

Rosta Tamás

**Magas szilárdsági és időjárás-állósági  
paraméterekkel jellemezhető akác fafajú  
rétegelt falemezek gyártása**

Doktori (PhD.) értekezés

Témavezető: Dr. Németh József (CSc.)

Nyugat-magyarországi Egyetem

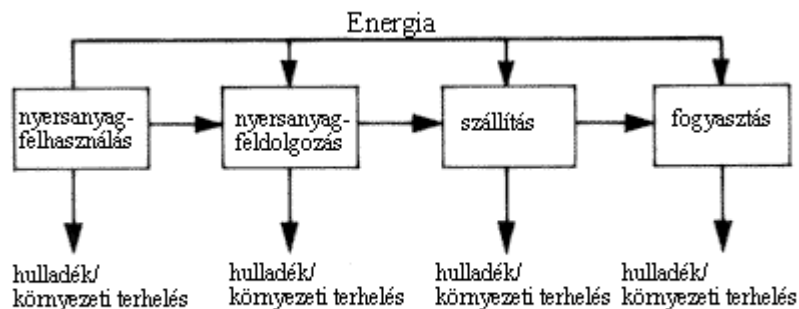
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

## Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés.....	3
1.1 A rétegelt furnéripari termékek előállításának történeti áttekintése.....	11
1.2 Az akác furnéripari hasznosításával kapcsolatos eredmények, fejlesztési lehetőségek, a kutatás célja.....	14
2. Kutatási metodika, kutatási módszerek.....	17
2.1 A furnéralapanyagok hőkezelése.....	18
2.2 Műszaki furnérok előállítása hámozással.....	20
2.3 A rétegelt falemez-gyártás.....	24
2.4 A préselés technológiája.....	29
2.5 Rétegelt lemezek klimatizálása.....	36
2.6 Az Akác jellemzői.....	37
3. Kutatási eredmények.....	43
3.1 Az akác furnérgyártás.....	43
3.2 Az akác műszaki furnérok tulajdonságainak meghatározása.....	45
3.2.1 A felületi érdesség vizsgálata.....	45
3.2.2 Furnérok hajlítási és rugalmassági tulajdonságainak meghatározása.....	49
3.3 Az akác rétegelt falemezgyártás.....	54
3.3.1 Az akác rétegelt falemez gyártástechnológiájának kidolgozása.....	55
3.4 Az akác rétegelt falemezek vizsgálata.....	58
3.4.1 A hajlítószilárdság, és a rugalmassági modulus vizsgálata.....	58
3.4.2 A mérési eredmények értékelése.....	60
3.4.3 Vastagsági dagadás meghatározása áztatásos vizsgálattal.....	63
3.4.4 A természetes (kültéri) tartósság vizsgálata.....	65
3.4.5 Gombaállósági vizsgálat.....	67
4. Összefoglalás.....	69
4.1 A kutatómunka tézisei.....	71
5. Mellékletek.....	72
5.1 Melléklet : A furnérvizsgálatok jegyzőkönyvei.....	72
5.2 Melléklet: A 2006-ban készült rétegelt lemez hajlító vizsgálatok jegyzőkönyvei.....	75
5.3 Melléklet: A 2007 évi kilencrétegű akáclemez mérési jegyzőkönyvei.....	85
5.4 Melléklet: A 2008 évi kilencrétegű akáclemez mérési jegyzőkönyvei.....	93
5.5 Melléklet: A 2006-os hétrétegű lemezek vizsgálati jegyzőkönyvei a kitettségi próbák után.....	103
5.6 Melléklet: a 2006-2008-évi, és a 2007- évi rétegelt lemezek hajlítószilárdsági, és rugalmassági modulus adatainak matematikai vizsgálatai.....	106
Irodalomjegyzék:.....	116
Alkalmazott szabványok:.....	119

## 1. Bevezetés

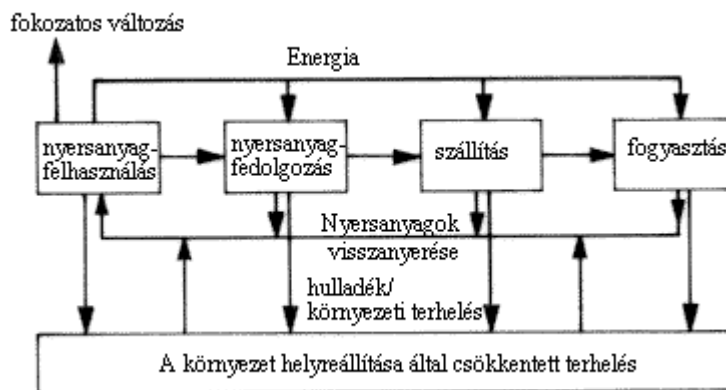
Az élő természetben általában zárt körfolyamatok játszódnak le viszonylag kis sebességgel, ez lehetővé teszi, hogy a környezet fokozatosan alkalmazkodhasson a változásokhoz. Ezzel szemben a hagyományos ipari tevékenység lineáris modellel írható le, melyben a természeti erőforrásokat kimeríthetetlennek, a nyersanyagokat szabadon átalakíthatóaknak, a környezetet tetszés szerinti mértékben terhelhetőnek tekintik. Az alapanyagok és a gyártott termékek szállítása sem ütközik lényeges korlátokba, nem kell gondolni a nyersanyagok utánpótlásával és az egyes folyamatok során keletkező hulladékok további sorsával (1. ábra). Nyilvánvaló, hogy ez a szemlélet csak akkor tartható fenn, ha a Föld készleteihez képest elhanyagolhatóan kicsiny az ipari tevékenység, az egyes lépések által okozott környezeti terhelés legfeljebb helyi bajokat okoz.



1. ábra Hagyományos ipari tevékenység modellje

Hatmilliárd ember gyorsan növekvő fogyasztása mára azonban elérte azt a szintet, amikor a fenti modell nem alkalmazható, az 1. ábrán bemutatott folyamatok nem tarthatók fenn tovább. Úgy kell a termelést megtervezni, hogy a természetben lejátszódó folyamatokhoz hasonlóan a nyersanyagok átalakítása, a feldolgozott termék szállítása, felhasználása, majd megsemmisítése együttesen zárt körfolyamatot képezzen, melynek során a lehető legkevesebb újra nem hasznosítható hulladék keletkezik (2. ábra)

A jövő ipari tervezésének szótárából hiányoznia kell a hulladéknak!



## 2. ábra Tervezett ipari tevékenység modellje

A jövő nagy kihívása tehát, hogy olyan nyersanyagokat használjunk fel amelyeknek az előállítása, felhasználása nem károsítja a természetet, másik részről viszont az életciklus letelte után további nyersanyagként felhasználható.

A fa az egyetlen olyan ipari nyersanyag, amelynek létrehozása nem a fogyaszt, 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 fahasznosítási láncban résztvevőknek (fagazdaság, bútortipar, épületasztalos-ipar, cellulóz és papírtipar, fakereskedelem) egyaránt érdekük, hogy a legolcsóbb és legtisztább természeti erőforrásokból létrehozott fanyersanyag –egységre vetítetten- minél nagyobb eredményességgel hasznosuljon. Amennyiben az erdőgazdálkodásnak és fahasznosításnak kizárólag az értékbeli hozamát tekintjük minősítő szempontnak, úgy megállapítható, hogy egységnyi faanyag legmagasabb értékkihozatalt jelentő hasznosítási formája a furnérgyártás, illetve a furnér alapú termékek gyártása.

Annak azonban, hogy a furnérok és a furnér alapú rétegelt termékek gyártását nagymértékben fokozni tudjuk, gátat szab a szigorú minőségi feltételeket biztosítani tudó faalapanyag mennyisége.

Hazánkban a közel 19%-os erdősültség mintegy 9-10millió m<sup>3</sup>/év fakitermelést tenne lehetővé. Ezt főleg gazdaságossági, fahasznosítási és természetvédelmi korlátok miatt csak 7-7,5 millió m<sup>3</sup>/év mennyiségig használjuk ki. A hazai erdők jelenleg csak importtal kiegészítve képesek kielégíteni a fa-és papíripar igényeit. Összességében az éves fakitermelési lehetőség biztosítaná a nemzetgazdaság összes fanyersanyag-igényét, de ez a fakitermelési veszteségek, a gazdálkodási és technológiai korlátok, valamint a kedvezőtlen fafaj- és választék-összetétel miatt nem lehetséges. Jelenleg Magyarországon tehát egymás mellett létezik a potenciális fabőség és az egyes faválasztékokban meglévő fahiány. Szembetűnően alacsony a minőségi fanyersanyag aránya, ez alapanyag-ellátási korlátokat jelent a furnéripar és a fűrészipar vonatkozásában.

A XXI. század első harmadára kidolgozott erdőtelepítési program célul tűzte ki a hazai több mint 19%-os erdősültség 25%-ra történő növelését. Ez minimálisan évenként 16-20 ezer hektár új erdő telepítését jelenti 2035-ig, jellemzően a mezőgazdasági termelésből kivont földterületeken. Valószínűsíthető, hogy az új erdőtelepítések mintegy 40%-a magas hozamot produkáló, rövid vágásfordulójú ültetvényszerű erdő lesz. Az erdőkből kitermelt nagy mennyiségű és viszonylag olcsó faanyag komplex felhasználása (furnér-, lemez-, fűrész- és papíripari, energetikai) számottevően megváltoztatja a faanyag-ellátás mennyiségi és minőségi struktúráját és alapot szolgáltat a fa alapú cellulóz, illetve papíripari rostanyag gyártásához.

Az ültetvényerdők elterjedését az erdők szociális, jóléti szolgáltatásai iránti igények idézték elő. Ma világszerte elterjedt a fenyők, nyárok és az Eucalyptus minősített fajtáinak mezőgazdasági földeken, agronómiai módszerekkel való termesztése, ami meghatározó a világ faellátásában. A hazai klíma- és talajadottságok kedvezőek az akác termesztésére, területileg már a legelterjedtebb fafajunk. A fa-nyersanyag iránt növekvő ipari és energetikai igények indokolják az ültetvényszerű eljárások vizsgálatát, illetve az innen származó fanyersanyag a távlati földhasználatban, az agrár- és vidékfejlesztésben játszó szerepének szélesebb körű áttekintését.

Ültetvényszerű fatermesztés – a mai általánosítható vélemények szerint – nemes nyár, akác, és erdei- vagy feketefenyő fafajok, fafajcsoportok esetében képzelhető el. 2035-ig becslések szerint a létrejött új erdőkből mintegy 90 ezer hektár ültetvényszerű nemes nyár, mintegy 150 ezer hektár ültetvényszerű akác és mintegy 300 ezer hektár erdei- és feketefenyő ültetvényszerű termelés lehetséges.

Az ültetvénytípusú fatermesztésből 2035 után nyerhető nettó fatérfogat választék-összetétele – különösen az igen jelentős rönkhányad miatt – kiemelt figyelmet és megfelelő előkészületeket igényel. A 2035 után várható évi 210 ezer m<sup>3</sup> akác rönkből megítélésük szerint furnérgyártási célra alkalmas lehet 15-20%.

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%-át tudják csak biztosítani. Kiemelt kutatási feladat tehát a gyorsan növekvő és ültetvénytípusú erdősítésre alkalmas fafajok közül az akác faj lemezgyártási célú hasznosításának megalapozása a furnér-tulajdonságvizsgálatok révén.

A kutatás során célul tűztük ki, hogy a szinte minden tekintetben kiváló tulajdonságokkal rendelkező akác faanyagból illetve annak hámozott furnérjából ugyanolyan kiváló műszaki tulajdonságokkal rendelkező rétegelt termékeket készítsünk amelyek akár tartós kültéri használatra is megfelelnek.

Mindenek előtt azonban az akácról néhány fontosabb tudnivaló:

J. Robin párizsi királyi főkertész 1601-ben hozta be Európába Észak-Amerikából. Magyarországon 1710-ben jegyzik, először a komáromi erőd védelmére telepítették. A ma hazánkban élő legidősebb akácfa ehhez közel, Bábolnán található (3. ábra).



3. ábra A legidősebb akác Magyarországon közel 300 éves

A soproni születésű Krámer János, tábori orvos már 1739-ben az Alföld szárazabb termőhelyeire javasolja telepíteni a közönséges akácot, amely gyorsan nő és gyökérről, de magról is erősen szaporodik. Illés Nándor (Selmecebányai Akadémia tanára) 1870-ben többek között ezt írta: „mióta az akácot ültetjük, van fánk”. Vallja, hogy az akác az igazi, a magyar Alföld számára termett fa. Kiss Ferenc (1892) rendkívül nagyra értékeli az akácot, amelynek termesztésével közepes minőségű homokon egyedül nyerhetünk kemény lombfát rövid idő alatt, aránylag nagy tömegben. Az akác állományszerű telepítése az 1870-es évekre tehető. 1910-1920-as években már akác főállományú erdőtelepítésekről vannak feljegyzések.

Végezetül nem lehet megkerülni, a néhányakban még mindig fennálló idegenkedést a fajtával szemben. Nekik ajánlom Fekete István sorait:

*„Hogy megszerette ezt a földet ez a fa, és hogy megszerette a magyar ember is az akácfát. Talán hasonlít is egy kicsit hozzá: szívós, kemény, rugalmas és nagyon-nagyon igénytelen. Hiszen igaz, hogy Amerikából kaptuk körülbelül négyszázötven éve – de azóta jobban megszerette ezt a földet, mint tulajdon hazáját; gyökeret vert földünkben, szívünkben, és ha magyar fára gondolunk, először talán mindig az akác jut eszünkbe.”*

Az akácfát kb. a XIX. Század derekától széles körűen használja a mezőgazdaság (szőlészet, ólak, istálló épületek faszerkezetei), bányászat, vízépítés. Ezen kívül felhasználják rakodólap egyes elemei és teljes rakodólap, lépcső, parketták, bútorléc, bútoralkatrész, kerti bútorok, vasúti talpfa, szegezett és rétegelt-ragasztott elemekből készített épületszerkezetek, boroshordó gyártására. Ma igen sok parketta, hordó és fakád akácfából készül. Napjainkban az akácból készített furnérok és ezekből gyártott rétegelt lemezek felhasználása is kezd kibontakozni. Akácból készült legnagyobb fesztávú (37m) rétegelt ragasztott faszerkezet Harkányban a gyógyfürdő csarnokának tetőszerkezete volt, amit 1976-ban Wittmann Gyula Tervei alapján készítettek és több mint három évtizeden keresztül látta el hibátlanul feladatát!

Az utóbbi időben a természetes állapotú erdők mellett az un faültetvények szolgáltatják a faipar nyersanyagának jelentős részét.

#### Az akác ültetvényerdők napjainkban betöltött szerepéről néhány gondolat:

Az új évezredben az emberiség előtt álló egyik fontos kihívás a Föld erdeinek olyan formában való megőrzése, hogy a növekvő faigények is kielégítésre kerüljenek. Ez utóbbi

azért is fontos, mivel a faanyag az egyetlen nagy tömegben újratermelhető környezetbarát nyersanyag. E kihívásnak csak úgy felelhetünk meg, ha világméretben megvalósítjuk a tartamos erdőgazdálkodást, és nagy mennyiségben folytatunk ültetvényeszerű fatermesztést! Tehát az emberiség faellátásában a faültetvények szerepe jelentősen nőni fog, így elkerülhetetlen, hogy fokozottabban foglalkozzunk az ültetvényes fagazdálkodás faminőségi kérdéseivel is.

Az ültetvényerdők megjelenése az 1950-1960-as évekre vezethető vissza, amikor a nemzetközi segélyszervezetek (ENSZ, FAO) a trópusi térség tűzifa hiányát kívánták enyhíteni. Ekkor indultak azok a projektek, amelyek gyorsan növekvő fajokkal hoztak létre faültetvényeket.

Miután az élelmiszertermelés is hasonló fontossággal bírt, ezért a két célt többnyire összekapcsolták, így alakult ki a ún. „agroforestry” eljárás, ami mind a két célt szolgálta. Az ezt követő évtizedekben az erdők társadalmi és szociális szerepét felismerő igények nagyobb beleszólást követeltek az erdőgazdálkodás folytatásába, ami döntően a fakitermelések korlátozásával járt. Ez elsősorban Észak- és Dél-Amerikát, továbbá Óceánia országait érintette, ahol a faipari konszernek hatalmas őserdőket pusztítottak el, és erdőtörvényi szabályozások hiányában nem gondoskodtak azok felújításáról.

Az előálló fahiány pótlására költséges kutatási munkák eredményeként fokozatosan jöttek létre az ültetvényerdők, elsősorban az Eucalyptus, a fenyők és a nyárok nemesített fajjaival. Az adott célra legalkalmasabb fajtákat –fa nyersanyagot- mezőgazdasági földeken agrotechnikai eljárásokkal (optimális víz és tápanyagellátás, növényvédelem, csepegtető öntözés, szuszpenzált műtrágya adagolás) állították elő. A vágásforduló a nyárok és az Eucalyptusnál 4-5 éves, a fenyőknél 20-25 éves. Az évi növedék a klímától illetve a termelés intenzitásától függően 15-35 köbméter/hektár között mozog. Termelési cél döntően a faapríték, cellulóz vagy falemez ipari célok. A tág hálózatu Pinus radiata telepítések pedig a magas minőségű fűrészárut szolgáltatják. A faapríték, mint homogén áru hatalmas tartályhajókkal távoli világrészekre is olcsón szállítható. Chile 2,6 millió hektár ültetvényerdei látják el alapanyaggal Kína, Japán, Korea papíriparát. A világ hengeresfa felhasználásának 1/3-át az összes erdőterület alig 5%-át kitevő ültetvényerdők adják, az innen származó faanyag folyamatosan növekszik (Schulzke, 2003). Ez az eljárás rövid idő alatt nagy mennyiségben azonos minőségű faanyag elérését teszi lehetővé. A mediterrán országokból elterjedt nyárfa természetes, vagy franciaországi Landes tartomány tághálózatu fenyőtelepítései ( 600 ezer hektár), lényegileg ugyanezt a célt szolgálták.



Az ültetvényerdők telepítése már Európában is elterjedt. Portugália és Spanyolország együtt 1,2 millió hektár fenyőt és Eucalyptust, hasonlóan Anglia és Írország közel 500-500 ezer hektár fenyőt telepített. Ezek a telepítések a megállapított EU-s kvóták hatására (élelmiszer termelés csökkentése) EU-s forrásokból jöttek létre. Az eredményeket pozitívan ítélték meg, mert elősegítette a racionális földhasználatot, javította a foglalkoztatást, a belföldi faellátást, és az exportot.

Napjainkban a klímaváltozás mérséklését szolgáló nemzetközi egyezmények az energiaerdők széleskörű elterjesztését tervezik. Ez a termelési mód azonban kiesik az erdőgazdálkodás hatásköréből, de biológiai és technológiai tekintetben egyértelműen erdészeti tevékenység.

Az energetikai célú faültetvények mellett ugyanakkor lehetőség van minőségi hengeresfa előállítására is.

Akác ültetvényerdők telepítésére elsősorban a szanált szőlő- és gyümölcsültetvények helyén, továbbá a mezőgazdasági művelésre kevésbé alkalmas homok-, barna- erdőtalaj változatokon van lehetőség. Az állami gazdaságok vezetői már korábban felismerték az ebben rejlő lehetőségeket, amit „szántóföldi fatermesztés”-nek neveztek (Izinger, 1991). Az is kétségtelen, hogy a jelenlegi nagyvad – főleg szarvas - állomány sok helyen kizárja az ilyen telepítések lehetőségét. Megoldás lehet a kerítés építése, a magasabb csemeteszámmal való telepítés és az ültetvényszerű állomány nevelésre való fokozatos áttérés.

Az akác piaci helyzetét vizsgálva megállapítható a kereslet növekedése, amit a „zöld energia” igények, a trópusi faimport csökkenése és a certifikációs rendszerek fokozatos érvényre jutása magyaráz. Az előhasználatok során nyert oszlop- és tám rendszer anyagok, valamint a különböző megmunkálású (műszárított, gyalult, mart stb.) alkatrészek, félkész termékek, komparatív előnyökkel bíró versenyképes áruk az EU piacain (Führer, 2001.). A trópusi keménylombos faimportot részben pótolhatja a minőségi akác faanyag, ahol a modern faipar technológiai folyamatai ( toldások, táblásítás, termikus nemesítés stb. ) alkalmazhatók (Erdős, 2001). Az ilyen magas készülségű termékek exportja lényegesen javítaná az egyre csökkenő élelmiszerexportot (Erdős, 2007).

A fűrészipari feldolgozás mellett távlatilag szóba jöhet az akác kémiai- cellulózipar, metanol- feldolgozása is. Napjainkban az etanol gyártás- kötelező bioüzemanyag keveréssel kerül előtérbe. Világméretű kérdőjel az élelmiszer vagy az energiatermelés prioritása. Brazília, USA, és a skandináv államok költséges kutatásokat folytatnak az etanolnak fa-cellulózból való előállítására. Ennek megoldásával az etanolhoz jelenleg búzát és kukoricát használt óriási földterületek szabadulnának fel az élelmiszertermelés céljára.

Az akáctelepítések hozamaként említeni szükséges a méztermelésben betöltött szerepét. Az akácerdők a legjobb méhlegelők. Az akácméz, mint hungarikum jelentős exportáru.

Az ültetvényerdők intenzív kultúráknak tekinthetők, ahol magas élők munkai-igény jelentkezik (csemetekerti munkák, talajápolás, nyesések stb.). Itt az alulképzett munkaerő, fiatal és időskorúak is alkalmazhatóak. Rendkívüli jelentősége van ezért az elmaradott régiókban a magas munkanélküliségű térségekben az erdei munkalehetőségeknek. A telepítési lehetőségek éppen ott vannak, ahol a munkanélküliség országosan is a legmagasabb.

Az ültetvényerdők a gazdasági célok mellett nagy mértékben szolgálnak közcélokot is különböző védelmi funkciókkal, mint: erózió, defláció mérséklése, CO<sub>2</sub> lekötés, levegő és vizek tisztaságának védelme, rekreációs szolgáltatások. Telepítésük összhangban van az erre vonatkozó nemzetközi egyezményekkel, megállapodásokkal. Hozadékuk csökkenti a gazdasági nyomást, ami a természetszerű erdőkre nehezedik, lehetővé teszi azok eredeti állapotban való fennmaradását. Ezáltal a környezetet és a természetvédelmet szolgálják.

A monokultúras erdőtelepítéseknek számos ellenzője van, akik a nem őshonos fajok, biodiverzitás csökkenése és egyéb ökológiai okok miatt fékezik és gátolják annak elterjedését. Ezen a téren már vannak a hátrányokat mérséklő megoldások, így az erdőszegélyeknek cserjékkel és elegyes fajokkal való kialakítása, vagy az erdőtömbön belül ökofolyosók létesítése.

Az akác visszaszorítását hangoztatók felé kívánatos idézni...”a területegységre eső hozamok fokozásának fontos eszköze a termőhelynek legjobban megfelelő faj és nemesített fajták mellett a műtrágya körültekintő használata ...a szabályozók esetenkénti merevségén is enyhíteni, hogy azok elsősorban a termőhelyi viszonyoknak legjobban megfelelő, az adottságokat legjobban hasznosító fajok telepítését segítség elő...”

Jövőben nagy tartalék lehet a növedék emelésében a nemesített fajták termelésbe vonása. Ehhez azonban változnia kell az általánosan elterjedt akácellenes szemléletnek. Felhasználva az akác nemesítés eddigi eredményeit, széleskörű üzemi kísérletek indítása kívánatos az adott térségekben a legjobb teljesítményt nyújtó fajták vizsgálatára. Az ERTI és a Nyírerdő Árt. fajtái és mikro szaporítási módszerei iránt nemcsak Európában, hanem a távoli világrészekről –Kína, Chile- is nagy az érdeklődés. Fontos szerep vár a kutatásra és az innovációs munkákra.

Egy nagyobb ütemű ültetvényerdő telepítési program az agrárszerkezet módosítását igényli (Udovetz, 2006). Ehhez gazdálkodási számítások, különböző területekre kiterjedő hatásvizsgálatok végzése szükséges. Azonos minőségű talajokon a mezőgazdasági és

fatermeléssel történő hasznosítás esetén a fennálló növedék, hozamok, ráfordítás, jövedelem, eszközhatékonyság, tőkemegtérülés, stb. részletes elemzése, az EU-s és a nemzeti agrártámogatások figyelembe vételével. Ez az agrár- és az erdészeti műhelyek közös feladatát képezi.

Az ültetvényszerű fatermesztésből származó faanyag tulajdonságai részben eltérnek a természetes erdőkből kitermeltektől. Ezek fája „más”, a termesztés körülményei miatt jobbnak mondható.

Egyesekben jogos kérdésként vetődik fel, hogy miben térhetnek el egy-egy fafaj anyagtulajdonságai attól függően, hogy természetszerű erdőben, vagy faültetvényben termesztették? A választ az eltérő növekedési feltételekben és a vágáskorban kell keresnünk. Tehát a fajnemesítés, az ültetvények tág hálózata, célszerű nevelése, ápolása és az alacsonyabb véghasználati kor eredményeként egy sajátos szöveti szerkezetű, és így minőségi jellemzőkben is eltérő fatest alakul ki.

A faminőségi összetevők közül elsődleges tulajdonságoknak tekinthetjük a makroszkópos és mikroszkópos szöveti jellemzőket, a kémiai összetételt és a rendellenes szöveteket (fahibákat, fakárosodásokat), mivel ezek közvetlen kapcsolatban állnak a növekedéssel, vagyis a fatest kialakulásával.

A szöveti szerkezet és a kémiai összetétel együttesen határozza meg a fizikai, mechanikai tulajdonságokat, így ezeket másodlagos, vagy származtatott jellemzőknek tekinthetjük.

E két tulajdonságcsoporthoz és a törzsfá méreti jellemzői döntik el a faanyag felhasználhatóságát és minőségét, így érthető miért jobb minőségű az ültetvényekből kitermelt fa minősége.

### **1.1 A rétegelt furnéripari termékek előállításának történeti áttekintése**

Az emberiség legősibb emlékei a furnérfelhasználásról az egyiptomi kultúra korából származnak (Perry, 1955).

Az ásatások során több feltárt sírban a szarkofágokon egyszerű furnérozást találtak.

Az egyiptomiak nyomán a furnérbiztosítás és furnérozás elterjedt Babilonban, Asszíriában, Görögországban, és az ókori Római Birodalomban. A rómaiak korában a

primitív eszközökkel, hasítással készített furnérokat más ajtóbetétek díszítésére is alkalmazták.

A furnér, mint faalapú díszítőelem egyre közkedveltebb lett a középkorban, a reneszánsz, barokk, és rokokó időkben, igazi elterjedése, és tömegszerű felhasználása azonban csak a furnér előállítás gépeinek, a hasítógépnek, és a hámozógépnek a feltalálása és alkalmazásba vétele után válik lehetségessé.

Az első kézi erővel működtetett, gyalugép elvén működő furnér hasítógépre Londonban Sir Samuel Bentham 1793-ban kapott szabadalmat. Ezt követően elkezdődött a fűrészeléssel történő furnérelőállítás is, majd a 19. század elején 1826-ban Pepe M. szabadalmaztatta Franciaországban hámozógépét. 1830-ban már Szentpétervárott is működött furnér hámozógép. 1840-ben az USA-ban elsőként John Dresser szerzett szabadalmat hámozógépre.

A furnérhasító, furnérfűrészelő, furnér hámozógépek feltalálása és folyamatos továbbfejlesztése révén megteremtődött a feltétele annak, hogy a viszonylag nagy tömegben termelt furnérokból- az egyes rétegek ragasztással történő egyesítése révén- rétegelt fatermékeket, rétegelt falemezeket állítsanak elő.

A rétegelt falemezek előállítására- amelyeket elsőként székülésekként alkalmaztak- szinte egyszerre történtek próbálkozások a 19. század közepén az USA-ban, a cári Oroszországban és Nyugat-Európában. Európában az első szabadalmakat Christian Luther, Artur Louré és Wittkowsky, az USA-ban John K. Mayo nyerte el.

A híres Thonet székgyártó cég 1841-ben már alkalmazott rétegelt falemezből készült üléseket termékeihez.

A 19. század végén az európai és az észak-amerikai lemez gyártók már jellemzően 3 fajta alaptechnológia szerint dolgoztak:

- Az ún. „régí amerikai” technológia szerint, amely főleg Oroszországban és az USA kis műhelyeiben került alkalmazásra. Ezen technológiánál a nedves, hámozott furnér asztalos enyv és szorítóprés alkalmazásával került egyesítésre, majd a lemez természetes légszárítás révén utószárításra került. Az így előállított falemez természetesen gyenge minőségű volt.

- Az „új amerikai” technológia szerint a hámozott furnérokat előszárították, és hidegen kötő ragasztóval (kazein), hidraulikus présben egyesítették lemezzé. Az így gyártott lemezeket szárítókamrákban utánszárították.

- A „lengyel nedves ragasztású” eljárás szerint a nedves hámozott furnérokat hidraulikus hő prés alkalmazásával ragasztották egymáshoz, majd a lemezeket utánszárították.

A rétegelt lemezgyártás fejlődéséhez az első komoly impulzust a bútoringar adta. Nagy felületű, könnyű, formatartó termékeket kívánt és ehhez a rétegelt lemez illetőleg a bútoringar kiválóan megfelelt.

Nagyobb mértékben először székülésekhez, korpuszbútorok gyártásához és csomagolásához használtak fel lemeztermékeket. Alapanyagbázisa kezdetben kizárólag a fenyő volt, ragasztóanyagként növényi és állati eredetű ragasztóanyagokat alkalmaztak.

A 19. század végén, a 20. század elején a falemezgyártás alapanyagbázisa kiszélesítésre került, elkezdtek- főleg Európában- nagyobb mértékben a kemény fafajok, elsősorban a bükk, nyír lemezipari felhasználását. A keményfák felhasználása újabb gépészeti fejlődést indított el. Ezen fafajok fizikai tulajdonságai megkivánták a gyors és azonnali szárítást. A felhasználó iparágak is jobb minőségű lemeztermékeket igényeltek, sürgető feladattá vált a furnérok tömegszerű szárítását lehetővé tevő szárítógépek kifejlesztése.

Az első folyamatos működésű furnér szárítógépet az USA-ban a Proctor és Schwarz cég állította elő, ezt Európában hamarosan követte az 1907-ben, Berlinben a Roller cég által gyártott szárítógép.

A rétegelt lemezgyártás első fejlesztési szakaszát 1910-re befejezte, mert

- rendelkezett a tömegszerű furnérgyártáshoz szükséges hámozógépekkel,
- a gyors és megbízható szárításhoz szükséges szárítógépekkel,
- a megfelelő kötést biztosító növényi és állati eredetű ragasztóanyagokkal és
- a ragasztóréteggel ellátott furnérok egyesítéséhez szükséges hő présekkel .

Ezen műszaki bázisok alapján kialakultak a korszak ipari méretei szerinti rétegelt lemezgyártó középüzemek.

A két világháború között a rétegelt lemezipar mind Európában, mind Amerikában óriási fejlődésnek indult. Paradox módon a gazdasági visszaesés, majd válság a lemeziparban erőteljes fejlődést indukált.

A gazdasági talpon maradásért folytatott kíméletlen verseny rákényszerítette a gyártókat a technikai, technológiai fejlesztésre. Modernizálták a célgépeket, lassan kialakultak a mai lemezgyártó sorok elődei, kifejlesztésre és bevezetésre kerültek a műgyanta ragasztók. A bútoringar és csomagolóipar, mint fő felhasználási területek mellett egyre nagyobb

mennyiségű rétegelt lemezt igényelt a járműipar és különösen Észak-Amerikában az építőipar.

A rétegelt lemezgyártás Európát és Észak-Amerikát követően az egész világon elterjedt, a rétegelt falemez a fűrészárak után a második legnagyobb volumenben gyártott fafeldolgozási termék lett.

A II. világháborút követően Európában- hasonlóan az észak-amerikai tendenciához- két vonalon folytatódott a rétegelt lemezgyártás fejlődése.

Egyrészt a technikai, technológiai fejlesztés következtében növelni lehetett a kibocsátott termékek volumenét, másrészt jelentős változás következett be a rétegelt lemezek felhasználási területeit illetően. A rétegelt lemezek nagy része a jóval olcsóbb és jó minőségű farostlemezek és faforgácslapok térnyerése folytán nagyrészt kiszorult a bútorgyártás területéről.

Az Európában mind erőteljesebben jelentkező fahiány nem tette lehetővé a nagymérvű volumennövelés és árcsökkenés révén a hagyományos bútorigipari rétegelt lemez versenyeztetését a farost és faforgácslemezekkel, lapokkal.

A rétegelt lemezgyártás felé követelményként lépett fel, hogy gyártási profiljuk változtatásával diverzifikálják termelésüket, törekedjenek anyagtakarékosabb gyártási megoldásokra és lehetőség szerint új, olcsóbb fafajokat vonjanak be a termelésbe.

Ezen fejlődési-fejlesztési csomópont az európai országokban a 60-as évek elejére esett. A fejlesztési kényszer intenzív kutatómunkát igényelt, amely kutatómunkára alapozóan a fejlett ipari országokban sikeres gyártmányfejlesztési tevékenység történt, illetve történik napjainkban is.

A könnyű, nagyszilárdságú, kedvező megmunkálhatóságú rétegelt falemez, mint szerkezeti anyag egyre újabb és újabb felhasználói területet hódít meg, ma már nagyon sok területen vetélytársa az energiai igényesebb, drágább fém és műanyag szerkezeti anyagoknak is.

## ***1.2 Az akác furnéripari hasznosításával kapcsolatos eredmények, fejlesztési lehetőségek, a kutatás célja***

Az akác furnéripari hasznosítása már a hatvanas évek elején felmerült hazánkban. A Faipari Kutató Intézet 1964-ben foglalkozott az akác színfurnér-gyártás kérdésével. Akkor barnított színfurnért gyártottak két lépcsős eljárással. Ennek oka az volt, hogy a természetes színű késelt akác zöldessárga színét a bútorgyártók nem fogadták el, így a furnért 10-12%

nedvességtartalomra szárították, majd túlnyomásos edényben a kötegeket barna színűre gőzölték (barnították). Az akác fűrészáru barnító gőzölésének kedvező hazai tapasztalatai alapján az Erdészeti és Faipari Egyetem Faipari Mérnöki Karának szakemberei (Molnár S., Szabadhegyi Gy.) a NEFAG Nagykőrösi Fafeldolgozó Üzemének és a DEFAG Falemezüzemének közreműködésével 1978-tól kezdtek foglalkozni az üzemi szintű akác szín furnértermeléssel és bútorigipari felhasználással. 1984-ben hét gőzölési menetrendet alkalmaztak, amelyek közül a legsikeresebb kettő alkalmazására tettek javaslatot. A kutatás egyértelműen bizonyította, hogy kidolgozott technológiával, a kezdeti nedvességtartalom növelése mellett (pl. a frissen döntött alapanyag víz alatti tárolásával), a termőhelytől függő anatómiai sajátosságok fokozott figyelembevételével, az akác prizmáknak a mechanikai megmunkálás (késelés) szempontjából szükséges lágyítása és a megfelelő színhatás biztosítása egy lépésben is elérhető.

Tapasztalható volt, hogy a gyártott furnérok érdessége (a szélezett prizma ellenére) jóval kedvezőbb volt, mint a hasonló vastagságú tölgy furnéré. A kutatómunka kedvező eredményei ellenére üzemi szinten akác színfurnért sokáig nem gyártottak.

A kutatómunka előzménye az ERFARET 2.1 alprogram keretében –amelyben személyesen is részt vettem- a NYME Faipari Kutató és Szolgáltató Központja 2008-ban technologizálta az akác műszaki furnérgyártást, meghatározta a hámozással készült akác műszaki furnérok legfontosabb tulajdonságait ezáltal lehetővé tette, hogy az akác ültetvények faanyagából gyártott rétegelt falemezek gyártástechnológiájának megalapozását.

Tekintettel arra, hogy az akác fafaj igen magas szilárdsági értékekkel bír és időjárás-állósága is kiemelkedő, feltételezhető volt, hogy magas szilárdsági követelményeket és szélsőséges kitérteget teljesítő rétegelt falemez is gyártható belőle.

A disszertációban ismertetett kutatómunka célja tehát az volt, hogy az akác minőségi hengeres fának, amely az erdei termékek a „zöld arany” egyik legértékesebb választéka, a legmagasabb hozzáadott értéket jelentő hasznosítását biztosítsuk. Ez elsősorban a magas időjárásállóságú, és szilárdságú, környezetbarát rétegelt falemez gyártását jelenti. Legfőbb problémát az okozta, hogy korábban akácból hámozással műszaki furnért nem gyártottak. Sőt gyűrűslikacsú fák közül is csak a csertölgyből gyártott furnérral voltak tapasztalok.

A fenti kutatómunkát természetesen nagyban támogatta az a tény, hogy az utóbbi évek erdészeti kutatásai lehetővé tették a mezőgazdasági művelésre kevésbé alkalmas területeken is

,hogy a gyorsan növé akácfajokból intenzív módszerekkel minőségi hengeresfa választékot termeljünk.

Mivel adaptálható kutatási eredmények sem Európában, sem Észak-Amerikában nem voltak fellelhetőek (az irodalomkutatás szerint nem is voltak), így a kutatómunka gyakorlatilag az akác alapanyagból készíthető rétegelt falemezek gyárthatóságának elméleti alapjainak feltárását,és a technológiai műveleti helyek jellemző paramétereinek meghatározását jelentette.



## 2. Kutatási metodika, kutatási módszerek

Újólág kihangsúlyozva, hogy az akác furnérjai hasznosítására vonatkozó kutatások nemcsak hazai, hanem nemzetközi viszonylatban is szegényesek, olyan kutatási metodikát választottam, amely révén az előzőekben meghatározott célkitűzések teljesíthetők, illetve az eredmények értékelhetőek.

A választott metodika szerint, először ismertettem a furnéralapú rétegelt lemezgyártás műveleti helyét, és a műveleti helyek általánosítható technológiai paramétereit. Ezt követően kiindulva abból, hogy a múltbeli és a jelenlegi furnéralapú rétegelt falemezgyártás meghatározó fafajai a bükk és a nyár fajok- táblázatos formában röviden ismertettem a bükk és a nyár alapanyagbázison gyártható lemezgyártás technológiai paramétereit, egyfajta összehasonlító bázist képezve az akác alapanyagbázison gyártható lemezgyártáshoz.

Terjedelmi korlátok miatt a bükk és a mintául választott nyár fajok jellemzői közül csak a fizikai és a mechanikai tulajdonságokat ismertettem, de szükségesnek tartottam az akác fafaj – mint potenciális furnér alapanyagbázis részletesebb ismertetését.

A disszertációba foglalt kutatómunkám leghangsúlyosabb részét- az akác furnéripari hasznosítását megalapozó kutatási eredményeket- külön fejezetben tárgyalom.

A fa anyagismereti és szilárdsági méréseket a NYME FMK laboratóriumában, a szabványos mérési módszerekkel végeztem el.

A kutatási módszerek és lehetőségek közül kiemelten foglalkoztam az időjárás állóság vizsgálatokkal, amelyeket a Faipari Kutató és Szolgáltató Központban végzett elő kísérletek során végeztem el.

Az eredmények kiértékelésére a használt matematikai apparátust a szokásos és bevált statisztikai elemzések jelentették.

A korábbiakban megfogalmaztam, hogy az ERFARET kutató program elindulása előtt akácból soha, sehol nem készítettek műszaki furnért. A technológiai, és műszaki paraméterek meghatározásában csak az eddig a lemeziparban jól ismert, és hazánkban elterjedt fajok, elsősorban a nyár és a bükk fajokból készült furnérok, és rétegelt lemezek gyártásánál használt adatbázisra tudtam támaszkodni. Ezeket az értékeket vetettük össze műveletenként, majd az akác speciális tulajdonságait figyelembe véve dolgoztuk ki a gyártástechnológiát.

## 2.1 A furnéralapanyagok hőkezelése

A furnérrönkők leggyakoribb előkészítési módja a gőzölés, ill. a főzés. Mindkettőnek van létjogosultsága. A gőzölés elsősorban olyan fáknál alkalmazható, amelyeknek kezdeti nedvessége a rosttelítettségi határ felett van, s amelyekben a gőz hatására nem következnek be kellemetlen elváltozások (repedések). Főzés a hőkezelés hatásosabb módja, mert ha a feldolgozásra váró rönkők már bizonyos mértékig száradtak, egyenletes felmelegítés mellett további vízvesztéssel nem kell számolni és ezáltal a szükséges képlékenység elérhető. A főzés jobban kiold egyes a megmunkálás, ill. a termékek felhasználása szempontjából nemkívánatos anyagokat (pl. pentozánok, cserző- és színezőanyagok).

Annak eldöntéséhez, hogy a két eljárás közül melyiket válasszuk, több szempont is figyelembe kell vennünk. A feldolgozásra váró fafajon és annak tulajdonságain túlmenően döntő az is, milyen célra kívánják felhasználni az előkészített faanyagot és milyen adottságokkal rendelkezik a feldolgozó üzem.

A fafajok a gőzölést és a főzést illetően négy csoportba sorolhatóak:

a) Hőkezelést nem igénylő fák. Ilyenek a lágylombosfák, amelyek általában elég lágyak, mint pl. a nyárfa. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy e fák felmelegítése is előnyös.

b) Gőzöléssel is kielégítően lágyítható fák. Ebbe a csoportba tartozik a legtöbb fafaj (bükk, éger stb.). A gőzölés e fákat nem károsítja és a színváltozás mértéke sem nagyobb a megengedettnél, illetve a megkívántnál.

c) Kielégítően és elszíneződés-mentesen csak főzéssel lágyítható fák. Ide a gőzöléssel szemben érzékeny és a nagy keménységű fák tartoznak. A hosszabb időn át szabadban tárolt, kiszáradt fákat is célszerűbb főzni, mert így biztosítható a megmunkáláshoz szükséges nedvesség felvétel. Főleg a tölgyfélét, az erdeifenyőt, valamint a csomoros fákat lágyítják főzéssel.

d) Mindkét eljárással megfelelően előkészíthető fák. Ezeknél balesetvédelmi okokból helyesebb a gőzölést választani.

E közölt csoportosítással kapcsolatban megjegyezzük, hogy gyakorlati tapasztalatok szerint a tölgy esetében célszerűbb a gőzölés.

A fa a gőzben meleget vesz fel és azt belső rétegeibe vezeti. Eközben sok fafaj megváltoztatja színét, az alkotóelemek hidrolitikus átalakulása következtében. A fa egyúttal

többé-kevésbé képlékenyvé válik, csökken a higroszkóposága és növekszik a gombafertőzéssel szembeni ellenállása. A túlzott gőzölés azonban káros, ezért nagy gondot kell fordítani a fafajtól és a kezdeti fanedvességtől függő gőzölési hőmérséklet és gőzölési időtartam helyes megválasztására, a gőzölési folyamat bevezetésére.

Gőzölési célra általában 45-90 C° hőmérsékletű, azaz 0,1-0,7 bar nyomású, telített gőzt használnak. Tapasztalatok szerint a gőzölési hőmérséklet, a sűrűség és a fanedvesség között törvényszerű összefüggés áll fenn. Ezt tükrözi az alábbi képlet is, melyet L. Vorreiter ajánl a gőzölési hőmérséklet kiszámítására:

$$T_{Du} = 131 u^{-0,27} \sin(\pi/2 \cdot (r_o - 0,2)/\gamma_H), \quad [^{\circ}\text{C}]$$

ahol  $u$  az átlagos kezdeti fanedvesség [kg/kg],  $r_o$  a fa sűrűsége abszolút száraz állapotban [kg/m<sup>3</sup>],  $\gamma_H$  a fa sűrűsége, ami megközelítőleg minden fafajnál azonos, kb. 151 kg/m<sup>3</sup>. Az így számított gőzölési hőmérsékletekkel kapcsolatban azonban L. Vorreiter megjegyzi, hogy ezek csak irányértékek, amelyek a fa szerkezeti felépítése és a gőzölési cél (furnérgyártás, hajlítás, színhatás elérése stb.) szerint helyesbítésre szorulnak. Így pl. azokat a fafajokat, amelyekben sok ill. vastag és magas bélsugarak vannak, 15-20 C°-kal alacsonyabb hőmérsékleten kell gőzölni, mint a sűrűségüknek megfelelne. A bélsugarak ugyanis gyorsabban vezetik a hőt a fa belsejében, mint a fát alkotó egyéb szövetek. Csökkenteni kell a hőmérsékletet akkor is, ha nemkívánatos színváltozások lépnek fel. Figyelembe kell venni továbbá a fában lévő nedvesség megoszlását is, mert nagy belső nedvesség és magas gőzölési hőmérséklet erős külső repedések, rosttelítettség alatti belső nedvesség alacsony gőzölési hőmérséklet esetén gesztrepedések jöhetnek létre. Amennyiben a furnérrönköt nem elég magas hőmérsékleten gőzölik, vagy a választott gőzölési hőmérséklet helyes ugyan, de az átlagos fanedvesség túl kicsi, a furnér előállításában mély, rostirányú árkok keletkeznek („árkos vágás”). Túl magas hőmérsékleten viszont a rostvégek kilazulnának a furnérból és a felület szálkássá válik („szálás vágás”). A túlgőzölés veszélye annál nagyobb, minél puhább, ill. nedvesebb a fa. Vastagabb furnérok előállításához nagyobb képlékenységre van szükség, ezért 1,5mm furnérvastagság felett a normális gőzölésű hőmérsékletet mm-ként 5 C°-kal emelni kell. Szakszerű gőzölés mellett a megmunkáló szerszámok él tartása, az előkészítés nélkül vágáshoz viszonyítva, 50-100 –szorosára növekszik.

## **2.2 Műszaki furnérok előállítása hámozással**

A FAO adatai szerint világviszonylatban az összes furnéroknak mintegy 90%-át hámozással állítják elő. Indokolja ezt a hámozógépek igen nagy termelékenysége, melyet sikerült az utóbbi időkben 120-200 m/min közötti hámozási sebességgel biztosítani. Bár furnér hasító gépek és a furnérhámozók szerszámai között (kés, nyomóléc) van némi hasonlóság, kinematikájuk merőben eltérő; amíg a furnérhasító gépeknél a főmozgást a kés végzi, az előtoló mozgást pedig a befogott rönk (prizma), addig a hámozógépekben a főmozgást végzi a rönk és az előtoló mozgást a kés. A furnérhasító gép a hasítást vízszintes (esetleg függőleges) síkban végzi, a hámozógép a furnért archimedesi spirális alakban fejt le a rönk külső palástjáról a visszamaradó hengerig. A hasításnak ez a módja bonyolult összefüggéseken alapszik. Ezek közül e helyen elég csak arra utalni, hogy a rönk átmérője a hámozás alatt állandóan csökken, ami megváltoztatná a kerületi sebességét, ha ezt változó fordulatszámmal nem egyenlíténék ki, de egyben változtathatja a hátszög célszerű értékét is, mely biztosítja a hasítás megfelelő minőségét. Ezek az összefüggések a furnérhámozás esetében is akár a furnérhasításnál is, csak részben felderítettek. A furnérhámozással mindenesetre többet foglalkoztak tudományosan, mint a furnérhasítással, azonban még mindig sok kérdésre hiányzik az egyértelmű válasz és a legtöbb megállapítás empirikus alapokon nyugszik.

Miután a fa termoplasztikus anyag, képlékenysége – határértékek között – a hőkezelés időtartalmától függ, a fában a hőmérséklet emelésekor a reakciósebesség nő. Befolyásolja ezt a fa nedvességtartalma is. A paraméterek a sűrűség függvényében változnak. Ebből az következik, hogy a hámozást akkor célszerű végrehajtani, amikor a rönk még meleg, mert a meleg fában végbemenő kémiai folyamatok, biztosítják a legjobban az elemi főrészecskék fellazulását, és ezzel a sima vágásfelületet. A hideg, száraz fa szálkás, törékeny furnért ad. A gyors és erős felmelegítés sem előnyös, ilyen esetben a furnérfelület bolyhos lesz. A hámozás kedvező hőmérséklete alacsony sűrűségű fák esetén ( $350-400\text{kg/m}^3$ -ig)  $16-22\text{ C}^\circ$ , magasabb sűrűségű fajok esetén ( $600\text{ kg/m}^3$  sűrűség fölött)  $10- 15\text{ C}^\circ$ -kal magasabb. Vastag furnérok termelésekor, amikor a fa nagyobb képlékenysége szükséges, a hosszabb hőkezelési idő biztosít kedvező eredményt.

Általában hámozásra a kis sűrűségű fafajok, szöveti szerkezet vonatkozásában pedig egyes fenyőfélék, a szórt likacsú és egyes gyűrűs likacsú fák alkalmasak. Jelenleg közel 100 különböző fafajból készül hámozott furnér. Hazai üzemeink bükköt, égert, hársat, nyárt, fűzt, csert, szilt, gyertyánt, okumét, valamint egyéb lágy exóta fát hámoznak. Érdekes, hogy

világviszonylatban a lemezgyártáshoz felhasznált furnérok 47%-át Douglas fenyőből állítják elő és pl. a bükk részaránya mindössze 3% és csökkenő tendenciát mutat. Az északi államokban a nyír felhasználása dominál. A gyűrűs likacsú fák hámozása általában nem szokásos, egyrészt mert túlnyomó részben a magas sűrűségű fák közé tartoznak, másrészt mert a likacs gyűrűs rész nem elég szilárd a hámozáskor fellépő igénybevétellel szemben, a furnérok hámozása közben gyakran elszakadnak és ez a termelést bizonytalanná teszi. Hátrányosak a széles bélsugarak is, melyek repedéseket okoznak. Az egyenletes szöveti szerkezetű fafajokat  $600 \text{ kg/m}^3$  sűrűségig termikus előkezelés nélkül hámozzák, ha hőmérsékletük legalább  $15\text{-}20 \text{ }^\circ\text{C}$ , nedvességtartalmuk pedig 50% feletti. A fafaj alkalmassága tehát a jó minőségű hámozott furnér egyik fontos előfeltétele.

A kés vastagsági mérete géptípus szerint adott és a hámozó rönk hossza, valamint a hámozás sebessége szerint  $10\text{-}20 \text{ mm}$  között változik, leggyakrabban  $16\text{-}20 \text{ mm}$ . Az élszög ( $\beta$ ), melyet a kés mell- és hátoldala határol  $15$  és  $23^\circ$  között változik. Nagyságát – akár a furnérhasító gépek kései esetén – a kés vastagsági méretéből ( $s$ ) és a hátoldal hosszából ( $h$ ) állapítják meg a  $\sin \beta = s/h$  összefüggéssel. Ily módon táblázatok készülnek a szögértékek, ill. a hátoldal meghatározására a kés vastagságának függvényében, melyeket üzemekben jól lehet használni, mert a számítást leolvasással helyettesítik. Az él szög megválasztásával kapcsolatban csak tapasztalati tényezők állnak rendelkezésre. Egyes üzemek nem is az él szögre helyezik a súlyt, hanem a vágószögre (erről később lesz szó) és a hámozás egyik paramétereként azt adják meg. Annyi minden esetre megállapítható, hogy az él szög növelésével javul a kés él tartó képessége, de növekszik az ékhatás is, tehát fokozottan kell ügyelni a nyomóléc helyes beállítására és a tömörítés mértékére, különben a felület roncsolt, rostszakadásos lesz. A gyakorlatban az él szög nagyságát részben a fafaj, részben a szöveti struktúra alapján választják ki. A nagyobb szögértéket ( $20^\circ$  fölött) fenyőfélék és lágylombos fák hámozásánál használják, míg a kisebb szögértékeket ( $20^\circ$  alatt) keményfák hámozásához. Ha a fában kemény ággöcsök fordulnak elő és nagy a különbség a korai és késői fa keménysége között, néhány fokkal növelik az él szöget, mert az ilyen szöveti tulajdonságok nagymértékben koptatják a kés életét.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a kés helyzete és annak összefüggése a hátszöggel milyen nagymértékben befolyásolja elsősorban a furnér méretpontosságát. Ha a hátszög a szükségesnél kisebb, a kés felfekvése túl széles. Ennek következtében nő a súrlódás a kés hátoldala és a fa között és a gép energia igénye fokozódik. Ha a hátszög túlméretezett a hámozás bizonytalanná válik. A rönkök laza szöveti részei (az évgyűrűk korai pásztái) ilyen esetben a kést befele húzzák, a keményebb, kései pásztásabb részek kifele nyomják. Ennek

következtében a furnér vastagsága változó, felülete érdes lesz. Ezt a körülményt a hámozógépek konstrukciójánál is figyelembe veszik. A kés helyes beállítása után a nyomóléc helyes beállítása is elsőrendű követelmény, mert a hámozás (hasítás) iránya közel egybeesik az évgyűrűk irányával, és ezért a késél előtti behasadás könnyen jön létre. Az a körülmény pedig, hogy hámozáskor a rönk tengelye körül forgó mozgást végez, szükségessé teszi a rönk vezetését is. A nyomóléc hámozáskor tehát két feladatot lát el:

- megakadályozza a késél előtti behasadást és ezzel nagymértékben befolyásolja a felületi jóságot. A behasadás ugyanis a legkisebb ellenállás irányában megy végbe, következésképpen az ilyen felület nem lehet sima, mert a szövet inhomogenitását tükrözi.
- hozzájárulnak a rönk megvezetéséhez és ezzel javítja a méretpontosságot.

A nyomóléc nyomást kifejtő élét hegyes szöget alkotó oldalak határolják. E szög (ékszög) értéke 60-80°. Minél kisebb az ékszög, annál kisebb a nyomólécnek a furnérral érintkező felülete és annál nagyobb fajlagos nyomást ad az át azonos nyomóerő esetén. Túl nagy fajlagos nyomás a furnért felszakíthatja. Ezért lágy fák hámozásához 0,6-1,0 mm él rádiusz elegendő, vastagabb furnérok hámozásakor (1 mm-en felül) az él rádiuszt további 0,5-1 mm-rel növelik. Figyelembe kell azonban venni, hogy a legömbölyítés megváltoztatja a nyomóerő eredőjének irányát és befolyásolja a kés és a nyomóléc kölcsönös helyzetét. A nyomóléc alakjával, ék szögértékével, él kialakításával kapcsolatban nem alakult ki egységes gyakorlat és hiányoznak a tudományos vizsgálatok is.

Tömörítés nélkül a furnérok felületei durvák és belső oldalukon repedezettek lesznek. A tömörítés mértéke azonban csak a rugalmas alakváltozás határáig terjedhet, ami azt jelenti, hogy a furnéroknak hámozás után vissza kell nyerniük névleges vastagságukat. Nem kell külön kiemelni, hogy egy esetleges túltömörítéskor beálló maradandó méretcsökkenés milyen hátrányos a kihozatal szempontjából, továbbá a hámozógép energiaigényét is fokozza. Az a feltétel, amely szerint a tömörítés mértéke nem haladhatja meg a rugalmas alakváltozása határértékét, magában foglalja a tömörítés megállapításánál követendő eljárást is.

A fafajjal kapcsolatban megállapítható, hogy korreláció áll fenn a tömöríthetőség és a sűrűség között. A korreláció a pórusterfogat különbözőségén alapszik és gyakorlatilag abban jut kifejezésre, hogy a rugalmas alakváltozás határértékéig való tömörítés mértéke a sűrűség emelkedésével csökken. Lágy fák tehát általában nagyobb lécnnyomással hámozhatók, mint a keményfák. Kivételt képeznek a fenyőfélék, melyen a nagy nyomást nem bírják el, mert laza tavaszi pásztájukban felhasadnak. Az előkészítés és a nedvességtartalom tekintetében nincs

szükség bővebb indoklásra. A furnér vastagsága tömöríthetőségét fordítottan befolyásolja: vékony furnérok nagyobb tömörítést bírnak el. Ez a vastagság és a hajlítás rádusza közötti összefüggéssel magyarázható. Arra, hogy a tömörítés következtében milyen mértékben javul a felület, fényt derítenek F. F. Wangaard és R. P. Saraos értékes kísérletei. Különösen érdekes a tömörítésnek a méretpontosságra gyakorolt hatása, amely 12%-ig csökken, azután emelkedik. A maradandó alakváltozás mértéke 24%-os tömörítéssel is egészen csekély, gyakorlatilag elhanyagolható. Az érdesség és a repedések mélysége a tömörítéssel lényegesen javul.

A tömörítés mértékének beállításakor a gyakorlatban a kés és a nyomóléc élei közötti távolsággal számolnak. Ha a vízszintes távolságot  $s_v$ -vel, a függőlegest  $s_f$ -fel jelöljük, akkor a kés és a nyomóléc élei közötti távolság:

$$b = \sqrt{(S_v^2 + S_f^2)}$$

A tömörítés mértéke ( $\Delta h$ ) pedig, a furnérvastagság ( $h$ ) %-ában kifejezve

$$\Delta h = 100 (h-b) / h \quad (\%)$$

Annak ellenére, hogy a tömörítés szükségessége és a változtatásával járó következmények eléggé felderítettek, a gyakorlatban alkalmazott tömörítés mértéke úgyszólván üzemenként változik, miután a kés és a nyomóléc helyes beállítása a furnérfelület minőségéből és a méretpontosságból utólag következtetnek. Ez a következtetés azonban objektív mérőmódszer hiányában rendszerint individuális. Ez az oka annak, hogy a gyakorlatban 10-35 %-os  $\Delta h$  értékkel dolgoznak, ami azt jelenti, hogy a  $b$  távolságot a névleges furnérméret 90-65% -ára állítják be. Ezen belül tekintetbe veszik az ismertett irányelveket. A furnérhámozás e fontos paramétereit tehát úgyszólván kizárólagosan empirikus alapokon alakítják ki, ami hozzájárul a minőségi termelés bizonytalanságához. H.O. Flaischer ugyan tudományosa alaposággal meghatározta ezeket a paramétereket, azonban sajnos amerikai fafajokra vonatkozóan. Európai fafajokra hasonlóan értékes adatok nem állnak rendelkezésre. A felületi megfelelő minőségét és a méretpontosság szempontjából nem közömbös a hámozás sebessége sem. Miután azonban e tényező a termelékenységhöz közelebb áll, részletes tárgyalásra ott kerül sor. Itt csak azt kell megemlíteni, hogy a felületi jószág és a méretpontosság a hámozás sebességével egyértelműen változik, és 30 m/min sebességgel hámozni már nem is lehet, mert a fa rostjai felszakadnak és a furnér

használatatlan lesz. Felületi jóság szembotjából tehát ez tekinthető a hámozási sebesség alsó határának.

### **2.3 A rétegelt falemez-gyártás**

Az eredményes ragasztás feltételei: a felületek illeszkedése, megfelelő ragasztóanyag és ragasztási technológia betartása.

A felületek illeszkedését illetően ismeretes, hogy az adhéziós erők csak abban az esetben érvényesülnek, ha a molekulák legalább  $3 \times 10^{-9}$  mm közelségbe kerülnek egymáshoz. Ezt azonban gyakorlatilag elérni lehetetlen, mert még a leggondosabban előkészített, csiszolt felületek is a valóságban egyenetlenek, és egymáshoz csak korlátolt mértékben közelíthetők. Felmerül tehát annak a szükségessége, hogy a két egymáshoz illesztett felület egyenetlenségeit tartós kötés céljából idegen anyaggal töltsük ki. Erre a célra olyan folyékony vagy plasztikus anyagok alkalmasak, amelyek a felületek minden egyenetlensége kitöltése után megszilárdulnak és az egymáshoz illesztett felületeket tartósan egyesítik, összeragasztják. Ezeket az anyagokat nevezik ragasztóanyagoknak. A ragasztás létrejötté két okra vezethető vissza: a ragasztóanyagok és a ragasztandó felületek között egyrészt mechanikai kapcsolat létesül, másrészt specifikus adhézió lép fel.

Ezek feltételei:

1. A felület nedvesítése. Függ az anyag felületi feszültségétől és polaritásától.
2. Diffúziós folyamatok. Befolyásoló tényezői a faanyag nedvességtartalma, a ragasztóanyag jellege és állapota.
3. Adhéziós folyamatok. Ezek a ragasztóanyag molekulánagyságától és megoszlásától, polaritásától, a diffúzió folytán megnövekedett felülettől stb. függenek. Lényegében a fa és a ragasztóanyag közötti kölcsönhatásáról van szó.
4. Kohéziós folyamatok. A ragasztóanyagon belüli kapcsolatok fajától függenek, mint amilyenek pl. albuminnál az oldószeresztés és a koaguláció, karbamid- és fenol-gyantáknál a kondenzáció. A kondenzációt a pH, hőmérséklet, polimerizációs fok stb. befolyásolják.

A rétegelt lemez ragasztás technológiája



1. A ragasztóanyag felvitele A rétegelt lemezek előállításának egyik fontos művelete a ragasztóanyag felvitele a ragasztandó felületekre. Ennél a műveletnél gazdaságossági és minőségi okokból különösen a következő szempontokat kell érvényesíteni.

- A felvitt ragasztóanyag mennyisége az egyes ragasztóanyagféleségekre vonatkozó előírásoknak megfelelően, és ne eredményezzen túlnedvesedést.

- A ragasztóanyag felvitele egyenletes legyen. A felvitt ragasztóanyag mennyisége a ragasztás minősége szempontjából döntő tényező. Befolyásoló tényezői a ragasztóanyag a szárazanyagtartalma, viszkozitása, a ragasztandó fafelületek minősége, a ragasztandó fafaj és a felvitel módja.

A ragasztandó fafajt illetően a fenyőfélék és lágyfák ragasztásához általában több ragasztóanyag szükséges, mint kemény fák ragasztásához. Ez a különbség a sűrűségben és a pórustérfogatban mutatkozó eltérésekkel függ össze, miután a kisebb sűrűségű és nagyobb pórustérfogatú fafajok nedvszívó képessége is nagyobb. Rétegelt lemezek gyártásakor ezeket a különbségeket részben a ragasztóanyag elkészítésének módosításával, részben a fajlagos ragasztóanyag-felhasználás növelésével kompenzálják. A felvitt ragasztóanyag mennyiségét és a felvitel egyenletességét legnagyobb mértékben a felvitel módja befolyásolja. Legegyszerűbb a kézi felvitel. Erre a célra különféle sörteecseteket és - keféket használnak. Tökéletesebb módszer kézi gumihenger használata, amelyet enyvtartállyal is felszerelnek. Kézi ragasztófelvitellel, azonban ma már, eltekintve egy két speciális terméktől amelyek nem is tartoznak a lemezgyártás szorosán vett profiljába, nem dolgoznak. Egyrészt a nagyfelületű furnérok gyors és lehetőleg egyidejű bekenése nehézséget okoz és a műveletet bizonytalanná teszi, másrészt nagy ragasztóanyag pazarlással jár, és a felvitel egyenlőtlensége következtében növekszik a kész lemezek inhomogenitása. A kézi ragasztófelvitelnél általában tapasztalható többletfelhasználást 30-50%-ra becsülik, és ennek gazdasági kihatásai igen hátrányosak. Más módszer a ragasztófelvitelnek a szórópisztolyokkal való ragasztóanyag szórás. Ezt a módszert pl. faforgácslapok gyártásához használják, rétegelt lemez előállításához nem. Ragasztófilm (tegofilm) használata esetén a filmet egyszerűen a ragasztandó felületek közé helyezik.

Folyékony ragasztók használata esetén a ragasztóanyagot felvihetjük a furnérra a ragasztóanyagot:

- hengeres ragasztóanyag felhordó-gépekkel
- ragasztóanyag-öntő gépekkel
- extrúziós úton (ragasztó csíkok formájában)

Ezek használata a termelés szempontjából igen jelentős előnyökkel jár:

- kielégítő módon szabályozható a felvitt ragasztó anyag mennyisége, ami egyrészt a ragasztás minőségére, másrészt annak gazdaságosságára nézve rendkívül előnyös.
- a felvitel egyenletes, ami hozzájárul a kész termékek szilárdságában mutatkozó szórás csökkentéséhez.
- a technológiai követelményeknek megfelelően a ragasztóanyag felvitel végezhető egyidejűleg a ragasztandó furnér két, vagy csak egyik oldalán
- az felvitel gyors, ezáltal a felhordott ragasztóréteg időelőtti kikeményedésének veszélye csökken.

A ragasztóanyag szárazanyagtartalma és az egységnyi felület ragasztásához szükséges ragasztómennyiség ugyanazon ragasztó esetében fordított arányban áll; nagyobb szárazanyag tartalmú ragasztóanyag használata esetén annak kisebb mennyiségével viszonylag több, vegyi reakcióra alkalmas anyag kerül a ragasztandó felületekre. A legtöbb ragasztóanyag minimális szárazanyagtartalma meghatározott, azon alul a ragasztó már használhatatlan. Ezért a felhordandó ragasztóanyag mennyiségét gyakran a szárazanyag tartalommal határozzák meg. Így pl. a Bakelite-Gesellschaft cég erre a célra fenol-formaldehid gyanta használatához a következő egyenletet ajánlja:

$$F_{sz}=28,75 s+10. \text{ [gr / m}^2\text{]}$$

Ebben az egyenletben  $s$  a ragasztandó furnér vastagsága, mm-ben. Lényeges következménye a ragasztóanyag felvitelnek a furnérok nedvességtartalmának növekedése, mivel azok az oldószer egy részét felszívják. A nedvességtartalom növekedésének mértéke sok befolyásoló tényezőtől függ és ezért az erre vonatkozó adatok nem teljesen egyértelműek. A befolyásoló tényezők közt megemlíthendők a ragasztandó fafaj, a fa nedvességtartalma ragasztóanyag felvitel előtt, a ragasztóanyag összetétele, az oldószer egyidejű párolgása, a lejátszódó vegyi folyamat, a lemez vastagsága, és rétegszáma, a felvitt ragasztóanyag mennyisége és a felvitel módja. Általában a karbamid-, melamin-, fenol- és a rezorcingyanták kis mértékben növelik a furnér nedvességét.

A furnérok ragasztóanyag felvitel utáni nedvességtartalma a további technológiai folyamatok, így elsősorban a hő prézelés szempontjából fontos. A túl nedves furnérok meghosszabbítják a présidőt és a ragasztási fuga meghibásodását eredményezik. A túlnedvesedés elkerülése legcélszerűbben a furnér ragasztóanyag felvitel előtti

nedvességtartalmával és a felvitt ragasztóanyag fajlagos mennyiségének előírásával és betartásával biztosítható.

*A ragasztóanyag felvitel előtti célszerű furnérnedvesség Th. D. Perry szerint:*

Karbamid- formaldehid gyanták esetén 5-7%

Fenol-formaldehid gyanták esetén 4-6%

Tegofilm esetén 8-10%.

*Némileg eltérőek L. Vorreiter adatai, melyek szerint a következő fannedvességek ajánlhatók:*

Karbamid- formaldehid gyanta használatakor 4-6%

Fenol formaldehid gyanta használatakor 4-6%

Tegofilm használatakor 8-15%

Melamin gyanták használatakor 5-8%

Rezoringyanták használatakor 8-12 %

Az eltéréseket *egyrészt* a korábban felsorolt befolyásoló tényezők különbözősége, *másrészt* az összehasonlított ragasztók paramétereiben feltételezhető ingadozások magyarázzák.

A furnérok szükséges nedvességtartalmát rétegelt lemezgyártó üzemekben általában szárítással állítják be. Olyan ragasztók használata esetén azonban, melyekkel a ragasztás nagyobb nedvességtartalommal is végezhető, tovább vékony furnérok esetében 1-2 napos kondicionálás is eredményes lehet. A ragasztóanyagok összetétele mellett a ragasztandó felületek minősége is befolyásolja a szükséges ragasztómennyiséget. A felület egyenetlenségei növelik a viszonylagos ragasztási felületet és vastagítják a ragasztási fugát, mert az illeszkedés hézagait ragasztóanyaggal kell kitölteni. Ennek egy részt hátrányos gazdasági következményei vannak, miután a ragasztóanyag a rétegelt lemezek önköltségének számottevő részét teszi ki (7-10%), másrészt romlik a ragasztószilárdság, amit már a fuga vastagságával kapcsolatban említettünk. A rétegelt lemezt gyártó üzemek a felületek megfelelő kialakítását általában a hámozó gépek technológiai előírásainak pontos betartásával (rönklágyítás, élszög, nyomóléc beállítása stb.) igyekeznek biztosítani. Ennek következtében a felületek ragasztásában való különleges előkészítésre nincs szükség. Azonban a fa sajátos szerkezeti felépítését is figyelembe véve (korai, késői pászta), az optimális hámozási körülmények betartása esetében is számolni kell bizonyos fokú inhomogenitással az

ragasztóanyag mennyiség megállapítását és felhordási körülményeinek meghatározását illetően.

A furnér kötegek összeállítása:

A ragasztóanyag felvitele után az előkészített műszaki furnérokból az előre meghatározott szerkezetnek megfelelően rétegekből álló köteget képeznek és utána a kötegeket hőprésekben egyesítik. A rétegelt lemeztermék összeállítása nagy szakértelmet igénylő művelet, mert többféle szempontok gazdaságos egyezése szükséges hozzá. A furnérkötegek összeállításakor elsősorban a rétegelt lemez szerkezeti felépítéséből kell kiindulni, ezen belül a minőségi és méretezési előírásokból. A rétegelt lemezek helyes szerkezeti felépítése legyen mindig szimmetrikus. Ezen azt kell érteni, hogy bármely rétegelt lemez a vastagság felező síkjától a borítórétegek irányából mindkét oldalon azonos szerkezetű, vagyis azonos fafajú, vastagságú, gyártású (hámozott-késelt), és azonosan változó rostirányú furnérrétegekből tevődjön össze. Természetesen a teljes szimmetria megvalósítása nehézségekbe ütközik. A szimmetriaelv betartása a rétegelt lemezek alakállósága miatt igen fontos. A hámozással előállított furnérok esetén igen lényeges húzóerőkkel kell számolni már a fa nedvesség legkisebb csökkenésekor is. A hámozott furnérok metszés iránya ugyanis differenciáltan tangenciális és, mint közismert, a fa zsugorodása-dagadása ebben az irányban a legnagyobb. Amennyiben tehát a szimmetrikusan fekvő rétegekben pl. a fafaj különbözősége következtében eltérő nagyságrendű húzóerők lépnek fel, a lemez meggömbül, ill. hullámossá válik. E hátrányos jelenségek teljes megszüntetése a faanyag inhomogenitása miatt nem lehetséges (különösen vékony, kevés rétegből álló lemezek esetében) jelentős mérséklése azonban igen. A szimmetria elv akkor érvényesül teljesen, ha a lemez felezősíkja egybeesik az egyik ragasztási síkkal. Ez azonban csak páros számú rétegekből összeállított lemezek esetén fordul elő. Páratlan rétegszámú lemezek felezősíkja a középső réteg felezősíkjával azonos fekvésű, a középső réteg pedig a felező síktól jobbra és balra a már nem szimmetrikus, mert felületei a hámozás technológiájából kifolyólag egymástól eltérőek: az egyik felülete sima, a másikon kis repedések vannak. Miután pedig a furnérok a rönkben elfoglalt eredeti helyzetükbe igyekeznek visszahajolni a páratlan rétegszámú lemezek középső rétegében egyirányú erőhatások keletkeznek. Leírt jelenség felismerése készített páros rétegszámú lemezek termeléséhez, azonban ez a módszer mégsem terjedt el (csak a skandináv államokban, ahol a rönkátmérő kicsi), mert gazdaságilag hátrányos: csökken a hámozógépek

m<sup>3</sup> –re számított teljesítménye és növekszik a ragasztóanyag szükséglet. Megkísérelték a középső rétegekhez lehetőleg sugárirányba késelt furnérok felhasználását, miután az ilyen furnérok jobban megközelítik a szimmetria elv feltételeit. Ez az eljárás sem terjedt azonban el, ugyancsak gazdasági és technológiai hátrányok miatt. Ezért a szimmetria elv érvényesítése rétegelt lemezek gyártásakor általában a következő feltételek betartására szorítkozik:

1. A rétegek száma a felezősíktól számítva mindkét oldalon egyenlő.
2. A szimmetrikusan fekvő rétegek azonos fafajból készülnek.
3. Az egyes furnér rétegek vastagsági méretei eltérőek lehetnek, a szimmetrikusan fekvő rétegeké azonban mindig legyen megegyező. A rétegvastagság belülről kifelé lehetőleg csökkenjen.
4. A szomszédos rétegek száliránya általában 90°-al legyen eltérő. A 7 és több rétegből álló lemezek egy-egy rétege esetleg 45°-os eltéréssel rakható. Azonban a szimmetrikusan fekvő rétegek száliránya feltétlenül megegyező (párhuzamos). Ebből következik, hogy a borítórétegek száliránya is mindig megegyező.
5. A borítórétegek külső felülete legyen sima vágású. A rönkben elfoglalt helyzetét tekintve tehát a rönk külső palástja felé néző furnér felület képezze a rétegelt lemez külső felületét. Innen befelé haladva az összerakáskor simafelület sima felülettel, durva felület ( a furnéroknak a rönk hossz tengelye felé eső felülete) durva felülettel érintkezzen. Ez az elve azonban a középső rétegnek csak az egyik oldalán valósítható meg, miután a középső réteg felületi jóság szempontjából nem szimmetrikus. Páratlan rétegszám esetén a középső réteg egyik felülete nem rakható össze hasonló minőségű felülettel. Ezt a kritériumot nálunk nem mindig tartják be, mert a ragasztási művelettel kapcsolatban az évek folyamán kialakult tapasztalatok szerint sima és durva oldal összeragasztása jobb eredményt ad, mint két sima felület összeragasztása. A több részből álló, él illesztett furnérrétegek, beleértve a borítórétegeket is, kedvezőek a lemez alakállóságára, mert az egyes furnércsíkok között mutatkozó zsugorodási különbségek, melyek a fa inhomogenitásából adódhatnak, általában kedvezően kompenzálják egymást.

## **2.4 A préselés technológiája**

A ragasztóanyag-felhordás, és furnérlemez összerakás után az egyes lemezeket - védőlemez nélkül- egymás fölé helyezik, tömböt képeznek. A tömbben lévő lemezek száma a hőprés emeletszámától, és a lemez vastagságától függ, általában 2-5 présmenetnek megfelelő.

Az így képzett tömb a hidegprésbe kerül, alkalmassá arra, hogy akár kézi, vagy akár gépi berakással a hőprésbe kerüljenek.

A hideg előprés paramétere:

- fajlagos nyomás 1,0 – 2,0 MPa
- présidő a hőprés ciklusidejéhez igazodik, de min. 10 perc

A rétegelt lemezek alapját képező rakatok összerakás után hidraulikus hőprésekbe kerülnek. Az egyes furnér lapok ragasztás útján valós végleges egyesítése a hőprésekben megy végbe. A hőprésekben tehát biztosítani kell azokat a műszaki körülményeket, amelyek a jó ragasztáshoz szükségesek. Ezek a körülmények két alapvető célt szolgálnak, úgymint:

- Hőprésekben a ragasztandó felületeket minél szorosabban egymáshoz kell illeszteni.
- A ragasztandó felületek között egyenletes, vékony ragasztóanyag réteget kell kialakítani a felesleges ragasztóanyag kiszorításával, és egyidejűleg lehetővé kell tenni mechanikus kapcsolatok létesülését is, vagyis a ragasztóanyagnak a nyitott pórusokba való behatolását.

E körülmények biztosítása közben megy végbe a ragasztó anyag kikeményedése és ezáltal létrejön a ragasztás. A rétegelt lemezek jó minőségét nem kis mértékben befolyásolja a hőpréselés helyes műszaki alapokon nyugvó technológiája. A prés technológiáit meghatározó jellemző paramétere az alábbiak:

- a ragasztóztott furnérok (elegy) nedvességtartalma a présbe helyezéskor,
- préslapok hőmérséklete,
- a présnyomás és annak esetleg változása préselés közben (présdiagram),
- a préselési idő

A préselt furnérok nedvességtartalma:

A szükséges furnérnedvességeket a ragasztóanyagtól függően, valamint a ragasztóanyag felvitel következtében beálló nedvességemelkedés megállapításának

módszereit már ismertettem. A furnérok nedvességtartalma már a ragasztóanyag felvitelkor döntő szerepet játszik.

A préslapok hőmérséklete:

A Préslapok hőmérséklete a használt ragasztóanyag és a présidő függvénye. Az egyes ragasztóanyagokra jellemző a kikeményedésükhöz kívánatos hőmérséklet, melynek emelése gyorsítja, mérséklése csökkenti a kikeményedéshez szükséges időt. Bizonyos előírt határértékeket azonban be kell tartani különben csökkenhet a ragasztószilárdság. E téren különösen jelentős a kikeményedés beindításának sebességének összehangolása az oldószer diffúziójával, mely folyamatot a préslap hőmérsékletével lehet befolyásolni. A hagyományos alátétlemezes préselési technológiával kapcsolatban még megemlíthető, hogy az előkészített furnérkötegek alumínium védőlemezeit 30-35 °C körüli hőmérsékletre kell lehűteni, (ha előző használatból hőmérsékletük ennél magasabb), továbbá a prés egyes emeleteit egyidejűleg célszerű tölteni és kiüríteni, hogy a rétegelt lemezek felmelegedése egyidejűleg menjen végbe. Az alumínium védőlemezek hűtéséről hideglevegő ráfúvatással, az egyidejű présberakásról és kirakásról megfelelő berakó-, ill. kiürítő szerkezettel gondoskodnak.

A présnyomás és a nyomás préselés közbeni változása:

A présnyomással szorítják egymáshoz a ragasztandó felületeket. Elméletileg a felületek minél szorosabb illesztése értékében helyes lenne nagy fajlagos nyomással préselni, azonban ennek határt szab a fa tömörödése, amely préselési veszteséget okozhat. (A présnyomás hatása alatt a furnérok vastagsága maradandó méretcsökkenést szenvedhet.) A présnyomást tehát úgy kell meghatározni, hogy a ragasztás feltételeinek kielégítő biztosítása mellett a fa tömörödése minél kisebb legyen. E. Mörath és H. Mertz hasonló mérési eredményeiket lucfenyőből, bükkből és okúmból készült, fenol-formaldehiddel ragasztott rétegelt lemezekre vonatkozóan grafikonokba foglalták. A közölt vizsgálati eredményekből kitűnik, hogy a vastagság-csökkenést (tömörödést) a következő tényezők fokozzák: a fajlagos présnyomás és a présidő növelése, a préslap hőmérsékletének emelkedése, valamint a furnérok nedvességtartalma. Azonos prés-tényezők mellett a tömörödést csökkentik: a furnérok sűrűségének emelkedése (a fafaj tényezője) és a préselt, rétegelt lemezek vastagsága. További befolyásoló tényező az alkalmazott felhasznált ragasztóanyag aszerint, hogy az

alkalmazott ragasztóanyag típusának megfelelően milyen vastag ragasztóréteget célszerű elérni. Vékony ragasztórétegek eléréséhez ugyanis nagyobb présnyomás szükséges, és emiatt nagyobb fokú tömörődéssel kell számolni. A rétegelt lemezek préselésekor beálló tömörödésének természetes kísérő jelensége a lepréselt (kész) lemezek sűrűségének növekedése. A sűrűség  $\gamma$  ismert képletéből:

$$\gamma = G / V$$

ahol a  $G$  a lemez tömege és  $V$  a térfogata,  $V_1$  a préselés utáni térfogat, nyilvánvaló, hogyha  $V > V_1$ , akkor  $G/V \leq G/V_1$  és a tömörített lemez sűrűségét „ $\gamma_1$ ” –el jelölve  $\gamma \leq \gamma_1$ . A sűrűség növekedését „ $\Delta r$ ” –el jelölve:

$$\Delta r = \gamma_1 - \gamma$$

a sűrűség növekedésének számítására B. H. Paul I. P. Limbach a következő összefüggést dolgozták ki:

$$(\gamma_f (\delta n - d) + g(n-1)) / d - 0,1 \text{ [ g/ cm}^3\text{]}$$

Ebben az egyenletben: „ $\Delta r$ ” a sűrűség növekedése; „ $\gamma_f$ ” a furnérok sűrűsége préselés előtt, ( $\text{g/cm}^3$ ); „ $d$ ” az egyes furnérrétegek vastagsága ( cm );  $n$  a furnérrétegek száma;  $d$  a lepréselt rétegelt lemez vastagsága cm –ben; és  $g$  a ragasztóanyag fajlagos tömege kikeményedés után (a ragasztási fugában), ( $\text{g/cm}^2$ ). A préseléskor beálló tömörödést minél jobban mérsékelni kell, mert gazdasági kihatásai igen jelentősek, miután csökkentik a fajlagos furnérkihozatalt ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ). A tömörödés mértékét akkor csökkentjük, ha a befolyásoló tényezőket préseléskor megfelelő értelemben vesszük figyelembe. Részletesen:

- Nem dolgozunk a szükségesnél nagyobb fajlagos présnyomással, mert az fokozza a tömörödést.
- Az előírt présidőt pontosan betartjuk, mert felesleges meghosszabbítása növeli a préselési veszteséget.
- A túlzott préslap hőmérsékleteket kerüljük.



- A furnérokat gondosan kiszárítjuk, mert a nedves furnérok tömörödése nagyobb, mint a száraz furnéroké, amellet a ragasztóanyag kikeményedése is biztonságosabb, ha száraz a furnér.
- A fajlagos présnyomást a fafajnak megfelelően állítjuk be, mert kisebb sűrűségű fafajok azonos présnyomás mellett erőbben tömörödnek, mint a nagyobb térfogatsúlyúak. Vegyes fafajú rétegelt lemezek esetén a présnyomást a legkisebb sűrűségű furnérnak megfelelően kell megválasztani.
- A ragasztóanyag egyenletes felvitelét a ragasztóanyag- felhordó gépek jó karbantartásával biztosítjuk, hogy emiatt ne válják szükségessé a nagyobb fajlagos présnyomás.

-

A préselési idő:

A préselés időtartama alatt három alapvető technológiai feltételt kell kielégíteni:

- A lemezeket fel kell melegíteni arra a hőmérsékletre, amely a ragasztóanyag gyors kikeményedéséhez szükséges.
- A prés időn belül biztosítani kell a ragasztóanyag kikeményedését.
- A lemezek nedvességtartamát meghatározott végnedvességre kell beállítani.

A lemezek felmelegítésének feltételei kedvezőek, mert azok vékonyak és viszonylag nagy felülettel érintkeznek a felfűtött préslapokkal. Ezért a felmelegítés a kívánt hőmérsékletre igen rövid idő alatt megy végbe. Nem hátráltatja (gyakorlatilag) a felmelegedést alumínium védőlemezek használata sem, mert ezek 1 másodpercen belül eléri a préslapok hőmérsékletét. A hő terjedését a lemezen belül a ragasztóanyag rétegek sem gátolják, mert hővezető képességük rendszerint jobb, mint a faanyagoké.

Ezek a körülmények magyarázzák, hogy a rétegelt lemezt gyártó üzemekben nem honosodtak meg a felmelegedés időtartamának számításos módszerei, melyek esetenként több bizonytalansági tényezőt is tartalmazhatnak. A számításos módszerek mindössze másodperces különbségeket eredményeznek a gyakorlati módszerekhez képest, és az esetleges különbségek érvényesítésére gyakorlatilag nincs lehetőség, tekintettel az amúgy is rövid présidőkre. Ezenkívül a felmelegítés a présidőnek csak igen kis hányadát teszi ki.

A felmelegített lemezekben a ragasztóanyagok kikeményedése gyors ütemben folyik.

Ismeretes, hogy a ragasztóanyagok kikeményedésének gyorsasága kémiai módszerekkel (pl. edző mennyisége) jól befolyásolható és ezek a módszerek lehetővé teszik a szükséges kikeményedést rövid présidőkön belül. A kikeményedés mértékének a présidő alatt olyannak kell lenni, hogy a ragasztóanyag a furnérrétegeket szorosan összetartsa. Ha ez az állapot a présidőn belül létrejön, a lemezek a présből kiszedhetők, mert a ragasztóanyagok további és végső megszilárdulása már ezután is végbe mehet.

A kikeményedés időtartamáról a már ismertett laboratóriumi vizsgálatok adnak tájékoztatást. A ma használt ragasztóanyagokra és különösen a műgyantaragasztókra inkább a túl gyors megszilárdulásuk jellemző, ez okozhat a termelésben nehézséget, ha a prés nem zárható elég gyorsan.

Végül a rétegelt lemezek végnedvességének beállítása a préselés folyamata alatt rendszerint nem befolyásolja a présidőt. Ennek az a magyarázata, hogy a furnérokat a ragasztás feltételének kielégítése végett általában kis nedvességtartalommal kell a présbe helyezni és nedvességtartalmuk még a ragasztóanyaggal felvitt nedvességtartalommal együttesen sem haladja meg lényegesen a megkívánt végnedvességet, melyet általában 12-15% alatt írnak elő a szabványok. Az MSZ 45 maximálisan 15% nettó nedvességtartalom beállítására kötelezi a termelőüzemeket. Helyesebb azonban a bútorigipari felhasználásra tekintettel a 8-12% végnedvesség beállítása, utólagos kondicionálással. Az új honosított magyar szabvány, (MSZ EN 636) száraz, nedves, és külső környezetben használható rétegelt lemezekre ír elő követelményeket, nedvességtartalmat ugyanakkor nem szabályoz.

Előfordul, hogy a lemezek túl kis nedvességtartalommal kerülnek ki a présből (pl. filmenyvek használatakor, amelyekkel nem kerül nedvesség a ragasztandó felületekre). Tekintettel arra, hogy a lemezek túlszáradása hátrányos, ilyenkor szükségessé válhat a lemezek borítórétegeinek nedvesítése is. A túlszáradás azért hátrányos, mert a túlszáradt lemezek ridegek és könnyen sérülnek, másrészt felhasználásukkor a várható nedvességfelvétel dagadást okoz, belső feszültségeket hoz létre és deformációkhoz vezethet. A nedvesítést célszerűen ragasztóanyag-felhordó gépekkel lehet elvégezni, melyek enyvtartályát ez esetben vízzel töltik fel.

#### Préselési hibák:

A préselés művelete, leírtak szerint, igen sok befolyásoló tényező gondos összehangolásával jár. Az előírt paraméterek be nem tartása olyan anyaghibákhoz vezethet,

melyek a kész rétegelt lemezeket használhatatlanná teszik. A helytelen préselés következtében keletkező leggyakoribb hibák a következők:

*Ragasztási hibák.* Ezek eredménye többnyire a szükségesnél kisebb ragasztószilárdság.

A ragasztási hibák oka igen sokféle lehet. Így pl. a furnér előírt nedvességtartalmától való nagyobb eltérés, hiányosan ragasztott felületek, vagyis egyenlőtlen enyvfelhordás, melyet a présnyomással nem lehetett kiegyenlíteni. túl lassú prés-zárás, amikor a már megszilárdulás folyamatában levő ragasztóanyag réteget a nyomás mechanikailag roncsolja, és természetesen az előírt présnyomás, préslap hőmérséklet és présidő be nem tartása. Ha a ragasztóanyag recepttűráját nem tartották be és nem az előírásoknak megfelelően készítették elő, ugyancsak ragasztási hibák fognak jelentkezni akkor is, ha a préselést a paraméterek gondos betartásával végezték.

A ragasztási hibák közé sorolható az egyes lemezrétegek között, különösen pedig a borítóréteg alatt tapasztalható hólyagosodás. amikor egyébként kielégítő ragasztási szilárdság mellett a ragasztás egyes helyei elválnak és az elválások helyén a furnérréteg kidudorodik. Ezt a jelenséget leggyakrabban a hőpréselés következtében beálló, a furnérok nagy nedvességtartalmából adódó vízgőznyomás okozza. A préselt lapok belsejének hőmérséklete ui. az alkalmazott nyomások mellett nem éri el a víz forróját, amely, mint ismeretes, a nyomással együtt emelkedik. (Pl. 1,0 MPa nyomás esetén a víz forrásához 179°C szükséges.) Présnyitáskor, amikor a nyomást csökkentik, hirtelen bekövetkezik az az állapot, amikor a préslapok közt uralkodó hőmérsékleten (100°C felett) és a folyamatosan csökkenő fajlagos nyomás bizonyos értékeinél a víz forrása már lehetővé válik. Miután azonban a gőz távozásának feltételei a rétegelt lemezek préselésekor rendkívül kedvezőtlenek (mint erről már a présidővel kapcsolatban szó volt), a keletkező gőznyomás egyes helyeken felszakítja a ragasztási réteget és a furnérokat felhólyagosítja. Ennek elkerülésére lassú présnyitást alkalmaznak, a nyomás fokozatos, esetleg több lépcsőben való csökkentésével.

Hibák a rétegelt lemezek alakállóságában (vetemedés, hullámosodás). Amennyiben ezek a préstechnológia következtében állnak elő, okozójuk a különböző préslap hőmérséklet. deformálódott préslapok. esetleg nem egyenlő vastag védőlapok használata, egyenetlen furnérvastagság stb. Ezeket a hibákat azonban túlnyomó részben a rétegelt lemezek helytelen összeállítása, pontosabban a furnérok helytelen összeforgatása hozza létre. Elegendő pl. vetemedések keletkezéséhez, ha az egyes furnérrétegek rostiránya nem pontosan derékszöget

alkot. További lehetőségek adódnak a kész rétegelt lemezek szárításakor és raktározásakor, ha pl. a szárítás túl gyors vagy a lemezeket nem síkban (fektetve) raktározzák.

*A borítólapok elszíneződése.* Ezt az egyes fafajokban előforduló csersav és a használt ragasztóanyag vegyi reakciója hozza létre (pl. nedvesebb furnérok esetén). Az elszíneződések rendszerint azonnal láthatókká válnak, esetenként azonban csak hosszabb idő múlva tűnnek elő. Amennyiben a felhasznált ragasztóanyag lúgos, sötét foltosodást okozhat, a savas ragasztóanyagok hasonló foltosodást idézhetnek elő vastartalmú víz jelenlétében. Ezért a ragasztóanyagok pH-értékeinek előírászerű beállítására, mint ahogyan erről már szó volt, nagy gondot kell fordítani.

Az elszíneződésre hajlamos, kisebb nagyobb mértékben csersavtartalmú - nálunk is rétegelt lemezek gyártására használt - fafajok a bükk, tölgy, szelídgesztenye, dió, juhar, nyír, cseresznye, mahagóni. Kevésbé hajlamosak elszíneződésre a hárs és a platán.

A préselés technológiájával kapcsolatban közölt paraméterek hidraulikus hőprések használatára vonatkoznak. Újabban a ragasztáshoz szükséges hőenergiát nagyfrekvenciás erőterrel biztosítják, ez az eljárás azonban a síkpréselt rétegelt lemezgyártásban nem tudott teret hódítani. A ragasztandó faanyagok felmelegítésének meggyorsítása azért, hogy a felmelegedés a nagyfrekvenciás erőter hatására az anyag belsejében jön létre, rétegelt lemezek előállításakor nem jelent különösebb előnyt, mert a túlnyomó részben vékony lemezek felmelegítése amúgy is rövid idő alatt biztosítható. Ezért ennek az eljárásnak részletes megbeszélését mellőzöm.

## **2.5 Rétegelt lemezek klimatizálása**

Rétegelt lemezek gyártása során a klimatizálás több alkalommal is szükséges. Szó volt már arról, hogy a ragasztóanyag felhordása előtt a furnérok meghatározott nedvességtartalomra szárítják, de vékony furnérok esetén lehetséges a szárításnak klimatizálással való helyettesítése. A minőség megóvása, sőt javítása érdekében célszerű a kész lemezek raktározását klimatizált helyiségekben végezni. Feltétlenül szükséges azonban a klimatizálás préselés után, a lemezek végső kialakítása előtt, mert csak így módon biztosítható a lemezek kellő alakállósága.

A préselés utáni klimatizálást az teszi szükségessé, hogy a lemezek nedvességtartalma között, valamint az egyes lemezekben belül a nedvesség eloszlásában még a leggondosabb préselés után is lényeges (több százalékot kitevő) különbségek tapasztalhatók. E különbségek okai a préselés bonyolult és összetett folyamatában rejlenek, a folyamatot befolyásoló tényezők sokfélesége következtében. A préselést befolyásoló tényezők sokasága ebből a

szempontból három fő csoportba osztható, éspedig: a préselés paramétereivel, a ragasztóanyaggal, valamint a faanyaggal kapcsolatos tényezőkre.

A préselés paramétereivel kapcsolatos tényezők közül első helyen a furnérookban ragasztás után, közvetlen préselés előtt észlelhető nedvesség eltéréseket kell megemlíteni melyek egyrészt pontatlan előszárításból, másrészt egyenlőtlen ragasztóanyag felvitelből adódhatnak. Különbségek tapasztalhatók az egyes préslapok hőmérséklete között is, valamint a préslapokon belül, a középrész és a szélek között.

A ragasztóanyaggal kapcsolatos tényezők közül különösen a furnérok felületi jóságában mutatkozó különbségek okozta egyenetlen ragasztóeloszlást lehet megemlíteni, az ebből adódó különböző mértékű vízfelvétellel együtt.

A faanyaggal kapcsolatos tényezőkhöz tartozik a faanyag inhomogenitása, az egyes fafajok sűrűség különbsége, a pórustérfogatban mutatkozó eltérések, a geszt és a szíjács eltérő tulajdonságai stb. Ezek a különbségek természetesen a nedvfelszívásra is hatással vannak.

## **2.6 Az Akác jellemzői**

### Az élőfák jellemzői

20-25 m magasságra nő és 30-60 cm mellmagassági átmérőt fejleszt. A növekedése 25 év után erősen lecsökken, így általában 25-40 éves korban kitermelik. Kérge hálózatosan repedezett, vastag, szürkésbarna. Zárt állományban viszonylag egyenes, hengeres törzset fejleszt. Sokkal nagyobb figyelmet érdemelne a nemesített árboac akác fajták elterjesztése.

### A fatest makroszkópos jellemzői

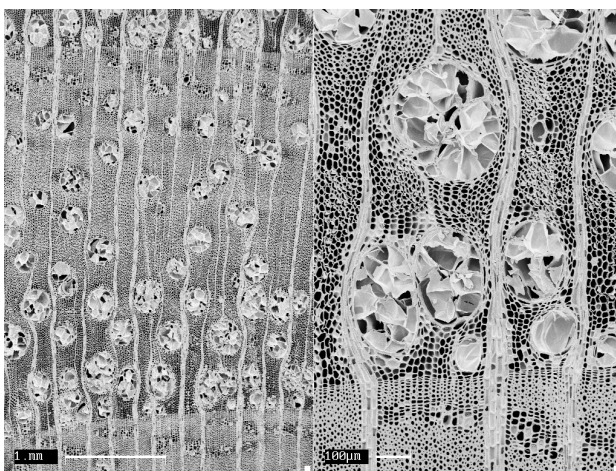
Az akác szövetszerkezeti szempontból a gyűrűs likacsú lombos fafajokhoz tartozik. Vékony szíjácsa világossárga, a geszt színe a sárgásbarnától a zöldesszürkéig változik (4. ábra). A gesztelés folyamata az akácban kétféle módon megy végbe: egyrészt gesztelő anyagok rakódnak be, másrészt tilliszek hatolnak be az edényekbe, és eltömik azokat. A gesztelő anyagok közül leglényegesebbek a cserzőanyagok, a gyanták, a színezőanyagok, a fagumi és a robinetinek. Ezek közül különösen a csersav -, és a robinetin- féleségek jelentősek az akác tartóssága szempontjából. Az akácfa, mint általában a gyűrűs likacsú fák, jól elkülönülő évgyűrűkből és azon belül korai és kései pásztából áll. A vizsgálatok szerint a 30-35 éves akácállományokban a kései pászta aránya 77%, az átlagos évgyűrűszélesség 3-3,5mm.



4. ábra Akác rönk keresztmetszete

#### Mikroszkópos jellemzők

A fatest alapállományát a vastag falú libriform rostok alkotják (5. ábra). Mennyiségi részarányuk 58% és átlag 1mm hosszúak. A nagy átmérőjű edények (150-220 $\mu$ m) a korai pásztában 2-3 sorban helyezkednek el, a gesztben tilliszekkel erősen tömítettek. A késői pászta kisebb átmérőjű edényei (70-140 $\mu$ m) egyesével vagy kisebb húr és sugárirányú csoportokat alkotva helyezkednek el. Az edények részaránya cca. 15%. A bélsugarak nagy mennyiségűek (cca. 21%), de keskenyek (1-3 sejtsor). A hosszparenchimák az edények körül paratracheálisan elhelyezkedők, kevés számúak (6% területi részarány) gyakran emeletesen elhelyezve. A hossz- és bélsugárparenchimák gyakran tartalmaznak kristályos berakódásokat. A különböző tömítő anyagok és a tillisz sejtek jelenléte azt eredményezik, hogy az akác semmilyen irányban nem engedi át a folyadékokat, tehát hordó gyártáskor az akácnál nem követelmény a tükrös vágás.



5. ábra Vastag falú libriform rostok

### Fahibák, károsodások, tartósság

Az akácfa szöveti hibái közül nagyobb figyelmet érdemelnek az egyenlőtlen évgyűrűsége, a külpontosság, az álévgyűrűk, a kéregbenövés és nem utolsósorban a göcsösség. Sajátos szöveti szerkezete és kémiai összetétele miatt jól ellenáll a biológiai károsításoknak. A lábon álló akácfa szinte egyedüli jelentős gombakárosítója a tőkorhadást kiváltó kőristapló (*Fomes fraxineus* Cooke). A raktározott, beépített fa szíjácsában gyakran megfigyelhető a szíjács bogár (*Lyctus linearis*) károsítása.

Az akácfa vegyszeres kezelés nélküli kiemelkedő tartóssága miatt különösen környezetbarát anyagnak tekinthető. Az akác farontó gombákkal szembeni ellenálló képességét egy speciális vizsgálat során a NyME FMK Faanyagtudományi Intézetében is ellenőrizték. Ennek során kiválogatták azon bazidiumos gombákat, amelyeket az akácánál már megfigyeltek, majd ezen gombák tenyésztésével 12 hetes kezeléssel korhasztották a természetes állapotú és a gőzölt akác gesztfáját. A természetes állapotú akácfa teljesen ellenállónak bizonyult. A gőzölt akác ezzel szemben a *Griphola Sulphurea*-val és az *Irpex lactea*-val történt kezeléskor részben elvesztette a tartósságát. A barnaszínű gőzölt akác fűrészáru külsőtéri, gombafertőzésnek kitett felhasználása nem javasolható.

A magyarországi és külföldi tapasztalatok alapján az akácfa gyakorlati tartóssága a következők szerint becsülhető:

- szabadban talajjal érintkezve: 25-40 év
- szabadban talajjal nem érintkezve: 80-100 év
- épületben száraz helyen és víz alatt: 500 év felett

### Degradáció, tartósság

A faanyag tárolása, felhasználása során a legkülönbözőbb kémiai, biológiai és fizikai igénybevételeknek (éghajlati hatások, vegyi anyagok hatása, biotikus hatások) van kitéve. A fa tartóssága alatt e hatásokkal szembeni ellenálló képességét értjük. A mai kor egyre növekvő ökológiai problémái előtérbe helyezték a vegyszeres kezelés nélkül is nagy tartósságú fafajok fokozottabb felhasználását, mely Magyarországon az akác fafajt jelenti, melynek fájában robinetin gesztesítő, természetes tartósító anyag található. Jelentős élettartam növekedés érhető el vegyszeres kezelésekkel (kátrány, bitugél, tartósító olajok, vagy más gomba és rovarölő vegyszerek).

### Fizikai tulajdonságok

Sűrűsége (kg/m<sup>3</sup>) :

- abszolút szárazon: 540-740-870
- légszárazon (u=12%): 580-770-900
- élőnedvesen: 800-900-950

Az akácfa rosttelítettségi pontját különböző vizsgálatok során 21,8-22,5% nettó nedvességtartalomban határozták meg.

Zsugorodása (%) :

- rostirányú: 0,1
- húrirányú: 5,4 - 7,2
- sugárirányú: 3,2 - 4,6
- térfogati: 11,4 - 12,2

Pórustérfogata (%): 52.

Az akác esetében igen kedvezőnek ítéltető a húr- és sugárirányú jellemzők hányadosa (a zsugorodási anizotrópia). Ezzel szemben meg kell jegyezni, hogy az akácfaiban igen jelentős belső feszültségek vannak. Ez kapcsolatban áll a fafaj gyors növekedésével, az évgűrűszerkezet rendkívüli inhomogenitásával, a nagy juvenilis fa részarányával és a gyakori külpontos bélelhelyezkedéssel. E belső feszültségek gyakran okozói a különböző alakváltozásoknak, repedéseknek.

### Mechanikai tulajdonságok

A Közép-Európában termesztett fafajok közül az akác rendelkezik a legkiemelkedőbb szilárdsági és rugalmassági jellemzőkkel. ( 1. táblázat)



Hajlítószilárdság (MPa)	103 - 136 - 169
Hajlító rug. modulusz (MPa)	9000 - 11300 - 13600
Nyomószilárdság (MPa):	
• rostokkal párhuzamosan	62 - 72 – 81
• rostra merőlegesen	18,5
Húzószilárdság (MPa)	166,8
Nyírószilárdság (húrirányú) (MPa)	11 - 13 - 16
Ütő-hajlító szilárdság(J/cm <sup>2</sup> )	12 - 14 – 18
Keményesség (Brinell) (MPa):	
• büti irányban	67 - 78 – 88
• oldal irányban	28
Hasító szilárdság (MPa):	
• húr irányban	0,6 - 1,1
• sugár irányban	1,12

*1. Táblázat Az akácfa rostokkal párhuzamos jellemzői (MPa)*

A különböző fafajokra jellemző kopási értékeket általában a bükkhöz szokták viszonyítani. Így a fontosabb fafajok sorrendje: akác 0,37; bükk 1,00; kőris 1,53; tölgy 1,56. Tehát az akácfa kopásállósága egyedülálló az európai fafajok közül, ezért különösen parkettának, parketta fedőrétegnek alkalmas.

Az NyME FMK Faanyagtudományi Intézetben vizsgálták az ültetvényes és nem ültetvényes akác állományok faanyagának mechanikai tulajdonságait és lényeges eltérést nem tapasztaltak. (2. táblázat)

Akác fajaj	Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	Zsugorodási értékei (%)		Statikus szilárdsági jellemzők (MPa)			
		húr	sugár	húzó	nyomó	hajlító	nyíró
Ültetvényes	530-720	4,3-6,5	3,5-5,5	92-127	58-71	105-146	12-18
Nem ültetvényes	580-900	5,4	3,2-4,6	88-184	62-81	103-169	11-16

Akác fajaj	Statikus rugalmassági modulusz (MPa)	Ütő-hajlító szilárdság (J/cm <sup>2</sup> )	Keménység	
			bütü	oldal
Ültetvényes	10000-12000	1,5-3,0	60-77	32-41
Nem ültetvényes	9000-13600	1,2-1,8	67-88	28-47

2. Táblázat Akác műszaki jellemzői

Forrás: NyME FMK Faanyagtudományi Intézet

Összességében megállapíthatjuk, hogy az akác az eddig a rétegtlemez gyártásban jellemzően használt nyár és bükk fajoktól mind mikro- ,és makrojellemzőiben, mind tulajdonságaiban jelentősen eltér, így a furnér és lemezgyártásban is új paraméterű technológiát kell alkalmazni.

### 3. Kutatási eredmények

#### 3.1 Az akác furnérgyártás

A szabvány előírásai alapján (MSZ 13307) az akác nem tartozik sem a hámozási, sem a késelési célú furnérfák közé. Üzemi szintű kísérleteket és gyártást először az Újkígyósi Falemezüzem Bt. telephelyén végeztük. Tekintettel arra, hogy az akác fafaj igen magas szilárdsági értékekkel bír és időjárás-állósága is kiemelkedő, feltételezhető volt, hogy magas szilárdsági követelményeket és szélsőséges kitettséget teljesítő rétegelt falemez is gyártható belőle. Hámozási eljárással akác műszaki furnért a legutóbbi időkig is csak az UFA Bt. újkígyósi üzemében gyártanak. Az akác furnér gyártásánál alkalmazott technológia, és a paramétereinek vizsgálatát, a hazánkban általánosan használt bükk, és nyáralapon gyártott furnérok összehasonlításával végeztük, így az akácfa különleges tulajdonságai jobban nyomon követhetők.

A kidolgozott hámozási technológia az alábbi sorrend szerint történik:

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.



6. ábra: Alapanyag tárolása rönktéren

### Alapanyag lágyítása

Fafaj	Főzési hőmérséklet (°C)	Főzési idő (óra): Télen - Nyáron
Akác	70 °C	Felfűtés: 12 óra Főzés: 48 óra Kiegyenlítés: 24 óra

### 3. Táblázat: Alapanyag lágyítási paramétereit

Alapanyag méretre vágása: A lemezek gyártásához rönkszakaszok hosszának kialakítása láncfűrészsel történik.

### Hámozási rönkszakaszok tisztítása

Hámozás: A hámozást az RFR RLB 14 típusú hámozógépen végzik

Nedves furnér méretre vágása: Maga a hámozógép vezérollója végzi, melynek kapacitása összhangban van a vezérgéppel.

Furnérszárítás: A 2 mm vastag akác furnérok szárítását jelenleg két lépésben végzik.

Első szárításkor kb. 20 % nedvességtartalomra szárítják le a furnérokot, majd a lemezgyártás céljára kerülő furnérokot klimatizált tárlóhelyen pihentetik és ezt követően utánszárítva állítják be a ragasztáshoz szükséges mintegy 4-6 % nedvességtartalmi értéket.

Furnérok pihentetése: Nedvesség-, és hőmérséklet-, valamint feszültségkiegyenlítés céljából minimum 24 óra, de ha lehetséges, akkor 48 óra pihentetés szükséges. ( 7. ábra)



7. ábra Hámozási eljárással készült 1,56 mm vastag akác furnérok

## **3.2 Az akác műszaki furnérok tulajdonságainak meghatározása**

Az UFA Bt. Falemezüzemében hámozási eljárással gyártott akác műszaki furnérok vizsgálatát a RET(Regionális Egyetemi Tudásközpont) kutás programja keretében a Faipari Kutató és Szolgáltató Központunk munkatársai végezték el.

Az érvényben lévő hazai szabvány alapján végzett minősítés.

Megállapítottuk, hogy a furnérok minden tekintetben megfelelnek Az „MSz 6793-2:1983 Műszaki furnér” szabvány előírásainak.

A hámozott akác furnér, mint a műszaki furnérok családjának egy új tagja, a szabványban támasztott követelményeknek teljes mértékben megfelel. Amint az a szabványból is kitűnik a műszaki furnérok egyik legfontosabb tulajdonsága felhasználási szempontból a felületi érdesség. Mivel egy teljesen új terméket állítottunk elő ezért elkerülhetetlennek tartottuk, hogy megvizsgáljuk a felületi érdességet.

### **3.2.1 A felületi érdesség vizsgálata**

Tekintettel arra, hogy a furnérok felületi érdességét a további felhasználás szempontjából lényegesnek tartottuk, vizsgálatokat végeztünk az érdesség meghatározására is.

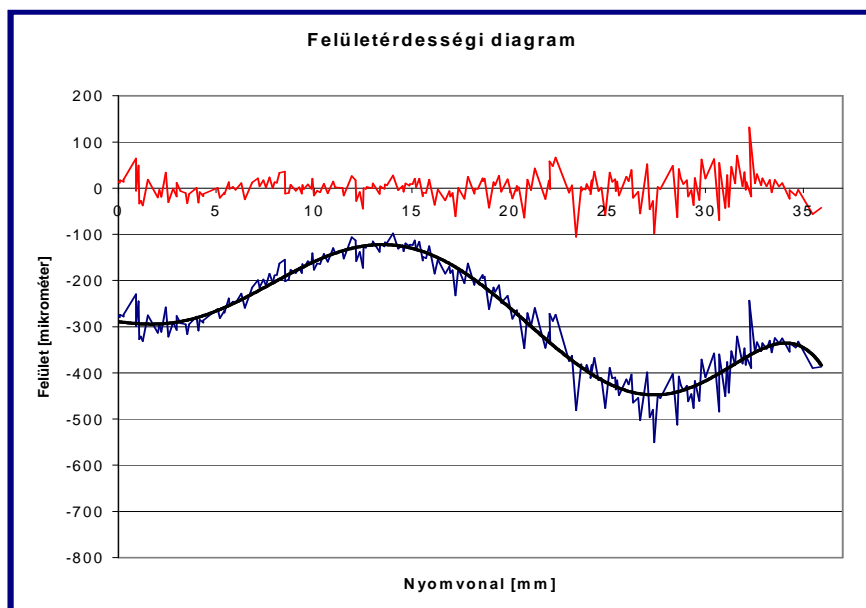
A mérés kivitelezéséhez 7 darab kb. 1.5m x 0.5m-es furnér minta állt rendelkezésre. A névleges vastagság 2mm volt, de ténylegesen az átlagosan 1,56 mm-t mértünk.

A furnérok számozása a hámozás irányával ellentétesen történt, azaz a rönk belsejéből választott minta kapta az alacsonyabb sorszámot.. A rendelkezésre álló furnérmintákból egyenként 3 – 3 darab 50 x 50 mm –es próbatest került kivágásra úgy hogy a próbatesteken kb. 50-50%-ban forduljon elő korai és kései pásztához tartozó szövetszerkezet. A próbatestek ezután enyhe nyomás alkalmazásával forgácslap hordozófelületre lettek ragasztva a könnyebb befoghatóság érdekében. Az érdesség mérés minden próbatesten két nyomvonalon lett elvégezve lehetőség szerint 2-4 cm-es hosszúságon. A mérés eredményét a műszer hagyományos filctollas nyomtató segítségével rajzolta ki. A nyomtatott eredmények PC szkennel segítségével raszteresen lettek digitalizálva. Ezután erre a célra elkészített mutató eszköz segítségével működő Visual Basic program a diagrammok csúcspontjainak rögzítésével vektoros digitalizálást tett lehetővé. Az elkészült vektoros-digitális formátum ezután egy megfelelően kialakított Excel munkalapra került ahol egy Excel makro program végezte a kalibrációt és minden további szükséges számítást.

A furnérok felületi hullámossága hatod fokú polinomiális regressziós görbe illesztésével és különbségképzéssel lett kiküszöbölve a 8. ábrán látható módon.

8. ábra. Felületi érdességi diagram.

A képen alul a mért és digitalizált diagram látható, vastagon a regressziós görbe, felül pedig a kiértékelésre alkalmas különbségképzéssel korrigált érdességi paraméterek sorozata.



A mérés során a sok lehetséges érdességi jellemző közül az alábbiak kiszámítását végezte el az adatsort elemző program.

$R_{\max}$ : A mért szakaszon előforduló, átlaghoz viszonyított maximális és minimális értékkülönbsége.

$R_a$ : Átlagos érdesség. (felületi y koordináták abszolút értékeinek átlaga)

$R_z$ : Egyenetlenség átlagos magassága.

$$R_z = \frac{\sum |p_{\max i}| + \sum |p_{\min i}|}{10}$$

ahol:

$p_{\max i}$  (i=1..5): Az öt legnagyobb felületi érték

$p_{\min i}$  (i=1..5): Az öt legalacsonyabb felületi érték

A paraméterek kiszámítása után az azonos furnérmintához tartozó értékek számtani középértékét határoztuk meg .

**Eredmények:**

<b>1. Minta</b>	<b>1.1.1.</b>	<b>1.1.2.</b>	<b>1.2.1.</b>	<b>1.2.2.</b>	<b>1.3.1.</b>	<b>1.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	456.968	422.380	341.454	313.763	347.159	360.552	<b>373.713</b>
$R_a$	39.127	44.267	33.413	32.022	31.414	32.416	<b>35.443</b>
$R_z$	338.870	350.556	246.207	228.835	267.593	296.976	<b>288.173</b>
<b>2. Minta</b>	<b>2.1.1.</b>	<b>2.1.2.</b>	<b>2.2.1.</b>	<b>2.2.2.</b>	<b>2.3.1.</b>	<b>2.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	419.901	256.526	242.907	263.375	330.900	309.327	<b>303.823</b>
$R_a$	35.203	27.796	23.212	36.463	32.967	33.482	<b>31.520</b>
$R_z$	308.379	218.596	197.829	220.324	283.670	242.992	<b>245.299</b>
<b>3. Minta</b>	<b>3.1.1.</b>	<b>3.1.2.</b>	<b>3.2.1.</b>	<b>3.2.2.</b>	<b>3.3.1.</b>	<b>3.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	228.920	332.269	354.249	316.472	295.708	234.693	<b>293.719</b>
$R_a$	29.959	29.905	33.258	23.891	27.678	30.270	<b>29.160</b>
$R_z$	197.559	272.283	285.200	218.118	225.437	199.610	<b>233.035</b>
<b>4. Minta</b>	<b>4.1.1.</b>	<b>4.1.2.</b>	<b>4.2.1.</b>	<b>4.2.2.</b>	<b>4.3.1.</b>	<b>4.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	232.671	318.950	322.580	320.680	244.893	254.815	<b>282.432</b>
$R_a$	35.459	30.155	38.062	32.175	26.497	23.912	<b>31.043</b>
$R_z$	204.250	235.133	265.092	263.608	184.279	189.617	<b>223.663</b>
<b>5. Minta</b>	<b>5.1.1.</b>	<b>5.1.2.</b>	<b>5.2.1.</b>	<b>5.2.2.</b>	<b>5.3.1.</b>	<b>5.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	334.660	261.332	236.629	174.018	244.316	227.624	<b>246.430</b>
$R_a$	34.199	33.504	20.926	20.982	31.889	28.943	<b>28.407</b>
$R_z$	222.937	217.673	170.309	158.972	227.961	185.324	<b>197.196</b>
<b>6. Minta</b>	<b>6.1.1.</b>	<b>6.1.2.</b>	<b>6.2.1.</b>	<b>6.2.2.</b>	<b>6.3.1.</b>	<b>6.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	297.956	137.351	410.152	220.381	266.225	355.345	<b>281.235</b>
$R_a$	28.680	13.877	38.410	19.029	21.633	36.790	<b>26.403</b>
$R_z$	219.635	116.731	316.256	151.371	196.181	289.042	<b>214.869</b>
<b>7. Minta</b>	<b>7.1.1.</b>	<b>7.1.2.</b>	<b>7.2.1.</b>	<b>7.2.2.</b>	<b>7.3.1.</b>	<b>7.3.2.</b>	<b>Átlag</b>
$R_{max}$	348.132	284.779	421.366	355.237	368.103	366.680	<b>357.383</b>
$R_a$	32.076	31.171	44.952	37.549	35.949	45.509	<b>37.868</b>
$R_z$	266.418	252.922	348.611	288.428	285.536	303.558	<b>290.912</b>

4. táblázat: Felületi érdesség mért értékei. (értékek  $\mu\text{m}$ -ben értendők)

**Eredmények értékelése:**

A legnagyobb eltérés ( $R_{\max}$ ) a furnérok számozásának irányában csökken, míg a 6 minta esetében kismértékű növekedés tapasztalható, illetve a hetedik minta értéke ugrásszerűen nő. Ennek oka a hámozott faanyag szövetszerkezeti tulajdonságaiban keresendő. Egyenetlenség átlagos magassága ( $R_z$ ) esetén az értékek változása a legnagyobb eltérés mérési eredményeinek megfelelően alakultak mind a tendenciák, mind pedig a mérés megbízhatóságának tekintetében. Az átlagos érdesség ( $R_a$ ) vonaldiagramja –eltérően az előző két érdességi mutató tendenciáitól- a hatodik furnér minta esetében is további csökkenést mutat de a mérés megbízhatósága hasonlóan alacsony. A hetedik furnér minta mérési eredményei ebben az esetben is ugrásszerű növekedést mutattak.

Összefoglalásként elmondható, hogy az Újkígyósi Falemezüzemben gyártott furnérminták érdességi mutatói a furnérok számozásának irányában csökkennek, de a hetedik minta az előző hat minta által meghatározott tendencia előre jelzett értékétől jelentősen eltér.

### ***Következtetések és javaslatok további kísérletekre***

A vizsgált akác műszaki furnérok érdességének összehasonlító értékeléséhez szükséges lenne pár gyűrűs likacsú faanyagból készült hámozott furnérok érdességi eredményeinek ismeretére (pl. cser tölgy). A szakirodalomban és a korábban elvégzett egyetemi kutatások között ilyen eredményeket sajnos nem találtam. A még érvényben lévő MSZ 6793-2:1983 Műszaki furnér, szabvány érdességre vonatkozó követelményeket nem tartalmaz. Szórt likacsú fákból (pl. bükk) készült hasonló vastagságú hámozott furnérok érdességével összehasonlítva az akác furnér érdessége természetesen lényegesen nagyobb. A különbség azonban nem olyan nagy mértékű mint ami a szöveti szerkezet alapján várható, ezért joggal feltételezhető, hogy az akác műszaki furnér érdessége kisebb mint a gyűrűs likacsú fákból készült furnéré.

Ennek feltehetően az oka az, hogy

- az akác szöveti szerkezete eltér a többi gyűrűs likacsú lombos fától (tillisz)
- a vizsgált furnérok gyártásánál az UFA Bt. igen kíméletes(hosszú idejű) lágyítási technológiát (főzést) alkalmazott

Az eddigi részeredmények ismeretében javasolható egy átfogó vizsgálat végzése a hazai gyűrűs likacsú fákból készített hámozott furnérok érdességi tulajdonságainak



összehasonlítására. Továbbá vizsgálni kellene a hámozott furnérok érdességének hatását a furnéralapú rétegelt termékek gyártástechnológiájára és műszaki tulajdonságaikra.

### **3.2.2 Furnérok hajlítási és rugalmassági tulajdonságainak meghatározása**

Tekintettel arra, hogy a jelenleg mér érvényben lévő magyar szabvány a műszaki furnérokra vonatkozó műszaki paramétereket nem tartalmaz, szükségessé vált a szakirodalomból ismert, illetve külföldön alkalmazott módszerek közül a megfelelőt kiválasztani.

#### A vizsgálati módszer kiválasztása

A furnérok hajlítószilárdságának és hajlító rugalmassági modulusának meghatározásához három féle módszert vizsgáltunk a Faanyagtudományi Intézet Anyagvizsgálói Laboratóriumában. (A furnérok hajlítószilárdságának és hajlító rugalmassági modulusának meghatározására vonatkozó magyar szabványok sem álltak rendelkezésre.)

A vizsgálatok három módszer alkalmazására terjedtek ki:

- USA ASTM szabványok szerinti hajlító vizsgálat
- Ultrahangos rugalmassági modulus mérési eljárás
- A hazai szakirodalomban meghatározott mérési eljárás

#### A vizsgálatok értékelése:

- USA ASTM szabványok szerinti hajlító vizsgálat:  
A rostokkal párhuzamos irányú hajlítószilárdsági értékek nagyon jó pontossággal közelítik a szakirodalmak által behatárolt szilárdsági tartomány középértékét 10-15%-os relatív szórás értékek mellett.  
A rugalmassági modulus mérés viszont sem rostokkal párhuzamos, sem pedig rostokra merőleges irányban nem hozta meg a szakirodalmak által közölt eredményeket.
- Ultrahangos rugalmassági modulus mérési eljárás:  
Az ultrahangos mérés relatív szórásértékei mindenképpen megfelelőek, illetve elfogadhatóak, azonban a rugalmassági modulus értékek nem érik el a szakirodalom által közöltek.
- A hazai szakirodalomban meghatározott mérési eljárás:

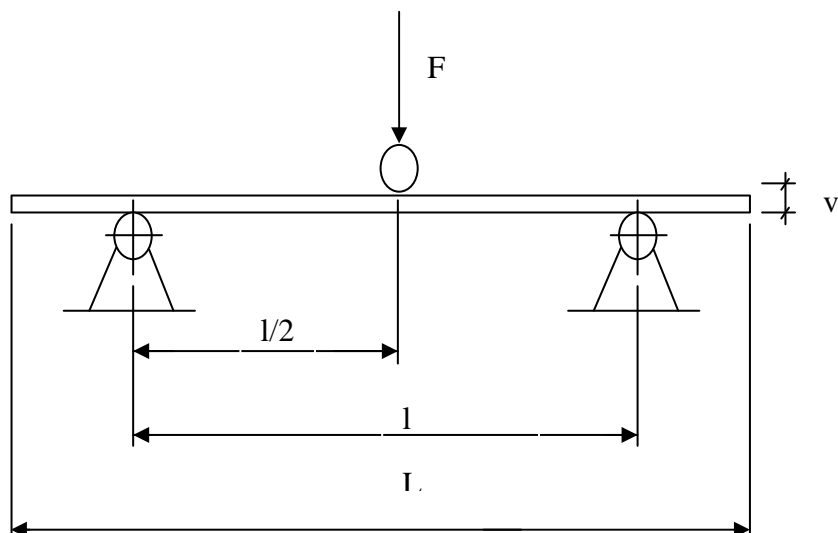
Dr. Németh József kandidátusi értekezésében megbízható, több próbaméréseken alapuló és nagy mintaszámú méréssel megerősített próbatest-méret meghatározás található. A mérési eredmények pontosabb eredményeket szolgáltató digitális kijelzővel ellátott univerzális vizsgáló berendezéssel készültek. A mérés során több furnérmintát használt és minden furnérmintát 4-4 próbatest mérési eredményeinek átlagával jellemzett. A mérési eljárás több próbaméréssel és nagy mintaszámú méréssorozattal lett alátámasztva, elfogadható relatív szórásértékeket biztosít.

Mivel az első két vizsgálati módszer nem adott pontos képet a furnérok hajlítószilárdságának és hajlító rugalmassági modulusának helyes meghatározásához, a vizsgálatokat a harmadik módszer lett alkalmazva.

A furnérok hajlító vizsgálatát a Nyugat-magyarországi Egyetem Faanyagtudományi Intézet Anyagvizsgáló Laboratóriumában végezték Kovácsvölgyi Gábor doktorandusz vezetésével.

Mérés célja az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) és fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) furnér minták hajlító szilárdságának és hajlító rugalmassági modulusának meghatározása volt

Furnérok hajlító vizsgálatához nem áll rendelkezésre vonatkozó magyar szabvány ezért korábbi kutatások *során* sikerrel alkalmazott beállítást alapul véve, a hajlító vizsgálatot az alábbi beállításokkal végeztük el.



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

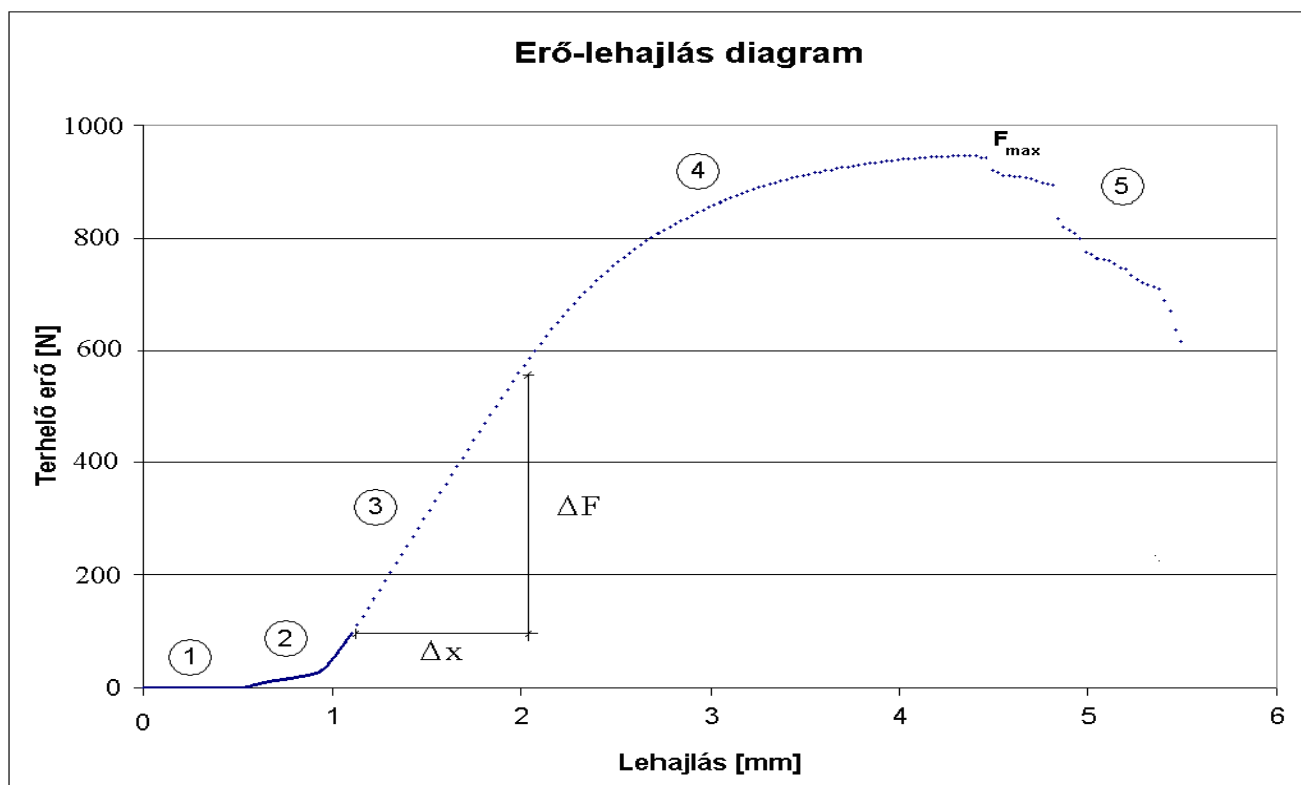
A próbatestek hajlító vizsgálatát a 65% relatív légnedvesség és 20 °C hőmérséklet mellett kondicionálás előzte meg. A próbatest méretek, valamint a hajlító-diagrammok ismeretében a hajlító szilárdságot az alábbi képlet segítségével határoztuk meg.

Hajlító szilárdság:

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

Rugalmassági modulusz:

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



Az számítógép által szolgáltatott adathalmaz által meghatározott hajlító diagramm 5 szakaszra bontható fel.

1. Keresztfej ráközelítés szakasza
2. Terhelés felvétel szakasza
3. Lineárisan rugalmas szakasz
4. Deformációs szakasz
5. Törés szakasza

Az akác és erdei fenyő furnérok bemutató fotói a 9. és a 10. ábrán láthatóak.



9. ábra: Hámozási eljárással készült 1,5 mm vastag akác furnérok



10. ábra Hámozási eljárással készült 2,0 mm vastag pinus (erde fenyő) furnérok

A mérési jegyzőkönyvet az 1. számú melléklet tartalmazza.

A furnérvizsgálatok alapján az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- Magyarország jelenlegi és potenciális fakitermelési lehetőségét jellemezve megállapítható, hogy az akác, fenyő és nyárfajok (fafaj csoportok) jelentős szerepet töltenek be, ezen szerep a mezőgazdasági termelésből kivonásra kerülő területeken történő erdőtelepítések miatt növekedik,
- Akác fafajból hámozási technológiával ez ideig nem történt műszaki furnér-előállítás, dacára annak, hogy vélelmezhetően ezen a bázison nagyszilárdságú és időjárásálló rétegelt termékek készíthetők. Kísérletképpen 1,5 mm névleges vastagságú akác műszaki furnérokat vizsgáltunk,

- A műszaki furnérok tulajdonságvizsgálatához kialakítottuk a jellemzők korrekt meghatározásához alkalmazható vizsgálati módszert,
- Az előzetes furnérvizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy az akác műszaki furnér átlagos hajlítószilárdsága (110,45 MPa) mintegy 70 %- kal meghaladja az erdei fenyő furnér hajlítószilárdságát (65,39 MPa) és mintegy 50 %- kal a nyár műszaki furnérok hajlítószilárdságát,
- Az előzetes furnérvizsgálati eredmények alapján elvi lehetőség van magas szilárdságú és környezeti hatásoknak ellenálló rétegelt lemezek gyártására akác fafajból,
- Az elő kísérletek tapasztalatai alapján indokolt a rönk – műszaki furnér – rétegelt falemez hasznosítási lánc jellemzőinek megállapítása akác, nyár klónok, pinusok viszonylatában, amely jellemzők a gyártmány és technikai fejlesztést teszik lehetővé.

### **3.3 Az akác rétegelt falemezgyártás**

A kutató-fejlesztő munka során célul tűztük ki, hogy a szinte minden tekintetben kiváló tulajdonságokkal rendelkező akác faanyagból illetve annak hámozott furnérből ugyanolyan kiváló műszaki tulajdonságokkal rendelkező rétegelt termékeket készítsünk az építőipar számára. Olyan szerkezeti célú lemezeket, amelyek akár tartós kültéri használatra is alkalmasak.

Az elő kísérletek tapasztalatai alapján olyan tulajdonságokkal rendelkező rétegelt terméket terveztünk, amely minél nagyobb mértékben hasznosítja az akác faanyag kiváló tulajdonságait. Ez a céltermék a lehető legnagyobb igénybevételnek kitett zsaluzó rétegelt falemez volt. A zsaluzó lemezekkel kapcsolatos korábbi kutatásainkra alapozva meghatároztuk a gyártástechnológiai paramétereket és azok alapján laboratóriumi körülmények között több kísérletsorozatot, végeztünk. Tájékoztatás illetve összehasonlítás céljából a tiszta akác lemezeken kívül vegyes (nyár, cser) lemezeket is készítettünk.

Meghatároztuk azokat a műszaki és biológiai követelményeket, amelyeknek, a céltermékünknek meg kell felelni. A gyártott termékeket igyekeztünk ezeknek a tulajdonságoknak vizsgálatára vonatkozó szabványok és más elfogadott módszerek alapján minősíteni.

Végezetül javaslatokat tettünk az akác alapú rétegelt lemezszerkezetek felhasználására és a további kutatások irányára.

Az akácfurnér gyártással és vizsgálattal kapcsolatos eredményekből a következő fontos tanulságokat szűrhetjük le:

- A műszaki furnérok tulajdonságvizsgálatához a jellemzők korrekt meghatározásához alkalmazható a használt vizsgálati módszer.
- A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy az akác műszaki furnér átlagos hajlítószilárdsága (110,45MPa) mintegy 70%-kal meghaladja az erdei fenyő furnér hajlítószilárdságát (65,39MPa) és mintegy 50 %-kal a nyár műszaki furnérok hajlítószilárdságát.
- A furnérvizsgálatok eredményei alapján elvi lehetőség van magas szilárdságú és környezeti hatásoknak ellenálló rétegelt lemezek gyártására akác fafajból.
- A kísérletek tapasztalatai alapján indokolt a rönk – műszaki furnér – rétegelt falemez hasznosítási lánc jellemzőinek megállapítása akác, nyár klónok, pinusok viszonylatában, amely jellemzők a gyártmány és technikai fejlesztést teszik lehetővé.

**Összefoglalóan megállapítható, hogy az akác műszaki furnérok szilárdsági és rugalmassági tulajdonságai lehetővé teszik, hogy felhasználásukkal – megfelelő ragasztóanyag és gyártási technológia alkalmazásával - nagyszilárdságú és időjárásálló rétegelt termékeket készítsenek.**

Ezen eredmények alapján a RET kutatási tervének megfelelően megkíséreltünk egy olyan gyártástechnológia kidolgozását, amely hasznosításával az UFA hőpréseivel akác lemezeket tud gyártani.

### **3.3.1 Az akác rétegelt falemez gyártástechnológiájának kidolgozása**

2006-ban a furnérokon végzett kutatómunka eredményeit felhasználva, a rétegelt-lemezipari (hőprésléses) gyártástechnológia kidolgozása érdekében, terméktervezési és kísérleti gyártási tevékenységet, kutatómunkát indítottunk, amelyeknek eredményei az alábbiak voltak:

#### Első laboratóriumi kísérletsorozat

Az első kísérletsorozatot megelőzően néhány rétegelt lemezt készítettünk, majd az ott szerzett tapasztalatok alapján terveztük meg az első sorozat paramétereit.

Az első sorozat alkalmával hétrétegű akác furnérból szerkezeti célú vízálló tulajdonságú lemezek gyártása történt laboratóriumi körülmények között.

#### A tervezett lemez adatai és gyártási eljárása

A rétegelt falemez 600 x 600 x 10mm, hét rétegű, amely megfelel az MSZ EN 636-3 „Rétegelt falemezek. Követelmények: 3. rész: Külső környezetben alkalmazható rétegelt falemezek követelményei” szabvány előírásainak.

- Furnér: származási helye UFA Bt. (Újkígyósi Falemezüzem Bt.)
- Az alapanyag méretei: 600x600x2 (mm)
- Ragasztóanyag: LENDAFEN - 150 (fenol formaldehid alapú)

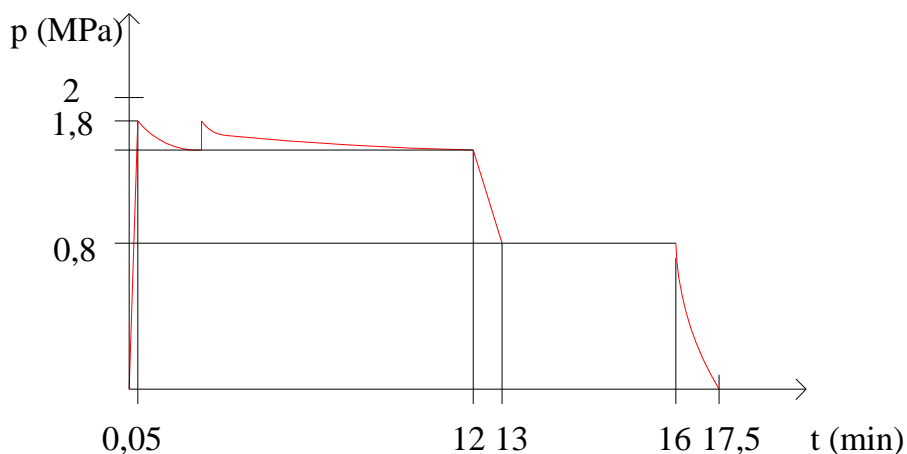
A ragasztóanyag kiválasztásánál az fő szempont volt, hogy a készítendő lemezek vízállóak és környezetbarátok legyenek. A felhasznált műgyanta a Mohácsi Farostlemezgyár Rt. közvetítésével érkezett, ahol vízzel hígították, így szárazanyag tartalma méréseink szerint 45%-ra csökkent.

A laboratóriumi lemezkészítés műveletei:

- Furnérok szárítása 5-6%-ra laboratóriumi szárítóban
- Méretek meghatározása. Átlagos furnérvastagság: 1,56mm
- Ragasztóanyag felhordás (egyoldali) kézi hengeres felhordás
- Préselés:
  - préshőmérséklet: 150°C
  - présnyomás: 1,8 MPa
- Hűtés, pihentetés 48 órán át leterhelve

Az előkísérletek során azt tapasztaltuk, hogy a ragasztóanyag a préselés során a furnérokba nem tudott behatolni és jelentős részük a lemezek él felületein keresztül távozott. Arra a következtetésre jutottunk, hogy az akác faanyag szöveti szerkezete nehezen szívja be a szakirodalomban ajánlott optimális mennyiségű (60-70g/m<sup>2</sup> szárazanyagra számolva) ragasztóanyagot. A felhordandó mennyiséget, ezért 70-ről 60, majd 50, 40, végül 33g/m<sup>2</sup>-re csökkentettük. A 33g/m<sup>2</sup>-re csökkentett mennyiséggel készült lemez is igen jó szilárdsággal rendelkezett.



Présdiagram:

A hét rétegű akác furnérból készített rétegelt lemez présdiagramja

A préselés után a tömörödés mértéke 8,42% volt.

A 2006-os eredmények alapján a kutatóintézetben 2007 év során újból gyártottunk rétegelt akáclemezt. Azonban a korábbi tapasztalatokat felhasználva ez alkalommal 9 réteg furnért használtunk fel. Az újbóli gyártás során figyelembe vettük a korábbi tapasztalatainkat, így a felhordott ragasztóréteg, ill. az egyéb gyártási paraméterek meghatározása már nem okozott problémát. A falemezvizsgálatok során azonban, a mért szilárdsági értékek elmaradtak a hétrétegű lemeznél mértekhez képest elvárhatóktól, aminek okát elsősorban a megváltozott ragasztóanyagban kerestük.

Elsősorban emiatt végeztünk 2008 nyarán egy újabb kísérlet sorozatot, most már 2006 év során alkalmazott ragasztóanyag (Lendafen 150), valamint kilenc darab furnér réteg felhasználásával. A gyártás során a ragasztó szárazanyagtartalmára, valamint a présdiagram pontos betartására különösen nagy gondot fordítottunk, ugyanis a 2008-as előzetes gyártási kísérletek során gondot okozott a rétegelt lemez ún. „berobbanása”. Sajnos a korábban készült rétegelt lemezekhez elhasználtuk a rendelkezésünkre álló jó minőségű akácfurnérok többségét. Mivel időközben az Újkígyósi Falemez gyár nehéz helyzetbe került (közben sajnos meg is szűnt) új furnérok hámozását nem tudtuk elvégezni. A rendelkezésünkre álló akácfurnérok anyag homogenitása alacsony, nagy részük ághelyes volt.

Az így készült kilencrétegű lemezek elsősorban ezért nem hozták az előre várható magas szilárdsági eredményeket amint az kitűnik vizsgálatokból.

A három falemez gyártási paramétereit, és mért szilárdsági értékeit a 5. táblázatban foglaltam össze.

### 3.4 Az akác rétegelt falemezek vizsgálata

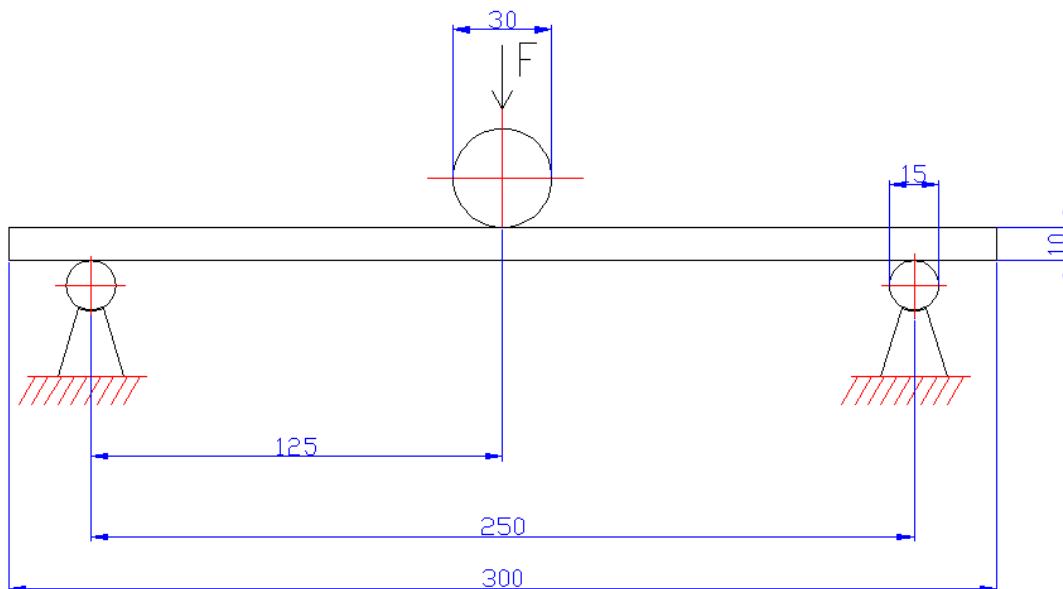
#### 3.4.1 A hajlítószilárdság, és a rugalmassági modulusz vizsgálata

##### A mérés menete:

A próbatest szélességét és vastagságát az MSZ EN 325 „Fa alapanyagú lemezek. Próbatetek méreteinek meghatározása.” szerint kellett megmérni a következő helyeken:

- a vastagságot az átlók metszéspontjában
- a szélességet a hosszúság felénél

A két alátámasztás középpontjának egymástól való távolsága a tábla névleges vastagság 20-szorosának kellett lennie, de nem lehetett kisebb 100 mm-nél, illetve nem haladhatta meg az 1000 mm-t. A két alátámasztás középpontjának távolságát 0,5 mm pontossággal kellett megmérni. A próbatestet lapjával az alátámasztásokra kellett helyezni. Hossztengelyének merőlegesnek kellett lennie a támasztóhengerek tengelyére, középpontjának pedig a terhelőerő alá kellett kerülnie.

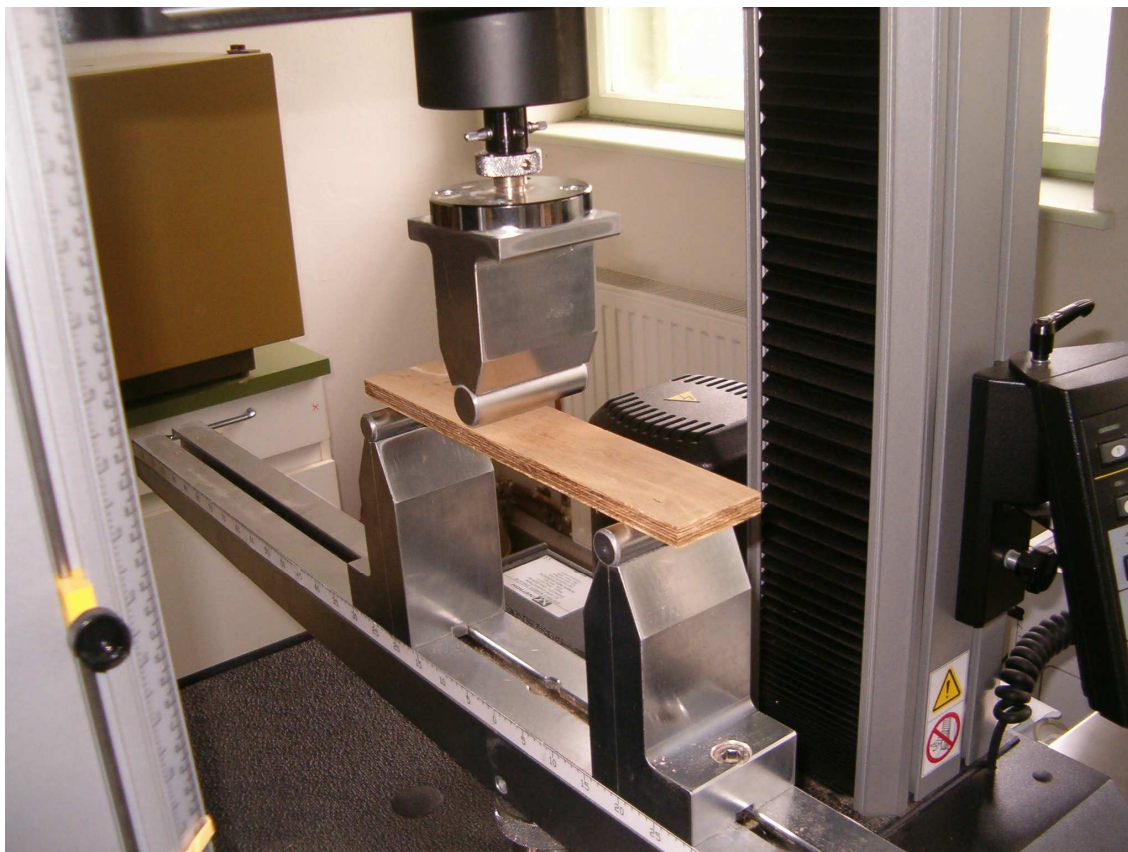


11. ábra: A hajlítószilárdság mérésének sematikus rajza.

A terhelőerőt a központos nyomóhengerrel az egész vizsgálat alatt állandó sebességgel kellett növelni. A sebességet úgy kellett megválasztani, hogy a törőerőt ( $60 \pm 30$ ) másodperc alatt érjük el. A mérést a FAIMEI intézet Instron-5566 típusú berendezésén végeztük. A gép pozíciómérés pontossága 0,05%-os, a pozíció reprodukálhatósága 0,015 mm. Az adatok beolvasása 10 ms-ként történt. A méréseket a tábla két irányában – hossz-, és keresztirányban - kialakított két próbatest csoporton kellett elvégezni. Mindkét csoportban a próbatestek felét színoldallal felfelé, másik felét pedig színoldallal lefelé kellett vizsgálni.



12. ábra: A FAIMEI intézet mérőberendezése vizsgálat közben.



*13. ábra: A hajlítószilárdság vizsgálata.*

### **3.4.2 A mérési eredmények értékelése**

A vizsgálatot követően elemezve az eredményeket kijelenthetjük, hogy az akác rétegelt falemez hajlítószilárdsági és rugalmassági tulajdonságai igen kedvezőek.. Ezek az első eredmények természetesen csak tájékoztató jellegűek és a további kutatások irányának megalapozására szolgálnak.

A három különböző sorozatban legyártott lemezek szilárdsági értékeit a 5. táblázat szemlélteti. A mérési jegyzőkönyveket a 2., 3. , 4. mellékletben tettem közzé.

	2006-os adatok és eredmények	2007-es adatok és eredmények	2008-as adatok és eredmények
<b>Furnér:</b>			
- fafaj	akác	akác	akác
- nedvességtartalma	5-6 %	3-5 %	3-5%
- vastagság	1,56 mm	1,56 mm	1,56 mm
- származási hely	Újkígyósi Falemezüzem Bt.	Újkígyósi Falemezüzem Bt.	Újkígyósi Falemezüzem Bt.
<b>Tervezett termék:</b>	7 réteg	9 réteg	9 réteg
<b>Ragasztóanyag:</b>			
- típusa	LF-150	LF-240	LF-150
- felhordási mennyiség ( $m_0$ )	33 g/m <sup>2</sup>	30 g/m <sup>2</sup>	35 g/m <sup>2</sup>
<b>Prés paraméterek:</b>			
- nyomás	1,8 MPa	1,8 MPa	1,8 MPa
- hőmérséklet	150 C°	150 C°	150 C°
- idő	17,5 perc	24 perc	26 perc
<b>Tömörödés:</b>	8,4 %	8,04 %	6,34 %
<b>Sűrűség:</b>	732 kg/m <sup>3</sup>	778 kg/m <sup>3</sup>	745 kg/m <sup>3</sup>
<b>Hajlítószilárdság:</b>			
- rostiránnyal párhuzamos	115,2 MPa	104,2 MPa	96,861 MPa
- rostiránnyal merőleges	83,5 MPa	77,3 MPa	63,23 MPa
<b>Rugalmassági modulus:</b>			
- rostiránnyal párhuzamos	11605 MPa	10366 MPa	12736,6 MPa
- rostiránnyal merőleges	5168,5 MPa	5802 MPa	5778,8 MPa

5. táblázat: A 2006, 2007, és 2008-ban készült akác rétegelt lemezek összehasonlítása

Az eredményeket első lépésben – a hasonlóalkalmazási területre készült – bükk rétegelt falemezekkel hasonlítottuk össze. Megbízható eredményt természetesen csak azonos paraméterekkel, azonos laboratóriumi körülmények között végzett összehasonlító vizsgálatok tudnak szolgáltatni. Ezeket a vizsgálatokat a jelenlegi kedvező eredményekre alapozva a közeljövőben lehet majd elvégezni.

Mivel a szakirodalomban nem találtunk hét rétegű bükk lemezre vonatkozó adatokat, így tájékoztató jelleggel az azonos vastagságú, de csak öt rétegű bükk lemezre vonatkozó adatokat használtuk fel.

Fafaj	Bükk (5 rétegű, 10mm névleges vastagságú)	Akác (7 rétegű 10mm névleges vastagságú)
Hajlítószilárdság (rostirányú) MPa)	110,41	115,198
Hajlítószilárdság (rostirányra merőleges MPa)	55,81	83,513

6. táblázat: Bükk és akác falemez hajlítószilárdságának összehasonlítása

Fafaj	Bükk (5 rétegű, 10mm névleges vastagságú)	Akác (7 rétegű 10mm névleges vastagságú)
Rugalmassági modulus (rostirányú) MPa)	12370	11604
Rugalmassági modulus (rostirányra merőleges MPa)	4032	5168

7. táblázat: Bükk és akác falemez rugalmassági modulusának összehasonlítása

A mért értékek kiválósága annak tükrében még inkább felértékelődik, hogy a gyártás során az ajánlottnál jóval kevesebb gyantát alkalmaztunk. Javasolható, hogy a további vizsgálatok során az akác falemez tulajdonságait a bükk mellett azonos felépítésű csertölgy falemez tulajdonságaival hasonlítsuk össze.

A kutatás későbbi szakaszában felmerült a kapott eredmények eloszlásának matematikai ellenőrzése is. Ezzel az eloszlási görbék felvételével a kapott adatok megbízhatóságát kívántuk elsősorban ellenőrizni, illetve az általánosan elfogadott statisztikai módszer szerint az átlagtól legtávolabb eső minimum és maximum értékek meghatározott tartományát levágva finomítani a kapott adatok eloszlását.

A Nyugat-magyarországi Egyetem Matematika tanszékén, a „Statistica” program 8.0-ás verzióját felhasználva vizsgáltuk, hogy az adatsorok követik-e a normál eloszlást. Természetesen a kereszt, és párhuzamos irányú hajlítószilárdság, és rugalmassági modulusok adatait külön-külön vizsgálva. Első alkalommal megpróbáltuk a három évben készített

lemezek adatait közösen kezelni, azonban ez az adatsor nem követte minden esetben a megkívánt normál eloszlást. Mivel a 2007-es évben előállított rétegelt lemezhez más típusú ragasztót használtunk, mint a 2006, és a 2008 évihez, feltételeztük, hogy ha az azonos ragasztóval készített termékeket vesszük egy csoportba, azaz a 2006 és 2008 évben gyártottakat vizsgáljuk együtt, és a 2007-ban gyártott lemezek képeznek egy külön csoportot, a normáleloszlást jól követik az így kapott adatsorok.

A vizsgálatot elvégezve bebizonyosodott, hogy elméletünk helyes volt. A feldolgozás során az adatok jól leképezték a Gauss görbét, és a szélsőértékek 5%-os levágásával elértük a normáleloszláshoz való még pontosabb illeszkedést. Mivel a statisztikai vizsgálatok feltételezik a viszonylag minél nagyobb számú minta feldolgozását, ahol több adat állt rendelkezésünkre, - 2006-2008 évi lemezek közösen- ott a kívánt eloszlás még pontosabban rajzolódik ki. Ez az oka annak is, hogy a 2007-es évi lemezek keresztirányú hajlítószilárdsági adatai kevésbé feleltek meg a normál eloszlás feltételeinek.

**A matematikai ellenőrzés során igazoltuk, hogy a felhasznált ragasztóanyag minősége jelentős mértékben befolyásolja a rétegelt lemez minőségét, a különböző típusú ragasztóval készült termékek adatai egymással azonos adatbázisban nem használhatók fel.**

A matematikai ellenőrzés adatait, a normáleloszlás szerint felvett adatsorokkal, és grafikonokkal együtt az 5.6-os mellékletben mutatom be.

### **3.4.3 Vastagsági dagadás meghatározása áztatásos vizsgálattal**

Annak eldöntésére, hogy egy rétegelt falemez mennyiben felel meg az időjárás állósági követelményeknek több komoly és időigényes vizsgálati eljárás ismert. Gyakorlati tapasztalatok szerint az időjárás viszontagságoknak kitett lemezek vízfelvétele és az annak következtében jelentkező vastagsági dagadása, rétegelválása igen jól jellemzi a lemez vízzel szembeni ellenálló képességét.

Ezen megfontolások alapján – bár a vonatkozó rétegelt falemez szabvány nem írja elő – szükségesnek tartottuk a lemezek vastagsági dagadási tulajdonságainak vizsgálatát tájékoztató jelleggel az MSZ EN 317 alapján. (Forgács- és rostlemezek. Vastagsági dagadás meghatározása áztatás után.). A vastagsági dagadás mértékét 14 szabványos próbatesten vizsgáltuk.

A mérés menete:

A vastagság mérését valamennyi próbatesten el kellett végezni az EN 325 előírásainak megfelelően. Az átlók metszéspontjában 0,01 mm-es pontossággal kellett megmérni. Ezután a próbatesteket függőlegesen, tiszta, nyugodt vízbe kellett helyezni, melynek pH-értéke  $7\pm 1$  és hőmérséklete  $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ . A hőmérséklet a vizsgálat ideje alatt állandó volt. A próbatesteket egymástól, a tárolóedény fenék-és oldalfalaitól egyforma távolságban kellett elhelyezni. A vízszint a próbatestek felső élétől  $(25\pm 5)$  mm-re volt. A vizet minden vizsgálat után cserélni kellett. Az áztatás időtartalmát az egyes lemezekre vonatkozó szabványok írják elő. Mi az általános 24 órás áztatási időtartamot választottuk. Az áztatási idő lejárta után a próbatesteket ki kellett emelni, a felesleges vizet le kellett törölni, és valamennyi próbatest vastagságát meg kellett mérni.

Az eredmények megadása a következő képlettel történt:

$$G_i\% = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

$G_i$ : a vastagsági dagadás értéke (%)

$T_1$ : a próbatest áztatás előtti vastagsága, milliméterben

$T_2$ : a próbatest áztatás utáni vastagsága, milliméterben

	<i>Vastagság a mérés előtt (mm) <math>T_1</math></i>	<i>Vastagság 24órás áztatás után (mm) <math>T_2</math></i>	<i>Vastagsági dagadás G%</i>
<b>1.</b>	10,04	10,28	2,39
<b>2.</b>	10,00	10,32	3,20
<b>3.</b>	10,04	10,28	2,39
<b>4.</b>	10,02	10,25	2,29
<b>5.</b>	9,99	10,25	2,60
<b>6.</b>	9,91	10,25	3,43
<b>7.</b>	10,10	10,49	3,86
<b>8.</b>	10,13	10,32	1,87
<b>9.</b>	9,89	10,27	3,84
<b>10.</b>	10,04	10,28	2,39
<b>11.</b>	9,92	10,38	4,64
<b>12.</b>	9,98	10,37	3,90
<b>13.</b>	10,02	10,38	3,59
<b>14.</b>	10,03	10,37	3,39
<b>Átlag</b>	<b>10,00</b>	<b>10,32</b>	<b>3,12</b>

8. táblázat: Vastagsági dagadás mérési eredményei



Összehasonlításként egy akácból készült 19 mm-es MDF lap mért vastagsági dagadása mintegy 16 % volt.

#### **3.4.4 A természetes (kültéri) tartósság vizsgálata**

A kifejlesztett akác rétegelt falemez környezeti ellenálló képességének vizsgálatát azért fontos elvégezni, mert a terméket elsősorban kültéri hasznosításra tartjuk alkalmasnak. Az időjárásnak kitett mérnöki faszerkezetek, zsaluzólemezek, tájékoztató és jelzőtáblák, stb. mind veszélyeztetettek a biológiai károsítók által.

A rétegelt falemezek biológiai és környezettel szembeni ellenálló képességének meghatározására – a többi faalapanyagú lemezhez hasonlóan – érvényes honosított európai szabványok vonatkoznak.

MSZ EN 335-1:1992 „A fa és a faalapanyagú termékek tartóssága. A biológiai károsítás veszélyeztetettségi osztályainak meghatározása. 1. rész: Általános meghatározások

MSZ EN 335-3: 1997 „A fa és a faalapanyagú termékek tartóssága. A biológiai károsítás veszélyeztetettségi osztályainak meghatározása. 3. rész: Alkalmazás fa alapanyagú lemezekre.

Valamint:

MSZ ENV 1099: 1999 Rétegelt falemezek. Biológiai tartósság. Megfelelőségi irányelvek a különböző veszélyeztetettségi osztályú rétegelt lemezekhez.

A kifejlesztett akác rétegelt falemez környezeti ellenálló képességének vizsgálatát azért tartjuk fontosnak, mert a terméket elsősorban kültéri hasznosításra tartjuk alkalmasnak. Az időjárásnak kitett mérnöki faszerkezetek, zsaluzólemezek, tájékoztató és jelzőtáblák, stb. mind veszélyeztetettek a biológiai károsítók által.

Az MSZ EN 335-3 által meghatározott veszélyeztetettségi osztályok közül a felhasználási cél figyelembevételével a 2, 3, és 4 veszélyeztetettségi osztály jöhet számításba. Az 5. veszélyeztetettségi osztály – amelynél a rétegelt falemez teljesen vagy részben sós vízbe kerül - nem vehető számításba.

A 4. veszélyeztetettségi osztály követelményei a felhasználási cél figyelembevételével szintén túlzottnak tekinthetők, hiszen „Ebben a környezetben a rétegelt falemez nedvességtartalma állandóan 20 % felett van, és így farontó gombák károsításának van

kitéve.” Megjegyzés: Rétegelt falemez használata ebben a veszélyeztetettségi osztályban csak akkor helyes, ha a lemez saját és/vagy kezeléssel növelt tulajdonságai kielégítők.

A felhasznált faanyag és a ragasztóanyag kedvező tulajdonságai alapján a vizsgálatnál ezért a 3. veszélyeztetettségi osztály követelményeit vettük figyelembe. „Ebben a környezetben a rétegelt falemez nedvességtartalma gyakran 20 % felett lehet, és így ki van téve farontó gombák károsításának.” A rovarkárosítás veszélye hasonló, mint az 1. veszélyeztetettségi osztályban, vagyis úgy tekintjük, hogy „felületi penészedést, elszíneződést vagy korhadást okozó gombák károsításának veszélye jelentéktelen.”

A tájékoztató jellegű első vizsgálatához kialakított (felület és él védelem nélküli) próbadarabokat 2007. február végén helyeztük ki és az első vizsgálat időpontjáig (május 5.) rajtuk semmiféle károsodást nem tapasztaltunk. A felvételen látható elszíneződések egyedül a próbadarabokat rögzítő hagyományos „vas” huzalok hatására jöttek létre.



*14. ábra: A biológiai károsítókkal és a környezettel szembeni ellenálló képesség vizsgálata. (2007. május 5-i állapot)*

A második vizsgálat időpontjáig (2007. június 28.) eltelt több mint három hónap szélsőséges időjárásának hatására egyetlen próbadarab felületén sem tapasztaltunk elváltozást. Gomba és rovarkárosításnak semmiféle jele nem mutatkozott.

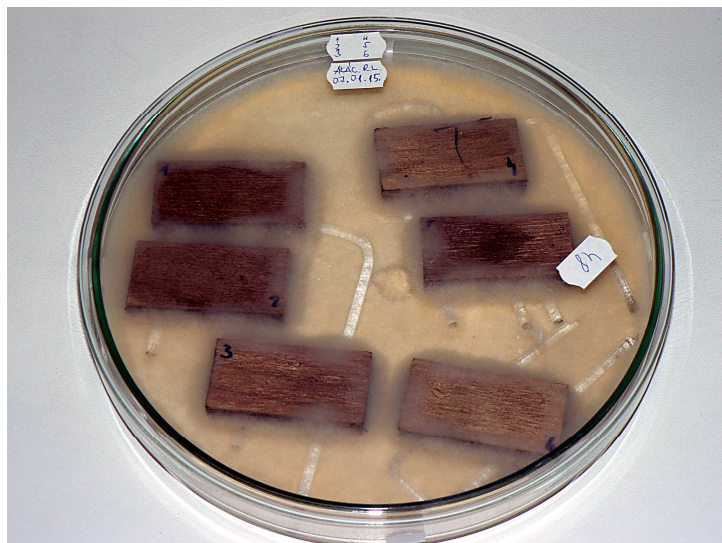
A harmadik vizsgálatra 2009. februárjában került sor. Felületi elváltozás, most sem mutatkozott, de a próbatesteket most szilárdsági vizsgálatnak is alávetettük. Mivel a próbatestek ez alkalommal sem voltak szabványos méretűek, és csak nagyon kevés 2-2 db állt a rendelkezésünkre egzakt összehasonlítást nem tudunk felmutatni, azonban tájékozódáshoz mindenképp megfelelő adatokhoz jutottunk. A mért eredményeket a melléklet tartalmazza. Megállapíthatjuk, hogy a kített próbatestek szilárdsági adatai mintegy 10-15 %-al maradtak el a frissen gyártottakétól, ami figyelembe véve hogy semmilyen mechanikai, vagy kémiai védelmet nem kaptak nagyon jó eredménynek számít. A kitétségi vizsgálatok jegyzőkönyveit az 5. mellékletben közlöm.

### 3.4.5 Gombaállósági vizsgálat

Ezt a vizsgálatot azért tartottuk fontosnak elvégezni, hogy kellő ismeretet szerezzünk a külső környezetbe kített akác rétegelt lemezek gombákkal szembeni ellenállásairól. A vizsgálatot a Nyugat-Magyarországi Egyetem Faipari Karának Faanyagvédelmi Laboratóriumában végeztük.

A próbatesteket az első kísérletsorozatból származó akác rétegelt lemezekből alakítottuk ki. A vizsgálat az MSZ EN 113 előírásainak megfelelően történt, azonban a szabványos vastagsági mérettől eltér a vizsgált próbatestek vastagsága a hét rétegből kialakított lemez miatt. A szabvány szerinti méret: 50x25x15 (mm), a vizsgált testek mérete: 50x25x10 (mm). A lemezeket *Griphola Sulphuera* (Géva, vagy kéngomba) gombával fertőztük úgy hogy azok sem favédőszerrel, sem felületkezelő anyaggal nem voltak kezelve.

A maradék másfél hónap alatt nem történt szembetűnő változás



15. ábra: Próbatestek egy hét után



16. ábra: Próbatetek három hónap után

Párhuzamosan végzett vizsgálatból kiderül, hogy a natúr akác faanyagra sincs káros hatással ez a gombafaj, vagyis a lemezkészítés során nem romlott az ellenálló képesség. Ez is bizonyítja, hogy az általunk készített rétegelt falemez kiválóan alkalmazható gombák károsításainak kitett helyeken is.



## 4. Összefoglalás

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”.

Jelenleg Magyarországon egymás mellett létezik a potenciális fabőség és az egyes faválasztékokban meglévő fahiány. Szembetűnően alacsony a minőségi fanyersanyag aránya, ez alapanyag-ellátási korlátokat jelent a furnériparban és a fűrésziparban. Ez a helyzet a közeljövőben gyökeresen megváltozhat, főként a magántulajdonú erdők, és az ültetvényeszerű erdőgazdálkodás előtérbe kerülésével. Az így termelt alapanyag a nemesített fajta, és az intenzív gondozás miatt lényegesen más, a feldolgozás szempontjából kedvezőbb tulajdonságú a természetes erdőkből származókéénál.

Ez kibővítheti az akácfa faj faipari felhasználási lehetőségeit, erre alapozva feltételeztük, hogy akácfából jó minőségű, eddig még nem alkalmazott hámozási eljárással műszaki furnér, és abból rétegelt lemez is gyártható.

Első lépésként a műszaki furnér-gyártással foglalkoztam, az Újkígyósi Falemezgyár Bt.-nél 2,0 mm névleges vastagságú műszaki furnér gyártási paramétereit dolgoztuk ki. Az így elkészült furnérok felületi, szilárdsági, és rugalmassági tulajdonságait vizsgáltuk.

Megállapítottuk, hogy az akác furnér az akácfához hasonlóan kiváló tulajdonságokkal rendelkezik, és alkalmas rétegelt lemez gyártására.

Eredményeinkre támaszkodva magas szilárdságú időjárásálló rétegelt lemeztípus gyártását céloztuk meg. Ennek elérésére határoztuk meg a felhasznált ragasztóanyag típusát és a gyártás paramétereit.

A lemezek gyártása három fázisban történt (2006, 2007, és 2008 években). A lemezek felhasználási lehetőségeit szilárdsági és rugalmassági tulajdonsági vizsgálatokkal, nedvességgel szembeni ellenálló képesség (dagadás), gombaállóság és kültéri kitétségi vizsgálattal kutattuk.

Az eddig általában használatos hidegragasztási módszerekkel szemben hőpréselési technológiával készítettünk különleges (külső) kitétségi viszonyoknak ellenálló rétegelt lemezszerkezeteket.

A laboratóriumi kísérletek alapján megállapítottuk, hogy az akác furnérok egyesítésére használt fenol bázisú műgyanták tulajdonságai és minőségük meghatározó szerepet játszik a lemezszerkezetek szilárdsági-rugalmassági, valamint vízállósági és időjárás állósági tulajdonságait illetően. Az elkészült rétegelt lemezek minőségét jelentősen befolyásolta a felhasznált furnérok minősége. Ezeknek a tényezőknek a szilárdságra gyakorolt hatásának egzakt meghatározásához további kísérletek elvégzése szükséges.

A kutatás során bizonyítottuk, hogy az akác műszaki-furnér bázison általunk gyártott rétegelt lemezszerkezetek fokozott környezeti hatásnak kitett területeken alkalmazhatók

Tekintettel arra, hogy hazánkban akác fafajból, hőpréselési technológiával, elsőként állítottunk elő rétegelt lemezt, kutatási tevékenység folytatása – az eredmények megerősítése és az esetleges technológiai változások meghatározása, illetve a marketing tevékenység kifejtése indokolja további vizsgálatok elvégzését.

#### **4.1 A kutatómunka tézisei.**

1. Megállapítottam, hogy akácfából (elsősorban ültetvényes körülmények között termesztett) hámozási technológiával jó minőségű műszaki furnér gyártható.
2. Megállapítottam, hogy akácfából készült furnér felhasználásával hőpréselési technológiával is készíthetők különleges kitettségi viszonyoknak megfelelő rétegelt lemezszerkezetek.
3. A kitettségi vizsgálatok igazolták, hogy akác fafajból készített rétegelt lemezek tulajdonságai kültéri felhasználás esetén kiválóan megfelelnek. A gombaállósági vizsgálatokkal is bizonyítottam az akácfa fajú rétegelt lemezek magas biotikus ellenálló képességét.
4. A szilárdsági vizsgálatok eredményei igazolták, hogy a magas szilárdsággal és időjárás állósággal rendelkező akác rétegelt lemezek készítése során megfelelő tulajdonságú alap és segédanyagokat és technológiát alkalmaztam.
5. Az akác műszaki furnér és az alkalmazott fenol alapú műgyanta kedvező tulajdonságait hasznosítva az eredményeket csökkentett ragasztóanyag mennyiség (a szokásos felhordási mennyiség 55 %-a) felhasználásával értem el.

## 5. Mellékletek

### 5.1 Melléklet : A furnérvizsgálatok jegyzőkönyvei.

Akác furnérok alkalmassági vizsgálatának eredményei:

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	$\sigma_{hajl}$ [MPa]	Rug. modulus [MPa]
A01	1,559	51,59	150,2	8,22	0,68	87,32	7,36	106,55	9988,8
A02	1,468	51,57	150,1	9,33	0,82	75,90	7,27	104,49	11822,2
A03	1,513	51,73	150,0	9,21	0,78	79,70	7,37	102,97	10913,1
A04	1,514	51,65	150,1	9,17	0,78	82,80	7,72	107,00	11426,2
A05	1,515	50,38	150,1	9,19	0,80	93,16	7,64	123,26	11570,1
A06	1,52	50,4	150,0	9,07	0,79	79,95	7,39	105,05	11077,0
A07	1,537	51,77	150,2	8,97	0,75	69,00	5,69	86,32	8033,8
A08	1,488	50,91	150,1	8,57	0,75	79,31	7,77	107,65	12284,8
A09	1,506	51,54	150,1	9,43	0,81	79,31	7,49	103,80	11286,9
A10	1,609	51,49	150,1	9,39	0,76	79,90	7,36	91,71	9103,9
A11	1,556	51,27	150,1	9,17	0,77	79,30	6,69	97,74	9184,9
A12	1,531	51,42	150,1	9,37	0,79	95,56	8,75	121,30	12583,4
A13	1,498	51,22	150,1	9,57	0,83	93,16	8,95	124,01	13786,5
A14	1,541	50,51	150,1	9,27	0,79	90,31	7,31	115,20	10492,3
A15	1,537	50,3	150,1	9,47	0,82	90,40	7,10	116,40	10314,3
A16	1,564	50,9	150,1	9,52	0,80	91,23	7,36	112,11	10027,4
A17	1,522	50,6	150,1	9,82	0,85	90,17	9,09	117,70	13524,8
A18	1,536	51,84	150,1	9,88	0,83	86,96	7,85	108,78	11084,2
A19	1,524	51,7	150,0	9,94	0,84	87,61	8,05	111,63	11676,4
A20	1,507	51,25	150,0	9,79	0,84	88,26	7,24	116,02	10950,8
A21	1,554	51,33	150,0	9,71	0,81	88,91	7,92	109,74	10904,4



A22	1,51	51,78	150,0	9,93	0,85	89,55	7,34	116,05	10923,0
A23	1,548	51,59	150,0	9,98	0,83	90,20	7,73	111,64	10716,2
A24	1,599	51,55	150,0	9,49	0,77	90,85	7,61	105,46	9578,5
A25	1,563	50,85	150,0	9,45	0,79	91,50	7,75	112,69	10589,5
A26	1,522	50,74	150,0	9,41	0,81	92,15	7,37	119,95	10929,8
A27	1,577	51,2	150,0	9,13	0,75	92,80	7,69	111,50	10160,2
A28	1,537	49,98	150,0	9,77	0,85	93,44	7,31	121,09	10686,6
A29	1,51	50,58	150,0	9,15	0,80	91,39	6,69	121,24	10191,9
A30	1,561	50,34	150,0	9,21	0,78	83,72	7,53	104,43	10439,3
<b>Átlag</b>	1,534	51,13	150,06	9,39	0,80	86,79	7,55	110,45	10875,06
<b>Szórás [%]:</b>	2,032	1,06	0,03	4,20	4,70	7,36	8,56	8,11	11,07

**Erdei fenyő furnérok alkalmassági vizsgálatának eredményei:**

Minta száma	Vastagság [mm]	Szélesség [mm]	Hossz [mm]	Tömeg [g]	Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	Fmax [N]	Merekség [N/mm]	$\sigma_{hajl}$ [MPa]	Rug. modulus [MPa]
F01	1,931	50,26	150,2	5,51	0,38	87,32	15,90	71,31	11664,2
F02	1,898	50,46	150,1	6,25	0,43	75,90	15,10	63,90	11618,9
F03	1,941	50,43	150,3	6,17	0,42	72,43	15,90	58,35	11448,9
F04	1,963	50,71	150,1	6,14	0,41	82,80	15,31	64,84	10592,3
F05	1,993	50,14	150,1	6,16	0,41	93,16	14,87	71,58	9944,9
F06	2,096	49,28	150,0	6,08	0,39	79,95	16,05	56,51	9389,0
F07	2,178	50,46	150,2	6,01	0,36	69,00	16,39	44,22	8364,3
F08	1,911	50,2	150,1	5,74	0,40	79,31	15,36	70,02	12305,9
F09	2,021	49,73	150,1	6,32	0,42	79,31	14,79	59,18	9469,0
F10	1,909	50,32	150,1	6,29	0,44	75,90	15,34	64,09	11766,5
F11	1,938	49,35	150,1	6,14	0,43	82,42	15,29	68,05	11296,8
F12	1,928	49,64	150,1	6,28	0,44	83,07	16,47	68,91	12291,4
F13	2,020	49,72	150,1	6,41	0,43	83,72	14,60	63,14	9451,5

F14	1,943	50,08	150,2	6,21	0,42	84,37	15,03	68,28	10855,6
F15	2,187	49,82	150,1	6,34	0,39	85,02	14,97	54,58	7618,8
F16	2,035	47,46	150,1	6,38	0,44	85,66	15,80	66,71	10485,7
F17	2,023	50,25	150,1	6,58	0,43	86,31	14,93	64,21	9518,9
F18	2,049	50,42	150,1	6,62	0,43	86,96	14,36	62,87	8786,6
F19	1,992	49,8	150,0	6,66	0,45	87,61	14,09	67,81	9490,9
F20	2,105	50,46	150,0	6,70	0,42	88,26	12,55	60,42	7081,2
F21	1,925	50,49	150,0	6,74	0,46	88,91	15,11	72,69	11124,5
F22	2,139	49,81	150,0	6,78	0,42	89,55	15,33	60,13	8343,7
F23	2,129	48,8	150,2	6,82	0,44	90,20	12,97	62,39	7304,4
F24	2,047	49,02	150,1	6,86	0,46	90,85	14,06	67,66	8867,8
F25	2,053	49,35	150,0	6,90	0,45	91,50	15,36	67,34	9549,4
F26	1,965	49,85	150,3	6,41	0,44	92,15	15,21	73,22	10665,6
F27	2,075	46,43	150,0	6,12	0,42	92,80	14,76	71,03	9441,5
F28	1,978	51,23	150,1	6,55	0,43	93,44	14,83	71,36	9928,5
F29	1,907	49,84	150,0	6,13	0,43	94,09	16,50	79,40	12655,6
F30	1,941	50,33	150,0	6,17	0,42	83,72	14,03	67,53	10108,0
<b>Átlag</b>	2,007	49,80	150,09	6,35	0,42	85,19	15,04	65,39	10047,7
<b>Szórás [%]:</b>	4,189	1,90	0,05	5,17	5,22	7,51	6,04	10,36	14,84

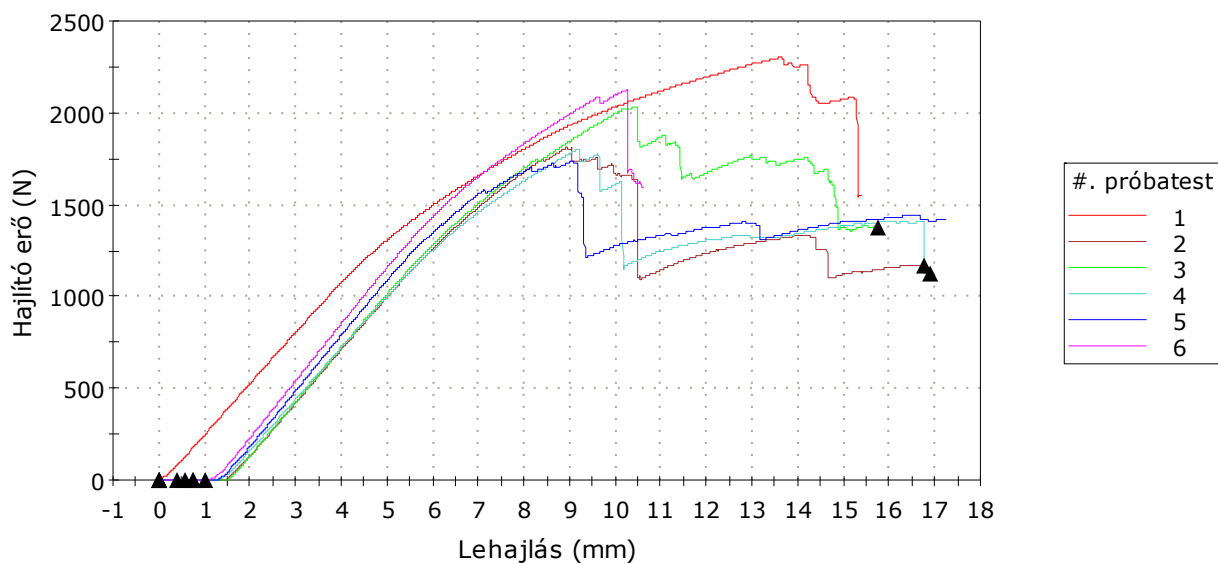
## 5.2 Melléklet: A 2006-ban készült rétegelt lemez hajlító vizsgálatok jegyzőkönyvei

A 2006 évi rostirányú próbatetek mérési eredményei:

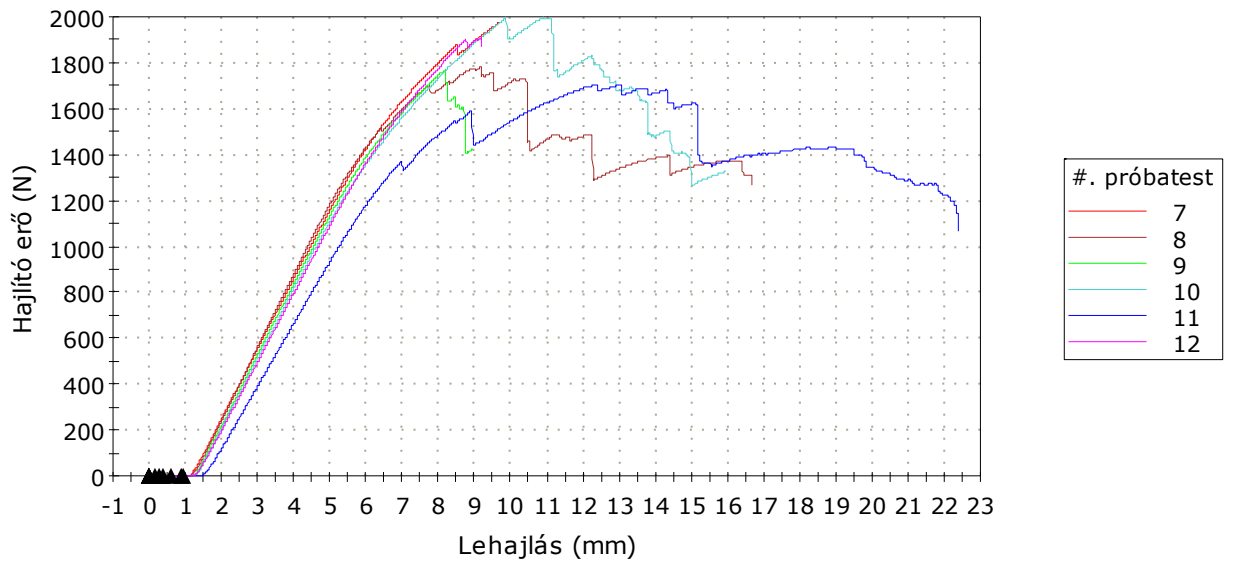
1. táblázat: A rostirányú mérés alapadatai.

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	2006. 03. 28.3
Vizsgálati hőmérséklet	20 °C
Vizsgálati páratartalom	37 %
Minta megnevezése	Akác RL. Hossz
Névleges vastagság	10 mm
Alátámasztási hossz	200.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

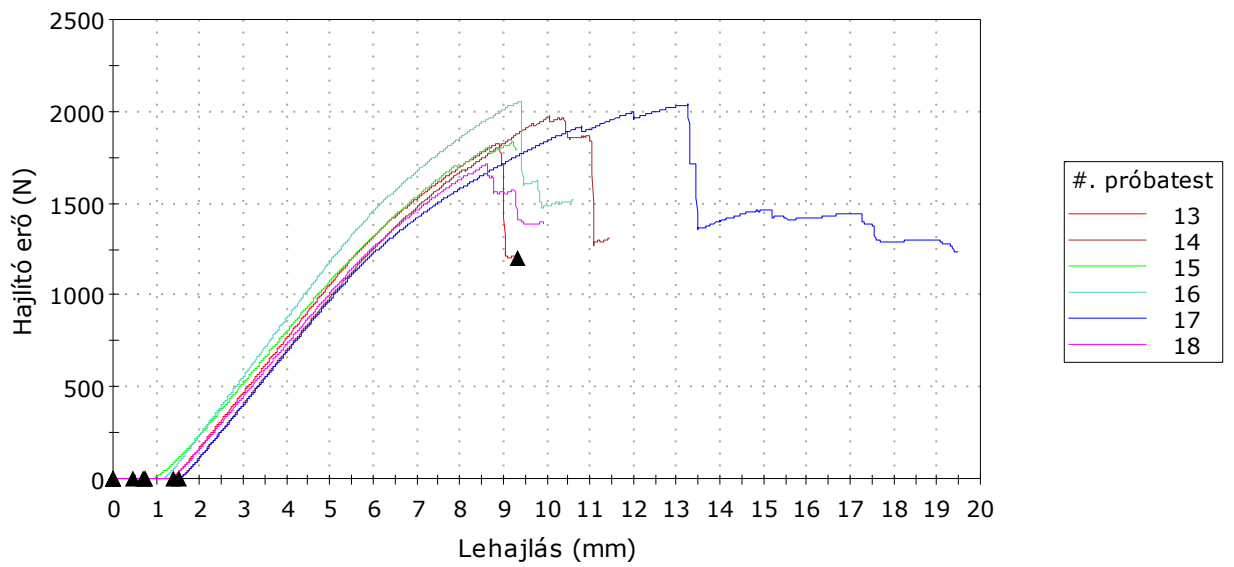
Próbatetek 1 - 6



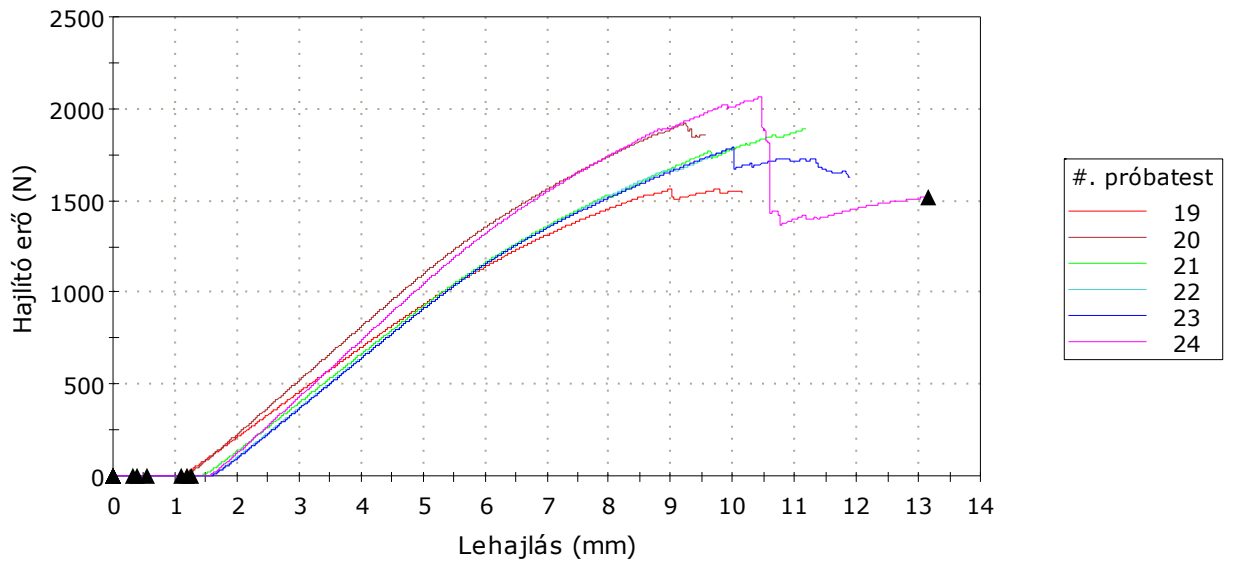
Próbatestek 7 - 12



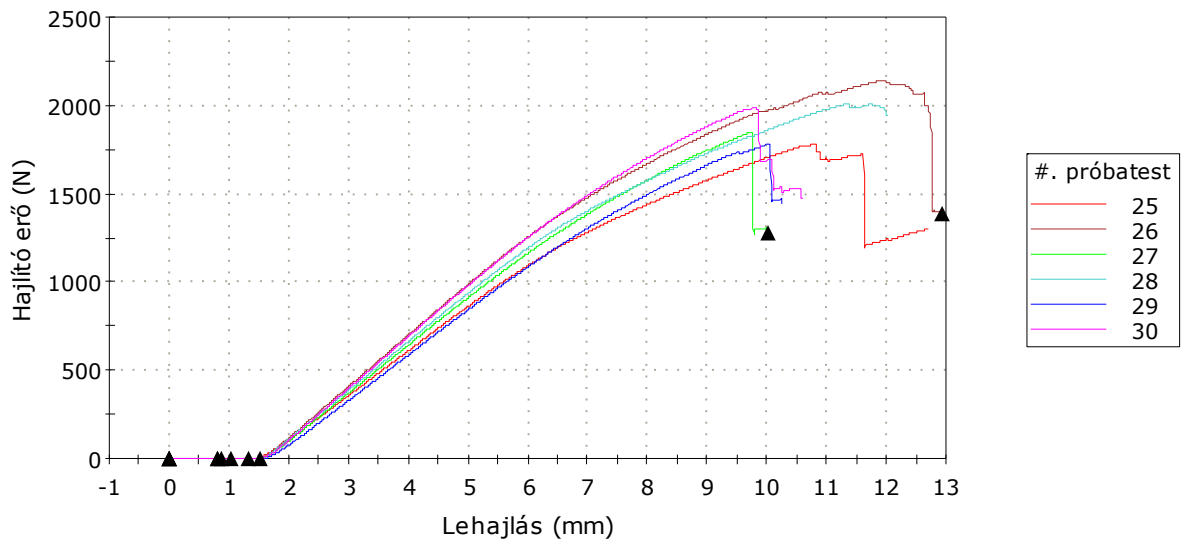
Próbatestek 13 - 18



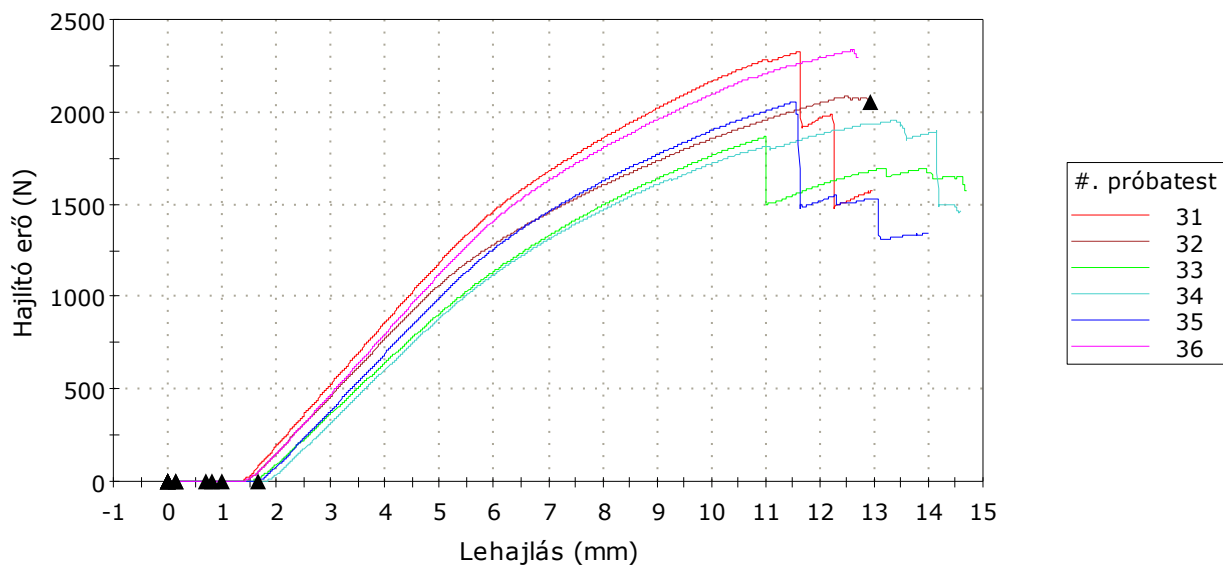
## Próbatestek 19 - 24



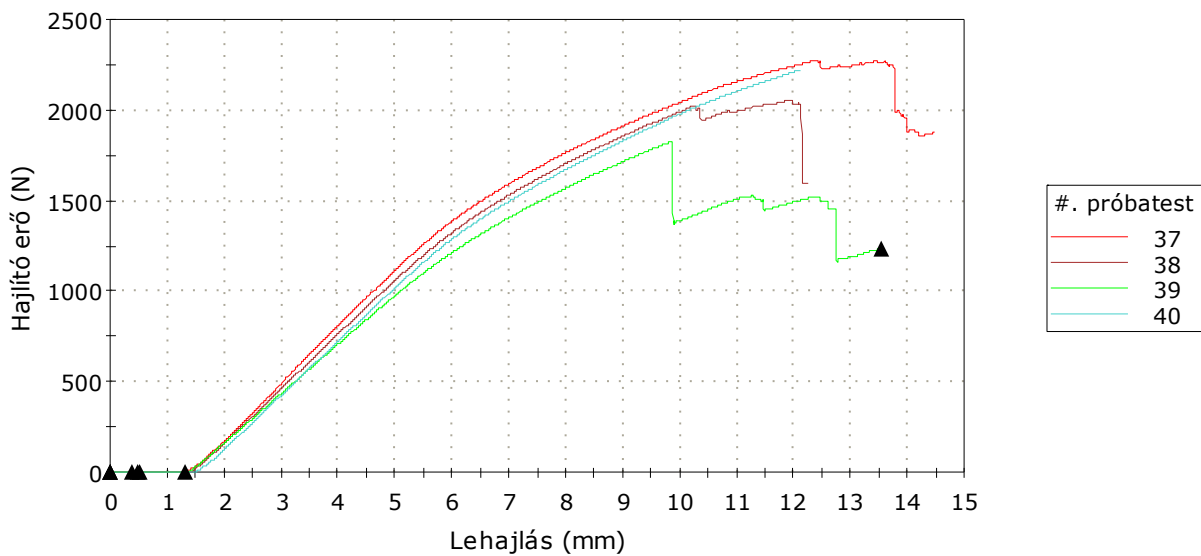
## Próbatestek 25 - 30



## Próbatestek 31 - 36



## Próbatestek 37 - 40



	Lehajlás tönkremenetelkor (mm)	Maximális erő (N)	hajlító	Hajlítószilárdság (MPa)	Rugalmassági mod. (10 % - 40 %) (MPa)
1	-16.704	2301.216		135.584	11028.431
2	-16.793	1810.909		107.040	11514.015
3	-15.750	2035.465		121.780	11897.357

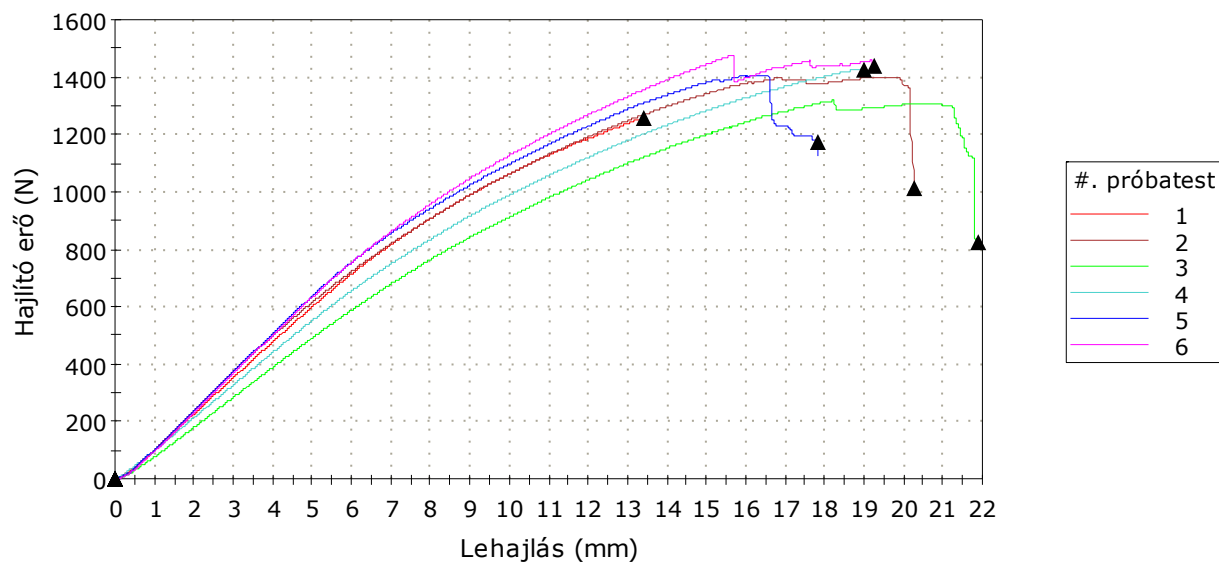
4	-16.910	1802.725	105.298	11014.588
5	-17.290	1735.010	100.876	11796.937
6	-10.703	2124.587	125.660	12395.196
7	-9.743	1979.301	115.717	12040.076
8	-16.770	1780.680	103.555	12493.216
9	-9.083	1771.464	103.633	12186.042
10	-16.003	1997.066	118.250	12195.492
11	-22.480	1707.335	102.720	11133.378
12	-9.293	1908.906	115.817	12362.583
13	-9.327	1825.539	111.716	12360.121
14	-11.457	1972.386	123.201	12567.811
15	-9.380	1833.728	110.024	11504.681
16	-10.680	2055.170	123.596	12947.560
17	-19.540	2036.725	120.206	11453.332
18	-9.923	1715.558	101.231	11296.825
19	-10.210	1560.962	90.724	9536.036
20	-9.640	1922.142	111.344	11301.275
21	-11.233	1893.974	109.407	10177.546
22	-9.963	1781.518	104.228	10658.944
23	-11.940	1788.177	104.502	10687.181
24	-13.166	2064.956	120.998	12138.461
25	-12.777	1782.411	105.985	10201.416
26	-12.930	2141.219	128.469	11813.392
27	-10.024	1848.518	109.624	10891.518
28	-12.097	2012.970	118.105	10875.745
29	-10.303	1784.611	107.902	10583.350
30	-10.620	1987.177	119.659	11945.733
31	-13.033	2325.546	138.204	13443.393
32	-12.940	2085.512	121.337	12056.179
33	-14.740	1864.536	108.229	10757.441
34	-14.610	1953.472	112.634	11061.113
35	-14.017	2056.507	122.087	12360.593
36	-12.740	2332.622	136.647	12811.194
37	-14.530	2273.338	130.783	12140.158
38	-12.277	2057.376	117.829	11452.655
39	-13.533	1828.352	108.416	10878.016
40	-12.229	2230.389	134.908	12229.367
Átlag	-12.935	1949.251	115.198	11604.709
Szórás	3.11963	185.38071	11.17450	844.62830

Maximum	-9.083	2332.622	138.204	13443.393
Minimum	-22.480	1560.962	90.724	9536.036
Variációs együttható	-24.11846	9.51035	9.70025	7.27832

### A 2006 évi rostra merőleges irányú próbatetek mérési eredményei

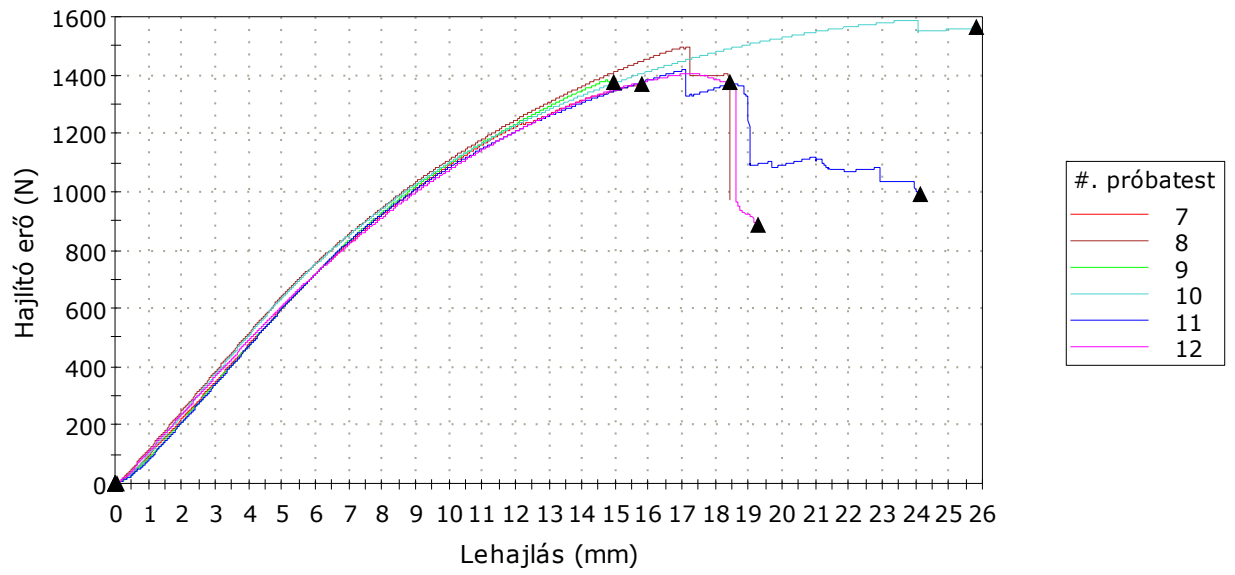
Iktatószám	
Beérkezés dátuma	2006. 03. 28.3
Vizsgálati hőmérséklet	20 °C
Vizsgálati páratartalom	37 %
Minta megnevezése	Akác RL. Kereszt
Névleges vastagság	10 mm
Alátámasztási hossz	200.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 6

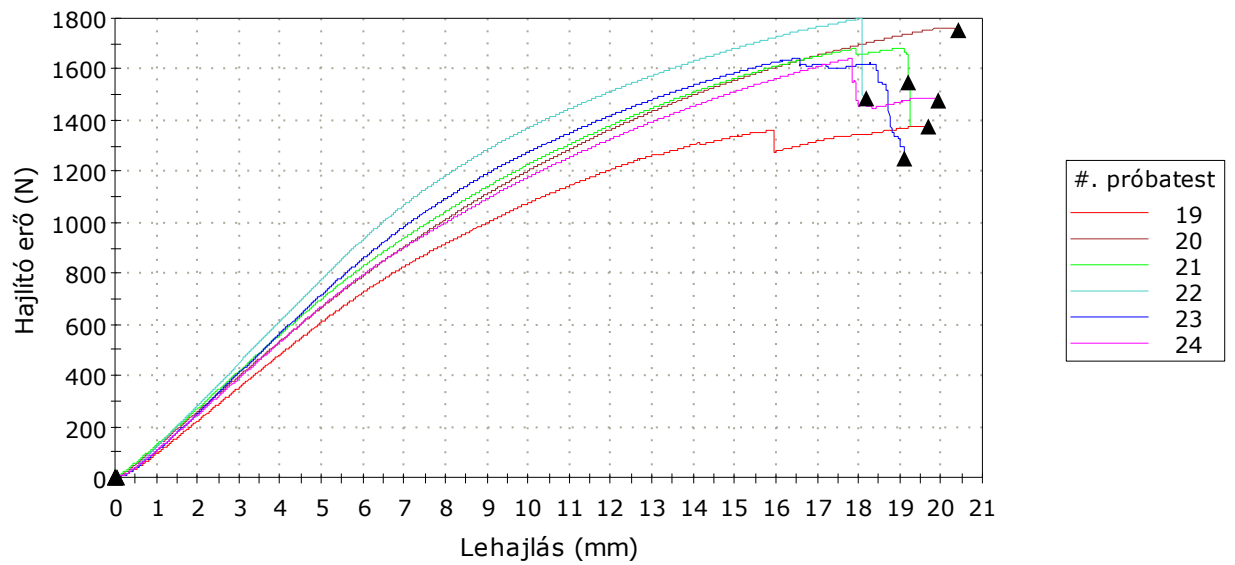




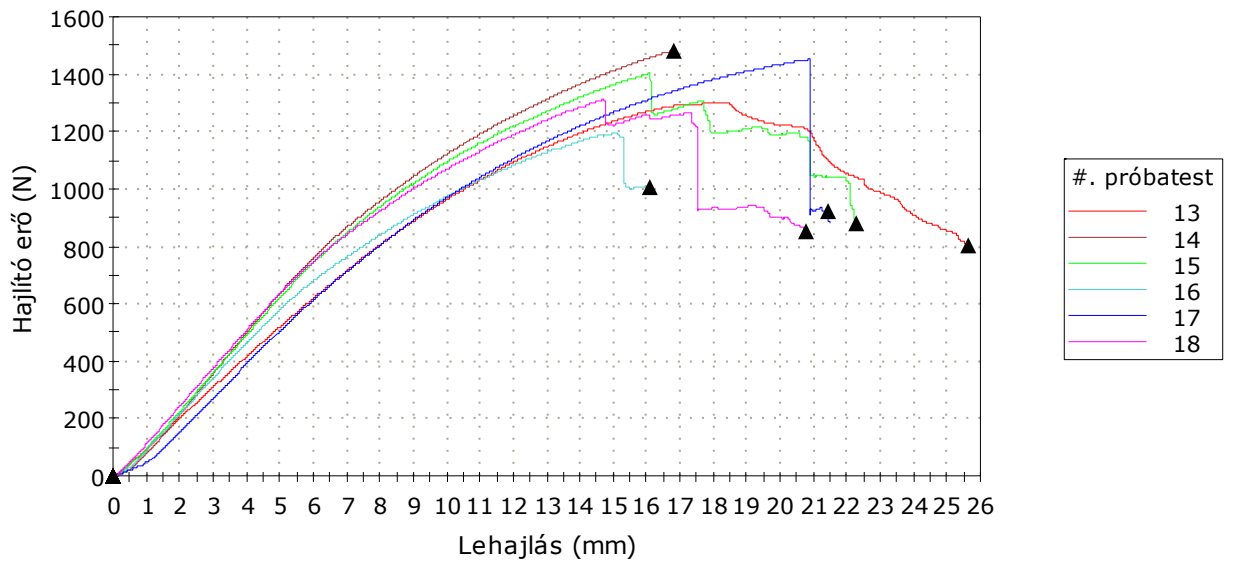
## Próbatestek 7 - 12



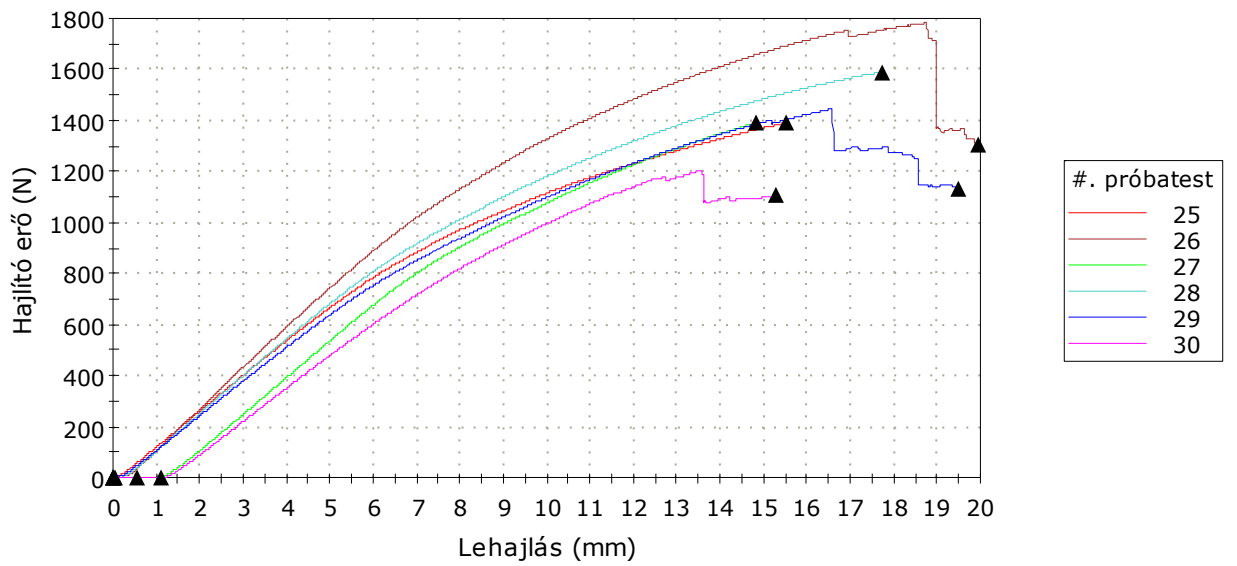
## Próbatestek 19 - 24



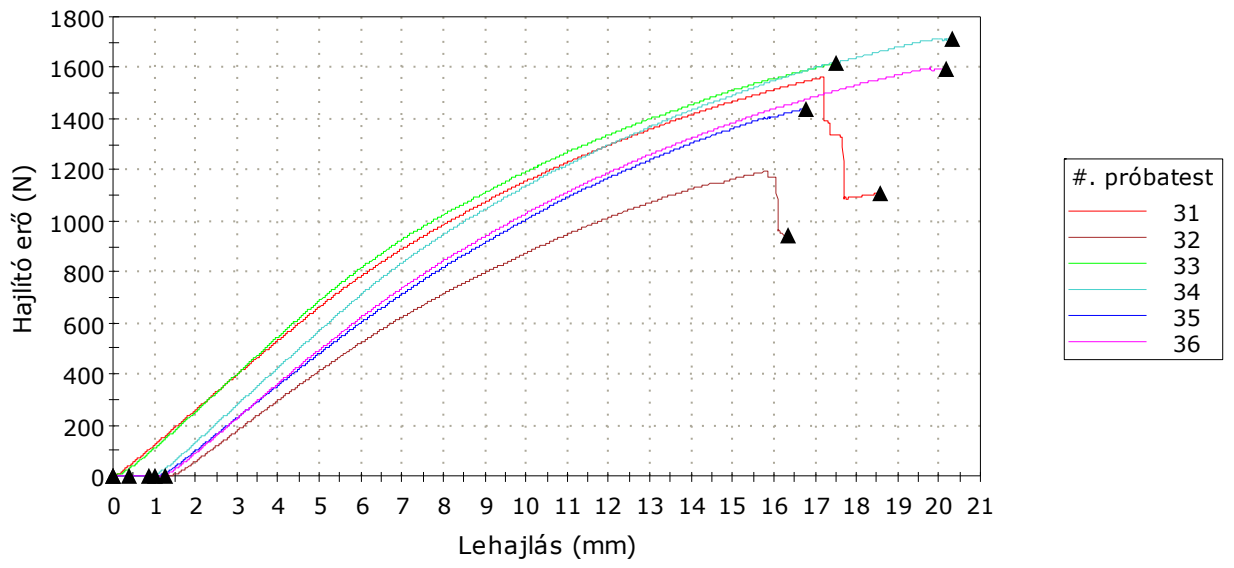
## Próbatestek 13 - 18



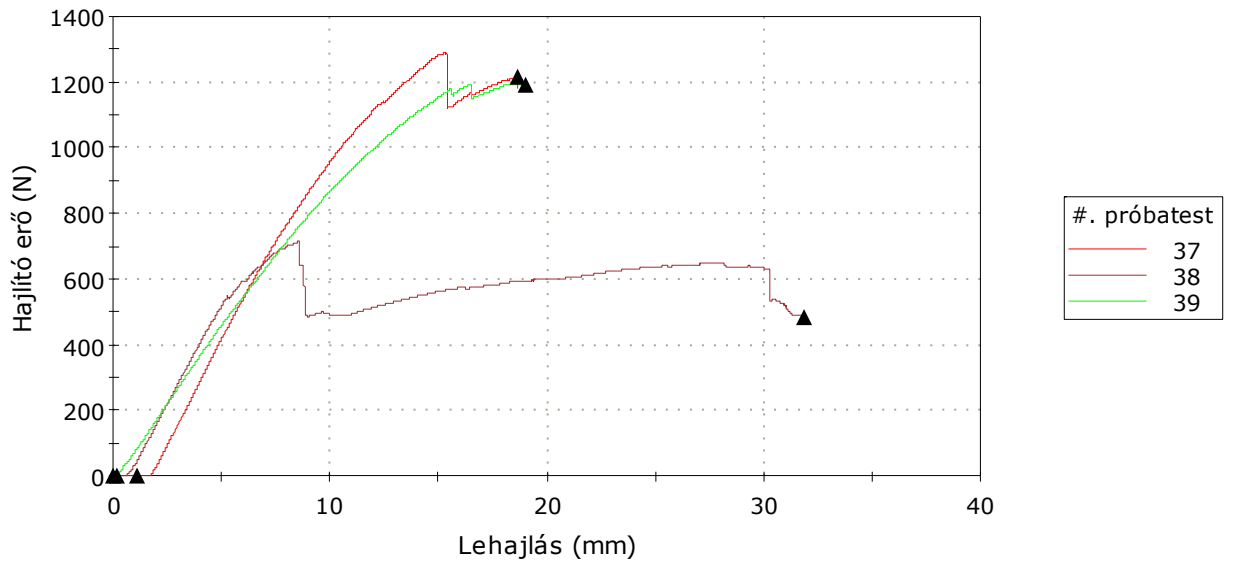
## Próbatestek 25 - 30



## Próbatestek 31 - 36



## Próbatestek 37 - 39



	Lehajlás tönkremenetelkor (mm)	Maximális erő (N)	hajlító	Hajlítószilárdság (MPa)	Rugalmassági mod. (10 % - 40 %) (MPa)
1	-14.999	1257.275		74.483	5000.434
2	-21.498	1397.917		72.427	4504.175
3	-23.917	1318.075		78.670	4204.983
4	-20.600	1428.881		83.773	4463.038
5	-18.747	1407.145		80.004	5139.760
6	-20.554	1477.228		83.877	5116.887
7	-16.909	1367.546		76.416	4682.476
8	-20.011	1493.866		81.475	4780.556
9	-16.658	1383.671		79.391	4941.541
10	-27.550	1588.743		92.230	5254.188
11	-25.054	1418.919		81.640	5097.751
12	-21.089	1404.953		82.154	5023.399
13	-28.273	1299.724		77.324	4325.060
14	-17.993	1483.055		85.599	5525.536
15	-23.507	1404.435		82.316	5237.843
16	-17.552	1197.104		68.563	4832.715
17	-22.986	1450.916		85.485	4710.629
18	-22.189	1311.571		77.288	5273.350
19	-20.786	1377.343		82.970	5334.910
20	-22.010	1762.569		99.148	5101.553
21	-20.791	1685.987		94.526	5326.690
22	-19.644	1799.865		102.383	6297.810
23	-20.484	1643.598		91.571	5753.004
24	-21.383	1641.656		99.471	5810.606
25	-16.263	1390.840		81.739	5516.413
26	-21.148	1780.607		104.316	6370.000
27	-14.835	1388.708		79.844	5485.103
28	-19.023	1588.766		94.552	5879.145
29	-20.757	1445.408		85.167	5358.538
30	-15.472	1206.517		71.690	5242.242
31	-19.944	1563.354		93.368	5541.209
32	-16.341	1193.656		70.570	4714.463
33	-18.314	1618.175		96.107	5842.142
34	-20.298	1716.394		101.926	5788.669
35	-20.407	1439.287		83.513	5168.456

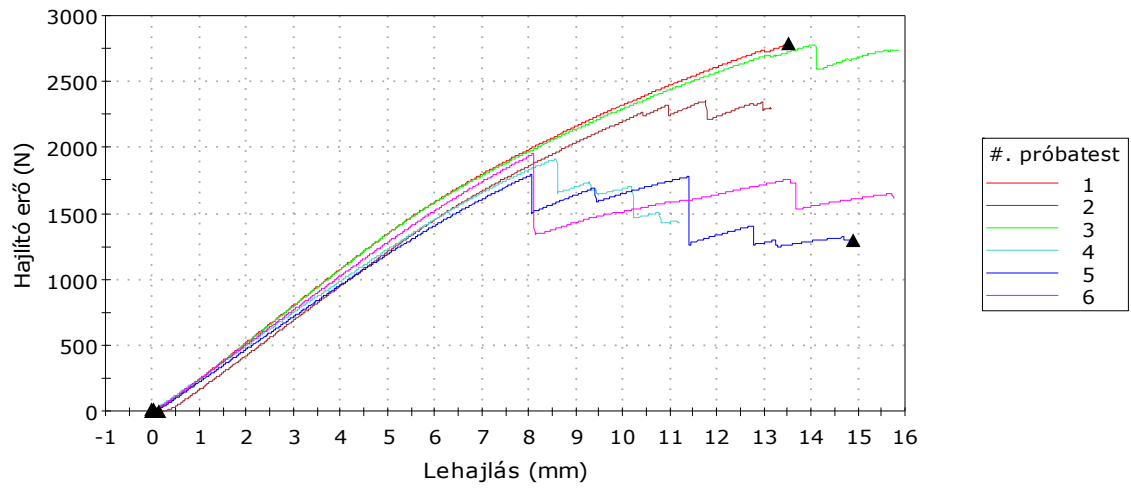
	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális erő (N)	hajlító	Hajlítószilárdság (MPa)	Rugalmassági (10 % - 40 %) mod. (MPa)
36	-20.153	1599.622		93.545	5292.475
37	-18.665	1287.420		74.439	5046.030
38	-31.860	715.244		41.742	4891.438
39	-20.821	1193.718		69.462	3796.833
40	-16.803	1441.725		85.372	5066.202
Átlag	-20.407	1439.287		83.513	5168.456
Szórás	3.58556	204.08300		11.86540	538.71854
Maximum	-14.835	1799.865		104.316	6370.000
Minimum	-31.860	715.244		41.742	3796.833
Variációs együttható	-17.57009	14.17945		14.20778	10.42320

### **5.3 Melléklet: A 2007 évi kilencrétegű akáclemezek mérési jegyzőkönyvei**

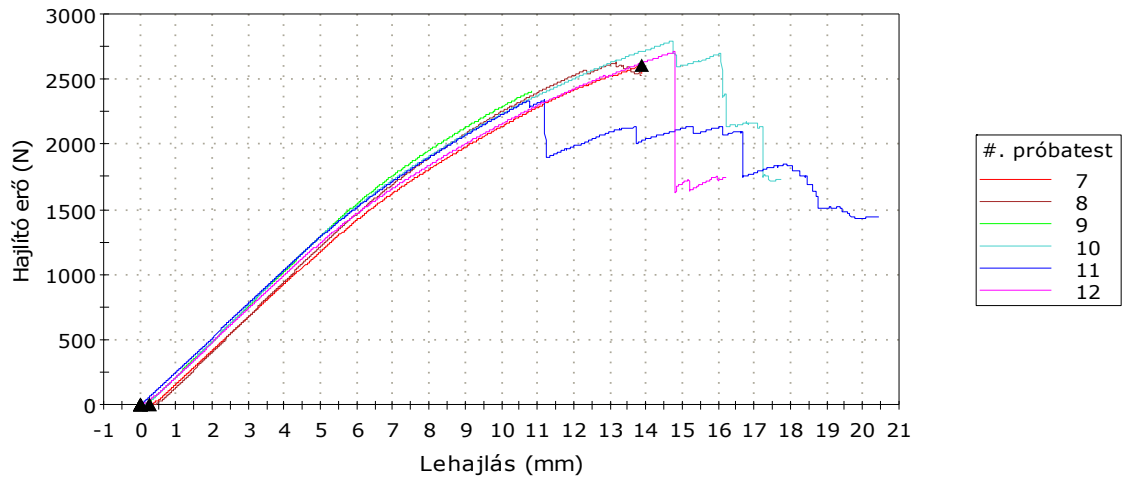
#### **Rostirányú mérési adatok és eredmények**

Iktatószám	BE/2007
Beérkezés dátuma	2007.03.13
Vizsgálati hőmérséklet	23 °C
Vizsgálati páratartalom	43%
Minta megnevezése	9 rétegű akác rétegelt falemez (rostirányú)
Névleges vastagság	13,1 mm
Alátámasztási hossz	262,00000 mm
Szélesség	50,00000 mm

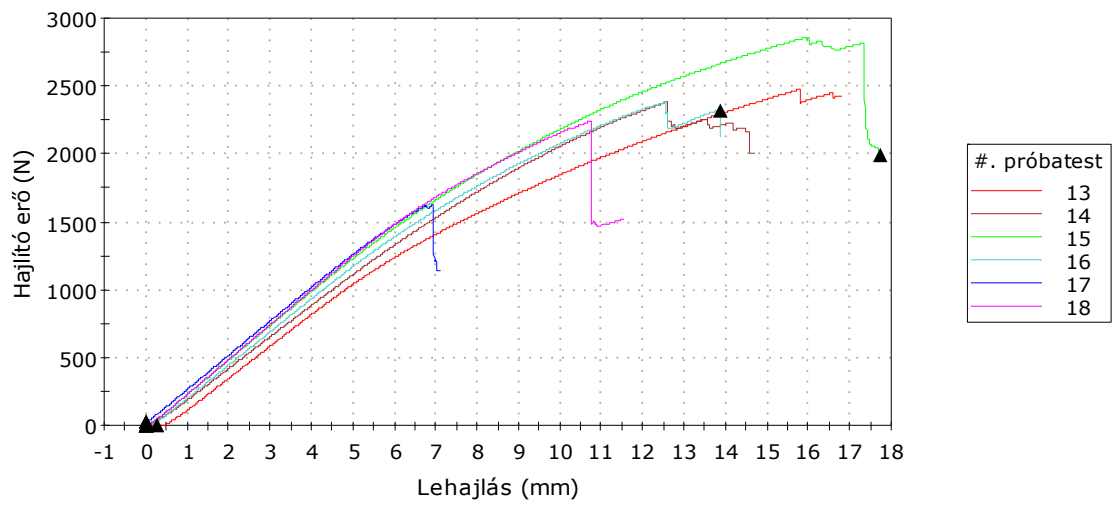
Próbatestek 1 - 6



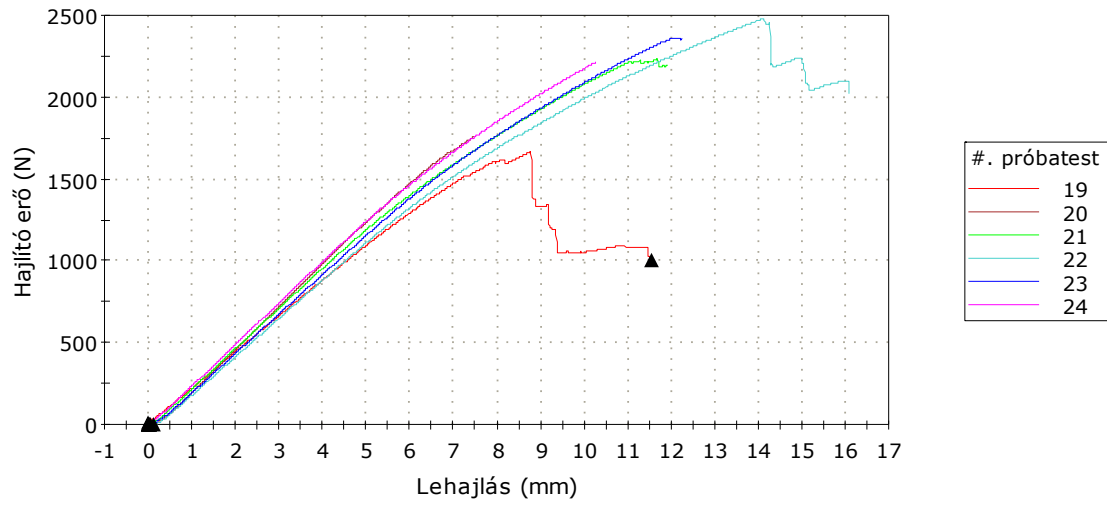
Próbatestek 7 - 12



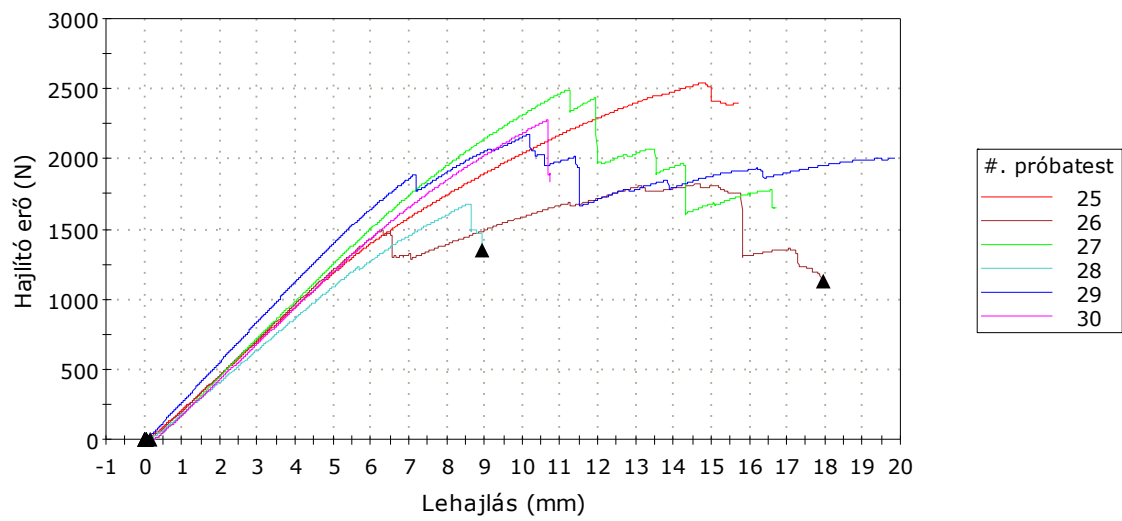
Próbatestek 13 - 18



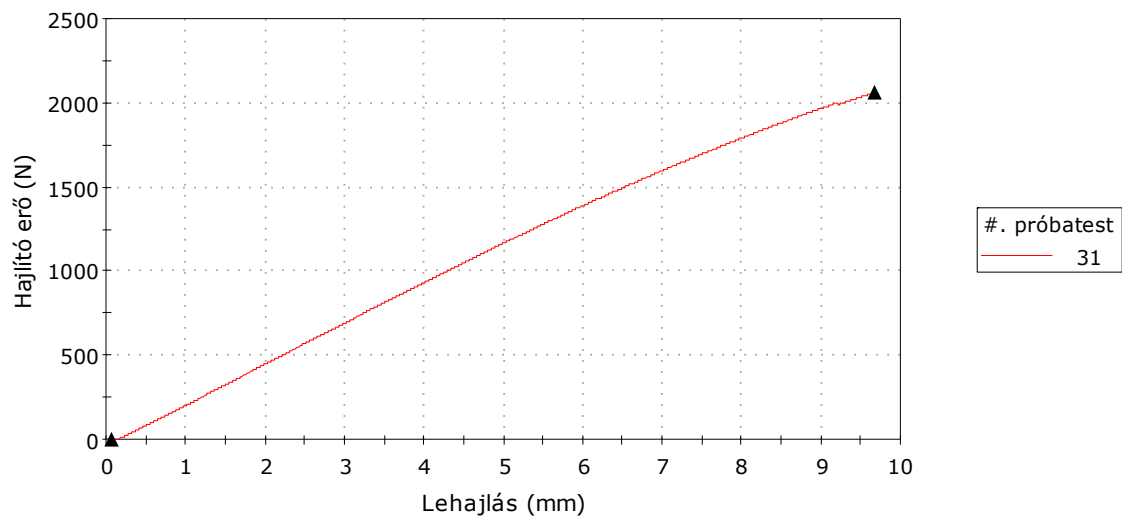
Próbatestek 19 - 24



Próbatestek 25 - 30



Próbatestek 31 - 31



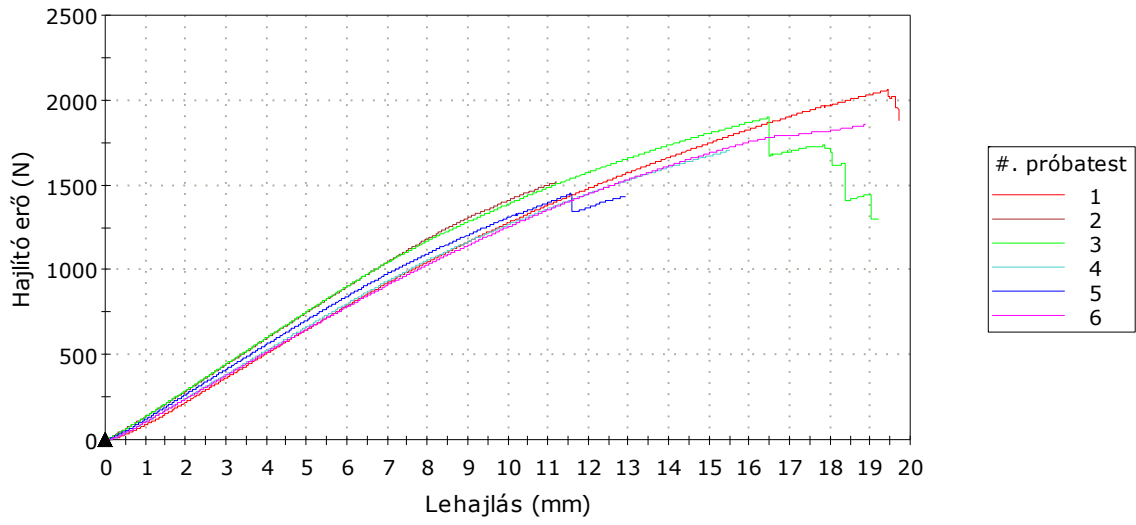
	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)	Rugalmassági mod. (10 % - 40 %) (MPa)
1	13.02000	-13.362	2784.359	125.388	11140.289
2	12.94000	-13.279	2352.035	108.840	10810.635
3	12.98000	-15.703	2778.244	126.722	11297.565
4	12.76000	-11.267	1913.297	89.034	10672.375
5	12.95000	-14.918	1788.754	80.659	9882.652
6	12.96000	-15.452	1947.297	87.605	10435.345
7	12.95000	-13.866	2602.042	117.990	10355.009
8	12.76000	-13.926	2627.680	122.680	11441.826
9	12.90000	-10.913	2415.789	110.481	10992.913
10	13.05000	-17.790	2794.390	124.105	10844.972
11	12.78000	-20.433	2341.767	109.053	11048.593
12	13.17000	-16.230	2709.746	118.688	10025.603
13	13.05000	-16.833	2475.656	110.246	9265.757
14	13.06000	-14.437	2384.027	105.963	9105.945
15	13.01000	-17.727	2856.990	127.987	10012.392
16	12.97000	-13.350	2381.056	107.845	9811.446
17	12.83000	-7.120	1619.996	74.365	10390.570
18	12.90000	-11.600	2244.675	103.557	10554.834
19	13.06000	-10.986	1664.959	74.332	8701.420
20	12.89000	-7.483	1755.933	80.898	10799.327
21	12.62000	-12.477	2233.319	106.368	10695.640
22	12.64000	-16.107	2477.949	117.669	10090.273
23	12.87000	-11.780	2360.140	108.125	9851.313
24	12.93000	-10.367	2224.820	101.138	10258.867
25	12.67000	-15.813	2545.476	122.599	10761.299
26	13.02000	-17.670	1823.322	81.555	10093.552
27	12.86000	-16.767	2493.013	114.435	11077.202
28	12.89000	-8.957	1682.595	76.668	9282.950
29	12.94000	-19.923	2178.413	98.971	11588.959
30	12.87000	-10.767	2282.033	104.749	10504.354
31	13.06000	-9.402	2061.461	91.625	9570.258
Átlag:	12.91484	-13.765	2283.911	104.205	10366.585
Szórás:	0.13087	3.42247	363.41770	16.62649	709.53332
Maximum:	13.17000	-7.120	2856.990	127.987	11588.959
Minimum:	12.62000	-20.433	1619.996	74.332	8701.420
Variációs együttható:	1.01330	-24.86399	15.91208	15.95563	6.84443

### ***Rostirányra merőleges adatok és eredmények***

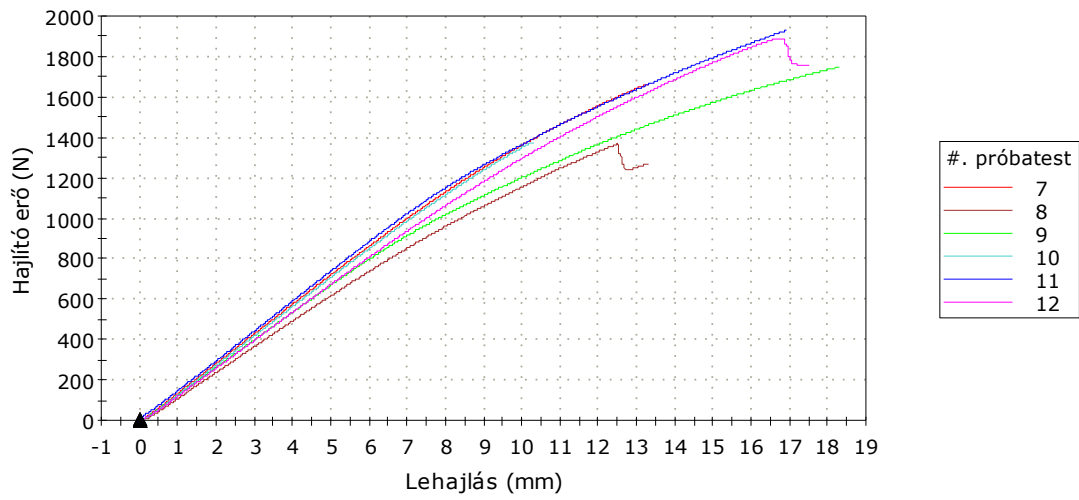
Iktatószám	BE/2007
Beérkezés dátuma	2007.03.13
Vizsgálati hőmérséklet	23 °C
Vizsgálati páratartalom	41%
Minta megnevezése	9 rétegű akác rétegelt falemez (kereszt rostirányú)
Névleges vastagság	13,1 mm
Alátámasztási hossz	262.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm



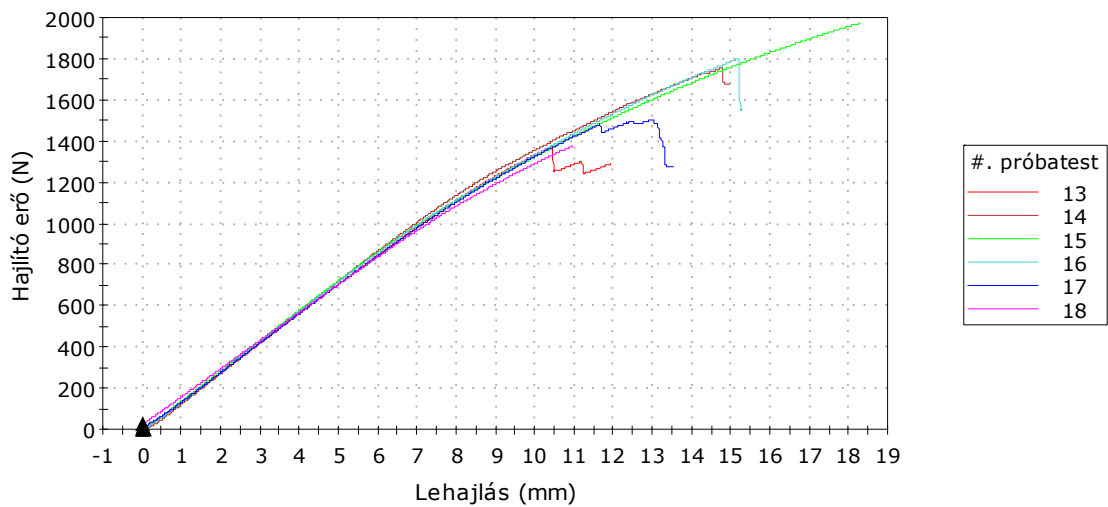
Próbatestek 1 - 6



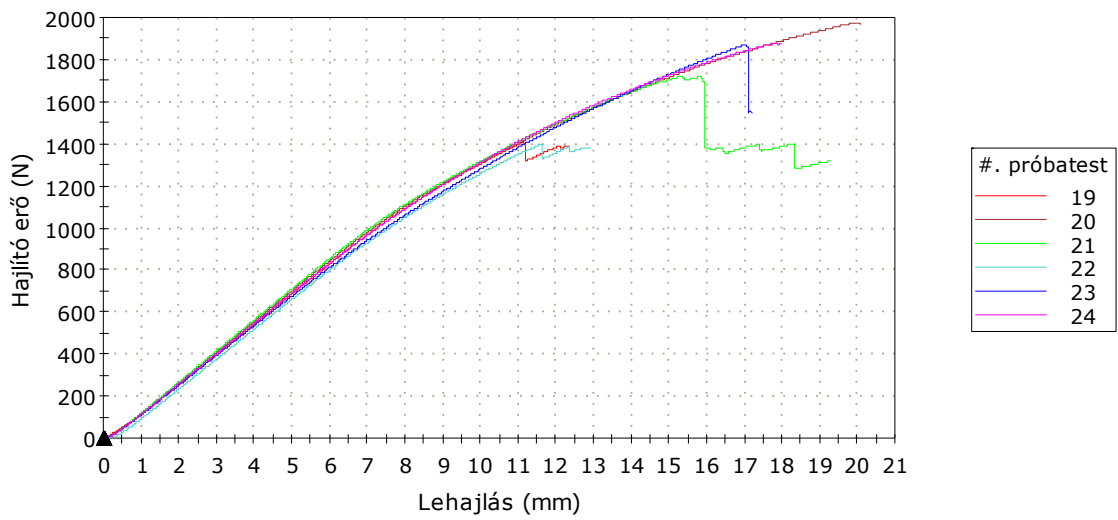
Próbatestek 7 - 12



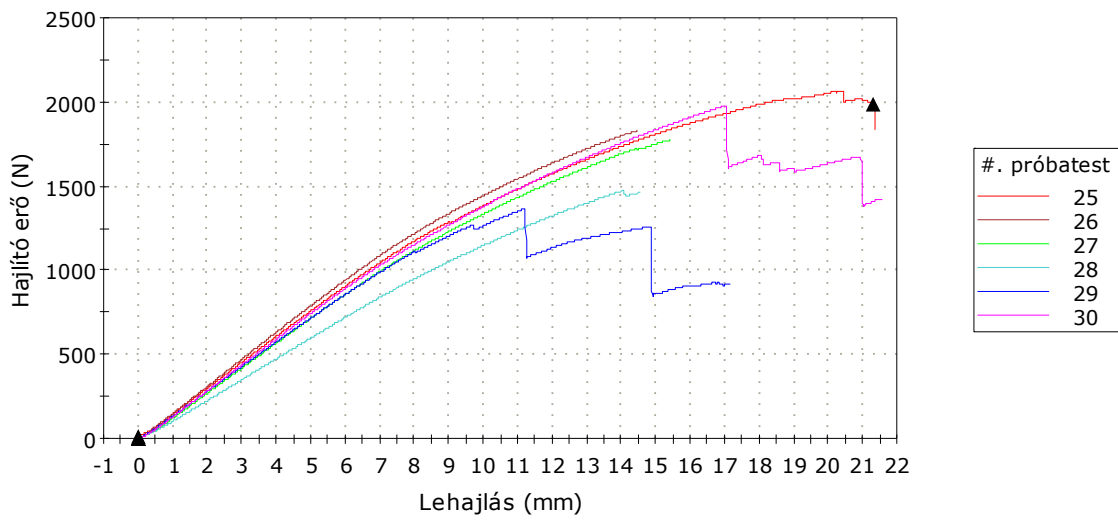
Próbatestek 13 - 18



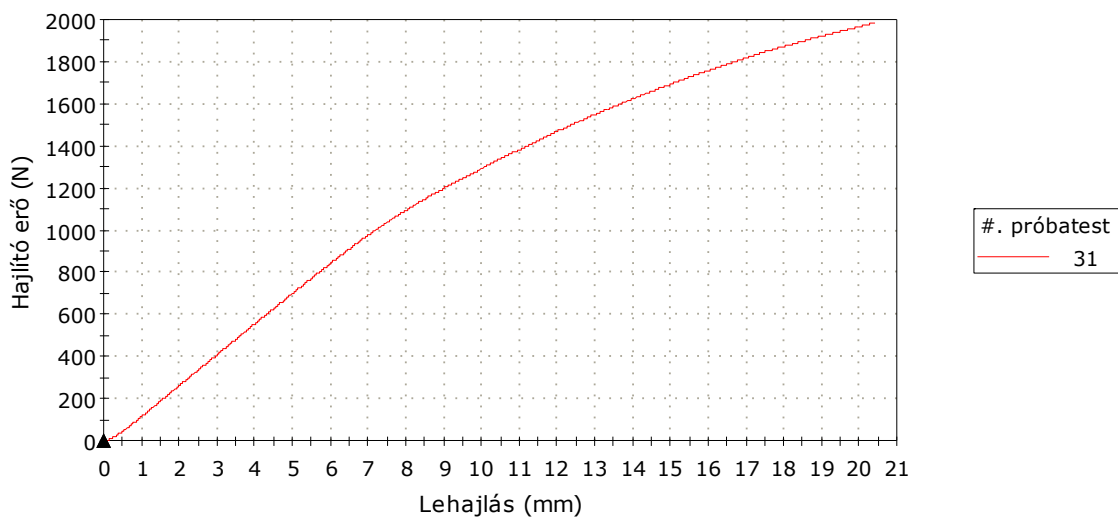
Próbatestek 19 - 24



Próbatestek 25 - 30



Próbatestek 31 - 31



	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)	Rugalmassági mod. (10 % - 40 %) (MPa)
1	13.06000	-20.067	2059.636	91.757	5578.314
2	13.09000	-11.403	1519.751	67.578	6033.037
3	12.91000	-20.380	1896.360	86.692	6277.524
4	13.00000	-16.206	1703.836	76.460	5564.640
5	12.96000	-13.717	1446.651	65.295	5891.807
6	12.84000	-19.105	1854.654	85.712	5649.907
7	13.05000	-13.610	1665.298	74.896	5795.216
8	12.93000	-13.434	1367.055	62.073	5169.737
9	12.86000	-18.046	1748.954	80.922	5625.806
10	13.06000	-10.598	1374.999	61.304	5693.706
11	12.94000	-16.943	1930.491	87.759	5972.154
12	13.12000	-18.033	1890.290	83.347	5330.336
13	13.06000	-11.703	1373.203	61.235	5653.701
14	13.09000	-14.152	1756.053	77.844	5817.379
15	12.94000	-18.551	1974.587	89.434	5910.931
16	13.04000	-15.079	1800.218	80.508	5791.707
17	13.11000	-13.593	1502.479	66.710	5583.337
18	13.02000	-11.043	1382.882	62.179	5410.265
19	13.03000	-11.984	1412.089	64.129	5752.859
20	12.88000	-19.739	1977.506	92.345	6156.444
21	12.63000	-19.381	1723.196	81.910	6421.020
22	12.87000	-13.052	1398.907	65.145	5914.518
23	13.03000	-17.239	1873.359	83.440	5577.538
24	13.01000	-17.419	1876.362	84.041	5721.343
25	13.14000	-21.327	2064.280	90.515	5927.308
26	12.68000	-14.612	1834.160	86.216	6851.431
27	13.01000	-15.101	1775.794	80.061	5923.140
28	13.01000	-14.430	1470.487	66.490	4952.230
29	12.97000	-17.240	1365.155	61.522	5907.374
30	13.06000	-21.948	1979.952	88.054	6033.802
31	12.89000	-19.789	1985.093	91.243	6003.448
Átlag:	12.97710	-16.094	1709.153	77.317	5802.966
Szórás:	0.11799	3.26787	239.68206	10.96382	359.93050
Maximum:	13.14000	-10.598	2064.280	92.345	6851.431
Minimum:	12.63000	-21.948	1365.155	61.235	4952.230
Variációs együttható:	0.90921	-20.30456	14.02344	14.18042	6.20253

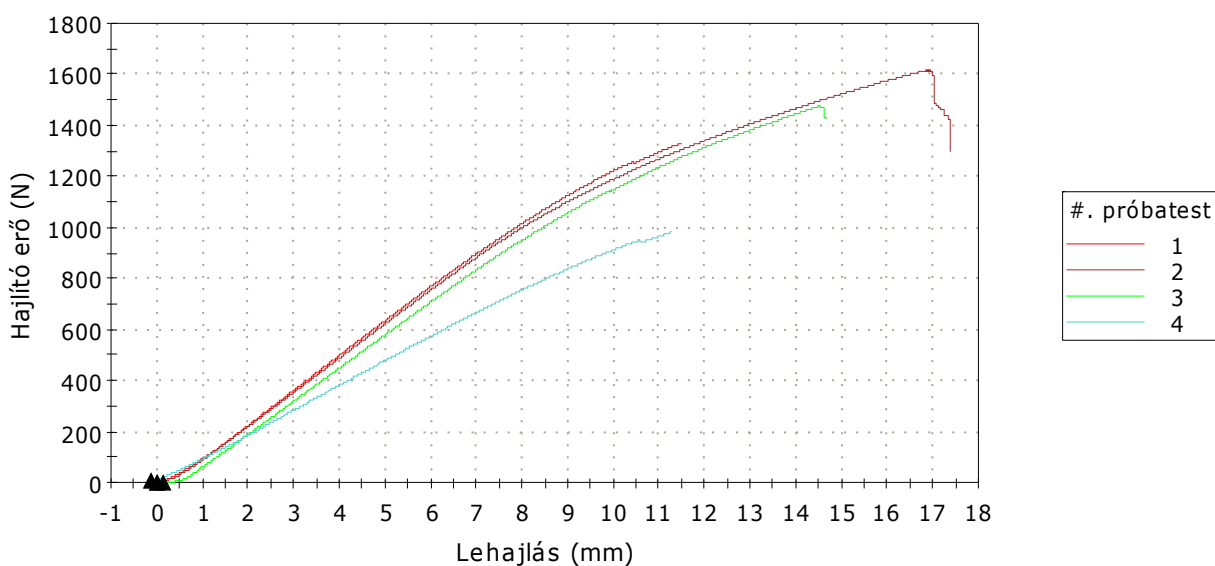
*A mért sűrűségi értékek*

	Rostirányú Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	Rostirányra merőleges Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )
1	794,65	792,90
2	791,47	791,19
3	798,10	774,35
4	792,35	768,05
5	782,03	795,45
6	760,95	813,90
7	800,74	761,41
8	809,14	786,69
9	802,20	794,53
10	798,50	769,49
11	806,98	793,21
12	767,31	777,23
13	791,13	794,05
14	766,97	762,24
15	767,64	801,01
16	722,10	765,25
17	794,50	764,30
18	738,29	783,34
19	761,54	792,96
20	745,76	784,90
21	763,04	762,93
22	740,40	783,97
23	744,38	788,78
24	789,76	765,83
25	736,41	765,17
26	791,70	751,89
27	800,32	760,84
28	735,28	763,45
29	791,88	775,92
30	802,04	781,34
31	756,08	800,32
Átlag:	772,50	779,58
Szórás:	26,05	15,31
Maximum:	809,14	813,90
Minimum:	722,10	751,89

## 5.4 Melléklet: A 2008 évi kilencrétegű akáclemez mérési jegyzőkönyvei

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_1_1_k
Névleges vastagság	14mm
Alátámasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 4

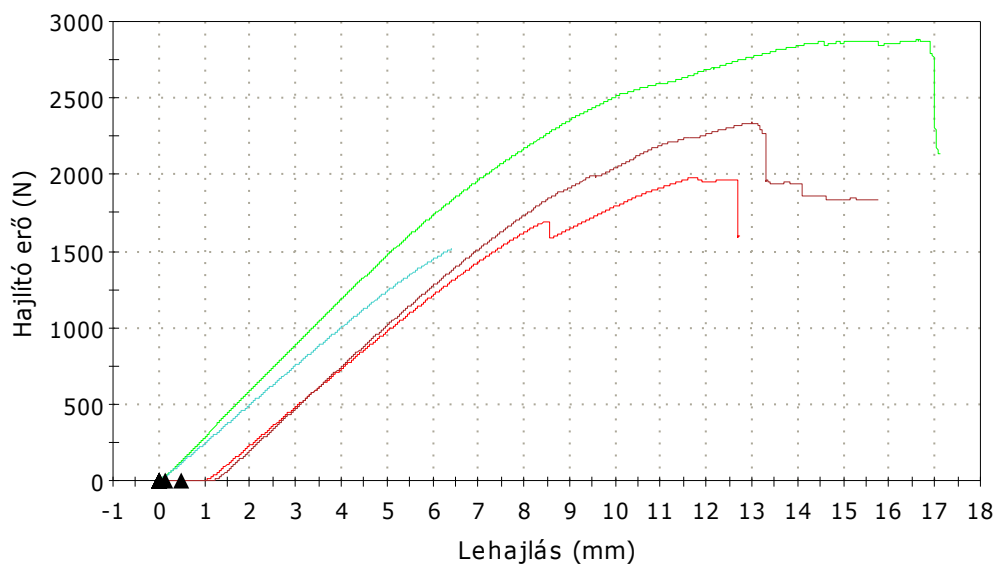


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)
1	13.10000	-11.66	1328.0	62.987
2	13.11000	-17.57	1615.8	77.133
3	13.10000	-14.54	1477.1	70.116
4	13.31000	-11.46	983.1	45.825
Átlag	13.15500	-13.81	1351.0	64.015
Szórás	0.10344	2.87624	271.98076	13.43179
Maximum	13.31000	-11.46	1615.8	77.133
Minimum	13.10000	-17.57	983.1	45.825
Variációs együttható	0.78632	-20.82598	20.13186	20.98216

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	6512.653	763.0
2	6397.432	754.8
3	6174.289	757.3
4	4486.219	720.3
Átlag	5892.648	748.9
Szórás	948.08202	19.33517
Maximum	6512.653	763.0
Minimum	4486.219	720.3
Variációs együttható	16.08923	2.58196

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_1_1_p
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 4

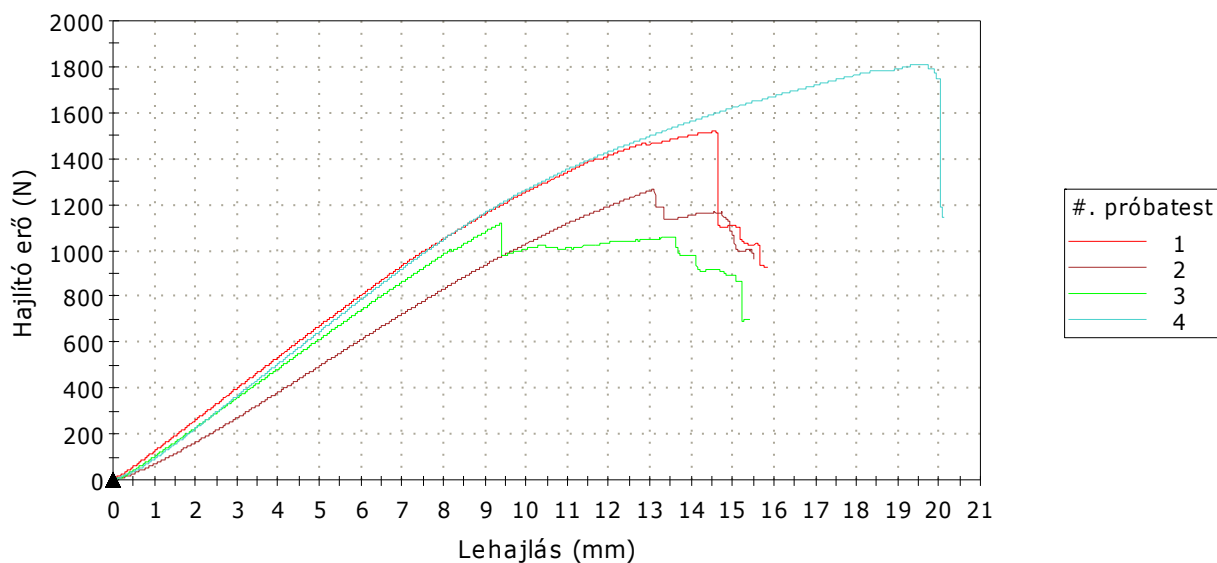


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelk or (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárd ság (MPa)
1	13.21000	-12.76	1981.3	92.470
2	13.18000	-15.76	2338.6	109.385
3	13.00000	-17.34	2876.7	139.250
4	13.23000	-6.42	1514.5	71.680
Átlag	13.15500	-13.07	2177.8	103.196
Szórás	0.10536	4.82394	575.26308	28.55696
Maximum	13.23000	-6.42	2876.7	139.250
Minimum	13.00000	-17.34	1514.5	71.680
Variációs együttható	0.80089	-36.90980	26.41533	27.67247

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	11618.510	724.5
2	12732.988	742.5
3	14744.716	747.8
4	11954.637	702.2
Átlag	12762.712	729.2
Szórás	1401.35734	20.58834
Maximum	14744.716	747.8
Minimum	11618.510	702.2
Variációs együttható	10.98009	2.82330

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_1_2 k
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

## Próbatestek 1 - 4



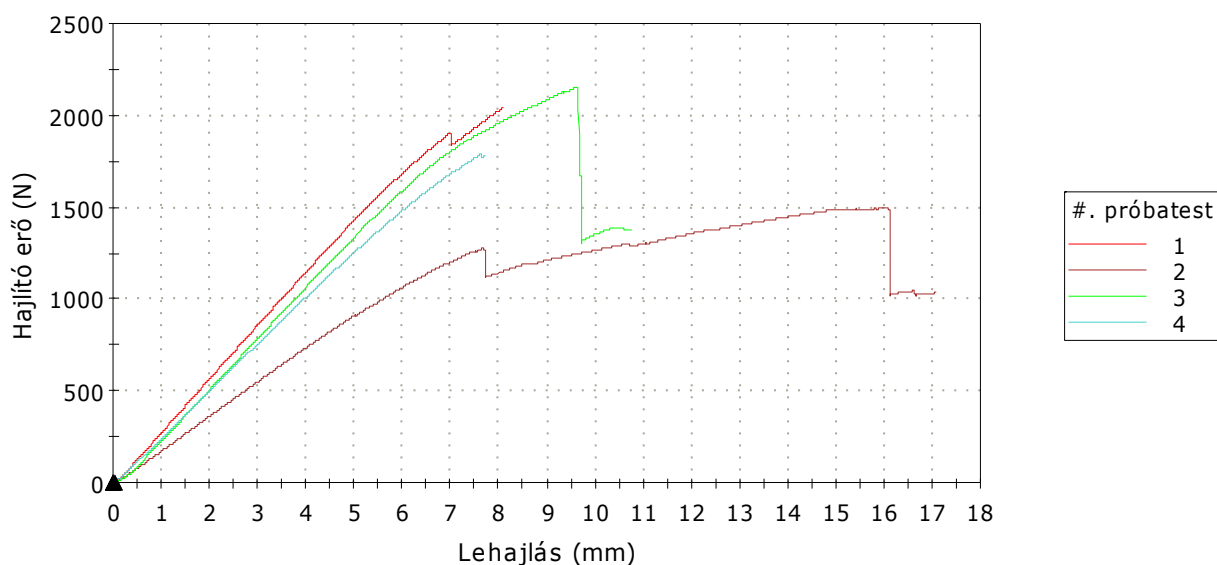
	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)
1	13.04000	-15.87	1517.1	72.187
2	14.16000	-15.74	1267.1	52.382
3	13.14000	-15.94	1115.8	52.887
4	13.26000	-20.54	1811.8	83.938
Átlag	13.40000	-17.02	1427.9	65.349
Szórás	0.51459	2.34589	304.74274	15.44603
Maximum	14.16000	-15.74	1811.8	83.938
Minimum	13.04000	-20.54	1115.8	52.382
Variációs együttható	3.84020	-13.78006	21.34135	23.63638

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	6571.573	767.4
2	4359.851	686.7
3	6066.787	759.5
4	6447.390	747.1
Átlag	5861.400	740.2
Szórás	1023.81072	36.63473
Maximum	6571.573	767.4
Minimum	4359.851	686.7
Variációs együttható	17.46700	4.94947



Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_1_2 p
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

## Próbatestek 1 - 4

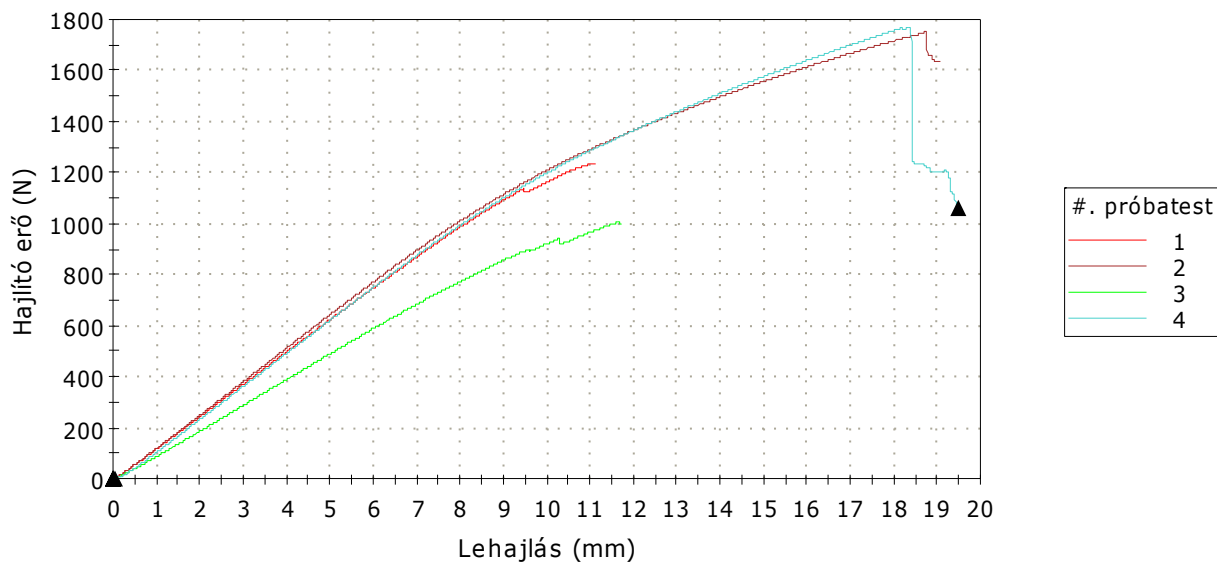


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkremenetelkor (mm)	Maximális hajító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)
1	13.10000	-8.50	2056.2	98.077
2	13.17000	-17.39	1493.5	70.590
3	13.32000	-10.99	2151.3	100.842
4	13.31000	-8.40	1793.5	81.878
Átlag	13.22500	-11.32	1873.6	87.847
Szórás	0.10786	4.21796	295.16404	14.22379
Maximum	13.32000	-8.40	2151.3	100.842
Minimum	13.10000	-17.39	1493.5	70.590
Variációs együttható	0.81556	-37.26405	15.75394	16.19159

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	14013.700	756.6
2	8936.555	766.3
3	12917.436	762.1
4	11607.188	717.5
Átlag	11868.720	750.6
Szórás	2188.35794	22.43443
Maximum	14013.700	766.3
Minimum	8936.555	717.5
Variációs együttható	18.43803	2.98877

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_2-1-k
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 4

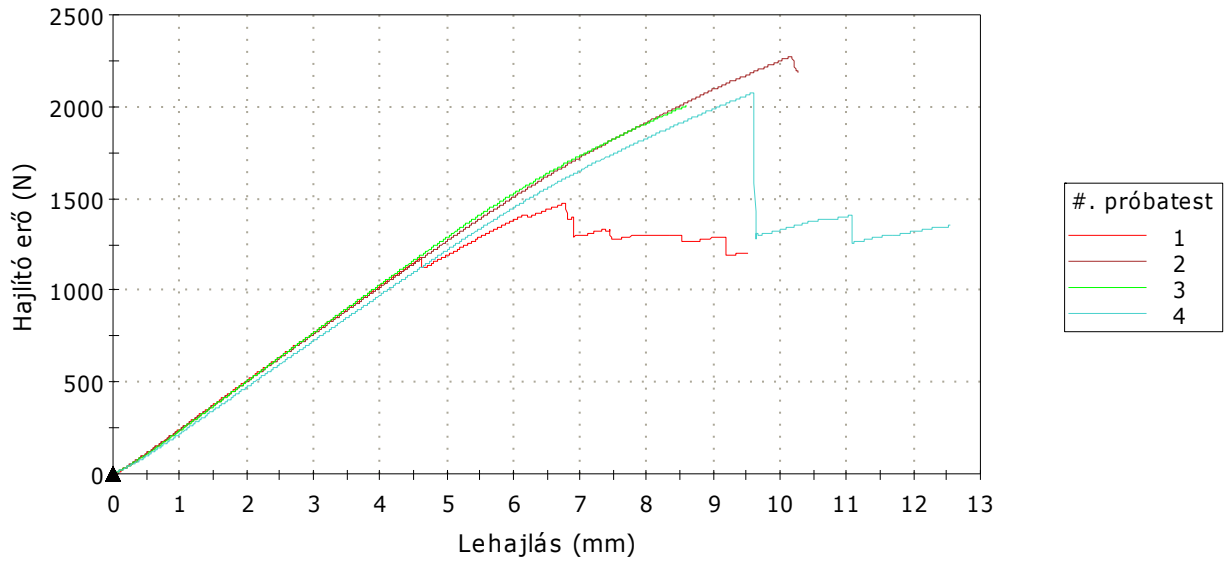


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkremeretelk or (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárd ság (MPa)
1	13.10000	-11.48	1236.7	58.489
2	13.03000	-20.22	1751.1	84.656
3	12.97000	-13.28	1006.6	48.687
4	12.97000	-20.26	1769.3	85.425
Átlag	13.01750	-16.31	1440.9	69.314
Szórás	0.06185	4.59653	380.49487	18.59736
Maximum	13.10000	-11.48	1769.3	85.425
Minimum	12.97000	-20.26	1006.6	48.687
Variációs együttható	0.47510	-28.18379	26.40623	26.83048

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	6019.471	748.9
2	6392.791	749.5
3	4941.968	752.2
4	6306.806	773.4
Átlag	5915.259	756.0
Szórás	668.20673	11.71570
Maximum	6392.791	773.4
Minimum	4941.968	748.9
Variációs együttható	11.29632	1.54969

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_2-1-p
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

## Próbatestek 1 - 4

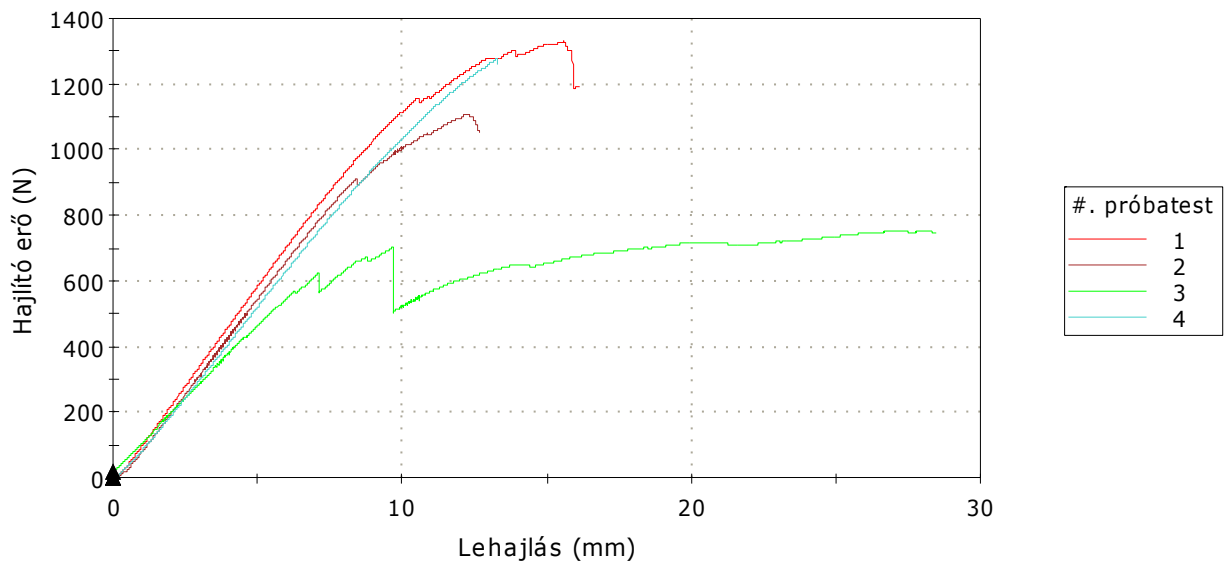


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)
1	13.08000	-10.02	1475.1	70.273
2	13.07000	-11.11	2274.6	108.530
3	13.01000	-8.80	2005.8	96.983
4	12.97000	-13.04	2077.4	102.020
Átlag	13.03250	-10.74	1958.2	94.452
Szórás	0.05188	1.79881	341.57671	16.79800
Maximum	13.08000	-8.80	2274.6	108.530
Minimum	12.97000	-13.04	1475.1	70.273
Variációs együttható	0.39809	-16.74454	17.44313	17.78478

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	12587.175	772.6
2	12406.494	743.7
3	12961.113	764.8
4	12489.339	0.1
Átlag	12611.030	570.3
Szórás	244.79281	380.34571
Maximum	12961.113	772.6
Minimum	12406.494	0.1
Variációs együttható	1.94110	66.69478

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_2-2-k
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 4

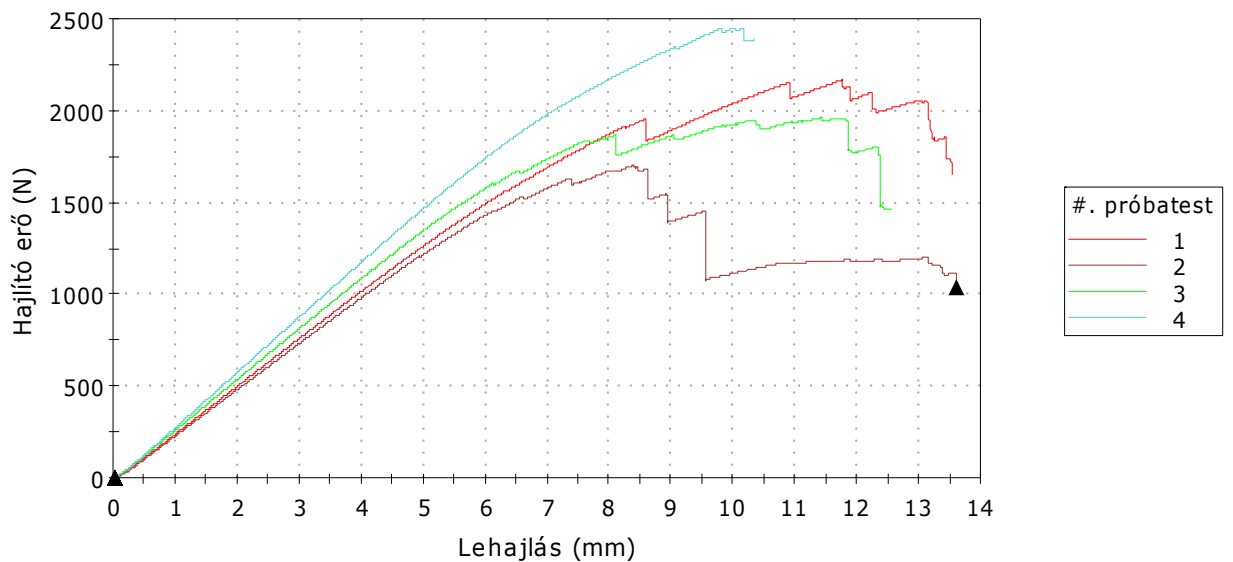


	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkremenetelkor (mm)	Maximális hajító erő (N)	Hajítószilárdság (MPa)
1	12.88000	-16.83	1330.7	65.111
2	13.01000	-13.38	1108.4	53.876
3	12.87000	-28.49	752.3	36.777
4	13.02000	-14.08	1276.9	61.181
Átlag	12.94500	-18.20	1117.1	54.236
Szórás	0.08103	7.02134	260.95306	12.53593
Maximum	13.02000	-13.38	1330.7	65.111
Minimum	12.87000	-28.49	752.3	36.777
Variációs együttható	0.62599	-38.58385	23.36043	23.11351

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	6078.431	774.3
2	5728.196	765.6
3	4605.674	763.7
4	5371.466	770.4
Átlag	5445.942	768.5
Szórás	630.16064	4.76943
Maximum	6078.431	774.3
Minimum	4605.674	763.7
Variációs együttható	11.57120	0.62062

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	30%
Minta megnevezése	L150_2-2-p
Névleges vastagság	14mm
Alátamasztási hossz	280.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

Próbatestek 1 - 4



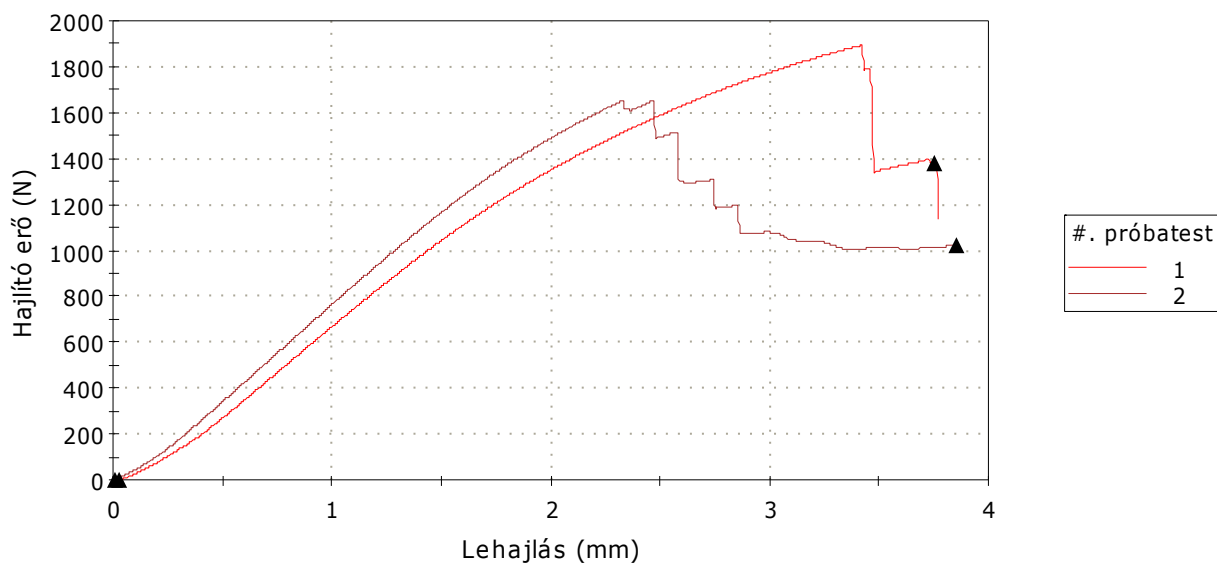
	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelk or (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárd ság (MPa)
1	12.86000	-14.68	2167.1	106.698
2	12.92000	-14.36	1704.6	83.573
3	12.81000	-13.90	1960.9	96.798
4	12.82000	-11.20	2447.5	121.047
Átlag	12.85250	-13.53	2070.0	102.029
Szórás	0.04992	1.58908	314.81002	15.82715
Maximum	12.92000	-11.20	2447.5	121.047
Minimum	12.81000	-14.68	1704.6	83.573
Variációs együttható	0.38838	-11.74253	15.20803	15.51240

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Sűrűség
1	13031.797	783.6
2	12539.234	783.2
3	14008.893	764.0
4	15236.528	773.2
Átlag	13704.113	776.0
Szórás	1190.25746	9.31961
Maximum	15236.528	783.6
Minimum	12539.234	764.0
Variációs együttható	8.68540	1.20098

### **5.5 Melléklet: A 2006-os hétrétegű lemezek vizsgálati jegyzőkönyvei a kitétségi próbák után**

Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	39%
Minta megnevezése	Kevesebb vizet kapott
Névleges vastagság	10mm
Alátamasztási hossz	180.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

## Próbatestek 1 - 2



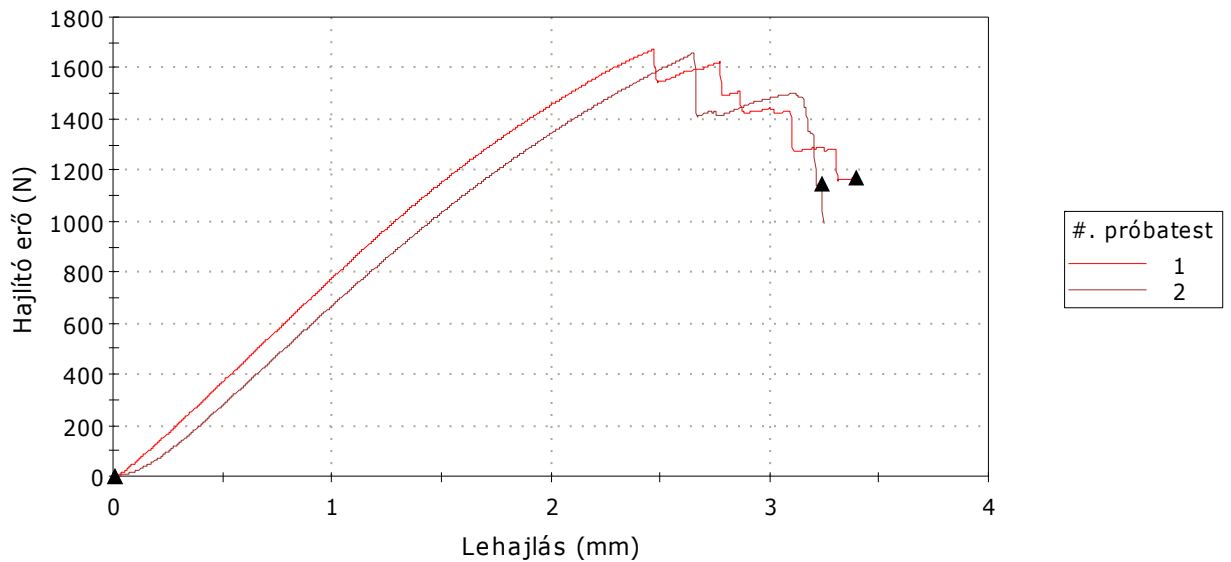
	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkremenetelkor (mm)	Maximális hajlító erő (N)	Hajlítószilárdság (MPa)
1	10.28000	-3.88	1,893.3	98.758
2	10.21000	-3.95	1,654.9	84.576
Átlag	10.24500	-3.91	1,774.1	91.667
Szórás	0.04950	0.04921	168.56452	10.02858
Maximum	10.28000	-3.88	1,893.3	98.758
Minimum	10.21000	-3.95	1,654.9	84.576
Variációs együttható	0.48314	-1.25757	9.50151	10.94026

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Suruség
1	22,044.490	772.9
2	23,013.391	784.5
Átlag	22,528.941	778.7
Szórás	685.11689	8.24733
Maximum	23,013.391	784.5
Minimum	22,044.490	772.9
Variációs együttható	3.04105	1.05912



Iktatószám	
Beérkezés dátuma	
Vizsgálati hőmérséklet	22 °C
Vizsgálati páratartalom	39%
Minta megnevezése	Több vizet kapott
Névleges vastagság	10mm
Alátamasztási hossz	180.00000 mm
Szélesség	50.00000 mm
Vastagság	12.00000 mm

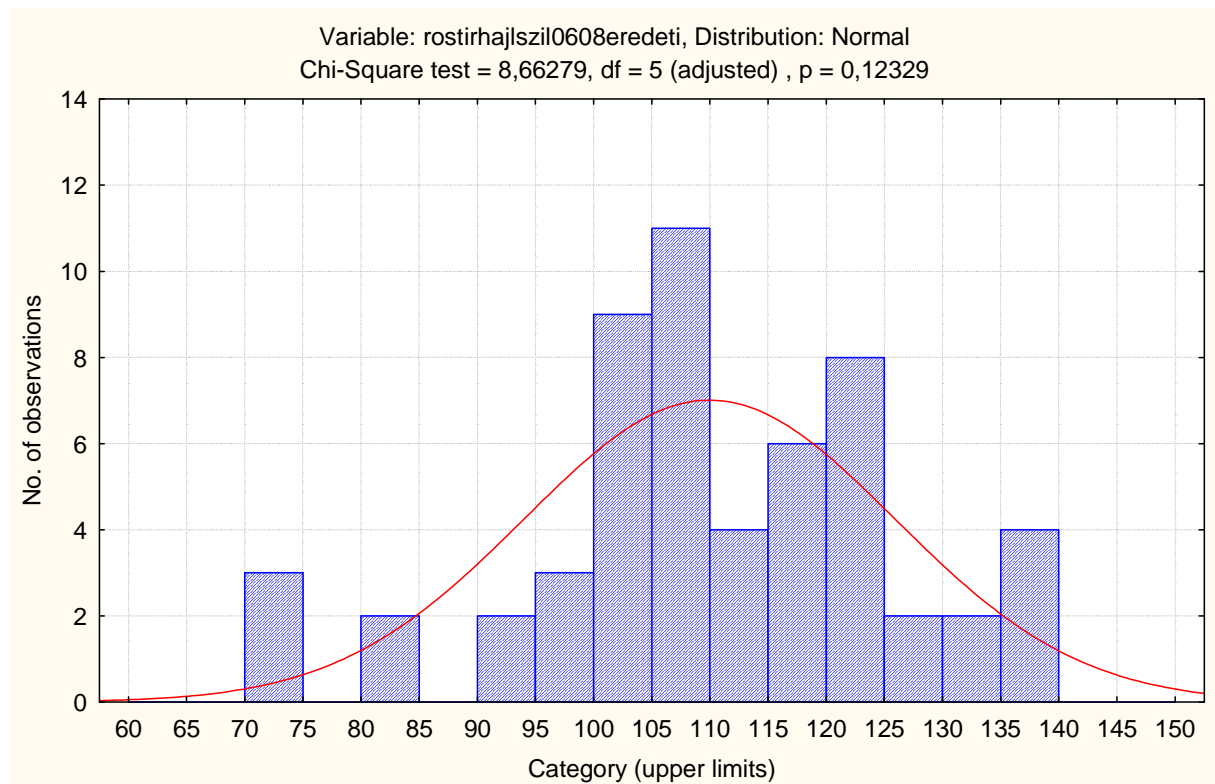
Próbatestek 1 - 2



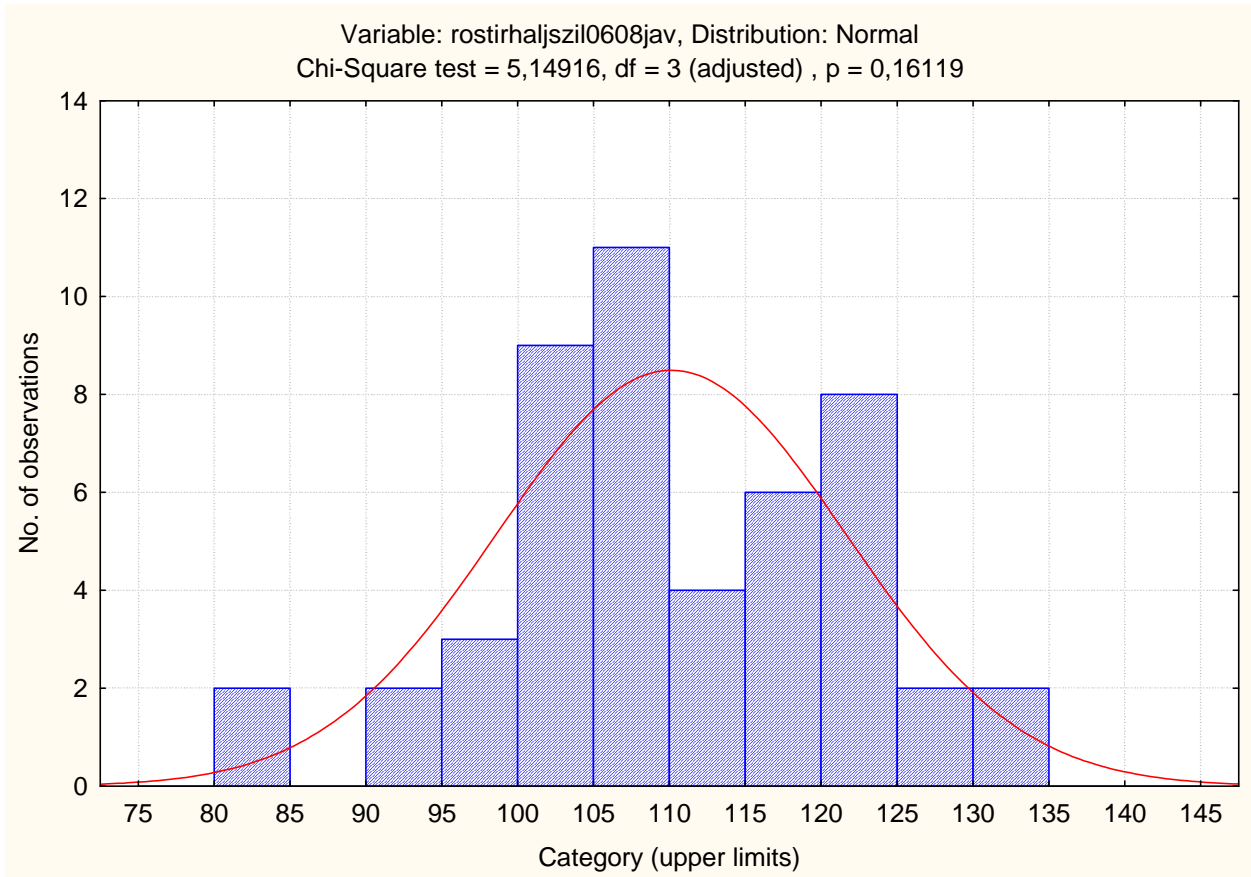
	Vastagság (mm)	Lehajlás tönkrementelk or (mm)	Maximális hajlító ero (N)	Hajlítószilárd ság (MPa)
1	10.31000	-3.67	1,672.6	86.777
2	10.48000	-3.41	1,660.3	80.857
Átlag	10.39500	-3.54	1,666.5	83.817
Szórás	0.12021	0.18300	8.69512	4.18619
Maximum	10.48000	-3.41	1,672.6	86.777
Minimum	10.31000	-3.67	1,660.3	80.857
Variációs együttható	1.15640	-5.16701	0.52176	4.99443

	Modulus (Young's 10 % - 40 %) (MPa)	Suruség
1	22,215.361	770.2
2	19,736.371	762.9
Átlag	20,975.866	766.6
Szórás	1,752.91058	5.18669
Maximum	22,215.361	770.2
Minimum	19,736.371	762.9
Variációs együttható	8.35680	0.67661

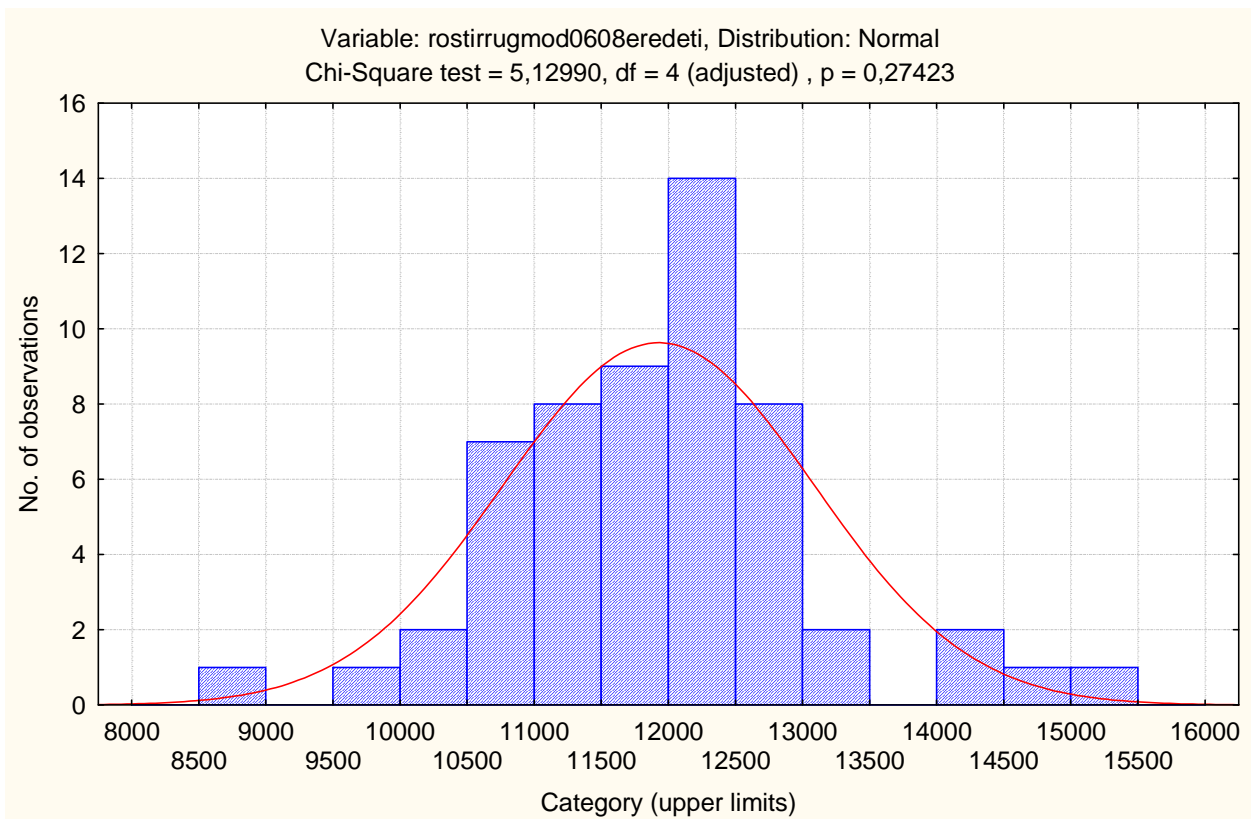
**5.6 Melléklet: a 2006-2008-évi, és a 2007- évi rétegelt lemezek hajlítószilárdsági, és rugalmassági modulus adatainak matematikai vizsgálata**



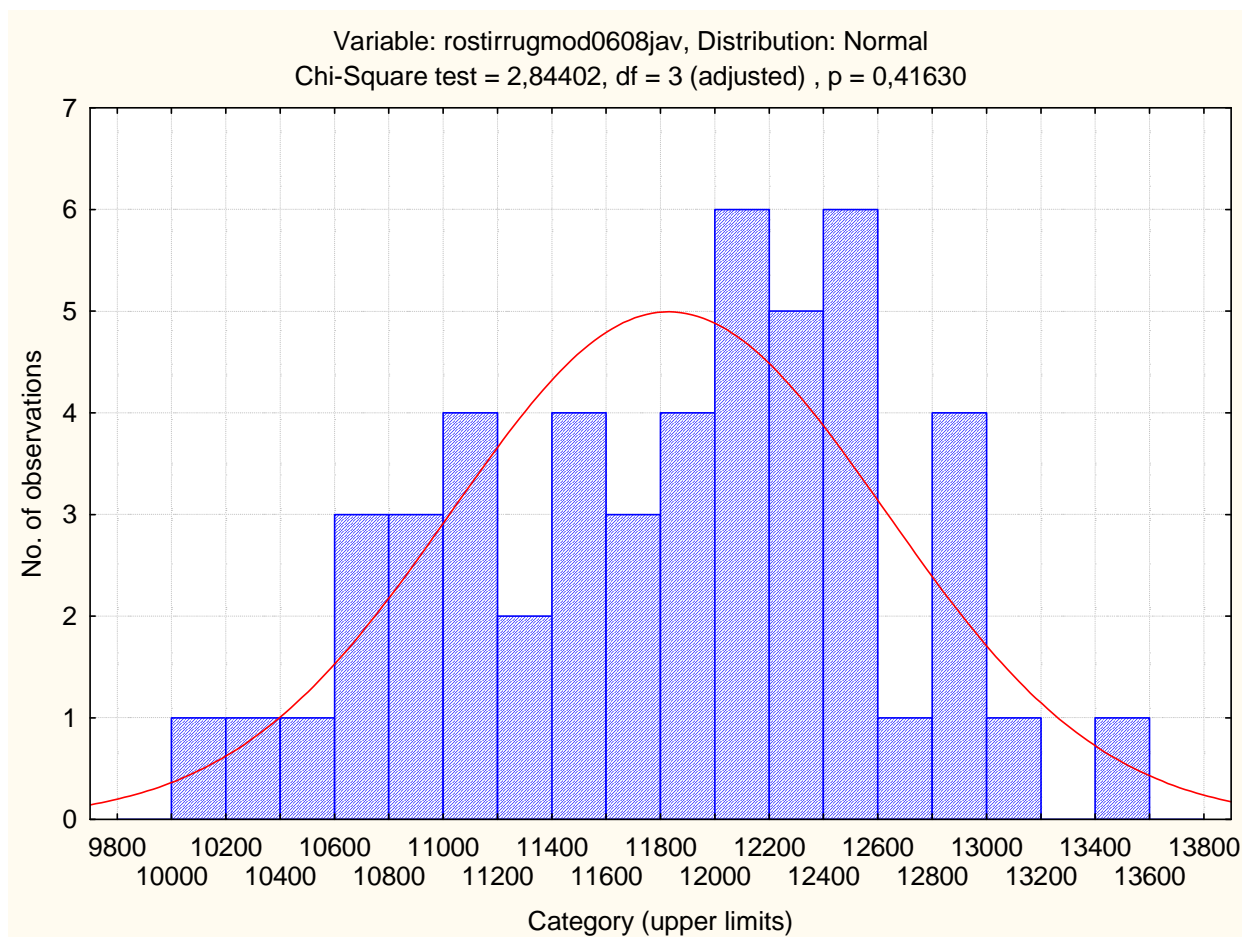
Rostirányú hajlítószilárdság 2006-2008 eredeti.



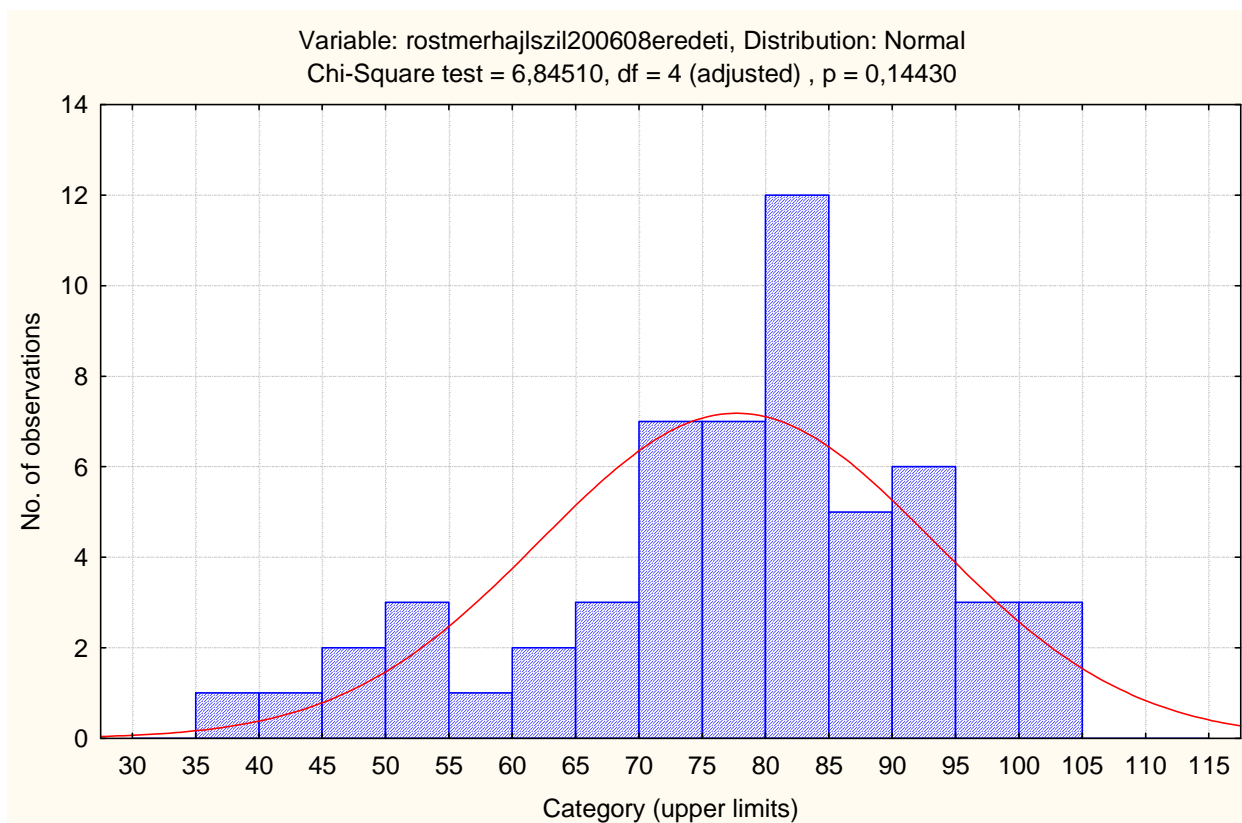
Rostirányú hajlítószilárdság 2006-2008 javított



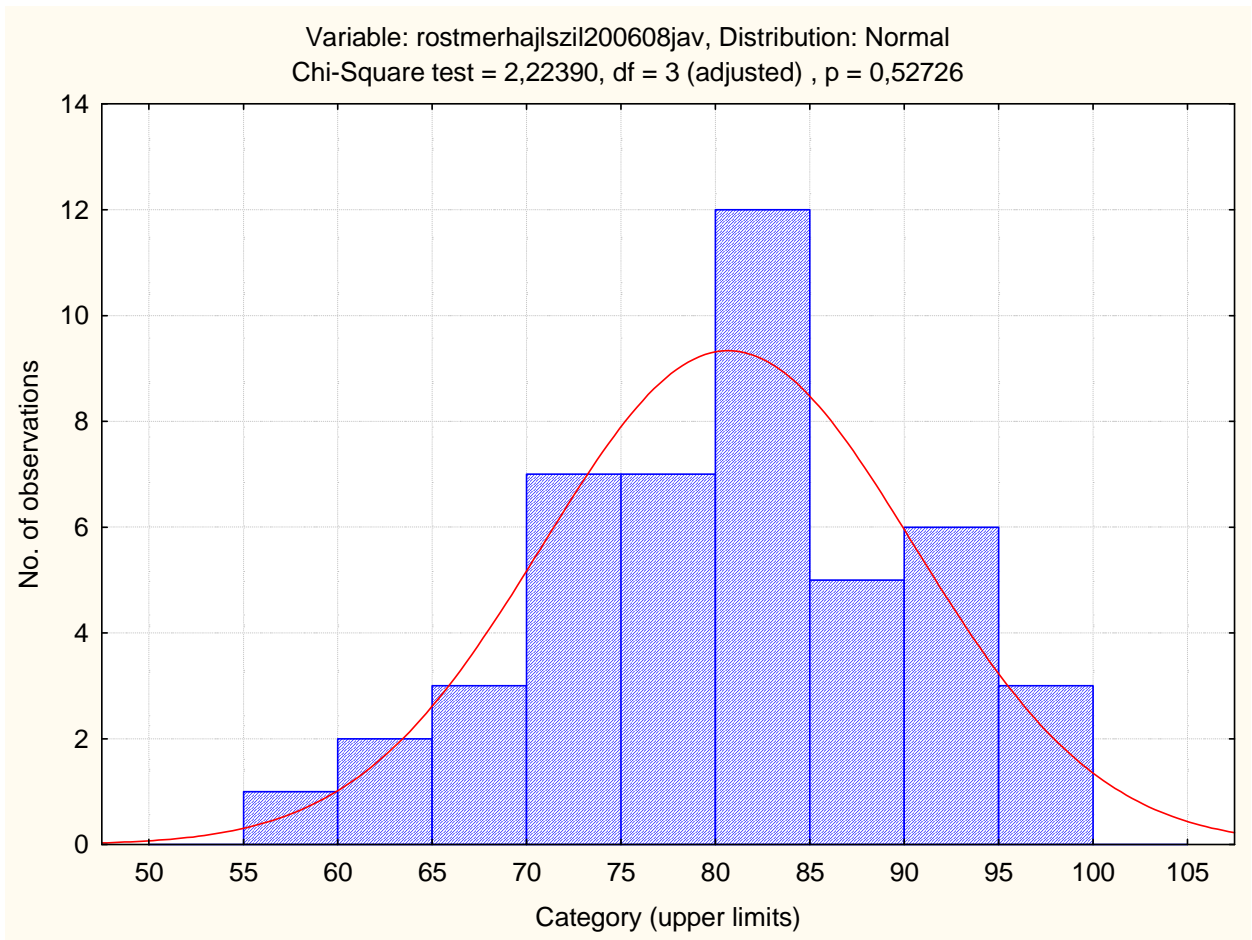
Rostirányú rugalmassági modulus 2006-2008 eredeti



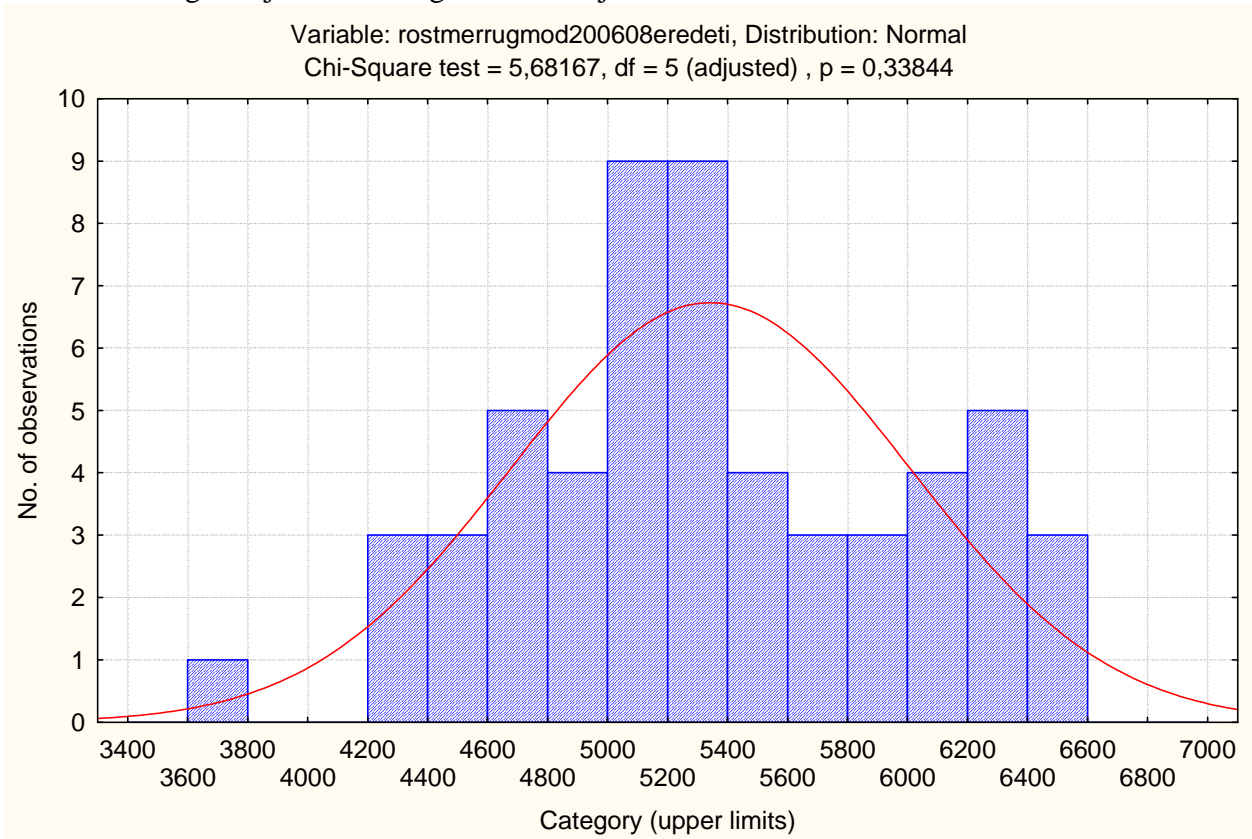
Rostirányú rugalmassági modulus 2006-2008 javított.



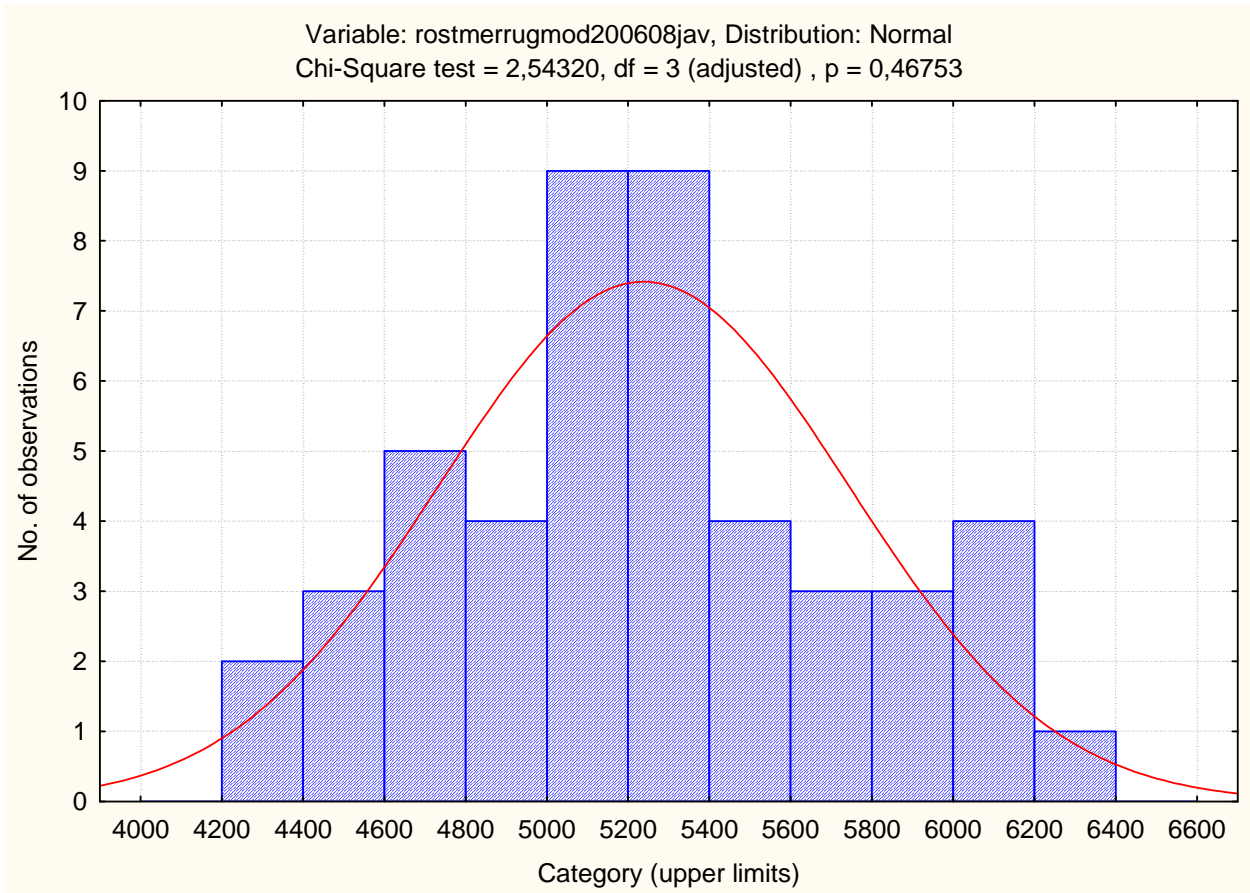
Rostra merőleges hajlítoszilárdság 2006-2008 eredeti.



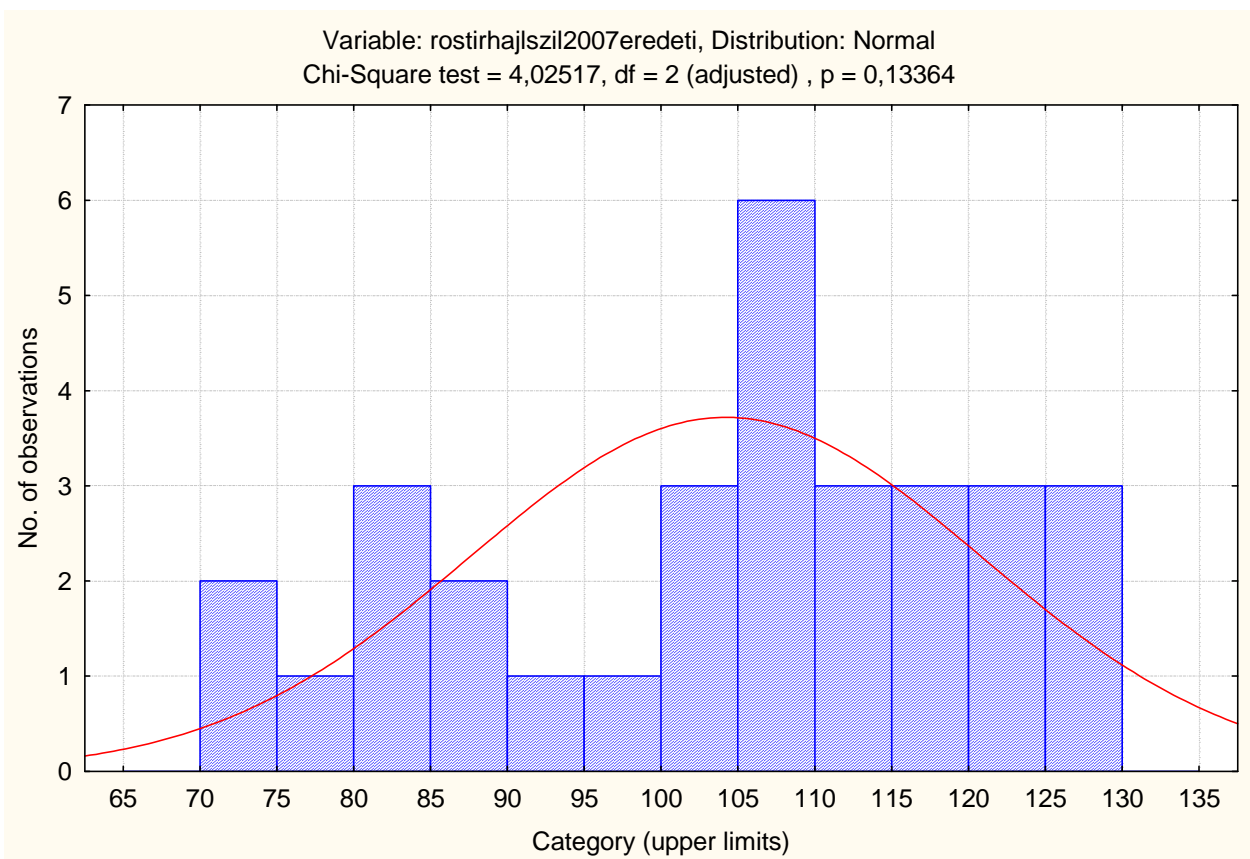
Rostra merőleges hajlítószilárdság 2006-2008 javított.



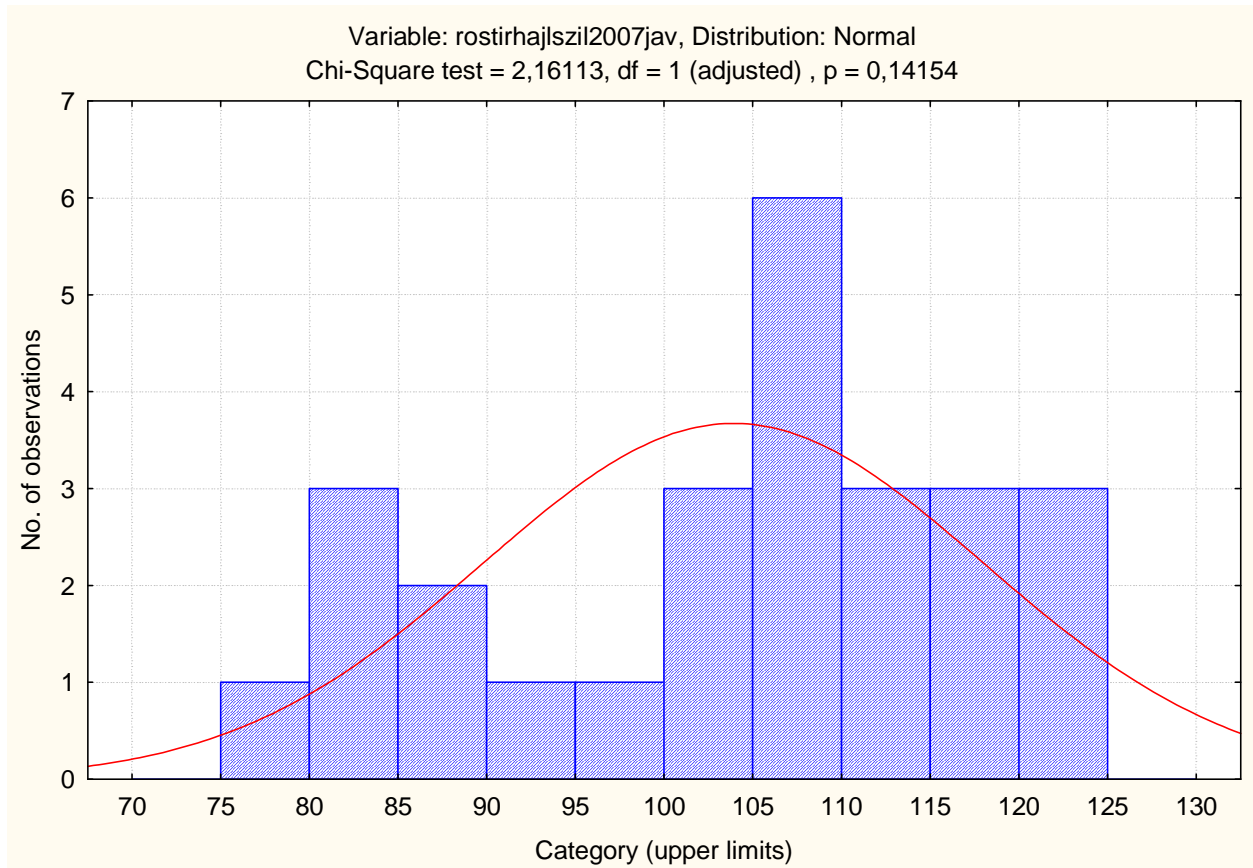
Rostra merőleges rugalmassági modulus 2006-2008 eredeti.



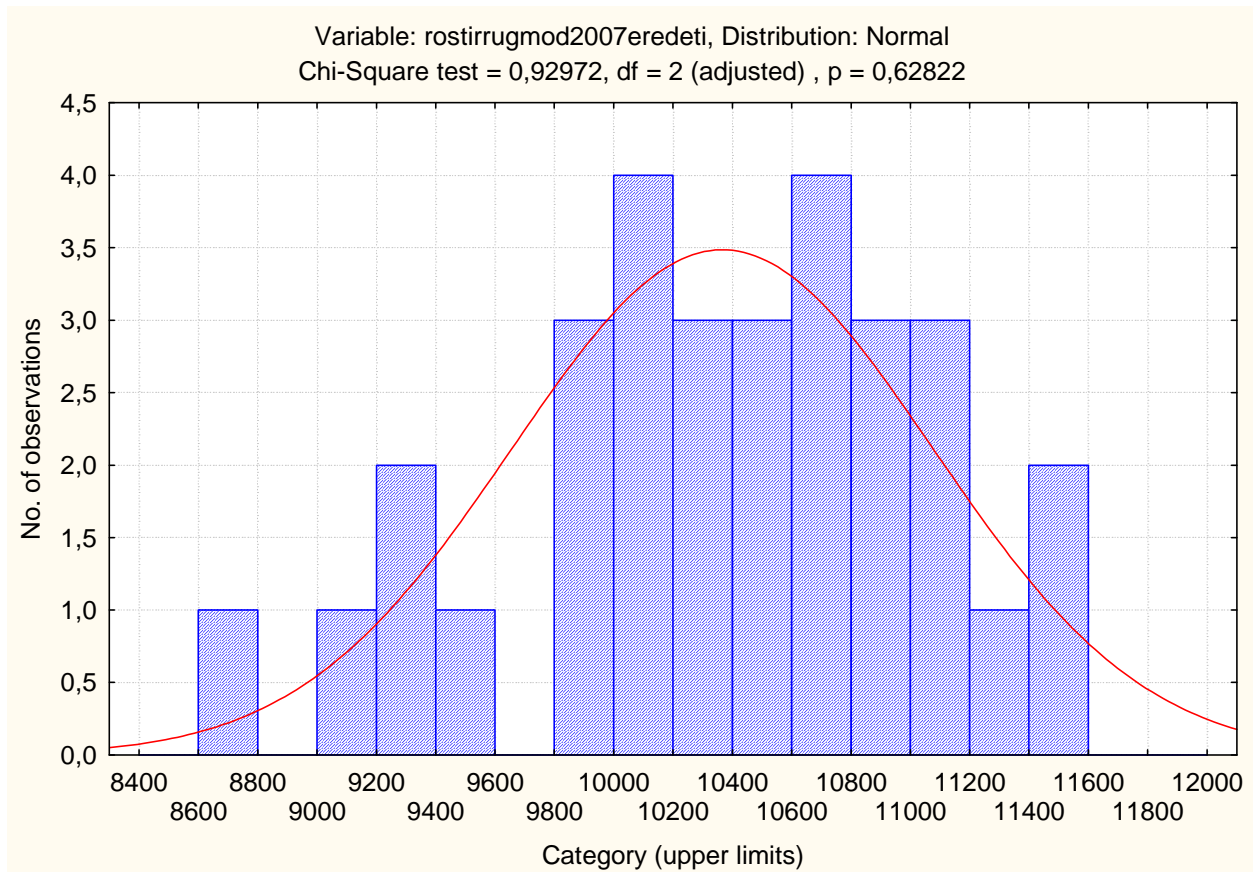
Rostra merőleges rugalmassági modulus 2006-2008 javított.



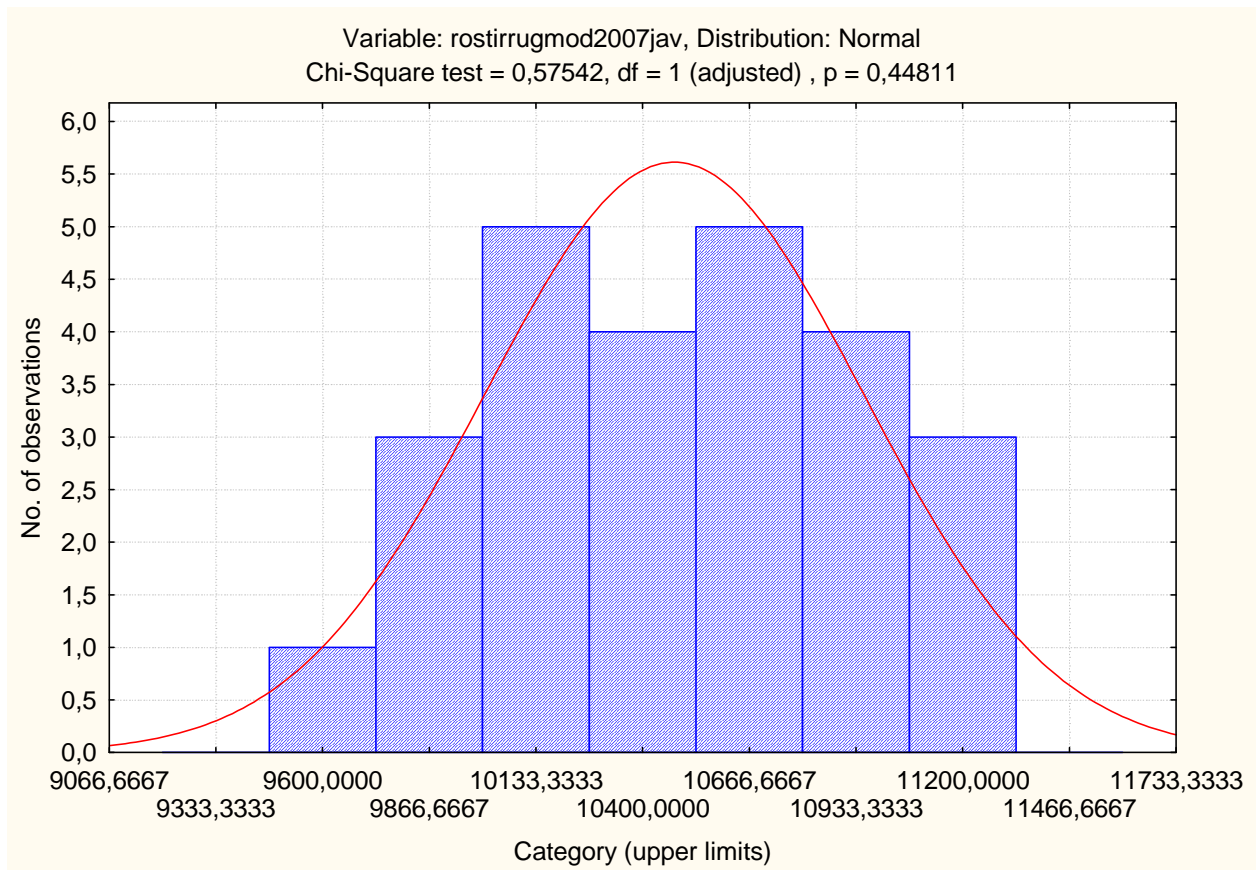
Rostirányú hajlítószilárdság 2007 eredeti.



Rostirányú hajlítószilárdság 2007 javított.

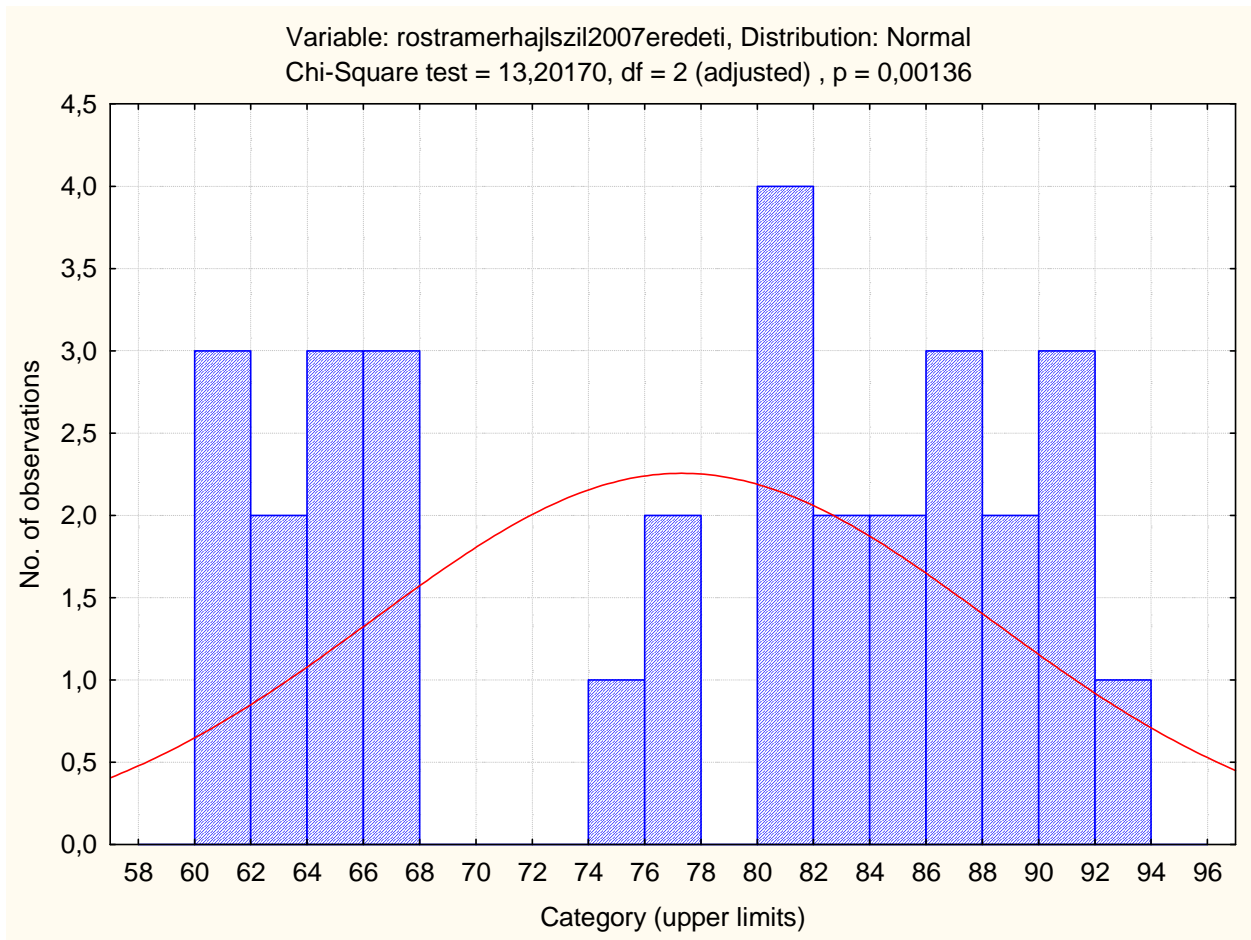


Rostirányú rugalmassági modulus 2007 eredeti.

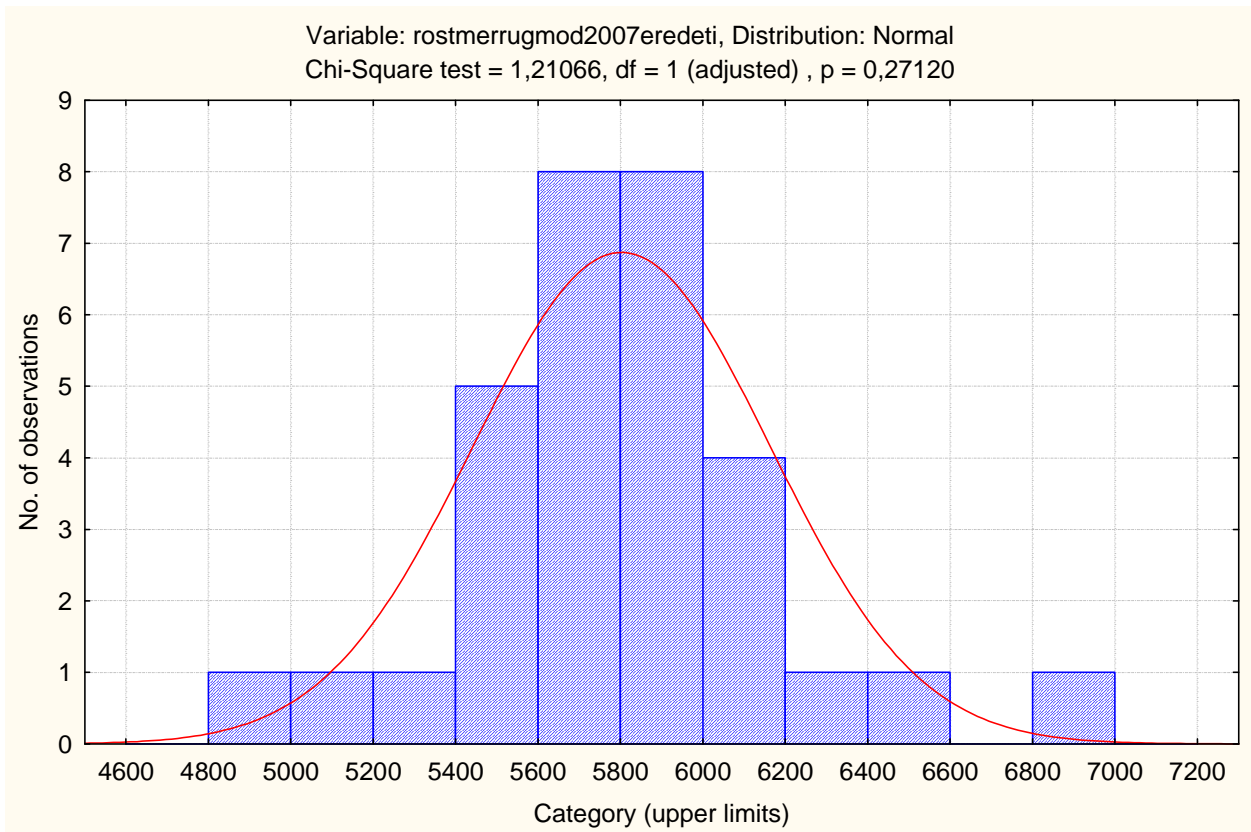


Rostirányú rugalmassági modulus 2007 javított.

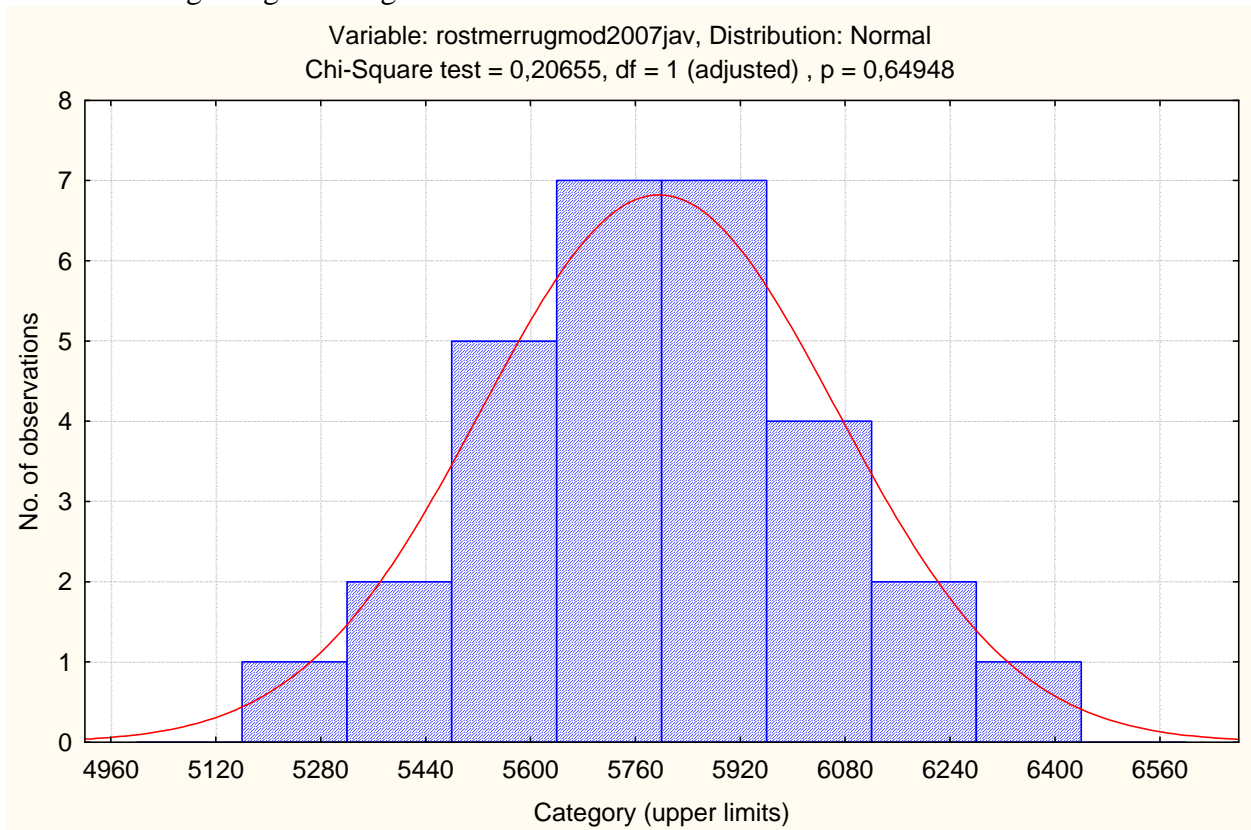




Rostra merőleges hajlítószilárdság 2007



Rostra mérőleges rugalmassági modulus 2007 eredeti.



Rostra mérőleges rugalmassági modulus 2007 javított

Eredeti adathalmaz:

Variable	Descriptive Statistics (egybe)									
	Valid N	Mean	Confidence	Confidence	Minimum	Maximum	Percentile	Percentile	Range	Std.Dev.
rostirhajlszil0608	56	109,96	105,70	114,23	70,273	139,25	90,72	130,78	68,977	15,938
rostirrugmod0608	56	11928,12	11617,53	12238,70	8936,55	15236,53	10658,94	13031,80	6299,973	1159,755
rostmerhajlszil0608	56	77,72	73,55	81,88	36,777	104,32	52,89	96,11	67,539	15,557
rostmerrugmod0608	56	5342,86	5165,02	5520,69	3796,833	6571,57	4486,22	6370,00	2774,740	664,067
rostirhajlszil07	31	104,20	98,11	110,30	74,332	127,99	80,66	124,11	53,655	16,627
rostirrugmod07	31	10366,59	10106,33	10626,84	8701,420	11588,96	9282,95	11140,29	2887,539	709,533
rostmerhajlszil07	31	77,32	73,30	81,34	61,235	92,34	62,07	90,52	31,110	10,964
rostmerrugmod07	31	5802,97	5670,94	5934,99	4952,230	6851,43	5410,27	6156,44	1899,201	359,930

Javított verzió:

Variable	Descriptive Statistics (egybe)									
	Valid N	Mean	Confidence	Confidence	Minimum	Maximum	Percentile	Percentile	Range	Std.Dev.
rostirhajlszil2006-2008	49	110,12	106,81	113,42	81,88	134,91	96,80	123,60	53,030	11,5068
rostirrugmod2006-2008	50	11829,96	11602,95	12056,98	10177,55	13443,39	10722,31	12864,31	3265,847	798,7925
rostramerhajlszil2006-2008	46	80,68	77,76	83,60	58,49	99,47	68,56	94,53	40,982	9,8287
rostramerrugmod2006-2008	47	5238,29	5089,84	5386,73	4325,06	6297,81	4504,18	6019,47	1972,750	505,5870
rostirhajlszil2007	26	103,91	98,20	109,61	76,67	124,11	80,90	122,60	47,437	14,1234
rostirrugmod2007	25	10479,09	10283,51	10674,68	9570,26	11297,57	9851,31	11077,20	1727,307	473,8262
rostramerhajlszil2007	31	77,32	73,30	81,34	61,23	92,34	62,07	90,52	31,110	10,9638
rostramerrugmod2007	29	5796,15	5692,92	5899,38	5169,74	6421,02	5410,27	6156,44	1251,283	271,3801

## Irodalomjegyzék:

1. Csupor Károly (2006) Külső borítások faanyagvédelmi problémái; Alaprajz 13/4
2. Csupor Károly (2004) A faanyag károsodása és károsítói; Faanyagvédelem az építőiparban. Szerk.: Németh László
3. Divós Ferenc(1999) Roncsolásmentes faanyagvizsgálat; Soproni Egyetem, Sopron
4. Führer Ernő, Rédei Károly, Tóth Béla (2003) Ültetvényszerű fatermesztés 1-2. Mezőgazda, Bp.
5. Gerencsér Kinga (2001) Anyagtakarékos és környezetbarát vágási technológiák. Alap és alkalmazott kutatások a faiparban. Sopron
6. Horváth-Sz. Erika (2000) Az akác faanyag gőzölése során bekövetkező színváltozás spektrofotométerrel történő vizsgálata. PhD értekezés. NYME Sopron
7. Molnár Sándor (1999) Faanyagismeret, Mg. Szaktudás kiadó Budapest
8. Molnár Sándor (2000) Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos alapítvány, Sopron
9. Molnár Sándor (2002) Magyarország ipari fái. Bp., Mg. Szaktudás Kiadó
10. Molnár Sándor, Tolvaj László (2008) A gőzölt akác faanyag színének Időjárás állósága. Faipar, LVI évf. Különszám
11. Németh József (1999) Environmental aspects wood material and processing, Acta facultatis ligniensis kiadó, Budapest
12. Németh József, Szabadhegyi Győző (2000) Furnérok és furnér alapú rétegelt termékek gyártása, Sopron

13. Németh József, Szabadhegyi Győző (2000) Furnérok és furnér alapú rétegelt termékek gyártása. Szerk.: Molnár S. Faipari kézikönyv, Sopron
14. Németh József (1976) Furnérok és rétegelt lemezgyártás. Szerk.: Lugosi A. Műszaki könyvkiadó, Bp. p.679-723
15. Németh József, Szabadhegyi Győző, Winkler András (2001) Lemezipari kutatások a NYME lemezipari tanszékén, MTA faanyagtudományi albizottsága, Sopron p. 66-78
16. Rédei Károly (2006) Az akác termesztés-fejlesztésének biológiai alapja és gyakorlata. Erti-Agroinform, Bp
17. Sitkei György (1994) A faipari műveletek elmélete, Mg.Szaktudás Kiadó. Bp.
18. Szabadhegyi Győző (1983) Furnérforgácslapok Gyártástechnológiai jellemzőinek vizsgálata, Dokt. Értekezés. Erdészeti és Faipari egyetem, Sopron
19. Szalai József (1994) Faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság és szilárdságtana I.
20. Takáts Péter (2007) 4. Alapanyag előkészítése. 4.1 Szárítás, 4.2 in. Molnár S., Várkonyi G. Nagy parkettakönyv Szaktudás Kiadó Ház 75-99. o.
21. Takáts Péter (2001) Faanyag szárítási eljárások összehasonlításának szempontjai a gazdaságosság figyelembevételével. Magyar Asztalos 8. p36-38
22. Tóth Sándor L. (2001) A fafeldolgozás 1945 után, Fejezetek a bútortörténetéből 1945-től az ezredfordulóig Magyarországon. Bp. 2001 Agroinform
23. Winkler András (2001) Lemezipari Kutatások a NYME Lemezipari Tanszékén, Alap és alkalmazott kutatások a faiparban. MTA Erdészeti Bizottság, Faanyagtudományi albizottság. Sopron, p. 66-78

24. Winkler András (2002) Az akácfa a farostlemez gyártásban. Faipar, L.1. p.15-18
25. Winkler András (2005) Falemez szerkezetek és gyártásuk új módszerekkel. Erdő- és fagazdaságunk időszerű kérdései. MTA Agrártudományok osztálya. Erdészeti bizottság. Bp. p. 276-301
26. Winkler András, Lett Béla, Molnár Sándor, Szikla Zoltán (2001) A fafelhasználás helyzete. In: Mészáros K (szerk.) Nemzeti Erdőprogram..Sopron: NyME, 2001. p 4-11.
27. Wittmann Gyula, Divos Ferenc, Bejó László, Németh László (1999) Robinia as Construction Material and Xylophone Bars. Journal of the Institute of Wood Science, 15(2):82-86.

**Alkalmazott szabványok:**

MSZ 6771-1: 1982 Faanyagvédelem. Fogalom meghatározások.

MSZ-08-0641:1990 Faipari víz- és főzésálló ragasztások vizsgálata.

MSZ EN 1001-1:2005 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. Szakkifejezések gyűjteménye 1. rész: Egyenértékű szakkifejezések jegyzéke.

MSZ EN 1001-1:2005 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. Szakkifejezések gyűjteménye 2. rész: Szakszótár

MSZ 13307:1979 Furnér rönk hazai fafajokból

MSZ 6793-1: 1984 Furnérok. Általános előírások.

MSZ 6793-2:1983 Furnérok. Műszaki furnér

MSZ EN 310:1999 Fa alapanyagú lemezek. A hajlítószilárdság és a hajlítási rugalmassági tényező meghatározása.

MSZ EN 636:2004 Rétegelt falemezek. Követelmények.

MSZ EN 113: 2001 Faanyagvédő szerek. A farontó bazidiumos gombák elleni megelőző hatásosság meghatározásának vizsgálati módszere. A hatásosság határértékének meghatározása.