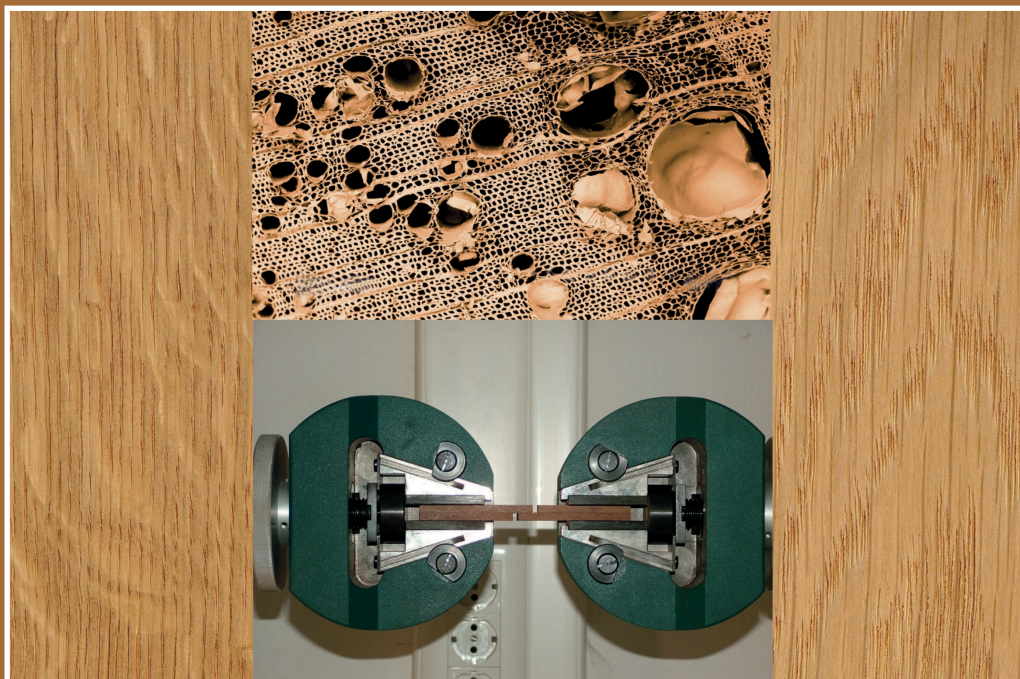


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete 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. Fábíán 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

FAANYAGOK RAGASZTÁSA ÉS FELÜLETKEZELÉSE

Csiha Csilla

A ragasztó és felületkezelő anyagok előállításának kezdetei

A faanyag ragasztásának és az első anyagfejlesztéseknek a kezdetei magyar vonatkozásban egészen a hunokig nyúlnak vissza. A többrétegű íjakat kazeinenyvvvel, rétegragasztással készítették. Bár ezek a természetes alapú ragasztók érzékenyek a nedvességre, de nincs kúszásuk, ezáltal az íjak megőrizték ragasztás utáni alakjukat és nem veszítettek lövőerejükből a sokszoros igénybevétel hatására sem. A fa felületkezelésének gyökerei a népi bútorkészítésig követhetők vissza. A Kárpát medencében a kevésbé hegyes vidékeken, 300 m-es tengerszint feletti magasságig megtermő közönséges dió (*Juglans regia*) zöld héjából barna főzetet készítettek, amely a napsugárzástól sem fakul ki, így alkalmas volt ajtó és ablakkeretek sötétbarnára pácolására. Innen ered a parasztporták jellegzetes színegyüttese: fehérre meszelt falak, sötétbarna ablak és ajtókeretek, sötétbarna bútorok. A felületek sérülésekkel szembeni védelme érdekében a fenyvesekkel övezett térségben fenyőgyanta és méhviasz felhasználásával úgynevezett gyintárt, gyantárt vagy egyes feljegyzések szerint gyontárt készítettek, amelyet melegen kellett felhordani a fa felületekre és lehűlés után lakkszerű védőréteget képezett. A reneszánsz idejére tehető a népi festett bútor kialakulása, ahol a különböző ásványokat porrá őrölve, kötőanyagként tehéntúróból és oltott mészből kevert kazeinenyvvvel vagy néha gyintárral „megkötve” egy „festéknek” nevezhető anyagot állítottak elő, amivel ládákat, bútorokat „virágoztak”, majd a díszítő festést védőréteggént szintén gyintárral vonták át.

Az ipari ragasztó és felületkezelő anyag fejlesztés és gyártás kezdetei

A korai, ipari jellegű ragasztó és felületkezelő anyag kutatás-fejlesztések az 1800-as évek végén jelentek meg a történelmi Magyarországon, jellemzően két módon: nagybefektetők Magyarországra településével, illetve kis családi vállalkozásban, általában valamely lelkes vállalkozó gyakran alkímistákat idéző kísérletezései nyomán. A ragasztó és felületkezelő anyag gyártás kezdeteire az volt a jellemző, hogy a kutatás, fejlesztés „in comitatu”, vagyis az anyagot gyártó cégen belül valósult meg. A Kereskedelmi és Iparkamara 1911-es, Lendvai Jenő titkár által közölt leírásából tudjuk, hogy „az iparfejlesztési program legszarkalatosabb tétele az új gyáraknak messzemenő kedvezményekben való részesítése” lett. A program folyományaként Pierre Lorilleux, aki egyébként, a Francia Királyi Nyomda nyomdászaként megalapította 1818-ban, a világ első festékörlő malomokkal felszerelt nyomdafesték gyárát és a világon legelsőként gyártott nyomdafestéket, 1907-ben létrehozta a Lorilleux-i gyárat Magyarországon is. Jóval később, 1930-ban a Clark és Hartog cégekkel szövetkezve hozták létre az L. C. H. Lakkgyár Rt.-t Albert-

falván, ahol elsősorban a más magyarországi gyárak licencei alapján gyártottak festékeket. Az első saját fejlesztésű, ipari festékörlő malmokkal felszerelt budafoki gyárban meghonosított nyomdafesték-gyártási technológia nagy hatással volt a magyarországi festékgyártás későbbi fejlődésére. Ebből a vállalkozásból nőtt ki a későbbi BUDACOLOR. Az iparosodás éveiben jellemző volt, hogy a faipar és a vonzaskörébe tartozó ipari üzemek nagy többségben Budapesten létesültek. Ennek legfőbb okára Dr. Tóth Sándor világít rá: „a fejlődő Budapest közvetlen közelében, a Duna parton, volt hely a Felső-Magyarországról tutajon érkező szálfák és fenyődeszkák kitérőjére. A Budapestről jövő szekerek itt kezdték vásárolni fenyőfaárut.”



Képeslap 1938-ból, mely magyarul kíván boldog új évet a Lorilleux and Co. nevében, amely a világon legelsőként gyártott iparilag nyomdafestéket. (Fotó: Csiba Csilla, 2023)

Ugyanakkor kis családi vállalkozások szerte létesültek Nagymagyarországon és akár egyetlen előállított termék forgalmazása során megtermelt haszon is elegendő volt ahhoz, hogy további fejlesztéseket hajtsanak végre, szélesítsék a termékkínálatukat, gyártó üzemé bővíljenek.

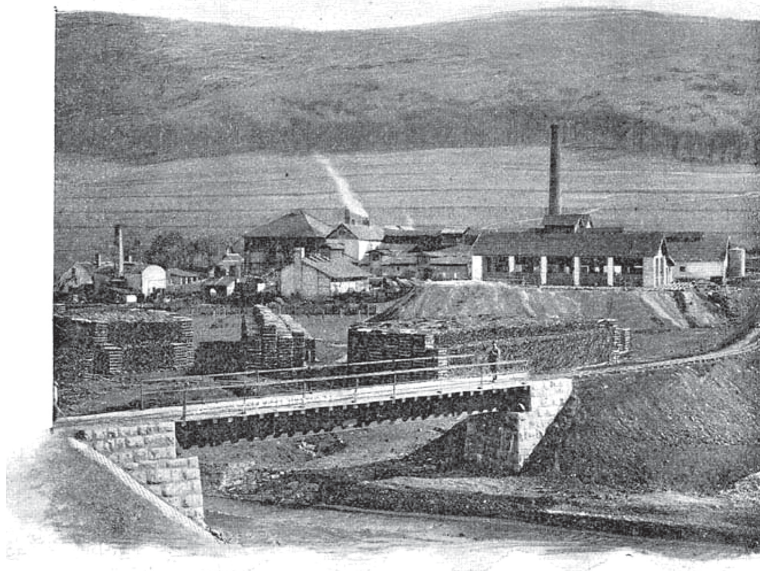
Simongáti Rózsa és Simongáti Győző nyomán a mai Magyarország területén egykor alapított főbb festékipari vállalkozások a következők: „az első ismert magyar lakkgyár az 1865-ben alapított Litschauer és Götz Gyár volt. 1867-ben alapították a Hessel-féle porfestékgyárat, amelyet 1887-ben jogutódként Kurzweil Sándor vett át. 1868-ban ala-

pította lakk- és kencegyárát Maklár Gyula. Müller Ede elsősorban tinták és hasonló termékek gyártását kezdte meg 1867-ben. Horváth Sándor festék- és lakkgyára 1871-től működött. A nagyobb gyárak közül a Kraye-gyárat 1880-ban festékkereskedésként alapította Kraye Emil, amelyet később Kraye Emil és Társa néven jegyeztetett be. A cég több telephelyen működött, míg 1913-ban megvásárolták a Dunasor 11. alatti telket. 1903-ban kezdett termelni a többféle porfestéket is gyártó Dr. Keleti és Murányi Vegyészeti Gyár Újpesten, a Váci úton. 1922-ben az Ellinger Béla–Wagner Vince Egyesült Lakkgyárak Rt. üzemét épített Soroksáron, 1938-ban Izsák József a céget a festékipari termékek mellett háztartásvegyipari cikkekkel is bővítette.



*Festékdörzsölőművek a Lorilleux Ch és Társa budafoki gyártelepéről 1926-ban
(forrás: A Grafikai Iparágak Fejlődését Szolgáló Magyar Grafika, Szerkeszti és kiadja: Bíró Miklós,
Hetedik évfolyam, 1926)*

Felvidéki példa Gróf id. Pálffy Józsefé, aki az 1880-as évek elején, a Felsődióson lévő birtokán fatelepet és mellette a fa száraz desztillálásán alapuló vegyészeti gyárat alapított és megkezdte kémiai anyagok kivonását faanyagokból. Termékei: ecetsavas mész, faszesz, acetone, fakátrány, olajok, fagyanta, carbolineum, faszén stb., főként lakk vagy festék gyártásra alkalmas alapanyagok. „Az ecetsavasmész a helyszínén jégezetté, vegyítiszta eczet-eszenciává, technikai eczetsavvá, a faszesz pedig denaturált faszeszszé és methylalkohollá dolgoztatott” fel. Új technológiák folyamatos bevezetésével a gyár termék kínálata folyamatosan bővült a festékek és lakkok gyártásához szükséges alapanyagokkal. 1929-ben a gyár megkezdte saját festékek és lakkok gyártását. Az 1930-as években a kis vegyi üzem áttért az alapanyag gyártásról a lakkok és festékek – elsősorban nitrocellulóz lakkok, alkoholos festékek és olajok gyártására. Később tovább bővült a kínálat az oldószeres és latex festékekkel.



Gróf Pálffy József Szomolányi vegyészeti gyára (Forrás: Borovszky, 1904)

A vízi energiára épülő Első Erdélyi Festékgár a Vargyas patak völgyében, Lövétén csak időszakosan működött (1903), de 1907-ban már 22 vagon festéket adott el. (Egyed Ákos: Székelyföld története I-III kötet, Magyar Tudományos Akadémia, Bölcsészettudományi Kutatóközpont (MTA BTK, Budapest) Erdélyi Múzeum-Egyesület (EME, Kolozsvár) Haáz Rezső Múzeum (HRM, Székelyudvarhely) Székelyudvarhely, 2016)

A temesvári Gyárvárosban, a Klapka sor (mára: Peneş Curcanul utca) 8. szám alatt alapították 1920. május 27-én 12 000 000 koronás alaptőkével a Temesvári Egyesült Olaj- és Szappanművek Részvénytársaságot, amely kezdetben kenőcsök, zsírok, olajok, gyertyák és szappanok sorozatgyártására szakosodott. Üzembe állítása első esztendejében, 1920-ban 504 003,96 lejes profitot termelt az iparvállalat, amelynek élére igazgatóként 1923-ban Farber Jenő került.

Trianon előtt 27 lakk és festékgár működött az egykori Nagymagyarország területén, amelyek száma egy átmeneti csökkenés után 1939-re elérte a 31-et (Simongáti Rózsa).

Enyvgyártó vállalkozások kisebb számban létesültek, tovább élt az a hagyomány, hogy a mester az enyv a maga számára elkészítette, megfőzte. Lichtl Károly pesti termény- és papírkereskedő 1830-ban a Csont utcában cukorfinomító üzemet hozott létre, majd 1832-ben 15 évnvi szabadalmat kért a cukorfinomításban a cukor fehéritésére akkoriban használt csontszén (spódiium), továbbá szalmiák gyártására. 1834-ben felépítette Pesten spódiium gyárát, amely az ország első ilyen jellegű gyára volt. Soroksári úti telepén jelentős mennyiségű hulladékcsontot dolgozott fel, s ez a gyár állított elő Magyarországon először műtrágyát. Amikor a cukorgyártásból a spódiiumot kiszorította a kénsav és a csontlisztet sem alkalmazták trágyaként, a vállalat áttért az enyv gyártására, és nevét 1868-ban Első Pesti Spódiium és Enyvgyár Rt.-re változtatta. (A Budapesti Vegyiművek

egyik jogelődje.) (Évfordulónaptár, Magyar Kémikusok Lapja, LXXIII. évfolyam, 2018. január) (https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapesti_gyarak_listája)

Az Újpesten megindult nagyarányú bőrfeldolgozás nyomán 1860. évben létesült az első Újpesti enyvgyár: a Leiner testvérek enyvgyára, mely az első nagyüzemű enyvgyár volt Magyarországon. A gyár bőrenyvet gyártott és jelentős mennyiséget exportált. 1864-ben létesült Újpest másik nagy enyvgyára, a Leiner Fülöp és Fiai enyvgyár, mely a bőrenyv mellett zselatint is gyártott. (https://archive.org/stream/nybc314070/nybc314070_djvu.txt)

1858-ban enyvgyárat alapítottak Szegeden, mely részvénytársasággá alakult Szegedi Enyvgyár Rt. néven és 1913. augusztus 18-án bejegyzésre kerül a gyáripari lajstromba. 1914. február 15-én a „Szegedi Műtrágya és Enyvgyár Rt.” nevet vette fel. 1923. november 14-én a vállalkozás Budapestre költözött. Szegeden fióktelepe maradt, amelyet 1943-ban töröltek a nyilvántartásból. (Történeti – topográfiai Adattár – Gazetteer Szeged)

A kezdeti faipari ragasztó és felületkezelő anyagok fejlesztése és gyártása első sorban a bútorgyártással fonódott össze. A bútorasztalosságot a XIX. század végén, Magyarországon is a specializált, széles körű munkamegosztásra támaszkodó kis családi üzemek jellemezték, melyek döntően Budapesten és az ország népesebb, nagyobb forgalmú városában, a fogyasztói piac és a közlekedési csomópontok közelébe települtek (Hamar, 1984). 1906-ban az asztalosműhelyek számát Magyarországon tizenkétezerre becsülték, ebből a Székelyföldön, a Marosvásárhelyi Kereskedelmi és Iparkamara kerületében, 1913-ban 4 bútorgyártó cég és 646 asztalos kisiparos működött (Tóth S. 1999).

A két világháború között

Azok a fafelületek, amelyekkel a felhasználó közvetlen kapcsolatba kerül, különféle bevonatokat kaphatnak, jellemzően vagy esztétikai megfontolásból, vagy a felület élettartamának növelése érdekében. Az első világháború utáni években a fa felületkezelő anyag gyártás terén nagy volument képviseltek a nitrocellulóz lakkok, amelyek bár viszonylag gyenge mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek (ún. kopásállóság, karcállóság, víz- és vegyszerállóság), de gyártásukra könnyen gyorsan át lehetett állni a nitrát alapú puszkapor gyártásra berendezkedett üzemekben.

Reichhold és Boecking német gyárosok, 1922. december 1-én Győri Lakkgyár Reichhold és Boecking néven lakkgyárat alapítottak. Kezdetben a tulajdonosok bécsi és pozsonyi gyáraikból ideszállított olajokat, olajfestékeket szereltek ki kisebb egységekbe, azonban 1924-ben megkezdtek az olajlakkok gyártását a közben megépített lakkfőző üzemben. 1928-ban megindult az olajfestékek és olajzománcok termelése is, 1934-ben megkezdődött a testvérgyárakból kapott recept és technológia alapján a jól bevált szintetikus zománc, a «Durlin» gyártása. Ennek bevezetése után rövidesen újabb jelentős termékcsoportot, a nitrolakkokat kezdték gyártani. Az 1940-es években a gyár hadiüzem volt, jelentős károsodás nem érte. Berendezései hiánytalanul megmaradtak, így a termelés zökkenőmentesen megindulhatott (<https://www.gyorlakk.hu/>).

Az 1930-as évek elején került forgalomba az első szintetikus ragasztóanyag a „Kaurit” melyet karbamidból és formaldehidből állítottak elő. A technika rohamos fejlődése olyan minőségi követelményeket támasztott, amelyeket sem növényi, sem állati eredetű nyelvekkel nem lehetett kielégíteni. A szintetikus ragasztó anyagok kedvezően magas kötési szilárdságot tudtak elérni és olyan ragasztott kötésekkel lehetett létrehozni, amelyek vízzel, gombásodással, penészesedéssel szemben ellenállónak bizonyultak. Ettől az időtől kezdve mind nagyobb teret hódítottak a mesterséges úton gyártott ragasztóanyagok. (Bakay, 1953)

Szegeden a fa magasabb szintű, enyvezett bútor- és repülőgéplemezzé történő feldolgozására létesült a Magyar Általános Hitelbank érdekkörébe tartozó üzemként a Szegedi Lemezgyár és Faipari Rt., amely a volt Spodium és Enyvygyár Rt.-től 1940-ben megvásárolt 10 ezer m²-es telken (a Rókusi Feketeföldek 140. sz. alatt) épült fel 1942-re; berendezéseinek és szállító eszközeinek értéke mintegy 473 ezer pengő volt, 300 dolgozója évi kb. 1100 m² készárut termelt. (https://www.sulinet.hu/oroksegtar/data/telepulesek_ertekei/szeged/szeged_tortenete/az_ipar.htm)

Az államosítástól napjainkig

1948-ban, az államosításkor, a több mint 30 kis lakk és festékgyártó céget öt nagyobb, egymástól független vállalatba olvasztották be: Magyar Lakkfestékipari Vállalat alakult a Krayer cégből Újpesten, Vegyi és Porfestékipari Vállalat alakult a dr. Keleti és Murányi, valamint 5–7 további kisebb cégből, Soroksári (Budapesti) Festékipari Vállalat alakult az Izsák József Rt.-ből, valamint további 8 kisebb cégből. Albertfalvai Lakkgyár (Tinta-és Festékgyár) alakult az LCH Lakkgyár és Müller Tintagyárból, Győri Lakk- és Festékgyár alakult a Reichold és Boeckingből.

1959-ben, egyetlen iparági nagyvállalatot hoztak létre Lakk- és Festékipari Vállalat (LFV) néven. Az LFV 1968-tól a Budalakk Festék és Műgyantagyár néven működött tovább. Az egyesítés előtt és azután is az volt a jellemző, hogy a termékinálat nem kifejezetten a faipari felhasználást célozta, azonban gyártott lakkot és festéket a fa és bútorigipari felületkezelés céljaira is. 1961-ben modern festékipari nagyberuházásként, megépült a Tiszai (vidéki) Vegyi Kombinát festékgyára. Kapacitása elvben 10 ezer t/év volt, melynek kihasználásához az LFV-nek 6000 t festék gyártásának átadásával kellett hozzájárulnia. A Tiszamenti Vegyiműveknél, 1968 júliusában porfestéküzem kezdte meg a termelést. Az új üzem a Budalakk porfesték- és szerves pigmentek gyártási profilját vette át. Az 1989-es társadalmi rendszerváltás után megindult privatizációs folyamat keretében 1996-ban a pigmentüzemet a Holland Colours/Appeldom számára értékesítették (Próder I. 2014)

Az 1980-as évek közepén, a Celldömölkön működő „Celli festék” Kft. fejlesztett elsőként hulladék növényi olaj felhasználásával selyemfényű festéket Cellcolor néven. A magyar Polifarbe szintén a 80-as évek végén elsőként fejlesztett és dobott piacra vizes lazúrt Titalux néven. A céget a 2020-as évek környékén megvette a lengyel SNIEZKA Zrt, amely folytatja a gyártást, de már főként Lengyelországban. Napjainkban a Festékbázis Zrt. maradt az egyik legnagyobb hazai tulajdonban lévő és magyar fejlesztőket, családó-

kat foglalkoztató festékgyártó vállalkozás, amely FACTOR néven kínál fára kültéri lazúr rendszereket és beltéri felületkezelő anyagokat. 2015 körül Turi László vegyész és csapata kifejlesztett egy olyan kültéri bevonatot, amely együtt nyúlik a fával (szakadási nyúlása 400%), úgy viselkedik, mint a fa bőre, a víztől megvédi a fát, de magas (TÜV, KERMI). páraáteresztő képességgel rendelkezik. A Magyar-Lakk szintén jelentős gyártó, első sorban fémfestékeket gyárt, amelyek fafelületek kezelésére is alkalmasak, továbbá lazúrokat, célzottan fára. A 100%-ban magyar tulajdonban lévő vállalkozás 1994-ben kezdte meg működését, jelenleg 3 telephelyén, közel 100 családnak biztosít megélhetést, fejlesztőik kiaknázzák az UV- és a nanotechnológia által nyújtott előnyöket is. Az 1000 tonnát is meghaladó termelésük nagy része külföldön kerül értékesítésre. A Szolvey Vegyipari Kft. 1991-ben családi vállalkozásban kezdte meg vizes diszperziós faipari ragasztók gyártását, melyeket osztrák, német és olasz alapanyagból gyárt, a bútoripar számára. Napjainkban MDI-t – a PUR tartószerkezeti ragasztók alapanyagát Magyarországon gyártja a Borsodchem, és jelentős mennyiségben exportálja.

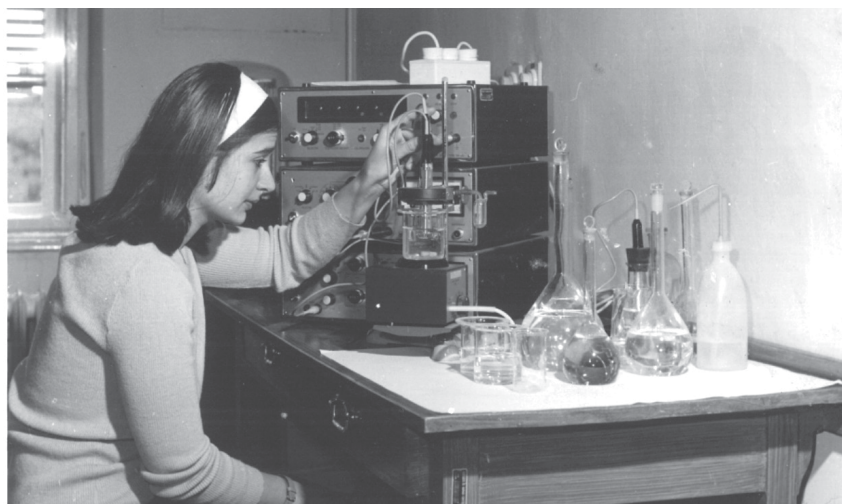
Az elcsatolt területen, Pálffy Gróf Szomolányi gyárában, az államosítás után „1950-ben elkezdődött az alkid gyanták gyártása. 1968-ban lett használatra átadva az új gyár Szomolányban, 40 000 tonna éves gyártási kapacitással ellátva. A 80-as években új gyantagyártó telepet építettek fel a legújabb technológiával felszerelve. Folyamatos kutatás-fejlesztés eredményeként alakult ki a jelenlegi termék kínálat, melyet részbe a faipar számára gyártott festékek, műgyanták, ragasztók, hígítók és segédanyagok alkotnak. A privatizáció első hullámában a CHEMOLAK 1992-ben részvénytársasággá alakult át.” (<https://chemolak.hu/rolunk>)

A Temesvári Egyesült Olaj- és Szappanművek Részvénytársaságot 1948-ban államosították. 1999-ben az 1925-ben Temesváron Jancsiként született Farber John visszaigényli a csödbe jutott Azúr gyárat és a New Yorkban 1952-ben kolozsvári vegyész-mérnöki diplomával megalapított ICC Corporation vegyészeti cége leányvállalataként felvirágoztatja. Története egyike a legsikeresebbeknek a lakk és festékgyártás területén: 2015-ben a „Forbes” John Farber valós idejű vagyonát 2,1 milliárd dollárra számolja. Az ICC tulajdonosa 90 évesen a 324. helyen állt a leggazdagabb amerikaiak Forbes 400-as listáján, 8. a „self made” kategóriában és egyike annak a 39 milliárdosnak a 400-ból, akik nem Amerikában születtek, de „beteljesítették az amerikai álmot”.

A fenol-formaldehid gyanta volt az első nagyiparilag alkalmazott szintetikus anyag, melyet elsőként a faiparban, furnérlemezek gyártásában, később a repülőgépgyártásban – műgumival kombinálva – fémek ragasztására is alkalmaztak. Az 1950-es években kezdte meg térhódítását az epoxigyanta, amely kiváló szilárdsági tulajdonságain túl könnyű alkalmazhatóságának és 100%-os szárazanyag tartalmának köszönhette sikerét (Farkas, 1997)

Miközben a különböző lakk-, festék- és enyvgyáraknál tovább folytatódtak a termék- és gyártásfejlesztést célzó kutatások, 1950-ben a Faanyagvizsgáló és Fagazdasági Intézetet Faipari Kutatóintézeté alakították és ezzel intézményesült a faipar különböző ágazatait támogató kutatás-fejlesztés. Az 1957–58. tanévben megkezdődött az önálló faipari mérnökképzés a Soproni Erdészeti és Faipari Egyetemen és az oktatással párhuzamosan megindult a kutatásfejlesztés is. Mind a Faipari Kutatóintézet munkatársai, mind az

egyetem oktatói-kutatói egyaránt végeztek alap és alkalmazott kutatást a faanyag ragasztása és felületkezelése terén, főként az újonnan létrehozott állami bútorgyárak számára. Az 1963-ban alakult Építésügyi Minőségvizsgáló Intézet szakvéleményezést, vizsgálatot és kutatást csak a ragasztás és felületkezelés egy kis szeletét érintő ajtó- és ablakgyártás terén folytatott. A fafelületek lakkozása, felületkezelése, borítása és ragasztással való egyesítése terén az újonnan létesített bútorgyárakban számos jelentős kutatási terület nyílt meg. Az anyagok nagyon munka és időigényesek voltak, a háború előtti időszakból még mindig elterjedten használatban volt a jelentős kézi munkát igénylő sellak politúr, amelynek fejlesztése illetve kiváltása volt az egyik fő kutatás-fejlesztési feladat, mivel jelentős gátat szabott a bútoripari sorozatgyártásnak. A kutatások és fejlesztések egyaránt kiterjedtek politúrozó gépek fejlesztésére, illetve az anyag kiváltására. Dr. Molnárné Posch Paula 1963-tól vezette azokat a gyakorlatközpontú – a bútoripar számára végzett kutatás-fejlesztéseket, amelyek a nitrocellulóz lakkok sorozatgyártásba illesztését célozták. Az anyagfejlesztések gyártói oldalon maradtak, első sorban technológia fejlesztések történtek. Dr. Molnárné Posch Paula alkalmazott kutatás keretében közreműködött a lakkszáritó alagutak technológiai paramétereinek kidolgozásában, a lakkszáritási folyamat kifejlesztésében, lehetővé téve a nitrocellulóz lakkok száradásának gyorsítását, illesztését a sorozatgyártáshoz. Másrészt a forgácsológyártás fellendülése igényelte a nagy mennyiségben gyártott, nagyfelületű lapok bútorgyártás céljára való alkalmassá tételét, a fafurnérral való borítás olcsóbb megoldásokkal való kiváltását, különböző bevonó anyagok fejlesztését. Németh és Posch (1978) arról számolnak be, hogy a törekvés két irányba fejlődött: egyrészt a papíralapú (papírvázás), másrészt a műanyagalapú borítóanyagok gyártása felé. A borítási technológia során számos megoldásra váró fizikai, kémiai és mechanikai probléma merült fel.



Hanczár Magdolna kísérleteket végez a PVC fóliák ragaszthatóságának vizsgálata című szakdolgozatához 1977-ben a Bútorgyártás Tanszéken. (Fotó: Szabadhegyi Győző, 1977)

Rámutattak, hogy a felületi minőséget a hordozó, a forgácslap felületi tulajdonságai, valamint a bevonóréteg rugalmas sajátságai határozzák meg, továbbá a ragasztóréteg és a ragasztásban is szerepet játszó átvivő, kompenzáló rétegek, az alkalmazott ragasztó reológiai tulajdonságai valamint a ragasztási technológia együtt mind jelentős hatással vannak a kialakuló felület minőségére. A borítás érdességének csökkentésére a megfelelő rugalmassági modulusú, vagy kellően vastag bevonó réteg alkalmazását tesztelték. A gyakorlatban az előző két tényezőt összefogó hajlítómerevség megfelelő megválasztásával lehet biztosítani az alacsony érdességet. Az ún. kompenzációs együttható értékében is az előző tényezők, elsősorban a bevonó réteg vastagságának hatása jut kifejezésre, kiegészítve a bevonó réteg lineáris alakváltozási együtthatójával, amit viszont a vízzel szembeni viselkedés határoz meg elsősorban. Kiemelték, hogy a gyakorlatban a rugalmassági modulus és a rétegvastagság megválasztására van módunk. Összegezve megállapították, hogy a melamin-gyantával impregnált bevonó rétegek rugalmassági modulusa a legnagyobb, 1000–1500 kp/mm² nagyságrendű, míg a telítetlen poliészter bázisú bevonó anyagoké a legkisebb, 400–800 kp/mm² határon belüli. A hajlítómerevség is ennek megfelelően alakul. Kompenzáló réteg vizsgálatakor megállapították, hogy az, a bevonó rétegtől vesz át funkciókat és javaslatot tettek olcsóbb, vékonyabb dekorit réteg előállítására, amennyiben olcsó, kompenzáló réteggel van alulról vastagítva. A ragasztóanyag szerepét vizsgálva arra jutottak, hogy miután a reológiai tulajdonságok hőmérséklet és többnyire nyírófeszültség függőek, a ragasztóanyag forgácslap érdességet kompenzáló hatása a ragasztás során alkalmazott nyomástól és hőmérséklettől jelentős mértékben függ. Saját vizsgálataikra támaszkodva kiemelték, hogy a kompenzáló hatás a hideg (20 °C) ragasztásnál a legnagyobb, a meleg, ill. forró ragasztás felé fokozatosan csökkenő értékű. A borítás érdességét befolyásoló tényezőként említik a ragasztózsugorodásából származó feszültséget is. Minél érdesebb a hordozóréteg a különböző vastagságú ragasztórétegek eltérő zsugorodása annál jobban fokozza a bevonat felületi érdességét. Míg a ragasztó térhálósodásának első szakaszában, a présben a nyomással a zsugorodásból eredő deformációk részben kompenzálva vannak, addig a még meglehetősen sokáig elhúzódó utókeményedési folyamatban erre nincs mód, így a további térhálósodásból eredő zsugorodás, a lap hűlése és a víz diffúziójából adódó feszültségek összegződve, számottevő deformációt okozhatnak. Annak ellenére, hogy kutatásaikat forgácslap borításával kapcsolatban folytatták, olyan eredményeket fogalmaztak meg, amelyek a faanyag ragasztás terén is jól hasznosulnak. Kiemelték, hogy ragasztáskor az átmeneti rétegben igen nagy feszültségek keletkeznek, ha a ragasztó és a ragasztott anyagok rugalmassági modulusa jelentősen eltér egymástól.

Az 1970-es évek elején a különféle fatermékek gyártásához és felhasználásához szükséges számos hazai fejlesztésű ragasztó rendelkezésre állt, azonban a kínálat nem volt kellően teljes körű, Dr. Asztalos Tivadar (1972) néhány ausztriai üzemben tett látogatása után tapasztalatait úgy foglalta össze, hogy a Magyarországi „felhasználó ipar számára a faforgács és farostlemezek felhasználhatóságát nagymértékben megkönnyítené, ha a műanyagipar megfelelő ragasztóanyagokat állítana elő.” Általánosan elterjedt szintetikus faipari ragasztóanyag volt az 1919-es évek óta gyártott és használatban lévő karbamid-formaldehid, amit egyaránt használtak bútorkötések ragasztására és a forgácslap gyártásban.

Ugyanakkor a sorozatgyártás elterjedésével, felmerült a magas hőmérsékleten történő felhasználás (pl. furnérozás) miatt a keletkező belső feszültségek mértékének és csökkentési lehetőségének igénye, mivel a keletkező belső feszültségek az adhézió ellen hatnak. A ragasztó fűgában kialakuló belső feszültségek okait vizsgálva, Szabó I. (1972) megállapította, hogy azok első sorban a megszilárduláskori folyékony-szilárd fázisváltással vannak kapcsolatban. Ha a szilárdulás kismértékű térfogatváltozás mellett megy végbe, akkor kismértékű lesz a keletkező belső feszültség is. Ugyanakkor a hőközléses ragasztások vizsgálata során rámutatott, hogy a keletkező belső feszültség nagysága függ a hőmérséklettől és a hőközlés idejétől is. Karbamid formaldehid szabad ragasztó filmekben végzett kísérletei során megállapította, hogy a hőmérséklet és a kötési idő növelésével emelkedik a kialakuló belső feszültség. A hőmérséklet növelésével a ragasztóanyag fokozottan zsugorodik, így a magas hőmérsékletű ragasztás nagyobb feszültségeket okoz a ragasztott kötésben, mint a normál hőmérsékletű ragasztás. A polivinil acetát (PVAc) ragasztók plasztifikáló tulajdonságát figyelembe véve, javaslatot tett a karbamid formaldehid ragasztók PVAc emulzióval 25%-ban való keverésére, 30%-os belső feszültség csökkenést érve el ily módon. A lágyított karbamid formaldehid ragasztó általános tulajdonságait tovább vizsgálva, annak rugalmassági modulusát elemezve megállapította, hogy a 25% PVAc diszperziós ragasztó adagolása a karbamid-formaldehid ragasztó szakítószilárdságát 10%-kal növeli; rugalmassági modulusát 40%-kal, belső feszültségét pedig 30%-kal csökkenti (Szabó I., 1973). Azt találta, hogy a rugalmassági modulus a kötési idő és a hőmérséklet növekedésével kezdetben növekszik, később pedig csökken, mivel a kötés a növekvő hőmérséklet hatására fokozatosan végbemegy, kialakul a térhálós szerkezet, ami a műgyanta keménységének növekedésével jár együtt, azonban a szükségesnél nagyobb hőközlés a kialakult kötések termikus bomlását idézi elő, ami a rugalmassági modulus csökkenésével jár.

De a fejlesztések szükségességét nem csak ragasztóanyagok területén, hanem a technológiák területén is érezni lehetett. A faipar számára jelentős kutatási terület volt a forgácsolások furnérozásának illesztése a sorozatgyártásba. Szabó Imre (1973) kutatásai olyan ragasztási technológia kialakítását célozták, amely magasabb fokú automatizálást illetve termelékenység növelést tett lehetővé. A kísérletek a Leningrádi Kirov Erdészeti Akadémián folytak, de Magyarországon is publikálásra kerültek az eredmények. A ragasztási szilárdságot meghatározó technológiai paraméterek hatását matematikai modellek segítségével vizsgálta, a ragasztási folyamat optimális paramétereinek meghatározása céljából. Összefüggést állított fel a préshőmérséklet, a présidő, a felhordott ragasztó mennyisége, a felületek nedvességtartalma, a nyílt idő, a présnyomás, a zárt idő és a karbamid-formaldehid ragasztóhoz lágyítónak hozzáadott PVAc ragasztó mennyisége és a ragasztási szilárdság között.

A 80-es évek elején főként Dr. Molnár Sándor professzor faanyag tudományi kutató és ismeretterjesztő munkájának hatására, aki célul tűzte ki az Európa szerte Magyarországon legkiterjedtebben előforduló akácerdők kihasználásának racionalizálását, megkezdődtek az akácfa szélesebb körű faipari és bútortipari felhasználását célzó kutatások. A cél a kiváló tűzifaként általánosan ismert és keresett akác faanyag fűrészipai célra való

nagyobb arányú hasznosításának kidolgozása. Kérdés volt a nagy keménységű és szilárdságú akácfa megmunkálhatósága, felületkezelhetősége kül, és beltéri felhasználásra, illetve ragaszthatósága szerkezeti és nem szerkezeti célokra.



Varga Ferenc, Szabó Imre, Magas László és Marosvölgyi Béla beszélgetnek a Soproni Erdészeti és Faipari Egyetem botanikus kertjében a D épület mellett. (Fotó: Szabadhegyi Győző)

Szabó Imre (1981) gőzölt és gőzöletlen akác ragaszthatóságát vizsgálta, nem szerkezeti ragasztóval, a ragasztási szilárdság mérése folytán, különböző ragasztástechnológiai paraméterek mellett. Fűrészelt, gyalult és csiszolt felületű minták vastagító toldásának nyírőszilárdsági vizsgálata során a felhordandó ragasztómenyiség és a fajlagos présnyomás kedvező értékeinek megállapítását célozva, rögzítette, hogy gőzölt és gőzöletlen akác ragasztása során törekedni kell a minél finomabb felület előkészítésre, a faiparban általánosan alkalmazottnál magasabb présnyomást célszerű alkalmazni, valamint a maximális ragasztási szilárdság eléréséhez viszonylag vékony,- a megszokottnál vékonyabb ragasztóréteg kialakítását javasolta. Gőzölt és gőzöletlen akác ablakgyártásban való felhasználásának lehetőségét is vizsgálta. Nem szerkezeti ragasztóval kialakított ékcspas hosszoldás hajlítószilárdságát mérve arra a következtetésre jutott, hogy a présnyomásnak és az ékcspas fogmagasságának nagy szerepe van, kis fogmagasság esetén nagyobb nyomást kell alkalmazni, míg nagy fogmagasságnál (20–30 mm hosszú) kisebb nyomást is elég alkalmazni ugyanazon hajlítószilárdság eléréséhez, gőzölt és gőzöletlen akác ékcspas hosszoldása során. Vizsgálta továbbá a akác más fafajokkal: fenyővel és nyárral való vastagító toldásának hatását a rétegelt szerkezet rugalmassági modulusa vonatkozásában. A tömör fenyő rugalmassági modulusát tekintve kontrol mintának megállapította, hogy a tömör fenyő hármás rétegelése 16%-os rugalmassági modulus növekedést eredményez, a fenyő nyár középréteggel történő hármás rétegelése csak 10%-os rugalmassági modulus növekedést

eredményez, az akác nyár középréteggel történő rétegezése 78%-os, míg az akác fenyő középréteggel történő rétegezése 80%-os rugalmassági modulus növekedést eredményez. A megállapításnak különös aktualitást ad az, hogy napjainkban a fenntarthatóság jegyében tervezett passzív házak vastagabb, több rétegű üvegezéssel gyártott ablakszárnyak beépítését teszik szükségessé, de a tisztán fenyőből gyártott ablakkeretek keresztmetszetét jelentősen meg kell növelni ahhoz, hogy vastagabb ablaküveg táblák súlyát viselni tudják. A közölt eredmények máig kihasználatlan jelentősége abban áll, hogy ha egy ablakkeret keresztmetszetét a hajlító rugalmassági modulus alapján méretezzük, akkor annak 80%-os emelkedése, mintegy 20–25%-os keresztmetszet csökkentést tesz lehetővé.



Lele Dezső, Molnárné Posch Paula, Molnár Sándor Felsőörrön, 1990-ben, kísérleti membránprévásárlásáról folytatott megbeszélés közben a forgalmazóval (Fotó: Szabadhegyi Győző)

Posch (1993) az akácfa felületkezelhetőségét vizsgálva, arra a következtetésre jutott, hogy a rendelkezésre álló pácok, lakkok és lazúrok alkalmasak a bútorigipari minőségben előkészített akác felületek felületkezelésére. Akkoriban gondot jelentett az akác felületek inhomogén, viszonylag „tarka” színe. A vizsgálatok főként abba az irányba folytak, hogy a különféle vizes és szerves oldószeres pácokkal elérhető-e olyan mértékű színhomogenizálás, amely az akkori piaci igényeknek megfelelt. Sikerült olyan javaslatot kidolgozni, amely megfelelő alapozás és adott pác felhasználása esetén a szín béli tarkaságot mérsékelni tudta.

A bútorigiparban és az ablakgyártásban elterjedten használt vizes diszperziós ragasztók vizsgálata során Szabó (1994) felhívta a figyelmet arra, hogy a ragasztott kötés szilárdsága és tartóssága nem csak a ragasztási feladatra megfelelően megválasztott ragasztótól függ, hanem a ragasztástechnológia és a ragasztási paraméterek, pl. a nyílt időn belüli ragasztás betartásától is, mert például a nyílt idő 15 perces túllépése 40%-os szilárdság csökkenést idézhet elő. Kísérletei során a fa nedvességtartalmának a ragasztási szilárdságra gyakorolt hatását vizsgálva megállapította, hogy a 11% és 33% közötti nedvességtartalmi értékeken ragasztott famintatest sorozat esetében, a ragasztási szilárdság egyre csökken, élőned-

ves ragasztásnál vizes diszperziós PVAC ragasztóval akár 38%-os ragasztási szilárdság csökkenés mutatható ki. A környezeti hőmérséklet hatását vizsgálva megállapította, hogy 5 °C-ról 20 °C-ra emelve a környezeti hőmérsékletet, 32%-os ragasztási szilárdság emelkedés mérhető.

A rendszerváltás előtt, az oktatók, kutatók külföldi együttműködése főként a volt szocialista tömb országain belül valósult meg. A korábban kiépített kapcsolatok a rendszerváltás után is fennmaradtak. Eva Liptakova (Szlovákia), Jozef Kudela (Szlovákia) és Molnárné Posch Paula (Magyarország) különböző megmunkálási móddal előállított bükkfa felületek érdességét és hullámosságát vizsgálták, a felületkezelés és ragasztás céljára való alkalmasság megítélése érdekében. Az 1995-ben publikált kutatási eredményekben kimutatták, hogy a fa felületi geometriáját elsősorban az anatómiai szerkezet heterogenitása és anizotrópiája határozza meg, de a mechanikai felületmegmunkálás módja is jelentős hatással van rá. Egyazon fafaj esetében, a csiszolt, mikrotommal metszett és hidrosztatikus maróval megmunkált felületeken eltérő felületi érdesség és hullámosság értékeket mértek. Kiemelték, hogy az érdesség és hullámosság mért adatai a hidrosztatikus szerszám esetében voltak a legkedvezőbbek, hozzájárulva ily módon a drágább, de jobb minőséget előállító hidrofejes gyalugépek terjedéséhez a faiparban.

A faipari cégekre is ösztönzőleg hatott a 2003. évi XC. törvény a Kutatási és Technológiai Innovációs Alapról, amely lehetővé tette az ország versenyképességének és fenntartható fejlődésének az új ismeretekre és azok alkalmazásán alapuló erősítését, ezen belül különösen a kutatás-fejlesztés és a létrehozott új tudás alkalmazásának megfelelő mértékű és kiszámítható finanszírozását. A hazai akác faanyag jobb kültéri és beltéri hasznosítására kiírt pályázat keretében Posch és Csiha (2004) javaslatot tettek kültéri bútortsalád előállítására tömör akácból, technológiai, szerkezeti- és formatervezési kérdések megoldására fókuszálva, különös figyelemmel a színhomogenizálásra és a környezetbarát felületkezelésre. Számos kutatás készült ezekben az években a különböző ipari partnerek számára. Egyre szélesebb körben terjedtek a vizes alapú felületkezelő anyagok, de súlyos problémaként jelentkezett egyes formulák gyenge izzadmányállósága, ami a lakkrétegen átütő, vizes hatású, foltosodás formájában jelentkezett a lakkréteg alatt, a faanyagon. Csiha Cs. vizsgálatokat végzett a Henelit lakk és festékgyártó számára, a probléma megszüntetése érdekében. A Sweedwood Ikea Industry számára a sorozatban gyártott konyhai fiók és ajtóelemek pácolása és lakkozása során nagy számban előálló színhiba okainak feltárása széles körű tudományos kutatást tett szükségessé. Csiha Cs. feltárta, hogy a gyakori színhiba oka a pácnak a faanyaghoz viszonyított igen magas felületi feszültségében keresendő, amely emiatt főként a pórusok környezetében nem tudott a faanyagba beszívódni, így a pácolatlan részek gombostűnyi „szürke pórusokként” jelentek meg a fafelületen. A pácot különböző kombinációban illékony szerves oldószerekkel, illetve ammónium hidroxiddal adalékolva, valamint a fafelületet ammónium hidroxiddal előzetesen áttörölve, sikerült megoldani a pácok megfelelő beszívódását és felszámolni ily módon a szürke pórus jelenséget. Rövidesen újabb ipari probléma merült fel: a korábbi sorozatok legyártásához használt bükk faanyag beszerzési forrása megváltozott, az új termőhelyi területről szállított alapanyag szín béli inhomogenitása megnőtt.

Az automata színmérő berendezés, a színegyezés illetve színhomogenitás gyártásközi folyamatos ellenőrzése során aránytalanul sok, 32% körüli alkatrészt azonosított és jelölt meg selejtként, a szintartományon kívül eső sötét színe miatt. Csiha Cs. kidolgozott egy olyan technológiát, amely a felületek hidrogén peroxiddal történő előkezelésével, az oxidációs folyamatban felszabaduló oxigén kovalens kötések bontó hatása révén, sikeresen halványította és ily módon homogenizálta a sötét színt. A jó eredmény ellenére, a technológia csak kísérleti jelleggel került bevezetésre és rövid élettartamúnak bizonyult, főként a közismerten környezettudatos svéd cég azon megfontolása alapján, amely a házi fertőtlenítésben, gyógyászatban és fogorvoslásban széleskörűen alkalmazott szert oxidatív tulajdonsága miatt munkavédelmi szempontból aggályosnak találta. Ugyanebben az évben a Szinkron Kft-nél MDF lécek gyártására beállított kasírozó berendezésen elakadt a sorozatgyártás a papírvázás fóliák gyenge tapadása miatt. A Csiha Cs. által végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a fennakadás elhárítása érdekében módosításra szorul a ragasztóanyag formulázás és a technológia is. A megoldás érdekében szükségessé vált a ragasztó anyag töltő anyaggal való adalékolása a viszkozitás növelése érdekében, hogy a porózus MDF lécek felülete ne szívja el a ragasztót a fugából, másrészt meg kellett változtatni a ragasztófelhordási eljárást, lecserélve a ragasztófelhordó egységet.

A 90-es évek elejétől a bútorgyártásban bevezetésre került az ISO 9000-es minőségbiztosítással, minőségirányítással foglalkozó szabványcsoport, melynek következtében nagyobb figyelem irányult a megmunkált fafelületek minőségére, illetve minősítésének lehetőségére. Mind a ragasztás, mind a felületkezelés során kialakuló adhézió minőségének egyik fő befolyásoló paramétere a fafelületek érdessége. Szisztematikus vizsgálatok kezdődtek a megmunkálási érdesség gyors és pontos mérése, a megmunkálási minőség sorozatgyártásba illeszthető megítélése érdekében. A megmunkálási minőség meghatározása céljából végzett érdességmérések során számos kedvezőtlen körülményre derült fény: az érdességmérő berendezéseket fémfelületek mérésére fejlesztették ki, egyesek (pl. a lézeres érdességmérők) korlátozottan, vagy nem is alkalmasak a fafelületek mérésére. Nem készültek és nem álltak rendelkezésre a fafelületek érdességmérését támogató szabványok, amelyek a faanyag anizotrop, inhomogén, esetenként gyűrűs likacsú jellegét figyelembe véve megfelelő mérési és kiértékelési módszert rögzítettek volna. Gondot jelentett, hogy míg a szórt likacsú, viszonylag homogén szöveti szerkezetű fafajok (pl. bükk) mért érdessége jól korrelál a kézzel tapintható, szemmel látható érdességgel, addig a nagypórusú/nagyedényes fafajokon, még nagyon finom megmunkálás mellett is az érdesség mért értékei rossz minőségű, durva megmunkálásra utalnak. Ennek legfőbb oka, hogy akár tapintócsúcsos, akár lézersugaras érdességmérést végzünk, a nagy, nyitott pórusok mélységét a műszer hozzáméri az alapszövet érdességéhez és a pórusok mélységétől és darabszámától függően oly mértékben torzítja az érdesség értékét, hogy finoman megmunkált fafelület is akár keretfűrészsel előállított felülettel egyenértékű érdességet mutat. A megmunkálási érdesség megítélése érdekében szükségessé vált a nagyedényes fafajok esetében egy olyan érdességmérési módszer kidolgozása, amely lehetővé teszi a nagypórusú fafajokon a megmunkálásból eredő érdesség mérését, a megmunkálásból eredő érdesség és az anatómiai érdesség szétválasztása folytán. Csiha Cs. (2000) az érdességi adatok vizsgálata

során megfigyelte, hogy azok normális eloszlást mutatnak, úgy, hogy míg homogén fafajok esetében egy módusú, addig nagyedényes fafajok esetében az eloszlás bimodális. A bimodális eloszlás elemzése elvezetett ahhoz a felismeréshez, hogy a második módus adatai a nagy nyitott edényekhez tartozó érdességi adatok. A felismerés megteremtette egy olyan számítógépes program megírásának lehetőségét, amely azon az elven szűri az érdességi adatokat, hogy az első módus adatai az alapszöveti érdességhez tartoznak, míg a második, kisebb módus adatai a nagy nyitott edények érdességi adatai. A nagy nyitott edények adatai így módon könnyen, gyorsan azonosíthatóvá váltak az eloszlásgörbén, a számítógépes program megírása után (Alpár Tibor), ezen adatok kiszűrése az érdességi profilból egyetlen kattintással megoldhatóvá vált. A változatos mélységű és darabszámú edényekhez tartozó érdességi adatok kiszűrése és eltávolítása az adathalmazból lehetővé tette az alapszöveti érdesség, illetve az alapszöveten mutatkozó megmunkálási érdesség gyors, automatizálható meghatározását.

Az épületasztalos iparban és a bútóiparban egyaránt általánosan elterjedté vált a kívánt tömörfa keresztmetszetek ragasztással való előállítására kisebb méretű faválasztékból. Ugyanakkor a gyártás számos ragasztási területen megelőzte azokat a részletekbe menő kutatásokat, amelyek pl. a ragasztott kötés élettartamának becsüléséhez elengedhetetlenek. A tartósság egyik fő feltétele, hogy ragasztás során megfelelő adhézió jöjjön létre a kötőanyag és a fa határfelület között. Miközben a jó minőségű ragasztókötés kialakulásának számos befolyásoló tényezője, mint például a gyanta típusa, az alkalmazott mennyiség, nyitott idő, nyomás, préselési idő és körülmények (ragasztási hőmérséklet, fazékidő, stb.), széles körben vizsgált, nemzetközi vonatkozásban is kevésbé feldolgozott téma a különböző megmunkálási eljárások során kialakuló felületi érdesség hatása a kötőanyag tapadására. Ennek egyik fő oka, hogy az érdességmérő műszereket fém felületek vizsgálatára fejlesztették ki és az elérhető szabványok sem támogatják a faanyag specifikus mérési és kiértékelési igényét. Csiha és Gurau (2011) 60-tól 600-as szemcsefinomságig terjedő csiszolóvászakkal megmunkált bükk (*Fagus sylvatica*) felületeken vizsgálták a fafelület érdessége és az elérhető tapadási értékek közötti összefüggést. A megmunkálási érdességet tapintócsúcsos érdességmérő berendezéssel mérték és a korábbi saját tapasztalatokra támaszkodva, de külföldi ajánlásokat is figyelembe véve az R_z érdességi paramétert használták az eredmények kiértékeléséhez. Annak érdekében, hogy a trend megállapítható legyen, célszerűen a tartószerkezeti ragasztóknál gyengébb vizes diszperziós PVAC ragasztó adhézióját mérték. A kísérletek során azt találták, hogy a korábbi várakozásokkal ellentétben, csiszolt felületű mintákon nem definiálható sem egyértelmű növekvő, sem csökkenő trend, hanem három tartomány különül el. A durva, úgynevezett tisztító csiszolások tartományába eső szemcsefinomságok (60; 80; 100) mellett enyhe tapadás növekedés volt megfigyelhető. Abban az érdesség tartományban, amely a gyakorlatban általánosan alkalmazott csiszolások (120; 150; 180; 220; 240-es szemcsefinomság) érdessége, a tapadás közel azonos volt, vagyis mindegy, hogy mennyire finom szemcsével csiszolnak, az nincs hatással a tapadásra, de váratlan eredmény, hogy a tapadás alacsonyabb volt, mint a legdurvább csiszolóvászonnal csiszolt felületek esetén. Meglepő és máshol nem publikált eredmény volt, hogy a 400-as finomságú vászonnal

való csiszolás, ami már-már polírozásnak felel meg, jelentős tapadás csökkenést eredményezett. Összességében a kutatás megdöntötte azt a gyakorlatban is előforduló vélekedést, hogy a nagyon jó minőségben előcsiszolt felületeken alakul ki a legjobb tapadás, továbbá rámutatott arra, hogy a gyakorlatban alkalmazott csiszolások a tapadás hátrányára szolgálnak, legkedvezőbb tapadás a tisztítócsiszolásnak számító, viszonylag durva, 100-as szemcsefinomsággal csiszolt felületeken állt elő.

A magas, egyenes növekedésű, nagy átmérőjű rönkválaszték megcsappanásával egyre nagyobb igény mutatkozott a szükséges tömörfa alapanyag ragasztással való előállítására, teherviselő szerkezetek céljára is, mint például a réteg ragasztott fa tartók. A korábban félszerkezeti ragasztóként ismert PUR ragasztók a ragasztóanyag fejlesztéseknek köszönhetően tartószerkezeti ragasztóként is elérhetővé váltak és általánosan alkalmazták őket a fenyőfélék szerkezeti ragasztására. Ugyanakkor a hazai fenyőfélék megbetegedése előre vetítette azt, hogy várhatóan olyan fafajokkal kell majd kiváltani őket, amelyeket tartógyártásra korábban nem használtunk, de megfelelő mennyiségben rendelkezésre állnak. Horváth és Csiha (2016) a fenyőfélék bükkal való kiváltását célozva, egykomponensű, normál hőmérsékleten is kötő, tartószerkezeti PUR ragasztóval végeztek kísérleteket és meghatározták a ragasztás optimális paramétereit, úgy, mint: a nyílt idő, a felhordott ragasztómennyiség, a présnyomás, a présidő, a megmunkálási felületi érdesség, a faanyag nedvességtartalmának olyan értéke, amely mellett a ragasztott kötés nyírószilárdsága nagyobb, mint 10 N/mm².

Gurau et al. (2015) a bútór és parketta gyártásban széles körben feldolgozott, szórt likacsú bükk (*Fagus sylvatica*) felületi érdességét vizsgálták nem finanszírozott nemzetközi együttműködésben, annak érdekében, hogy leírják az anatómiai és a megmunkálási érdesség szétválasztásának lehetőségét. A Csiha által a pórusok azonosítására szolgáló, korábban publikált módszer a gyűrűs likacsú fajoknál jól bevált, azonban kérdés volt, hogy a szórtlikacsú bükk esetében, ahol nincsenek nagy nyitott edények, az adatelemzés során megjelenik-e a pórusokhoz tartozó adatcsoport, ami lehetővé teszi az anatómiai érdesség azonosítását. Megállapították, hogy bár a bükk szórt likacsú faj, és homogénebbnek tekinthető, mint a gyűrűs likacsú nagyedényes fafajok, az anatómiai érdessége az Abbott görbén jól azonosítható. A szerzők felhívták a figyelmet arra, hogy a szórt likacsú fajok anatómiai szabálytalanságait is ki kell zárni az érdességadatokból a feldolgozási érdesség megbízható értékelése érdekében.

A különböző fémfelületek érdességmérésére és érdességi adatainak kiértékelésére összeállított eljárások a faanyag vonatkozásában kiegészítésre szorulnak. A faanyag specifikuma, hogy a környezeti nedvességtartalommal összhangban változtatja méretét és nedvességtartalmát. Felvetődik a kérdés, hogy milyen mértékű torzítást okoz a megmunkálási érdesség megítélése során, ha a környezeti klíma megváltozása miatt megváltozik a faanyag nedvességtartalma. Benkreif és Csiha (2020) vizsgálták az érdességi paraméterekben bekövetkező változás mértékét és trendjét csiszolt nyír (*Betula pendula*) és akác (*Robinia pseudoacacia*) felületeken, miközben szisztematikusan csökkentették a mintatestek nedvtartalmát 30%-ról 6%-ra, a faszárítás természetes folyamatához hasonlóan. Megállapították, hogy a minták nedvességtartalmának növekedése a felületi érdesség

növekedését eredményezi (R_q -val és R_z -vel kifejezve), valamint azt, hogy az érdesedési reakció fafajfüggő. A fa nedvtartalma és a felületi érdesség között exponenciális $y=ae^{bx}$ összefüggést találtak (nagy korrelációval). A vizsgálati eredmények alátámasztották azt a korábbi feltevést, hogy a tangenciális fafelületek általában érzékenyebbek a nedvesség ingadozásra a nagyobb korai pászta részek miatt, mint a sugárirányú felületek, kivéve a juhar, éger és bükk fajokat. A juhar, éger és bükk felületi érdessége nagyon stabilnak bizonyult, a nedvesítési folyamat során, a tangenciális és a sugárirányú felületek között nem volt jelentős különbség. Ezeknél a fafajoknál az exponenciális egyenlet lineáris része többnyire vízszintes, ami azt mutatja, hogy ezek a fafajok jelentős stabilitást mutatnak a nedvesedéssel szemben, akár a 16%-os nedvtartalom eléréséig is. Az érdesedés tendenciája a vizsgált fafajok esetében exponenciális egyenletet követ, de az alsó nedvtartalom régiókban (6%-tól 16%-ig), ami egyébként az ipari fafelhasználásban jellemző fanedvtartalom, lineáris egyenlet illeszthető, mind az R_{MS} , mind az R_z paraméterekre. Az összes fafaj érdessége 18%-os nedvesség tatalomtól hirtelen növekedésnek indul. A tanulmány felhívja a figyelmet arra, hogy a fafelületek megmunkálási minőségének értékelésekor figyelembe kell venni a nedvességtartalom torzító hatását.

Időközben Európában a faanyag ragasztása terén új irányzat bontakozott ki, kutatások kezdődtek a faanyag **élőnedves állapotban való ragasztásának** megoldására, a ragasztóanyag fejlesztésre, az élőnedves ragasztási technológia paramétereinek kidolgozására és a kialakuló ragasztási szilárdságot befolyásoló tényezők meghatározására vonatkozóan. A kezdeti kutatások első sorban az ékcsapos hosszoldás élőnedves kivitelezését célozták, főként ablakgyártás céljára tömbösítendő lécek gyártásához. A faanyag élőnedves állapotban történő ékcsapos hosszoldásának fő előnye abban mutatkozik, hogy lehetőséget teremt a különféle hibák (pl. göcsök) szárítás és ragasztás előtti eltávolítására, így a kiejtett farészek szárítására nem kell energiát fordítani, az össz-szárítási energia a kiejtett hibák mennyiségével arányosan csökken. A hibakiejtés után történő szárítás során sokkal kisebb deformáció következik be, mint e nélkül. További előnye, hogy a hibakiejtés után, mesterséges szárítás előtt, az élőnedvesen hosszoldott lécek végső méretre vághatóak, így egyenletesen kitöltik a szárító kamrát, ezzel egyenletesebb száradást biztosítva a léceknek, ami tovább fokozza, a deformáció mentes száradást. Összességében a fenti körülmények folytán 10-15% gazdasági előny érhető el. Csiha és Bencsik (2008) soproni kutatók a hollandiai TU Delftnél dolgozó W.F. Garddal együttműködésben, a hazai akác kutatások kiegészítése képpen vizsgálták az akác élőnedves ragasztásának lehetőségét. A poliuretán ragasztó kismértékű habosodása ellenére, sikeres kezdeti kísérletekről számoltak be (Csiha et al. 2009). A magyar akácból gyártott ablakokra olyan nagy érdeklődés mutatkozott Hollandiában, hogy pl. a Doornenbal B.V. ablakgyártó üzemet létesített Csemőben akác ablakfrízek gyártására. Ennek fő oka, az akác kiváló kültéri ellenállása illetve a Hollandiában elterjedten igényelt egzóta fafajok kiváltását lehetővé tevő megjelenése. A kutatási eredmény iránt is nagy érdeklődés mutatkozott, megkezdődtek az egyetem és a gyártó között a tárgyalások, azonban mielőtt a technológia átalakítására sor került volna, a magyarországi gyártóhely eladásra került, az új magyar tulajdonos pedig akácfa szőlőkarók gyártását kezdte meg.

A ragasztott kötések élettartamának növelése szempontjából új, ígéretes kutatási területként jelent meg a **nanotechnológia**. Csiha et al. (2012) bükk (*Fagus sylvatica*) és az erdefenyő (*Pinus sylvestris*) mintákon nanopoliektrolitokkal végeztek kísérleteket a kötési szilárdság növelése érdekében. Rétegenkénti felhordási (LbL) technológiával több lépésből álló adszorpciós eljárással, a nanovegyületek rendezett vékonyréteg-lerakódását hozták létre a fa mikroszerkezetén, a ragasztó nedvesítésének és adhéziójának várt javulása érdekében. A nanoelektronika legújabb fejlesztéseinek köszönhetően elérhetővé vált a nanoméretű elektrosztatikus rétegrendszerek kialakítása, pozitív és negatív töltésű polielektrolitok váltakozó, egymás utáni felhordásával a kísérletbe bevont fafelületeken. A koncepció költséghatékonysága az anyag adhéziójának módosításában részt vevő, kivételesen kis mennyiségű adalékanyagban rejlik: nagyon kis tömegű (0,05 tömeg%) polielektrolitok és nanorészecskék abszorbeálódnak és rakódtak le a fa mikroszerkezetére. Az LbL technika előnyei az egyszerűség, egyetemes alkalmazhatóság, rétegvastagság szabályozás nanoméretben, továbbá az, hogy nem igényel kifinomult hardvert. A kísérlethez a papírfelület kutatási kísérletek (Csóka, 2007) során már bevált polikation és polianion adott képviselőit használták: PDDA (polidiállil-dimetil-ammónium-klorid) vízzoldható kationos polielektrolitot és PAH (poliállil-amin-hidroklorid) polikationokat, valamint PSS (polisztirol-szulfonát; nátriumsó) polianiont. A negatív töltésű PSS és a pozitív töltésű PDDA polielektrolitok felváltva abszorbeálódtak a fafelületeken, összesen 22 rétegben, 5–500 nm vastagságban. Egy mintasorozat szoliter PSS-sel is készült. A famintákat vízbázisú, nem szerkezeti PVAC ragasztóval készítették el, majd a ragasztó fúgára merőleges húzóerőnek tették ki a kötési szakítószilárdság tesztelésére. Míg a bükk fafelületek tapadási szilárdsága jelentősen növelhető volt PDDA/PSS kezeléssel, ugyanilyen javulás az erdefenyőnél csak PSS kezeléssel volt érhető el, mert a bükknél hatásos PDDA/PSS előkezelés erdefenyőnél egyenesen a szakítószilárdság egyenes csökkenését okozta. A kapott eredmények azt mutatták, hogy a különböző polielektrolitokkal való előkezelés hatásos lehet, a ragasztási szilárdság akár az 1,3–1,7-szeresére is növelhető, ugyanakkor kiemelték azt a meglepő tényt, hogy az alkalmazott polielektrolitok hatásossága erősen fafajfüggő, míg adott polielektrolit pár valamely fafaj ragasztási szilárdságát több mint másfélszeresére növeli, előfordulhat, hogy ugyanaz a polielektrolit pár más fafaj esetében kifejezetten a ragasztási szilárdság csökkenését okozza. Zinad et al. (2022) cement-fahamuval való helyettesítéséről számoltak be, majd az okozott szilárdság csökkenés nano adalékanyaggal való sikeres helyreállításáról, betongyártás céljára, a súlyosan környezetterhelő cement mennyiségének csökkentése érdekében. A nanoanyagokkal kapcsolatos kutatások lendületét azonban megtörte egy irodalmi kutatás (Benkreif és Csiha 2021), amely többek között azzal a következtetéssel zárult, hogy méretüknél fogva a nano anyagok áthatolhatnak akár a vastag gumikesztyűn is, majd beszívódva a bőrbe még hosszú időn keresztül kimutathatók. A szerzők kiemelték, hogy a várt eredmény hozadéka és a nano anyag alkalmazásával járó kockázat minden kísérlet előtt alapos megfontolást igényel, így a faanyagok ragasztása és felületkezelése terén is.

Bútor- és parkettagyártásnál a szélességi és a hosszoldásoknál, a radiális és a tangenciális vágású felületek többször egymás mellett vannak elrendezve. Nemcsak a fafajták,

hanem a különböző vágásirányú fafelületek is eltérő színtulajdonságokkal rendelkeznek. Természetes anyagként a fa is ki van téve a degradációnak. Beltéri környezetben az esetleges páratartalom és a kopás mellett a harmadik leggyakoribb stressztényező a napfény okozta UV sugárzás. A természetes napsugárzás hatására a fa színe megváltozik, ami kihat mind a bútortermékekre, mind a parkettaipar termékeire. Papp et al. (2012) a napközben és évszakonként változó természetes napsugárzás okozta színváltozás várható mértékének meghatározása érdekében mesterséges xenonlámpás vizsgálatokat végeztek. Sugárirányú és tangenciális felületeken 1-, 3-, 5-, 8-, 10-, 15-, 20-, 30-, 40-, 60-, 80-, 90-, 100-, 120-, 140-, 160-, 180- és 200 órás besugárzás során feltérképezték a felületek színváltozását, a napsugárzás hatására bekövetkező időfüggő viselkedés leírása érdekében, hogy jobban megértsék színöregedési folyamataik különbségeit vagy hasonlóságait. A színváltozás jellegét a parketta- és bútortermékek legelterjedtebb hazai fafajain, bükk (*Fagus sylvatica* L.), tölgy (*Quercus petraea*) és nyír (*Betula pendula*) mintákon vizsgálták az (a*, b*, L*) CIELAB színparaméterek függvényében. A fa inhomogén, anizotrop szerkezetű, a különböző fajok tangenciális és sugárirányú metszetei között lényeges különbségek vannak mikroszerkezetben, színben és megjelenésben. A mesterséges Xenon sugárzás okozta színváltozást szisztematikusan vizsgálták színállandóságig, radiális és tangenciális vágási felületeken és megállapították, hogy 200 órányi mesterséges sugárzás után mindhárom faj színe azonos ponthoz tart, azonban a radiális és a tangenciális felületek színben mindvégig különbözőek maradnak. A legjelentősebb színváltozás a xenon sugárzásos öregítés első 10 órájában következett be, ami arra enged következtetni, hogy természetes napsugárzás esetében is a fafelület kialakítása utáni első időszakban következik be a legjelentősebb színváltozás. Az eredmény rámutatott többek között arra, hogy a színmintával egyeztetve vásárolt furnér szállítmányok és a hasonlóan színmintával vásárolt bútortermékek színe a tárolás során tovább változik, a változás mértéke pedig attól függ, hogy a vásárlás mennyi idővel később történik, mint a felületek kialakítása. A kutatás az ipar számára fontos eredménnyel zárult, eredményei a furnérozásban, a parketta gyártásban és a bútorgyártásban hasznosulnak. A Xenon sugárzással kapcsolatban azonban felvetődik az a probléma, hogy bár jól szimulálja a természetes napsugárzás spektrumát, de jóval intenzívebb, ezért azzal nem egyenértékű és nyitott kérdés, hogy adott időtartamú mesterséges sugárzás hány órányi természetes sugárzásnak felel meg. A fafelületek érdeségének kiértékelése és a mesterséges öregítés terén publikált eredményeit követően Csiha (Sandak et al. 2015) meghívást kapott egy nemzetközi csoportba, akik vékony faszeletek degradációjának kinetikáját vizsgálták: Európa 15 országában tették ki azonos módon, természetes időjárási körülményeknek egyazon lucfenyő (*Picea abies*) mintasorozat képviselőit és összehasonlító vizsgálatot végeztek annak megállapítására, hogy az év egy adott időszakában azonosítható-e a földrajzi kitérítés diverzitásából fakadó szignifikáns különbség. Megállapították, hogy az északi és nyugati kitérítés kisebb mértékű degradációt okoz. Papp és társai 2016-ban további vizsgálatokat végeztek a mesterséges Xenon sugárzás egyenértékűsítése érdekében. Szórtlikacsú, viszonylag homogén, -sugárirányban vágott felületű, 150-es szemcsefinomsággal csiszolt bükk (*Fagus sylvatica* L.) mintatesteket 240 órányi mesterséges Xenon sugárzásnak tettek ki, miközben Fourier transzformációs

infravörös spektroszkópiával (FTIR) is mérték a felületeket. A Xenon sugárzás során a fa felülete szemmel láthatóan sötétebbé vált. Kérdés volt, hogy a bekövetkezett oxidációs és redukciós folyamatok FTIR spektroszkópiával kimutathatók-e? A mérések alapján specifikus hullámhosszak tartoznak az időben előre haladó degradációhoz. Az eredményekből kiderül, hogy a FTIR spektrummérések a szemmel látható változásokkal jól korrelálnak és alkalmasak az öregedés során bekövetkező fafelület-változások követésére. A mesterséges öregítés során lejátszódó kémiai változások nyomonkövetése érdekében Papp és társai (2020) kvalitatív kémiai (teljes fenol tartalom TPC és összes oldható szénhidrát tartalom TSCC) vizsgálatokat végeztek lucfenyő (*Picea abies*), bükk (*Fagus sylvatica* L.), nyír (*Betula pendula*) és kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) fafelületeken, 240 órányi Xenon sugárzóval előállított mesterséges öregítés során. Az öregedést peremszög méréssel is követték. Az összes fenol és az összes oldható szénhidrát tartalom eredményei jelentősen különböztek. A különböző fafajták összes fenoltartalma a kocsánytalan tölgy kivételével mintegy 1 mg/g értékről kb. 15 mg/g-ra nőtt, a teljes 240 órás mesterséges sugárzás alatt. Az összes fenoltartalom változásával párhuzamosan az összes oldható szénhidráttartalom (mind a négy fafaj esetében) 7 mg/g értékről kb. 45–60 mg/g-ra nő. Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a szénhidráttartalom 3–4-szer nagyobb mértékben változik, mint a fenolos vegyületek. Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a felületi réteg fő kémiai összetevőinek aránya és a peremszög értéke között szoros összefüggés van a mesterséges sugárzás során. A felületkémiai változások nagyobb hatással voltak a poláros folyadéokra, mint a diszperzívra. Annak ellenére, hogy 240 óra mesterséges xenonsugárzás alatt az összes fenoltartalom közel 15-szörösére, az összes oldható szénhidráttartalom pedig csak 6–8-szorosára nőtt, a lényegesen nagyobb szénhidrát jelenlét nagyobb hatással volt a folyadék érintkezési szögére. Az összes oldható szénhidrát tartalom növekedése kompenzálta a hidrofób fenolos vegyületek hatását. Összegzésképpen megállapítható volt, hogy a fa felületi rétegének kémiai változásai a fő fakomponensek (cellulóz, hemicellulózok és lignin) lebomlásából adódnak, amely teljes fenol (TPC) és teljes oldható szénhidráttartalom (TSCC) mérésekkel megfelelően nyomon követhető.

A **ragasztó tapadásának mérése**, a ragasztott kötés ragasztószilárdsági tesztelésével nehézkes, mivel a ragasztók általában erősebb kötést biztosítanak, mint a faanyag kohéziós ereje. A nedvesítési,- vagy más néven peremszögből viszont jól lehet következtetni arra, hogy várható-e a felületek jó tapadása. A felületek állapota kritikus a szükséges tapadás eléréséhez. A Young-Dupré egyenlet szerint minél nagyobb a szilárd anyag **felületi feszültsége**, annál jobb a nedvesedése és a várható **tapadása**. A megmunkálás utáni színváltozáshoz hasonlóan nyitott kérdés volt, hogy a megmunkálás után eltelt idő hatással van-e a felületeken kialakuló tapadásra, megmunkálás után kell-e sietni és mennyire a felületkezelő és ragasztó anyagok felhordásával, vagy az eltelt idő nincs hatással a kialakuló kötési szilárdságra. Csiha et al. (2012) csiszolt és gyalult bükk (*Fagus Sylvatica* L.) és nyír (*Betula pendula*) felületeken vizsgálták a peremszög változásának trendjét annak érdekében, hogy leírják a fafelületek megmunkálás utáni öregedését és várható tapadási képességét. A szisztematikus megközelítés és az összehasonlítható eredmények érdekében a fafelületek mesterséges xenon sugárzással öregítették, beltéri körülményeket szimulálva.

A peremszöggel jellemzett felületi feszültség minden esetben a frissen vágott felületeken volt a legnagyobb, tehát a legkedvezőbb kötési szilárdság frissen vágott felületeken alakul ki. Különbség mutatkozott azonban a gyalult és a csiszolt felületek időbeni változása között. A gyalult bükk és nyír mintákon a peremszög változást az idő logaritmikus természetes függvényeként $y=b_2/(x-b_1)+b_0$, míg a csiszolt felületeken $y=b_2*(e^{(-b_1*x)}-e^{(-b_0*x)})+b_3$ alakú exponenciális függvényként írták le. A megmunkálás erősebb befolyásoló tényezőnek bizonyult a felületi feszültség időbeni változása során, mint a fafajták. Ugyanakkor meglepő eredménynek mondható, hogy mind a két faj és megmunkálás esetében a felületi feszültség csökkenése a sugárzás 10 és 15. órája között megfordult, ismét növekedésnek indult. A kedvező növekedés a mért tartományban gyalult felületeknél elérte a kiindulási, vagyis közvetlenül megmunkálási utáni felületi feszültség értékét. A tudományos szakirodalomban elsőként publikált megfigyelés azt jelezte, hogy nem csak közvetlenül a megmunkálás után, hanem a hosszabb raktározás során is előáll ismét egy olyan nagymértékű felületi feszültség, amely kellően nagymértékű tapadás kialakulásának lehetőségét hordozza. A vizsgálatokba Csiha és Papp 2014-ben bevonták a hazai ablakgyártásban elterjedten alkalmazott lucfenyőt (*Picea abies*) is. Az ablakok élettartamát nagymértékben meghatározza a lazúrokkal végzett felületkezelés minősége. Az ajtók és ablakok tönkremenetelének egyik jellemző formája a lazúrok repedezése és leválása. Több tényező is befolyásolhatja a lazúrok tapadását lucfenyő felületeken, így többek között, kérdés az is, hogy a megmunkálástól a lazúr felhordásáig eltelt idő (a felület öregedése) milyen mértékben csökkenti a felületi feszültséget és ezáltal a tapadást. A felületi feszültség változása lucfenyő faanyagon (*Picea abies*) a korábbi – bükk (*Fagus sylvatica* L.) és nyír (*Betula pendula*) mintatesteken végzett – kutatásunkkal jól korreláló eredményt hozott: lucfenyő esetében is a frissen megmunkált felületek felületi energiája a legnagyobb, tehát a frissen megmunkált faanyag nedvesíthetősége jobb, ezáltal lazúrok jobb tapadása, ragasztás esetén pedig magasabb ragasztási szilárdság várható. Az ablakok felületkezelését célszerű úgy illeszteni a technológiába, hogy arra rögtön a profilmárás, illetve a csiszolás után sor kerüljön.

Tekintettel arra, hogy a megmunkálás jelentős hatással volt a peremszög mért értékére a felületek öregítése során, Csiha és Papp (2013) négy különböző megmunkálási mód: gyalulás, hidrofejes gyalulás, 120-as és 150-es szemcsefinomságú vászonnal való csiszolás hatását vizsgálták a peremszög alakulására. Arra a következtetésre jutottak, hogy a legnagyobb érdesség ($R_z=34,79 \mu\text{m}$) a 120-as szemcseméretű szalaggal csiszolt felületeken, míg a legkisebb érdesség a hidrofejes gyaluval gyalult mintákon alakult ki ($R_z=26,40 \mu\text{m}$). A legnagyobb felületi feszültséget ($\gamma_{120}=53,72 \text{ N/m}$) a 120-as szemcsefinomságú szalaggal csiszolt mintákon mérték. Nem volt szignifikáns különbség a hidrofejes gyaluval gyalult ($R_z=26,40 \mu\text{m}$) és 150-es szemcsemérettel ($R_z=29,39 \mu\text{m}$) csiszolt minták felületi érdességében, sem a felületi feszültségükben ($\gamma_{\text{HP}}=50,69 \text{ N/m}$; $\gamma_{150}=50,85 \text{ N/m}$).). A mért eredmények alapján azt az általános szabályt fogalmazták meg, hogy minél nagyobb a felületi érdesség, annál nagyobb a tömörfa felület felületi feszültsége, ugyanakkor nem írták le a függvény jellegét, viszont felfigyeltek arra, hogy az nem lineáris. Ez a megállapítás egyezik a szerzők azon korábbi eredményeivel, amelyek a gyakorlatban alkalmazott-

nál durvább felületi érdességű megmunkálások esetében mutattak kedvezőbb tapadási értékeket. Papp és Csiha 2017-ben az érdesség és a peremszög összefüggésének, illetve a függvény jellegének meghatározása érdekében szisztematikus vizsgálatosorozatot végeztek 13 különböző szemcsefinomságú csiszolópapírral: 60, 80, 100, 120, 150, 180, 220, 240, 280, 320, 400, 500 és 600 csiszolt bükk (*Fagus sylvatica* L.), nyír (*Betula pendula*), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és lucfenyő (*Picea abies*) felületeken. A peremszöget Goniométerrel mérték és exponenciális összefüggést találtak a különböző érdességű luc-, bükk-, nyír- és kocsánytalan tölgy felületek peremszöge és a csiszolópapír szemcsemérete, vagyis a megmunkálási érdesség között. Az exponenciális függvény fafajfüggő, így az egyenletben a különböző fafajokhoz különböző konstansok tartoznak. Az eredmények a gyakorlatban használt csiszolószemcse méretek tartományában egyeztek a korábbi megállapítással.

Fafelületek minősítése során akárcsak az érdességmérés területén, úgy pl. a felületi feszültség mérése területén is az a helyzet, hogy a rendelkezésre álló mérőműszereket és szabványokat nem a faipar, hanem első sorban a fémfeldolgozó ipar számára fejlesztették ki, így számos mérési paraméter meghatározásra szorul. Papp és Csiha 2014-ben tölgy fafelületek vizsgálata során, miközben összefüggést kerestek a felületi érdesség, a felületi feszültség és a nedvesítés között, a fafelületek peremszögének mérése szempontjából fontos következtetésre jutottak, a felületre cseppentett folyadékcsepp űrtartalmára vonatkozóan. Méréstechnikai ajánlást fogalmaztak meg a csepp méretét illetően: az 5 µl űrtartalmú csepp a gyűrűs likacsú fajok peremszögének mérésére túl nagy, így arra nem alkalmas. A vizsgálataikkal hozzájárultak egy fafelületek peremszög mérését célzó jövőbeni szabvány összeállításának megalapozásához.

A megmunkált tömör fafelület külső sejttrégei a feldolgozás során a forgácsoló erők hatására általában összeesnek és tömörödnek. Ezt a réteget deformációs zónának nevezük. A deformációs zóna túlságosan instabil, a hőmérséklet és a környezet nedvtartalma szerint változik. A szokásos felületi vizsgálatok, mint a felületi érdesség vagy a felületi feszültség mérése, csak kevés és közvetett információt adnak a deformációs zóna állapotáról, bár ez a tapadó réteg. Javasolt egyedi paraméterek helyett a deformációs zóna nedvesítés közbeni viselkedését figyelembe venni, hogy jobban jellemezhesük a felület állapotát és várható reakcióját vízbázisú anyagokkal való kezelés esetén. Molnár és társai (2018) egyedi nedvesítési eljárást fejlesztettek ki, a precíziósan gyalult és hősimított tömörfa felületek deformációs zónáinak desztillált vízzel történő nedvesítése során bekövetkező változások leírására. A közönséges luc (*Picea abies* Karst.), vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.), erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.), akác (*Robinia pseudoacacia* L.), rezgönyár (*Populus tremula* L.) és bükk (*Fagus sylvatica* L.) felületeket 3D érdességméréssel jellemezték. A kiértékelést a megfelelő érdesség paraméterrel végezték, amely a deformációs zóna felületi topográfiai változásait jelzi a nedvesedés következtében. Az indikátorok alapján a fafajták és megmunkálási típusok között sorrendet állítottak fel a deformációs zóna által a nedvesedésre adott válasz tekintetében. Bár elméletileg a két alkalmazott vágási mód biztosítja a legsimább megmunkált felületet, a vízzel való nedvesedésállóságuk jelentősen eltért. A precíziósan gyalult felületek deformációs zónája

stabilabbnak bizonyult. Kitűnő eredménynek számított, hogy az akác hősimításkor is megőrizte nedvesítéssel szembeni stabilitását, és a vizsgált fafajok között ezzel a teljesítményével egyedülálló.

A tömörfa felületek felületi feszültsége befolyásolja a nedvesíthetőséget és ezáltal a különböző ragasztók és bevonó/felületkezelő anyagok tapadását. A felületi feszültség a Young-Dupré egyenlet alapján kiszámítható a fa peremszögének mért értékéből. A különböző fémfelületek peremszögének mérésére és adatainak kiértékelésére összeállított eljárások a faanyag vonatkozásában csak részben alkalmasak, kiegészítésre szorulnak. A faanyag a környezeti nedvességtartalommal összhangban változtatja méretét és nedvességtartalmát. Faanyagok peremszögének mérése kapcsán felvetődött kérdés, hogy milyen mértékben befolyásolja a nedvesség tartalom változása a peremszög értékeit, különös tekintettel a poláros jellegű desztillált víz testfolyadékként való használatára. Benkreif et al. (2021) a fa nedvességtartalma (6% és 30% között) és a peremszög közötti összefüggés leírására összpontosítottak, amelyet poláris (desztillált víz (DW)) és diszperzív (dijód-metán (DIM)) testfolyadékokkal mértek. A változás valós trendjének megismerése érdekében igyekeztek kizárni a minták nedvesítése során szimultán növekvő érdesség torzító hatását. Ennek érdekében az összes mintát beáztatták és 30%-nál magasabb nedvtartalomra kondicionálták, majd szárítási folyamat közben hajtották végre a mérésekhez, így csökkenő nedvtartalom értékeket generáltak. Ezzel az eljárással az érdesség torzító hatása minimálisra csökkent. A csiszolt nyírfá minták felületi feszültsége a nedvességtartalom függvényében, desztillált vízzel is és dijódm-etánnal mérve is egyaránt csökkenést mutatott. A szerzők meghatározták a nedvességtartalom és a nedvesítési szög között fennálló összefüggést is, amely $y = a \ln(x) + b$ alakú logaritmikus függés. Benkreif és Csiha (2021) kimutatták, hogy a növekvő nedvtartalom torzító hatása mind desztillált vízzel és dijódm-etánnal mért peremszögek esetén, mind a felületi feszültség értékek esetén 5% feletti. A kapott eredmények nagymértékben hozzájárulnak a fafelületek számára szükségszerűen kialakítandó mérés-technikai eljárás megalapozásához, mind hazai, mind nemzetközi szinten.

A fatudomány területén ráirányult a figyelem a faanyag tulajdonságainak hőkezeléssel való módosítására, amely folytán a faminták új mechanikai tulajdonságokat, a kezelés körülményeitől függően akár fokozott időjárásállóságot is elérnek. A hőkezelés egyik változata a forró olajban, adott körülmények között való főzés. A fa ablakgyártás számára kedvező új eljárás kapcsán azonban nyitott kérdés volt a kezelés során olajjal impregnálódó minták felületkezelhetősége, a felületkezelő anyagok tapadási képessége az olajos felületeken. Valent és Csiha (2013) négy különböző fafaj: bükk (*Fagus sylvatica* L.), tölgy (*Quercus cerris*), akác (*Robinia pseudoacacia*) és közönséges lucfenyő (*Picea abies*) felületi feszültségét vizsgálták az olajos hőkezelés előtt és után. Felvetődött egy olyan eljárásnak a kidolgozása, amely csökkenti a felületben az olaj mennyiségét. Miután a hőkezelés lezajlott: a mintákat forró vízben forralták, majd vákuumnak tették ki és extra nyomásnak. A tölgy minták esetében a kidolgozott eljárás sikeresnek bizonyult, a vízben való forralás és a vákuumkezelés hatására a felületi feszültség megnőtt, a felületkezelő anyagok jó tapadására engedve következtetni. A bükk, akác és közönséges lucfenyő minták esetében

azonban a további vizes és vákuumkezelés ellenére a felületi feszültség alacsony értéken maradt.

A hőkezelés jelentősen megváltoztatja a fafelület fizikai és mechanikai tulajdonságait, de a hőkezelt felületek öregedése is további változásokat indukál. A hőkezelés egy speciális felületi réteget hoz létre, amely más tulajdonságokkal rendelkezik, mint a tömör fa. Az öregedés során bekövetkező változások leírása segít megérteni a lejátszódó folyamatokat, információt szolgáltat a hőkezelt és öregített felületek ragaszthatóságára és felületkezelhetőségére vonatkozóan, tájékoztatást nyújt a várható élettartamról és javítja a fatermékek használhatóságát. Csiha et al. (2016) TÉT kétoldali együttműködés keretében Lagana és Andor szlovák kutatókkal együttműködésben 3 különböző időtartamú hőkezelés hatását vizsgálták a viszonylag homogén szerkezetű bükk (*Fagus sylvatica* L.) felületek peremzöngének és felületi feszültségének alakulására, 240 órányi mesterséges öregítés során. Arra a következtetésre jutottak, hogy az 5 órán át tartó hőkezelés után áll elő a legkedvezőbb felületi feszültség a jó adhézió kialakulása érdekében. Kudela et al. (2020) a 200 °C-on termikusan módosított bükk felületek nedvesítési szögét mérve arra a következtetésre jutottak, hogy a nedvesítés a kezelési hőmérséklettől függően változott. A hőkezelés időtartama nem bizonyult jelentős befolyásoló tényezőnek. Növekvő hőmérséklettel az eredmények csökkenő fafelületi nedvesítési hajlamot mutattak, ami a fafelület szabadenergia csökkenését is jelenti egyben, ami elsősorban a poláris komponensének csökkenéséből fakad. Ez a tény negatívan befolyásolhatja a tapadás minőségét, amikor a ragasztó és a felületkezelő anyagokat hőkezelt fára visszük fel.

A fasejtfalrétegek természetes alkotórészeit a hőkezelés többféleképpen befolyásolja. Lagana et al. (2021) a magas hőmérsékletű kezelés hatását vizsgálták a sejtfalrétegek tulajdonságaira. A tulajdonságokat atomerő mikroszkópos feltérképezéssel és Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiával (FTIR) vizsgálták. Az európai bükkfát 200 °C-on 1, 3 és 5 órán keresztül oxidáló atmoszférában hőkezelték. A szekunder S2 réteg és az összetett középső lamella (CML) rugalmassági modulusát, adhéziós erejét és érdességét atomerő-mikroszkóppal (AFM) határozták meg. Az eredmények azt mutatták, hogy a hőkezelés mind az S2 réteget, mind a CML-t érintette. Az S2 réteg merevségét a cellulóz domináns komponens megnövekedett kristályossága okozta, amely 1 órás kezelés után érte el a csúcst. Az ezt követő degradáció az S2, valamint a CML merevségének csökkenését eredményezte. A CML érdességének növekedése 3 órás kezelés után a termikus degradációnak a CML integritására gyakorolt hatásával járt. Az elemzés azt sugallta, hogy a sziringil-lignin csökkenése potenciálisan összefügg a sejtfalrétegek adhéziójának növekedésével. A kutatás rámutatott arra, hogy a hőkezelés sejtszinten olyan változásokat indukál, amelyek hatással vannak az adhézióra.

Európában a tölgyfa nagy mennyiségben elérhető, és az ipari partnerek érdeklődést mutattak a fehérített tölgy iránt, hogy a hagyományos tölgy újraértelmezéseként bevezessék a design bútorok piacán. A bükk fehérítésének viszonylag jól bevált módszere van, és jó eredménnyel végezhető H₂O₂-vel, ellentétben a tölgygel, ahol ezzel a vegyszerrel végzett fehérítés a felület foltos elszíneződését eredményezi, magas zöldes kiválás kíséretében. Csiha et al. (2013), tölgy (*Quercus cerris*) és akác (*Robinia pseudoacacia*) fafelületek

fehérítésére egy oxálsavas eljárást dolgoztak ki. A javasolt eljárás mindkét vizsgált fafaj esetében sikeres volt. Azonban, mivel a fehérített fafelületek is ki vannak téve a napsugárzás hatására bekövetkező színváltozásoknak, felvetődött a kérdés, hogy a kialakult halvány szín mennyire stabil UV sugárzással szemben. A két fafaj fehérített felületeit mesterséges xenon sugárzásnak tették ki, és viselkedésüket vizsgálták. Ipari méretű alkalmazásra számítva vizsgálták az ipari felhordó berendezések alkalmasságát is. A felületeken beálló színváltozást az idő exponenciális függvényeként írták. A kapott eredményeket korábbi kezeletlen fafelületek viselkedésével összehasonlítva kiemelték, hogy a halványított minták színváltozása a kezeletlen minták viselkedését követi. A halványító szerekkel kapcsolatban azonban aggályként vetődött fel erős környezetre veszélyes jellegük. Az arra alkalmas fafajok H_2O_2 -val történő fehérítéséről mind gyakorlati, mind irodalmi adatok rendelkezésre állnak, de környezetbarát szerek használatáról nem található adat. Csiha és Papp (2013) elsőként publikáltak környezetbarát fehérítő szerrel való faanyag halványításról. Az első kísérlet során vizsgálták a fa nátrium-perkarbonáttal, egy természetesen lebomló sóval történő fehérítésének hatékonyságát. A szer által kifejtett hatást színméréssel ellenőrizték. A fehérített felület beltéri környezetben történő hosszú távú teljesítményének megítélése érdekében a mintákat mesterséges xenon sugárzásnak (Original Hanau Suntest) tették ki. Az eredményeket a hidrogén-peroxid felhasználásával kapott korábbi eredmények tükrében is értelmezték. A nátrium-perkarbonátos kezelésnek a faszövetre gyakorolt fizikai hatását (szálfelhúzás) is vizsgálták a kezelés előtti és utáni felületi érdesség mérésével. Elsőként a kezeletlen és a nátrium-perkarbonáttal kezelt mintákat hasonlították össze a színkülönbség tekintetében. Azt találták, hogy a környezetbarát nátrium-perkarbonát alkalmas lehet bükkfa fehérítésére. A hosszú távú UV sugárzás alatt a minták viselkedése hasonló volt a hidrogén-peroxiddal fehérített mintákéhoz, így ha nem is jobb, de legalább olyan halványítás utáni színstabilitást lehet elérni a környezetbarát halványító szerrel, mint az erős oxidáló szerként ismert hidrogén-peroxiddal.

A faipari felületkezelés terén az egyre szigorodó levegőtisztasági előírások a vizes felületkezelő anyagok fejlesztését tették szükségessé, a káros kibocsátások (RDS) csökkentése érdekében. A legújabb fejlesztéseknek köszönhetően számos kültéri vizes lazúr is megjelent a piacon. Valent et al. (2017) kültéri **vizes viasz vízállóságát** vizsgálták, hagyományos szerves oldószeres lazúrral összehasonlításban, hosszú távú vizes áztatás során. A bevonatok lemezes leválása csak úgy kerülhető el, ha a kötőanyag réteg elzárja a felületeket a víztől, de lehetővé teszi a páradiffúziót. A teszt eredményei azt mutatták, hogy míg a viasszal kezelt minták 156 óra múltán mutattak a 4%-os tömegnövekedést, addig a hagyományos szerves oldószeres lazúrral kezelt minták esetében a vízfelvétel háromszor lassabb volt, ugyanilyen mértékű vízfelvételig 456 órára volt szükség. Az eredményekkel igyekeztek felhívni a gyártók figyelmét arra, hogy az újonnan fejlesztett anyagok esetében a molekula tömeg gyártáskori beállítására nagy figyelmet kell fordítani, mert a vízáteresztő képesség összefüggésbe hozható az élettartam teljesítménnyel is.

A különféle fatermékekkel kapcsolatban elsőként felmerülő aggály, azok tűzállósága. A nyárfák cementkötésű forgácslap gyártásban való lehetséges felhasználása kapcsán

Brahmia et al. (2020) erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és nyár (*Populus cv. euramericana* I 214) forgácsok tűzállóságának növelésére alkalmas tűzgátló (FR) anyagokkal kísérleteztek. A piacon ugyan számos FR kapható, de nem mindegyik működik jól minden fafajta-val. A legalkalmasabb FR megtalálása érdekében azt feltételezték, hogy a jó nedvesítő FR-ek jó tűzállóságot biztosítanak. A nedvesíthetőséget peremszög mérésével értékelték Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), DSHP (Na_2HPO_4), DAHP ($(\text{NH}_2)_4\text{HPO}_4$) tűzgátlóval való kezelések során, miközben desztillált vizet használtak referenciaként. Bár a cél a forgács jellemzése volt, eredményeik a tömör nyár tűzgátlásának minősítését is megvalósították, mert a kísérletekhez tömör famintákat készítettek: csiszolással, fűrészeléssel és gyalulással. Az FR tűzállóságának vizsgálatára kaloriméteres tesztet végeztek. Az eredmények azt mutatták, hogy a magas koncentrációjú FR szignifikáns különbségeket eredményezett a csiszolt, fűrészelt és gyalult nyárfelületek peremszög értékei között, ami azt jelzi, hogy az érdességnek erős befolyása van, amikor a tűzgátló szer nagyon koncentrált. A FR koncentrációjának növekedésével a nyár nedvesíthetősége romlott, míg az erdeifenyő nedvesíthetősége többnyire változatlan marad. Egyébként a FR növekvő koncentrációjával a nyárfa tűzállósága javult. Ez ellentmondott az eredeti feltételezésnek. A nyár peremszögei szignifikánsan magasabbak voltak, a megmunkálási típustól függetlenül az erdeifenyőhöz képest, ennek ellenére a legjobb tűzállóságot nyárfán érték el DAHP és DSHP-vel. Megállapítást nyert, hogy adott szerekkel, a nyárfa esetében hatásosabb tűzállóság érhető el, mint erdei fenyőnél.

A klímaváltozással összefüggésbe hozott erdőpusztulás és az ipari felhasználás céljára alkalmas fenyő fűrészáru megfogvatkozása, valamint az igények nyomán felgyorsult gyártás szükségessé tették a vizsgálódást lehetőség szerint gyorsan növe, alternatív, hazai, ültetvényes fafajok után. A rétegragasztott tartók gyártására alkalmas fenyőfélék sűrűsége általában 300 és 700 kg/m^3 között van, a kiváltásukat célzó vizsgálódás hasonló sűrűség tartományban kezdődött. Magyarországon az **ültetvényes nyár** nagy állományai voltak/vannak vágásérett korban, céllá vált hasznosításuk javítása (a papíripari felhasználáson túl) és felmerült tulajdonságaik vizsgálatának szükségessége lehetséges alternatív fafajként az építési fatermékek és tartószerkezetek gyártásában. A Pannónia nyárfát (*P.x euramericana* Pannónia) F. Kopecky fejlesztette ki 1961-ben egy sárvári erdészeti kutatóközpontban. Gyorsan növekvő faj, hasonló az I-214 olasz nyárhoz (*P.x euramericana*, „I-214”), de sűrűsége hasonló a robusta nyárhoz (*P.x euramericana robusta*). A 200-es évek elején a Pannónia nyár a leggyakrabban telepített nyárhibrid Magyarországon (Molnár 2004). Növekedési tulajdonságai rövid-, közép- vagy hosszútávú (10–25 év) termesztésre is alkalmassá teszik (Halupa és Tóth 1988). A Pannónia nyárhibrid sűrűségét tekintve a kissűrűségű osztályba tartozik, 411 kg/m^3 körüli sűrűsége felveti a kérdést, hogy alkalmas-e teherviselő rétegragasztott tartók gyártására. Az OTKA K 116216 projekt keretében Horváth, Kánnár és Csiha (2019) átfogóan vizsgálták Pannónia nyár (*P.x euramericana* Pannónia) hibrid nyárfa minták és nyárból készült rétegragasztott minták fiziko-mechanikai tulajdonságait (beleértve a MOE, MOR, hajlítószilárdság, nyomószilárdság stb. elemzését). A kutatás során ugyanazon Pannónia nyárfaj 3 különböző nyugat-magyarországi nyár ültetvényről származó mintáit értékelték: a 22 éves „Újrónafó

11G” lelőhelyről, a 24 éves „Győr 540B” lelőhelyről és a 29 éves „Kapuvár 35A” ültetvényről. A fák felmérésére roncsolásmentes vizsgálati technikát alkalmaztak a „Fakopp” TreeSonic műszerrel. Ezt követően a begyűjtött rönkök mintáinak laboratóriumi elemzését (3 rönk/telephely, véletlenszerű minta) végezték el a minták hajlítószilárdságának és nyomószilárdságának meghatározására. Minden helyen ötven fát vizsgáltak meg, hogy meghatározzák a mellmagasságban mért átmérőt és a hullámsebességet. Az eredmények azt mutatták, hogy a vizsgált területek fái között nem volt szignifikáns különbség a stresszhullám sebességében, megállapították ugyanakkor, hogy minél nagyobb a feszültség-hullám sebességének átlagértéke álló fák esetén, annál nagyobb a minták hajlítószilárdságának és nyomószilárdságának az értéke (normál klímán). Horváth és Csiha (2022) a fák sugárirányú növekedését roncsolásmentes eljárással vizsgálva, a TOF adatokból számított SWV (stress wave velocity) értékek alapján a vizsgált nyárfák alkalmasságára vonatkozóan lábon álló fákról gyűjtöttek adatot, 50 véletlenszerűen kiválasztott fa esetében, a faanyag szerkezeti ragasztásokra való alkalmasságának megítélése céljából. Az egyes ültetvények között szignifikáns különbség volt mérhető, a legnagyobb szilárdsági és sűrűségi értékeket az Újrónafő 11G telephelyminták esetében tapasztalták és a geszt legnagyobb dinamikus rugalmassági modulusát az erről az ültetvényről származó rönkökben mérték. Kánnár és Csiha (2021) a Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) statikus és dinamikus rugalmassági modulusát (MOE) mérték, 4 különböző magyar ültetvényről származó mintán, szerkezeti célokra való alkalmasságuk vizsgálata céljából. Megállapították, hogy a hazai Pannónia nyár fajok rugalmassági modulusa átlagosan 11000 N/mm², ez jelentősen meghaladja a szerkezeti alkalmazásokhoz szükséges küszöbértéket. Ezért ezekről a területekről származó nyárfák szilárdsági tulajdonságaikat tekintve alkalmasak szerkezeti alkalmazásokra, és jó alternatívát jelentenek az építőiparban széles körben használt tűlevelű fajok számára.

A ragaszthatóság és felületkezelhetőség kérdéskörében a nyár változatos sűrűsége miatt az volt az elsődleges kérdés, hogy a fatörzsek származási helye befolyásolja-e a különböző származási helyről származó rönkökből képzett fűrészáru felületek tapadását, illetve vannak-e olyan termőhelyek, amelyek a jó nedvesíthetőség (és így várt jó tapadás) okán előnyben részesítendők. Mivel a tartószerkezeti ragasztók erősebb kötést adnak, mint a faanyag kohéziós ereje, a ragasztási szilárdság közvetlen mérése nehézkes, viszont a nedvesítési, vagy más néven peremszög mért értékeiből jól lehet következtetni a felületek nedvesítésére és tapadási képességére. Rábai et al. (2020) két különböző magyarországi, Győr és Solt ültetvényről származó Pannónia nyár minták nedvesíthetőségét vizsgálták, hogy következtetni lehessen a várható tapadásukra és rétegragasztott tartó gyártására való alkalmasságukra. A győri minták nagyobb peremszöget mutattak poláros (desztillált víz) és diszperzív (díjód-metánnal) tesztfolyadékkal mérve is, mint a solti minták, ami azt jelzi, hogy a solti minták jobban nedvesíthetőek. A Fowkes-modell szerint számított felületi szabadenergia is szignifikánsan különbözött a két ültetvény mintáinál: a solti minták szignifikánsan nagyobb (t teszt, $p = 0,05$) felületi feszültséggel rendelkeztek, mint a győri minták. A jobb tapadás azonos ragasztóval a solti ültetvényről származó mintákon várható. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a származási hely jelen-

tős hatással volt a Pannónia nyárfa felületek nedvesíthetőségére és várható tapadására. Mindazonáltal mindkét mintasorozat desztillált vízzel mért peremszögei nagyobb értéket mutattak, mint az azonos módon kezelt és megmunkált erdeifenyő minták, ami arra utal, hogy várható tapadásuk valószínűleg nem éri el a réteg ragasztott tartó gyártásban elterjedten használt erdeifenyőét.

Kitekintés a jövőre

A faanyag megújuló forrásból származó, természetes körülmények között lebomló, komposztálódó környezetbarát anyag. A rendelkezésre álló ipari alapanyagok sorában a faanyag az egyetlen, amely „előállítás” során nem csak hogy nem szennyezi a környezetet, de egész növekedése során oxigént termel.

Felületkezelése kültérben védi az időjárás degradáló hatásaitól és lehetővé teszi egyes tulajdonságainak, mint például a kopásállóság, karcállóság, víz és vegyszerállóság a javítását. A szintetikus felületkezelő anyagok bizonyították, hogy hatékonyak ezen a téren, azonban a komposztálhatóságuk nem megoldott, rontva a faanyag öko lábnyomát. A fenntartható fejlődés érdekében, szükségessé válik a szintetikus kötőanyagok kiváltása, várható például a növényi alapú UV lakkok fejlesztése stb. Környezetbarát anyagok széles választékban állnak rendelkezésre, de a meglévő ipari technológiákkal csak korlátozottan feldolgozhatók. Fejlesztésre szorulnak a felületkezelési technológiák is a környezetbarát anyagok üzemszerű feldolgozása érdekében. Jól kidolgozott gyártástechnológiával rendelkeznek a ragasztással kialakított teherviselő fatermékek, azonban várható élettartamuk messze elmarad a tömör faanyag várható élettartamától. Anyag és technológiafejlesztésekre lesz szükség ezen a téren is. A klímaváltozás következményének tulajdonított erdőpusztulás szükségessé teszi új, szárazságtűrő fafajok termesztését, a faanyag mint megújuló építési alapanyag iránt mutatkozó növekvő igény hatására várhatóan megerősödik a gyors növekedésű fajokat biztosító ültetvényes fatermesztés. Az elmúlt években számos tanulmány bizonyította, hogy a ragasztás és a felületkezelés paraméterei fafajfüggők. Az új fafajok mindegyike esetében vizsgálni kell, és ki kell dolgozni az optimális technológiai paramétereket a kívánt adhézió elérése és a ragasztott termékek, különösen a réteg-ragasztott teherviselő faszerkezetek élettartamának lehetséges meghosszabbítása érdekében.

Irodalom

- Bakay I., Salamon M. 1953: A fa ragasztása. Könnyűipari kiadó.
- Benkreif R., Brahmia F. Z., Csiha Cs. 2021: Influence of moisture content on the contact angle and surface tension measured on birch wood surfaces. *European Journal of Wood and Wood Products* 79/4 907–913.
- Benkreif R., Csiha Cs. 2020: Effect of moisture content on the wood surface roughness measured on birch and black locust wood surfaces. In: Németh, Róbert; Rademacher, Peter; Hansmann, Christian; Bak, Miklós; Báder, Mátyás (szerk.) 9th Hardwood Proceedings : Part I. With Special Focus on „An Underutilized Resource: Hardwood Oriented Research”. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó, 304. o.
- Benkreif R., Csiha Cs. 2021: Literature review about the potential risks associated with the use of nanoparticles and products including nanoparticles. In: Petutschnigg, Alexander; Hüsing, Nicola; Tscheligi, Manfred (szerk.) Salzburg Conference For Smart Materials 16 - 17 September 2021 Kuchl, Austria: Book of Abstracts & Conference Proceedings Vol. 1. Salzburg, Ausztria, 54–55.
- Benkreif R., Csiha Cs. 2021: The relevance of wood moisture content when measuring contact angle. In: Young, Timothy M.; Petutschnigg, Alexander (szerk.) Book of Abstracts of the 6th International Conference on Process Technologies for the Forest and Biobased Products Industries – PTF BPI. Knoxville (TN), Amerikai Egyesült Államok: The University of Tennessee, 36. o.
- Benkreif R., Csiha Cs. 2022: Analysing surface geometry of selected hardwood species at different humidity levels. In: Róbert, Németh; Christian, Hansmann; Peter, Rademacher; Miklós, Bak; Mátyás, Báder (szerk.) 10th Hardwood Conference Proceedings: Sopron, Hungary, 12–14 October 2022. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó, 21. o.
- Bíró M. 1926: A Grafikai Iparágak Fejlődését Szolgáló Magyar Grafika, Szerkeszti és kiadja: Bíró Miklós, Hetedik évfolyam
- Borovszky S. 1904: Magyarország vármegyéi és városai, Pozsony vármegye. Ipar kereskedelem és közlekedés. Nagyobb ipartelep. Írta dr. Wolf Gergő
- Borovszky S. 1911: Magyarország vármegyéi és városai. Ipar, kereskedelem, hitelügy és forgalom. Írta Lendvai Jenő, a kereskedelmi és iparkamara titkára.
- Csiha Cs. Krisch J. 2000: Vessel filtration – a method for analysing wood surface roughness of large porous species. *Drevarsky Vyskum* 45: 1 13–22.
- Csiha Cs. 2003: Faanyagok felületi érdességének vizsgálata „P” és „R” profilon, különös tekintettel a nagyedényes fajokra. 148 o.
- Csiha Cs. 2004: Kültéri bútortsalád előállításának tömörfából (akácból) technológiai, szerkezet- és formatervezési kérdések megoldása. Különös figyelemmel a színhomogenizálásra és a környezetbarát felületkezelésre. NKFP, TGYI (2002-2003),
- Csiha Cs., Alpár T., Magoss E. 2004: Surface roughness profile filtering (Curve Cutter). In: COST E 35 Proceedings, Cluny, France, 46–48.
- Csiha Cs., Bencsik B., Gard W.F. 2009: Nedves faanyag ragasztás kísérleti eredmények akácfafajon. IV. Faipari Tudományos Konferencia, 1–3.
- Csiha Cs., Bencsik B., Grad W.F. 2008: Experimental results on green gluing Black Locust. Enhancing bondline performance. *Conference Proceedings*, 179–185.

- Csiha Cs., Csóka L., Litresics G. 2012: Effect of nanotreatment on bond strength. In: Neményi M.; Heil B. (szerk.) *The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment : International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint*. Sopron, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. 5. o.
- Csiha Cs., Csóka L., Litresics G., Biczó G. 2010: LbL treatment of wood surfaces in order to improve bondline performance. In: Teischinger A.; Barbu M.C.; Dunky M.; Harper D.; Jungmeier G.; Militz H.; Musso M.; Petutschnigg A.; Pizzi A.; Wieland S.; Young M.T. (szerk.) *Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries*. Salzburg, Ausztria, 48–49.
- Csiha Cs., Gurau L. 2011: Study on the influence of surface roughness on the adhesion of water based PVAC. *Proceedings of International Conference „Wood Science and Engineering ” – ICWSE 2011*, 411–419.
- Csiha Cs., Papp É. A., Valent J. 2012: Feature of contact angle of ageing Beech and Birch surfaces. In: Németh R., Teischinger A. (szerk.) *The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2012: Proceedings of the „Hardwood Science and Technology” Sopron, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó*, 41–49.
- Csiha Cs., Papp É.A. 2013: Investigation on bleaching Beech wood using environment friendly agent. In: Jerzy, Szmardzewsky (szerk.) *Proceedings of the XXVIth International Conference Research for Furniture Industry*. Poznan, Lengyelország, 7–15.
- Csiha Cs., Papp É.A. 2014: Gyalult lucfenyő (*Picea Abies*) felületi paraméterének vizsgálata mesterséges öregítés hatására. In: Rajnai Zoltán; Fregan Beatrix; Ozsváth Judit (szerk.) *Az 5. Báthory-Brassai Konferencia tanulmánykötetei*. Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, 417–421.
- Csiha Cs., Papp É.A., Valent J. 2013: The feature of color alteration of bleached oak, beech and black locust surfaces during artificial xenon radiation. *Wood Material Science and Engineering* 8:3 212–218.
- Csiha Cs., Horvath N., Lagana R., Németh R., Tomas A. 2016: Effects of pre-treatment on wood surface properties and performance: Overview and preliminary results. In: Alfred, Teischinger; Róbert, Németh; Peter, Rademacher; Miklós, Bak; Fanni, Fodor (szerk.) *Eco-efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods*. Sopron, Magyarország: University of West Hungary Press, 102–103.
- Csóka L. 2007: Nanotechnológia alkalmazása a papíriparban. 2007. November 14. Budapest, MTE SZ konferencia
- Dr. Asztalos T. 1972: Ausztriai tapasztalatok. *Faipar*, 1972, XXII. évfolyam, 1. szám, 25. o.
- Egyed Á. 2016: Székelyföld története I-III kötet. Magyar Tudományos Akadémia, Bölcsészettudományi Kutatóközpont (Budapest) Erdélyi Múzeum-Egyesület (Kolozsvár) Haáz Rezső Múzeum (Székelyudvarhely). Székelyudvarhely
- European Journal of Wood and Wood Products*, 395–398.
- Évfordulónaptár, Magyar Kémikusok Lapja, LXXIII évfolyam, 2018 január
- Farkas F., Farkas F. J. 1997: A ragasztás kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Gurau L., Csiha Cs., Mansfield-Williams H. 2015: Processing roughness of sanded beech surfaces
- Halupa L., Tóth B. 1988: A nyár termesztése és hasznosítása. (Cultivation and utilization of poplar). *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest
- Hamar J. 1984: Egy nagyvállalat sikeres alkalmazkodása, avagy a nagyvállalati lét előnyei és hátrányai. *Esettanulmány a Szék- és Kárpitosipari Vállalatról*. Magyar Tudományos Akadémia

- nia Közgazdaságtudományi Intézete. Budapest, 1984. 79–87, I. melléklet: A hajlított bútorgyártás és a Debreceni hajlított Bútorgyár rövid története.
- Horváth N., Csiha Cs. 2016: Bondability of Beech Wood with One-component Polyurethane Structural Adhesive. *Acta silvatica et lignaria Hungarica*. An international journal in forest, wood and environmental sciences, 12. 135–143.
- Horváth N., Csiha Cs. 2022: Measurements of the Load-bearing Structural Aspects of Pannónia Poplar from Sites in Western Transdanubia, Hungary. *Acta silvatica et lignaria hungarica: an international journal in forest, wood and environmental sciences* 18: 2 119–127.
- Horváth N., Kánnár A., Csiha Cs. 2019: 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, 141–145.
- Kánnár A., Csiha Cs. 2021: Comparative analysis of static and dynamic MOE of pannónia poplar timber from different plantations. *Wood Research* 66: 2 195–202.
- Kúdela J., Lagaňa R., Andor T., Csiha Cs. 2020: Variations in beech wood surface performance associated with prolonged heat treatment at 200 °C. *Acta facultatis xylogologiae Zvolen: the scientific journal of the faculty of wood sciences and technology* 62: 1 5–17.
- Lagaňa R., Csiha C., Horváth N., Tolvaj L., Andor T., Kúdela J., Németh R., Kačík F., Urkovič J. 2021: Surface properties of thermally treated European beech wood studied by Peak-Force Tapping atomic force microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy. *Holz-forschung* 75: 1 56–64.
- Liptakova E., Kudela J., Posch P. 1995: Bewertung der Oberflächengeometrie des Holzes nach verschiedenen Bearbeitungsarten. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1994–1995*, 40–41. évfolyam, 193–203.
- Molnár S. 2004: *Faanyagismeret - Wood species*. Szaktudás Kiadó Ház Rt, Budapest
- Molnár Zs., Magoss E., Fuchs I., Csiha Cs. 2018: Stability of thermosmoothed and precision planed solid wood surfaces. *European Journal of Wood and Wood Products* 76: 1. 243–249.
- Németh K., Posch P. 1978: Bevonóanyagokkal kezelt forgácslapok felületi tulajdonságai. *Faipar* 28 (9): 277–279.
- Papp E. A., Csiha Cs. 2017: Contact angle as function of surface roughness of different wood species. *Surfaces and interfaces*, 54–59.
- Papp É. A., Csiha Cs., Makk A. N., Hofmann T., Csóka L. 2020: Wettability of Wood Surface Layer Examined From Chemical Change Perspective. *COATINGS* 10 3 257. o.
- Papp É. A., Csiha Cs.; Valent J. 2012: Colour change of some wood species during artificial xenon radiation. In: Ürmös A.; Mihalik G. (szerk.) *International Interdisciplinary Conference on Colour and Pattern Harmony: 5th Colour Specialists International Conference in Hungary*. Budapest, Magyarország. Óbudai Egyetem, 1–5.
- Papp É., Csiha Cs. 2013: Surface Analysis of Sanded and Planed Wood Surfaces. In: Neményi, Varga, Facskó, Lőrincz (szerk.) „Science for Sustainability” *International Scientific Conference for PhD Students*, Sopron, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 22–27.
- Papp É., Csiha Cs., Tolvaj L., Csóka L. 2016: Investigation of artificial aged beech wood surfaces with FTIR spectroscopy. In: Alfred, Teischinger; Róbert, Németh; Peter, Rademacher; Miklós, Bak; Fanni, Fodor (szerk.) *Eco-efficient Resource Wood with Special Focus on Hardwoods*. Sopron, Magyarország, University of West Hungary Press, 28–29.

- Papp É.A., Csiha Cs. 2014: Tölgy fafelületek néhány paraméterének vizsgálata megmunkálás után. FAIPAR 62: 63–67.
- Posch P., 1993: Oberflächenbehandlung der Robinie, Das Holz der Robinie. Zürich Publication nr. 1993-1.
- Próder I. 2014: Várpalota Felújított kiállítások az ötvenéves Vegyészeti Múzeumban (Második rész). Magyar kémikusok lapja LXIX 2014 december. Vegyipar és kémiatörténet.
- Rábai L., Horváth N., Kánnár A., Csiha Cs. 2020: 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 78:5 1057–1060.
- Sandak A., Sandak J., Burud I., Csiha Cs., Noél M. 2015: Degradation kinetics of the short term weathered thin wood samples. Advances in modified and functional surfaces – Final COST meeting of COST Action FP1006. Aristotle University of Thessaloniki (Görögország), Időpont: 2015. április 7–9.
- Szabó I. 1972: Magas hőmérsékleten megszilárdult karbamid-formaldehid ragasztók belső feszültségének vizsgálata. Faipar XXII. évf. 6. szám, 179–183.
- Szabó I. 1973: Magas hőmérsékleten megszilárdult karbamid-formaldehid ragasztók rugalmassági modulusának vizsgálata. Faipar, XXIII. évf. 1973. 3. szám, 88–91.
- Szabó I. 1975: Forgácsolapok furnérozásának intenzitása növelése többemeletes hőprésszel. Kandidátusi Értekezés, Leningrád. EFE Tudományos közlemények (magyarul) 1975. 1. (I. melléklet)
- Szabó I. 1981: Vastagító és hosszabbító toldással készített alkatrészek ragasztásának problémái. Agrártudományi közlemények 40, (II melléklet)
- Szabó I. 1994: A ragasztás minőségét befolyásoló tényezők vizsgálata PVAC vizes diszperziós ragasztók alkalmazásakor. Faipar, 1994. XLIV. évfolyam, 7. szám, 104–106.
- Szekernyés J. 2017: Temesvár kövei 576. o. 20 Ápr.
- Tóth S. 1999: A fafeldolgozás 1945 előtt. Fejezetek a fa- és bútortudomány és az asztalosok történetéből Magyarországon a kezdetektől 1945-ig. Agroinform kiadó és Nyomda Kft., Budapest
- Tóth S. 2001: A fafeldolgozás 1945 után. Fejezetek a fa- és bútortudomány történetéből 1945-től az ezredfordulóig Magyarországon. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest
- Történeti – topográfiai Adattár – Gazetteer Szeged
- Valent J., Csiha Cs. 2013: The surface tension of some solid wood surfaces heat treated in oil. In: Neményi, Varga, Facskó, Lőrincz (szerk.) „Science for Sustainability” International Scientific Conference for PhD Students, Sopron, Magyarország: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 28–33.
- Valent J., Papp É. A., Palla J., Csiha Cs. 2017: Water permeability of two different wood species. Pro ligno. 2017 Volume 13 Issue 4. 387–390.
- Zinad O., Csiha Cs., Al-Attar A. 2023: Cost Analysis of Sustainable Concrete Production Using Waste Nanoparticles. In: Obádovics, Csilla; Resperger, Richárd; Széles, Zsuzsanna; Tóth, Balázs István (szerk.) Társadalom – Gazdaság – Természet: Szinergiák A Fenntartható Fejlesztésben (Nemzetközi tudományos konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából): Konferenciakötet. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó, 585–593.

URL 1. <https://chemolak.hu/rolunk/>

URL 2. https://archive.org/stream/nybc314070/nybc314070_djvu.txt

URL 3. https://www.sulinet.hu/oroksegtar/data/telepulesek_ertekei/szeged/szeged_tortenete_4/pages/005_az_ipar.htm

Gluing and Surface Treatment of Wooden Materials

The beginnings of the gluing of wood and the first adhesive developments in Hungarian aspect can be traced back to the Huns. Their multi-layered bows were made with casein glue by laminating. Early industrial research and development of adhesives and coating materials appeared in historical Hungary at the end of the 1800's, typically in two ways: brought by foreign investors settled in Hungary, and in small family businesses, usually following the experiments of an enthusiastic entrepreneur often reminiscent of alchemists. The beginnings of adhesive and surface treatment material production were characterized by the fact that research and development was carried out "in comitatu", within the company producing the material. In 1948, at the time of nationalization, more than 30 small lacquer and paint manufacturing companies were merged into five larger, independent companies. In 1950, the Timber Testing and Wood Farming Institute was transformed into a Timber Research Institute, thus institutionalizing research and development supporting the various branches of the timber industry. In the academic year 1957-58, independent wood industry engineering education began at the University of Forestry and Wood Industry in Sopron, and research and development started parallel to the education. Both the staff of the Wood Research Institute and the lecturers and researchers of the University carried out both basic and applied research in the field of gluing and surface treatment of wood, mainly for the newly established state furniture factories. Starting from the 90s, research was aimed at characterizing the wood interface, with the aim of better adhesion of the applied binders and increasing the service life of glued joints. Since measuring instruments and parameters were developed to measure the roughness of metals and other homogeneous materials, assessing the roughness of wood with an inhomogeneous structure raised fundamental questions. The evaluation of the roughness formed during processing necessitated the determination of a suitable roughness parameter and the development of a special measurement method for large, – open porous species, which is based on filtering out the data of the pores belonging to large open vessels, in order to make possible the adjudication of the roughness occurring on the base tissue.

Measuring the adhesion of adhesive bonded joints by testing adhesive strength is difficult, as adhesives generally provide a stronger bond than the cohesive strength of the wood. On the other hand, it is possible to conclude from the contact angle, whether good adhesion of the surfaces can be expected. The condition of the surfaces is critical for achieving the required adhesion, the higher the surface tension of the solid material, the better its wetting and the expected adhesion. During the measurement of the surface tension, in contrast to homogeneous materials, the effect on the measured values of both the processing roughness and the moisture content of the wood required an investigation, and was described with exponential and logarithmic relationships. There was also a question whether the time elapsed after processing has an effect on the adhesion and adhesive strength of the surfaces, is it necessary to hurry with the application of adhesives and coatings. Our test results obtained during artificial aging revealed that the most fa-

avorable adhesion can be expected immediately after processing for all investigated wood species. Attempts were made to pre-treat wooden surfaces with nano polyelectrolytes in order to increase the adhesion of binders. Despite the doubling of adhesion in some cases, the momentum of research was broken due to health concerns arising in connection with nanomaterials. The advantage of gluing wooden materials in a wet state is that the wood dries more evenly, there is less warping, the yield is better, there is less scrap during drying, and the energy utilization is better due to the elimination of defects carried out before drying. Our experiments on „green” gluing wood in a wet state were successful, the adhesive and the technology proved to be suitable for the purpose of window production. Heat treatment changes the properties of wood materials, however, the changes occurring on the surface of heat-treated wood materials also affect the expected adhesion of adhesives and coating materials. Our tests showed that the higher the temperature at which the wood is heat treated, the more unfavorable surface tension conditions develop. Due to climate change, the replacement of pines has come to the fore. We investigated whether domestic poplar can be suitable for the production of glue laminated load bearing timber products. Our results showed that the place of origin (geographical site) is a very significant influencing factor in terms of the mechanical properties of poplar hybrids. Our tests in recent years proved that the parameters of efficient bonding, coating and surface treatment strongly depend on the wood species.

As result of climate change, with the introduction on the market of new,- fast growing or more drought tolerant wood species, the optimal technological parameters must be investigated and developed in order to achieve the desired adhesion and to extend the life of glued products, especially glue laminated load-bearing wooden structures.