

- Hoag ML, Krahmer RL (1991) Polichromatic X-ray attenuation characteristics and wood densitometry applications. *Wood and Fiber Science*. V.23(1): 23-31
- Macedo A, Vaz CMP, Pereira JCD, Naime JM, Cruvinel PE, Crestana S (2002) Wood Density Determination by X- and Gamma-Ray Tomography. *Holzforschung*. Vol.56, No.5: 535-540
- Molnár S (2004) Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Németh K (1997) Faanyagkémia (Kémiai szerkezet, reakciók). Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Sitkei Gy (szerk.) (1994) A faipari műveletek elmélete. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Kft, Budapest
- Szechey B, Divós F (2000) Zaj-, rezgés- és sugárzásvédelem. Egyetemi jegyzet, Sopron
- Virágh E, Zöld E (1980) Radioaktív szennyeződések hatása a környezetre. BME MTI, Budapest
- Virágh E (1985) Sugárvédelem, Dozimetria. BME MTI, Budapest

A papírhulladék hasznosítása lapalapú biokompozit előállításához I.

TAKÁTS Alexandra¹, VARGA Norbert², TAKÁTS Péter³

¹ NymE FMK Informatikai és Gazdasági Intézet

² okleveles faipari mérnök

³ NymE FMK Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

Kivonat

A kutatómunka során a nagy mennyiségben keletkező és papíripari célra is nehezen újrahasznosítható színes reklámújság lignocellulóz alapú kompozitban történő hasznosítására sikerült megoldást találnunk. A cél egy olyan biokompozit termék előállítása volt, melynek gyártása során külön, a kompozit mátrix részét biztosító kötőanyag nem került felhasználásra. Az így elkészített ökotermék a közepes sűrűségű farostlemezhez (MDF) hasonló fizikai-mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. A színes újságpapírból készült rost a lapgyártás folyamatába könnyen beilleszthetővé válhat, miközben jelentős környezeti terheléstől képes közvetlenül megszabadítani a természetet. Az újrahasznosított hulladék papír felhasználásával készült lapalapú kompozitok így alkalmassá tehetőek környezetbarát termékek tervezésére, kialakítására egy ún. ökodesign irányvonal bevezetése révén.

Kulcsszavak: : papírhulladék, rostkompozit, kötőanyagmentes, ökotermék, környezetorientált termékpolitika, ökodesign

Paper waste recycling in bio-composite boards - Part 1

Abstract

In the course of our research we have found a solution for recycling colour admag in a lignocellulose-based composite. These papers arise in huge quantities and are difficult to recycle, even in paper industry. Our aim was to produce a kind of bio-composite that doesn't require adhesives as a matrix. The eco-product generated this way has similar physical and mechanical attributes to a medium density fibreboard (MDF). Fibre made of colour newsprint can be easily adapted to board production, while nature is protected from



significant environmental threats. Composite boards produced by utilizing recycled paper waste can be used for designing and creating environmentally friendly products following the so-called eco-design trend.

Key words: paper waste, fibre based composite, adhesive-free, eco-product, environment-oriented product policy, eco-design

Bevezetés

A legtöbb iparág rendelkezik a környezet terhelését növelő melléktermékekkel, hulladék anyagokkal. Ezek a hulladék anyagok sok esetben károsak és nehezen, eseteként nagy körültekintés mellett kezelhetők, másoknak azonban könnyebb az újrahasznosításuk. Ide sorolhatók elsősorban a lignocellulóz alapú hulladék anyagok, melyek másodnyersanyagként történő hasznosítása egyre inkább előtérbe kerül. A fenntartható fejlődés szempontjából nagyon is fontos kérdés, hogy mihez kezdünk ezekkel a látványlag értéktelen és további alkalmazás szempontjából haszontalan anyagokkal.

A káros hatások, amelyek létünk vagy tevékenységünk ellenében hatnak a legkülönbözőbbek lehetnek:

- közvetlen természetet veszélyeztető anyagok, nehézfémek,
- mesterségesen kialakított környezet,
- nehezen kezelhető technológiai folyamatok, stb.

A környezeti ártalmak elleni védekezés értelmezése, tartalma, valamint módszerei az idők során jelentősen változtak. Történelmi léptekkel mérve azt mondhatjuk, hogy csak napjainkban ismertük fel az emberiség létét, fejlődését biztosító komplex tevékenységnek, a környezetvédelemnek a szükségességét.

A környezetvédelem alapvető célja az emberiség biológiai létének zavartalan fenntartása, a gazdasági, társadalmi fejlődés megtartása mellett a természeti környezet védelme. Ennek egyik eszköze a környezetorientált termékpolitika kialakítása, melynek célja, hogy a termékek, jelen kutatásunkban a nagy mennyiségben előforduló papíripari termékek teljes életciklusát figyelembe véve megtaláljuk a környezet védelmét biztosító módozatokat. Átfogó koncepcióra van szükség, amely a tervezéstől, a termék létrehozásától kezdve egészen a végső megsemmisítésig vagy az újrahasznosításig terjed. A komplex környezetvédelmi rendszer egyik legszélesebb összefüggésekkel, legszerteágazóbb kapcsolatokkal rendelkező eleme a hulladékprobléma. A hulladékprobléma felőli gondolkodás korszerűsödésével a hulladékártalmatlanítás és a hulladékhasznosítás közti elkülönültség egyre inkább megszűnik. Ma már természetesnek tartjuk, hogy a hulladékkal

nem csak ártalmatlanítási céllal, hanem hasznosítási céllal is lehet, ill. kell foglalkozni és legújabbban a hulladék hulladékának problematikája is szóba kerül (Takáts P. 2007). A papírhulladék jelentős mértékben jelen van életünkben, ami nem csak szemetet vagy a papíripar számára újrahasznosítható papírt jelenthet, hanem egy, a kompozit tudományok területén hasznosítható nyersanyagot is.

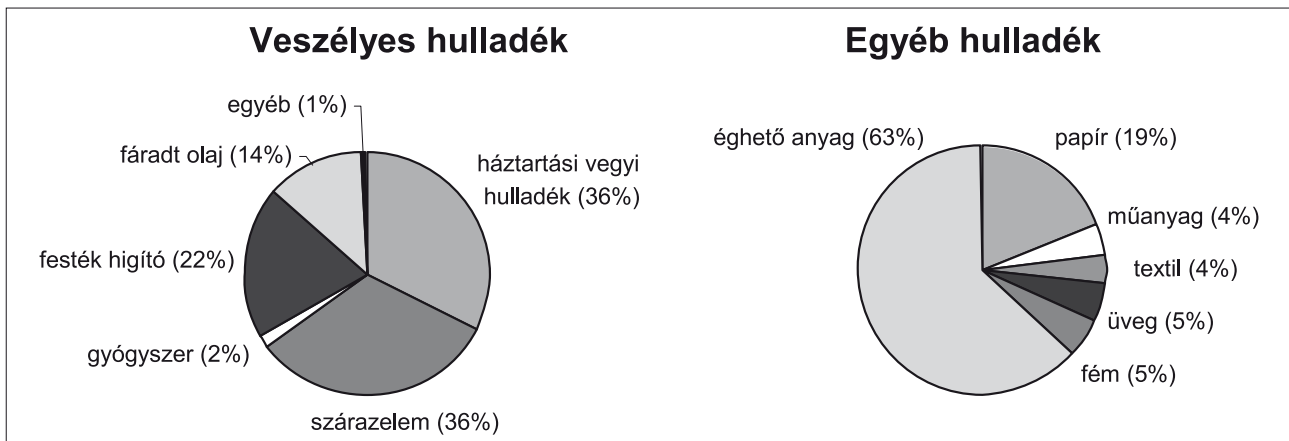
A kutatómunka során a nagy mennyiségben előforduló színes reklámújságot, mint másodnyersanyagot hasznosítottuk egy rostalapú síkpréselt ökotermék céljára.

Hulladékhelyzet

A települési szilárd hulladék összetétele az elmúlt egy évtizedben nem változott lényegesen. A hulladék mintegy harmadát teszik ki a fém, üveg, textil, műanyag és papír hulladékok és a maradékot pedig az éghető, ill. biológiailag lebomló szerves hulladékok együttesen (Fazekas és Orosz, 2007). A legnagyobb problémát a veszélyes hulladékok (pl. szárazelem, gyógyszer, festékhígító, fáradt olaj, stb.) jelentik, melyek a háztartási vegyes hulladék mellett 64 % értéket képviselnek (1. ábra).

A lakosság hulladékproblémáját azonban csökkentheti a szelektív hulladékgyűjtés és az újrafeldolgozás továbbfokozása. Már a papírhulladék is, de különösen a színes reklámanyagok elhelyezése a környezetbarát szemléletű szakemberek számára is egyre nagyobb gondot jelent. Részletes vizsgálatnak vetettük alá a papírhulladék előfordulását és annak összetételét, hogy a lapgyártás szempontjából legalkalmasabb alapanyagot sikerüljön kiválasztani, különös tekintettel arra, hogy kötőanyag felhasználása nélküli biokompozit terméket kívántunk előállítani.

A papír felhasználása továbbra is emelkedik, és ez növekvő ökológiai problémát jelent, mivel a papíripar közel 2000 fajta vegyszert használ, annak ellenére, hogy az utóbbi években igen jelentős fejlesztések történtek ebben az iparágban. A papíripari újrahasznosítás csak enyhíteni képes a gondokon, de ehhez megfelelő hulladékgazdálkodásra lenne szükség. A legnagyobb felhasználó országokban ökológiai árképzéssel el kellene érni például a pazarló



1. ábra Települési szilárd hulladék átlagos összetétele Magyarországon 2004-ben (KVM 2006)

Figure 1 Average ratios of solid waste in Hungary, 2004 (KVM 2006)

csomagolások visszaszorítását, amely a fogyasztói társadalom fejlődésének következménye.

A papír cellulózrostból, különböző adalékanyagok segítségével nemezelődés és vízelvonás által előállított újrahasznosítható termék. Kapillár-porózus test, mérsékelten higroszkópos, ezért a környezet hőmérséklete és nedvességtartalma függvényében tulajdonságait változtatja, ugyanakkor anizotróp is, mivel a tér mindhárom irányában a tulajdonságai és méretei eltérőek, amelyben a rostok sztochasztikusan (véletlenszerűen) helyezkednek el (Rab 1999).

A papírhulladék feldolgozása során a megfelelő előfoszlást követően a vízben megduzzadt rostokat őrléssel pépesítik. A nedvesedési és az optikai tulajdonságok javítása érdekében a papírt enyvezik, majd töltőanyagokat is adnak a péphez. Az írólapokhoz például kaolint, az értékes biblíanyomó papírhoz titán-dioxidot, a színezés érdekében pedig különböző pigmenteket. Ezek az anyagok a pépben bonyolult kolloid rendszert hoznak létre, miközben a cellulóz rostokhoz kapcsolódnak. A színező anyagok különösen nagy mennyiségben jelennek meg a reklámújságokban (Rab 1999).

A papíripar az elmúlt 30 évben az ipari ágazatok közül az elsők között ismerte fel a természeti erőforrásokkal való ésszerű gazdálkodásnak, a környezetvédelemnek a fontosságát. A cellulózzgyárak nettó energiakibocsátókká váltak, a papírgyártás elsődleges rostanyag-igényét mintegy felére, fajlagos energiafogyasztását harmadára, vízfogyasztását pedig tizedére csökkentette. 1996-ban például a papír újrahasznosítása Európában 32 millió tonnás rekordot ért el, melynek mintegy egyharmadát (több mint 10 millió tonnát) Németországban gyűjtötték össze. Az újrahasznosítási részarány 49,8% volt. A CEPI (Confederation of European Paper Industries) adatai

szerint Európában a papírgyártáshoz felhasznált újrahasznosított papír részaránya az elmúlt tíz év alatt közel 10%-kal nőtt. Ezzel az újrahasznosítási rátával a papíripar minden más ipari ágazat előtt jár. Ezért továbbra is ösztönözni kell ezt a környezet- és felhasználóbarát folyamatot, az önkéntes begyűjtési rendszereket, aktív törvényi támogatással is (Rab 1999).

Anyag és módszer

A hazai papíriparban – részben a termékösszetételből adódóan (csomagolópapír, karton, egészségügyi papírok nagy részaránya) – a másodlagos rostfelhasználás még az EU-átlagnál is kedvezőbb. A hulladékpapír-helyzetet kettősség jellemzi. A papírhulladék egy részét importból fedezzük, bár igaz, hogy az utóbbi évtizedben már a hazai begyűjtési arány is nagymértékben (kb. 55%) javult és ennek eredményeképpen erőteljes exportnövekedés is megfigyelhető (2. ábra). Ezt a folyamatot a hazai törvényi szabályozás azonban még több ponton (begyűjtés, import stb.) nem ösztönzi kellőképpen. Különösen lényegessé váltak ezek a kérdések az EU-csatlakozásunk kapcsán, mert például az 1994-es 94/62/EC EU direktíva szerint a tagállamoknak a csomagolási hulladék 50-65%-át vissza kell gyűjteni, és 25-45%-át újra kell hasznosítani.

Meg kell jegyezni azonban, hogy az újrahasznosítási arány növelésének – papírtípustól függően – megvannak az ésszerű korlátai. A többszöri újrahasznosítás során ugyanis a rostok rövidülnek, a papíripari termék minősége romlik. A rostosításkor arra törekszünk, hogy kíméletes módszerekkel nagy mennyiségű ép rostot készítsünk (Winkler 1999).

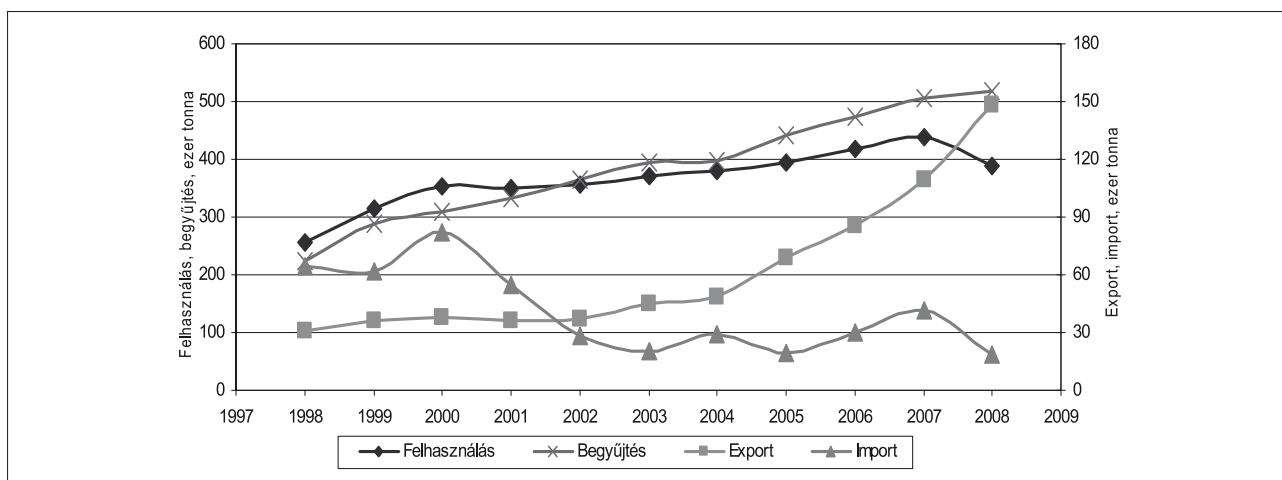
A jelenlegi ismeretek és technológiai színvonal mellett, az író-nyomó papíroknál még jó minőségű termék gyártható 50% elsődleges, és 50% másod-

lagos rost felhasználásával, mázréteg alkalmazásával. Az EUGROPPA (15 európai ország papír nagykereskedőinek egyesülete) szerint a „recycling termék” összetétele az író-nyomó papírok területén a fenti arálynak megfelelő. A papíripari újrahasznosítás, az energetikai hasznosítás és a környezetterhelés komplex összefüggésben állnak. Az EU-országokban összegyűjtött használt papírt több mint 40 különböző minőségi kategóriának megfelelően szétválogatják, és ezután döntenek a papíripari felhasználás módjáról. A maradék kerül az égetőbe, vagy deponálásra.

A papír újrahasznosítása ma még világszerte nem éri el azt a szintet, amelyet a környezetvédelmi vagy az újrahasznosítási érdekek megkívánnak, bár a nagyobb papírfogyasztású államokban már átlagosan 52% a hulladék papír újrahasznosítása. A hulladék papír újrahasznosításának általános nehézsége: a papírgyárak szoros minőségi követelményeket támasztanak a gyártásba visszavezethető hulladék papírral szemben. A papírhulladék újrahasznosítása területén ezért kell más lehetőségek után kutatni, melynek egyik alternatívája lehet a faipari, különösen a bútorigipari hasznosítás, új lapalapú ún. öko-kompozit termékek kialakítása révén. A legjobb minőségű papírhulladékot szelektív papírgyűjtéssel lehet visszanyerni, mely ma Magyarországon még viszonylag újdonságnak számít a lakosság körében. Ezt a folyamatot még tovább kell tudatosítani az emberekben és felismertetni velük a tényt, hogy ez a tevékenység hosszú távon meghozza látható eredményét a környezeti terhelés csökkentésében. Nem megoldott még a papírhulladékból kivont, nyomdafestéket tartalmazó hulladék környezeti kár okozása nélkül való elhelyezése. Ezért igyekeztünk olyan hasznosítási megoldást találni, melynek során ezt a nem kis költséggel járó műveletet elkerüljük.

A papírhulladék másodlagos anyagként való visszanyerése és annak újrahasznosítása, valamint az elégetéssel történő energiatermelés között jelentős ellenérdekeltség van világszerte. A gazdaságos égetés minél nagyobb hőtartalmú, száraz hulladékot igényel, a másodlagos anyaghasznosítás pedig az egyik legnagyobb hőtartalmú hulladékkomponenst vonja ki a kevert települési hulladékból.

Belátható, hogy a papír újrahasznosítása még sok megoldásra váró problémát vet fel, de az eredmények nagyon biztatóak, ami arra ösztönöz minden szakembert, aki ezen a területen dolgozik, kutat, hogy a lehetőségekhez mérten segítse ennek az iparágak a működését, fejlődését. A kimerülőben lévő természeti energiaforrások, a hulladékkal telítődő környezetünk problémái mind olyan gondolatokat vetnek fel, hogy az iparban keletkező és mindennapi életünkben megjelenő anyagokat a lehető leghasznosabb célra fordítsuk. Új fejlődési stratégiákra van szükség, mert a Föld erőforrásai végesek, amelyeket kimerít a növekvő népesség ellátásához szükséges javak előállítására. Ennek következtében a földi élet kerül veszélybe, mivel mint véges rendszer képtelen lesz regenerálódni és az emberiségnek a létfeltételeket biztosítani. Az új stratégia a fenntartható fejlődés néven vált ismertté. Ez egy olyan modell kíván lenni, amely a következő generációk számára is szeretné megőrizni a természeti erőforrásokat. Anyag- és energiatakarékos, alacsony hulladéktartalmú vagy hulladékmentes termelést, a megújítható erőforrások fokozottabb hasznosítását, a fogyasztás ésszerű módosítását hangsúlyozza. Környezetbarát termékek fogyasztását célozza meg, amelyek elhasználódás után a lehető legkevésbé terhelik a környezetet, hogy a ma élő népesség számára is biztosítsák az alapvető szükségleteket. A közelgő „szemétválság” jelenséget 2050-re



2. ábra Hazai hulladékpapír-forgalom 1998 és 2008 között (KVM 2006)

Figure 2 Domestic waste paper circulation between 1998 and 2008 (KVM 2006)

jósolják a szakemberek. Az egyik megoldás a városi szemét elgázosításából nyerhető ún. „bioszén” lehet, mely a talajba juttatva 47%-ban képes megkötődni, miközben az üvegházhatás csökkentése mellett a növények növekedését jelentős mértékben elősegíti.

A papírgyártók az egész világon csak olyan papírhulladékot használnak fel higiénés és technológiai okokból, amely még nem keveredett a szeméttel, azaz szelektív hulladékgyűjtésből származik. A papír életútelelemzés egzakt alapadatok hiányában még nem képes arra, hogy akár globális, akár regionális méretben meghatározza a fenntartható fejlődést legjobban szolgáló újrahasznosítási arányokat, valamint az égetés és az újrahasznosítás legkedvezőbb arányát. A nagyipari újrahasznosíthatóság műszaki-technológiai, logisztikai és társadalmi feltételei csak az utóbbi évtizedekben értek meg, elsősorban a szerény favagyonnal, de magas papírtermelési kultúrával rendelkező országokban (Rab 1999).

A papírhulladékok fajtái

Miután a papírok feleslegessé váltak felhasználójuk számára, a papírfajták sokfélesége válik fogyasztás után hulladékká. A különböző papírfajtákból keletkező hulladékok korban és ennek következtében tulajdonságokban és időben eltérő másodlagos nyersanyagforrást jelentenek. A papírhulladékok megkülönböztetésére kétféle irányzat alakult ki: az angol és a német. Az angol 8–10, a német 30–50 féle papírhulladékot különböztet meg. Az angol változatot vette át a legtöbb kelet- és közép-európai ország. A német irányzatot az osztrákok és az észak-amerikaiak használják. Az Európai Unióban a CEN (Centre Européene de Normalisation, Bruxelles) 1994-re tudta az egyes nemzetek tapasztalatait ötvözve létrehozni a hulladék papírok európai szabványos minőségének jegyzékét, amelyet Magyarország a következő évben bevezetett, annak ellenére, hogy még nem volt tagja a közösségnek.

A BIR (Bureau of International Recycling, Brussels) és a CEPI (Confederation of European Paper Industries, Brussels) 1999-re elkészítette a fenti szabvány korszerűsítését. Ez már a papírhulladékok ötfokozatú besorolását teszi lehetővé, azaz a használt papírt eredete és fajtája szerint a szabvány egyes-gyenge (A), közepes (B), jó minőségű (C), valamint csak fehérítetlen cellulózt tartalmazó (kraft) (D) csoportba sorolja. Felvesz továbbá a negyedik fehérítetlen rostú hulladékpapír csoport mellett egy ötödik, különleges technológiákat igénylő speciális papírhulladék csoportot (E). A fajtán belüli megkü-

lönböztetés lehetőséget ad a begyűjtőnek és a papírgyárnak arra, hogy a gyártandó papír minőségéhez, ill. a papírhulladék-újrahasznosító berendezés műszaki paramétereire jobban igazodó papírhulladék-szállítás valósulhasson meg (1. táblázat).

A fenti felsorolás áttekintése is azt bizonyítja, hogy a módosításokkal kiegészített új szabvány is nehezen fog útmutatást adni – elsősorban információhiány miatt – a papírhulladékok, illetve a belőlük kinyerhető reciklált rostok minőségéről, nem kis feladat elé állítva a hulladékpapír gyűjtőket.

Összefoglalás

- A környezetvédelem központú tervezés (ökodesign) arra irányul, hogy egy termék egész életciklusa során érvényesíteni kell a környezetvédelmi követelményeket.
- A tervezéskor nemcsak a termékek életciklusának hosszabbítására kell törekedni, hanem a gyártás és használat során keletkező hulladékok csökkentésére és hatékony felhasználására, újrahasznosítására is hangsúlyt kell helyezni.
- A kutatómunka során megvizsgáltuk a hulladékok előfordulásának módját, mint jelentős ökológiai problémát és a papírhulladék szabályozásának törvényi hátterét.
- Részletes vizsgálatnak vetettük alá a hazai hulladékpapír-helyzetet, különös tekintettel a begyűjtés, felhasználás, export és import alakulására.
- Az EU direktívák figyelembevételével bemutattuk a hulladék papír előfordulásának és értelmezésének öt legfontosabb csoportját, annak összetételét.
- A kísérleti munka során a rostalapú biokompozit termék előállítására a reklámanyagként előforduló színes folyóirat*** került felhasználásra (3. ábra).
- Azért döntöttünk a közepes minőségű hulladékpapírok (B) csoportba tartozó színes folyóirat mellett, mivel nagy mennyiségben előforduló anyagról van szó és feltételezésünk szerint összetétele következtében, megfelelő mechanikai feltárást követően, kötőanyag felhasználása nélkül alkalmassá tehető lapalapú biokompozit termék előállítására.
- A rostosítást követően a zavaró színek a feldolgozott papírhulladék esetében megszűnt és egy homogén szürke színű, vattaszerű rosthalmaz keletkezett.
- Az elvégzett előkísérletek arra engedtek következtetni, hogy rostkompozitok előállítása céljára a megfelelő módon mechanikailag feltárt színes folyóirat alkalmas (4. ábra).



1. táblázat A papírhulladékok csoportosítása a CEPI és a BIR ajánlata szerint (Forrás: Varga 2002)

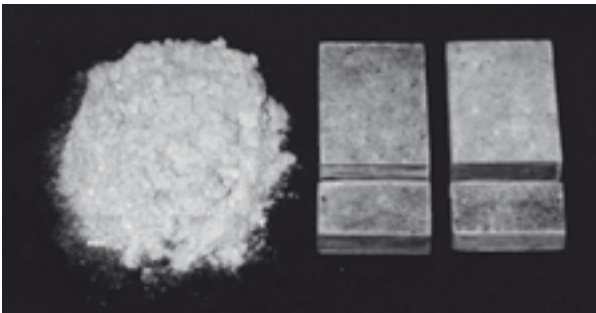
Table 1 Waste paper classification according to CEPI and BIR recommendations (Source: Varga 2002)

Vegyes minőségű hulladék papírok (A):	Közepes minőségű hulladék papírok (B):	Jó minőségű hulladék papírok (C):	Fehérítetlen rostú hulladék papírok (D):	Speciális hulladék papírok (E)
Vegyes1, osztályozatlan;	Újságpapírok, max. 5% színes betéttel;	Enyhén színes vegyes szélhulladék;	Hullámdoboz-gyári eselék;	Vegyes papír és karton;
Vegyes2, osztályozott;	Eladatlan újság, színes betét nélkül;	Könyvkötészet eselék***;	Hullámdoboz-gyári eselék (cellulóz és félcellulóz);	Vegyes csomagolószerek;
Kartonok;	Eladatlan újság színes betét és flexo-nyomás nélkül;	Tépett fehér eselék;	Hullámdoboz-gyári eselék (kraft- és testliner);	Folyadékcsomagoló dobozok;
Áruházi hullám;	Nyomdai szélhulladék kevés nyomdafestékekkel;	Fehér íromány***;	Használt hullámdobozok I (csak kraftliner és félcellulóz fluting);	Kraft burkoló papírok;
Használt hullám;	Nyomdai szélhulladék kevés nyomdafestékekkel*;	Fehér üzleti nyomtatvány;	Használt hullámdobozok, legalább egy kraftliner réteg;	Nedvesszilárd címkepapírok;
Eladatlan folyóirat;	Nyomdai szélhulladék nyomtatott;	Számítógépes nyomtatvány***;	Használt zsákok;	Nyomatlan, fehér nedvesszilárd papírok;
Eladatlan folyóirat*;	Nyomdai szélhulladék nyomtatott*;	Nyomatott fehér cellulózkarton;	Használt zsákok PE bevonattal;	Nyomatott, fehér nedvesszilárd papírok
Telefonkönyv;	Irodai papírok, osztályozott;	Alig nyomtatott fehér cellulózkarton;	Használatlan zsákok;	
Újság (min. 50%) és folyóirat I;	Színes íromány;	Fehér, mázolt nyomtatvány***;	Használatlan zsákok PE bevonattal;	
Újság (min. 60%) és folyóirat II;	Fehér könyv***;	Fehér, nyomtatott karton;	Használt kraft papírok;	
Folyóirat (min. 60%) és újság*;	Színes folyóirat***;	Fehér, alig nyomtatott karton;	Használatlan kraft papírok;	
Lakossági brossúra**	Karbonmentes másoló;	Fehér, nyomatlan karton;	Használatlan bevásárló tasakok	
	Fehér PE bevonatú karton;	Nyomatlan újságpapír;		
	PE bevonatú karton***;	Fehérítet, fatartalmú, mázolt vagy mázolatlan, nyomatlan;		
	Fat. számítógépes nyomtatványok	Fehérítet, fatartalmú, mázolt papír, nyomatlan;		
		Fehér mázolt nyomatlan** ,***;		
		Fehér szélhulladék nyomatlan;		
		Fehér szélhulladék nyomatlan***;		
		Nyomatlan fehér cellulózkarton		

Megjegyzés: Fat.: fatartalmú, * : ragasztások nélkül, ** : osztályozott, *** : famentes hulladék papírt jelent



3. ábra Színes folyóirat durva aprítás után
Figure 3 Colour periodicals after rough chopping



4. ábra Papírost és biokompozit mintatestek
Figure 4 Paper fibre and biocomposite specimens

A kísérleti munka lefolytatásáról és annak eredményeiről a következő cikkben szándékozunk részletes ismereteket nyújtani.

Irodalomjegyzék

- Erdély Zs.(2010): Nemzetközi papírpiaci helyzetkép. *Papírpar* 54(1):14-15.
Fazekas I., Orosz Z. (2007): A települési szilárdhulladék-gazdálkodás jelenlegi helyzete és vár-

ható jövője Magyarországon. In: Proc. Települési Környezet Konferencia, Debrecen, 2007. november 8-10. p290-297.

- Kerekes S., Kindler J.(1997): Vállalati környezetmenedzsment. Aula Kiadó, Budapest p440.
Kerekes S., Szlávik J.(2003): A környezeti menedzsment közgazdasági eszközei, KJK Kerszöv, Budapest
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (2006) A települési szilárdhulladék-gazdálkodási fejlesztési stratégiája 2007-2016. Tanulmány p52
Náray-Szabó G. (2006): Fenntartható a fejlődés? Akadémiai Kiadó, Budapest
Rab A. (1999): A papír újrahasznosítása; doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron
Takáts P. (2007): Szeretlen kötésű kompozitok. Egyetemi tankönyv, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest p122.
Varga N. (2002): Színes reklámújság felhasználásával készült lignocellulóz kompozit. Diplomamunka, NymE Faipari Mérnöki Kar, Sopron p87.
Winkler A. (1999): Farostlemezek, Mezőgazdasági Szaktudás Könyvkiadó, Budapest 1-125.
Winter G. (1987): Das umweltbewußte Unternehmen. Ein Handbuch der Betriebsökonomie mit 22 Checklisten für die Praxis; Verlag C.H. Beck, München.

Hidakról, földrajzi-történeti áttekintés

II. rész: A Keletrómai Birodalomtól a középkorig

LÁNG Elemér¹

¹ Associate Professor Emeritus, West Virginia University, Division of Forestry and Natural Resources, Morgantown, WV 26505

Kivonat

A publikációsorozat második része Bizánc, az iszlám világ és Európa középkori hídjairól nyújt rövid tájékoztatást. Elsősorban a fa vagy részlegesen fa szerkezetű hidak ismertetése volt a