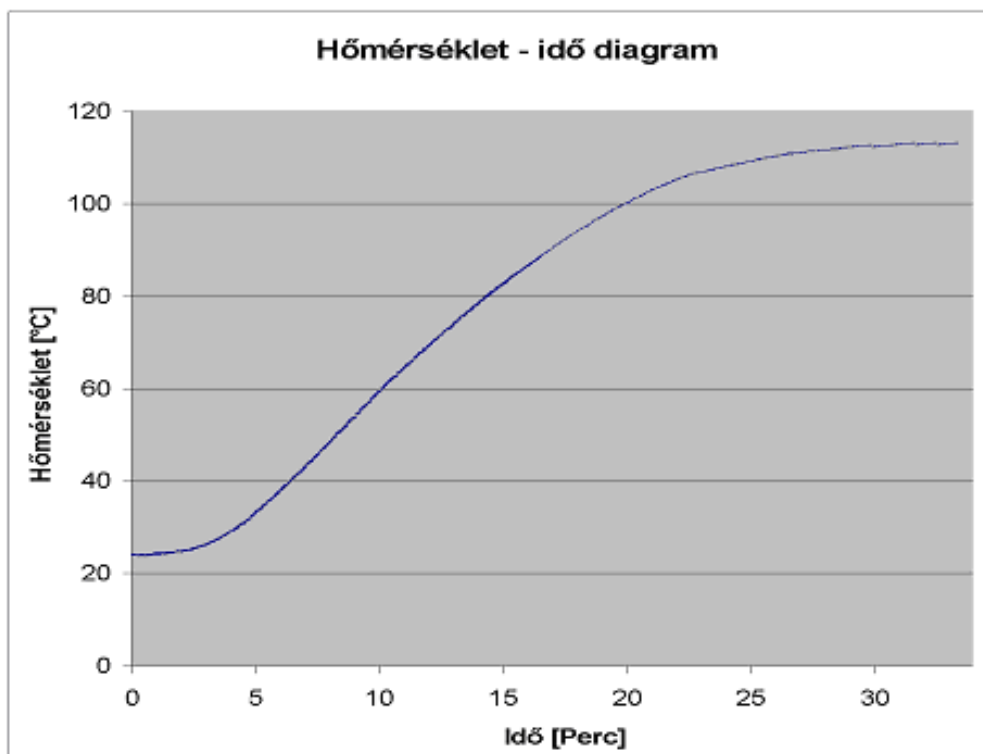
Az LVL lemezek készítése során a lapok méretét a laboratóriumi prés lapjainak mérete (600mm x 600mm) határozta meg, mivel egyébként az LVL furnéripari termék szélességi mérete rendkívül nagy szélességi tartományban mozog.

A furnéripar által gyártott LVL lemezek rétegszáma általában 6-30-ig változik de természetesen a rétegszám ezt a tartományt jóval meg is haladhatja de 30-as rétegszám felett a hőpréslés már nem lehet gazdaságos. Az előzőeket figyelembe véve az LVL lemezek rétegszámát úgy határoztam meg, hogy a kísérleti LVL lemezek rétegszáma -tekintetbe véve a nyárfurnérok nagyobb mértékű tömörödését- az átlagosnál valamivel magasabb legyen. Így esett a választás a 15-ös rétegszámra. A kész LVL lemez vastagsága így -figyelembe véve nyárfurnérral végzett korábbi rétegtlemez-ipari kutatások eredményeit [Németh és tsai 2003.]- kb. 40mm lett.

10.3. A présidő meghatározása

A hőpréselés folyamata alatt lejátszódó bonyolult fizikai jelenségek még ma sem tisztázottak kellőképpen ahhoz, hogy elméletileg megalapozott képletet lehessen alkotni a présidő kiszámítására. A szükséges présidő meghatározásához termopár segítségével végeztem előzetes méréseket. A termopár két különböző anyagú fémes szigetelt vezeték, melyeknek vége szigetelés nélkül érintkezik egymással. A fémekben az elektronok elektromosan terheletlen állapotban egy egyensúlyi helyzetet vesznek fel, ún. potenciál gödrökben helyezkednek el, amely mintegy meghatározza energia szintjüket. Az elektronok energiaszintjének nagysága fémenként általában eltérőek. Ha két különböző energia szintű elektronokkal rendelkező fémeket érintünk össze, akkor az érintkezés környezetében az eltérő energiaszinteknek megfelelő, új egyensúlyi állapot fog beállni melynek során az érintkező felületeken elektronok lépnek át egyik fémből a másikba. Ez az elektron eltolódás azonban az eredeti egyensúlyi állapothoz képes kis mértékű feszültséget idéz elő, mely a fémek megfelelő pontjain -esetünkben vezetékek végpontjain- megfelelő méréspontosságú műszerrel mérhető.

A mérés során figyelembe vettem a ragasztó gyártó műszaki, használati utasításait, amely szerint a ragasztó anyag 100 °C-on 10 percig történő tartása mellett éri el a gyárilag szavatolt szilárdságot. A finom feszültségi értékeket kalibráció segítségével hőmérsékleti értékekké alakítottam, melynek következtében az alábbi diagram (14. ábra) rajzolódott ki préselés közben:



14. ábra – Az LVL teríték belsejében mért hőmérséklet diagramja az idő függvényében

A diagramm alapján a présidő mértékét 34 perc présidőben és 2 perc présnyitási időben határoztam meg, melyet *Németh J. és tsa (1999)* által meghatározott $T = f + d/2$ képlet ($14 + 42/2 = 36$) jó közelítéssel alátámasztott.

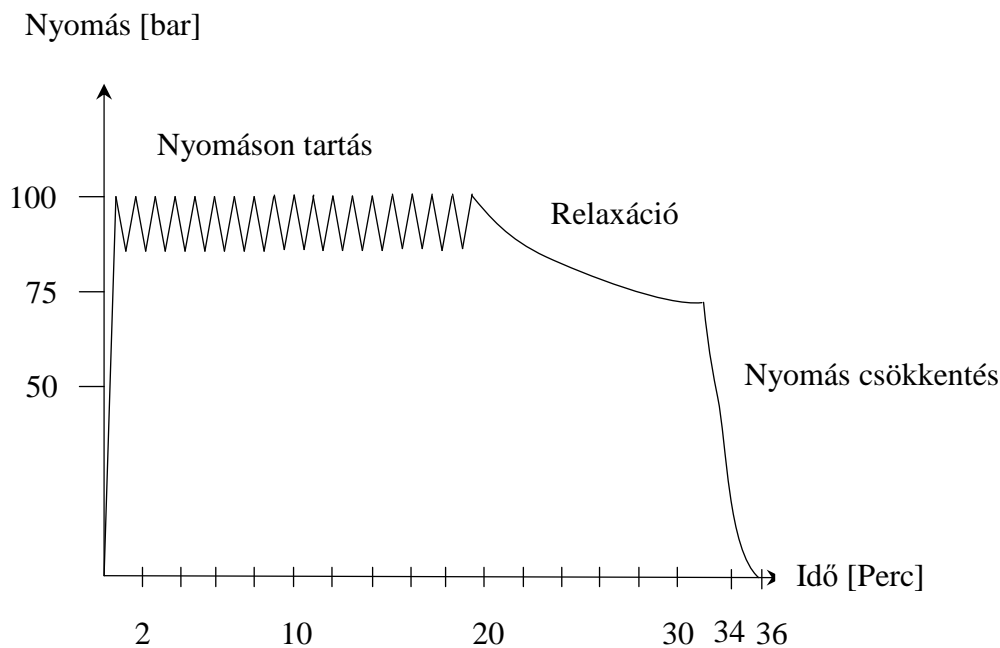
A képletben

T a présidő

f ragasztó rétegek száma

d lemez névleges vastagsága

A présnyomás beállítását az alábbi nyomás diagram szemlélteti (15. ábra):

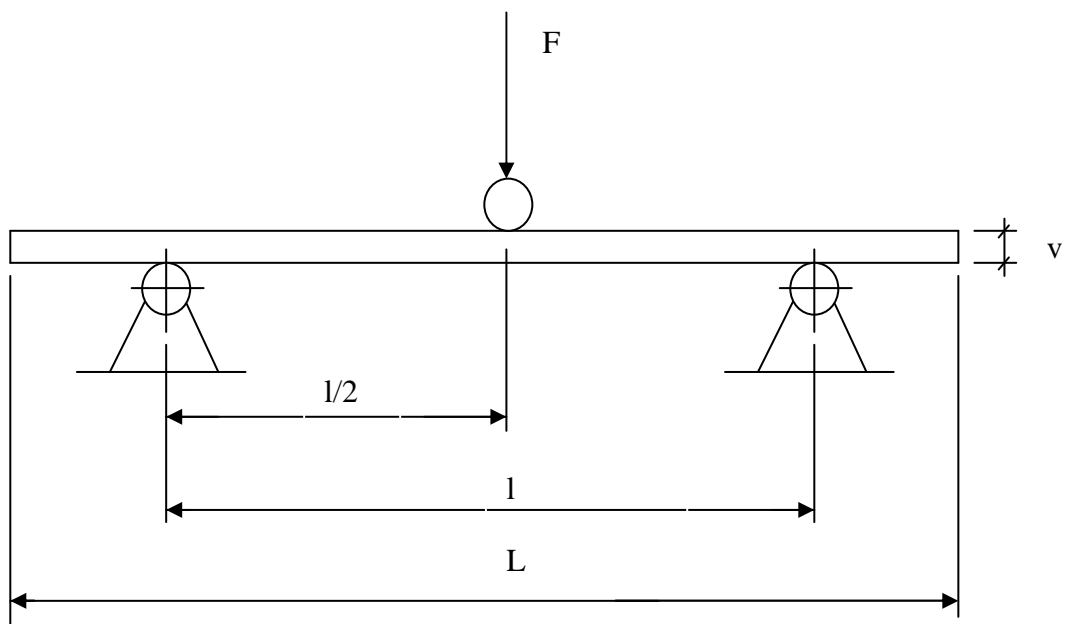


15. ábra – Préselés közben alkalmazott présnyomás-idő diagram

Kb. 20 másodperces nyomásfelvétel után 20 perc teljes nyomáson tartás következett. Amikor a hőmérséklet diagram szerint a hőmérséklet elérte azt a hőmérsékletet, amikor a ragasztóanyag már jelentősmértékben polimerizálódik, a présberendezés nyomástartását megszüntettem, miután présnyomását a teríték relaxációval arányos nyomáscsökkenés határozta meg. Erre azért volt szükség, hogy a nyomáson tartással járó ismételt nyomásnövekedések ne roncsolják a már kialakult ragasztókötések.

10.4. Hajlító vizsgálat

Az elkészített LVL lemez szerkezeti felépítése és szilárdsági anizotrópiája közelebb áll a természetes faanyag anizotrópiai tulajdonságaihoz, mint lemezipari termékekéhez. Ezért a hajlító vizsgálatokat a nem a faalapú lemezekre vonatkozó magyar szabvány szerint, hanem az MSZ 390-76-os „Faanyagok statikus hajlítószilárdságának meghatározás” szabvány szerint végeztem el. Mivel az LVL lemezek vastagsága 40mm és a szabvány által előírt 20 mm x 20 mm-es próbatest keresztmetszetet célszerűtlen lett volna kialakítani, ezért a mérés beállításait a szabványos beállítások méretarányos felnagyításával határoztam meg, melyet az alábbi ábra szemléltet.



A próbatest hosszúsága: (L)	600 mm
A próbatest szélessége: (Sz)	40 mm
A próbatest vastagsága: (v)	40 mm
Alátámasztások távolsága: (l)	480 mm

Szilárdság meghatározása:

$$\sigma_{hajl} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot S_z \cdot V^2}; [MPa]$$

A szabványos hajlító vizsgálatokat két irányban végeztem el, először az alkotó furnérokat lapjára fektetve, majd azokat élére állítva. A vizsgálat előtt a próbatestek szabványos körülmények között 20 °C-on 65%-os relatív páratartalmú helyiségben 2 hétig klimatizáltam.

10.5. Mérési eredmények:

A részletes eredmények táblázatos összefoglalása a 6-9. mellékletekben tekinthető át. A részletes eredményeket a 10. táblázat foglalja össze, melynek értékeit figyelembe véve elmondható, hogy a készített termék alapanyaghoz viszonyított szilárdsága a legkedvezőtlenebb esetben is több mint 25%-kal javult és így magas szilárdsági besorolású osztályba tartozik.

Fafaj	Hajlító szilárdság [MPa]	Szórása [%]
Marilandika nyár	72.53	4.43
Olasz nyár (I214)	67.72	4.65
I214-bükk vegyes	82.65	2.65
I214-cser vegyes	84.07	2.76

10. táblázat – Kísérleti LVL lemezek hajlítószilárdság vizsgálatának eredményei

11. Félüzemi kísérletek

11.1. Üzemi kísérletek célja

A tudományos élet gyakran küzd azzal a problémával, hogy a laboratóriumi feltételek között a legkörülmekintőbb kísérlettervezés ellenére nem sikerült megfelelően modellezni a valós üzemi viszonyokat. Előfordulhat, hogy az ipari környezet technológiai sajátosságai megváltoztatják a késztermék tulajdonságait, és nem tudják igazolni a laboratóriumi körülmények között elérhető eredményeket. Ezért a félüzemi kísérletek célja a 10. pontban elvégzett vizsgálatok megállapításainak igazolása, ugyanolyan illetve hasonló felépítésű LVL lemezek legyártásával.

11.2. Alkalmazott anyagok:

Az felhasznált anyagok az eddigieknek megfelelően a Marlandika, az olasz (I214) nyárfajták foltozatlan (göcsátmérő < 20mm) furnérjai valamint foltozott (göcsátmérő > 20mm) 3mm névleges átmérőjű furnérjai, továbbá bükk valamint csertölgy 2mm névleges vastagú furnérjai. A furnérok nedvességtartalma 3-5%-os tartományban mozgott.

Ragasztóanyag: Rezofén MF rezol típusú fenol-formaldehid műgyanta, mely 3 t% kókuszlisztet és 3 t% krétaport tartalmazott.

11.3. LVL lemeztípusok

- a/ Olasz nyár jó minőségű belső furnérokkal (kétoldali ragasztózással)
- b/ Olasz nyár jó minőségű belső furnérokkal
- c/ Olasz nyár foltozott belső furnérokkal
- d/ Olasz nyár 2 db 2 mm vastag – borítófurnérok alatti -bükk belső furnérral
- e/ Olasz nyár 2 db 2 mm vastag – borítófurnérok alatti -cser belső furnérral
- f/ Marilandika nyár jó minőségű belső furnérokkal
- g/ Marilandika nyár foltozott belső furnérokkal
- h/ Marilandika nyár 2 db 2 mm vastag – borítófurnérok alatti -bükk belső furnérral
- i/ Marilandika nyár 2 db 2 mm vastag – borítófurnérok alatti -cser belső furnérral

A keménylombos furnérok minden esetben kívülről számolt második rétegben kerültek elhelyezésre.

11.4. A gyártástechnológiai paraméterek meghatározása:

11.4.1. Ragasztóanyag mennyisége és a felhordás módja:

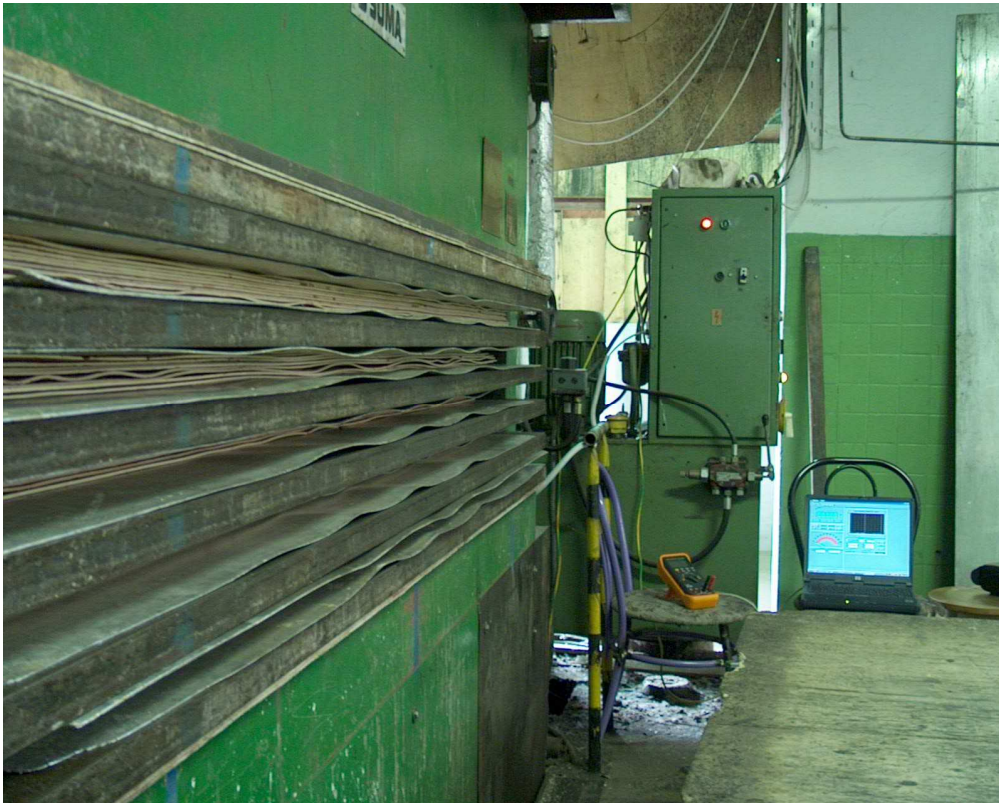
Laborkísérletek alapján (Németh és tsai 2002) ragasztót szárazanyagra számított $m_0 = 70$ g/m² mennyiségben kellett felhordani. A megfelelő ragasztóanyag felhordás mennyiségét próbafelhordásokkal tömegmérés segítségével állapítottam meg. A 6.3. pontban felsorolt /a/ esetben a ragasztóanyag felhordást a furnérok mindkét oldalán végeztük egyesével adagolva

a furnérlemezeket a ragasztóanyag-felhordó berendezésbe. Természetesen ebben az esetben a felhordott ragasztóanyag mennyiségét felére állítottuk be. A tapasztalatok sajnos ezt a módszert helytelenítették mivel a ragasztóanyag felhordás ilyen kis fajlagos mennyiség esetén már foltokban hiányos volt, ezért a továbbiakban kétszeresére növeltük a felhordott ragasztóanyag mennyiségét és kettesével adagoltuk a furnérokat a felhordó berendezésbe. Az alkalmazott módszer ekkor már mindenesetben egyenletesen felhordott ragasztóréteget eredményezett.

11.4.2. Présparaméterek:

- Hőmérséklet: 130 °C

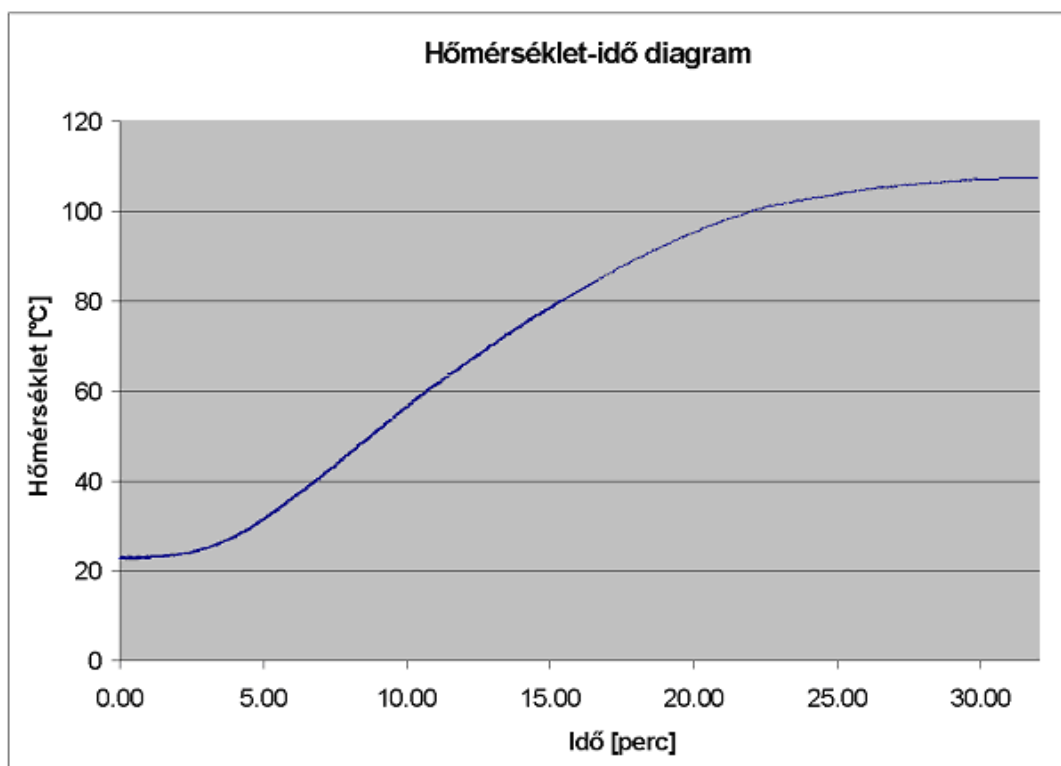
- Présnyomás: 0,8 Mpa (az üzem kérésére mivel tapasztalataik szerint az 1 Mpa feletti nyomással készült lemezek vastagsági méretszórása növekszik)



16. ábra – Félüzemi kísérleti lemezek préselése

- Tervezett présidő: 34 perc, amely kb. 20 másodperces prészárást, 32 perc nyomáson tartást és 2 perc présnyitási időt foglalt magába.

Az érintkezési potenciál (termoelemes feszültségmérés) elvén alapuló műszeres hőmérséklet meghatározással mért belső hőmérséklet a 45,75 mm vastag lemezeknél mintegy 22 - 23 perc alatt éri el a 100 °C értéket. A lap keresztmetszetének közepén a hőmérséklet az alábbi Hőmérséklet - Idő diagram szerint alakult (17. ábra):



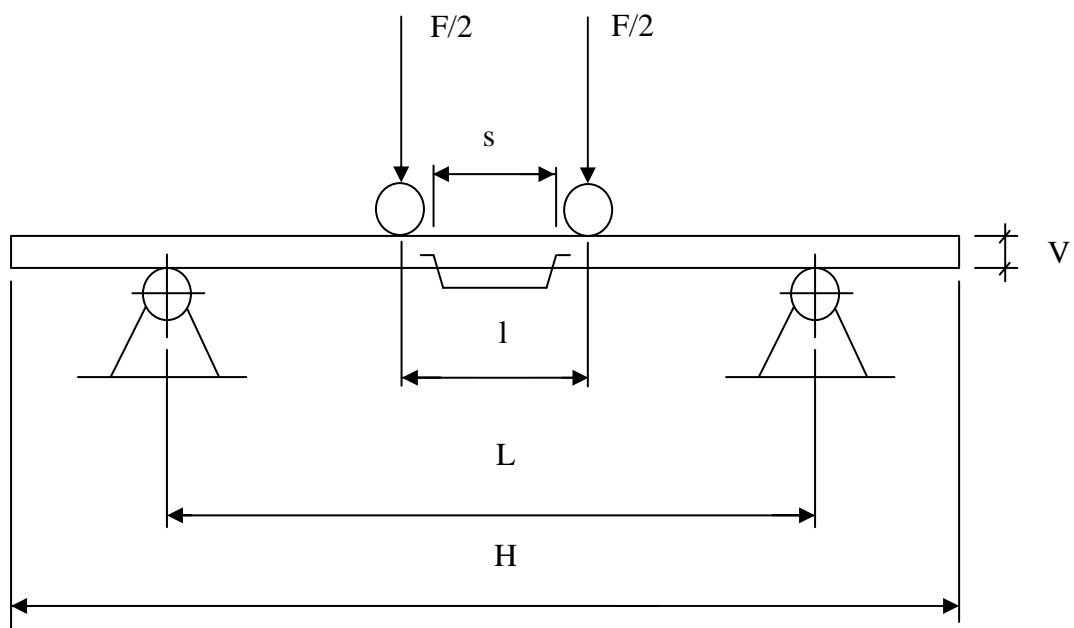
17. ábra – Teríték belsejében mérhető hőmérséklet, idő-diagramja

Ezt követően a szükséges kikeményedéshez maximum 6 - 8 perc feltehetően elegendő. Ciklusidő mintegy 40 perc.

Mért tömörödés értéke tisztán nyár felépítésű lemezeknél préselés után közvetlenül: átlagban 7 %

11.5. Üzemi kísérletek mérési módszere

A mérés az MSZ EN 408:1995 „Faszerkezetek. Teherviselő építőfa és rétegelt-ragasztott fa egyes fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása” magyar szabvány négyponos hajlító vizsgálatokra vonatkozó előírásai szerint lett megtervezve, melynek alapján az alábbi ábrán látható és az ábra alatt olvasható szimmetrikus beállítás alakult ki:



A próbatest hosszúsága:	$H = 1000 \text{ mm}$
A próbatest szélessége:	$b = 120 \text{ mm}$
A próbatest vastagsága:	$v = 40 \text{ mm}$
Alátámasztások távolsága:	$L = 720 \text{ mm}$
Koncentrált erők távolsága:	$l = 240 \text{ mm}$
Mérőkeret felfüggesztésének távolsága:	$s = 200 \text{ mm}$

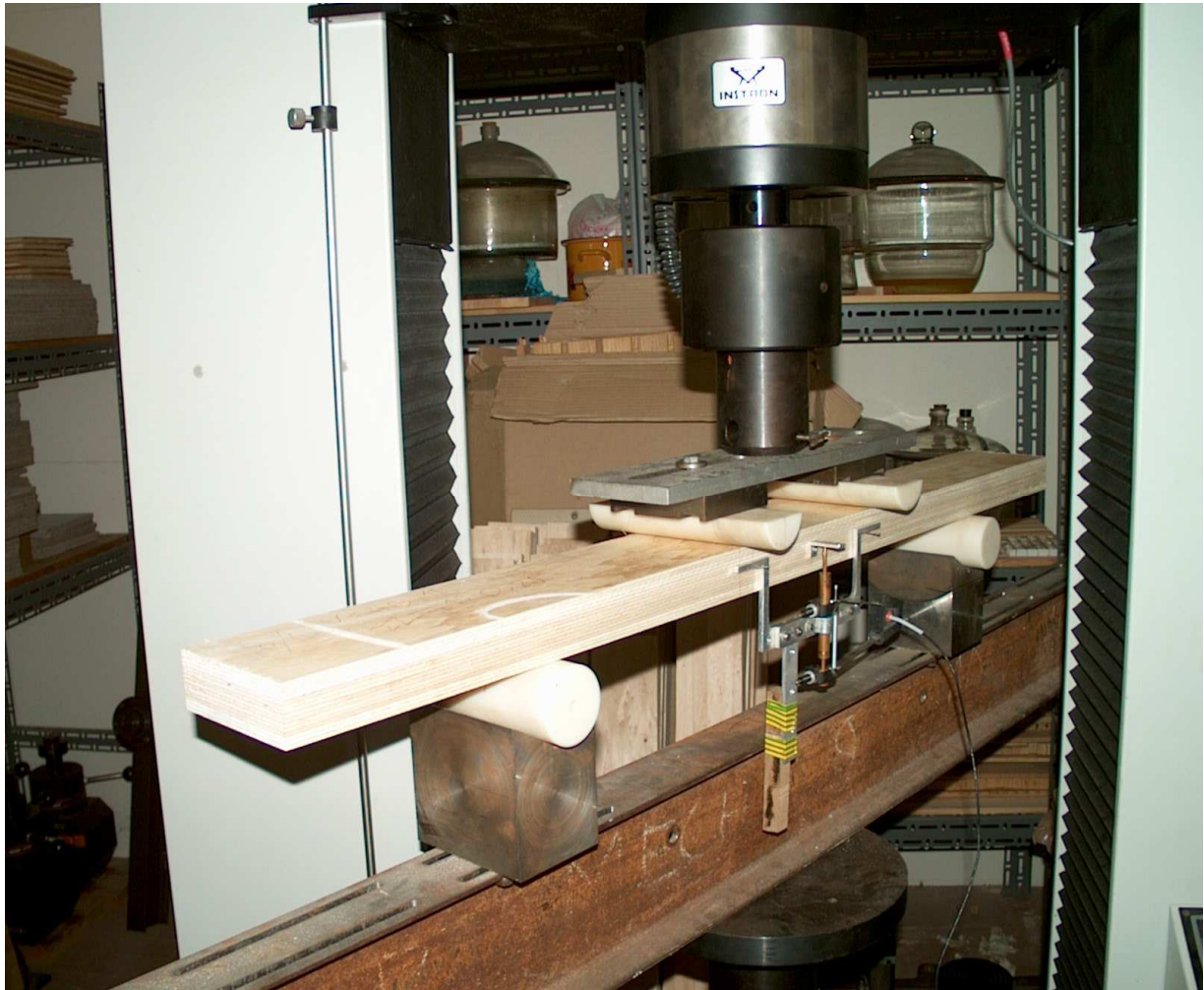
A próbatestek méreteinek mérése vastagságban 0.01 mm, szélességben és hosszúságban 0.5 mm-es pontossággal történt. A hajlítóvizsgálat (18. ábra) elvégzése után a hajlítószilárdságot, és a rugalmassági moduluszt az alábbi képletek adják meg:

Hajlító szilárdság

$$\sigma_{\text{hajl}} = \frac{3 \cdot F_{\text{max}} \cdot (L-1)}{2 \cdot b \cdot v^2} \quad [\text{MPa}]$$

Hajlító rugalmassági modulusz:

$$E_{\text{hajl}} = \frac{\Delta F}{\Delta y} \cdot \frac{1 \cdot s^2}{64 \cdot b \cdot v^3}; [\text{MPa}]$$



18. ábra – A „négypontos” hajlító vizsgálat

11.6. Mérési eredmények:

Az alábbi 11.a,b táblázatok és doboz diagrammok részletezik az egyes LVL típusok felépítését és a hozzájuk tartozó szilárdsági valamint rugalmassági modulusz értékeket. A táblázatok és a 19a/b ábrán található doboz diagramok tartalmazzák, továbbá az LVL típusokhoz tartozó jelölésrendszert is, melyre a dobozdiagramok hivatkoznak.

11. a táblázat – Négy pontos hajlító vizsgálatok eredményei Marylandica próbatetek esetében

LVL felépítése			Minta sorszáma	Hajlító szilárdság [Mpa]	Rugalmassági modulus [Mpa]
marilandika nyár alapanyag	(1)	Borító: 9-es marilandika Belső 12-es marilandika foltozás nélkül	1	69.3	11760
			2	81.6	12520
			3	77.2	11500
			4	74.7	10500
			5	75.1	11970
			6	69.8	11257
			Átlag	74.6	11584
			Szórás	6.21	5.91
	(2)	Borító: 9-es Marilandika Belső 12-es marilandika foltozott	1	68.5389	10466
			2	64.1156	10856
			3	67.7913	10034
			4	68.6902	9960
			5	59.9059	11081
			6	73.3449	10026
			Átlag	67.06	10404
			Szórás	6.82	4.59
	(3)	Borító: 9-es marilandika Belső 12-es óriás + 2 db 2mm-es bükk	1	82.77	12610
			2	83.1	13080
			3	77.33	12090
			4	87.2	12000
			5	83.818	13350
			6	78.358	12080
			Átlag	82.10	12535
			Szórás	4.46	4.59
	(4)	Borító: 9-es marilandika Belső 9-es marilandika + 4 db 1mm cser	1	85.3	12277
			2	78.3	11587
			3	75.8	11183
			4	77.7	12157
5			77.3	11387	
6			85.2	12017	
Átlag			79.94	11768	
Szórás			5.28	3.79	

11. b táblázat – Négy pontos hajlító vizsgálatok eredményei Olasz nyár (I214) próbatestek esetében

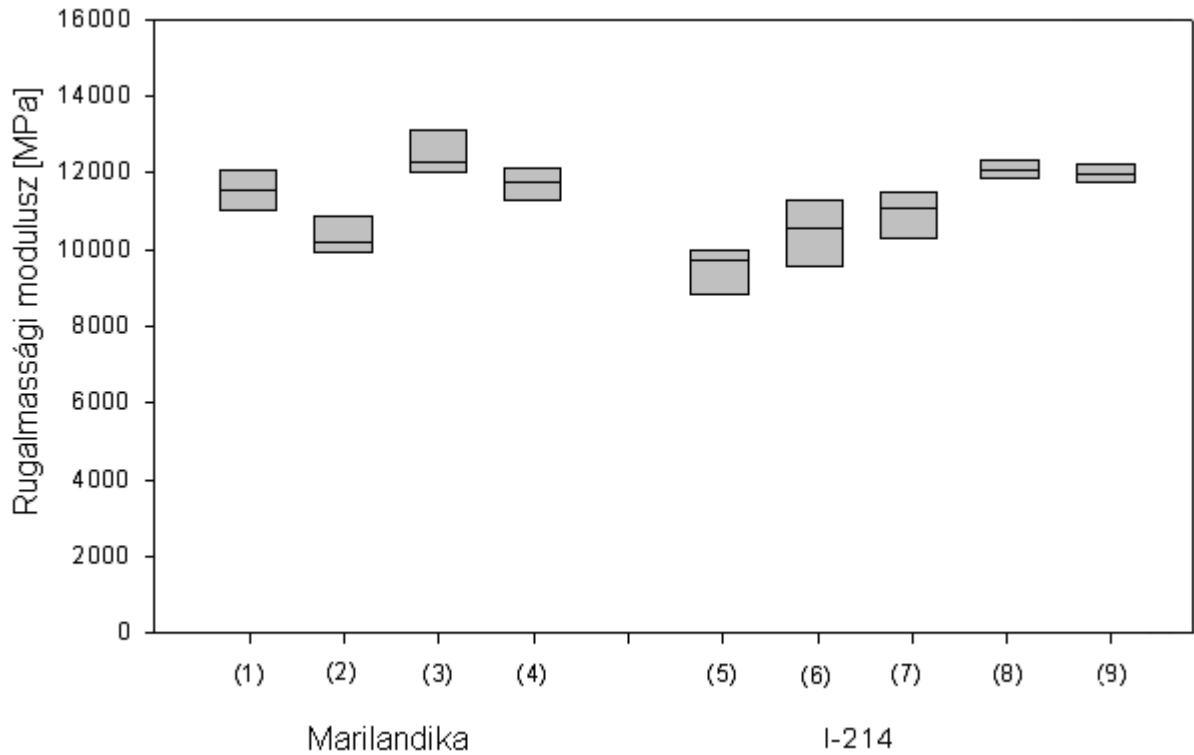
LVL felépítése			Minta sorszáma	Hajlító szilárdság [Mpa]	Rugalmassági modulus [Mpa]
I214 nyár alapanyag	(5)	Borító: 17-es olasz Belső 17-es olasz Mindkét oldalon ragasztózott	1	42.9	6486
			2	51.8	9814
			3	51.8	8867
			4	50.7	9212
			5	60.2	9103
			6	53.6	9313
			Átlag	51.84	8799
			Szórás	10.72	13.36
	(6)	Borító: 17-es olasz Belső 16-os olasz foltozott	1	60.3	9878.4
			2	60.6	10516.8
			3	64.7	9055.2
			4	55.5	8820.0
			5	56.4	10054.8
			6	66.3	11314.8
			Átlag	60.65	9940
			Szórás	7.12	9.30
	(7)	Borító: 17-es olasz Belső 17-es olasz minden 2. oldalon ragasztózott	1	79.6	9873
			2	72.0	10960
			3	65.4	9310
			4	71.1	10836
			5	62.7	10157
6			75.7	10950	
Átlag			71.09	10347	
Szórás			8.84	6.58	

LVL felépítése			Minta sorszáma	Hajlító szilárdság [Mpa]	Rugalmassági modulus [Mpa]
I214 nyár alapanyag	(8)	Borító: 9-es marilandika Belső 12-es marilandika + 2 db 2mm-es bükk	1	77.83	12008.59
			2	79.87	12457.23
			3	73.63	11514.04
			4	83.16	11427.84
			5	79.84	12714.21
			6	74.33	11505.26
			Átlag	78.11	11937.29
			Szórás	4.65	4.59
	(9)	Borító: 17-es olasz Belső 16-os olasz + 4 db 1mm-es cser	1	77.0	11480
			2	72.0	12070
			3	76.2	11952
			4	77.2	12600
			5	70.1	11810
			6	80.4	11910
Átlag			75.49	11970	
Szórás			4.98	3.07	

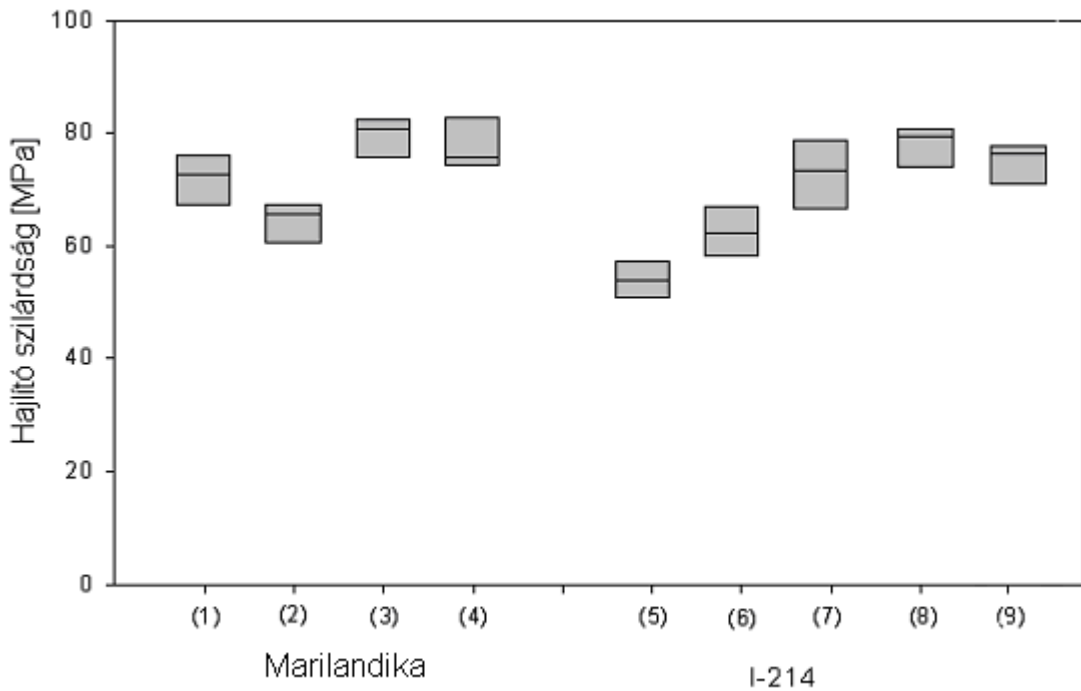
11. b táblázat folytatás

Az eredmények statisztikai ábrázolása:

Hajlítószilárdság dobozdiagramjai az egyes lemez típusok függvényében



Hajlító rugalmassági modulusz értékek dobozdiagramjai az egyes lemez típusok függvényében



Hajlítószilárdsági értékek dobozdiagramjai az egyes lemez típusok függvényében
19a és 19b ábra

Az eredmények statisztikai értékelése

Az eredmények alapján megállapítható, hogy mind a hajlító szilárdság, mind pedig a hajlító rugalmassági modulusz értékei a laboratóriumi eredményeknek megfelelően alakultak. A mérési eredmények szórása az átlagos, 5 százalék körüli, eltekintve a foltozott belsőfurnérokkal készült, illetve a további technológiai kísérletként vizsgált egy oldalon ragasztózott furnérokból összeállított lemezekről.

11.7. Levonható következtetések

Az alkotó furnérok megegyező mennyiségű fajlagos ragasztóanyag felvitel esetén, a furnér mindkét oldalának ragasztózásakor egyenlőtlen ragasztóanyag eloszlás miatt az LVL termék hajlító szilárdsága a várthoz képest kb. 20%-kal eset vissza. Egyoldali ragasztóanyag felvitel esetén az LVL termék a laboratóriumi LVL próbatestek és a fél-üzemi kísérletek próbatesteinek hajlítószilárdsága között statisztikailag nem mutatható ki szignifikáns eltérés.

Foltozott, javított belsőfurnérok alkalmazása esetében nem mutatható ki statisztikailag szignifikáns eltérés a labor kísérletek eredményei és a fél-üzemi kísérletek hajlító vizsgálatának eredményei között. Meg kell azonban jegyezni, hogy a próbatestek viszonylag alacsony szám mellett a technológiai paraméterek eltérő számértékei miatt elképzelhető, hogy nagyobb próbatest szám esetén kimutatható lenne kismértékű statisztikailag szignifikáns eltérés.

Elmondható, a homogén felépítésű LVL lapok készítésekor alkalmazott technológiai paraméterek, jól alkalmazhatók vegyes felépítésű LVL lapok esetében is.

12. Javasolt technológia elkészítése

12.1. Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai alapjai

Az Újkígyósi Falemezüzem jelenlegi technológiai leírását az 11. melléklet tartalmazza. Az üzem gyártmánystruktúrájából adódóan kettő értékesítési végtermékcsoporthoz származtatható:

- Műszaki furnérok – szárított, méretre vágott, különböző vastagságú és fafajú furnérféleségek, amelyek furnéralapú rétegelt fatermékeket gyártó hazai és külföldi vállalkozások részére kerülnek értékesítésre.
- Furnéralapú rétegelt fatermékek, amelyek a gyártott műszaki furnérok saját üzemekben történő tovább-feldolgozás során kerülnek belföldi és külföldi piacra értékesítésre.

A rendszerszemléletű technológiai megközelítés (Németh J. és tsa 1999) szintén a műszaki furnérok gyártását és a műszaki furnérokhoz történő termék-előállítások technológiai szakaszolását javasolja, így az Újkígyósi Falemezüzem alaptermékcsoporthoz leírását is így végeztük el.

Metodikailag az egyes műveleti helyekre vonatkozó általános paraméterrendszer leírását követően a specifikumnak tekintett LVL lemezgyártás paramétereit rögzítettük.

Mivel fő feladatunknak az LVL - szerű lemezek gyártásának technológizálását tekintettük, ezért a teljes gyártástechnológiát illetően több egyszerűsítési megoldást alkalmaztunk.

- a, gyártmányparaméterek tekintetében – mivel az értékesítési keresztmetszet több mint 70 %-a műszaki furnér és síkpréselt lemez – a technológiai leírás csak ezen termékcsaládokra tér ki,
- b, fafaj-összetétel tekintetében a domináns bükk és nyár fafajokra szorítkoztunk, ez vonatkozik a műszaki furnérok és a síkpréselt lemezek termékcsaládjára is,
- c, furnérvastagság vonatkozásában az 1 – 2 – 3 mm névleges vastagságot tekintettük irányadóknak,
- d, a síkpréselt lemezeknél a bükk és nyár műszaki furnérokhoz készült normál, KF ragasztású 2000 x 1250 mm lapméretű 5 – 20 mm vastagságú lemeztípusokat tekintettük meghatározónak,
- e, az LVL típusú lemezek gyártási technológiáját az NKFP kutatási program labor és élüzemi kísérletei alapján határoztuk meg.

12.2. Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai (műveleti) helyei

A műszaki furnérok gyártásának műveleti helyei

1. Alapanyag fogadása
2. Alapanyag tárolása
3. Alapanyag méretre vágása
4. Alapanyag lágyítása
5. Hámozási rönkszakaszok tisztítása
6. Hámozás
7. Nedves furnér méretre vágása
8. Furnérszárítás
9. Furnérosztályozás
10. Műszaki furnérok előkészítése értékesítésre
11. Műszaki furnérok előkészítése rétegelt, ragasztott termékek gyártásához

Furnéralapú rétegelt lemezek gyártásának műveletei

1. Lemezszerkezet tervezése (szerkezet kialakítás)
2. Ragasztóanyag felvitele
3. Összeépítés
4. Préselés
5. Pihentetés
6. Végkikészítés
7. Raktározás

A technológizálást, mind a hagyományos, mind az LVL termékek esetében leírói részben és paraméterajánlásban fogalmazzuk meg.

12.3. A rendelkezésre álló technikai és technológiai feltételek

A korábban részletezettek szerint a nyár alapanyagbázison tervezhető LVL típusú lemezek gyártására a konzorciumi tag Újkígyósi Falemezüzem Bt.- t javasoljuk.

A permanens gyártmány és technológiai fejlesztést folytató gyártó mű 2. számú telepe már jelen állapotban is rendelkezik az alapvető technológiai követelményekkel, amelyek lehetővé teszik, hogy megbízható minőségben tudjon előállítani nyár faanyagbázison LVL típusú lemezeket. (12. melléklet)

Rendelkezésre áll:

- a rönkanyag megóvását biztosító rönktó,
- rönklágyító aknák,
- 3 hámozó gépsor,
- a nedves műszaki furnért megmunkáló pályák,
- 3 furnérszárító gép,
- a szárított furnért megmunkáló pályák,
- 3 hóprés,
- végkikészítő gépek,
- raktár, késztermékkezelő berendezések.

A meglévő gépek és berendezések csak olyan gyártmánystruktúra kialakítását teszik lehetővé, amelyek igazodnak a furnér előállítási és préselési lehetőségekhez. Ezek 2000 (2250) x 1250 (1300) mm-es lapméret és maximum 50 mm lemeztvastagságot jelentenek.

Gyártható furnérméretetek:

- Hosszúság: 2300 mm-ig
- Szélesség: méretigények alapján (2300 mm-ig)
- Vastagság: 1 mm-től 4 mm-ig

Ragasztás: hengeres ragasztóanyag-felhordó gép segítségével

- IF – normál, nem vízálló – (beltéri használat esetén)
- IW – 67 mérsékelten vízálló – (melamin adalékú karbamid formaldehid műgyantával)
- AW – 100 víz- és főzésálló kivitelben – (fenol formaldehid műgyanta segítségével)

12.4. Az Újkígyósi Falemezüzem jelenlegi feltételei között gyártható LVL termék jellemző technológiája

12.4.1. Elvi megfontolások

Metodikailag az egyes műveleti helyekre vonatkozó LVL lemezgyártás paramétereit rögzítettük.

A gyártási rendszert illetően a helyi adottságoknak megfelelő (a présméret által behatárolt hossz méretű terméket gyártó) sor alkalmazását – mint egyetlen lehetőséget - vettük figyelembe. Ami azt jelenti, hogy a terméket alkotó furnérok már teljes hossz-, és szélességi méretben (mint teríték) kerülnek a ragasztó és présorra.

A hossz-, és szélességi méret – megfelelő eszközök birtokában – természetesen toldott furnérokból is kialakítható.

A gyártástechnológiát illetően több egyszerűsítési megoldást alkalmaztunk.

- a, fafaj-összetétel tekintetében a domináns nyár fafajokra szorítkoztunk,
- b, furnérvastagság vonatkozásában a 3 mm névleges vastagságot tekintetük irányadóknak,
- c, A tervezett LVL termékek gyártásánál a normál (KF ragasztású) és a víz- és főzésálló (Fenol ragasztású) 2300 x 1000 mm lapméretű 45 mm vastagságú célterméket tekintetem meghatározónak,
- d, az LVL típusú lemezek gyártási technológiáját a korábbi labor és fél-üzemi kísérletei alapján határoztam meg.

12.4.2. Főbb műveleti helyek

A műszaki furnérok gyártásának műveleti helyei

1. Alapanyag fogadása
2. Alapanyag tárolása
3. Alapanyag méretre vágása
4. Alapanyag lágyítása
5. Hámozási rönkszakaszok tisztítása
6. Hámozás
7. Nedves furnér méretre vágása
8. Furnérszárítás
9. Furnérosztályozás
10. Műszaki furnérok méretre vágása
11. Rövid műszaki furnérok szélességi és hosszoldása
12. Műszaki furnérok előkészítése LVL termékek gyártásához

Megjegyzés: A lágyító(főző) kapacitás bővítésével javasolható a nyár alapanyag lágyítása a méretre-vágást megelőzően.

Furnéralapú LVL lemezek gyártásának műveletei

1. Lemezszerkezet tervezése (szerkezet kialakítás)
2. Ragasztóanyag felvitele
3. Összeépítés
4. Préselés
5. Pihentetés
6. Végkikészítés
7. Raktározás

A technológizálást az LVL termékek esetében leírói részben és paraméterajánlásban foglalmaztuk meg.

12.4.3. Az Újkígyósi Falemezüzem feltételei között megvalósítható LVL típusú lemezek gyártásának technológiai paraméterei.

Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai leírása a 2.1 pont alatti műveleti helyek sorrendjében és a jelölt leírási modell szerint a következő.

12.4.3.1. A műszaki furnérok gyártásának technológiája

Alapanyag fogadása

A telephelyre kamionon beérkező rönköket a fogadóhelyen szétterítik, felvételezik és minősítik, majd a rönktérre szállítják.

Az alacsonyabb és a nagyobb térfogati sűrűségű nyár fajták elkülönítése indokolt. Az egyenletes minőségű késztermék előállításához vagy közel azonos sűrűségű nyárfajtából készült furnér, vagy közel állandó átlagsűrűséget biztosító fajtamegoszlás (arány) szükséges.>

*Megjegyzés: Alacsony sűrűségű nyár fajták: $\gamma < 360 \text{ kg/m}^3$
Közepes sűrűségű nyár fajták $360 < \gamma < 420$
Nagyobb sűrűségű nyár fajták $\gamma > 420 \text{ kg/m}^3$*

Alapanyag tárolása

A rönköket 4 méter magas máglyákban minőségként külön-külön tárolják.

A rönkvédelem:

Nyári időszakban a frissen kitermelt, közel élőnedves faanyag gyors feldolgozása esetén rönkvédelemre nincs szükség. Árnyékolás azonban javasolható. Egyéb esetben – a vastag furnér gyártása miatt – indokolt a permetezéssel rönkvédelem és bütükenőcs együttes alkalmazása.

Téli időszakban a rönkök kiszáradás elleni védelme az uralkodó szélirányra merőleges tömör máglya kialakítással javasolható.

Javaslat:

Mobil CER-C vizes bázisú gombaölő bütükezelő alkalmazása.

Esőztető öntözés +7°C felett.

A víz alatti tárolás és rönkvédelem bevezetése a nyár alapanyag minőségére és megmunkálási tulajdonságaira is kedvező hatást gyakorolna. Különösen előnyös lenne hazai nyárak és jelentősebb nedvességet veszített rönkök feldolgozása esetén.

Alapanyag méretre-vágása

Teljes hosszmeretű furnérok felhasználása esetén min. 2,4 méteres rönkszakaszokat kell kialakítani. Amennyiben a furnérok hosszoldására is lehetőség nyílik már a 0,8 m hosszúságú rönkszakaszokból gyártott furnérok is felhasználhatók.

Az LVL típusú termékeknél a rostirányú túlméret meghatározó jelentőségű, csökkentésével a kihozatal jelentősen növelhető. Ennek feltétele a pontos, a rönk tengelyére merőleges és egymással párhuzamos vágásfelületek kialakítása, ami csak beépített kör- vagy rókafark fűrészszel biztosítható. Pontos méretre vágással - 2300 mm kész lemezmeret esetén - a túlméret 50 mm-re csökkenthető.

Alapanyag lágyítása

Fafaj	Főzési hőmérséklet(°C)	Főzési idő(óra)	
		Télien(0°C alatt)	Nyáron
Nyár	50 °C	24 óra <i>Nincs külön téli-nyári, csak rövid és hosszú periódus (Felfűtés- főzés - kiegyenlítés)</i>	-

12. táblázat – Az alapanyag lágyításának paraméterei

A lágyító (főző) kapacitás bővítésével javasolható a nyár alapanyag lágyítása már a méretre-vágás előtt.

Hámozási rönkszakaszok tisztítása

Az I és II hámozó ellátásánál kézi darabolás és vonókéses kérgezés történik.

A III hámozó ellátását rönkelőkészítő gépsor végzi melybe az alábbi kérgezőgép került beépítésre:

Kérgező gép gyártmánya: Holtec

Előtolási sebessége: előre: 5 m/min

hátra: 10 m/min

Kéregzés átlagos ideje: 2.9 m rönkhosszúság, 40 cm átmérő esetén cca. 2 perc

A kéregzhető minimális rönkhossz: 75 cm

Az LVL gyártás fejlesztésével a kéregzést célszerű méretre-vágás előtt teljes rönkhosszban elvégezni nagy teljesítményű forgóképes u.n. „rotációs” kéregző gépen.

A kéregzett, tisztított rönkszakaszok hőmérséklete jelentősen befolyásolja a hámozás, illetve a hámozott furnér minőségét, ezért a tárolást lehetőleg a csarnokban (különösen télen), a rönköket hőszigetelő fóliával takarva kell biztosítani.

Hámozás

I. számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR 13P23

Rönkbefogási lehetőségek:

Max. rönkhossz 2400 mm

Max. átmérő 1200 mm

Max főorsó fordulatszám: fokozatmentes kapcsolóval
90 ford./ perc

Hámozási kapacitás: 3 mm furnérvastagság esetén 15 m³/műszak

II. számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR RLB 14

Rönkbefogási lehetőség:

Max. rönkhossz 1400 mm

Max. átmérő 500 mm

Max főorsó fordulatszám: 3 fokozatú sebességkapcsolóval 110 ford./perc

Hámozási kapacitás: 3 mm furnérvastagság esetén 10 m³/műszak

III. számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR Keller Gmbh. 10 K 14 T

Rönkbefogási lehetőség:

Max. rönkhossz : 1 500 mm

Max átmérő: 1 000 mm

Max főorsó fordulatszám: 215 ford./ perc

Hámozási kapacitás: 3 mm furnérvastagság esetén 21 m³/műszak

Technológiai paraméterek:

I. hámozó

Paraméter		LVL furnér
Furnér vastagsága		3 mm
Hámozás szögértékei	α	2°
	β	19°
	δ	21°
Nyomóléc szögértékei	Nyomóléc szöge	55°
	Él-szalag szöge	67°
	Él-szalag szélessége	3 mm
Lv távolság mm		8 mm
Lf távolság mm		*

13. táblázat - I. hámozó beállítási paraméterei

* Lf távolság: Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomást nézve állítja be a megfelelő nyomást.

II. hámozó

Paraméter		LVL furnér
Furnér vastagsága		3 mm
Hámozás szögértékei	α	2°
	β	19°
	δ	21°
Nyomóléc szögértékei	Nyomóléc szöge	45°
	Él-szalag szöge	55°
	Él-szalag szélessége	2,5 mm
Lv távolság mm		8 mm
Lf távolság mm		*

14. táblázat - II. hámozó beállítási paraméterei

*Lf távolság: Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomást nézve állítja be a megfelelő nyomást.

III. hámozó

Paraméter		LVL furnér
Furnér vastagsága		3 mm
Hámozás szögértékei	α	2°
	β	19°
	δ	21°
Nyomóléc szögértékei	Nyomóléc szöge	69°
	Él-szalag nincs	-
	Él-szalag nincs	-
Lv távolság mm		8 mm
Lf távolság mm		*

15. táblázat - III. hámozó beállítási paraméterei

* Lf távolság: Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomást nézve állítja be a megfelelő nyomást.

A hámozásra kerülő rönkszakaszok optimális hőmérséklete a rönk belsejében (a maradékhenger palástján) 35 °C

Nedves furnér méretre vágása

I hámozó vezérolló:

Rolnipályás, ellenkéses vezérolló.
Kapacitása összhangban a vezérgéppel.

II hámozó vezérolló:

Rolnipályás, ellenkéses vezérolló.
Kapacitása összhangban a vezérgéppel.

III hámozó vezérollók: 2 db.

Rolnipályás, egymástól független pufferrel rendelkező,
gumihengerre vágó ollók
A két olló kapacitása összhangban a vezérgéppel.

Darablap és előhámozási darablap kezelése:

Szélezés pneumatikus taposóollóval.
Bütüzés ingafűrészsel.

Túlméretes:

Hosszméret: lemez méret + 50-100 mm

Szélességi (húrirányú) túlméret (un. kihúzási méret) nyár furnéroknál általában 7-10 %. LVL termékeknél (üzemi kísérleti tapasztalatok alapján) 10 % javasolható. Teljes szélességű furnérlapoknál ennek alapján: 1000 mm + 100 mm, összesen 1100 mm)

Hibakiejtés

Az egészséges és benőtt, valamint a 20 mm átmérő alatti kieső göcsök az LVL termék belső rétegeiben (elosztva) számottevően nem befolyásolják a késztermék minőségét, ezért kiollózájukra nincs szükség.

Osztályozás

A hámozott nedves furnérok osztályozásánál az alábbi csoportok kialakítása indokolt:

- egész méretű takarólap minőségű furnérok
- egész méretű belső minőségű furnérok
- darab belső minőségű furnérok

Tárolás

A nedves furnérok tárolása nedvességkiegyenlítés céljából indokolt, de annak időtartama a 24 órát lehetőleg ne haladja meg.

Furnérszáritás

I. Szárító:

Típusa: Hildebrand
Két szintes szalagszáritó
Max. léghőfok: 130°C
Max. sodronysebesség: 8 m/min
Hossz: 20 méter
Kapacitása: ~ 5 m³/műszak

II. szárító:

Típusa: Tromag
Két szintes szalagszáritó
Max. léghőfok 120°C
Max. sodronysebesség: 10 m/min
Hossz: 10 méter
Kapacitása: ~ 4m³/műszak

III. szárító:

Típusa: Keller
Egyszintes szalagszáritó
Max. léghőfok: 130°C
Max sodronysebesség: 10 m/ min
Hossz: 14 méter
Kapacitása: ~ 3 m³/műszak

A szárított furnérok végnedvessége ne haladja meg az 5 % -ot.

(Optimális nedvességtartalom 3-5 % között)

A szárított furnérok hullámossága a ragasztóanyag-felhordás során – a hengerek nyomásának hatására – jelentős rostirányú repedéseket, elválásokat eredményezhet, ezért mértékét kíméletes, gondos szárítással csökkenteni szükséges.

(Keskenyebb furnércsíkokból – keresztirányban ragasztószállal egymáshoz rögzített- teríték kialakításánál a hullámosság káros hatása kevésbé jelentkezik.)

Furnérok pihentetése.

A vastag nyár furnérok esetében különösen nagy jelentősége van a furnérok pihentetésének. Nedvesség-, és hőmérséklet-, valamint feszültségkiegyenlítés céljából minimum 24 óra, de ha lehetséges 48 óra pihentetés szükséges.

A pihentető tér légparaméterei biztosítsák a furnérrakatokban a tervezett 5 % furnérnedvességnek megfelelő egyensúlyi nedvességtartalom kialakulását.

Furnérosztályozás és előkészítés LVL termék gyártásához.

Az osztályozás méret és minőség alapján történjen.

Elkülönített csoportok:

- takarófurnér- hibátlan egészlap
- takarófurnér – javításra szoruló egészlap
- takarófurnér – darablap (szélességi toldásra)
- belső furnér – egészlap
- belső furnér – darablap

A takarófurnér „minőségű” lapok közül a javított és a szélességben toldott furnérok az LVL szerkezet nagyobb igénybevételnek kitett – a borítóréteghez közeli - külső rétegeinek valamelyikét is alkotják.

Nagyobb szilárdsági követelmények esetén a száraz furnérok minőségi elkülönítésére ultrahangos furnérminősítő rendszer alkalmazása is javasolható.

Az előkészítő részleg rendelkezésére áll még:

- 1 diesel targonca
- 5 válogató segédmunkás
- 2 doda olló
- 4 Kuper furnérvarrógép

A darabfurnérok (furnércsíkok) szélességi toldásának két változata indokolt:

Takarófurnérok esetén teljes élfelületet ragasztózó és összeragasztó un. folyamatos élragasztási módszer (rostirányú vagy arra merőleges előtolással működő berendezéseken) alkalmazása célszerű.

Belső rétegekben megengedhető a rostra merőleges, szakaszos ragasztószálas rögzítés alkalmazása is, amely csak él-ollózott felületet igényel.

A rövid furnérok hossztoldására alkalmas - ferde lapoláson alapuló - technológiák a külső rétegekben is felhasználható (teljes értékű) furnérokot biztosítanak.

12.5. Nyárfurnér-alapú LVL lemezek gyártásának technológiája

Lemezszerkezet tervezése (szerkezetkialakítás)

Az LVL típusú termékek a termék hosszirányában - azonos száliránnyal rendezett furnérrétegekből épülnek fel.

A termék külső (takaró) rétegeit valamint a takaró rétegek alatti (a termék tulajdonságait nagyobb mértékben meghatározó) rétegeit a legjobb minőségű (lehetőleg egész méretű) lapok alkotják.

A termék szimmetriatengelyének közelében elhelyezkedő furnérrétegek hosszoldás nélkül egymás után (bütün)illesztett furnérokból is kialakíthatók.

A lemezszerkezet kialakításánál a szimmetria tengelytől azonos távolságra eső rétegek azonos helyzetére (húzott, nyomott oldal) is figyelemmel kell lenni.

A homogén felépítés érdekében lehetőleg kerülni kell az azonos rönkből egymást követően hámozott furnérok közvetlen érintkezését, ezért az alkalmazható a furnérlapok hossztengetyre merőleges váltakozó fordítása.

Az állandó minőséget csak az azonos sűrűségű vagy meghatározott átlagos sűrűségű furnérokból felépült lemezszerkezetek biztosíthatják.

Ragasztóanyag felvitele

Ragasztóanyagfelhordó gép:

S-Cremona gumihengeres enyvfelhordó.

Max. ragasztózható szélesség 1400 mm.

Ragasztóanyag típusa: Rezofén MF rezol típusú fenol-formaldehid műgyanta *Időközben az üzem áttért a Hiacol GL7FU jelű műgyanta alkalmazására, amely IF20 (nem vízálló) ragasztást eredményez, ezért ha belső felhasználási célú LVL termékek gyártásánál ez a ragasztás is számításba vehető.*

Felhordott ragasztóanyag mennyisége: 120-200 g/m². (folyékony gyantaoldat)

Üzemi kísérletek tapasztalatai alapján - adalékanyag nélkül – a felhordási mennyiség ató 54 g/ m² –re vagyis, 40 % szárazanyag tartalom esetén 135 g/m² értékre csökkenthető. (A szakirodalom általában ennél nagyobb 180-200 g/m² mennyiséget ad meg)

Összeépítés

A ragasztóanyag-felhordó után felállított összerakó asztalon történik a lemezek felépítése, összeállítása, az egyes lemezeket fém alátét védőlemezekkel elválasztva.

A lemezfelépítés: száraz takaró furnér – két oldalon ragasztózott belső furnér - száraz belső furnér – ragasztózott belső furnér felváltva, a tervezett rétegszám eléréséig.

Hideg-előpréselés jelenleg nem történik. A szilárdsági tulajdonságok javítása érdekében, továbbá, ha az alkalmazott ragasztóanyag hidegtapadó-képessége nem megfelelő (akadályozza a présberakást a hőprésben), célszerű a hideg előpréselési technológia bevezetése.

Préselés

I. prés

Típusa: Siempelkamp
Emeletek száma: 6
Max. fajlagos nyomás: 2,5 MPa
Préslap mérete: 2600 x 1600 mm
Max. gyártható lapméret: 2550 x 1300 mm
Max. hőfok: 130 °C

II. prés

Típusa: Soma
Emeletek száma: 6
Max. fajlagos nyomás: 1,5 MPa
Préslap mérete: 2550 x 1300 mm
Max. gyártható lapméret: 2500 x 1250 mm
Max. hőfok: 130 °C

Préselési paraméterek:

Nyár LVL lemez gyártása esetén:

Hőfok: 130 °C (ha a présfűtés lehetővé tesz, az ajánlott érték 150 °C)

Présnyomás: 0,8 -1,0 MPa (üzemi kísérleti tapasztalatok alapján)

Présidő: 42 mm vastag nyár LVL lemez esetében 30 - 32 perc
(28 perc a teljes nyomáson tartás minimális ideje, továbbá 2 perc a fokozatos nyomáscsökkentéshez szükséges idő.)

Magasabb prés hőmérséklet alkalmazása esetén a présidő tovább csökkenthető.

Tapasztalati adatok alapján a várható tömörödés értéke (közvetlenül a préselés után mérve), elsősorban a nyár furnér sűrűségétől függően 8 - 10 %.

Pihentetés

Fenol alapú műgyanta ragasztó alkalmazása esetén a préselt termékek szorosan egymásra helyezve tárolhatók. Más esetben a ragasztóanyag tulajdonságaitól függően, hűtés vagy hézagléces tárolás javasolható.

A pihentető csarnok légparaméterei feleljenek meg a késztermék végső nedvességtartalmának megfelelő egyensúlyi nedvességtartalomnak.

Felszeletelés előtt a tömbök minimális pihentetési ideje – leterhelt állapotban - min. 48 óra.

Végkikészítés

I. gép: Páros lapszabász végvágóval szerelve.

Teljesítménye 2.5-5 m³/ műszak.

II. gép: Páros lapszabász
Teljesítménye 2.5-5 m³/műszak.

A tömbök felszeletelése az igényelt szélességre és a pontos hosszúságra történő darabolás a rendelkezésre álló lapszabász gépekkel elvégezhető.

Raktározás

Erre a célra kialakított készáruraktárban, minőség, és méret szerinti osztályozásban számítógépes regisztrálással. Szabályozott légparaméterek között.

Javasolt légparaméterek: A felhasználási terület által megkövetelt egyensúlyi nedvességtartalmat biztosító paraméterek.

Belső térben történő alkalmazás esetén általában:

- hőmérséklet: 21 +/- 4 °C
- relatív légnedvesség: 60 % +/- 5 %

13. Új módszertani és tudományos eredmények

13.1. Új mérés technikai eredmények

Rétegelt furnéripari termékek vizsgálatánál országosan először alkalmaztam sikerrel alapanyag kiválasztásához longitudinális hullámterjedés mérésén alapuló eljárást, mely leegyszerűsíti és olcsóbbá teheti az ilyen jellegű vizsgálatok menetét.

Az országos faipari kutatásban elsőként állítottam össze, egy olyan műszerekből és saját fejlesztésű szoftverből (3. melléklet) álló mérési rendszert, melynek segítségével rendkívül hatékonyan, gyorsan és pontosan végezhető el nagy mintaszámú próbatetek tulajdonságainak mérése és az eredmények kiértékelése.

13.2. Tudományos eredmények

Először határoztam meg és hasonlítottam össze az olasz (I214) és Marilandika nyárklónok tömörödési tulajdonságait és a tömörödés hatására bekövetkező szilárdsági és rugalmassági tulajdonságok változását.

Először készítettem nyárfa klónok faanyagából LVL terméket és vizsgáltam meg a késztermék mechanikai tulajdonságait.

Először végeztem félüzemi kísérleteket annak igazolására, hogy az LVL gyártható hazai technológiai sajátosságok között.

Először készítettem és vizsgáltam meg vegyes felépítésű (nyár-bükk, nyár-csertögy) LVL lemezeket, mely termékek még gazdaságosabbá és sikeresebbé tehetik az LVL hazai gyártásának megvalósulását.

14. Tézisek

1. A legnagyobb és legkisebb sűrűségű hazai nyár klónokból származó műszaki furnérok tömörödés vizsgálatai kapcsán megállapítottam, hogy a lazább szövetű és alacsonyabb sűrűségű nyár klónokból származó furnérok tömörödése – azonos présnyomás alkalmazásával – szignifikánsan nagyobb. A lemez szilárdságára jelentős befolyással bíró tömörödés mértéke olasz nyár (I214) esetében 12-14%, korai nyár (Marilandika) esetében 6-10% volt.
2. Az olasz nyár (I-214) és a korai nyár (Marilandika) klónokból készült műszaki furnérok szilárdsági vizsgálatai alapján megállapítottam, hogy a tömörítettlen furnérok hajlító szilárdsági értékeihez viszonyítottn, a furnérok megfelelő szilárdsági értékei jelentősen nőnek az alkalmazott présnyomás függvényében. A növekedés mértéke olasz nyár (I-214) esetében 24-30%, korai nyár (Marilandika) esetében 7-10% volt.
3. Bizonyítottam, hogy a hazai alapanyagbázison előforduló bármely nyárfafajból előállítható kellően szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező LVL termék. Marylandika nyárfurnérok esetében a laboratóriumi kísérleti LVL lemezek hajlítószilárdsága 72.53 MPa az olasz (I214) esetén pedig 67.72 MPa hajlító szilárdságot értem el.
4. Az LVL típusú furnéripari termékek vizsgálata során megállapítottam, hogy a nyár-bükk, nyár-csertölgy vegyes felépítésű LVL termékek hajlítószilárdsága 82-84 MPa, mely érték jelentősen nagyobb a nyár fafajú LVL hajlítószilárdságánál (68-73 MPa) és alkalmazásuk indokolt a magyar gazdasági sajátságok között.
5. Félüzemi kísérleteim során bebizonyítottam hogy az LVL jellegű furnéripari termékek gyárthatók hazai technológiai körülmények között és erre alapozva technológiát dolgoztam ki egy tipikus hazai furnéripari üzem részére LVL gyártás megindítása céljából.

15. Tudományos önéletrajz

Képzési előmenetel

1991 érettségi, Berzsényi Dániel Gimnázium, Sopronban.

1992-1993 Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar Energetika Szak

1993 – 1999 Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki Kar Okleveles Faipari Mérnöki Szak, Faipari Technológia Szakirány

1999 Faipari Mérnöki Oklevél (oklevél szám: 47/1999)

1999 – 2000 Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Doktori Iskola, doktorandusz hallgató

2001 Wisconsin Állami Egyetem, ösztöndíjas PhD hallgató

2001 szept. – 2003 Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Doktori Iskola, doktorandusz hallgató

2004. április 27. doktori szigorlat letétele.

Kutatási tevékenység:

1998 – 1999 Soproni Egyetem Fűrészipari Tanszékének felkérésére diplomaterv elkészítése révén kutatás elvégzése a „Nyugat-Dunántúlon elhelyezkedő fűrészüzemek felkészülési feladatai az Európai Unióhoz való csatlakozást megelőzően” témában.

1999-2000 Wisconsin Állami Egyetemen és Madisoni Faipari Kutató Laboratóriumban (Forest Products Laboratory) kutató asszisztensi ösztöndíj keretében kutatási tevékenység „Lignocellulóz – polimer kompozit lemezek anyagszerkezetének vizsgálata” témában.

2001 január – augusztus Wisconsin Állami Egyetemen tanulmányi és kutató asszisztensi ösztöndíj keretében kutatási tevékenység „Szelteher megoszlásának vizsgálata könnyűszerkezetes mezőgazdasági épületek szerkezeti elemeiben” témában.

2001 – 2004 beosztott kutató NKFP Erdő - Fa Kutatási program 6.3. Az értékes minőségi hengeresfa feldolgozásának korszerűsítése 6.3. Új furnér és furnéralapú termékek hazai gyárthatóságának vizsgálata alprogramban

2001 – 2004 beosztott kutató NKFP Erdő - Fa Kutatási program 6.3 „Az értékes minőségi hengeresfa feldolgozásának korszerűsítése 6.6. A minőségi hengeresfa fahasznosítási lánc számítógépes nyomon követési módszerének kialakítása, figyelemmel a gazdaságosság, a minőségtanúsítás és az eredettanúsítás követelményeire” alprogramban.

Publikációs lista

Lektorált publikációk:

Sanadi, Anand R.; Hunt, J.F.; Caulfield, D.F.; Kovacsvolgyi, G.; Destree, B. 2002. *High fiber-low matrix composites: kenaf fiber/polypropylene*. In: sixth international conference on woodfiber-plastic composites; 2001 May 15-16; Madison, WI. Forest Products Society, Madison WI: p. 121-124. (<http://www.fpl.fs.fed.us/pdcomp/publist.htm>)

Bohnhoff, D.R., P.A. Boor, F.A. Charvat, M. Gadani, and G. Kovacsvolgyi. 2002. *UW & LBS full-scale metal-clad wood-frame diaphragm study. Report 2: Frame loading and data acquisition systems*. ASAE Paper No. 024008. ASAE, St Joseph, MI.

Anand Sanadi, John Hunt , Kovácsvolgyi Gábor, Sanjot Kurhana, Brian Destree, David Caulfield, 2003. *Újrahasznosított polipropilén alkalmazásával készült lignocellulóz alapú kompozitok mechanikai tulajdonságainak javítása*, Magyar Tudomány Napja 2002 A Kémiai Intézet Tudományos Ülése 2002. november 7.
(konferencia kiadvány) 107-110 o.

Németh József, Szabadhegyi Győző, Kovácsvolgyi Gábor, 2004. *LVL (Laminated Veneer Lumber) típusú, furnér alapú, szerkezeti célú anyagok előállítása hazai kitermelésből származó nyár klónok alapanyagbázisán*. FAIPAR LI. ÉVF. 3. szám 6-9 o.

Anand Sanadi, John Hunt , Kovácsvolgyi Gábor, Sanjot Kurhana, Brian Destree, David Caulfield, 2004 *Újrahasznosított polipropilén alkalmazásával készült lignocellulóz alapú kompozitok szerkezetének vizsgálata*. . FAIPAR LI. ÉVF. 5. szám

Konferencia részvételek:

Sanadi, Anand R.; Hunt, J.F.; Caulfield, D.F.; Kovacsvolgyi, G.; Destree, B. 2001. *High fiber-low matrix composites: kenaf fiber/polypropylene*. In: sixth international conference on woodfiber-plastic composites; 2001 May 15-16; Madison, WI. Forest Products Society, Madison WI.. (<http://www.forestprod.org/wfpl01abs.pdf>)

Bohnhoff, D.R., P.A. Boor, F.A. Charvat, M. Gadani, and G. Kovacsvolgyi. 2002. *UW & LBS full-scale metal-clad wood-frame diaphragm study. Report 2: Frame loading and data acquisition systems*. Presented at the 2002 ASAE Annual International Meeting, Chicago, IL.

Dr. Németh József, Dr. Szabadhegyi Győző, Kovácsvolgyi Gábor 2002. *Nyárültetvények anyagainak hasznosítása* MTA Erdészeti Bizottság Fanyagtudományi albizottságtudományos ülése, Nyíregyháza

Anand Sanadi, John Hunt , Kovácsvolgyi Gábor, Sanjot Kurhana, Brian Destree, David Caulfield, 2002. *Újrahasznosított polipropilén alkalmazásával készült lignocellulóz alapú kompozitok mechanikai tulajdonságainak javítása*, Magyar Tudomány Napja 2002 A Kémiai Intézet Tudományos Ülése

16. Irodalom jegyzék:

- [1] (<http://www.proctor-silex.com/company/ps.html>)
- [2] MSZ EN 310 Fa alapanyagú lemezek. A hajlító szilárdság és a hajlítási rugalmassági tényező meghatározása
- [3] MSZ EN 338:1995 Magyar Szabvány Szerkezeti fa szilárdsági osztályok
- [4] MSZ EN 789 Faszerkezetek. Vizsgálati módszerek. A fa alapanyagú lemezek mechanikai tulajdonságainak meghatározása
- [5] MSZ EN 408:1995 „Faszerkezetek. Teherviselő építőfa és rétegelt-ragasztott fa egyes fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása
- American Plywood Association** **2001.** PRL-501 Performance Standard for APA EWS Laminated Veneer Lumber Published by APA Engineered Wood Systems
- Bodig, J** **1965.** The Effect of Anatomy on the Initial Stress-Strain Relationship in Transverse Compression. Forest Prod. J. 15(4)
- Bohlen, J.C.** **1972.** Shear strength of high-temperature heat-treated lumber laminated with phenol-resorcinol adhesives. Forest Product Journal 22(12) 17-24.
- Budó Ágoston Dr.és tsa.** **1965.** Kísérleti fizika I., Tankönyvkiadó, Budapest
- Christopher Palmberg** **2002.** The many faces of absorptive capability in low-tech industries - the case of glue-lam timber and foodstuffs, Royal Institute of Technology Industrial Economics and Management 2002.
- Christopher Palmberg** **2002.** The many faces of absorptive capability in low-tech industries, VTT Group for Technology Studies P.O Box 02044 VTT, Finland
- Cziráki J. Dr.** **1966.** Falemezgyártástan, Kézirat Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron
- Divós Ferenc** **1999.** Roncsolásmentes faanyagvizsgálat, Soproni Egyetem, Sopron

- Eric Hansen és tsa** 2001. STOPPING THE SLIDE—MARKET SHARE SHIFTS IN STRUCTURAL FLOORS A TEACHING CASE STUDY Oregon State University, College of Forestry
- Forest Products Laboratory** 1999. Wood handbook. Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL. GTR.113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- FVM Eredészeti Hivatal** 1996-2003 Erdővagyon és Fagazdálkodás Magyarországon
- Green W.D.** 2001. Flexural Properties of Structural Lumber Products After Long-Term Exposure to 150°F and 75% Relative Humidity, U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin
- H'ng Paik San és tsai** 2002. EDGEWISE BENDING PROPERTIES OF LAMINATED VENEER LUMBER:EFFECT OF VENEER THICKNESS AND SPECIES Faculty of Forestry, Universiti Putra Malaysia 43400, Serdang, Selangor.
- Hannu Lukkari** 1997. Utilization of LVL, RAUTE
- Henry Spelter** 1990. PLYMAP A Computer Simulation Model of the Rotary Peeled Softwood Plywood Manufacturing Process, Forest Service Forest Products Laboratory
- İsmail AYDIN,** 2003. Some Technological Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured from Pine (Pinus sylvestrisL.) Veneers with Melamine Added - UF Resins Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering Section 61080 Trabzon – TURKEY
- Jung, J.** 1984. Investigation of various end joints in parallel-laminated veneer. Forest Products Journal 34(5):51-55.
- Kretschmann E. D.** 1993. Effect of Various Proportions of Juvenile Wood on Laminated Veneer Lumber Forest Service Forest Products Laboratory General Technical Report FPL–RP–521
- Kunesh, R. H** 1978. MICRO=LAM: Structural laminated veneer lumber. Forest Prod. J. 28(7):41-44.
- Korzeniowski, A.M. Tymicki, M.** 1990. Párhuzamos szálirányú rétegekből felépülő réteges faanyagok bútorszerkezeti elemként való alkalmazása, 1990, 1. sz. p. 2-5 Fordította: Tóth Sándor László

- Laufenberg Theodore L.** 1983. Parallel-laminated veneer: processing and performance research review. Forest Products Journal 33
- Molnár Sándor Dr.** 2000. Faipari kézikönyv I. Faipari tudományos alapítvány, Sopron 77-79. o.
- Németh, J. Dr.** 1996. A rétegelt falemezipar fejlesztése hazai alapanyagbázison, Kandidástartási értekezés, Budapest
- Német J. és tsai** 2001-2003 NKFP 6.3 Bükk hámozási alapanyag kiváltása nyár hámozási alapanyag (ültetvények nyersanyaga) felhasználása révén sík és idompréselt lemezszerkezetekben. Kutatási részjelentések 1-6. Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Kar Faipari Kutató és Szolgáltató Központ, Sopron
- Német J. és tsai** 2003. LVL (Laminated Veneer Lumber) típusú, furnér alapú, szerkezeti célú anyagok előállítása hazai kitermelésből származó nyár klónok alapanyagbázisán, Faipar, LI. évf. 3. szám 6-9 o.
- Németh J. Szabadhegyi Gy** 2000. Furnér és furnéralapú termékek gyártása Kézirat, Soproni Egyetem, Sopron
- Paavo Kontinen** 1978. Erikosrakenteinen Vaneri, Paperi Ja Puu No. 1. 1978 o. 44-48. (Magyar fordítás)
- Perry T. D.** 1955. Types of Plywood, Wood Working Digest Technical Series Reprint Weaten USA
- RAUTE** 1995. LAMINATED VENEER LUMBER gives free rein to the builder's imagination, RAUTE NEWS p. 2-3
- RAUTE** 1989. VENLA System for Manufacturing of Laminated Veneer Lumber, RAUTE, Finland
- Robert J. Ross és tsa** 1999. Stress Wave Timing Nondestructive Evaluation Tools for Inspecting Historic Structures United States, Department of Agriculture, Forest Service Forest Products Laboratory General Technical Report FPL-GTR-119
- Schauman** 1976. Spetiality plywoods from Finnland, Supliment to Timber Trades Journal
- Sinko Hanu** 1999. The manufacture of LVL, RAUTE Wood Oy, Finland
- Sitkei Gy. Dr.** 1994. A faipari műveletek elmélete, Mezőgazdasági szaktudás kiadó, Budapest

- Szabadhegyi Győző Dr.** 1983. Furnérforgácslapok Gyártástechnológiai jellemzőinek vizsgálata, Doktori értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem Falemezgyártástani Tanszék, Sopron
- Szalai József Dr.** 1994. Faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana I. rész
- T. Tekle** 1998. Manufacture of High Strength LVL from Lodgepole Pine Using State-of-the-art Continuous Press System, TTS Inc. Edmonton, Alberta, Canada
- Toratti T.** 1988. The Mechanical Properties of KERTO Laminated Veneer Lumber
- Tóth Sándor László Dr.** 2001. A ffeldolgozás 1945 után, Fejezetek a fa- és bútóripar történetéből 1945-től az ezredfordulóig Magyarországon Budapest, 2001.
- Vlosky és tsai** 1994. LAMINATED VENEER LUMBER: A UNITED STATES MARKET OVERVIEW, Wood and Fiber Science: Vol. 26, No. 4, pp. 456–466.
- Winkler A.** 1999. Farostlemezek Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Winkler A.** 1998. Faforgácslapok Dinasztia, Budapest
- Xiping Wang és tsai** 2003. Flexural Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured From Manufactured From Ultrasonic Rated Red Maple Veneer
- Xiping Wang és tsai** 2003. Flexural properties of laminated veneer lumber manufactured from ultrasonically rated red maple veneer : a pilot study United States Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2003. 5 pages.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Németh József c. egyetemi tanárnak, témavezetőmnek és Dr. Szabadhegyi Viktornak, akik szakmailag mindvégig támogattak doktori munkám elkészítésében, a kísérletek előkészítésétől kezdve jelen disszertáció megírásáig.

Köszönet illeti Divós Ferencet, hogy rendelkezésemre bocsátotta a roncsolás mentes mérések elvégzéséhez szükséges eszközöket, és hogy szakmai tanácsokkal látott el a mérés elvégzéséhez.

Köszönöm továbbá az Újkígyósi Falemezgyár Bt. vezetésének, hogy lehetőséget és alapanyagot biztosított az félüzemi kísérletek elvégzéséhez.

Végül köszönetemet fejezem ki a Fa- és Papírtechnológiai Intézet azon munkatársainak, akik valamilyen formában segítettek munkám megvalósulását.

Sopron, 2005. március 7.

Kovácsvölgyi Gábor

17. Mellékletek

1/1. melléklet Olasz nyár (I214) tömör faanyag szilárdsági vizsgálata

Mintanév	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Szilárdság [MPa]
IR01	20.53	20.65	300.7	51.91	0.41	1176.97	48.68
IR02	20.51	20.27	301.4	48.39	0.39	994.87	41.99
IR03	20.56	20.74	298.7	48.45	0.38	943.22	38.74
IR04	20.52	20.13	299.7	48.22	0.39	978.02	41.53
IR05	20.54	20.04	301.5	48.57	0.39	948.41	40.38
IR06	20.50	20.11	300.0	51.29	0.41	1166.65	49.73
IR07	20.48	20.68	299.3	48.34	0.38	940.82	39.06
IR08	20.53	20.76	300.5	50.67	0.40	1198.68	49.31
IR09	20.53	20.07	298.1	51.65	0.42	1009.67	42.97
IR10	20.46	20.85	298.1	51.38	0.40	997.98	41.16
IR11	20.53	20.28	298.9	49.07	0.39	1444.12	60.82
IR12	20.56	20.23	300.9	51.27	0.41	1307.28	55.04
IR13	20.50	20.46	298.9	50.48	0.40	927.39	38.81
IR14	20.49	20.84	300.8	49.91	0.39	1164.94	47.94
IR15	20.44	20.52	301.1	53.79	0.43	1127.06	47.32
IR16	20.46	20.23	301.1	49.78	0.40	1430.35	60.80
IR17	20.56	20.88	298.4	52.22	0.41	1247.02	50.87
IR18	20.50	20.77	299.7	51.53	0.40	1043.41	43.01
IR19	20.50	20.61	299.8	48.57	0.38	1108.12	46.08
IR20	20.49	20.52	298.5	49.24	0.39	1108.47	46.34
IR21	20.48	20.54	301.0	50.74	0.40	1137.73	47.56
IR22	20.59	20.83	299.5	52.35	0.41	1146.00	46.70
IR23	20.46	20.91	299.2	54.35	0.42	1363.21	56.07
IR24	20.54	20.83	301.6	52.55	0.41	929.47	38.07
IR25	20.54	20.80	301.1	54.12	0.42	1146.00	47.01
IR26	20.50	20.44	299.4	53.58	0.43	1131.54	47.40
IR27	20.50	20.77	299.6	52.45	0.41	1113.97	45.97
IR28	20.53	20.67	298.2	48.77	0.39	1240.14	51.25
IR29	20.60	20.41	301.1	49.76	0.39	1082.66	45.00
IR30	20.45	20.72	301.1	49.60	0.39	947.36	39.34

1/2. melléklet Olasz nyár (I214) tömör faanyag szilárdsági vizsgálata

Mintanév	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Szilárdság [MPa]
IR31	20.52	20.35	301.6	49.65	0.39	993.84	41.74
IR32	20.54	20.25	299.9	47.42	0.38	1032.06	43.48
IR33	20.51	20.32	299.4	53.39	0.43	1099.17	46.27
IR34	20.50	20.81	299.5	54.52	0.43	1134.65	46.73
IR35	20.49	20.58	301.0	48.96	0.39	1308.14	54.51
IR36	20.54	20.57	298.4	49.69	0.39	1297.81	53.85
IR37	20.44	20.49	299.2	51.47	0.41	1100.22	46.26
IR38	20.53	20.13	300.9	50.30	0.40	1219.50	51.75
IR39	20.45	20.53	300.9	48.16	0.38	1218.64	51.08
IR40	20.51	20.27	298.6	48.56	0.39	1170.78	49.43
IR41	20.43	20.78	298.4	50.92	0.40	990.74	41.11
IR42	20.42	20.71	298.0	49.00	0.39	999.35	41.67
IR43	20.47	20.15	301.8	49.84	0.40	1003.48	42.78
IR44	20.47	20.61	300.9	49.67	0.39	1176.97	49.07
IR45	20.48	20.34	300.8	51.49	0.41	1331.38	56.18
IR46	20.54	20.09	299.8	50.31	0.41	1046.86	44.47
IR47	20.53	20.29	299.5	48.38	0.39	815.16	34.31
IR48	20.55	20.69	301.3	53.28	0.42	1160.80	47.84
IR49	20.50	20.36	300.0	51.57	0.41	1068.88	45.00
IR50	20.57	20.43	301.0	49.50	0.39	1333.09	55.50
IR51	20.50	20.83	300.7	50.17	0.39	1083.68	44.59
IR52	20.55	20.73	301.2	49.94	0.39	1192.12	49.03
IR53	20.54	20.47	298.7	50.44	0.40	1054.76	43.98
IR54	20.51	20.94	299.9	51.93	0.40	1199.70	49.01
IR55	20.56	20.40	298.5	51.66	0.41	1182.82	49.38
IR56	20.50	20.37	300.3	50.41	0.40	1204.87	50.65
IR57	20.52	20.16	299.0	47.81	0.39	1240.14	52.58
IR58	20.50	20.32	301.8	48.35	0.38	1385.60	58.39
IR59	20.46	20.30	299.2	47.69	0.38	950.81	40.28
IR60	20.56	20.18	299.9	49.92	0.40	-	-
Átlag	20.51	20.50	300.0	50.63	0.40	1127.08	47.05
Szórás	0.19	1.24	0.36	3.71	3.38	12.12	12.18

2/1. melléklet marilandika tömör faanyag szilárdsági vizsgálata

Mintanév	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Szilárdság [MPa]
MR01	20.53	20.65	302.0	54.27	0.42	1548.77	64.05
MR02	20.51	20.27	299.2	47.73	0.38	1395.29	58.89
MR03	20.56	20.74	298.7	51.39	0.40	1575.66	64.72
MR04	20.52	20.13	298.6	49.27	0.40	1293.96	54.94
MR05	20.54	20.04	299.3	51.77	0.42	1843.85	78.51
MR06	20.50	20.11	301.5	50.66	0.41	1340.84	57.15
MR07	20.48	20.68	301.2	51.03	0.40	1493.64	62.01
MR08	20.53	20.76	300.6	50.30	0.39	1329.96	54.71
MR09	20.53	20.07	300.1	50.88	0.41	1136.95	48.39
MR10	20.46	20.85	298.9	51.57	0.40	1230.30	50.74
MR11	20.53	20.28	300.6	47.92	0.38	1603.88	67.54
MR12	20.56	20.23	301.1	50.82	0.41	1497.32	63.05
MR13	20.50	20.46	301.7	48.97	0.39	1599.47	66.93
MR14	20.49	20.84	300.1	50.90	0.40	1573.86	64.76
MR15	20.44	20.52	300.7	49.36	0.39	1724.80	72.42
MR16	20.46	20.23	301.3	50.76	0.41	1688.84	71.79
MR17	20.56	20.88	298.7	53.46	0.42	1322.31	53.94
MR18	20.50	20.77	299.1	53.49	0.42	1208.68	49.83
MR19	20.50	20.61	300.0	51.52	0.41	1549.32	64.43
MR20	20.49	20.52	300.7	53.32	0.42	1327.75	55.51
MR21	20.48	20.54	300.7	53.31	0.42	1599.95	66.88
MR22	20.59	20.83	299.7	51.64	0.40	1569.39	63.95
MR23	20.46	20.91	298.7	51.92	0.41	1344.43	55.30
MR24	20.54	20.83	300.8	52.41	0.41	1532.60	62.77
MR25	20.54	20.80	301.9	49.67	0.39	1617.41	66.35
MR26	20.50	20.44	299.0	47.87	0.38	1388.57	58.17
MR27	20.50	20.77	300.7	49.00	0.38	1755.24	72.43
MR28	20.53	20.67	298.2	50.25	0.40	1316.80	54.42
MR29	20.60	20.41	298.1	49.48	0.39	1509.32	62.73
MR30	20.45	20.72	299.1	49.25	0.39	1481.66	61.53

2/2. melléklet marilandika tömör faanyag szilárdsági vizsgálata

Mintanév	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Szilárdság [MPa]
MR31	20.52	20.35	301.3	48.93	0.39	1628.96	68.42
MR32	20.54	20.25	300.4	48.47	0.39	1472.98	62.06
MR33	20.51	20.32	299.7	51.17	0.41	1386.23	58.35
MR34	20.50	20.81	300.5	54.95	0.43	1481.63	61.02
MR35	20.49	20.58	299.9	48.45	0.38	1522.85	63.45
MR36	20.54	20.57	301.1	51.34	0.40	1496.83	62.11
MR37	20.44	20.49	301.5	50.20	0.40	1595.79	67.09
MR38	20.53	20.13	301.2	53.17	0.43	1523.20	64.63
MR39	20.45	20.53	298.1	49.13	0.39	1518.05	63.64
MR40	20.51	20.27	301.1	53.51	0.43	1374.66	58.03
MR41	20.43	20.78	300.2	54.01	0.42	1609.63	66.79
MR42	20.42	20.71	299.4	50.02	0.40	1483.33	61.85
MR43	20.47	20.15	300.3	52.01	0.42	1532.80	65.35
MR44	20.47	20.61	299.2	49.39	0.39	1484.87	61.90
MR45	20.48	20.34	298.0	51.71	0.42	1481.20	62.50
MR46	20.54	20.09	299.0	50.17	0.41	1604.83	68.17
MR47	20.53	20.29	301.3	48.57	0.39	1379.20	58.05
MR48	20.55	20.69	299.2	54.24	0.43	1812.03	74.68
MR49	20.50	20.36	298.5	49.83	0.40	1509.85	63.56
MR50	20.57	20.43	301.9	50.61	0.40	1325.72	55.19
MR51	20.50	20.83	299.9	54.18	0.42	1347.23	55.43
MR52	20.55	20.73	298.3	49.81	0.39	1535.72	63.16
MR53	20.54	20.47	298.4	52.31	0.42	1843.10	76.85
MR54	20.51	20.94	300.4	52.45	0.41	1556.48	63.59
MR55	20.56	20.40	300.7	52.38	0.42	1505.36	62.85
MR56	20.50	20.37	299.8	53.01	0.42	1376.51	57.86
MR57	20.52	20.16	300.7	49.61	0.40	1355.64	57.48
MR58	20.50	20.32	301.9	50.68	0.40	1415.88	59.67
MR59	20.46	20.30	300.4	50.27	0.40	1652.68	70.01
MR60	20.56	20.18	301.1	47.80	0.38	1751.23	73.92
Átlag	20.51	20.50	300.07	50.94	0.40	1499.42	62.61
Szórás	0.19	1.24	0.38	3.63	3.41	10.06	10.18

3. melléklet Hajlítóvizsgálat eredményeit kiértékelő Excel-macro program

Dim összeg As Double
Dim számláló As Double
Dim mintasz As Long
Dim nevező As Double
Dim meredekség As Double
Dim korreláció As Double
Dim korreláció1 As Double
Dim korreláció2 As Double
Dim korrelációb As Double
Dim xatlag As Double
Dim yatlag As Double
Dim adatcon(15000, 2) As Double
Dim adatok(15000, 2) As String
Dim regresad(10000, 2) As Double
Dim lepteto As Long
Dim lep2 As Double
Dim eleje As Double
Dim vege As Double
Dim adatbázis(1000, 10) As Double
Dim adatbázis1(1000) As String
Dim minmax(100, 2) As Long
Dim mintaszam As Long
Dim küszöb As Double
Dim eredmények(1000, 1000, 6) As Double
Dim folyamatban As Boolean
Dim egyenes As Double
Dim cools As Double
Dim coole As Double
Dim coolk As Double
Dim korhatár As Double
Dim találat As Boolean
Dim i As Double
Dim k As Double
Dim j As Double
Dim g As Long
Dim t As Long
Dim x As Double
Dim fesztáv As Double
Dim Fmax As Double
Dim global As Long
Dim stringbuffer As String
Dim sorozatnév As String
Dim mintanév(1000) As String
Dim legnagyobb As Double
Dim minpozíció As Double
Dim maxpozíció As Double
Dim sheetname As String

Dim sorozatszám As Integer

Sub vezerlo()

'Fesztávolság
fesztáv = 102
'minimális korrelációs együttható meghatározása
korhatár = 0.99998
elnevezés

For sorozatszám = 1 To 8

Sheets("Eredmények").Select
Range("A1").Select
sheetname = ActiveCell(sorozatszám + 1, 1)
Sheets(sheetname).Select
sorozatnév = Mid(sheetname, 1, 4)
betöltés
határok
vizsgálat

Next sorozatszám

párosítás
kiiratás

End Sub

Sub betöltés()

Range("C1").Select
For i = 1 To 12100

adatok(i, 1) = ActiveCell.Offset(i - 1, 0)
adatok(i, 2) = ActiveCell.Offset(i - 1, 1)
adatcon(i, 1) = Val(adatok(i, 1))
adatcon(i, 2) = Val(adatok(i, 2))

Next i

End Sub

Sub határok()

For i = 3 To 12100

If adatcon(i, 2) <> 0 And adatok(i - 1, 2) = "" And adatcon(i + 1, 2) <> 0 And adatcon(i + 2, 2) <> 0 Then

```
lepteto = lepteto + 1
minmax(lepteto, 1) = i
```

```
End If
```

```
If adatcon(i, 2) <> 0 And adatok(i + 1, 2) = "" And adatcon(i - 1, 2) <> 0 And adatcon(i - 2, 2) <> 0 Then minmax(lepteto, 2) = i
```

```
Next i
```

```
mintaszam = lepteto
lepteto = 0
```

```
End Sub
```

```
Sub regressziók()
```

```
'átlagok számítása
```

```
'x átlag
```

```
összeg = 0
```

```
For j = eleje To vege
```

```
összeg = összeg + adatcon(j, 1)
```

```
Next j
```

```
xatlag = összeg / (vege - eleje + 1)
```

```
'y átlag
```

```
összeg = 0
```

```
For j = eleje To vege
```

```
összeg = összeg + adatcon(j, 2)
```

```
Next j
```

```
yatlag = összeg / (vege - eleje + 1)
```

```
'koreláció négyzet kiszámítása: számláló/nevező
```

```
'számláló
```

```
összeg = 0
```

```
For j = eleje To vege
```

```
összeg = összeg + ((adatcon(j, 1) - xatlag) * (adatcon(j, 2) - yatlag))
```

```
Next j
```

```
számláló = összeg * összeg
```

```
'nevező első tagja
```

```
összeg = 0
```

```
For j = eleje To vege
    összeg = összeg + ((adatcon(j, 1) - xatlag) * (adatcon(j, 1) - xatlag))
Next j
nevező = összeg
```

'nevező második tagja

```
összeg = 0
For j = eleje To vege
    összeg = összeg + ((adatcon(j, 2) - yatlag) * (adatcon(j, 2) - yatlag))
Next j
nevező = nevező * összeg
```

'koreláció

korreláció = számláló / nevező

End Sub

Sub regresszióm()

'átlagok számítása

'x átlag

```
összeg = 0
For j = eleje To vege
    összeg = összeg + adatcon(j, 1)
Next j
xatlag = összeg / (vege - eleje + 1)
```

'y átlag

```
összeg = 0
For j = eleje To vege
    összeg = összeg + adatcon(j, 2)
Next j
yatlag = összeg / (vege - eleje + 1)
```

'meredekség kiszámítása: számláló/nevező

'számláló

```
összeg = 0
For j = eleje To vege
    összeg = összeg + ((adatcon(j, 1) - xatlag) * (adatcon(j, 2) - yatlag))
Next j
számláló = összeg
```

'nevező

összeg = 0

For j = eleje To vege

összeg = összeg + ((adatcon(j, 1) - xatlag) * (adatcon(j, 1) - xatlag))

Next j

nevező = összeg

'meredekség

meredekség = számláló / nevező

End Sub

Sub vizsgálat()

k = mintaszam

For g = 1 To mintaszam

eleje = minmax(g, 1)

vege = minmax(g, 2)

Minimuma

Maximuma

eleje = minpozíció

vege = maxpozíció

Do

regressziók

'az első elem leválasztása

eleje = eleje + 1

regressziók

korreláció1 = korreláció

'az utolsó elem leválasztása

eleje = eleje - 1

vege = vege - 1

regressziók

korreláció2 = korreláció

'korrelációs eredmények értékelése

'első elem leválasztása kedvezőbb

If korreláció1 > korreláció2 Then

vege = vege + 1

eleje = eleje + 1

```

                                regressziók
End If

'utolsó elem leválasztása kedvezőbb

If korreláció1 < korreláció2 Then
                                regressziók
End If
korrelációb = korreláció

Loop Until korrelációb > korhatár

regresszióm

'eredmények tárolása
eredmények(sorozatszám, g, 1) = minpozíció
eredmények(sorozatszám, g, 2) = maxpozíció
eredmények(sorozatszám, g, 3) = meredekség
eredmények(sorozatszám, g, 4) = korreláció
eredmények(sorozatszám, g, 5) = eleje
eredmények(sorozatszám, g, 6) = vege
globál = globál + 1
adatbázis(globál, 7) = Fmax
adatbázis(globál, 8) = meredekség
Next g

End Sub

Sub Minimuma()

For i = eleje To vege

    If adatcon(i, 2) > 2 Then
        minpozíció = i
        i = vege
    End If

Next i

End Sub

Sub Maximuma()

legnagyobb = 0
For i = eleje + 1 To vege

    If adatcon(i, 2) > legnagyobb Then
        legnagyobb = adatcon(i, 2)
        maxpozíció = i
    End If

Next i

End Sub

```

```

    End If
    Next i
    Fmax = legnagyobb

End Sub

Sub elnevezés()

Sheets("Összefoglaló").Select
Range("B3").Select

For i = 1 To 1000

    If Mid(ActiveCell(i, 1), 1, 2) = "IH" Then

        mintasz = mintasz + 1
        mintanév(mintasz) = ActiveCell(i, 1)

    End If

Next i

End Sub

Sub párosítás()

Sheets("Méretek").Select
Range("A1").Select

For i = 1 To mintasz
    For j = 1 To 20000

        If ActiveCell(j, 1) = mintanév(i) Then
            t = j
            j = 20000
            találat = True
        End If

    Next j

    If találat = True Then

        adatbázis1(i) = ActiveCell(t, 1)
        adatbázis(i, 2) = Val(ActiveCell(t, 3))
        adatbázis(i, 3) = Val(ActiveCell(t, 4))
        adatbázis(i, 4) = Val(ActiveCell(t, 5))
        adatbázis(i, 5) = Val(ActiveCell(t, 2))
        adatbázis(i, 6) = adatbázis(i, 5) / (adatbázis(i, 2) * adatbázis(i, 3) * adatbázis(i, 4)) * 1000
        adatbázis(i, 4) = Val(ActiveCell(t, 5))
    End If

Next i

```

```

    adatbázis(i, 5) = adatbázis(i, 6) / 1000 * adatbázis(i, 2) * adatbázis(i, 3) * adatbázis(i, 4)
    adatbázis(i, 9) = 3 * adatbázis(i, 7) * fesztáv / (2 * (adatbázis(i, 2) * adatbázis(i, 2) *
adatbázis(i, 3))) * 4.535925
    adatbázis(i, 10) = ((adatbázis(i, 8) / 5.5997398176469) * fesztáv ^ 3) / (4 * adatbázis(i, 3)
* adatbázis(i, 2) ^ 3)

```

```

End If
találat = False

```

```

Next i

```

```

End Sub

```

```

Sub kiiratás()

```

```

    Sheets("Eredmények").Select
    Range("B3").Select

```

```

    For i = 1 To global

```

```

        sor = Val(Mid(adatbázis1(i), 5, 2))
        ActiveCell(sor, 1) = adatbázis1(i)

```

```

        For j = 2 To 10

```

```

            ActiveCell(sor, j) = adatbázis(i, j)

```

```

        Next j
    Next i

```

```

    Range("B1:K2").Select
    Selection.Copy
    Range("M1").Select
    ActiveSheet.Paste
    ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=13
    Range("X1").Select
    ActiveSheet.Paste
    ActiveWindow.SmallScroll ToRight:=17
    Range("A11").Select
    ActiveSheet.Paste
    Range("A70").Select

```

```

End Sub

```

End Sub

Sub ki()

For i = 1 To mintaszam

For kezdőpont = minmax(i, 1) To minmax(i, 2)

For végpont = sorszám + 2 To minmax(i, 2)

If eredmények(i, kezdőpont, végpont, 2) - eredmények(i, kezdőpont, végpont, 1) >
coolk And eredmények(i, kezdőpont, végpont, 2) - eredmények(i, kezdőpont, végpont, 3) >
küszöb Then

coolk = eredmények(i, kezdőpont, végpont, 2) - eredmények(i, kezdőpont,
végpont, 1)

cools = eredmények(i, kezdőpont, végpont, 1)

coole = eredmények(i, kezdőpont, végpont, 2)

Next végpont

Next sorszám

Next i

End Sub

4/1. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálata

Présnyomás: 0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH0001	2.98	50.83	149.77	9.51	0.42	175.17	21.25	59.37	4 191.04
IH0002	2.98	51.98	149.94	8.88	0.38	161.70	18.76	53.59	3 617.32
IH0003	3.12	51.01	149.81	8.52	0.36	168.38	20.01	51.88	3 427.40
IH0004	3.00	51.79	149.73	8.52	0.37	185.00	22.58	60.73	4 283.11
IH0005	2.99	51.76	149.69	9.24	0.40	173.04	20.98	57.21	4 022.28
IH0006	2.98	48.84	149.46	9.18	0.42	176.39	20.03	62.22	4 111.84
IH0007	3.10	51.48	150.09	8.81	0.37	155.11	18.86	47.97	3 262.93
IH0008	3.03	49.28	149.43	7.81	0.35	133.73	14.95	45.22	2 892.43
IH0009	2.96	49.15	149.42	8.16	0.38	175.68	20.37	62.42	4 240.65
IH0010	3.00	50.02	147.36	8.64	0.39	150.45	18.51	51.13	3 635.50
IH0011	2.97	52.14	147.84	8.94	0.39	177.10	21.20	58.91	4 117.45
IH0012	3.06	49.71	148.07	8.61	0.38	176.69	20.06	58.08	3 736.94
IH0013	3.09	49.82	148.43	8.40	0.37	175.57	21.02	56.47	3 793.17
IH0014	3.18	51.56	147.96	8.64	0.36	135.72	17.40	39.83	2 784.82
IH0015	3.04	51.00	147.76	7.56	0.33	181.35	21.87	58.87	4 049.57
IH0016	3.04	50.84	147.72	8.97	0.39	176.79	19.60	57.57	3 640.95
IH0017	3.01	50.86	149.69	9.02	0.39	168.79	19.64	56.04	3 756.95
IH0018	3.03	50.04	142.33	8.51	0.39	133.90	16.70	44.59	3 183.55
IH0019	3.03	50.03	143.36	7.07	0.33	145.49	17.30	48.46	3 297.78
IH0020	3.13	50.03	145.08	7.71	0.34	170.00	19.08	53.07	3 299.15
IH0021	2.98	49.73	143.88	8.28	0.39	131.75	14.88	45.64	2 999.77
IH0022	2.97	50.23	144.83	6.89	0.32	170.91	19.60	59.02	3 951.55
IH0023	3.01	51.38	143.00	8.18	0.37	175.17	20.63	57.57	3 906.94
IH0024	3.01	51.35	144.88	8.43	0.38	162.41	18.41	53.41	3 488.20
IH0025	3.01	50.69	143.06	8.17	0.37	168.79	19.32	56.23	3 708.11
IH0026	3.01	52.50	144.82	8.75	0.38	146.80	16.70	47.22	3 094.98
IH0027	2.98	51.37	143.46	7.38	0.34	155.01	18.92	51.99	3 691.58
IH0028	3.01	50.61	145.36	7.78	0.35	122.31	15.58	40.81	2 994.40
IH0029	3.01	51.36	147.20	7.49	0.33	155.52	18.00	51.13	3 408.67
IH0030	2.99	51.28	147.89	8.06	0.36	160.58	18.81	53.59	3 641.21

4/2. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
 Présnyomás: 0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH0031	3.00	51.04	148.01	8.31	0.37	136.97	16.50	45.62	3 177.08
IH0032	2.98	51.86	145.00	7.24	0.32	119.23	14.39	39.61	2 781.57
IH0033	2.96	50.97	148.07	6.93	0.31	171.22	20.70	58.66	4 153.61
IH0034	3.04	51.81	145.10	8.45	0.37	152.37	16.69	48.69	3 041.33
IH0035	3.01	51.74	145.11	7.38	0.33	158.96	18.71	51.88	3 518.05
IH0036	3.05	52.26	145.07	7.99	0.35	157.85	17.63	49.68	3 153.75
IH0037	3.00	50.85	146.03	8.02	0.36	148.83	17.64	49.76	3 408.41
IH0038	2.98	51.01	148.68	7.54	0.33	169.80	21.01	57.35	4 129.34
IH0039	3.03	51.00	148.63	8.58	0.37	143.86	17.01	47.01	3 181.64
IH0040	3.00	50.99	147.90	7.66	0.34	172.94	21.14	57.66	4 073.70
IH0041	2.97	51.49	150.21	8.94	0.39	171.12	20.25	57.64	3 983.26
IH0042	2.99	52.10	150.14	9.24	0.40	161.49	17.95	53.05	3 420.17
IH0043	3.25	49.64	150.58	8.05	0.33	173.04	20.80	50.49	3 238.11
IH0044	3.01	52.20	150.50	9.07	0.38	167.78	20.58	54.28	3 836.07
IH0045	3.04	49.91	150.12	8.57	0.38	143.56	17.45	47.62	3 302.38
IH0046	3.03	49.78	149.79	7.47	0.33	140.91	17.30	47.17	3 314.31
IH0047	3.17	49.66	149.80	8.03	0.34	143.56	16.43	44.02	2 755.08
IH0048	3.01	49.35	149.81	7.57	0.34	177.30	21.13	60.67	4 166.08
IH0049	2.95	47.43	149.89	8.65	0.41	171.62	20.83	63.62	4 538.09
IH0050	3.01	51.41	148.15	8.78	0.38	146.91	17.09	48.26	3 234.50
IH0051	3.00	51.32	147.94	7.75	0.34	167.37	19.81	55.44	3 792.75
IH0052	3.07	51.58	148.25	8.37	0.36	166.05	20.33	52.26	3 613.86
IH0053	3.10	50.17	145.11	8.21	0.36	143.97	17.69	45.69	3 139.31
IH0054	3.04	50.25	144.71	7.69	0.35	129.03	14.93	42.51	2 806.03
IH0055	2.95	50.36	145.39	6.78	0.31	140.62	16.99	49.09	3 486.98
IH0056	3.02	50.19	143.08	6.96	0.32	150.15	18.14	50.18	3 481.44
IH0057	3.02	52.15	145.64	8.16	0.36	123.20	15.08	39.63	2 785.02
IH0058	3.02	51.73	145.30	7.05	0.31	157.03	18.26	50.93	3 399.29
IH0059	3.06	51.90	145.43	7.97	0.35	156.23	18.98	49.19	3 386.15
IH0060	3.06	52.43	145.75	8.01	0.34	164.23	20.18	51.18	3 564.12
Átlag:	3.03	50.85	147.24	8.16	0.36	157.87	18.71	51.99	3 534.86
Szórás [%]:	1.87	2.00	1.61	8.14	7.67	10.44	10.52	11.59	12.40

4/3. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
Présnyomás: 1.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH1001	2.76	50.62	149.56	10.18	0.49	139.29	16.43	55.19	4 086.32
IH1002	2.74	50.47	149.61	8.20	0.40	169.48	21.03	68.26	5 352.77
IH1003	2.79	50.33	149.16	9.09	0.43	143.26	17.42	55.96	4 230.55
IH1004	2.75	50.14	149.59	9.04	0.44	135.82	16.36	54.69	4 150.17
IH1005	2.77	50.39	150.15	7.88	0.38	140.83	15.73	55.68	3 891.70
IH1006	2.73	50.40	148.08	8.79	0.43	136.57	17.18	55.82	4 468.74
IH1007	2.71	54.18	148.83	9.36	0.43	168.00	18.83	64.75	4 650.44
IH1008	2.76	53.25	148.15	9.23	0.42	135.48	15.96	51.02	3 774.59
IH1009	2.76	53.77	147.53	8.24	0.38	172.61	21.19	64.38	4 962.95
IH1010	2.69	52.55	147.65	9.49	0.45	145.39	16.99	58.57	4 414.72
IH1011	2.76	49.94	148.62	8.23	0.40	143.71	17.34	57.71	4 372.07
IH1012	2.79	52.45	148.16	8.37	0.39	207.95	24.59	77.95	5 729.77
IH1013	2.73	52.55	148.21	10.11	0.47	188.25	22.03	73.30	5 440.24
IH1014	2.72	52.19	148.37	9.27	0.44	133.54	15.95	53.07	4 047.72
IH1015	2.67	52.92	144.76	8.27	0.40	167.75	18.88	68.03	4 972.08
IH1016	2.69	51.79	149.83	9.55	0.46	162.29	20.04	66.34	5 282.27
IH1017	2.79	52.53	149.81	9.35	0.43	205.97	26.63	77.09	6 196.17
IH1018	2.73	51.66	149.06	10.56	0.50	179.57	22.09	71.13	5 549.49
IH1019	2.73	49.50	145.86	9.03	0.46	150.25	19.29	62.53	5 108.37
IH1020	2.72	49.38	145.71	12.60	0.64	159.57	19.88	67.02	5 331.59
IH1021	2.71	48.80	144.57	8.46	0.44	159.62	20.21	68.30	5 540.49
IH1022	2.83	49.88	149.08	8.98	0.43	163.83	18.67	62.90	4 396.91
IH1023	2.69	50.17	149.91	9.59	0.47	165.02	20.89	69.63	5 684.96
IH1024	2.77	50.22	149.81	9.06	0.43	196.30	22.70	77.87	5 633.98
IH1025	2.77	48.88	145.16	8.39	0.43	133.84	15.70	54.55	4 002.77
IH1026	2.73	50.75	149.97	9.75	0.47	165.02	18.41	66.54	4 706.46
IH1027	2.73	50.24	150.07	8.13	0.40	162.94	20.08	66.81	5 239.99
IH1028	2.76	49.03	148.76	9.06	0.45	160.41	17.54	65.62	4 504.99
IH1029	2.84	50.58	149.45	9.20	0.43	178.58	21.46	67.18	4 935.60
IH1030	2.68	51.05	150.01	8.60	0.42	155.90	17.77	65.09	4 803.32

4/4. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
Présnyomás: 1.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH1031	2.75	51.82	149.88	9.01	0.42	136.42	15.60	53.15	3 828.25
IH1032	2.77	51.03	149.61	8.68	0.41	143.11	17.16	55.87	4 191.65
IH1033	2.74	49.24	147.96	9.13	0.46	148.62	17.02	61.35	4 440.96
IH1034	2.73	52.39	144.43	8.10	0.39	158.28	19.42	62.24	4 858.03
IH1035	2.72	48.93	145.22	8.85	0.46	163.39	20.66	69.26	5 590.96
IH1036	2.77	51.60	147.80	8.47	0.40	188.37	23.08	72.73	5 574.69
IH1037	2.67	52.18	147.73	8.57	0.42	186.88	21.91	76.87	5 854.06
IH1038	2.76	51.87	147.48	9.43	0.45	158.43	19.59	61.26	4 756.13
IH1039	2.68	52.26	147.95	9.59	0.46	175.61	19.58	71.62	5 167.51
IH1040	2.74	50.00	149.02	9.19	0.45	175.48	21.94	71.34	5 637.03
IH1041	2.66	53.41	148.36	8.72	0.41	168.59	20.09	68.22	5 296.74
IH1042	2.64	49.69	148.26	9.70	0.50	142.66	17.09	62.92	4 944.74
IH1043	2.70	49.90	150.00	8.28	0.41	143.90	16.51	60.63	4 471.28
IH1044	2.70	49.77	150.06	9.31	0.46	144.50	17.68	61.04	4 801.51
IH1045	2.71	53.64	148.15	9.33	0.43	169.48	18.77	65.98	4 681.75
IH1046	2.77	53.38	147.96	9.12	0.42	191.72	20.19	71.55	4 714.14
IH1047	2.76	52.41	148.47	9.85	0.46	150.75	16.81	57.69	4 038.88
IH1048	2.78	51.81	148.41	8.40	0.39	117.38	13.82	44.84	3 292.44
IH1049	2.73	50.92	149.97	8.51	0.41	167.15	20.55	67.63	5 290.58
IH1050	2.81	50.26	148.93	8.37	0.40	153.92	18.46	59.42	4 399.60
IH1051	2.73	48.48	145.01	7.48	0.39	191.96	22.76	81.57	6 153.13
IH1052	2.78	48.76	148.02	9.07	0.45	156.05	18.36	63.34	4 647.19
IH1053	2.77	51.06	150.18	8.97	0.42	171.66	19.03	66.98	4 645.01
IH1054	2.74	51.74	150.32	9.63	0.45	151.88	17.21	59.67	4 272.08
IH1055	2.79	48.75	148.60	8.30	0.41	172.76	19.79	69.67	4 961.64
IH1056	2.73	54.55	147.92	9.94	0.45	170.32	19.68	63.89	4 682.12
IH1057	2.75	48.66	148.51	8.52	0.43	173.50	20.63	71.99	5 392.96
IH1058	2.73	51.63	149.73	9.04	0.43	178.58	21.35	70.78	5 364.94
IH1059	2.69	50.51	149.67	9.20	0.45	199.52	23.15	83.62	6 257.34
IH1060	2.79	51.03	149.64	9.26	0.43	136.91	19.02	52.75	4 555.67
Átlag:	2.74	51.04	148.45	9.03	0.44	161.91	19.24	64.71	4870.42
Szórás [%]:	1.50	2.99	1.04	8.44	9.04	12.19	12.75	12.17	13.27

4/5. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
Présnyomás: 1.5 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH1501	2.76	51.48	148.47	9.16	0.43	173.85	19.77	67.77	4 839.97
IH1502	2.73	52.64	148.31	10.03	0.47	170.91	21.53	66.87	5 359.09
IH1503	2.65	51.67	147.68	8.95	0.44	167.62	20.63	70.45	5 663.58
IH1504	2.65	52.08	147.96	10.34	0.51	134.55	15.88	56.48	4 368.65
IH1505	2.66	52.57	147.37	9.51	0.46	132.28	15.84	54.28	4 230.91
IH1506	2.65	51.37	147.78	9.00	0.45	167.96	21.44	71.00	5 920.37
IH1507	2.68	52.81	146.24	8.88	0.43	159.94	19.47	64.46	5 074.87
IH1508	2.66	53.68	146.67	8.44	0.40	171.81	21.36	69.04	5 588.51
IH1509	2.69	52.60	146.64	9.34	0.45	140.85	18.60	56.62	4 820.48
IH1510	2.63	53.68	145.44	9.73	0.47	173.17	19.92	71.49	5 426.23
IH1511	2.71	51.61	143.41	9.74	0.49	150.51	19.29	60.85	4 993.88
IH1512	2.64	50.86	143.88	8.74	0.45	153.82	18.37	66.56	5 226.84
IH1513	2.63	49.84	143.95	9.57	0.51	170.45	20.75	75.78	6 088.66
IH1514	2.66	51.82	144.08	8.74	0.44	169.32	21.66	70.48	5 870.73
IH1515	2.63	52.40	144.21	9.15	0.46	194.48	23.82	82.24	6 646.39
IH1516	2.72	52.93	150.75	9.28	0.43	151.64	17.56	59.39	4 389.94
IH1517	2.68	53.26	143.45	9.16	0.45	128.25	14.59	51.25	3 770.95
IH1518	2.65	54.13	149.53	10.85	0.51	135.46	16.00	54.71	4 236.63
IH1519	2.59	53.30	149.96	8.64	0.42	176.58	21.55	75.44	6 159.32
IH1520	2.60	52.99	149.97	8.68	0.42	166.94	20.78	71.25	5 911.80
IH1521	2.63	51.59	150.01	8.85	0.44	164.22	20.27	70.54	5 745.07
IH1522	2.67	52.99	149.52	10.07	0.48	145.75	18.24	58.93	4 786.56
IH1523	2.65	53.46	150.83	10.43	0.49	148.69	19.02	60.81	5 097.18
IH1524	2.70	53.26	150.29	9.33	0.43	144.84	18.13	57.12	4 593.47
IH1525	2.65	52.55	149.26	10.19	0.49	171.70	20.83	70.95	5 623.12
IH1526	2.80	52.19	148.95	9.15	0.42	187.11	23.06	70.12	5 356.96
IH1527	2.72	52.07	148.51	9.06	0.43	127.12	17.50	50.61	4 447.47
IH1528	2.68	49.80	145.07	8.57	0.44	175.33	21.15	74.94	5 845.07
IH1529	2.68	51.50	149.70	8.72	0.42	156.13	19.00	64.53	5 077.73
IH1530	2.65	51.24	149.50	9.99	0.49	177.82	22.64	75.36	6 268.64

4/6. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
Présnyomás: 1.5 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Meredekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH1531	2.67	51.18	147.34	9.12	0.45	162.07	20.48	67.85	5 563.27
IH1532	2.67	51.08	144.01	8.86	0.45	185.64	22.43	77.87	6 105.87
IH1533	2.66	53.70	146.40	9.82	0.47	149.01	18.95	59.86	4 954.84
IH1534	2.68	51.99	145.10	9.52	0.47	187.79	24.80	76.88	6 566.15
IH1535	2.70	52.35	142.74	9.67	0.48	182.24	22.70	73.12	5 850.67
IH1536	2.70	52.15	143.32	9.01	0.45	169.89	21.78	68.43	5 635.51
IH1537	2.71	53.56	150.53	11.49	0.53	168.98	19.00	65.83	4 740.18
IH1538	2.81	53.38	150.46	11.05	0.49	172.27	20.56	62.72	4 625.96
IH1539	2.66	54.36	150.32	10.07	0.46	165.47	20.38	65.66	5 264.64
IH1540	2.73	53.42	150.06	10.09	0.46	153.09	19.03	59.02	4 667.40
IH1541	2.71	52.68	145.48	9.77	0.47	167.73	21.29	66.44	5 400.07
IH1542	2.65	53.03	150.48	10.25	0.49	162.98	21.67	67.19	5 856.44
IH1543	2.74	52.78	150.51	10.10	0.46	171.70	21.46	66.13	5 223.15
IH1544	2.66	53.39	151.02	9.41	0.44	157.22	20.46	63.52	5 382.61
IH1545	2.65	51.51	151.40	9.56	0.46	155.63	17.57	65.61	4 838.83
IH1546	2.71	52.81	149.99	9.46	0.44	150.69	17.60	59.54	4 453.37
IH1547	2.67	52.76	149.64	10.26	0.49	145.61	17.80	59.14	4 689.73
IH1548	2.65	53.23	150.28	9.00	0.43	155.45	18.50	63.84	4 981.49
IH1549	2.58	52.44	148.86	9.64	0.48	165.47	20.15	72.35	5 913.15
IH1550	2.63	51.36	148.71	9.09	0.45	175.90	20.73	75.89	5 903.11
IH1551	2.65	52.78	148.43	8.39	0.40	163.31	18.86	67.19	5 068.99
IH1552	2.65	52.92	148.93	9.65	0.46	153.37	19.70	63.36	5 334.11
IH1553	2.67	51.09	145.45	9.24	0.47	184.28	23.01	77.29	6 261.25
IH1554	2.64	53.43	146.42	10.04	0.49	174.19	22.96	71.76	6 221.14
IH1555	2.68	52.72	144.48	9.05	0.44	173.40	20.82	70.01	5 436.40
IH1556	2.64	53.77	150.53	9.33	0.44	173.06	21.42	70.84	5 765.49
IH1557	2.67	52.45	150.53	10.74	0.51	149.51	18.19	61.08	4 820.64
IH1558	2.76	52.09	150.74	11.26	0.52	194.14	22.98	74.79	5 558.31
IH1559	2.62	52.52	151.37	10.49	0.50	156.67	19.78	66.55	5 563.01
IH1560	2.70	52.78	148.84	9.07	0.43	155.09	17.91	61.72	4 578.25
Átlag:	2.67	52.47	148.00	9.55	0.46	162.85	20.03	66.53	5310.89
Szórás [%]:	1.64	1.83	1.70	7.36	6.31	9.53	10.38	10.47	11.90

4/7. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 2.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH2001	2.61	51.35	150.24	9.31	0.46	170.92	19.07	75.00	5 568.74
IH2002	2.66	51.19	150.14	9.82	0.48	167.17	19.92	70.73	5 498.77
IH2003	2.54	50.42	150.21	8.90	0.46	146.40	17.74	68.59	5 662.80
IH2004	2.54	50.51	149.19	8.88	0.46	19.55	14.42	-	-
IH2005	2.54	50.80	148.97	10.10	0.53	125.95	15.09	58.97	4 831.59
IH2006	2.63	50.02	152.37	9.74	0.49	173.85	21.73	76.78	6 323.56
IH2007	2.65	49.97	152.93	9.75	0.48	140.95	17.01	61.49	4 856.61
IH2008	2.59	53.28	151.66	9.51	0.45	136.89	16.63	58.68	4 776.53
IH2009	2.59	50.00	152.34	8.33	0.42	145.79	17.73	66.59	5 423.48
IH2010	2.53	49.94	150.56	10.34	0.54	145.99	17.98	70.01	5 915.17
IH2011	2.54	49.82	150.65	8.60	0.45	151.87	19.05	72.01	6 153.73
IH2012	2.77	50.71	150.51	9.50	0.45	129.76	16.11	51.00	3 962.52
IH2013	2.61	50.37	150.59	9.28	0.47	153.90	18.19	68.85	5 414.80
IH2014	2.61	50.75	151.19	8.83	0.44	161.39	18.18	71.66	5 370.21
IH2015	2.61	50.10	152.29	9.11	0.46	155.62	17.89	69.53	5 301.61
IH2016	2.60	51.17	152.45	9.30	0.46	163.52	20.26	72.49	5 995.80
IH2017	2.61	51.78	152.27	9.34	0.45	165.75	20.54	72.13	5 947.54
IH2018	2.55	51.39	152.14	10.18	0.51	140.38	17.27	64.09	5 355.41
IH2019	2.52	51.95	151.83	9.65	0.49	170.41	20.49	79.10	6 548.27
IH2020	2.52	52.90	148.41	9.46	0.48	166.15	20.55	75.74	6 449.07
IH2021	2.56	50.77	147.25	9.46	0.49	146.09	17.59	67.06	5 465.44
IH2022	2.57	53.10	147.47	9.79	0.49	176.90	19.85	77.11	5 836.66
IH2023	2.50	52.21	147.19	8.63	0.45	159.87	20.55	74.87	6 672.44
IH2024	2.64	52.83	147.56	9.68	0.47	151.87	19.09	63.08	5 208.39
IH2025	2.54	52.24	147.78	9.58	0.49	145.49	17.35	65.79	5 347.23
IH2026	2.74	50.12	146.78	8.93	0.44	133.82	15.97	54.57	4 127.75
IH2027	2.48	50.03	146.67	9.72	0.53	162.00	19.92	80.28	6 890.02
IH2028	2.60	49.54	147.05	9.39	0.50	145.28	18.10	66.53	5 532.55
IH2029	2.58	49.64	147.41	8.91	0.47	157.24	19.19	72.83	5 974.49
IH2030	2.51	49.78	146.84	8.44	0.46	146.09	17.94	71.26	6 044.25

4/8. melléklet olasznyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat
Présnyomás: 2.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
IH2031	2.57	49.17	146.70	8.26	0.45	159.06	19.31	74.88	6 132.12
IH2032	2.60	50.50	150.35	9.46	0.48	174.06	20.21	78.19	6 061.54
IH2033	2.60	50.44	151.03	8.88	0.45	119.96	14.87	53.95	4 464.81
IH2034	2.55	52.72	152.15	9.98	0.49	131.26	15.88	58.42	4 799.10
IH2035	2.59	51.30	152.03	9.11	0.45	148.63	18.44	66.16	5 498.11
IH2036	2.53	51.66	151.94	9.79	0.49	155.21	19.11	71.95	6 077.86
IH2037	2.55	50.12	150.63	10.43	0.54	145.69	17.76	68.20	5 645.33
IH2038	2.55	49.64	150.62	7.66	0.40	171.62	21.24	81.12	6 817.35
IH2039	2.52	50.82	150.70	8.88	0.46	133.90	16.17	63.53	5 283.41
IH2040	2.66	50.46	150.62	9.30	0.46	151.36	18.55	64.97	5 195.72
IH2041	2.61	50.94	151.79	9.64	0.48	156.53	19.63	69.24	5 779.32
IH2042	2.59	50.01	151.88	8.64	0.44	141.35	16.14	64.55	4 938.64
IH2043	2.57	50.75	152.03	9.92	0.50	154.10	19.25	70.28	5 921.19
IH2044	2.53	49.74	151.78	8.55	0.45	157.44	18.66	75.81	6 164.73
IH2045	2.50	50.01	150.27	9.11	0.48	136.89	17.37	66.93	5 886.49
IH2046	2.58	50.28	152.43	9.65	0.49	132.76	17.07	60.71	5 245.35
IH2047	2.54	50.64	152.09	9.00	0.46	158.66	19.41	74.01	6 168.90
IH2048	2.62	50.79	152.56	9.70	0.48	115.74	15.46	50.67	4 472.94
IH2049	2.61	51.07	152.43	9.05	0.44	153.69	18.26	67.36	5 308.89
IH2050	2.54	51.39	151.63	9.18	0.46	167.68	20.60	77.08	6 452.58
IH2051	2.54	50.52	150.13	8.90	0.46	174.36	21.45	82.09	6 904.43
IH2052	2.61	50.91	150.11	9.24	0.46	160.58	19.66	70.60	5 733.75
IH2053	2.53	51.40	150.01	8.51	0.44	134.91	16.17	62.86	5 167.77
IH2054	2.64	50.79	150.28	9.43	0.47	165.95	20.67	71.70	5 864.97
IH2055	2.91	52.58	147.36	9.96	0.44	176.39	21.01	60.42	4 281.76
IH2056	2.94	50.39	147.14	9.76	0.45	155.11	19.78	54.33	4 081.18
IH2057	2.90	49.40	146.74	9.51	0.45	133.73	15.68	49.09	3 435.11
IH2058	2.88	52.60	146.37	8.27	0.37	175.68	21.37	61.82	4 535.38
IH2059	2.95	51.99	147.23	9.55	0.42	150.45	19.41	50.74	3 842.25
IH2060	2.53	52.25	147.14	8.36	0.43	160.69	19.98	73.65	6 282.42
Átlag:	2.61	50.90	150.02	9.27	0.47	150.17	18.50	67.66	5492.36
Szórás [%]:	4.14	1.99	1.37	6.09	6.45	14.94	9.86	11.95	14.25

5/1. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH0001	3.01	53.12	148.97	10.37	0.44	199.84	29.85	63.53	5 466.73
MH0002	2.99	52.58	149.46	10.87	0.46	208.90	26.73	67.99	5 046.03
MH0003	3.00	51.07	149.02	10.55	0.46	204.43	29.98	68.05	5 769.10
MH0004	3.00	51.95	145.41	9.78	0.43	207.46	26.38	67.89	4 988.92
MH0005	2.99	50.72	145.36	9.48	0.43	190.37	24.98	64.23	4 887.39
MH0006	3.00	50.51	145.04	9.61	0.44	197.17	27.49	66.36	5 347.79
MH0007	2.96	50.8	144.52	9.35	0.43	194.73	25.77	66.94	5 189.57
MH0008	2.98	51.18	144.55	8.89	0.40	175.31	24.14	59.01	4 728.74
MH0009	3.01	51.3	144.29	9.39	0.42	185.89	26.12	61.19	4 953.67
MH0010	2.98	51.34	144.18	9.68	0.44	187.00	27.58	62.75	5 386.26
MH0011	2.99	50.23	149.5	9.39	0.42	192.14	27.03	65.46	5 341.56
MH0012	3.05	50.46	146.98	9.87	0.44	201.43	29.27	65.65	5 424.13
MH0013	3.18	51.67	148.61	9.51	0.39	191.81	27.16	56.16	4 336.76
MH0014	3.04	50.49	147.91	10.32	0.45	211.57	30.67	69.37	5 736.08
MH0015	3.18	51.02	147.57	10.16	0.42	203.76	32.02	60.42	5 177.44
MH0016	3.04	51.12	147.34	10.31	0.45	204.43	26.60	66.20	4 913.39
MH0017	3.01	51.06	148.65	8.96	0.39	183.00	25.32	60.52	4 823.67
MH0018	3.02	51.21	150.74	9.41	0.40	183.22	27.82	60.02	5 232.31
MH0019	2.94	51.23	150.08	9.75	0.43	195.62	25.04	67.59	5 103.54
MH0020	2.95	50.89	150.34	9.41	0.42	178.97	24.90	61.83	5 056.58
MH0021	3.01	51.26	150.59	9.35	0.40	181.12	23.84	59.67	4 525.00
MH0022	3.02	51.05	150.34	9.36	0.40	169.16	22.48	55.59	4 242.19
MH0023	3.22	50.46	150.26	12.08	0.49	249.08	36.33	72.84	5 721.54
MH0024	3.27	52.11	149.64	11.13	0.44	228.66	30.60	62.79	4 455.11
MH0025	3.04	52.83	149.33	9.56	0.40	187.70	25.35	58.82	4 531.57
MH0026	2.91	52.68	149.61	9.74	0.42	176.08	23.35	60.39	4 771.84
MH0027	3.06	52.69	149.89	10.83	0.45	192.81	24.60	59.79	4 322.18
MH0028	3.10	52.83	149.94	9.84	0.40	190.25	28.44	57.34	4 793.46
MH0029	3.03	52.59	150.76	10.24	0.43	205.31	28.90	65.06	5 240.42
MH0030	3.09	51.33	148.53	9.71	0.41	188.92	27.64	58.98	4 842.08

5/2. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH0031	3.02	51.37	148.71	9.54	0.41	186.89	26.65	61.03	4 997.32
MH0032	2.97	53.43	148.88	9.83	0.42	197.06	27.09	63.97	5 134.29
MH0033	3.00	51.22	148.71	9.15	0.40	173.27	25.46	57.51	4 883.35
MH0034	3.02	51.66	148.83	11.29	0.49	220.85	32.59	71.72	6 076.95
MH0035	3.06	52.18	148.68	10.18	0.43	196.29	28.73	61.47	5 098.25
MH0036	2.97	51.75	148.99	9.46	0.41	189.03	28.21	63.36	5 520.85
MH0037	3.13	54.59	148.47	12.1	0.48	249.64	37.49	71.42	5 941.54
MH0038	2.98	55.23	148.49	9.87	0.40	190.92	25.82	59.56	4 686.76
MH0039	3.09	50.32	148.63	9.74	0.42	162.47	21.02	51.74	3 756.60
MH0040	3.15	50.84	148	10.81	0.46	227.99	32.46	69.15	5 419.56
MH0041	3.04	52.97	148.1	10	0.42	192.14	26.77	60.05	4 772.58
MH0042	3.04	51.31	148.02	9.7	0.42	180.63	27.91	58.28	5 136.79
MH0043	3.04	49.63	147.58	8.73	0.39	167.13	24.16	55.75	4 596.63
MH0044	3.02	50.23	148.02	9.45	0.42	171.27	25.20	57.20	4 832.51
MH0045	3.14	50.76	148.76	9.81	0.41	186.00	24.33	56.86	4 106.68
MH0046	3.04	51.97	149.2	9.76	0.41	187.48	28.52	59.72	5 182.06
MH0047	2.99	52.16	148.95	10.13	0.44	184.78	25.66	60.63	4 883.23
MH0048	3.03	51.69	148.26	8.82	0.38	158.43	23.28	51.08	4 295.76
MH0049	3.01	51.03	151.01	9.18	0.40	155.77	21.78	51.55	4 152.33
MH0050	3.23	50.76	150.75	11.83	0.48	226.88	31.47	65.55	4 880.85
MH0051	3.04	53.44	151.14	10.11	0.41	202.98	28.98	62.88	5 120.64
MH0052	2.95	51.27	150.63	9.96	0.44	196.95	26.87	67.54	5 415.82
MH0053	2.89	53.07	150.51	10.21	0.44	197.06	28.98	68.02	6 001.06
MH0054	2.85	53.08	150.48	10.25	0.45	195.29	26.22	69.30	5 660.99
MH0055	3.02	52.81	150.54	9.54	0.40	177.75	24.69	56.46	4 503.90
MH0056	2.94	51.35	151.13	9.45	0.41	178.64	27.41	61.58	5 572.16
MH0057	2.98	51.02	150.51	9.33	0.41	192.92	26.50	65.15	5 206.58
MH0058	3.10	50.68	145.34	10.07	0.44	187.11	25.50	58.78	4 480.04
MH0059	3.04	54.26	148.88	11	0.45	206.90	28.20	63.13	4 907.19
MH0060	2.99	50.62	143.21	9.13	0.42	173.83	25.60	58.77	5 019.14
Átlag:	3.03	51.67	148.58	9.92	0.43	193.01	27.17	62.19	5009.96
Szórás [%]:	2.58	2.20	1.31	7.38	5.72	9.62	11.29	7.96	9.68

5/3. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 1.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH1001	2.79	51	148.3	9.6755	0.46	174.70	23.63	67.33	5 660.05
MH1002	2.68	50.54	148.42	9.6448	0.48	162.70	21.96	68.58	5 989.53
MH1003	2.63	51.14	148.77	9.4814	0.47	155.33	21.57	67.19	6 151.24
MH1004	2.85	51.74	144.8	9.2362	0.43	182.65	21.50	66.50	4 763.36
MH1005	2.8	50.89	148.57	10.7381	0.51	184.09	24.55	70.60	5 831.07
MH1006	2.73	52.07	148.29	10.2783	0.49	198.18	24.11	78.13	6 036.45
MH1007	2.83	52.55	144.97	10.2068	0.47	181.11	24.61	65.84	5 482.69
MH1008	2.78	52.06	145.05	9.9105	0.47	201.67	27.46	76.69	6 514.40
MH1009	2.79	51.79	144.83	10.3907	0.50	191.97	26.31	72.86	6 205.56
MH1010	2.77	51.66	144.84	10.2681	0.50	157.32	22.58	60.73	5 455.27
MH1011	2.8	51.8	144.03	9.1238	0.44	182.03	24.58	68.58	5 735.06
MH1012	2.85	49.83	146.73	9.2055	0.44	156.29	19.92	59.08	4 580.67
MH1013	2.74	49.65	146.4	9.1340	0.46	148.41	18.30	60.92	4 752.56
MH1014	2.79	50.12	146.24	9.1749	0.45	176.65	22.45	69.28	5 471.55
MH1015	2.88	50.47	146.5	9.6857	0.45	162.70	23.04	59.47	5 069.39
MH1016	2.88	48.27	146.47	9.3588	0.46	173.02	23.95	66.12	5 510.41
MH1017	2.7	50.36	147.16	9.3894	0.47	193.11	24.11	80.48	6 453.05
MH1018	2.81	51.61	147.21	10.0433	0.47	148.00	18.78	55.57	4 351.56
MH1019	2.77	51.58	147.87	9.0523	0.43	170.55	22.57	65.93	5 462.02
MH1020	2.77	52.12	147.49	9.7368	0.46	155.54	20.54	59.51	4 919.65
MH1021	2.59	52.33	148.28	9.2770	0.46	160.20	22.12	69.82	6 454.60
MH1022	2.74	50.34	148.55	9.1749	0.45	190.81	25.18	77.25	6 451.55
MH1023	2.81	50.4	150.53	10.1761	0.48	150.19	20.32	57.74	4 820.30
MH1024	2.74	49.95	149.85	8.9910	0.44	162.81	21.35	66.42	5 513.04
MH1025	2.72	50.32	149.83	9.4099	0.46	155.64	20.59	63.96	5 394.83
MH1026	2.81	50.34	149.23	9.4405	0.45	208.84	29.28	80.38	6 955.17
MH1027	2.82	51.69	149.75	11.3511	0.52	171.48	22.36	63.83	5 117.11
MH1028	2.78	52.34	149.75	9.7879	0.45	168.70	21.90	63.81	5 166.55
MH1029	2.78	52.14	148.96	9.9309	0.46	207.57	28.01	78.81	6 634.01
MH1030	2.88	52.43	149.61	11.6065	0.51	192.08	24.49	67.58	5 187.28

5/4. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 1.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH1031	2.76	51.97	149.6	10.01	0.47	166.92	22.37	64.51	5 431.41
MH1032	2.81	52.35	150.05	10.04	0.46	159.69	21.58	59.11	4 929.04
MH1033	2.76	49.4	147.41	9.25	0.46	189.47	22.51	77.04	5 750.99
MH1034	2.76	49.74	146.55	9.06	0.45	145.63	22.47	58.81	5 700.47
MH1035	2.85	49.57	147.22	9.86	0.47	176.96	23.43	67.25	5 417.53
MH1036	2.79	49.95	146.38	9.38	0.46	171.68	22.80	67.56	5 577.21
MH1037	2.82	50.17	146.44	9.28	0.45	156.91	21.14	60.17	4 984.35
MH1038	2.8	51.54	147.79	9.58	0.45	154.31	20.23	58.43	4 744.24
MH1039	2.64	52.17	148.03	9.16	0.45	183.06	24.34	77.03	6 727.37
MH1040	2.86	51.89	148.15	9.14	0.42	215.76	28.07	77.78	6 133.97
MH1041	2.81	51.56	146.94	9.55	0.45	153.38	19.33	57.64	4 483.79
MH1042	2.86	51.44	150.32	11.42	0.52	170.55	22.03	62.02	4 856.15
MH1043	2.79	51.73	147.51	9.00	0.42	160.92	21.96	61.14	5 185.04
MH1044	2.79	50.52	148.64	9.59	0.46	158.45	22.05	61.65	5 331.13
MH1045	2.75	50.57	150.11	9.29	0.44	167.23	21.56	66.90	5 439.10
MH1046	2.76	50.78	150.27	9.30	0.44	190.60	25.10	75.39	6 238.05
MH1047	2.78	52.01	149.85	9.92	0.46	151.32	20.73	57.60	4 921.91
MH1048	2.84	50.15	150.65	10.07	0.47	193.00	24.81	73.00	5 729.52
MH1049	2.8	50.3	150.79	9.10	0.43	207.67	27.74	80.57	6 664.35
MH1050	2.79	52.14	150.9	10.16	0.46	154.61	19.30	58.29	4 522.01
MH1051	3.01	51.98	150.87	11.19	0.47	174.29	24.22	56.62	4 533.46
MH1052	2.86	51.82	145.64	9.09	0.42	184.91	26.49	66.75	5 798.30
MH1053	2.81	52.1	145.34	9.92	0.47	167.02	17.53	62.12	4 023.49
MH1054	2.93	52.97	149.15	10.54	0.46	180.08	23.27	60.59	4 634.25
MH1055	2.84	51.95	149.07	11.19	0.51	164.55	22.62	60.09	5 042.44
MH1056	2.82	52.76	147.07	9.90	0.45	189.16	22.63	68.98	5 074.07
MH1057	2.81	51.66	148.49	9.43	0.44	192.39	25.17	72.16	5 825.20
MH1058	2.85	51.77	148.3	10.28	0.47	200.34	28.04	72.89	6 207.73
MH1059	2.79	51.58	148.17	9.98	0.47	178.92	23.75	68.18	5 624.84
MH1060	2.93	51.64	144.88	10.62	0.48	142.86	19.94	49.30	4 071.87
Átlag:	2.80	51.23	147.96	9.79	0.46	173.78	22.99	66.48	5461.55
Szórás [%]:	2.45	1.94	1.22	6.63	4.96	10.33	11.04	10.95	12.59

5/5. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 1.5 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH1501	2.68	50.25	150.72	9.77	0.48	157.96	21.66	66.96	5 941.95
MH1502	2.76	50.3	151.55	10.30	0.49	176.25	23.14	70.38	5 804.94
MH1503	2.59	50.54	150.93	8.65	0.44	157.27	20.31	70.97	6 135.40
MH1504	2.76	49.92	148.97	9.69	0.47	142.03	17.62	57.14	4 454.61
MH1505	2.75	50.75	150.76	9.52	0.45	190.60	24.22	75.98	6 089.29
MH1506	2.74	51.7	150.98	9.63	0.45	151.33	21.21	59.65	5 290.34
MH1507	2.71	51.82	150.77	8.92	0.42	149.27	20.24	60.01	5 207.29
MH1508	2.81	51.86	150.64	11.17	0.51	170.41	22.52	63.67	5 191.87
MH1509	2.63	52.22	150.76	9.41	0.45	178.34	20.81	75.54	5 811.83
MH1510	2.64	51.93	150.33	9.25	0.45	138.91	18.65	58.72	5 177.82
MH1511	2.79	52.06	151.36	10.12	0.46	154.71	20.11	58.41	4 718.21
MH1512	2.79	48.46	149.41	9.75	0.48	149.86	20.87	60.78	5 259.90
MH1513	2.63	48.14	149.22	8.36	0.44	158.45	18.50	72.80	5 604.08
MH1514	2.7	49.46	149.16	9.16	0.46	145.50	18.13	61.74	4 939.74
MH1515	2.73	50.12	148.75	9.04	0.44	165.36	23.26	67.73	6 052.25
MH1516	2.73	51.74	148.6	10.07	0.48	158.25	19.32	62.79	4 869.04
MH1517	2.77	51.72	149.06	8.92	0.42	140.55	18.58	54.19	4 484.66
MH1518	2.63	751.33	149.27	10.12	0.5	161.53	20.75	69.61	5 895.80
MH1519	2.65	49.73	149.09	9.73	0.49	141.63	18.94	62.05	5 430.85
MH1520	2.56	49.6	149.28	9.08	0.48	181.10	23.33	85.24	7 436.77
MH1521	2.7	49.47	149.52	9.37	0.47	157.37	19.68	66.76	5 362.15
MH1522	2.7	52.24	148.06	8.67	0.42	185.26	24.28	74.43	6 264.32
MH1523	2.7	53.87	147.41	10.64	0.5	194.86	25.08	75.92	6 274.76
MH1524	2.54	53.58	147.32	9.56	0.48	146.98	20.69	65.05	6 252.72
MH1525	2.68	54.4	149.28	10.39	0.48	166.28	22.99	65.11	5 825.42
MH1526	2.73	53.83	146.77	10.39	0.48	173.79	23.17	66.28	5 611.61
MH1527	2.55	53.81	146.02	9.27	0.46	171.62	21.19	75.05	6 301.71
MH1528	2.63	54.03	145.71	9.99	0.48	172.61	21.07	70.67	5 687.08
MH1529	2.59	53.45	145.72	10.12	0.5	185.65	22.76	79.22	6 500.99
MH1530	2.71	52.69	145.61	9.69	0.47	168.15	21.05	66.48	5 324.62

5/6. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 1.5 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH1531	2.73	51.46	146.61	9.00	0.44	175.95	23.75	70.19	6 016.72
MH1532	2.69	53.5	146.15	9.94	0.47	186.64	24.19	73.76	6 162.20
MH1533	2.68	54.36	145.76	11.09	0.52	167.95	20.42	65.82	5 178.26
MH1534	2.61	55.25	146.1	9.97	0.47	156.38	17.74	63.57	4 791.39
MH1535	2.67	54.47	145.19	10.66	0.5	160.55	19.97	63.26	5 111.03
MH1536	2.76	54.55	143.84	10.19	0.47	162.02	21.33	59.66	4 934.61
MH1537	2.73	51.94	145.78	9.56	0.46	199.71	25.28	78.94	6 347.21
MH1538	2.79	52.88	145.02	10.45	0.49	142.12	19.18	52.83	4 431.07
MH1539	2.65	52.59	144.86	9.72	0.48	170.90	22.81	70.80	6 182.63
MH1540	2.6	53.14	145.28	9.49	0.47	165.89	21.06	70.65	5 981.28
MH1541	2.68	53.16	144.96	10.46	0.51	156.78	20.01	62.82	5 187.09
MH1542	2.51	53.15	144.85	8.99	0.47	178.05	21.19	81.35	6 688.48
MH1543	2.66	53.11	145.7	9.78	0.47	170.90	20.77	69.58	5 513.00
MH1544	2.62	51.49	147.16	9.50	0.48	163.20	21.15	70.65	6 059.85
MH1545	2.53	51.23	147.43	9.35	0.49	162.61	18.34	75.87	5 865.32
MH1546	2.7	49.66	147.1	9.21	0.47	171.62	20.85	72.53	5 660.01
MH1547	2.7	51.94	145.44	9.56	0.47	140.94	18.02	56.95	4 676.22
MH1548	2.67	51.58	150.28	10.69	0.52	162.32	22.29	67.54	6 024.24
MH1549	2.64	51.3	149.7	10.21	0.5	171.82	23.14	73.53	6 504.77
MH1550	2.67	50.31	149.75	10.20	0.51	186.73	23.10	79.66	6 400.58
MH1551	2.57	50.65	149.37	8.80	0.45	165.46	21.61	75.67	6 668.84
MH1552	2.83	50.14	149.26	9.77	0.46	171.00	23.20	65.15	5 416.76
MH1553	2.72	50.74	150.04	9.68	0.47	149.47	20.48	60.92	5 320.56
MH1554	2.71	51.97	148.95	10.96	0.52	167.56	23.10	67.17	5 924.86
MH1555	2.68	52.33	145.25	10.40	0.51	144.62	19.24	58.87	5 066.15
MH1556	2.73	48.27	149.22	9.57	0.49	153.50	19.23	65.28	5 193.43
MH1557	2.64	51.94	149.27	9.23	0.45	170.61	22.50	72.11	6 246.51
MH1558	2.77	52.24	149.33	9.86	0.46	162.81	21.18	62.14	5 061.10
MH1559	2.64	48.96	147.06	8.84	0.46	146.58	19.80	65.72	5 832.42
MH1560	2.59	52.52	145.72	9.53	0.48	151.14	18.62	65.64	5 414.91
Átlag	2.68	51.76	148.02	9.72	0.47	163.80	21.13	67.63	5651.06
Szórás [%]	2.70	3.24	1.42	6.41	5.10	8.80	9.12	10.33	11.02

5/7. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 2.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH2001	2.65	51.35	150.24	9.71	0.48	180.66	20.79	76.90	5 799.18
MH2002	2.70	51.19	150.14	10.25	0.49	176.70	21.71	72.52	5 726.32
MH2003	2.58	50.42	150.21	9.29	0.47	154.74	19.34	70.33	5 897.13
MH2004	2.58	50.51	149.19	9.27	0.48	20.67	15.72	9.44	4 835.23
MH2005	2.58	50.80	148.97	10.54	0.54	133.13	16.45	60.47	5 031.53
MH2006	2.67	50.02	152.37	10.17	0.50	183.76	23.69	78.72	6 585.24
MH2007	2.69	49.97	152.93	10.18	0.50	148.98	18.54	63.05	5 057.58
MH2008	2.63	53.28	151.66	9.93	0.47	144.70	18.13	60.16	4 974.19
MH2009	2.63	50.00	152.34	8.70	0.43	154.10	19.32	68.28	5 647.92
MH2010	2.57	49.94	150.56	10.80	0.56	154.31	19.60	71.78	6 159.95
MH2011	2.58	49.82	150.65	8.98	0.46	160.53	20.76	73.84	6 408.38
MH2012	2.81	50.71	150.51	9.91	0.46	137.16	17.56	52.29	4 126.50
MH2013	2.65	50.37	150.59	9.69	0.48	162.67	19.83	70.59	5 638.87
MH2014	2.65	50.75	151.19	9.21	0.45	170.59	19.81	73.48	5 592.43
MH2015	2.65	50.10	152.29	9.51	0.47	164.49	19.50	71.29	5 521.00
MH2016	2.64	51.17	152.45	9.71	0.47	172.84	22.08	74.33	6 243.91
MH2017	2.65	51.78	152.27	9.75	0.47	175.20	22.39	73.96	6 193.66
MH2018	2.59	51.39	152.14	10.62	0.52	148.38	18.83	65.72	5 577.03
MH2019	2.56	51.95	151.83	10.08	0.50	180.12	22.34	81.10	6 819.25
MH2020	2.56	52.90	148.41	9.87	0.49	175.63	22.40	77.66	6 715.94
MH2021	2.60	50.77	147.25	9.87	0.51	154.42	19.18	68.76	5 691.61
MH2022	2.61	53.10	147.47	10.22	0.50	186.98	21.64	79.06	6 078.19
MH2023	2.54	52.21	147.19	9.01	0.46	168.99	22.40	76.77	6 948.55
MH2024	2.68	52.83	147.56	10.11	0.48	160.53	20.81	64.68	5 423.92
MH2025	2.58	52.24	147.78	10.00	0.50	153.78	18.92	67.46	5 568.50
MH2026	2.78	50.12	146.78	9.32	0.46	141.44	17.41	55.95	4 298.56
MH2027	2.52	50.03	146.67	10.14	0.55	171.24	21.71	82.32	7 175.15
MH2028	2.64	49.54	147.05	9.80	0.51	153.57	19.72	68.21	5 761.50
MH2029	2.62	49.64	147.41	9.31	0.49	166.20	20.92	74.67	6 221.72
MH2030	2.55	49.78	146.84	8.81	0.47	154.42	19.55	73.07	6 294.37

5/8. melléklet marilandika nyár furnérok hajlítószilárdsági vizsgálat

Présnyomás: 2.0 MPa

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	σ_{hajl} [MPa]	Rug. modulus [MPa]
MH2031	2.61	49.17	146.70	8.63	0.46	168.13	21.05	76.78	6 385.88
MH2032	2.64	50.50	150.35	9.87	0.49	183.98	22.03	80.17	6 312.38
MH2033	2.64	50.44	151.03	9.27	0.46	126.79	16.21	55.31	4 649.57
MH2034	2.59	52.72	152.15	10.42	0.50	138.75	17.31	59.90	4 997.70
MH2035	2.63	51.30	152.03	9.51	0.46	157.10	20.10	67.84	5 725.63
MH2036	2.57	51.66	151.94	10.22	0.51	164.06	20.83	73.78	6 329.37
MH2037	2.59	50.12	150.63	10.89	0.56	154.00	19.36	69.93	5 878.94
MH2038	2.59	49.64	150.62	8.00	0.41	181.41	23.15	83.17	7 099.47
MH2039	2.56	50.82	150.70	9.27	0.47	141.53	17.63	65.14	5 502.04
MH2040	2.70	50.46	150.62	9.71	0.47	159.99	20.22	66.61	5 410.72
MH2041	2.65	50.94	151.79	10.06	0.49	165.45	21.40	71.00	6 018.48
MH2042	2.63	50.01	151.88	9.02	0.45	149.41	17.60	66.18	5 143.01
MH2043	2.61	50.75	152.03	10.36	0.51	162.88	20.98	72.06	6 166.22
MH2044	2.57	49.74	151.78	8.93	0.46	166.42	20.34	77.73	6 419.84
MH2045	2.54	50.01	150.27	9.51	0.50	144.70	18.93	68.62	6 130.09
MH2046	2.62	50.28	152.43	10.07	0.50	140.33	18.60	62.24	5 462.42
MH2047	2.58	50.64	152.09	9.39	0.47	167.70	21.16	75.89	6 424.18
MH2048	2.66	50.79	152.56	10.13	0.49	122.34	16.85	51.96	4 658.04
MH2049	2.65	51.07	152.43	9.45	0.46	162.45	19.91	69.07	5 528.58
MH2050	2.58	51.39	151.63	9.58	0.48	177.23	22.46	79.03	6 719.60
MH2051	2.58	50.52	150.13	9.29	0.48	184.30	23.38	84.17	7 190.15
MH2052	2.65	50.91	150.11	9.65	0.48	169.73	21.43	72.39	5 971.03
MH2053	2.57	51.40	150.01	8.89	0.45	142.60	17.62	64.45	5 381.62
MH2054	2.68	50.79	150.28	9.85	0.48	175.41	22.53	73.52	6 107.68
MH2055	2.96	52.58	147.36	10.39	0.45	186.44	22.90	61.95	4 458.94
MH2056	2.99	50.39	147.14	10.19	0.46	163.95	21.56	55.71	4 250.06
MH2057	2.95	49.40	146.74	9.93	0.46	141.36	17.09	50.33	3 577.26
MH2058	2.92	52.60	146.37	8.63	0.38	185.69	23.29	63.39	4 723.06
MH2059	3.00	51.99	147.23	9.96	0.43	159.03	21.16	52.02	4 001.25
MH2060	2.57	52.25	147.14	8.73	0.44	169.84	21.78	75.52	6 542.40
Átlag	2.65	50.90	150.02	9.68	0.48	158.73	20.17	68.38	5719.65
Szórás [%]:	4.14	1.99	1.37	6.09	6.45	14.94	9.86	16.45	14.25

6. melléklet marilandika nyárfurnérból készült LVL próbatestek hajlító vizsgálata

Minta száma	Magasság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság: [mm]	Tömeg: [g]	Sűrűség: [g/cm ³]	F _{max} [N]	Hajlító szilárdság [Mpa]
MLVL01	45.79	41.27	544.5	407.73	0.40	-	-
MLVL02	45.31	41.31	545.0	389.85	0.38	10217	73.55
MLVL03	45.48	41.18	544.5	398.79	0.39	10136	72.65
MLVL04	45.59	41.23	544.5	406.13	0.40	10211	72.74
MLVL05	45.67	41.29	544.5	403.14	0.39	10100	71.60
MLVL06	45.61	41.19	545.0	399.82	0.39	9789	69.75
MLVL07	45.74	41.20	544.5	405.43	0.40	10410	73.73
MLVL08	46.02	41.15	544.5	402.07	0.39	-	-
MLVL09	45.55	41.25	544.5	397.99	0.39	9609	68.54
MLVL10	45.54	41.36	545.0	402.90	0.39	10375	73.84
MLVL11	45.72	41.38	545.0	418.31	0.41	9703	68.48
MLVL12	45.73	41.41	544.5	411.54	0.40	-	-
MLVL13	45.58	41.51	544.5	412.19	0.40	10323	73.08
MLVL14	45.46	41.53	544.5	406.37	0.40	11267	80.15
MLVL15	45.67	41.07	544.5	407.27	0.40	10277	73.24
Átlag	45.64	41.29	544.62	405.53	0.40	10199.99	72.53
Szórás	0.38	0.30	0.04	1.78	1.49	4.39	4.43

7. melléklet olasz (I214) nyárfurnérból készült LVL próbatestek hajlító vizsgálata

Minta száma	Magasság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság: [mm]	Tömeg: [g]	Sűrűség: [g/cm ³]	F _{max} [N]	Hajlító szilárdság [Mpa]
ILVL01	45.31	41.31	545.0	389.85	0.38	-	-
ILVL02	45.48	41.18	544.5	398.79	0.39	9473	67.90
ILVL03	45.59	41.23	544.5	406.13	0.40	9543	67.99
ILVL04	45.67	41.29	544.5	403.14	0.39	9439	66.91
ILVL05	45.61	41.19	545.0	399.82	0.39	9149	65.18
ILVL06	45.74	41.20	544.5	405.43	0.40	9729	68.91
ILVL07	45.55	41.25	544.5	397.99	0.39	8980	64.06
ILVL08	45.54	41.36	545.0	402.90	0.39	9696	69.01
ILVL09	45.72	41.38	545.0	418.31	0.41	9068	64.00
ILVL10	45.58	41.51	544.5	412.19	0.40	9648	68.30
ILVL11	45.46	41.53	544.5	406.37	0.40	10530	74.90
Átlag	45.59	41.31	544.65	405.11	0.39	9525.50	67.72
Szórás	0.27	0.30	0.05	1.86	1.55	4.63	4.65

8. melléklet nyár-bükk vegyes felépítésű próbatestek hajlító vizsgálata

Jelölés	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm ³]	Maximális erő [N]	Hajlító szilárdság [MPa]
B101	40.51	39.30	489	340.77	0.44	8714	80.87
B102	40.52	39.23	489	343.99	0.44	8899	82.69
B103	40.78	39.11	489	350.12	0.45	9237	85.00
B104	40.53	39.00	489	345.14	0.45	8931	83.43
B105	40.54	39.29	489	342.12	0.44	8955	83.00
B106	40.65	38.88	489	341.42	0.44	8939	83.27
B107	40.62	39.33	491	339.47	0.43	8915	82.22
B108	40.72	39.35	489	340.17	0.43	9108	83.55
B109	40.58	39.33	489	342.10	0.44	8819	81.50
B110	40.67	39.33	489	340.05	0.43	8343	76.76
B111	40.80	39.08	489	336.30	0.43	9028	83.06
B112	41.00	39.17	489	340.36	0.43	9463	86.01
B201	40.66	39.77	489	335.01	0.42	8778	79.90
B202	40.47	39.52	490	345.47	0.44	9039	83.58
B203	40.51	39.36	489	341.01	0.44	9082	84.15
B204	40.44	39.49	489	337.54	0.43	8818	81.72
B205	40.44	39.31	490	339.10	0.44	8600	80.06
B206	40.50	39.57	490	340.21	0.43	9156	84.43
B207	40.53	39.13	490	335.73	0.43	9027	84.05
B208	40.47	39.32	491	343.54	0.44	9011	83.74
B209	40.52	39.18	489	348.94	0.45	9237	85.94
B210	40.57	39.00	490	335.14	0.43	9077	84.63
B211	40.50	38.82	491	335.37	0.43	8779	82.52
B212	40.70	39.05	491	337.47	0.43	9398	86.95
B213	40.69	38.55	491	334.99	0.43	9093	85.27
B301	40.88	40.43	483	346.12	0.43	8778	77.76
B302	41.00	39.00	483	344.56	0.45	9039	82.52
B303	40.73	39.75	489	347.12	0.44	9082	82.43
B304	40.74	39.59	490	349.12	0.44	8818	80.32
B305	40.81	39.13	490	344.57	0.44	8600	78.98
B306	40.68	39.78	489	345.12	0.44	9156	83.24
B307	41.09	39.61	490	346.45	0.43	9027	80.78
B308	40.86	39.51	490	349.13	0.44	9011	81.76
B309	40.89	39.16	490	345.45	0.44	9237	84.43
B310	40.98	39.48	489	342.47	0.43	9077	81.94
B311	40.03	39.70	490	347.36	0.45	8779	82.59
B312	40.87	39.69	489	347.53	0.44	9398	84.84
B313	41.25	39.50	489	353.49	0.44	9093	80.97
Átlag:	40.68	39.34	489.24	342.63	0.44	8987.92	82.65
Szórás [%]	0.55	0.84	0.33	1.38	1.23	2.53	2.65

9. melléklet nyár-csertölgy vegyes felépítésű próbatestek hajlító vizsgálata

Sorszám	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hosszúság: [mm]	Tömeg: [g]	Sűrűség: [g/cm ³]	Maximális erő: [N]	Hajlító szilárdság [MPa]
C101	42.40	39.54	489	411.19	0.50	-	-
C102	42.45	39.34	489	406.22	0.50	-	-
C103	42.46	39.09	489	412.16	0.51	10200	86.63
C104	42.51	39.25	489	411.59	0.50	9757	82.33
C105	42.55	39.48	489	400.82	0.49	10371	86.84
C106	42.46	39.35	490	405.59	0.50	9996	84.33
C107	42.54	39.46	480	401.23	0.50	9807	82.20
C108	42.51	39.27	490	400.51	0.49	9697	81.78
C109	42.57	39.60	489	406.22	0.49	9902	82.58
C110	42.60	39.60	488	405.97	0.49	9979	83.11
C111	42.66	39.15	489	406.23	0.50	9927	83.39
C201	41.70	38.67	489	390.59	0.50	9466	84.26
C202	41.58	38.83	489	390.87	0.50	9270	82.65
C203	41.57	39.26	489	405.97	0.51	9757	86.07
C204	41.56	39.22	489	399.08	0.50	9339	82.51
C205	41.61	39.77	489	385.55	0.48	9296	80.80
C206	41.77	39.30	489	380.47	0.47	9689	84.57
C207	41.64	39.26	490	390.26	0.49	9416	82.78
C208	41.76	39.43	489	390.26	0.48	9782	85.14
C209	41.74	39.59	489	390.63	0.48	-	-
C210	41.82	39.22	490	385.44	0.48	-	-
C211	41.87	39.27	489	390.27	0.49	10533	91.57
C212	42.13	39.41	490	375.66	0.46	9628	82.38
C301	39.71	39.52	490	360.79	0.47	8808	84.59
C302	39.57	39.00	490	355.31	0.47	-	-
C303	39.57	39.17	489	358.98	0.47	8334	81.33
C304	39.50	39.20	490	355.04	0.47	8448	82.67
C305	39.67	39.42	489	360.53	0.47	8571	82.69
C306	39.30	39.51	490	365.33	0.48	8966	87.94
C307	39.57	39.11	489	355.29	0.47	8643	84.47
C308	39.58	39.52	490	355.71	0.46	8553	82.68
C309	39.70	39.72	489	357.52	0.46	8685	83.03
C310	39.67	39.33	489	365.37	0.48	8893	85.99
C311	39.65	38.79	490	350.47	0.47	8960	87.94
C312	39.71	39.59	490	355.32	0.46	8638	82.81
Átlag:	41.25	39.32	489.06	383.96	0.48	9377.05	84.07
Szórás [%]	3.00	0.63	0.33	5.39	2.90	6.46	2.76

10. melléklet Az Újkígyósi Falemezüzem technológiai leírása

A műszaki furnérok gyártásának technológiája

Alapanyag fogadása

A telephelyre kamionon beérkező rönköket a fogadóhelyen szétterítik, felvételezik és minősítik, majd a rönktérre szállítják.

Alapanyag tárolása

A rönköket 4 méter magas máglyákban minőségenként külön-külön tárolják.

A rönkterek összterülete ~5 000 m². Tárolási kapacitás ~8 000 m³ rönk.

A rönkvédelem:

- Mobil CER-C vizes bázisú gombaölő bütükezelő alkalmazása.
- Esőztető öntözés +7°C felett.

Alapanyag méretrevágása

Csak a 8 méter feletti rönköket darabolják.

A tőszakaszból először 4 méteres rönkszakaszt alakítanak ki.

Alapanyag lágyítása

Fafaj	Főzési hőmérséklet(°C)	Főzési idő(óra)	
		Téli(0°C alatt)	Nyáron
Bükk	65 °C	Nincs külön téli-nyári, csak rövid és hosszú periódus (Felfűtés- hőntartás- kiegyenlítés) Rövid periódus(46 cm átmérő alatti rönkök): 10-34-22 óra Hosszú periódus(46 cm átmérő feletti rönkök): 10-58-22 óra	
Nyár	50 °C	24 óra	-

Főzőaknák mérete és kapacitása: (hossz; szélesség; mélység)

1 akna 30 m ³	8,3 x 3,2 x 5,0 méter
2 akna 40 m ³	8,1 x 3,4 x 5,0 méter
3 akna 10 m ³	3,4 x 2,25 x 5,0 méter
4—7 akna	25-25 m ³ 5,35 x 3,35 x 5,2 méter
összesen:	~180 m ³

Egy héten két aknaforgó ütemezhető, azaz heti lágyítási kapacitás bükkből: ~ 360 m³.

Hámozási rönkszakaszok tisztítása

Az I és II hámozó ellátásánál kézi darabolás és vonókéses kérgezés történik.

A III hámozó ellátását rönkelőkészítő gépsor végzi melybe az alábbi kérgezógép került beépítésre:

Kérgező gép gyártmánya: Holtec

Előtolási sebessége: előre: 5 m/min
hátra: 10 m/min

Kérgézés átlagos ideje: 2.9 m rönkhosszúság, 40 cm átmérő esetén cca. 2 perc
A kérgézhető minimális rönkhossz: 75 cm

Hámozás

I. számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR 13P23

Rönkbefogási lehetőségek:

Max. rönkhossz 2400 mm

Max. átmérő 1200 mm

Max főorsó fordulatszám: fokozatmentes kapcsolóval
90 ford./perc

Hámozási kapacitás:

Furnérvastagság	1.2 mm	1.5 mm	2.0 mm	3 mm
Kapacitás(m3/műszak)	8,4	10	11,4	15

II. számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR RLB 14

Rönkbefogási lehetőség:

Max. rönkhossz 1400 mm

Max. átmérő 500 mm

Max főorsó fordulatszám: 3 fokozatú sebességkapcsolóval
110 ford./perc

Hámozási kapacitás:

Furnérvastagság	1.2 mm	1.5 mm	2.0 mm	3 mm
Kapacitás(m3/műszak)	5	5,4	6,4	10

III számú hámozógép jellemzői:

Típusa: RFR Keller GmbH. 10 K 14 T

Rönkbefogási lehetőség:

Max. rönkhossz : 1 500 mm

Max átmérő: 1 000 mm

Max főorsó fordulatszám: 215 ford./perc

Hámozási kapacitás:

Furnérvastagság	1.2 mm	1.5 mm	2.0 mm	3 mm
Kapacitás vizes furnérban (m3/műszak)	12	14	16	21

Technológiai paraméterek:

I. hámozó

Paraméter		Műszaki furnér						LVL furnér
		Bükk			Nyár			
Furnér vastagsága		1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm	3 mm
Hámozás szögértékei	α	1°	1°	-	1°	2°	2°	2°
	β	19°	19°	-	19°	19°	19°	19°
	δ	20°	20°	-	20°	21°	21°	21°
Nyomóléc szögértékei		Nyomóléc szöge: 55°, Él-szalag szöge: 67°, Él-szalag szélessége: 3 mm						
Lv távolság mm		4 mm	6 mm	-	4 mm	6 mm	8 mm	8 mm
Lf távolság mm		Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomás nézve állítja be a megfelelő nyomást.						
Hámozási hőfok		50 °C						40 °C

II. hámozó

Paraméter		Műszaki furnér						LVL furnér
		Bükk			Nyár			
Furnér vastagsága		1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm	3 mm
Hámozás szögértékei	α	1°	1°	-	1°	2°	2°	2°
	β	19°	19°	-	19°	19°	19°	19°
	δ	20°	20°	-	20°	21°	21°	21°
Nyomóléc szögértékei		Nyomóléc szöge: 45°, Él-szalag szöge: 55°, Él-szalag szélessége: 2.5 mm						
Lv távolság mm		4 mm	6 mm	-	4 mm	6 mm	8 mm	8 mm
Lf távolság mm		Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomás nézve állítja be a megfelelő nyomást.						
Hámozási hőfok		50 °C						40 °C

III. hámozó

Paraméter		Műszaki furnér						LVL furnér
		Bükk			Nyár			
Furnér vastagsága		1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm	3 mm
Hámozás szögértékei	α	1°	1°	-	1°	2°	2°	2°
	β	19°	19°	-	19°	19°	19°	19°
	δ	20°	20°	-	20°	21°	21°	21°
Nyomóléc szögértékei		Nyomóléc szöge: 69°, nincs él-szalag						
Lv távolság mm		4 mm	6 mm	-	4 mm	6 mm	8 mm	8 mm
Lf távolság mm		Nem mérik, a gépkezelő a felületet, és vízkinyomás nézve állítja be a megfelelő nyomást.						
Hámozási hőfok		50 °C						40 °C

Nedves furnér méretre vágása

I hámozó vezérolló:

Rolnipályás, ellenkéses vezérolló.
Kapacitása összhangban a vezérgéppel.

II hámozó vezérolló:

Rolnipályás, ellenkéses vezérolló.
Kapacitása összhangban a vezérgéppel.

III hámozó vezérollók: 2 db.

Rolnipályás, egymástól független pufferrel rendelkező,
gumihengerre vágó ollók
A két olló kapacitása összhangban a vezérgéppel.

Darablap és előhámozási darablap kezelése:

Szélezés pneumatikus taposóollóval.
Bütüzés ingafűrészsel.

Túlméretek:

Exportfurnér esetén

Hossz méret: megrendelt méret + 3-5mm

Szélességi túlméret:

Bükk furnéroknál 12 % a szélességi mérethez viszonyít

Nyár furnéroknál 10 % szélességi mérethez viszonyítva

Lemezgyártáshoz szükséges furnérok méretének számítása:

Hosszméret: lemez méret + 50-100 mm

Szél. méret: (lemez méret + 50-100 mm) zsugorodási veszteség

Furnérszárítás

Furnérfajta és vastagság	U kezdő %	U végső %		Előtolás (sodronysebesség) m/min
		Árufurnér	lemezfurnér	
Bükk 1mm	60	8	6	4
Bükk 2 mm	60	8	6	1
Nyár 2 mm	80	8	6	3
Nyár 3 mm	80	8	6	0,7

I. Szárító:

Típusa: Hildebrand

Két szintes szalagszárító

Max. léghőfok: 130°C

Max. sodronysebesség: 8 m/min

Hossz: 20 méter

Kapacitása: ~ 5 m³/műszak

II. szárító:

Típusa: Tromag
Két szintes szalagszárító
Max. léghőfok 120°C
Max. sodronysebesség: 10 m/min
Hossz: 10 méter
Kapacitása: ~ 4m³/műszak

III. szárító:

Típusa: Keller
Egyszintes szalagszárító
Max. léghőfok: 130°C
Max sodronysebesség: 10 m/ min
Hossz: 14 méter
Kapacitása: ~ 3 m³/műszak

Furnérosztályozás

Minőségi osztályozás a szárító után nem történik.
Exportfurnér az exportrészlegbe szállítják
Lemezfurnér az előkészítő részlegbe szállítják.

Műszaki furnérok előkészítése értékesítésre

Az exportfurnérokat esetleges hossz és szélességi formatizálás után a válogatják különböző megrendelők egyedi minőségi előírásai alapján.

A részlegen 4 fős csoportok válogatnak; 2 fő válogat 2 fő rakatot képez.

A részlegen műszakonként 2-4 csoport dolgozik, továbbá:

1 Db.gázos targonca, 2 bútü olló, 1 doda olló, 1 Kuper furnérvarrógép

Rakatképzés:

A rakatokban a furnérokat 20 db-os kötegenként kötőfurnérral elválasztva a megrendelő igénye szerinti raklapokon, elosztásban, magasságban, lapszámban és minőségben állítják össze.

Rakatok rögzítése rakatfedővel és fém illetve műanyag pántszalaggal történik.

Szállításuk szintén a megrendelő igénye szerint általában közúton, kamionban történik.

Műszaki furnérok előkészítése rétegelt, ragasztott termékek gyártásához

Az előkészítő részlegen a lemezfurnérokat osztályozzák:

Minőségek:

- 2 Színlap
- 3 Hátlap
- 4 Belső furnér
- 5 Foltozásra váró furnér
- 6 Ollózásra váró furnér

Furnéralapú rétegelt lemezek gyártásának technológiája

Lemezszerkezet tervezése (szerkezetkialakítás)

jellemző felépítés és furnérminőség:

- 5 rétegű 5 mm vastag bükk lemez felépítése:
1,2-1,0-1,0-1,0-1,2 vagy 1,2-1,0-1,2-1,0-1,2

- 7 illetve 9 rétegű 10 mm vastag nyár lemez felépítése:
1,2-2,0-1,2-2,0-1,2-2,0-1,2 vagy az összes furnér 1,2 mm névleges
vastagságú

Minőség: borító furnérok: E_1 , E_2 , I_1 , I_2
belső rétegek: III. osztályú furnérokból

Ragasztóanyag felvitele

Ragasztóanyag felhordó gép:

S-Cremona gumihengeres enyvfelhordó.

Max. enyvezhető szélesség 1400 mm.

Ragasztóanyag típusa: Hiacol GL7FU (karbamid-formaldehid bázisú műgyanta)

Felhordás: 60-70 g/m² (szárazanyag), bekevert gyantoldat: 120-250 g/m²

A lemezfelépítés: száraz furnér – két oldalon ragasztózott furnér - száraz furnér felváltva.

Összeépítés

A ragasztóanyag-felhordó után felállított összerakó asztalon történik a lemezek felépítése, összeállítása, az egyes lemezeket fém védőlemezekkel elválasztva.

Hideg-előpréselés és hidegpréselés nem történik.

Préselés

I. prés

Típusa: Siempelkamp

Emeletek száma: 6

Max. fajlagos nyomás: 2,5 MPa

Préslap mérete: 2600 x 1600 mm

Max. gyártható lapméret: 2550 x 1300 mm

Max. hőfok: 130 °C

II. prés

Típusa: Soma

Emeletek száma: 6

Max. fajlagos nyomás: 1,5 MPa

Préslap mérete: 2550 x 1300 mm

Max. gyártható lapméret: 2500 x 1300 mm

Max. hőfok: 130 °C

Préselési paraméterek:

Bükk lemez gyártása esetén:

Hőfok: 115°C

Présnyomás: 1,8-2,2 MPa

Présidő számítási módja: 6 perc + (lapvastagság mm-ben/2) x 1 perc + 2 perc
kiegyenlítés

Nyár lemez gyártása esetén:

Hőfok: 115°C

Présnyomás: 0,7-1,2 MPa

Présidő számítási módja: 6 perc + (lapvastagság mm-ben/2)

x 1 perc + 2 perc kiegyenlítés

Vegyes felépítésű lemez gyártása esetén:

Hőfok: 115°C

Présnyomás: 1,0-1,5 MPa

Présidő számítási módja: 6 perc + (lapvastagság mm-ben / 2)

x 1 perc + 2 perc kiegyenlítés

Pihentetés

Csarnokon belül, hézagolva, terhelve 48 órán keresztül pihentetik a lemezeket.

Végkikészítés

I. gép: Páros lapszabász végvágóval szerelve.

Teljesítménye 2.5-5 m³/műszak.

II. gép: Páros lapszabász

Teljesítménye 2.5-5 m³/műszak.

Raktározás

Erre a célra kialakított készáruraktárban, minőség, fafaj és mérettartomány szerinti osztályozásban számítógépes regisztrálással.