

WOOD

4

sustainability

*p*_{rocessing}

*c*_{onstruction}

*p*_{roduct}

*d*_{esign}

2024

Wood 4 Sustainability

Processing, Construction, Products and Design

2024

Főszerkesztő: Dr. Csiha Csilla

Wood 4 Sustainability

Processing, Construction, Products and Design

2024



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2024

Közreadó a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara

Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábián Attila

a Soproni Egyetem rektora

Főszerkesztő

Dr. Csiha Csilla Mária

Szerkesztők

Prof. Dr. Kósa Balázs, Prof. Dr. Magoss Endre, Dr. habil. Németh László

Lektorok

Gerencsér Kinga Címzetes Egyetemi Tanár, Szabadhegyi Viktor Címzetes Egyetemi Docens,
Prof. Dr. Alpár Tibor, Prof. Emeritus Tolvaj László, Prof. Dr. Markó Balázs

Technikai szerkesztő

Mucsi Zsuzsanna

ISBN 978-963-334-541-2 (pdf)

DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-541-2>

Creative Commons license: BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! Ne add el! Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution – Non commercial – Share Alike 4.0 International

Tartalom

A klímaváltozás hatása a faipari kutatásokra	11
<i>Magoss Endre, Csiha Csilla</i>	
Faanyagok dinamikus szilárdságvizsgálata	19
<i>Orbán Gábor, Kánnár Antal</i>	
A vastagság figyelembe vétele a mikrohullámú radarral történő sűrűség és nedvességtartalom becslés során	29
<i>Jakócs Mihály, Bejó László</i>	
Szürke nyár (<i>Populus × canescens</i>) fűrészáru szilárdság-becslésének lehetőségei	39
<i>Ács Ruben, Vécs Martin László, Hantos Zoltán</i>	
A klímaváltozás hatása a faanyag mennyiségére és minőségére	51
<i>Sütő Anett Ibolya, Báder Mátyás, Németh Róbert</i>	
Natúr és hőkezelt platán fatestének faanyagvédelmi, tartóssági vizsgálatai I. rész: Egyes fafizikai tulajdonságok és változásaik.....	60
<i>Buga-Kovács Luca, Horváth Norbert</i>	
Szintérreprodukció a csomagolóanyag-nyomtatásban – A flexográfiai és a digitális nyomtatás komparatív vizsgálata	67
<i>Maňúrová Klaudia, Horváth Csaba, Preklet Edina</i>	
2-5 rétegből álló kisméretű rétegelt-ragasztott tölgy fűrészáru hajlítóvizsgálata	79
<i>Báder Mátyás, Fehér Sándor, Horváth Dénes Ákos</i>	
Termo-hidromechanikusan módosított tölgy érettfá nyomóvizsgálatai tulajdonságai különböző nedvességtartalmakon	88
<i>Báder Mátyás, Németh Róbert, Gecseg Péter Pál</i>	
Finite element analysis of furniture structures made from underutilized wood species.....	95
<i>Zsófia Benedek-Csányi, József Garab</i>	

Relationships of Fibers length and Ring Width with Precipitation and Temperature on Wood of <i>Robinia pseudoacacia</i>	104
<i>Fath Alrhman Awad Ahmed Younis, Mátyás Báder, Miklós Bak, Róbert Németh</i>	
Comparison of barks of deciduous and coniferous trees	113
<i>Hiba Khalifa, Róbert Németh</i>	
Ecological and Health Implications of Microplastics in Water: A Short Review	121
<i>Omar Saber Zinad, Csilla Csiha, Dhafer Saber Zinad, Ali Fahem Al-Mamoori</i>	
Cultural Preservation Meets Modern Design: Investigating the Impact of Traditional Woodcarvings on Natural Ventilation in Johor, Malaysia	131
<i>Noor Roziana Binti Abdul Rahim, Kovács Zsolt</i>	
Smart Network: The Role of Meta-Organizational Networks in the Sustainability-Digital Transition	150
<i>Andrea Reményi</i>	
Investigating the stability of wooden lake piles: the influence of dynamic MOE and pile length on buckling behavior	161
<i>Brougui Marwa, Krisztián Andor</i>	
Wood-based composites for 3D printing filaments to use in technical applications....	175
<i>Mihályi Domonkos, Garab József, Alpár Tibor</i>	
Clustering analysis of the nineteen most populous Hungarian cities using Urban Atlas Building Height Data from Copernicus Land Monitoring Service's 10m raster maps	191
<i>Zsolt Tóth</i>	
Az európai LVL gyártás helyzetének áttekintése	200
<i>Horváth Kund</i>	

Hazai faipari kisvállalkozások gyártási és szervezettségi szintjét felmérő hatékonyságnövelő tanácsadó rendszere	206
<i>Suriné Lengyel Veronika, Magoss Endre</i>	
A hajdani MÁV Gyermekotthon (Kőszeg) huszártonyának szerkezeti megerősítése	217
<i>Hantos Zoltán</i>	
Handler Jakab klasszicista lakóépülete a soproni Várkerületen.....	229
<i>Tárkányi Sándor</i>	
Faszerkezetek Egyiptom korai piramisaiban	235
<i>Szabó Péter</i>	
Szemelvények a Sopron, Várkerület 34. számú üzletház építés- és tulajdonlástörténetéből	244
<i>Tárkányi Sándor</i>	
A Roth Gyula Erdészeti Szakközépiskola utcai homlokzatának 2019-2020 közötti helyreállítása	249
<i>Tárkányi Sándor</i>	
A Voronoi-szerkezetek bútorigipari felhasználása	254
<i>Boros Eszter</i>	
A tömördi Chernel-kúria bejárati kapujának restaurálása	259
<i>Tárkányi Sándor</i>	
Modularitás és érték	265
<i>Bodorkós Dániel, Zalavári József, Horváth Péter György</i>	
A Zichy-Meskó palota porcelánkabinetjének kétszárnyú ajtói	275
<i>Tárkányi Sándor</i>	

Natúr és hőkezelt platán fatestének faanyagvédelmi, tartóssági vizsgálatai I. rész: Egyes fafizikai tulajdonságok és változásai

60 / 60-66

Buga-Kovács Luca^a, Horváth Norbert^a

^a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faanyagtudományi Intézet, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

Email: kovacs.luca@phd.uni-sopron.hu horvath.norbert@uni-sopron.hu

DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-541-2-06>

ABSZTRAKT

A natúr és két hőmérsékleten, 180 és 200 °C-on termikusan modifikált juharlevelű platán (*Platanus × acerifolia*) fatestének vizsgálatakor a hőkezelés hatására végbemenő tulajdonságváltozások képezték vizsgálataink tárgyát. A platánfa, mely a világ legnagyobb méretű fái közé tartozik, széles körben elterjedt Magyarország parkjaiban, és jelentős esztétikai és anyagminőségi előnyökkel bír. E kutatás célja a natúr és hőkezeléssel módosított platán faanyag fafizikai tulajdonságainak (normál klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség, sűrűség), színezetének és a korhasztó gombákkal szembeni ellenállóképességének vizsgálata volt. A faanyag modifikálását a Faipari és Műszaki Intézet hőkezelő kamrájában 180 °C és 200 °C hőmérsékleten végeztük el. A kutatás során vizsgált fa anyagtulajdonságok, az egyensúlyi fanedvesség- és sűrűségmeghatározás eredményei azt mutatták, hogy a hőkezelés hatására a normál klímához (20 °C, 65% relatív páratartalom) tartozó fanedvességértékek a kezelési hőmérséklet növelésével csökkentek. A sűrűségi vizsgálatok során a natúr geszt és szijács minták és a 180 °C-on hőkezelt próbatestek között nem mutatkozott még jelentős különbség, míg 200 °C-os kezelés után a szijács sűrűsége növekedett, a geszté pedig csökkent.

Kulcsszavak: platán, *Platanus × acerifolia*, hőkezelés, termikus modifikáció, sűrűség, fanedvesség, Ipar, innováció és infrastruktúra

1. Bevezetés

A Soproni Egyetem botanikus kertjében ipari fáink mindegyike képviselteti magát. 2018 őszén egy juharlevelű platán (*Platanus acerifolia*) került kivágásra balesetveszélyessé válása miatt, mely kézenfekvő lehetőséget jelentett az egyed fatestének vizsgálatára, bővebb megismerésére. Molnár (2004) nyomán a nagytermetű, óriási törzsmérete-

ket elérő, esztétikus megjelenésű platánfát, vagy más néven boglárfát a 19. század elejétől telepítik hazai parkokban, fasorokban. Magyarországon a nyugati platán (*Platanus occidentalis*), keleti platán (*Platanus orientalis*), továbbá a vizsgálatunk tárgyát is képező juharlevelű platán (*Platanus × acerifolia*) fordul elő. A platánok a világ leg-

nagyobb méretű fái közé tartoznak. Molnár és Bariska (2006) szerint 30-40 m famagasságot is elérnek, de általában korán elágaznak, ezért ritkán találkozni hosszú, 6-8 méteres ágtiszta rönkkel, amely bizonyára megfelelő hálózatban történő telepítés és az ágak felmetszése esetén hazánkban is elérhető cél lehetne. Molnár (2004) a platánt a fokozatos geszt-szijács átmenetű, színes gesztű fáink közé sorolja, melynek viszonylag széles szijácsa enyhén vöröses árnyalatú, a gesztje pedig világosbarnás. A platánok szórt likacsúak, finom, egyenletes szövetszerkezetűek, fülledésre való hajlamuk miatt viszont törekedni kell a gyors feldolgozásra, mivel a kevésbé tartós fák közé sorolhatók.

Az MSZ EN 350:2016 szabvány a juharlevelű platán fáját a bazídiumos gombákkal szembeni ellenállóképesség alapján a nem tartós faanyagok közé, azaz az 5-ös tartóssági osztályba (TO5) sorolja, továbbá a kopogóbogárfélékkel és az európai termeszekkel szemben is érzékenynek (S – sensible) minősíti. Molnár és Bariska (2006) nyomán a platán jól munkálható, jól felületkezelhető, és jól ragasztható faanyag. Megállapításaik szerint gyors növekedése, nagy méretei és finom szövetű, esztétikus megjelenése miatt a platánok fája a mainál lényegesen nagyobb figyelmet érdemelne.

Ugyanezen kutatók a hazánkban előforduló platánfélék közül elsősorban a juharlevelű platánnak tulajdonítanak kiemelt erdészeti és faipari jelentőséget.

Ezen szakirodalmi adatok alapján a natúr és a hőkezeléssel módosított platán fateste színezetének és a korhasztó gombákkal szembeni ellenállóképességének alakulása iránt is kiemelt érdeklődéssel viseltettünk, amelyekre a következő cikkünkben térünk ki.

2. Anyag és módszer

2.1. Vizsgálati faanyag

A vizsgálati egyed kivágására 2018 őszén került sor, mely fajra jellemző villás növekedés miatt vált veszélyessé. Az alsó, központi elágazásnál összegyűlt biomasszájának köszönhetően egy kisebb cserje, továbbá farontó organizmusok is meg tudtak telepedni rajta. A hasonló elágazások sajnos hozzájárulhatnak a fatest belső korhadásának megindulásához, amely rendszerint kívülről észrevétlen marad egy élő fa esetében, s ezzel jelentősen megnővekedhet annak veszélyessége is. Az ágtiszta törzset nagyjából 1-1,5 méter hosszú részekre darabolták a döntést követően. A kutatásainkhoz mellmagasság környezetében kinyert, körülbelül 70 cm hosszú darab szolgált. A vizsgálati darab bütüfelületén már nyers állapotban jól látszott a platánokra jellemző aránylag széles szijács, továbbá egy markáns repedés, amely valószínűleg már a döntés előtt jelen volt a fatestben (1. ábra). A rönkdarab felfűrészelésére 10 hét kültéri pihentetés után került sor. Körülbelül 5-6 cm vastag, láncfűrésszel leválasztott pallók a későbbi vizsgálatokhoz szükséges anatómiai irányok figyelembevételével készültek. A munkálat során főként az álló évgyűrűs fűrészáruk kinyerése volt a cél a később elvégzendő, szabványos vizsgálatok figyelembevételével.

2.2. Próbatetek kialakítása és hőkezelés

Felfűrészelést követően a pallók a Faipari és Műszaki Intézet Mühlböck szárítókamrájának segítségével kerültek leszáritásra ($u < 15\%$ -ra). A kutatási tervnek megfelelően a tisztán szijácsból és gesztből kikerülő famintákat rostirányban három részre daraboltuk,

melyek rendre N, 180 és 200 fő kódokat kaptak. Az „N” jelölte a natúr mintákat, a további két szám pedig a 180 és a 200 °C-on elvégzett termikus modifikációkra utalt. A próbatesteknek szánt anyagot két hétre, az anyagok feldolgozásáig 20 °C-os léghőmérsékletű és 65% relatív páratartalmú klimatizált helyiségbe helyeztük (normál klíma). Elsőként a natúr próbatestek kialakítása történt meg, a hőkezelandő anyagokból pedig hőkezelés után készültek el a próbatestek. A pallókból a jelen cikkben leírtakon kívül egyéb vizsgálatokhoz is vételeztünk mintákat, ennek megfelelően a cikksorozat következő részében a fatest színére és a gombaállóságára vonatkozó eredményeinket részletezzük majd. A faanyagok hőkezelését a Soproni Egyetem Faipari és Műszaki Intézetének kísérleti hőkezelő kamrájában végeztük. A hőkezelő berendezést a belső, 0,4 m³-es légtérfogata

alkalmassá teszi nagyobb mennyiségű faanyag egyidejű, homogén hőkezelésére. A belső légfűtés két pár bordázott, U-alakú, egyenként 750 W teljesítményű elektromos fűtőszállal történik, melyek a berendezés hátsó falától körülbelül 10-15 cm-re acéllemezrel kerültek elválasztásra a kezelőtértől. A levegő keringetését kettő 23 cm átmérőjű alumínium ventilátor biztosítja, a hőfokszabályzást pedig egy PT100-as hőmérővel és egy Siemens szabályzóegységgel oldották meg (Horváth, 2008). A 180 °C és 200 °C hőmérsékleten elvégzett termikus modifikációk esetében egyaránt 5 óra hőntartási időt határoztunk meg, a „Thermowood” menetrendet kiindulási alapnak tekintve melynek leteltével a rendszer lehűlése szabályozás nélkül valósult meg. A kezelt faanyagok normál klímán ismét kondicionáláson, majd végső megmunkáláson mentek keresztül.



1. ábra. A villás kidöntött platánfa (bal) és a vizsgálati törzs darab (jobb)



2. ábra. A hőkezelt platán anyagok (bal) és a kialakított próbatestek hármas csoportjai (jobb; belül balra a geszt, jobbra a szijács minták)

2.3. Vizsgálati módszerek

Jelen cikkünkben a kutatás keretében vizsgált faanyagtulajdonságok közül a fatest sűrűségére és az egyensúlyi fanedvességre vonatkozó eredményeink kerülnek bemutatásra. Az egyensúlyi fanedvesség meghatározását az MSZ EN 6786-2 szabványban leírt eljárás szerint, továbbá a rostirányban 50 mm, sugárirányban 25 mm, valamint húrirányban 15 mm nagyságú gombaállósági próbatesteken végeztük. Az így meghatározott egyensúlyi fanedvességhez tartozó sűrűségi adatokat ugyancsak a gombaállósági próbatestek szolgáltatták az MSZ 6786-3 szabványt alapul véve.

A vizsgálati próbatestek natúr és a két eltérő hőfokon hőkezelt csoportja egyenként 14 darab mintát tartalmazott, melyeknél 6 db kizárólag csak szijácsból, a maradék 8 db pedig gesztből került kialakításra.

3. Eredmények és elemzés

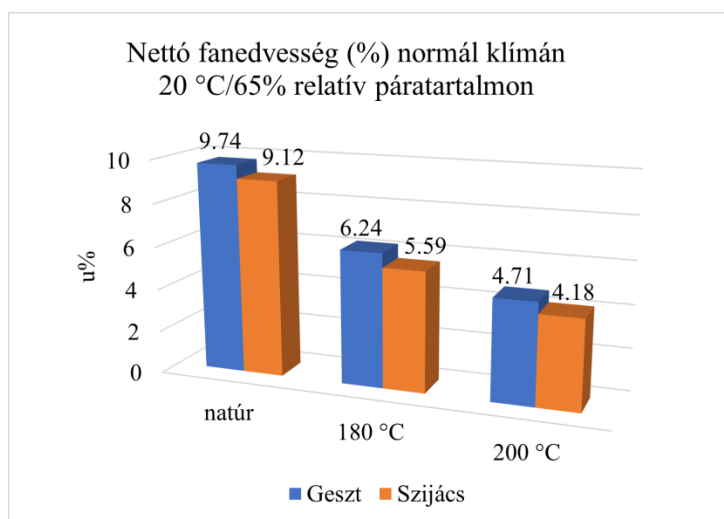
A 4. ábra a natúr és hőkezelt minták egyensúlyi fanedvesség átlagértékeinek alakulását szemlélteti normál klímán. Míg a natúr geszt minták egyensúlyi fanedvességeinek átlagértéke 9,74% volt, addig a szijács próbatesteknél 9,12%-ot kaptunk. A két érték közötti 0,62 százalékpontos különbség nem tekinthető szignifikánsnak. A 180 °C-os hőkezelés hatására a natúr geszt mintákhoz viszonyítva 3,50 százalékpontos csökkenés

mutatkozott ($u_{180^{\circ}\text{C, geszt}}=6,24\%$). A natúr és 180 °C-on kezelt szijács minták esetében a gesztnél tapasztaltnál hasonló mértékű különbség volt megfigyelhető. A 180 °C-os kezeléshez tartozó minták egyensúlyi fanedvességi átlagaihoz képest a 200 °C-on elvégzett hőkezelések hatására az értékek további csökkenési tendenciája látható. Ennek megfelelően a geszt próbatestek esetében a natúr minták átlagértékeitől már 5,03 százalékpontos csökkenés mutatkozott ($u_{200^{\circ}\text{C}}=4,71\%$), a 200 °C-on kezelt szijács minták esetében pedig 4,18% volt az egyensúlyi fanedvesség átlagértéke. Az oszlopdiagramon látható, hogy minden esetben a szijács minták mutattak alacsonyabb átlagértékeket, azonban szijács-geszt közötti nedvességkülönbségek aligha tekinthetők szignifikánsnak.

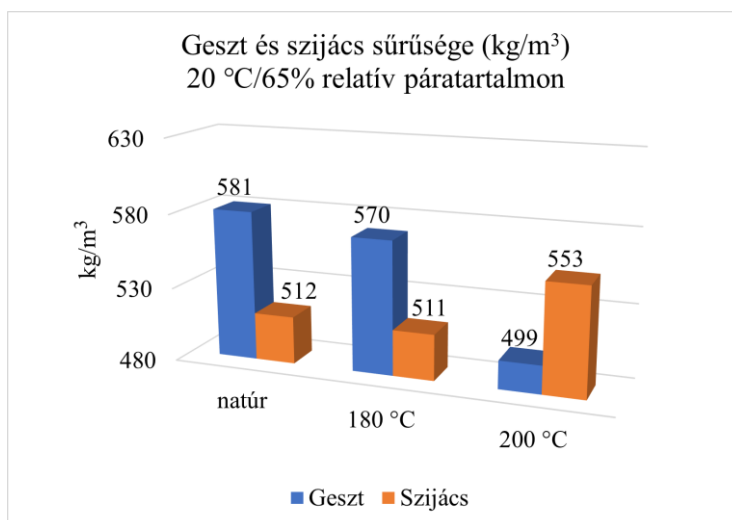
Az 5. ábra a natúr és hőkezelt geszt, illetve szijács próbatestek sűrűségi átlagértékeinek alakulását szemlélteti normál klímán. Míg a natúr geszt próbatestek átlagos sűrűsége 581 kg/m^3 , addig a szijácsé 512 kg/m^3 volt, mely megfelel a szakirodalmi értékeknek. A 180 °C-os hőkezelés hatására a natúr geszt mintákhoz viszonyítva 11 kg/m^3 ($\rho_{180^{\circ}\text{C, geszt}}=570 \text{ kg/m}^3$), a natúr szijács mintákhoz viszonyítva pedig csupán 1 kg/m^3 ($\rho_{180^{\circ}\text{C, szijács}}=511 \text{ kg/m}^3$) különbség mutatkozott. Ezen adatok alapján a 180 °C-on végrehajtott hőkezelési eljárás a normál klímán meghatározott sűrűségi értékek alakulására nem volt szignifikáns hatással.



3. ábra. Egyensúlyi nedvességtartalom és sűrűség meghatározásához használt digitális tolómérő, laboratóriumi mérleg és szárítószekrény



4. ábra. Geszt és szijács nettó fánedvessége (%) normál klímán



5. ábra. Geszt és szijács sűrűsége (kg/m³) normál klímán

A 200 °C-os hőkezelés hatására viszont a szijács minták esetében növekvő, a geszt esetében csökkenő tendencia volt megfigyelhető. Mindkét esetben már markáns különbségek adódtak a natúr és a 180 °C-on modifikált próbatestekhez képest. Míg a geszt próbatestek esetében a natúr minták átlagértékéhez képest 82 kg/m³-es csökkenés mutatkozott ($\rho_{200^{\circ}\text{C}, \text{ geszt}}=499 \text{ kg/m}^3$), addig a szijács próbatestek esetében nem várt módon a natúr mintákhoz viszonyítva 42 kg/m³-es sűrűség növekedés volt megállapítható ($\rho_{200^{\circ}\text{C}, \text{ szijács}}=553 \text{ kg/m}^3$). Ezen utóbbi mérési eredményekre például a szijács hőkezelés következtében fellépő magasabb zsugorodása szolgálhatna magyarázatul, de erre vonatkozó mérések hiányában a változások konkrét hátterének feltárására további vizsgálatok elvégzése szükséges.

4. Összefoglalás

A szakirodalmi hátteret is figyelembe véve feltételeztük, hogy a hőkezelés hatására mind a szijácsos, mind pedig a gesztes minták egyensúlyi fanedvesség értékei csökkenő tendenciát fognak mutatni a degradációs folyamatok előrehaladtával. A jelen publikációban közzétett mérési eredmények igazolták az előzetes feltételezéseinket. Ennek megfelelően a platán 180 °C-os hőkezelésé-

vel a szijács és geszt azonosnak vehető kezdeti, 9,1-9,7% körüli egyensúlyi fanedvessége 5,5-6,5% közötti értékre csökkenthető. Az egyensúlyi fanedvesség várható értéke a 200 °C-os kezelési menetrendet követően pedig már 4,2-4,7% közötti.

A normál klímán meghatározott sűrűségi értékek a várakozásainkkal ellentétben nem mutattak egységes tendenciát. Míg a 180 °C-on végrehajtott menetrendek a sűrűségi átlagértékek alakulására nem voltak szignifikáns hatással, addig 200 °C-os kezeléseknél már jelentős különbségek mutatkoztak. A 180 °C-os kezelések esetében tapasztalt, a kiinduló állapothoz képest statisztikai szempontból változatlan sűrűségi átlagértékek hátterében vélhetően a hőkezelés okozta egyidejű tömeg- és térfogatcsökkenés egymást kompenzáló hatása húzódik meg. A 200 °C-os kezelési menetrendek azonban meglepő eredményt szolgáltatottak a normál klímán meghatározott sűrűségi átlagértékek esetében. Míg a szijács sűrűségénél markáns növekedés, addig a gesztnél pedig jelentős csökkenés volt tapasztalható. A jelenség okainak feltárására további vizsgálatok szükségesek, mint pl. a hőkezelés okozta zsugorodás és tömegcsökkenés, továbbá a minták szövetszerkezeti sajátosságainak elemzése.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Szerzői nyilatkozatok

Buga-Kovács Luca – vizsgálatok, adatkezelés, elemzés, írás – eredeti piszkozat, szerkesztés.

Dr. Horváth Norbert – vizsgálati anyagok beszerzése, módszertan, írás – áttekintés és szerkesztés.

A tanulmányban szereplő fotók Buga-Kovács Luca felvételei.

Referenciák

Horváth, N., 2008. *A termikus kezelés hatása a faanyag tulajdonságaira, különös tekintettel a gombaállásra*. Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola. pp. 31-32., 36-37., 47-48.

Molnár, S., 2004. *Faanyagismeret*. Budapest. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. pp. 96; 175-177; 179-181; 184; 196; 261-262; 380-382; 454.

Molnár, S., Bariska, M., 2006. *Magyarország ipari fái*. Budapest. Szaktudás Kiadó Ház. pp. 155-157.

MSZ EN 350:2016 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A fa és a fa alapanyagú termékek biológiai anyagainak tartóssági vizsgálata és osztályozása.

MSZ 6786-2:1988 Faanyagvizsgálatok. Nedvességtartalom meghatározása.

MSZ 6786-3:1988 Faanyagvizsgálatok. Sűrűség meghatározása.

Wood protection and durability test of natural and heat-treated sycamore wood, Part 1: Certain physical properties and their changes in wood

Abstract

*When examining the wood of the natural and thermally modified maple-leaved plane (*Platanus × acerifolia*) at two temperatures, 180 and 200 °C, the subject of our investigation was the changes in properties that occur as a result of heat treatment. The plane tree, which is one of the largest trees in the world, is widely spread in the parks of Hungary and has significant aesthetic and material quality advantages. The aim of this research was to examine the wood physical properties (equilibrium moisture content, density at normal climate), color and resistance to decay fungi of the natural and thermally modified plane wood. The modification of the wood was carried out in the heat treatment chamber at temperatures of 180 °C and 200 °C. The wood properties examined during the research, the results of the equilibrium moisture content and density determination showed that, as a result of heat treatment, the moisture content values corresponding to the normal climate (20 °C, 65% relative humidity) decreased with increasing treatment temperature. During the density tests, no significant difference was found between the natural heartwood and sapwood samples and the specimens heat-treated at 180 °C, while after treatment at 200 °C, the density of the sapwood increased and that of the heartwood decreased.*

*Keywords: plane tree, *Platanus × acerifolia*, heat treatment, thermal modification, density, moisture content, Industry, innovation and infrastructure*