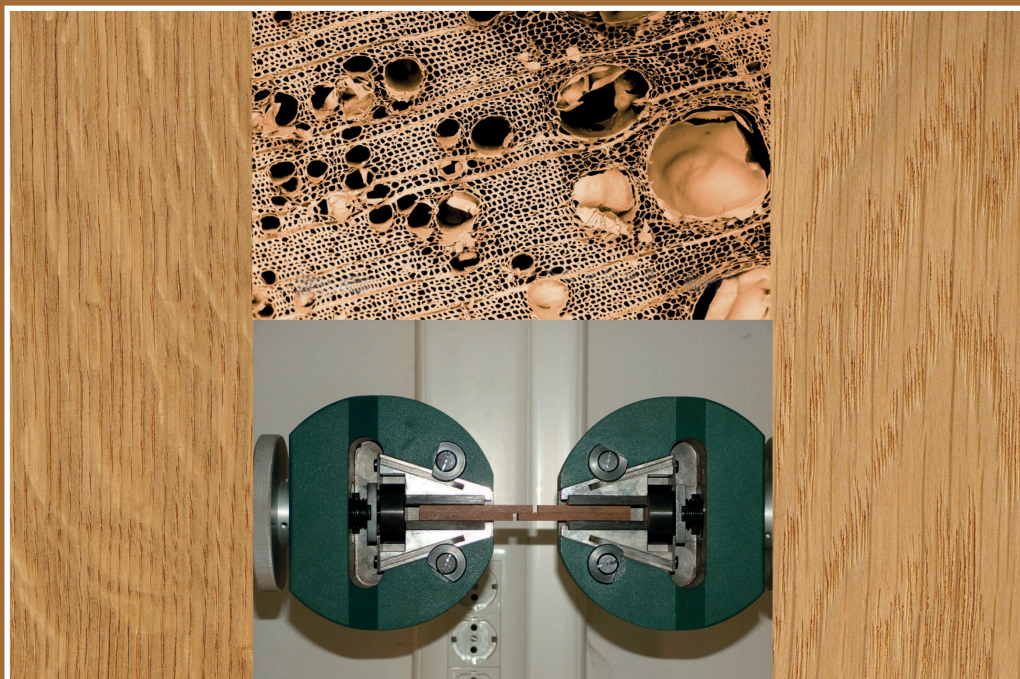


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötetete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötetete III.

A faanyagtudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

NÉMETH RÓBERT



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara anyagi támogatásával jött létre.

Az egyes fejezeteket lektorálta:
Németh Róbert

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábián Attila, a Soproni Egyetem rektora



Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép:
Báder Mátyás, Bak Miklós, Németh Róbert

ISBN 978-963-334-512-2 (nyomtatott)
ISBN 978-963-334-513-9 (pdf)
DOI szám: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-513-9>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/10

TARTALOM

<i>Beköszöntő</i>	6
<i>Előszó</i>	7
Faanatómia	8
Faanyagvizsgálatok	17
Roncsolásmentes faanyagvizsgálatok	29
Faanyagok szárítása és modifikálása	39
Faalapú kompozitok	54
A faanyag színe és színváltozásai	79
A fa mechanikai megmunkálása	90
A fa, mint építőanyag	132
Faanyag ökomérlege	151
Faenergetika	157
Faanyagok ragasztása és felületkezelése	168
Fejezetek a fakémia magyarországi történetéből	202
Faanyagvédelem	233
<i>A kötet szerzői</i>	251

FAANYAGVIZSGÁLATOK

Klasszikus (roncsolásos) anyagvizsgálatok

Komán Szabolcs, Fehér Sándor és Németh Róbert

Bevezetés

A faanyagok fizikai-mechanikai tulajdonságainak ismerete nagy jelentőségű a fa- és fa alapú anyagok gyártásához, feldolgozásához és megfelelő felhasználásához. A modern gyártási folyamatok és a számítógéppel támogatott gyártás fejlesztése és alkalmazása is átfogó ismereteket igényel a fa- és fa alapú anyagok fizikai-mechanikai tulajdonságairól. A fa természetes jellege miatt számos különleges tulajdonságát kell figyelembe venni más anyagokhoz, mint például az acélhoz vagy a betonhoz képest. Ilyen például faanyag rugalmassága, inhomogenitása, anizotrópiája és higroszkópikus viselkedése. Az összes tulajdonság a fa nedvességétől, hőmérsékletétől és a vizsgálatok (pl. terhelés) időtartamától is függ. A faanyagvizsgálatoknál napjainkban már szinte az összes klasszikus anyagtudományi kutatási módszert alkalmazzák (nanoindentáció, atomerőmikroszkópia, mechanikai tesztelés elektronmikroszkópban, spektroszkópia (pl. IR, NIR, FTIR, RAMAN)), beleértve a fizikai és mechanikai tulajdonságokkal való összefüggések feltárását (Mai et al. 2021).

A faanyagvizsgálatok fejlődése

Az első tudományos megközelítések a fa fizikai-mechanikai tulajdonságainak jellemzésére többek között Henri Louis Duhamel du Monceau (1700–1782) és Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707–1788) nevéhez köthetők. Ők már leírták a fa sűrűsége és szilárdsága közötti összefüggést (Köstler et al. 1960). Különösen említést érdemelnek Georg Ludwig Hartig (1764–1837) és Heinrich Cotta (1763–1844) munkái, amelyek a szilárdsági tulajdonságokra összpontosítottak. Mindezekre a munkákra építve Karl Karmarsch 1837-ben publikált egy áttekintést a fa tulajdonságairól és feldolgozásáról (technológiájáról) a „Handbuch der Mechanischen Technologie” című könyvében (Karmarsch 1851). A 18. század elejétől a faanyag szilárdságával kapcsolatos kutatások eredményei a még kiforratlan módszerek miatt ellentmondásosak és kevésbé kielégítőek voltak. 1848-ban Chevandier és Wertheim közzétett vizsgálata volt az első eset, amely viszonylag jó leírást adott a tesztelt anyagról és a vizsgálatról. A faanyagvizsgálat modern kutatásainak nagy része H. Nördlinger munkájára épül, aki kutatási eredményeit 1860-ban publikálta. Bauschinger közleményeiben (1883, 1887) erdei- és lucfenyő vizsgálatait mutatta be, abból a szempontból, hogy meghatározza az erdőviszonyoknak és a kivágás időpontjának a faanyag szilárdságára gyakorolt hatását. Megállapítja például, hogy azonos átmérőjű, azonos korú, azonos növekedési ütemű lucfenyő vagy erdeifenyő, azonos nedvességtartalom mellett, ugyanolyan

mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. Amerikában az 1890-es években már több faja-
jon, nagy darabszámmal végzett kísérletek zajlottak, amelyek célja elsősorban nem a végső
következtetések levonását, hanem a kutatási irányok kijelölését szolgálta. Itt már olyan szilárdsági jellemzők meghatározása történt, mint a nyomószilárdság, nyírószilárdság vagy a hajlítószilárdság. Az eredményeket pedig már 12%-os nedvességtartalomra vonatkoztatták. Vizsgálták, hogy a nagyobb keresztmetszetű mintákból kivágott próbatestek szilárdsága mennyire feleltethető meg az eredeti méretnek.

Az idő előre haladtával a faanyagtudomány számos eleme került kifejlesztésre, de
egységbe fogva azért nem alakult ki, mert a kutatás többé-kevésbé az erdőgazdálkodás-
ra vagy az erdőhasznosításra összpontosult. A faanyagtudomány témaköréről szóló első
összefoglalókat Franz Kollmann (1906–1987) mutatta be 1936-ban (Kollmann 1936),
majd Reinhard Trendelenburg (1907–1941) 1939-ben (Trendelenburg 1939), amely kap-
csán említést érdemel még Leopold Vorreiter (1904–1984) 1949-ben megjelent mun-
kája is (Vorreiter 1949). Az Amerikai Egyesült Államokban Luxford és Trayer írásában
a „Wood Handbook” először 1935-ben jelent meg. A fejlődéshez lényegében minden
földrész a maga módján hozzájárult.

Faanyagtudományi oktatás és kutatás

Hazánkban a soproni főiskola vezető tanáráként Krippel Móricz már kiépített egy
favizsgálati laboratóriumot (Csáky 2003). Miután a Főiskola átköltözött Sopronba,
1923-ban megalakult a Fatechnológia Tanszék, amelynek első vezetője szintén Krippel
Móricz professzor volt (1923–1938), aki egyúttal vezette az Erdőhasználati Tanszéket is.
Csekefalvi dr. Vitéz Török Béla végezte az első egzakt műszaki vizsgálatokat a fatech-
nológia terén. 1926-ban átvette a Fatechnológia oktatását, és látva e területen a jelentős
hazai elmaradást, külföldön képezte magát tovább. Először Berlin-Dahlemben, az Állami
Anyagvizsgáló Intézetben, majd a Stuttgarteri Műegyetemen dolgozott egy-egy évet.
A fatermesztés, a faanyagminőség és a fafeldolgozás összefüggéseinek együttes vizsgálatát
tartotta szem előtt. A „Magyar Alpok (Soproni és Kőszegi hegységek) és a Bükk hegység
lucfenyő állományainak erdőhasználati értéke” címmel írt doktori értekezésében vizsgál-
ja az alaki, a szöveti és a fizikai-mechanikai tulajdonságokat, valamint ezek összefüggé-
seit. A Német Anyagvizsgálók Szövetsége felé azzal a javaslattal élt, hogy a faanyagviz-
sgálatoknál a próbatestek kivételének helye ne abszolút értékben, hanem a törzs százalékos
arányában legyen meghatározva (Molnár 1988).

Bokor Rezső (1935–1938) erdész talajbiológus a soproni Bánya- és Erdőmérnöki Főis-
kola Erdőhasználati és Fatechnológiai Tanszékének tanszékvezető-helyettesként dol-
gozott, majd pedig a szervezeti egység rendes tanára, tanszékvezetője (1938–1944) lett.
Fatechnológiai munkásságának csúcspontján fűrészüzemek tervezésével, majd pedig faanyag-
védelemmel foglalkozott. Kutatásai révén bebizonyította, hogy a házigomba nem csak
az ún. beteg faanyagon telepedik meg, hanem az egészséges faanyagot is megtámadja
(Bokor 1954). Már akkor felismerte és terjesztette, hogy a „jövő nyersanyaga a faanyag”
(Bokor 1950).



Csekefalvi dr. Vitéz Török Béla szobrának koszorúzása. Molnár Sándor professzor előadása a faanyagtudomány történetéről a hallgatóknak (Fotó: Komán Szabolcs, 2011)

Hazánkban Pallay Nándor (1903–1983) tevékenysége emelkedett még ki ezen a tudományterületen. Többek között foglalkozott a különböző fafajok szilárdsági vizsgálatával, a zsugorodás-dagadás kérdéseivel, a fa mechanikai tulajdonságainak javításával, és a nedvességtartalom hatásával. Jelentős eredménye a nemzetközileg elterjedt Janka keménységmérés hibájának feltárása a sűrűség függvényében; ez alapján egy új mérési módszer bevezetését szorgalmazta. Az általa kifejlesztett keménységvizsgálati eljárás Krippel-Pallay módszerként lett ismert (Pallay 1937, 1938, 1939). Akadémia doktori értekezésre benyújtott (1955a) a „Magyarországi vörösfenyők műszaki tulajdonságai” című munkájában, hazánkban először végzett az egész országra kiterjedő kísérletsorozatot. Az Erdészeti Tudományos Intézet első 5 éves kutatási tervébe beépített vizsgálatok Sopronban, a Kohómérnöki Kar Anyagvizsgáló Intézetében kezdődtek és az Erdőmérnöki Főiskola Fatechnológiai Tanszékén folytatódtak (Pallay 1955b).

Kovács Illés a Fatechnológia tanszék vezetését 1959-ben vette át és vezette azt 1984-ig. Mint jó szakember 1979-ben megírta a Faanyagismerettan című könyvet, de az igazi szakterülete a fűrészipar volt (Kovács 1952, 1974). Hargitai László vezetésével a Fatechnológia Intézetben elsősorban a különböző termőhelyeken nőtt hazai lombos és fenyő anyagok fatermési adatainak és a faminőség kapcsolatának feltárását vizsgálták. Az 1986-ban létrehozott Faanyagtudományi Kutatócsoport pedig már szisztematikus kutatásokat végzett a hazai ültetvényes fafajok, elsősorban a fehér akác és a nyárok, fizikai-mechanikai tulajdonságainak és a termőhely, ill. kezelési módok kapcsolatrendszerének feltárására. Az akác faanyag gőzölésére vonatkozóan már az 1980-as években kiemelkedő eredmények születtek itt.

Az 1988-ban megalakult Faanyagismerettan Tanszéken Molnár Sándor vezetésével az 1990-es években jelentős fejlesztések történtek korszerű anyagvizsgáló berendezések beszerzésével, amelynek eredményeként 1998-tól a Faanyagtudományi Intézet nevet vette fel. A kezdetben fizika-mechanikai és anatómiai vizsgálatok jelentősen kibővültek. A faanyagvizsgálat terén új kutatási területek pl. a faanyagok modifikálása, biotikus és abiotikus károsítókkal szembeni ellenálló képesség vizsgálata, trópusi faanyagismeret, fa-víz

kapcsolatok jelentek meg. Hazánkban elsőként foglalkoztak a nyárfák faminőségének és az erdei vadkárok kapcsolatával, ill. nemzetközi szinten is elsőként jellemezték a nyárfák reakciófáját, ill. tárták fel annak ipari jelentőségét (Németh 2012).

A Faanyagtudományi intézetben jelentős akáckutatások is folytak. Egyik komplex, EU-támogatott nemzetközi projekt kutatási jelentésében számos új eredményt adtak közre (Németh et al. 2000). Molnár Sándor professzor szerkesztésében 2000-ben kiadásra került a Faipari Kézikönyv I. című mű, ami a faanyagok számos tulajdonságát leírja (Molnár et al. 2000). A Faipari Kézikönyv II. (2002) és III. (2003) kötetei technológiai és gépészeti kérdésekkel foglalkoznak, amely kiadványok megjelenítésében is pótolhatatlan tevékenysége volt Molnár Sándornak. Az álgesztes bükk faanyaggal kapcsolatban szintén komoly nemzetközi szintű munkát végzett az intézet. Az OMMF által is támogatott projekt eredményeit az ipar is hasznosította (Molnár et al. 2001). Későbbi EU CRAFT kutatás eredményeit pedig egy nemzetközi együttműködésben írt kézikönyvben tették közzé (Seeling et al. 2007). Előbbi mű az anyagtulajdonságoktól kezdve a szárítás, gőzölés, RR-tartók, termékfejlesztés (dizájn) témakörökben folyt kooperatív kutatómunkát összegzi. Az erdőgazdálkodási és faipari kutatások összekapcsolódásának egyik jó példája Molnár et al. (2002) munkája, mely fehérnyár hibridek faanyagminőségének javítási kérdéseivel foglalkozik. Az intézet cser fafajjal is kiemelten foglalkozott, ill. foglalkozik. Molnár et al. (2006) többek között a gőzölési kísérletek eredményeit is bemutatta.

Molnár Sándor professzor 2003-ban ismerte föl, hogy a jövő faanyaga a lombos fa, ezért még ebben az évben életre hívta a Lombosfa Konferenciát Sopronban, amely azóta már 10 alkalommal került megrendezésre. A konferencia szervezése Németh Róbert professzor általi továbbvitelével, világméretűvé nőtte ki magát, amely keretein belül kétfévente találkoznak a téma szaktekintélyei. Mára a Lombosfa Konferencia (Hardwood Conference) kiadványát a WoS adatbázis is jegyzi.



A X. Hardwood Conference résztvevői a Soproni Egyetem kampuszán (Fotó: Anon., 2022)

Az 1990-es évek közepétől több kutatás foglalkozott a faanyagok magas nyomású közegben történő gőzölésével Németh Róbert vezetésével, amelynek részét képezték többek között a folyadék- és gázáteresztő képességi, valamint szorpciós vizsgálatok. A fa-víz kapcsolatok kutatási területének fejlesztése jól megalapozta a szárítással kapcsolatos későbbi kutatási feladatok sikerességét. Emellett e területeken szerzett tapasztalat hozta magával a hordógyártáshoz használt alapanyagok vizsgálatát is. Németh (1998a) vizsgálta pl. a gőzölés hatását az akác faanyag párafeltevő képességére vonatkozóan, valamint foglalkozott a hengeres faanyagok vízvesztési kérdéseivel is (1998b). A hazai lombosok juvenilis faanyaga tulajdonságainak vizsgálatára egy OTKA kutatás is indult, amelynek eredményeit 2008-ban kerültek közlésre (Németh et al.) Szintén OTKA kutatás keretében képezték vizsgálat tárgyát a gyors növekedésű akác fajták anyagtulajdonságai (Németh 2008). A Faanyagtudományi Intézet kutatásai egyre erősödtek a faanyagok különböző módosítási eljárásainak terén, ideértve a szárítást, a gőzölést, a termikus és vegyi kezeléseket. Ez utóbbi területekkel részletesen e könyvben a Faanyagok szárítása és modifikálása c. fejezet foglalkozik.

Egy rövid ideig, 2010-2011 között Csupor Károlyt nevezték ki a Faanyagtudományi Intézet élére. Csupor docens úr főleg faanyagvédelem területén jeleskedett (Csupor 2003). Németh Róbert professzor 2011-től 2021-ig töltötte be a Faanyagtudományi Intézet igazgatói pozíciót. Szakmai tevékenységét a szárítás és azzal kapcsolatos kutatások, valamint a faanyag modifikációs eljárásai területén jegyzett publikációk fémjelzik.

Az intézeti kutatások sikeréhez jelentősen hozzájárult a technológia, a fizika és a kémia területével folytatott kooperáció. Tolvaj László és Takáts Péter professzorokkal való együttműködésében számos publikáció született, ill. több rangos nemzetközi tudományos szervezetben voltak közös tagságok (Tolvaj et al. 2005, 2006, 2008; Németh et al. 2004; Molnár et al. 2006). A Kémia és Fizika Intézetekkel folytatott kooperáció további eredménye a bükkfa gőzölésekor keletkező kondenzvíz elemzése, kezelése és hasznosítása (Németh et al. 2007).

Az intézet kutatási területe napjainkban is igen széleskörű. Az ültetvényes faanyagok vizsgálatával (Komán 2012; Komán et al. 2017; Komán 2018; Komán & Fehér 2020; Báder et al. 2022; Báder et al. 2023; Komán 2023) éppúgy foglalkoznak, mint az általános faanyagvizsgálatokkal (Lendvai et al. 2022; Sajdik et al. 2022; Ghavidel et al. 2020; Ghavidel et al. 2021a-b-c; Ghavidel et al. 2023; Lykidis et al. 2023) vagy a faanyag felhasználással (Horváth et al. 2023a; Horváth et al. 2023b). A faanyag modifikációjának témakörében a rostirányú tömörítés (Báder 2015; Báder & Németh 2018; Báder & Németh 2019; Báder et al. 2019; Báder et al. 2020; Báder & Németh 2023), a növényi olajokban való hőkezelés (Bak és Németh 2012; Németh et al. 2016), a viasz alapú telítő eljárások (Németh et al. 2015), az acetilezés (Fodor et al. 2022a-b; Fodor és Bak 2023), vagy nanorendszerekkel (Lykidis et al. 2016; Bak et al. 2018; Bak és Németh 2018; Bak et al. 2022; Bak et al. 2023) kapcsolatos kutatásokat is megtaláljuk.

Az erdőgazdaságokkal karöltve jelentős kutatásokat történtek az ún. „tövönzáradt” fák famínőségének feltárásával, ill. az ilyen faanyagok felhasználhatóságával kapcsolatban. Peszlen Ilona vezetésével OTKA kutatás keretében jelentős alapkutatási munka

történt a lombos faanyagok juvenilis, vagyis fiatal kori faanyagának vizsgálatával kapcsolatban, nemzetközi kooperáció keretében pedig közreműködésével jelent meg a világon elsőként a fatest háromdimenziós szerkezetét bemutató tudományos, szakmai könyv (Butterfield et al. 1997).

Komán Szabolcs, Molnár Sándor, Varga Ferencné, Szalai László (2007) szabadalmaztatott módszert dolgozott ki az ún. sarangolt ipari faválasztékok mennyiségének meghatározására, amely többek között az erdőgazdaságok és erőművek „atrosúly” szerinti faanyag átvételének segítségéül szolgál. A kamerákkal működő rendszer első lépésben a faanyag térfogatát határozza meg, majd a nedvességtartalom mérést követően kiszámításra kerül a szállítmány szárazanyagtartalma.



A Faimei bemutatása 2005-ben az Egyetemen (Fotó: Anon.)

A második világháború után megalakultak az államosított ipart támogató új ipari kutatóintézetek. 1949-ben alapították a Faanyagvizsgáló és Fagazdasági Intézetet, amelynek utódja **Faipari Kutató Intézet** néven 1951-től működött. Kutatóinak zömét először erdőmérnökök, faipari technikusok, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen végzett faipari szakos gépészmérnökök alkották. A soproni faipari mérnökképzés elindulásáig a faipari kutatási források címzettje kizárólag az Intézet volt. 1997-es megszűnéséig a munkák fokozatosan Sopronba, az egyetemre kerültek át (<http://selmeckincse.hu/>). Az Intézetben folyó kutatások a fa mint alapanyag vizsgálatától, a fanemesítési eljárásokon át, egészen a fahulladékokig, rendkívül széles skálán mozogtak.

Az 1952-ben alapított Faipari Minőségellenőrző Intézet (FAIMEI) intézet feladata elsősorban a könnyűiparhoz tartozó bútór- és faipari üzemek gyártástechnológiájának, a gyártmányok, továbbá a felhasználásra kerülő alap- és segédanyagok minőségének rendszeres ellenőrzése volt. Az 1980-as évekre az intézetnek nemzetközi mérce szerint is kiemelkedő műszerparkja lett. A faipari anyagvizsgálatok körébe tartoztak a faipar által előállított fa alapú nyersanyagok, valamint a faipar által felhasznált legjellemzőbb alapanyagok vizsgálatai. Az 1990-es évektől magán kft-ként működött, tevékenységét 2005-ben átvette a Nyugat-Magyarországi Egyetem (Tóth 2001). A faanyagvizsgálatok fokozatos Sopronba kerülésével a Faipari Mérnöki Karon folytatódtak tovább a kutatások a kar különböző intézeteiben.

2012-ben a Nyugat-magyarországi Egyetemen létrejött a Központi Vizsgálólaboratórium (KVL), amelynek részlegei az Anyagvizsgáló és Faanyagvédelmi Laboratórium, a Kompozit és Félkésztermék-vizsgáló Laboratórium, valamint a Termékvizsgáló Laboratórium. A Laboratórium szabványos vizsgálatokat végez többek között a faanyagok, fa tartószerkezetek, faalapú lemezek, faanyagvédelem, tűzvédelem, bútortestvizsgálatok területén. Tevékenységi köré közé tartozik még a vasúti faaljak vizsgálata, amelyek beépítése hazánkban csak az általa kiállított jegyzőkönyv meglétével lehetséges.

A faanyaggal kapcsolatos vizsgálatok továbbra is a kutatások fókuszában vannak, és a jövőben is fontos kutatási terület lesz. A Soproni Egyetemen és a budapesti Faipari Kutató Intézetben folytatott kutatások jól beágyazódtak a nemzetközi irányvonalakba. Lombos faanyagok kutatása területén kifejezetten iránymutató, meghatározó volt a magyar teljesítmény, és ma is nemzetközileg elismert eredményeket tesz le az asztalra a soproni műhely. A faanyaggal kapcsolatos kutatások jövőjét meghatározza az új faalapú termékek iránti igény, az új fafajták, esetleg fafajok feldolgozási láncba vonása, a klímaváltozás hatásai, hogy csak néhány hajtóerőt említsünk. A műszerpark fejlődésével már önmagában sok érdekes új kutatási eredmény lát majd napvilágot, pl. a sejtfal szubmikroszkópos/makromolekuláris felépítéséről. A fában, mint élőlényben fellelhető biológiai optimalizációs megoldások a szerkezetfejlesztő (mikro és makro)



*Talpfa minősítési jelének beütése –
a vizsgálatot Dr. Fehér Sándor végzi
(Fotó: Komán Szabolcs, 2021)*

mérnökök számára nyújtanak ma is, és a jövőben is értékes támpontokat (biomimikri). A különböző kutatások, fejlesztések nem nélkülözhetik a kémia, mint tudományterület egyre intenzívebb bevonását, a fejlődő kooperációt.

Irodalom

- Báder M. 2015: Practical issues of longitudinally compressed wood - Part 3: Mechanical properties and areas of application of compressed wood (Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése - 3. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei). *Faipar*, 63, 52–65.
- Báder M. & Németh R. 2018: The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Res*, 63, 383–398.
- Báder M. & Németh R. 2019: Moisture-dependent mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Eur. J. Wood Prod.*, 77, 1009–1019.
- Báder M., Németh R. & Konnerth J. 2019: Micromechanical properties of longitudinally compressed wood. *Eur J Wood Prod*, 77, 11, DOI: 10.1007/s00107-019-01392-0.
- Báder M., Németh, R., Sandak J. & Sandak A. 2020: FTIR analysis of chemical changes in wood induced by steaming and longitudinal compression. *Cellulose*, 27, 6811–6829.
- Báder M., Németh R., Vörös Á., Tóth Z. & Novotni A. 2020: The effect of agroforestry farming on wood quality and timber industry and its supportation by horizon. *Agroforest Syst*, 97(4): 587–603.
- Báder M. 2021: A természetes faanyag tulajdonságainak módosítása termo-hidromechanikus és vegyi eljárásokkal. Doktori (PhD) Értekezés, Soproni Egyetem.
- Báder M., Németh R., Benke A., Köbölkuti Z., Borovics A. & Takács D. 2022: Bending test results of plantation poplar clones. In 10th Hardwood Conference Proceedings; Németh R., Hansmann C., Rademacher P., Bak M. & Báder M. (eds.): *Hardwood Conference Proceedings*; University of Sopron Press: Sopron, Hungary, Vol. 10: 75–82.
- Báder M. & Németh R. 2023: A review of wood compression along the grain-after the 100th anniversary of pleating. *Forests*, 14, 763.
- Bak M. & Németh R. 2012: Changes in swelling properties and moisture uptake rate of Oil-Heat-Treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) wood. *Bioresources* 7(4): 5128–5137.
- Bak M., Molnár F. & Németh R. 2018: Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles. *Wood material science and engineering* 14(1): 48–58.
- Bak M. & Németh R. 2018: Effect of different nanoparticle treatments on the decay resistance of wood. *Bioresources* 13: 4 7886–7899.
- Bak M., Molnár F., Rákosa R., Németh Zs. & Németh R. 2022: Dimensional stabilization of wood by microporous silica aerogel using in-situ polymerization. *Wood science and technology* 56(5): 1353–1375.
- Bak M., Takács D., Rákosa R., Németh Zs.I. & Németh R. 2023: One-step process for the fabrication of hydrophobic and dimensional stable wood using functionalized silica nanoparticles. *Forests* 14(3): 651
- Bokor R. 1950: A fa, mint a jövő ipari nyersanyaga. *Erdészeti Lapok*.
- Bokor R. 1954: Adatok a házigomba fertőzésének kérdésének kérdéséhez. *Erdészeti Kísérletek*.
- Boronkai L. (ed). 2003: *Faipari kézikönyv III. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron. 365 o.*

- Butterfield B. G., Meylan B. A., & Peszlen I. 1997: A fatest háromdimenziós szerkezete. Faipari Tudományos Alapítvány, Budapest. 148 p.
- Carsten M., Uwe S., & Niemz P. 2022: A brief overview on the development of wood research. *Holzforschung*, vol. 76(2):102–119.
- Chevandier E. & Wertheim G. 1848: *Memoire Sur Les Proprietes Mecaniques Du Bois*. Kessinger Publishing.
- Csáky K. 2003: Híres selmecbányai tanárok. *Lilium Aurum*, Dunaszerdahely. ISBN 80-8062-166-7
- Csupor K. 2003: A faanyag károsodása és károsítói. In.: Németh L. *Faanyagok és faanyagvédelem az építőiparban*. 131–165.
- Fodor F., Bak M., Bidló A., Bolodár-V B. & Németh R. 2022a: Biological Durability of Acetylated Hornbeam Wood with Soil Contact in Hungary. *Forests* 13(7): 1003
- Fodor F., Bak M. & Németh R. 2022b: Photostability of Oil-Coated and Stain-Coated Acetylated Hornbeam Wood against Natural Weather and Artificial Aging. *Coatings* 12(6): 817
- Fodor F. & Bak M. 2023: Studying the wettability and bonding properties of acetylated hornbeam wood using pvac and pur adhesives. *Materials* 16(5): 2046
- Ghavidel A., Hofmann T., Bak M., Sandu I. & Vasilache V. 2020 Comparative archaeometric characterization of recent and historical oak (*Quercus* spp.) wood. *Wood science and technology* 54: 1121–1137.
- Ghavidel A., Bak M., Hofmann T., Vasilache V. & Sandu I. 2021a: Evaluation of some wood-water relations and chemometric characteristics of recent oak and archaeological oak wood (*Quercus robur*) with archaeometric value. *Journal of cultural heritage* 51 21–28.
- Ghavidel A., Bak M., Hofmann T., Hosseinpourpia R., Vasilache V. & Sandu I. 2021b: Comparison of chemical compositions in wood and bark of Persian silk tree (*Albizia julibrissin* Durazz.). *Wood material science and engineering* 1–12.
- Ghavidel A., Hosseinpourpia R., Gelbrich J., Bak M. & Sandu I. 2021c: Microstructural and chemical characteristics of archaeological white elm (*Ulmus laevis* P.) and poplar (*Populus* spp.). *Applied sciences-basel* 11(21) 10271
- Ghavidel A., Jorbandian A., Bak M., Gelbrich J., Morrell J. J., Sandu I. & Hosseinpourpia R. 2023: Degradation assessment of archaeological oak (*Quercus* spp.) buried under oxygen-limited condition. *Holzforschung* 77(3) 198–207.
- Horváth D., Fehér S. & Báder M. 2023: The potential of producing high added value structural timber from lamellae waste. *Classification and Visual Grading*. *Wood Res*, 68, 532–546.
- Horváth D., Fehér S. & Báder M. 2023: The potential of producing high added value structural timber from lamellae waste. test results and analysis. *Wood Res*, 68, 44–57.
- Karmarsch K. 1851: *Handbuch der mechanischen Technologie*. Hannover: Hellwingsche Hofbuchhandlung.
- Komán Sz., Molnár S., Varga F. & Szalai L. 2007: A sarangolt hengeres fa választékok (papírfa, rostfa, tűzifa) mennyiségének meghatározása fotoanalitikai módszerrel. *Szabadalmi Közlöny és Védjegyterjesztő* 2007/5.
- Komán Sz. 2012: Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló faanatómiai és fizikai jellemzők. Doktori (Ph.D.) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Komán Sz., Fehér S. & Vityi A. 2017: Physical and mechanical properties of paulownia tomentosa wood planted in Hungary. *Wood research* 62, 335–340.

- Komán Sz. 2018: Energy-related characteristics of poplars and black locust *Bioresources* 4323–4331.
- Koman Sz. & Feher S. 2020: Physical and mechanical properties of Paulownia clone in vitro 112. *European Journal Of Wood And Wood Products*.
- Komán Sz. 2023: Quality characteristics of the selected variant of paulownia tomentosa (robust4) wood cultivated in Hungary. *Maderas-ciencia y tecnologia* 25, 1–6.
- Kovács I. 1952: A keretfűrészek teljesítményének emelése és a minőségi kihozatal biztosítása a helyes előtolás szabályozásával. *Faipar*, 6. Budapest.
- Kovács I. 1974: A fűrészcsarnoki munka korszerű technológiája lombosfa-feldolgozás esetén. *Faipar*, 2. Budapest.
- Kovács I. 1979: *Faanyagismeret*. Budapest. 1979.
- Kollmann F. 1936: *Technologie des Holzes*. Berlin: Springer.
- Köstler J.N., Kollmann F. & Massov V. 1960: *Denkschrift zur Lage der Forstwirtschaft und Holzforschung*. Wiesbaden: Steiner.
- Lendvai Á., Németh R. & Báder M. 2022: Analysis of some anatomical features of field elm (*Ulmus Minor* Mill.). In 10th Hardwood Conference Proceedings; Németh R., Hansmann C., Rademacher P., Bak M. & Báder M. (eds); *Hardwood Conference Proceedings*; University of Sopron Press: Sopron, Hungary, Vol. 10: 130–133.
- Luxford R.F. & Trayer G.W. 1935: *Wood handbook, basic information on wood as a material of construction with data for its use in design and specifications*. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Lykidis C., Bak M., Mantanis G. & Németh R. 2016: Biological resistance of pine wood treated with nano-sized zinc oxide and zinc borate against brown-rot fungi. *European journal of wood and wood products* 74(6) 909–911.
- Lykidis C., Bak M. & Mantanis G. 2023 Biological resistance of Phoenician juniper wood. *Wood material science and engineering* 1–5.
- Molnár S. 1988: Török Béla élete és munkássága. *Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar*. ISSN 1417-8885, ISBN 963 7180 67 2
- Molnár S., Fehér S., Varga F. & Németh R. 2000: A faanyag műszaki tulajdonságai. In: Molnár, S (ed.) *Faipari Kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány*, Sopron. 59–88.
- Molnár S., Németh R., Feher S., Tolvaj L., Papp Gy., Varga F. & Apostol T. 2001: Technical and technological properties of hungarian beech wood consider the red heart. *Drevarsky Vyskum* 46, 21–29.
- Molnár S., Németh R., Paukó A., Göbölös P. 2002: A fehérryár hibridek faanyagminőségének javítási lehetőségei. *Faipar* 50, 24–26.
- Molnár S., Tolvaj L. & Németh R. 2006: Holzqualität und Homogenisierung der Farbe von Zerreiche (*Quercus cerris* L.) mittels Dämpfprozess. *Holztechnologie* 47, 20–23.
- Molnárné P. P (ed). 2002: *Faipari kézikönyv II. Faipari Tudományos Alapítvány*, Sopron. 461 o.
- Németh R. 1998a: Effect of steaming on the sorption isotherms of black locust wood. *Acta Facultatis Ligniensis*. 64–68.
- Németh R. 1998b: Hengeres faanyagok száradása. *Faipar* 46, 30–31.
- Németh R., Feher S., Peszlen I., Babiak M, & Cunderlik S. 2000: Static and dynamic strength properties. Final report on the project activities. Technology for high quality products from black locust. Inco-Copernicus Project No. PL 96-4144; contract No. ERB IC15-CT 960713. Inco-Copernicus, Brussels: 1–15. ,5. o.

- Németh R., Takáts P., Molnár S. & Tolvaj L. 2004: Poplar (*populus*) and robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations in Hungary. In: COST E44 Conference 65–79.
- Németh R., Tolvaj L., Molnár S., Rétfalvi T. & Albert L. 2007: Steaming of beech wood, Colour homogenization and the management of waste water. PRO LIGNO 3, 59–68.
- Németh R., Ábrahám J. & Komán Sz. 2008: Lombos fák juvenilis fájának tulajdonságai, Faipar LVI. évf 2008/1
- Németh R. 2008: Fokozott fahozamú nemesített akácfaanyag fizikai, mechanikai és anatómiai jellemzőinek vizsgálata a termőhely függvényében. OTKA F046443 1–16.
- Németh R. 2012: A Faanyagtudományi Intézet kutatásai a Faipari Mérnöki Kar alapítása óta FAIPAR IX. évf. 2012/3. szám.
- Németh R., Tsalagkas D. & Bak M. 2015: Effect of soil contact on the modulus of elasticity of beeswax-impregnated wood. Bioresources 10(1): 1574–1586.
- Németh R., Tolvaj L., Bak M. & Alpar T. 2016: Colour stability of oil-heat treated black locust and poplar wood during short-term UV radiation. Journal of photochemistry and photobiology a-chemistry 287–292.
- Nördlinger H. 1860: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart: Cottascher.
- Pallay N. 1937: A fakeménység vizsgálati módszerének kérdése. Anyagvizsgálók közlönye. 1937. szept.–okt. szám. 119138, 119–121.
- Pallay N. 1938: Über die Holzhärteprüfung. Holz als Roh-und Werkstoff. I. évf. január. 126–130.
- Pallay N. 1939: Ergänzende Angaben zum Holzhärte-Prüfverfahren. Holz als Roh-und Werkstoff, 2(2): 413–416
- Pallay N. 1955a: Magyarországi vörösfenyők műszaki tulajdonságai (Az 1955-ben készült kézirat változatlan kiadása). Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar. Lővér Print Nyomdaipari Kft., Sopron. ISBN:978-963-359-098-0
- Pallay N. 1955b: Fatechnológia – kézirat. Erdőmérnöki Főiskola, Erdőmérnöki Főiskola jegyzetei, Sopron. 91. o.
- Sajdik T., Fehér S. & Báder M. 2022: Analysis of some anatomical features of field elm (*Ulmus Minor* Mill.). In 10th Hardwood Conference Proceedings; Németh R., Hansmann C., Rademacher P., Bak M. & Báder, M. (eds); Hardwood Conference Proceedings; University of Sopron Press: Sopron, Hungary, Vol. 10.
- Seeling U., Ohnesorge D., Helzle C., Burgbacher C., Németh R., Tolvaj L., Teischinger A., Hansmann C., Mittelmalskogler H., Huber H., Oliver J.V., Abián M.A., Pons L. & Custodio R. 2007: Red Heartwood Handbook: Integrated concepts for processing European Beech (*Fagus sylvatica* L.) containing red heartwood. Valencia, Spain: Sorell Impresores, 48 o. ISBN: 8495077264.
- Tolvaj L., Molnár S., Németh R., Albert L., Rétfalvi T. & Varga D. 2005: Lombos faanyagok minőségjavítása hidrotérmius kezeléssel. In: Molnár, Sándor (eds.) Erdő-fa hasznosítás Magyarországon: A nemzeti erdővagyon minőségi fejlesztésének és bővítésének, valamint a felhasználás korszerűsítésének programja keretében végzett kutató munka eredményei Sopron, Hungary : Nyugat-Magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar: 261–270.
- Tóth S.L. 2001: A fafeldolgozás 1945 után. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest
- Tolvaj L., Molnár S., Takáts P. & Németh R. 2006: A bükk (*Fagus sylvatica* L.) faanyag fehér- és színes gesztje színének változása a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében. Faipar 54, 15–20.

Tolvaj L., Molnár S., Németh R. & Nagy I. 2008: A gőzölt akác faanyag színének időjárás-állósága. *Faipar* 56, 39–42.

Trendelenburg R. 1939: *Das Holz als Rohstoff*. München: Hanser.

Vorreiter L. 1949: *Holztechnologisches Handbuch*. Wien: Fromme.

URL 1. <http://selmeckincse.hu/> (megtekintve 2023.09.02.)

Traditional (destructive) material tests

Investigations related to wood are still the focus of research and will continue to be an important area of research in the future. The research carried out at the University of Sopron and the Wood Industry Research Institute (Budapest) is well embedded in international trends. In the field of hardwood research, the Hungarian performance was particularly pioneering and decisive, and the research groups in Sopron continue to present internationally recognized results. The future of wood-related research is determined by the demand for new wood-based products, the inclusion of new cultivars, possibly new wood species in the processing chain, the effects of climate change, to name just a few driving forces. With the development of the infrastructure, many interesting new research results will see the light of day, e.g. about the submicroscopic/macromolecular structure of the cell wall. The biological optimization solutions found in wood, as a living being, provide structural (micro and macro) engineers with valuable reference points (biomimicry) even today and in the future. The various researches and developments cannot do without the increasingly intensive involvement of chemistry as a field of science, the developing cooperation.