

## Természetes szálakkal erősített műanyagok

A természetes eredetű anyagok társítása műanyagokkal nem csak környezetvédelmi okokból egyre népszerűbb, hiszen ezek a kompaundok valódi műszaki/gazdasági előnyöket is nyújtanak. A megújuló nyersanyagok előnye az, hogy nem járulnak hozzá az üvegházhatást okozó szén-dioxid termeléséhez, és áruk nem függ össze szorosan a nyersolaj folyamatosan növekvő árával.

*Tárgyszavak: természetes szálak; kompaundok; farost; szálkeverékek; fröccsöntés; műszaki műanyagok; autóipar; bútoripar.*

### Főbb anyagtipusok és alkalmazásaik

Természetes szálakkal erősített műanyagokat több helyen is alkalmaznak, leginkább a gépkocsigyártásban. Manapság ezen a területen *kétszámjegyű növekedés tapasztalható*, noha az európai felhasználás még viszonylag kicsi (kb. 350 kt). Eleinte főként préselt vagy mélyhúzott lemezekkel lehetett találkozni (pl. ajtóbélések, tetőburkolatok), de ezek alkalmazási és tervezési lehetőségei korlátozottak. A préslemezeket a közepes és nagy értékű gépkocsiknál alkalmazzák, amelyek piaca telítettnek mondható. *Fröccsönthető, természetes szállal erősített hőre lágyuló kompaundokat csak a legutóbbi időben sikerült előállítani*, amelyek lényegesen nagyobb tervezési és feldolgozási szabadságot tesznek lehetővé. Ezekből készülnek nemesebb, drágább termékek is (pl. hangszóróburkolatok), de olcsóbb, az utastérből nem látható alkatrészek is. Egyes esetekben (pl. mögéfröccsöntéssel készülő, bőrutánzatú felülettel ellátott belső burkolatok) a design külön kihangsúlyozza a felhasznált anyag természetes eredetét, ami manapság előnyös a környezettudatos vásárlók előtt.

A természetes szálak kompozitok háztartási gépek alkatrészeinek gyártására is felhasználhatók, bár itt nem elsősorban a mechanikai jellemzők fontosak, inkább az optika és a tapintás. Ezen a területen a természetes kinézet és a különleges tapintás jelenti a fő vonzerőt. Az alkatrészeket időnként átlátszó lakkréteggel vonják be, pl. azért, hogy biztonsággal lemoshatók, tisztíthatók legyenek, ugyanis a természetes szálak kompozitok egyik legnagyobb hátránya, hogy nedvszívóak.

A faliszttal töltött műanyagokat egyre szívesebben alkalmazzák fa pótlására és helyettesítésére mind a külső, mind a belső építészetben. Különösen a nagyobb ajtók, lemezek stb. elkészítésénél előnyös, hogy a fa-műanyag kompozitok feldolgozásakor jóval kisebb a hulladék mennyisége, mintha fából készítenék ugyanazt a terméket. Németországban különösen gyors ennek a piaci szegmensnek a fejlődése, ami még a

nagy műanyaggyártók figyelmét is felkeltette, mert a **BASF** vagy a **Wacker Chemie** is kínál olyan alappolimereket, amelyek elsődleges alkalmazása az, hogy mátrixként szolgálnak természetes szálakkal erősített kompozitokhoz. A bútoripar ugyancsak élénk érdeklődést mutat az új szerkezeti anyagok iránt, hiszen új formavilágot, különleges színhatásokat és felületeket lehet a segítségükkel létrehozni. Fröccstechnológiával görbült felületeket, bonyolult darabokat is gazdaságosan, egy lépésben lehet előállítani. Különösen nagyobb száltartalom mellett a falisztartalmú kompozitok tapintása közelebb áll a fáéhoz, mint a műanyagéhoz.

Mátrixként minden olyan polimer számításba jöhet, amelyik 175–190 °C közötti hőmérsékleten feldolgozható – efelett a természetes szálak elkezdnek degradálódni. Az egyik legelterjedtebb mátrixanyag a polipropilén, de környezetvédelmi okokból érdeklődnek az olyan, megújuló nyersanyagforrásból készülő polimerek iránt is, mint a politejsav (PLA). A természetes szálak választéka is elég széles. Vannak Európában is előforduló szárrostok, mint a lenrost vagy a kenderrost, de vannak trópusi rostok is, pl. a szizál, a kenaf vagy a bambuszrost. Különösen fontosak lettek az utóbbi időben a farosttal töltött hőre lágyuló műanyagok, ezért önálló nevet is kaptak: fa-műanyag kompozitok (angol rövidítéssel WPC). *A megújuló nyersanyagok előnye az, hogy nem járulnak hozzá új szén-dioxid termeléséhez, és áruk nem függ össze szorosán a nyersolaj folyamatosan növekvő árával.* Azt nem lehet mondani, hogy a természetes szállal erősített, fröccsönthető granulátumok széles körben elterjedtek volna, de azért vannak olyan termékek, ahol elsősorban ilyen anyagot használnak – főként ott, ahol a környezetbarát jelleg marketingszempontról előnyös, és ahol a műszaki tulajdonságok is elfogadhatók. A természetes szálakkal nagy fajlagos merevség és szilárdság érhető el (a fajlagos mechanikai jellemzőket úgy számítják, hogy a nominális értéket a sűrűséggel osztják). A merevség és a szilárdság mellett a természetes szállal erősített műanyagok kedvező akusztikai jellemzőket mutatnak, és nem hajlamosak szilánkos hasadásra sem, ami biztonsági szempontból kedvező.

## **Fából és növényi szárakból készült rostok**

Tekintettel arra, hogy a természetes rostok viszonylag új anyagok (legalábbis a műanyagiparban), bizonyos alapfogalmak és definíciók még nem egységesek. A falisztet és farostot elsősorban faipari melléktermékekből (pl. faforgácsból) állítják elő. Ezeknek a termékeknek nincsenek különösen jó tulajdonságaik, de legalább olcsók. Különböző nemesítési eljárásokkal a jellemzők javíthatók, de ez hatással van a termékek árára is. *A fa-műanyag kompozitokat ma elsősorban ott alkalmazzák, ahol nagy nyomás nehezedik a termék árára.* A növények szárából előállított rostok általában jobb tulajdonságokkal rendelkeznek, de drágábbak is a faliszttnél. A jobb minőségű növényi rostok ára azonban még mindig olcsóbb a szokásos mátrixanyagokénál, ezért megéri használni őket. *A növényi szárakból készült rostokat rendszerint akkor alkalmazzák erősítőanyagként, ha mechanikailag igényesebb termékeket akarnak gyártani.*

A különféle erősítőanyagokkal készült kompozitok jellemzőinek összevetésére célszerű a polipropilénmátrixot választani, mert azt sokféle erősítőanyaggal szokták kombinálni. A természetes szálak sűrűsége lényegesen alacsonyabb az ásványi anyagokénál (1. táblázat) – ezért a segítségükkel készült kompaundok sűrűsége is kicsi (2. táblázat). A természetes szálak kompozitok kis sűrűsége különösen nagy száltartalom esetében feltűnő.

1. táblázat

Néhány erősítő és töltőanyag tipikus sűrűsége

Töltő/erősítőanyag	Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>
E-üveg	2,5
Talkum	2,55–2,85
Len	1,5
Kender	1,5
Bambusz	1,53
Juta	1,3–0,45
Szizál	1,45
Faliszt/farost	0,6–0,8

Megjegyzés: a sűrűség alatt itt a tömbanyag sűrűségét kell érteni, nem a porszerű halmaz sűrűségét, amely ennél az értéknél jóval kisebb.

2. táblázat

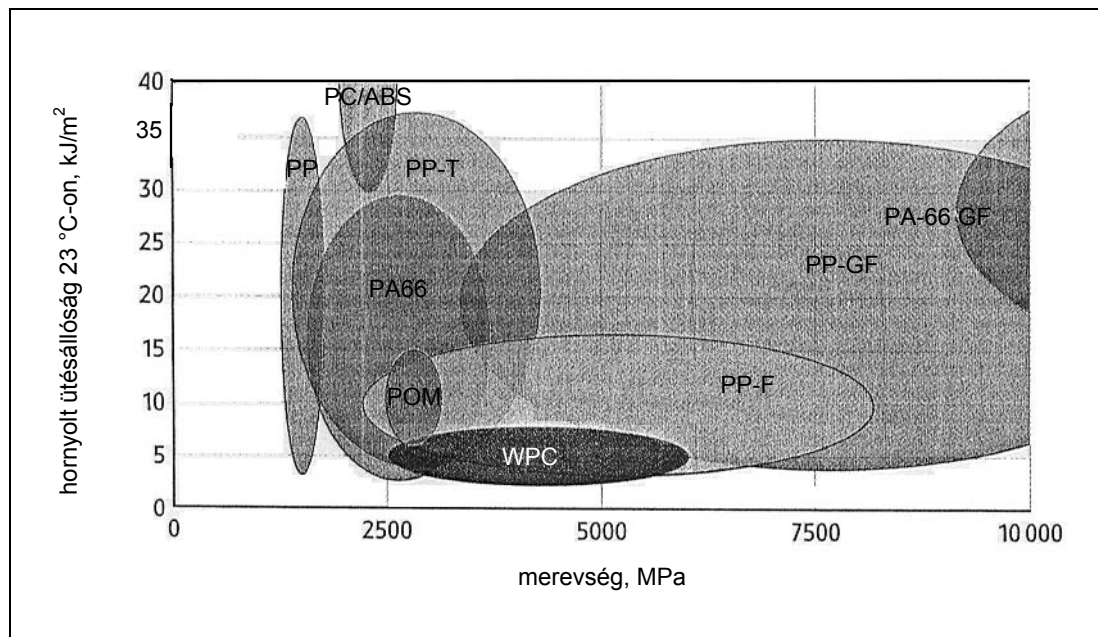
Azonos vagy hasonló mennyiségű ásványi töltőanyagot, üvegszálat vagy természetes erősítőszálat tartalmazó hőre lágyuló kompozitok sűrűsége

Kompozit neve	Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>
PP-NF30	1
PP-NF50	1,1
PE-NF30	0,95
PP-GF30	1,12
PP-GF50	1,33
PP-T40	1,24
PA-GF30	1,35

Rövidítések: PP = polipropilén, PE = polietilén, PA = poliamid, NF = természetes szál, GF = üvegszál, T = talkum. A rövidítések melletti szám %(m/m)-ben jelöli a töltő/erősítőanyag mennyiségét.

A sűrűség mellett természetesen a mechanikai tulajdonságok is döntőek az anyagok kiválasztásánál. Az 1. és a 2. ábrán jól látható, hogy az olyan nem erősítő jellegű töltőanyagokkal szemben, mint a talkum, a természetes szálak jelentős erősítő hatást

fejtenek ki. A természetes szálakkal nagyobb mértékben erősített kompozitok (legalábbis bizonyos tartományokban) felveszik a versenyt az üvegszállal erősített kompozitokkal, és minden esetben kedvezőbb merevséget és szilárdságot mutatnak, mint az alappolimer. A kis sűrűség miatt ez a tulajdonságegyüttes kitűnő lehetőséget nyújt a tömegcsökkentésre. A nagyobb alkatrészeknél a falvastagságot sokszor nem csak a terhelés nagysága, hanem a rendelkezésre álló feldolgozástechnológia is befolyásolja. Ha a jelenleg üvegszál-erősítésű műanyagokból készülő nagyobb elemek mérete feldolgozástechnikai okokból problémákat okoz, akkor számításba jön a falvastagság és a tömeg csökkentése természetes szállal erősített anyagra való áttéréssel. *A szárrostokat tartalmazó kompozitok vonzóbb tulajdonságprofilt kínálnak a faliszttel töltötteknél, de drágábbak is azoknál.*



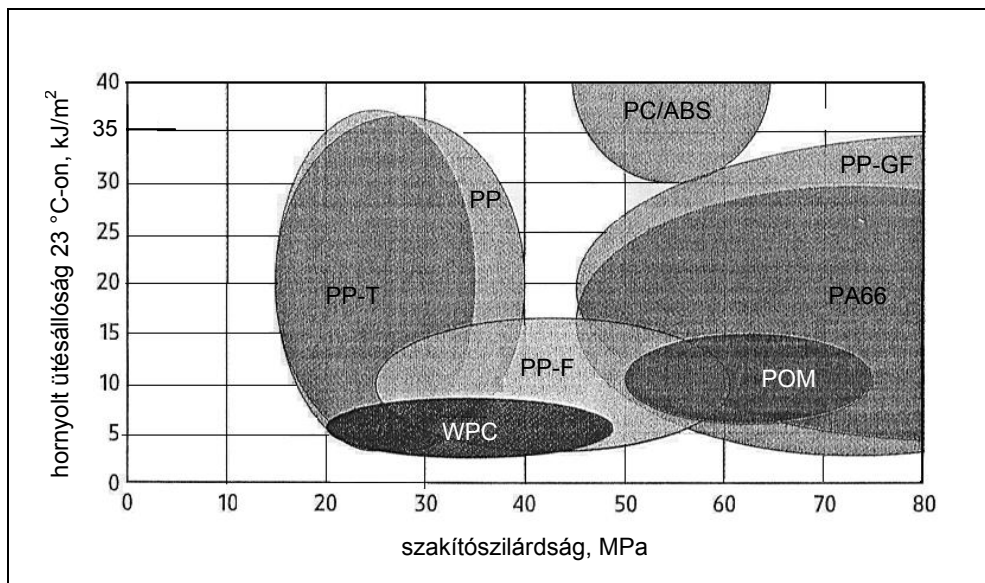
PP = polipropilén, PC/ABS = polikarbonát/ABS keverék, PP-T = talkummal töltött polipropilén, PA66 = poliamid 66, POM = poli(oxi-metilén), acetál polimer, WPC = fa-műanyag kompozit (faliszttal töltött PP), PP-F = szárrosttal (hánccsal) erősített PP, PP-GF = üvegszállal erősített PP, PA66-GF = üvegszállal erősített poliamid 66.

1. ábra Műszaki fröccsanyagok merevsége (modulus) és hornyolt ütészállósága közti összefüggés

## Ütészállóság, hőállóság, zsugorodás

Manapság a legnagyobb problémát a természetes rostokkal erősített PP kompozitok hornyolt próbatesten mért alacsony ütészállósága jelenti (ld. az 1. és 2. ábra Y tengelyét), mert ezen a téren nem versenyezhetnek sem az erősítetlen alapanyaggal, sem az üvegszál-erősítésű kompozitokkal. Dolgoznak ugyan ennek a tulajdonság-

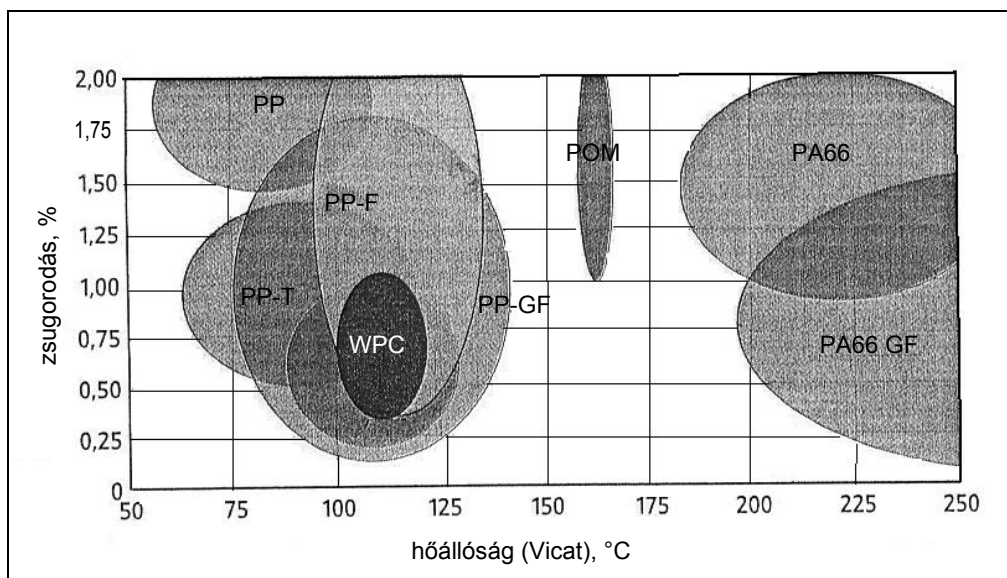
nak a javításán, de a probléma valószínűleg maguknak az erősítőszálaknak a tulajdonságaiban rejlik. Azok a próbálkozások, hogy az ütésállóságot a tapadás növelésével javítsák, eddig nem jártak sikerrel. *Ígéretesebbnek tűnnek a szálkeverékek, amelyek jelenthetik üvegszálak hozzákeverését, de olyan közel természetes szálakét is, mint a regenerált cellulóz.* Ez utóbbiak a szilárdságot ugyan nem javítják, de az ütésállóságot igen. Laboratóriumi mérések szerint természetes szálak és regenerált cellulózzal kombinációjával lényegesen ütésállóbb kompozitokat lehet előállítani a szilárdság minimális romlása mellett.



PP = polipropilén, PC/ABS = polikarbonát/ABS keverék, PP-T = talkummal töltött polipropilén, PA66 = poliamid 66, POM = poli(oxi-metilén), acetál polimer, WPC = fa-műanyag kompozit (fa-liszttel töltött PP), PP-F = szárrostonal erősített PP, PP-GF = üvegszállal erősített PP, PA66-GF = üvegszállal erősített poliamid 66.

## 2. ábra Műszaki fröccsanyagok szakítószilárdsága és hornyolt próbatestenen mért ütésállósága közti összefüggés

Ami a zsugorodást és a hőállóságot illeti (3. ábra), a természetes szálakkal erősített kompozitok akár a jóval drágább PC/ABS keverékekkel is felveszik a versenyt. A zsugorodás és a vetemedési hajlam különösen a WPC-kenél kedvező, de a szárrostonal erősített anyagok közül is sok keverék hasonló jó tulajdonságokat mutat. Annak ellenére, hogy a mátrixanyag részben kristályos, a természetes rostok hozzáadásával olyan kompaundot kapnak, amelynek zsugorodása közel áll az amorf anyagokéhoz. A helyettesítés természetesen csak akkor lehetséges, ha az adott alkalmazásban a PC/ABS keveréket elsősorban alaktartósága miatt használták. A természetes rosttal erősített PP lényegesen olcsóbb a PC/ABS-nél. A 3. táblázat néhány kereskedelemben is kapható, természetes szálakkal erősített polimertípus jellemzőit foglalja össze.



PP = polipropilén, PC/ABS = polikarbonát/ABS keverék, PP-T = talkummal töltött polipropilén, PA66 = poliamid 66, POM = poli(oxi-metilén), acetál polimer, WPC = fa-műanyag kompozit (fa-liszttel töltött PP), PP-F = szárrostonal erősített PP, PP-GF = üvegszállal erősített PP, PA66-GF = üvegszállal erősített poliamid 66.

3. ábra Műszaki fröccsanyagok zsugorodása és hőállósága közti összefüggés

3. táblázat

Természetes szálakkal erősített fröccsönthető (kereskedelmi) kompozitok jellemzői

Termék	Természetes szál	Szál-tartalom %	Sűrűség g/cm <sup>3</sup>	E-modulus MPa	Folyás-határ MPa	Ütés-állóság kJ/m <sup>2</sup>	Zsugorodás hosszirány, %	Vicat B50 °C
Agriplast PP/GF 6040	fű	40	0,85	1200	20	18	1,2–1,5	–
FiberGran NF40	szizál/len	40	1,05	3886	38	17	0,7–0,9	103
Forpolen HF	szárrost/háncs	21	0,96	2300	38	21	–	–
GreenGran NF50	juta, len, kender	50	1,1	6750	60	22	0,3–2,2	132
PPFlachs20	len	20	0,98	3460	40	19	–	–
Sabiprop	kender	20–30	1	2200–4000	25–40	12–30	0,7–1	95–103
Arbofill Fichte	fa			2735	28	10	–	–
FiberGran NF50	fa	50	1,14	2992	21	15	–	–
Fibrolon 64N	fa	40	0,7–0,8	3400	26	54	0,4–0,6	–

A 3. táblázat folytatása

Termék	Természetes szál	Szál-tartalom %	Sűrűség g/cm <sup>3</sup>	E-modulus MPa	Folyáshatár MPa	Ütésállóság kJ/m <sup>2</sup>	Zsugorodás hosszirány, %	Vicat B50 °C
Hightec Holz S2	fa	30–70	0,95–1,15	2500–6000	22–48	10–35	0,3–1	<120
Lignocell S	fa	65	–	5000	45	15	–	–
BP M106 NF30	szárrost/háncs	30	1,29	5300	35	–	–	63
Arboform*	fa, len, kender	20–60	1,2–1,4	1000–7000	15–40	2–95	0,1–0,3	50–105
Fibrolon* B53 AW	fa	30	0,9–1	3510	42	15	–	–

\* Megjegyzés: biopolimer-mátrix.

### Gazdaságosság és környezetbarát jelleg

Ha összehasonlítjuk a természetes szálak (len, kender) és a nyersolaj árváltozásait 2003–2007 között, akkor kitűnik, hogy az előbbieké stagnáltak, az utóbbié viszont – időnként kis visszaesésekkel ugyan – folyamatosan emelkedett. A kőolajból kiinduló PP ára ugyan a kőolajénál kisebb mértékben, de ugyancsak növekedett. Jelenleg a kis termelési volumen és a készülékek költsége miatt a természetes szálakkal erősített PP kompozitok (amelyek ára 1,30–3,30 EUR/kg között mozog) drágábbak a hagyományos töltött és erősített műanyagoknál, de már csak az árváltozások jellege miatt is egyre vonzóbbá válnak. Ahogy a termelés nőni fog és a gyártóberendezések egyre korszerűbbé válnak, az árarányok egyre inkább a természetes anyagok számára kedvező irányban fognak változni. Még ennél is kedvezőbb a kép, ha az egyes anyagok előállításának fajlagos energiaszükségletét hasonlítjuk össze (4. táblázat). A természetes szállal erősített PP környezetterhelés szempontjából jelentős előnyt mutat az ABS-hez képest. Egészségügyi szempontból is vannak előnyei, ugyanis különösebb nehézség nélkül állíthatók elő pl. élelmiszerrel érintkező típusok.

Az 5. táblázat néhány természetes szállal erősített, biológiai eredetű vagy biológiailag lebontható műanyag típus piacának nagyságát foglalja össze különböző tanulmányok alapján. Általánosságban elmondható, hogy nem csak a felhasználás mennyisége nő, hanem a termékek minősége is. A folyamatosan továbbfejlesztett anyagok eleget tesznek a vevők elvárásainak szilárdság, tartósság, színtabilitás stb. vonatkozásában. A fröccsöntés, a 3D termoformázás és laminálás különböző kombinációi rendkívül változatos termékek és formák előállítását teszik lehetővé. Tekintettel arra, hogy a bútorgyártók és tervezők jelentős része számára a műanyag-feldolgozási technológiák elég idegenek, szoros együttműködésre van szükség a feldolgozók és a felhasználók között, ugyanakkor ez azt is jelenti, hogy új ismeretekre lehet szert tenni és új, eddig

nem alkalmazott megoldások kidolgozására kerülhet sor. A természetes szálak nedv-szívó hajlama és hőérzékenysége a műanyag-feldolgozók számára is új vonás, amelyet megfelelően kezelni kell a sikeres termelés érdekében. A rendelkezésre álló biológiai nyersanyagok köre is folyamatosan bővül az egyszerű fűtől a len és kenderszálon keresztül a parafáig, a falisztig vagy az egzotikus bambuszig. A világ más tájain a rizshéj, a cukorgyártás melléktermékeként képződő présogácsa hasznosításával próbálkoznak. Mátrixanyag tekintetében sem kell föltétlenül a tömegműanyagokra (pl. poliolefinekre, PVC-re) gondolni, számításba jönnek biológiai eredetű és/vagy biológiailag lebontható műanyagok is, pl. a politejsav vagy polilaktid (PLA). Mindegyik megoldásnak megvannak és meglehetnek a jövőben is a speciális piacai, de jelenleg talán a legnagyobb szükség arra lenne, hogy standardizált típusok alakuljanak ki standardizált tulajdonságokkal (például PP-NF30 vagy WPC70), ami elősegítené az anyag-típus egységes elfogadását és „használatba vételét” a végfelhasználók és a tervezők részéről.

4. táblázat

Műanyagok és szálak előállításának fajlagos energiaigénye, MJ/kg

	ABS	PP	Polilaktid	Üvegszál	Kender
Kukorica-keményítő			28		
Kőolaj	46	29			
Energia	49	49	54	50	
Műtrágya					1,95
Géphasználat					1,28
Szálkinyerés					0,94
Szállítás és egyéb					0,80
<b>Összesen</b>	<b>95</b>	<b>78</b>	<b>82</b>	<b>50</b>	<b>4,97</b>

5. táblázat

Újonnan kifejlesztett szálal és falisztes keverékek piaca az Európai Unióban

Keverék fajtája és alkalmazása	Mennyiség/Régió
Biológiailag lebontható műanyagok – primer csomagolás	60 000–70 000 t/Nyugat-Európa
Bioműanyagok hosszú idejű alkalmazásra	30 000–40 000 t/Németország
Természetes szállal erősített présmasszák – autóipar	29 000 t/Németország
Falisztes tartalmazó présmasszák – autóipar	40 000 t/Németország
Gyapotszálas présmasszák – autóipar	79 000 t/Németország
WPC fröccsöntés és extrúzió – építőipar, bútóipar, autóipar	80 000–105 000 t/EU
Természetes szállal erősített fröccs- és extrúziós anyagok	3000–4000 t/EU
<b>Bioalapanyagok összesen</b>	<b>legalább 350 000 t/EU</b>

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Huber, T.: Verstärkung aus der Natur. = Kunststoffe, 98. k. 7. sz. 2008. p. 97–101.

Gahle, C.; Carus, M.: Auf zu neuen Ufern. = Kunststoffe, 98. k. 8. sz. 2008. p. 42–45.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)