

TDK dolgozat

Kovács Luca

faipari mérnök MSc. hallgató

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Faipari és Műszaki Intézet (Faanyagtudományi Intézet)

Pannónia nyár rétegelt-ragasztott faanyagok védőszerfelvételi vizsgálatai

Témavezető:

Dr. Horváth Norbert

egyetemi docens

A dolgozat készítője:

Kovács Luca

másodéves faipari mérnök MSc. hallgató

2021.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	5
2.	Szakirodalmi adatok összegzése	6
2.1.	A releváns hazai és külföldi szakirodalmak rövid áttekintése	6
2.2.	A vizsgálati fafajok általános jellemzése	8
2.2.1.	Pannónia nyár (<i>Populus × euramericana</i> cv. Pannónia)	8
2.2.2.	Közönséges lucfenyő (<i>Picea abies</i>).....	9
3.	Anyagok és eljárások.....	10
3.1.	Vizsgálati faanyagok	10
3.2.	Áztatási próbatestek.....	10
3.3.	Telítési próbatestek	11
3.4.	Ragasztóanyag, ragasztás	12
3.5.	Rugalmas tömítőanyag, bútüfelületek zárása	13
3.6.	Réz-szulfát oldat	13
3.7.	Indikátor oldat.....	14
4.	Vizsgálati módszerek.....	14
4.1.	Normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség	14
4.2.	Normál klímához tartozó sűrűség.....	15
4.3.	Áztatási vizsgálat	15
4.3.1.	Felvételi görbék.....	15
4.3.2.	Sztereomikroszkópon meghatározott beszívódási mélységek	15
4.3.3.	Elért védőszerfelvételek	16
4.4.	Telítési kísérletek.....	16
4.4.1.	Elért védőszerfelvételek	17
5.	Vizsgálati eredmények	17
5.1.	Normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség	17
5.2.	Normál klímához tartozó sűrűség.....	18
5.3.	Áztatási vizsgálat	20
5.3.1.	Felvételi görbék.....	20
6.1.1.	Sztereomikroszkópon meghatározott beszívódási mélységek	24
8.1.1.	Elért védőszerfelvételek	26
8.2.	Telítési vizsgálatok	27
8.2.1.	Elért védőszerfelvételek	27
8.2.2.	Telítések értékelése.....	29
9.	Összefoglalás	31
10.	Előretekintés, további kutatási lehetőségek	31
11.	Köszönetnyilvánítás.....	32

12.	Hivatkozások.....	32
13.	Mellékletek.....	34
13.1.	Egyensúlyi fanedvesség és sűrűség mérési eredmények.....	34
13.2.	Áztatási kísérletek eredményei.....	35
13.2.1.	4 napos áztatási próbatestek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek	35
13.2.2.	12 hetes bütüzárt áztatási próbatestek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek.....	36
13.2.3.	12 hetes lezáratlan bütűjű áztatási próbatestek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek.....	37
13.3.	Védőszerbeszívódási mélységek sztereomikroszkóppal mért eredményei	37
13.3.1.	Álló évgyűrűs Pannónia nyár próbatestek eredményei	37
13.3.2.	Fekvő évgyűrűs Pannónia nyár próbatestek eredményei	38
13.3.3.	Álló évgyűrűs lucfenyő próbatestek eredményei.....	38
13.3.4.	Fekvő évgyűrűs lucfenyő próbatestek eredményei.....	38
13.3.5.	Kékült lucfenyő próbatestek eredményei.....	38
13.4.	Telítési eredmények.....	38
13.4.1.	Első telítési kísérlet.....	38
13.4.2.	Második telítési kísérlet	38

1. Bevezetés

Témavezetőmmel, Dr. Horváth Norberttel folytatott közös munkánk kezdete faipari mérnöki BSc. tanulmányaim idejére nyúlik vissza, mely alatt közelebbi kapcsolatba kerülhettem a Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) faanyaggal a 2019-ben sikerrel befejeződött OTKA 116 2016 kutatás keretein belül. A jelenlegi TDK dolgozatban taglalásra kerülő kutatási projektem felfogható az akkor megkezdett OTKA kutatás folytatásaként, hiszen ez esetben is a Pannónia nyár faanyaga kerül a vizsgálatok középpontjába, viszont most faanyagvédelmi, azon belül is védőszerfelvételi szempontokból. Magyarországon a napjainkban érvényes építéshatósági rendelkezések, vagyis az OTÉK előírásai szerint mind az építőiparban alkalmazott fenyőféléknek és mind az alacsony tartósságú Pannónia nyár faanyagnak beépítésüket megelőzően kötelező kiegészítő kémiai, faanyagvédőszeres kezelésem átesni. Az utóbbi évek nyárfa-kutatásainak kedvező eredményei alapján felvetődött, hogy a hazánkban nagy mennyiségben vágásérett korba lépő Pannónia nyarak alkalmasak lennének szerkezeti felhasználásra, viszont az előírásoknak megfelelően szükségessé vált a védőszerrel való kezelhetőségüknek mélyebb megismerése. Ebből kifolyólag szerkezeti felhasználás esetén a belőle készült rétegelt-ragasztott faszerkezetek vonatkozásában sarkallatos kérdés, hogy az előírásban meghatározott védőszerfelvétel és védőszer behatolási mélység a ragasztás elvégzése után is elvégezhető-e. Mivel szerkezeti faanyagként Magyarországon gyakran lucfenyőt (*Picea abies*) alkalmaznak, vizsgálatainkban a Pannónia nyár mellett ezen fafajból készült próbatestek szolgáltak viszonyítási alapként, így árnyalva és jobban értelmezhetővé téve a Pannónia nyár minták eredményeit.



1. kép: Nemesnyár ültetvény

(kép forrása: <https://agrariumblog.hu/index.php/2018/04/04/igy-lesz-gazdasagos-nemesnyar-termesztes/>)

2. Szakirodalmi adatok összegzése

2.1. A releváns hazai és külföldi szakirodalmak rövid áttekintése

PAPP és HORVÁTH (2016) nyomán a tölgyeseket, csereseket és akácokat követően Magyarország erdőterületeinek csaknem 10,5%-át fedik nyár ültetvények, melyek így a legnagyobb részt teszik ki. A nyárasok növekedtek a legerőteljesebben az akácokon kívül: mintegy 30%-át teszik ki a különböző nyár fajták a hazai erdőtelepítéseknek. Magyarország területén belül mindenekelőtt a Nyírség, a Fertő-Hanság medence, illetve a Duna-Tisza-közi hátság, valamint Nógrád megye Szlovákiával határos régiói és Belső-Somogy rendelkeznek nagyobb méretű és egybefüggő nyárfás területekkel. Az évenként kitermelt megközelítőleg 1 millió m³ nyár faanyag is arra enged következtetni, hogy hazánkban számottevően sok nyár faanyag lelhető fel. Nemesnyarasokból áll a lágylombosokkal fedett erdőségeink 40%-a (HORVÁTH és PAPP, 2017), amelyek körülbelül az összes magyarországi erdő 6%-ára terjednek ki (PAPP és HORVÁTH, 2016), viszont fajtamegoszlásuk erős összefüggést mutat az adott termőhely jellegzetességeivel. Több hazai publikáció részletezi az egyes magyarországi termőhelyeken növény Pannónia nyarak tulajdonságainak összehasonlító vizsgálatait. A publikációk egyike az újrónafői, a győri és a kapuvári ültetvények helyszíni és laboratóriumi vizsgálatai eredményeit taglalja, melyek szerint Újrónafő és Győr ültetvényei esetében a mechanikai tulajdonságok tekintetében eltérések mutatkoztak a hasonlatos növekedési tendenciák ellenére. CSIHA et al. írása (2019) nyomán közel hasonló mechanikai tulajdonságokkal a kapuvári és győri Pannónia nyár telepítések egyedei rendelkeztek. Győrből és Soltról származó minták képezték további vizsgálatok anyagát a faanyagok nedvesíthetőségének szempontjából, amely szerint a származási hely jelentőséggel bírhat a tulajdonság tekintetében is (RÁBAI et al., 2020). Az előzőekben említett különböző hazai szakirodalmak, valamint PAPP és HORVÁTH 2016-ban publikált kutatási eredményei alapján elmondható, hogy a kitermelt nyár faanyagok anatómiai és fizikai-mechanikai jellemzői, valamint az erdőnevelési és erdőgazdálkodási feladatok ellátásának színvonala a termőhelyi sajátosságokkal szoros összefüggést mutatnak. Mivel a kutatásban kísérleti tartószerkezeti faanyagok vizsgálatára összpontosítunk, szükséges tudatában lenni a szerkezeti faanyagokra vonatkozó ismereteknek is. MOLNÁR és társainak (2008) összefoglaló művében alkalmasnak tartják a Pannónia nyarat minőségi fatermékek és faszerkezetek gyártására, amelyet a fafaj jobb mechanikai tulajdonságai és nagyobb testsűrűsége indokolnak. Művükben említést tesznek a Pannónia nyár megengedett ággöcsökkel terhelt, termékméretű mintáinak szilárdsági és rugalmassági vizsgálatairól, melyek igazolták, hogy a nyár faanyag szilárdságát az erdei fenyőénél (*Pinus sylvestris*) kevésbé befolyásolta a göcsösség. VAN

ACKER és társai összefoglaló publikációjában (2016) végigveszik a *Populus* és *Salix* nemzetségekbe tartozó gyorsan növő fafajok felhasználási lehetőségeit, mivel ezen fafajok már hosszabb ideje nemesítési programok alapját képezik. A fent említett fajok a szerzők szerint várhatóan jó eredményeket érnek el ragasztott szerkezeti anyagként, például CLT-ként alkalmazva, megfelelő kiegészítő kezelésekkel. Mivel kutatásunk előrevetítheti egy, a későbbiekben megalkotott Pannónia nyár alapanyagú rétegelt-ragasztott tartószerkezet létrehozását, kiemelt jelentőséggel rendelkeznek a ragasztott szerkezeti anyagok esetében a pontos ragasztási paraméterek is. OHNESORGE (2009) tanulmánya bükk faanyag esetében elemezte a ragasztási teljesítményt befolyásoló legfontosabb tényezőket, illetve ajánlást fogalmazott meg bükk rétegelt ragasztott gerenda ragasztásának optimalizálására. Jelen vizsgálatok során ugyan végeztünk ragasztást, viszont célunk nem a Pannónia nyár faanyag ragasztási minőségének vizsgálata volt, így az ajánlás a későbbi méretpontos vizsgálati anyagok legyártásához útmutatásként szolgálhat további ragaszthatóság tematikájú nyár-kutatások esetében. Mivel a ragasztáson kívül kiemelt fontosságú a tartósság is a tartószerkezeti faanyagok esetében, az adott faanyagok természetes tartósságának is tudatában kell lennünk, valamint emellett a védőszeres kezelhetőségüknek is, mellyel az alkalmazott faanyagok tartósságát növelhetjük. A vizsgált faanyagok tartósságára vonatkozó tulajdonságait az MSZ EN 350 számú szabvány részletezi, miszerint a lucfenyő (*Picea abies*) a nehezen és nagyon nehezen telíthető (vagyis 3-as 4-es) impregnálhatósági osztályba sorolandó és farontó gombák ellen 4-es (4-5-ös) osztályba, vagyis a gyengén ellenálló fajok közé tartozik. A Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) a lucfenyőnél valamelyest jobban telíthető, a szabvány szíjácsát könnyen (1v besorolás), gesztjét pedig nehezen (3-as osztály) impregnálható faanyagok csoportjába sorolja, természetes tartósságát tekintve viszont hasonló jellegzetességeket mutat (5-ös rezisztencia osztály). Az érvényes, már említett magyar jogszabályok és a két fafaj sajátosságai egyaránt indokolják szerkezeti célú felhasználásuk esetében a kiegészítő kémiai faanyagvédelmi kezelést, melynek minőségét feltételezésünk szerint az impregnálhatósági (telíthetőségi és védőszerfelvételi) tulajdonságaik erősen befolyásolják. KRŽIŠNIK et al. publikációja (2020) megerősíti azt a feltételezést, mely szerint a faanyag tartósságával összefügg a védőszeres kezelés minősége. Eredményeik alapján arra következtetésre jutottak, hogy a PUR ragasztóanyaggal ragasztott kültéri, vagyis 3-as és 4-es kitettségi osztályba sorolt lucfenyő gerendák teljesítményét két év eltelte után a faanyag eredeti tartóssági tulajdonságai már nem, viszont a rajta alkalmazott modifikációs eljárás és maga a faanyagvédő szer határozta meg. MEYER-VELTRUP, BRISCHKE és KÄLLANDER összefoglaló tanulmánya (2016) a kültéri vizsgálatok esetében

hangsúlyos tényezőként jelenlévő időjárás és a nedvességtartalom befolyását hangsúlyozza, és szolgál útmutatóként a megfelelő kültéri vizsgálatok kiválasztásához. Az utóbb említett két publikáció szintén a további nyár-kutatások vázának meghatározásához nyújthat segítséget, mivel jelen dolgozat keretében kültéri tartóssági vizsgálatok elvégzésére nem került sor, viszont kutatási projektünk jövőbeni, ezirányú folytatását helyezik kilátásba.

2.2. A vizsgálati fajok általános jellemzése

A bevezetőben említettek szerint a Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) vizsgálati faj mellett lucfenyőt (*Picea abies*) vizsgáltunk, így a következőkben ezen két faj általános jellemzőinek és fontosabb, ismert fizikai-mechanikai tulajdonságainak összefoglalása következik.

2.2.1. Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia)

A Pannónia nyár származását tekintve egy, az Erdészeti Tudományos Intézet sárvári kísérleti állomásán, Kopeczky Ferenc által létrehozott nőivarú, mesterséges hibrid nyár fajta, mely *Populus deltoides* S-1-54 (♀) és a *Populus nigra* Lébény 211 (♂) keresztezésével jött létre (HORVÁTH, 2019). Levelei sötétebb zöld árnyalatúak, nagy méretűek, különösen a fiatal ültetvényeken, viszont az alsó árnyéklevelek észrevehetően kisebbek. A levélalap enyhén szív alakú, de egyeneshez közelíthet. Levélváll a felső részén domború, levélcsúcsa széles, hosszan kihegyezett. A levélfőér színe enyhén pirosas-zöld, és a levélnyél is enyhén pirosas. A levelek a kissé hosszabb levélnyeleken csüngenek. Koronája az óriásnyarakéhoz hasonló, keskeny, laza lombozatú. Csemete korában a szára egyenes és erőteljesen növekvő, kevés oldalágat növeszt. A fa törzse idősebb korában is egyenes, általában hengeres, és végigfut a koronán, sudarlósság ritkán jellemzi. Erőteljes csúcsirányú növekedése írható le. Kérge a törzs alsó, 3-4 méteres szakaszán durva, sötétszürke, korán parásodó, repedései sárgás-rozsdavörösek, hosszirányban futók. A törzs felső szakaszán a kéreg világosszürke, sima, gyengébb termőhelyen enyhe rozsdavöröses árnyalatú is lehet. A Pannónia nyár levélrozsdára nem, barna levélfoltosodásra enyhén érzékeny. Tűrőképessége kéregfekély ellen jó, fagykárosodásra nem érzékeny. Fagyrepedésre hajlamosságot mutat fagyveszélyes termőhelyeken, viszont a korai kéregparásodás miatt vadkárosítás nem jellemző az esetben. A Pannónia nyár 12-15 éves koráig gyorsan növekszik, majd utána mérséklődik, végül 18 éves kora körül le is állhat, amelyből kifolyólag termesztését inkább csak közepes (16-18 éves) termesztési időtartamra javasolja a szakirodalom. A faj termőhelye tekintetében változó, széles határok között mozog, viszont nagy fatermést, méretes faanyagot csak a jó nemesnyár

termőhelyeken kitermelt rönköktől várhatunk. Közepes nemesnyár termőhelyeken alkalmas lehet tömegválasztékok előállítására, 15-18 éves termesztéssel (TÓTH, 2006).

A nyárak fáját 3 csoportra különíthetjük el a normál (légszáraz) sűrűség alapján:

- 360 kg/m³-nél kisebb;
- 361-400 kg/m³;
- 401 kg/m³-nél nagyobb.

A 'Pannónia' nyár faanyagát a harmadik, legmagasabb sűrűségű kategóriába sorolják. A fatest nagyobb sűrűségi értékéből következhet a kedvező műszaki felhasználhatóság, amelyet a fajta kiválóan előnyös alaki és ágasodási tulajdonságai is elősegítenek (KATONA, 2011). A Pannónia nyár fizikai-mechanikai tulajdonságait a MOLNÁR (2004) nyomán az 1. táblázat szemlélteti.

2.2.2. Közöséges lucfenyő (*Picea abies*)

A lucfenyők 50 faja őshonos Földünk északi féltekén, közülük is a legismertebb és európai kereskedelemben jelentős a közöséges lucfenyő (*Picea abies*). Hazánk erdeiben csekély mennyiségben, 1%-os arányban fordul elő, melyből adódóan legfőbb import fafajunk. A fájának sűrűsége és szilárdsága meghatározó összefüggést mutat a termőhelyével, magashegységi és északi származású lucok évgűrűszerkezete sűrű, a keskeny évgűrűvastagságokból kifolyólag pedig kedvezőbbek a fizikai-mechanikai tulajdonságaik. Kérge vöröses színű, pikkelycserepei kerekdedek vagy lekerekítettek. Gomba- és rovarkárosítókkal szemben gyenge ellenállóképességű. Kevésbé dekoratív, könnyű, puha fájú faj, ennek ellenére sokrétű a felhasználása (például: bányászat, járműépítés, hegedűgyártás, forgács- és farostlemez gyártás, ajtó-ablak, lambéria) (MOLNÁR, 2004). Jellemző fizikai-mechanikai tulajdonságait MOLNÁR könyve nyomán (2004) az 1. táblázat foglalja össze.

	Lucfenyő	Pannónia nyár
Sűrűség (u=12%)	330-470-680 kg/m ³	406 kg/m ³
Keményiség (Brinell)		
- bütü	32 MPa	20,6 MPa
- oldal	12 MPa	10,8 MPa
Nyomószilárdság	33,0-50,0-79,0 MPa	32,6 MPa
Húzószilárdság	21-90-245 MPa	56,2 MPa
Hajlítószilárdság	49,0-78,0-136,0 MPa	67,4 MPa
Nyírószilárdság	4,0-6,7-12 MPa	8,3 MPa
Hajlító rugalmassági modulusz (E)	7300-11000-21400 MPa	6510 MPa

1. táblázat: A lucfenyő és a Pannónia nyár fizikai-mechanikai tulajdonságai MOLNÁR könyve (2004) nyomán

3. Anyagok és eljárások

3.1. Vizsgálati faanyagok

A vizsgálatok elvégzéséhez alapanyagul szolgáló ömlesztett Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) lamellák különböző magyarországi ültetvényekről származtak (1. ábra). Az összehasonlítási alapot képző lucfenyő (*Picea abies*) deszkákat a soproni székhelyű TaEG Zrt. fűrészüzeme biztosította a vizsgálatokhoz. A különböző évgyűrűszerkezetű lamellákat szűrőpróba-szerűen, külön-külön deszkákból vágtuk ki. A faanyagokat légszáraz állapotukban klímaszobába helyeztük normál körülményekre, vagyis 20°C hőmérsékletre és 65% relatív páratartalomra. Klimatizációjuk után az anyagokból első lépésként 55 mm szélességű, 400 mm hosszúságú és 7 mm vastagságú lamellákat alakítottunk ki körfűrészgéppel.



1. ábra Kezdeti Pannónia nyár anyagok (bal) és a már felfűrészelt 7 mm vastagságú lamellák válogatás során

3.2. Áztatási próbatestek

Az áztatási elővizsgálatokhoz 5 darab 55×400×7 mm méretű lamella kiválasztására került sor. A meghatározott lamellák között található volt álló évgyűrűs nyár (NyÁ) és lucfenyő (FÁ), fekvő évgyűrűs nyár (NyF) és lucfenyő (FF), illetve egy kékült lucfenyő (KF) lamella (2. ábra). A kékült lucfenyő lamella választását indokolja, hogy a tömlősgombák okozta kékülés a faanyag mechanikai tulajdonságaira nincs befolyással, viszont egyes gyártók szerkezeti fatermékeiben előfordulhatnak kékült faanyagok, így érdekességképpen vontuk be a vizsgálatba. A lamellákat 55×55×7 mm nagyságúra daraboltuk az esetleges fahibáikat, göcsöket kiejtve, így minden darabból öt vizsgálati próbatestet kaptunk. A darabok közül a 0 sorszámú mintákat (NyF0, NyÁ0, FF0, FÁ0, KF0) natúr állapotban hagytuk, bütüfelületeiket nem zártuk le, az 1 sorszámúak (NyF1, NyÁ1, FF1, FÁ1, KF1 kódú próbatestek) és a 2 sorszámúak (NyF2, NyÁ2, FF2, FÁ2, KF2 kódú minták) bütüit pedig a későbbiekben

ismertetett APP-PU 50 típusú, poliuretán rugalmas tömítőanyaggal zártuk le egy rétegben felhordva, mivel az áztatás nem indokolta a dupla anyagfelvitelt. A fennmaradó 3 és 4 sorszámú mintákat (NyF3, NyÁ3, FF3, FÁ3, KF3, NyF4, NyÁ4, FF4, FÁ4, KF4) a 0-s csoporthoz hasonlóan lezáratlan bütűjű állapotban hagytuk, hogy általuk meghatározhassuk az eredeti 55×400×7 mm nagyságú lamellára vonatkoztatható sűrűségértékeket és normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvességeket.



2. ábra Áztatási előkészületi próbatestek felfűrészelés után

3.3. Telítési próbatestek

A telítési próbatestekhez 55×400×7 mm méretű normál körülményeken klimatizált lamellákat 110 mm hosszúságúra daraboltuk, abból a megfontolásból, hogy a keretprés pófái teljes felületükön tudják majd préselni a ragasztózott terítéket. A keletkezett 55×110×7 mm méretű lamellákból összeválogatott 3-3 darabokból rétegelt-ragasztott próbatestek készültek (**3. ábra, középső**). Ragasztás után az elcsúszó rétegek javítása történt, vagyis a ragasztott próbatesteket széleztük körfűrészgépén, érintővágást alkalmazva. Az alkalmazott ragasztó adatlapján meghatározott, puhafákra vonatkozó présidő letelte után a kész, ragasztott próbatestek normál körülmények között klimatizáltuk a klímahelyiségben (hőmérséklet 20°C, relatív páratartalom 65%). A klimatizációt követően a próbatestek méretét érintő vágást alkalmazva egalizáltuk körfűrészgép segítségével, így kiküszöbölve az esetlegesen egymáson elcsúszott lamellák egyenetlenségeit, és kialakítva sík oldalfelületeket. Ennek következtében a ragasztott próbatestek mérete oldalanként körülbelül 0,5 mm-rel csökkent. Ezután a mintákat félbevágtuk, így ugyanazon próbatestből két megegyező tulajdonságokkal rendelkező próbatestet kaptunk, majd bütüfelületeiket APP-PU 50 típusú tömítőanyaggal (**3. ábra, jobb**) zártuk le, amely későbbiekben kerül ismertetésre.



3. ábra A ragasztáshoz használt ragasztóanyag (bal), a préselési elrendezés (középső) és rugalmas tömítőanyag (jobb)

3.4. Ragasztóanyag, ragasztás

A ragasztáshoz teherhordó rétegelt ragasztott szerkezetek előállításához iparban is használatos Jowat 686.60 PUR típusú ragasztóanyagot alkalmaztunk (**3. ábra, bal**). A ragasztóanyag műszaki adatlapjában meghatározott 20°C-on előírt présideje 3-4 óra, a ragasztandó anyagok szükséges fanedvessége 8-18%, a ragasztó felhordási mennyisége 150-230 g/m², és az alkalmazandó présnyomás a lucfenyő és Pannónia nyár fafajokra vonatkozóan 0,3-1,0 N/mm². A lucfenyő és nyár lamellák ragasztását az előírt paraméterek betartásával hajtottuk végre a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Karához tartozó faipari tanüzemben. A ragasztóanyag kimérése három tizedesjegy pontosságú mérleggel történt. Az összeválogatott hármas lamellacsoportokból terítéket hoztunk létre a munkapadon, majd először az alsó lamellát a ragasztóanyagtól védő alufólia burkolattal ellátott mérlegtálcára helyeztük, és tárázás után megfelelő mennyiségű ragasztóanyagot mértünk ki rá, amelyet spaklival simítottunk el a ragasztandó lamella teljes felületén. A simítás után újra mérlegeltünk, és ezt a két mozzanatot folytattuk addig, míg a megfelelő mennyiségű ragasztóanyag maradt a lamellán. Ezt megismételtük a következő lamellával, így két ragasztási fugát kaptunk a három rétegű ragasztott próbatestünkön. A mintacsoportok egyik felét a a maximális, 230 g/m² ragasztóanyag mennyiséggel, másik felét pedig minimális, 150 g/m² felhordási mennyiséggel ragasztottuk össze. A ragasztóanyag felhordása után az összeforgatott “lamellaszendvicseket” oldószerrel áttöröltük, hogy az esetlegesen rájuk került ragasztóréteg miatt ne ragadhassanak össze a préselés során, majd őket többbedmagukkal a keretprés gép alátétekkel bélelt préspofái közé helyeztük a **3. ábra középső** képen látható módon, hogy a pofákon maradt régebbi ragasztóanyagok ne a próbatestünket nyomják meg a préselés során, és figyeltünk arra is, hogy a prés gépbe helyezésig a ragasztott próbatestek a ragasztóanyag nyitott idejét ne lépik túl, mivel ezen esetben nem eredményezett volna megfelelő ragasztást.

3.5. Rugalmas tömítőanyag, bütüfelületek zárása

APP-PU 50 poliuretán rugalmas tömítőanyagot használtunk a bütüfelületek lezárásához (3. ábra, jobb). A tömítőanyag kétszeri felkenése előtt a próbatesteket maszkoló-szalaggal ragasztottuk körbe, hogy az anyag a próbatestek oldalsó felületein biztosan körbe tudja vonni a bütüket. Erre az esetleges szálkiszakadások miatt volt szükség, amelyek ugyanis negatívan befolyásolhatják a mérési eredményeinket a megváltozó anatómiai irányokkal és védőszerfelvételi felületekkel. A bütük bevonását kétszer végeztük el a telítendő próbatesteken, ügyelve arra, hogy a faanyag pórusos szerkezetébe minél mélyebbre benyomódva, vastagon fedje be az anyag. A bütüzárást a ragasztott, telítendő próbatestek mindegyikén, illetve az áztatandó lamella minták közül mintacsoportonként 2-2 darabon eszközöltük (4. ábra).



4. ábra Bütüzárt áztatási lamellák és első telítési ragasztott próbatest párok

3.6. Réz-szulfát oldat

A réz-szulfát halvány kék színű por formájában kerül forgalomba. Az 5 tömeg%-os oldat elkészítéséhez lombikba kimértem a megfelelő mennyiségű réz-szulfátot, majd desztillált vízzel felengedtem, és egalizálódásig kevertem laboratóriumi mágneses keverőgéppel. A faanyag kezelhetőségének vizsgálatára prEN 14734 szabványra támaszkodva történt, melynek megfelelően a szabványban meghatározott réz-szulfát 5%-os vizes oldatát alkalmaztam az áztatási és telítési vizsgálatok elvégzéséhez (5. ábra, bal).



5. ábra 5%-os réz-szulfát oldat (bal) és a reagenshez használt króm-azurol S (piros kupak) és nátrium-acetát (kék kupak) (jobb)

3.7. Indikátor oldat

Az előző bekezdésben említett prEN 14734 számú szabványban meghatározott reagensként a beszívódás kimutatására alkalmas anyagot, króm-azurol S és nátrium-acetát (5. ábra, jobb) desztillált vizes oldatát használtam. Az indikátort az áztatás és telítés után abszolút száraz állapotú, keresztbevágott mintákra permeteztem.

4. Vizsgálati módszerek

4.1. Normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség

A normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvességi értékek meghatározását az 55×55×7 mm nagyságú lamellákon végeztem el az öt vizsgálati csoporton, mintacsoportonként 2 darab próbatesten, az MSZ EN 6786-2 szabványban meghatározott képletet alkalmazva. A tömegméréseket normál klímán, 20 °C és 65% relatív páratartalom klimatizált és szárítógépben 0% nedvességtartalomra leszártított mintákon végeztem. A szabvány szerinti, abszolút száraz tömeg és tömegállandóságig klimatizált faanyag nedves tömegeinek különbségéből meghatározható próbatestek nettó egyensúlyi nedvessége a következő:

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100$$

ahol: u = a nettó nedvességtartalom %-ban

m_n = a faanyag nedves tömege grammban

m_0 = a faanyag abszolút száraz tömege grammban.

4.2. Normál klímához tartozó sűrűség

Az előzőekben említett próbatesteken végeztem el a normál sűrűségek meghatározását is az MSZ 6786-3 szabványt alapul véve, 20 °C hőmérsékleten és 65% relatív páratartalom. A klimatizálás után a klimatizált próbatestek méreteit digitális tolómérővel és tömegét digitális mérleggel határoztam meg. A szabvány szerint a próbatestek rost-, sugár- és húrirányú méreteiből, valamint a tömegükből kiszámítható a sűrűségük a következő képletbe behelyettesítve:

$$\rho = \frac{m}{a \cdot b \cdot c} \cdot 10^6$$

ahol: ρ = a klimatizált próbatest sűrűsége kg/m³-ben

a = a klimatizált próbatest sugárirányú mérete mm-ben

b = a klimatizált próbatest húrirányú mérete mm-ben

c = a klimatizált próbatest rostirányú mérete mm-ben

m = a klimatizált próbatest tömege grammal.

4.3. Áztatási vizsgálat

Az öt vizsgálati mintacsoport (álló évgyűrűs lucfenyő, fekvő évgyűrűs lucfenyő, kékült lucfenyő, álló évgyűrűs Pannónia nyár, fekvő évgyűrűs Pannónia nyár) mindegyikéből 3-3 55×55×7 mm nagyságú lamellát áztattam a prEN 14734:2020 szabványban meghatározott 5%-os réz-szulfát (CuSO₄) desztillált vizes oldatába (**5. ábra, bal**). Közülük egy natúr, kettő pedig бүтүзарт lamella volt. A lamellákat lesúlyozva üvegpálcikákra, zárható fedelű műanyag dobozokba helyeztük az áztatási vizsgálat idejére (**6. ábra, bal**). A dobozokba annyi 5%-os réz-szulfát oldatot öntöttünk, hogy az bőven elfedje a mintákat.

4.3.1. Felvételi görbék

Az adott lamellára vonatkozó felvételi görbék meghatározásához a minták normál klímához tartozó tömegét mértük a dobozokba helyezésük előtt, majd az áztatás ideje alatt ezt bizonyos időközönként többször megismételtük. A mérések között a próbatestek normál klímájú klímaszobába kerültek. Mintacsoportonként egy-egy бүтүзарт lamellát négy napig, a másikat és a lezáratlan бүтүfelületűt 12 hétig áztattam. Az eltelt idő függvényében kerültek megállapításra az áztatási görbék.

4.3.2. Sztereomikroszkópon meghatározott beszívódási mélységek

Mintacsoportonként a 4 napig áztatott, majd szárítószekrényben leszáritott próbatesteken a prEN 14734 szabványt alapul véve és a szabvány szerinti reagenst alkalmazva láthatóvá vált,

majd meghatározásra került a védőszer beszívódási mélység. Szárítás után a lamellákat rostirányban ketté fűrészeltük, majd a fél-lamellák vágott felületét permeteztük a szabványban előírt indikátorral, króm-azurol S és nátrium-acetát desztillált vizes oldatával, melynek hatására a védőszerrel telített faszöveti részek azonnal élénk kék színűre váltottak. A markánsan elkülönülő színek lehetővé tették a beszívódási mélység mérését. A méréseket a Faipari Mérnöki és Kreatívipari karhoz tartozó speciális anyagvizsgálati laboratóriumban, NIKON SMZ 800 típusú sztereomikroszkópon végeztem el (6. ábra, jobb).

4.3.3. Elért védőszerfelvételek

Az elért védőszerfelvételeket a tömegek változásából, számolással tudtam meghatározni. A felvett réz-szulfát oldat tömegéből kiszámoltam, hogy mennyi réz-szulfátot tartalmaz.



5. ábra Áztatási vizsgálat (bal) és a beszívódási mélység meghatározása sztereomikroszkóppal (jobb)

5.1. Telítési kísérletek

A telítést MEMMERT vákuum-szárítószekrényben (7. ábra, bal) hajtottuk végre. A ragasztott próbatestek egyik felét a középső lamella feléig bemerítve telítettük, másik felét teljesen bemerítve a védőszerbe kezeltük. A ragasztott vizsgálati próbatesteken kétféle telítési menetrendet eszközöltük, melyek közül az első telítés a prEN 14734 szabványban meghatározott paraméterek szerint zajlott: 45 percig 10 mbar vákuumon tartottuk a próbatesteket páronként teljesen, illetve középső lamellájuk feléig a réz-szulfát oldatba merítve, lesúlyozva, majd 45 perc után 120 perc atmoszférikus nyomáson kezeltük a mintákat. A második telítési kísérlet során CSIZMADIA (2020) diplomadolgozatát alapul véve egy gyengített menetrendet alkalmaztunk, aki hasonló méretű próbatesteket alkalmazott a vizsgálataihoz, és azokhoz arányítva határozta meg a kezelés mértékét. Az alkalmazott vizsgálati paraméterek a következők voltak: 550 mbar vákuum 45 percig és atmoszférikus nyomás 120 percig. Kezelés után a mintákat szárítószekrénybe helyeztük (7. ábra, jobb),

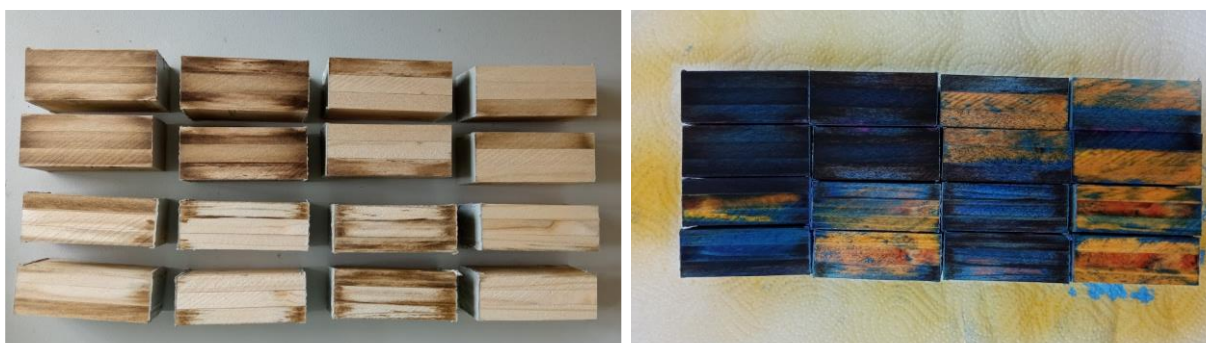
majd száraz állapotban körfűrészszel feldaraboltuk. Végül a szabványban meghatározott indikátorral permeteztük a vágott felületeket, hogy a beszívódott védőszerprofil kirajzolódva egyértelműen láthatóvá válhasson.

5.1.1. Elért védőszerfelvételek

Az elért védőszerfelvételeket az áztatási kísérlethez hasonló módon, a tömegek változásából, számolással határoztam meg.



7. ábra MEMMERT vákuum szárítószekrény benne az első telítés próbatestjeivel



8. ábra Az első telítésfélbevágott próbatestjei reagenssel való permetezés előtt és után

(bal felső pártól kezdve, balról jobbra; felső sor: PPA2-1, PPV1-1, PPV1-2, PPA2.2; alsó sor: P2-1, P1-2, P1-1, P2-2)

6. Vizsgálati eredmények

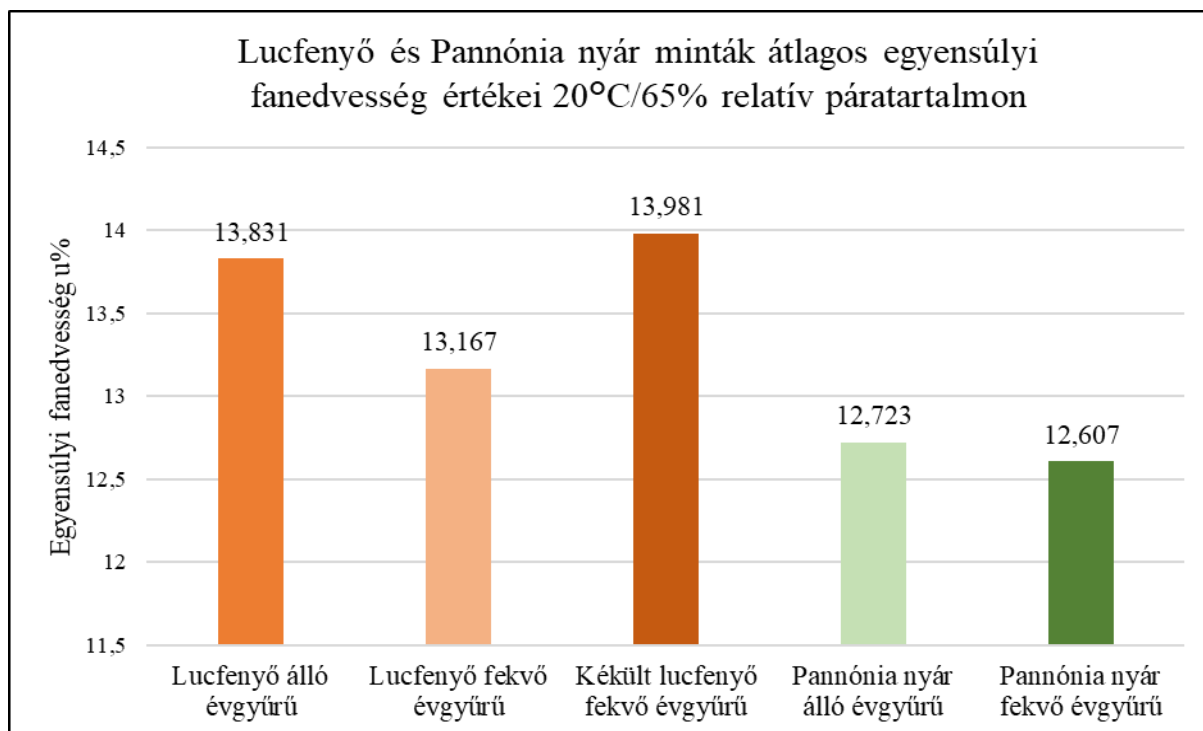
6.1. Normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség

Az áztatott lamellákra vonatkozó, normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség meghatározását az MSZ 6786-2 szabványra támaszkodva, mintacsoportonként 2-2 darab, 55×55×7 mm nagyságú lamella által határoztuk meg. A mérési eredményeket a 13.1. számú melléklet foglalja össze. Az **1. diagramon** szemléltetett átlagértékekből látható, hogy a lucfenyő minták mutatnak magasabb egyensúlyi fanedvesség értékeket. Mindkét fafajnál a fekvő évgűrűs minták egyensúlyi fanedvességi értéke lett kisebb, Pannónia nyárnál 12,607%, lucfenyőnél pedig 13,167%. Az álló évgűrűszerkezetű minták egyensúlyi

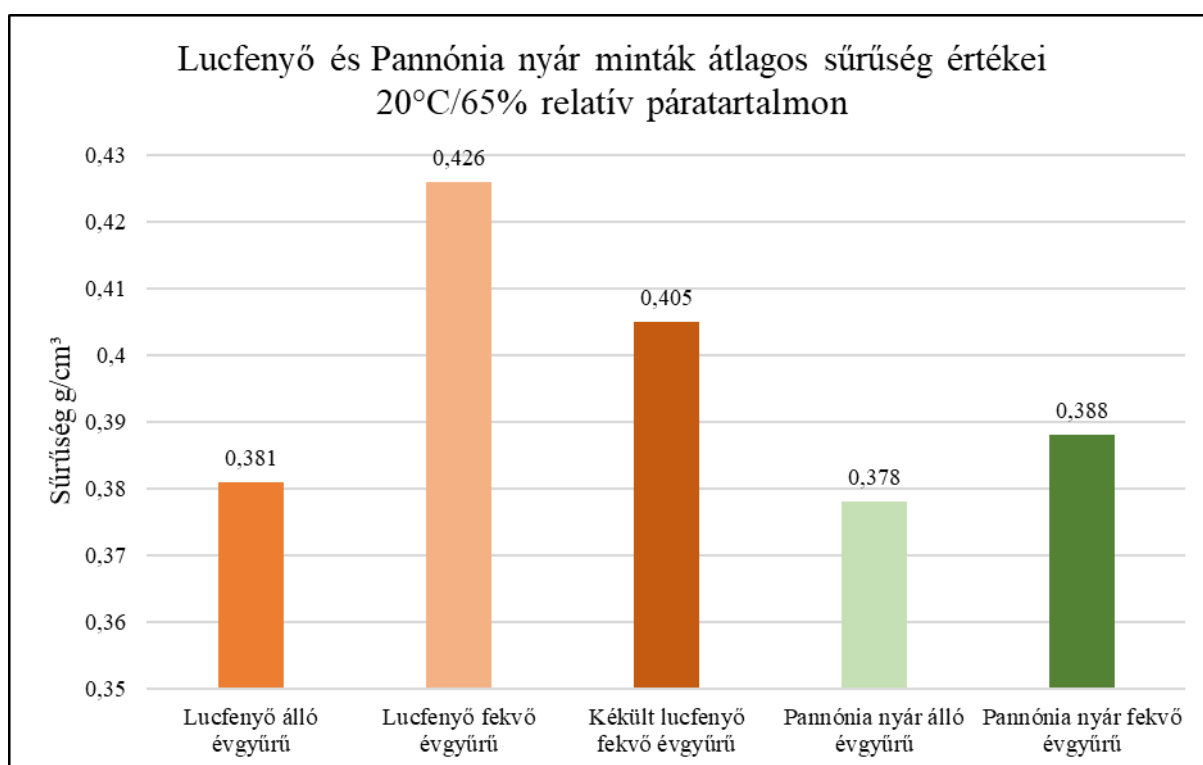
fanedvessége lucfenyő esetében 13,831%, Pannónia nyár esetében pedig 12,723%. Míg a lucfenyő esetében 0,664 százalékpontos differencia mutatkozott a két különböző évgyűrűszerkezetű próbatestek között, addig a Pannónia nyárnál kisebb, 0,116 százalékpontos különbség adódott. Az alacsonyabb egyensúlyi fanedvességi értékekhez nagyobb dimenzióstabilitás társul, amely teherhordó szerkezetek esetében is előnyös tulajdonság, vagyis a Pannónia nyár ebből a szempontból jobb értékeket produkált a hagyományos szerkezeti faanyag lucfenyőhöz képest. Minden minta közül a kéült lucfenyő mintáké lett a legmagasabb egyensúlyi fanedvességi érték 13,981%-kal, mely a kékfestő gombák jelenlétével magyarázható.

6.2. Normál klímához tartozó sűrűség

A normál (légszáraz) sűrűség meghatározását az MSZ 6786-3 szabványra támaszkodva, mintacsoportonként 2-2 darab, 55×55×7 mm nagyságú lamellára végeztük el, mint a normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvességét. A fekvő évgyűrűs lucfenyő minták normál sűrűségére 0,426 g/cm³, a fekvő évgyűrűs Pannónia nyár minták sűrűségére pedig 0,388 g/cm³ adódott. Mindkét fafaj esetében az álló évgyűrűs minták sűrűségére kaptunk alacsonyabb értéket, lucfenyőnél 0,381 g/cm³-t, Pannónia nyárnál pedig 0,378 g/cm³-t. A kétféle évgyűrűszerkezetű minták kisebb sűrűségbeli eltérést mutattak a Pannónia nyár esetében (0,01 g/cm³), mint a lucfenyőnél (0,045 g/cm³). A kéült lucfenyő minták sűrűségére a fekvő évgyűrűs lucfenyő mintacsoportéhoz képest 0,405 g/cm³-rel kisebb érték adódott. Megállapítható, hogy a Pannónia nyár esetében a szakirodalomban említett 0,401 g/cm³-nél alacsonyabb légszáraz sűrűségi értékeket kaptunk. A lucfenyő minták normál sűrűség értékei megfeleltek az irodalmi értékek (0,33-0,47-0,68 g/cm³), viszont azokon belül is az alacsonyabb értékekhez állnak közelebb. A sűrűségmérési eredményeket a **2. diagram** mutatja. A mérési eredményeket a 13.1. számú melléklet tartalmazza.



1. diagram Az áztatási lamellák normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség értékei



2. diagram Az áztatási lamellák normál klímához tartozó sűrűség értékei

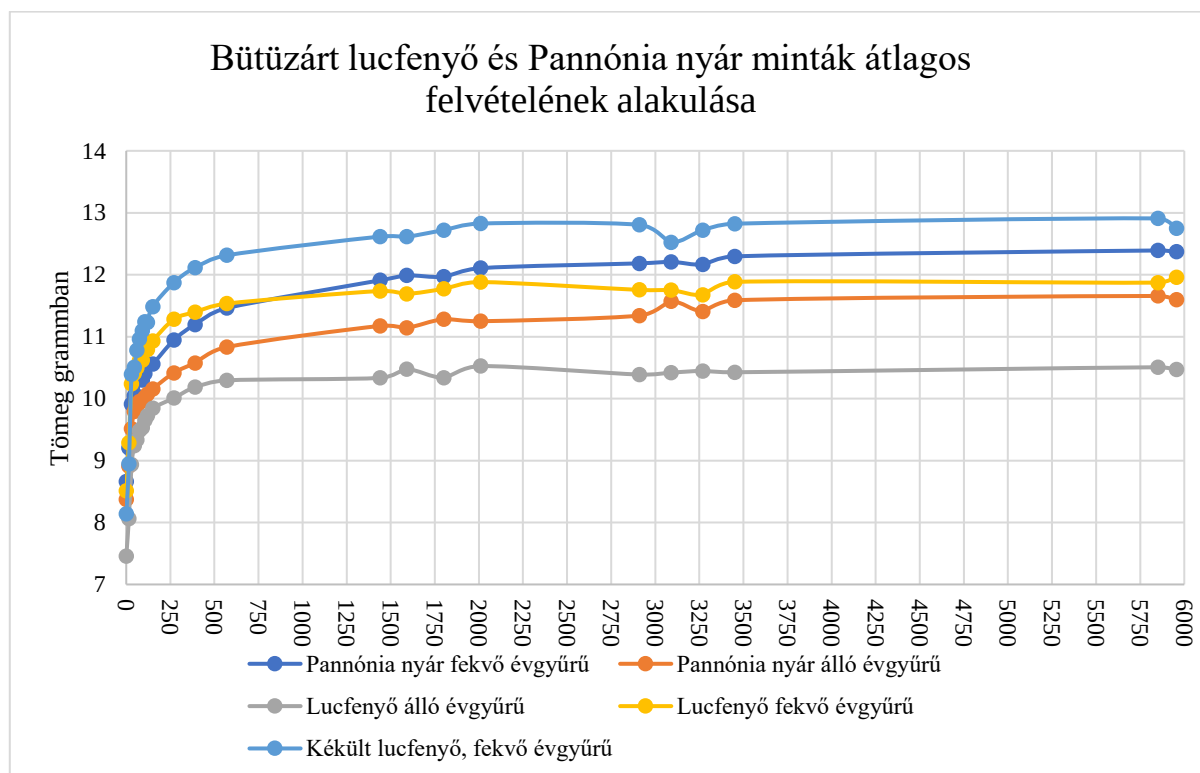
6.3. Áztatási vizsgálat

Az 55×55×7 mm nagyságú lamellák áztatási ideje 4 nap, illetve 12 hét volt. A mérési eredményeket a 13.2. számú melléklet foglalja össze. A 4 napos áztatási ciklus ideje alatt 23-szor végeztem tömegmérést. A kezdeti felfutási szakaszban gyakrabban mértem. Az első 8 mérést 15 percenként eszközöltem, ezután 30, 120, 120 és 180 percenként. A következő mérési napokon szintén ritkábban mértem a tömegeket. A 12 hetes áztatás esetében az első négy napon a rövidebb áztatási kísérletnél ismertetett időközönként végeztem el a tömegméréseket. A mért tömegekből meghatároztam az áztatási görbéket és számolás után az elért védőszerfelvételeket, a négy napig áztatott minták esetében a beszívódási mélységeket is.

6.3.1. Felvételi görbék

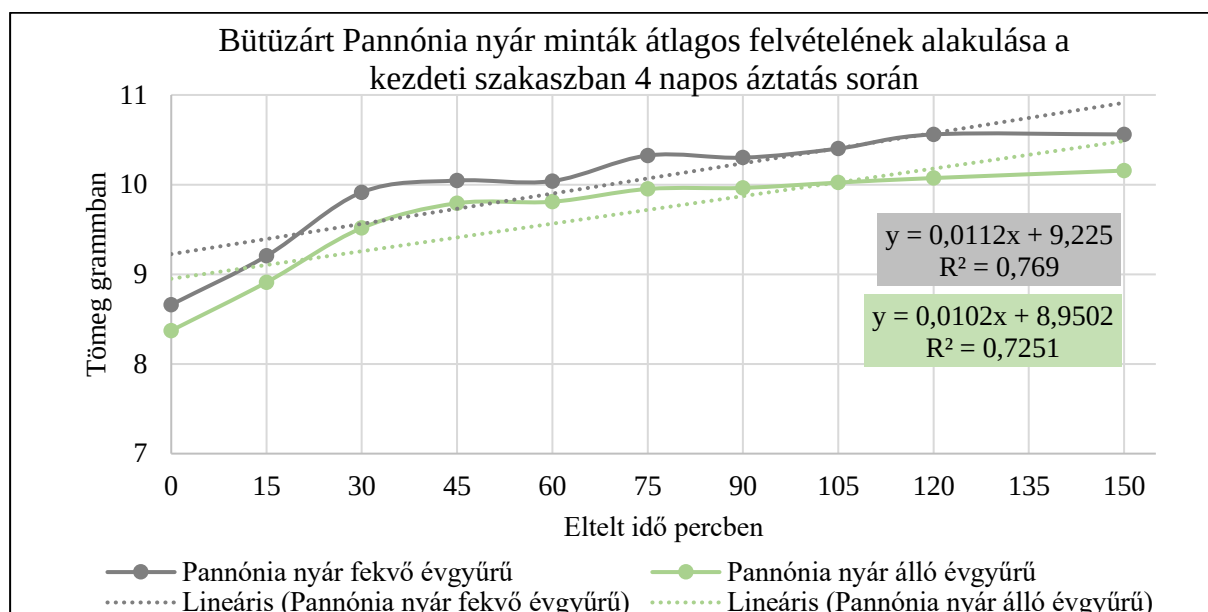
6.3.1.1. 4 napos áztatás

A **3. diagramon** látható, hogy fekvő évgyűrűs minták közül a kékült lucfenyő minták görbéje fut a legmagasabban, melynek a kékülést okozó gombák károsító tevékenysége lehet az oka. A natúr minták görbéiből kitűnik, hogy mindkét évgyűrűszerkezet esetében a Pannónia nyár lamellák vettek fel többet a réz-szulfát oldatból. Az álló évgyűrűs anyagok görbéi futnak a legalacsonyabban, vagyis mindkét fafaj esetében az álló évgyűrűszerkezet kisebb anyagfelvételt mutat, mint a fekvő évgyűrűs minták. A jelenség oka a faanyag anatómiai felépítésében keresendő. A mérési eredményeket a 13.2.1. számú melléklet szemlélteti.

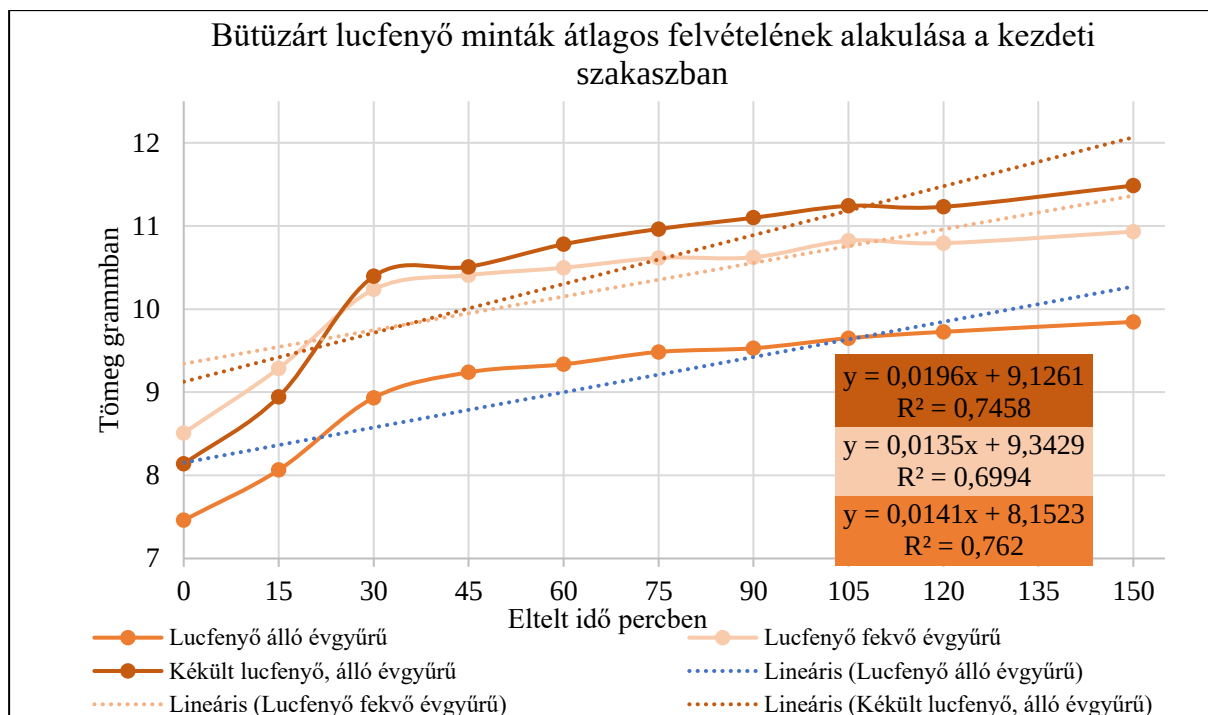


3. diagram Lucfenyő és Pannónia nyár minták átlagos felvételének alakulása 4 napos áztatási ciklus után

A következő diagramokon az álló és fekvő évgyűrűs minták felvételi görbéinek kezdeti szakaszai láthatók kinagyítva, fafajokra szétbontva. A kezdeti 150 perces (2,5 órás) szakaszt a magyar iparban alkalmazott kezelési időintervallumok indokolják. Ez a kezelési idő nem elegendő a megfelelő átmeneti védelem eléréséhez, hiszen a 4 napos áztatás sem ért el megfelelő védőszerbeszívódást. A nyár minták (**4. diagram**) esetében a kezdeti szakaszban hasonló mintázat látható, a görbékre illesztett trendvonalak futása a párhuzamoshoz közeli, vagyis a kezdeti szakaszban nem mutatkozik szignifikáns különbség a felvételek mértékében. A lucfenyő minták (**5. diagram**) esetében a fekvő és álló évgyűrűs minták görbéjének futása hasonló, valamint az illesztett trendvonalak futása közelít a párhuzamoshoz, hasonló felvételre következtethetünk. Az illesztett trendvonalak közül a kékült minták egyenese a legmeredekebb, mely a mért adatokból is kitűnt, esetükben volt tapasztalható nagyobb felvétel a mérések során. A mérési eredményeket a 13.2.1. számú melléklet tartalmazza.



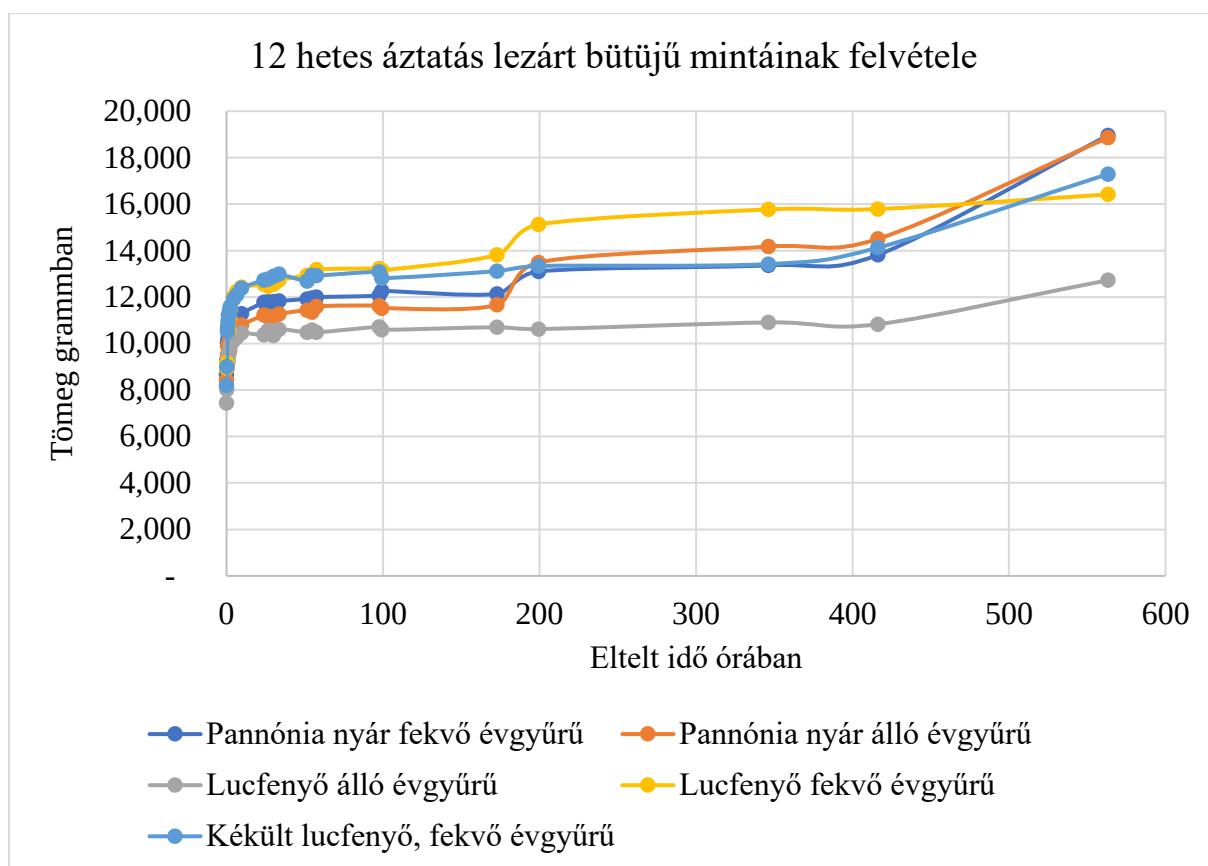
4. diagram Pannónia nyár minták átlags felvételének alakulása a kezdeti szakaszban



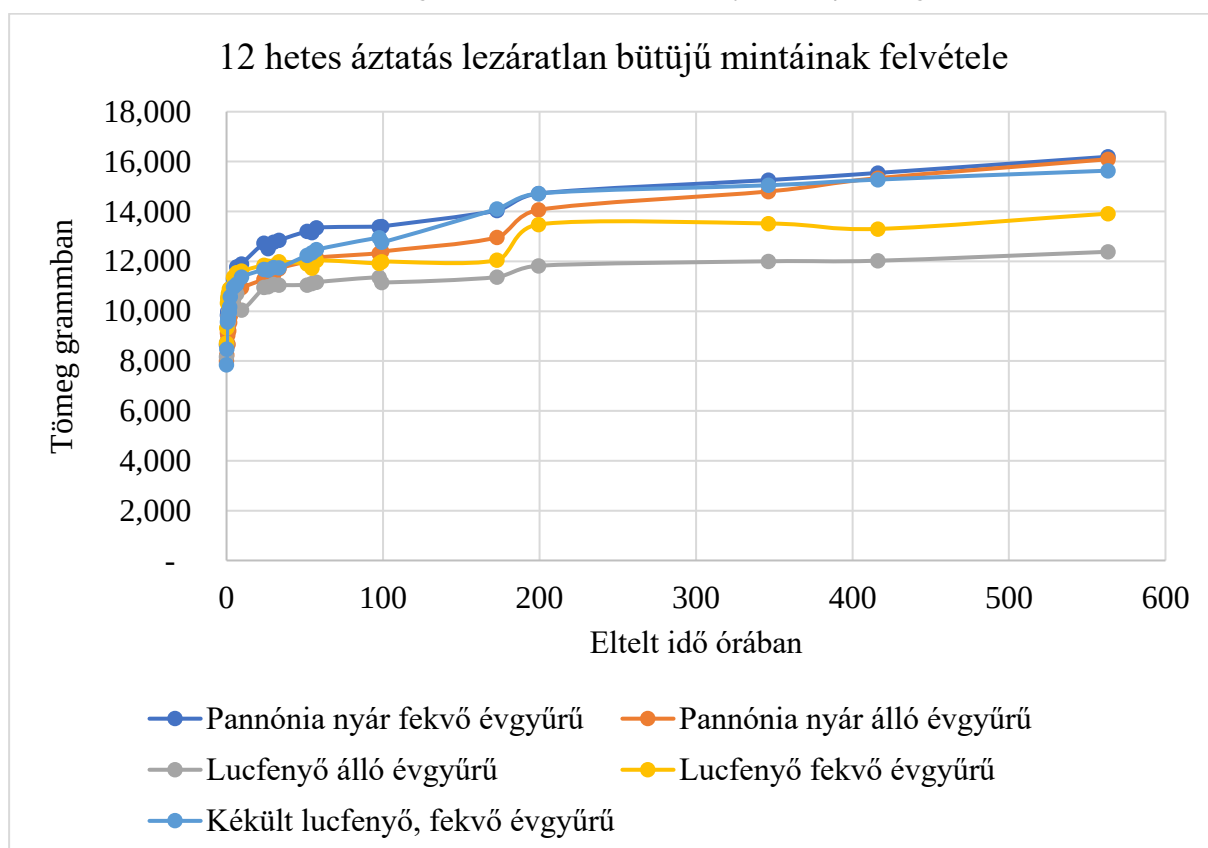
5. diagram Lucfenyő minták átlagos felvételének alakulása a kezdeti szakaszban

6.3.1.2. 12 hetes áztatás

A 6/1. és 6/2. ábra a 12 hetes áztatás eredményeit szemléltetik megegyező időtartamon. A **6/1. diagramon** látható, hogy a lezárt bütüfelületű álló évgyűrűs lucfenyő kivételével mindegyik görbe ugrik egyet., ez azt mutatja, hogy bütüzárás jól sikerült az álló évgyűrűs lucfenyő esetén. A görbék vonulataiból kitűnik, hogy a lezáratlan minták védőszerfelvétele egyenletesebben oszlott meg a lezárt bütűjű mintákéhoz képest, melyek felvételét befolyásolta a bütüzárásuk, illetve a bütüzáró rugalmas tömítőanyag elengedése. A **6/2. diagramon** láthatók a lezáratlan bütűjű minták felvételi görbéi. A görbék futása egyenletesebb felvételt mutat, mint a lezárt bütüfelületű próbatestek esetében. A mérési eredményeket a 13.2.2. és 13.2.3. számú mellékletek tartalmazzák.



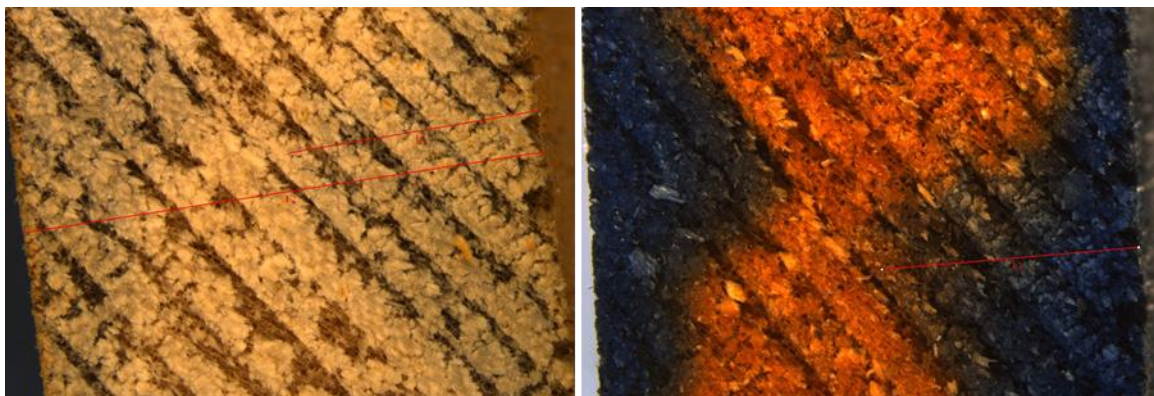
6/1. diagram 12 hetes áztatás lezárt bütűjű minták felvételi görbéi



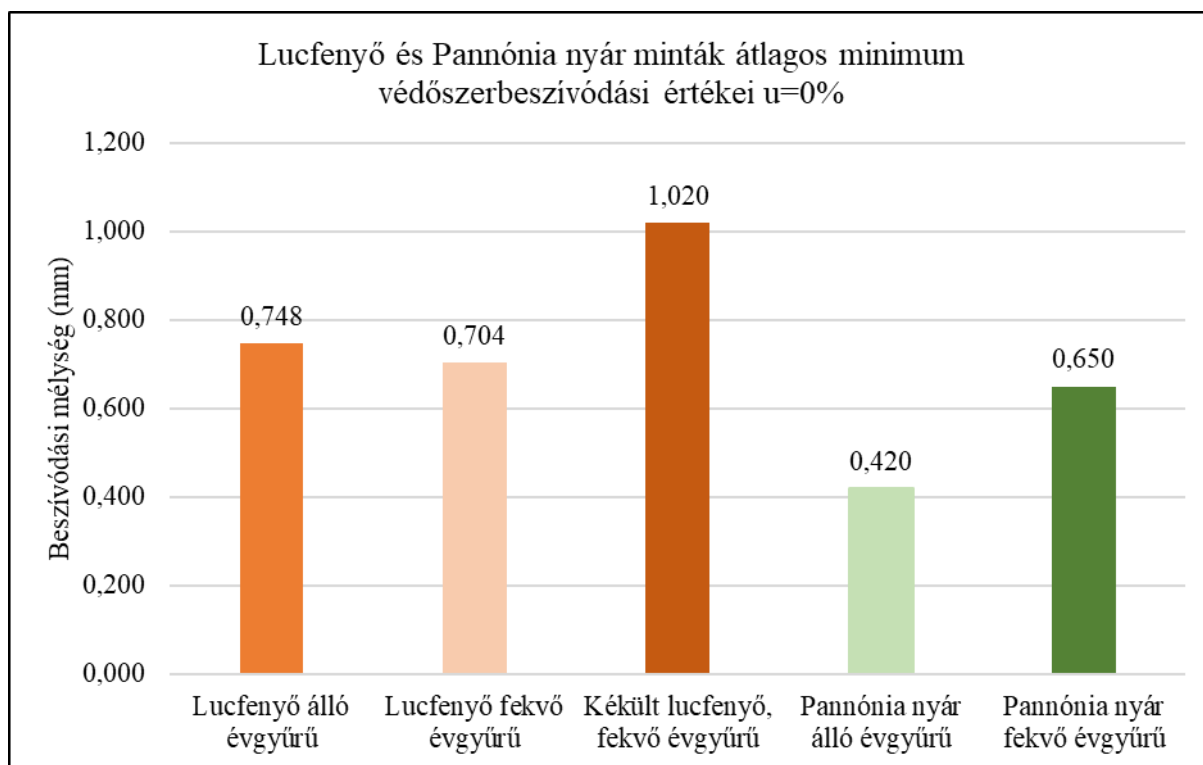
6/2. diagram 12 hetes áztatás lezáratlan bütűjű minták felvételi görbéi

6.3.2. Sztereomikroszkópon meghatározott beszívódási mélységek

A bütüzárt, áztatott mintákat 4 nap után 40+-2°C-on szárítottuk, majd szárítás után félbefűrészeltük őket rostirányban. A próbatesteken szabad szemmel is jól kivehető volt a kékes színű védőszer beszívódásának mértéke. A vágott felületeket a prEN 14734 szabványban meghatározott indikátorral permeteztük le, amelynek hatására markánsan kirajzolódtak a réz-szulfát oldat beszívódási profiljai (**9. ábra**). A mérési eredményeket a 13.3. számú melléklet részletezi.



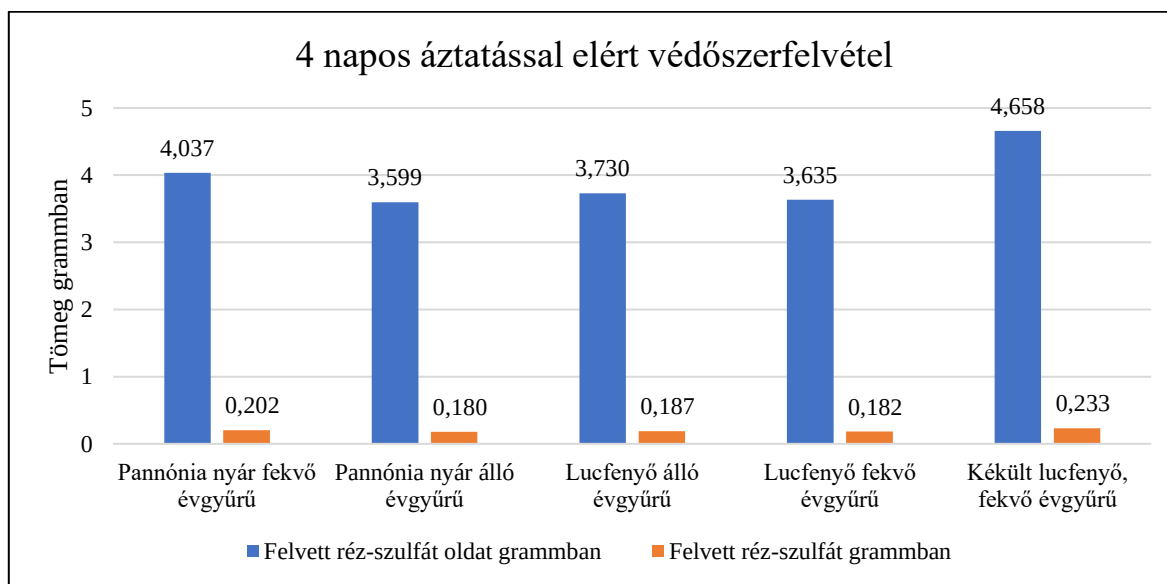
9. ábra NYA1-I minta reagenssel való permetezés előtt (bal) és után (jobb) sztereomikroszkópos felvételen



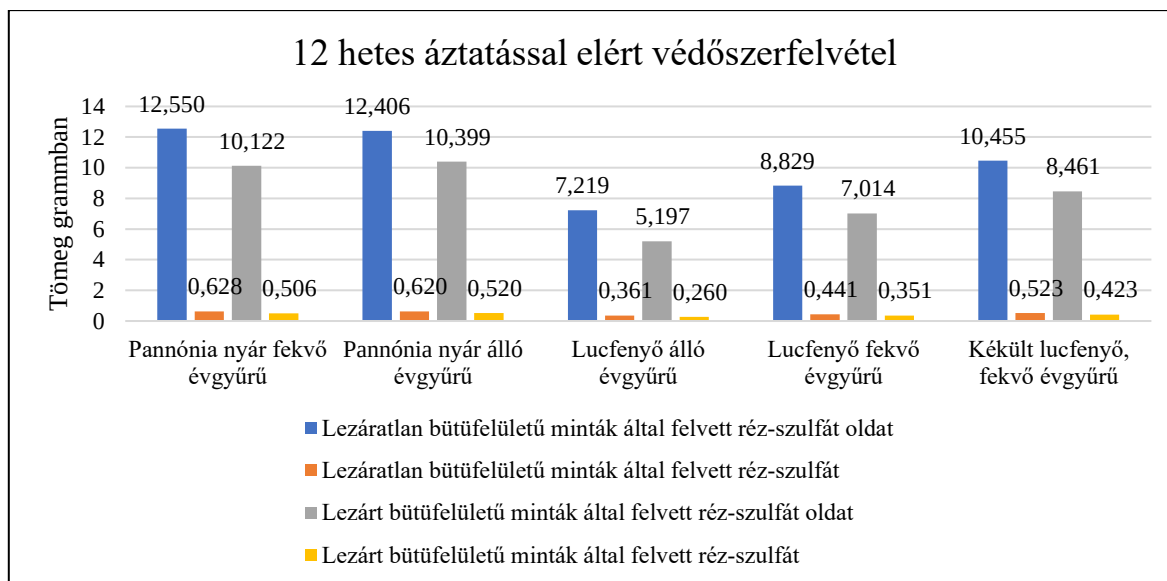
7. diagram Lucfenyő és pannónia nyár minták átlagos minimum védőszerbeszívódási értékei

A reagenssel való kezelés utáni mérési eredményeket szemlélteti a **7. diagram**. Az MSZ EN 350 szabványban fellelhető korábban említett kezelhetőségi besorolásuk és faanatómiai jellemzőik miatt feltételeztük, hogy a két fafaj közül a lucfenyő vesz fel csekélyebb

mértékben a réz-szulfát oldatból, vagyis a Pannónia nyár minták mutatnak majd nagyobb minimális beszívódási mélységeket. Ezzel szemben, míg az álló évgyűrűs Pannónia nyár minták átlagos minimális beszívódására 0,420 mm értéket kaptunk, addig a lucfenyő álló évgyűrűs minták esetében magasabb, 0,748 mm adódott. A fekvő évgyűrűszerkezetű próbatestek közül is a Pannónia nyár minimális beszívódási értékére adódott kisebb, 0,650 mm érték, a lucfenyő esetében valamivel nagyobb, 0,704 mm átlagos minimum beszívódási mélységet mértünk. A két fafaj mintacsoportjai közül feltételezésünknek megfelelően a kéült lucfenyőnél tapasztaltuk a legnagyobb, 1,020 mm minimális beszívódási mélységet, melyet szintén a kékfestő gombák sejttöreg tisztító tevékenysége magyaráz. Magyarországon napjainkban az áztatási eljárás a leggyakrabban alkalmazott megelőző faanyagvédelmi technológia. Az áztatással bizonyos fafajoknál elérhető rétegvédelem, vagyis 3-6 mm-es minimális védőszerbeszívódás, viszont a legtöbb esetben csak átmeneti, felületi védelem érhető el. A kapott eredmények és a prEN 14734:2020 szabvány alapján a kéült lucfenyő kivételével (3. kezelhetőségi osztály) mindegyik minta az elért minimum behatolási mélység tekintetében a 4. kezelhetőségi osztályba sorolható.



8. diagram 4 napos áztatással elért védőszerfelvétel bütüzárt minták esetében



9. diagram 12 hetes áztatással elért védőszerfelvétel bütüzárt és bütüzáratlan minták esetében

8.1.1. Elért védőszerfelvételek

8.1.1.1. 4 napos áztatás

Az **8. diagram** a 4 napos áztatással elért védőszerfelvétel alakulását mutatja a lezárt bütüfelületű kezelt minták esetében. Míg az álló évgyűrűs minták mindkét fafajnál hasonló felvételt hoztak (Pannónia nyár 3,599 gramm és lucfenyő 3,73 gramm felvett réz-szulfát oldat), addig a fekvő évgyűrűs minták közt nagyobb eltérés (0,402 gramm) adódott. A diagramból kitűnik, hogy a legtöbb védőszert, 4,658 grammot a kékült lucfenyő lamella vette fel. A diagramon narancs színű oszlopok mutatják az adott védőszerfelvételhez tartozó hatóanyagfelvételt. Az alkalmazott 5%-os oldat esetében az 1-es kitettségi szinthez előírt Adolit BQ 20 faanyagvédőszer adatlapjában megjelölt felvételi mennyiséget érték el a próbatestek. (Ehhez 10 g só koncentrátumot kellett felvenniük négyzetméterenként, amely 5%-os oldatra átszámítva a próbatestek méretére 0,1518 gramm). A mérési eredményeket a 13.2.1. számú melléklet foglalja össze.

8.1.1.2. 12 hetes áztatás

A **9. diagram** az elért védőszerfelvétel alakulását mutatja a 12 hetes áztatással kezelt 55×55×7 mm nagyságú lezárt és lezáratlan bütüfelületű minták esetében. A diagramról kitűnik, mindegyik mintacsoport esetében az összes réz-szulfát oldat felvétele a lezáratlan bütüfelületű mintáknál mutat nagyobb értéket. A legtöbb védőszert, 12,550 grammot a fekvő évgyűrűs Pannónia nyár lamella vette fel, amelyet 12,406 gramm felvétellel az álló évgyűrűs Pannónia nyár lamella követ. A lucfenyő minták közül a kékült lamella vette fel a legtöbb, 10,455 gramm oldatot. A fekvő évgyűrűs minták mindegyik esetben több réz-szulfát oldatot

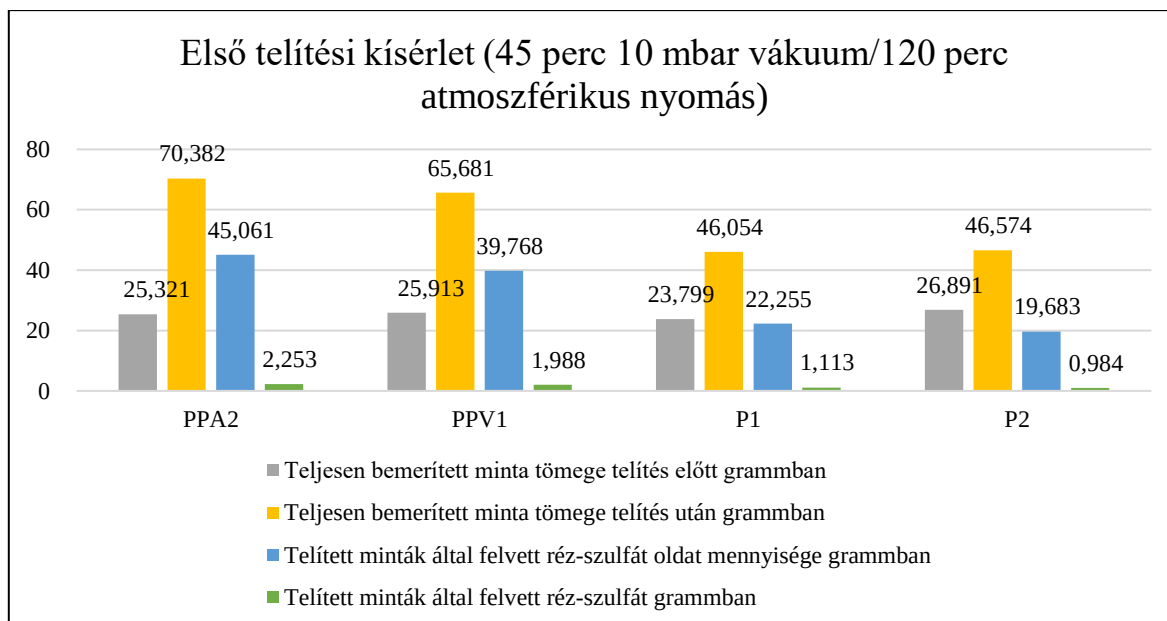
vettek fel, mint az álló évgyűrűsek. A diagramon narancs és sárga színű oszlopok mutatják az adott védőszerfelvételhez tartozó hatóanyagfelvételt. Az alkalmazott 5%-os oldat esetében a vizsgált 12 hetes áztatási idő elegendő az 1-es kitettségi szinthez előírt felvételi mennyiség (próbatestek méretére átszámolva 0,1518 gramm) eléréséhez. A mérési eredményeket a 13.2.2. és 13.2.3. számú mellékletek tartalmazzák.

8.2. Telítési vizsgálatok

8.2.1. Elért védőszerfelvételek

8.2.1.1. Első telítés

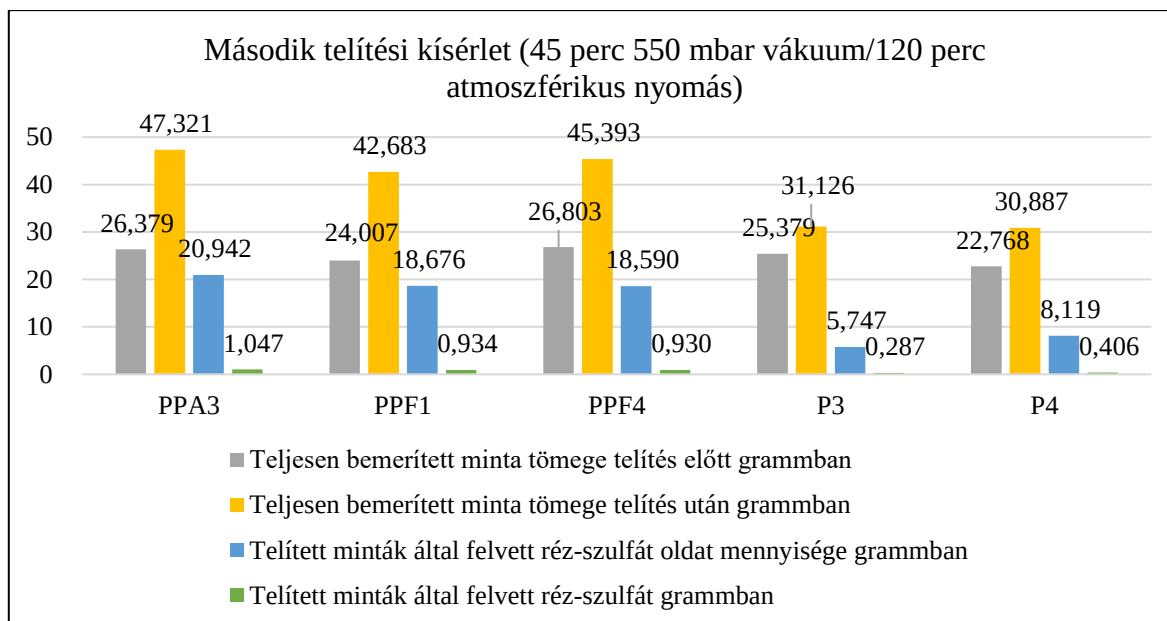
A **9. diagramon** láthatók az első telítés eredményei. Az első telítési kísérletnél a prEN 14734 szabványban meghatározott paraméterek szerint 45 percig 10 mbar vákuumon tartottuk a próbatesteket, páronként 1-1-et félig, másikat pedig teljesen a réz-szulfát oldatba merítve, alátétként üvegpálcikákat helyezve alájuk és lesúlyozva őket, majd 45 perc után 120 perc atmoszférikus nyomáson kezeltük a mintákat. A teljesen bemerített mintákból a kezelés mértékére, a félig bemerített próbatestekből pedig a bütüzárás minőségére vonatkozóan vontunk le következtetéseket. A diagramon a teljesen bemerített minták kezelés előtti szürke színnel jelölt, illetve sárgával jelölt kezelés utáni tömegét tüntettük fel vizsgálati próbatestenként. A álló évgyűrűs nyár minta (PPA2) 39,768 gramm réz-szulfát oldatot vett fel (diagramon világoskék színnel jelölve a teljesen telített minták felvétele), az egyes lamellás (PPV1) próbatest felvétele nagyobb, 45,061 gramm lett. A diagramról is kitűnik, hogy a ragasztott lamellák esetében a Pannónia nyár próbatestek telítődése ment nagyobb mértékben végbe, hipotézisünknek megfelelően. A vizsgált lucfenyő minták megközelítőleg feleannyi védőszert vettek fel, mint a Pannónia nyár próbatestek. A diagramon zöld színnel jelölve láthatjuk a teljesen telített minták által felvett 5%-os oldatban található réz-szulfát mennyiséget. A felvett védőszermennyiségeknek megfelelően a nyár minták vettek fel több réz-szulfátot, és közülük a PPA2 (Pannónia nyár álló évgyűrűs) próbatest felvétele (2,253 gramm) elegendő az előírt Adolit BQ 20 faanyagvédőszer adatlapja szerinti 1-2. kitettségi osztályba soroláshoz. (Ehhez 10 g só koncentrátumot kell felvenni négyzetméterenként, amely 5%-os oldatra átszámítva a próbatestek méretére 0,2134 gramm). A mérési eredményeket a 13.4.1. számú melléklet tartalmazza.



6. diagram Első telítési kísérlet eredményei

8.2.1.2. Második telítés

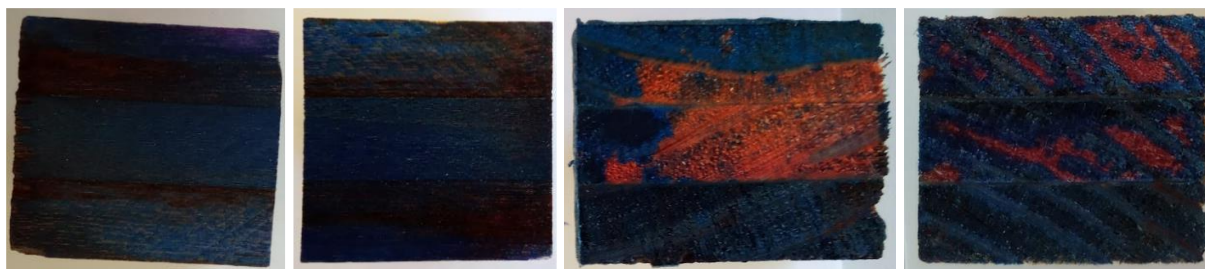
A második telítési kísérlet során alkalmazott vizsgálati paraméterek 45 percig 550 mbar vákuum és atmoszférikus nyomás 120 percig voltak. A **10. diagramon** láthatók a második gyengített menetrendű telítési kísérlet eredményei. A gyengítésnek megfelelően a minták kevesebb védőszert vettek fel minden esetben. A diagramon szürke szín jelöli a teljesen bemeztett minták kezelés előtti, illetve sárga a kezelés utáni tömegét az adott vizsgálati próbatestek esetében. A diagramon látható, mint az első telítésnél, hogy a ragasztott lamellák esetében a Pannónia nyár próbatestek telítődése ment nagyobb mértékben végbe. Az álló évgűrűs Pannónia nyár minta (PPA3) 20,942 gramm réz-szulfát oldatot vett fel. A diagramon világoskék színnel jelölve a teljesen telített minták felvétele. A fekvő évgűrűs próbatestek felvételére kisebb érték adódott (PPF1: 18,676 gramm, PPF4: 18,590 gramm). A vizsgált lucfenyő minták a második telítési kísérlet során jóval kevesebb védőszert vettek fel, mint a Pannónia nyár próbatestek. A diagramon zöld színnel jelölve láthatjuk a teljesen telített minták által felvett réz-szulfát mennyiségét. A felvett védőszermennyiségeknek megfelelően a nyár minták vettek fel több réz-szulfátot (PPA3-álló évgűrűs nyár: 1,047 gramm, PPF1-fekvő évgűrűs Pannónia nyár: 0,934 gramm, PPF4-fekvő évgűrűs Pannónia nyár: 0,930 gramm), viszont ez esetben is az 1. veszélyeztetettségi osztályhoz előírt védőszermennyiséget (0,2134 gramm) vették fel a próbatestek. A mérési eredményeket a 13.4.2. melléklet foglalja össze.



7. diagram Második telítési kísérlet eredményei

8.2.2. Telítések értékelése

A telített próbatestek bütüfelületeit lezártuk APP-PU 50 típusú rugalmas tömítőanyaggal abból a célból, hogy ezen a felületen ne tudjanak a minták védőszert felvenni. Az $55 \times 55 \times (7 \times 3)$ mm méretű mintákról érintővágással eltávolítottuk a bütüzáráshoz használt poliuretános tömítőanyagot, majd keresztben és hosszában félbevágtuk őket, így 4-4 darab minta alakult ki 1-1 próbatestből. A kis méretű minták vágott felületein vizsgáltuk a védőszer beszívódását indikátorral való permetezés után. A **11. ábrán** az első menetrend során kezelt minták közül láthatók telített keresztmetszetek. A Pannónia nyár minták (PPA2, PPV1) telítődése szemmel láthatóan is nagyobb mértékben ment végbe (**11. ábra, első, második kép**), mint a lucfenyő próbatesteké. Szabad szemmel látható telítődésük mértéke egyeztetethető a **9. diagramon** szemléltetett felvett védőszermennyiségekkel. A gyengébben telítődött lucfenyő próbatesteken markánsan látszik a telítődés folyamata is, illetve esetükben megfigyelhető az évgűrűirányok és az anatómiai szerkezet befolyása a telítésre. A P1 minta esetében (**11. ábra, harmadik kép**) látható, hogy a felső lamella kései pásztája, az évgűrűhatár folyadékzáró réteggént viselkedett. Ugyanez a hatás figyelhető meg a **11. ábra** negyedik képén P2 próbatest esetében, ahol látható, hogy az évgűrűk megvezették a réz-szulfát oldatot. A bütüfelületek zárása megfelelő volt a nyár minták esetében, mivel a telítődés sugár irányban zajlott le, nem a bütü felől (**11. ábra, harmadik kép**).



4. ábra Telített reagenssel kezelt minták balról jobbra: PPA2, PPV1, P1, P2

A **12. ábrán** láthatók a második telítési menetrend során kezelt minták közül telített keresztmetszetek. A gyengített menetrend esetében a két fafaj kezelhetőségének szempontjából még látványosabban megmutatkozott a különbség. A Pannónia nyár minták (PPA3, PPF1, PPF4) ez esetben is szemmel láthatóan nagyobb mértékben telítődtek (**12. ábra, első, második, harmadik kép**), mint a lucfenyő próbatestek (**12. ábra, negyedik, ötödik kép**). Szabad szemmel látható telítődésük mértéke kisebb, mint az első menetrendnél, illetve arányuk megfelel a **10. diagramon** szemléltetett felvett védőszermennyiségeknek. A telített nyár mintákon a fűrészelés során elkenődő védőszerréteg ellenére is látszik, hogy a ragasztóréteg szigetelőréteggént funkcionált, rajta keresztül a lamellák között nem valósult meg védőszertranszport. A gyengébben telítődött lucfenyő próbatestek (P3, P4) markánsan kevesebb réz-szulfát oldatot vettek fel (**12. ábra, negyedik-ötödik kép**), mely legfeljebb felületvédelem szintjének felel meg. A P4 próbatest középső lamellája esetén oldalirányból évgyűrűhatárig bevezetődött a réz-szulfát oldat, melynek oka az anatómiai tulajdonságokkal magyarázható.



5. ábra Telített reagenssel kezelt minták balról jobbra: PPA3, PPF1, PPF4, P3, P4

9. Összefoglalás

A Pannónia nyár áztatása során összességében jobb felvételek voltak tapasztalhatók, viszont megfelelő rétegvédelem ez által a kezelés által hosszabb idő alatt érhető el, mint az iparban alkalmazott kezelési időkkal. A felvételi görbék ugrása a lezárt бүтүјű 12 hétig kezelt mintáknál értékelhetetlenné teszik a бүтүзárást. A Pannónia nyár faanyag hipotézisünknek megfelelően nem igényel nagy vákuumot, a gyengített második telítési kezelés során is jobban telítődött, mint a lucfenyő. A két alkalmazott telítési menetrend során azt tapasztaltuk, hogy a szabványos (első telítés) és a gyengített menetrend (második telítés) sem eredményez teljes keresztmetszetben telítődést. A бүтүзárás legtöbb esetben a telített mintákon sem értékelhető. A két fafaj természetes állapotára vonatkozó közel azonos tartóssági besorolását, valamint a faanyagvédelmi és alkalmazási szempontokat figyelembe véve a Pannónia nyár bizonyult kedvezőbbnek, miszerint a könnyebb kezelhetőségével, jobb védőszerfelvételi eredményeivel magasabb tartóssági osztályba sorolás érhető el a kezelt faanyagok esetében.

10. Előretéklntés, további kutatási lehetőségek

A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a módszerrel ragasztási problémákra is rá lehet világítani, mivel segítségével kimutathatóvá válnak a ragasztórétegek egyenetlenségei, hiátusai. További vizsgálati lehetőséget jelenthetnek a mikroszkópos felvételeken jól kirajzolódó ragasztási fugák, így mérhetőek lennének a fugavastagságok. Mivel a jobban telíthető Pannónia nyár faanyag esetében a szabványos telítési eljárás sem eredményezett teljes keresztmetszetben védőszerfelvételt, ezért a további vizsgálatok során a szabványos menetrendet célszerű alkalmazni.

11. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a Faipari Tanüzem munkatársainak, hogy helyet és technológiai háttérrel biztosítottak vizsgálati mintáim ragasztásához. Köszönöm Horváth Imre intézeti munkatársnak gyors és pontos munkáját, mivel nélküle nem készülhetek volna el a próbatesteim. Hálával tartozom konzulensemnek, Dr. Horváth Norbert egyetemi docensnek a kutatásom ideje alatt nyújtott témavezetői munkájáért és támogatásáért, biztatásáért. Köszönöm, hogy kutatásom ÚNKP pályázat keretén belül teljesedhetett ki, lehetőséget kínálva arra, hogy tovább képezsem magam a pályázat ideje alatt, elmélyítve megszerzett tudásomat és tapasztalataimat, melyeket a későbbiekben kamatoztathatok.

12. Hivatkozások

MSZ EN 350:2016: Durability of wood and wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. (A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A fa és a fa alapanyagú termékek biológiai anyagainak tartóssági vizsgálata és osztályozása.)

L. Rábai, N. Horváth, A. Kánnár & Cs. Csiha: Study on the wettability of Pannónia poplar (*P.x euramericana* Pannónia) from two Hungarian plantations: Győr and Solt, *European Journal of Wood and Wood Products* (2020)

Ohnesorge, Denny: *Verklebungseigenschaften von Brettschichtholz aus Buche*, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Eigenverlag der FVA, Freiburg (2009) ISBN 978-3-933548-44-3

Horváth, Norbert; Pannónia nyár ültetvények helyszíni és laboratóriumi anyagvizsgálatainak aktuális részeredményei, In: Csiha, Imre; Csiha, Sára; Nagy, Angelika (szerk.) *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban*, Kecskemét, Magyarország: Alföldi Erdőkért Egyesület, (2019) pp. 198-203., 6 p.

Molnár, Sándor; Führer, Ernő; Toth, Béla: *Az ültetvényes gazdálkodás fejlesztése*, Hillebrand Nyomda Kft., Sopron (2008) ISBN 978-963-9883-21-5

Papp, Éva Annamária; Horváth, Norbert: *Nyár faanyagok anyagtudományi vizsgálataihoz szükséges hazai szakirodalom áttekintése, értékelése* = An overview and evaluation of Hungarian publications required for material science examinations of poplar wood species, *FAIPAR* 64: 2 pp. 7., 22-28. (2016)

Tóth, Béla: Nemesnyár-fajták ismertetője: Irányelvek a nemesnyár-fajták kiválasztásához, Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest (2006) ISBN 963-502-855-5; pp. 48, 64.

Horváth, Norbert; Papp, Éva Annamária: Nyárkutató új szempontok figyelembevételével: Termőhely-specifikus faanyagtudományi vizsgálatok, ERDÉSZETI LAPOK 152: 1 pp. 2-5., 4 p. (2017)

Horváth, Norbert; Kánnár, Antal; Csiha, Csilla: On-Site and Laboratorial Investigation of Pannónia Poplar Plantation Wood from Three Different Hungarian Sites, In: Wang, Xiping; Sauter, Udo H.; Ross, Robert J. (szerk.) Proceedings, 21st International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison (WI), Amerikai Egyesült Államok: USDA Forest Service, (2019) pp. 5., 141-145.

Van Acker, Joris; Defoirdt, Nele; Van den Bulcke, Jan: IPC Working Party on Harvesting and Utilization of Poplar and Willow Wood, Enhanced potential of poplar and willow for engineered wood products, 2nd Conference on Engineered Wood Products based on Poplar/willow Wood, León, Spain (September 8th-10th 2016)

Kržišnik, Davor; Grbec, Samo; Lesar, Boštjan; Plavčak, Denis; Šega, Bogdan; Šernek, Milan; Straže, Aleš; Humar, Miha: Durability and Mechanical Performance of Differently Treated Glulam Beams during Two Years of Outdoor Exposure, Licensee Faculty of Forestry, University of Zagreb (2020)

Meyer-Veltrup, Linda; Brischke, Christian; Källander, Björn: Testing the durability of timber above ground: evaluation of different test methods, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, (2016)

Katona, Gábor: A nyárak parketta felhasználásának faanyagtudományi összefüggési és új módszerei, doktori értekezés (2011); pp. 42-43.

Molnár, Sándor: Faanyagismeret, Szaktudás Kiadó Ház Zrt. (2004), pp. 330-331, 390-391.

Csizmadia, Ákos: Luc- és erdeifenyő faanyagok telíthetőségi vizsgálatai elővákuum és atmoszférikus nyomás alkalmazása esetében. Diplomamunka. (Sopron, 2020)

MSZ 6786-2: 1988 Faanyagvizsgálatok. Nedvességtartalom meghatározása

MSZ 6786-3: 1988 Faanyagvizsgálatok. Sűrűség meghatározása

DIN EN 14734: 2020-12: Fa és fatermék tartóssága. A faanyagvédő szerekkel impregnálandó fafajok kezelhetőségének meghatározása - Laboratóriumi módszer; Német és angol nyelvű változat prEN 14734: 2020 / Megjegyzés: Kiállítás dátuma 2020-11-20

1. kép: <https://agrariumblog.hu/index.php/2018/04/04/igy-lesz-gazdasagos-nemesnyar-termesztes/> (2021. 11. 27.)

3. ábra, bal: <https://www.okftfaaruhaz.hu/img/41112/8106862000/490x490,r/8106862000.jpg?time=1602137594> (2021.11.27.)

13. Mellékletek

13.1. Egyensúlyi fanedvesség és sűrűség mérési eredmények

Álló évgyűrűs Pannónia nyár próbatestek egyensúlyi fanedvesség és normál sűrűség eredményei

	m₁₂ (g)	rostirány (mm)	húrirány (mm)	sugárirány (mm)	m₀ (g)	sűrűség (u=12%)	egyensúlyi fanedvesség
NyÁ3	8,320	54,820	55,120	7,310	7,378	0,377	12,768
NyÁ4	8,239	54,470	55,210	7,210	7,312	0,380	12,678
átlag						0,378	12,723

Fekvő évgyűrűs Pannónia nyár próbatestek egyensúlyi fanedvesség és normál sűrűség eredményei

	m₁₂ (g)	rostirány (mm)	húrirány (mm)	sugárirány (mm)	m₀ (g)	sűrűség (u=12%)	egyensúlyi fanedvesség
NyF3	8,506	54,980	55,050	7,350	7,547	0,382	12,707
NyF4	8,465	54,560	55,170	7,140	7,524	0,394	12,507
átlag						0,388	12,607

Álló évgyűrűs lucfenyő próbatestek egyensúlyi fanedvesség és normál sűrűség eredményei

	m₁₂ (g)	rostirány (mm)	húrirány (mm)	sugárirány (mm)	m₀ (g)	sűrűség (u=12%)	egyensúlyi fanedvesség
FÁ3	7,492	54,590	54,970	6,690	6,587	0,373	13,739
FÁ4	7,790	54,520	55,080	6,680	6,838	0,388	13,922
átlag						0,381	13,831

Fekvő évgyűrűs lucfenyő próbatestek egyensúlyi fanedvesség és normál sűrűség eredményei

	m₁₂ (g)	rostirány (mm)	húrirány (mm)	sugárirány (mm)	m₀ (g)	sűrűség (u=12%)	egyensúlyi fanedvesség
FF3	8,690	54,490	55,020	6,750	7,688	0,429	13,033
FF4	8,501	54,470	55,330	6,660	7,503	0,424	13,301
átlag						0,426	13,167

Kékült lucfenyő próbatestek egyensúlyi fanedvesség és normál sűrűség eredményei

	m₁₂ (g)	rostirány (mm)	húrirány (mm)	sugárirány (mm)	m₀ (g)	sűrűség (u=12%)	egyensúlyi fanedvesség
KF3	8,548	54,530	55,150	6,760	7,505	0,420	13,897
KF4	7,972	54,580	55,220	6,780	6,989	0,390	14,065
átlag						0,405	13,981

13.2. Áztatási kísérletek eredményei

13.2.1. 4 napos áztatási próbatestek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek

Eltelt idő percben	Pannónia nyár fekvő évgyűrű	Pannónia nyár álló évgyűrű	Lucfenyő álló évgyűrű	Lucfenyő fekvő évgyűrű	Kékült lucfenyő
0	8,661	8,372	7,460	8,510	8,138
15	9,205	8,911	8,064	9,288	8,945
30	9,915	9,516	8,934	10,236	10,395
45	10,046	9,793	9,240	10,409	10,509
60	10,040	9,809	9,336	10,497	10,780
75	10,325	9,952	9,485	10,616	10,964
90	10,301	9,964	9,530	10,623	11,099
105	10,402	10,023	9,650	10,823	11,242
120	10,560	10,074	9,727	10,793	11,231
150	10,560	10,157	9,846	10,932	11,486
270	10,945	10,416	10,010	11,281	11,871
390	11,197	10,577	10,184	11,397	12,114
570	11,461	10,833	10,295	11,534	12,314
1440	11,910	11,174	10,335	11,738	12,616
1590	11,989	11,144	10,476	11,692	12,616
1800	11,967	11,283	10,339	11,772	12,720
2010	12,107	11,250	10,525	11,882	12,827
2910	12,184	11,341	10,389	11,755	12,805
3090	12,208	11,570	10,420	11,751	12,523
3270	12,164	11,409	10,447	11,674	12,721
3450	12,297	11,588	10,426	11,885	12,824
5850	12,392	11,657	10,507	11,873	12,909
5955	12,371	11,597	10,469	11,962	12,750
min.	8,679	8,326	7,479	8,3	8,079
max.	12,716	11,925	11,209	11,935	12,737
Felvett védőszer	4,037	3,599	3,73	3,635	4,658
Felvett hatóanyag	0,20185	0,17995	0,1865	0,18175	0,2329
Megfelel?	igen	igen	igen	igen	igen

13.2.2. 12 hetes bütüzárt áztatási próbatestek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek

Eltelt idő percben	Pannónia nyár fekvő évgyűrű	Pannónia nyár álló évgyűrű	Lucfenyő álló évgyűrű	Lucfenyő fekvő évgyűrű	Kékült lucfenyő
0	8,643	8,418	7,440	8,940	8,197
15	9,287	8,967	8,013	9,174	9,013
30	10,034	9,523	8,951	10,614	10,523
45	10,141	9,883	9,147	10,729	10,728
60	10,069	9,846	9,266	10,819	10,962
75	10,301	10,008	9,474	11,026	11,245
90	10,202	10,034	9,549	10,558	11,181
105	10,321	10,039	9,631	11,325	11,271
120	10,465	10,141	9,721	11,118	11,449
150	10,477	10,227	9,936	11,456	11,597
270	10,748	10,337	10,124	12,016	11,915
390	11,027	10,581	10,265	12,242	12,098
570	11,287	10,800	10,456	12,422	12,389
1440	11,779	11,219	10,371	12,544	12,733
1590	11,794	11,159	10,558	12,460	12,772
1800	11,803	11,174	10,343	12,542	12,894
2010	11,828	11,273	10,612	12,726	12,985
3090	11,920	11,438	10,481	12,934	12,688
3270	11,952	11,350	10,579	12,942	12,933
3450	11,997	11,598	10,482	13,182	12,921
5850	12,067	11,629	10,719	13,229	13,081
5955	12,259	11,521	10,591	13,153	12,815
10365	12,136	11,665	10,702	13,815	13,117
11970	13,101	13,489	10,621	15,121	13,337
20770	13,366	14,172	10,908	15,771	13,419
24975	13,816	14,505	10,832	15,788	14,126
33795	18,956	18,861	12,726	16,415	17,293
46390	19,921	19,586	13,894	17,029	18,141
54960	20,105	20,003	14,331	17,026	18,021
126010	20,651	17,814	14,659	17,496	18,356
141480	21,193	20,824	14,588	17,769	18,652
min.	8,643	8,418	7,440	8,940	8,197
max.	21,193	20,824	14,659	17,769	18,652
Felvett védőszer	12,550	12,406	7,219	8,829	10,455
Felvett hatóanyag	0,628	0,620	0,361	0,441	0,523
Megfelel?	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.

13.2.3. 12 hetes lezáratlan bütüjű áztatási próbatetek tömegei (grammban) és az elért védőszerfelvételek

Eltelt idő percben	Pannónia nyár fekvő évgűrű	Pannónia nyár álló évgűrű	Lucfenyő álló évgűrű	Lucfenyő fekvő évgűrű	Kékült lucfenyő
0	8,650	8,001	8,166	8,720	7,847
15	8,738	8,252	8,696	9,332	8,484
30	9,843	9,135	9,378	10,327	9,572
45	9,997	9,029	9,586	10,510	9,691
60	9,729	8,673	9,814	10,566	9,645
75	10,353	9,247	9,571	10,703	9,736
90	10,071	9,209	9,984	10,714	9,888
105	10,188	9,964	10,056	10,887	9,963
120	10,211	9,539	9,982	10,836	10,177
150	10,898	9,797	10,224	10,901	10,585
270	11,287	10,258	10,488	11,372	10,969
390	11,773	10,776	10,695	11,543	11,091
570	11,892	10,939	10,040	11,607	11,369
1440	12,729	11,276	10,956	11,849	11,670
1590	12,510	11,350	10,980	11,810	11,650
1800	12,771	11,445	11,075	11,816	11,749
2010	12,843	11,706	11,048	11,981	11,741
3090	13,207	11,996	11,053	11,897	12,244
3270	13,152	12,031	11,116	11,729	12,341
3450	13,351	12,148	11,166	12,035	12,470
5850	13,389	12,323	11,356	11,914	12,944
5955	13,401	12,395	11,154	11,988	12,763
10365	14,035	12,959	11,366	12,048	14,101
11970	14,720	14,062	11,823	13,479	14,722
20770	15,258	14,801	12,000	13,517	15,049
24975	15,544	15,336	12,024	13,299	15,278
33795	16,193	16,093	12,381	13,913	15,636
46390	17,122	16,870	12,873	14,891	15,974
54960	17,176	17,168	12,846	15,225	15,971
126010	17,991	17,952	13,126	15,583	16,178
141480	18,772	18,400	13,363	15,734	16,308
min.	8,650	8,001	8,166	8,720	7,847
max.	18,772	18,400	13,363	15,734	16,308
Felvett védőszer	10,122	10,399	5,197	7,014	8,461
Felvett hatóanyag	0,506	0,520	0,260	0,351	0,423
Megfelel?	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.

13.3. Védőszerbeszívódási mélységek sztereómikroszkóppal mért eredményei

13.3.1. Álló évgűrűs Pannónia nyár próbatetek eredményei

Próbatest	Lamellavastagság (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)
NyF1-1	7,430	0,455	3,517
NyF1-2	7,271	0,385	3,929
átlag		0,420	3,723

13.3.2. Fekvő évgűrűs Pannónia nyár próbatestek eredményei

Próbatest	Lamellavastagság (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)
NyF1-1	7,310	0,575	2,848
NyF1-2	7,152	0,726	3,087
átlag		0,650	2,968

13.3.3. Álló évgűrűs lucfenyő próbatestek eredményei

Próbatest	Lamellavastagság (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)
FÁ1-1	6,787	0,687	2,008
FÁ1-2	6,660	0,808	3,825
átlag		0,748	2,917

13.3.4. Fekvő évgűrűs lucfenyő próbatestek eredményei

Próbatest	Lamellavastagság (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)
FF1-1	6,877	0,741	2,141
FF1-2	6,883	0,666	1,911
átlag		0,704	2,026

13.3.5. Kékült lucfenyő próbatestek eredményei

Próbatest	Lamellavastagság (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)
KF1-1	6,778	1,061	6,778
KF1-2	6,965	0,980	6,965
átlag		1,020	6,872

13.4. Telítési eredmények

13.4.1. Első telítési kísérlet

Fafaj	P. NYÁR	P. NYÁR	LUC-FENYŐ	LUC-FENYŐ
Próbatest száma	PPA2	PPF1	P1	P2
Telítés előtti tömeg (g)	25,321	25,913	23,799	26,891
Telítés utáni tömeg (g)	70,382	65,681	46,054	46,574
Felvett réz-szulfát oldat tömege (g)	45,061	39,768	22,255	19,683
Felvett réz-szulfát tömege (g)	2,253	1,988	1,113	0,984
kitettségi osztálynak megfelel-e	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.

13.4.2. Második telítési kísérlet

Fafaj	P. NYÁR	P. NYÁR	P. NYÁR	LUC-FENYŐ	LUC-FENYŐ
Próbatest száma	PPA3	PPF1	PPF4	P3	P4
Telítés előtti tömeg (g)	26,379	24,007	26,803	25,379	22,768
Telítés utáni tömeg (g)	47,321	42,683	45,393	31,126	30,887
Felvett réz-szulfát oldat tömege (g)	20,942	18,676	18,590	5,747	8,119
Felvett réz-szulfát tömege (g)	1,047	0,934	0,930	0,287	0,406
kitettségi osztálynak megfelel-e	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.	igen, 1-2.