



**SOPRONI
EGYETEM**

**FAIPARI MÉRNÖKI ÉS
KREATÍVIPARI
KAR**

**ALKALMAZÁSTECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK A HAJLÉKONYFALÚ CSOMAGOLÓANYAGOK
FLEXOGRÁFIAI NYOMTATÁSÁNAK PRE-PRESS FOLYAMATAIBAN**

Maňúrová Klaudia

Tézisfüzet

Témavezetők: Joóbné Dr. Preklet Edina és Dr. habil. Horváth Csaba

Soproni Egyetem

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Doktori program: F4 Rosttechnikai és nanotechnológiai tudományok

Tudományág: anyagtudomány és technológiák



Sopron

2025

1. Bevezetés, motivációk

A nyomtatott csomagolóanyagok piaca a XXI. század első évtizedeiben folyamatosan és erőteljesen fejlődött és fejlődik, aminek a mozgatórugói a vevői preferenciák változása, és az új nyomtatási technológiák lehetőségeiből fakadó előnyös megoldások, a kommunikáció új világa és kapcsolódó eszközei.

A doktori disszertációt megalapozó kutatás induló céljaként az egész flexográfiai nyomtatási folyamat vizsgálatát foglalmaztuk meg. Az ok az volt, hogy a munkahelyem ennek a technológiai láncnak csak egy - igaz nagyon fontos – eleme, de a valódi eredmény, a nyomat más cégeknél keletkezik. Így csak a teljes és együttes vizsgálatok hozhatnak hasznos kutatási eredményeket. Így a kutatás első lépése átfogó tájékozottság és ismeret megszerzése volt arról a világról, amelyre az vonatkozik.

A doktori disszertációm téziseit egy kérdőíves felmérés eredményeire alapoztam. Ebben a kutatási lépésben feltérképeztem a magyarországi flexónyomdákat, melyek flexibilis csomagolóanyagok gyártásával, illetve címkenyomtatással foglalkoznak. A flexó nyomtatás előbb említett két szegmensre technológiailag hasonlatos egymáshoz, ezért kutatás erre a két szegmensre fókuszált. A hullámkarton flexóval történő nyomtatása teljesen eltérő körülményeket és paramétereket igényel, ezért e szegmenssel az értekezés csak érintőlegesen foglalkozik. A nyomdától kapott válaszok összegzése alapján kerültek kijelölésre a kutatni szándékozott témakörök, mivel olyan kérdésfeltevésekre kerestük a válaszokat, a melyek valós környezetből származnak és valós problémákra keresik a megoldást.

Doktori értekezésünkben tehát azt a célt próbáljuk megvalósítani, hogy a szakma által feltett többértékű kérdésfeltevésekre adjon potens a válaszokat.

2. A kutatómunka célja

A kutatási munka célja napjaink flexó nyomtatásában alkalmazott eljárások lehetőségeinek vizsgálata az optimalizálás, standardizálás és hatékonyságnövelés szempontjából. A cél olyan alkalmazástechnológiai vizsgálatok kivitelezése, melyek hatékonyabbá tehetik a hajlékonyfalú csomagolóanyagok nyomtatását megelőző nyomdaipari előkészítő folyamatokat.

A közép-európai régióban Magyarország tekintélyes flexó nyomtatási potenciállal rendelkezik. Számos nyomdaipari vállalkozás található az országban, a nemzetközi multinacionális vállalatoktól kezdve egészen a regionálisan működő kis családi vállalkozásokig. Ezek a vállalatok ma már nem csak belföldre, hanem külföldre is szállítják termékeiket.

A csomagolóanyag ipar minden szegmensében működnek gyártók Magyarországon. Flexó nyomtatási technológiával nagyrészt a flexibilis fogyasztói és ipari csomagolások, a címkék és a hullámkarton készülnek - ez a három kategória az összes csomagolóanyag több mint 60%-át teszi ki (Horváth, Koltai 2019).

A doktori munka közvetett céljai közé tartozik a magyarországi flexónyomdák és nyomdai beszállító cégek áttekintése és a tervezett kutatás témájához fűződő hozzáállásuk felmérése. A felmérést nyomdaipari kérdőív segítségével valósítottuk meg. A további kutatási feladatok megvalósításához az aktuális nyomdai előkészítés és flexó nyomóformagyártás technológiáit alkalmazva tesztnyomóformák készültek. A nyomóformák tesztelése valós nyomdai körülmények között történt. A kapott eredmények értékelésére a kitűzött feladatok szempontja szerint került sor. Az ipari gyakorlat által állított kérdésekre választ keresve történt a flexó nyomóformák felületén alkalmazható mikrocellás struktúrák viselkedésének vizsgálata. Kérdésként merült fel, hogy milyen módon lehet javítani a nyomóformák festékátadását, tekintettel a denzitásra és a festékterülésre az ipar által használt alapanyagtípusokon.

A kutatás további célja a flexó nyomtatás hatékonyságának lehetséges növelése, legfőképpen a nyomóformák számának csökkentése a nyomatminőség megtartása vagy emelése mellett. Vizsgálat tárgya továbbá a kiterjesztett színterű flexó nyomtatás alkalmazhatósága, előnyei, hátrányai és aktuális megítélése a magyarországi flexónyomdaiparban.

3. Az kutatás során elért eredmények összefoglalása

Fontos megjegyezni, hogy a doktori értekezés alkalmazástechnikai kutatásait csak bizonyos típusú csomagolóanyagokat gyártó cégek körére korlátozódik. Számos kihívással és magas minőségi igénnyel a keskeny-, közép- és szélespályás flexó nyomtatás szembesül, főként a címkék, műanyag vagy papíralapú csomagolóanyagok, alumínium és egyéb körülbelül 120 mikron vastagságig terjedő alapanyagok nyomtatásánál. Az említett területen áll a rendelkezésre a legtöbb gyakorlati információ, így kutatásainkat is erre a szegmensre alapoztuk. Nem vontuk be vizsgálatainkba a hullámkartont és egyéb csomagolóanyagot gyártó szegmenst. Még 2020-ban gyűjtöttük össze az adatokat a Magyarországon működő flexóval foglalkozó nyomdaipari vállalkozásokról. 60 céget sikerült feltérképezni, ahol rendelkeznek flexónyomdagéppel és nyomtatnak címkét, gyártanak számos alapanyagból síkfóliát, alumíniumot, különböző duplex vagy triplex alapanyagokat stb. A felmérés 2022 májusában történt meg kérdőívek segítségével. A kiértékelt kérdőívek kérdésfelvetései határozták meg kutatási témákat, melyek alapján a következőkben leírt vizsgálatok és tézisek születtek.

3.1. Felületérdesítés és mikrocellás struktúrák a flexó nyomóformákon

A felületi struktúrák működése nem vetíthető előre, s nem alapulhat feltételezéseken. A flexó nyomtatásban gyakran állhat elő jelenség, melynek a papírforma szerint működnie kellene, a valóságban azonban ez nincs mindig így. Nyomdai tesztek segítségével vizsgáltam meg a felületi struktúrák működését, illetve a kérdésfeltevés igazolhatóságát, hogy a felületi mikrocellás struktúrák minden alapanyagon működnek és javítják a festékátadást.

4 magyarországi flexó nyomdában kaptam lehetőséget tesztjeim elvégzésére. Mind a négy nyomda UV technológiával dolgozik keskenypályás nyomdagépeken. Fő profiljuk a címke és a zsugorsleeve. Az összehasonlíthatóság miatt fontos az egymáshoz nagyon hasonlatosan dolgozó tesztalanyok kiválasztása. A négy nyomdában összesen tizenöt fajta alapanyagra harminc darab nyomatminta készült el. Négy különböző nyomóforma készült a tesztekhez, mindegyik nyomdának személyre szabva a megfelelő méret alapján. A méretkorlátot a nyomdagépek szélessége és a rendelkezésre álló nyomtatott alapanyag szélessége adta meg. Mindegyik nyomdának elkészült egy „nyomó-klisé” és egy fehér alányomás az átlátszó alapanyagok nyomtatásához. Cián festékkel is és fekete festékkel is készültek el a tesztek. Ez azért szükséges, mivel a cián nyomatminta eredményeiből relevánsan lehet következtetni a bíbor és a sárga színek nyomdai karakterisztikájára. Külön mintát kértünk azonban a fekete színhez, mert a fekete festék tapasztalataink alapján gyakran mutat más jellemzőket, mint a többi color szín. Az alább felsorolt tizenöt alapanyagra készült a teszt.

- | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. PAP Silver (Nyomda 1) | 7. PP WH (Nyomda 2) | 13.PP WH (Nyomda 4) |
| 2. PAP WH (Nyomda 1) | 8. PE WH (Nyomda 3) | 14.PAP WH (Nyomda 4) |
| 3. PP Clear (Nyomda 1) | 9. PAP WH (Nyomda 3) | 15. PAP KR (Nyomda 4) |
| 4. PP Silver (Nyomda 1) | 10.PE TR (Nyomda 3) | |
| 5. PE WH (Nyomda 2) | 11.LIM WH (Nyomda 4) | |
| 6. PAP– Raflacoat (Nyomda 2) | 12.PET TR (Nyomda 4) | |

A mérések az X-Rite eXact kézi fotospektrométerével történtek. A berendezés képes mérni a denzitást a nyomatokon. A denzitás sok tudomány- és iparágban használt fogalom. Alapvető jelentése „sűrűség”. Az optikában egy felület fedettségének mértékét jelenti és a 100%-os tónusokon mérendő.

A kutatás eredményeit vizsgálva az alábbi megállapítások tehetők:

- A felületi struktúra alkalmazása nem hoz denzitás emelkedést az összes típusú alapanyagon.
- Gyakorlati vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy papíron a felületérdesítés nem működik. Feltételezzük, hogy az összefüggés abban keresendő, hogy minél simább egy alapanyag felülete, annál jobban működnek a mikrocellák.
- Megállapíthatjuk, hogy a papíron kívül, az összes többi tesztelt alapanyagnál javulást hozott a felületi mikrocellás struktúrák alkalmazása.
- Megjegyezhetjük azt is, hogy míg a sima papíron nem működött a felületérdesítés, azonban az ezüst felületű papíron már igen.
- Legtöbb esetben az MCWSI, egy pixeles mikrocella szerepelt a legjobban.

Az 1.ábrán látható grafikon segítségével összefoglaljuk a kapott értékeket, eredményeket.



1.ábra: A felületi struktúrák által hozott eredmények összefoglalása

Az 5 darab papír alapú mintán a sima tónus a megfelelő beállítás. Az összes többi esetben, kettő kivételével az MCWSI struktúra a legmegfelelőbb, különböző lézerteljesítmények mellett. A kettő kivételből az egyik egy egyértelműleg bizonyított MG34 és struktúra a másik esetben pedig nem volt egyértelmű az eredmény.

1.tézis: A flexográfiában használatos nyomóformákon alkalmazott mikrocellás struktúrák javítják a festékátadás minőségét (denzitását) a szintetikus egyrétegű és öntapadó nyomathordozókon (polipropilén - vizsgált PP WH esetén maximum 0,22-es denzitásérték emelkedés, PP TR 0,14-0,22 emelkedés, polietilén – vizsgált PE WH esetén maximum 0,4-es denzitásérték emelkedés, PE TR 0,3 emelkedés, poliészter – vizsgált PET TR esetén 0,18-0,27-os denzitás emelkedés figyelhető meg). Papíron, illetve a strukturált felületű nyomathordozókon ugyanez a hatás nem mutatható ki.

3.2. A flexó nyomtatás sajátosságai barna kraft papíron

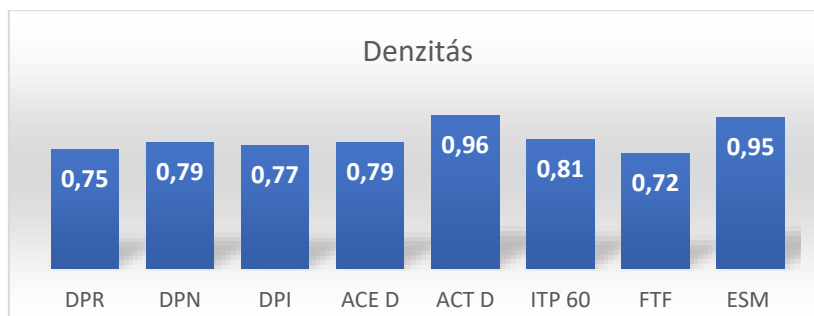
A kutatási munka célja annak vizsgálata volt, hogy a különböző felületi struktúrák és kliséalapanyagok milyen hatással vannak a barna kraft papírra történő oldószeres flexó nyomtatás minőségére. A barna kraft papír nyomtatásának témája folyamatosan aktuális. A nyomdaipari felmérés alapján kijelenthető, hogy a barna kraft papír előtérbe kerülése továbbra is folyamatban van. Emiatt került előtérbe, hogy megvizsgáljuk az alapanyag nyomtathatóságát, és megkeressük annak legoptimálisabb módját. A kraft papír színe és felületének inhomogenitása miatt ugyanis problémásan nyomtatható alapanyagoknak számít. A barna kraft papír nyomtatásának tesztjei a Krajcár Kft. Varga Flexo OK-288-as típusú nyomdagépén készültek el. A nyomdagép 1,14 mm vastagságú nyomóformákat használ. A teszteléshez számunkra a következő cégek alapanyagai álltak rendelkezésre: a DuPont, az XSYS (valamikori Flint Group) és a MacDermid. Az alábbi alapanyagokat teszteltük:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. DuPont™ Cyrel® DPR | 5. Flint Group nyloflex® ACT D |
| 2. DuPont™ Cyrel® DPN | 6. Flint Group nyloflex® FTF |
| 3. DuPont™ Cyrel® DPI | 7. MacDermid Lux® ITPM 60 |
| 4. Flint Group nyloflex® ACE D | 8. DuPont™ Cyrel® EASY ESM |

A kutatás eredményeit vizsgálva az alábbi megállapításokat tehetjük.

- A felületi struktúra alkalmazása nem hoz egyértelmű denzitás emelkedést a barna kraft papíron sem.
- Elmondható az oldószeres flexó nyomtatás esetében is, hogy a papír – műanyagalapú fóliákhoz képest - inhomogén felületén a mikrocellás struktúrák csak egy kivételes esetben hoztak pozitív eredményt.
- Gyakorlati vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy a barna kraft papíron a legpuhább kliséalapanyagok működtek a legjobban.
- Megállapítható az is, hogy a gyakorlat szempontjából legjobb eredményt a DuPont™ Cyrel® EASY ESM lemez hozta. A denzitása mindennemű kezelés nélkül 0,92 lett, ami az ipari felhasználás szempontjából fontos, mert kevesebb erőforrás-ráfordítással jár. A használata barna kraft papírra történő nyomtatáshoz a legpraktikusabb.
- Fontos azonban megemlíteni a nyloflex® ACT D lemez eredményeit is, amely felületi struktúra segítségével a DuPont™ Cyrel® EASY ESM lemezzel összehasonlítható 0,96-os denzitási eredményt hozott.

Az 2.ábrán összefoglaljuk az egyes alapanyagok által elért legjobb eredményeket.



1.ábra: A barna kraft papíron végzett tesztek eredményeinek összefoglalása

A kutatás korlátjaként megemlíteném, hogy a barna kraft papír egy specifikus alapanyag, az itt elért eredmények nem vonatkoztathatóak feltétlenül egyéb papír alapú alapanyagokra. A jövőre tekintve érdemes lenne a különböző papíralapú hordozókon hasonló vizsgálatokat végezni, akár bizonyos nyomdai

paraméterek változtatása és hatásaik analízise mellett (nyomtatási sebesség, festékviszkozitás), majd összehasonlítani az eredményeket.

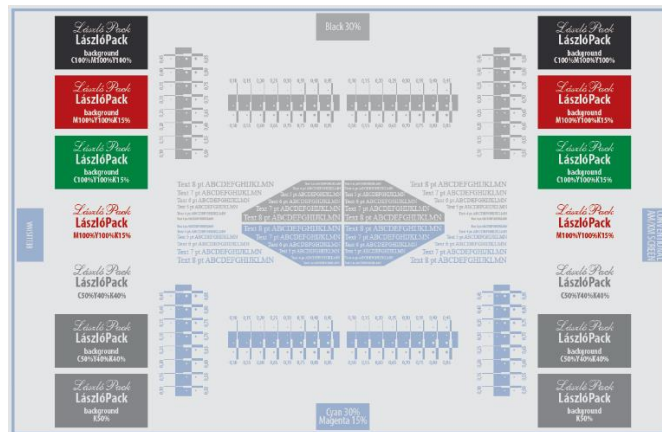
2.tézis: A barna kraft papírra történő nyomtatáskor a nyomdafesték denzitása jelentősen - akár 0,5 értékkel is - csökken a szintetikus egyrétegű és öntapadó nyomathordozókhoz képest (polipropilén, polietilén, poliészter), kizárólag az alapanyag jellege miatt. Barna kraft papír nyomathordozóra 0,25 értékkel is növelhető a denzitás puha, flat-top nyomóforma használatával, felületi struktúra alkalmazása nélkül. A nyomóforma keménységének csökkentése és mikrocéllás felületéresítés együttes alkalmazása a színvisszaadás tekintetében hoz összehasonlítható mértékű javulást, azonban ipari használatra a magasabb erőforrás-ráfordítás miatt kevésbé javasolt.

3.3. A flexó nyomtatás kritikus elemei

Akár a szakirodalomra, akár gyakorlati tapasztalatokra támaszkodva kijelenthetjük, hogy mindegyik modern nyomtatási technológiának vannak határai és kritikus elemei, melyek kivitelezésével vagy reprodukciójával az egyes nyomdatechnológiák nehezen küzdenek meg. Nincs ez másképp a flexó nyomtatás esetében sem. A flexóban a kritikus elemek közé tartoznak az alábbiak: tónusértékek, csúcsfények, pozitív és negatív vékony vonalak, pozitív és negatív vékony szövegek. A tónusértékek és fedettség optimalizálásával már az előzőekben is sokat foglalkoztunk. Láthatjuk, hogy megbízható megoldást a mikrocéllás struktúrák és a megfelelő összetételű kliséalapanyag kombinációja tud adni. A megfelelő csúcsfények nyomtatása – főleg árnyékokra, kifutókra gondolunk itt – úgyszintén a megfelelő nyomdai kalibráció kérdése. Kutatásom e részében azzal foglalkozom, hogy létezik-e beállítás vagy rácsstruktúra, amelynek segítségével a nyomdai előkészítés segíteni tud a nevezett kritikus elemek nyomtatásánál, viszont a többi grafikai elem sem szenved kárt.

Mindössze 3-4 éve vált elérhetővé egy digitálisan modulált rácsstruktúra flexó nyomtatáshoz. A technológiát Bellissima néven ismerhetjük és valójában digitálisan modulált rácsok (DMS) összességét jelenti, melyeket kifejezetten a flexográfia számára fejlesztettek és optimalizáltak. Ezeket a rácsszerkezeteket 4000 dpi felbontással világítják le, így rendkívül jó minőségű reprodukciót biztosítanak (meghaladják a 300 lpi-nek megfelelő minőséget), valamint mentesek a moiré-jelenségtől is. A Bellissimával készült nyomóformák használata enyhíti a flexó nyomtatás tipikus problémáit, mint a pontok közti hidak képződése, az elfolyás, elmosódás stb. (dot bridging, dot rivering, barring, bounce, slur), így sokkal stabilabb nyomtatási folyamatot eredményez.

A vizsgálat alapját egy összehasonlító nyomdai teszt adta. Egy szett nyomóformára került fel egy klasszikus AM ráccsal dolgozó struktúra 136 lpi felbontással, illetve a digitálisan modulált rács. A tesztre főként fényképeket, pozitív és negatív elemeket és szövegeket raktunk fel. A teszt vonatkozó része a 3. ábrán látható.



32.ábra: A látványterv részlete, melyen a vizsgált elemek láthatóak

A kutatás eredményeit vizsgálva az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A megfelelő rácsstruktúra használatával az előkészítés sokat tud javítani a kritikus méretű vonalak és szövegek reprodukálhatóságán.
- Minél kisebb rácspontokkal és magasabb rácssűrűséggel tud egy adott rácsstruktúra operálni, annál jobb olvashatóság és megjeleníthetőség érhető el pozitív és negatív vonalak és szövegek esetében.

3.tézis: A flexográfiai nyomtatás során a sztochasztikus rozetta alkalmazása jelentős mértékben javítja az olvashatóságot kisméretű grafikai elemek esetében. Pozitív talpas kisbetűk esetében a 3pt betűméret klasszikus ráccsal olvashatatlan, de sztochasztikus rozettával olvasható. Pozitív talpas kisbetűk esetében klasszikus ráccsal a 4 és 5 pt betű kezd kivehetővé válni, de olvashatónak 6 pt-os nagyságtól tekinthető csak. Negatív talpas kisbetűk esetében sztochasztikus rozettával már a 3pt betűméret is jól kivehető, klasszikus AM rács esetén csak 6pt betűméretnél kezd olvashatóvá válni. A vizsgálatot egy tesztalany végezte. A használt betűtípusok a Times New Roman és a Myriad Pro voltak.

3.4. Színtérreprodukció a flexó nyomtatásban

Minden nyomdatechnológia célja a lehető legszélesebb színtérspektrum visszaadása, mely azonban az emberi szem által felfogható spektrumnak mindig csak egy bizonyos része lesz. Kutatásom folyamán arra a kérdésselvetésre kerestem a választ, hogy milyen a digitális nyomtatás színtérreprodukciója, hogy viszonyul egymáshoz a digitális és a flexó nyomtatás színtérreprodukciója, valamint milyen hatással van a nyomdai előkészítés (nyomóforma-gyártás technológiája) a flexó nyomtatás színtérreprodukciójára.

A kutatást a sóskúti Sipospack Kft. végezte el. Adottak voltak az ideális körülmények, tamit egy HP Indigo 20000 digitális nyomdagép jelentett ezesetben. A gép pályaszélessége 762 mm, nyomtatási sebessége 4-színes üzemmódban 101 láb/perc (30,78 méter/perc), 5 színes üzemmódban 82 láb/perc (25 méter/perc) és EPM üzemmódban 137 láb/perc (41 méter/perc). (Hewlett Packard, 2013). A tesztábra több fotóelemet, flexónyomdai teszteknel is használt tesztelemeket és egy 1472 tesztmezőből álló mérőábrát is tartalmazott, melyből ICC profil visszamérése is lehetséges volt.

A teszt alapanyaga 20 μ vastag átlátszó polipropilén volt. A méréshez a GMG szoftverrendszerét és az i1iO automata mérőkaral rendelkező berendezést használtuk.

A kutatás megvalósításához további színprofilokra volt szükség. A doktori tanulmányaim alatt folyamatosan és célirányosan gyűjtöttem az anyagot ehhez a kutatáshoz. Az elmúlt 2-2,5 év folyamán megvalósított színtértesztekből válogattam össze mintákat úgy, hogy képviselve legyen több nyomda, az

oldószeres és UV technológia, illetve többféle nyomóformagyártási eljárás, s mindez természetesen több különböző nyomdaipari vállalkozástól.

10 darab flexónyomtatással készült színprofil került be a vizsgálatba:

Sorszám	Nyomtatott alapanyag	Nyomóforma típusa	Nyomóformagyártási technológia	Festék típusa
1.	PP TR	MacDermid Lux® ITPTM 60	Bellissima DMS	UV
2.	PP TR	MacDermid Lux® ITPTM 60	Bellissima DMS	UV
3.	PP TR	Kodak Flexcel FNXH	Kodak NX A	UV
4.	PP TR	DuPont™ Cyrel® ESXR	Digital Flat Pixel A	UV
5.	PP TR	DuPont™ Cyrel® DPN	Classic Digital	oldószer
6.	PP TR	MacDermid Lux® ITPTM 60	Bellissima DMS	oldószer
7.	PP TR	Kodak Flexcel FNXH	Kodak NX A	oldószer
8.	PP TR	DuPont™ Cyrel® ESXR	Digital Flat Pixel A	oldószer
9.	PP TR	MacDermid Lux® ITPTM 60	Bellissima DMS	oldószer
10.	PP TR	Kodak Flexcel FNXH	Kodak NX A	oldószer

A felsorolt mintákból az ICC profilok szintén a fent említett GMG szoftverrel és i1iO mérőberendezéssel készültek. Ezáltal 11 ICC profil állt rendelkezésre, melyeket a Gamutvision elnevezésű szoftver segítségével kerültek összehasonlításra. A szoftver képes vizuálisan összehasonlítani és ábrázolni két ICC profilt, továbbá számszerűen ki tudja fejezni a színtér tartományát, melyet a „gamut volumes” információ ad meg. Az alábbi eredményeket kaptuk:

Sz.	ANY	Nyomóforma	Festék	Nyomda	GV	% to Lab	% to D
1.	PP TR	Digitális	digitális	NY 1	460722	54,84 %	100%
2.	PP TR	Bellissima	UV	NY 2	348449	41,47 %	75,63 %
3.	PP TR	Bellissima	UV	NY 3	407321	48,48 %	88,40 %
4.	PP TR	Kodak	UV	NY 3	388433	46,23 %	84,30 %
5.	PP TR	Digital Flat	UV	NY 3	340696	40,55 %	73,94 %
6.	PP TR	Classic Digital	oldószer	NY 4	341701	40,67 %	74,16 %
7.	PP TR	Bellissima	oldószer	NY 5	397610	47,33 %	86,30 %
8.	PP TR	Kodak	oldószer	NY 6	297472	35,41 %	64,56 %
9.	PP TR	Digital Flat	oldószer	NY 6	398108	47,39 %	86,40 %
10.	PP TR	Bellissima	oldószer	NY 6	386358	45,99 %	83,85 %
11.	PP TR	Kodak	oldószer	NY 7	419919	49,98 %	91,14 %

Ezen eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetőek:

- A digitális és a flexónyomdatechnológia az Lab színspektrumnak hozzávetőlegesen a felét tudja lefedni. Közülük a digitális nyomdatechnológia megelőzte a vizsgált flexó minták közül legjobban szereplőt 4,86%-kal.
- A nyomóforma technológiája és típusa hatással van a flexó nyomtatás színtérreprodukciójára. Ennek bizonyítékát láthatjuk a 3-4-5. mintán, illetve a 8-9-10.mintán. Ezek a minták azonos nyomdánál készültek, ugyanazon a nyomdagépen nyomtatták őket, azonos anilox, festékbeállítás, alapanyag és a gépmesterek azonossága. mellett. Ennek ellenére látszik, hogy mindkét esetben nagy eltérések vannak a gamut tartományok között. A 2.számú nyomdánál, aki egy UV festékkel dolgozó nyomda volt, a gamut tartomány-ingadozás intervalluma 340696 – 407321, ami egy 66625-ös értéket mutat. A 6. számú nyomda esetében ez az érték még magasabb: az intervallum 297472-398108, melyből a vonatkozó érték 100636, ami már relevánsnak tekintendő, hiszen a magasabb értékhez hasonlítva a másik nyomóforma színtérteljesítménye mindössze 74,72%.
- A nyomóformán alkalmazott rácsszerkezet is befolyásolja a flexó nyomtatás színtérreprodukcióját.
- Megfigyelhetjük a flexó nyomtatás számos tényező által okozott befolyásoltságát. Ezt bizonyítja a 2-es és a 3-as minta. Két különböző nyomda készítette a mintákat, de azonos volt a nyomdagép típusa és gyártója, a nyomóforma, a nyomtatott alapanyag. Két különböző cég szállítja be a két nyomdába

a festéket. Ez a különbség 58872 gamut tartomány különbséget okozott. Az első nyomda a másodikhoz képest csak 85,54%-os teljesítmény tudott ezen a területen nyújtani.

A jövőbeni kutatásokat tekintve érdekes kérdésfeltevésnek tekinteném azon eljárások kutatását, melyek a flexó nyomtatás területén növelhetik a reprodukálható színspektrum tartományát.

4.tézis: Az elektrofotográfiai elvű digitális nyomtatási technológiával érhető el a legnagyobb reprodukálható színtér az oldószeres flexó nyomtatás, az UV flexó nyomtatás, az UV EGP flexó nyomtatás és a digitális nyomtatás színtérének összehasonlítása alapján, az egyik leggyakrabban használt nyomathordozón: 12 mikron vastagságú transzparens poliészter alapanyagon fordított állásban. Flexográfiai nyomtatási technológiával a legjobb eredmény - 91,14% (a digitális nyomtatás színterét 100%-nak tekintve) oldószeres festékrendszerrel és „félig digitális”, flat-top nyomóformákkal volt elérhető.

3.5. A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) alkalmazása a gyakorlatban

Napjainkban a flexó nyomtatásban a legelterjedtebb nyomtatási mód az az alap CMYK színek és a kiegészítő Pantone® színekkel történő nyomtatás. A flexó nyomtatásban a Pantone® színeket leggyakrabban 3 esetben használjuk: ha egy logónak vagy hasonló rendeltetésű más elemnek kötött színe van (brand, logó stb.), ha a flexó technológiának nehézséget okoz egy-egy elem megoldása több szín egymásra nyomtatásából (vékony pozitív vagy negatív szövegek és vonalak), ha egy választott szín nem reprodukálható megfelelően a CMYK alapszínekből.

A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (Extended Gamut Printing = EGP) lényege az lenne, hogy gyakorlatilag 3 állandó direkt szín használatával a legtöbb Pantone® színt le kellene fednie a jelenleg elfogadott elméleti feltevések alapján. Mivel a legtöbb flexónyomdagép 8 színes, ezért ez a nyomtatási eljárás a 4 alapszínnel + 3 direkt színnel és 1 fehér alányomással számol. Ezek a színek a narancs, zöld és a lila.

Az EGP nyomtatás előnyeiként nevezhetjük meg az alábbiakat.

- Elég csak alacsony számú színt raktáron tartani.
- Nem kell minden nyomtatás után átmosni a nyomdagépet.
- Rövidülnek a beállási és átállási idők.

Feltehetnénk a kérdést, hogy akkor miért nem dolgozik mindenki ezzel az eljárással. A válasz abban keresendő, hogy az EGP technológiával dolgozó folyamatnál:

- a nyomdagépnek rendkívül precíz passzertartással kell rendelkeznie (pl. képzeljünk el barna színárnyalatú apró szövegeket),
- speciális színrebonítás szükséges,
- szigorúan standardizált nyomdai körülményekre van szükség.

Kutatásom ide vonatkozó részében ismét a színreprodukcióval foglalkoztam. Arra kerestem a választ, hogy amennyiben egy megfelelő műszaki háttérrel rendelkező nyomda átáll az EGP nyomtatásra, milyen mértékben tudja valóban reprodukálni az EGP nyomtatás a Pantone® színeket.

5.tézis: A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) alkalmazásának hatásvizsgálatai igazolják, hogy alkalmazásával a Pantone® direkt színek többségét lehetséges többszínnyomtatással előállítani (kiváltva a direktszín nyomtatást), főként a vörös, barna és zöld színárnyalatok esetében. A CIELAB színtér –b tengelye körül elhelyezkedő színeknél, illetve a +a és a +b tengelyek tartományainak határán az EGP nyomtatási technológia sem képes – az elvárt – $\Delta E=2$ érték alatt tartani a színeltérést, a direktszín nyomtatáshoz képest.

4. A kutatómunkával kapcsolatos fontosabb publikációk

A doktori disszertációhoz végzett kutatások folyamán az alább felsorolt cikkeim jelentek meg:

1. Maňúrová Klaudia, Horváth Csaba, Preklet Edina: **Szintérreprodukció a csomagolóanyag-nyomtatásban – A flexográfiai és a digitális nyomtatás komparatív vizsgálata.** In: Csiha, Csilla (szerk.) Wood 4 Sustainability : Processing, Construction, Products and Design 2024. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetem Kiadó (2024) 281 p. pp. 67-78., 12 p. ISBN: 9789633345412
2. Csaba, Horvath; Klaudia, Manurova; Edina, Preklet; Ferenc, Varza: **Investigation of relationships between the flexographic printing plate patterning and the anilox surface and volume in case of solid white ink printing on transparent materials.** In: Cathy, Ridgway (szerk.) Advances in Printing and Media Technology, Vol. XLVII. Greenville (SC), Amerikai Egyesült Államok: International Association of Research Organizations for the Information, Media and Graphic Arts Industries (IARIGAI) (2022) pp. 12-18., 7 p.
3. Klaudia, MAŇÚROVÁ; Edina, PREKLET; Csaba, HORVÁTH; Viktor, VETÉSI: **STANDARDIZATION POSSIBILITIES OF PREPRESS WORKS AND FLEXOPRINTING BY A UNIVERSAL TESTCHART.** In: Csanák, Edit (szerk.) 8TH INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL AND LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES. Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2021) pp. 48-56., 9 p.
4. Horváth, Csaba; Várza, Ferenc; Maňúrová, Klaudia: **Analysis of the Matte Varnishing Structure of Flexible-walled Packaging Materials In the Case of Flexographic Printing Technology.** In: s., n. Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, TAGA. Oklahoma City (OK), Amerikai Egyesült Államok : Technical Association of the Graphic Arts (TAGA) (2022) pp. 1-10. , 10 p. - [SCOPUS referált](#)
5. Horváth, Csaba ; Várza, Ferenc ; Maňúrová, Klaudia: **Analysis of the flexo printed matte varnishing structure of polyester substrate.** In: Kašiković, Nemanja; Novaković, Dragoljub; Pavlović, Živko; Dedijer, Sandra (szerk.) The Eleventh International Symposium GRID 2022: Proceedings; Novi Sad, Szerbia: University of Novi Sad, Faculty of technical sciences, Department of graphic engineering and design (2022) 892 p. pp. 343-348. , 6 p.– [SCOPUS referált](#)
6. Horváth, Csaba; Klaudia, Palova: **Relationships Between the Surface Texture of Flexographic Printing Plates and Printability of Kraft Paper.** In: Proceedings of the 71th TAGA (Technical Association of the Graphic Arts) Annual International Technical Conference, March 17-20, 2019, Minneapolis, MN, United States (2019) pp. 176-188., 13 p.– [SCOPUS referált](#)
7. Maňúrová, Klaudia Joóbné, Preklet Edina; Horváth, Csaba; Várza, Ferenc: **A FLEXÓ NYOMTATÁS ÉS NYOMDAI ELŐKÉSZÍTÉS STANDARDIZÁLÁSI ÉS OPTIMALIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA A MAGYARORSZÁGI NYOMDÁKBAN.** In: Koncz, István; Szova, Ilona (szerk.) TIZENKILENC ÉVE AZ EURÓPAI MAGYARORSZÁG TUDOMÁNYOS MEGÚJULÁSA ÉS A FIATAL KUTATÓK SZOLGÁLATÁBAN: A PEME XXIII. PhD – Konferenciájának előadásai (Budapest, 2022. április 28.) Budapest, Magyarország : Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület (2022) 163 p. pp. 114-125., 12 p.
8. Klaudia, Maňúrová;Csaba, Horváth; Viktor, Vetési: **Investigation of Relationships between Light and Weather Resistance.** In: Ridgway, C. (szerk.) Advanced in Printing and Media Technology VOL: XLVI (Published by IARIGAI – International Association of Research Organizations for the Information, Media and Graphic Arts Industries) Darmstadt, Németország: International Association of Research Organizations for the Information, Media and Graphic Arts Industries (IARIGAI) (2019) pp. 135-143. , 9 p.
9. Horváth, Csaba; Koltai, László; Maňúrová, Klaudia: **Prospects for the future of commercial printing.** In: Dedijer, Sandra (szerk.) Proceedings – The Tenth International Symposium GRID 2020. Novi Sad, Szerbia: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences (2020) 736 p. pp. 413-420. , 8 p. – [SCOPUS referált](#)
10. Manurova, Klaudia; Horváth, Csaba: **A koronavírus-válság hatásai a magyar nyomdaiparra.** In: Czeglédy, Tamás; Resperger, Richárd (szerk.) VÁLSÁG ÉS KILÁBALÁS: INNOVATÍV MEGOLDÁSOK Nemzetközi Tudományos

Konferencia Sopron, 2020. november 5. – Konferenciakötet, Sopron – Conference Proceedings Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó (2020) 592 p.

11. Manurova, Klaudia; Horvath, Csaba: **HOW TO BUILD SUSTAINABLE, GREEN PRINTING PLANTS?** In: 20th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference Proceedings 2020, pp. 201-210., 10 p. – [SCOPUS referált](#)
12. Manurova, Klaudia: **Új lehetőségek a flexó nyomóforma készítésben a Belissima digitálisan modulált rácsának köszönhetően.** MAGYAR GRAFIKA 65 : 1 pp. 23-27. , 5 p. (2021)
13. Klaudia, Maňúrová; Csaba, Horváth: **Megatrendy v oblasti potlačených obalových materiálov v Európe.** In: Michal, Čeppan; Milan, Mikula; Vladimír, Dvonka; Viera, Jančovičová; Lukáš, Gál; Pavol, Gemeiner; Katarína, Vizárová; Štefan, Šutý; Radko, Tiňo (szerk.) Proceedings of reviewed joint conferences "Wood, Pulp and Paper 2020 and Polygrafia Academica 2020. Pozsony, Szlovákia: Vydala Slovenská chemická knižnica FCHPT STU (2020) pp. 78-84., 7 p.
14. Klaudia, Pálová: **THE ASPECTS OF ECODESIGN AT PRODUCTS MADE FROM KRAFT PAPER IN THE CONTEMPORARY PACKAGING INDUSTRY.** In: s.n. (szerk.) 60th International Student Scientific Conference, Volume of Articles Zvolen, Szlovákia: Technical University Zvolen (2019) pp. 73-79., 7 p.
15. Pál, Klaudia; Horváth, Csaba: **Összefüggések vizsgálata a flexó nyomóformák felületi struktúrája és a csomagolóstechnológiában alkalmazott kraft papír nyomtathatósága között.** In: Koltai, László (szerk.) Tudományos-, Műszaki és Művészeti Közlemények Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2018) pp. 152-163., 12 p.
16. Horváth, Csaba; Pálová, Klaudia: **Relationships between the surface texture of flexographic printing plates and the printability of Kraft paper** In: Köse, E.; Sevendik, Ü. O. Proceedings of 6th International Conference for Printing Technologies. Isztambul, Törökország: Istanbul Teknik Üniversitesi (2018) pp. 669-679., 11 p.
17. Palova, Klaudia: **Biztonsági címke formakészítése.** MAGYAR GRAFIKA: pp. 18-20. , 3 p. (2016).

5. Felhasznált irodalom

- Horváth, Cs., Koltai, L. (2019) A csomagolási trendek és az európai nyomtatott csomagolóanyag gyártás jellemzői című cikkében. Available at: https://horvathcsaba.eu/wp-content/uploads/2019/11/cikk_140.pdf (Accessed: 5 July 2024).
- Hewlett Packard (2013) HP Indigo 20000 digital press. White Paper. Available at: https://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2014/HPatInterpack/Indigo20000_Data.pdf (Accessed: 04 June 2024).