

## **ÚJ MÓDSZER KIDOLGOZÁSA FA-PVC KOMPOZIT LÉTREHOZÁSÁRA NOVEL METHOD FOR PREPARING WOOD-PVC COMPOSITES**

**KUKNYÓ TÍMEA, HORVÁTH TIBOR, SZABÓ TAMÁS\***

Miskolci Egyetem, Polimermérnöki Tanszék

3515 Miskolc-Egyetemváros

\*polsztam@uni-miskolc.hu

A környezet védelme és az erőforrások hosszú távú biztosítása érdekében a WPC (Wood-Plastic-Composite) anyagok egyre nagyobb mértékben törnek előre. A PVC mint az építőiparban közkedvelt és bevált alapanyag, köszönhetően tartósságának, időjárás-állóságának valamint önkilító tulajdonságainak és a fa, mint dekoratív és természetes, megújuló erőforrásból származó kedvelt építőanyag már a felhasználási terület szempontjából is kívánatos kombináció. Számos kutatás indult ennek az anyagnak a kifejlesztésére, továbbfejlesztésére, amit hátráltat, a szemcse és a mátrix összeférhetőségi problémája. Munkánk során egy új kompatibilizálási módszert próbáltunk ki többféle faanyag alkalmazásával, és minősítettük a kapott fa-PVC-rendszereket.

**Kulcsszavak:** kompozit, fa, PVC, polimerizáció, kompatibilizálás.

To protect the environment and conserve resources WPC (Wood-Plastic-Composite) materials are gaining foothold. Since in the construction industry both PVC (high weathering resistance, flame retardant, lightweight, long lifetime) and wood (natural, decorative, renewable) are well known and liked materials wood-PVC composites are also sought for. Numerous research and development/improvement efforts are on the way to produce commercially successful systems. The main hindrance is the compatibility issue between the components. This work describes a novel method – a work in progress – applied for different wood types and evaluated with mechanical tests.

**Keywords:** wood, PVC, composite, polymerization, compatibilization.

### **Bevezetés**

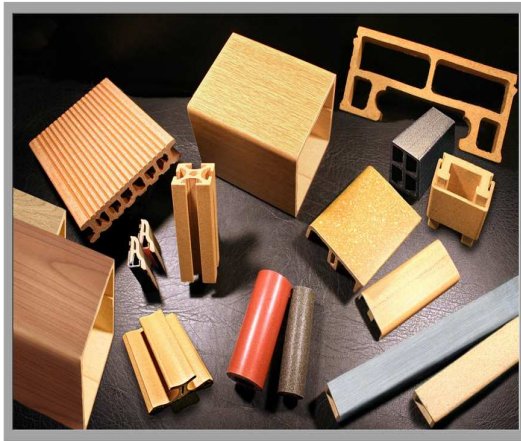
A kutatómunkánk célja PVC-farostokkal való társítása, ezáltal PVC-alapú fa-polimer kompozit előállítás. Mivel a PVC esetében a maleinsavanhidriddel való ojtás nem jöhet szóba, így más összeférhetőséget javító eljárást kell találni. Elgondolásunk alapján kialakítottunk egy alapelvet, ami alapján el tudjuk készíteni a kompozitot. Eddigi kutatásainkból az is kiderült, hogy a fa-polimer kompozit gyártók szívesebben foglalkoznak PP-fa kompozit gyártással és a sajtóban is többet hallani róla. Ezért is szeretnénk jobban megismerkedni a PVC-fa kompozitokkal.

Mindennapi tevékenységeink során elkerülhetetlen, hogy az ember ne érintkezzen mesterséges polimerekkel és az abból készült termékekkel, hiszen mindennapi életünk részévé váltak. De a növekvő létszámú természettudatos vásárlói réteg megválasztja, hogy mit visz be az otthonába. Ez a tény nagyban segíti munkánkat, hisz arra sarkall, hogy még jobb minőségű, még gazdaságosabb fapelhasználással, lehetőleg nem túl drágán meg is tudjuk teremteni az alapanyagokat, amit az egyre bővülő réteg igényel.

A fa-polimer kompozit (WPC) tapasztalataink szerint még mindig nem eléggé ismert alapanyag. A dolgozat egyik célja elfogadtatni ezt az anyagot, ember közelebb oldalát is megmutatni, hiszen már oly sokan mondták: „Ez a jövő anyaga.” Rendkívül fontosnak tartjuk felhívni a figyelmet a bolygónkat érő szennyező anyagok áradatára, mely nap mint nap kikerül a természetbe. A mesterséges polimerek jó része nem bomlik le a természetben, ide tartozik a PVC is, de a mai technikával már képesek vagyunk megoldásokat találni. Fontos szempont a kőolaj növekvő hiánya is.

A kompozit elkészítése után különböző fizikai vizsgálatok elvégzése és kiértékelése szolgál az elmélet validálására, majd ezekből az eredményekből tudunk következtetni a gazdaságosságra és a továbblépési lehetőségekre.

### 1. Mi is az a WPC?



1. ábra. A WPC „sokszínűsége” [2]

„A WPC az angol Wood – Plastic – Composite szavak rövidítéséből származik. Jelentése: fa-műanyag kompozit, másképp fogalmazva fával töltött műanyag. Ötvözi a fa természetességét a modern műanyagok előnyös tulajdonságaival. Egy anyag azoknak, akik felelősséget éreznek az erdők, különösen a trópusi fák pusztításáért.

A WPC farosttartalma 30–50% között mozog, kötőanyaga hőre lágyuló műanyag, polimer. Legjelentősebb felhasználási területe a kültéri burkolatok, verandák, teraszok, lépcsők, ablakkeretek, ajtók, kerítéslecek jelentik.

Előnyös tulajdonságai között szerepel a számtalan színárnyalat kialakításának lehetősége, mint az az 1. ábrán is látható. Továbbá a WPC egyesíti a fa természetes megjelenését a műanyag tartósságával. Karbantartást, utókezelést, felületkezelést nem igényel. Könnyen tisztítható. Szokásos faipari technológiákkal és gépekkel megmunkálható természetbarát, újrahasznosítható. Repedés-, rovar- és vízálló. Helyettesítheti a trópusi keményfát és az impregnált fát. Élettartama minimum 25-30 év különösebb karbantartás nélkül [1].”

„A WPC epoxi- vagy poliészter bázisú változatait folyékony fa néven is hirdetik. Vízállóságát az szavatolja, hogy a műanyag körülveszi és leköti a farostokat, ezek pedig merevítik a műanyagot és ezzel csökkentik a hőérzékenységet [3].”

„A WPC a jövő anyaga, hiszen a világon évente több mint 100000 tonnát állítanak elő belőle, amely évről-évre egyre dinamikusabban növekszik. Mindezek ellenére Magyarországon még mindig nem eléggé ismert [1].”

## 2. Kísérleti rész

A kísérletet több szakaszra lehet felosztani:

1. Preparátum készítése.
2. Nedvességtartalom kiszámítása.
3. Homogenizálás, inicializálás és hőközlés.
4. PVC-mátrixba öntés.
5. Préselés.
6. Fizikai tulajdonságok vizsgálata.

### 2.1. Preparátum készítése

A munka során a legnagyobb nehézséget a megfelelő minőségű és tisztaságú faliszt beszerzése okozta. Végül ezt az egyik témában érdekelt műanyag-feldolgozó cégtől kaptuk alapanyagot.

A preparátum készítés célja 150 gramm, 315 mikrométer, vagy annál kisebb frakció kinyerése mindkét fafajtaból. A preparátumkészítés során két fafajtát dolgozunk fel, az egyik fenyő, a másik pedig akác volt. A fenyő puhafa, az akác pedig keményfa. A fa önmagában is kompozitnak számít, hiszen kétféle komponensből áll, térhálósból (lignin) és kristályosból (cellulóz).

Fajta	Frakcióméret, [ $\mu\text{m}$ ]	Tömeg, [g]	[%]
Fenyő	<100 $\mu\text{m}$	29.91	4.300
Fenyő	315 $\mu\text{m}$	293.1	42.90
Fenyő	>315 $\mu\text{m}$	360.82	52.80
Akác	<100 $\mu\text{m}$	28.51	3.50
Akác	315 $\mu\text{m}$	114.9	14.20
Akác	>315 $\mu\text{m}$	664.86	82.30
Össztömeg fenyő esetében: 683.83 gramm			100
Össztömeg akác esetében: 808.27 gramm			100

1. táblázat. A méret szerint osztályozott faliszt eloszlása

Adott tömegű és ismeretlen szemcseméretű fa alapanyagot Fritsch analysette 10-002 típusú készülék és a ráerősített 2-féle lyuknagyságú szitán szitáltuk át. Az első szita nagysága 315 mikrométer, a második pedig 100 mikrométer volt. A 315 mikrométer nyílású szitába lezárás előtt 3 darab korund (alumínium-oxid) golyót helyeztünk, ezzel is hozzásegítve a

faliszt szétozslását, szítalását. Mint fentebb jeleztük, a 315 mikrométernél nagyobb szemcséket a kísérlethez nem használtuk, így tömege elhanyagolható, csak a rend kedvéért került be az 1. táblázatba.

A fajták össztömegét és az egyes frakciók tömegét is göngyöleggel együtt határoztuk meg. A tasak tömege minden esetben 8.68 gramm volt.

### 2.1.1. Nedvességtartalom meghatározása

Első lépésben mindkét fajtából 150 grammot kimértünk a megfelelő frakcióméretből. Majd 50 grammként beletöltöttem 6 darab kupakkal zárható üvegbe töltöttük a faliszt. A tömeg meghatározása (nedves tömeg) után, egy Ganz KK – Heraus típusú kemencébe az üvegeket, 24 órán át szárítottuk, 90 °C-on. Ezután újabb tömegméréssel, a faliszt nedvességtartalma meghatározható volt.

Természetesen a nedvességtartalom veszteség nem adható meg egy konkrét értéként, de a pontatlanság mértéke alacsony.

A mintában lévő nedvesség a nedves tömeg (m/m)%-ában kifejezve:

$$n_t \% = \frac{m_n - m_{sz}}{m_n} \times 100 \quad (1)$$

Üveg sor-száma	Fajta	Teljes tömeg (nedves), [g]	Teljes tömeg (száraz), [g]	Nedvességtartalom, [%]
1.	Fenyő	50.10	45.58	4.52
2.	Fenyő	49.99	45.04	4.95
3.	Fenyő	50.13	45.68	4.45
4.	Akác	38.22	34.61	3.61
5.	Akác	40.07	36.27	3.80
6.	Akác	40.00	37.78	2.22

2. táblázat. A bemért faliszt nettó nedvességtartalma

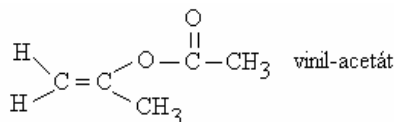
A fajták irodalmi nedvességtartalma 8-12% között mérhető. Természetesen ez az élőnedves fára vonatkozik és értéke fajtánként változhat.

Szárítással tudjuk az élőnedves fa víztartalmát lecsökkenteni, ezáltal lehet a fa mechanikai tulajdonságait és ellenálló képességét javítani. A szárítás során nyeri el a fa a végleges fizikai méretét (geometriai).

### 2.1.2. Homogenizálás, inicializálás és hőközlés

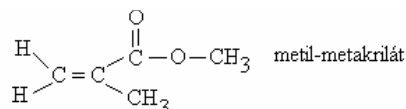
Ezen részfolyamatban a már előkészített fát felhasználva, 2-2 féle monomer és egyfajta típusú iniciátor bekeverésével homogenizált mintákat készítettünk, a következő eljárás szerint: Az in situ kompatibilizáláshoz 2-féle monomert teszteltünk, az egyik a metil-

metakrilát, a másik pedig a vinil-acetát. A monomereket benzoil-peroxid iniciátor segítségével polimerizáltuk és ezzel fixáltuk a faliszt molekuláihoz.



A metil-metakriláthoz és a vinil-acetáthoz is hozzáadtuk a 0,5% iniciátort, (20 gramm monomerhez 0.1 gramm iniciátor).

Mindkét monomerből egy fecskendő segítségével kimértünk 100 ml-t, majd bekevertük a számítással meghatározott tömegű iniciátort, ezek után szobahőmérsékleten, azaz 22 °C összeráztuk és elkevertük őket, hogy az iniciátor feloldódjon a



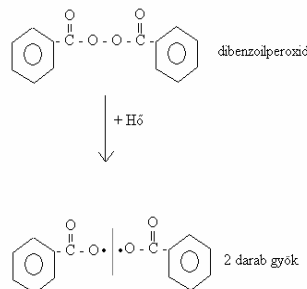
folyékony monomerben. Végül az együttes tömegüket meghatároztuk. Ezt a folyamatot rendkívül gyorsan kellett elvégezni, hiszen a folyékony halmazállapotú monomerek gyorsan párolognak, így már rövid idő alatt is a eltérések lettek volna a mérésekben, amelyet digitális analitikai mérleggel végeztünk.

100 ml metil-metakrilát = 78.8 gramm, ehhez 0.394 gramm iniciátort kell adagolni.

100 ml vinil-acetát = 91.7 gramm, ehhez 0.4585 gramm iniciátort kell adagolni.

A következő művelet elvégzéséhez az előbbieken ismertetett összetételű oldatokat használtuk fel.

Tehát az 1. számú üvegcséhez (ami fenyő falisztet tartalmaz) és a 4. számú üvegcséhez (ami akácfalisztet tartalmaz) egyenként adtunk a már előre elkészített oldatból 20 grammot, ami vinil-acetátot és az iniciátort tartalmazza elegyítve. Ezután egy EUROSTAR Power control-visc, IKA-WERKE típusú keverő segítségével homogenizáltuk a faliszteket az oldattal. A keverő 1640 [1/min] fordulatszámmal dolgozott, minden mintánál 10 percig, így elérve az optimális homogenitást.



A műveleteket megismételtük a 2. számú üvegcsé (ami fenyő falisztet tartalmaz) és a 6. számú üvegcsé (ami akácfalisztet tartalmaz) esetében is. Ezen két üveghez azonban már 20 gramm iniciátort tartalmazó metil-metakrilátot adtunk. A keverőgép típusa, fordulatszáma és az időtartam szintén megegyezik.

A 3. és 5. számú üvegben a tiszta faliszteket félretettük. A kétféle oldathoz használt üvegre V és M jelölést tettünk (V: azaz vinil-acetát és iniciátor; M: azaz metil-metakrilát és iniciátor). Természetesen mindkét esetben az iniciátor megegyezik, azaz benzoil-peroxid.

Ezután elvégzem a keverékeket hőkezeltük, amikor a kijelölt üvegeket (1., 2., 4., 6., V, M) egy 70 °C előmelegített B-Matik EK-01 (gysz.:6722) típusú kemencébe helyeztük 19:00 órakor. Majd 23:00 órakor kivettük őket. Ekkorra a kemence hőmérséklete elérte a 72.5 °C-t. A hőmérséklet pontos meghatározását egy beépített higanyos hőmérővel ellenőriztük.

A mintákat a kemencéből kivéve megvizsgáltuk az állapotváltozásokat. Az 1., 2., 4., és 6. számú üvegben nem volt semmiféle változás észrevehető, sem a halmazállapotán, sem az

egyéb fizikai tulajdonságain. Lemértük a tömegüket és összehasonlítottuk a korábban mért értékekkel.

Üveg sor- száma:	Teljes tömeg (nedves) + edény, [g]	Száraz tömeg + edény, [g]	Teljes tömeg (nedves) + edény + oldat, [g]	Száraz tömeg + edény + oldat, [g]
1.	235.27	230.75	250.75	247.85
2.	235.20	230.25	250.25	248.49
4.	224.26	220.65	240.65	238.63
6.	373.73	227.40	247.40	245.15

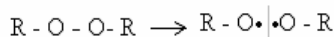
3. táblázat. A bemért minták tömege a lezárt edénnyel, és a monomerrel

A V és M jelű üvegeket megvizsgálva a polimerizáció lejátszódását lehetett megfigyelni, bár a folyamat nem ment teljesen végbe, minimális monomer a rendszerben még jelen volt.

A polimerizáció végbement, ennek bizonyítéka, a tapasztalt felhólyagosodás.

Mesterséges polimerek előállítására polimerizációs reakciókat játszatnak le. A polimerizáció alapelve, hogy a kezdeti hőbefektetés (iniciálás) után, ez egy erősen exoterm folyamat. Mindez történhet gyors láncreakcióban vagy lassú lépésenkénti folyamatban.

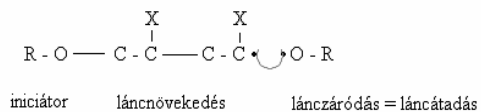
Iniciátor 2 darab gyökre való szétesése:



Az iniciátorral történő polimerizáció a következőképpen zajlik: a vinil-monomer (olyan kettős kötést tartalmazó vegyület, amelynek egyik szénatomján a hidrogénatomot valamilyen másik atomcsoporttal helyettesítjük) gyökökre esik szét.

Rendkívül gyors folyamat, ami természetesen hőfejlődéssel jár.

Polimerképződés:



A folyamatot rekombináció zárja, létrehozza a végleges láncokat, így megáll a reakció.

Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a reakciósebesség, ez robbanásveszélyt jelent. Nagyméretű molekulához

alacsonyabb hőmérsékletre van szükség. A reakció függ a gyökkoncentrációtól, a társult anyagtól, a láncátadási reakciótól, a rendszer hőmérsékletétől.

Az iniciátor nagyban befolyásolja a láncindítási reakciót, hiszen alapvetően meghatározza a párhuzamosan induló polimerláncok számát, és így a bruttó sebességet. A láncnövekedés sebessége ennek ellenére közel állandó és a hőmérséklet is csak kevésbé befolyásolja. Ellenben a lánczáródásra nagymértékben hat a hőmérséklet változása.

Ideális esetben a vinil-monomer gyök formába alakul, majd beindul a láncnövekedés és adott hossz elérése után bekövetkezik a lánczáródás.

A faliszt pórusába felitatott monomer polimerizációs reakciója egyenletesebb, mert a faliszt hőelvezető közegként viselkedik.

### 2.1.3. PVC-mátrixba foglalás

A PVC-mátrixba öntéshez mindegyik adag, monomerrel kezelt faliszttal és a kezeletlen faliszteket is felhasználtuk külön – külön. A kompozit mátrixaként az RP 1856 jelű alapkeverékre esett a választás.

Az RP 1856 alapkeverék receptúrája a következő:

PVC S5064 ch.336B – 64 K-értékű PVC polimer  
 TM 181FS – kéntartalmú metil-ón stabilizátor  
 Paraloid K120N – etilakrilát-metil-metakrilát kopolimer, feldolgozásjavító adalék  
 Drapex 392 – epoxidált szójaolaj  
 Loxiol G12 – belső csúsztató  
 AC 316A – oxidált polietilén viasz, külső csúsztató.

Összetevő	Tömegrész	Bemért tömeg, [g]
PVC S5064	100	5000
TM 181FS	1.200	60
Paraloid K120N	1.50	75
Drapex 392	2	100
Toxiol G12	0.6	30
AC 316A	0.15	7.50

4. táblázat. Az alapkeverék receptúrája

Az RP 1856 alapkeveréket a kezeletlen és a kezelt falisztekkal homogenizáltuk. A homogén keverékeket Schwabenthan Polymix 150U típusú hengerszékkel egyenként összedolgoztuk. A beállított hengerhőmérséklet 175 °C volt. A keverékek feldolgozásakor a frikciós hő a hengereket a beállított hőmérséklet fölé melegítette, így azok valójában 178-179 °C hőmérsékletűek voltak. A megfelelő állag elérése után a hengerről a palástot lefejtve, majd kiterítve egy sík felületen hűtöttük.

Az alapkeverék és a falisztek pontos adagolásához a „Bemérési adatlap”-on lettek rögzítve a receptúrák mely szerint minden minta esetében 105 g alapkeveréket kevertünk 45 g faliszthez, kivéve az 5. minta esetén (monomermentes akácfaliszttal), ahol a 105 g alapkeverékhez csak 41 g faliszttal maradt.

#### 2.1.4. Préselés

A feldarabolt palástokat 1 mm vastagságú préskeretben 180 °C-on préselünk, általában a préselést kb. 5 °C-kal magasabb hőmérsékleten végzik, mint a bekeverésnél a hengerszék hőmérséklete.

#### 2.2. Fizikai tulajdonságok meghatározása

A préslapokból próbatesteket a vizsgálatokhoz szükséges geometriára stancoltuk ki, majd hajlítoszilárdság, húzószilárdság és sűrűség méréseket hajtottunk végre a mintákon.

A méréseknél használt jelölések:

a = akác; f = fenyő; M = PMMA; C = PVAc

F-f-0: fa – fenyő – kezeletlen

F-a-0: fa – akác – kezeletlen

F-f-M: fa – fenyő – metil-metakrilát

F-a-M: fa – akác – metil-metakrilát

F-f-C: fa – fenyő - vinil-acetát

F-a-C: fa – akác – vinil-acetát

A hajlító- és húzóvizsgálatokhoz INSTRON 5566 univerzális anyagvizsgáló berendezést használtunk.

##### 2.2.1. Hárompontos hajlító vizsgálat

A hajlítóvizsgálatot 10 mm/perc alakváltozási sebességgel végeztem el. Az alábbi adatokból és diagrammokból egyértelműen levonhatjuk a következtetést, hogy a hajlítoszilárdság tekintetében mindenképp a PVC alapkeverék a legjobb, legkiemelkedőbb. A PVC-mátrixú kompozitok közül, a poli(vinil-acetátos) fenyőfaliszt és akácfaliszt szerepelt a legjobban ezen a teszten. A többi minta megközelítőleg hasonló értékeket mutattak.

Az alátámasztási hosszt, az alábbi képlettel lehet kiszámolni:  $L = (16 \pm 1) \times \bar{h}$  így az alátámasztási hosszt 64 mm-ben határoztuk meg.

##### 2.2.2. Húzóvizsgálat

A szakítószilárdság,  $\sigma_m$ ,  $R_m$  egy kötél, huzal, tartógerenda, vagy más hasonló szerkezeti elem elszakításához szükséges húzóerőt jellemzi. A szakítószilárdság az anyagnak csak az állandó terheléssel szembeni szilárdságára ad felvilágosítást, dinamikus igénybevételt csak jóval kisebb terhelésnél bír ki az anyag. A szakítószilárdság a hőmérséklet függvényében változik (általában csökken), magasabb hőmérsékleten állandó terhelés alatt az anyag állandóan növekvő alakváltozást szenved (tartósfolyás).

A szakítóvizsgálatot 25 mm/perc alakváltozási sebességgel végeztük el. Az alábbi adatokból és diagrammokból egyértelműen levonhatjuk a következtetést, hogy a húzószilárdság esetében mindenképp a PVC-alapkeveréknek a legjobbak a tulajdonságai. Mellette a poli(vinil-acetátos) akácfaliszt is jó eredményt ért el.



### 2.2.3. Sűrűségmérés

A sűrűség (jele:  $\rho$  – görög: ró) az adott térfogategység tömegének mértéke. A sűrűség SI-mértékegysége kilogramm per köbméter ( $\text{kg/m}^3$ ).

### 3. A mérési adatok összegzése

Anyagfajta	Hajlítószilárdság, [MPa]	Modulus, [MPa]	Húzószilárdság, [MPa]	Sűrűség, [ $\text{g/cm}^3$ ]
F-0-0	101.59	3192	53.3	1.3769
F-a-0	87.47	4967	41.5	1.3572
F-a-M	82.2	4358	43.7	1.3801
F-a-C	81.86	4098	52.6	1.3092
F-f-0	79.42	5234	44.7	1.385
F-f-M	73.32	3862	46.4	1.3138
F-f-C	85.52	4439	49.6	1.3844

5. táblázat A mérési adatok összegzése

Amint látható, a PVC sűrűsége magasabb a fákénál –  $1,3\text{-}1,5 \text{ g/cm}^3$  közötti, a lágyítótartalom függvényében – az akác esetében a sűrűség  $0,7\text{-}0,8 \text{ g/cm}^3$  míg a fenyő esetében ez még alacsonyabb  $0,4\text{-}0,5 \text{ g/cm}^3$  közötti érték. A fák sűrűsége nagyon sok paramétertől függ, ezek közül kiemlhető a setszerkezet és a sejtek, pórusok mérete, eloszlása, valamint a víztartalom. A fát felépítő két alapvető polimer a cellulóz ( $1,58 \text{ g/cm}^3$ ) és a lignin ( $1,38\text{-}1,41 \text{ g/cm}^3$ ) sűrűsége összeméhető a PVC-ével, és Láthatjuk, hogy milyen jelentős hatása van a fa anatómiájának a tulajdonságaira.

Várhatóan a kompozit így a tiszta PVC-nél alacsonyabb sűrűséggel fog rendelkezni, de az adatokat áttekintve eltéréseket láthatunk. A viszonylag alacsony értékek az anyagnak a préselés során nem teljes tömörödéséből adódnak, aminek elsősorban a faanyag víz és levegőtartalma az oka, hiszen az a hő hatására lassan kigázosodik, ezáltal lazítja a szerkezetet. A kapott eredmények összhangban állnak a hajlító, illetve szakító vizsgálatok eredményeivel. A sűrűség adatok alapján, ahol nagyon jó összeférhetőség tapasztalható ott a sűrűség is magasabb, hiszen habár a poliszacharidok (cellulóz, lignin) nem jól összeférhetőek a PVC-vel, de ha a megfelelő kompatibilizáló polimer erősen kötődik mind a fa molekuláihoz, mind a PVC-hez, akkor igen tömör szerkezet alakulhat ki. Ezek alapján a F-a-M, illetve az F-f-C magas értékei azt bizonyítják, hogy az akác esetében a metil-metakrilát, a fenyő esetében a vinil-acetát biztosított jobb összeférhetőséget.

## Összefoglalás

A rendelkezésre álló idő alatt nem lehetett az összes tulajdonságot „feltérképezni”, ez egy későbbi dolgozat témája lehet, de kísérleteink elsősorban a faanyag (faliszt) és a PVC mátrix összeférhetőség javítására koncentráltak. Az elméletileg megalkotott tézisek kivitelezhetőségét sikerült igazolni.

Az F-a-M, illetve az F-f-C magas (kiemelkedően jó) értékei azt bizonyítják, hogy az akác esetében a metil-metakrilát, a fenyő esetében a vinil-acetát biztosított jobb összeférhetőséget. Így bizonyítani tudtuk az alapelvünk helyességét, az összeférhetőség javítását, valamint azt a feltételezésünket, hogy a fafajták polimer-szerkezeti különbségeit a kompatibilizáció során figyelembe szükséges venni, a kívánt eredmények eléréséhez.

## Köszönetnyilvánítás

*A munka a TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-0001-2010 projekt támogatásával készült. Köszönettel tartozunk továbbá Dr. Marossy Kálmán és Kuzsella László közreműködéséért és segítségéért, akik nagyban támogatták a kutató munkát, nélkülük nem készülhetett volna el ez a dolgozat.*

## Irodalom

- [1] Mi a WPC? [http://buildpage.hu/mi\\_a:wpc.php](http://buildpage.hu/mi_a:wpc.php) (2011.12.10.)
- [2] Az 1. ábra. forrása: <http://www.liquidwood.eu> (2011.12.10.)
- [3] WPC – A fa megjelenése és a műanyag tartóssága egyben. [http://www.woodbusinessportal.com/hu/news1/120/WPC\\_-\\_A\\_fa\\_megjelen%C3%A9se\\_%C3%A9s\\_a\\_muanyag\\_tart%C3%B3ss%C3%A1ga\\_egyben](http://www.woodbusinessportal.com/hu/news1/120/WPC_-_A_fa_megjelen%C3%A9se_%C3%A9s_a_muanyag_tart%C3%B3ss%C3%A1ga_egyben) (2011.10.90.)
- [4] A fa szerkezete. [http://hu.wikipedia.org/wiki/Fa\\_\(anyag\)#A\\_fatest\\_szerkezete](http://hu.wikipedia.org/wiki/Fa_(anyag)#A_fatest_szerkezete)
- [5] Berecz Endre: Kémia műszakiaknak
- [6] Czvikovszky Tibor: Lehet-e „zöld” a műanyag? VII. szemeszter, 4. előadás – 2005. október 3.; Wood-plastic combinations, In: Atomic Energy Review, Vol. 6, 1968: 3-99. <http://www.mindentudas.hu/czvikovszkytibor/20051002czvikovszky.html> (2011.12.10.)
- [7] Farost/faliszt töltésű kompozitok (WPC): bővülő piac, új gyártók és új berendezések. <http://www.muanyagipariszemle.hu/2007/06/farostfaliszt-toltesu-kompozitok-wpc-bovulo-piac-uj-gyartok-es-uj-berendezesek-01.pdf> (2010.2.10.)