



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI  2020

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

2020. NOVEMBER 30.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR





Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Szerkesztette: Facskó Ferenc, Király Gergely



Soproni Egyetem
Kiadó

Sopron – 2020

A kötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czimber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájer-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Vityi Andrea, Winkler Dániel

Soproni Egyetem Kiadó, 2020
Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila általános rektorhelyettes
Kézirat lezárva: 2020. november 30.

ISBN 978-963-334-376-0 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/TudomanyosKozlemenyek2020.pdf

Szerkesztette: Facskó Ferenc
Király Gergely

Ajánlott hivatkozás:

FACSKÓ F.– KIRÁLY G. (szerk.) (2020): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	5
Ács Norbert, Czímber Kornél: Webes földmérési alappontsűrítést végző alkalmazás.....	6
Báder Mátyás, Németh Róbert: Rostirányban tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése.....	13
Balázs Pál, Király Géza, Nagy Dezső, Konkoly-Gyuró Éva: Az első katonai felmérés tartalmi ellenőrzése egy felső-rába-völgyi példán keresztül.....	19
Balázs Pál, Berki Imre, Konkoly-Gyuró Éva: Tájváltozással kapcsolatos kutatások a hazai és nemzetközi szakirodalomban.....	26
Barta Edit, Bakki-Nagy Imre Sándor: Vasúti felsővezeték elektromos terének mérése és számítása...33	
Brolly Gábor, Bazsó Tamás: Oktatási fejlesztések az okleveles erdőmérnök szak Földmérés tantárgy gyakorlatain.....	40
Brolly Gábor, Király Géza: Földi lézerszkennelt pontthalmazok tájékozására alkalmas szoftverek összehasonlítása erdei fák térképezése szempontjából.....	45
Czímber Kornél, Burai Péter, Román András: Légi lézeres és hiperspektrális faállomány-felmérés első eredményei.....	51
Czupy Imre, Mészáros Imre, Vágvölgyi Andrea: A soproni szennyvíztisztító telep biogázüzemre vetített energiamérlege.....	61
Csáki Péter, Czímber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Erdőállományok vízháztartásának vizsgálata az Alföldön, leskálázott párolgástérképek segítségével.....	69
Csanády Viktória: Vízszennyezési adatok modell vizsgálata.....	74
Deák István György, Horváth Sándor: Pamo Mangala farm (Észak-Zambia) vadállományának állapota.....	81
Elekne Fodor Veronika, Biró Barbara, Horváth Adrienn, Polgár András : A közlekedés környezeti hatásainak lehetséges monitorozása az M85 gyorsforgalmi út tükrében.....	85
Fülöp Viktor Géza, Horváth Sándor: A tűzifa, az energetikai célú erdei apríték, valamint az ipari fakitermelési és piaci változásai 2007 és 2018 között.....	91
Gálos Borbála, Kiss Márton: Meteorológiai mérések a Soproni-hegységben.....	97
Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter: Párolgás okozta napi ingadozás és annak információértelme (módszerek az evapotranszpiráció számítására).....	105
Gribovszki Zoltán: Vízpótlások erdőterületen, elmélet és esettanulmányok.....	112
Herceg András, Kalicz Péter, Primusz Péter, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása az útpályaszerkezetre.....	119
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) faanyag polifenol készletének folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás vizsgálata.....	127
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente : Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) levél antioxidáns kapacitásának és polifenol készletének vizsgálata.....	132
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Tölgyfajok levél-antioxidáns tartalmának összehasonlító vizsgálata.....	137
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres fakitermelés teljesítményének javítási lehetőségei szimulátor segítségével.....	142
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres gépkezelők szimulátoros képzésének hatása a munka gazdaságosságára.....	149
Horváth Attila László, Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszteres fakitermelési módszerek termelékenységeinek összehasonlítása.....	156
Horváth Bíbor Júlia, Németh Róbert, Báder Mátyás: A rostirányban tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának vizsgálata.....	163
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: N agyvadállomány vagyon-kezelésének elemzése az Országos Vadgazdálkodási Adatbázis állománybecslési és elejtési adatainak tükrében.....	170
Katona Csaba, Bazsó Tamás, Péterfalvi József, Primusz Péter: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok.....	177
Kovács Gábor, Heilig Dávid, Heil Bálint: Fás szárú energetikai ületvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban.....	187

Kovács Klaudia, Vityi Andrea, Horváth Attila László: Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája.....	195
Major Tamás, Pintér Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Gyökérsarj eredetű akác állományok összehasonlító vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén.....	200
Major Tamás, Horváth Attila, Virág Vivien: Harveszteres gépi faanyagfelvételezés összehasonlító vizsgálata.....	205
Marcisin Tamás, Király Gergely: Az állomány záródása és az újulatszám összefüggéseinek vizsgálata nyírségi vörös tölgyesekben	210
Németh Zsolt István, Kiss Péter Áron, Rákosa Rita: Faanyagok FT-IR spektrum alapú osztályozása kemometriás módszerekkel	217
Nevezi Csenge, Bazsó Tamás, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Hidrológiai és botanikai folyamatok összefüggéseinek vizsgálata egy patakmenti erdőállomány és nedves rét területén.....	221
Novák Dominik, Németh Róbert, Báder Mátyás: A jövő faimpregnáló polimerje. A tejsav tömörfában történő felhasználásának áttekintése	227
Papp Viktória, Szalay Dóra: Pirolízis korom és faanyag keverék pelletek energetikai és mechanikai vizsgálata.....	232
Péterfalvi József, Primusz Péter: Talajstabilizációk szerepe az erdészeti útépítésben	237
Polgár András, Jagodics Nóra, Horváth Adrienn, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásai	247
Polgár András, Antal Mária Réka: Faipari élzárési típusok környezeti hatásainak vizsgálata.....	254
Rákosa Rita, Pásztory Zoltán, Börcsök Zoltán, Németh Zsolt István: IR spektrometria a faanyag hőkezelésének monitorozására	263
Rákosa Rita, Szegleti Csongor, Németh Zsolt István: Műanyag hulladékok osztályozása FT-IR spektrumok alapján.....	268
Szakálosné Mátyás Katalin, Fekete György, Horváth Attila László: Lovak alkalmazása és jövője a hazai fahasználatokban	273
Szakálosné Mátyás Katalin, Gimesi Kristóf Szilárd, Major Tamás, Horváth Attila László: Kötélpályás közelítés vizsgálata a soproni hegyvidéken	278
Szakálosné Mátyás Katalin, Sudár Ferenc János, Horváth Attila László: A többműveletes fakitermelő gépek kíméletességének fokozása harveszter szimulátor segítségével.....	284
Szöke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn.....	291
Tari Tamás, Sándor Gyula, Náhlik András: A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében.....	298
Tóth Mihály Zoltán, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahegesztés vízgőz és nyomás segítségével.....	305
Vadkerti Tóth Balázs, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahajlítás anatómiája – Áttekintés.....	311
Vágvölgyi Andrea, Szalay Dóra: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára.....	318
Vágvölgyi Andrea, Mészáros Imre, Czupy Imre: Szennyvíziszap komposztálás anyagmérlegére irányuló vizsgálatok	325
Vágvölgyi Andrea, Szigeti Nóra, Czupy Imre, Beszédes Sándor, Szalay Dóra: Fás szárú ültetvények technológiai és ökológiai szempontú siker-kudarcc tényezőinek vizsgálata.....	329
Vajda József, Horváth Sándor: A COVID-19 hatása az amerikai agrártámogatási rendszerre.....	336
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: A fakéreg antioxidáns tulajdonságainak kiértékelése	342
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Bocz Balázs, Bocz Dániel, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata	348
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Szöke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen.....	354

A ROSTIRÁNYBAN TÖMÖRÍTETT FAANYAG ZSUGORODÁS-DAGADÁSÁNAK VIZSGÁLATA

HORVÁTH BÍBOR JÚLIA, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet, bader.matyas@uni-sopron.hu

Bevezetés

Az íves elemekre való igény évezredek óta jelen van a bútorgyártásban. Az egy elemből készült íves tömörfa alkatrészek gyártásánál régóta ismert a gőzöléses hajlítás. Ennek az ipari alkalmazását, és a sorozatgyártásra alkalmas technológiáját Thonet fejlesztette ki a 19. század közepén. Innentől kezdve volt jelentősége az iparban és a nagy sorozatgyártásban a hajlítható faanyagoknak és az ebből készült termékeknek. Ennél az eljárásnál a faanyagot gőzölik, vagy főzik, ennek hatására fellágyul, így könnyebben alakíthatóvá válik az anyag. Sablonba rögzítve a kihülést követően pedig megtartja a kívánt formát. A technológia hátránya, hogy a faanyag csak kb. 80 °C feletti hőmérséklet tartományban alakítható, a kihülést követően elveszíti formálhatóságát. Mivel a hajlított faanyagból készült termékekre nagy igény mutatkozott, szükségessé vált a technológia fejlesztése, egyszerűsítése, új technológiák kidolgozása, hosszabb ideig alacsonyabb hőmérsékleten is formálható, kisebb erővel, egyszerűbb eszközökkel hajlítható alapanyag létrehozása. Ezekkel a tulajdonságokkal leginkább a rostirányban tömörített faanyag és megmunkálási technológiája rendelkezett, a 20. század elején szabadalmaztatták. Ezt követően folyamatos fejlesztések történtek, de az alapelv nem változott. A rostirányban tömörített faanyag ipari alkalmazását a megfelelő gép elkészítése tette lehetővé, a Thonet technológia megjelenése után közel másfél évszázaddal.

Elsősorban a keménylombos fafajokon szokták alkalmazni ezt a faanyagmodifikációs eljárást. A vizsgált lágylombos fafajok kevésbé vagy nem alkalmasak, illetve kevés kutatási anyag áll rendelkezésre ezek tömöríthetőségéről. A fafajok közül tömörítés szempontjából egyértelmű kivételeket képeznek a fenyők. Fenyők nem tömöríthetők, ugyanis a korai pászták tracheidái hajlamosak a mikro-kihajlásra és szálkiszakadásra így tömörödés helyett az anyag tönkremenetele következik be (IVÁNOVICS, 2012). Az iparban tömörítés és hajlítás szempontjából leginkább a bükknek van jelentős szerepe, de az adott faanyagmodifikációs eljárás mind gyűrűs, mind szórtlikacsú fafajokon alkalmazható. Annak érdekében, hogy a kutatás mind két csoportra nézve reprezentatív értékű legyen a vizsgálatok tölgy faanyagon is el lettek végezve. A tömörítésre szánt anyagnak a fafajon kívül számos minőségi követelménynek kell megfelelnie. Ezt a faanyagmodifikációs eljárást kizárólag hibamentes alapanyagon lehet megfelelő minőségben elvégezni. Ennek oka először is maga a tömörítés. Ha a faanyag rostlefutása nem közel párhuzamos a tömöríteni kívánt anyag oldalival, akkor a tömörítés során a faanyag szálirány mentén elhasadhat, vagy a későbbiekben a hajlítás során következhet be szálkiszakadás. Kismértékű ferdeszálúság megengedett, ennek értéke 7°, e mellett még elvégezhető a faanyag tömörítése és hajlítása megfelelő minőségben. Továbbá kizáró tényező az egyenetlen rostszerkezet, ugyanis ez egyenetlenül tömörödik, így a késztermék hajlíthatósága eltérő lehet a hossz mentén. A kismértékű tűgöcsösség a faanyag tömöríthetőségét nem befolyásolja, viszont a hajlítás során töréshez vezethet. Az álgesztesség jelentősen korlátozza a tömöríthetőséget, ráadásul mivel magas hozzáadott értékű termékről van szó, így se ez, se más esztétikai hibák nem megengedhetők. Fontos tényező továbbá a kezelni kívánt faanyag nedvességtartalma. A tömöríteni kívánt alapanyagnál a legideálisabb a frissen kitermelt, élőnedves állapot, de alacsonyabb kiindulási nedvességtartalmú anyag is tömöríthető. Minimálisan szükséges a kezelni kívánt fűrészáru minden pontján a 16%-os kiindulási nedvességtartalom (KUZSELLA ET AL., 2011). A nedvességtartalomnak mind a tömörítésnél, mind pedig a tömörítést megelőző kezelés során komoly jelentő-

sége van. A tömörítést megelőzően a faanyagot plasztifikálni kell. Ez a tömörítési technológiánál jellemzően gőzöléssel történik. A faanyag csak megfelelő nedvesség jelenlétében plasztifikálható. Ehhez nem elég a gőz jelenléte, szükséges, hogy a faanyagban is megfelelő mennyiségben és formában legyen jelen a víz. A víz a fában négy formában lehet jelen. Szabad víz, ami a sejtüregeket folyadék formájában töltheti ki, vízgőz formájában szintén a sejtüregekben, kötött víz mely a sejtfalakban kötődik, ez szárítással eltávolítható, illetve a faanyag kémiai alkotórészeihez kapcsolódó víz (NÉMETH, 2002). Azt a pontot, amikor a faanyagban levő kötött víz eléri a maximumát, de szabad víz még nem jelenik meg, rosttelítettségi pontnak nevezik. A tömörítés során a faanyagnak rosttelítettségi állapot közelében kell lenni, ellenkező esetben előfordulhat, hogy nem megfelelően tömöríthető. A tömöríteni kívánt faanyag a tömörítést megelőzően a rostlagyítás szempontjából megegyezik a Thonet-technológiánál használt alapanyaggal. Az ehhez szükséges időt befolyásolja a fafaj, annak a nedvességtartalma, és legnagyobb mértékben a kezelni kívánt faanyag mérete, elsősorban a keresztmetszete. A gőzölés során a cél az, hogy a teljes keresztmetszet egyenletesen átmelegedjen, és plasztifikálódjon. A gőzölést követően a faanyag tulajdonságai megváltoznak, a megfelelő hőmérsékletet fenntartva képes elviselni látható szerkezeti károsodás nélkül a rostirányú összenyomást. A plasztifikálás szempontjából a fában levő lignin a legfontosabb, de szerepet játszanak a hemicellulózok is. A lignin a faanyagban a sejtek közti részt tölti ki, ez alkotja az ún. középlemezt. A lignin szerepe a faalkotók összekapcsolása, illetve a faanyag merevségéért felelős. A lignin a sejtfal legkülső részéhez csatlakozik. A kötést a kristályos szerkezetű cellulóz és az amorf szerkezetű lignin közt a sejtfal külső részét alkotó hemicellulózok biztosítják. A gőzölés során a lignin és a többi elem közti kötések felbomlanak. Ez teszi lehetővé, hogy a faanyag hajlítható és tömöríthető, rostjai el tudnak mozdulni egymás mellett, majd lehűlve újra rögzülnek. A faanyag maximális plaszticitását 25-30% nedvességtartalom és min 70-80 °C hőmérséklet mellett éri el, miközben az alkotók degradációja minimális.

A tömörítési folyamat során a faanyag csak hossz mentén változik, a keresztmetszete állandó, vagy a változás mértéke elhanyagolható. A fellágyított faanyag rostjai elmozdulnak egymás mellett, illetve a sejtfalak harmonika-szerűen meggyűrődnek. Ezzel a higro-termo-mechanikus faanyagmodifikációs eljárással többféle, előre tervezhető tulajdonságú anyag állítható elő. A legkézenfekvőbb változtatások a tömörítés mértéke, illetve a tömörítést követő nyomvatartás ideje, az az a fixálási idő módosítása. Természetesen a tömöríthetőségnek fizikai korlátai vannak. Az általánosan elfogadott tömörítési arány 20%, ezen az értéken a faanyag az anizotróp tulajdonságai ellenére is minden részen egyenletes változásokat szenved bükk és tölgy fafaj esetében is. Ettől eltérni természetesen lehetséges, attól függően, hogy milyen tulajdonságú anyagot szeretnénk előállítani, vagy hogy milyen fafajjal dolgozunk. A maximális tömöríthetőség jellemzően 30-32%. A fixálási idő változtatásával a faanyag végleges alakváltozása, azaz visszaruhozása szabályozható. Kezeletlen bükk faanyag esetében a hajlítási viszonyszám értéke 1:15. Ez 23%-os tömörítés esetén 1:5-re javítható, majd ezt az anyagot 80 °C-os hőmérsékleten megmunkálva 1:4 értéket kapunk (BÁDER, 2015). Ez szépen reprezentálja a hajlíthatóság növekedését a rostirányú tömörítés hatására.

Anyagok és módszerek

A zsugorodás-dagadás vizsgálatot tölgy és bükk faanyagon hajtottuk végre. Ezeket a fafajokat gyakran alkalmazzák hajlításra és tömörítésre. A bükk szórt-, a tölgy gyűrűs likacsú fafaj, így mind két csoport esetében vizsgálható a zsugorodás-dagadás változása a rostirányú tömörítés hatására. A vizsgálat a vonatkozó ISO és magyar szabványok iránymutatásai alapján történt.

A vizsgálat során kétfajta tömörítési módszerrel készült próbatestek zsugorodását és dagadását viszonyítottuk a kezeletlen, illetve gőzölt faanyagéhoz. A tömörítési módszerek a korábban már ismertetett tömörített, illetve tömörített-fixált alapanyagot eredményezték. A tömörítés mértéke

mindkét esetben 20 % volt. A tömörített minták az összenyomást követően egy percet lettek nyomva tartva, ennek megfelelően a faanyag a nyomás megszűnése után nagymértékben viszarugózott. A tömörített-fixált minták esetében a fixálási idő lényegesen hosszabb, 18 óra volt. Ebben az esetben a végleges alakváltozás nagyobb.

A tömörítést 200 mm hosszú, $30 \times 20 \text{ mm}^2$ kiindulási méretekkel rendelkező élőnedves anyagon végeztük. Ennek megfelelően csak kisméretű próbatetek gyártására volt lehetőség a zsugorodás-dagadás vizsgálatához. A vizsgálat során több perióduson keresztül történt a próbatetek szárítása, majd klimatizálás 20°C és 65% relatív páratartalom mellett, majd végül desztillált vízben történő áztatása. A kapott értékekből lett meghatározva a különböző periódusokhoz tartozó zsugorodás és dagadás százalékos értéke. A faanyag anizotróp tulajdonságainak mérséklése céljából a próbatetek ugyanannak a rönknek azonos szakaszából készültek. Ez biztosítja, hogy a mérések során a kezeléssel adódó változás játssza a legnagyobb szerepet.

Korábbi vizsgálatok rámutattak, hogy a tömörített faanyag nedvesség hatására igyekszik felvenni az eredeti alakját (BÁDER, 2015). Ebből adódik, hogy a maximális alakváltozása longitudinális irányban lényegesen megnő. A zsugorodás-dagadás növekedését befolyásolja a fixálási idő, ami a végleges alakváltozással van összefüggésben. Tehát a tömörített-fixált faanyag alakváltozása a legnagyobb a vizsgált anyagok közül, de az egyperces fixálással készült tömörített faanyag esetében is igen jelentős különbségek figyelhetők meg a kezeletlen faanyag rostirányú alakváltozásához képest.

Eredmények és értékelés

A tömörítés hatására a faanyag számos tulajdonsága nagymértékben megváltozik. A szilárdsági értékek, a mikro- és makroszkopikus jellemzők megváltozásán túl a faanyag fizikai tulajdonságai is módosulnak. Különös jelentőséggel bír a fa és a víz kapcsolata, mely kezeletlen faanyag esetében is komoly szerepet tölt be. A fa, mint anizotróp anyag a nedvesség hatására a rosttelítettségi határ alatt az anatómiai irányoknak megfelelően eltérő mértékben változik. Legnagyobb alakváltozással a tangenciális, majd a radiális, végül a longitudinális irány rendelkezik; az alakváltozások százalékos értéke ugyanebben a sorrendben bükk faanyag esetében 11,8%; 5,8%, és 0,3%, míg tölgyénél 7,8,-10,0%; 4,0-4,6% és 0,4% (MOLNÁR, 1999).

A kezelésekre hatására a faanyag zsugorodás-dagadása az anatómiai irányokban eltérő mértékben változott meg. A bükk és a tölgy esetén megfigyelhetők különbségek, a zsugorodás és a dagadás azonos jelleget mutat a keresztirányú változások terén az adott fafajokon belül. Mindkét fafaj esetében a tömörítés hatására azonos változások történnek a faanyagban. A kezelésekre hatására a faanyag keresztirányú zsugorodása és dagadása csak kismértékben változik.

A bükk faanyag radiális irányú zsugorodása és dagadása azonos változásokat mutat a különböző kezelésekre hatására. A kezeletlen minta zsugorodás-dagadása az irodalmi értéknek megfelelően, vagy azonos azzal, vagy kicsit kisebb. Legnagyobb értékkel minden esetben a gőzölt faanyag rendelkezik, ezt követi a tömörített, majd a kezeletlen. Legkisebb értékkel a tömörített-fixált faanyag rendelkezik. A ciklusok során a mintatesetek értékei növekvő tendenciát mutatnak, de eltérő mértékben. Ebből adódik, hogy a ciklusok végére a tömörített-fixált faanyag dagadása megegyezik a kezeletlen faanyag értékével, illetve zsugorodás esetén is megközelíti azt. A bükk faanyag tangenciális irányú változása a radiális irányhoz hasonló. A kezeletlen minta értéke kicsit meghaladja, vagy egyenlő a 11,8%-os irodalmi értékkel. A negyedik mérési ciklusban a kezeletlen minta értéke 12,1%. Itt is a gőzölt faanyag rendelkezik a legnagyobb értékkel a mérések során, ezt pár tizedszázalékos eltéréssel a tömörített faanyag követi, majd a kezeletlen és a tömörített-fixált. Ebben az esetben a fixált faanyag értéke nem éri el a kezeletlen minta értékét, illetve az első ciklus során jelentősebb a tömörített fixált minta eltérése a kezeletlentől. A ciklusok során a próbatetek értékei a 9,7% és 13,0% közti tartományba esnek.

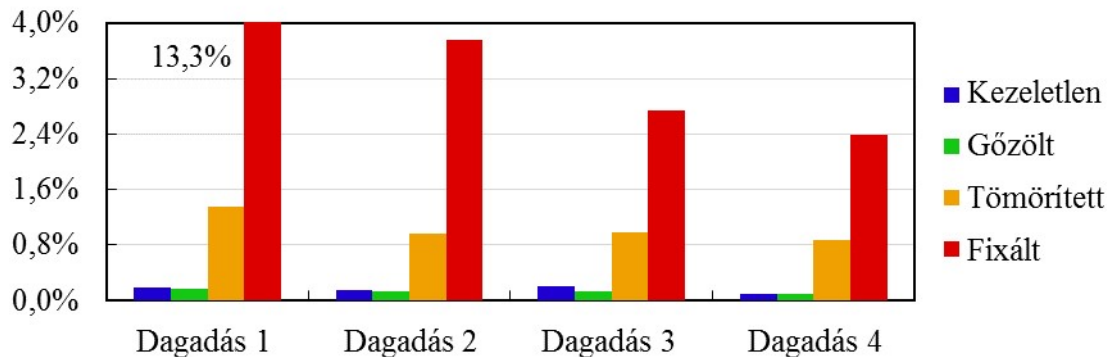
A tölgy faanyag esetében hasonló változások figyelhetők meg. Jelentős különbség, hogy itt a gőzölés hatásra a faanyag zsugorodása és dagadása nem növekszik, hanem csökken. A kezeletlen faanyag radiális irányú változása minden esetben pár százalékkal meghaladja a 4-4,6%-os irodalmi értéket. Tölgynél a mérési ciklusok során a tömörített és a kezeletlen faanyag rendelkezik a legnagyobb zsugorodással és dagadással. Pár esetben a tömörített minta értéke meghaladja a kezeletlen faanyagét, vagy egyenlő azzal.

Tölgynél a faanyag tömörítése és fixálása nagyobb mértékű változást eredményez, mint a bükknél. Az első ciklus során a kezeletlen minta értékének majdnem felére csökken, míg bükk esetén csak kicsit több, mint 10%-os csökkenés figyelhető meg. A tömörített fixált faanyag esetében egyértelműen látható, hogy a faanyag rostirányú tömörítése csökkenti a faanyag zsugorodását és dagadását az adott anatómiai irányban. A ciklusok során a bükkhöz hasonlóan a kezeletlen és a tömörített-fixált minta értéke közti különbség csökken, de itt a negyedik ciklusban is jelentős eltérés van a két érték között.

A tangenciális irány változása a bükkhöz hasonlóan leköveti az adott fafaj radiális irányú változásait. Itt is a tömörített fixált minták esetében nagyobb a változás a kezeletlen mintákhoz viszonyítva. A tömörített-fixált minta az első ciklus során kevesebb mint fele akkora változással rendelkezik, mint a kezeletlen faanyag. A periodikus áztatás hatására ez az érték szintén növekszik, közel 30%-ot a negyedik ciklus végére.

A longitudinális irány zsugorodásának és dagadásának változása a kezelések hatására a keresztirányok változásához képest jóval intenzívebb, és a periódusok során is jelentős változások figyelhetők meg. A radiális irányok vizsgálatánál a zsugorodás és a dagadás azonos jelleget mutatott, ebben az esetben ez nem mindig egyértelmű.

A bükk faanyag longitudinális irányú dagadásánál igen jelentős a különbség a tömörített és a kezeletlen minták értékei között (1. ábra).



1. ábra Kezeletlen és különböző módon modifikált bükk faanyagok dagadása több mérési cikluson keresztül

Ebben az esetben a gőzölés nem okoz látható változást. A tömörített és tömörített fixált anyag dagadásának nagysága közt szintén jelentős a különbség.

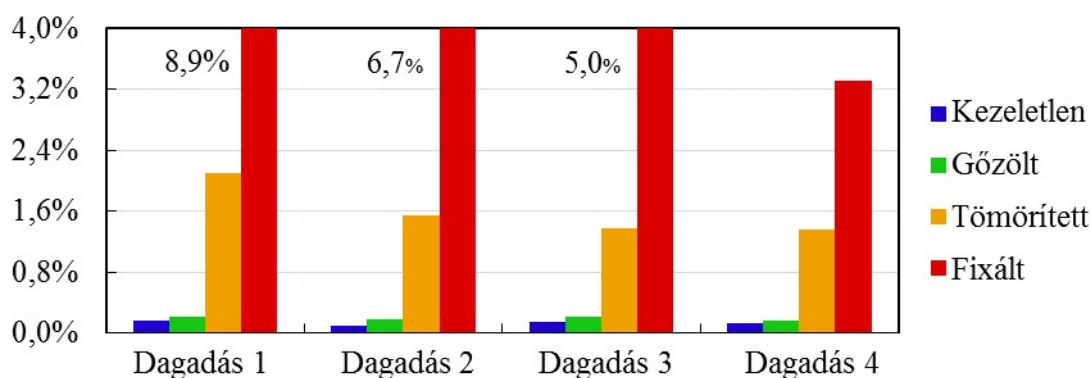
A kezeletlen faanyag értékei minden esetben a 0,3%-os irodalmi érték alatt maradnak. A tömörített és tömörített-fixált minták értékei jelentősen meghaladják a kezeletlen minták értékeit. A tömörített fixált faanyag az első ciklus során hatvanhat és félszeres dagadási értékkel haladja meg a kezeletlen faanyagét. A kezeletlen próbatest értéke ebben az esetben 0,2%, a fixált faanyagé 13,3%. Ez a periodikus áztatás-szárítás hatására az első ciklusban jelentősen csökken, majd a változás nagysága jelentősen mérséklődik. A tömörített faanyag dagadása a mérési ciklus elején hétszerese a kezeletlen faanyag dagadásának. Ezek a különbségek a mérési ciklusok végére mérséklődtek, de a negyedik ciklus során sem tekinthető semmiképpen sem jelentéktelennek. Ebben az esetben megfigyelhető, hogy pár ciklus után állandó értékre kezd beállni a dagadás értéke. A negyedik ciklus végén a tömörített faanyag kilencszer nagyobb dagadással

rendelkezett, mint a kezeletlen minta, a tömörített-fixált faanyag pedig huszonkétszeresen haladta meg a kezeletlen minta értékét.

A bükk longitudinális irányú zsugorodása más jelleget mutat, mint a dagadás, de bizonyos mértékben itt is nyomon követhető az alakváltozás mérséklődése. A kezeletlen minta longitudinális zsugorodás értékei itt is minden ciklusban az irodalmi érték alatt maradtak, vagy legfeljebb azzal voltak egyenlőek. A tömörített-fixált bükk faanyag zsugorodása egy esetben sem ad olyan kiugró értékeket, mint amilyeneket a tömörített-fixált, vagy csak tömörített faanyag dagadása adott. Az első érték 2,2% a második 1,6% a harmadik 2,4% a negyedik ciklusban mért adat 1,9%. Ebből jól látszik, hogy nincs egyértelmű mérséklődés a vizsgált ciklusokban. A zsugorodás értéke a dagadáshoz képest nem nagy, viszont a legjobb esetben is több mint ötszöröse a kezeletlen faanyagénak.

A tömörített faanyag esetében megfigyelhető a periódusok során a zsugorodás-dagadás fokozatos mérséklődése. A vizsgált ciklusok során 1,2%-ról 0,8%-ra csökken a zsugorodás. A ciklus elején a dagadáshoz hasonlóan nagyobb mértékű a változás. Az utolsó két ciklus eredménye alapján azt lehet mondani, hogy egy állandó értéket közelít.

A tölgy próbatestek lineáris irányú dagadása a bükkéhez hasonló tendenciát követ. A tömörített minták eredményei itt is csökkenő tendenciát követnek. A különbség mind a kezeletlen mintákhoz, mind az irodalmi értékekhez viszonyítva igen nagy. A kezeletlen faanyag változásai itt is megfelelnek az irodalmi értéknek (2. ábra).



2. ábra Kezeletlen és különböző módon modifikált tölgy faanyagok dagadása több mérési cikluson keresztül

Érdekes párhuzam, hogy a kezeletlen faanyag esetében a tölgy rendelkezik nagyobb longitudinális irányú dagadással, a tömörített fixált minták esetében ez megváltozik. A bükk a vizsgálat elején 13,3%-os dagadással rendelkezik, míg a tölgyé 8,9% volt.

A tömörített minták esetében a bükkhöz hasonlóan szintén lekövethető a fokozatos csökkenés. A ciklus elején a legnagyobb érték 2,1%. Ez tíz és félszerese a kezeletlen minta értékének. A negyedik ciklusra ez az érték 1,4%-ra csökken. Itt a harmadik és negyedik ciklus értéke azonos. A tölgy minták longitudinális zsugorodási értékei a ciklusok során hasonló tendenciát mutatnak a bükkéhez. A ciklusok elején van egy lényegesen alacsonyabb érték. A változások a ciklusok során nem követnek egyértelműen leírható tendenciát. A legnagyobb zsugorodás fixált faanyag esetén 3,5%. A tömörített faanyag esetében a bükkhöz hasonlóan megfigyelhető a csökkenő tendencia, de a változás mértéke nem olyan nagy, mint a dagadása esetén. Itt a negyedik ciklusra 1,6%-ról 1,2%-ra csökken a tömörített tölgy faanyag longitudinális irányú zsugorodása.

Az ismert adatok egyértelműen rámutatnak a rostirányban tömörített faanyag alakváltozásaival kapcsolatos problémákra. Az alkalmazott kezelések az eltérő anatómiai irányokban eltérő változásokat eredményeznek. A radiális és tangenciális irányú zsugorodás-dagadás változása nem tekinthető jelentősnek a periodikus áztatás során a kezeletlen faanyagéhoz képest. Ez a változás sem felhasználás sem egyéb szempontból nem okoz problémát, hiszen az eltérés ebben

az esetben nem nagy, illetve a faanyag anizotrop tulajdonságainak köszönhetően azt lehet mondani, hogy közel megfelelnek az irodalmi értékeknek. Ennek ellenére a kezelésekre hatására bekövetkező változások jól nyomon követhetők a kezelésekre típusainak megfelelően mind két fafaj esetében.

A longitudinális változások nagysága a kereszt irányú változásokkal ellentétben igen jelentős. Itt az alkalmazott faanyagmodifikációs eljárástól függően a kezelés akár két nagyságrenddel is megnövelheti a faanyag hosszirányú dagadását az első mérési ciklus során. A longitudinális irányú változások vizsgálata egyértelműen rámutat arra, hogy a tömörített faanyagok zsugorodás-dagadása nem jellemezhető egy százalékos értékkel, hanem a folyamat teljes egészét szükséges figyelembe venni.

A mérési ciklusok során a tömörített faanyagok longitudinális irányú zsugorodása és dagadása jelentősen változik. Megfigyelhető főleg a tömörített faanyag esetében, hogy a zsugorodás és dagadás értéke a mérési ciklusok során mérséklődik, egy konstans értékhez tart. Ez arra enged következtetni, hogy a tömörített és tömörített-fixált faanyag kellő számú mérés esetén egy közel állandó értékre állna be. A faanyag a legnagyobb változásokat a ciklusok elején produkálta. Ez a longitudinális irány vizsgálatánál egyértelmű, de a kereszt irányok esetében is többnyire lekövethető. Az, hogy a faanyag keresztirányban kisebb zsugorodási és dagadási értékekkel rendelkezik, mint a kezeletlen faanyag arra enged következtetni, hogy a gyűrődött rostoknak köszönhetően az alakváltozás, ami normál esetben a kereszt irányba menne végbe, megjelenik a longitudinális irányban is.

A radiális és tangenciális értékek növekedése, illetve a longitudinális értékek csökkenése a periodikus áztatás hatására egyértelműen azt mutatja, hogy a faanyag eredeti állapotát igyekszik megközelíteni, ennek megfelelően longitudinális irányban rendkívül nagy alakváltozásokra képes. A dagadáshoz viszonyítva alacsony értékek a longitudinális zsugorodási ciklusok esetében szintén ezt támasztják alá. A faanyag visszarugózik. Ez nem csak a hosszirányú változásra igaz, hanem a hajlított elemekre is.

A bükk és a tölgy faanyag eredményei közötti eltérések az adott fafajok tulajdonságaiból adódnak. A tömöríthetőség fafajra jellemző, így más fafajok modifikálása okozhat kismértékű eltéréseket. Ennek ellenére nyomon követhető, hogy a nagy mértékű maradandó alakváltozással járó kezelésekre esetén mindkét fafaj esetében ugyanazt a változást okozza a faanyag tömörítése és fixálása.

Magas hozzáadott értékű alapanyagról van szó, így a kültéri alkalmazására nem valószínű, hogy sor kerülne, tehát a felhasználás során szélsőséges körülményeknek feltehetően nem lesz kitéve az anyag, viszont a tömörített faanyag a környezet nedvességtartalmára is reagál, ennek megfelelően a levegőben levő párára is, ami eltérő gyártási és beépítési klíma esetén problémát okozhat. A faanyagnak ez a tulajdonsága kezeletlen faanyagok esetében nem jelent gondot, hiszen a hosszirányú zsugorodása kicsi, a keresztirányok változásaiból adódó nehézségek kiküszöbölésére pedig ismertek a megfelelő szerkezeti felépítések mind a bútort, mind az építőipar területén.

A rostirányú tömörítés a faanyag több tulajdonságát is megváltoztatja, nedvesség jelenléte mellett plasztikusabbá, alakíthatóvá, hajlíthatóvá teszi. A forma megtartásának feltétele, a faanyag szárítása. A nedvesség felvételével a fa ismét plasztikusabb jelleget kezd felvenni, ebből adódik, hogy a formatartósság érdekében célszerű lehet további kutatásokat folytatnia a tömörített faanyag nedvességre való érzékenységének csökkentése terén. Mivel a nedvességfelvételnek köszönhető a faanyag zsugorodása és dagadása, így minden olyan kezelés eredményre vezető lehet, amely csökkenti a faanyagban jelen levő szabad hidroxil csoportok számát, ezzel növelve és megkönnyítve a tömörített faanyagok felhasználhatóságát.

Következtetések

A rostirányú tömörítés célja, hogy a faanyag könnyebben hajlítható és formázható legyen. Ennek megfelelően ez a faanyag modifikációs eljárás a faanyag számos tulajdonságát módosítja. A szilárdsági értékek jelentős változása mellett nagymértékben módosul a faanyag longitudinális irányú zsugorodása- és dagadása is. A cikk témája ennek bemutatása. A vizsgálatokat két fafajon lettek elvégezve, bükkön és tölgyön. Az ipari faanyag hajlítás tekintetében csak a bükk rendelkezik jelentősebb szereppel, viszont a rostirányú tömörítés több fafajon is elvégezhető, így a tölgy vizsgálatával jellemezhető a gyűrűs likacsú fafajokra gyakorolt hatása is a kezeléseknek.

A rostirányú tömörítés hatására a faanyag longitudinális irányú zsugorodása és dagadása megnő, illetve a zsugorodás és dagadás értékei nem egyeznek meg az adott anatómiai irány esetén. A vizsgálatok eredményei rámutattak, hogy a tömörített faanyag periodikus áztatás és szárítás hatására nagy mértékben növekszik hosszirányban, ennek megfelelően a longitudinális irányú dagadása a mérési ciklusok elején igen magas, akár 10%-ot meghaladó értéket is felvehet, ami negatívan befolyásolja a felhasználhatóságát.

Köszönetnyilvánítás: A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

Irodalomjegyzék

- BÁDER M. (2015): Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése 1. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. *Faipar.* 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/ WOODSCI.2015.1.8
- BÁDER M. – NÉMETH R. (2018): The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research* 63(3): 383–398.
- IVÁNOVICS G. (2012): A nyomott faanyag alakváltozási folyamata. Kézirat. Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 6 p.
- KUZSELLA L. – BÁRCZY P. – SZABÓ I. (2011): Ősi anyag új feldolgozása, avagy tömörített fából energiatároló rugó. *Bányászati és Kohászati Lapok* 144(2): 40-41.
- MOLNÁR S. (1999): Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 467 p.
- NÉMETH R. (2002): A hidrotermikus kezelés hatása az akác faanyagának szorpciós tulajdonságaira. Doktori disszertáció. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 105 p.