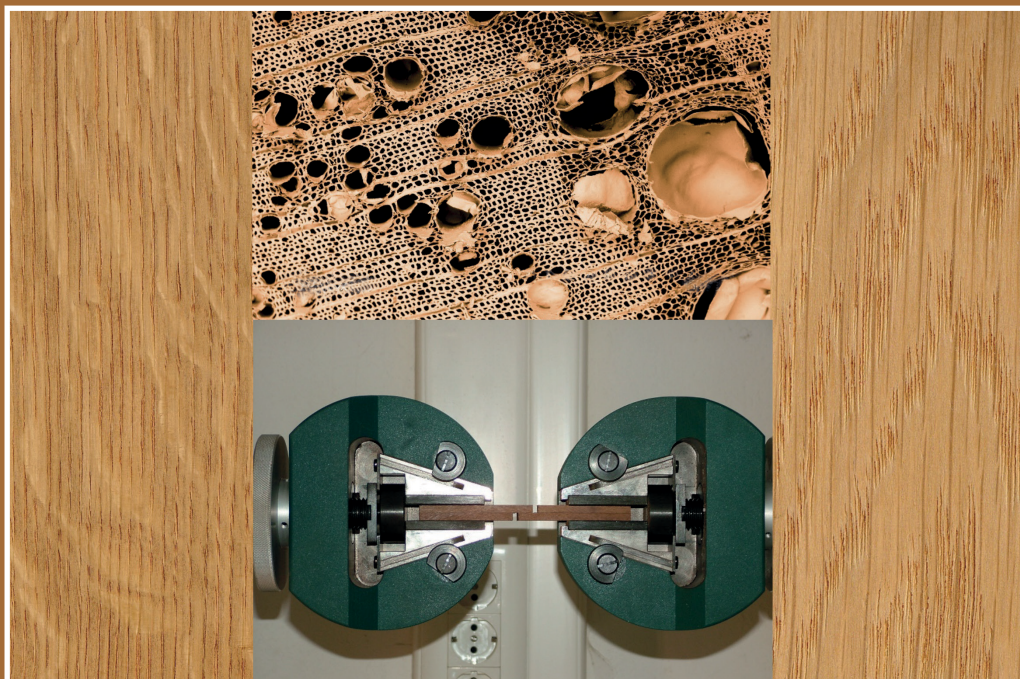


A faanyagtudományok története Magyarországon



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

FAALAPÚ KOMPOZITOK

Alpár Tibor László és Bejő László

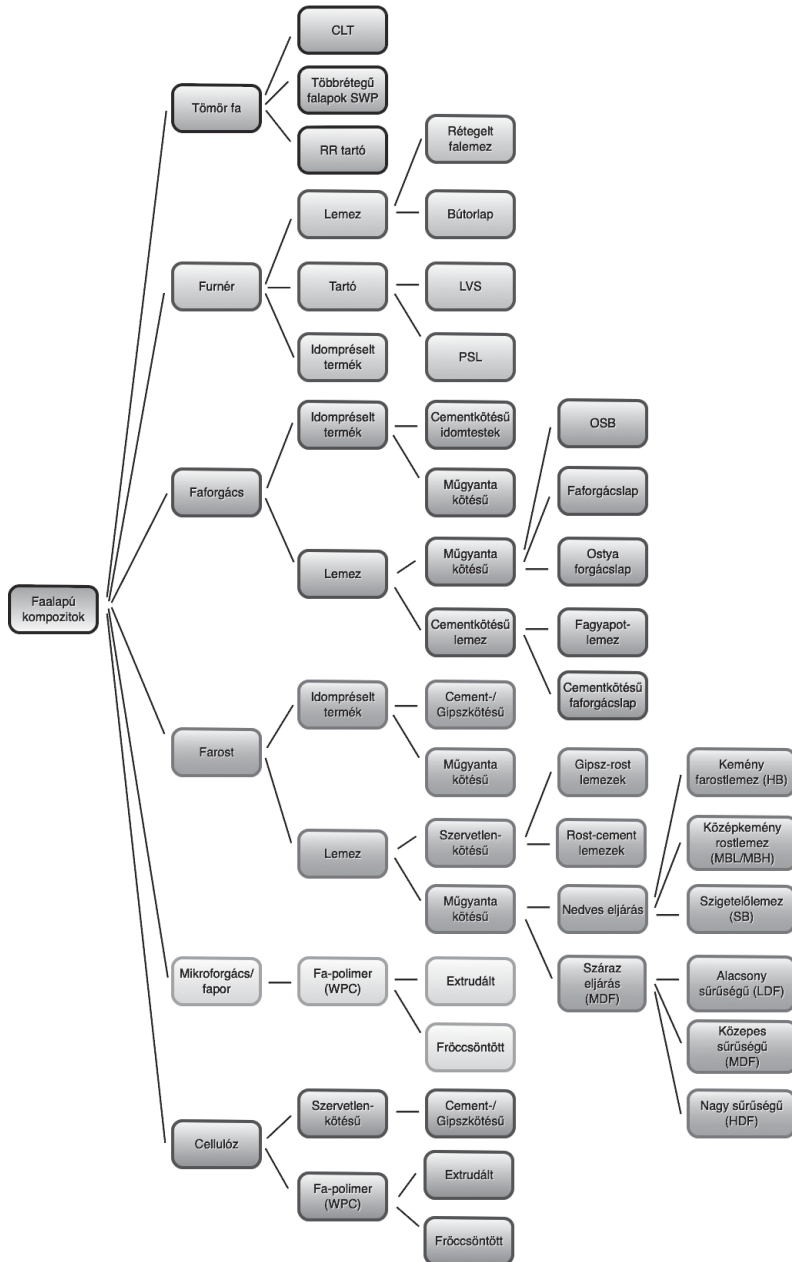
Kompozitok, faalapú kompozitok

A kompozitok olyan összetett anyagok, amelyek egy mátrix anyagból (pl. műgyanta) és egy erősítő anyagból állnak – biokompozitok esetén közülük legalább az egyik, de inkább mind a kettő biológiai eredetű. A mátrix (vagy beágyazó vagy kötőanyag) fázis lehet ásványi eredetű, mint a cement vagy a gipsz vagy lehet megújuló vagy nem megújuló eredetű polimer. A mátrix védi meg a rostokat a környezeti hatásoktól és a mechanikai sérülésektől, összetartja az erősítőfázist és átadja neki a terhelést. Ezen felül a biológiai eredetű rostok a biokompozitok alapvető összetevői, amelyek rendszerint növényi eredetűek, pl. kender, len, kenaf és más növények rostjai, farost, használnak papír (cellulóz), egyéb melléktermékek. Napjainkban gyorsan nő a biokompozitok iránti érdeklődés új ipari felhasználások miatt, mint a járműipar, repülőgép gyártás, csomagolóipar, építőanyagok és orvosi alkalmazások. A legfőbb előnyök: megújuló, fenntartható, csekély szénlábnym, relatív olcsó, újrahasznosítható, biológiailag lebontható, és környezetbarát.

A faalapú kompozitok hosszú történelemmel büszkélkedhetnek a hagyományos farostlemezekről vagy faforgácsolapokról kezdve az utóbbi időkben divatosabbá vált fa-polimer kompozit (WPC) termékekig (Winkler 1999; Rowell 2005; Klyosov 2007). Három fő eljárással gyártják a szálerősítésű polimer kompozitokat: rövid, hosszú és végtelen szálal erősítéssel. Amíg hagyományosan a rövid és hosszú rostokat termoplasztikus polimerekkel kompaundálják, a végtelen szálakat (szőtt vagy nem szőtt) leggyakrabban hőre keményedő polimer mátrixba ágyazzák (Czvikovszky et al. 2007; Bánhegyi 2007; Vogt et al. 2006). A járműipar mind a természetes végtelen szálal, mind a természetes rövid szálal erősítésű fosszilis eredetű polimer kompozitokat használja (Sobczak et al. 2012). A polimer alapú kompozitokat gyakran módosítják különféle védő vagy funkcionális adalékkal, töltőanyagokkal vagy üveg, aramid, szén vagy éppen természetes szálakkal.

Faalapú kompozitok

A termoplasztikus műanyagok gyakran fosszilis eredetű (földgáz, szén, kőolaj) polimer anyagok, de léteznek biológiai eredetű anyagok is. A termoplasztikus polimerek szerkezete lehet kristályos, részben kristályos vagy amorf, és ezek a szerzeti sajátosságok befolyásolják a polimerek lehetséges felhasználását feldolgozási technológiáját. A termoplasztikus polimerek alakíthatók felmelegítés majd újbóli lehűtés révén különféle polimerfeldolgozási technológiák segítségével, mint az extrúzió vagy a fröccsöntés (Ebeling et al. 2007; Pukánszky & Móczó 2011.). Szálakat (rostokat) erősítő anyagként alkalmazzák a kompozitokban, hogy a polimer szilárdságát és szívósságát növeljék. Ebben az esetben a rostokat erősítő fázisnak a beágyazó polimert mátrix fázisnak nevezzük. Gyakran kompatibilizáló (kötésjavító) adalékokat kell alkalmazni, hogy a két anyagfázis közötti együttműködést javítsuk (Pilla et al. 2007; Bledzky & Gassan 1999).



Faalapú kompozitok

A rövidszálas technológiák extrudert használnak a termoplasztikus mátrix és legfeljebb 2 mm hosszú erősítő szálak kompaundálására, amely szálak rendszerint rövidebbek a kompaundált granulátum méreteinél. A szálak véletlenszerűen helyezkednek el a polimerben. (Calumby 2014). A hosszúszálas technológiánál a szálak párhuzamosan

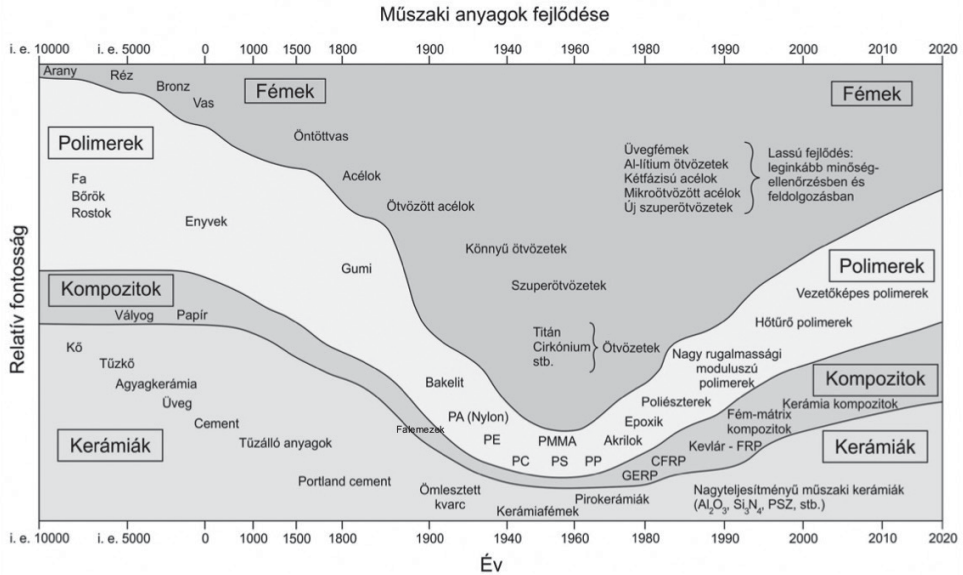
helyezkednek el egymáshoz és a granulátum hosszához képest. Ezeknek többek között nagyobb az ütésállósága (Thomason & Vulg 1998; Scherübl 2006; Holbery & Houston 2006), kisebb a kúszása (Silverman 2004; Yang & Chin 2004) és jobb a dimenzió-stabilitása mind magasabb, mind pedig nulla °C alatti hőmérsékletek esetén (Scherübl 2006; Bogoeva-Gaceva et al. 2007). A publikációk gyakran nem tesznek különbséget az erősítő anyagok típusai között, mint a faliszt, mikroforgácsok és valódi (fa)rostok. Alább szeretnénk bemutatni ezeknek a részecskéknek a morfológiai különbségeit, mint a karcsúság, fajlagos felület, amelyek hatással vannak a kompozit szilárdságára. Ahhoz, hogy megértsük a fa részecskék morfológiájának különlegességeit és szerepét, meg kell ismerni a faanyagok alapvető anatómiai szerkezetét.

A növényi alapú természetes erősítők – lignocellulózoknak is nevezzük őket – lehetnek faanyagok vagy egyényári növények. A fa (és egyéb növények is) maga is egy természetes polimer kompozit rendszer, mivel főleg polimerek építik fel, mint a kristályos vagy részben kristályos cellulóz, és az amorf lignin, ahol az erősítő fázis a cellulóz míg a mátrix a lignin. Az ilyen rendszerekben a ligninen belüli kémiai kötések foka függ a szubsztitúció fokától, ezért a cellulóz-lignin kapcsolatok merevsége változó (Thakur et al. 2014). E két anyag közötti kapcsolatot a hemicellulózok (amelyek ugyancsak polimerek) biztosítják. A cellulózzal hidrogén hidas, míg a ligninnel kémiai kötésben vannak, így létrehozva egy rugalmas, mégis szilárd rendszert (Rowell 2005; Németh 1997) A növények anatómiai felépítését tekintve az egyes sejteknek különféle feladataik vannak: pl. a növény szilárdítása vagy a víz és tápanyagok szállítása. Különböző sejtípusok találhatóak a fenyőfélékben és a lombos fajokban. (Alpár et al. 2017)

Kompozitok – a kezdetek

A kompozitok egyértelműen legizgalmasabbak a műszaki anyagok között és talán szokatlanul hangzik, de a történelem kezdeteitől segítik az emberiség fejlődését. Olyan anyagokról van tehát szó, amelyek együttes használatával valamilyen közös vagy önmagában el nem érhető előnyös tulajdonságot tudunk létrehozni.

Olyan anyagokra kell gondolnunk, mint pl. a vályog, ahol az erősítő szálak anyag a szalma, amely egyfelől stabilizálja, szilárdítja a mátrixként funkcionáló agyagot, másfelől jelentősen javítja a kompozit hőszigetelési tulajdonságait. Napjainkban a vályoggal való építés a környezettudatos megközelítés miatt reneszánszát éli. Nemzetünkhöz kapcsolódó másik lignocellulóz alapú kompozit az őseink által használt oly félelmetes fegyver, a visszacsapó íj, amely fából, szaruból, állati eredetű kötőanyagokból, valamint bőrből és ínkből készült, így létrehozva egy rendkívül nagy szilárdságú és rugalmasságú kompozit rendszert (Kiszely I. 2001).



A műszaki, ezen belül a kompozit anyagok fejlődése

Faalapú kompozitok – a hőskor

1949-ben az egykori (M. kir.) Erdészeti Kutató Intézetet újjászervezték Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) néven és ekkor alapították a Faanyagvizsgáló és Fagazdasági Intézetet, amely 1950 szeptemberétől Faipari Kutatóintézet (FAKI) néven szolgálta csaknem ötven éven keresztül az elsődleges és másodlagos faipar fejlesztését.

Sopronban az 1957/58. tanévben az erdőmérnök képzés mellett megkezdődött az önálló faipari mérnökképzés, majd 1962-ben létrejött az Erdészeti és Faipari Egyetem, önálló Faipari Mérnöki Karral, ahol az oktatás mellett megalakult a faipari kutatási bázis is. Az anyagtudományi alapkutatások a faanyag fizikai és kémiai tulajdonságait tárja fel, fa-víz kapcsolatok, faanyagmodifikáció kérdéseivel foglalkozik, az alkalmazott kutatások a fa megmunkálásának eszközeire, gépeire, azok kölcsönhatásának vizsgálatára, a technológia fejlesztésére, a faanyagvédelemre, az iparági ökonómiára, logisztikára, hulladékgazdálkodásra és energetikára irányulnak. Az utóbbi években a nanotechnológiai megoldások kutatása is hangsúlyossá vált.

A FAKI bő négy évtizedes tevékenységének idején fontos alap-, alkalmazott és fejlesztési kutatásokat végzett a fa- és faalapanyagú termékeket előállító és felhasználó iparágak részére. Legfontosabb kutatási területei a fűrész- és lemezipar, bútór- és épületasztalos-ipar, faanyagvédelem és faipari szervezés, gyártás- és gyártmányfejlesztés, az alap- és segédanyagok tulajdonságainak vizsgálata, a hulladékhasznosítás, magas- és mélyépítési faszervezetek, bútorok kialakítása, favédő szerek és -eljárások kidolgozása, a számítástechnika faipari alkalmazása volt. Ezek mellett szakértői feladatokat, műszeres vizsgálatokat, szaktanácsadást, ágazati szabványosítási feladatokat is ellátott.

Az első időszakban a hazai lemezipari kutatási eredmények első sorban az 50-es évektől sorra létrejövő gyártási kapacitásokhoz, technológiákhoz, azok fejlesztéséhez, jobbításához kapcsolódtak és fokozatosan szélesedett ki a kutatások tudományos köre a FAKI és az EFE FMK létrejöttével. A hazai faipari tudományos és szakmai élet folyóirata az 1950-ben indult Faipar volt, amelyben mindkét intézmény, valamint a gyárak, üzemek kutatói, mérnökei folyamatosan mutatták be eredményeiket.

Fontos ismerni a hazai lemezgyártás alakulását is, hiszen ez alapvetően meghatározta a vonatkozó kutatások irányát, területeit. Az 50-es évek végéig csak a furnér alapú lemeziparról beszélhetünk. Ez egészen ki az 1959-ben átadott hosszú évekig épült mohácsi nedves eljárású farostlemezgyárral ($\sim 6000 \text{ m}^3/\text{év}$), igaz ugyan, hogy már 1951-ben létrehozták a Farostlemez Kísérleti Üzemet, amely még ebben az évben le is gyártotta az első hazai farostlemezeket. Ugyancsak 1959-ben kezdte meg Szombathelyen működését az első hazai forgácslapgyár ($6000 \text{ m}^3/\text{év}$). Ezekben az években elsősorban a gyártás megvalósításának alátámasztásával foglalkoztak a kutatók, így világgpiaci termelési adatokkal, gazdaságossági kérdésekkel és technológiák ismertetésével foglalkozó publikációkkal találkozhatunk, a termékekhez, technológiákhoz kapcsolódó kutatások jórészt ezt követően indulnak meg, hiszen új anyagokról és termékekről volt szó, amelyek teljes karakterizálása ekkor még hiányzott.

Ifj. Kolosváry (1959) áttekintő tanulmányában a forgácslapgyártásban alkalmazható nagyfrekvenciás melegítés kérdéseit vizsgálta. A kontakt melegítéssel kombinálva egy sokkal kedvezőbb lapsíkra merőleges felmelegedés, és kiegyenlítettebb hőmérséklet-eloszlás valószínűsíthető meg, mely által a forgácslemezek ragasztóanyagának reakciósebessége tejes keresztmetszetben nő és a présidő csökkenthető.

Hadnagy (1959) A. Desodoudil & F. Kollmann *Holz als Roh und Werkstoff* folyóiratban megjelent cikkének recenziójában ír a vizsgálati körülmények befolyásoló hatásairól farostlemez vízállósági vizsgálatain esetén. Megállapítják, hogy a mért jellemzők nem csupán az áztatás idejétől, hanem a víz hőmérséklettől, a víz kémhatásától, a próbatestek elhelyezkedésétől és a próbatest nagyságától is függenek.

Széplaki (1959) technológiai kutatást folytatott a forgács- és pozdorjalapok préselési paramétereinek vizsgálatával, amellyel új hőprések tervezési elveihez járult hozzá. Vizsgálata a présparaméterek függvényében változó jellemzőket, mint a szilárdság, felületi finomság, gázok/gőzök eltávoztása. Célja a préskapacitások növelése volt a termékjellemzők javítása mellett.

Nagyon fontos technológiai kutatást végzett Zombori (1960) a forgácslapok ragasztózáására és préselésére vonatkozóan. Felismerte a hőpréselés során a lapszerkezetben létrejövő gőz transzport általi hőtranszport jelentőségét, és meghatározta a fedő és közép réteg optimális nedvességtartalmát. Ugyancsak vizsgálta a prészárás sebességének és hőmérsékletének hatását a késztermék minőségére. Barlai & Lázár (1960) is a hőpréselési folyamatok és paraméterek hatásait vizsgálta, úgy, mint a nedvesség szerepét a zárás idővel ill. a kötési szilárdsággal összefüggésben, valamint a forgácslemez és a kész lapok nedvességtartalma közötti összefüggéseket. Vizsgálat továbbá a préselési hőmérséklet hatását a zárás időre, a ragasztóanyag kikeményedési körülményeire. Vizsgálta a présnyomás fajtáját

értéke és a zárási idő összefüggését ill. a présnyomás hatását a lap víztelenedésére. Cziráki (1983) a forgácslapgyártás hőpréselése során vizsgálata nedvesség szerepét, a „gőzütés” eljárás különböző formáiban. Palotai (1968) is foglalkozott a faforgács és pozdorja lapok préselési paramétereinek optimalizálásával, első sorban a présdiagram jelleggörbéjére vonatkozóan. Dalocsa (1969) kifejezetten a forgácslapgyártás présidejének csökkentési lehetőségeit vizsgálta a vegyszerezési paraméterek optimalizálásával, és további technológiai kutatási irányokat vetett fel. Winkler (1987) hőkamerával vizsgálta a hőmérséklet eloszlását kéreglapokban, faforgácslapokban, valamint rétegtelmezben hőpréselés során. A vizsgálat pontosabb présidőmeghatározást tett lehetővé.

Ez első nem technológiához kötődő kutatási beszámoló a FAKI-ból származik. Bálint et al. (1960) a xylenol és karbamid ragasztóanyaggal készített forgácslapok gombaállóságát vizsgálták, és megállapították, hogy a karbamid alapú ragasztóanyag inkább elősegíti a gombák terjedését, míg a xylenol ragasztóval készült lapoknál a gombakárosítás gátlását figyelhették meg. Később Vehovszky (1964) is foglalkozott a forgácslapok gombaállóságával, azon belül is a védőszer forgácslemezbe juttatásának módszereivel (forgácsra permetezés, ragasztóanyagba keverés), annak hatékonyságával.

Hamar (1960) a technológiai paraméterek kemény farostlemez minőségére gyakorolt hatásait vizsgálata: optimális aprítékméretet, az őrlésfok és a szilárdsági jellemzők összefüggését, a síkszítás lemezképzés kérdéseit, a hőpréselés paramétereit, valamint a farostlemezek edzésének (termikus utókezelésének) jelentőségét. Később Asztalos (1964) is vizsgálata a farostlemez minőségét befolyásoló tényezőket, úgy, mint a faanyag tárolása, aprítása, a rostosítási paraméterek (lombos és fenyők közti különbség) valamint a présparaméterek. Asztalos & Balogh (1968) a nedves eljárású farostlemezek rétegelváltását és annak technológiai okait vizsgálták, és javították termékminőséget a síkszita egyes szakaszainak beállításával. Devescovi (1988) keménylombos fafajok rostosítási paramétereinek hatását vizsgálta a rostminőség szempontjából. Az összefüggéseket matematikai függvényekkel írta le. Winkler & Patt (1988) erdeifenyő, fekete nyár, akác és csertölgly alapanyagok cellulózfeltárási lehetőségeit vizsgálták ASAM-eljárással.

Dalocsa (1960) kimutatta a forgácslapok hajlítószilárdságának jelentős függését a próbatetek szélességétől, ami a szabványosalkotást is megalapozta. Később (1961) vizsgálta a forgácslapok nedvességgel szembeni viselkedését, a vízfelvételi és dagadási jellemzőket, ezek dinamikáját, a sűrűséggel, bemerítési módokkal való összefüggéseit, valamint ezeknek a forgácslap szilárdságára gyakorolt hatását. 1967-ben a mechanikus és légsodrásos forgácsterítők elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkozott a forgácslapok fizikai és mechanikai jellemzőinek vonatkozásában, amely eredmények alapján ismertette a kétféle eljárás előnyeit, hátrányait.

Hadnagy 1961-ben a forgácslapok szerkezetével, annak vizsgálati módszereivel foglalkozott, amikor még nem létezett a röntgenes sűrűségeloszlás vizsgálat. E helyett mechanikus módszereket alkalmazott és hasonlított össze, mint a lapsíkra merőleges szakító szilárdság vizsgálat, rétegnyíró szilárdsági vizsgálat, hasító vizsgálat és a rétegtellenállás vizsgálat. Vámos (1980) a forgácslapok csavarállóságával foglalkozott nagy részletességgel

különböző csavarok és magfurat alkalmazásával. Eredményei alapján szabványmódosításokat javasolt.

Ruska egy három részes cikksorozatban (1962) foglalkozott a forgácslap minőségi jellemzőinek roncsolásmentes, elektromos vizsgálataival, amelyeket a FAKI-ban fejlesztettek ki. Ilyen a dielektromos módszerrel történő nedvességtartalom és sűrűség meghatározás, in-line méretmeghatározás, in-line vastagságmérés kontakt, induktív ill. kapacitív mérőátalakítókkal.

Horváth & Illés (1963) a faalapanyag és választékainak a forgácslap tulajdonságaira gyakorolt hatásait vizsgálták. A kísérletek tölgy, cser és bükk fajokra tértek ki – rönk és tűzifa – és vizsgálták az ezekből készített forgácslemezek felületi minőségét, éltartósságát és megmunkálhatóságát. Fáy et al. (1963) ugyancsak a keménylombos fajok alkalmazhatóságát vizsgálták a farost és forgácslapgyártásban, hogy az alapanyagbázist bővíteni lehessen, ill. a hazai fafajösszetételhez tudják igazítani. Ezt megelőzően fenyő és lágylombos fajokat dolgoztak csak fel a hazai gyárak és ez a vizsgálat kiterjedt a bükk, a tölgy és a cser alapanyagokra, elsősorban fűrészipari és bútorgyártási hulladék bázison. Később Heidekker (1966) a fenyő és a cser keverési arányának hatását vizsgálta a farostlemezek szilárdsága és higroszkópos jellemzői szempontjából. Sikerült szélesebb fajkeveréssel is változatlan minőségű keményfarostlemezt készíteni. Lázár (1968) a lombos fajok hatásait vizsgálta valamennyi technológiai művelet szempontjából, így a forgácsképzés, a ragasztózás, és hőpréselési paraméterek tekintetében. Megállapította, hogy a fedőrétegben előnyösebb lágylombos fajokat alkalmazni, míg a középrétegben keménylombosok is elhelyezhetők a kedvező szilárdság eléréséhez. Optimalizálta a ragasztóanyag szórás cseppméretét és a présdiagramot. Alpár (1971) a különböző fajok apríték és forgács jellemzőit, valamint a tömörítési foka és a szilárdsági értékek közti összefüggéseket vizsgálta. Takáts (1977) a cser forgács lenpozdorjával, majd 1978-ban lenpozdorja nyárral való különböző arányú keverésének lehetőségeit vizsgálta pozdorjalapok gyártásakor. A két lombos faj közül a nyár adott jobb eredményeket. Takáts (1980) a lenpozdorja részecskék alakiságát – úgy, mint méret eloszlás és karcsúság – is vizsgálta szitaanalízissel, és akkor még újdonságnak számító számítógépes statisztikai kiértékeléssel. Fonófűz és lenpozdorja hulladék különböző arányú keverésével folytatott lapgyártási kísérleteket Takáts (1982), és megállapította, hogy a fűzhulladék arányának növelése a szilárdság romlását eredményezi. Nyárs (1985) mesterséges klimatikus körülmények ill. a farontó gombok forgácslapok mikrostruktúrájára gyakorolt hatását vizsgálta pásztázó elektronmikroszkóp segítségével.

Cziráki (1964) szabályozott tulajdonságú forgácslapok laboratóriumi gyártásával kísérletezett. Már az OSB amerikai szabadalmaztatása előtt (Elmendorf) készített és vizsgált irányított forgácselrendezésű lemezeket, amely módszer a forgácselrendezéstől függetlenül alkalmas lehet lemez, tartó és idompréselt termékek gyártására egyaránt. Devescovi (1982) orientált fedőréteggű forgácslapokkal végzett kutatást. A középréteg hagyományos középforgács volt, míg a vékony fedőrétegbe strand szerű furnérhulladékot alkalmaztak orientáltan. Az így készített lapok hajítószilárdsága duplája volt a közönséges forgácslapénak.

Kolosváry (1965) a forgács és pozdorjalapok vízzel szembeni ellenállásának változását vizsgálata az alapanyagok előzetes hőkezelése függvényében, ahol 13 perces időtartammal és 160-200-210-235 °C hőmérsékletű előkezeléseket végzett. A hőkezelt alapanyagból készített forgácslapok szilárdsága csak kis mértékben romlott, vastagsági dagadásuk azonban közel a felére csökkent. Ezen eredmények alapján Tomek Antalné (1965) további, részletesebb vizsgálatokat folytatott termikusan kezelt faforgácsok lemeztulajdonságokra gyakorolt hatásairól. Ő rövid, néhány perces, ám magas hőmérsékletű, 230–300 °C, kezelésnek vetette alá a forgácsokat, majd vizsgálata a forgácsok kémiai összetevőinek (cellulóz, hemicellulózok, lignin) változásait. Ezek függvényében változnak a forgácslapok higroszkópos tulajdonságai és az alkalmazott ragasztóanyagok adszorpciós tulajdonságai. Domján (1976) faroslemezek környezeti klimatikus viszonyok hatásai szerinti viselkedését vizsgálta bútortipari felhasználás szempontjából. Ennek keretében légnedveség változás hatására létrejövő méretváltozásokat és deformációt vizsgálta a raktározási körülmények függvényében

Alpár & Joó (1965) a forgácslapok forgácsalmazait és azoknak a késztermék jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálták. Vizsgálták mind a fedő-, mind a középrétegben jelenlévő apró forgácsok (<3,0 mm) hatását a fizikai, mechanikai tulajdonságokra. Emellett vizsgálták a célforgácsok gyártási paramétereiktől való függését is (Alpár & Joó 1965). Alpár (1965) ezen felül vizsgálata a ragasztózási technológiák hatásait, konkrétan a térfogó ill. súly szerinti adagolás hatását a forgácslapok fizikai, mechanikai tulajdonságaira. Az adagolási módszerek hatását a forgácsvastagság és a fafaj hatásai szerint vizsgálta. Arató (1983) a keretfűrészpor forgácslapban történő alkalmazását vizsgálata és megállapította, hogy keresztáramú őrlőgépekkel való finomítás után kiválóan alkalmas, hogy a fedőrétegben alkalmazzuk.

Amrik & Zombori (1965) újabb típusú farostlemezek (nedves eljárású) gyártásával foglalkozott. Ezek között a finom rostréteggel borított keményfarostlemezekkel, ahol a finom réteg javítja a hajlítószilárdságot. Foglalkozott a száradó olajokkal nemesített farostlemezekkel is. Ez utóbbiaknál 35–40%-os szilárdságnövekedést és a dagadás 40%-os csökkenését figyelték meg. Tomek 1967-ben végzett újabb kutatásokat farostlemezek száradó olajjal történő nemesítésével kapcsolatban. Nyolcféle természetes olajjal dolgozott, amelyekkel főzés révén impregnálta a farostlemezeket, majd 200 °C-on végezte az edzést. Kutatásával meghatározta a szükséges olajmennyiségeket és kezelési paramétereket, amelyekkel mind szilárdsági növekedést, mind pedig a higroszkópos jellemzők jelentős javulását tudta biztosítani.

Forgácsok ragasztózási problémáival foglalkozott Tóth (1966) és Alpár (1966) is. Tóth a nedvesséviszonyok és a nyílt idő hatását vizsgálata a forgács és vegyi anyagok nedvességtartalma, ill. a katalizátor aránya függvényében. Alpár a porlasztók beállításai, a porlasztási kép és a hajlítószilárdság összefüggéseit vizsgálta és optimalizálta a porlasztó nyomását és az átáramló ragasztóanyag mennyiségét. Szendrey (1969) a faanyag kémiai tényezőinek, első sorban a kémhatásnak a forgácslapgyártása gyakorolt hatását vizsgálata. Megállapította, hogy különböző fafajok eltérő katalizátor mennyiséget igényelnek, hogy azonos körülmények között legyenek préselhetők.

A faalapú kompozitok világában egészen új irányú kutatást folytatott Czvikovszky és Kolozsváry (1967), mégpedig a sugárkémiai úton készül fa-műanyag kompozitokat vizsgálták. A módszer lényege, hogy a műanyag (PVC) fázis monomereit folyadék állapotban viszik be a fába, majd valamilyen nagy energiájú sugárzással in-situ történik meg a műanyag polimerizációja. Németh (1975) a hőre keményedő poliészter gyantával impregnált rezgő nyár paradiffúzióját vizsgálata. Kimutatta, hogy a monomer, ill. kikeményedés után a polimer nem hatol be az interfibrilláris terekbe, így a sejtfalak vízfelvétele csak kis mértékben csökkenti, és a nedvességfelvételt csak lassítja.

Reményi (1968, 1970) három részes cikksorozatban publikálta összehasonlító vizsgálatait különböző eljárásokkal és gyártónál készített rétegeltlemezek szilárdságáról. A változók a fafajban, rétegszámban, rétegvastagságban, ragasztóanyag előkészítésben, préselési paraméterekben, felhordott ragasztóanyag-mennyiségben voltak. Ezeken felül gazdasági elemzést is készített a vizsgált technológiákkal ill. termékekkel kapcsolatban. Németh (1976, 1977) a műszaki és a bútorigipari színfurnér-gyártási technológiákat vizsgálta, ezen belül is kihozatalt, a hámozott furnér szakadatlanságát, a technológia rugalmasságát, stabilitását. Németh (1986) a rétegelt falemezek hőmérsékleteloszlását vizsgálta hőpréselés során. A lemezszerkezet felmelegedésének pontos ismerete segítséget ad a présparaméterek optimalizálására. Tölgy, bükk és mahagóni színfurnérok felületi minőségét vizsgálta Németh (1980) a prizmakialakítás és hasítási irány függvényében. Megállapította, hogy míg a hazai gyűrűslakcsú fafajok esetén törekedni kell a felezett prizmaalakra, addig a hazai szórtlikacsúak esetében nincs jelentősége a prizmakialakításnak. Németh (1985) a furnérhámozás során keletkező repedéseket vizsgálta és definiálta a kritikus repedés fogalmát. Megállapította méréseivel, hogy a repedések milyen mértékben befolyásolják a furnér, ill. az abból készült rétegeltlemezek szilárdságát. Molnár et al. (1983) az akác színfurnér gyártásra való alkalmasságát vizsgálták. A prizmákat túlnyomásos gőzöléssel lágyították különböző paraméterek mellett, majd vízszintes hasítógépen 0,7 mm vastag furnért hasítottak. Munkájuk során kidolgozták az akác furnérgyártási technológia paramétereit. Németh (1985) a tömörítés és a rétegelt lemezek tulajdonságai közti összefüggéseket vizsgálata. Bükk és nyár furnérok különböző préselési paraméterek melletti tömörítését végezte el, és vizsgálata a tömörödés idő és nyomás függését. Emellett vizsgálta a rétegeltlemez gyártásakor bekövetkező tömörödés hatását a termék szilárdságára vonatkozóan. Németh & Jakál (1987) a műszaki furnérok jellemzői és a belőlük készült rétegeltlemezek szilárdsága közötti összefüggéseket vizsgálták. A kutatás során bükk, gyertyán, éger, hárs és nyár furnérokat vizsgáltak, és megállapították, hogy a rétegelt lemezek tulajdonságai csak a furnértulajdonságok együttes figyelembevételével tervezhetők. Szoros lineáris összefüggést állapítottak meg a furnér és a rétegeltlemez szilárdsági jellemzői között.

Az építőipari felhasználási igények megjelenésekor Nyárs (1972) a forgácslapok égéskésleltetési lehetőségeit vizsgálta különböző szervesetlen égéskésleltető anyagok alkalmazása esetén. Később (1986) a forgácslapok tartóságának vizsgálataival foglalkozott, öt módszert hasonlított össze: a víz- és nedves klímaállóság, a ciklikus igénybevételek, a természetes kitétség, az élettartam, valamint a korróziós és biológiai vizsgálatokat. Nyárs (1987) a forgácslapok természetes körülmények közötti kitétségét is vizsgálta MUF, UF

és Portland cement kötőanyag felhasználása mellett. A lemezek hajlítószilárdságát vizsgálta a 3, 12, 18, 24 és 30 hónap után. A legtöbb esetben a szilárdság exponenciális csökkenését figyelte meg.

Németh (1977) a forgácslapgyártás egy fontos környezeti kérdésével, a formaldehid kibocsátással foglalkozott. Vizsgálta a felszabaduló formaldehid mennyiségét befolyásoló tényezőket, és a csökkentési lehetőségeket.

Pál (1978) vizsgálta először a forgácslapok és farostlemezek érdességét mechanikus érdességmérő műszerrel. Méréseivel felületi minőségi sorrend meghatározására tett javaslatot.

Winkler (1986) a hazai farostlemezgyártási fejlesztések lehetőségeiről írt, melyek közül a gipszkötésű rostlemez laboratóriumi kísérleteit részletezi akác és cser alapanyagból, amelyek főbb jellemzői azonban alatta maradnak a fenyő alapanyagú hasonló termékek értékeihez képest. A faforgácslapipar fejlesztési lehetőségeiről – pl. furnérforgácslap – és új vizsgálati módszerekről ír Winkler (1980), amelyek közül kiemelte a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatait, amelyek lehetővé tették a ragasztási felületek és törésképek részletes elemzését.

Cziráki & Winkler (1980) a furfurologyártásban keletkező fahulladékok hasznosíthatóságával foglalkozott. Vegyes fafajú farostlemezgyártási farostot keverték különböző arányban a furfurologyártás lombosfa hulladékával és készítettek belőle farostlemezeket. Ugyancsak vizsgálták háromrétegű forgácslapban való hasznosítást, ahol vegyes forgácshoz keverték a hulladékot. A furfurologyártási hulladék alkalmazásakor egyes keveréseknél nem használtak ragasztóanyagot. A hulladék arányának növelésével általában romlott a lapok szilárdsága.

Faalapú kompozitok – a rendszerváltás után

Nyárs (1992) a ragasztóanyagok és fafaj használatának a forgácslapok tartósságára gyakorolt hatását vizsgálta akác, erdeifenyő, csertölgy és nyár alapanyagok, valamint MUF, PF és MDI ragasztóanyagok felhasználásával. A vizsgálati módszerek széles körűek voltak: természetes kitettség, nedves klíma, ciklikus öregítés, tartós terhelés és biodegradáció. Megállapította, hogy mind a fafaj, mind a ragasztóanyag befolyásolja a tartósságot. Emellett új vizsgálati módszereket is alkalmazott, mint pl. az IR spektroszkópia a biodegradáció nyomon követésében.

Szántó & Németh (2001) farostlemezek szorpciós tulajdonságait vizsgálták különböző fafaj mixek, lemezvastagságok és prэшőmérsékletek esetén. Szántó et al. (2003) az óriásfű (*Elymus elongatus* (*Agropyron elongatum*) cv. *Szarvasi-1*) nedves eljárású farostlemezgyártásban történő felhasználhatóságát vizsgálták. A laboratóriumi és üzemi kísérletek igazolták a Szarvasi-1 fű alkalmasságát, azonban egy tényleges felhasználás több technológiai módosítást igényelt volna. Ugyanezt az alapanyagot vizsgálata Alpár & Markó (2016), ám ezúttal száraz eljárású farostlemez (MDF) kísérleti gyártásához karbamid-formaldehid, melamin-karbamid-formaldehid valamint fenol-formaldehid ragasztó felhasználásával. Winkler & Alpár (2005) keménylombos fafajok, nevezetesen

akác és csertölgly alkalmazhatóságát vizsgálták nedves eljárású farostlemezgyártásban ill. gipszkötésű rostlemez gyártásban. Alpár et al. (2007, 2010) laboratóriumi, majd ipari körülmények között vizsgálták ültetvényes fafajok alkalmazhatóságát száraz eljárású farostlemezgyártásban. A vizsgálat fafajok Pannónia nyár, I214 nyár, akác és feketefenyő voltak.

Bejó et al. (2005) kísérletet tettek teherviselő célú cement kötésű kompozit gerendák kifejlesztésére, azonban nem sikerült megfelelő szilárdságú gerendákat előállítaniuk. A cement és faanyag közötti kapcsolat javítására tett kísérleteik, melynek során különböző rétegenkénti (LbL) nanobevonatokat alkalmaztak (Bejó et al. 2016a, b) ígéretes eredményeket hoztak. Sajnos azonban a továbbiakban, a termék továbbfejlesztése során nem sikerült jelentős javulást elérni a gerenda szilárdságában.

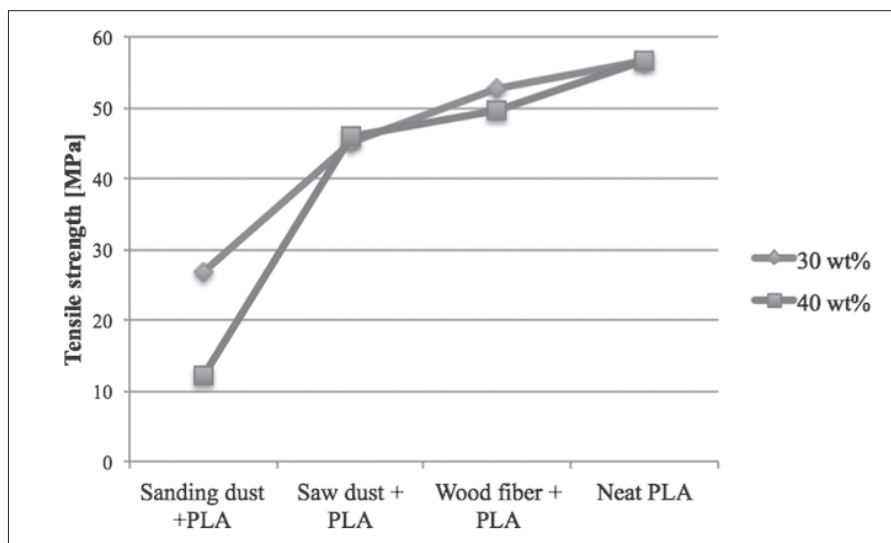
Alpár (1994, 2000) cementkötésű forgácslapok kötésgyorsítási lehetőségeit kutatta mind adalékanyagok alkalmazása, mind pedig CO₂ injektálás révén, amely területen számos új eredményt ért el. Optimalizálta a széndioxidos kötésgyorsítás paramétereit, vizsgálta a hagyományos és a gyorsított eljárású lemezek porozitását (Alpár et al. 2003). Fontos megállapításokat tett ezen termékek TG és DSC vizsgálatai révén (Alpár et al. 1997). Klasz (2008) húszféle hazai nyár hibridet vizsgált meg cementkompatibilitás tekintetében hidratációs vizsgálatokkal ill. cukor- és tannintartalom mérésekkel. Alpár & Rácz (2006) I214 nyárfá és erdei fenyő különböző arányú keverékeivel készített jó eredménnyel cementkötésű forgácslapokat. Alpár et al. (2011, 2012) alternatív kompatibilizáló anyaggal, PDDA töltésmódosítóval ill. montmorrillonit nano ásvánnyal végzett sikeres kutatásokat nyár, valamint erdefenyő alapú cementkötésű kompozitok – cementkötésű forgácslapok, valamint fagyapotlemezek – tekintetében. Mind a szilárdsági eredmények, mind az anyaghasználat igen kedvezőnek bizonyult.

A CLT néven ismert, tömörfa lamellákból álló keresztlaminált építőlemez robbanás-szerű fejlődésen ment keresztül az elmúlt két évtizedben, és továbbra is töretlen az érdeklődés e sokrétű, környezetbarát építőanyag iránt. A nagy érdeklődésre való tekintettel a CLT-hez egy idő után várhatóan egyre nehezebb lesz jó minőségű fenyő faanyagot beszerezni, ezért a közeljövőben felértékelődhet egyéb fafajok szerepe. Hazai kutatók (Markó et al. 2015, 2016) magyar I-214 olasznyár (*Populus × euramericana* cv. I-214) felhasználásával tettek kísérletet CLT gyártására. Az eredmények részben biztatóak; a kísérleti panelek szilárdsága megfelelő lett, azonban a rugalmassági modulus némileg alulmaradt a várakozásokhoz képest. A rossz eredmények egyik okaként a lamellák osztályozását azonosították. Jelenleg folynak a kísérletek jobb műszaki tulajdonságú nyár, valamint vegyes (bükk-nyár, bükk-fenyő, fenyő-nyár) panelek fejlesztésére.

A nyár faanyag ragasztott építőipari termékekben történő hasznosítására már a '70-es években történtek kísérletek (Wittmann & Pluzsik 1973, 1975; Kajli et al. 1975). Ennek köszönhetően 1975-ben meg is épült egy hazai nemesnyárból (*Populus × euramericana* cv. *Robusta*) készült többfunkciós csarnok, melynek érdekessége, hogy a külső héjazata is nyár vázszerkezetű könnyűszerkezetes panelekből készült. Egy 2012-es felülvizsgálat megállapította, hogy a megfelelő faanyagvédelemmel ellátott nyár anyagból készült

csarnok közel 40 év elteltével is jó műszaki állapotban van (Schlosser et al. 2012). Ez is mutatja, hogy a nyár anyag építőipari hasznosításában van potenciál.

Sanadi et al. (2004) WPC kutatással foglalkoztak, kenaf rostokat ágyaztak polipropilén mátrixba. Kötésvjavítóként maleinsav anhidritet használtak, valamint a rostokat különböző arányú glicerinnel kezelték. Ez utóbbi arányának növelése növekvő szál-mátrix kapcsolattal, így növekvő szilárdsággal járt. Alpár (2019) fa-PLA (politejsav) kompozitokon vizsgálta az erősítő faanyag részecskék alakiságának hatását a kompozit szilárdságára. Falisztet (csiszolatpor), mikroforgácsot (fűrészpor) és valódi rostokat (defibrátor rost) kevert extrúderrel különböző arányban a PLA mátrixba. Megállapította, hogy az alakiságnak jelentős hatása van a kompozit szilárdsági jellemzőire, ill. definiálta az alakiság alapján, hogy milyen karcsúsági tényező esetén tekinthető a fa részecske erősítőszálnak, és mikor egyszerű töltőanyag. Markó & Alpár (2018) len szövet ill. üveg szövet erősítésű PLA réteges kompozitokat vizsgáltak, és megállapították, hogy kompatibilizáló adalék nélkül erősebb kölcsönhatás alakul ki a lenszálak és a PLA között, mint az üvegszálak és PLA között. Kocsis (2008) farosttal erősített műanyagkompozitok tönkremenetelét vizsgálta akusztikus emissziós módszerrel PLA mátrixba ágyazott mikroforgács erősítésű kompozitban.



Különböző alakiságú és mennyiségű fa részecskéekkel erősített fa-PLA kompozitok húzószilárdsága (Sanding dust – csiszolatpor, wood fiber – farost, wt%-tömegszázalék)

Winkler et al. (2006) több kutatás eredményéről számoltak be, így foglalkoztak szálas műanyag hulladék akácfa rostokból készített gipszkötésű farostlemezekbe történő alkalmazásával, papír- ill. cellulózyári rostiszap, REA-gipsz és precipitált mésziszap hasznosításával, továbbá impregnált dekorpapír hulladék forgácslapgyártásban történő hasznosításának lehetőségével (Alpár & Winkler 2006). Alpár et al. (2006) forgácsla-

pok és farostlemezek újrahasznosíthatóságával foglalkozott. A falemezeket különböző hőmérséklet és gőzállapotok mellett autoklávban hitrotermikusan kezelték, majd az így szétcsétt és rekondicionált forgácsokból és farostokból, 100%-ban újrahasznosított alapanyagból tudtak szabványos minőségű forgácslap és MDF termékeket készíteni.

Takáts et al. (2012) magasztényű, színes újságpapír darálásával, majd kötőanyag hozzáadása nélküli hőpréselésével készített extra nagy sűrűségű rostlemezeket, amelyek érdekes alapot jelenthetnek a papírhulladékok újrahasznosításában. Varga (2007) cementkötésű rostlemezeket készített napilap célú újságpapír újrahasznosításával, különböző rost-cement keverési arány mellett félszáraz eljárással. Németh (2010) irodai papírhulladékot hasznosított újra különböző arányban farosthoz keverve száraz eljárású MDF gyártásában.

Érdekes kísérlet történt a 2010-es évek elején a fertő-tavi nád anyagának hasznosítására, cement kötésű kompozit anyag formájában (Alpár et al. 2012). A kísérlet során nád anyag és cement felhasználásával szigetelő panelek készültek. Az eredmények kielégítőek voltak; a kereskedelmi forgalomban kapható fagyapot alapú szigetelőanyagokhoz hasonló szigetelőképeségű paneleket sikerült előállítani.



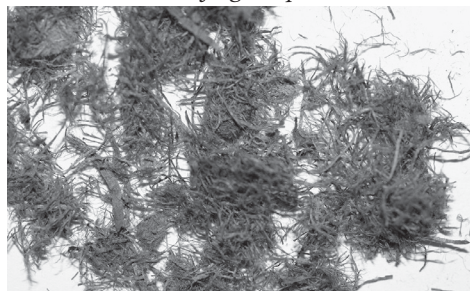
Kalapácsos malomban ledarált forgácslap



Hidrotermikusan kezelt, majd szétbontott forgácslap



Kalapácsos malomban ledarált MDF



Hidrotermikusan kezelt, majd szétbontott MDF

Forgácsok és farostok hidrotermikus kezelés után újrahasznosítási kísérletekben

A furnéralapú szerkezeti anyagok hazai gyártásának lehetősége szintén nagy érdeklődést generált a hazai kutatók körében. Már a '90-es években is folytak kísérletek hazai

anyagból készíthető LVL fejlesztésére (Kovács et al. 1997), majd a 2000-es évek elején magyar–amerikai együttműködésben is folytak erre vonatkozó, komplex vizsgálatok (Bejő & Láng, 2004). Németh et al. (2003) I-214 és Marilandica nyár klónok alkalmazását vizsgálták LVL gyártásban, és megállapították ezek alkalmazását szerkezeti célú termék gyártásához. A későbbiekben történtek további próbálkozások, elsősorban a hazai nyár alapanyag bázis ilyen jellegű kihasználására (Vilpponen et al. 2014), azonban az eredmények ipari hasznosítása egyelőre még várat magára.

Érdekes kísérlet történt a 2010-es évek elején a fertő-tavi nád anyagának hasznosítására, cement kötésű kompozit anyag formájában (Alpár et al. 2012). A kísérlet során nád anyag és cement felhasználásával szigetelő panelek készültek. Az eredmények kielégítőek voltak; a kereskedelmi forgalomban kapható fagyapot alapú szigetelőanyagokhoz hasonló szigetelőképességű paneleket sikerült előállítani.

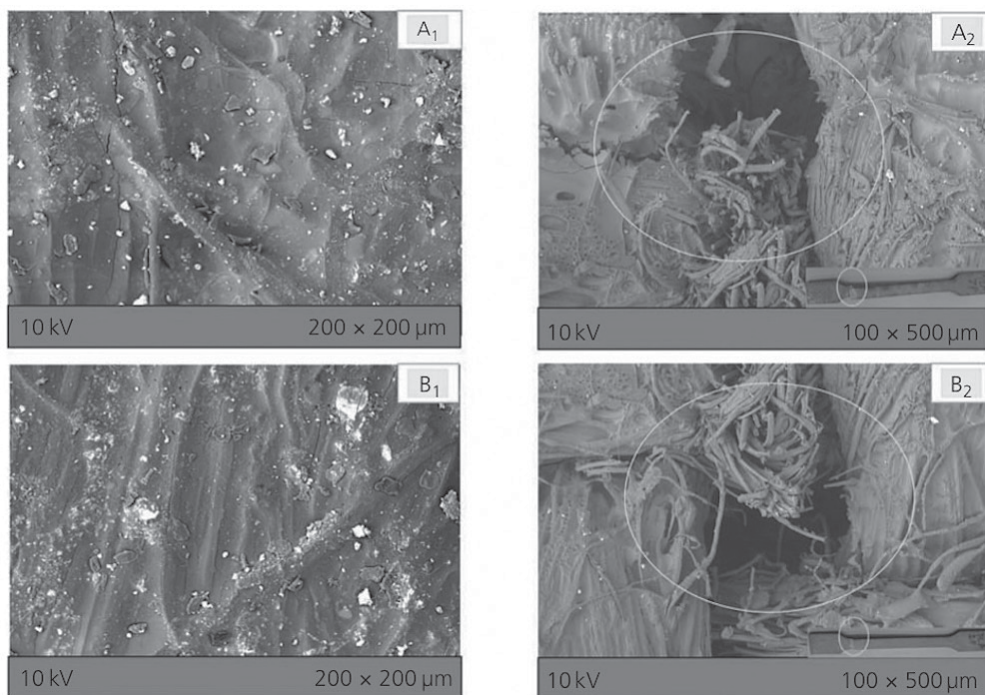
A furnéralapú szerkezeti anyagok hazai gyártásának lehetősége szintén nagy érdeklődést generált a hazai kutatók körében. Már a '90-es években is folytak kísérletek hazai anyagból készíthető LVL fejlesztésére (Kovács et al. 1997), majd a 2000-es évek elején magyar–amerikai együttműködésben is folytak erre vonatkozó, komplex vizsgálatok (Bejő & Láng, 2004). Németh et al. (2003) I-214 és Marilandica nyár klónok alkalmazását vizsgálták LVL gyártásban, és megállapították ezek alkalmazását szerkezeti célú termék gyártásához. A későbbiekben történtek további próbálkozások, elsősorban a hazai nyár alapanyag bázis ilyen jellegű kihasználására (Vilpponen et al. 2014), azonban az eredmények ipari hasznosítása egyelőre még várat magára.

Érdekes kutatási projektet jelentett az egyiptomi–magyar együttműködés, amely az afrikai ország mezőgazdasági hulladékainak hasznosítását célozta. A kutatók (Dahshan et al. 2011) a forgácsképzési és préselési paraméterek optimalizálásával igyekeztek minél jobb tulajdonságú forgácslap termékeket előállítani, bár az eredmények elmaradtak a faforgácslap teljesítményétől.

Bár a közvetlenül az ipar számára végzett kutatások jelentősége a rendszerváltás után csökkent, ebben az időszakban is folytak projektek közvetlenül az ipari megbízásból. Ilyen volt a – bútoralkatrész céljára készülő – kisméretű bükk rétegelt lemezek vetemedésére vonatkozó vizsgálat (Bejő 2010). Ennek eredményei rámutattak, hogy a vetemedést elsősorban a hőmérséklet befolyásolja, míg az – iparban rutinszerűen végzett – utólagos lesúlyozás nincs jelentős hatással az alkatrészek vetemedésére.

Az elmúlt években számos természetes szál-erősítésű polimer kompozit kutatás folyt az Alpár Tibor által vezetett Biokompozit Kutatócsoportban. A klasszikus fizikai és mechanikai tulajdonságok mellett a határfelületi anyagjellemzőket is rendszeresen vizsgálják FTIR, SEM, EDX, TG, DSC, XRD módszerekkel. Brahmia et al. (2020a, 2020b) több kutatást is folytatott cementkötésű forgácslapok tűzállósági jellemzőinek javítására. PEG 400, foszfor és bórvegyületeket használ az erdeifenyő és nyár alapanyagok kezelésére. Sikerült egy osztállyal feljebb sorolnia a termék tűzállósági besorolását. Hasan et al. (2021g, 2021f) félszáraz technológiával kísérleteztek kókusz héj és erdeifenyő forgács felhasználásával, továbbá egyes fafajból, különböző fa-cement tényezővel is készítettek rostlemezt. Egy másik kutatási terület volt különböző növényi részek (vörösfenyő ill.

tiszafa geszt, hárs levél, szil virágzat, mamutfenyő kéreg) segítségével zöldkémiai módszerrel nyert nano ezüst részecskék alkalmazása különböző természetes szövetekkel – szizál, len, kender – és üvegszövettel készített réteges kompozitokban (Hasan et al. 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e). Vizsgálták rizs szalma és energia nád különböző arányú keverékének alkalmazhatóságát fenol-formaldehid ragasztóanyaggal biokompozit termék gyártásában (Hasan et al. 2021h). Kókusz forgács, rövid rost és hosszú rostszálak kombinálásával készítettek három-rétegű kompozitot MUF ill. fenol-formaldehid ragasztóval kihasználva a különböző alakúságú részecskék erősítő hatását. A kísérleti lemezek többek között kiváló hőszigetelési tulajdonságot mutattak (Hasan et al. 2021i, 2021j). Egy további kutatási terület a réteges kompozitok vizsgálatai. Len és üvegszövet kombinálásával, MDI ragasztóval készítettek hibrid kompozitokat és vizsgálták a mechanikai jellemzők mellett SEM segítségével a kialakult struktúrát, EDX és FTIR segítségével a felületi elemeket és TGA/DTG-vel az elemek bomlási hőmérsékleteit (Hasan et al. 2021c). Len szövet erősítésű PLA ill. PP kompozit szál-mátrix kapcsolatát vizsgálta Hasan et al. (2021k) SEM, FTIR és TG segítségével.



Len/PLA és len/PP biokompozitok SEM-felvételei: FPLA (A1), FPP (B1), FPLA törési felület (A2) és FPP törési felület (B2)

Jövőbeni potenciálok

A természetes szálakkal erősített polimer kompozit hozzájárul a biokompozitok fejlődésének elősegítéséhez a fenntarthatóság és a teljesítmény szempontjából. A biokompozitok jelentős piaci pozíciót értek el a nagy hozzáadott értéket képviselő termékek esetében, különösen az autópárhban. Ahhoz, hogy más piacokra is kiterjedhessen, mint például az új építési technikák és a fogyasztási cikkek, a kompozitoknak nagy teljesítményjellemzőkkel, tartóssággal, kaszkádhasználattal és megbízhatósággal kell rendelkezniük. Bár a biokompozitok iránti érdeklődés az utóbbi időben növekszik, a fő kihívás továbbra is a hagyományos kompozitok helyettesítése. A biokompozitoknak összemérhető vagy jobb funkcionális és szerkezeti tulajdonságokkal kell rendelkezniük tárolás, felhasználás és a környezeti lebomlás szempontjából. Az átfogó kutatások alapján a biokompozitok piaca várhatóan bővül a jövőben, mivel a társadalmi, környezeti tudatosság és a fenntarthatóság kérdései kényszerítik ezeket a változásokat. A termékek és a technológiák gyorsan fejlődnek. Még mindig vannak kihívások az elfogadásukkal kapcsolatban, a teljesítmény-költség arány kérdései fenntarthatóságuk ellenére (a mátrix, valamint az erősítő fázisok megújuló mivolta és újrahasznosíthatósága) vonzóak. Az új anyagok jellemzéséhez új szabványokra van szükség.

A biokompozitok fenntartható alapanyagbázisra épülnek, és teljes mértékben újra hasznosíthatók, ugyanakkor drágábbak lehetnek, ha teljesen természetes alapúak és biológiailag lebonthatók, valamint érzékenyek a hőmérsékletre, a nedvességre és a biológiai kártevőkre. Ezenkívül a szerkezeti célokra tervezett biokompozitoknak meg kell felelniük a különféle előírásoknak, mint például a kibocsátás, az igénybevétel és a nagy mennyiségű hulladék kezelése. A biokompozitok új generációit széles körben kell felhasználni a tömeggyártású fogyasztási cikkekben, mind beltéri, mind kültéri termékekben. Az orvosi alkalmazásoknak ígéretes jövője is van, mivel a kutatások a biokompozitok új tulajdonságait tárják fel. A biokompozitok jó specifikus tulajdonságokkal rendelkeznek, de tulajdonságaik nagyon eltérőek. Gyengeségeiket a természetes rost / mátrix alapú kompozitok korszerű feldolgozásának közelmúltbeli és jövőbeli fejlesztéseivel kell leküzdeni. (Gurunathan et al. 2015; Mohanty et al. 2002)

A közeljövőben többek mellett a biokompozitok felhasználása is növekszik a szerkezeti alkalmazásokban. Megfelelő mátrix alkalmazásával a biokompozitok 100% -ban biológiailag lebonthatók lehetnek, de biológiai lebonthatóságuk kontrollálása kihívást jelent. A biokompozitok gyenge hosszú távú teljesítményt, nemlineáris mechanikai viselkedést és alacsony ütési szilárdságot mutattak. Fontos a biokompozitok életciklusának értékelése annak érdekében, hogy megőrizzük a fő előnyt a nagy teljesítményű biokompozitok kidolgozása során. Új piacok alakulnak ki, amikor ezek a termékek tartósabbak, méret-stabilak, erősek, nedvességállóak és tűzállóak lesznek. (Faruk et al. 2012)

A jövőben rejlő lehetőségeket a nanotechnológia mutatja be. Számos ígéretes lehetőséget kínál a biokompozit termékek fejlesztésére. Nemcsak a nanokompozitokat kell figyelembe venni, hanem a nanotechnológián alapuló bevonatok fejlesztését is, amelyek csökkentik a vízfelvételt, csökkentik a biológiai lebonthatóságot és az illékony szerves

vegyületek kibocsátását, sőt javítják a lángállóságot. A nanokristályos cellulóz felhasználását különféle célokra vizsgálják, mivel erősebb, mint az acél, és merevebb, mint az alumínium. A nanokristályos cellulózzal megerősített kompozitok fejlett teljesítményt, értéket, tartósságot és élettartamot biztosítanak egy teljesen fenntartható technológia mellett. (Fernandez et al. 2016; Halász et al. 2015)

A 2021 év építőanyag trendjei bebizonyították, hogy milyen veszélyes mértékben függővé vált a hazai építőipar a nemzetközi építőanyag piactól. A fenyő faanyag jelentős ár ingadozásai különösen nehéz helyzetbe hozták az ácsipart és a könnyűszerkezetes faházgyártást. A helyzetet tovább rontja, a klímaváltozás miatt elszaporodó erdei kártevők által előidézett fenyőpusztulás, illetve ennek következtében a jövőben várhatóan csökkenő fenyő alapanyagkészletek. A hazai lombos faanyag alternatívát kínál a költséges külföldi fenyő faanyag kiváltására. Az utóbbi évtizedekben számos kísérlet történt néhány hazai lombos faanyag (pl. nyár) felhasználására különböző területeken, különösen a ragasztott szerkezeti termékek (hossztoldott fűrészáru, rétegelt-ragasztott tartó, CLT) gyártásában, változó sikerrel. A lombos faanyag alapú építőipari célú kompozitok fejlesztése hangsúlyos lesz a következő években.

Irodalom

- Alpár T. 1965: A kötőanyagfelhordásnál és terítésnél alkalmazott térfogat, illetve súly szerinti adagolás hatása a forgácslapok fiziko-mechanikai tulajdonságaira. *Faipar XV.* 8: 243–246
- Alpár T. és Joó I. 1965: Az apróforgácstartalom hatása a faforgácslapok fiziko-mechanikai tulajdonságaira. *Faipar XV.* 6: 179–188
- Alpár T. és Joó I. 1965: Az apróforgácstartalom hatása a faforgácslapok fiziko-mechanikai tulajdonságaira. *Faipar XV.* 7: 197–204
- Alpár T. 1966: Kötőanyag-felhordás a forgácslapgyártásba szekunder-levegős porlasztók segítségével. *Faipar XVI.* 10: 306–310
- Alpár T. 1971: Forgácslapipari kutatások többféle fafaj együttes használatával kapcsolatosan. *Faipar XXI.* 8:247–251
- Alpár T. 1994: Széndioxidos kikeményítésű cementkötésű forgácslapok porozitásvizsgálata. Diploma dolgozat. Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron
- Alpár T., Németh K., Takáts P., Winkler A. 1996: Thermal Analysis of Cement-Bonded Particleboards. In: Moslemi, AA (szerk.) *Inorganic-Bonded Wood and Fibre Composite Materials* (Conference : 5th : 1996 Sep : Spokane, WA). 123–130.
- Alpár T. 2000: Kötésgyorsítási módszerek a cementkötésű forgácslapok gyártásánál. Doktori (PhD) disszertáció. Soproni Egyetem, Sopron
- Alpár T., Takáts P., Hatano Y. 2003: Porosity of cement-bonded particleboards hardened by CO₂ injection and cured by hydration. *JAPAN AGRICULTURAL RESEARCH QUARTERLY* 37(4): 263–268
- Alpár T., Hatano Y., Shibisawa T. 2006: Recycling of particleboard and fiberboard by hydrothermal process - hydrolisis of the adhesive and reconditioning of compressed wood-cells. 6th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium, April 5–6. Kassel, Germany, 18-1, 18-4.

- Alpár T., Winkler A. 2006: Recycling of Impregnated Décor Paper in Particleboard. *ACTA SILVATICA ET LIGNARIA HUNGARICA* 2006/2: 113–116
- Alpár T., Rác I. 2006: Cementkötésű forgácslapok gyártása nyár forgácsból. *Faipar LIV.* 4: 20–25.
- Alpár T., Fácán T., Rác I., Kátoli G. 2007: MDF/HDF production from plantation wood species. The 4th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2007
- Alpár T., Pavlekovic A., Fácán T., Kátoli G. 2010: MDF-HDF production from plantation wood species - Industrial results (A research study). The 4th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2010.
- Alpár T., Pavlekovic a., Selmecci É., Horváth L. 2011: Wood wool cement boards produced with nano minerals. 3rd International Scientific Conference on Hardwood Processing (IS-CHP32011) I: Peer reviewed contributions, 75–82.
- Alpár T., Schlosser M., Hajdu I., and Bejo L. 2012: Developing Building Materials from Cement-bonded Reed Composite Based on Waste Materials. in *The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment: International Scientific Conference on Sustainable Development and Ecological Footprint*, 359–367.
- Alpár T., Selmecci É., Csóka L. 2012: Advanced wood-cement compatibility with nano mineral. *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint*, March 26–27 2012, Sopron, Hungary, 7. o.
- Alpár T., Markó G. 2016: Energy Grass as Raw Material for MDF Production. *Acta Sylvatica et Lignaria*, 13(1): 67–77.
- Alpár, T.L., Markó, G., Koroknai, L. 2017: Natural Fiber Reinforced PLA Composites: Effect of Shape of Fiber Elements on Properties of Composites, In: Vijay Kumar Thakur, Manju Kumari Thakur, Michael R Kessler (szerk.) 2017, *Handbook of Composites from Renewable Materials: Volume 2 - Design and Manufacturing*. New York: John Wiley & Sons; Scrivener, 287–312.
- Alpár T. 2019: Effect of Element Morphology on Strength of Wood-PLA Composite. *Proceedings of the 62nd International Convention of Society of Wood Science and Technology October 20–25, 2019 – Tenaya Lodge, Yosemite, California USA*
- Amrik L. és Zombori J. 1965: Vizsgálatok farostlemezek újabb választékainak gyártásával kapcsolatban. *Faipar XV.* 9: 293–298
- Arató I. 1983: A keretfűrészpor továbbaprítása és felhasználása finom felületű forgácslap gyártásához. *Faipar XXXIII.* 10: 289–294
- Asztalos T és Balogh G. 1968: Farostlemezek rétegelválásának okai és azok megszüntetése. *Faipar XVIII.* 6: 186–190
- Asztalos T. 1964: Farostlemez minőségét befolyásoló tényezők. *Faipar XIV.* 9: 281–284
- Bálint Gy., Krisztián Gy. és Konrád L. 1960: Xylenol és karbamid műgyantával ragasztott forgácslapok gombaállóságának vizsgálata. *Faipar X.* 5: 141–150
- Bánhegyi, G., 2007: Hosszú szállal erősített műanyagok az autóiparban (Continuous fiber reinforced plastics in automotive industry), *Műanyagipari Szemle*, 2007/2.
- Bejo L ; Lang, EM. 2004: Simulation based modeling of the elastic properties of structural composite lumber. *WOOD AND FIBER SCIENCE* 36(3) 395–410.
- Bejó L, M. B, C. L, H. Z, and K. Zs 2016b.: Improving the connection between wood and cement using LBL nanocoating to create a lightweight, eco-friendly structural material. *IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING*, vol. 123, no. conf 1

- Bejő L. 2010: Kisméretű bükk rétegeltlemezek vetemedését befolyásoló tényezők vizsgálata – Factors influencing the warpage of small beech plywood panels. FAIPAR, vol. 58, no. 1, 11–17.
- Bejő L. 2010: Kisméretű bükk rétegeltlemezek vetemedését befolyásoló tényezők vizsgálata – Factors influencing the warpage of small beech plywood panels. FAIPAR, vol. 58, no. 1: 11–17.
- Bejő L., Takáts P., Vass N. 2005: Development of Cement Bonded Composite Beams. ACTA SILVATICA ET LIGNARIA HUNGARICA: AN INTERNATIONAL JOURNAL IN FOREST, WOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES 1, 111–119.
- Bejő, B. Major, and L. Csóka 2016a.: A fa és cement kapcsolatának javítása LbL nanobevonatokkal = Improving the wood-cement interface by LbL nano-coating. FAIPAR, vol. 64, no. 2, 1–6.
- Bejő, B. Major, and L. Csóka 2016a.: A fa és cement kapcsolatának javítása LbL nanobevonatokkal = Improving the wood-cement interface by LbL nano-coating. FAIPAR, vol. 64, no. 2: 1–6
- Bledzki, A.K., Gassan, J.M. 1999: Composites reinforced with cellulose based fibres, Progress in Polymer Science 24: 221–274.
- Bogoeva-Gaceva, G., Avella, M., Malinconico, M., Buzarovska, A., Grozdanov, A., Gentile, G. and Errico, M. E. 2007: Natural fiber eco-composites, Polymer Composites, Volume 28, Issue 1: 98–107.
- Brahmia F.Z., Alpár T., Horváth P.G., Csiha C. 2020: Comparative analysis of wettability with fire retardants of Poplar (*Populus T cv. euramericana I214*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). Surfaces and Interfaces 18: 100405, 7. o.
- Brahmia F.Z., Kovács Z., Horváth P.G., Alpár T.L. 2020: Comparative study on fire retardancy of various wood species treated with PEG 400, phosphorus, and boron compounds for use in cement-bonded wood-based products. Surfaces and Interfaces 21: 100736, 12. o.
- Calumbi, R. 2014: Long fiber reinforced thermoplastics A lightweight solution for engineering applications, SAMPE BRAZIL Conference 2014 (11th November 2014).
- Cziráki J 1964: Szabályozott tulajdonságú forgácslapok gyártása. Faipar XIV. 8: 248–255.
- Cziráki J. 1983: Energiatakarékos technológiák kialakításának elméleti és gyakorlati kérdései, a faforgácslap nedvességtartalmának szerepe a forgácslapgyártásban. Faipar XXXIII. 12:353–356.
- Cziráki J. és Winkler A. 1980: A furfurologyártásban keletkező fahulladék hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata. Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények. 1980. 2. sz: 203–207.
- Czvikovszky T. és Kolozsváry G. 1967: Sugárkémiail úton készült fa-műanyag kombinációk. Faipar XVII. 6:164–170.
- Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J., 2006: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, 367–385.
- Dahshan, W., Abdel, M. A., and Bejő L. 2009: Additives of wood substitutes manufactured from Egyptian Agricultural Residues. JOURNAL OF AL AZHAR UNIVERSITY ENGINEERING SECTOR, vol. 6, no. 18: 121–132.
- Dahshan, W., Abdel, M. A., and Bejő L. 2009: Optimizing the milling parameters of farm residues using a local hammer mill. in Proceedings of the 16th Annual Conference of the Misr Society of Agricultural Engineering, 1172–1189.
- Dahshan, W., Abdel, M. A., and Bejő L. 2011: A forgácsképzés paramétereinek optimalizációja egyiptine nezőgazdasági hulladékanyagok feldolgozásakor. FAIPAR, vol. 59, no. 4: 5–12.
- Dalocsa G. 1960: A forgácslapok hajlítószilárdság értékeinek változása a próbatestek szélességétől függően. Faipar X. 8: 236–244.

- Dalocsa G. 1961: A forgácsolások vízfelszívási és dagadási tulajdonságainak vizsgálata. *Faipar* XI. 4: 105–118.
- Dalocsa G. 1967: A faforgácsoláson légsodrások és mechanikus terítési elvének alkalmazásával készített faforgácsolások néhány tulajdonságának összehasonlítása. *Faipar* XVII. 4: 97–106.
- Dalocsa G. 1969: A faforgácsolások préselési időtartamának tudományos megalapozásához és további csökkentéséhez szükséges kutatások lehetséges irányai. *Faipar* XIX. 9: 259–262.
- Devescovi J. 1982: Forgácsolások hajlítószilárdságának javítása orientált fedőréteggel. *Faipar* XXXII. 8: 239–242.
- Devescovi J. 1988: A rostosítási paraméterek hatása a rostminőségre keménylombos fafajok rostosításakor. *Faipar* XXXVIII. 1: 22–25.
- Domján G. 1976: A farostlemez készítmények bútoripari felhasználásával kapcsolatos hőmérséklet és klímaviszonyok vizsgálata a TVB-nél. *Faipar* XXVI. 9: 284–286.
- Ebeling, F-W.; Huberth, H.; Schirber, H.; Schlör, N.; Schwarz, O., 2007: *Kunststoffkunde*, Vogel Business Media
- Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H-P., Sain, M. 2012: Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010, *Progress in Polymer Science* 37: 1552–1596.
- Fáy M., Karner K., Lonkai J., Schmidt E., Zágoni I. 1963: A keménylombos fafajok felhasználási lehetőségének vizsgálata és technológiája a farost- és forgácsolóiparban. *Faipar* XIII. 11: 325–332.
- Gurunathan, T., Mohanty, S., Nayak, S.K. 2015: A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives, *Composites: Part A* 77: 1–25.
- Hadnagy J. 1959: A vizsgálati körülmények befolyása a farostlemez vízállósági vizsgálatának eredményeire. (Cikkismertetés) *Faipar* IX. 3: 82–86.
- Hadnagy J. 1961: Forgácsolások szerkezetének vizsgálati módszerei és összehasonlításuk. *Faipar* X. 5: 141–146.
- Halász, K., Hosakun, Y., Csóka, C. 2015: Reducing Water Vapor Permeability of Poly(lactic acid) Film and Bottle through Layer-by-Layer Deposition of Green-Processed Cellulose Nanocrystals and Chitosan. *INTERNATIONAL JOURNAL OF POLYMER SCIENCE*.
- Hamar K. 1960: A kemény farostlemez minőségét befolyásoló egyes technológiai tényezőkről. *Faipar* X. 6: 187–193, ill. *Faipar* X. 8: 253–255.
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Alpár T. 2021c: Thermomechanical Behavior of Methylene Diphenyl Diisocyanate- Bonded Flax/Glass Woven Fabric Reinforced Laminated Composites. *ACS Omega* 2021, 6, 9: 6124–6133.
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Alpár T. 2021f: Development of lignocellulosic fiber reinforced cement composite panels using semi-dry technology. *Cellulose* 28: 3631–3645.
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Alpár T. 2021g: Semi-dry technology-mediated coir fiber and Scots pine particle-reinforced sustainable cementitious composite panels. *Construction and Building Materials* 305: 124816
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Horváth A., Alpár T. 2021b: Coloration of woven glass fabric using biosynthesized silver nanoparticles. *Inorganic Chemistry Communications* 126: 108477
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Kóczán Z., Alpár T. 2021i: Thermo-mechanical properties of pretreated coir fiber and fibrous chips reinforced multilayered composites. *Scientific reports*. 11:3618

- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Kóczán Z., Bak M., Alpár T. 2021a: Colorful and facile in situ nanosilver coating on sisal/cotton interwoven fabrics mediated from European larch heartwood. *Scientific Reports* 11:22397
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Kóczán Z., Bak M., Horváth A., Alpár T. 2021e: Coloration of flax woven fabrics using *Taxus baccata* heartwood-mediated nanosilver. *Coloration Technology*. 00:1–11.
- Hasan K. M. F., Horváth P.G., Kovács Z., Kóczán Z., Bak M., Horváth A., Alpár T. 2021c: Hemp/glass woven fabric reinforced laminated nanocomposites via in-situ synthesized silver nanoparticles from *Tilia cordata* leaf extract. *COMPOSITE INTERFACES 2021*: Online: 28 Sep 2021 1–19. o.
- Hasan K. M. F., Liu X., Kóczán Z., Horváth P.G., Bak M., Bejó L., Horváth A., Alpár T. 2021d: Nanosilver coating on hemp/cotton blended woven fabrics mediated from mammoth pine bark with improved coloration and mechanical properties. *JOURNAL OF THE TEXTILE INSTITUTE* Published online: 12 Nov 2021 1–10. o.
- Hasan K.M.F., Horváth P.G., Bak M., Anh Le D.H., Mucsi Z., Alpár T. 2021g: Rice straw and energy reed fibers reinforced phenol formaldehyde resin polymeric biocomposites. *Cellulose* volume 28, 7859–7875.
- Hasan K.M.F., Horváth P.G., Kóczán Z., Anh Le D.H., Bak M., Bejó L., Alpár T. 2021j: Novel insulation panels development from multilayered coir short and long fiber reinforced phenol formaldehyde polymeric biocomposites. *Journal of Polymer Research* 28:467
- Heidekker G. 1966: A farostlemezek szilárdsági jellemzői és a keverési arány közötti összefüggések. *Faipar XVI.* 10: 315–321
- Holbery, J. and Houston, D. 2006: Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications, *JOM*, Volume 58, Issue 11: 80–86. o.
- Horváth S. és Illés K. 1963: Az alapanyag különböző fajtáinak és választékainak befolyása a forgácslemezyártásra. *Faipar XIII.* 4: 110–117.
- Kalji, L., Wittmann, Gy., Pluzsik, A., Bárány, A. 1975: Hazai fafajok alkalmasságának vizsgálata egyenes rétegelt- ragasztott tartók gyártásánál, valamint e tartók felhasználása vázszerkezetek kialakításánál. *FAKI kutatási jelentés, Budapest*
- Klasz C. 2008: Különböző fafajok hatása a cement hidratációjára. *Szakkolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem*
- Klyosov, A. A., 2007: *Wood-plastic composites*, Wiley, 50 o.
- Kocsis Z 2008: Farosttal erősített polimer kompozitok fejlesztése. PhD értekezés. *Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest*
- Kolosváry G. 1959: A nagyfrekvenciás melegítés alkalmazása a forgácslapok készítésénél. (A vonatkozó irodalom alapján készült tanulmány). *Faipar IX.* 2: 52–57.
- Kolosváry G. 1965: Faforgács és kenderpozdorja bútortalapok vízzel szembeni ellenállóképességének növelése a forgács, illetve a pozdorja előzetes hőkezelése útján. *Faipar XV.* 2: 46–49.
- Kovacs, Zs ; Divos, F ; Fodor, T ; Lang, EM. 1997: An Investigation and Evaluation of Laminated veneer Lumber (LVL) Manufactured from European Hardwoods: Copernicus-ELVE Project, Progress Report IV. University of Sopron, Hungary. 1–30.
- Lázár L. 1968: A forgácslapok gyártástechnológiájának egyes elméleti és gyakorlati kérdései lombos fafajok esetében. *Faipar XVIII.* 3: 74–83.
- Lovász L és Takáts P. 1982: Fonófűz (*Salix americana*) mint az agglomerált lapgyártás alapanyaga. *Faipar XXXII.* 5: 152–155.

- Markó G., Alpár T. 2018: Continuous flax fibre reinforced PLA composite. Proceedings of the 61st International Convention of the Society of Wood Science and Technology and Japan Wood Research Society November 5–9, 2018 – Nagoya, Japan
- Markó G., Bejő L., and Takáts P. 2015: CLT hazai I-214 olasz nyár faanyagból = The applicability of I-214 hybrid poplar as Cross-Laminated Timber raw material. FAIPAR, vol. 63, no. 2: 36–41.
- Markó G., Bejő L., and Takáts P. 2016: Cross-laminated timber made of Hungarian raw materials. IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, vol. 123, no. conf 1
- Mohanty AK, Misra M, Drzal LT. 2002: Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. *J Polym Environ* 2002, 10: 19–26.
- Molnár S., Szabadhegyi G., Berecz A. 1983: Az akác színfurnérgyártás néhány tapasztalata. *Faipar XXXIII.* 2: 58–62
- Németh B. 2010: Irodai papírhulladék lemezipari hasznosításának lehetőségei. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem
- Németh J. 1976: Furnérgyártási folyamat technológiai színvonalvizsgálata. *Faipar XXVI.* 12: 371–376.
- Németh J. 1977: Bútoripari felhasználásra kerülő színfurnérok gyártmányszínvonal-vizsgálata. *Faipar XXVII.* 2: 56–60.
- Németh J. 1980: A színfurnérok felületi minőségének alakulása a különböző furnérprizma alakzatok alkalmazásának függvényében. *Faipar XXX.* 5: 137–140.
- Németh J. 1985: A furnér sűrűségének és a hámozási repedéseknek hatása a műszaki furnérok szilárdsági tulajdonságaira. *Faipar XXXV.* 2: 44–47.
- Németh J. 1985: A vastagsági tömörítés hatása a rétegelt falemezek egyes szilárdsági tulajdonságaira. *Faipar XXXV.* 5: 155–160.
- Németh J. 1986: A rétegelt falemezek hőeloszlásának vizsgálata a hőpréselés során. *Faipar XXXVI.* 6: 184–187.
- Németh J. és Jakál L. 1987: A műszaki furnérok jellemzőinek hatása a rétegelt falemezek szilárdsági tulajdonságaira. *Faipar XXXVII.* 3: 67–71.
- Németh K. 1975: A műanyag-fa kombinációban lejátszódó vízgőzdiffúzió. *Faipar XXV.* 11: 327–329.
- Németh K. 1977: Forgácslapüzemek formaldehidemissziója. *Faipar XXVII.* 8: 246–250.
- Németh K. 1997: Faanyagkémia. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Németh, J., Szabadhegyi, Gy.; Kovácsvölgyi, G. 2003: LVL (Laminated Veneer Lumber) típusú, furnér alapú, szerkezeti célú anyagok előállítása hazai kitermelésből származó nyár klónok alapanyagbázisán. *FAIPAR 51,* 3: 6–9.
- Nyárs J. 1972: Faforgácslapok égéskezelése. *Faipar XXII.* 9:296–300.
- Nyárs J. 1985: Forgácslapok mikrostruktúrájának vizsgálata. *Faipar XXXV.* 8: 247–250.
- Nyárs J. 1986: Faforgácslapok tartósságának vizsgálata – Módszerek. *Faipar XXXVI.* 6: 168–174.
- Nyárs J. 1987: Faforgácslapok tartósságának vizsgálata. Természetes kitértség hatása a degradációra. *Faipar XXXVII.* 12: 361–363.
- Nyárs J. 1992: A fajaj és a kötőanyag szerepe a faforgácslapok tartósságnövelésében. *Faipar XLII.* 11–12: 181–187.
- Pál I. 1978: Forgácslapok és farostlemezek érdességének felülvizsgálata. *Faipar XXVIII.* 5: 135–137.

- Palotai P. 1968: Optimális préselési paraméterek meghatározásának lehetőségei. *Faipar XVIII.* 11: 350–353.
- Peer reviewed contributions. October 16 – 18, 2011 Blacksburg, Virginia, USA, 75–82.
- Pilla, S., Gong, S., O'Neill, E., Rowell, R. M., Krzysik, A. M. 2007: Poly lactide-Pine Woodflour Composites, *Proceedings of 9th International Conference on Wood & Biofiber Plastic Composites*, 375–388.
- Pukánszky, B., Móczó, J. 2011: *Műanyagok (Plastics)*, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest
- Reményi Á. 1968: Különböző technológiai eljárásokkal gyártott rétegelt lemezek szilárdsági értékeinek összehasonlító vizsgálata. *Faipar XVIII.* 5:133–138.
- Reményi Á. 1970: Azonos vastagságú rétegelt lemezek szilárdsági értékeinek vizsgálata, különböző rétegszám és furnérvastagság figyelembevételével. *Faipar XX.* 4:102–107.
- Reményi Á. 1970: Azonos vastagságú rétegelt lemezek szilárdsági értékeinek vizsgálata, különböző rétegszám és furnérvastagság figyelembevételével. III. rész. *Faipar XX.* 12:378–379.
- Rowell, R.M. 2005: *Handbook of wood chemistry and wood composites*, Taylor & Francis, 365 o., 36. o., ..
- Ruska L. 1962: A forgácsolap minőségi mutatóinak elektromos vizsgálata I-II-III. *Faipar XII.* 3: 75–81, *Faipar XII.* 4: 121–124., *Faipar XII.* 6: 168–171.
- Sandai A, Hunt J., Kovácsvölgyi G, Kurhana S., Destree B., Caufeld D. 2004: Lignocellulóz-polipropilén kompozitok mechanikai tulajdonságainak javítása. *Faipar LII.* 1: 16–19
- Scherübl, B. 2006: An innovative composite solution in the new Mercedes A Class - A successful story about the natural fiber “abaca”. in: Bledzki, A.K. & Sperber V.E. 2006. 6th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium. (4–5. April 2006) University of Kassel
- Schlosser M., Horváth N., and Bejő L. 2012: Glulam beams made of Hungarian raw materials. in *The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe 2012*, vol. I–II, 383–392.
- Silverman, E.M. 2004: Effect of glass fiber length on the creep and impact resistance of reinforced thermoplastics, *Polymer Composites*, 8(1): 8–15.
- Sobczak, L., Lang, R.W., Haider, A. 2012: Polypropylene composites with natural fibers and wood – General mechanical property profiles, *Composites Science and Technology*, 72(5): 550–557.
- Szántó D., Németh R. 2001: Farostlemezek szorpciós vizsgálata. *Faipar XLIX.* 2–3: 13–16.
- Szántó D., Winkler A., Nagy J. 2003: Farostlemezek óriásfűből. *Faipar LI.* 3: 18–20.
- Szendrey I. 1969: Fakémiai tényezők szerepe a forgácsolapok préselésénél. *Faipar XIX.* 4: 97–100.
- Széplaki L. 1959: Forgácsolap és pozdorja lemezipari prések vizsgálata. *Faipar IX.* 12: 368–371.
- Takáts P. 1977: Lenpozdorja-faforgácsok. *Faipar XXVII.* 5: 147–150.
- Takáts P. 1978: Lenpozdorja és nyár faforgács együttes felhasználásának lehetősége a lapgyártásban. *Faipar XXVIII.* 5: 145–146.
- Takáts P. 1980: Lenpozdorja alaki jellemzőinek meghatározása számítógépes adatfeldolgozással. *Faipar XXX.* 12: 377–380..
- Takáts P., Varga N., Takáts A. 2012: Papírhulladék hasznosítása lapalapú biokompozit előállítására II. *Faipar LX.* 1: 29–35
- Thakur, V.K., Thakur, M.K., Gupta, R.K. 2014: Review: Raw Natural Fiber–Based Polymer Composites. *International Journal of Polymer Anal. Charact.*, 19: 256–271.
- Thomason, J.L. and Vlug, M.A. 1997: Influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre-reinforced polypropylene: 4. Impact properties, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 28(3): 277–288.

- Tomék A. 1965: A fa termikus kezelése során végbemenő fizikokémiai folyamatok és azok hasznosítása a forgácslap gyártásban. *Faipar* XV. 12: 377–383.
- Tomék A. 1967: Nedves eljárású farostlemezek nemesítése száradó olajokkal. *Faipar* XVII. 7: 189–197.
- Tóth K. 1966: Ragasztási problémák a forgácslapgyártásban. *Faipar* XVI. 8: 239–242.
- Vámos R. 1980: Faforgácslapok csavarállóságának vizsgálata az alkalmazott csavar és a magfurat jellemzőinek függvényében. *Faipar* XXX. 5: 141–147.
- Varga S. 2007: Cementkötésű rostlemezek gyártása hulladékpapír felhasználásával. Szakdolgozat (Nyugat-magyarországi Egyetem)
- Vehovszky J. 1964: Forgácslapok gombaállóságának vizsgálata. *Faipar* XIV. 12: 369–372.
- Vilpponen, E., Komán Sz., and Bejő L. 2014: Investigating the bending properties of hardwood reinforced poplar LVL. in *Eco-efficient Resource Wood with special focus on hardwoods*, 67–68.
- Vogt, D., Karus, M., Ortmann, S., Schmidt, C., Gahle, C. 2006: *Wood-Plastic-Composites (WPC)*, nova-Institut GmbH
- Winkler A. 1980: Új forgácslaptípusok és kutatási eredmények. *Faipar* XXX. 12: 356–361.
- Winkler A. 1986: A magyarországi farostlemezgyártás fejlesztésének egyes kérdései. *Faipar* XXX-VI. 4: 97–100.
- Winkler A. 1987: Eine Methode zur Messung der Temperturverteilung im Plattenquerschnitt während der Heisspressung von Holzwerkstoffen. *Holztechnologie* 28. 3: 125–127.
- Winkler A. és Patt R. 1988: Herstellung von Zellstoffen aus vier verschiedenen Holzarten nach dem ASAM-Verfahren. *Holz als Roh- und Werkstoff* 49. 9: 341–345.
- Winkler A., Alpár T. 2005: Usability of black locust and turkey oak in fiberboard production. 2nd International Conference on Hardwood Research and Utilization in Europe, Sopron, Hungary
- Winkler A., Alpár T., Bittmann L., Bejő L., Takáts P. 2006: Sarangolt faválasztékok és alternatív lignocellulóz anyagok felhasználási lehetőségei a lemezgyártásban. *Faipar* LIV 2–3: 3–8.
- Winkler, A. 1999: Farostlemezgyártás (Fiberboard production), 11 o., Dinasztia Kiadó
- Wittmann Gy., Pluzsik, A. 1973: Faanyagú váz és térelhatároló szerkezetek felhasználásával készülő, többcélú csarnokjellegű épület kialakítása. FAKI kutatási jelentés, Budapest
- Wittmann Gy., Pluzsik, A. 1975: A faanyagú rétegelt-ragasztott tartószerkezetek hazai alkalmazásának új eredményei. *Faipari Kutatások* 1975(1):61–69.
- Yang, S. and Chin, W. 2004: Mechanical properties of aligned long glass fiber reinforced polypropylene. II: Tensile creep behavior, Volume 20, Issue 2: 207–215.
- Zombori J. 1960: Forgácslapok optimális ragasztási körülményei. *Faipar* X. 5: 150–155.

<http://www.feiplar.com.br/materiais/palestras/SAMPE/apresentacao/Celanese.pdf>

<http://www.muanyagipariszemle.hu/2007/02/hosszu-szallal-erosített-muanyagok-az-autoiparban-02.pdf>

Wood-Based Composites

In 1949, the former Royal Hungarian Forest Research Institute was reorganized as the Forest Research Institute (ERTI). At the same time, the Wood Testing and Wood Economy Institute was founded, which was renamed Wood Industrial Research Institute

(FAKI) in September 1950, and served the development of forest products and wood products industry for almost fifty years.

In Sopron, wood industrial engineer training began in the 1957/58 academic year, to complement the existing forestry engineer training. In 1962, the University of Forestry and Wood Sciences was established with an independent Faculty of Wood Sciences, where, in addition to education, a wood industry research base was also established. Basic materials science research explores the physical and chemical properties of wood, deals with wood-water relations and wood modification. Applied research deals with tools and machines for wood processing, their interaction, technology development, wood protection, industrial economics, logistics, waste management and energy. In recent years, research into nanotechnological solutions also became prominent.

During its more than four decades of activity, FAKI carried out important basic, applied research and development for the industries that produce and use wood and wood-based products. The most important research areas were sawmilling and panelboard industry, furniture and joinery industry, wood protection and process organization, production and product development, testing the properties of wood and other raw materials, waste utilization, construction of high-rise and underground wooden structures, furniture, wood preservatives and processes development, the introduction and application of computer technology in the wood industry. In addition, FAKI also provided expert tasks, instrumental tests, expert advice, and sectoral standardization tasks.

Originally, the research results of the domestic panelboard industry were primarily related to the production capacities and technologies created in the 50s, their development and improvement. Later, the scientific scope of the research gradually broadened with the establishment of FAKI and the Faculty of Wood Sciences. The domestic journal of the scientific and professional life of wood industry, *Faipar*, was launched in 1950, and offered a platform for the researchers and engineers of both institutions and the factories and plants to present their results continuously.

Until the end of the 50s, the panelboard industry was limited to veneer-based products. Later, a wet-process fiberboard factory (~6,000 m³/year) was established in Mohács. The plant did not open until 1959, but a Fiberboard Pilot Plant was established in 1951, and produced the first domestic fiberboards that year. Also in 1959, the first domestic particleboard factory started operating in Szombathely (6,000 m³/year). In these years, researchers mostly focused on production support. Publications dealt with world market production data, economic issues and descriptions of technologies. Research related to products and technologies largely started somewhat later, since these were new materials and products, and their full characterization was incomplete at the time.

During these decades all types of wood based panels and composites were researched from plywood, through particleboard, fiberboards, cellulose based products, cement and gypsum bonded products, WPC, and fiber reinforcing, to new and alternate raw materials, environmental impacts, and so on.