

KISMÉRETŰ BÜKK RÉTEGELTLEMEZEK VETEMEDÉSÉNEK OKAI, ÉS A VETEMEDÉS CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

CAUSES OF WARPAGE IN SMALL BEECH PLYWOOD PANELS AND POSSIBILITIES FOR WARPAGE REDUCTION

Dr. Bejó László*, Dr. Takáts Péter**

ABSTRACT

Causes of warpage in small beech plywood panels, and mitigation thereof

The warping of small plywood panels is a serious problem in terms of their marketability and utilization. This article reports the results of an investigation concerning the influencing factors of warpage, and its possible prevention in small beech plywood panels. First, the effect of clamping down the panels at different pressure levels after pressing, was examined. After that, the effect of five influencing factors (press temperature, density, grain orientation, average thickness and thickness variation) was investigated, using a 25 factorial experimental design. There was no statistical evidence of any improvement due to clamping the panels after pressing. Increasing the pressure causes minimal decrease in warp, but the effect is not significant. Of the five examined factors, the effect of press temperature was significant, especially in terms of short-time warpage. On the long run, the difference was not significant, probably due to small sample size. Decreased press temperatures lead to significantly decreased MOR and MOE. The importance of this reduction depends on the area of utilisation.

Keywords: plywood, warp, press temperature, clamping, bending strength

A kisméretű bükk furnérokból készült rétegelt lemezek vetemedése komoly problémát jelent azok értékesíthetősége és felhasználása szempontjából. E cikkben a vetemedést befolyásoló tényezők vizsgálatára, valamint a vetemedés csökkentésére irányuló kutatás eredményeit ismertetjük. A vizsgálat során laboratóriumi körülmények között egyrészt a lemezek közvetlenül préselés után történő leszorításának (lesúlyozásának) a hatását vizsgáltuk különböző nyomásszintek alkalmazásával, másrészt öt tényező (préselési hőmérséklet, sűrűség, rostlefutás, átlagvastagság, vastagsági szórás) hatását

értékeltek 25 faktoriális kísérleti elrendezés alkalmazásával. A lemezek leszorításának a hatását egyáltalán nem sikerült kimutatni a kísérlet segítségével. A leszorító nyomás növekedésével minimális vetemedéscsökkenés mutatkozik, de az eltérés nem szignifikáns. A vizsgált tényezők közül a hőmérséklet hatása volt szignifikáns, elsősorban a rövid távú vetemedés tekintetében. Hosszabb távon a szignifikancia nem volt kimutatható, feltehetőleg a viszonylag alacsony próbaszám miatt. A csökkentett préshőmérséklet hatására a lemezek hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusza szignifikánsan csökkent, aminek a jelentősége a felhasználási területtől függ.

Kulcsszavak: rétegelt lemez, vetemedés, préshőmérséklet, lerögzítés, hajlítószilárdság

BEVEZETÉS

A faalapú lemezek számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. Ezek közül az egyik a méretstabilitás illetve a csökkent alakváltozásra való hajlam. Ez a rétegelt lemezek esetében is elmondható, ahol a szimmetrikus szerkezetnek, illetve a rétegek váltakozó szálirányának köszönhetően a méret- és alaktartóság lényegesen javult az alapanyaghoz képest.

A Magyarországon rendelkezésre álló alapanyagok közül elsősorban a nyár és a bükk műszaki tulajdonságai megfelelőek, illetve ezek állnak rendelkezésre megfelelő mennyiségben és méretekben műszaki furnér és rétegeltlemez gyártás céljaira (Németh és Szabadhegyi, 2000a,b). A bükk alapanyag változékony szöveti tulajdonságainak köszönhetően speciális kihívás elé állítja a gyártókat; a lemez elkészülte után a rétegekben nedveségh felvétel hatására egyenlőtlen alakváltozás jön létre, amely könnyen a lemezek vetemedéséhez vezethet, különösen a préselést követő időszakban, amíg a lemezben a nedveségeloszlás és a belső feszültségek ki nem egyenlítődnek. Különösen igaz ez abban az esetben, amikor kisméretű lemezeket készítenek, ilyenkor ugyanis nincs lehetőség a feszültségeknek a lemez tömegéből adódó globális alakváltozás nélküli kiegyenlítésére.

*egyetemi docens, NymE Fa- és Papíripari Technológiák Intézete

**egyetemi tanár, NymE Fa- és Papíripari Technológiák Intézete

Az egyik hazai gyártó nagy mennyiségben készített kisméretű lemezeket, melyek iskolai székek ülőlapjaként kerülnek felhasználásra. Az alapanyag (darablapok) minél jobb kihasználása érdekében a lemezek kis méretben kerültek gyártásra. A gyártónak sok problémája volt a préselést követő időszakban jelentkező vetemedéssel, amit nem sikerült hatékonyan csökkenteni a lemezek préselést követő leszorításával sem. Ezért kezdeményezte a cég a vetemedés témakörének átfogó vizsgálatát.

A vizsgálat célja a vetemedést befolyásoló tényezők, illetve a vetemedés csökkentési lehetőségeinek a vizsgálata volt. Ennek során először a különböző módon végzett lesúlyozás hatását értékeltük, illetve több alapanyag tulajdonság és gyártási paraméter hatására kiterjedő, komplex vizsgálatot végeztünk.

IRODALOMÁTTEKINTÉS

A rétegelt lemezek vetemedésével, és különösképpen a keménylombos faanyagból készült termékek alaktartóságával, valamint e probléma orvoslásával többen foglalkoztak a múltban. A probléma már évtizedekkel ezelőtt is létezett, például Stegman és tsai. már 1968-ban javasolták a bükk furnérok előkezelését mechanikus nyújtással, majd Burmeister 1974-ben felvetette a bükk sejtfalainak műanyaggal történő telítése, valamint a nyomás alatt végzett hőkezelés lehetőségét (ez utóbbit a gyakorlatban is alkalmazták), mint megoldási javaslatot.

1982-ben Boehme számolt be arról a kutatásról, amit a Fraunhofer Institutban végzett a Bükk rétegeltlemezek formatartóságával kapcsolatban. Ő többféle műszaki (terítékképzési, szárítási, ragasztási, préselési) paraméter, valamint az utólagos klimatizálás hatását vizsgálta, és rámutatott számos olyan tényezőre, ami kritikus lehet a későbbi méret- és alakváltozások szempontjából.

Cseh kutatók (Karnis és Mahut, 2002) laboratóriumi kísérletek alapján azt a következtetést vonják le, hogy minél nagyobb rétegszámú egy adott lemez, annál stabilabb. A kondicionálás minden esetben csökkentette a vetemedést. Érdekes eredmény, hogy azon lemezek alaktartósága, amelyekbe nem egyforma vastagságú (a középrétegbe vastagabb, a fedőrétegbe vékonyabb) furnért építenek be, szintén jobbnak bizonyult.

Többen foglalkoztak a rétegeltlemez illetve többrétegű tömörfa szerkezetek komolyabb klímaváltozás hatására létrejövő, illetve differenciálklímában fellépő deformációival is. (Lang és tsai. 1995, Lang és Loferski 1995, Niemz és Wang 2002). Ezek a munkák viszonylag kevésbé vonatkoznak a jelen vizsgálat témakörére.

Mocsári István faipari mérnök 1999-es diplomamunkájában javaslatot tett a rétegelt idomtestek alakjának utólagos klimatizálással történő javítására. A síkpréselt technológiánál már részben bevált módszer sajnos nem hozott egyértelmű javulást az idompréselt termékek esetén.

Nemrégiben Szabadhegyi (2003) vizsgálta – többek között – a préselt térgörbe elemek vetemedésének okait

a Norba Kft.-nél. Rámutatott több olyan lehetséges hibaforrásra, amelyek hozzájárulhatnak ehhez a problémához.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A préselés utáni leszorítás hatásának vizsgálata

A lemezek préselés utáni leszorítása hatásának vizsgálatához összesen 14 próbatest elkészítésére került sor. A lemezek elkészítéséhez 480x300 mm lapméretű, 1,2 mm vastagságú, hossz- és keresztzsalú furnérokat használtunk. A furnérokat a préselés előtt több hónapig a laboratóriumban tároltuk, nedvességtartalmuk 5 és 8,5% között változott. A lemezekhez a furnérokat véletlenszerűen válogattuk. Az elkészített lemezek 9 rétegűek voltak, a szomszédos rétegek merőlegesen egymásra, és a külső rétegek a hosszanti oldallal párhuzamosak. Ragasztóanyagként Lendur 120 karbamid-formaldehid műgyantát használtunk, 16% rozsliszt töltőanyaggal. Edzőként 4 % ammónium-klorid (NH₄Cl) katalizátort alkalmaztunk, 25%-os oldatban. A préselést egy Siempelkamp laboratóriumi hőprésben végeztük, 1,8 MPa nyomáson és 130°C hőmérsékleten, a présidő 15 perc volt. (A présidő kiszámítását tapasztalati képlettel végeztük.) Az elkészült, még a présben levő próbatesteket az 1. ábra mutatja.



1. ábra – az elkészült lemezek a laboratóriumi présberendezésben

A présből való kiszedés után vizsgáltuk a lemez vetemedését olyan módon, hogy egy síkfelületre helyeztük őket, majd az egyik sarkukat lenyomva mértük az átlósan szemben elhelyezkedő sarok elemelkedését a felülettől. A lemezeket ezután különböző nyomáson lesúlyozva rögzítettük. Az alkalmazott nyomásértékek 0,001, 0,002, 0,005, 0,01, és 0,1 MPa voltak; mindegyik nyomásszinten 2-2 lemezt vizsgáltunk. 24 óra elteltével újra mértük a lemezek vetemedését, majd további 1 hónapig pihentettük őket, aminek az elteltével újra mértük a vetemedést. A rögzített lemezek mellett kontrollként 4 olyan lemezt is készítettünk, amelyeket nem rögzítettünk, hanem függőlegesen állítva tároltunk.

A VETEMEDÉST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA

A második kísérletsorozat során a következő öt tényezőt azonosítottunk, melyek potenciálisan befolyással lehetnek a lemezek vetemedésére:

Rostlefutás

A furnérok átlagvastagságának szórása

Vastagsági szórás a furnérokon belül

Sűrűség

Préselési hőmérséklet

A viszonylag nagyszámú vizsgált tényező miatt minden tényező esetében csak két szintet vizsgáltunk, azaz egy 25 faktoriális kísérleti elrendezést alkalmaztunk. Ez összesen 32 paraméter-kombinációt jelentett. Minden kombináció esetén egy próbatestet mérésére került sor.

Mivel a vizsgált paraméterek nagy része alapanyag-tulajdonság, a furnérokat a lemezek elkészítése előtt megfelelően csoportokba kellett rendezni. A furnér alapanyag és a ragasztóanyag az előző kísérletnél leírtakkal megegyező volt. A kísérlethez szükséges összes hossz- és keresztirányú furnér véletlenszerű kiválasztása után mértük azok szélességét és hosszát mérőszalaggal, vastagságukat 5 helyen 0,001 mm mérési pontosságú vastagságmérő mikrométerrel, a tömegüket 0,1 g mérési pontosságú laboratóriumi mérlegen, és vizuálisan minősítettük őket rostlefutás szerint. Minden furnér esetében kiszámítottuk az átlagos vastagságot, a vastagsági szórást, illetve a sűrűséget. Ezek után történt a furnérok csoportokba rendezése a következők szerint:

1. Két csoportra bontás (egyenletes és egyenetlen rostlefutás);
2. Mindkét csoport további bontása a furnéron belüli vastagsági szórás szerint (magas és alacsony);
3. Minden csoport két részre bontása véletlenszerűen;
4. A kialakult alcsoportok közül az egyik rendezése sűrűség szerint, a másik rendezetlen maradt;
5. Minden csoport két részre bontása – a rendezett sűrűségű csoportban sűrűség szerint, a másikban véletlenszerűen;
6. A kialakult alcsoportok közül az egyik rendezése átlagos vastagság szerint, a másik rendezetlen maradt;
7. Minden csoport két részre bontása – a rendezett vastagságú csoportban a vastagság alapján, a másikban véletlenszerűen
8. A rendezett vastagságú csoportban a rétegek rendezése vastagság szerint olyan módon, hogy a lehető legszimmetrikusabb szerkezet jöjjön létre. A vastagság szerinti rendezetlen csoportban véletlenszerű rétegzés.

A fenti módon kialakított 32 teríték közül minden paraméter-kombinációhoz 2-2 teríték tartozott, amelyek közül ragasztóanyag-felhordás után az egyiket 100 °C-os, a másikat pedig 130 °C-os hőmérsékleten préseltük. A hőmérséklettől eltekintve a préselési paraméterek megegyeztek az előző mérésnél leírtakkal. Az elkészült lemezek vetemedését az előző vizsgálatnál leírt módon mértük, majd lesúlyozás nélkül, függőlegesen tároltuk

azokat. A vetemedés mérését 24 óra, illetve 1 hét elteltével megismételtük.

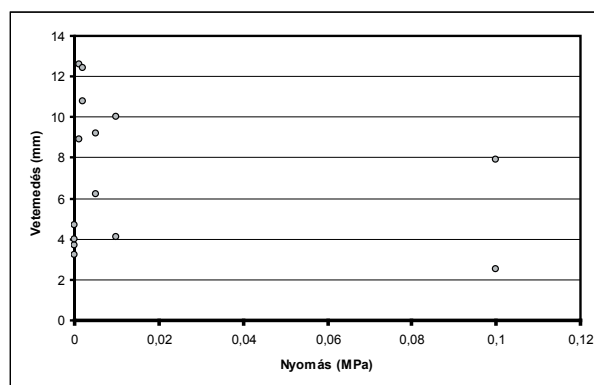
Tekintettel arra, hogy a karbamid-formaldehid műgyanta előírt préselési hőmérséklete 120–130 °C, meg kellett vizsgálni, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten történő préselés mennyire rontja a mechanikai tulajdonságokat. Ezért a 100 °C-on és a 130 °C-on préselt lemezekből véletlenszerűen kiválasztottunk 10-10 darabot, amelyekből az MSZ EN 310:1999-es szabvány szerint hajlítószilárdsági próbatesteket készítettünk, majd egy INSTRON 5566 univerzális anyagvizsgáló gépen, 3 pontos mérési elrendezéssel mértük azok hajlítószilárdságát és rugalmassági modulusát. A lehajlás mérése a keresztfej-elmozdulás mérésével történt.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A préselés utáni leszorítás hatása

A préselést követő időszakban történik meg a ragasztó utókeményedése, és ilyenkor egyenlítődik ki a terméken belül a nedvességeloszlás, illetve a préselés folyamán kialakuló belső feszültségek. Ezért feltételezhető, hogy a lemezek préselést követő leszorításával (lesúlyozásával) csökkenthető a vetemedés mértéke.

A préselés utáni leszorítási kísérlet értékelése nem várt eredményt hozott. Kísérletünkben a lesúlyozás semmilyen hatással sem volt a vetemedésre, sem 1 nap, sem az 1 hónap után. A 2. ábra mutatja a különböző nyomásokkal rögzített próbatestek vetemedését egy hónapos lesúlyozás után – mint látható, értelmezhető összefüggés nem fedezhető fel az alkalmazott nyomás és a vetemedés között. Igaz, hogy a rögzített lemezeknél a nyomás növelésével a vetemedés általában csökken, azonban a legkisebb vetemedést éppen a lesúlyozás nélkül tárolt lemezeknél mértük, ami valószínűsíti, hogy ez a látszólagos és gyenge összefüggés csupán a véletlen műve. Az eredmény ellentmond több korábbi kutatási eredményeknek, de jól egyezik az üzemi tapasztalatokkal. Az összefüggés hiánya miatt statisztikai vizsgálatot ebben az esetben nem végeztünk.



2. ábra – A lemezek vetemedése 1 hónap után, a préselés utáni leszorítás függvényében

Az eredmények értékelésénél fontos tekintetbe venni, hogy viszonylag alacsony próbatest számmal végzett kísérletről van szó, és a korábbi hasonló vizsgálatokkal ellentétben nem történt klimatizálás; a próbatesteket laboratóriumi klímában tároltuk. Elképzelhető, hogy magasabb próbatest számmal egyértelműbb trend rajzolódott volna ki. Valószínű az is hogy valamilyen magasabb relatív páratartalmú klímán tárolva, vagy a lemezeket a présben fokozatosan visszahűtve jobb eredményeket értünk volna el – azonban ezen technikák alkalmazására üzemi körülmények között általában nincsen lehetőség.

A vetemedést befolyásoló tényezők hatása

A vetemedést befolyásoló tényezők értékelésénél első sorban külön-külön voltunk kíváncsiak az egyes tényezők hatására, azaz a kölcsönhatásokat (pl. hogy eltérő-e a hőmérséklet hatása a homogén és heterogén sűrűségű lemezekre, stb.) figyelmen kívül hagytuk. Ennek megfelelően az 1. táblázat mutatja a vetemedés átlagos mértékét az egyes tényezők függvényében, a többi tényező figyelmen kívül hagyásával. A táblázatból látható, hogy a tényezők közül elsősorban a hőmérséklet volt jelentős hatással a vetemedés mértékére, különösen a kezdeti vetemedés tekintetében, de a 100 °C hőmérsékleten préselt lemezek 1 hét elteltével is csak feleakkora vetemedést mutattak, mint 130 °C esetén. Egyenletes rostlefutású furnérok használatával a hosszú távú vetemedés kismértékben csökkent, a többi tényező azonban nem volt jelentős hatással a vetemedés mértékére.

1. táblázat – Az egyes tényezők változtatásának a hatására létrejövő átlagos vetemedés értékek (a többi tényező hatásának figyelmen kívül hagyásával)

| | | Kezdeti (mm) | 24 h (mm) | 1 hét (mm) |
|---------------------------------------|---------------|--------------|-----------|------------|
| Préselési hőmérséklet | 100 °C | 0,20 | 4,55 | 5,84 |
| | 130 °C | 4,02 | 8,13 | 9,31 |
| Rostlefutás | egyenletes | 2,12 | 5,13 | 6,69 |
| | szabálytalan | 1,90 | 6,56 | 8,46 |
| A furnérok sűrűsége | homogén | 2,29 | 6,47 | 7,51 |
| | heterogén | 1,73 | 6,21 | 7,67 |
| A furnérok vastagsági szórása | kicsi | 1,69 | 6,79 | 7,91 |
| | nagy | 2,33 | 5,89 | 7,24 |
| A furnérok átlagos vastagsága szerint | szimmetrikus | 2,45 | 6,92 | 7,90 |
| | nem rendezett | 1,57 | 5,76 | 7,25 |

Mivel csak egy lemez elkészítésére került sor minden kombináció esetén, az összes kölcsönhatásra kiterjedő, teljes statisztikai analízisre nem volt lehetőség. Amenny-

nyben azonban – a fentieknek megfelelően – eltekintünk a faktorok kölcsönhatásaitól, akkor a kölcsönhatásokból származó varianciát véletlen hibának tekinthetjük, és ennek a segítségével már elvégezhető a variancia-analízis. A 2. táblázat mutatja a variancia analízis eredményét a kezdeti, és a 24 óra, illetve 1 hét elteltével mért vetemedés értékek tekintetében. Látható, hogy az F értékek kiemelkedően magasak a hőmérséklet esetében, bár szignifikáns eltérést csak a kezdeti vetemedés tekintetében lehetett kimutatni. Az 1 nap, illetve 1 hét után mért vetemedés 90%-os, illetve 85%-os valószínűséggel kisebb a 100 °C-on préselt lapok esetében. Nagyobb mintaszám esetében valószínűleg ezek az eltérések is szignifikánsak lettek volna 95%-os konfidencia szinten is.

2. táblázat – A kezdeti és hosszú távú vetemedés értékek variancia-analízis eredményei

| Forrás | df | SS | MS | F | F _{krit} (95%) |
|----------------------|----|--------|--------|-------|-------------------------|
| Kezdeti vetemedés | | | | | |
| Hőmérséklet | 1 | 129,20 | 129,20 | 14,72 | 4,225 |
| Rostlefutás | 1 | 0,38 | 0,38 | 0,04 | 4,225 |
| Sűrűség | 1 | 2,59 | 2,59 | 0,30 | 4,225 |
| Vast. szórás | 1 | 3,32 | 3,32 | 0,38 | 4,225 |
| Átlagvastagság | 1 | 6,21 | 6,21 | 0,71 | 4,225 |
| Maradék | 26 | 228,29 | 8,78 | | |
| Összesen | 31 | 369,99 | | | |
| Vetemedés 24 h után | | | | | |
| Hőmérséklet | 1 | 102,60 | 102,60 | 3,63 | 4,225 |
| Rostlefutás | 1 | 1,49 | 1,49 | 0,05 | 4,225 |
| Sűrűség | 1 | 0,53 | 0,53 | 0,02 | 4,225 |
| Vast. szórás | 1 | 6,57 | 6,57 | 0,23 | 4,225 |
| Átlagvastagság | 1 | 10,70 | 10,70 | 0,38 | 4,225 |
| Maradék | 26 | 735,18 | 28,28 | | |
| Összesen | 31 | 369,99 | | | |
| Vetemedés 1 hét után | | | | | |
| Hőmérséklet | 1 | 96,61 | 96,61 | 2,53 | 4,225 |
| Rostlefutás | 1 | 24,85 | 24,85 | 0,65 | 4,225 |
| Sűrűség | 1 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 4,225 |
| Vast. szórás | 1 | 3,65 | 3,65 | 0,10 | 4,225 |
| Átlagvastagság | 1 | 3,38 | 3,38 | 0,09 | 4,225 |
| Maradék | 26 | 993,69 | 38,22 | | |
| Összesen | 31 | 369,99 | | | |

A mért hajlítószilárdság és hajlítórugalmassági modulusz alapvető statisztikai adatait a 3. táblázat tartalmazza. Mint látható, a 100 °C-on préselt lemezek mechanikai tulajdonságai a várakozásnak megfelelően alacsonyabbak voltak, mint a 130 °C-on préselt lemezek esetében. A mintegy 15%-os eltérés az elvégzett t-próba vizsgálat alapján szignifikáns, mind a hajlítószilárdság, mind a hajlító rugalmassági modulusz tekintetében. Azt, hogy ezek a gyengébb mechanikai tulajdonságok mennyire rontják a termék használati értékét, mindig a felhasználási terület határozza meg – például esetünkben a kisméretű székülés a szilárdsága és a rugalmassági jellemzői másodlagos jelentőséggel bírnak; a mért értékek

bőségesen elegendők ilyen bútoralkatrészek esetében, miközben a csökkent vetemedés bőségesen kárpótolja a felhasználót a szilárdság kismértékű csökkenéséért.

3. táblázat – A 100 °C-os és 130 °C-os hőmérsékleten préselt lemezek hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusza (n=10)

| | 100 °C préréshőmérséklet | | 130 °C préréshőmérséklet | |
|---------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | Hajlítószilárdság (MPa) | Rug. modulusz (GPa) | Hajlítószilárdság (MPa) | Rug. modulusz (GPa) |
| Átlag | 93,6 | 9,72 | 109,8 | 10,66 |
| Szórás | 12,7 | 0,86 | 7,5 | 0,61 |
| Mínimum | 106,5 | 10,87 | 124,0 | 11,93 |
| Maximum | 70,7 | 8,42 | 100,7 | 9,85 |

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A kisméretű bükk rétegelt falemezek vetemedését befolyásoló tényezők vizsgálatára elvégzett kísérleteink alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

A vizsgált öt tényező közül kizárólag a hőmérséklet volt jelentős hatással a vetemedés mértékére. Bár a hosszú távú vetemedés esetében a szignifikancia nem volt bizonyítható, valószínű, hogy nagyobb mintaszámú vizsgálattal bizonyítható, hogy a hőmérséklet a hosszú távú vetemedésre is jelentős hatással van.

Az alacsonyabb hőmérsékleten préselt lemezek hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusza szignifikánsan alacsonyabb, mint a magas hőmérsékleten préselt lemezeké. Az eltérés jelentősége az alkalmazási területtől függ.

A lemezek préselés utáni leszorításának a hatása nem volt kimutatható a rétegelt lemezek vetemedésére. Elképzelhető, hogy egy nagyobb mintaszámú vizsgálat más eredményt hozna, illetve a klimatizált környezetben történő tárolás, vagy a lemezek fokozatos visszahűtése is hatással lehet ezekre az eredményekre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző szeretné megköszönni az OWI-Zala Fa- és Műanyagipari Termékeket Gyártó Bt. igazgatójának, Radványi Gábornak, valamint alkalmazottainak a segítségét az alapanyagok és pénzügyi támogatás biztosításában nyújtott segítségét.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BOEHME, C. 1982a. Der Einfluss verfahrenstechnischer Parameter auf die Formbeständigkeit von Buchenfurnierplatten. Teil 1: Aufgabenstellung – Planung und Durchführung der Versuche – Teilergebnisse. Holz Roh Werkst. 40(3):89-100.
- [2] BOEHME, C. 1982b. Der Einfluss verfahrenstechnischer Parameter auf die Formbeständigkeit von Buchenfurnierplatten. Teil 2. Holz Roh Werkst. 40(4):133-134.
- [3] BURMEISTER, A. 1974. Dimensionsstabilisierung von Buchenholz durch Wärmebehandlung unter Druck. Holzbearbeitung 21(1-2):22-25
- [4] KARNIS, P., J. MAHUT. 2002. Influence of Selected Factors on the Form Stability and Flatness of Plywood Panels. Drevarsky Vyskum – Wood Research 47(1):33-42.
- [5] LANG, E.M., J.R. LOFERSKI., J.D. DOLAN. 1995. Hygroscopic Deformation of Wood Based Composite Panels. Forest Prod. J. 45(3):67-70.
- [6] LANG, E.M., J.R. LOFERSKI. 1995. In-Plane Hygroscopic Expansion of Plywood and Oriented Strandboard. Forest Prod. J. 45(4):67-71.
- [7] MOCSÁRI I. 1999. Furnérből készült idomtestek klimatizálása. Szakdolgozat, Soproni Egyetem. 38 old.
- [8] NIEMZ, P., X. WANG. 2002. Spannungsausbildung in dreischichtigen Massivholzplatten bei Klimawechsel. Holzforschung-verwertung 2002(4):82-83.
- [9] SZABADHEGYI GY. 2003. Szakvélemény és Javaslatok a Norba Kft.-nél 2003. 05. 14-én tett látogatás tapasztalatai alapján. Szakvélemény, Nyugat-Magyarországi Egyetem. 10 old.
- [10] NÉMETH J., SZABADHEGYI G. 2000a. Furnérok és furnéralapú rétegelt termékek gyártása. Egyetemi jegyzet, Soproni Egyetem.
- [11] NÉMETH J., SZABADHEGYI G. 2000b. Furnérok és furnéralapú rétegelt termékek gyártása. In: Molnár S. szerk. Faipari Kézikönyv. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron. 263–321. old.