

Óbudai Egyetem
RS Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Médiatechnológiai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Újrahasznosított papírokra készített nyomatok vizsgálata

Szerző: **Barna Kornél**
Rejtő Sándor Könnyűipari és
Környezetmérnöki kar; 3. évfolyam

Konzulens: **Dr. Szentgyörgyvölgyi Rozália**
Adjunktus
Dr. Borbély Ákos
Egyetemi docens

TDK rövid ismertetés

A TDK dolgozat készítésének célja újrahasznosított papír nyomathordozókra, digitális technológiákkal készített nyomatok minőségének vizsgálata.

A XX. század második felében az újrahasznosított termékek köre folytonosan bővült. A visszanyert papír ma az egyik legfontosabb forrás a papírgyártásnál. Az újrahasznosítás egyben fontos környezetvédelmi eszköz is. A papír visszaforgatása során kevesebb papír kerül véglegesen a szemétkbe, ennek következtében csökken a lerakásra és a hulladékégetésre szánt anyagok mennyisége. A digitális nyomtatási technológiák, megjelenésük óta töretlenül fejlődnek és egyre nagyobb teret hódítanak a nyomtatott médiumok területén. Az eltérő nyomtatási technológiákat alkalmazó digitális berendezések által készített nyomatok minőségét lényegesen befolyásolja az alkalmazott nyomathordozó és nyomdafesték típusa, a festék átadásának és rögzítésének módja a nyomathordozón. A dolgozat részletesen ismerteti a papírgyártás lépéseit, az újrahasznosított papír előállításának fontosságát, továbbá a digitális nyomtatási eljárások jellemzőit.

A TDK dolgozatban újrahasznosított papírokra inkjet és elektrofotográfiai nyomtatással tesztnyomatokat készítettünk. Kilenc féle papír nyomathordozóra készített nyomatok optikai jellemzőit (denzitás, kitöltésirány-növekedés, reprodukálható szinttartomány) vizsgáltuk.

A dolgozat gyakorlati jelentősége annak megismerése, hogy adott digitális nyomtatási technológiával újrahasznosított papír nyomathordozókra milyen minőségű nyomatok készíthetők.

1 Bevezetés

"Milyen papír ez..."

"Jaj, környezetvédő...!"

"De koszos ez a papír"

"Nem telik szebb papírra?"

Ilyen, és hasonló megnyilvánulásokat hallhatunk, amikor az emberek kezébe kerül egy környezetbarát papírra nyomtatott termék. A környezetbarát papírok alkalmazása hazánkban még nem terjedt el széles körben, sőt sokszor színük miatt kifejezetten elutasítják. Pedig jelentősen kevesebb energiába kerül a gyártásuk, és kevesebb fát kell kivágni a létrehozásukhoz. A papír a legrégebben újrahasznosított hulladék. Miért ne fognánk be irodai alkalmazásra is. Ha ilyen papíron kapok levelet, vagy más nyomtatványt, elégedett vagyok, tudom, hogy partnerem törődik a környezettel, ha kis lépést is, de tett valamit a hulladékok visszaszorításáért.

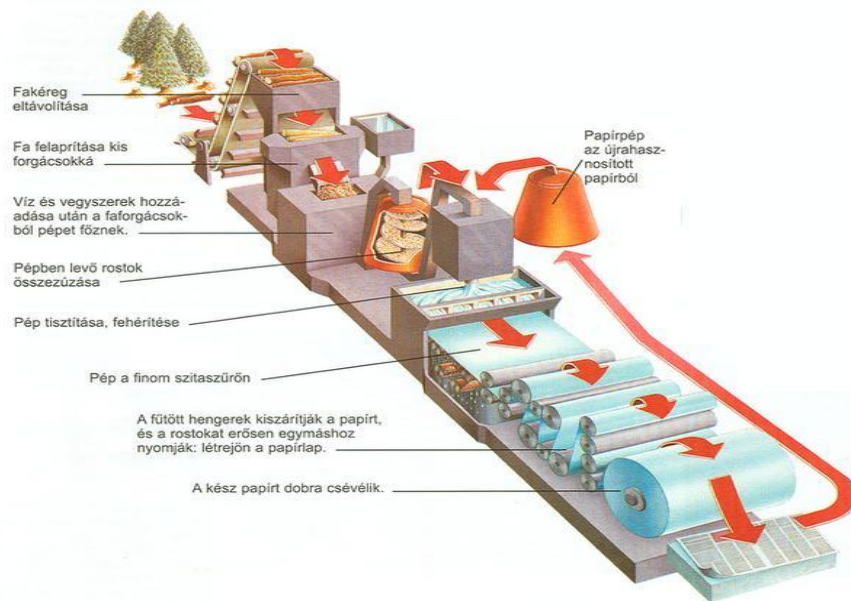
A XX. század második felében az újrahasznosított papírok gyártása és felhasználása világviszonylatban egyre népszerűbb lett és az újrahasznosított termékek köre folytonosan bővül. A visszanyert papír ma az egyik legfontosabb forrás a papírgyártásnál. A visszanyert papírok előnye, hogy a kémiai és mechanikai energiával előállított pépet alacsony energia-befektetéssel lehet felhasználni az előkészítés folyamatában és emellett alacsony a vételára is. Azonban a visszanyert papírok hátrányos tulajdonsága, hogy a nem kívánatos anyagok magas koncentrációval vannak jelen az anyagban, amelyek legnagyobb része szervesetlen anyag, töltőanyag, vagy pigment. Az újrahasznosítás egyben fontos környezetvédelmi eszköz is. A papír visszaforgatása során kevesebb papír kerül véglegesen a szemétkbe, ennek következtében csökken a lerakásra és a hulladékégetésre szánt anyagok mennyisége.

A digitális nyomtatási technológiák, megjelenésük óta folyamatosan fejlődnek és egyre nagyobb teret hódítanak a nyomtatott médiumok területén. Az eltérő nyomtatási technológiákat alkalmazó digitális berendezések által készített nyomatok minőségét lényegesen befolyásolja az alkalmazott nyomathordozó és nyomdafesték típusa, a festék átadásának és rögzítésének módja a nyomathordozón. Fontos ismerni, hogy az adott digitális nyomtatási technológiával újrahasznosított papír nyomathordozókra milyen minőségű nyomatok készíthetők. A dolgozatban újrahasznosított papírokra készített nyomatok minőségét vizsgáljuk. A nyomatok optikai jellemzői (denzitás, kitöltésiáramny-növekedés, reprodukálható szintartomány) alapján.

2 Irodalmi rész

2.1 Papírgyártás

Egykor kézi munkával készült a papír. A növényi rostokat zúzás és aprítás után vízben lazították föl (főzték, péppé alakították), majd a jól formálható pépet szűrőszitára helyezték. A szűrőszitán víztelenítették, majd összepréselték és fokozatosan kiszáritották. A szűrőszita olyan lyukméretűre készült, hogy fölfogta a rostokat. Ha a szita síklappá feszült, a rajta formálódó papírlemez is szépen fölfekvő síklappá alakult. A papír kezdetben ugyanazokból a növényi rostokból készült, mint a ruházat szövéséhez fölhasznált szálak: kenderből és lenből. Később az elemi szálát olcsóbb anyaggal akarták helyettesíteni, ezért gyapottal próbálták a mérsékelt égövön termő lent és kendert kiváltani. Így került sorra a gabonák szalmája, majd végül a fa. Ma az olcsó tömegárut jelentő papír gyártásának a legfontosabb nyersanyaga a fa. A belőle készülő papír gyártási technológiájával ismerkedünk meg (1. ábra).



1. ábra. A papírgyártás folyamata [24]

A fából készülő papír gyártásának első művelete a nyersanyag előkészítése. A kivágott és földarabolt fát az erdőgazdaságokból a papírgyár területére szállítják, és ott tárolják. Innen indul a technológia. Az előkészítés műveletei között szerepel a fa áztatása és hántolása. A hántolásra azért van szükség, mert a kéreg anyaga elszínezi a papírt barnássá. Kéregző és hántoló gépekkel hántják le a farönkökről a kérget. Ezután hatalmas facsiszoló és aprító gépeken aprítják föl a rönköket. Ez a második fontos művelet.

A következő műveletben vízzel pépesítik a fölaprított faforgácsot, majd kémiai oldásra viszik az elegyet. Ennek a vegyi oldásnak a során választják szét a fa rostjait finomabb

szálakra. A fa rostjait ugyanis egy lignin nevű kötőanyag tartja együtt nagyobb rostokat alkotva az elemi szálakból. A cellulózzá főzés során nátrium szulfidot adnak az elegyhez adalékanyagként, majd vízzel pépesítik a fölaprított faforgácsot, majd kémiai oldásra viszik az elegyet. Ennek a vegyi oldásnak a során választják szét a fa rostjait finomabb szálakra. A fa rostjait ugyanis egy lignin nevű kötőanyag tartja együtt nagyobb rostokat alkotva az elemi szálakból. A cellulózzá főzéskor nátrium szulfidot adnak az elegyhez adalékanyagként. A vegyi oldás után átmossák a finomabb szálakra bontott rostokból álló pépet, majd újabb őrlés következik. Ez az őrlés már az apró rostsálak falát bontja meg, szálásítja (fibrálja) és megnöveli a kapott rostok felszínét és segíti összetapadásukat. A rostok hosszúsága ez után az őrlés után 0,05-0,3 mm. A másodszor is megőrölt pép a meritő vagy szűrőszitán készülő papír alapanyaga. Mielőtt a szitára adagolnák a pépet, különböző adalékanyagokat adnak hozzá. Ezek a papír különleges minőségi jellemzőit adják. A papír átlátszatlanságát töltőanyagokkal fokozzák. Ilyen töltőanyag a kalcium-karbonát. A klórt a papír fehéritéséhez használják. Enyvet a víztaszítósság eléréséhez adagolnak hozzá. Nedvességtartóvá szerves alkoholfajták adagolásával teszik a papírt.

A papírpép szitára helyezése a papírgyártás egyik látványos művelete. A szita-szakasz a papírgyártó gépsor eleje. A szitaszövet hengersonon gördül tova, rajta a papírpép szikkad, szárad. Folytonos szalag formálódik belőle, mely több méter széles hengersonon halad. A laza, a szitán megszikkadt papírlemez hengerek közé kerül: ez a papírgyártó hengersonon prés-szakasza. A préshengerek a kívánt vastagságúra nyomják össze a közöttük áthaladó papírpéplemezt. Az összetömörödött papírhenger már kellő szilárdságú ahhoz, hogy a következő hengerszakaszon, a feszítőhengereken tovahaladva hosszú ideig száradjon. A megszáradt papírszalagot végül föltekercselik.

A hengersonon alkalmas arra, hogy sajátos műveleteket végezzenek a készülő papíron. Ilyen például a vízjelbenyomás, amely a szitaszakasz után történik. A hengersonon végén a kész papírlemez felületére - esetleg csak egyik oldalára - felületvédő vagy felületformáló anyagot is föl lehet vinni (pl. egyik oldal fényezése, festése stb.).

2.2 Papíripar a világgazdaságban

2.2.1 A világ papíripara

Bár az első papírokat több mint 2000 éve készítették, a papír mindennapos használata csak a XX. század elején kezdődött meg. Azóta viszont gyors mértékben és folyamatosan növekszik népszerűsége. Termékei iránti igény állandó, és a széleskörű igény következtében folyamatosan jelen van a világgazdaságban.

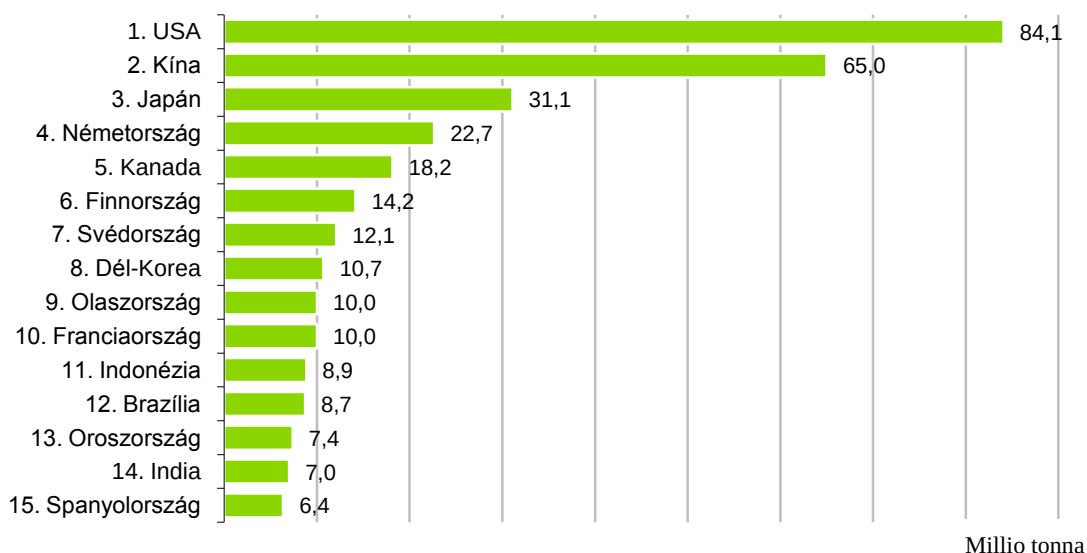
Részesezésére vonatkozó adatok azt jelzik, hogy mérete viszonylag kicsi a gazdasági tevékenység egészében. Részaránya 1938-1960 között 0,2-0,3% volt, a világgazdaság

egészében létrehozott GDP-ből, az 1990-es évtized végén pedig 0,1-0,3%. Az utóbbi fél évszázad során tapasztalható csaknem egyenletes jelenlét arra utal, hogy a felgyorsult ipari fejlődés körülményei között előretörő iparágak csak kismértékben csökkentették arányát.

Az Európai Unió iparában a papírgyártás jelentősebb, mint a világ gazdaság egészében, mert a GDP mintegy 1%-át adja és termelése a papír világtermelés kb. egynegyedét.

A cellulóz és papíripar abban is különleges, hogy a termelői és a gyártási részlegek általában megmaradtak a fejlett országokban. Mind Észak Amerika, mind az Európai Unió nettó papír-exportőrök, és az előállításához szükséges fát is maguk termesztik.

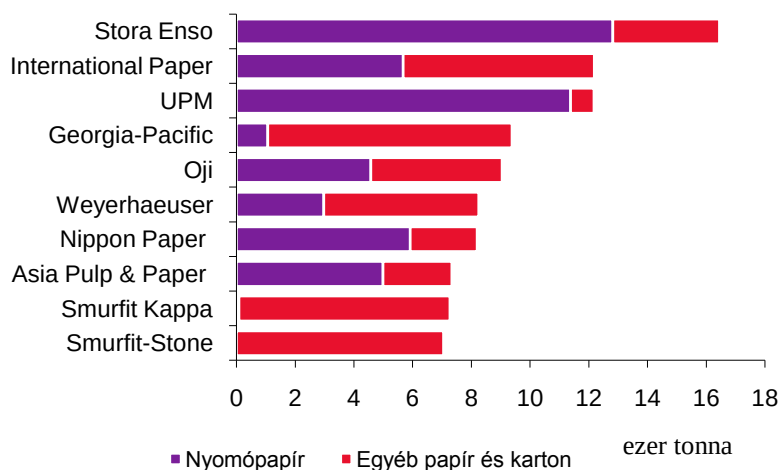
A világ legnagyobb gyártóinak és fogyasztóinak rangsorában mindkét helyen, az első helyen változatlanul az USA áll. A második és harmadik helyen a termelésben és a fogyasztásban egyaránt ismét Kína és Japán áll (2. ábra, **F. 1-4. ábra**).



2. ábra. A világ legnagyobb papír-, kartongyártó országai, 2006

Az Európai Unióban (EU 25) az átlagos papírfogyasztás évi 244 kg/fő volt 2006-ban, a tagországok közül a legkevesebb papírt, 42 kg-ot Litvániában – az EU 15-ök közül 120 kg-ot Portugáliában – míg a legtöbbet, 338 kg-ot Belgiumban fogyasztottak (3. ábra).

A papíripart egyfelől az erőteljes koncentráció, másfelől az integráció jellemzi. A legnagyobb cégek az alapanyag-előállítástól (beleértve az erdőgazdálkodást is) az értékesítésig a teljes láncot kézben tartják.



3.ábra. A világ legnagyobb papír- és kartongyártó vállalatai, 2006

2.3 A magyar papíripar

2.3.1 Papírgyártás

A magyarországi papírtermelés struktúrája a következőképpen alakult 2008-ban: összesen 7 nagyobb papírgyártó telephely (papírgyártó cég) volt ekkor az országban, a termelés 95 százaléka pedig két társaság, a Dunapack Zrt. és a Piszke Papír Zrt. kezében volt. Ezen vállalatok mindegyike 100 százalékból külföldi tulajdonosé, a 2 előbbi osztrák, míg az utóbbi görög vezetés alatt működött.

A privatizációs időszakot követően, az 1990-es évek végére kialakult szerkezet (9 nagy papírgyártó cég tíz papírgyártó telephellyel), 2006. év végén a Szentendrei Papírgyár papírgyártó gépeinek leállításával, 2007. év végén a Fűzfői Papíripari Rt. felszámolásával, 2008 júliusában a Mondi Business Paper Hungary Zrt. állásával a 1. táblázatnak megfelelő összetételt és kapacitásokat mutatva 2008-ban.

2.3.2 Papírfeldolgozás

A legnagyobb mennyiségben előállított feldolgozott papírtermék a hullámpapírlemez, illetve az abból gyártott dobozok, valamint a kartondobozok. Viszonylag nagy mennyiségben készülnek papírzsákok is, a Dunapack Zrt. nyíregyházi divíziójában. E termékcsoport legjelentősebb gyártóit a 2. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A Magyarországon üzemelő papírgyárak, 2008

A cég neve	Telephely	Gyártott papírfajta	Kapacitás (becsült), tonna	Tulajdonos
Dunapack Zrt. Csomagolópapírgyár	Budapest XXI., Dunaújváros	hullámlemez-alappapírok, zsákpapír, csomagolópapírok	290.000	T.Prinzhorn (A)
Piszke Papír Zrt.	Lábatlan	egészségügyi és háztartási papírok, vékony csomagolópapírok	60.000	Zeritis (Gr)
Diósgyőri Papírgyár Zrt.	Diósgyőr	különleges és biztonsági papírok	5.000	Pénzjegy Nyomda Rt
Dunafin Kft	Dunaújváros	szilikonos matrica alappapír	115.00	Delfort (A)
Dunacell Kft	Dunaújváros	cellulóz	25.000	Delfort (A)
Paper and More Kft.	Tököl	egészségügyi és háztartási papírok (tissue)	7.000	Magyar magán

2. táblázat. A Magyarországon üzemelő hullámpapír-lemez és dobozgyártó cégek 2008

A cég neve	Telephely	Gyártott termék	Kapacitás (becsült), tonna	Tulajdonos
Dunapack Zrt. Hullámtermékgyár	Budapest XXI., Dunaújváros	hullámpapír-lemez (HPL) és –doboz	90 000	T.Prinzhorn (A)
Dunapack Zrt. Nyíregyházi Papírgyár	Nyíregyháza	HPL és –doboz, papírszákok, papírtáskák és -zacskók	50 000	Mondi (A)
Rondo Kft.	Budapest XXIII.	HPL és –doboz	40 000	Zeritis (Gr)
Duopack Kft.	Füzesabony	HPL és –doboz	30 000	Pénzjegy Nyomda Rt

2.3.3 A magyarországi papíripar SWOT-elemzés

A 4. ábra a magyar papíripar SWOT-elemzését szemlélteti, amely javaslatként szolgál, a vizsgálandó tényezőkre.

BELSŐ TÉNYEZŐK	
Erősségek	Gyengeségek
Fejlett technológia, korszerű berendezések Környezetvédelmi előírásokhoz alkalmazkodás Növekvő országos papírhulladék-begyűjtés Nagyobb hozzáadott érték-teremtés a higiéniai termékek előállításában Versenyképes szekunder rost tartalmú termékek gyártása Versenyképes szaktudás, tapasztalat	Papíripar tagoltsága Utánpótlás, oktatás Alapanyag importnak kiszolgáltatva Visszaesett K+F tevékenység Szűkülő termelési profi Gyenge piaci imázs Gyenge marketing a gyártási maradék értékesítésében
KÜLSŐ TÉNYEZŐK	
Lehetőségek	Fenyegetések
Gyártási maradék (folyékony, szilárd) hasznosítása Energianyerés lehetősége További hazai alapanyaghoz jutás A kelet-közép-európai pozíció erősödése a csomagolóanyag-gyártásban és higiéniai termékek előállításában Hozzáadott érték növelése Költségcsökkentés Innovatív termékek előállítása Alapanyag-ellátási biztonság növelése	Környezetvédelmi előírások szigorodása Kedvezőtlen kormányzati politika Az életszínvonal romlása Bizonytalan hazai gazdasági környezet Energiahiány, energiaárak emelkedése Versenytársak jelenléte, közelsége A verseny fokozódó nyomása Lassuló piaci növekedés Telephely környezetének lakóterületté válása

4. ábra. A magyar papíripar SWOT-elemzése

2.3.4 Fenntartható fejlődés

A globális klímaváltozás talán napjaink legvitatottabb környezeti problémája. Divatos, de meglehetősen leegyszerűsített megközelítés a bekövetkezett változás fő felelőseként az ipari tevékenységet beállítani.

Az európai papíripar által felhasznált rostanyag mintegy fele az erdőkből, másik fele a visszagyűjtött hulladékpapírból származik. Az európai papíripar az 1990-es évek elejétől gyakorlati intézkedésekkel is támogatja a fenntartható erdőgazdálkodást. Az egyik ilyen intézkedés szerint csak engedélyezett kitermelésből származó fa használható

fel papíripari célokra. A fa természetesen megújuló nyersanyag, mennyisége a fenntartható erdőgazdálkodás eredményeként a közhiedelemmel ellentétben nem fogy. Az utóbbi több mint tíz évben az európai erdők területe évente egy Párizs méretű nagyváros területének 10-szeresével nőtt. Magyarországon az erdőterület 328,8 millió m³ élőfa készletének évi folyó növekedése 12,1 millió m³, tehát több fát termeszünk, mint amennyit kivágunk.

Az európai papíripar egyik fő törekvése az újrahasznosított rostok minél nagyobb arányú felhasználása. A klímaváltozás kulcskérdése a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyiségének csökkentése. A cellulóz- és papíripar egyedülállóan semlegesnek tekinthető a környezet szén-dioxid terhelését illetően. A nyersanyagként felhasznált fa évtizedekig eltávolítja a légkörben található szén-dioxidot és a fotoszintézis révén saját anyagává alakítja. A fa cellulózzá, majd papírrá alakulva a keletkező termék teljes életciklusán át is biztosítja a megkötött szén-dioxid visszatartását **(F. 5-6. ábra)**.

Ezzel egyidejűleg a papíripar fejlődésének egyik fő iránya az energiafelhasználás hatékonyságának növelése, és a megújítható forrásokból származó energia felhasználásának fokozása. A cellulóz- és papíripar állítja elő jelenleg az Európában biomasszából származó energia 25%-át.

Az európai papíripar a fenntartható erdőgazdálkodás támogatásával, a visszagyűjtött rostok egyre hatékonyabb felhasználásával, a takarékos energiafelhasználást célzó fejlesztéseivel, a megújítható energiaforrások fokozott bevonásával és a szennyvizek illetve a levegőt szennyező gázok kibocsátásának radikális csökkentésével igazolja a környezetbarát ipari tevékenység lehetőségét.

2.3.5 A papíripar által okozott környezetterhelés

A papíripar tevékenysége három, vertikális szakaszból áll:

- nagymennyiségű természetben található anyagot használ fel a termeléshez, víz, fa és egyéb növények formájában,
- viszonylag energiaigényes tevékenység,
- a gyártási folyamat környezetszennyező, mivel nagy mennyiségű szennyvíz keletkezik, a lezajló vegyi folyamatok, és a felhasznált energia pedig levegőszennyezést okoz,
- a gyártott késztermék jelentős részéből hulladék keletkezik, aminek a kezelése alapvető környezetvédelmi tevékenység.

A felsorolt tulajdonságok a termelőtevékenység és a természet közötti kapcsolat olyan pontjait jelzik, amelyek a fenntartható fejlődés követelményeit tekintve kiemelt figyelmet érdemelnek.

2.3.6 Hazai hulladékpapír felhasználás

Egyre elkerülhetetlenebb szerepet játszanak a papírgyártás területén a másodnyersanyagok. Magyarországon több vállalat – a Dunapack Zrt, a Piszke papír Zrt. A Paper and More kft – papírgyáraiban dolgoznak fel jelentősebb mennyiségű papírhulladékot. Közülük a legnagyobb kapacitással a Dunapack Zrt. rendelkezik, amely dunaújvárosi és csepeli gyárában évente 300 ezer tonna papírt gyárt, és ehhez közel 350 ezer tonna papírhulladékot használ fel.

A papírhulladék-feldolgozásnak kettős – környezetvédelmi és gazdasági – haszna van. Egyrészt kevesebb hulladék kerül a lerakókba, ugyanakkor a hulladékpapír értékes nyersanyag a papírgyártó cégek számára. E téren Magyarország harmadik éve teljesíti az uniós kvótákat (3. táblázat).

2. táblázat. Hazai hulladékpapír forgalom, 1998-2005

Év	Hulladékpapír, t			
	Felhasználás	Export	Import	Begyűjtés
1998	257 000	31 000	64 000	224 000
1999	314 000	36 000	62 000	288 000
2000	352 000	38 000	82 000	308 000
2001	350 000	35 958	54 592	331 366
2002	355 000	37 060	28 235	363 826
2003	370 000	44 811	20 301	394 510
2004	378 000	48 212	28 804	397 408
2005	393 000	68 659	19 200	442 477

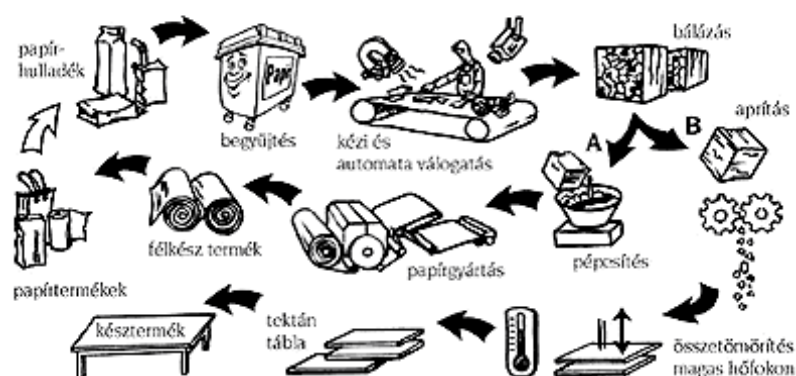
2.4 Az újrahasznosított papír gyártása

2.4.1 A papír hasznosítása

A háztartásokban keletkező papírhulladékok között nagyon sokféle és különböző minőségű papír fordul elő. A hasznosítás alapfeltétele az, hogy a hulladékpapír ne legyen szennyezett. Szintén fontos, hogy a hulladékpapírok közül eltávolításra kerüljenek a fóliázott, esetleg kevert anyagú, laminált vagy felületkezelte papírok mielőtt a hulladékpapír a gyűjtőbe kerül.

2.4.2 A papír hasznosításának folyamata

A begyűjtött papírhulladékokat elsősorban anyaguk szerint (újságpapír, kartonpapír, papírtartalmú többretegű italos doboz) válogatják szét. A szétválogatott papírokat bálázzák. Az anyaguk szerint visszagyűjtött papírokból készülhetnek, papírtermékek (A), italos karton alapú késztermékek (B). A papír hasznosításának folyamatát a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra. A papír hasznosításának folyamata

A) A papírttermékek készítéséhez a begyűjtött papírt pépesítik, ezt követően pedig a papírgyártás tradicionális folyamatain keresztül félkész termékeket állítanak elő belőle. A késztermékek széles skáláját az újra papírból készített fél késztermékekből állítják elő.

B) A késztermékek előállításához a begyűjtött italos kartont először összedarabolják, majd a darabkákat magas hőfokon összetömörítik, az összetömörített rendkívül szilárd anyagból ún. tektántáblákat készítenek, amelyet késztermékek előállításához használnak.

2.4.3 Miért kifizetődő a papír hasznosítása?

A papírgyártás folyamatához jelentős mennyiségű energiára van szükség. Az újra papír készítésével viszont rengeteg vizet és energiát takaríthatunk meg. A 4. táblázat a fehér papír és a szürke újra papír anyag és energia felhasználásának különbségét mutatja be:

4. táblázat fehér papír és a szürke újra papír anyag és energia felhasználása.

Fehér Papír	Újrahasznosított papír
417 m ³ víz	100 m ³ víz
1700 kg fa	1150 kg fekete-fehér újságpapír
717 kWh energia	300 kWh energia
6 t gőz	3 t gőz
181 kg mészkő	-
87 kg kén	-
60 kg klór	-

Ma már egyre többen figyelnek oda környezetünk megóvására, de azt kevesen tudják, hogy a papír az egyik legnagyobb %-ban újrahasznosított anyagunk és ez nagyban hozzájárul a környezet védelméhez. Továbbá vannak olyan papírok melyek különböző tanúsítvánnyal vannak ellátva ilyen például a FSC tanúsítvány: az FSC logót azokon a termékeken található, amelyek faanyaga felelősségteljesen kezelt erdőkből származik. Az őserdők pusztításának alternatívái közé tartozik a Felelős Erdőgazdálkodás Tanácsának (FSC) minősítési rendszere. A fából készült termékeken található FSC-embléma alapján ugyanis biztosan kiválasztható az a termék, amelynek előállítása nem okozott jelentős környezetterhelést, s nem csökkentette az élővilág változatosságát. Az európai és az észak-amerikai vásárlók egyre gyakrabban a tanúsított fatermékeket keresik. Az FSC által minősített áru ugyanis megbízható eredetű, még ha az valamely távoli földrészről származik is. Az FSC olyan független erdőtanúsítási rendszer, amely ma már világszerte hirdeti, hogy létezik felelősen működő erdőgazdálkodás, ami a társadalom számára is hasznos. Az FSC-tanúsítás ma az egyetlen olyan rendszer, amely hitelesen közvetíti a vásárló felé a termék magasabb eszmei értékét.

2.5 A digitális nyomtatási technológiák

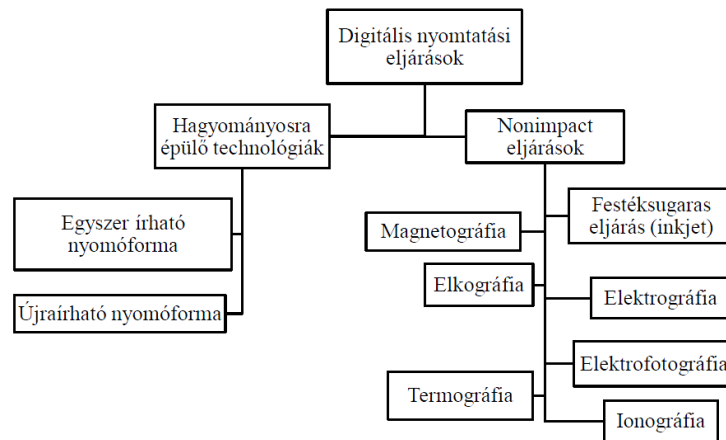
Az elektrofotográfiai gépek első mérföldköve Chester Carlson ezen elven működő fénymásolója, amelyet 1938-ban talált fel. Találmányát 1944-ben vásárolták meg, majd négy évvel később megalapult a Xerox cég. Ebben az évben szabadalmaztatták Carlson találmányát, amit xerográfiának neveztek el. Innen ered a Xerox cégnév. 1959-ben megjelent az első papír alapú automatikus irodai fénymásoló gép, a Xerox 914. 1968-ban a Canon cég is forgalmazni kezdte az elektrofotográfiai elven működő másológépét, így betört az irodai területre. Néhány évvel később, 1973-ban már megjelent a Canon

színes másológépe. 1984-ben a RICOH cég kifejlesztette négytartályos-tandem lézeres elektrofotográfiai rendszerét, melyet ARTAGE 8000 nevű gépébe épített be. Ezzel a technikai megoldással a színes elektrofotográfiai másolat előállítási ideje negyedére csökkent. Az ARTAGE 8000 15 színes másolat előállítására volt képes percenként. 1993-ban a Xerox cég kiadta első elektrofotográfiai elven működő ipari nyomdagépét.

A festéksugaras nyomtatás alapjai a 19. század végére vezethetők vissza. Williams Thomson 1867-ben találta ki a folyamatos festékcsepp-szórás elméletét. A Siemens céghez köthető az első ipari festéksugaras nyomtató, amelyet 1951-ben kezdett gyártani. Az elektrosztatikus elven működő festéksugaras nyomtató 1966-ban került a piacra a Silverbook ötletei alapján. A Hewlett-Packard (HP) cég 1979-ben fejlesztette ki a festékbuborékos termo technológiát, amit InkJet néven szabadalmaztatott még ebben az évben. A kutatást 1978-ban kezdte meg a HP. Bár a nagy, ipari méretű festéksugaras nyomtatási eszközök már léteztek, a cég azonban a nyomtató méretének minimalizálására és így az asztali nyomtatók megjelenésére fektette a hangsúlyt. A nyomatok minősége már meghaladta a soros pont-mátrix elrendezésű nyomtatókét és egyben csendesebb működést is biztosítottak.

Az inkjet nyomtatók első színes változatát a Hewlett-Packard vállalat szabadalmaztatta 1987-ben. 1989-ben a VUTEK cég kifejlesztette a széles és szuperszéles festéksugaras nyomtatókat, amelyek a nyomdaipar egy új szegmensét célozták meg. Fejlődni kezdett a Large Format Printing (LFP), azaz a nagyformátumú nyomtatás. Ebben az évben jelent meg egy új festéksugaras technológia is, a piezoelektromos eljárás, amit az Epson cég szabadalmaztatott. Még ebben az évben megkezdődött a Canon cég festékpátron-újrahasznosításával foglalkozó környezetvédelmi programja. A festékpátronos nyomtatási technológiák a mai napig fejlődésben vannak, a nyomatok minősége már megközelíti az ofszet nyomatok minőségét, egyre nagyobb példányszámok állíthatók elő gazdaságosan.

A technológiák csoportosítása a 7. ábrán látható. A digitális nyomtatási eljárások két



csoportra oszthatók: a hagyományos technológiára épülő-, illetve a nonimpact eljárások.

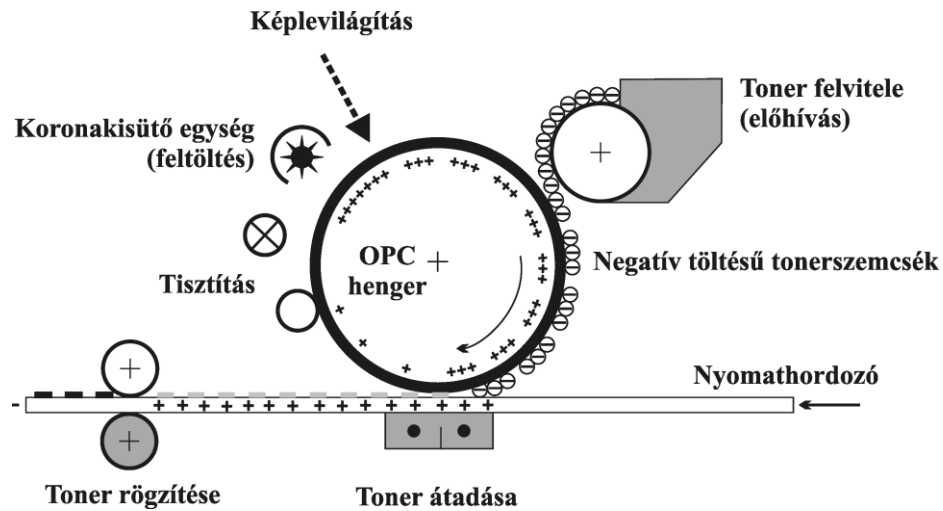
7. ábra. A digitális nyomtatási eljárások csoportosítása

2.5.1 Elektrofotográfiai nyomtatási eljárások

A színes lézernyomtatás elvi alapjai már az elektrosztatikus nyomtatás első változatában az 1948-ban szabadalmaztatott xerográfiában is megtalálhatóak voltak. A xerox berendezéseket, amelyekben szerves fotofélvezető anyagot (szelént) alkalmaztak követték az irodai másolók, mint például az Elektrofax cink-oxidos réteggel, majd a számítógép kiírók és ezt követően a nyomdaiparban a kisofszet területen az Elfasol technológia, amely már szerves fotofélvezető réteggel dolgozott. A ma használt fénymásolók, a DTP-ben egyre nagyobb szerepet játszó lézerprinterek és a digitális nyomógépek legtöbb típusa elektrosztatikus nyomtatási elvre épülnek, mint például a Xerox DC8000 és a OcéCs2

Az eljárás öt lépésből álló folyamat (8. ábra):

- egy fotofélvezető anyag elektrosztatikus feltöltése sötétben (pozitív töltésre koronakisütő berendezéssel),
- a feltöltött fotofélvezető anyag megvilágítása lézer vagy LED segítségével, így létrehozván a látens képet a felületen (a rendszer sugárzás érte helyein megszűnik a feltöltött állapot),
- a látens kép „előhívása” ellentétes (azaz negatív) töltésű tonerrel történik, amely elektrosztatikusan kötődik a felülethez és pozitív képet ad,
- a tonerkép átvitele a nyomathordozóra elektrosztatikus úton történik (a nyomathordozót szintén feltöltik, amely így pozitív töltésűvé válik),
- a kép rögzítése a nyomathordozón (a tonert hővel és nyomóerő alkalmazásával rögzítik).



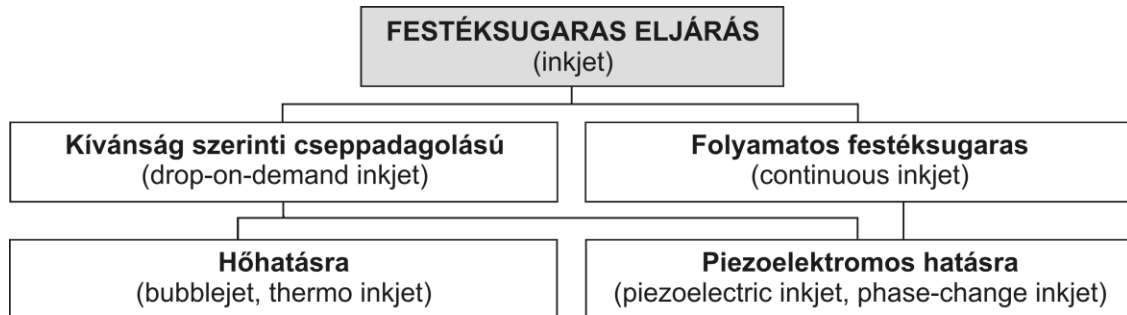
8. ábra. Az elektrofotografikus nyomtatási eljárás elve

Az elektrofotográfiai digitális nyomtatórendszerek első generációjához csak speciális nyomathordozókat lehetett használni, de mára már a nyomathordozók széles skálája felhasználható. Például az Océ CPs színes digitális nyomógép esetében, amely Océ Copy Press technológiát felhasználva a különböző nyomathordozók széles skálájára (papírok, kartonok, fóliák, öntapadók) képes 4+4 színben nyomtatni, akár az erősen strukturált felületű úgynevezett kreatív papírokra is 70–300 g/m² között.

Az első elektrofotográfiai elven működő CTPrint rendszereket 1993-ban mutatták be, ezek voltak az Indigo E-Print 1000, a Xeikon DCP-1 és az Agfa Chromapress színes digitális nyomógépek. Az említett nyomtatórendszerek, melyeket toneres, lézeres vagy elektrofotográfiai néven egyaránt emlegetnek az elmúlt közel két évtizedben rendkívül sokat fejlődtek. A ma használatos legkorszerűbb Xerox iGen3 és az Océ Colorstream típusú nyomógépeket a kis példányszámú, igényes színes digitális nyomtatás területén alkalmazzák.

2.5.2 Inkjet eljárások

A közvetlenül a nyomathordozóra nyomtató digitális nyomtatási eljárások közé tartozik az inkjet nyomtatás, melyet másnéven festéksugaras eljárásnak is neveznek. A nyomtatott szöveg- és képi információk nagy sebességű festékcseppek formájában kerülnek át a nyomathordozó felületére. Az inkjet eljárás tulajdonképpen egy gyűjtőfogalom, amely három alapvető technológiai lehetőséget foglal magába, melyet a 9. ábra szemléltet.

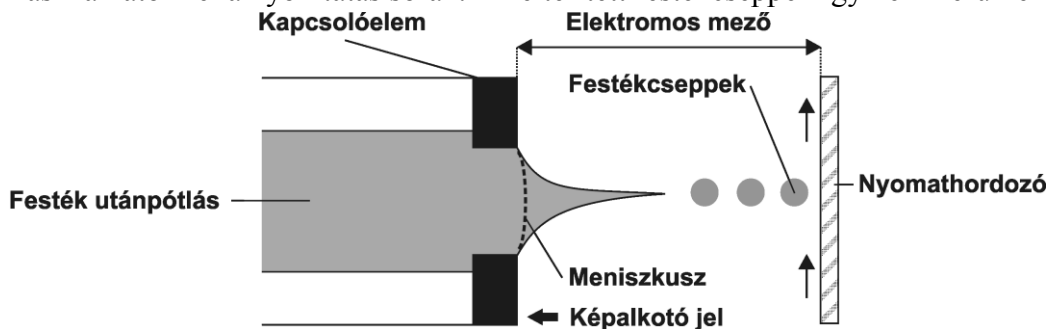


9. ábra. Az inkjet eljárások csoportosítása

Az eltérő technológiák közül a folyamatos festéksugaras eljárás a piezoelektromos hatás, míg a kívánság szerinti cseppadagolású eljárás vagy hőhatás vagy piezoelektromos hatás elvén működik.

2.5.3 Folyamatos festéksugaras eljárás

A folyamatos inkjet eljárásnál (CIJ) a festékcseppek nagy sebességgel kerülnek a nyomathordozóra egy fúvóka segítségével. Színenként csak egy-egy fúvóka található, amely négy szín nyomtatás esetében a cián, a bíbor, a sárga és a fekete. A festékcseppek folyamatosan érkeznek a fúvókából, míg az előtolási sebesség állandó, így a fúvókák az egyik pontsört a másik után képezik le. A rendszer kisméretű festékcseppeket hoz létre, amely áthalad a piezo-oszcillátoron, ezt követően a képjeleket kibocsátó, szabályozó elektródák között, ahol a képadatoktól függően a festékcseppek vagy feltöltődnek, vagy nem (10. ábra). A töltéssel rendelkező festékcseppeket egy elektróda eltéríti az egyenes útvonaltól és így a festékcseppek a festékgyűjtőbe jutnak, amelyek már nem használhatók fel a nyomtatás során. Az eltérített festékcseppek így nem kerülnek át a



nyomathordozó felületére.

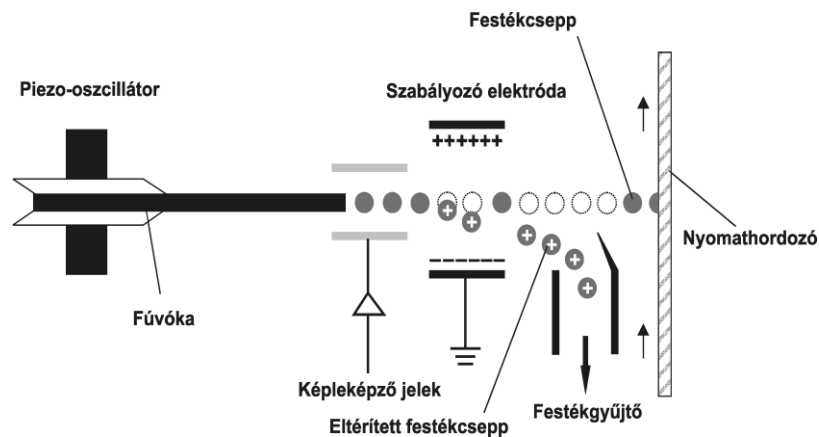
10. ábra. A folyamatos festéksugaras eljárásnál alkalmazott fúvóka felépítése

Az információkat pontról pontra hozzák létre a nyomathordozó felületén. A piezo elven működő festéksugaras eljárást főleg színes nyomtatási technológiáknál alkalmazzák. A

folyamatos festéksugaras eljárás működési elvét az 11. ábra szemlélteti. Ezen az elven működő berendezések például: a Kodak Versamark Ds5222 vagy Ds5340, a Videojet 2310 vagy 2330 és a Domino A-serie vagy Dsl plus.

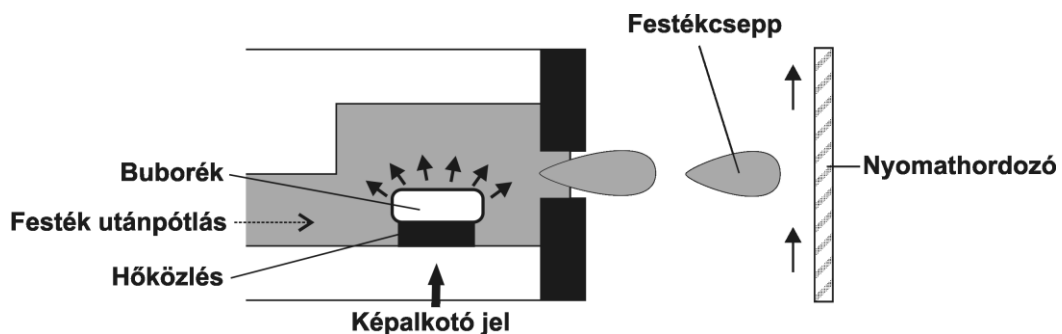
2.5.4 Kívánság szerinti cseppadagolású eljárás

A kívánság szerinti cseppadagolású rendszernek jellemzően két típusát különböztetjük meg, a piezoelektromos és a hőhatás elvén működő festéksugaras eljárást. A hő hatására működő eljárást nevezik még másnéven bubblejet vagy termo inkjet eljárásnak is. A Canon és a Hawlett-Packard cégek egymástól függetlenül fejlesztették ki az eljárást, a Canon cég az eljárást bubble-jet-nek, míg a Hawlett-Packard cég termo inkjet-nek nevezte el.



11. ábra. A folyamatos festéksugaras eljárás működési elve

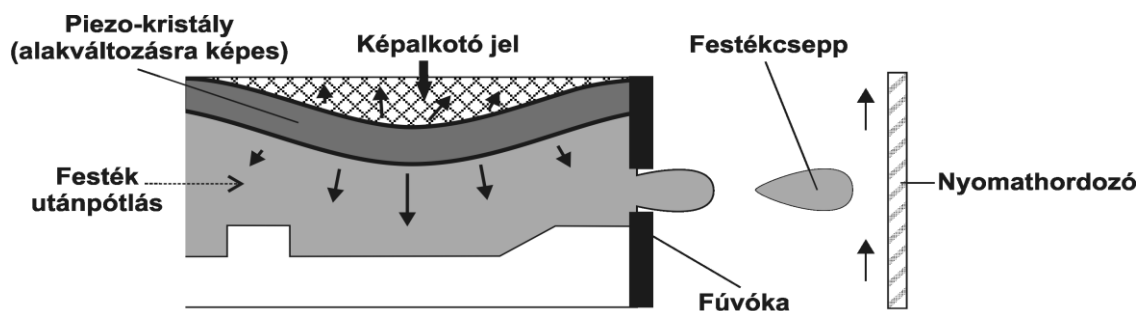
A hő hatására működő rendszereknél a fúvókában lévő festékcseppeket felmelegítik, és egy buborék képződik. Amikor a buborék eléri a megfelelő nagyságot, a festékcsepp nagy sebességgel elhagyja a fúvókát. A fúvókát elhagyó festékcsepp miatt nyomáscsökkenés lép fel (légzárvány keletkezik) a fúvókában, aminek következtében megtörténik a festék utánpótlása (12. ábra).



12. ábra. A termo inkjet eljárásnál alkalmazott fúvóka felépítése

Vizes festéket alkalmaznak, amelyet egy előtartályban termoelemek melegítenek fel. A fűvókák a festékcseppet (a buborékot) csak akkor juttatják a nyomathordozó felületére, ha azt a nyomóelemek szükségessé teszik, ezért nevezik kívánság szerinti, azaz drop-on-demand (DOD) eljárásnak. A nyomtatófej egy rúdra erősítve mozog a nyomathordozó felett, így a nyomtatás soronként történik a különböző színek egyidejű átvitelével. A nyomtatófejben a fűvókák egy sorban, egymás mellett találhatók és színenként külön nyomtató fejet használnak. A fűvókák egymástól való távolsága adja meg a függőleges felbontóképességet, míg a vízszintes felbontást a nyomtatófej előtolási sebessége határozza meg (általában azonos a függőleges felbontóképességgel). Ezen az elven működő berendezések például: a Canon W7250, a Canon Bubblejet s9000, a HP Deskjet 810C Bubblejet, a HP Designjet Z6100, a HP Business Inkjet 2800 és a Lexmark Z52 nyomtató.

A piezoelektronikus kívánság szerinti cseppadagolású rendszereknél egy vagy több nagy teljesítményű ipari nyomtatófejet használnak, melyet egy festéktartályból táplálnak. Óránkénti ezres nagyságrendű nyomatszám előállítására tervezték. Ennél az eljárásnál a cseppképződés fenntartásához a szükséges nyomóerőt nem szivattyúval és nem is hő közlésével, hanem mechanikai hatással, piezoelektromos tulajdonságokkal rendelkező oszlopban elhelyezett piezokerámia elemek vagy kristályok elektromechanikus hatásával oldják meg. Egy membrán lemez elektromos impulzusok hatására rezgéseket hoz létre és így a fűvókák festékcseppeket bocsátanak ki (13. ábra).



13. ábra. A piezo inkjet eljárásnál alkalmazott fűvóka felépítése

Minden rezgés egy festékcsepp kibocsátását jelenti. A kristályok a kapcsolt feszültségtől függően alakváltozással és térfogat növekedéssel reagálnak. Az áram megszűnésével a piezo-kristályok ismételtén felveszik az eredeti alakjukat.

Ezen az elven működő berendezések például: az AGFA Anapurna X12, az AGFA Grand Sherpamatic, a Sun Project 37, az Océ ColorWave 600, a Xerox 8254 CWfP, a Canon Mutoh Valuejet 1204, a Jetstream 2200, az Epson LabelPress és a Fujijet Press 720-as digitális nyomógép.

3 Vizsgálati rész

A vizsgálati rész célja újrahasznosított papírokra készített digitális nyomtatással készített nyomatok vizsgálata. Inkjet és elektrofotográfia eljárással tesztnyomatokat nyomtattunk kilenc féle papírra. Az alábbi vizsgálatokat végeztük:

- denzitásmérés,
- kitöltésiárány-növekedés meghatározása,
- reprodukálható színtartomány meghatározása.

3.1 A vizsgálatoknál használt berendezések és eszközök

3.1.1 Canon imagePRESS C1 elektrofotográfiai digitális nyomógép



14. ábra. Canon imagePRESS C1 elektrofotográfiai digitális nyomógép

Műszaki adatok:

Típus:	Színes digitális multifunkciós nyomtató rendszer
Képalkotó egység:	Száraz elektrosztatikus lézeres képátvitel
Előhívó egység:	T-Carrier rendszer
Fixáló egység:	Kombinált szalagos és görgős fixálási rendszer
CPU:	Kettős Canon processzor, 666 MHz és 400 MHz
Kép szerver memória:	Standard 1 GB, 80 GB merevlemez
Interfész:	Standard Ethernet 10/100/1000 Base-T
Papírméret:	max. SRA3, max. 330 x 483 mm
Nyomtatási terület:	max. 323 x 476,6 mm (egyoldalas)
Első nyomat:	7,6 mp monó; 14,1 mp színes

Teljesítmény igény:	240 V, 6 A, 50 Hz/60 Hz
Fogyasztás:	Max. 1,5 kW
Méret:	1476 mm x 855 mm x 898 mm
Tömeg:	Kb. 293 kg
Felbontás:	Másolás: 600 dpi x 600 dpi (színes és monó) Nyomtatás: 1200 dpi x 1200 dpi (csak szöveg);

3.1.2 PIXMA iX7000 inkjet nyomtató



15. ábra. Canon PIXMA iX7000 inkjet nyomtató

A készülék PgR (pigment reakciós) technológiájú, amely hagyományos papírra is kiváló minőségű nyomtatokat eredményez. A PgR technológia hat fétékpátront használ, ebből ötben LUCIA pigment alapú festék található, egyben pedig az alapozó festék, amelyek felhasználásával nagyon éles, lézermínőségű nyomatok készíthetők nagy színintenzitással és minimális színátütéssel. A PgR technológia biztosítja, hogy a dokumentumok hosszú élettartamúak, kenődés- és vízállóak legyenek.

A nyomtatokat 4800 dpi felbontású, minimum 2 pl-es festékcseppeket előállító FINE (fotolitográfias festéksugaras nyomtatási eljárás) nyomtatófej hozza létre, percenként 10 egyszínű és, vagy 8 színes lapot.

Az iX7000 nyomtató három papíradagolóval rendelkezik, egy alsó 250 lappal, egy 10 lapos kézi adagolóval és hátul egy 20 lapos fotópapír tálcával. A készülék automata duplex-szel is rendelkezik, így nincs akadálya a kétoldalas nyomtatásnak sem.

A nagy sebességű USB 2.0 port mellett, Ethernet hálózati aljzat is megtalálható a nyomtatón, így téve ideálissá irodai alkalmazásra is.

A Canon cég elkezdte az ISO/IEC 24734 szabvány alkalmazását a nyomtatási sebesség megállapításához, és ezzel lehetővé teszi a különböző típusú és gyártmányú nyomtatók közvetlen összehasonlítását ipari szabványok segítségével. A PIXMA iX7000 nyomtató körülbelül 10,2 fekete fehér képet és körülbelül 8,1 színes képet állít elő percenként az ISO/IEC 24734 sebességteszt alapján.

A PIXMA iX7000 nyomtató kompatibilis a Windows Vista (32 bites, 64 bites), Windows XP (SP2), Windows 2000 Professional (SP4) és Mac OS X 10.3.9 - 10.5 operációs rendszerekkel.

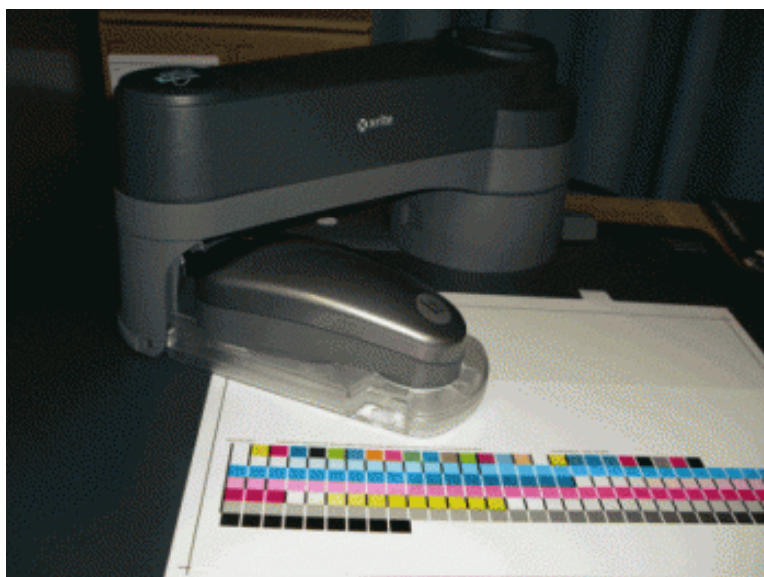
3.1.3 Eye-One IO és I1 match szín szoftver

A tesztnyomatok méréséhez Eye-One IO (16-17. ábra) automatizált szkennelőasztalt alkalmaztunk.

Az automatizált tesztábra-olvasó pontosan és hibamentesen olvassa be a tesztmezőket.



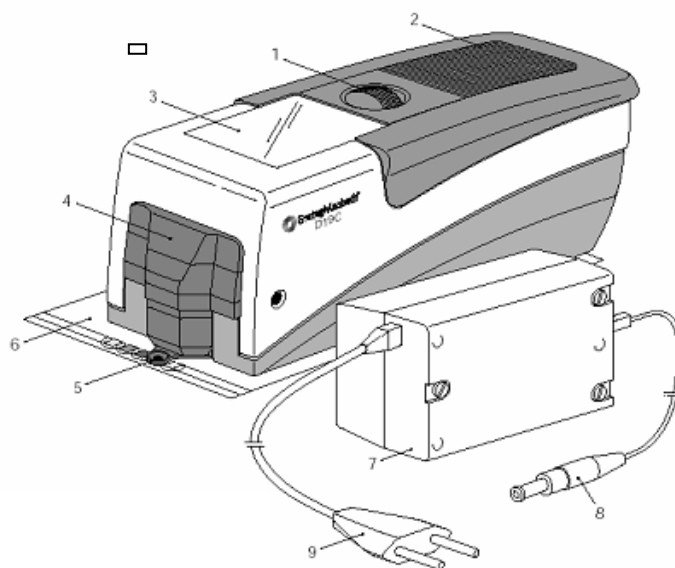
16. ábra X-Rite Eye-One iO



17. ábra Eye-One IO működés közben

3.1.4 Gretagmacbeth D19C reflexiós denzitométer

A denzitást Gretagmacbeth D19C reflexiós denzitométerrel mértük (18. ábra)



18. ábra. Gretagmacbeth D19C reflexiós denzitométer

A Gretagmacbeth D19C reflexiós denzitométer részei:

1. menüválasztó gomb,
2. mérógomb,
3. kijelző,
4. mérőmodul,
5. apertúra,
6. kalibrációs kártya,

- 7. töltő,
- 8. töltőcsatlakozó,
- 9. elektromos csatlakozókábel.

Műszerjellemzők:

kijelző: digitális LCD 160x128 pixel, grafikus.

Mérési funkciók:

- denzitás, valamennyi színszűrős denzitás, denzitás különbség, valamennyi színszűrős denzitás különbsége,
- kitöltési arány-növekedés, pont növekedés,
- nyomtatási karakterisztika,
- nyomólemez mérés,
- kontraszt,
- festékátadás,
- színezeti hiba,
- szürketartalom.

Készenléti idő: 3 óra.

Mérési idő: 0,8 másodperc.

Megvilágító: D50.

Mérőfej átmérője: 3,6 mm.

Mérési határok: 0-2,5 D.

Áramellátás: újratölthető elem (Ni-MH), 7,2V, 1000mA.

Méret: 83 x 80 x 245 (mm).

Tömeg: 890 gramm.

3.2 A vizsgálatnál használt papír típusok

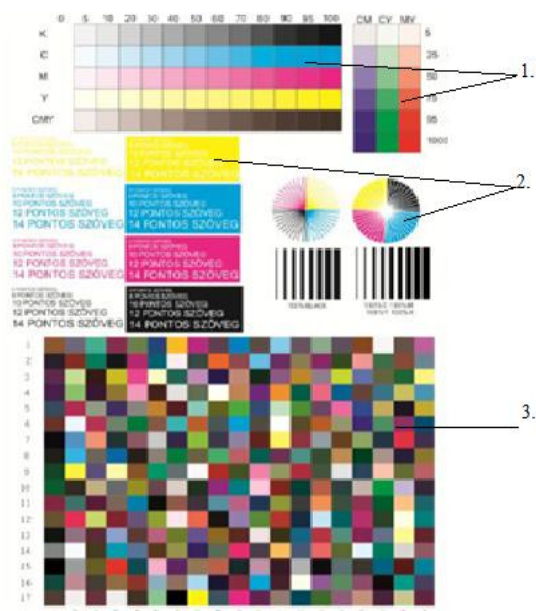
A vizsgálat során az (5. táblázatban láthatókat) típusokat használtuk, melyek közt volt újrahasznosított, nem újrahasznosított és környezetbarát papír.

5. táblázat. A vizsgálat során használt papír típusok

Sorszám	Megnevezés	g/m ²	Jellemző
1	Recycled	80	Újrahasznosított
2	Recycled Pure	80	Újrahasznosított
3	Recycled Plus	80	Újrahasznosított
4	Nautilus Universal	80	Újrahasznosított
5	Nautilus Superwight	80	Újrahasznosított
6	IQ Triotec unique	80	környezetbarát
7	Mondi Premium	80	Nem újrahasznosított
8	Cp	80	Újrahasznosított
9	Co	80	Újrahasznosított

3.3 A nyomtatási tesztábra tervezése, felépítése és nyomtatása

A tesztábrát Corel DRAW programban terveztük meg. A tesztábra tartalmazza a vizuális, denzitometriai és spektrofotometriás vizsgálati mezőket. Melyet A4-es nyomathordozóra nyomtattuk és 3 részre osztottuk.



19. ábra Az A4 méretű tesztábra elemeinek elrendezése

1. számú tesztábra elemek: a denzitometriai vizsgálatokhoz szükséges tesztmező a nyomdai alapszínek (cián, bíbor, sárga és fekete), illetve a másodlagos színek (vörös, kék, zöld) és a „három szín” (cián, bíbor és sárga színekből kevert) fekete tónuscsíkjaiból áll.

2. számú tesztábra elemek: a négy nyomdai alapszínnel nyomtatott pozitív, illetve negatív szöveg látható különböző betűméretekben, valamint az ezekhez a színekhez tartozó 1 pont vastagságú elforgatott vonalak becsukódását vizsgáló pozitív, illetve negatív körök.

3. számú tesztábra elemek: a spektrofotometriás vizsgálatához tartozó mező, amelyben egy X-Rite cég által összeállított profilellenőrző kép található. A tesztmező 17 sorból és 19 oszlopból áll, tehát összesen 323 színt tartalmaz. A színek sokasága miatt pontosabb képet kapunk az XYZ színtest formájáról és a reprodukálható színtartomány méretéről. A tesztábrát az 5. táblázatban látható papírokra nyomtattuk Cannon image PRESS c1 és Cannon PIXMA iX 7000 típusú berendezéseken.

3.4 Vizsgálati eredmények

3.4.1 Kitöltésiarány-növekedés vizsgálata

A rácspontokkal fedett területek összterülethez viszonyított aránya a kitöltésiarány (tone value), melyet %-os értékben adunk meg. A kitöltésiarány elméletileg 0 és 100% közötti érték lehet, de a gyakorlatban nem áll rendelkezésre a teljes tartomány. A nyomtatható árnyalattartomány nem csak a nyomtatási technológiától, de a festék összetételétől (szemcseméretétől), illetve a nyomathordozó típusától is függ. A legkisebb rácspontokat (1-5%) nehéz nyomtatásban reprodukálni. A végeredmény a nyomatokon a rácspont növekedés, aminek a következménye kitöltésiarány-növekedés (tone value increase, TVI).

A 6. táblázatban a színek rövidítése található. A vizsgálati táblázatokban ezekkel a rövidítésekkel tüntettük fel a vizsgálandó színeket. Gretagmabeth D19C reflexiós típusú denzitóméterrel meg mértük a kitöltésiarány értékeit minden nyomathordozón, színenként, a CMYK nyomatok 10-100%-os rácsmezőin mértük. Az optikai denzitás értékei 7. táblázatban láthatók.

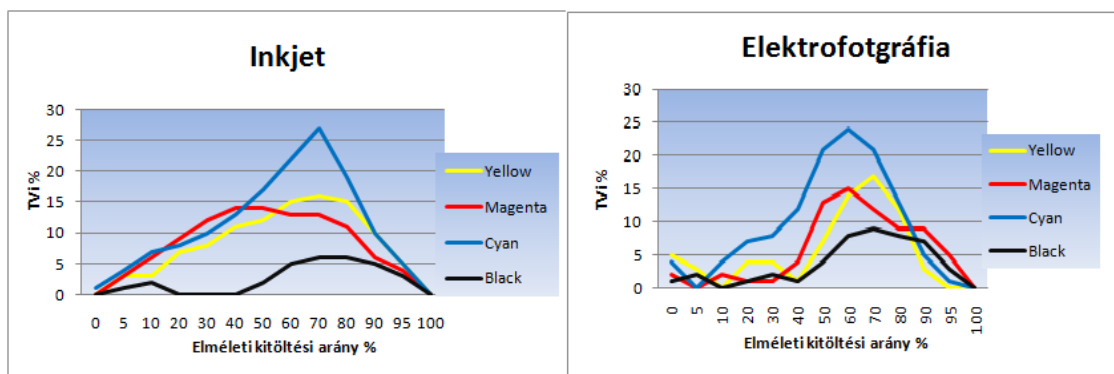
6. táblázat A színek rövidítésének ismertetése

Csoport Neve	Rövidítése	Szín
Nyomdaipari alapszínek	C	Cián
	M	Bíbor
	Y	Sárga
	K	Fekete
Másodlagos Színek	CM	Cián-Bíbor (kék)
	CY	Cián- Sárga (zöld)
	MY	bíbor-sárga(vörös)

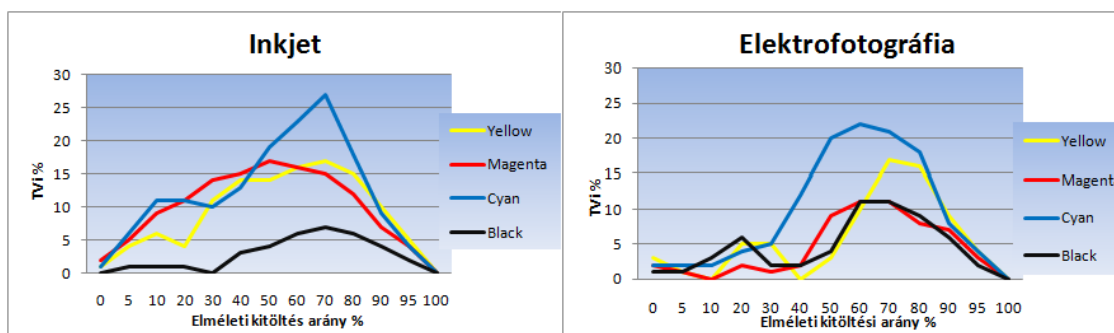
7. táblázat A nyomatok alapszíneinek denzitás értékei

Nyomógép	Nyomathordozó	Denzitás			
		Cián	Bíbor	Sárga	Fekete
Canon Pixma iX7000 inkjet	Recycled	1,29	1,04	1,03	1,67
	Recycled Pure	1,28	1,01	1,01	1,68
	Recycled Plus	1,24	1,02	1,02	1,59
	Nautilus Universal	1,21	0,99	1,02	1,66
	Nautilus Superwight	1,17	0,97	1,02	1,57
	IQ Triotec unique	1,28	1,04	1,09	1,72
	Mondi Premium	1,30	1,07	1,09	1,76
	Cp	1,57	1,23	1,15	1,94
	Co	1,20	1,01	1,05	1,68
Canon imagePRESS C1 elektrofotográfiai	Recycled	0,69	0,84	0,68	1,46
	Recycled Pure	0,77	0,89	0,72	1,53
	Recycled Plus	0,77	0,88	0,68	1,47
	Nautilus Universal	0,68	0,82	0,66	1,26
	Nautilus Superwight	0,69	0,81	0,65	1,17
	IQ Triotec unique	0,67	0,80	0,66	1,39
	Mondi Premium	0,64	0,82	0,65	1,28
	Cp	0,74	0,86	0,69	1,59
	Co	0,73	0,86	0,68	1,42

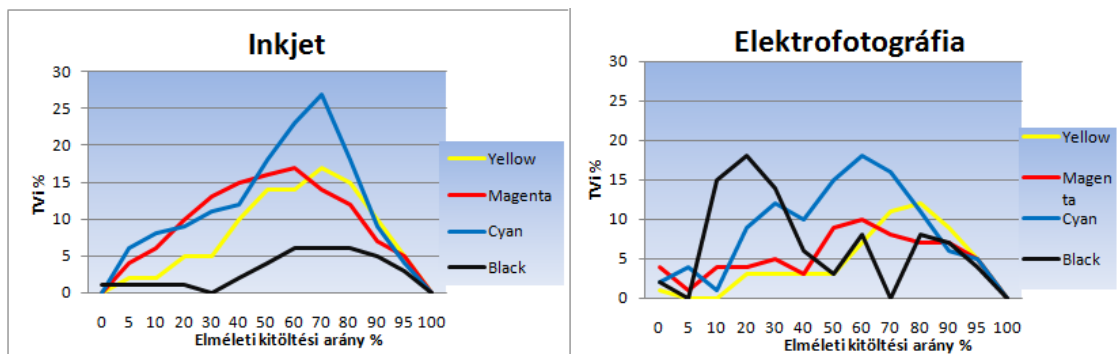
A 20-28. ábrák szemléltetik az kitöltésarány-növekedés (TVI%) görbéket. Minden nyomathordozón, az inkjet az elektrofotográfiai nyomtatással készült nyomatokon is a cián színnél mértük a legnagyobb kitöltésarány-növekedést.



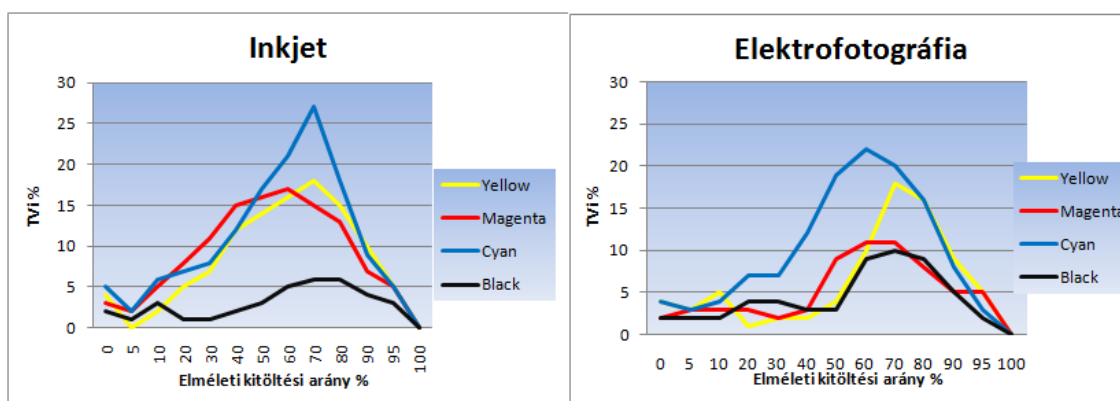
20. ábra. Recycled papírra készített nyomatok TVI görbéi



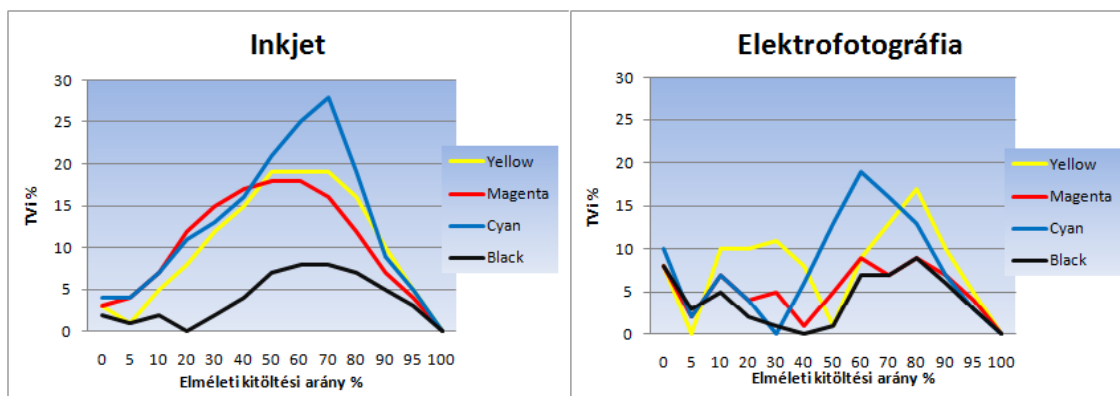
21. ábra. Recycled Pure papírra készített nyomatok TVI görbéi



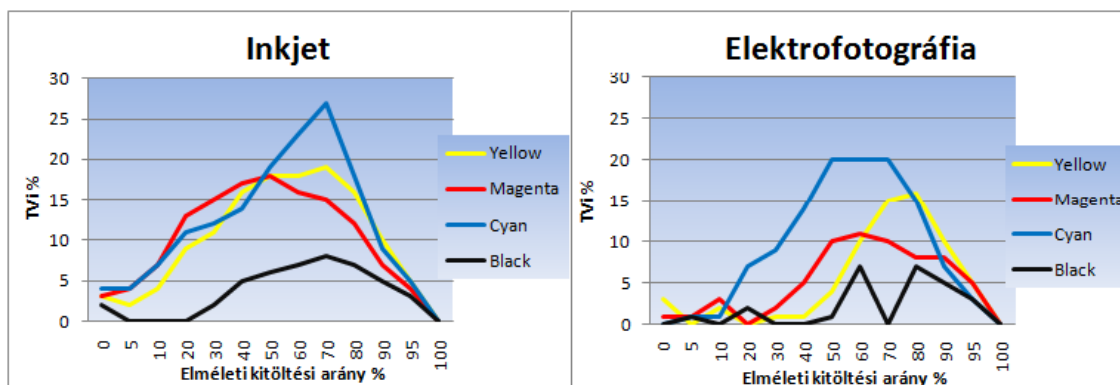
22. ábra. Recycled Plus papírra készített nyomatok TVI görbéi



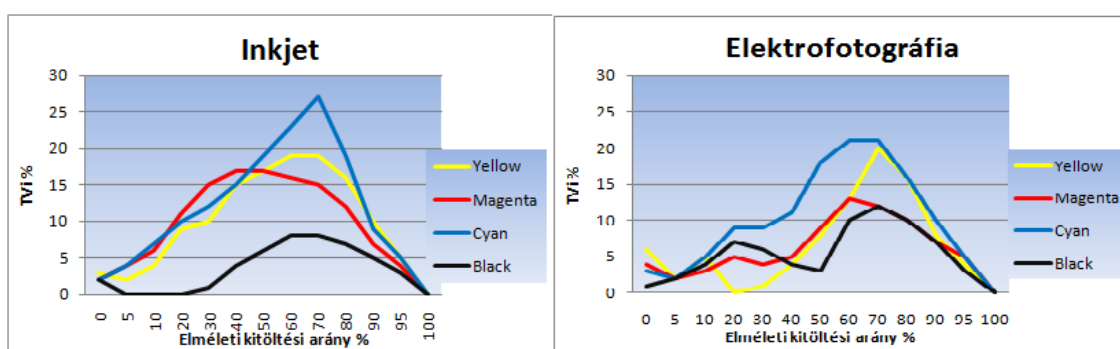
23. ábra. Nautilus Universal papírra készített nyomatok TVI görbéi



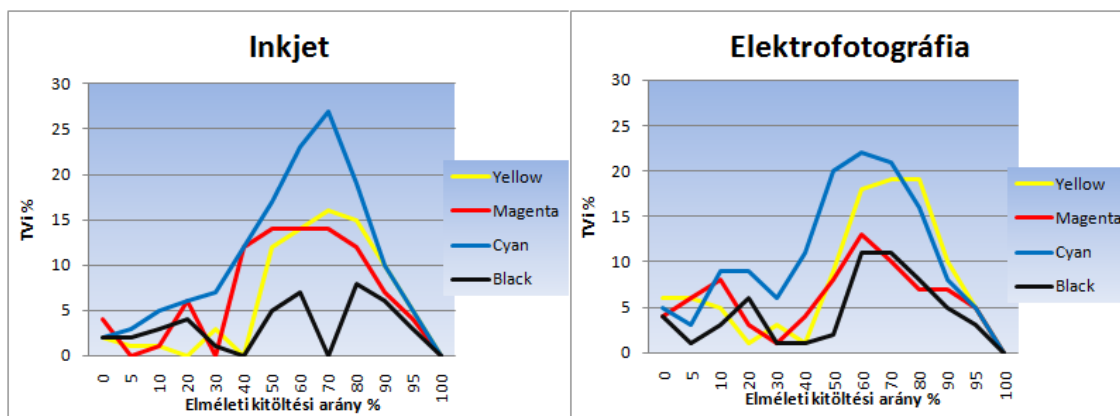
24. ábra. Nautilus Superwight papírra készített nyomatok TVI görbéi



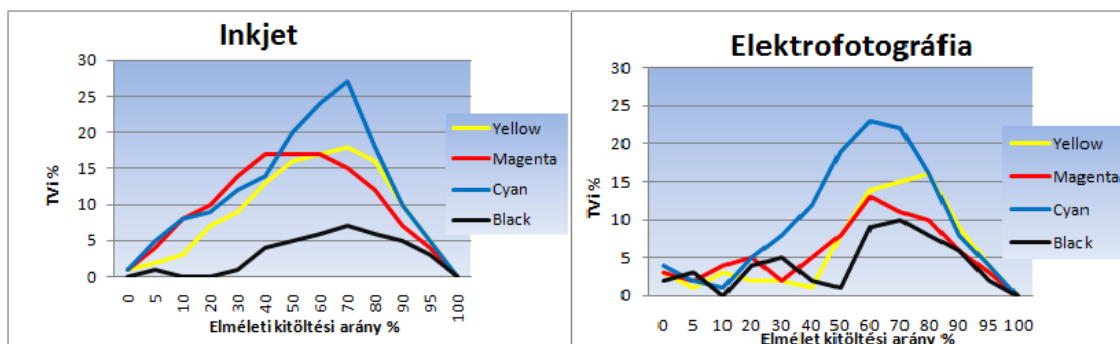
25. ábra. IQ Triotec unique papírra készített nyomatok TVI görbéi



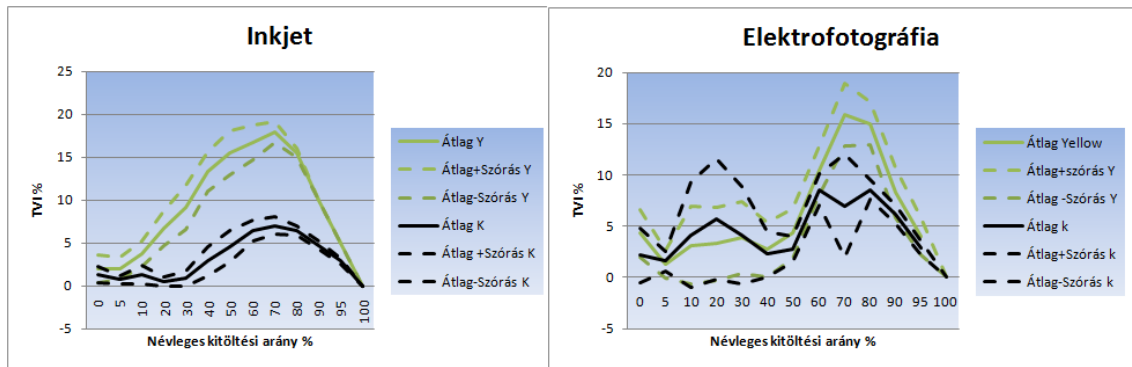
26. ábra. Mondi premium papírra készített nyomatok TVI görbéi



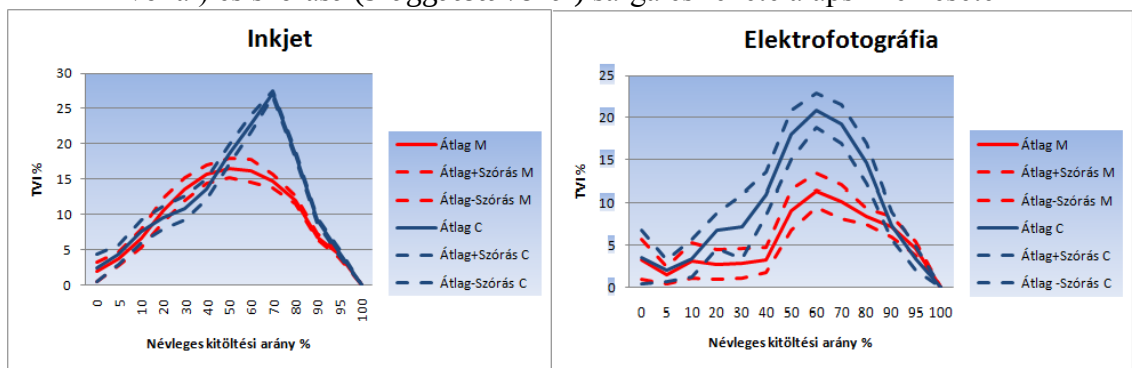
27. ábra. CP papírra készített nyomatok TVI görbéi



28. ábra. CO papírra készített nyomatok TVI görbéi



29. ábra. Festéksugaras (balra) és elektrofotográfiai (jobbra) technológiával nyomtatott, az összes nyomathordozón mért árnyalatérték növekedési görbék átlaga (folytonos vonal) és szórása (szaggatott vonal) sárga és fekete alapszínek esetén



30. ábra. Festéksugaras (balra) és elektrofotográfiai (jobbra) technológiával nyomtatott, az összes nyomathordozón mért árnyalatérték növekedési görbék átlaga (folytonos vonal) és szórása (szaggatott vonal) cián és bíbor alapszínek esetén

3.4.2 Reprodukálható szintartomány meghatározása

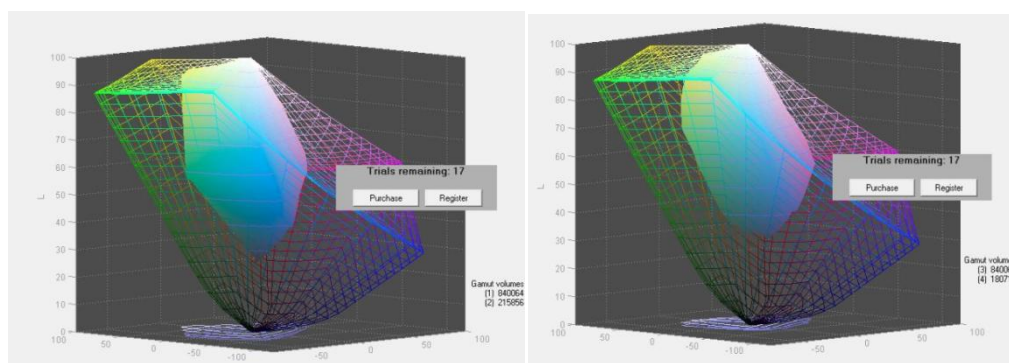
A reprodukálható színek tartománya eszköz-, anyag- és rendszerfüggő, Azon színek összességét jelenti, amelyet az adott berendezéssel létre lehet hozni. A festék (toner) mellett a nyomathordozó is nagyban felelős a reprodukálható szintartomány nagyságáért. A rendszerfüggést a használt profilok, színvisszavételi eljárások és néhány technológia esetén a nyomóforma-levilágítási tulajdonságok befolyásolják.

A méréshez az X-Rite Eye-One iO spektrofotométert és a hozzá tartozó X-Rite i1 Match szoftvert használtuk. A két digitális berendezéssel kilencféle nyomathordozóra nyomtatott tesztábrából 18 ICC profilt kaptunk, amelyek felhasználásával készítettük el a szintesteket. GamutVision 1.3.7 szoftver segítségével ábrázoltuk a szintesteket (29-30. ábra F. 6 -F. 13) és kiszámítottuk azok térfogatát (9. táblázat), melyet CIELAB egységekben kaptunk meg.

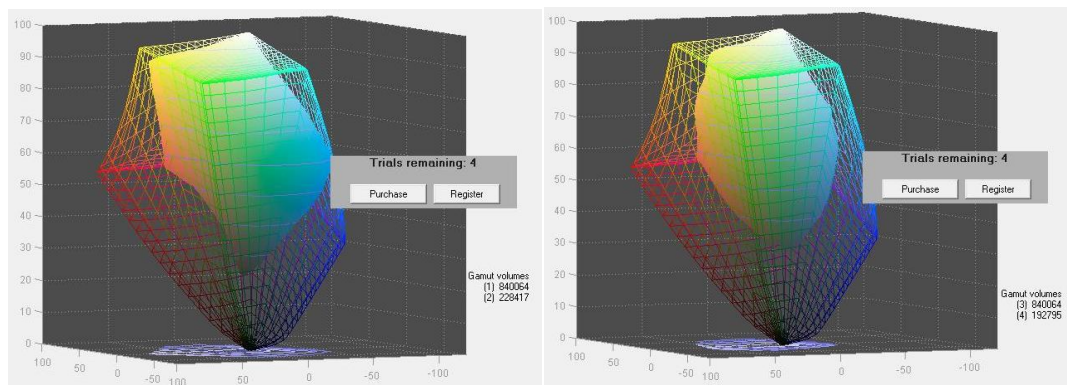
9. táblázat. A profil-elemző szoftverben megjelenített színtartományok térfogata abszolút és relatív (rel.) egységekben a maximális értékhez (1) viszonyítva

Papír	Inkjet	Laser	Inkjet (rel.)	Laser (rel.)
Recycled	215856	180713	0,95	0,79
Recycled Pure	221899	195270	0,97	0,85
Recycled Plus	195600	196808	0,86	0,86
Nautilus Universal	216650	178780	0,95	0,78
Nautilus Superwight	214412	183313	0,94	0,80
IQ Triotec unique	220876	191326	0,97	0,84
Mondi Premium	228417	192795	1,00	0,84
C.O	211880	189689	0,93	0,83
Átlag	215698,75	188586,75	0,94	0,83
Szórás	9622,361	6810,321	0,04	0,03

A Canon imagePRESS C1 nyomógépen készített nyomatokon reprodukált színtartományok jelentősen (mintegy 12%-kal) nagyobbak, mint a Canon PIXMA iX7000 nyomógéppel reprodukált színtartományok. A legkisebb és legnagyobb gamut térfogatok között is jelentős különbség van (mintegy 22%) mindkét nyomógép esetén.



29. ábra. A maximálisan megjeleníthető színtartomány CIELAB színingertérben, Recycled papíron, a térhálós test a szabványos sRGB színteret reprezentálja (bal: inkjet; jobb: elektrofotográfiai)



30. ábra. A maximálisan megjeleníthető színtartomány CIELAB színingertérben, Mondi Premium papíron, a térhálós test a szabványos sRGB színteret reprezentálja (bal: inkjet; jobb: elektrofotográfiai)

4 Összefoglalás

A dolgozatban eltérő minőségű nyomathordozók, elektrofotográfiai és inkjet eljárással történő nyomtathatóságát mutattuk be. Az irodalmi részben az újrahasznosított papírok feldolgozásával és gyártásával valamint a digitális (non-impact) nyomtatási eljárásokkal foglalkoztunk. A tesztnyomatokat Canon imagePRESS C1 elektrofotográfia és Canon PIXMA iX7000 festéksugaras elven működő nyomógépeken 9 féle újrahasznosított papírra készítettük. Megmértük a tesztnyomatok optikai jellemzőit (kitöltésarány-növekedést, denzitást és reprodukálható színtartományt).

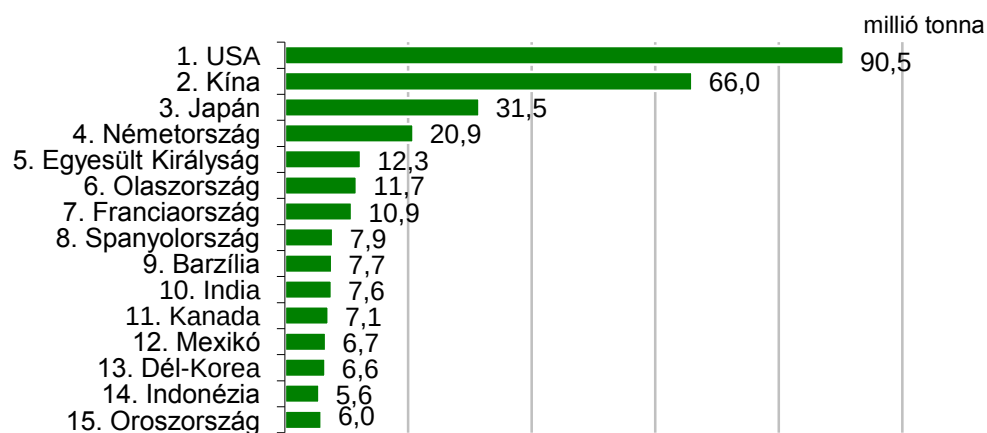
Eredményeink alapján elmondható, hogy az imagePRESS C1 nyomógéppel nagyobb toner fedettségű nyomatok készültek minden nyomathordozó esetében. Ezen nyomatokon a kitöltésarány-növekedés átlagosan 10-15%-kal nagyobb volt, mint a Canon PIXMA iX7000 nyomógép nyomatain. A legnagyobb TVI értékeket és a legnagyobb reprodukálható színtartományt is, mindkét nyomógép esetén a Mondi Premium tapasztaltuk. A Recycled Plus papír esetén a festéksugaras eljárással a legkisebb, elektrofotográfiai eljárással azonban a legnagyobb reprodukálható színtartományt lehet létrehozni. Az árnyalat-átviteli görbék technológiánként vett átlaga és szórása azt mutatja, hogy a festéksugaras eljárással kapott görbék kevésbé térnek el nyomathordozónként.

A nyomtathatósági vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az újrahasznosított és elsődleges rostból készült normál papírokra készült nyomatok minőségjellemzői között 10 % körüli eltérés mutatkozik.

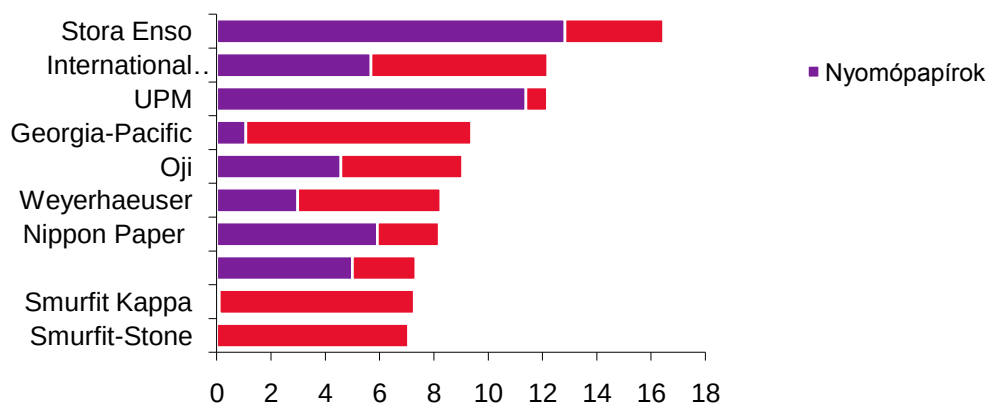
5 Irodalomjegyzék

- [1.] Endrédy, I. – Schulz, P. – Szilágyi, T.: *Digitális nyomdatechnikák*. printconsult kft., Budapest, 1998.
- [2.] *Digitális forradalom a nyomdaiparban*. Nyomdavilág, IV., 6., printconsult kft., Budapest 1998., 18–19. oldal
- [3.] H. Kipphan: handbook of print Media technologies and production Methods (cd-RoM)
- [4.] *Print on Demand Publishing*. www.fonerbooks.com/pod.htm
- [5.] *A direct mail piac kiszolgálása*. Nyomdavilág, XIII., 1., printconsult kft., Budapest 2007., 20. oldal
- [6.] EileR, e.: *Festéksugaras (InkJet) nyomtatás*. Magyar grafika, III, 5., PNyMe, Budapest, 2008., 9–10. oldal
- [7.] *Spectra Piezoelectric*.
- [8.] <http://www.dimatix.com/technology/spectra-piezoelectric.asp>
- [9.] David, B.: *Nyomdai megrendelők kézikönyve*. scolar kiadó, Budapest, 2007.
- [10.] *A DI-technológia átalakítja a nyomdai folyamatokat!* Nyomdavilág,
- [11.] Printconsult kft., Budapest 2004., 10. oldal
- [12.] *A digitális nyomtatás világpiaci jövője 2015-ig*. Magyar grafika, III, 3., PNyMe, Budapest, 2008., 112. oldal
- [13.] Romano.: *A világ nyomdaiparának kettősségei*. Magyar grafika, III, 3., PNyMe, Budapest, 2008., 44–48. oldal
- [14.] *A digitális piac trendje*. Nyomdavilág, XII., 5., printconsult kft., Budapest 2006., 6. oldal
- [15.] Molnár, S: *Faanyagismeret*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2004
- [16.] CEPI Sustainability Report, 2007
- [17.] A Nyomdavilág folyóirat 2005-2007. száma.
- [18.] Papíripari gazdasági hírek, 2005-2007. számai
- [19.] www.dunapack.hu
- [20.] <http://paperindustryweb.com/>
- [21.] <http://www.environmentalpaper.org/>
- [22.] http://www.canon.hu/For_Home/Product_Finder/Printers/Inkjet/PIXMA_iX7000/
- [23.] Tatári Sándor SZÍNKEZELÉS – COLOR MANAGEMENT 2. rész
- [24.] <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Papir.htm>

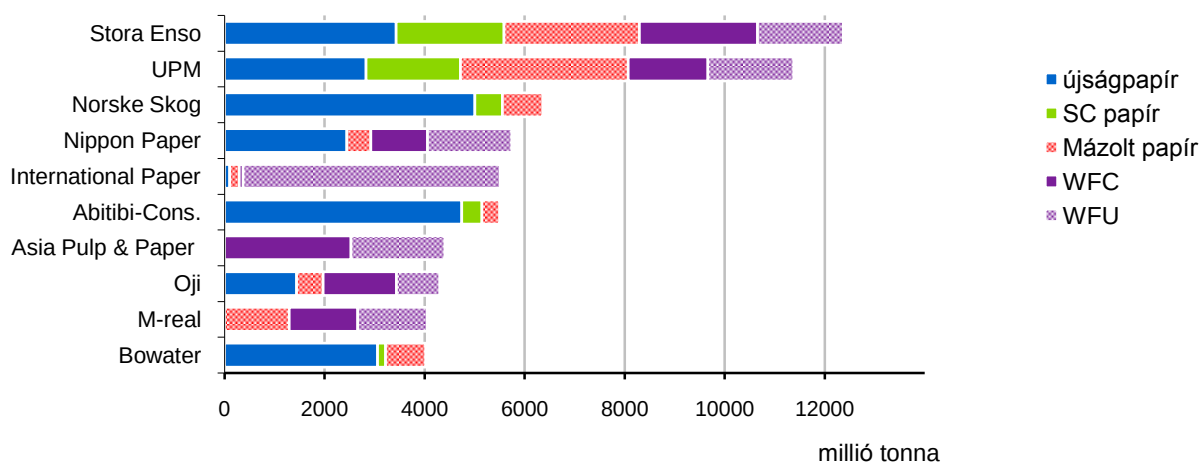
6 Függelék



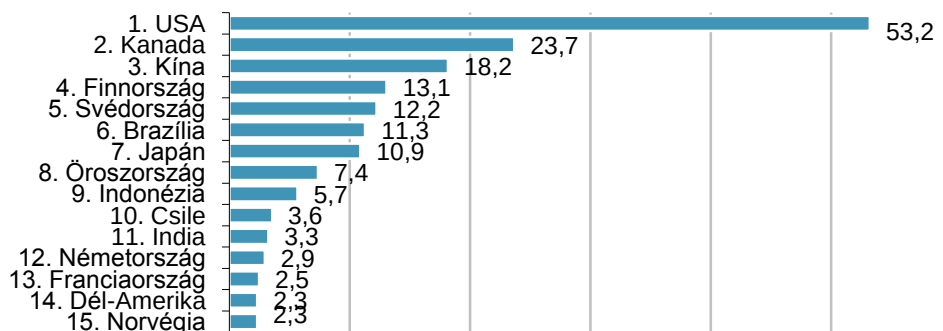
F. 1. ábra. A világ legnagyobb papír- és kartonfogyasztó országai, 2006



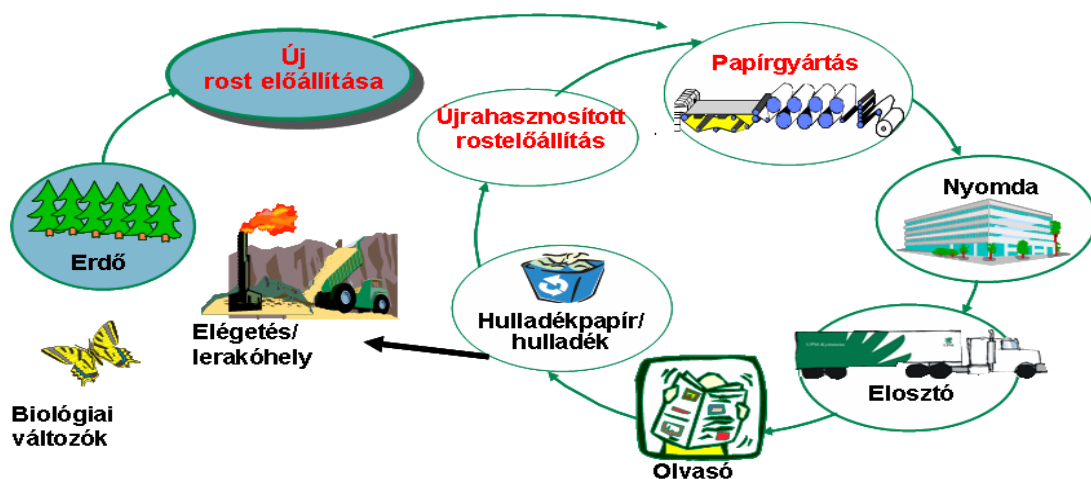
F. 2. ábra. A világ legnagyobb papír- és kartongyártó cégei, 2007 millió tonna



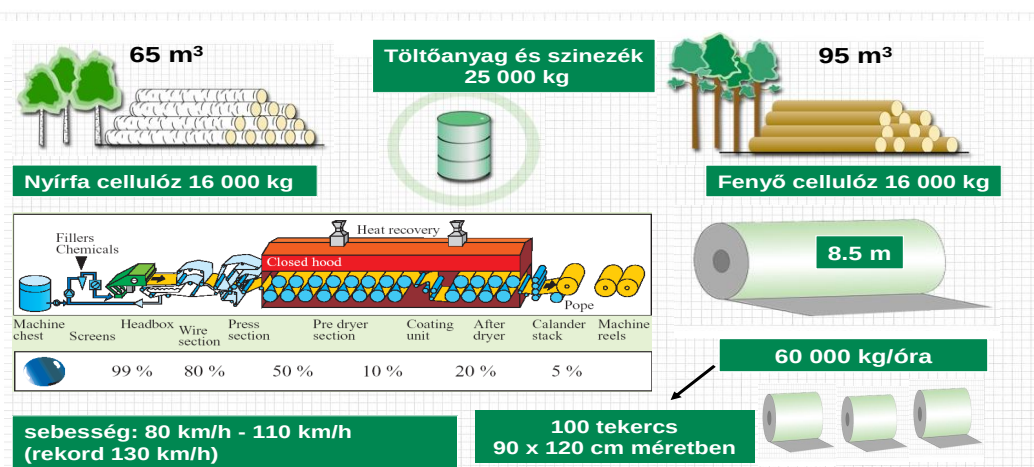
F. 3. ábra. A világ legnagyobb nyomópapírgyártó cégei, 2006



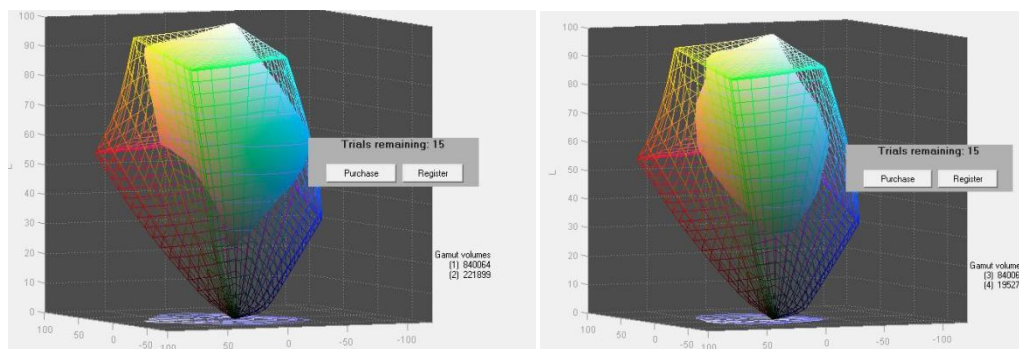
F. 4. ábra. A világ legnagyobb cellulózzgyártó cégei, 2007



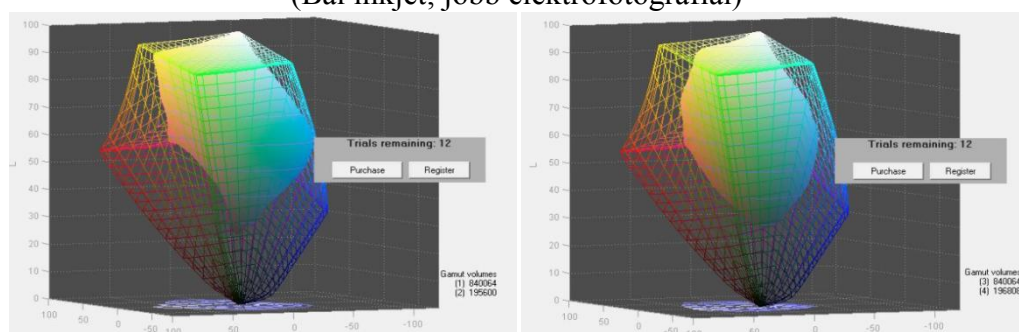
F. 5. ábra. Nyomópapírok életciklusa



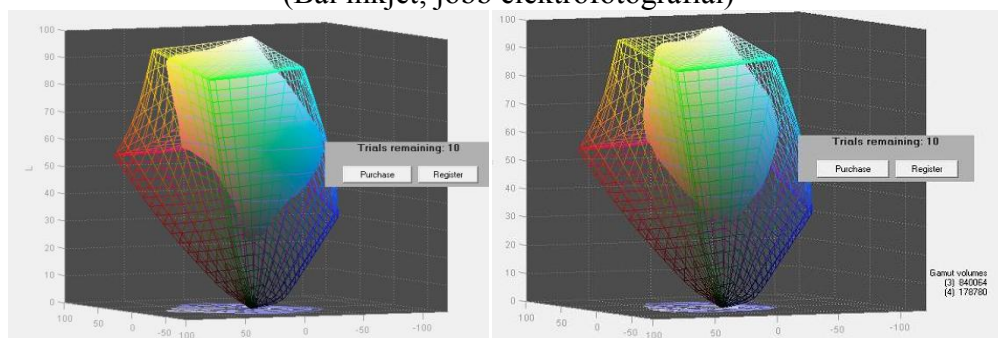
F. 6. ábra. Az erdőtől a mázolt nyomópapírig



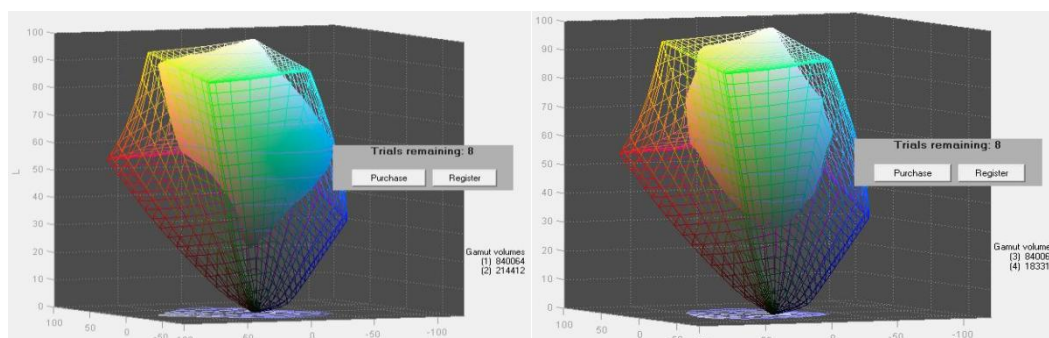
F. 9. ábra. Recycled Pure papírra készített nyomatok reprodukálható színtartomány a (Bal inkjet; jobb elektrografiai)



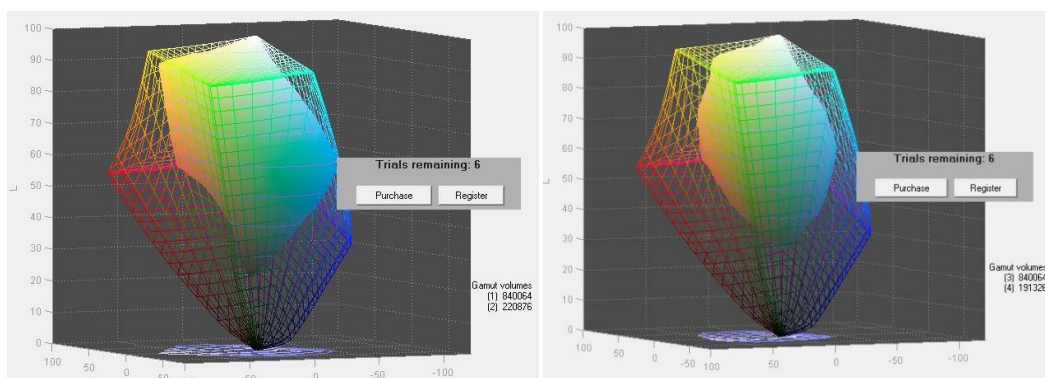
F. 10. ábra. Recycled Plus papírra készített nyomatok reprodukálható színtartomány a (Bal inkjet; jobb elektrografiai)



F.11. ábra. Nautilus Universal papírra készített nyomatok reprodukálható színtartomány a (Bal inkjet; jobb elektrografiai)



F. 12. ábra. Nautilus Superwight papírra készített nyomatok reprodukálható színtartomány a (Bal inkjet; jobb elektrografiai)



F. 13. ábra. Triotec unique papírra készített nyomatok reprodukálható színtartomány a (Bal inkjet; jobb elektrofotoográfiai)

F. 1. táblázat. Recycled papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	0	0	1	0	5	2	4	1
5	3	3	4	1	3	0	0	2
10	3	6	7	2	0	2	4	0
20	7	9	8	0	4	1	7	1
30	8	12	10	0	4	1	8	2
40	11	14	13	0	1	4	12	1
50	12	14	17	2	7	13	21	4
60	15	13	22	5	14	15	24	8
70	16	13	27	6	17	12	21	9
80	15	11	19	6	12	9	13	8
90	10	6	10	5	3	9	5	7
95	5	4	5	3	0	5	1	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 2. táblázat. Recycled Pure papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	1	2	1	0	3	2	2	1
5	4	5	6	1	1	1	2	1
10	6	9	11	1	0	0	2	3
20	4	11	11	1	5	2	4	6
30	11	14	10	0	5	1	5	2
40	14	15	13	3	0	2	12	2
50	14	17	19	4	3	9	20	4
60	16	16	23	6	10	11	22	11
70	17	15	27	7	17	11	21	11
80	15	12	18	6	16	8	18	9
90	10	7	9	4	9	7	8	6
95	5	4	4	2	4	3	4	2
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 3. táblázat. Recycled Plus Pure papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	0	0	0	1	1	4	2	2
5	2	4	6	1	0	1	4	0
10	2	6	8	1	0	4	1	15
20	5	10	9	1	3	4	9	18
30	5	13	11	0	3	5	12	14
40	10	15	12	2	3	3	10	6
50	14	16	18	4	3	9	15	3
60	14	17	23	6	7	10	18	8
70	17	14	27	6	11	8	16	0
80	15	12	18	6	12	7	11	8
90	10	7	9	5	9	7	6	7
95	5	5	4	3	5	5	5	4
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 4. táblázat. Nautilus Universal papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Nautilus Universal					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	4	3	5	2	4	2	4	2
5	0	2	2	1	3	3	3	2
10	2	5	6	3	5	3	4	2
20	5	8	7	1	1	3	7	4
30	7	11	8	1	2	2	7	4
40	12	15	12	2	2	3	12	3
50	14	16	17	3	4	9	19	3
60	16	17	21	5	10	11	22	9
70	18	15	27	6	18	11	20	10
80	15	13	18	6	16	8	16	9
90	10	7	9	4	9	5	8	5
95	5	5	5	3	5	5	3	2
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 5. táblázat. Nautilus Superwight papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	3	3	4	2	8	8	10	8
5	1	4	4	1	0	2	2	3
10	5	7	7	2	10	7	7	5
20	8	12	11	0	10	4	4	2
30	12	15	13	2	11	5	0	1
40	15	17	16	4	8	1	6	0
50	19	18	21	7	1	5	13	1
60	19	18	25	8	9	9	19	7
70	19	16	28	8	13	7	16	7
80	16	12	19	7	17	9	13	9
90	10	7	9	5	10	7	7	6
95	5	4	5	3	5	4	3	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 6. táblázat. IQ Triotec unique papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	<i>Y</i>	<i>M</i>	<i>C</i>	<i>K</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
0	3	3	4	2	3	1	0	0
5	2	4	4	0	0	1	1	1
10	4	7	7	0	2	3	1	0
20	9	13	11	0	0	0	7	2
30	11	15	12	2	1	2	9	0
40	16	17	14	5	1	5	14	0
50	18	18	19	6	4	10	20	1
60	18	16	23	7	10	11	20	7
70	19	15	27	8	15	10	20	0
80	16	12	18	7	16	8	15	7
90	10	7	9	5	10	8	7	5
95	5	4	5	3	5	5	3	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 7. táblázat. Mondi Premium papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	<i>Y</i>	<i>M</i>	<i>C</i>	<i>K</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
0	3	2	2	2	6	4	3	1
5	2	4	4	0	2	2	2	2
10	4	6	7	0	5	3	5	4
20	9	11	10	0	0	5	9	7
30	10	15	12	1	1	4	9	6
40	15	17	15	4	4	5	11	4
50	17	17	19	6	8	9	18	3
60	19	16	23	8	13	13	21	10
70	19	15	27	8	20	12	21	12
80	16	12	19	7	16	10	16	10
90	10	7	9	5	8	7	10	7
95	5	4	5	3	4	5	5	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 8. táblázat. CP papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	2	4	2	2	6	4	5	4
5	1	0	3	2	6	6	3	1
10	1	1	5	3	5	8	9	3
20	0	6	6	4	1	3	9	6
30	3	0	7	1	3	1	6	1
40	0	12	12	0	1	4	11	1
50	12	14	17	5	9	8	20	2
60	14	14	23	7	18	13	22	11
70	16	14	27	0	19	10	21	11
80	15	12	19	8	19	7	16	8
90	10	7	10	6	10	7	8	5
95	5	4	5	3	5	5	5	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0

F. 9. áblázat. CO papírra készített nyomatok TVI értékei táblázatba foglalva

Inkjet					Elektrofotográfia			
%	Y	M	C	K	Y	M	C	K
0	1	1	1	0	3	3	4	2
5	2	4	5	1	1	2	2	3
10	3	8	8	0	3	4	1	0
20	7	10	9	0	2	5	5	4
30	9	14	12	1	2	2	8	5
40	13	17	14	4	1	5	12	2
50	16	17	20	5	8	8	19	1
60	17	17	24	6	14	13	23	9
70	18	15	27	7	15	11	22	10
80	16	12	18	6	16	10	16	8
90	10	7	10	5	9	6	8	6
95	5	4	5	3	4	3	4	2
100	0	0	0	0	0	0	0	0

Tartalom

1 Bevezetés	1
2 Irodalmi rész.....	2
2.1 Papírgyártás.....	2
2.2 Papíripar a világgazdaságban	3
2.2.1 A világ papíripara	3
2.3 A magyar papíripar	5
2.3.1 Papírgyártás	5
2.3.2 Papírfeldolgozás.....	5
2.3.3 A magyarországi papíripar SWOT-elemzés	7
2.3.4 Fenntartható fejlődés.....	7
2.3.5 A papíripar által okozott környezetterhelés	8
2.3.6 Hazai hulladékpapír felhasználás.....	9
2.4 Az újrahasznosított papír gyártása	9
2.4.1 A papír hasznosítása	9
2.4.2 A papír hasznosításának folyamata.....	10
2.4.3 Miért kifizetődő a papír hasznosítása?.....	10
2.5 A digitális nyomtatási technológiák.....	11
2.5.1 Elektrofotográfiai nyomtatási eljárások.....	13
2.5.2 Inkjet eljárások.....	14
2.5.3 Folyamatos festéksugaras eljárás	15
2.5.4 Kívánság szerinti cseppadagolású eljárás	16
3 Vizsgálati rész	18
3.1 A vizsgálatoknál használt berendezések és eszközök.....	18
3.1.1 Canon imagePRESS C1 elektrofotográfiai digitális nyomógép	18
3.1.2 PIXMA iX7000 inkjet nyomtató	19
3.1.3 Eye-One IO és II match szín szoftver	20
3.1.4 Gretagmabeth D19C reflexiós denzitóméter.....	21
3.2 A vizsgálatnál használt papír típusok.....	22
3.3 A nyomtatási tesztábra tervezése, felépítése és nyomtatása	23
3.4 Vizsgálati eredmények	24
3.4.1 Kitöltésiarány-növekedés vizsgálata.....	24
3.4.2 Reprodukálható szintartomány meghatározása	28
4 Összefoglalás	31
5 Irodalomjegyzék.....	32
6 Függelék	33