

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

MAŇÚROVÁ KLAUDIA

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Sopron

2025

Doktori (PhD) értekezés

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Bejó László egyetemi tanár

Doktori program: F4 Rosttechnikai és nanotechnológiai tudományok

Programvezető: Dr. Fehér Sándor

Tudományág: anyagtudomány és technológiák

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

Készítette: Maňúrová Klaudia

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

Sopron

2025

ALKALMAZÁSTECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK A HAJLÉKONYFALÚ CSOMAGOLÓANYAGOK
FLEXOGRÁFIAI NYOMTATÁSÁNAK PRE-PRESS FOLYAMATAIBAN

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

a Soproni Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskolája

Írta: Maňúrová Klaudia

Készült a Soproni Egyetem Cziráki József Doktori Iskola Rosttechnikai és nanotechnológiai
tudományok programja keretében

Témavezető: **Joóbné Dr. Preklet Edina**

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(aláírás)

Témavezető: **Dr. habil. Horváth Csaba**

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

.....
(aláírás)

A jelölt a doktori komplex vizsgán **95% -ot** ért el.

Sopron, 2020.06.17.

.....
a Komplex Vizsga Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló: (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló: (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Harmadik bíráló: (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron, 2025.

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDHT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott Maňúrová Klaudia jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az Alkalmazástechnológiai kutatások a hajlékonyfalú csomagolóanyagok flexográfiai nyomtatásának pre-press folyamataiban című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezetőimet, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2025.03.15.

.....

doktorandusz

¹ 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni témavezetőimnek, Joóbné Dr. Preklet Edinának és Dr. habil Horváth Csabának a folyamatos segítséget, támogatást és biztatást, amelyet a doktori tanulmányaim és a kutatásaim során nyújtottak nekem. Joóbné Dr. Preklet Edina sokrétű és mély tudása, valamint optimizmusa a bonyolult kutatási problémák megoldását is megkönnyítette. Dr. habil Horváth Csaba tapasztalatai, tanácsai és sokéves útmutatása nélkül ez a munka nem született volna meg.

Szeretném kifejezni köszönetemet Prof. em. Dr. Tolvaj Lászlónak, aki végig kísérte soproni tanulmányaimat és a nehéz pillanatokban mindig megmutatta a jó irányt.

Köszönet illeti a Plastex spol. s r.o. vállalat tulajdonosait és a külföldi partnerek menedzserét, akik minden szakmai segítséget megadtak a disszertáció létrejöttéhez.

Köszönöm a segítséget minden olyan flexónyomdaipari vállalkozásnak, aki tesztelesek kivitelezésével, tanáccsal, információval segítette munkámat.

Disszertációm elkészítése során az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatását is sikeresen felhasználtam.

„Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

KIVONAT

ALKALMAZÁSTECHNOLÓGIAI KUTATÁSOK A HAJLÉKONYFALÚ CSOMAGOLÓANYAGOK FLEXOGRÁFIAI NYOMTATÁSÁNAK PRE-PRESS FOLYAMATAIBAN

A doktori disszertációban bemutatott kutatások arra fókuszáltak, miként lehet a flexográfiai nyomtatás és nyomdai előkészítés technológiai területeit jobbra, optimálisabbá, hatékonyabbá tenni a tudományos kutatás módszereinek és eszközeinek segítségével.

A hajlékonyfalú csomagolóanyagokat gyártó magyarországi flexónyomdák körében végzett széleskörű kérdőíves felmérés módszerével szerzett válaszokra támaszkodó, összegző megállapítások adtak iránymutatást és segítettek azonosítani azokat a tudományos területeket, amelyekre a doktori kutatás koncentrált. Így voltak megfogalmazhatók hipotézisek, amelyek igazolására olyan kísérleti mérési programok és tesztek készültek, amelyeknek kivitelezési körülményei minden esetben megfeleltek a valós gyártási körülményeknek. Valamennyi nyomtatási tesztre ipari környezetben, magyarországi flexónyomdában került sor.

A kutatások eredményei azt mutatják, hogy a flexográfiában használatos nyomóformákon alkalmazott mikrocellás struktúrák javítják a festékátadás minőségét a szintetikus egyrétegű és öntapadó nyomathordozókon (polipropilén, polietilén, poliészter).

A nyomtatási tesztek azt igazolták, hogy a barna kraft papír nyomathordozóra a legjobb eredmény a puha, flat-top nyomóforma használatával érhető el, akár felületi struktúra alkalmazása nélkül is.

A modern technológiák között kutatva és tesztek végzve fogalmazódott meg a válasz arra a kérdésfeltevésre, hogy a flexó nyomtatásban gyakran kritikus pontokként megélt negatív és pozitív vékony szövegek és vonalak hogyan tehetőek nyomtathatóbbakká. A sztochasztikus rozetta alkalmazása jelentős mértékben javítja az olvashatóságot különösen kisméretű grafikai elemek esetében.

A tesztek és vizsgálatok azt mutatják, hogy az elektrofotográfiai elvű digitális nyomtatási technológiával érhető el a legnagyobb reprodukálható szintér az oldószeres flexó nyomtatás, az UV flexó nyomtatás, az UV EGP flexó nyomtatás és a digitális nyomtatás színterének összehasonlítása alapján, az egyik leggyakrabban használt nyomathordozón: transzparens poliészter fólián. Flexográfiai nyomtatási technológiával a legjobb eredmény – a digitális nyomtatással összehasonlítva 91,14% – oldószeres festékrendszerrel és „félig digitális”, flat-top nyomóformákkal elérhető el.

A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) alkalmazásának hatásvizsgálatai azt igazolták, hogy alkalmazásával a Pantone® direkt színek többségét lehetséges többszínnyomtatással előállítani (kiváltva a direktszín nyomtatást), főként a vörös, barna és zöld színárnyalatok esetében.

ABSTRACT

APPLICATION TECHNOLOGY INVESTIGATIONS IN THE PRE-PRESS PROCESSES OF FLEXOGRAPHICALLY PRINTED FLEXIBLE PACKAGING

The research presented in the doctoral dissertation focused on how the technological areas of flexographic printing and prepress can be made better, more optimal, and more efficient with the help of scientific research methods and tools.

The summary findings, based on the responses obtained through a broad questionnaire survey among Hungarian flexographic printing houses producing flexible packaging materials, provided guidance and helped to identify the scientific areas on which the doctoral research focused. In this way, hypotheses could be formulated, to verify which experimental measurement programs and tests should be prepared, the implementation conditions of which in each case corresponded to real production conditions. All printing tests took place in an industrial environment, in a Hungarian flexographic printing house.

The results of the research show that microcellular structures applied to flexographic printing plates improve the quality of ink transfer on synthetic single-layer and self-adhesive substrates (polypropylene, polyethylene, polyester).

Printing tests have shown that the best results on brown kraft paper substrates are achieved using a soft, flat-top printing plate, even without the use of a surface structure.

Research and testing among modern technologies have provided the answer to the question of how negative and positive thin texts and lines, which are often experienced as critical points in flexographic printing, can be made more printable. The use of a stochastic rosette significantly improves readability, especially in the case of small graphic elements.

Tests and studies show that electrophotographic digital printing technology achieves the largest reproducible color gamut compared to solvent flexo printing, UV flexo printing, UV EGP flexo printing and digital printing on one of the most commonly used substrates: transparent polyester film. Flexographic printing technology achieves the best results – 91.14% compared to the color gamut of the digital printing – with solvent ink systems and “semi-digital”, flat-top printing plates.

Impact studies of the use of extended color gamut flexo printing (EGP) have shown that it can produce the majority of Pantone® spot colors in multicolor printing (replacing spot color printing), especially in the case of red, brown and green shades.

RÖVIDÍTÉSEK LISTÁJA

CTP	computer-to-plate
EGP	Extended Gamut Printing
FTA	Flexographic Technical Association (https://www.flexography.org/)
GHG	green house gas
GV	gamut volumes
LAMS	laser ablative mask system
LIM WH	az in-mould címkék alapanyaga, megjelenésében a fehér polipropilénre hasonlít
PAP	fehér papír
PAP KR	kreatív papír – enyhén struktúrált a felülete
PAP SL	ezüst felületű papír
PE TR	átlátszó polietilén
PE WH	fehér polietilén
PET TR	átlátszó poliészter
PP TR	átlátszó polipropilén
PP WH	fehér polipropilén
RIP	raster imaging processor
SID	denzitás, solid ink density

Tartalomjegyzék

Bevezetés	12
Motiváció és inspiráció	12
A flexó nyomtatás és nyomdai előkészítés nemzetközi és hazai helyzete	13
1. A kutatómunka célja.....	14
2. A kutatómunkához kapcsolódó szakirodalom áttekintése	17
2.1 A flexó nyomtatási eljárás.....	17
2.2 A szintan alapjai és a színkezelés (color management)	18
2.2.1 A színkezelés (color management).....	20
2.2.2 Standardizálás a színkommunikáció területén	22
2.2.3 A színeltérés – ΔE	24
2.3 Nyomóformakészítés flexó nyomtatáshoz	26
2.3.1 A flexó nyomóformák fejlődése.....	26
2.3.2 A flexó nyomóformák jellemzői.....	28
2.3.3 A flexó nyomóformák gyártásának lépései	32
2.4 Rácsozási technológiák a flexó nyomtatásban.....	35
2.4.1 Az AM rácsok	35
2.4.2 Rácsszögek és rácssűrűség.....	35
2.4.3 Az FM rácsok.....	37
2.5 Standardizálási problémák a flexó nyomtatásban	39
2.6 Fenntarthatóság a flexó nyomtatásban.....	40
3. A vizsgálatok gyakorlati megvalósítása	41
3.1 A vizsgálatok során alkalmazott eszközök és módszerek.....	41
4. A flexó nyomtatás folyamata.....	42
4.1 A nyomdai előkészítés szerepe, lehetőségei és feladatai a nyomdai folyamatban	43

5.	Flexónyomdaipari vállalkozások Magyarországon.....	45
5.1	Standardizálás lehetőségeinek felmérése a magyarországi flexó nyomdákban.....	46
5.2	A nyomdaipari kérdőív értékelése és kérdésfelvetései.....	46
6.	Felületérdesítés és mikrocellás struktúrák a flexó nyomóformákon	58
6.1	A mikrocellák típusai és felépítésük	58
6.2	A nyomdai tesztek kivitelezése	61
7.1	A vizsgálati eredmények összefoglalása.....	78
7.	A flexó nyomtatás sajátosságai barna kraft papíron.....	79
7.1	Az alapanyag- és felületi struktúra tesztek kivitelezése.....	79
7.2	A nyomdai tesztekben alkalmazott lemezek jellemzése	80
7.3	A nyomdai tesztek eredményeinek értékelése.....	81
7.4	A vizsgálati eredmények összefoglalása	88
8.	A flexó nyomtatás kritikus elemei	89
8.1	A sztochasztikus rozetta elvi működése	89
8.2	A nyomdai tesztek kivitelezése	90
8.3	A vizsgálati eredmények értékelése	91
8.4	A vizsgálati eredmények összefoglalása	99
9.	Színátterreprodukció a flexó nyomtatásban.....	99
9.1	A nyomdai tesztek kivitelezése	100
9.2	A vizsgálati eredmények feldolgozása.....	102
9.3	A vizsgálati eredmények értékelése	110
10.	A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) alkalmazása a gyakorlatban	112
10.1	Direkt színek a flexó nyomtatás gyakorlatában	112
10.2	A nyomdai tesztek tervezése és kivitelezése	114
10.3	A vizsgált színek eredményei és értékelésük	115
10.4	A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) vizsgálata környezettudatosági és effektivitási szempontból.....	122

11.	Kutatási és tudományos eredményeim	125
12.	A kutatómunkával kapcsolatos fontosabb publikációk.....	127
13.	Irodalomjegyzék.....	132
14.	Ábrajegyzék.....	140
15.	A táblázatok jegyzéke	144
16.	Mellékletek	146
	A nyomdaipari felmérő kérdőív tartalma	146

Bevezetés

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 nyomtatott csomagolóanyagokat illetően a termelési érték általános növekedése várható 2030-ig, különösen a magas hozzáadott értékű csomagolások terén.

A nemzetközi és hazai szakirodalom értékelése a flexográfiai² nyomtatás domináns pozíciójával kapcsolatosan egyező. A csomagolóanyag gyártásban az egyik vezető nyomtatási technológiáról van szó, ahogy azt Horváth és Koltai bemutatja „*A csomagolási trendek és az európai nyomtatott csomagolóanyag gyártás jellemzői című cikkében*”. Az elsődleges csomagolóanyagok több mint 50%-a flexó nyomtatással készül világszerte. Az egyéb nyomtatási technológiák részesedése nagyjából változatlan, a digitális nyomtatás – gyors fejlődésének köszönhetően - pedig igyekszik egyre nagyobb teret hódítani magának (Horváth, Koltai 2019).

Motiváció és inspiráció

Egy a flexográfiai nyomóformák gyártásában, Kelet-Közép Európában meghatározó pozíciót betöltő cég termelést irányító vezető munkatársaként dolgozom majdnem két évtizede. Ez a sokszínű, gyorsan fejlődő nyomtatási iparág nap mint nap tartogat olyan szakmai kihívásokat, amikre nehéz a választ adni a jelenlegi szakmai és gyakorlati ismereteink alapján. Ezért határoztam el, hogy tudásunk és tapasztalataink módszeres szélesítésével próbálunk megküzdeni ezekkel a nehézségekkel. Korábbi éle szakaszomban már szereztem tapasztalatokat a tudományos kutatás világában. Tudományos fokozatot³ értem el lingvisztikában, ami ugyan más szakmai terület, de ez a munka jól használható képességeket adott abban, hogy miként lehet alapos kutatómunkával lehetőségeket feltárni és eredményeket elérni a mindennapi működés hatékony támogatására. Így esett a választásom arra, hogy újabb - most már műszaki, technológiai - területen belevágjak egy tudományos fokozat megszerzésébe. Az ehhez szükséges doktori kutatómunka adott módot és lehetőséget arra, hogy számos olyan technológia problémára tudományosan is megalapozott válasz és megoldás születhessen, ami a flexográfiai nyomtatás technológiai folyamatainak hatékonyabb működésében és/vagy a lehetőségeinek szélesítésében nehézségeket jelentenek.

² A flexográfiai nyomtatást (flexographic printing) a magyar és az angol szakmai nyelvben egyaránt „flexó” (flexo) rövidített alakban is használják.

³ A nyitrai Konstantin Egyetemen 2012-ben szereztem PhD tudományos fokozatot fordításelméletből.

A flexó nyomtatás és nyomdai előkészítés nemzetközi és hazai helyzete

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. Mivel magyar egyetemen és magyarul készül a disszertáció, ezért választottam kutatási és referencia célcsoportnak az itt működő vállalkozásokat. A flexó nyomtatás előbb említett két szegmense 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 nyomdaktól 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.

A magyarországi nyomdai előkészítésről szintén elmondható, hogy teljes mértékben lépést tart a világviszonylatban vezető szerepet betöltő országokkal. Vezető országok alatt értjük főként a nyugat-európai országokat és az Amerikai Egyesült Államokat. Elmondható, hogy a legtöbb domináns nyomdagépgyártó, nyomóforma alapanyagokat gyártó, szoftverfejlesztő cég ezekben az országokban székel. A nyomdai előkészítés Magyarországon erősnek mondható. Képviselteti magát egy multinacionális előkészítő vállalat is, illetve több kisebb magyar vállalkozásnak indult és fokozatosan magas szintre fejlődött vállalat. Ezeken kívül vannak kisebb, regionálisan működő előkészítő és nyomóformagyártó cégek. Ezek száma ma kisebb mint 20.

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

1. 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 szegmensére találtam gyártókat 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 standard felhasználáson kívül azonban a flexó technológia alkalmas lehet az egyéb csomagolóanyagok és csomagolási segédanyagok nyomtatására is, mint például ragasztószalagok, gyógyszeripari alumínium bliszterfóliák, kartonplaszt stb.

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 alapanyagtypusokon.

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.

A kutatási célok megvalósítása érdekében a következő konkrét kutatási feladatok kerültek meghatározásra.

1. Információ- és elérhetőséggyűjtés a magyarországi flexó nyomtatási ipar szereplőiről.
2. Nyomdaipari kérdőív készítése a kutatáshoz kapcsolódó témák felmérésére a flexónyomdák részéről.
3. Tesztnyomóformák előkészítése és gyártása a mikrocellás struktúrákkal végzett tesztekhez, a tesztek nyomdai kivitelezése és értékelése. A felületi struktúrák különböző alapanyagokon való viselkedésének vizsgálata.
4. Tesztnyomóforma készítése az apró méretű grafikai elemek kivitelezéséhez. Nyomdai teszt elvégzése majd az eredmények értékelése, hogy milyen eljárással érhető el a legjobb minőség/reprodukálhatóság, tekintettel főleg a szövegekre, illetve a különböző vastagságú és színű pozitív és negatív grafikai elemekre.
5. Nyomóformakészítés és nyomdai teszt az oldószeres flexó nyomtatás, UV flexó nyomtatás, UV EGP flexó nyomtatás és digitális nyomtatás színterének felméréséhez.
6. Nyomóformakészítés és nyomdai teszt azon vizsgálathoz, milyen mértékben képes megközelíteni a kiterjesztett színterű flexó nyomtatás a Pantone® színskála vizsgált színeit.
7. Nyomdaipari felmérés elvégzése a kiterjesztett színterű flexó nyomtatással kapcsolatban a magyarországi flexónyomdák körében.

A kutatási célok alapján - a vizsgálatok tervezésekor - az alábbi hipotéziseket állítottuk fel.

1. A hajlékonyfalú csomagolóanyagot gyártó magyarországi flexónyomdák szisztematikus lépéseket tesznek a nyomdai standardizáció bevezetése és/vagy a fenntartása érdekében.
2. A flexó nyomóformákon alkalmazott mikrocellás struktúrák várhatóan javítják a festékátadást minden fajta hajlékonyfalú alapanyag nyomtatása esetében.
3. A barna kraft papírra történő nyomtatáskor a nyomóforma keménységének csökkentése és mikrocellás felületéresztés együttes alkalmazása a színvisszaadás tekintetében jobb eredményekhez vezet.
4. A sztochasztikus rozettát alkalmazó nyomóformák használatával érhető el a legjobb olvashatóság kisméretű grafikai elemek esetében.
5. A digitális nyomtatással érhető el a legnagyobb reprodukálható színtér – oldószeres flexó nyomtatás, UV flexó nyomtatás, UV EGP flexó nyomtatás és digitális nyomtatás színterének összehasonlítása 12 mikron vastagságú transzparens poliészter alapanyagon fordított állásban.

6. A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) alkalmazásának hatásvizsgálatai igazolják, hogy:
- a. Alkalmazásával lehetséges kiváltani a direkt színek használatát a nyomdai folyamatból;
 - b. használatával környezet-barátabbá is tehető a flexó nyomtatás.

A doktori értekezés kísérleti része elsősorban a fenti hipotézisek helytállóságát vizsgálja.

2. A kutatómunkához kapcsolódó szakirodalom áttekintése

Minden alapvető nyomtatási eljárás használatos a csomagolóanyag-gyártásban (Kipphan, 2001). A főbb eljárások a flexográfia, az ofset, a szitanyomtatás és a digitális nyomtatás (Kipphan, 2001; Leach és Pierce et al., 2002). Az utóbbi két évtizedben már a flexográfia a legjelentősebb és leggyakrabban használt nyomtatási technológia a csomagolóanyag-gyártásban (Meyer et al., 2000). Összehasonlítva a többi nyomtatási eljárással, a flexográfia több jelentős előnnyel is rendelkezik (Malmirchegini és Rahmani, 2011), aminek eredményeképpen napjainkban legszélesebb körben használt nyomtatási eljárás a csomagolóanyagok gyártásában Észak-Amerikában, Latin-Amerikában és Európában is (HP Inc., 2016). Henry publikációja alapján (Henry, 2017) a hajlékonyfalú csomagolóanyagot gyártó szegmens egy igen széles piac, ahol is a flexográfia dominál mintegy 75%-os részesedéssel és ahol a digitális nyomtatás piaci részesedése körülbelül 1%. Bates és társai (Bates, Zjakic és Budimir, 2015) megállapították, hogy a flexográfia és a digitális nyomtatás a legdinamikusabban fejlődő nyomtatási eljárások. A digitális nyomtatást tipikusan az alacsonyabb példányszámú termékek nyomtatásánál használják, a példányszámok növekedésével viszont a flexó nyomtatás veszi át a vezető szerepet. Hohmann cikke alapján a kiterjesztett színterű flexográfiai nyomtatás piacvezetője az Egyesült Államok (Hohmann, 2016), habár a gyakorlati implementációk száma viszonylag alacsony.

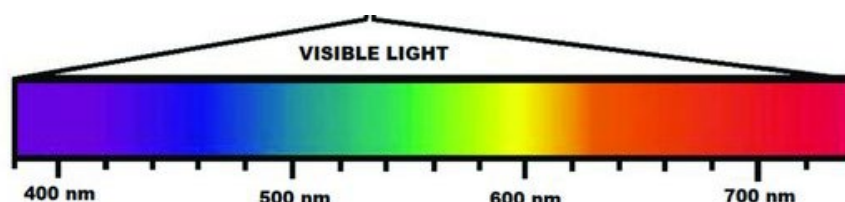
2.1 A flexó nyomtatási eljárás

A flexó nyomtatás egy magasnyomtatási eljárás, mely egy rugalmas nyomóforma segítségével adja át a nyomatképet a hordozónak oldószeres, vízbázisú, vagy UV-festékek használatával (Kamp és White et al., 2004; Thorman, 2018; Tryznowski, Żolek-Tryznowska és Izdebska-Podsiadly, 2018). A flexó nyomtatás és annak segédanyagai óriási fejlődésen mentek keresztül az 1970-es évektől kezdődően, de a leggyorsabb ütemű fejlődést a 21.század első két évtizedében figyelhetjük meg a flexóban, főként a központi tengelyes meghajtású mechanikus átvitelű nyomdagépek szervómotoros vezérlésű megoldásokkal való helyettesítésének következtében. A hagyományos mechanikus összeköttetés nélküli, digitálisan vezérelt szervómotorok alkalmasabbá teszik a nyomdagépeket a gyors átállásokra és a rövidebb gyártási ciklusokra (Dorscheid, 2005). A flexográfia széles körben használatos a csomagolóanyag-nyomtatásban, mivel szinte bármilyen típusú hordozóra képes nyomtatni, például kartonra, hullámkartonra, címkékre és hajlékonyfalú anyagokra, fóliákra (Narakornpijit, 2018). A flexográfia a legelterjedtebb nyomtatási eljárás (Dorscheid, 2005). Az oldószeres és a vizes bázisú festékeknek alacsony a viszkozitásuk (Tryznowski, Żolek-Tryznowska és Izdebska-Podsiadly, 2018; Żolek-Tryznowska; Izdebska és Tryznowski, 2015). A nyomtatás jellemzően ciánnal (C), bíborral (M), sárgával (Y) és feketével, (K,

mint “key”), illetve direkt színekkel történik. Klein írása azt bizonyítja (Klein, 2014), hogy a flexó nyomdászok kísérletezték ki a kiterjesztett színterű flexó nyomtatást, hogy visszaszorítsák a direkt színek használatát. Hohmann felmérése szerint (Hohmann, 2016) a kiterjesztett színterű flexó nyomtatás kevés helyen fordul elő például Németországban, de komoly fejlődés figyelhető meg az USA-ban, akárcsak Magyarországon. A nyomdagép kulcsfontosságú szerepet tölt be a produktivitás és nyomdai termék minősége szempontjából. Magas minőségű terméket gyártani nagy nyomtatási sebességgel csakis egy stabil nyomdagépen lehetséges. Az utolsó évtizedek alatt a nyomtatási sebesség terén is dinamikus fejlődés figyelhető meg, gyakori az ugrás 300-350 m/percről 400-600 m/perces teljesítményre a legmodernebb nyomdagépek esetében.

2.2 A színtan alapjai és a színkezelés (color management)

A szín az inger megjelenése a fényre adott vizuális válasz alapján (X-Rite Inc., 2000). Mérhető fizikai jellemzők váltják ki az emberi színlátás fiziológiai és pszichológiai folyamatain keresztül az ahhoz hasonló véleményünket, mely szerint egy tárgyat valamilyen színűnek látunk. A kiváltó hatást színingernek, emberi tudatunk válaszát pedig – melyet a látásunk, vizuális észlelésünk mentális folyamatai által kapunk – színészleletnek nevezzük (Borbély, 2015). Egy szín megtekintéséhez és megjelenítéséhez fényforrásra van szükség. Maga a fény egy kisugárzott elektromágneses energia, amely a normál emberi szem számára is látható. A fény különböző színekben látható a foton hullámhosszától (kisugárzott energia) függően, amint azt az 1. ábra mutatja.



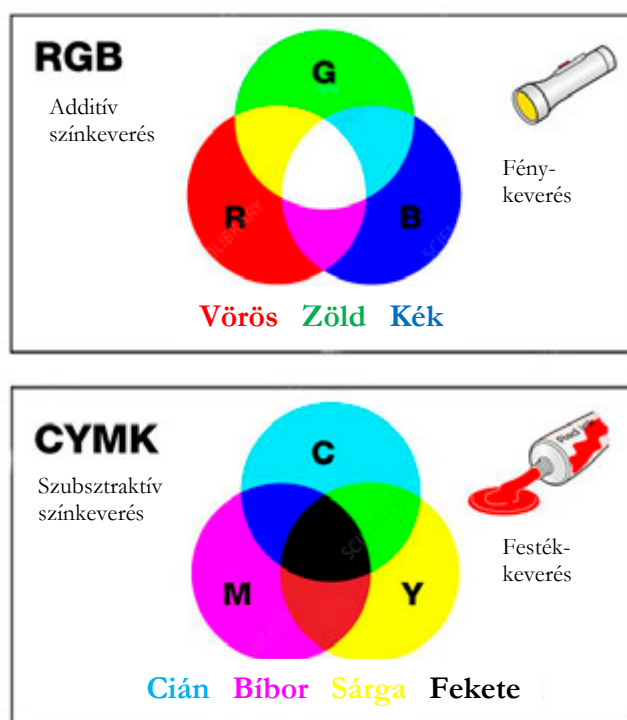
1. ábra: Az emberi szemmel látható fény spektruma (Forrás: Ailiaoie és Litscher, 2020)

A normál emberi szem számára látható fényspektrum körülbelül 400 nm és 700 nm között van (Field, 1999; Villa és Trussell, 1999) vagy körülbelül 380-780 nm (Nussbaum, 2010). Színinger létrehozásához kétféleképpen lehet színt előállítani az elsődleges színekből. Ezek az additív és szubsztraktív színkeverés. Az alapszínek olyan színek, amelyek nem állíthatók elő más színekből, de más színek származtathatók belőlük (The Foundation of Flexographic Technical Association Inc., 1999).

A nyomdai gyakorlat fogalmai között az additív és a szubsztraktív színkeveréssel találkozhatunk. Ahogy azt Huo és Yin, illetve a Digital Dots Ltd. is összefoglalja a régebbi színtani ismeretek alapján, az additív színkeverés különböző elsődleges fényforrások különböző arányú

hozzáadása a színek előállításához. Az elméleti elsődleges fényforrások a vörös, zöld és kék. A vörös és zöld fény egymásra helyezésével sárgát, a zöld és kék keverése ciánt ad, míg a kék és piros eredménye a bíbor szín lesz (Huo és Yin, 2013; Digital Dots Ltd, 2005). A piros, zöld és kék együtt elméletben fehér fényt fog kibocsátani, de mivel a gyakorlatban ezek eltérnek az ideális primerektől, az eredmény szürkés lesz (Leach és Pierce et al., 2002).

A szubsztraktív színkeverés az elsődleges pigmenteket tartalmazó festékekkel történő nyomtatás (cián, bíbor és sárga) különböző arányban. A cián, a bíbor és a sárga festék együtt elméletileg fekete színt eredményez, de mivel a gyakorlatban ezek a festékek különböznek az ideális elsődleges pigmentektől, az eredmény nem lesz tökéletes fekete (Leach és Pierce et al., 2002). Ezért használatos a „K” mint „Key” szín – vagyis egy önálló fekete a nyomdai folyamatokban. Az additív és a szubsztraktív színkeverés ábrázolását a 2.ábrán láthatjuk.



2.ábra: Az additív és szubsztraktív színkeverés (Forrás: Science Photo Library)

Dharavath és Kokil szerint (Dharavath és Kokil, 2014) a szín kvantitatívan elemezhető és mérhető tudománynak tekinthető, bár az emberi szem számára a színérzékelés egy szubjektív jelenség, ami néha kihívást jelent a nyomdaipar számára. A szín vizuális megítélése egy szubjektív, különböző tényezők által egyszerre befolyásolt vélemény. A fényforrás nagymértékben befolyásolja az érzékelt színtónust, de a környezet is befolyásolja a színérzékelést (The Foundation of Flexographic Technical Association Inc., 1999).

2.2.1 A színkezelés (color management)

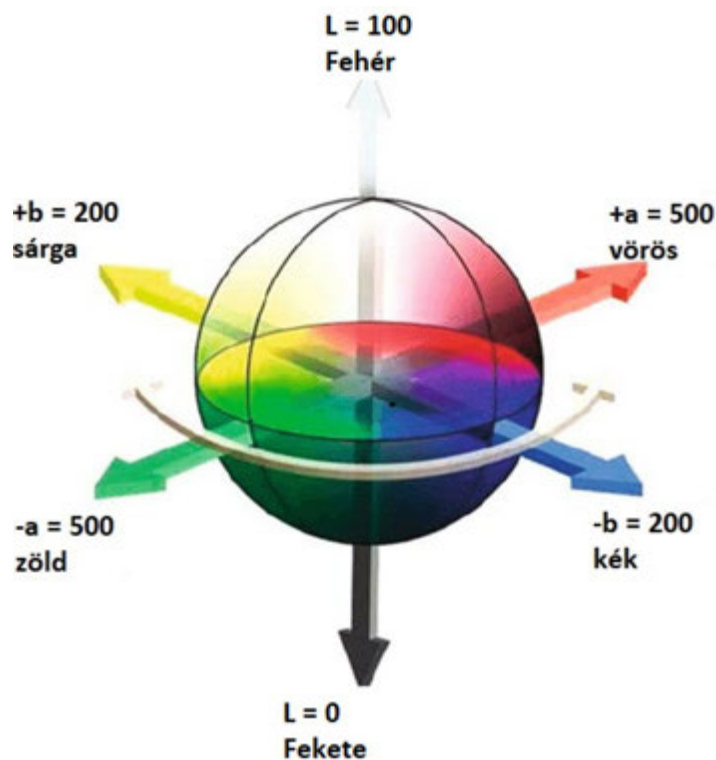
A nyomdaipar egyik legfontosabb célja, hogy a vevő számára pontos és konzisztens színeket állítson elő (Sharma, Leung és Adams, 2017), még akkor is, ha a különböző csomagolóanyagokat más-más helyen, más-más nyomtatási eljárással vagy más-más hordozóra nyomtatják. A color management a szín szabályozásának egyik módja. A grafikákat különböző eszközökön és hordozókon reprodukálják (Sharma A., 2018), a folyamatkalibráció és a színprofilok segítségével történő színre bontás (Hoffstadt, 2019) segítségével megbízható és ellenőrzött módon konvertálják a szín adatokat egyik színtérből a másikba.

Ha nincs színkezelés a különböző eszközök között, egy bemeneti színérték (RGB vagy CMYK) különböző színeket eredményez különböző eszközökről vagy különböző hordozókról. Az „eszközfüggetlen” színmodellek olyan rendszerek, amelyek célja színek létrehozása az emberi látás numerikus szimulálásával (Choi, Orsborn és Boatwright, 2016). Ide tartoznak a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) színterei, például CIE XYZ (1931) és CIE LAB (1976), CIE LCh, CIELUV, CIE_{xyY} (Vrhel és Trussell, 1999) – ezek mind az XYZ színinger összetevőkből vannak eredeztetve (Deshpande K., 2015). A CIELAB színteret később mutatjuk be részletesebben.

Az egyik eszközről a másikra történő precíz színátalakítás érdekében az ipar nyolc szereplője 1993-ban létrehozta a Nemzetközi Színkonzorciumot (ICC) (ICC, 2020). Az ICC.1:2004-08 ICC profilspecifikációt használták az ISO szabvány elkészítéséhez, ahol az ISO 15076-1:2010 – Színkezelési szabvány műszakilag megegyezik az ICC.1:2010-vel (ICC, 2020; ISO, 2010; ICC, 2010).

Az ICC Profile Format Specification meghatározza a nyílt formátumú ICC színprofil, hogy a színeket a különböző eszközök és színterek között konvertálni tudja az eszközfüggetlen referencia színtér segítségével (Green, Holm, Li és Hardeberg, 2008). ICC, 2020; ISO, 2010).

A modern színkezelés alapjait 1931-ben rakták le, amikor a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság szabványosított egy rendszert a fényforrás, a megfigyelő és a szín XYZ szinkordinátákkal történő leírásának módszere segítségével (Luo és Pointer, 2018). A CIELAB, más néven CIE ($L^*a^*b^*$), egy színtérrendszer, amelyet a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság hozott létre 1976-ban (Mirjalili, Luo, Cui és Morovic, 2019; X-Rite Inc., 2000) bármilyen szín meghatározására a természetben (Hu, Deng és Zou, 2010).



3.ábra: A CIE ($L^*a^*b^*$) színtér (Forrás: F. Pistolesi)

A CIELAB színtérmodell (3. ábra) színt három értékkel adja meg. Ezek az:

L^* - a feketétől (0) a fehérig (100), a világosságot adja meg

a^* - a zöldtől (-a) pirosig (+a),

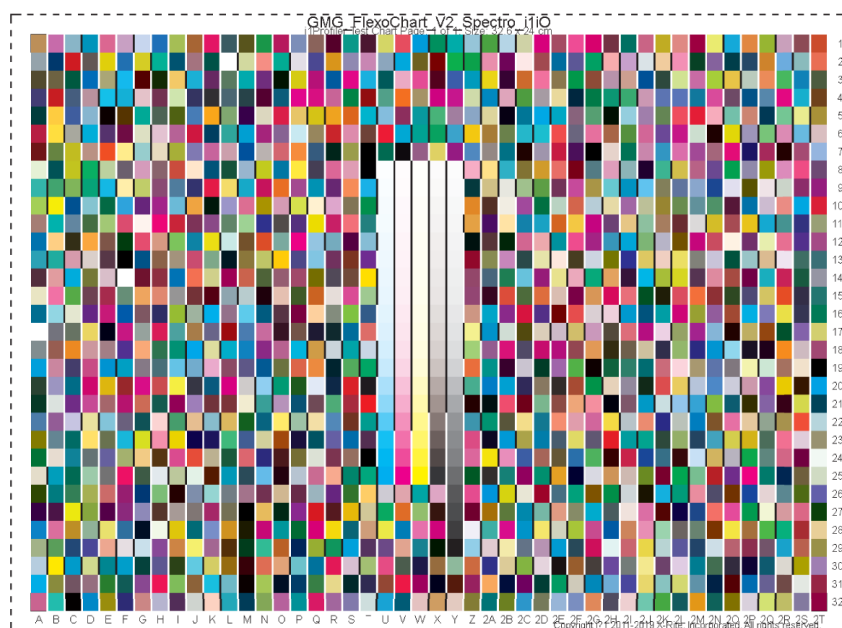
b^* - pedig a kéktől (-b) a sárgáig (+b)

A CIELAB színteret úgy tervezték, hogy az értékek számszerű változása megegyezik a vizuálisan észlelt változás mértékével. Ellentétben az RGB és a CMYK színmodellekkel, a CIELAB-ot megközelítőleg az emberi szemmel látható színtér leképezéséhez alakították ki törekedve ezzel is az észlelési egységességre. Mint minden eddig megalkotott színtérmodellnek, a CIELAB-nak is vannak hiányosságai. Deshpande szerint (Deshpande, 2015) szerint a színek egymástól számított távolsága a CIELAB rendszerben egyenlő, viszont az emberi szem természetes színérzékelése alapján a színek nem egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól. Továbbá a CIELAB színtér azt feltételezi, hogy minden szín azonos színárnyalati szög alatt folyamatos tónust hoz létre, melynek csak a telítettsége változik. Ez azonban nincs így a valóságban, mivel főleg a kék árnyalatok esetében a színek a lila felé tolódnak, a vörös tónusok pedig a narancssárga felé az esetben, ha a színek telítettségét (szaturációját) növeljük (Sharma, 2003).

A CIELAB színtér eszközfüggetlen (Heidelberger Druckmaschinen AG, 2009) és az ingamut színek száma (a reprodukálható színtéren belül eső színek) a reprodukáló eszköz jellemzőitől

függ. Ez a reprodukáló eszköz lehet egy RGB kijelző, egy CMYK digitális nyomtató, vagy egy flexónyomdagép processz és direkt színekkel.

A flexó nyomtatásban a színvilág minden esetben eszközfüggő, tehát minden nyomdai folyamat végeredménye kissé eltér egymástól még abban az esetben is, ha például azonos festéket használunk. Ha megadunk egy specifikus négyszín nyomtatási színösszetételt (CMYK), eltérő nyomdagépeken eltérő lesz az eredmény is (Vrhel és Trussel, 1999). A nyomtatást és a reprodukciós folyamatot fel kell mérni, profilokat kell kimérni úgy, hogy a kalibrált nyomdai proofok szimulálni tudják a jövőbeni nyomtatás megjelenését (Flexographic Technical Association⁴, 2017). Minden egyes folyamatot, felállást szükséges külön bemérni. A méréseknél javasolt a rendelkezésre álló ISO szabványok szerinti folyamatok követése, mint például az ISO 12647-7:2016 (FTA, 2017). Niederstadt (2016) szerint a négyszínnyomtatás színeit könnyebb a nyomdai folyamat során kontroll alatt tartani, mint a direkt színeket. A nyomtatott színek felmérése színtérteszt (fingerprint) segítségével történik, melyek kivitelezése eltérő lehet. A következő 4. ábrán egy példát láthatunk egy színtér felmérésére alkalmas testchart-ról.



4. ábra: A GMG flexochart-ja CMYK színtérteszt (Forrás: Plastex spol. s r.o.)

2.2.2 Standardizálás a színkommunikáció területén

A grafikai, képzőművészeti termékek megjelenítésére és mérésére vonatkozó ISO szabványok a következők:

ISO 3664:2009 – A grafikus kommunikáció termékeinek megjelenítési feltételei (ISO, 2021)

⁴ Flexographic Technical Association a továbbiakban FTA

Az ISO 3664:2009 meghatározza a grafikai termékek megjelenítési feltételeit mind a fényvisszaverő, mind a fényáteresztő hordozókon, valamint a színes monitorokon elszigetelten megjelenített képek esetében. A szabvány kitér a használandó fénycsövek tulajdonságaira is (UV-fény kibocsátás mértéke), hogy a fényforrások közelítsenek a természetes nappali fény és D50/2° referencia látási viszonyok feltételeihez, továbbá közelítsék a mérőberendezések feltételeit (M1). Ezáltal kisebb eltérés valószínűsíthető a vizuális értékelés és a mérés közt (GMG, 2015).

ISO 13655:2017 – Grafikus technológiák — Spektrális mérés és kolorimetrikus számítások (ISO, 2022)

Az ISO 13655:2017 szabvány eljárásokat határoz meg a fényvisszaverő, -áteresztő és -kibocsátó objektumok, például a síkképernyős kijelzők mérésére és kolorimetriai számításaira vonatkozóan. Meghatározza továbbá a grafikák kolorimetrikus paramétereinek kiszámítására használt eljárásait. A szabvány szabályozza az anyagok előkészítését és gyártását a nyomdai folyamatokhoz is, mint például az ofset, magasnyomás, flexográfia, mélynyomtatás, szitanyomtatás és digitális nyomtatás. Az ISO 13655:2017 szabvány a teljes színkülönbséget ΔE_{2000} -ként határozza meg és bevezeti az M0, M1, M2 és M3 mérési feltételeket. Ezeket a szabványosított megvilágítási feltételeket az 1. táblázatban láthatjuk.

1. táblázat: Az ISO 13655:2017 mérési feltételei (Forrás: GMG)

M0	Régi eljárás, nincs meghatározott UV-tartalom
M1	D50, meghatározott UV-tartalom, közel a nappali fényhez
M2	UV-cut filter, UV-tartalom nélkül
M3	Polarizációs filter használata és UV-tartalom nélkül

Az M1 az ajánlott mérési beállítás, mivel az M1 felel meg legjobban a D50 nappali fény körülményeinek. A mérési feltételek kategorizálásának célja a megvilágítási variációk és az optikai fehérítők hatásainak csökkentése (GMG, 2015).

ISO 15076-1:2010 – Képtechnológiai színkezelés — Architektúra, profilformátum és adatstruktúra - ICC-profil alapú színmenedzsment (ISO, 2024)

Az ISO 15076-1:2010 meghatározza a színprofil formátumát és leírja azt az szerkezetet, amelyen belül működhet. A szabvány szabályozza a szükséges referencia szintereket és az adatszerkezeteket (címkék) is.

ISO 12647-7:2016 – Grafikus technológiák — Folyamatvezérlés raszteres színkivonatok, proofok és nyomatok készítéséhez; 7. rész: Digitális állományokból történő proofkészítés (ISO, 2022)

Ez az ISO szabvány meghatározza a digitális állományokból készülő próbanyomatokkal (proof) szemben támasztott elvárásokat, meghatározza a színeltéréseket (ΔE) a CIE ΔE_{2000} szerint.

2.2.3 A színeltérés – ΔE

Két szín színkülönbségének meghatározásához a CIELAB színtérben a ΔE^*_{ab} (más néven ΔE^* , ΔE , ΔE_{76} , dE vagy delta E) jelölést használjuk, miáltal a színkülönbség egyetlen számértékkel írható le. Az alapképlet (CIE76) a szín kiszámításához a ΔE_{ab} különbséget a két szín euklideszi távolságával írja le (Žitinski Elias, 2017). A képletben a ΔE^*_{ab} a színkülönbséget jelöli, az L^* az „a” és a „b” szín világossága, az „a” érték az „a” és a „b” szín elhelyezkedése a zöld-vörös tengelyen, a „b” érték az „a” és a „b” szín elhelyezkedése a kék-sárga tengelyen.

1. képlet: A ΔE érték számolási módja

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_b - L^*_a)^2 + (a^*_b - a^*_a)^2 + (b^*_b - b^*_a)^2}$$

A probléma az eredeti CIE76-os kalkulációval az, hogy a ΔE -t metrikus euklideszi számolással adja meg és nem veszi figyelembe a tónusok emberi színészleléséből fakadó eltéréseket (Sharma, 2003). Léteznek más számítások is, melyeket később fejlesztettek ki, mint például a ΔE_{94} vagy a ΔE_{2000} (CIEDE2000/ ΔE_{00}). A ΔE színkülönbség számításával az ISO szabványok is foglalkoznak (Sharma, Wu és Dalal, 2005). Qian szerint (Qian, 2024) a legkisebb észrevehető színészleleti különbséget ΔE_1 -gyel fejezzük ki. Az 1-nél kisebb színkülönbség nem észlelhető, az 1-nél nagyobb színkülönbség észlelhető az emberi szem számára. Mivel azonban az emberi színérzékelés nem minden szín esetében megegyező és a szem érzékenyebb a színváltozásokra, mint a világossági érték változására, ez jelentheti például azt is, hogy két sárga és két zöld közötti azonos ΔE -t a szem másként fog értékelni (Qian, 2018). A Pantone® (Pantone, 2018) szerint az emberi látás annyira érzékeny bizonyos színekre, például a semleges színek változására, hogy még az 1 alatti ΔE -t is észreveheti. Leszögezendő természetesen, hogy a színlátása nem mindenkinek egyforma.

Mokrzycki és Tatol (Mokrzycki és Tatol, 2011) szerint a $\Delta E_{L_{ab}}$ különbség egy szabványos megfigyelő által észlelt színek között a következőképpen határozható meg:

- $0 < \Delta E < 1$ a megfigyelő nem veszi észre a különbséget,
- $1 < \Delta E < 2$ csak egy tapasztalt megfigyelő veheti észre a különbséget,
- $2 < \Delta E < 3,5$ tapasztalatlan szemlélő is észreveszi a különbséget,
- $3,5 < \Delta E < 5$ egyértelmű színkülönbség észlelhető,
- $5 > \Delta E$ a megfigyelő két különböző színt észlel.

Érdekes szem előtt tartani, hogy egy mért ΔE érték sem képviselheti az abszolút igazságot a színkülönbség terén, mert a spektrofotométereknek is vannak toleranciái, amelyek befolyásolják a mérési eredményeket. Eddy Hagen blogbejegyzése szerint (Hagen, 2018) még két azonos márkájú eszköznel is lehet eltérés a műszerek között:

- X-Rite i1 Pro v2: átlagos eltérés $0,4 \Delta E_{94}$ és maximum eltérés $1,0 \Delta E_{94}$
- X-Rite eXact: átlagos eltérés $0,25 \Delta E_{ab}$ és maximum eltérés $0,45 \Delta E_{ab}$
- Techkon Spectrodens: $0,3 \Delta E_{ab}$
- Konica-Minolta FD-7: átlagos eltérés $0,3 \Delta E_{00}$

Fontos megjegyezni azt is, hogy a referencia-eltérések is okozhatnak zavart. Ha egy program vagy eszköz digitális szín-könyvtárat használ, eltéréseket okozhatnak az egyes frissítések és verziók. Egy másik probléma, hogy a Pantone Color Manager csak M2 mérési adatokat tartalmaz, míg a mérések általában M1 beállítással történnek (Sharma és Seymour, 2019). Ezenkívül egyes termékek, például az Adobe Photoshop, nem jelenítik meg pontosan az $L^*a^*b^*$ értékeket, mivel a színértékeknél nem jelennek meg tizedesértékek (Lankinen, 2021).

2.3 Nyomóformakészítés flexó nyomtatáshoz

A flexó nyomóformakészítés fejlődése az utóbbi két évtizedben rendkívülinek tekinthető és a flexó nyomtatás napjaink egyik vezető nyomdászati technológiája lett. A következő fejezetben e fejlődést mutatjuk be nagy vonalakban.

2.3.1 A flexó nyomóformák fejlődése

Ratkovics Péter egy a flexó formakészítés mérföldköveiről szóló cikkben nagyon jól foglalta össze mindössze néhány mondatban a flexó nyomóformakészítés történetét. A flexó nyomtatás mára a csomagolástechnológiában alkalmazott nyomtatási eljárások között kivívta magának az első helyet. Bár a technológia gyökerei az 1800-as évek végére nyúlnak vissza, hiszen az első flexó eljárást, a Rubber Printet 1890-ben szabadalmaztatták Amerikában. Az igazi áttörés csak száz év elteltével következett be. A flexó nyomtatás kritikus pontja mindig is a nyomóforma volt. A minőségi nyomtatáshoz ma is használt fotopolimer lemezeket csupán 1974-ben kezdte el piacra dobni a DuPont, majd 1995-ben, a Drupán jelent meg a digitális flexó formakészítés az első Cyrel digitális fotopolimer lemezzel és az első CDI-vel (Cyrel Digital Imager). A flexó hódító útja ettől a pillanattól kezdődött...” (Ratkovics, 2011).

Ugyanebben a cikkben olvashatjuk azt is, honnan indult el nyomóformakészítés flexó nyomtatáshoz. Az 1970-es években kezdtek el digitális formakészítéssel foglalkozni direkt lézergravírozás formájában. A technológia azonban nem volt tökéletes, mivel sok korlátba ütközött, gondok voltak a levéselt anyag elszívásával, az alacsony termelékenységssel. A mai napig készülnek ezzel az eljárással dolgozó berendezések, azonban évente mindössze néhányat értékesítenek belőlük.

Jelenlegi tapasztalataink alapján direkt lézergravírozással készült nyomóformák iránt is viszonylag alacsony az érdeklődés. Elastomer végtelenített sleevek készülnek e módon, azonban a viszonylag hosszú gyártási idő és a nagyjából négyszeres-ötszörös költség eltántorítja a nyomdákat és megrendelőket egyaránt, hogy az effajta végtelenített hengerekkel dolgozzanak. Míg a klasszikus sík flexo nyomóforma átlagban 3-4 óra alatt elkészül, egy végtelenített elastomer henger gyártási ideje rendeltéstől számított két hét. A sleevek viselkedése a nyomtatási folyamatban eltér a fotopolimer lemezektől is, ezáltal is megnehezítve a nyomdászok munkáját.

Ez a típusú formakészítés flexó nyomtatáshoz tehát nem a megfelelő út volt. A mai modern flexó életét a Basel-Scheel cég kutatóinak munkája hozta meg (Ratkovics, 2011).

1990 óta dolgoztak a digitális fotopolimer lemezek fejlesztésén, amit aztán 1993-ban szabadalmaztattak is. Az első CDI az 1995-ös Drupán került bemutatásra, ugyanebben az évben

a Basel-Scheelt felvásárolta a Barco Graphics, amely a mai Esko egyik elődje volt. Amint azt tudjuk, a CDI-k a piacvezető berendezések közé tartoznak telepítések tekintetében, ahogy azt cikkében Ratkovics Péter is említi – a flexóklisék több, mint 90%-a CDI technológiával készül, az eladott berendezések piaci részesedése pedig mára meghaladja a több mint 70%-ot (Ratkovics, 2011).

Az analóg, filmről történő polimerkészítést a kilencvenes években kezdte el felváltani a digitális eljárás.

A digitális flexóklisé gyártása azon az elven működik, hogy a fotopolimer lemez tetején egy fekete maszk található, amelybe a lézer beleégeti a nyomtatni kívánt motívumot - gyakorlatilag a nyomtató helyeken elégeti a maszkot. Miután a lézer létrehozta a nyomtatandó motívumot, a főexpozíció beindítja a polimerizáció folyamatát. Ahonnan a LAMS réteget leégettük, az UV-fény behatol a lemezbe és polimerizálja az anyagot. Ez azért volt technológiailag nagy előrelépés, mert a film és az analóg lemez kontaktusa fizikailag nem lehet teljesen tökéletes, így az UV fény szóródásának köszönhetően a nyomópontok geometriája is más, mint a digitális lemezeknél. A LAMS réteg biztosítja az alacsony fényszóródást, s ezáltal sokkal kisebb és precízebb elemeket lehetett immáron létrehozni.

Ami analóg lemezekkel addig nehezen volt megoldható, digitálisan már működött. Lehetséggé vált a finom átmenetek és a néhány százalékos pontok nyomtatása flexóval is, pontosabb lett a regisztertartás a többszínű nyomatoknál, a pontterülés is jelentősen csökkent. Az expozíciót követő lépések megmaradtak az analóg formagyártáshoz képest, ugyanúgy alkalmazandó a kimosás, szárítás és az utómegvilágítás, mint az analóg oldószeres formakészítés esetében.

Ezek a berendezések egyre modernebbek lettek, sőt a kimosó folyadék kémiai szerkezetét helyesen megválasztva egyrészt akár környezet-barátibbá tudjuk tenni az oldószeres formakészítést, másrészt a mosófolyadék a gyártási időre is hatással van – a korszerű mosófolyadékok rövidebb formakészítési időt tesznek lehetővé.

Mind a flexó nyomóformák alapanyagai, mind a szoftveres megoldások jelentős fejlődésen estek át az elmúlt 20 évben. Különböző felépítésű flexó nyomóformák állnak rendelkezésre 0,76 mm vastagságtól egészen 6,32 mm vastagságig. Ezek a formák eltérő kémiai szerkezettel, felépítéssel, keménységgel, nyomtatási tulajdonságokkal rendelkeznek. A nyomóformák alapanyagai mellett a szoftveres megoldások is rohamos ütemben fejlődtek (Pál, 2016). Míg a 2000-es évek elején az átlagteljesítmény 100-120 lpi felbontás körül mozgott, napjainkban a RIP szoftverek többsége 200 lpi felbontásig képes rácsot kialakítani. A Bellissima elnevezésű digitálisan modulált rács pedig egészen 350-450 lpi-nek megfelelő felbontással is tud dolgozni (Maňurová,

2021). A minőségi fejlődés lépéseit mutatjuk az 5.ábrán, ahol a bal oldali képen egy 175 lpi felbontású AM rács látható, középen a digitálisan modulált rács standard változata, jobb oldalt pedig a legmagasabb felbontású digitálisan modulált rács kiterjesztett változatát ábrázoljuk.



5.ábra: 175 lpi AM rács (balra); Bellissima Standard Screen (középen); Bellissima: eXtended screen (jobbra)
(Forrás: Hamillroad Ltd.)

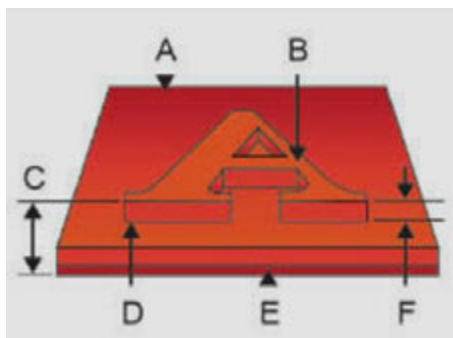
2.3.2 A flexó nyomóformák jellemzői

A nyomatkép átadására szolgáló „eszköz” a flexográfiában lehet egy lemez vagy egy henger. A lemezt többnyire egy hordozó hengerre ragasszák fel, míg a másik típus önmagában is egy végtelenített sleeve-henger. A 6.ábrán az első típus, azaz a leggyakrabban használt sík flexográfiái nyomólemez látható.



6.ábra: Sík flexó nyomólemez (Forrás: FTA)

A nyomdai gyakorlatban a sleeveket nagyrészt felváltották a sík nyomóformák, mivel jóval alacsonyabb a ráfordított költség esetükben, a gyártási idejük rövidebb és a tárolásuk is sokkal könnyebb. A hetedik ábrán bemutatjuk a nyomóforma (lemez vagy sleeve) kialakítását.



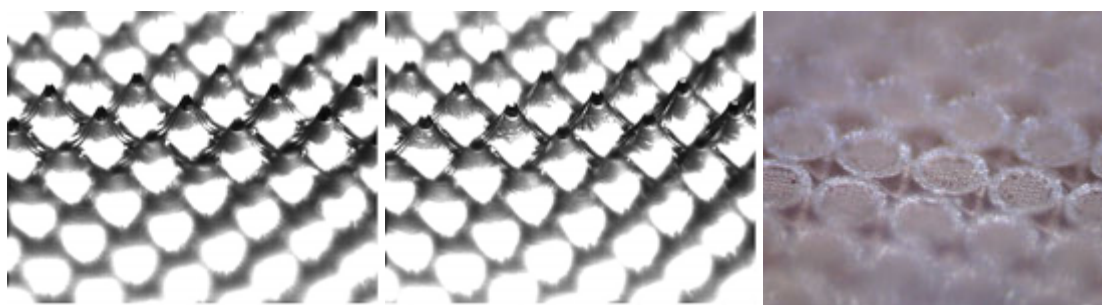
7.ábra: Nyomóforma felépítése (Forrás: FTA) A – nem nyomtató felület; B – nyomtató felület; C – a nyomóforma teljes magassága; D – a nyomóelemek „válla” – segítik megtartani a nyomóelemeket; E – hordozó réteg; F – Reliéfmagasság

A jó nyomóforma teljesítmény elengedhetetlen a flexónyomdai folyamat eredményességéhez (Johansson et al., 2003). A piacon számos gyártó különböző típusú lemeze elérhető. Nagyrészt a fotopolimer nyomóformák vannak használatban, bár ritkán találkozhatunk egyéb – például gumi – alapú formákkal is. Az egyes nyomóformák tulajdonságai a gyártókon, a kliséalapanyag vastagságán, keménységén, típusán, adalékanyagain múlnak és nem utolsósorban azon, miként van az adott nyomóforma feldolgozva, legyártva (Lankinen, 2021).

A leggyakrabban használt klisévastagság az 1,14 mm és az 1,7 mm. A nyomóformák vastagságának a toleranciája körülbelül $\pm 0,010$ - $\pm 0,015$ mm, de a különböző nyersanyagszériák között a tolerancia egészen $\pm 0,025$ mm is lehet (Deshpande et al., 2013).

A lemezek keménysége a lágy lemezektől a kemény lemezekig körülbelül 26 és 80 Shore között változik (DuPont, 2019).

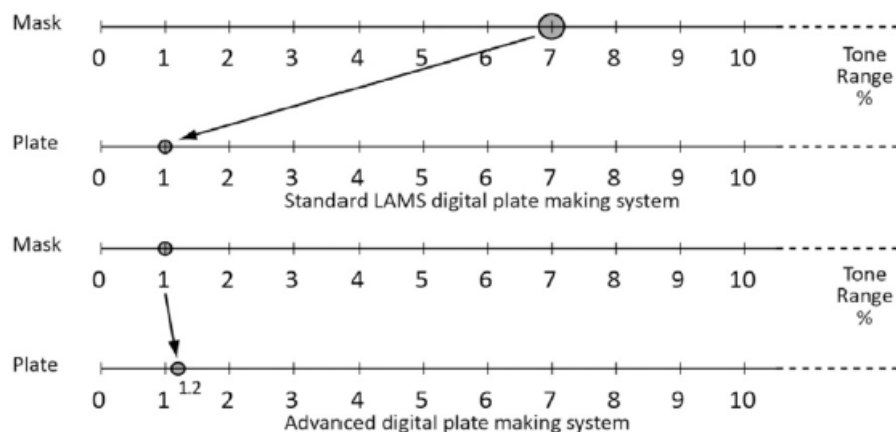
A lemezvastagság és a lemezkeménység közvetlen hatással van a levilágított kép minőségére. A nyomólemez tulajdonságai befolyásolják a festékátadás mennyiségét (Johnson et al., 2009). A tiszta, kiváló minőségű nyomat eléréséhez elengedhetetlen, hogy a megfelelő rácssűrűséget és pontgeometriát használjunk, de nagyon fontos a megfelelő nyomóerő a nyomóforma és a festékátadóhenger (anilox), továbbá a nyomóforma és a központi ellennyomóhenger között (Valdec et al., 2018). Minél finomabbak a pontok, annál tökéletesebben szükséges beállítani a nyomdai folyamatot és szabályozni minden lépést. A 8. ábrán 1-2%-os tűpontokat és 50%-os nyomópontokat láthatunk.



8. ábra: 1%-os (balra), 2%-os (középen) és 50%-os nyomópontok (jobbra)

A lemezkészítés egyik legfontosabb lépése a jelleggörbe (bump-up) meghatározása (Gençoglu, Kurt, 2015; Valdec, Miljković, Čerepinko, 2018; Poljacek, Cigula, Tomasegovic, Brajnović, 2013; Bould, Claypole, Bohan, 2005): A jelleggörbe bemérésénél határozzuk meg a minimális pontméretet nyomóforma gyártáshoz, azaz, hogy melyik az első és legkisebb stabilan nyomtatható nyomópont. Ahhoz, hogy megkapjuk az első nyomtatható stabil pontot 1% és 10% között, meg kell határoznunk a jelleggörbét (Gençoglu, Kurt, 2015). Például a minimális pontérték alatt nem tartunk meg nyomópontokat a formán, vagy ha ilyen pont maradna esetlegesen a túl nagy

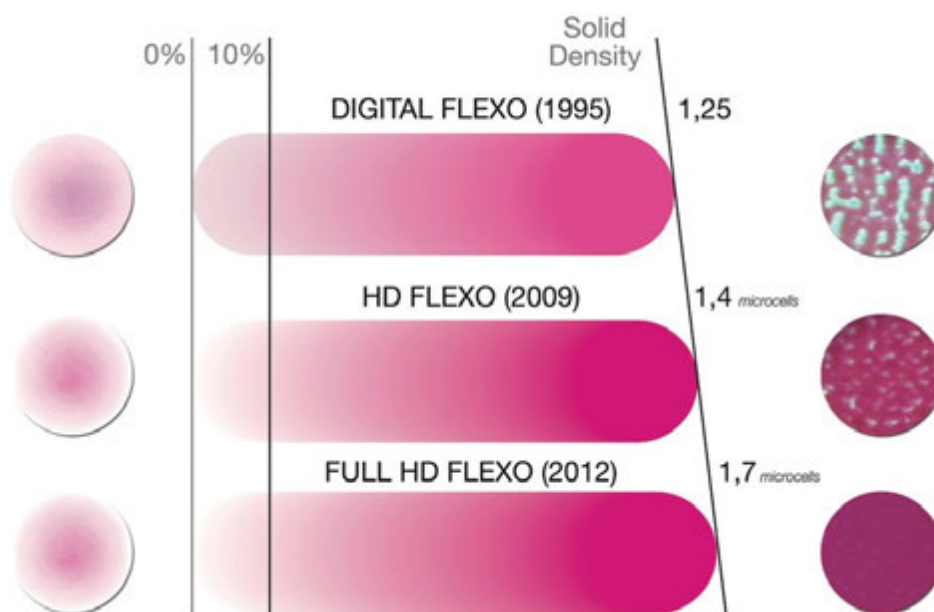
ponttorzulás miatt jóval nagyobb nyomatképet adna át, mint kellene. Jelentős különbség van a lekerekített tetejű rácspontokkal készülő (round-top-dot) és a sík tetejű rácspontokkal dolgozó (flat-top dot) nyomóformák bump-up görbéi között. A 9.ábrán a flat-top és round-top lemezek alacsony százalékos pontnövekedései közti különbség látható.



9.ábra: A flat-top és round-top alacsony százalékos pontnövekedései közti különbség (Forrás: Lankinen)

A „bump-up” beállítás számos tényezőtől függ, mint például a lemez típusától, a rácssűrűségtől, levilágítástól, ctp-berendezéstől és persze magától a nyomdai folyamattól (Valdec, Miljković, Čerepinko, 2018).

A nyomóforma-gyártás fejlődését többféleképpen is lehet szemléltetni. Az egyik ilyen látványos, a gyakorlatban is kézzelfoghatóan egyre kiválóbb eredményeket produkáló fejlődési lépés a nyomóformák felületének kialakításában mutatkozott meg. A 10. ábra segítségével mutatta be az Esko a legújabb technológiáját, a Full HD Flexót.

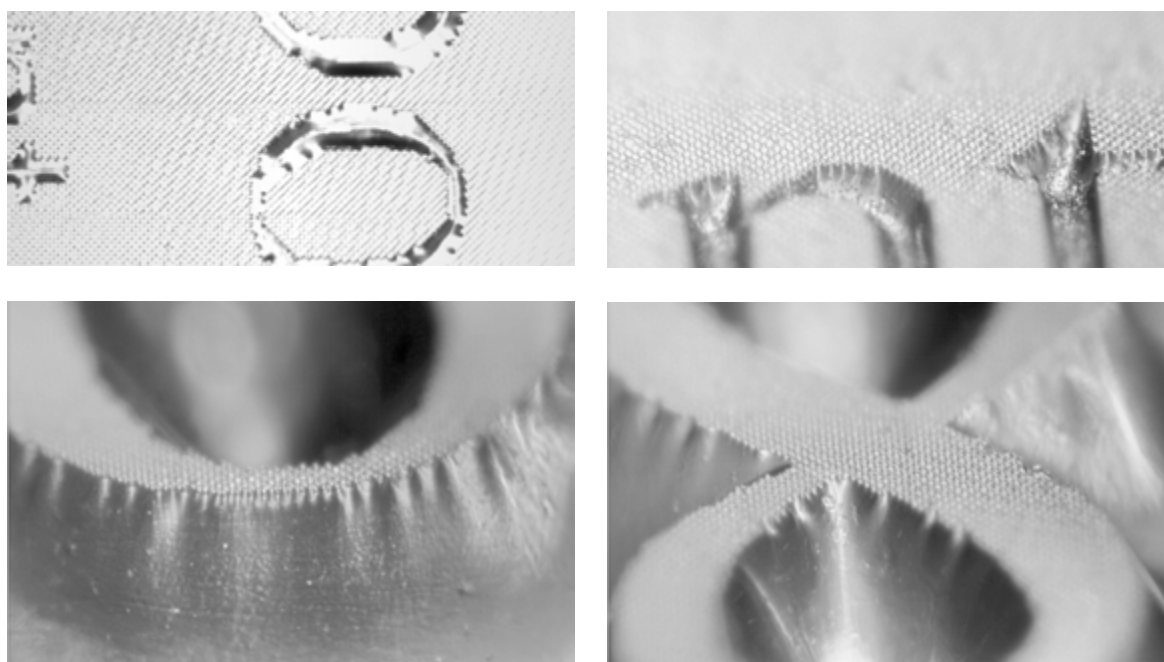


10.ábra: A flexó nyomóformagyártás fejlődése (Forrás: Esko Packaging)

Ahogy azt az előző ábrán láthatjuk, a digitális flexó nyomólemezek első generációja 1995-ben született meg. Képes volt emelni a kontrasztot, mivel kisebb pontokat sikerült létrehoznia a formán, mint korábban arra az analóg lemezek képesek voltak. Ezáltal a csúcsfények is sokkal világosabbak lettek.

A digitális nyomóforma-készítés második generációja tovább tolta a minőségi korlátokat azáltal, hogy megemelte a nyomóformák lézerrel történő levilágításának felbontását 2540 dpi-ről 4000 dpi-re. Ennek az újításnak köszönhetően váltak a nyomópontok még kisebbekké, bizonyos körülmények között még stabilabbá. A HD flexó részletgazdagabb nyomatokat eredményezett, továbbá az egyre kisebbedő nyomópontok lehetővé tették mikrocellás struktúrák kialakítását a nyomóformák felületén.

A harmadik generációs újításként emlegeti a szakma az úgynevezett Full HD Flexót, amely a második generáció előnyeinek továbbfejlesztése volt. Ugyanúgy 4000dpi felbontással dolgozik a CTP berendezés, viszont kifejlesztettek egy LED UV megvilágító berendezést. A két technológia egyesüléseként még kisebb pontokat kapunk, tovább fejlesztették a felületi struktúrákat, stabilabbá tették a nyomópontok kialakítását és egyre magasabb denzitást is kaphattunk a generációk váltakozásával. A nyomóforma-gyártási technológiák fejlődése, mint a Full HD Flexo vagy a Kodak Flexcel NX lehetővé tették a klisék sokkal jobb felületéresítését. A 11. ábrán néhány mikroszkópos felvételt láthatunk a felület-éresített nyomóformák felszínéről. A korszerű felületéresítés segít a homogénebb festékátadásban és növeli a tónusos elemek denzitás értékét, kevesebb festék felhasználása mellett (Esko, 2013).

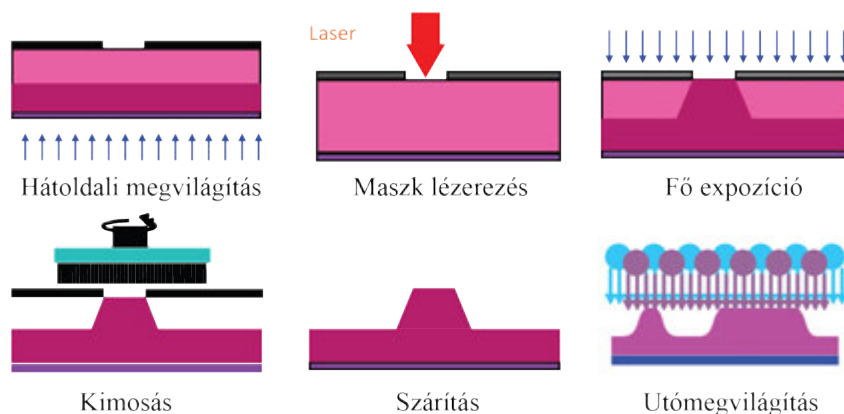


11.ábra: Felületéresített nyomóformák

2.3.3 A flexó nyomóformák gyártásának lépései

A flexó nyomóformák gyártása standardizált lépésekből áll. Bár a lépések minden esetben ugyanazok, a kiváló minőségű és a rosszul legyártott nyomóforma között a részletek tudnak dönteni. Minden egyes formagyártás körülményei különböznek egymástól, ugyanúgy, mint maguk a nyomtatási folyamatok is. Befolyásoló tényezőknek tekintendők: a gyártóberendezések kora és felszereltsége, az UV- vagy LED-lámpák típusa, teljesítménye és kora, oldószeres nyomóformák esetében a kimosó-folyadék kémiai összetétele és még sorolhatnánk (FTA 2013).

Magát a nyomóforma-gyártást a nyomdai előkészítés folyamata előzi meg. A nyomdai előkészítés feladata, hogy a kreatív tervezők által megálmodott grafikai terveket flexográfai technológiával nyomtathatóvá tegye. Az előkészítés vagy pre-press folyamán az operátorok színre bontják a grafikai eredetiket, hogy a megfelelő színkivonatokat a megfelelő elemeket nyomtassák, beállítják a színek közötti túltöltéseket, stb. Ha megtörténik az előkészített anyagok jóváhagyása, következhet maga a nyomóforma-készítés. A léptetett állományokból a különböző RIP szoftverek olyan állományokat készítenek (például TIFF, LEN, stb.), amelyek alkalmasak a formakészítésre. A nyomóforma-készítés lépéseit a 12. ábra mutatja be:

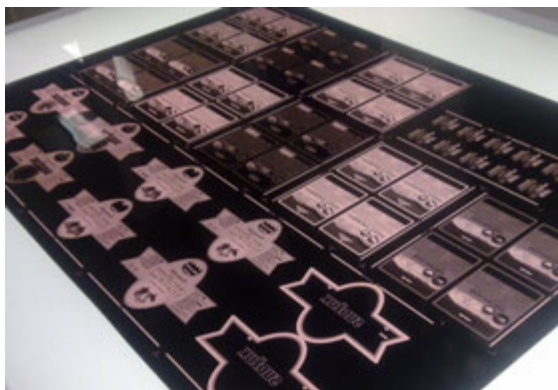


12.ábra: A nyomóformakészítés lépései

A formakészítés első lépése a hátoldali megvilágítás. UV fénnel történik és ez a lépés adja meg a nyomóforma „nyomóelem-hordozórétegének” vastagságát. Az UV sugarak megváltoztatják a fotopolimer lemezek szerkezetét, megkeményítik azt, így a kimosás folyamatában a polimerizálódott részek nem mosódnak ki. Ez a folyamat polimervastagságtól függően néhány percig tart.

A második lépés az egyik leglátványosabb a folyamat során. A CTP berendezések segítségével rákerül a formára a nyomtatandó motívum. A nyomóforma egy LAMS réteget tartalmaz, amely nem engedi át az UV fényt. A CTP berendezés lézere/ vagy lézerei levésik ezt a maszkot a lemez felületéről azokon a helyeken, ahol nyomóelemnek kell keletkeznie. A nem

nyomó felületek érintetlenül maradnak. A 13. ábrán egy éppen levilágított, félig nyers lemezt láthatunk.



13.ábra: Egy levilágított lemez

A tónusos részek lesznek a képen látható legrózsaszínűbb részek. Amelyek feketék maradtak, azok lesznek a formákon a nem nyomtatandó részek. Amelyek pedig a kettő között találhatóak, azok lesznek a raszteres részek. A CTP berendezések kapacitásai különböznek, az is befolyásolja őket, hogy milyen felbontással szeretnénk dolgozni. Jelenleg egy közepes teljesítményű berendezésnek tekinthető például az Esko CDI Spark 4260-as gépe, melynek a kapacitása $8\text{m}^2/\text{óra}$ (Esko, 2014).

Ha a lézerezés megtörtént, a következő lépés a főmegvilágítás. Bár optikailag a lemezen változást nem tapasztalhatunk, de e lépés alatt a nyomóelemek kémiai szerkezete megváltozik – polimerizálódnak azokon a részekben, ahol a CTP berendezés leszedte róluk a LAMS réteget.

Ezek után következik az oldószeres kimosású nyomóformák esetén a kimosás. A kimosó folyadék és mechanikus kefék segítségével a nyomóformáról lekerül a nem-nyomtató-réteg és kialakul a flexó nyomóforma „dombor”-jellege. A nyomóforma felületéből kiemelkednek a nyomtató részek. A folyamat során a forma meg is szívja magát kissé az oldószerrel. Létezik és egyre jobban fejlődik a termikus úton történő kliségyártás is. A technológia előnye a gyorsasága, mivel itt nincs kimosás és az ebből következő szárítás, hanem termikus úton – egy kendő tépi ki a nem nyomó részeket a formából. Néhány évvel ezelőtt még a termikus formák nem közelítették meg az oldószeres kimosású formák minőségét, mára azonban ez a technológia is eredményesen fejlődik.

Az ötödik lépés a szárítás. Mivel a nyomóforma a kimosás folyamatában megszívja magát oldószerrel, ezt el kell távolítani a formából. A legvékonyabb flexó nyomóforma is legalább másfél-két órát szárad, a vastagabb formáknál a szárítás ennél jóval több időt vesz igénybe. A szárítás a formakészítés legidőigényesebb része.

Az utolsó lépés az utómegvilágítás. Ez a lépés adja meg a nyomóformák végső keménységét, megszünteti a tapadósságukat. Az utómegvilágítás szintén csak néhány percig tart és UV-A valamint UV-C fénnel történik.

Ezek után már csak a formák méretre vágása marad, s akár készen is állnak, hogy nyomdagépbe kerüljenek (Plastex, 2016).

2.4 Rácsozási technológiák a flexó nyomtatásban

A nyomópontok formája befolyásolja a pontnövekedést (angolul dot gain/tonal value increase) (FTA, 2023). A választott rácsozási technológia a nyomatok raszteres részeit a legnagyobb mértékben befolyásoló tényező, mely végül a nyomat esztétikai megjelenését is meghatározza, továbbá rendkívül fontos a rácsok viselkedése a nyomtatási folyamat során is (Pritchard, 2009).

Az Esko a rácsozási technológiákat az alábbi kategóriákba sorolja:

- Standard pontformájú rácsok
- Továbbfejlesztett pontformájú rácsok
- Sztochasztikus (FM) rácsok

A FIRST 7.0 az alábbi kategóriákat különbözteti meg (FTA, 2023):

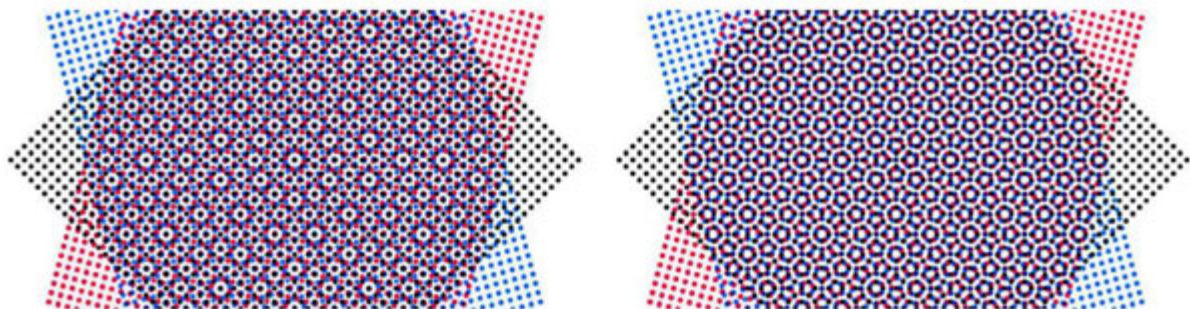
- Hagyományos pontformájú rácsok
- Hibrid rácsok

2.4.1 Az AM rácsok

A hagyományos rácsok amplitúdómodulált (AM) pontokból épülnek fel, amelyek gyakorlatilag lineárisak, a pontok frekvenciája állandó, de a pont mérete növekszik vagy csökken a százaléértéknek megfelelően (FTA, 2017). d'Andrea szerint (d'Andrea, 2018) a legjobb pontforma a kör alakú pont, ahol a pontok érintkezési pontja a lehető legmagasabbra kerül - 60% fölé, így elkerülhető a kontrasztvesztés, vagyis a képi elemek részletgazdagsága.

2.4.2 Rácsszögek és rácssűrűség

Ha különböző raszteres színeket egymásra nyomtatunk, az AM rács egy rozetta mintázatot hoz létre (FTA, 2017), amely mérete körülbelül a rácssűrűség duplájának felel meg (Gustavson, 1997). A két hagyományos rozetta struktúráját (Pritchard, 2009), amelyek a pont-központú (dot-centered) és a nyitott központú (open-centered) rozetta a 14. ábra mutatja be.



14. ábra: Pont-központú (balra) és nyitott-központú rozetta (jobbra) (Forrás: Pritchard)

Az egyes színkivonatok 30° -nál kisebb rácsszögelforgatás-különbséggel történő egymásra nyomtatása esetén egy szabályos rozetta jön létre (FTA, 2017). Amennyiben a rácsszögtávolság bármely két raszteres színkivonat között kevesebb mint 30° , feltűnő rácsinterferencia léphet fel, amit moiré-nak nevezünk. Az interferencia elkerülése végett a nyomdai gyakorlat az, hogy a sötétebb színeket (cián, bíbor, fekete) egymástól 30° -os rácsszögműködésben tartjuk, a sárga szín esetében elég a minimum 15° (FTA, 2017).

Az ofsetnyomtatásnál hagyományosan a négy alapszín rácsszöge 45° , 75° , 105° és 90° . A flexó nyomtatás esetében a festékátadó hengerek rácsszögével való ütközés elkerülése miatt a szögeket $+7,5^\circ$ -kal vagy $-7,5^\circ$ -kal el lehet forgatni a hagyományos eltolási szögekhez képest (FTA, 2013). Néhány esetben azonban a moiré elkerülhetetlen a flexó nyomtatásban. A rácsszögeket számos módon be lehet állítani, ezt a 2 táblázatban mutatjuk be (C=cián, M=bíbor, Y=sárga, K=fekete).

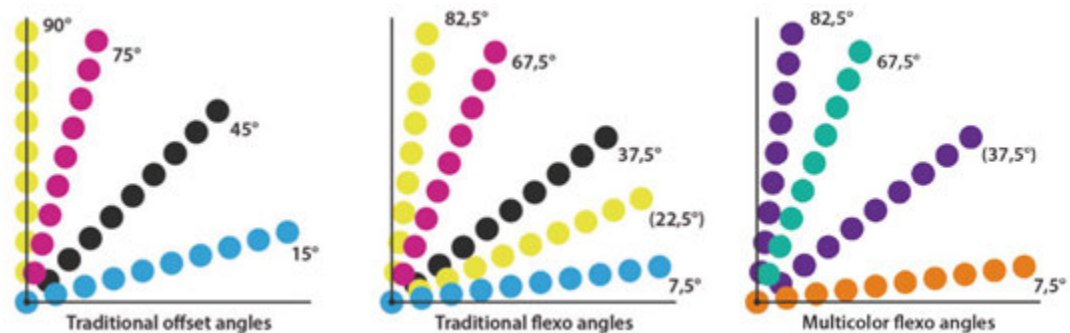
2.táblázat: Rácsszög elforgatási lehetőségek (Forrás: Lankinen)

Method	C	M	Y	K
Offset ¹	15°	75°	90°	45°
Offset ² ($-7,5^\circ$)	$7,5^\circ$	$67,5^\circ$	$82,5^\circ$	$37,5^\circ$
FIRST ³	$7,5^\circ$	$67,5^\circ$	$22,5^\circ$	$37,5^\circ$
Esko-1 ⁴	$22,5^\circ$	$52,5^\circ$	$7,5^\circ$	$82,5^\circ$
Esko-2 ⁵	$7,5^\circ$	$37,5^\circ$	$82,5^\circ$	$67,5^\circ$
Multicolor ⁶	$7,5^\circ$	$67,5^\circ$	$82,5^\circ$ or $22,5^\circ$	$37,5^\circ$

A klasszikus ofset szögek (¹) a legkevésbé domináns színt helyezik 90° -ra a legdominánsabbat pedig 45° -ra, mindamellett, hogy a fennmaradó színeknek $\pm 30^\circ$ - 45° -kal arrébb kell lenniük (Kipphan, 2001). A tipikus flexó rácsszögeket az ofset rácsszögekből vezették le (^{2,3,4,5}), elmozdítva őket $\pm 7,5^\circ$ -kal, hogy elkerülhető legyen az anilox hengerrel történő szögütközés (d'Andrea, 2018; FTA, 2017).

Ha egyszerre több mint 4 raszteres színkivonat fordul elő egy grafikában, valamely rácsszöget többször is használni kell (Kipphan, 2001). Ezt szándékosan úgy kell megválasztani, hogy a moiré jelenséget elkerüljük. A 15. ábrán a hagyományos ofset rácsszögeket (balra), a hagyományos flexó rácsszögeket (középen) és a kiterjesztett szintér hozzáadott színeinek ajánlott rácsszögelforgatásait láthatjuk. A következő oldalon megjelenő, 15. ábrán az egyes színkivonatokat a saját színeikkel jelöltük.

Ciánkék (C)		Viola (V)	
Bíbor (M)		Zöld (G)	
Sárga (Y)		Narancssárga (O)	
Fekete (K)			

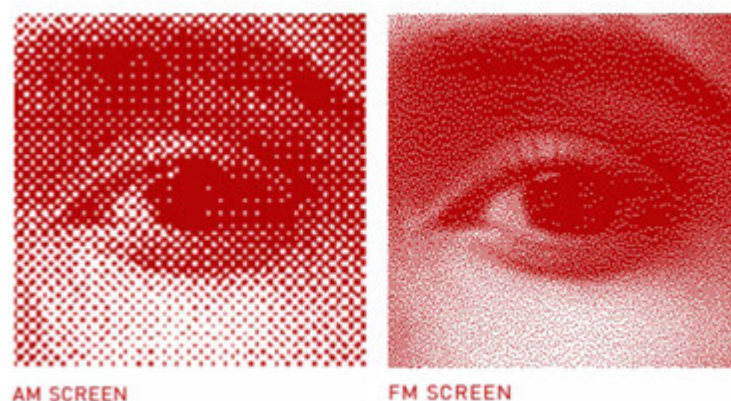


15.ábra: Rácsszög elforgatási lehetőségek (Forrás: Lankinen)

A rácssűrűséget több tényező is befolyásolja, mint az alapanyag, festék, nyomóforma anyaga, nyomtatási körülmények. A magasabb rácssűrűség esetén nagyobb a részletgazdagság, de csökkenhet a kontraszt (FTA, 2017).

2.4.3 Az FM rácsek

A sztochasztikus rácsozat egy számítógépes algoritmus alkotja, amely félig véletlenszerűen szórja szét a nyomópontokat a nyomtatandó területen. A sztochasztikus rácsozat ismerjük FM rácsozatként. Az FM rácsozat esetében a pontméret állandó, azonban a pontok frekvenciája a nyomtatandó százalékvérték tükrében változik (Lankinen, 2021). A 16. ábrán az AM és FM rácsozat összehasonlítása látható.



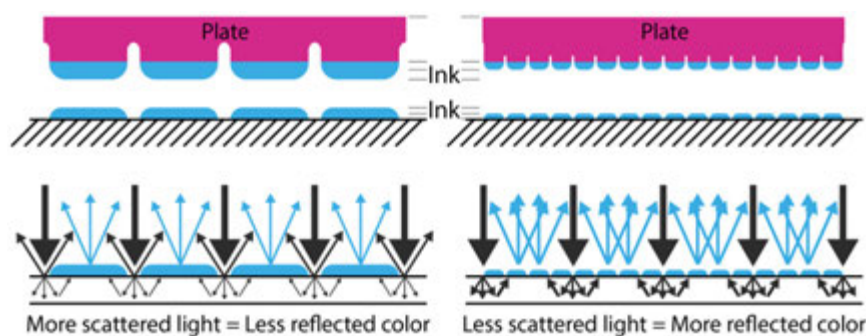
16.ábra: AM és FM rácsozat összehasonlítása (Forrás: Papermore)

Az FM rácsozat tendenciája, hogy kevésbé jön létre moiré jelenség a használatuk mellett (Gustavson, 1997). Az FM rácsozat nagyon jó megoldást jelenthetnének a flexó nyomtatás számára.

Ugyan az AM rácsozás néhány problémáját megoldják, azonban az FM rácsoznak is megvannak a saját hátrányai (FTA, 2017).

A hagyományos AM és FM rácsoznak megvannak a maguk határai (előnyei és hátrányai) így a további fejlesztések létrehozták az úgynevezett hibrid vagy XM rácsokat is. A hibrid rácso az AM és az FM rácso keverékei, melyek célja azon kritikus pontok jobbá tétele, ott, ahol az AM és FM rácso elbukik. Az XM rácsokat jellemzően a csúcspontok megoldásánál használják, az AM rácso éles kifutó élkeletkezésének elkerülésére. Ott is ahol az FM rácso nagyon érzékeny a nyomóerőre (Kodak, 2015). Több különböző FM és XM rácso érhető el a szoftverfejlesztőknél, amelyekkel egy feldolgozott állományt eltérő módon „rippeltethetünk” le nyomóformakészítéshez (FTA, 2017).

Érdekes tény és felhasználandó felismerés a flexó nyomtatás területén is, hogy a magasabb rácsoűrűség és a kisebb nyomópontok kevesebb nyomdafestéket használnak fel, hiszen maguk a nyomópontok is kisebbek (Cave, 2019). Lankinen doktori disszertációjában (Lankinen, 2021) egy 2004-es tanulmányt említ, melyben arra mutattak rá, hogy egy 69 lcm (175 lpi) rácsoűrűségű AM és FM rácsoval készült munka 15%-kal kevesebb festéket használt fel, mint ugyanaz a munka 52 lcm (133 lpi) felbontással. A hasonló tapasztalatokból levezetett elv a 17. ábrán látható.



17. ábra: Festékátadás és fényvisszaverődés a pontméretek tükrében (Forrás: Lankinen)

A bal oldali fotó mutatja a nagyobb nyomópontokat és hogy több festéket adnak át, viszont nagyobb a tér is az egyes nyomópontok között. Ezzel ellentétben a jobb oldali ábrán magasabb felbontást láthatunk, kisebb nyomópontokkal, alacsonyabb festékfelhasználással. Itt a pontok közötti kisebb térnek köszönhetően a színreflexió is jobb. A festék megtakarítás abból adódik, hogy a nagyobb nyomópontok egyszerűen nagyobb mennyiségű festéket vesznek fel és adnak át a hordozónak (Lankinen, 2021).

2.5 Standardizálási problémák a flexó nyomtatásban

A szabványos eszközök, folyamatok és gyártás jelentik általában a hatékonyság kulcsát. Létezik ugyan szabvány a flexó nyomtatás standardizálására is (ISO 12647-6), használata azonban a gyakorlatban korlátokba ütközik. A BVDM (Német Nyomda- és Médiaszövetség) szerint a flexó szabvány a folyamatok szempontjából nagyrészt irreleváns (Bundesverband Druck und Medien e. V., 2016).

Nussbaum szerint (Nussbaum, 2010) az optimalizált és a standardizált nyomtatási folyamat két különböző eljárás a nyomdai folyamat menedzselésére, ahol a teljesen optimalizált nyomdai folyamat maximalizálja a képességeit, hogy egy individuális nyomdai folyamatban a lehető legalacsonyabb pontnövekedést, a legmagasabb festékdensitást és a legmagasabb nyomtatási kontrasztot érje el minden külső irányítás, specifikáció vagy standardizálás nélkül. Egy másik hozzáállás az, hogy a nyomdai folyamatokat egy bizonyos referenciához vagy standardhoz állítjuk, mint az ISO 12647-2 és előre meghatározott nyomdai paramétereket használunk.

Az ok, hogy a flexográfiában nincsenek univerzálisan alkalmazható standardok, az, hogy túl sok tényező befolyásolja a nyomtatás eredményét és ezek kombinációi nagyon eltérő eredményeket képesek produkálni az egyes nyomtatási folyamatokat összehasonlítva. Következésképpen az úgynevezett „házi szabványok” a flexóban általános gyakorlatnak tekinthetőek, ahol minden nyomdagépnek saját specifikációi vannak a gyártáshoz. Ezért az ISO 12647-6 használhatósága eléggé korlátozott.

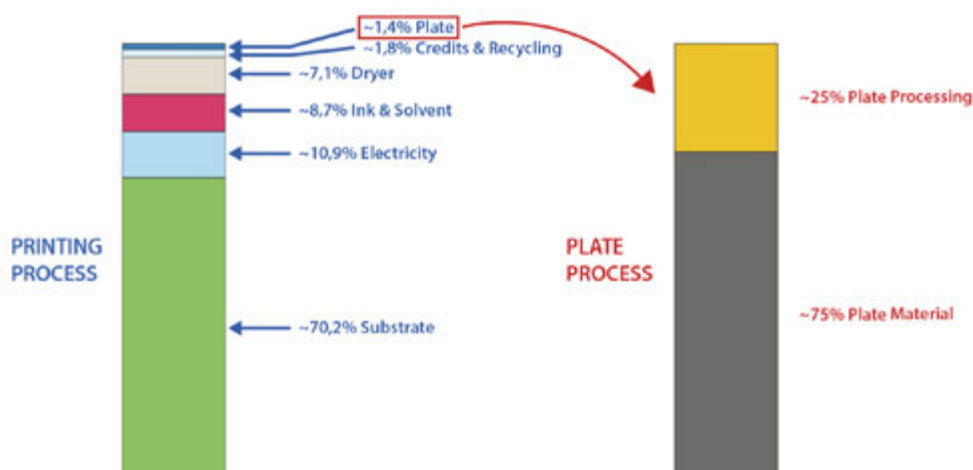
Különböző szabványok, módszerek, irányelvek és gyakorlatok egész sora létezik a grafikai iparágak szabályozására, mint például az ANSI, ASTM, CIE, CGATS, DIN, INCITS, ISO, NPES, TAPPI és USPS (FTA, 2017). Az egyik legátfogóbb iránymutatást, melyet nem hivatalosan „szabványként” használunk a flexográfiában, a Flexographic Image Reproduction Specifications and Tolerances (FIRST) jelenti, amelyet 1997 óta ad ki a Flexographic Technical Association, Inc. A legújabb, 7.0-s verzió 2023-ban jelent meg.

Emellett még egy FTA publikációt fontos megemlítenünk, mely iránymutatást adhat a komplett flexográfiai nyomtatási folyamattal kapcsolatban, ez pedig a Flexography. Principles and Practices 6.0, melyet 1962 óta adnak ki, s jelenleg a 6.0 kiadás a legaktuálisabb.

2.6 Fenntarthatóság a flexó nyomtatásban

A felhasznált források minimalizálása, de a létrejövő hulladék minimalizálása és visszaszorítása is fontos része a fenntarthatóságnak. Kiurski szerint (Kiurski et al., 2016) a nyomdaipar szilárd (csomagolóanyag, nyomóforma, fólia, egyéb alapanyagok, papírhulladék stb.), cseppfolyós (festék, oldószer, gyanta, lakk stb.) és gáz halmazállapotú hulladékot generál, míg a nyomdafesték jelenti a legnagyobb mértékű szerves és szervesetlen víz szennyezés forrását.

A Kodak megállapította (Kodak, 2010), hogy a nyomdai folyamatot teljes egészében kell vizsgálni fenntarthatóság szempontjából, hogy jobban azonosíthatóak legyenek a fenntarthatóságot befolyásoló tényezők. A 18. ábrán a Kodak publikációját alapul véve (Kodak, 2010) láthatjuk a nyomdaipari folyamat nem megújuló forrásból származó energiafelhasználását és az üvegházhatást kiváltó gázok (GHG) kibocsátását. A Kodak publikációjában a DuPont 2008-ban kiadott életciklus modelljére támaszkodik.



18.ábra: Egy flexóval készült munka energiafelhasználása és GHG kibocsátása (Forrás: Lankinen)

A környezetre rótt legnagyobb teher a flexó nyomtatás kapcsán a festékek, oldószerek és az energia felhasználása. Mindezek mértéke természetesen függ a nyomtatott felületek méretétől is (Poovarodom et al., 2014). Egy másik szempontból viszont – ahogy az az előző ábrából látszik is, a nyomtatott alapanyagok van a legnagyobb hatása az energiafelhasználásra és a GHG kibocsátásra (Kodak, 2010). Megállapítható, hogy a keletkező hulladék visszaszorítása pozitív hatással van a fenntarthatóságra. Mindemellett még számos olyan lépést lehet alkalmazni a flexó nyomtatásban, melyek csökkenthetik a technológia környezeti lábnyomát, mint például a napenergia felhasználása a nyomdákban, 7-színű nyomtatás stb.

A csomagolóanyagok nyomtatásának fenntarthatósága értékelhető az ISO 14067:2018 szerint, amely meghatározza a termék karbonlábnyomát, és amely összhangban van az életciklus-értékelés nemzetközi szabványaival (ISO, 2018).

3. A vizsgálatok gyakorlati megvalósítása

A doktori értekezés kutatási részében több különböző témát vezet végig, amelynek vezérfonalai a magyar nyomdaipari vállalatok által megnevezett kérdésfeltevések és válaszok. A következő alfejezetben röviden bemutatjuk, hogyan készítettük a kutatáshoz szükséges teszteket.

3.1 A vizsgálatok során alkalmazott eszközök és módszerek

A vizsgálatok elvégzéséhez számos flexó nyomóformára volt szükségünk. Minden nyomóforma a Plastex spol. s r.o. nyitrai telephelyén készült. A tesztek kivitelezéséhez több neves gyártó alapanyagát használtuk, mint a DuPont, MacDermid, Kodak és az XSYS. A Plastex spol. s r.o.-nál modern nyomóformakészítő berendezések állnak rendelkezésre, ezért vélelmezhető, hogy a legjobb minőségű nyomóformákkal tudtuk a tesztjeinket elvégezni.

A nyomdai teszteket magyarországi flexónyomdánál végeztük el. Néhányan kérték a nyilvánosság elkerülését, ezért nem tüntetjük fel a tesztekhez segítséget nyújtó nyomdaipari vállalkozások neveit. Elmondható viszont, hogy több vállalkozásról van szó, s így eltérő körülmények közt, eltérő technológiákkal dolgozó helyeken történtek a tesztelések, ami az eredmények relevanciáját is biztosítani tudta.

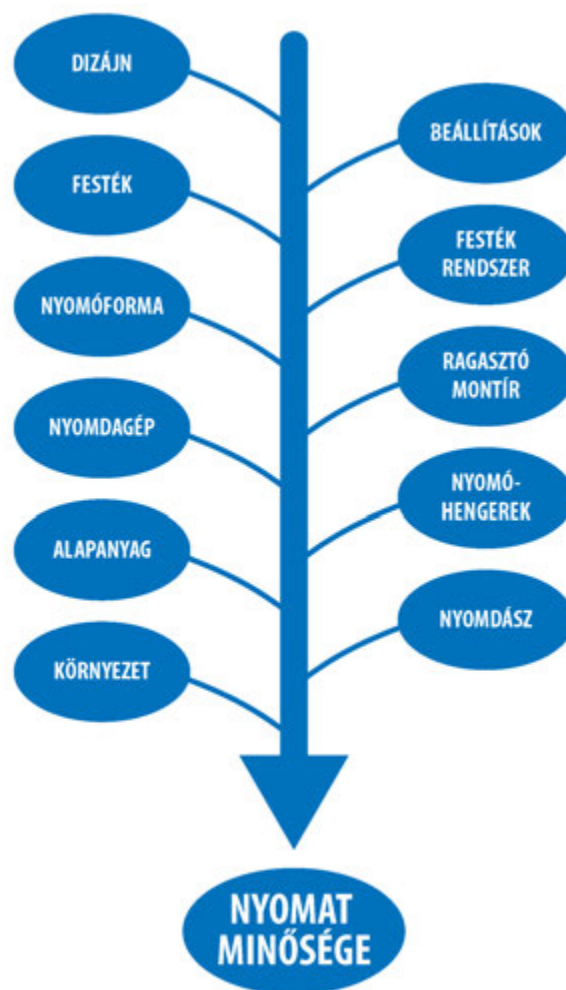
A kapott eredmények kiértékelése többnyire szintén a Plastex spol. s r.o. mérőberendezéseivel történtek, de használtunk saját birtokunkban lévő eszközöket is. Az alábbi mérőberendezésekről van szó:

- Peret Flex3Pro – a berendezés képes 3D flexó vizsgálatra, színkivonatanalízisre, képösszehasonlításra. Képes a raszterpontok vizsgálatára 3D-ben stb.
- X-Rite eXact Standard – fotospektrométer
- X-Rite iLiO – automata robotkar az ICC profilok beméréséhez
- NIX Spectro L – fotospektrométer
- Különböző nagyítók és mikroszkópok

A következő fejezetekben kutatási anyagunkat mutatjuk be.

4. A flexó nyomtatás folyamata

A kutatás tervezési fázisában a legnagyobb időráfordítás a kutatási területek kiválasztása volt. A flexó nyomtatás nem egy egzakt tudomány, melynek minden része pontosan definiálható, és az ok-okozati történések előre megállapíthatóak. A 19. ábra foglalja össze azokat a főbb kategóriákat, melyek egy flexó nyomtatás által létrejövő nyomat minőségét, megjelenését vagy akár az effektivitását befolyásolják. Ezek a tényezőhalmazok még természetesen tovább bonthatóak számos további tényezőre.



19.ábra: A flexó nyomtatást befolyásoló főbb tényezők

A modern flexó nyomtatásban az általános cél a lehető legjobb nyomatminőség elérése, a lehető legjobb minőséget képviselő termék a lehető legkevesebb forrás és anyag felhasználása mellett. Bár ez valószínűleg általánosítható számos más termék gyártásánál is, de a flexó nyomtatás célja is ugyanez. A termék végső megjelenésére jelentős hatással van a grafikai dizájn – és sajnos vannak a flexó nyomtatás számára nehezen megoldható elemek. Beállítások alatt a nyomdai folyamat kalibrációját értjük. A festék, a festékátadóhengerek és maga a festékkonyha rendszere nagyon

fontos pillére a nyomtatásnak és egy stabil festérendszer alapvető követelménye a standardizált nyomtatásnak. Elengedhetetlen a megfelelő nyomóforma, a klisé adja a nyomatképet. Nem mindegy, milyen ragasztóval és milyen módon van felragasztva a nyomóforma a nyomóhengerre. A ragasztó keménysége is jelentős hatással bír a nyomatképre. A nyomtatott alapanyag tulajdonságai adják meg a nyomóformakészítés technológiáját, de a használt festékeket és a technológiai beállításokat – teljesen mást igényel például egy 8 mikron vastag alumínium fólia és egy 120 mikron vastag fehér polietilén – sem szabad elhanyagolni. A nyomdagép típusa, állapota, a bennük lévő nyomóhengerek tulajdonságai minden nyomatot befolyásolnak, ám viszonylag stabilan, amennyiben nincsenek különös kilengések. Ami viszont folyamatosan változik, az a technológiával dolgozó nyomdász személyzet, illetve a környezeti hatások, mint az időjárás vagy a levegő páratartalma. Mindezen befolyásoló tényezők együttes hatása és működése adja meg a flexó nyomtatás termékét a nyomtatott terméket.

4.1 A nyomdai előkészítés szerepe, lehetőségei és feladatai a nyomdai folyamatban

Eddigi szakmai tapasztalatom felhasználásának céljából és a rendelkezésre álló források kihasználásának okán kutatási témát a flexónyomdai előkészítés és nyomóformagyártás területén kerestem. A csak szubjektív kérdésfelvetésekkel elkerülése miatt, ezért a magyarországi flexónyomdákhoz fordultam - a technológiai nehézségeikre fókuszálva kutatási témáért. Készítettem egy nyomdaipari kérdőívet és kiküldtem az elérhető, flexóval dolgozó vállalkozásoknak. A kérdésekre kapott válaszokból kiindulva fogalmaztam meg a hipotéziseimet és állítottam fel kutatási témáimat. Nem egy nagy témára koncentrálni, hanem az ipar igényeire támaszkodva próbálok tudományos válaszokat keresni az aktuális kérdésfelvetésekre, melyeket a későbbiekben az ipar is hasznosítani tud. A 20. ábrán foglalja össze a kutatási területeket.



20. ábra: A kutatási területek összefoglalása

Így a doktori munkám célja olyan jelenségek és folyamatok kutatása, feltárása, melyekkel javítható a nyomtatás minősége és növelhető a nyomtatási folyamat hatékonysága. A témaválasztás a már említett kérdőíves felmérésre támaszkodik, melynek részleteit a hatodik fejezet mutatja be. Célok megvalósításához az alábbi részfeladatok különíthetők el.

- A festékátadás általános javíthatóságának vizsgálata a nyomatokon. A részkutatás célja egy magasabb minőségű nyomóforma lenne, mely az azonos mennyiségű vagy akár kevesebb felhasznált festéket optimálisabban teríti szét a nyomtatott alapanyagon, emelve ezzel a nyomtatás minőségét.
- A második részkutatás célja is a festékátadás javítása, de itt egy problémásnak tartott alapanyag szemszögéből történnek a tesztek. A barna kraft papír a feltörekvő nyomtatási alapanyagok közé tartozik, melyre színe és inhomogén felülete miatt problémás lehet a nyomtatás, így keresem az optimális feltételeket a nyomdai előkészítés és formakészítés szempontjából.
- A flexó nyomtatásban jelen vannak kritikus elemek, mint például a vékony pozitív és negatív elemek, a minimális pontértékek és a nulla százalékba kifutó grafikai elemek. Ezek megvalósítása okozhat nehézségeket. A részkutatás valós és tesztmintákra támaszkodva keresi a nyomtatás néhány kritikus pontjára a megoldást.
- A felmérésből kiderült, hogy a szakma szereplői a digitális nyomtatást tartják a flexó nyomtatás legnagyobb jövőbeni kihívójának egyrészt a minősége, másrészt a variabilitása miatt. A kutatás ezen része arra fókuszál, miként hasonlítható össze a digitális és a flexó nyomtatás által elérhető felbontás és a reprodukálható szintér.
- Az ötödik kutatási rész a hétszínű nyomtatás elvén keresztül keresi a választ arra, hogy a kötött színű munkarenddel csökkenthető-e a használt színek száma, illetve végeredményben ennek a rendszernek milyen előnyei és hátrányai vannak a nyomtatási folyamat hatékonyságát tekintve.
- Az utolsó kutatási részben a flexó nyomtatás környezet-barátibba tételére keresek a lehetséges válaszokat és javító intézkedéseket.

A következő fejezetben a nyomdaipari kérdőív segítségével Magyarországon megvalósított felmérést mutatom be.

5. Flexónyomdaipari vállalkozások Magyarországon

A XXI. század 20-as éveinek elején kialakult Covid-19 járvány jelentős kihatással volt az élet és az ipar történéseire, az ezt követő politikai történések pedig még tovább bonyolították a gazdasági és ipari helyzetet is világszerte és Magyarországon. A flexó nyomtatás a szerencsés, válságok által kevésbé érintett ágazatok között tudhatja magát, mivel a legnagyobb felvevő piacai közé tartozik az élelmiszer- és a higiéniai ipar. Flexó nyomtatással nyomtatott elsőrendű csomagolásra a pandémia alatt is folyamatosan szükség volt. Bár a kereslet csökkenése érezhető volt mindenütt, rapid és visszafordíthatatlan visszaesést a magyarországi flexó nyomtatás nem szenvedett el az elmúlt 5 évben.

Fontos megjegyezni, hogy a doktori értekezés alkalmazástechnikai kutatásait csak bizonyos típusú csomagolóanyagokat gyártó cégek körére korlátozódik. Számos kihívással és magas minőségi igényrel 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 kutatás során az alábbi információkat gyűjtöttük össze a vállalatokról:

- a cégek neve, telephelye és székhelye, nyilvántartási száma, adószáma
- a cégek alkalmazottszámának alakulása a 2018, 2019 és 2020-as években
- a cégek nettó árbevétele a 2018 és 2019-es években, szétbontva a belföldi és export értékesítésre
- a cégek nyomdagépeinek száma, típusa, egyéb technológiai

Ebből a 60 nyomdából 49 cégnek sikerült a kérdőívet kézbesíteni főként elérhetőségi (illetve inkább „elérhetetlenségi”) szempontok miatt. A 49 kiküldött kérdőívre 28 cég válaszolt is, ami 57,14% százalékos válaszadási arányt jelent. Nem sikerült ugyan teljes szélességében felmérni az ipar hozzáállását az adott kérdéskörhöz, de jó eredménynek tekinthető a megszólítottak több mint felének válaszadása. A kitöltött kérdőíveket terjedelmi szempontok miatt nem lett csatolva a doktori disszertációhoz.

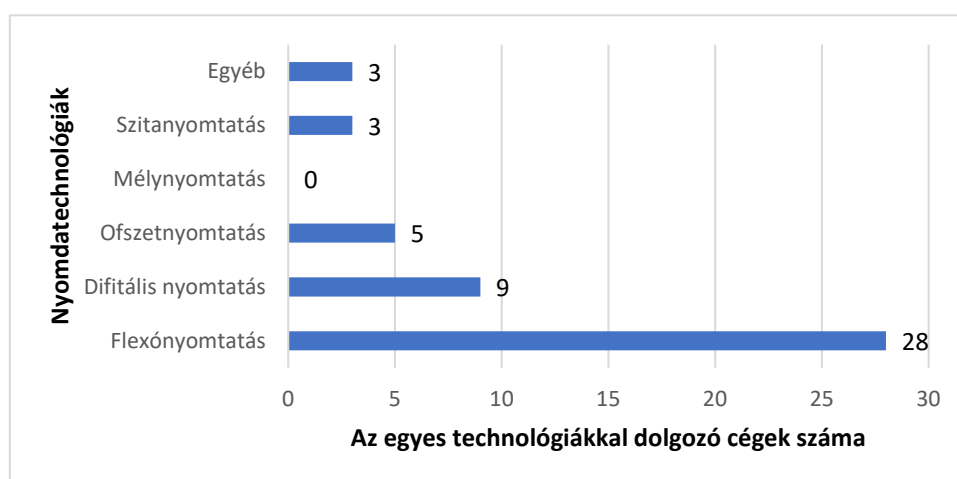
5.1 Standardizálás lehetőségeinek felmérése a magyarországi flexó nyomdákban

A felmérés 2022 májusában történt meg kérdőívek segítségével. A kidolgozott kérdőív eredetileg „A standardizálás lehetőségeinek felmérése a közép-európai flexó nyomtatásban” címet viselte, ugyanis néhány felvidéki magyar ajkú nyomdának is ki szeretnénk volna küldeni, de adatértékelhetőségi szempontból végül csak Magyarország területére koncentráltunk. A kérdőív tartalma a disszertáció 1.mellékletében található.

5.2 A nyomdaipari kérdőív értékelése és kérdésfelvetései

Ahogy azt korábban vázoltuk, 28 magyarországi flexó nyomtatással foglalkozó vállalkozás válaszolt az általunk feltett 23 kérdésre. Az alábbiakban kiértékeljük a kérdéseinkre kapott válaszokat.

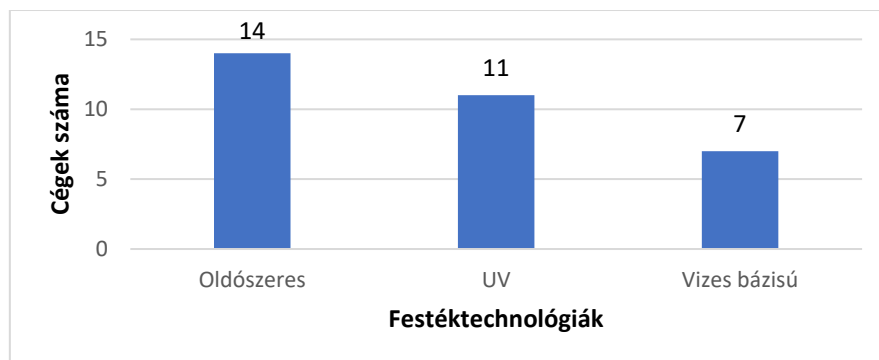
Az első kérdés arra irányult, milyen más nyomtatási eljárásokat használnak a megszólított vállalkozások a flexó nyomtatáson kívül. Az eredmény a 21. ábrán látható.



21.ábra: A használt nyomtatási eljárások felmérése

A válaszadók 67%-a csak flexó nyomtatással dolgozik. A fennmaradó nyomdákban vannak jelen más nyomdatechnológiák is. A válaszok vizsgálata után kijelenthető, hogy az ofset, szita, digitális, és egyéb nyomtatási eljárással főként a címkéket gyártó vállalatok rendelkeznek. Két kivétel azonban van, ugyanis két szélespályás (>70cm) oldószeres flexó nyomtatással rendelkező cég dolgozik digitális nyomtatással is. Mélynyomógépet nem üzemeltet senki sem a megkérdezettek közül.

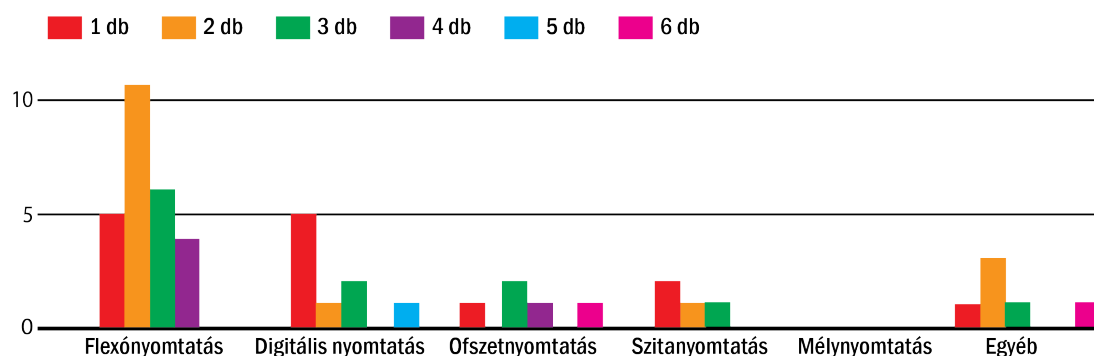
A második kérdés a flexó nyomtatás módja felé irányult. Választ várva arra hogy az oldószeres, UV és vizes bázisú technológiák között mik az arányok az egyes szegmensekben és kérdés volt az a szempont is, hogy egy cégen belül használnak-e több technológiát. Az eredményeket a 22. ábra foglalja össze.



22.ábra: A flexó nyomtatás technológiáinak aránya

A kapott válaszok alapján az látszik, hogy a válaszadók felénél oldószeres technológiát üzemeltetnek, 11 esetben áll rendelkezésre UV technológia és 7 cég dolgozik vizes bázisú festékrendszerrel is. Természetesen olyan válaszok is érkeztek, hogy több eljárás is működik házon belül. Két címkegyártó esetében jelent meg UV-s és vizes festék használata. Egy-egy nyomtatott fóliát gyártó esetében találkoztunk oldószeres-vizes és oldószeres-UV kombinációval. A többi esetben a szélespályás, műanyagalapú fólia nyomtatását kivitelező cégek esetében az oldószeres festékrendszert alkalmazzák, míg a címkenyomdák esetében az UV eljárás a domináns. Két, papíralapú termékeket gyártó cégnél használnak vizes bázisú festéket. A doktori kutató munka keretein belül végzett konzultációk keretében azonban 2 esetben találkoztam nyomda abbéli igyekezetével, hogy fokozatosan áttérjen a vizes bázisú festékrendszerek használatára, egyelőre azonban nem jártak sikerrel különböző technológiai korlátok miatt.

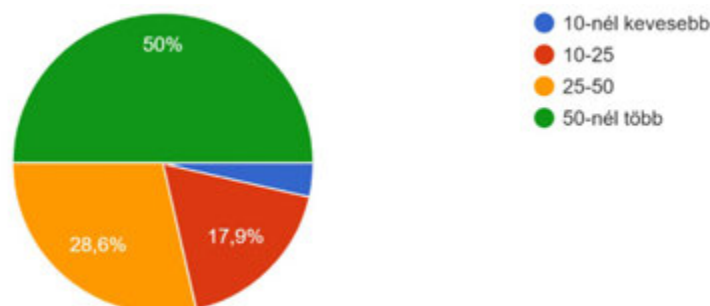
A harmadik kérdés a géppark terjedelmére fókuszált, vagyis az egyes nyomtatási eljárások mennyi és milyen nyomdagéppel képviseltetik magukat a megkérdezett vállalatoknál. Az eredményt a 23. ábra grafikonja ábrázolja, az x-tengelyen az egyes nyomtatási eljárások szerepelnek, az y-tengelyen pedig a mennyiségek.



23.ábra: Nyomdagépek száma az egyes nyomtatási eljárásokból

Az ábrából egyértelműen látszik, hogy a szélespályás flexónyomdák többsége 2 nyomdagéppel dolgozik. 4 nyomda esetében láthatjuk, hogy 4 flexónyomdagép áll rendelkezésre, ami már rendkívül tekintélyes gépparkot jelent.

A következő kérdésünk a válaszadó cégek alkalmazottainak számát derítette fel. Ez a kérdés leginkább csak áttekintési szempontokat szolgált. A válaszokat a 24. ábra mutatja.

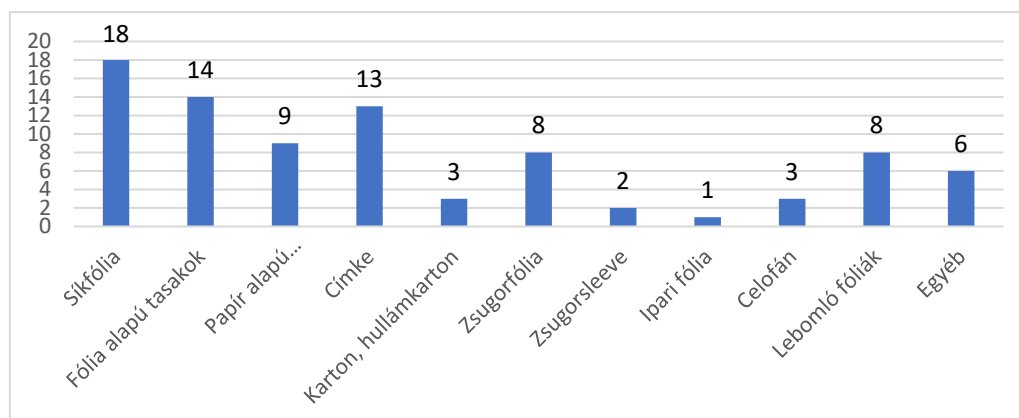


24. ábra: A válaszadó vállalatok alkalmazottainak száma

A kördiagrammon látható, hogy a válaszadó nyomdák 3,6%-ának van 10-nél kevesebb alkalmazottja, 17,9%-nál dolgozik 10-25 alkalmazottal, 28,6%-esetében 25-50 alkalmazottat foglalkoztatnak és a megkérdezett nyomdák felénél dolgozik több mint 50 ember. Ez egyben arra is utal, hogy inkább a nagyobb nyomdák esetében volt magasabb a válaszadási kedv, tőlük érkezett vissza nagyobb részben kitöltve a kérdőív.

A következő informatív jellegű kérdés az volt, hogy körülbelül mennyi idős a válaszadó cégek gépparkja. Ezen 17 válasz volt értelmezhető és számszerűsíthető. Az eredmény azt mutatja, hogy a gépparkok átlagéletkora 7,823 év környékére tehető, ami bár nem a legújabb és legmodernebb felszerelést jelenti, de nyomdagépek esetében ez megfelelő állapotnak tekinthető.

Az ötödik kérdés azt tárta fel, milyen típusú termékeket gyártanak a megkérdezett nyomdák. A válaszokat a 25. ábra grafikonja mutatja be.

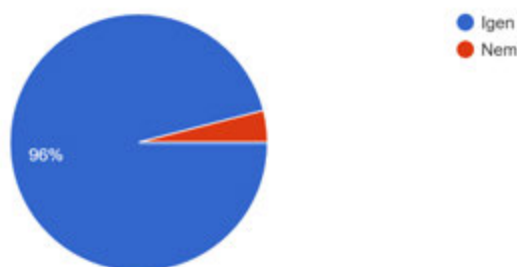


25. ábra: A válaszadó vállalatok által gyártott termékek típusai

Látható, hogy a 28 válaszadóból 18-an foglalkoznak síkfóliagyártással. Közülük 14 vállalat konfekcionálással is foglalkozik, különböző típusú tasakokat gyártanak, tehát magasabb hozzáadott értékkel rendelkező termékeket is készítenek. 9 vállalkozás foglalkozik papír alapú termékekkel, melyek alatt a papírból készült zsákokat, zacskókat, tasakokat értjük. 3 cég esetében foglalkoznak a címke és hajlékonyfalú csomagolóanyag mellett karton vagy hullámkarton nyomtatással is. Viszonylag magas azon vállalatok száma, akik zsugorfóliával foglalkoznak, zsugorsleeve-vel pedig viszonylag kevesen, hiszen a zsugorsleeve a legbonyolultabb csomagolások közé tartozik műszaki szempontból. A fennmaradó termékek közül ki kell emelni, hogy 8 vállalkozás foglalkozik lebomló fóliák nyomtatásával. Ezt pozitív eredményként értékelhető, hiszen fontos, hogy a magyar nyomdaipar is elinduljon az egyutas csomagolások környezet-barátibba tételezéshez.

A következő két kérdés arra keresett választ, hogy rendelkezik-e a vállalat valamilyen minőségbiztosítási tanúsítvánnyal és amennyiben igen, milyen tanúsítványról van szó. Pozitívnak tekinthető eredmény született, mivel 28 válaszadóból 27 felelt igennel, tehát rendelkeznek minőségbiztosítási tanúsítvánnyal. (Egy cég nem válaszolt a kérdésre.) A legtöbb esetben az ISO 9001, 14001 és BRC tanúsítványokkal rendelkeznek a cégek, ami minőségi termékek környezetbarát előállítását vetíti előre.

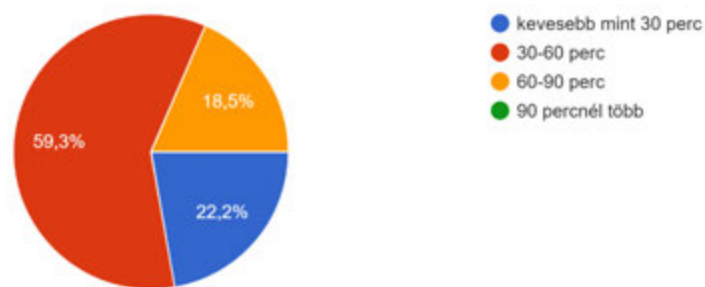
A következő eldöntendő kérdés azt mérte fel, hogy fontosnak tartják-e a standardizálást a nyomdai gyakorlatban. A 26. ábra grafikonja mutatja az eredményt.



26.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a standardizálás fontosságával kapcsolatban

Erre a kérdésre 24-en válaszoltak igennel, 1 cég válaszolt nemmel, 3 válaszadó pedig tartózkodott a kérdés megválaszolásától. Mindenképpen pozitívan értékelendő az a tény, hogy a legrosszabb esetben is a válaszadók több mint 85%-a fontosnak tartja a nyomdai folyamatok standardizálását és optimalizálását.

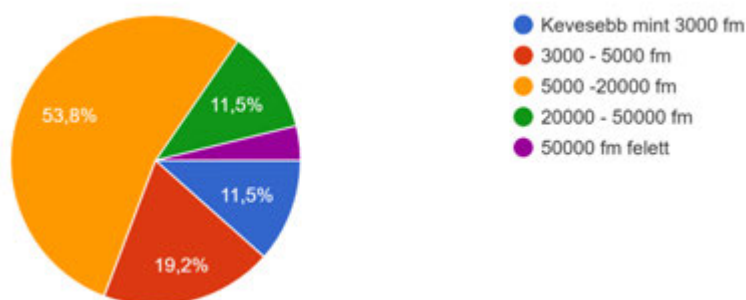
27 vállalkozás válaszolt arra a kérdésre, hogy mennyi időt vesz igénybe az átállás két munka között, ha nyomtatási módot nem váltanak (hátoldali-előoldali), de változik a nyomat és annak színei (27. ábra).



27.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a munkák közötti átállások időtartamával kapcsolatban

A munkák közötti átállás a nyomdák életében egy olyan holtidő, ami igazából veszteség a cégnek és célszerű lenne ezt az időt a lehető legjobbam lecsökkenteni. Pont e célt szolgálná a nyomdai folyamatok optimalizálása és standardizálása is, avagy a kiterjesztett színterű nyomtatás alkalmazása. Effektívnek értékelhető a válaszadók 22,2%-ának tevékenysége, ahol kevesebb, mint 30 perc szükséges egy átálláshoz. Pozitív e válaszok összetétele is, ugyanis nemcsak címkenyomdák válaszoltak így, hanem néhány szélespályás gyártó is. 30 és 60 perc közötti időtartamra valószínűsíti magát a nyomdák nagyobb többsége, 16 nyomda tud kevesebb, mint egy óra alatt átállni a következő nyomatra. 18,5% esetében ez az idő 60-90 percet vesz igénybe. Öröndetes viszont, hogy senkinek nem magasabb az átlagos állásideje, mint 90 perc az adott szituációban.

A következő kérdés arra irányult, hogy mekkorák a rendelési mennyiségek jelenleg Magyarországon a flexónyomdaiparban. A mennyiségeket folyóméterben adtuk meg. Az eredményt a 28. ábrán mutatjuk be.

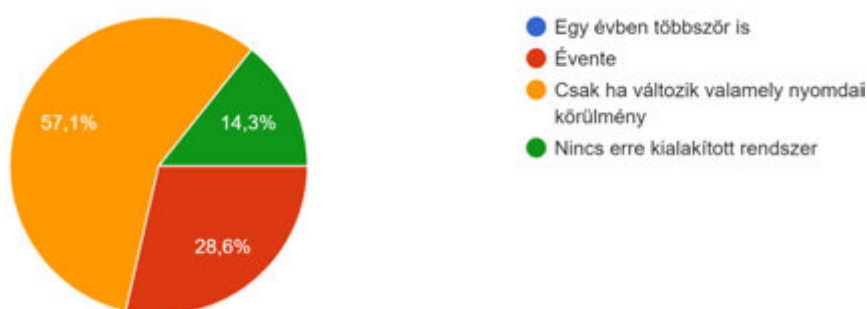


28.ábra: A válaszadó vállalatok egyszeri rendelési mennyiségei folyóméterben

Ennél a kérdésnél 26 választ kaptunk, két címkenyomda tartózkodott, vagy nem tartotta relevánsnak a kérdést. A 3000 folyóméter alatti rendelés a flexó nyomtatáshoz elég kevés. Főként ez az a szektor, ahol a digitális nyomtatás versenyre kelhet a flexóval, az alacsony példányszámú nyomatok esetén, ez az esetek 11,5%-át tette ki. A nyomdák majdnem 20 százalékánál 3000 és 5000 méter közt van egy-egy rendelés mennyisége. A legnagyobb részt az 5000 és 20000 folyóméter közti mennyiségek teszik ki, amit közepes mennyiségnek nevezhetünk jelenleg. A 20000 és 50000 folyóméteres mennyiségek csak a nyomdák 11,5%-ánál fordulnak elő, ahogy azt az ipari trendek is

mutatják, az egyszeri megrendelések mennyisége csökken. Egyetlen nyomda büszkélkedhet csak 50000 folyóméter feletti rendelési mennyiségekkel.

Az ezt követő kérdések már szorosabban kapcsolódtak a standardizálás és színmenedzsment kérdésköréhez. Az első ilyen kérdés az volt, hogy milyen gyakran nyomtatnak a nyomdák tesztet ICC-profilhoz. Az ICC-profil az egyik alapkőve annak, hogy a nyomtatási folyamatban színhelyes proofokat tudjanak kapni és elfogadni a nyomdaipari megrendelők. A fingerprint felméri a nyomdagép által reprodukálható színteret, felméri a színek jelleggörbéit, beméri a lehetőségeket a formakészítés számára. A jó színmenedzsment a standardizált nyomtatás elengedhetetlen részét képezi. A kérdésre kapott válaszokat a 29. ábra grafikonja összegzi.



29.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja az ICC-profil fingerprint nyomtatással kapcsolatban

Látható, hogy egyik vállalat sem nyomtat fingerprintet egy évben többször is. A válaszadók 28,6%-a mondja azt, hogy évente készítenek új ICC-profilokat. 57,1% mondja, hogy akkor kerül sor fingerprint nyomtatásra és új ICC-profilok létrehozására, amikor valamely nyomdai körülmény megváltozik (formakészítési technológia, kliséalapanyag, nyomathordozó, nyomdafesték stb.). Ezzel megegyezik a saját szakmai nyomdai tapasztalatom is. A nyomdák 14,3%-ánál pedig nincs erre kialakított rendszer.

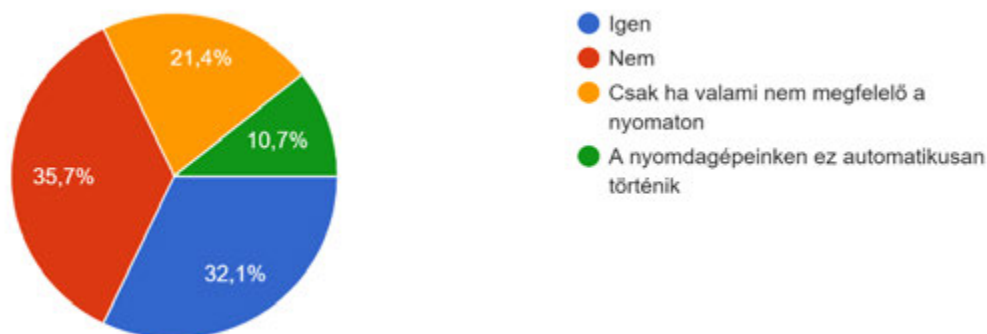
A következő rövid kérdés a nyomdai előkészítő stúdiók és a nyomdák együttműködésére fókuszált a fingerprintek előkészítése kapcsán. Egy kivétellel a nyomdák azt válaszolták, hogy az előkészítő stúdió velük együttműködve tervezi meg a fingerprintek tartalmát és gyakorlati kivitelezését.

A következő kérdés arra vonatkozik, hogy a nyomda standardizálja-e a gyártását a munkák dokumentálása révén. Ha nincs lejegyezve egy-egy nyomat minden paramétere aprólékosan, úgy nehéz azt bizonyos idő elteltével azonosan reprodukálni, s így konzisztens minőséget gyártani. Ebben az esetben 25-en válaszoltak pozitívan, hogy dokumentálják a beérkezett rendeléseiket a gyártásuk folyamán, viszont hárman nemmel válaszoltak. Ehhez kapcsolódott a következő kérdés

is, ami a dokumentált paraméterek jellegét kutatta. Egy-egy nyomtatás dokumentációjához az alábbi tartozhat:

- nyomatminta
- gyártás ideje
- színsorrend
- színek megnevezései festékkódokkal
- használt aniloxok és paraméterek
- termékazonosító adatok
- gépmester adatai
- anyagszükséglet
- tekercselési irány, tekercsek paraméterei
- kliséragasztó típusa
- nyomtatási sebesség
- viszkozitás

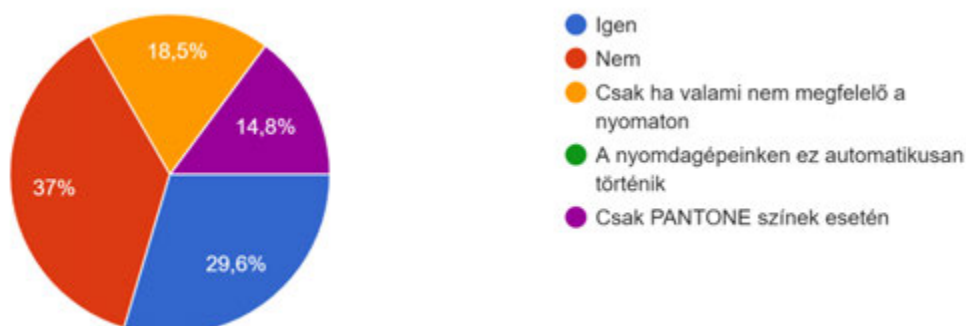
A soron következő kérdés témája a denzitás mérése volt. Az előre jelezhető, jó és egyenletes minőségű flexó nyomtatás biztosításának általános feltétele, hogy képesnek kell lenni a nyomtatási folyamatot egy korábban már definiált állapotban tartani. A denzitás mérés praktikus a nyomtatás ellenőrzésénél, mivel érzékenyen jelzi a nyomdafestékréteg vastagságának változásait. Távolról sem mond el mindent a színről, de alapinformációt szolgáltat. Nagyvonalakban a nagyobb vizuális denzitás sötétebb, a kisebb vizuális denzitás pedig világosabb nyomatot jelent. (Schulz, 2016) A kapott válaszokat az alábbi, 30. ábra grafikonja mutatja.



30. ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a denzitásméréssel kapcsolatban

Öröndetes az a tény, hogy a nyomdagépek 10,7%-ánál már van automatikus denzitás mérés. Egy-két évtizeddel ezelőtt a nyomdai minőség még csak a „jó szemű gépmesterek” által volt biztosítva. Onnan az automata denzitás mérésig megtett út tehát jelentős. 32,1% állítása szerint minden egyes nyomaton megméri a denzitást, ami egy jó és gyors ellenőrzési módszere legalább az alapparamétereknek. A nyomdák 35,7% százaléka csak akkor veszi elő a mérőberendezéseket, ha valami nem stimmel a nyomaton. 35,7% pedig nem ellenőrzi a denzitás értékét a beállítások alkalmával.

Az ezt követő kérdés ugyanígy a nyomdai beállítások alkalmával történő méréseket célozta meg, csak most a színek Lab értékének mérésére fókuszáltunk. A beérkezett válaszokat a 31. számú ábra ábrázolja.



31.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja az Lab érték mérésével kapcsolatban

Látható, hogy az Lab érték mérése egy nyomdagépen sem történik automatikusan, tehát ezt a gépmesternek manuálisan kell elvégezni. A szabványos négyszínnyomó flexó festékeknek léteznek meghatározott CIELAB L*, a*, b* színíngerjellemezők az ISO 2846-5 alapján. Ezt nem kötelező betartani. A lényeg az, hogy egy-egy adott munka színeinek színíngerjellemezői megegyezzenek a fingerprint körülményeivel. A 32.ábrán az ISO szabvány által meghatározott, ajánlott festék Lab értékek láthatóak.

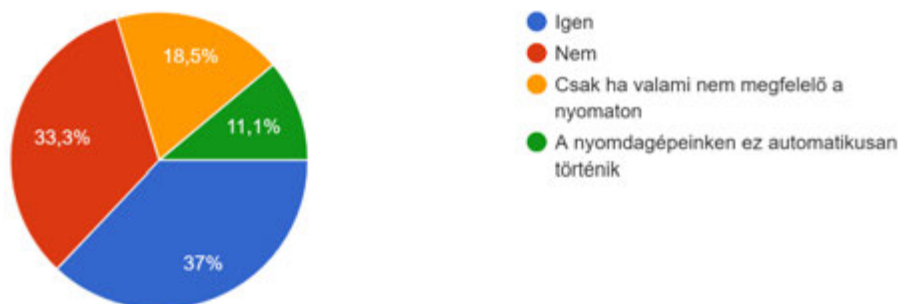
L 58 a -38 b -45	L 52 a 71 b 1	L 91 a -5 b 95	L 18 a 0,5 b 0,0
------------------------	---------------------	----------------------	------------------------

32.ábra: A szabványos CMYK flexófestékek Lab értékei az ISO 2846-5 alapján (Forrás: Schulz Péter, 2016)

Nagyon közel van a 29,6% százalékos egyértelmű igen válasz az előző denzitás méréshez és ahhoz is, hogy a cégek 28,6% évente készít fingerprinteket. Ezt a csoportot ugyanazok a cégek teszik ki és már ezek után kijelenthető, hogy jelentős törekvéseket figyelhetünk meg náluk egy konzekvens, standardizált, optimalizált gyártás irányában. A nyomdák 37%-a nem mér Lab értéket, holott, ha ez a paraméter megfelelő, színmenedzsment szempontból már nagyrészt bízhatunk a megfelelő eredményben. 18,5% mér Lab értéket, ha már látszik a nyomaton a nemmegfelelőség, 14,8% pedig csak PANTONE® színek esetén méri az Lab értékeket.

Az utolsó, mérésekre vonatkozó kérdés a festékviszkózitáshoz kapcsolódott. Mérnek-e a nyomdák minden nyomat esetén festékviszkózitást. A válasz hasonló képet mutatott, mint az előző két kérdés esetében. A nyomdák 37%-a minden beállásnál méri a festékek viszkózitását. 11,1%-nál a nyomdagép automatikusan megméri ezt a paramétert, ez egy rendkívül pozitív funkció, ugyanúgy, mint a denzitásmérés esetében. A fennmaradó válaszadók pedig csak akkor mérnek

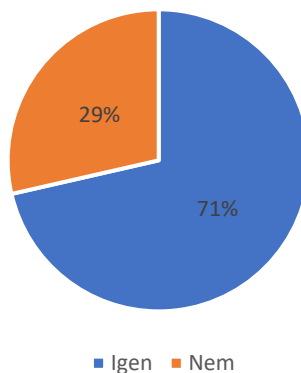
viszkozitást, ha már látják a nyomateredményen az eltérést. Ez az eshetőség 18,5%-ot tesz ki a válaszadók között. Ezeket az eredményeket ábrázoljuk a 33. ábrán.



33.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a viszkozitás értékének mérésével kapcsolatban

Az UV festérendszer esetében a viszkozitásmérés természetesen nem releváns, ez esetben nem értékelendő.

A doktori kutatómunka további kérdésfeltevései szempontjából rendkívül fontosnak tekinthető a kiterjesztett színterű nyomtatás (ECG) kérdéséhez való hozzáállás. Gyakorlatilag egyetlen magyarországi flexónyomda dolgozik információink szerint ezzel az eljárással, viszont többen foglalkoznak a gondolattal. Ezt a felmérésünk is igazolta. A válaszadási arányokat a 34.ábra mutatja.



34.ábra: A válaszadó vállalatok ismereti aránya a kiterjesztett színterű nyomtatással kapcsolatban

A válaszadók közül 20 vállalkozás hallott már a kiterjesztett színterű nyomtatás valamely formájáról vagy rendszeréről. Az eljárás nem újkeletű, több cég és együttműködő vállalat dolgozott már ki rendszert a kötött színes nyomtatásra, azonban egyik sem terjedt el széles körben. Napjainkban a flexó nyomtatás technológiájának, festékrendszerének és nyomóformakészítésének fejlődése azonban már lehetővé tenné az átállást.

A 21.kérdés szöveges választ igényelt. Nagyon eltérő válaszokat kaptunk az egyes vállalkozásoktól, az állásfoglalás a kiterjesztett színterű nyomtatással kapcsolatban nem egyértelmű. Az alábbiakban összefoglaljuk a kapott válaszokat:

- Amint arról már esett szó, egy magyarországi nyomda használja az ECG nyomtatást a napi gyakorlatban. Effektívnek, modernnek és hasznosnak tartják vállalkozásuk szempontjából.
- Néhány, gépparkját folyamatosan modernizáló flexónyomda (6 vállalat) kaptuk ezt az irányú visszajelzést) kutatásokat végez az ECG nyomtatás bevezetésével kapcsolatosan. Képesnek érzik magukat technológiailag, hogy megbirkózzanak az ECGP által támasztott precizitási kritériumokkal, illetve értékelik a megrendeléseik összetételét, van-e létjogosultsága 1-1 nyomdagépet átállítani erre az eljárásra. Aktuális és új munkákat is igyekeznek a direkt színek elhagyásával megoldani.
- Hallottak az ECG nyomtatás előnyeiről, azonban a pénzügyi és/vagy technológiai háttérük nem teszi lehetővé a rendszer bevezetését (8 nyomda)
- Nem érdeklődnek a kiterjesztett színterű nyomtatás iránt, nem ilyen irányú fejlesztést terveznek, nem szükséges számukra a megrendeléseik összetétele miatt.

A 22. kérdés arra kereste a választ, hogy milyen alapanyagok dominálnak az egyes nyomdáknál leadott alapanyagok köreiben, illetve, hogy megfigyelhető-e valamilyen változás az alapanyagigény területén. Mivel erre a kérdésre is szabadon lehetett válaszolni, az kapott eredmények az alábbiakban foglalhatók össze.

- Növekedő igény figyelhető meg a „természetesebb hatású” alapanyagok iránt, mint például a papír.
- Az egészségmegőrző termékek, táplálékkiegészítők, teák, gyógynövénycsomagolások, sütőipari zacskók és tasakok esetén megnövekedett az igény a barna papír iránt.
- Alapanyagszerkezet-változások mennek végbe az alapanyagok homogenizációja miatt.
- Az elmúlt néhány évben érdeklődés tapasztalható a bioműanyagok iránt, de egyelőre nem terjedtek el széles körben.
- Rendkívüli módon visszaesett a táskagyártás, melynek alapanyaga polietilén volt. Ezeket felváltották a papírtáskák és a többször használható táskák.
- A címkék esetében kevesebb a változás, leggyakrabban használt alapanyag az öntapadó papír és annak különféle kivitelezései, de gyakran alkalmaznak műanyag alapú címkéket.

- A szélespályás nyomtatási területeken jellemzően a polipropilén, polietilén és poliészter dominál a csomagolóanyagok között. Ezeket az anyagokat kasírozzák is és a változó törvényi előírások miatt az anyagkombinációkat a jövőben vissza kell majd szorítani.
- Néhány cég aggodalmát fejezte ki ennél a pontnál azzal kapcsolatban is, hogy előreláthatólag a zöldebb termelés bevezetése céljából a nyomdafestékek szerkezetében is változás várható, hogy például poliuretán bázisú festékekkel lesz szükséges dolgozni, amely merőben máshogy viselkedik, mint a jelenlegi nyomdafestékek.

A következő kérdés a nyomdaipar szereplőinek a nyomdaipar jövőbeni trendjeiről alkotott véleményét kereste. Véleményük szerint mely nyomdatechnológiák fognak érvényesülni az elkövetkező években, évtizedekben? Erre a kérdésre is szöveges válaszokat érkeztek, ezek az alábbiakban foglalhatók össze:

- Fennmarad a flexó nyomtatás dominanciája a csomagolóanyagiparban
- A válaszadó címkenyomdák közül a többség rendelkezik digitális nyomdával is a flexó gépek mellett.
- A válaszadó szélespályás nyomdák között két nyomda üzemeltet digitális nyomdagépet is, további 7 nyomda pedig szeretne beszerezni a jövőben digitális gépet is.
- A mélynyomtatás háttérbe szorul a csökkenő példányszámok miatt. A nyomdák gyakran érzik még flexóra is kevésnek a rendelési mennyiségeket.
- A legtöbb válaszadó a digitális nyomtatásban látja a távoli jövőt a minősége és a rendelések mennyiségei miatt.

Az utolsó két kérdésünkre szintén szöveges válaszokat kértünk a válaszadóktól. Az első ilyen kérdés célja kideríteni, hogy „*Milyen problémák jelentkeznek visszatérő jelleggel a nyomatokon vagy a nyomdai munka folyamán, melyekben a nyomdai előkészítés segíthetne?* “. E kérdésnél természetesen rendkívül sokrétű válaszok érkeztek. 22 nyomda válaszolt a kérdésre, de közülük hét nyomda nem tudott megnevezni ilyen jellegű problémát. Érkezett néhány olyan visszajelzés, amely nem tekinthető relevánsnak, mivel nem a nyomdai előkészítés területéhez kapcsolódnak, mint például a passzerproblémák, vagy a nyomóforma felválása a hengerről. Több olyan visszajelzés is érkezett, melyeket valóban a standard flexónyomdai előkészítés folyamán meg kellene tudnia oldani az előkészítő stúdiónak. Ide soroljuk például a teljesség igénye nélkül az alábbi felvetéseket:

- alacsony százalékos pontok kitörése,
- apró negatív elemek bezáródása,
- szírebontási problémák,

- színátmenetek és árnyékok nyomtatása,
- ha a nyomtatás nem a proof színeit hozza.

Ezeket a problémákat egy megfelelő fingerprint segítségével be lehet határolni, felmérni és kezelni. Még további három megjegyzést emelhetők ki, melyek szintén nem a kapcsolódnak teljesen közvetlenül a fingerprinthez és a standardizáláshoz, de kétségtelenül valós és jelentős gondot okozhatnak:

- termékcsaládok egységesítése – egy termékcsalád tagjai különböznek egymástól a nem megfelelő előkészítés miatt;
- tervező stúdiók szakmaiatlansága – sok kreatív stúdió nem ismeri a flexó technológiát és annak korlátait, ezért olykor megvalósíthatatlan, vagy nem szépen nyomtatható dizájnt küldenek a nyomdákhoz;
- a kommunikáció hiánya.

Az utolsó kérdés hasonlóan a nyomtatási problémák iránt érdeklődött, de nem csak az előkészítésre fókuszált. Az utolsó kérdés így hangzott: *„Vannak visszatérő, bármilyen okból fakadó nyomtatási problémák? Ha igen, milyenek?”* Erre a kérdésre is rendkívül sokrétű válasz érkezett. Ebben az esetben is 22 nyomda válaszolta meg a kérdést, melyekből 9 nyomda jelentette ki, hogy nem küzdenek nyomtatási problémákkal. Azon válaszadóktól, akik jeleztek problémát, a következő válaszok emelhetők ki:

- szellemképes nyomatok – ugyanezt három nyomda is jelezte;
- eltömődő alacsony százaléértékű pontok – két nyomda jelezte ezt a problémát;
- porózusság a kliséillesztésnél – két nyomda panaszkodott a jelenségre;
- nyomóelemek kitöredezése tisztításnál – egy nyomda részéről érkezett ez a panasz.

A többi választ nem soroljuk fel, mivel a kutatás tárgya szempontjából nem relevánsak, mint pl. emberi mulasztás, a nyomdagépek korából adódó problémák, fogaskerekek miatti rezonancia stb. Egy nyomda jelzett ennél a kérdésnél problémát a klisék alapanyagával kapcsolatosan, de nem specifikálta bővebben.

Mivel a flexográfiai nyomtatás a csomagolóanyag gyártás meghatározó technológiája (Horváth, Koltai, 2019), a csomagolóanyagokkal szemben támasztott egyre magasabb követelmények teljesítését is segíti a következő kutatás.

6. Felületérdesítés és mikrocellás struktúrák a flexó nyomóformákon

Ahogy arra már a korábbiakban rámutattunk, a flexó nyomtatással együtt természetesen a nyomdai előkészítés is gyors ütemben fejlődött az elmúlt évtizedekben és megfigyelhetően nem áll le a közeljövőben sem. A legnagyobb kihívása, s egyben legnagyobb szépsége a változatosságában rejlik. Bizonyíthatóan nincs két egyforma nyomdai körülmény, minden egyes nyomdai folyamat különbözik egymástól.

Az eddigi kutatásaink során már foglalkoztunk a síktetejű rácspontokkal dolgozó flexó nyomóformák felületérdesítésével, azonban csak egy bizonyos típusú nyomtatott alapanyagon. Kutatásunk e része keresi a választ azon állítás általánosíthatóságára, hogy a felületi mikrocellás struktúrák minden nyomtatott alapanyagon működnek-e és a nyomdai eredményekben javulást hoznak-e. A következő alfejezet bemutatja az általunk használt és tesztelt felületi struktúrákat.

6.1 A mikrocellák típusai és felépítésük

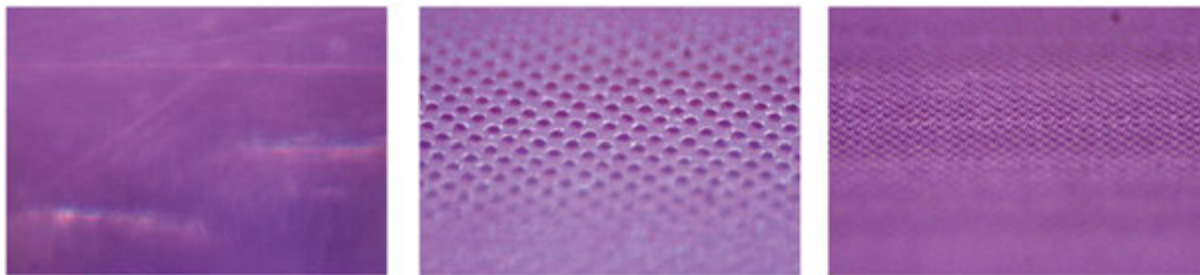
A nyomdai körülmények felmérése minden esetben valós körülmények között lefolytatott teszteléssel történik. A felületérdesítés szükségessége és típusának megválasztása a tesztfolyamat első lépése kell legyen. A linearizációs teszteknek és a fingerprintnek már a választott struktúrával kell készülnie, hiszen a struktúra hatással van a nyomópontok kialakítására és viselkedésére.

Felületi struktúra többféleképpen is alkotható. A szakmában – természetesen - elterjedtebb választás a különböző szoftvert és hardvert gyártó cégek kész fejlesztéseinek, licenceinek a használata. Tesztek folyamán mi is ilyen struktúrákat alkalmaztunk. Lehetséges azonban saját struktúrát is készíteni. Szükséges hozzá a megfelelő grafikai program és egy jó teljesítményű számítógép, hiszen a felületi struktúrák pixel-szinten dolgoznak az adatokkal. A mikrocellás struktúrák fejlesztései és tesztelései azonban már jó néhány éve folynak, s ezért nehéz újat s olyat feltalálni, ami jobban működik minden eddiginél. Érdelesebb azzal foglalkozni, hogy az adott lehetőségeket hogyan lehet a lehető legeffektívebben kihasználni a nyomdai folyamatok során.

A rendelkezésünkre álló forrásoktól függve kutatásaink során az úgynevezett Pixel+ technológia mikrocellás struktúráit használtuk.

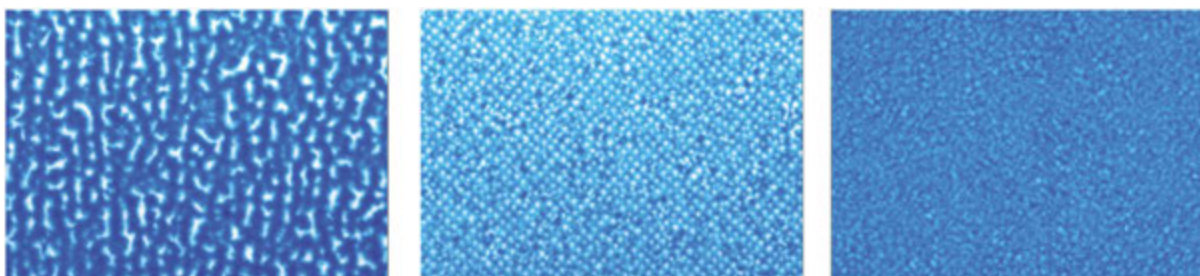
A Pixel+ technológiát az Esko Artworks fejlesztette ki a flat-top rácspontokkal dolgozó kliségyártási technológiák tökéletesítése érdekében. A mikrocellák működési elve abban rejlik, hogy tökéletesítik a festékátadást, homogénebb felületet, jobb fedettséget biztosítanak. Nem az átadott festék mennyiségét növelik, hanem ugyanazt a mennyiséget terítik szét optimalisabban a felületen. Ez a minőségjavulás és optimalizált festékterítés a tónusok denzitási értékeinek növekedésén át

figyelhető meg és értékelhető (SID – Solid Ink Density). A 35 ábrán mutatjuk a fotopolimer nyomóformák felületei közötti különbséget mikroszkóp alatt.



35.ábra: A fotopolimer nyomóforma felülete struktúra nélkül (balra), kezdetleges mikrocellás struktúrával (középen), a Pixel+ MCWSI felületi struktúrával (jobbra) (Forrás: a Plastex s.r.o. archívuma)

A 36.ábrán látható mikroszkópos felvételeken pedig ezekkel a nyomóformákkal kivitelezett nyomtatás eredménye látszik.



36.ábra: Nyomatminta struktúra nélkül (balra), nyomatminta kezdetleges mikrocellás struktúrával (középen), nyomatminta a Pixel+ MCWSI felületi struktúrával (jobbra) (Forrás: a Plastex s.r.o. archívuma)

A mikrocellás nyomóformagyártáshoz elengedhetetlen a megfelelő hardver is, ezesetben a kellő típusú lézeroptika a levilágító (CTP) berendezésekben. A mikrocellák elve egyszerűen abban rejlik, hogy pixel szintre lebontva a lézer a nyomóforma felületén apró, pixel-méretű nyomópontocskákat hoz létre (ezeket a továbbiakban mikrocella pontoknak nevezzük). Ezek természetesen nem hasonlítanak vagy egyeznek meg kialakításban és méretben a normál nyomópontokkal, hiszen nagyságrendekkel kisebbek azoknál, s a nyomtatásban megjelenő nyomópontok jellemzően 8-9 pixel méretűek kimosás előtt. Az egyes struktúrák pedig abban különböznek egymástól, hogy ezeket a mikrocella pontokat milyen logika vagy rendszer alapján viszik fel a nyomóforma felületére. A lézeroptika működési elvével részletesebben foglalkoztunk a 2017-ben íródott diplomamunka keretein belül, ezért erre itt nem térünk ki, csak a kutatás során használt struktúrákkal foglalkozunk.

A mikrocella létrehozását két fő tényező befolyásolja:

- Hová kerül a mikrocella pont a felületen – milyen struktúra?
- Mekkora lesz ez a mikrocella pont – milyen lézererővel világítjuk le a pontot?

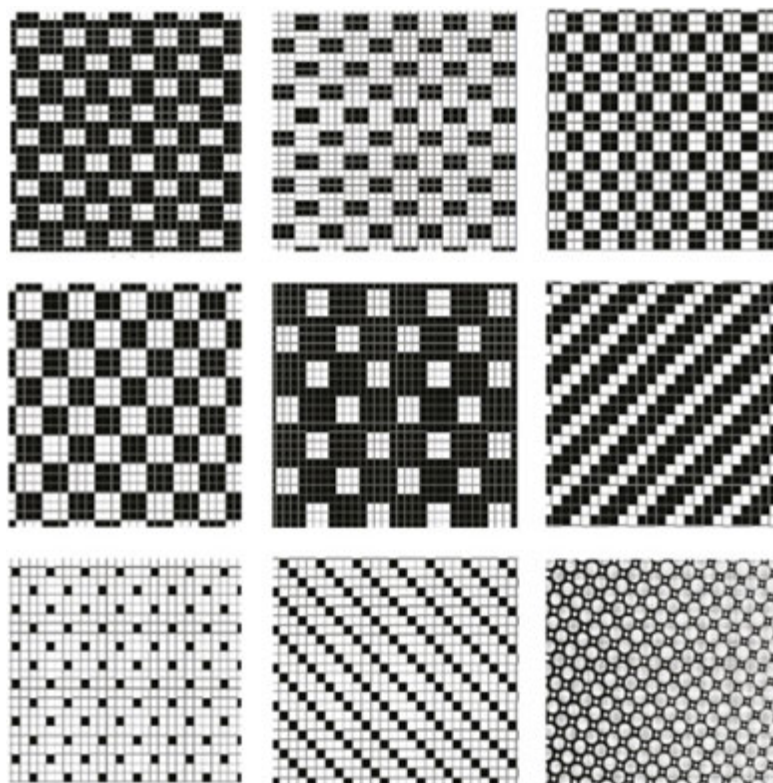
Az állítható lézerteljesítmény elősegíti a struktúra előállítását a nyomóforma felületén. Az érték 100% és 300% között állítható. Ez az érték tájékoztató jellegű és relatív, a teljesítmény CTP

berendezésenként eltérhet. A 100% a legalacsonyabb állítható érték, majd növelhető a teljesítmény. Előre lehetetlen tudni, hogy mely érték és melyik struktúra lesz megfelelő adott nyomdai körülmények között, ezért az összes mindegyiket szükséges kipróbálni.

A rendelkezésre álló és tesztek folyamán használt Pixel+ struktúrák közül az alábbiak mutatják a gyakorlat lapján a legmagasabb eredményességet:

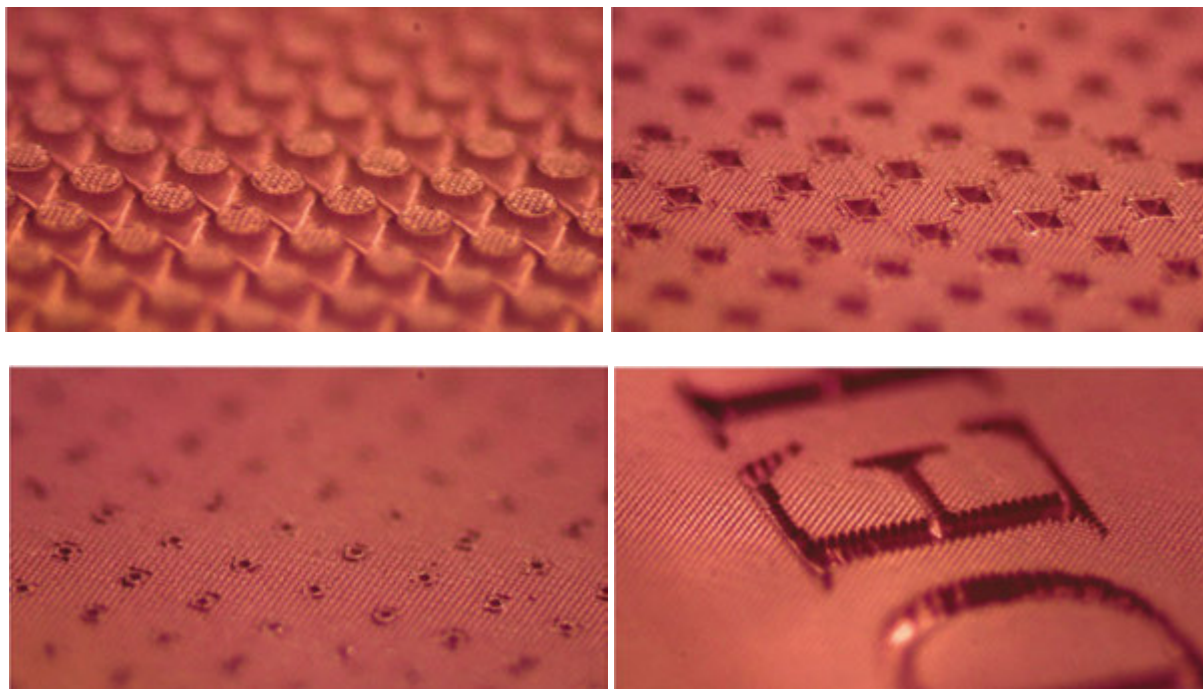
- **MGAB** struktúrák - Az úgynevezett Groovy struktúrák, pontok helyett vonalakat használnak. Az A érték jelenti, hogy mennyi pixel marad ki a struktúrából a B pedig az ismétlődést jelenti pixelben. Példaként az MG25 azt jelenti, hogy 2 üres pixel után jön a vonal, s ez 5 pixelenként ismétlődik.
- **MCAB** struktúrák – Az MC csak a mikrocella rövidítése, az A jelöli a mikrocella méretét magassági irányban pixelekből, a B érték pedig a mikrocella mérete szélességi irányban.
- **WSI** struktúrák - Egy pixeles mikrocella.

Kutatásom során MG és MCWSI struktúrákat teszteltem. A 37. ábrán néhány típusú Pixel+ struktúrát mutatunk. A felvételek Adobe® Photoshop®-ban készültek a levilágításra szánt *.LEN állományokból.



37.ábra: Példák a nyomóformák felületén alkalmazható felületi struktúrákra

A soron következő illusztrációkon – a 38.ábrán - látható a felületi struktúra megjelenése a nyomóformák felületén.



38.ábra: A fotopolimer nyomóformák felületi struktúrái

Mindegyik fényképen a Pixel+ MCWSI struktúrája látható. Az bal felső fotón körülbelül 30%-os érték körüli nyomópontok láthatóak, a jobb felső fotón a százaléérték kb. 70%, a bal alsó fotón pedig 95%. A jobb alsó fotón pedig egy negatív szövegelem látható, melyet tónus vesz körül.

6.2 A nyomdai tesztek kivitelezése

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 alanyon 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 hasonlóan dolgozó tesztalanyok kiválasztása. A négy nyomdában összesen tizenöt fajta alanyra 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 alany szélessége adta meg. Mindegyik nyomdának elkészült egy

„nyomó-klisé“ és egy fehér alányomás az átlátszó alapanyagok nyomtatásához. Arra kértük az egyes flexónyomdákat, hogy cián festékkel is és fekete festékkel is nyomtassák ki a teszteket minden alapanyagra. Ez azért szükséges, mivel a cián nyomatminta eredményeiből relevánsan lehet következtetni a bíbor és a sárga színek nyomdai karakterisztikájára (a bíbor a ciánhoz nagyon hasonlóan viselkedik, a sárga pedig önmagában elég gyengén látható, ezért a nyomdai gyakorlatban az értékelés így szokványos). Külön mintát kértünk azonban a fekete színhez, mert a fekete festék tapasztalataink alapján gyakran mutat más jellemzőket, mint a többi color szín. Gyakran használatos eltérő rácsbeállítás is a fekete színhez. A nyomdák nem kívánták nyilvánosságra hozni kilétüket, ezért csak Nyomda 1-2-3-4 névvel hivatkozunk rájuk. Az alább felsorolt tizenöt alapanyagra készítettem tesztet.

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

A továbbiakban a kapott nyomatminták értékelésével foglalkozunk. A méréseket az X-Rite eXact kézi fotospektrométerével végeztem el. 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 39.ábrán az általam használt fotospektrométer látható.



39.ábra: Az X-Rite eXact fotospektrométere (Forrás: www.xrite.com)

Ebben az alfejezetben a nyomatminták mérési eredményeit mutatjuk be. A nyomathordozók típusa elérhetőség alapján alakult ki. Nem minden esetben elérhető az ipari körülmények közötti tesztelés, azonban a felületérdesítési vizsgálathoz sikerült. A vizsgálathoz a nyomdánál a raktárukon elérhető alapanyagokra készültek a tesztek, mivel bár a kiválasztott nyomdák gépparkja nagyon hasonló, több esetben a nyomdagép típusa is megegyezik, a megrendelésállományuk azonban különböző. Egy közös alapanyag merült fel mindegyiküknél, ami a fehér öntapadó papír. Ez az alapanyag valószínűleg a címkegyártás leggyakrabban használt alapanyaga. Összesítve az alábbi típusú nyomathordozókra készült minta:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Fehér papír | 6. Fehér polipropilén (ide tartozik a LIM Wh anyag is) |
| 2. Ezüst papír | 7. Fehér polietilén |
| 3. Kreatív papír | 8. Átlátszó polietilén |
| 4. Átlátszó polipropilén | 9. Átlátszó poliészter |
| 5. Ezüst polipropilén | |

Minden egyes nyomatmintán végig mértem a tesztelt felületi struktúrák denzitás értékeit, illetve optikai kontrollt is végeztem a mérőmezők homogenitásával kapcsolatosan. Mindegyik nyomóforma ugyanabból az alapanyagból készült, ami a MacDermid LUX ITP™ 60 lemeze. Ez egy digitális nyomóforma inherens flat-top nyomópontképzéssel. Mindegyik nyomda UV festékkel nyomtatta a tesztek. A nyomdagépek között fennálló különbségek nem meghatározhatóak. Az első nyomatminta eredményei a 3. táblázat adatai szerint alakultak.

3.táblázat: Nyomda 1 eredményei fehér öntapadó papír (Raflacoat) alapanyagon

Nyomda 1		Cíán denzitás értékei				Fekete denzitás értékei			
		%	Solid	MCWSI	MG34	%	Solid	MCWSI	MG34
Alapanyag	PAP	150	1,64	0,00	0,48	150	1,52	0,14	0,75
A teszt időpontja	2024.01.23	160	1,63	0,09	0,81	160	1,50	0,30	1,08
Kliséalapanyag	MacDermid LUX ITP™ 60	170	1,62	0,27	1,06	170	1,50	0,73	1,25
Nyomdagép	Gidue Combat M1	180	1,63	0,47	1,32	180	1,50	0,94	1,35
Nyomtatási sebesség	60 m/perc	190	1,62	0,56	1,41	190	1,50	1,01	1,40
Festék típusa	UV (Flint Flexocure)	200	1,61	0,61	1,49	200	1,50	1,15	1,46
Anilox - cíán	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	210	1,26	0,72	1,54	210	1,52	1,15	1,51
Anilox - fekete	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	220	2,10	0,82	1,58	220	1,51	1,22	1,50
		230	2,02	1,04	1,58	230	1,51	1,17	1,50
		240	2,03	1,17	1,58	240	1,51	1,17	1,50
		250	1,89	1,30	1,60	250	1,50	1,28	1,50
		260	1,71	1,38	1,60	260	1,51	1,39	1,51
		270	1,70	1,49	1,59	270	1,52	1,45	1,51
		280	1,69	1,56	1,61	280	1,52	1,47	1,49
		290	1,68	1,60	1,60	290	1,50	1,47	1,48
		300	1,30	1,61	1,60	300	1,51	1,49	1,50

Az első nyomda egy Gidue Combat M1 nyomdagépen készítette a teszteket. A gép pályaszélessége 370 mm, nyomatszélessége 360 mm és 10 színig lehet vele nyomtatni. Flint festékek kerültek a nyomdagépbe és mindkét szín esetében a csatornavésett Apex GTT S-es hengereket használták a nyomatokhoz, melyek kimerítése $3,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$. Az első vizsgált nyomatminta egy általánosan használt fehér öntapadó papírra készült. Tudomásunk szerint ez az egyik leggyakrabban használt papír alapú címke alapanyag. A papír és a pályaszélesség miatt a struktúra nélküli tónusos (solid) mező és két típusú struktúra fért fel a tesztnyomóformára. Láthatjuk az eredményt, hogy a cián esetében a struktúra nélküli denzitás legmagasabb értéke valamivel 2 felett van, míg a struktúrával ellátott felületek maximális értéke 1,61. A fekete festék esetében az eredmény kiegyenlítettebb, itt a lézerteljesítmény felső intervallumában majdnem kiegyenlítettek az értékek mindegyik mezőt tekintve. Gyakorlati szemmel nézve ezen az alapanyagon nem érdemes felületi mikrocellát használni, mert nem hoz javulást a fedettségben, denzitásban. Eredmény: **sima tónus produkálja a legjobb eredményt, nem működik a felületérdesítés ezen az alapanyagon.**

4.táblázat: Nyomda 1 eredményei ezüst öntapadó papír alapanyagon:

Nyomda 1		Cián denzitás értékei				Fekete denzitás értékei			
		%	Solid	MCWSI	MG34	%	Solid	MCWSI	MG34
Alapanyag	PAP SL	150	1,26	0,13	0,55	150	1,17	0,13	0,59
A teszt időpontja	2024.01.23	160	1,25	0,25	0,74	160	1,16	0,26	0,77
Kliséalapanyag	MacDermid LUX ITP™ 60	170	1,28	0,64	0,78	170	1,18	0,69	0,81
Nyomdagép	Gidue Combat M1	180	1,24	0,77	0,88	180	1,15	0,93	0,91
Nyomtatási sebesség	60 m/perc	190	1,25	1,02	1,00	190	1,13	1,22	1,03
Festék típusa	UV (Flint Flexocure)	200	1,24	1,25	1,05	200	1,12	1,22	1,08
Anilox - cián	Apex GTT S $3,5\text{cm}^3/\text{m}^2$	210	1,27	1,34	1,07	210	1,15	1,33	1,10
Anilox - fekete	Apex GTT S $3,5\text{cm}^3/\text{m}^2$	220	1,24	1,21	1,07	220	1,14	1,35	1,10
		230	1,22	1,29	1,20	230	1,13	1,24	1,23
		240	1,25	1,19	1,18	240	1,14	1,21	1,21
		250	1,25	1,26	1,15	250	1,15	1,24	1,18
		260	1,22	1,24	1,11	260	1,17	1,28	1,14
		270	1,26	1,31	1,21	270	1,16	1,27	1,24
		280	1,27	1,33	1,22	280	1,13	1,26	1,25
		290	1,25	1,30	1,19	290	1,13	1,21	1,22
		300	1,25	1,28	1,15	300	1,20	1,20	1,18

A második alapanyag az 1.számú nyomdánál az ezüstpapír volt. Szintén egy öntapadó papírról van szó, csillogó ezüst felülettel. A nyomtatás paraméterei megegyeztek az első nyomatminta körülményeivel. Itt azt látható (4. táblázat), hogy az MCWSI struktúra egy kicsivel jobban szerepelt, mint a „kezeletlen“, sima felület. A cián esetében a sima tónus maximális denzitás értéke 1,27, az MCWSI struktúráé 1,34 210%-os lézerteljesítmény mellett. Aggodalomra ad okot

azonban, hogy a 200% és a 220% értéke viszont egy tizeddel alacsonyabb, tehát gyártásban alkalmazva ez a választás nem tűnik biztonságosnak. Célszerűbb olyan tartományt választani, ahol néhány egymást követő érték hasonlatos, mivel esetlegesen egy kissé ingadozó lézerteljesítmény esetén sem kapunk rossz eredményt. Tehát ezesetben a cián színnél a 270%-280% százalékos lézerteljesítmény mellett alkalmazott MCWSI struktúrát tartjuk a legjobbnak. A fekete szín esetében kicsivel alacsonyabb értékeket kaptunk a tónus és a struktúra esetében is, de itt is mutat emelkedést az MCWSI a sima tónushoz képest. Célszerű azonos beállítást választani mindegyik színhez, ezért a feketénél a ciánnál is megfelelő 260-270% teljesítményt és az MCWSI struktúrát tartjuk befutónak, mivel bár a feketénél a denzitás magasabb 210-220% körül, azonban a ciánnál ez az érték nem megfelelő. Az ezüstpapírnál tehát megfigyelhettük a mikrocéllás struktúra alkalmazásának pozitív eredményét. Eredmény: **MCWSI 270% (növekedés 0,05-0,1)**

A harmadik nyomatminta egy fóliaalapú anyag: az átlászó, öntapadó polipropilén. A nyomtatás paraméterei megegyeznek az első mintáéval, az eredményei az 5. táblázat adatai szerint alakultak:

5.táblázat: Nyomda 1 eredményei átlászó öntapadó polipropilén alanyagon

Nyomda 1		Cián denzitás értékei				Fekete denzitás értékei			
		%	Solid	MCWSI	MG34	%	Solid	MCWSI	MG34
Alapanyag	PP TR	150	1,30	0,12	0,63	150	1,18	0,13	0,52
A teszt időpontja	2024.01.23	160	1,30	0,26	0,82	160	1,18	0,27	0,71
Kliséalapanyag	MacDermid LUX ITP™ 60	170	1,30	0,70	0,86	170	1,19	0,76	0,75
Nyomdagép	Gidue Combat M1	180	1,29	0,94	0,96	180	1,18	0,96	0,85
Nyomtatási sebesség	60 m/perc	190	1,28	1,21	1,08	190	1,17	1,34	0,97
Festék típusa	UV (Flint Flexocure)	200	1,29	1,34	1,13	200	1,18	1,42	1,02
Anilox - cián	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	210	1,28	1,42	1,15	210	1,18	1,40	1,04
Anilox - fekete	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	220	1,28	1,41	1,15	220	1,18	1,38	1,04
		230	1,24	1,35	1,28	230	1,17	1,33	1,17
		240	1,26	1,25	1,26	240	1,18	1,28	1,15
		250	1,26	1,24	1,23	250	1,16	1,26	1,12
		260	1,26	1,30	1,19	260	1,15	1,29	1,08
		270	1,29	1,34	1,29	270	1,19	1,31	1,18
		280	1,29	1,37	1,30	280	1,19	1,31	1,19
		290	1,30	1,37	1,27	290	1,18	1,30	1,16
		300	1,28	1,34	1,23	300	1,17	1,23	1,12

Mind a cián, mind a fekete festék esetében az MCWSI struktúra jelentősnek tekinthető javulást hozott ugyanabban a tartományban. A cián esetében 0,14-es denzitás emelkedés figyelhető meg a 210%-os lézerteljesítmény mellett, a fekete festék esetében ugyanitt 0,22 javulást figyelhetünk meg, ami pozitív eredményt hoz elő mintán is. Eredmény: **MCWSI 210% (növekedés 0,14-0,22)**

6.táblázat: Nyomda 1 eredményei ezüst öntapadó polipropilén alapanyagon

Nyomda 1		Cián denzitás értékei				Fekete denzitás értékei			
		%	Solid	MCWSI	MG34	%	Solid	MCWSI	MG34
Alapanyag	PP SL	150	1,31	0,17	0,48	150	1,21	0,16	0,43
A teszt időpontja	2024.01.23	160	1,32	0,34	0,67	160	1,21	0,33	0,62
Kliséalapanyag	MacDermid LUX ITP™ 60	170	1,35	0,73	0,71	170	1,21	0,73	0,66
Nyomdagép	Gidue Combat M1	180	1,30	0,82	0,81	180	1,20	0,96	0,76
Nyomtatási sebesség	60 m/perc	190	1,30	1,06	0,93	190	1,22	1,13	0,88
Festék típusa	UV (Flint Flexocure)	200	1,28	1,31	0,98	200	1,20	1,26	0,93
Anilox - cián	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	210	1,31	1,36	1,00	210	1,22	1,18	0,95
Anilox - fekete	Apex GTT S 3,5cm ³ /m ²	220	1,29	1,36	1,00	220	1,19	1,29	0,95
		230	1,29	1,29	1,13	230	1,17	1,21	1,08
		240	1,31	1,22	1,11	240	1,17	1,19	1,06
		250	1,31	1,24	1,08	250	1,21	1,24	1,03
		260	1,32	1,29	1,04	260	1,21	1,26	0,99
		270	1,35	1,34	1,14	270	1,21	1,29	1,09
		280	1,32	1,33	1,15	280	1,22	1,30	1,10
		290	1,28	1,29	1,12	290	1,21	1,29	1,07
		300	1,32	1,32	1,08	300	1,20	1,24	1,03

Az öntapadó ezüst polipropilén esetében nem annyira egyértelmű az eredmény, mint az átlátszó polipropilén esetében (6. táblázat). Az MG 34-es struktúra nem működik ezen az alapanyagon sem. Valószínűsíthetjük, hogy a vonalas mikrocella struktúra és a csatornavésett aniloxhenger nem működik annyira jól együtt. A cián esetében az MCWSI struktúra és a sima tónus eredményei nagyon közel vannak egymáshoz, ezért a fekete festék eredményeit vesszük alapul a döntéshez. A 260%-tól 290%-ig mért értékek a legjobbak, a cián esetében is elfogadható eredmény született 270%-os értéknél, ezért elmondhatjuk, hogy ajánlott a felületi struktúra használata.

Eredmény: **MCWSI 270% (növekedés 0,00-0,08)**

A következő nyomatminta már a második nyomdából származik (7. táblázat).

7.táblázat: Nyomda 2 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon

Nyomda 2												
Alapanyag		PAP										
A teszt időpontja		2024.02.14										
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60										
Nyomdagép		Mark Andy Evolution										
Nyomtatási sebesség		82 m/perc										
Festék típusa		UV (Toyo)										
Anilox - cián		Cheshire Proflow 550 lcm / 3,2cm ³ /m ²										
Anilox - fekete		Cheshire Maxflow 500 lcm / 3,8cm ³ /m ²										
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei					
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25	
150	1,38	0,15	0,41	0,48	1,32	1,28	150	1,72	0,19	0,56	0,75	1,61
160	1,37	0,30	0,52	0,77	1,33	1,28	160	1,73	0,39	0,76	1,04	1,67
170	1,37	0,36	0,77	0,91	1,33	1,29	170	1,77	0,67	1,04	1,19	1,77
180	1,38	0,40	0,88	0,98	1,32	1,29	180	1,77	0,80	1,18	1,54	1,81
190	1,37	0,46	0,99	1,20	1,35	1,32	190	1,79	0,93	1,43	1,67	1,80
200	1,37	0,52	1,15	1,28	1,35	1,31	200	1,72	0,92	1,44	1,59	1,65
210	1,38	0,62	1,23	1,35	1,36	1,32	210	1,71	1,08	1,52	1,64	1,65
220	1,37	0,69	1,30	1,36	1,37	1,32	220	1,73	1,07	1,62	1,72	1,69
230	1,36	0,71	1,36	1,37	1,37	1,32	230	1,73	1,17	1,67	1,74	1,70
240	1,35	0,86	1,37	1,37	1,35	1,31	240	1,75	1,20	1,73	1,76	1,72
250	1,36	0,92	1,38	1,35	1,34	1,29	250	1,72	1,22	1,75	1,75	1,70
260	1,36	0,99	1,42	1,39	1,35	1,31	260	1,71	1,25	1,72	1,70	1,65
270	1,36	1,03	1,41	1,39	1,33	1,30	270	1,72	1,44	1,73	1,72	1,64
280	1,37	1,10	1,41	1,38	1,34	1,26	280	1,73	1,51	1,75	1,74	1,68
290	1,37	1,11	1,40	1,38	1,35	1,28	290	1,72	1,62	1,78	1,79	1,76
300	1,36	1,17	1,40	1,41	1,33	1,28	300	1,77	1,70	1,78	1,83	1,80

A 2. számú nyomda esetében szélesebb volt a nyomdagép és az alapanyag is, így 3 típusú struktúrát is tudtunk tesztelni. A „groovy“, azaz vonalas típusú mikrocellázásnál kétféleképpen fordítható a struktúra, mindkét irányt próbáltuk mindkettőnél. Az eredmények kissé el is térnek egymástól. Megfigyelhetjük, hogy a sima tónus denzitásértéke a ciánnál 1,36-1,37 körül mozog a feketénél pedig egészen 1,72-1,73. A felületi struktúráknál egyik sem működött igazán jól. A fekete festéknél csak elszórtan ugrik ki egy-egy mező, ami a termelés szempontjából nem egy biztonságos megoldás. A cián színnél van egy stabilnak tűnő tartomány 260%-os lézerteljesítménytől 300%-ig, azonban a denzitás érték mindössze 0,03-0,05-ös növekedést mutat, ami gyakorlatilag elhanyagolható. Megállapíthatjuk tehát, hogy a felületi struktúra nem hozott javulást.

Eredmény: **sima tónus**

8.táblázat: Nyomda 2 eredményei fehér öntapadó polietilén alapanyagon

Nyomda 2													
Alapanyag		PE WH											
A teszt időpontja		2024.02.14											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Mark Andy Evolution											
Nyomtatási sebesség		82 m/perc											
Festék típusa		UV (Toyo)											
Anilox - cián		Cheshire Proflow 550 lcm / 3,2cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		Cheshire Maxflow 500 lcm / 3,8cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,24	0,27	0,76	0,75	1,32	1,29	150	1,58	0,31	0,88	0,94	1,71	1,7
160	1,23	0,50	0,87	1,07	1,29	1,28	160	1,55	0,60	1,08	1,48	1,66	1,67
170	1,23	0,76	1,07	1,19	1,30	1,28	170	1,45	0,82	1,29	1,52	1,53	1,58
180	1,22	0,83	1,20	1,22	1,29	1,28	180	1,47	0,93	1,47	1,63	1,53	1,57
190	1,24	1,20	1,26	1,29	1,32	1,31	190	1,48	1,21	1,61	1,67	1,59	1,62
200	1,23	1,03	1,27	1,30	1,32	1,30	200	1,52	1,29	1,62	1,63	1,6	1,64
210	1,24	1,16	1,30	1,31	1,32	1,30	210	1,53	1,40	1,64	1,59	1,61	1,65
220	1,23	1,18	1,31	1,26	1,31	1,29	220	1,49	1,48	1,55	1,53	1,54	1,63
230	1,23	1,24	1,31	1,26	1,31	1,30	230	1,43	1,53	1,48	1,46	1,47	1,53
240	1,24	1,28	1,28	1,25	1,31	1,30	240	1,43	1,61	1,48	1,47	1,43	1,52
250	1,23	1,27	1,26	1,24	1,31	1,29	250	1,41	1,62	1,43	1,45	1,44	1,49
260	1,23	1,27	1,27	1,24	1,31	1,31	260	1,46	1,66	1,49	1,52	1,53	1,58
270	1,20	1,25	1,25	1,22	1,28	1,30	270	1,49	1,72	1,53	1,52	1,57	1,64
280	1,21	1,26	1,25	1,23	1,27	1,29	280	1,48	1,70	1,53	1,53	1,57	1,63
290	1,20	1,27	1,25	1,22	1,28	1,31	290	1,42	1,60	1,42	1,42	1,44	1,56
300	1,20	1,29	1,23	1,23	1,26	1,29	300	1,40	1,57	1,43	1,44	1,48	1,54

A második nyomda második tesztelt alapanyaga az öntapadó fehér polietilén volt, érdekesen alakultak az eredményei (8. táblázat). A sima tónus értékei 1,23 körül mozogtak, struktúrával majdnem 0,1 javulást tudtunk elérni és ezt több beállítás is hozta. Fekete festéknél a sima tónus denzitása 1,45 körül mozgott, a mikrocellázott felületek közül pedig egymástól távol lévő teljesen eltérő mezők hozták a legjobb eredményt. Látható, hogy a felületi struktúra mindenféleképpen javulást mutat, de kompromisszumos megoldásra van szükség. Véleményünk szerint jelen esetben a legjobb megoldás a jobboldali MG34-es felület 200%-os lézerteljesítménnyel, mivel az értékek megközelítik a maximálisan elérhetőt és mindkét szín esetében az elfogadhatóak.

Eredmény: **MG34 200% (növekedés 0,07-0,11)**

Következő a 2. számú nyomda utolsó alapanyaga, az öntapadó átlátszó polipropilén 9. táblázat).

9.táblázat: Nyomda 2 eredményei öntapadó átlátszó polipropilén alapanyagon

Nyomda 2													
Alapanyag		PP WH											
A teszt időpontja		2024.02.14											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Mark Andy Evolution											
Nyomtatási sebesség		82 m/perc											
Festék típusa		UV (Toyo)											
Anilox - cián		Cheshire Proflow 550 lcm / 3,2cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		Cheshire Maxflow 500 lcm / 3,8cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,12	0,19	0,51	0,48	1,18	1,13	150	1,29	0,25	0,72	0,70	1,43	1,44
160	1,13	0,43	0,62	0,74	1,15	1,15	160	1,40	0,49	0,93	1,26	1,52	1,55
170	1,15	0,47	0,79	1,03	1,19	1,13	170	1,37	0,68	1,27	1,59	1,55	1,55
180	1,15	0,55	0,95	1,21	1,18	1,16	180	1,35	0,83	1,47	1,69	1,55	1,52
190	1,17	0,71	1,16	1,28	1,23	1,27	190	1,37	1,04	1,53	1,65	1,55	1,59
200	1,13	0,78	1,18	1,20	1,20	1,20	200	1,31	1,01	1,43	1,43	1,44	1,46
210	1,15	0,95	1,19	1,15	1,18	1,14	210	1,29	1,27	1,41	1,37	1,39	1,42
220	1,11	0,99	1,17	1,11	1,13	1,17	220	1,25	1,36	1,36	1,32	1,38	1,43
230	1,11	0,97	1,14	1,10	1,13	1,16	230	1,32	1,59	1,37	1,38	1,42	1,49
240	1,12	1,09	1,13	1,11	1,11	1,15	240	1,33	1,64	1,35	1,35	1,45	1,49
250	1,11	1,22	1,11	1,10	1,10	1,14	250	1,29	1,58	1,34	1,36	1,40	1,43
260	1,10	1,25	1,11	1,10	1,14	1,15	260	1,26	1,56	1,31	1,30	1,33	1,48
270	1,09	1,25	1,13	1,10	1,12	1,16	270	1,26	1,55	1,31	1,28	1,36	1,44
280	1,11	1,27	1,11	1,13	1,13	1,15	280	1,31	1,54	1,35	1,34	1,49	1,49
290	1,16	1,28	1,16	1,16	1,13	1,15	290	1,38	1,60	1,42	1,45	1,50	1,51
300	1,14	1,24	1,16	1,15	1,10	1,17	300	1,39	1,54	1,43	1,43	1,50	1,54

A cián festék eredménye meggyőző és világos, látszik az MCWSI struktúra előnye a 260%-290%-os lézer teljesítmény tartományában, ahol 0,12 – 0,16 denzitás emelkedést hozott. A fekete szín jó eredményeket mutat az MG34 alsó szektorában, azonban jók az eredmények a ciánhoz hasonlatos részen is, ezért célszerűbb a levilágítás irányától független struktúrát választani, mint az MCWSI. Optimális beállításnak ezért az MCWSI struktúrát látjuk 290%-os lézererővel.

Eredmény: **MCWSI 290% (növekedés 0,12-0,22)**

A soron következő minta már a harmadik nyomdából származik.

10.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér in-mold poliészter alapanyagon

Nyomda 3													
Alapanyag		LIM WH											
A teszt időpontja		2023.07.19											
Klisé alapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Omet XFlex 530											
Nyomtatási sebesség		100 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Siegwerk)											
Anilox - cián		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,28	0,19	0,99	1,02	1,18	1,11	150	1,20	0,19	1,02	1,00	1,11	1,12
160	1,24	0,40	1,12	1,11	1,15	1,15	160	1,18	0,45	1,12	1,11	1,15	1,15
170	1,22	0,53	1,12	1,13	1,17	1,13	170	1,25	0,73	1,12	1,13	1,17	1,13
180	1,21	0,58	1,18	1,16	1,18	1,16	180	1,27	0,85	1,13	1,11	1,13	1,15
190	1,17	0,66	1,15	1,16	1,23	1,13	190	1,24	1,06	1,13	1,16	1,13	1,16
200	1,13	0,77	1,19	1,20	1,20	1,20	200	1,24	1,23	1,15	1,16	1,23	1,13
210	1,11	0,83	1,18	1,14	1,18	1,14	210	1,29	1,27	1,19	1,20	1,20	1,20
220	1,09	0,91	1,13	1,11	1,13	1,15	220	1,28	1,27	1,12	1,14	1,14	1,15
230	1,07	0,97	1,13	1,16	1,13	1,16	230	1,25	1,27	1,10	1,16	1,10	1,16
240	1,13	1,12	1,11	1,14	1,09	1,15	240	1,20	1,24	1,13	1,15	1,13	1,16
250	1,14	1,13	1,15	1,13	1,10	1,12	250	1,15	1,23	1,13	1,16	1,13	1,16
260	1,17	1,21	1,12	1,14	1,14	1,15	260	1,11	1,22	1,11	1,14	1,09	1,15
270	1,20	1,31	1,10	1,16	1,10	1,16	270	1,12	1,28	1,15	1,13	1,10	1,12
280	1,20	1,35	1,13	1,15	1,13	1,16	280	1,13	1,33	1,12	1,11	1,15	1,15
290	1,19	1,28	1,11	1,11	1,13	1,16	290	1,13	1,32	1,12	1,13	1,17	1,13
300	1,16	1,20	1,10	1,17	1,10	1,17	300	1,17	1,24	1,11	1,11	1,13	1,16

A harmadik nyomda esetében egy Omet XFlex 530-as nyomdagépen készültek a vizsgálati minták. Az első tesztelt alapanyag egy fehér in-mold poliészter. Az IML (In-Mold Label) egy speciális címke, amelyet a hordozó hőformázásának folyamata során a pohárhoz, tégelyhez, stb. olvasztanak. Megjelenésében nagyon hasonlít a fehér polipropilénhez. A harmadik nyomda esetében is háromfajta struktúra fért fel a sima tónus tesztmezői mellé. A 10. táblázatban látható, hogy a vonalas struktúrák nem hoztak jó eredményt, viszont az egy pixeles mikrocella, az MCWSI használható denzitás emelkedést mutat. Nagyban megkönnyíti az értékelést az is, hogy mind a cián, mind a fekete festék esetében ugyanabban a tartományban születtek a jó eredmények.

Eredmény: **MCWSI 280% (növekedés 0,15-0,20)**

11. táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon

Nyomda 3													
Alapanyag		PAP											
A teszt időpontja		2023.07.19											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Omet XFlex 530											
Nyomtatási sebesség		100 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Siegwirk)											
Anilox - cián		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,41	0,19	1,11	1,09	1,12	1,10	150	1,57	0,20	0,99	1,02	1,05	1,08
160	1,41	0,32	1,13	1,11	1,14	1,08	160	1,59	0,46	1,12	1,08	1,13	1,12
170	1,41	0,41	1,12	1,08	1,13	1,12	170	1,57	0,66	1,15	1,13	1,16	1,14
180	1,43	0,52	1,15	1,13	1,16	1,14	180	1,58	0,77	1,16	1,10	1,17	1,12
190	1,46	0,63	1,16	1,10	1,17	1,12	190	1,58	0,93	1,13	1,11	1,13	1,15
200	1,48	0,78	1,17	1,16	1,18	1,15	200	1,58	1,07	1,13	1,16	1,13	1,16
210	1,47	0,90	1,16	1,14	1,17	1,16	210	1,60	1,22	1,15	1,16	1,23	1,13
220	1,45	0,94	1,16	1,14	1,17	1,15	220	1,59	1,23	1,19	1,20	1,20	1,20
230	1,47	1,00	1,17	1,15	1,18	1,16	230	1,60	1,27	1,13	1,16	1,13	1,16
240	1,42	1,06	1,20	1,18	1,21	1,19	240	1,62	1,35	1,11	1,14	1,09	1,15
250	1,40	1,11	1,19	1,16	1,20	1,17	250	1,61	1,36	1,15	1,13	1,10	1,12
260	1,38	1,13	1,20	1,18	1,21	1,19	260	1,59	1,37	1,12	1,11	1,15	1,15
270	1,37	1,22	1,15	1,11	1,16	1,13	270	1,59	1,40	1,31	1,28	1,36	1,44
280	1,38	1,27	1,13	1,11	1,14	1,12	280	1,59	1,47	1,35	1,34	1,49	1,49
290	1,38	1,31	1,13	1,11	1,14	1,10	290	1,61	1,52	1,42	1,45	1,50	1,51
300	1,39	1,31	1,11	1,09	1,12	1,10	300	1,58	1,55	1,36	1,44	1,31	1,28

A második alapanyag a rendkívül gyakori öntapadó fehér papír volt. A háromfajta struktúra eredményeit látva (11. táblázat) megállapíthatjuk, hogy egyik sem működött jól ezen az alapanyagon. Mindkét festék esetében a sima tónus tartományába eső mezők hozták a legmagasabb denzitás értékeket.

Itt egy negatív példát láthatunk a nem megfelelően kiválasztott felület hatásaira a nyomatképen, illetőleg megmutatkozik a kutatásunk gyakorlati értelme is, hiszen, ha jól választunk felületi struktúrát, akár 0,3 denzitás növekedést is elérhetünk, ha rosszul ugyanennyi denzitás csökkenés lehet az eredmény, s ez csak egy dolog a nyomatképet befolyásoló tényezők közül.

Eredmény: **sima tónus**

12.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér öntapadó kreatív papír alapanyagon

Nyomda 3													
Alapanyag		PAP KR											
A teszt időpontja		2023.07.19											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Omet XFlex 530											
Nyomtatási sebesség		100 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Siegwerk)											
Anilox - cián		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		400 l/cm, 3 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,04	0,20	0,90	0,92	0,93	0,93	150	1,16	0,25	0,95	0,97	0,98	0,98
160	1,00	0,39	0,92	0,94	0,95	0,91	160	1,13	0,77	0,97	0,99	1,00	0,96
170	0,99	0,52	0,91	0,91	0,94	0,95	170	1,14	0,79	0,96	0,96	0,99	1,00
180	0,91	0,61	0,94	0,96	0,97	0,97	180	1,16	0,91	0,99	1,01	1,02	1,02
190	0,96	0,61	0,95	0,93	0,98	0,95	190	1,12	0,95	1,00	0,98	1,03	1,00
200	0,95	0,64	0,96	0,99	0,99	0,98	200	1,15	0,91	1,01	1,04	1,04	1,03
210	0,95	0,68	0,95	0,97	0,98	0,99	210	1,04	0,91	1,00	1,02	1,03	1,04
220	0,98	0,66	0,95	0,97	0,98	0,98	220	1,04	0,91	1,00	1,02	1,03	1,03
230	1,02	0,78	0,96	0,98	0,99	0,99	230	1,04	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04
240	1,04	0,76	0,99	1,01	1,02	1,02	240	1,02	0,98	1,04	1,06	1,07	1,07
250	1,05	0,79	0,98	0,99	1,01	1,00	250	1,06	0,99	1,03	1,04	1,06	1,05
260	1,05	0,80	0,99	1,01	1,02	1,02	260	1,04	1,05	1,04	1,06	1,07	1,07
270	1,06	0,86	0,94	0,94	0,97	0,96	270	1,11	1,09	0,99	0,99	1,02	1,01
280	1,02	0,90	0,92	0,94	0,95	0,95	280	1,15	1,16	0,97	0,99	1,00	1,00
290	1,00	0,97	0,92	0,94	0,95	0,93	290	1,17	1,06	0,97	0,99	1,00	0,98
300	0,98	0,94	0,90	0,92	0,93	0,93	300	1,13	1,06	0,95	0,97	0,98	0,98

A harmadik nyomda harmadik tesztelt alapanyaga az úgynevezett kreatív papír volt. Egy fehér papírról van szó, azonban a felülete nem sima, struktúra látszik benne. Az alapanyag felülete bár felhasználói szemmel érdekes lehet, a nyomtatást azonban eléggé megnehezíti. Ezt mutatják az eredményeink is (12. táblázat). Látszik, hogy az eddigi két alapanyaghoz képest is lefelé mozdult a sima tónus denzitásának értéke, a struktúrák pedig az eddigi legalacsonyabb értékeket hozták. Egyedül a fekete festék esetében közelítik meg az MCWSI struktúra értékei a sima felületét, azt is csak a lézerteljesítmény felső tartományában. Viszont az is látható, hogy mindösszesen egyetlen mezőről van szó, s ez a korábbiakban említettek szempontjából egyébként sem lenne megbízható megoldás a gyártás szempontjából.

Eredmény: **sima tónus**

A soron következő alapanyag egy nem öntapadó átlátszó poliészter. Ezt az alapanyagot főként üdítő-, ásványvizes címkékhez használják.

13.táblázat: Nyomda 3 eredményei átlátszó poliészter alapanyagon

Nyomda 3													
Alapanyag							PET TR						
A teszt időpontja							2023.07.19						
Kliséalapanyag							MacDermid LUX ITP™ 60						
Nyomdagép							Omet XFlex 530						
Nyomtatási sebesség							100 m/perc						
Festék típusa							UV (Flint, Siegwirk)						
Anilox - cián							400 l/cm, 3 cm ³ /m ²						
Anilox - fekete							400 l/cm, 3 cm ³ /m ²						
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,24	0,28	0,78	0,77	1,35	1,33	150	1,35	0,29	0,90	0,98	1,66	1,63
160	1,19	0,51	0,89	1,09	1,32	1,32	160	1,35	0,71	1,10	1,52	1,61	1,60
170	1,18	0,50	1,09	1,21	1,33	1,32	170	1,34	0,81	1,31	1,56	1,48	1,51
180	1,17	0,61	1,22	1,24	1,32	1,32	180	1,35	0,94	1,49	1,67	1,48	1,50
190	1,15	0,67	1,28	1,31	1,35	1,35	190	1,33	1,22	1,63	1,71	1,54	1,55
200	1,19	0,83	1,29	1,32	1,35	1,34	200	1,32	1,33	1,64	1,67	1,55	1,57
210	1,21	1,02	1,32	1,33	1,35	1,34	210	1,36	1,53	1,66	1,63	1,56	1,58
220	1,21	1,08	1,33	1,28	1,34	1,33	220	1,23	1,36	1,57	1,57	1,49	1,56
230	1,23	1,25	1,33	1,28	1,34	1,34	230	1,22	1,34	1,50	1,50	1,42	1,46
240	1,24	1,32	1,30	1,27	1,34	1,34	240	1,23	1,41	1,50	1,51	1,38	1,45
250	1,23	1,33	1,28	1,26	1,34	1,33	250	1,22	1,42	1,45	1,49	1,39	1,42
260	1,22	1,32	1,29	1,26	1,34	1,35	260	1,24	1,49	1,51	1,56	1,48	1,51
270	1,19	1,35	1,27	1,24	1,31	1,34	270	1,26	1,53	1,55	1,56	1,52	1,57
280	1,14	1,32	1,27	1,25	1,30	1,33	280	1,32	1,59	1,55	1,57	1,52	1,56
290	1,14	1,29	1,27	1,24	1,31	1,35	290	1,34	1,56	1,44	1,46	1,39	1,49
300	1,13	1,27	1,25	1,25	1,29	1,33	300	1,33	1,42	1,45	1,48	1,43	1,47

Az előző alapanyag denzitás értékeihez képest a sima felületű poliészter magasabb értékeket mutat általánosan is (13. táblázat). A sima tónus értékei 1,2 denzitás körül mozognak. Az átlátszó poliészteren jól szerepelt gyakorlatilag minden struktúra. Az MCWSI a leggyártásfüggetlenebb struktúra, így az MCWSI-t részesítenénk előnyben, ha lehetséges. A legmagasabb értéket a cián 270%-os lézer teljesítmény mellett mutatta. Ugyanebben a tartományban érdekesek a fekete festék eredményei is, hiszem a sima felülethez képest 0,17-0,27 denzitás emelkedést mutat az MCWSI a 280% körüli lézerteljesítmény esetén. Születtek azonban ennél magasabb értékek is. A cián esetében nem, de a fekete festék esetében az MG 34-es groovy struktúra egészen 1,66-1,71 értékig emelelte a denzitást. Ebben az esetben gyártási körülmények között vagy az MG34-es struktúrát érdemes alkalmazni 200%-os lézerteljesítmény mellett, vagy az MCWSI struktúrát 280%

lézerteljesítmény mellett. Gyakorlati alkalmazás bevezetése előtt, amennyiben az eredmény nem egyértelmű, érdemes még megvizsgálni a pozitív és negatív szövegeket és vonalakat, hogy melyik beállítás mellett stabilabb és simább a nyomatkép.

Eredmény: **MCWSI 280% (növekedés 0,18-0,27)**

14.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér polipropilén alapanyagon

Nyomda 3													
Alapanyag							PP WH						
A teszt időpontja							2023.07.19						
Kliséalapanyag							MacDermid LUX ITP™ 60						
Nyomdagép							Omet XFlex 530						
Nyomtatási sebesség							100 m/perc						
Festék típusa							UV (Flint, Siegwirk)						
Anilox - cián							400 l/cm, 3 cm ³ /m ²						
Anilox - fekete							400 l/cm, 3 cm ³ /m ²						
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25	MG25	MG25	%	Solid	MCWSI	MG34	MG25	MG25	MG25
150	1,19	0,18	0,52	0,49	1,20	1,15	150	1,28	0,19	0,63	0,60	1,32	1,28
160	1,20	0,32	0,63	0,75	1,17	1,17	160	1,27	0,41	0,74	0,86	1,29	1,30
170	1,21	0,43	0,80	1,04	1,21	1,15	170	1,27	0,63	0,91	1,15	1,33	1,28
180	1,19	0,46	0,96	1,22	1,20	1,18	180	1,26	0,71	1,07	1,33	1,32	1,31
190	1,17	0,58	1,17	1,29	1,25	1,29	190	1,19	0,77	1,28	1,40	1,37	1,42
200	1,16	0,68	1,19	1,21	1,22	1,22	200	1,18	0,91	1,30	1,32	1,34	1,35
210	1,15	0,79	1,20	1,16	1,20	1,16	210	1,20	1,01	1,31	1,27	1,32	1,29
220	1,14	0,83	1,18	1,12	1,15	1,19	220	1,22	1,08	1,29	1,23	1,27	1,32
230	1,11	0,88	1,15	1,11	1,15	1,18	230	1,21	1,09	1,26	1,22	1,27	1,31
240	1,15	0,98	1,14	1,12	1,13	1,17	240	1,22	1,19	1,25	1,23	1,25	1,30
250	1,12	1,01	1,12	1,11	1,12	1,16	250	1,27	1,33	1,23	1,22	1,24	1,29
260	1,13	1,11	1,12	1,11	1,16	1,17	260	1,29	1,42	1,23	1,22	1,28	1,30
270	1,13	1,16	1,14	1,11	1,14	1,18	270	1,28	1,44	1,25	1,22	1,26	1,31
280	1,10	1,24	1,12	1,14	1,15	1,17	280	1,26	1,43	1,23	1,25	1,27	1,30
290	1,18	1,25	1,17	1,17	1,15	1,17	290	1,27	1,44	1,28	1,28	1,27	1,30
300	1,17	1,18	1,17	1,16	1,12	1,19	300	1,27	1,38	1,28	1,27	1,24	1,32

Az utolsó alapanyag a harmadik nyomdában a fehér polipropilén volt. Az értékeket tekintve mindegyik struktúra denzitás emelkedést hozott a tónus értékeihez képest (14. táblázat). Legstabilabbnak ezúttal is az MCWSI struktúra tűnik a lézerteljesítmények felső tartományában. Létezik néhány egymást követő magas érték, ami pozitív a biztonságos nyomtatás szempontjából. A fekete és a cián esetében is maximum érték látható az MCWSI struktúra 290% lézerteljesítménye mellett, ezért itt ez a beállítás az optimális.

Eredmény: **MCWSI 290% (növekedés 0,07-0,17)**

A negyedik, egyben utolsó nyomda eredményei és mintái következnek. A negyedik nyomdában is teszteltünk papírt, fehér polietilént és átlátszó polietilént.

15.táblázat: Nyomda 4 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon

Nyomda 4													
Alapanyag		PAP											
A teszt időpontja		2023.10.04											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Gallus ECS 340											
Nyomtatási sebesség		80 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Toyo)											
Anilox - cián		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,73	0,23	1,16	1,15	1,20	1,16	150	1,68	0,24	1,14	1,17	1,04	1,06
160	1,73	0,57	1,18	1,17	1,22	1,14	160	1,68	0,57	1,27	1,23	1,12	1,10
170	1,73	1,48	1,17	1,14	1,21	1,18	170	1,69	1,51	1,30	1,28	1,15	1,12
180	1,72	1,61	1,20	1,19	1,24	1,20	180	1,66	1,56	1,31	1,25	1,16	1,10
190	1,73	1,58	1,21	1,16	1,25	1,18	190	1,67	1,56	1,28	1,26	1,12	1,13
200	1,75	1,54	1,22	1,22	1,26	1,21	200	1,70	1,52	1,28	1,31	1,12	1,14
210	1,73	1,57	1,21	1,20	1,25	1,22	210	1,67	1,46	1,30	1,31	1,22	1,11
220	1,74	1,53	1,21	1,20	1,25	1,21	220	1,67	1,41	1,34	1,35	1,19	1,18
230	1,72	1,49	1,22	1,21	1,26	1,22	230	1,66	1,37	1,28	1,31	1,12	1,14
240	1,73	1,49	1,25	1,24	1,29	1,25	240	1,67	1,43	1,26	1,29	1,08	1,13
250	1,73	1,52	1,24	1,22	1,28	1,23	250	1,67	1,44	1,30	1,28	1,09	1,10
260	1,71	1,54	1,25	1,24	1,29	1,25	260	1,69	1,56	1,27	1,26	1,14	1,13
270	1,73	1,59	1,20	1,17	1,24	1,19	270	1,71	1,59	1,46	1,43	1,35	1,42
280	1,74	1,66	1,18	1,17	1,22	1,18	280	1,72	1,66	1,50	1,49	1,48	1,47
290	1,75	1,71	1,18	1,17	1,22	1,16	290	1,71	1,68	1,57	1,60	1,49	1,49
300	1,74	1,71	1,16	1,15	1,20	1,16	300	1,69	1,65	1,51	1,59	1,30	1,26

A 15. táblázatból első ránézésre látszik az eredmény. Ennél a nyomdánál sem vált be a felületi mikrocella a papíron. Van néhány mező, ahol az érdesített felület értékei megközelítik a sima tónus értékeit, azonban sehol sem érik el. A sima tónus denzitás értékei meglepően magasak, ritkán figyelhető meg ilyen magas denzitás a nyomatokon, még UV festék esetében is.

Eredmény: **sima tónus**

Az utolsó előtti vizsgált alapanyag egy átlátszó polietilén volt a negyedik nyomdában. A következő oldalon található 16. táblázatban láthatjuk, hogy ennél a fóliánál a felületérdesítés hozott emelkedést a denzitások értékeiben.

16.táblázat: Nyomda 4 eredményei átlátszó öntapadó polietilén alapanyagon

Nyomda 4													
Alapanyag		PE TR											
A teszt időpontja		2023.10.04											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Gallus ECS 340											
Nyomtatási sebesség		80 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Toyo)											
Anilox - cián		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,58	0,31	0,96	0,96	1,51	1,47	150	1,79	0,30	1,07	1,11	1,88	1,86
160	1,61	0,67	1,07	1,28	1,48	1,46	160	1,73	0,64	1,27	1,65	1,83	1,83
170	1,59	1,43	1,27	1,40	1,49	1,46	170	1,72	1,41	1,48	1,69	1,70	1,74
180	1,61	1,87	1,40	1,43	1,48	1,46	180	1,63	1,77	1,66	1,80	1,70	1,73
190	1,59	1,89	1,46	1,50	1,51	1,49	190	1,59	1,77	1,80	1,84	1,76	1,78
200	1,59	1,83	1,47	1,51	1,51	1,48	200	1,65	1,68	1,81	1,80	1,77	1,80
210	1,57	1,81	1,50	1,52	1,51	1,48	210	1,60	1,62	1,83	1,76	1,78	1,81
220	1,58	1,74	1,51	1,47	1,50	1,47	220	1,57	1,56	1,74	1,70	1,71	1,79
230	1,54	1,70	1,51	1,47	1,50	1,48	230	1,55	1,56	1,67	1,63	1,64	1,69
240	1,56	1,68	1,48	1,46	1,50	1,48	240	1,56	1,63	1,67	1,64	1,60	1,68
250	1,55	1,64	1,46	1,45	1,50	1,47	250	1,59	1,66	1,62	1,62	1,61	1,65
260	1,56	1,67	1,47	1,45	1,50	1,49	260	1,60	1,69	1,68	1,69	1,70	1,74
270	1,58	1,66	1,45	1,43	1,47	1,48	270	1,61	1,73	1,72	1,69	1,74	1,80
280	1,58	1,69	1,45	1,44	1,46	1,47	280	1,60	1,78	1,72	1,70	1,74	1,79
290	1,55	1,67	1,45	1,43	1,47	1,49	290	1,60	1,76	1,61	1,59	1,61	1,72
300	1,56	1,69	1,43	1,44	1,45	1,47	300	1,60	1,71	1,62	1,61	1,65	1,70

A cián eredményei rendkívül egyértelműek. Jelentős denzitás emelkedést hozott az MCWSI struktúra, a 180-220% lézerteljesítmény tartományában kapjuk a legmagasabb értékeket. Több mint két tized a növekedés. A fekete festék kevésbé egyértelmű, de érdemes megvizsgálni ugyanazokat a mezőket, amelyek a ciánnál a legjobb eredményt mutatták. A feketénél elszórtabban fordulnak elő a magas értékek, azonban az MCWSI 200% körüli értékei a feketénél is jók. Ennél az alapanyagnál emiatt az MCWSI struktúra a legmegfelelőbb 190% teljesítmény mellett. Az eddigiekben itt tapasztaltuk a legnagyobb emelkedést, még pedig a cián esetében, három tizedet.

Eredmény: **MCWSI 190% (növekedés 0,30-0,18)**

Az utolsó vizsgált alapanyagunk egy öntapadó fehér polietilén fólia volt. Azt leszögezhetjük, hogy a felületérdesítés emelkedést hozott a denzitás értékeiben. A végeredmény azonban nem teljesen egyértelmű, mert a két festék értékei nem egyeznek meg (17. táblázat).

17.táblázat: Nyomda 4 eredményei fehér öntapadó polietilén alanyagon

Nyomda 4													
Alapanyag		PE WH											
A teszt időpontja		2023.10.04											
Kliséalapanyag		MacDermid LUX ITP™ 60											
Nyomdagép		Gallus ECS 340											
Nyomtatási sebesség		80 m/perc											
Festék típusa		UV (Flint, Toyo)											
Anilox - cián		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Anilox - fekete		420 l/cm, 3,2 cm ³ /m ²											
Cián denzitás értékei							Fekete denzitás értékei						
%	Solid	MCWSI	MG34	MG25			%	Solid	MCWSI	MG34	MG25		
150	1,60	0,24	1,03	1,00	1,50	1,51	150	1,54	0,30	1,11	1,14	1,68	1,65
160	1,59	0,58	1,14	1,32	1,47	1,50	160	1,54	0,63	1,31	1,68	1,63	1,62
170	1,57	1,11	1,34	1,44	1,48	1,50	170	1,53	1,28	1,52	1,72	1,50	1,53
180	1,55	1,45	1,47	1,47	1,47	1,50	180	1,54	1,61	1,70	1,83	1,50	1,52
190	1,56	1,67	1,53	1,54	1,50	1,53	190	1,53	1,58	1,84	1,87	1,56	1,57
200	1,57	1,68	1,54	1,55	1,50	1,52	200	1,55	1,52	1,85	1,83	1,57	1,59
210	1,57	1,60	1,57	1,56	1,50	1,52	210	1,53	1,57	1,87	1,79	1,58	1,60
220	1,57	1,66	1,58	1,51	1,49	1,51	220	1,53	1,53	1,78	1,73	1,51	1,58
230	1,56	1,57	1,58	1,51	1,49	1,52	230	1,54	1,46	1,71	1,66	1,44	1,48
240	1,56	1,51	1,55	1,50	1,49	1,52	240	1,54	1,47	1,71	1,67	1,40	1,47
250	1,57	1,50	1,53	1,49	1,49	1,51	250	1,56	1,48	1,66	1,65	1,41	1,44
260	1,61	1,49	1,54	1,49	1,49	1,53	260	1,55	1,60	1,72	1,72	1,50	1,53
270	1,60	1,58	1,52	1,47	1,46	1,52	270	1,57	1,66	1,76	1,72	1,54	1,59
280	1,62	1,60	1,52	1,48	1,45	1,51	280	1,58	1,69	1,76	1,73	1,54	1,58
290	1,63	1,62	1,52	1,47	1,46	1,53	290	1,56	1,64	1,65	1,62	1,41	1,51
300	1,63	1,61	1,50	1,48	1,44	1,51	300	1,60	1,60	1,66	1,64	1,45	1,49

A cián értékei itt is a 190%-220% tartományban a legjobbak. A feketénél azonban az MG34 struktúra lett a legjobb ugyanebben a tartományban. Elméletileg lehetséges lenne két különböző struktúrával dolgozni, azonban ez a gyártási időt és az erőforrásokat tekintve nem lenne effektív. Ennél az oknál fogva a fehér polietilénre is ugyanazt a beállítást javasoljuk, mint az átlátszó polietilén esetében. A cián értéke itt a második legjobb, s bár a feketéé nem, ott is tapasztalhatunk 0,05 denzitás növekedést.

Gyártási körülményeket tekintve lehetséges olyan megoldást is alkalmazni, hogy ha a dizájnban a color színek dominálnak, akkor MCWSI 190%-ot használunk, ha viszont a fekete szín dominanciája jön elő, akkor inkább az MG34-et 210% lézerteljesítménnyel.

Eredmény 1: **MCWSI 190% (növekedés 0,05-0,09)**

Eredmény 2: **MG34 210% (növekedés 0,40-0,34)**

7.1 A vizsgálati eredmények összefoglalása

A részkutatás eredményeit vizsgálva az alábbi megállapítások tehetők:

- A felületi struktúra alkalmazása nem hoz denzitás emelkedést az összes típusú alanyagon.
- 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 alanyagnál 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.

A 40.ábrán látható grafikon segítségével összefoglaljuk a kapott értékeket, eredményeket.



40.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.

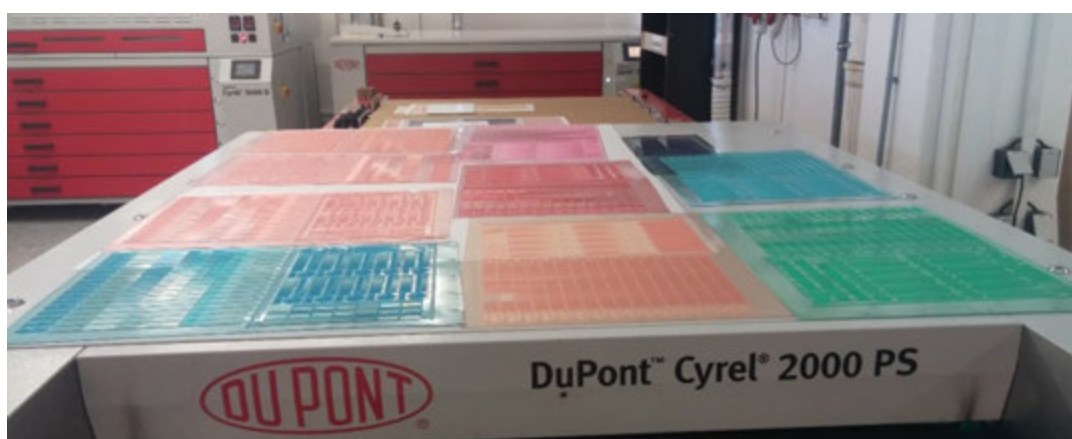
7. A flexó nyomtatás sajátosságai barna kraft papíron

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.

7.1 Az alapanyag- és felületi struktúra tesztek kivitelezése

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, az elhasznált formák a 41.ábrán láthatóak.



41.ábra: Az elkészült nyomóformák a barna kraft papírra történő nyomdai tesztekhez

Flexó nyomóformákhoz alapanyagot több nemzetközi vállalat gyárt. A teszteléshez számunkra a következő cégek alapanyagai álltak rendelkezésre: a DuPont, az XSYS (valamikor Flint Group) és a MacDermid. Az ő 1,14 mm vastagságú alapanyagaik közül választottuk ki a tesztalanyokat. Mindegyik alapanyag más, vannak köztük puhábbak és keményebbek, vannak egy- és többrétegűek, speciális új és régóta használt, bevált alapanyagok, s mindegyikhez léteznek ajánlások az optimális használati módhoz. 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® ITP™ 60 |
| 4. Flint Group nyloflex® ACE D | 8. DuPont™ Cyrel® EASY ESM |

A továbbiakban röviden jellemezzük a használt alapanyagokat.

7.2 A nyomdai tesztekben alkalmazott lemezek jellemzése

Az egyes klisé alapanyaggyártók közötti különbség abban is rejlik, hogy bár a termékeik műszaki specifikációi egyezhetnek, viszont maga a termék működése más és más. Egy-egy komponens, és titkosnak számító összetevő által bevitt különbség okozhatja azt, hogy az egyik vagy a másik lemez pont az adott munkakörülményeknek felel meg.

Az első alapanyag a DuPont DPR lemeze (DuPont™ Cyrel® DPR), amely az egyszerű digitális alapanyagok közül az egyik leggyakrabban használt. Ellenálló, digitális lemez magas minőségű nyomtatáshoz, a keményebb alapanyagok közé tartozik, keménysége 76 Sh A. Használható vizes bázisú, oldószeres és UV-festékekhez is.

Az második tesztelt alapanyag a DuPont DPN lemez (DuPont™ Cyrel® DPN), melyet a formakészítési gyakorlatban főleg tónusos színikivonatokhoz használnak. A lemez shore keménysége nem alacsonyabb mint a DPR lemezeké (ugyanúgy 76 Sh A), mégis jobb a festékátadása a gyártó által megadott információk szerint.

A soron következő alapanyag szintén a DuPont terméke - DuPont™ Cyrel® DPI - és a vizsgált alapanyagok közül a legkeményebb. A gyártó e lemezét magas minőségű nyomtatáshoz ajánlja, mely a modern flexó nyomtatás igényeit ki tudja elégíteni. Keménysége 82 Sh A.

A negyedik alapanyag a Flint Group ACE lemeze volt (nyloflex® ACE D). Elméletben hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, mint a DuPont DPI vagy DPR lemezei, a keményebb lemezek közé tartozik. Keménysége 78 Sh A. A lemez kiemelten ajánlott a síktetejű rácspontos klisékészítési technológiához, jobban viseli a nagyobb nyomóerőt és HD Flexóhoz is ajánlják.

Eddigi szakmai tapasztalatunk során jó tapasztalatunk volt a Flint Group ACT D lemezével papír alapú anyagokra (nyloflex® ACT D). Keménysége 74 Sh A. Kombinált nyomtatáshoz is ajánlott, amely egyaránt tartalmaz raszteres és tónusos részeket.

A MacDermid Lux® ITP™ 60 lemeze szintén egy újabb fotopolimer fejlesztés. Speciális felületkezelésű lemez, mely beépített síktetejű rácspontokat tartalmaz – nem kell a nitrogénatmoszférás levilágítás, vagy egyéb flat-top technológia. A lemez fő célterületei a hajlékonyfalú csomagolóanyagok és a címkék. Mikrocellázást igényel, így a finoman kialakított felület nagyon jó eredményeket hoz tónusban és csúcspontban egyaránt.

Az utolsó előtti tesztalany a Flint Group FTF lemeze (nyloflex® FTF). Hasonlóképpen az előbbieken említett MacDermid lemez integrált síktetejű rácspontképzést tartalmaz. Keménysége 78 Sh A. Mikrocellázást nem igényel.

Az utolsó tesztelt alapanyag pedig egy egészen új lemez, a DuPont fejlesztése és a típusa pedig DuPont™ Cyrel® EASY ESM. Ezt a lemezt 2019-ben hozta kereskedelmi forgalomba a DuPont és deklarációjuk alapján a beépített rácspontokkal dolgozó lemez kimondottan papírnyomtatáshoz lett kifejlesztve. Keménysége 71 Sh A 1,14 mm-es vastagságnál. A lemez fotóit a 42.ábrán láthatjuk.



42.ábra: A DuPont™ Cyrel® EASY ESM lemez nyomópontja, kész lemeze (középen) és a levilágított lemeze (jobbra).
(Forrás: DuPont)

7.3 A nyomdai tesztek eredményeinek értékelése

Az itt következő fejezetben kiértékeljük a mérések eredményeit, jellemezzük az egyes lemezek teljesítményeit, valamint digitalizálva megmutatjuk az elkészült nyomatmintákat is.

A DPR lemez nem szerepelt jól a teszten. Optikai ellenőrzéssel megállapíthatjuk, hogy a denzitások alacsonyak és a Pixel+ és Digiflow speciális eljárása sem produkált jó eredményt nyomtatásban. Az érdesítés nélküli teli tónus denzitása sem magas, mindössze 0,68 s a festékelosztatás a nyomatmintán szintén nem megfelelő. Az MC16p, el sem éri a solid denzitását, az MG25 éppen csak, a többi három vizsgált struktúra, az MCWSI, az MG 34 és az MG45 bár megközelítették és helyenként túllépték a sima tónus denzitását, de nem hoztak stabil és jelentős javulást. Sem magas értéket nem kapunk egymást követő mezőkben, s a legmagasabb elért denzitas növekedés pedig mindössze 0,07 volt. Megfigyelhetőek olyan mezők is, amelyek semennyi festéket sem adtak át az alapanyagra. Ez a lemez barna kraft papír alapanyagra nem javasolt.

A 43.ábrán a mérési eredményeket mutatjuk és a vizsgált rész nyomatmintáját is besz kenneltük.

DPR	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,68	0,01	0,16	0,10	0,51	0,52
110%	0,68	0,01	0,54	0,38	0,63	0,55
120%	0,68	0,18	0,59	0,46	0,62	0,62
130%	0,68	0,58	0,71	0,47	0,63	0,56
140%	0,68	0,62	0,67	0,58	0,65	0,59
150%	0,68	0,48	0,75	0,59	0,67	0,61
160%	0,68	0,64	0,72	0,72	0,66	0,62
170%	0,68	0,70	0,74	0,73	0,69	0,63
180%	0,68	0,69	0,75	0,68	0,65	0,60
190%	0,68	0,66	0,74	0,70	0,63	0,60
200%	0,68	0,69	0,68	0,69	0,65	0,57
210%	0,68	0,69	0,69	0,73	0,72	0,53
220%	0,68	0,71	0,67	0,71	0,63	0,55
230%	0,68	0,70	0,64	0,63	0,56	0,56
240%	0,68	0,71	0,69	0,70	0,61	0,57
250%	0,68	0,71	0,67	0,66	0,64	0,60



43.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPR nyomtatási eredményei barna kraft papíron és a scannelt nyomatminta (jobbra)

A DPN típusú lemeznél kiemelkedő eredmények nem születtek. A sima tónus denzitás értéke 0,75. Emellett látható az eredménye a jól, avagy a pont rosszul megválasztott beállításoknak, hiszen az MCWSI 100% és 110%-os lézerteljesítmény esetén nem ad át festéket, vagyis a mért denzitásunk nulla. Bár az MCWSI struktúra hozott egy stabil értéket 180 és 210% közt, ami használható lenne, de az alapanyag felületkezelés nélkül is tudja ezt az eredményt. Kisebb denzitás emelkedést megfigyelhetünk az MG34-es struktúrájánál, azonban ez nem megbízható beállítás, mivel csak egy mező esetében fordul elő, alatta és felette a denzitás csökken. Az 44.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatóak.

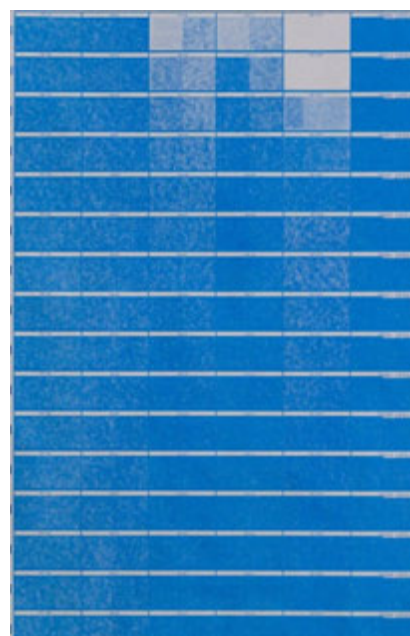
DPN	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,75	0,00	0,29	0,08	0,61	0,60
110%	0,75	0,00	0,60	0,44	0,77	0,67
120%	0,75	0,28	0,73	0,52	0,67	0,61
130%	0,75	0,54	0,74	0,52	0,62	0,68
140%	0,75	0,68	0,72	0,63	0,69	0,63
150%	0,75	0,73	0,74	0,76	0,68	0,65
160%	0,75	0,62	0,79	0,72	0,65	0,71
170%	0,75	0,63	0,73	0,71	0,67	0,65
180%	0,75	0,75	0,72	0,75	0,67	0,67
190%	0,75	0,75	0,74	0,74	0,67	0,71
200%	0,75	0,75	0,72	0,66	0,65	0,69
210%	0,75	0,75	0,77	0,74	0,73	0,68
220%	0,75	0,74	0,75	0,74	0,70	0,62
230%	0,75	0,72	0,74	0,75	0,71	0,65
240%	0,75	0,71	0,73	0,74	0,63	0,66
250%	0,75	0,72	0,70	0,67	0,69	0,60



44.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPN nyomtatási eredményei barna kraft papíron és a scannelt nyomatminta (jobbra)

A DPI lemez a DuPont legkeményebb shore „A” keménységű lemezei közé tartozik, így hát a lemezt ki akartuk próbálni, azonban nem vártunk áttörő eredményt papírra való nyomtatás esetében. A DPI a DuPont népszerű lemezei közé tartozik már hosszú ideje és a legjobban síkfólián és címkén működik oldószeres és UV-festékes nyomtatás esetében is. Esetünkben nem igazán vált be, 0,7 a teli tónus denzitása. A teszt néhány mezője semennyi festéket sem volt képes átadni. Legjobban az MG45 szerepelt, azonban ennél a struktúránál befolyásoló tényező a lézerezés iránya, így ezt a mikrocella struktúrát tényleg csak kiemelkedő eredmény esetén javasolt használni a gyakorlatban. Az egyéb gyakorlatban jól működő MCWSI struktúra csak egy mezőben tudta elérni a sima tónus denzitás értékét, a 100-as és a 110-es lézerteljesítmény pedig nem is adott át festéket. Összegezve a nyomatminta szabad szemmel történő vizsgálatakor is látszik, hogy az egész nyomat felhős, nem várhatjuk tőle a jobb nyomtatási eredményt. A 45.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatók.

DPI	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,70	0,00	0,15	0,13	0,49	0,60
110%	0,70	0,00	0,61	0,41	0,58	0,60
120%	0,70	0,28	0,60	0,50	0,59	0,63
130%	0,70	0,69	0,71	0,52	0,59	0,60
140%	0,70	0,67	0,72	0,59	0,66	0,59
150%	0,70	0,57	0,75	0,59	0,57	0,60
160%	0,70	0,47	0,71	0,65	0,58	0,53
170%	0,70	0,65	0,74	0,67	0,60	0,63
180%	0,70	0,60	0,72	0,65	0,58	0,58
190%	0,70	0,61	0,71	0,77	0,60	0,59
200%	0,70	0,70	0,66	0,76	0,62	0,55
210%	0,70	0,67	0,68	0,74	0,57	0,53
220%	0,70	0,77	0,71	0,65	0,62	0,58
230%	0,70	0,69	0,70	0,69	0,56	0,57
240%	0,70	0,68	0,76	0,69	0,64	0,50
250%	0,70	0,53	0,71	0,71	0,61	0,61

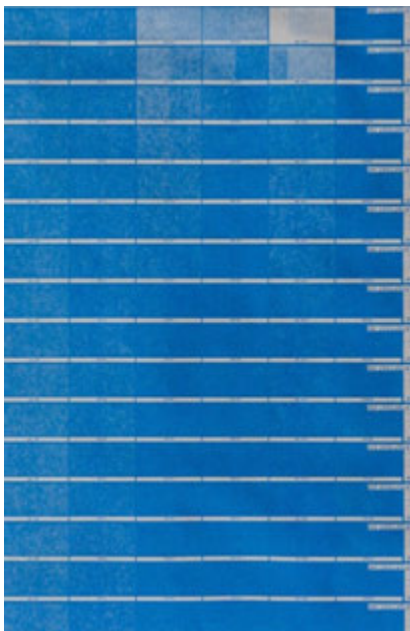


45.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPI nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)

A Flint Group ACE digitális lemeze szintén a keményebb nyomóformák közé tartozik, melynek viselkedésén a barna kraft papír alapanyagon a Pixel+ és Digiflow technológia sem hozott javulást, sőt inkább ellenkezőleg. Ennél a lemeznél azt láthatjuk, hogy néhány struktúra még rontott is az eredményen a felületkezelés nélküli részekhez képest. A teli tónus denzitása 0,69. Ehhez képest csak az MCWSI struktúra esetében láthatunk egy picit javulást, 220%-os lézerteljesítménynél láthatunk egy 0,1-es denzitás emelkedést. Ez azonban nem tekintendő relevánsnak, mivel az egy-egy mezővel alatta és felette lévő mezők értékei eltérnek és csökkennek. Az MG25 és az MC16p el sem éri a teli tónus denzitását, az MG34 és MG45 eléri bár a solid denzitását, de minőségjavulást a nyomtatási folyamatban nem várhatunk tőle.

Az 46.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatók.

ACE D	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,69	0,00	0,36	0,26	0,56	0,59
110%	0,69	0,29	0,40	0,41	0,66	0,58
120%	0,69	0,62	0,52	0,42	0,65	0,62
130%	0,69	0,67	0,64	0,55	0,65	0,55
140%	0,69	0,61	0,70	0,60	0,59	0,50
150%	0,69	0,58	0,74	0,63	0,66	0,55
160%	0,69	0,60	0,73	0,61	0,67	0,54
170%	0,69	0,66	0,68	0,71	0,68	0,53
180%	0,69	0,63	0,69	0,67	0,63	0,51
190%	0,69	0,66	0,62	0,74	0,67	0,57
200%	0,69	0,70	0,76	0,74	0,67	0,51
210%	0,69	0,71	0,73	0,74	0,59	0,62
220%	0,69	0,79	0,68	0,69	0,65	0,50
230%	0,69	0,69	0,71	0,70	0,62	0,54
240%	0,69	0,71	0,69	0,71	0,60	0,51
250%	0,69	0,70	0,68	0,68	0,60	0,54

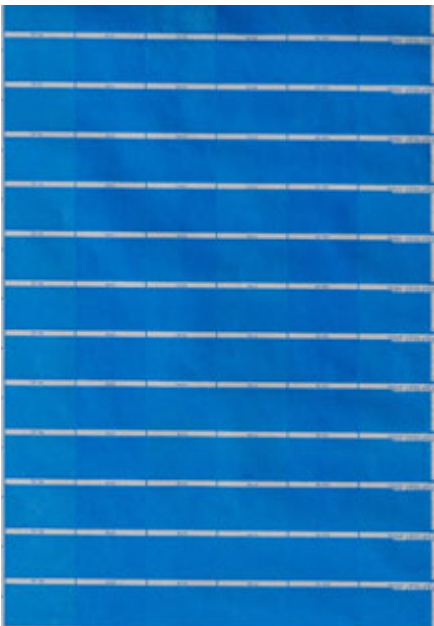


46.ábra: A nyloflex® ACE D nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)

A Flint Group ACT D alapanyagával kapcsolatban magasabbak voltak az előzetes elvárások. Az ACT egy sima digitális, ám az 1,14-es vastagsághoz képest egy elég puha lemez, ezáltal jó kiindulópont a jó nyomateredmény eléréséhez. A tesztminta ezt be is bizonyította. Már a sima, nem mikrocellázott mezőknél is láthatjuk, hogy magasabb a denzitás, mint az eddig vizsgált lemezek esetében. Ezen a lemeztípuson azonban a Pixel+ és Digiflow gyártási eljárás is működik, megfigyelhetjük, hogy a denzitás bizonyos mezőkben 0,21-gyel is magasabb értéket hozott. Az MC16p struktúra bár eléggé homogén, de denzitásban elmarad a többi típustól. Az MG25 alacsony lézerteljesítménynél mutat jó értékeket, de ez a típusú struktúra csak a teli tónusokra alkalmazható, holott helyenként szükséges lehet 60-70% felett is a felületérdesítés. Az MG34 és az MG45 is hozott denzitás emelkedést, azonban az MCWSI struktúra az, ami meghozta a várt eredményt az eddig vizsgáltak közül. Kialakításának köszönhetően nem játszik szerepet az, hogy mi a klisé lézerezésének iránya, valamint ezzel a Pixel+ struktúrával tudtuk elérni a legmagasabb denzitás értéket is. Mivel azt tartjuk biztonságosnak, ha legalább 3-4 egymást követő mezőben ugyanazt, vagy hasonló értéket kapunk, az éles termeléshez leginkább az MCWSI struktúra 180%-os lézerteljesítménnyel ajánlatos. Ez amiatt fontos, hogy bár a CDI teljesítménye kiegyensúlyozott és a mindennapos ellenőrző tesztek ezt bizonyítják is, mégis számolni kell egy biztonsági faktoral, ami esetlegesen megengedi azt, hogy a lézer teljesítményében egy pici ingadozás beálljon. A több mint 0,2-es denzitás emelkedés pedig már elegendő lehet ahhoz, hogy a barna kraft papírra elfogadható minőségű nyomatokat tudjunk produkálni. A papírra történő nyomtatás denzitásban mindig alacsonyabb, mint például síkfólia esetében, de jelen alapanyag esetében már legalább közelít

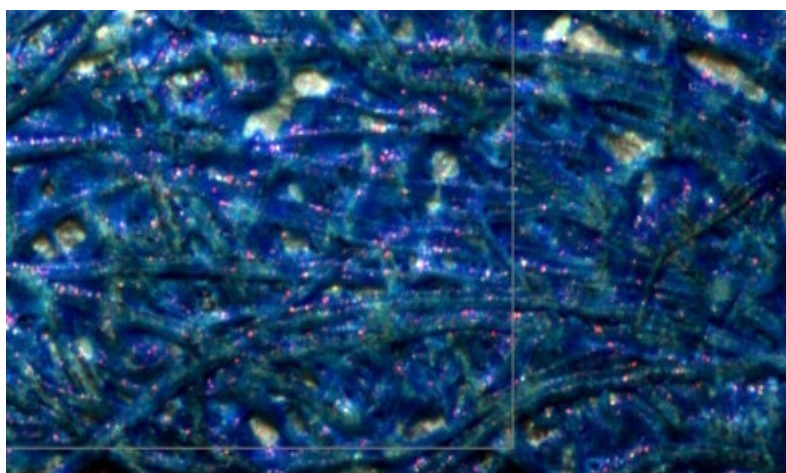
az érték a megfelelő tartomány felé. A 47.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatók.

ACT D	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,75	0,70	0,85	0,60	0,90	0,75
110%	0,75	0,73	0,83	0,62	0,87	0,73
120%	0,75	0,76	0,84	0,64	0,80	0,72
130%	0,75	0,82	0,83	0,66	0,75	0,71
140%	0,75	0,84	0,79	0,76	0,74	0,71
150%	0,75	0,88	0,80	0,78	0,78	0,69
160%	0,75	0,92	0,81	0,79	0,78	0,72
170%	0,75	0,94	0,76	0,80	0,70	0,69
180%	0,75	0,96	0,78	0,77	0,80	0,69
190%	0,75	0,96	0,78	0,76	0,78	0,71
200%	0,75	0,83	0,74	0,75	0,78	0,66
210%	0,75	0,83	0,76	0,76	0,77	0,70
220%	0,75	0,80	0,76	0,75	0,79	0,71
230%	0,75	0,78	0,72	0,74	0,74	0,68
240%	0,75	0,77	0,76	0,76	0,74	0,64
250%	0,75	0,77	0,77	0,74	0,74	0,65



47.ábra: A nyloflex® ACT D nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)

Nagyfelbontású felvételt is készítettünk arról a mérőmezőről, ahol a legjobb értékeket mértük. A 48.ábrán kivehetőek a barna kraft papír rostjai rajta a viszonylag homogén festékréteggel:



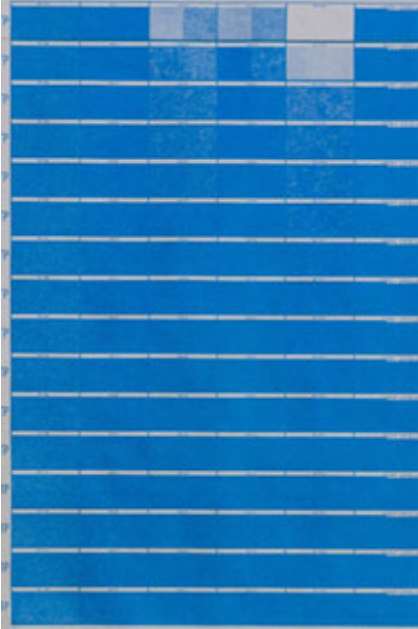
48.ábra: Makrofelvétel a papír felületéről a felvitt festékréteggel

A MacDermid újabb lemezfejlesztései közé tartozik a LUX® In-the-Plate™ ITP60-as lemeze, mely speciális fotopolimer beépített síktetejű rácspontokkal. Barna kraft papíron a teli tónus denzitása csak 0,67, ami nem magasabb a többi alapanyaghoz képest. Itt is láthatjuk, hogy az MC16p struktúra egyáltalán nem működik jól. A többi struktúra elfogadhatónak mutatkozik. Bár nem tapasztalunk akkora denzitás emelkedést, mint az eddig legjobbnak mutatkozó ACT lemez esetében, az értékek nem rosszak. Bár az is kérdéses, hogy érdemes-e kitartani egy lemez mellett akkor, ha csak bonyolultabb gyártási technológiával tudja elérni azt, ami a másik lemeznek simán

digitálisan is megy. Ha mégis ezt a lemezt választanánk, akkor az MCWSI struktúra és a 180%-os lézerteljesítmény lenne a legajánlottabb.

Az 49.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatók.

ITP 60	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,67	0,01	0,23	0,21	0,77	0,64
110%	0,67	0,17	0,76	0,62	0,73	0,65
120%	0,67	0,57	0,74	0,68	0,73	0,69
130%	0,67	0,65	0,76	0,64	0,75	0,64
140%	0,67	0,61	0,71	0,68	0,73	0,65
150%	0,67	0,72	0,74	0,70	0,76	0,69
160%	0,67	0,72	0,70	0,76	0,78	0,67
170%	0,67	0,75	0,76	0,74	0,81	0,69
180%	0,67	0,74	0,75	0,72	0,74	0,68
190%	0,67	0,76	0,73	0,70	0,68	0,70
200%	0,67	0,73	0,69	0,70	0,75	0,66
210%	0,67	0,72	0,74	0,70	0,70	0,64
220%	0,67	0,71	0,71	0,67	0,73	0,63
230%	0,67	0,73	0,74	0,67	0,74	0,62
240%	0,67	0,74	0,70	0,72	0,73	0,59
250%	0,67	0,73	0,67	0,66	0,67	0,65

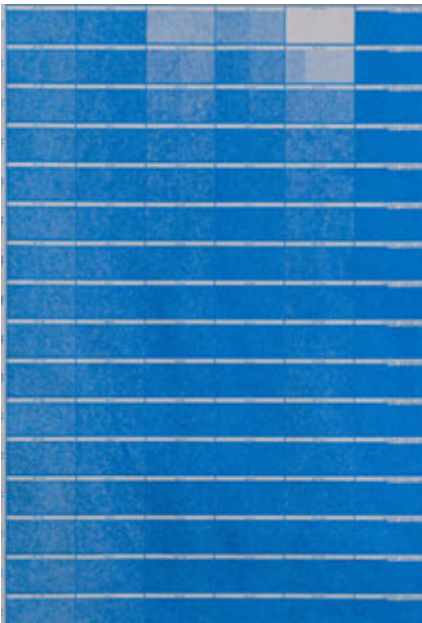


49.ábra: A MacDermid Lux® ITPTM 60 nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)

Az XSYS FTF lemeze kissé hasonlít a MacDermid LUX® In-the-Plate™ ITP60-as lemezéhez, mivel ez is egy speciális fotopolimer inherens síktetejű rácspontokkal. Ezt a lemezt csak ritkán használjuk egyelőre. A barna kraft papíron a teli tónus denzitása csak 0,70, ami hasonló a többi alapanyaghoz eredményéhez. A felületkezelést kapó mezők azonban még rosszabbul szerepeltek, mint az érdesítetlen teli tónus. Eleve egy alacsony értékről beszélünk nyomtatási eredmény szempontjából. Legrosszabbul az MC16p struktúra szerepelt, amely még a 0,6-os denzitást sem érte el. Itt is láthatjuk azt, hogy mennyire függ a jó eredmény a megfelelő paraméterek beállításától, s hogy ugyanaz a lemez mennyire másképpen képes működni, megmunkálástól függően. A többi három vizsgált struktúra valamivel jobb volt, mint az MC16p, de ezek is messze elmaradnak a várt eredménytől. A FTF lemez tehát a barna kraft papíron nem a legjobb választás.

Az 50.ábrán a nyomatmintákon fotospektrométeres eljárással megmért denzitás értékek találhatók.

FTF	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,70	0,00	0,36	0,26	0,50	0,51
110%	0,70	0,15	0,61	0,49	0,53	0,53
120%	0,70	0,47	0,64	0,44	0,64	0,45
130%	0,70	0,54	0,66	0,54	0,59	0,53
140%	0,70	0,58	0,68	0,59	0,53	0,55
150%	0,70	0,70	0,66	0,62	0,50	0,58
160%	0,70	0,58	0,71	0,62	0,56	0,53
170%	0,70	0,68	0,66	0,63	0,58	0,55
180%	0,70	0,68	0,68	0,68	0,62	0,53
190%	0,70	0,63	0,68	0,70	0,57	0,54
200%	0,70	0,65	0,69	0,68	0,53	0,51
210%	0,70	0,61	0,60	0,67	0,53	0,46
220%	0,70	0,61	0,63	0,70	0,56	0,42
230%	0,70	0,59	0,65	0,69	0,60	0,47
240%	0,70	0,72	0,70	0,63	0,49	0,49
250%	0,70	0,70	0,72	0,60	0,48	0,44



50.ábra: A nyloflex® FTF nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)

Az utolsó tesztelt alapanyag egy viszonylag új típusú lemez volt, mégpedig a DuPont™ Cyrel® EASY ESM. Érdekes, hogy a sima tónus az adott körülmények között messze a legmagasabb denzitást produkálta a lemezek között. A mikrocellás struktúrák denzitás értékei az abszolút rosszul működő mezőket nem figyelembe véve viszonylag egy szűk tartományban mozognak, gyakorlatilag 0,8 és 0,95 között. Az 51.ábrán a teszten mért denzitás eredmények láthatóak.

ESM	Solid	MCWSI	MG34	MG45	MG25	MC16p
100%	0,90	0,35	0,63	0,49	0,82	0,84
110%	0,89	0,56	0,76	0,65	0,87	0,87
120%	0,93	0,79	0,88	0,71	0,87	0,86
130%	0,93	0,85	0,95	0,80	0,91	0,91
140%	0,94	0,88	0,95	0,75	0,86	0,82
150%	0,93	0,91	0,92	0,82	0,83	0,88
160%	0,91	0,89	0,88	0,86	0,87	0,87
170%	0,91	0,87	0,93	0,93	0,87	0,85
180%	0,92	0,90	0,95	0,90	0,88	0,85
190%	0,92	0,90	0,92	0,90	0,87	0,86
200%	0,92	0,92	0,92	0,93	0,91	0,88
210%	0,92	0,92	0,93	0,90	0,91	0,82
220%	0,93	0,89	0,90	0,93	0,87	0,83
230%	0,91	0,92	0,92	0,89	0,86	0,80
240%	0,91	0,89	0,89	0,89	0,81	0,78
250%	0,91	0,92	0,85	0,92	0,81	0,84

51.ábra: A nyloflex® FTF nyomtatási eredményei barna kraft papíron

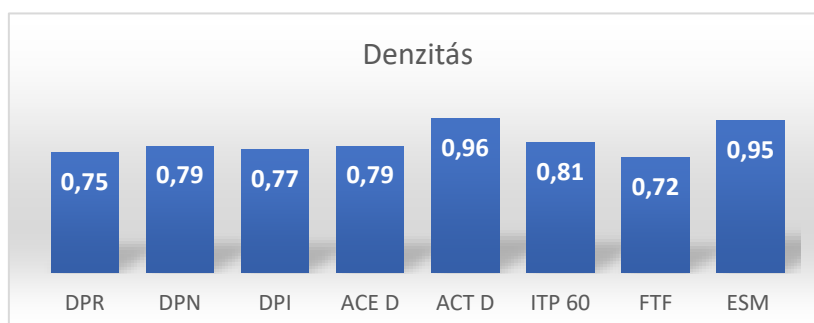
A mikrocellás struktúrákról elmondható, hogy javulást nem mutatnak a sima tónushoz képest. Ez a vizsgált kliséalapanyag kisebb eltérésekkel ugyanazt az eredményt hozza úgy struktúrákkal, mint struktúrák nélkül és mindegyik tesztelt struktúra nagyjából hasonló értékeket produkált.

7.4 A vizsgálati eredmények összefoglalása

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 52.ábrán összefoglaljuk az egyes alapanyagok által elért legjobb eredményeket.



52.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.

8. 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 mikrocellás 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.

8.1 A sztochasztikus rozetta elvi működése

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.

Elsődlegesen két DMS rácsot különböztetünk meg: ez a Standard Screen 300-400 lpi felbontással és az eXtended Screen 350-450 lpi felbontással. Az eXtended screen valamivel kisebb és egymáshoz közelebb álló nyomópontokat használ, míg a Standard Screen nyomópontjai robusztusabbak. Az 53.ábrán a DM rács összehasonlítása látható nagy felbontásban: a bal oldali

fotón a Standard Screen, a középső fotón az eXtended screen látható, mellette a jobb oldalon pedig mintegy kontrasztként egy 150 lpi felbontású AM rács.



53.ábra: Magas felbontású fotó a Bellissima rácsszerkezetére összehasonlítva egy 150 lpi AM felbontású nyomattal (Standard Screen balra, eXtended screen középen, 150 lpi AM rács jobbra) (Forrás: Hamillroad Ltd.)

Mindegyik rács kissé más méretű, különböző formájú és egymástól eltérő távolságra elhelyezkedő pontokat hoz létre az egyes színkivonatokon, kizárva ezzel az egymás között fellépő interferencia lehetőségét. A rácsképzés algoritmusai összefésüli egymással az egyes színkivonatok nyomópontjait, létrehozva ezáltal az úgynevezett „sztochasztikus rozettát”⁵. Megszünteti a rácsszögeket, a szögütközéseket, ahogy a moirét is az egyes színkivonatok nyomópontjai között.

8.2 A nyomdai tesztek kivitelezése

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 nézőképe az 54. ábrán látható.



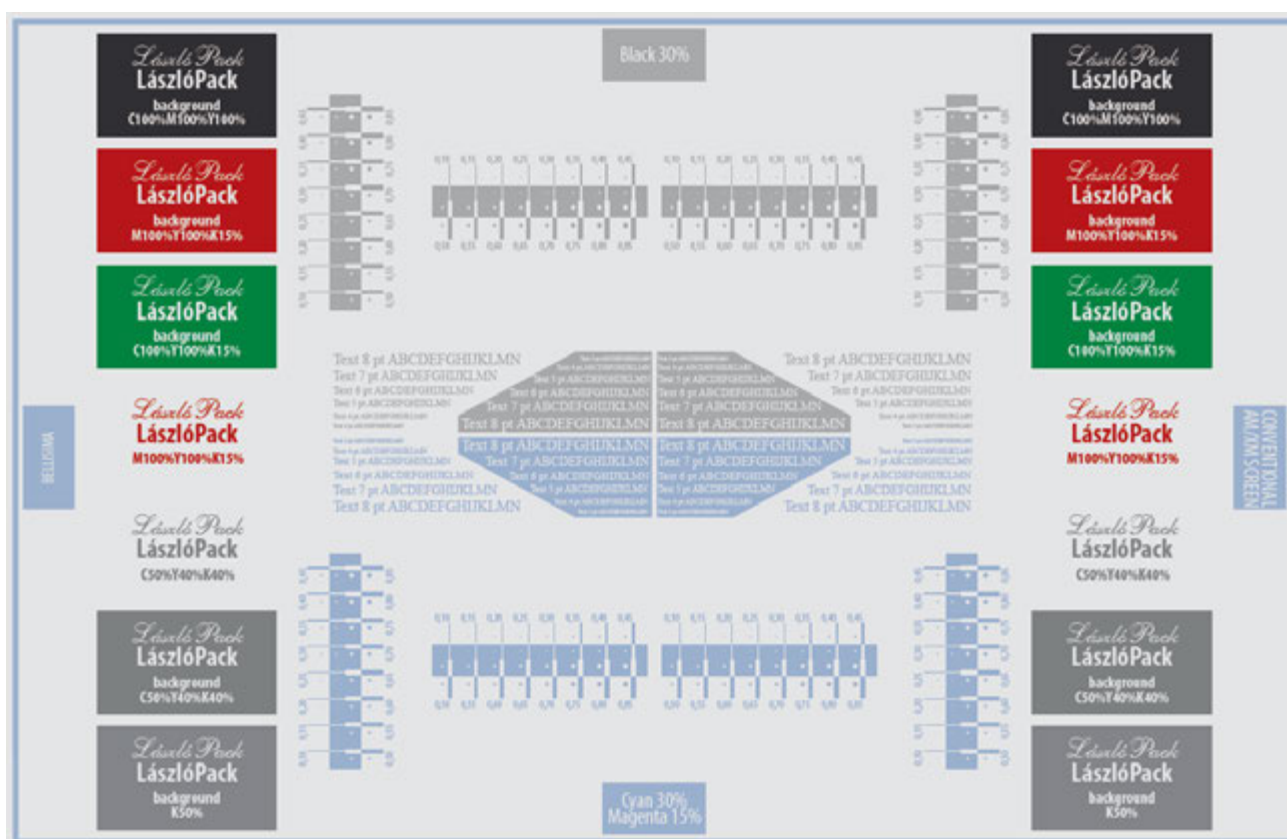
54.ábra: A tesztnyomat látványterve

⁵ A “sztochasztikus rozettát” a 9 508 031 és a 9 787 872 számú amerikai egyesült államokbeli szabadalmak védik.

A fényképek főként vizuális összehasonlításra szolgálnak, a szöveges/vonalas elemek azok, amelyekből valós eredményeket tudunk kapni a vizsgálathoz. A tesztet egy észak-magyarországi nyomda nyomtatta ki, oldószeres festékekkel egy szélespályás Soma Optima nyomdagépen. A használt festékátadó hengerek felbontása 420 l/cm volt.

Az említett nyomdai teszteken felül megvizsgáltunk számos csomagolóanyagot, más rendelkezésre álló nyomdai szintér és linearizációs tesztek, azonban amellet döntöttünk, hogy a saját tesztünk adja a legjobb összehasonlítási alapot, hiszen egy nyomtatáson belül született eredményeket tudunk vizsgálni és összehasonlítani.

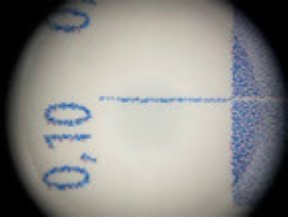
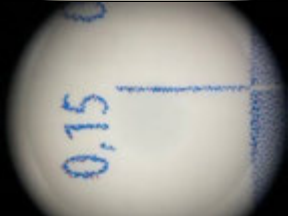
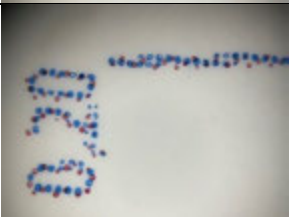
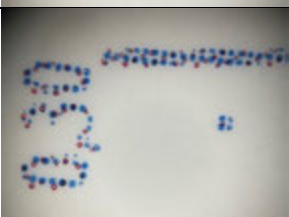
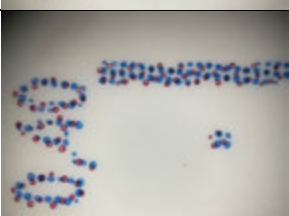
Az 55.ábrán látható fóliarészletet vizsgáltuk egy 200x nagyító segítségével:



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

8.3 A vizsgálati eredmények értékelése

A vizsgálandó részt grafikailag úgy építettük fel, hogy tartalmazzon pozitív és negatív vonalakat, pozitív és negatív szövegeket, illetve eltérő megjelenésű betűkészleteket. A kétszázszoros nagyításon kapott eredményeket a következő oldalon található 56.ábra képei mutatják:

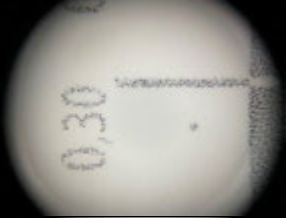
	Klasszikus AM rács 136 lpi		Digitálisan modulált rács	
Pozitív, 0,1 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,15 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,20 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,25 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,3 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,35 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,4 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,45 mm vastag szöveg és vonal				

56.ábra: A 30C+15M pozitív szövegek és vonalak eredményei

Ahogy az a fényképeken is látható, ez a rész raszteres színek összenyomásával készült, az értékeik pedig 30% cián és 15% bíbor. A kritikus elemek raszteres színekből történő nyomtatása mindig problémás egyrészt a kisebb-nagyobb összetartási problémák miatt, illetve maguk a nyomópontok miatt is. A klasszikus rácsonál rácselforgatásokat/rácsszögeket kell használni, hogy az egyes színek nyomópontjai megfelelően kerüljenek átfedésbe. Ez azonban szövegek és vonalak esetén nem kívánt hatást vált ki, mert a rácsszögek miatt a vonal nem lesz egyenes. A digitálisan modulált rácsonál viszont a pontok összefésülődnek, illetve a méretük is jóval kisebb, ezért a szövegek és vonalak megjelenítése jóval kellemesebb hatást vált ki. Ez mindegyik vonalvastagságnál jól megfigyelhető.

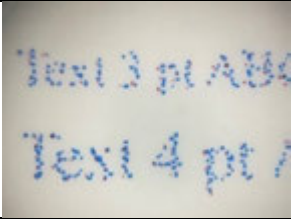
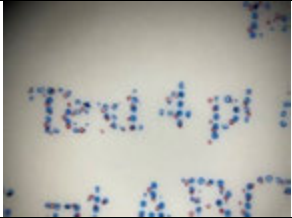
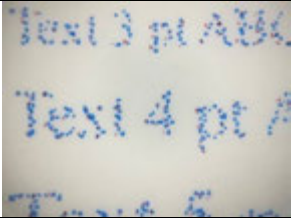
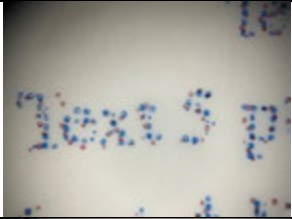
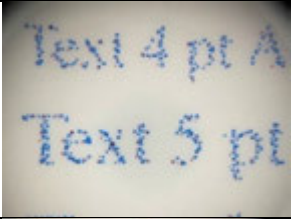
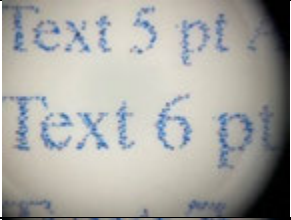
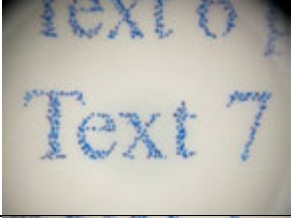
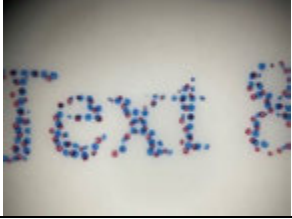
A következő oldalon látható 56. ábrán még mindig pozitív elemekkel foglalkozunk, még hozzá egy önálló 30%-os fekete rasztert vizsgálunk.

A fekete szín esetében is hasonló eredményeket tapasztalunk, mint a cián és bíbor összenyomásánál. Érdekes megfigyelni az egyes nyomatokat, mivel csak egy nyomtató szín jelenik meg egyszerre, így a rácsstruktúrák is jól láthatóak. A fekete színnél alkalmazott rácsszög klasszikus rács esetében $37,5^\circ$, ezért tűnik úgy, hogy a vonal kissé „táncol”. A megjelenítés nem tökéletes a digitálisan modulált rácsonál sem. A 0,15mm-es vonalvastagságnál már azonban és minden következőnél efelett szebb és olvashatóbb a megjelenése, mint a klasszikus 135 lpi felbontású AM rács esetében.

	Klasszikus AM rács 136 lpi		Digitálisan modulált rács	
Pozitív, 0,1 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,15 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,20 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,3 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,35 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,4 mm vastag szöveg és vonal				
Pozitív, 0,45 mm vastag szöveg és vonal				

57.ábra: A 30K pozitív szövegek és vonalak eredményei

A következő összehasonlításban a szövegeket nézzük meg alaposabban, az 58. ábrán a 30% cián és 15% magenta összenyomásából adódó pozitív szövegeket láthatjuk:

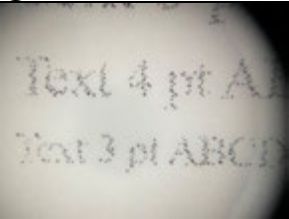
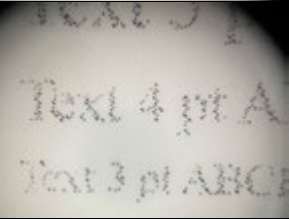
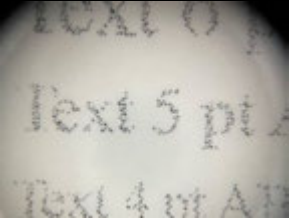
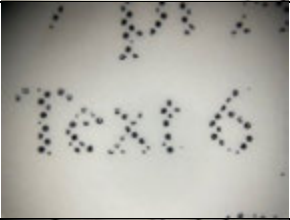
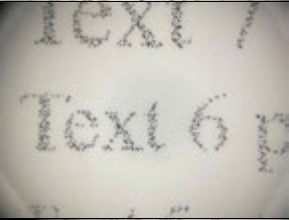
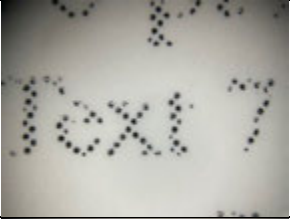
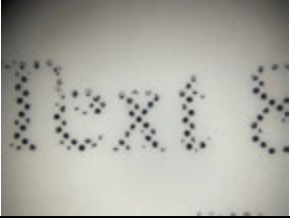
	Klasszikus AM rács 136 lpi	Digitálisan modulált rács
Pozitív, 3 pt szöveg		
Pozitív, 4pt szöveg		
Pozitív, 5 pt szöveg		
Pozitív, 6pt szöveg		
Pozitív, 7pt szöveg		
Pozitív, 8pt szöveg		

58.ábra: A 30C+15M pozitív szövegek eredményei

A vizsgálathoz ez esetben egy 3 pontos betűvel kezdtünk. A fényképeken láthatjuk, hogy a klasszikus rács esetében a szöveg olvashatatlan, a digitálisan modulált rács esetében kivehető a szöveg, bár a nyomatkép konzisztensnek nem mondható. Még a 4 pontos betűnél sem sokkal pozitívabb a helyzet, azonban már a klasszikus rácsnál is kiolvasható a szöveg. 5 pontos betűnél a digitálisan modulált rács már elfogadható, a klasszikus még mindig erős hiányosságokat mutat és csak a 6 pontos betű esetében mondhatjuk elfogadhatónak. A digitálisan modulált rács jelentős pozitívumának tekintendő az, hogy míg a klasszikus rács sokkal rosszabbul tűri a kisebb passzer-

pontatlanságokat, a DMS rács olvashatóságát ez a pontatlanság sokkal kevésbé zavarja. A passzer-pontatlanság mindkét esetben azonos, hiszen az elemek egymás mellett szerepelnek a fólián.

Az 59. ábrán összefoglaljuk a szövegek megjelenését 30%-os fekete raszterben is.

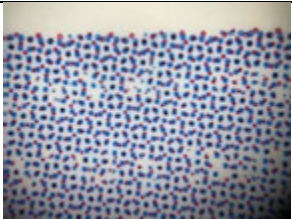
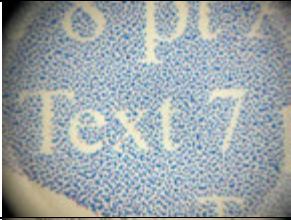
	Klasszikus AM rács 136 lpi	Digitálisan modulált rács
Pozitív, 3 pt szöveg		
Pozitív, 4pt szöveg		
Pozitív, 5 pt szöveg		
Pozitív, 6pt szöveg		
Pozitív, 7pt szöveg		
Pozitív, 8pt szöveg		

59.ábra: A 30K pozitív szövegek eredményei

Az eredmények hasonlóak a korábbiakhoz, ahol a 30%-os fekete pozitív vonalakat vizsgáltuk, s a vonalak mellett megjelent egy számérték is, melyet „szövegként” tudtunk azonosítani. Itt, a valódi szövegeknél ismételtén láthatjuk a rácsstruktúrák szerkezetét és a digitálisan modulált rács pozitív hatását a szöveg olvashatóságára. A srafúraszerű szerkezet miatt

nincsenek töredékpontok, meg a rácsszögből adódó hullámzás. Már a 3-4 pontos betű reprodukálhatósága is elfogadható, míg a klasszikus rács esetében a 3 pontos szöveg olvashatatlan, csak a 4 pontos esetében javul az olvashatóság.

A 60. ábrán a már a negatív elemek következnek, elsőként a 30% cián és 15% bíbor mezőben lévő negatív szövegeket értékeljük.

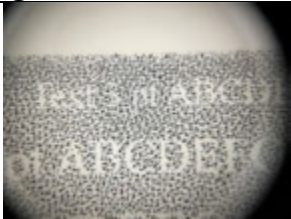
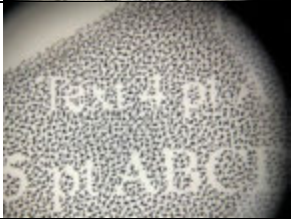
	Klasszikus AM rács 136 lpi		Digitálisan modulált rács	
Negatív, 3 pt szöveg				
Negatív, 4pt szöveg				
Negatív, 5 pt szöveg				
Negatív, 6pt szöveg				
Negatív, 7pt szöveg				
Negatív, 8pt szöveg				

60.ábra: A 30C+15M negatív szövegek eredményei

Az eddig vizsgált jelenségek közül a mostaninál a legszembetűnőbb a két rács közötti különbség. Míg a klasszikus rácsnál a 3 pontos betűt keresgélni kell a nyomópontok tengerében és első ránézésre az sem egyértelmű, hogy van-e ott egyáltalán bármi, a DMS rácsnál majdcsak a három

pontos betűt is el lehet olvasni. A növekvő betűmérettel természetesen a klasszikus rács is javul, azonban a kettőt összehasonlítva láthatjuk, hogy általánosságban véve a DMS rács reprodukálóképessége negatív szövegek esetén sokkal jobb.

A fejezet 61. összehasonlító ábráján a 30%-os fekete raszterben megjelenő negatív szövegeket gyűjtöttük össze.

	Klasszikus AM rács 136 lpi		Digitálisan modulált rács	
Negatív, 3 pt szöveg				
Negatív, 4pt szöveg				
Negatív, 5 pt szöveg				
Negatív, 6pt szöveg				
Negatív, 7pt szöveg				
Negatív, 8pt szöveg				

61.ábra: A 30K negatív szövegek eredményei

Az utolsó elvégzett összehasonlítás a negatív szövegekre irányult, melyek 30% fekete mezőben szerepeltek. Nem oly meglepő az eredmény a korábbiak tekintetében, hogy ismételten a DMS rács mutatott sokkal jobb eredményeket. Az előző vizsgálattal összehasonlítva mintha azt

tapasztalnánk, hogy több szín összenyomása esetén „nyugodtabb” lenne a negatív szövegek olvashatósága – valószínűleg amiatt, hogy a nagyobb mennyiségű nyomópont homogénebbé teszi a környezetet. A fekete egyrészt a legkontrasztosabb szín, s mivel csak egyedül nyomtat, így a DMS szövegek is rosszabbul olvashatóak, mint a cían és bíbor összenyomásánál, azonban még így is sokkal jobbak az eredményeik, mint a klasszikus rácsé. A klasszikus 136 lpi AM rács esetében a 3 és 4 pontos betűnagyság esetében csak találgathatunk, hogy mit látunk, az 5 pontnál már sejthetjük, hogy valamilyen szövegről van szó. 6 pont felett kezd olvashatóvá válni, míg a DMS rácsnál már a 4 pontos betű olvashatónak tekinthető.

8.4 A vizsgálati eredmények összefoglalása

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.

9. Színtérreprodukció a flexó nyomtatásban

A színtérreprodukció a nyomdatechnikák folyamatosan aktuális témái közé tartozik. Minden nyomdatechnológia célja a lehető legszélesebb színtérspektrum visszaadása, mely azonban az emberi szem által felfogható spektrumnak mindig csak egy bizonyos része lesz.

Kutatómunkám folyamán a flexó nyomtatás képviselői arra mutattak rá, hogy a saját nyomtatási technológiájuk mellett a digitális nyomtatásban látják a lehetőséget a jövőbeni fejlődésre, illetve fokozatosan a flexó nyomtatás konkurens technológiájává válhat a digitális nyomtatás. A címkeiparban ez a folyamat előrehaladottabb állapotban van. A nyomdaipari kérdőíves felmérésből is látszik, hogy több címkenyomda rendelkezik párhuzamos technológiákkal. Gépparkjaikban fellelhető a flexó, a digitális, a szita és ofszet nyomdagép is. A gépek kisebb mérete és alacsonyabb beszerzési ára a címkeiparban lehetővé teszi a nagyobb mozgásteret és átjárhatóságot a technológiák között. A nyomdai menedzsment a megrendelési mennyiségektől és termékjellegtől függően dönthet a kivitelezési eljárásról.

A közepes és szélespályás nyomatoknál a digitális nyomtatás versenyképessé válása kissé lassúbb folyamat, talán a gépek helyigénye és a nyomdagépek és segédanyagaik árpolitikája miatt is.

Magyarországon tudomásunk szerint két flexónyomda üzemeltet flexónyomdagépek mellett digitális nyomtatást is síkfólia és tasak előállítása céljából.

Kutatásom folyamán arra a kérdésfeltevésre kerestem a választ, hogy:

- milyen a digitális nyomtatás szintérreprodukciója
- hogy viszonyul egymáshoz a digitális és a flexó nyomtatás szintérreprodukciója
- milyen hatással van a nyomdai előkészítés (nyomóforma-gyártás technológiája) a flexó nyomtatás szintérreprodukciójára.

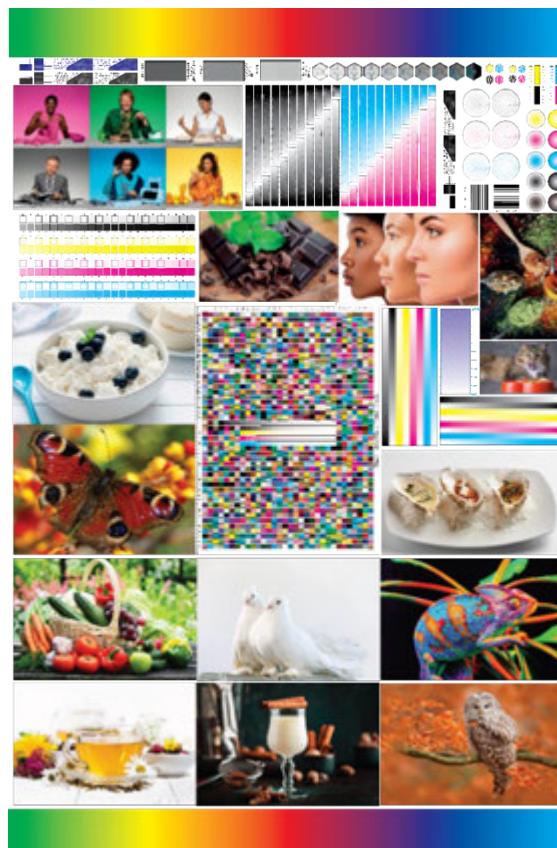
9.1 A nyomdai tesztek kivitelezése

A kutatásomat a digitális nyomtatás feltérképezésével kezdtem. Találnom kellett egy együttműködésre hajlandó nyomdát, aki rendelkezik a tesztekhez megfelelő felszereltséggel. A feladatnál a sóskúti Sipospack Kft. lett a tesztet kivitelező nyomda. Adottak voltak náluk az ideális körülmények, tudomásom szerint Magyarországon egyedülként rendelkeznek egy HP Indigo 20000 digitális nyomdagéppel. A gép pályaszélessége 762 mm, nyomtatási sebessége 4-színű üzemmódban 101 láb/perc (30,78 méter/perc), 5 színű üzemmódban 82 láb/perc (25 méter/perc) és EPM üzemmódban 137 láb/perc (41 méter/perc). (*Hewlett Packard, 2013*). A 62.ábrán a HP Indigo 20000 digitális nyomdagép látható.



62.ábra: A Sipospack HP Indigo 20000 nyomdagépe (Forrás: <https://sipospack.hu/digitalis-nyomtatas/>)

Ennek a nyomdagép a használatára került összeállításra egy tesztábra. A teljes pályaszélességet kihasználva több fotóelemet, flexónyomdai teszteknek is használt tesztelemeket és egy 1472 tesztmezőből álló mérőábrát is tartalmazott, melyből ICC profil visszamérése is lehetséges volt. A 63.ábra a teszt nézőképét mutatja:



63.ábra: A HP Indigo 20000 nyomdagépen elvégzett teszt ábrája

A teszt alapanyaga 20 μ vastag átlátszó polipropilén volt. A teszt elvégzése után a rendelkezésre álló források kihasználásával volt kimérhető az ICC profil. A méréshez a GMG szoftverrendszerét és az iLiO automata mérőkarral 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.

Az alábbi 10 színprofilt vontam be a kutatás e részébe. Ezek a minták flexó nyomtatással készültek a 18. táblázatban leírt paraméterek mellett:

18.táblázat: A kutatásban résztvevő színprofilok és gyártási paramétereik

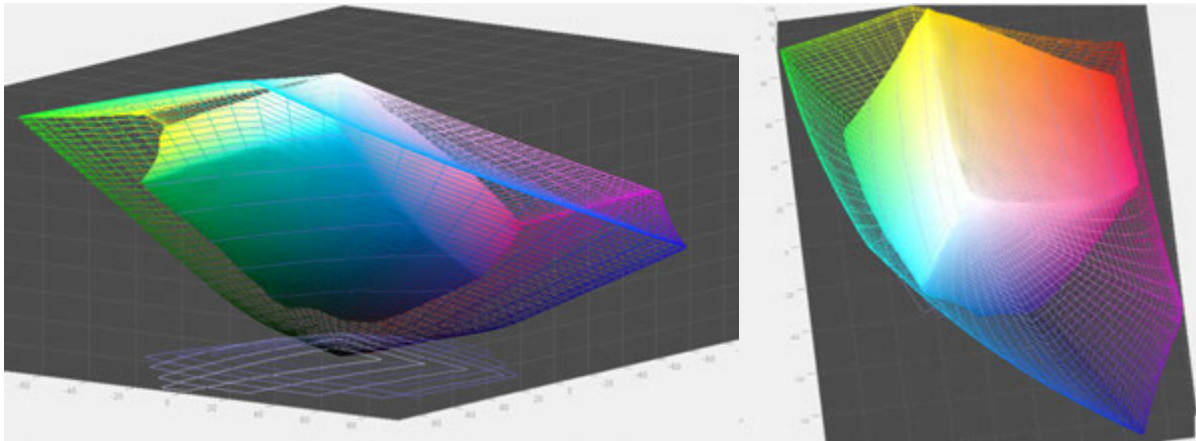
Sorszám	Nyomtatott alapanyag	Nyomóforma típusa	Nyomóformagyártási technológia	Festék típusa
1.	PP TR	MacDermid Lux® ITP™ 60	Bellissima DMS	UV
2.	PP TR	MacDermid Lux® ITP™ 60	Bellissima DMS	UV
3.	PP TR	Kodak Flexcel FNXH	Kodak NX A	UV
4.	PP TR	DuPont™ Cyrel® ESXR	Digital Flat Pixel A	UV
5.	PP TR	DuPont™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

A felsorolt mintákból az ICC profilokat szintén a fent említett GMG szoftverrel és iLiO mérőberendezéssel mértem be. Ezáltal 11 ICC profil állt rendelkezésemre, melyeket a Gamutvision elnevezésű szoftver segítségével hasonlítottam össze. 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 összehasonlítások eredményeit a következő alfejezetben mutatom be.

9.2 A vizsgálati eredmények feldolgozása

Az ICC profilok értékeléséhez az említett Gamutvision nevű szoftvert vettem igénybe. A szoftver egy nagyobb csomag része, melynek tulajdonosa ma már az Imatest. Az ábrákat nem lehetséges azonos pozícióban mutatni, mivel a szoftver dinamikusan – mozgókép formájában – mutatja meg őket, így nem lehetséges azonos szög alatt láttatni az összehasonlításokat. Az ábrák csak illusztrációként szolgálnak.

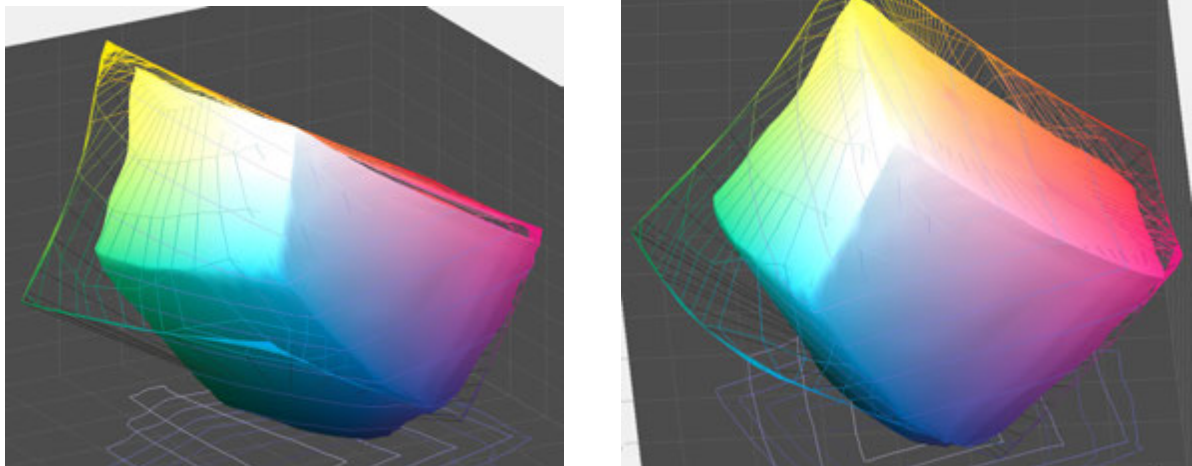
Elsőként a HP Indigo 20000-es nyomdagép által reprodukálható színteret vizsgáltuk meg a program segítségével. Amihez hasonlítottunk, az pedig a D50 Lab színtér volt. A vizuális eredmény a 64. ábrán látható.



64.ábra: A HP Indigo 20000 (teli tartomány) és a D50 Lab (drótváz) színtér összehasonlítása

Az elemzés eredményeként megkaptam azt az információt is, hogy a D50 Lab színtér gamutértéke (gamut volumes) 840064, a HP Indigo 20000-é pedig 460722. Ahogy az az ábrán is látszik és a számérték pedig alátámaszta, a digitális nyomatminta nagyjából a másik színtér terjedelmének a felét tudja reprodukálni.

A következő összehasonlítás tárgya HP Indigo 20000 és az első flexó nyomat. A flexó nyomat UV festék felhasználásával készült MacDermid Lux® ITP™ 60 nyomólemezzel, Bellissima DMS technológiával, átlátszó polipropilén alapanyagra. A vizuális összehasonlítás eredményét a 65. ábra mutatja.



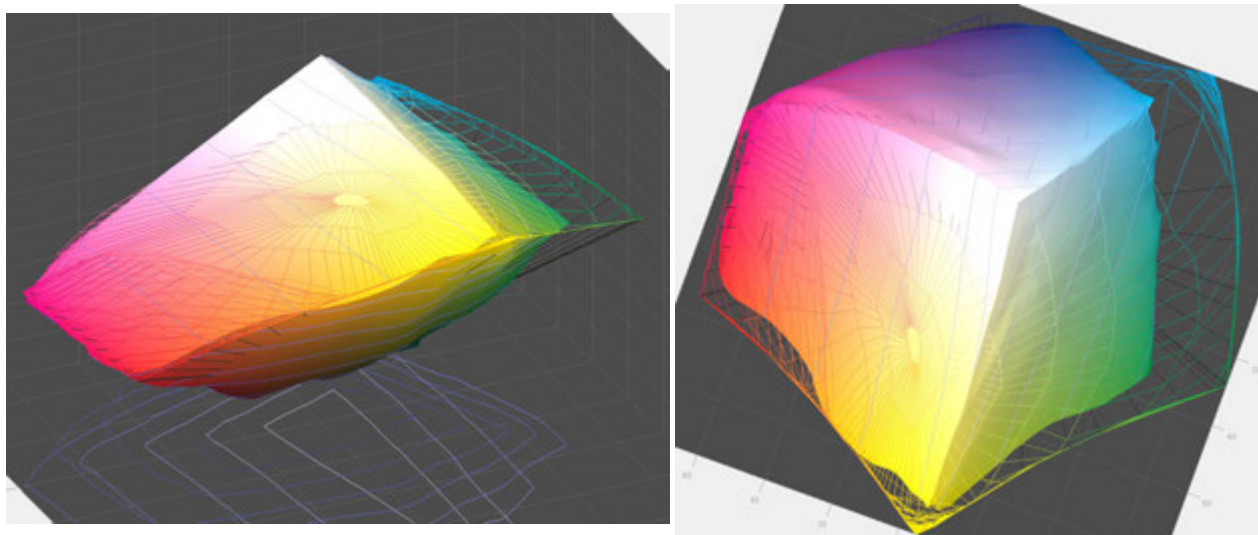
65.ábra: A HP Indigo 20000 (drótváz) tartomány és az 1.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

A gamutértékek ez esetben az alábbiak szerint alakultak. A HP Indigo 20000 logikusan változatlanul 460722, a vizsgált flexó minta pedig 348449 értéket mutat. Megállapíthatjuk, hogy a digitális nyomat szélesebb színspektrumot képes reprodukálni.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 41,47%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 75,63%

A második flexó minta nyomóforma szempontjából ugyanúgy készült, mint az első, ugyanolyan alapanyagra is készült, azonban egy másik nyomda nyomtatta. Érdekességként megjegyezhetjük, hogy a nyomdagépek és a használt aniloxok is azonosak voltak, a használt nyomdafesték eltérő gyártótól származik. Az eredményt a 66. ábrán mutatjuk.



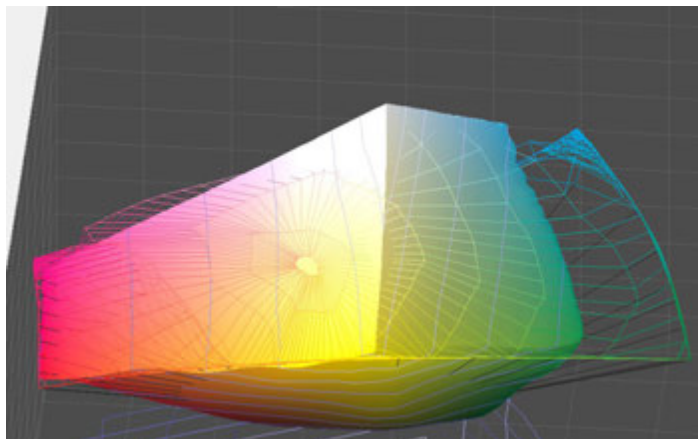
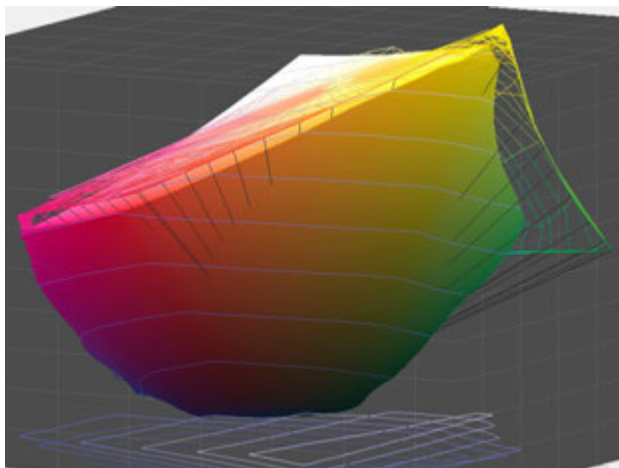
66.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 2.számú flexó minta (teli tartomány) színtérének összehasonlítása

A 2.számú flexó mintánál láthatjuk, hogy a színtérreprodukció jobb, mint az első minta esetében. Továbbra is szélesebb a digitális nyomat színspektruma, de ez a minta már jobban megközelíti. Láthatjuk, hogy a sárgás, vörös és lilás árnyalatok esetében a megközelítés nagyon jó, sőt néhány színárnyalatnál a flexó minta teljesít jobban. A digitális nyomtatás viszont a kékes és zöldes árnyalatoknál tudja jobban visszaadni a színeket. Ami a gamutértékeket illeti, a digitális 460722-jéhez képest ez a flexó minta 407321-et tud.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 48,48%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 88,40%

A harmadik minta továbbra is egy UV festékes nyomat az átlátszó polipropilén fólián. A nyomóforma alapanyaga a Kodak Flexcel FNXH volt, mely féldigitális módon flat top pontokkal dolgozik, mint a többi használt formakészítési technológia. A vizuális összehasonlítás eredményét a 67. ábra mutatja.



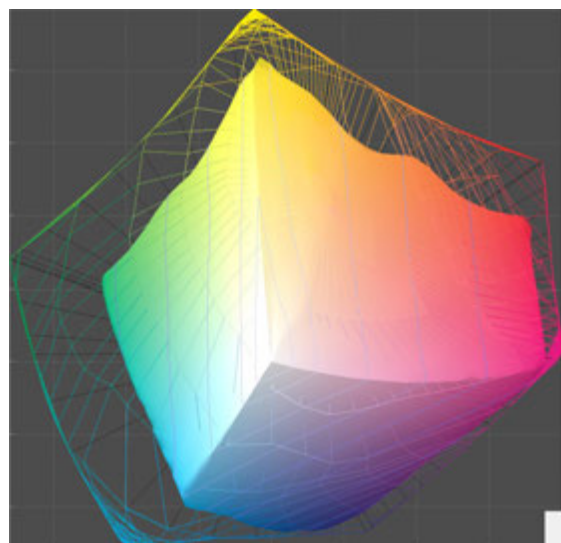
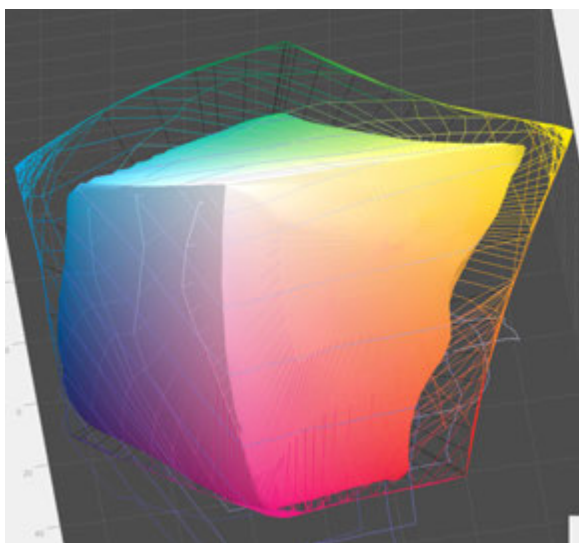
67.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázastartomány) és az 3.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

A vizualizációból látható, hogy a színtér egy részén ismét a flexó minta teljesít jobban, a bíbor, sárga, vörös tartományban hasonló vagy jobb a flexó nyomtat. Erősebb a digitális nyomtatminta ismételten a ciános és zöldes árnyalatok esetében. A 3.as számú flexó nyomtatminta gamutértéke 388433.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 46,23%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 84,30%

A negyedik minta az utolsó flexó nyomtatminta, amely UV festékkel készült. Ugyanaz a nyomda készítette a mintákat, mint a 2. és a 3. nyomtatmintát. Emiatt akár arról is vonhatunk le következtetéseket, hogy azonos paraméterek között milyen befolyással van a nyomóformakészítési technológia a reprodukálható színtérre. A minta egy digitális síktetejű rácsponthoz dolgozó felületi struktúrával ellátott lemezre készült. Az eredményt a 68. ábra mutatja.



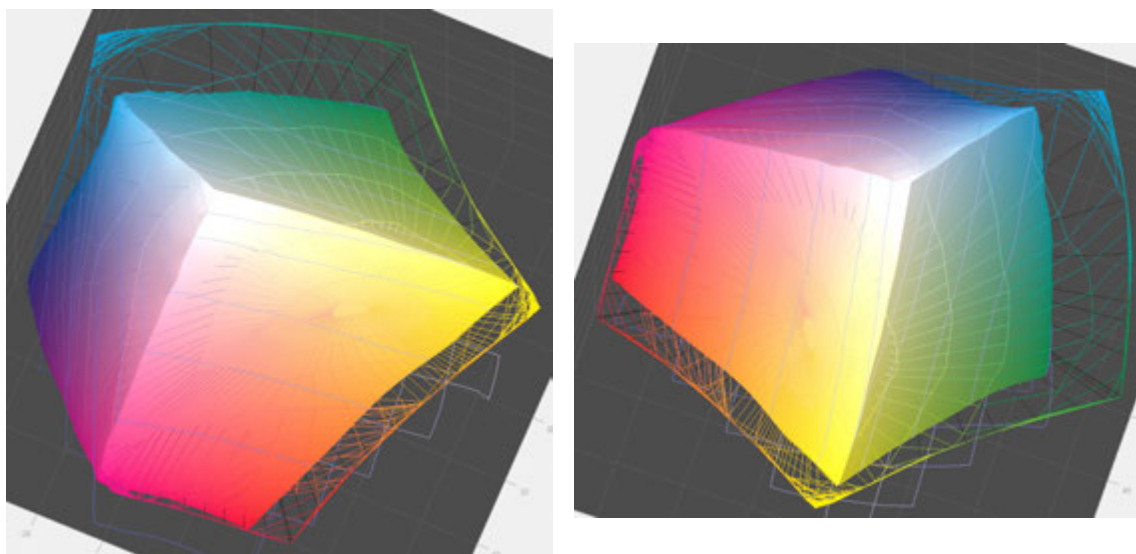
68.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázastartomány) és az 4.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

A gamut tartomány értéke 340696. Láthatjuk, hogy a reprodukálható színtér jóval szűkebb a digitális nyomatmintáétól. Legjobban a bíboros, kékes, lilás árnyalatoknál közelítik meg egymást, de a cián, zöld és sárga felé hajló csúcsok elég messze vannak a flexó mintáétól.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 40,55%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 73,94%

Az ötödik minta az első oldószeres nyomat. Itt egy egyszerű, viszonylag régi fejlesztésű digitális lemezt használtunk. Nem flat top dot technológiával dolgozik, tehát a nyomópontok lekerekítettek. Az alapanyag itt is ugyanaz az átlátszó polipropilén volt, mint az eddigiekben. Az eredményeket a 69. ábra mutatja.



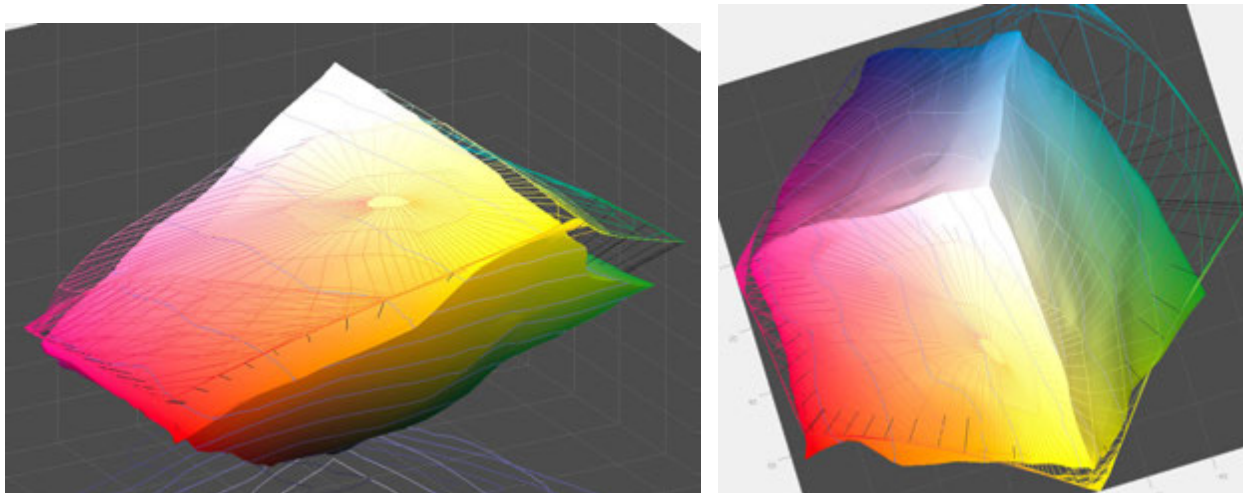
69.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázis tartomány) és az 5.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

Ez a minta azt mutatja, hogy majdnem minden színtartományban eredményesebb a digitális nyomtatás. Ismételten a kékes és zöldes árnyalatok hiányoznak legjobban a flexó nyomtatás színteréből, de ez esetben a sárgás és vöröses árnyalatokat sem tudta úgy hozni a flexó, mint a digitális nyomtatás. A gamut tartomány jelen esetben 341701.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 40,67%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 74,16%

A soronkövetkező minta Bellissima DMS technológiával készült a MacDermid Lux® ITP™ 60-as lemezére. A használt festék típusa oldószeres volt, a nyomatminta átlátszó polipropilénre készült. A minta érdekessége annyi, hogy egy viszonylag új, nagyon jól felszerelt szélespályás flexónyomdagépen készült 420 lcm felbontású anilox hengerekkel. A minta eredményei a következő oldalon lévő 70. ábrán tekinthetők meg.



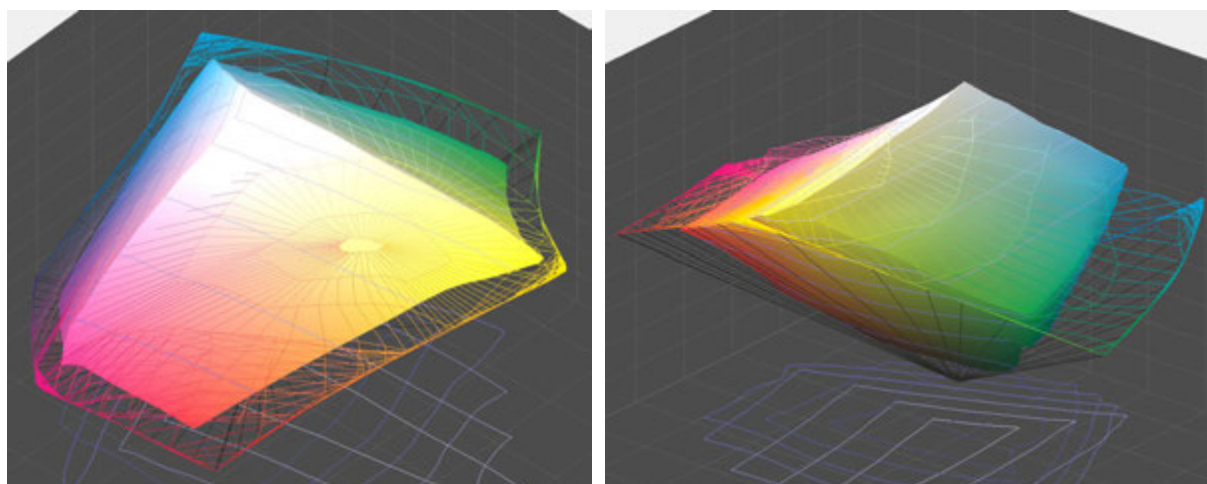
70.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázastartomány) és az 6.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

Ennél a mintánál megfigyelhető, hogy jóval kiterjedtebb a reprodukálható színtér, mint az előző két minta esetében. Azt is láthatjuk, hogy a színterek el vannak tolódva egymáshoz képest, vagyis ez a flexó minta a sárga-narancs-vörös-kék árnyalatoknál jobban teljesített, mint a digitális nyomtatás. Az a jelenség, amit eddig minden mintánál megfigyelhettünk, most is megvan. Az élénkzöld és a világos kékes-zöldes árnyalatok esetében a digitális nyomtatás mutat jobb eredményeket, habár a flexó mintán is van egy szűkebb zöldtartomány, ahol a színvisszaadása jobb, mint a digitális nyomtatásé. A gamut tartomány értéke 397610.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 47,33%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 86,30%

A 7.minta Kodak technológiával készült a standard Kodak Flexcel NX technológiával. Oldószeres festékkel nyomtatott mintáról van szó átlátszó polipropilén fóliára. A vizualizáció a 71. ábrán található.



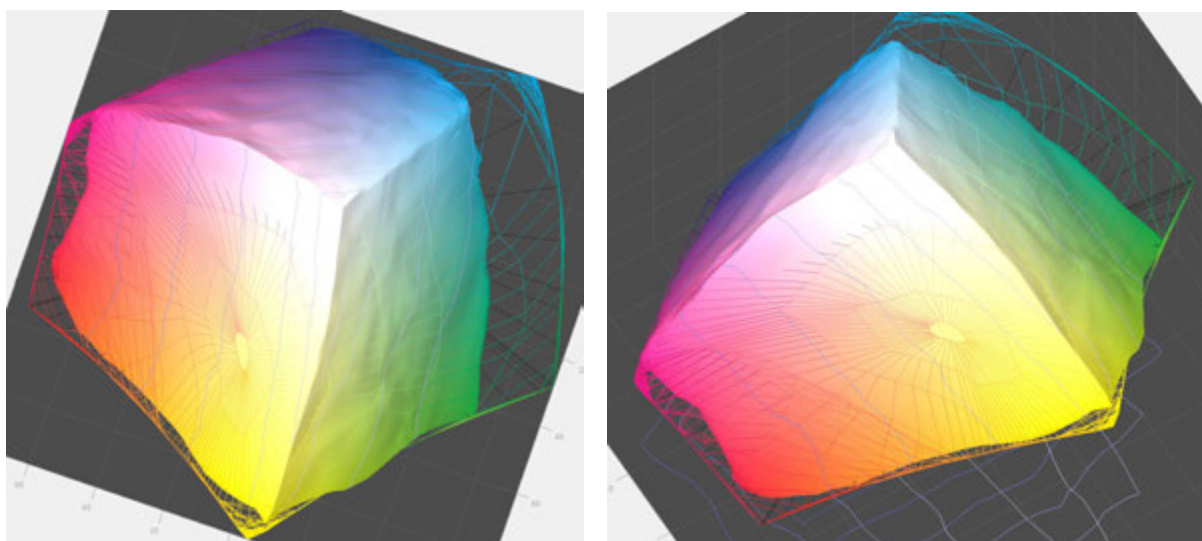
71.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázastartomány) és az 7.számú flexó minta színterének (teli tartomány) összehasonlítása

Eddig ez a minta az egyik legszűkebb reprodukált színtér. Látszik, hogy szinten minden színárnyalatot érintően szűkebb a flexós minta színtere, mint a digitális nyomtatásé. A lefedetlen színtér eloszlása eléggé egyenletes, nem figyelhetünk meg nagyobb kiugrásokat. A gamut tartomány e minta esetében 297472.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 35,41%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 64,56%

A nyolcadik minta ugyanott készült megegyező körülmények között, mint a hetedik minta. A különbség kizárólag a nyomóformában rejlett. Itt egy másik digitális flat top alapanyagot alkalmaztunk, a Dupont ESXR lemezét. E változón kívül meg szeretnénk volna vizsgálni azt is, hogy a nyomóformán alkalmazott rács típusa befolyásolja-e a színtérreprodukciót. Egy sztochasztikus rácsot alkalmaztunk, mely egy szlovákiai nyomóformagyártó cég saját fejlesztése. Nincs rácsszög sem, ezáltal moiré effektus sem alakul ki és a pontok is teljesen máshogy kerülnek kialakításra, mint egy klasszikus AM vagy akár FM rácsnál is. A minta vizualizációja a 72.ábrán látható.



72.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázis tartomány) és az 8.számú flexó minta (teli tartomány) színtérének összehasonlítása

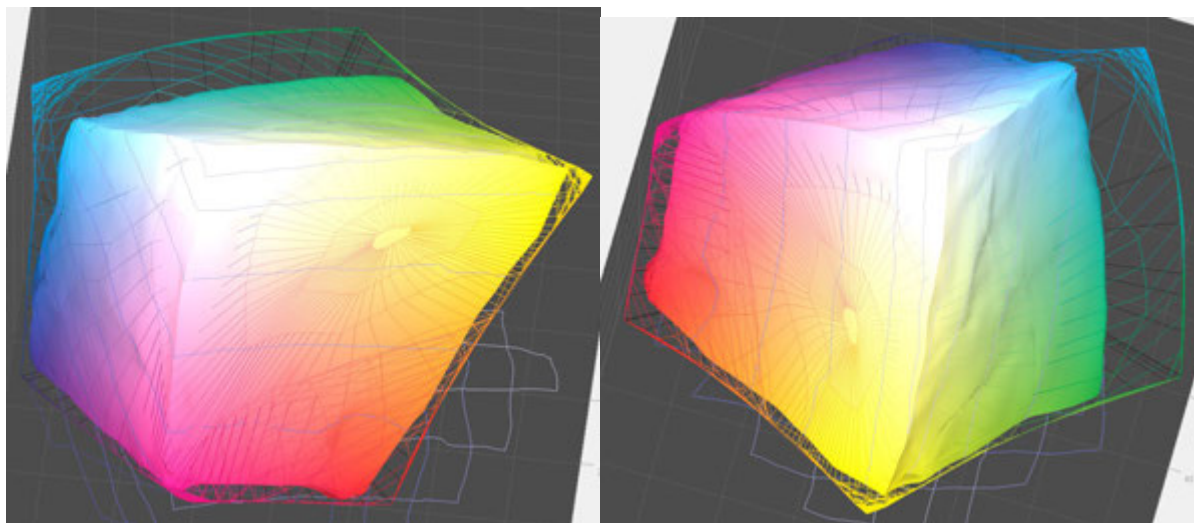
Az élénkzöld és halvány kék, halvány zöld tartomány kivételével a flexó minta reprodukált színtere elég szorosan megközelítette a digitális nyomtatás által hozott színteret. Megfigyelhető, hogy bizonyos síkokban majdnem párhuzamosak egymással a színterek. A gamut tartomány ebben az esetben 398108.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 47,39%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 86,40%

A kilencedik minta ugyanabban a nyomdában készült, mint a hetedik és a nyolcadik minta. Érdekes emiatt összehasonlítani, hogy az adott nyomdában hogy működnek színtérreprodukció

szempontjából a formakészítési technológiák. Az utolsó itt készült minta Bellissima DMS rácsozással készült a megszokott Macdermid alapanyagra. A többi paraméter azonos az eddigiekkel. A minták vizuális összehasonlítását a 73.ábra mutatja.



73.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 9.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása

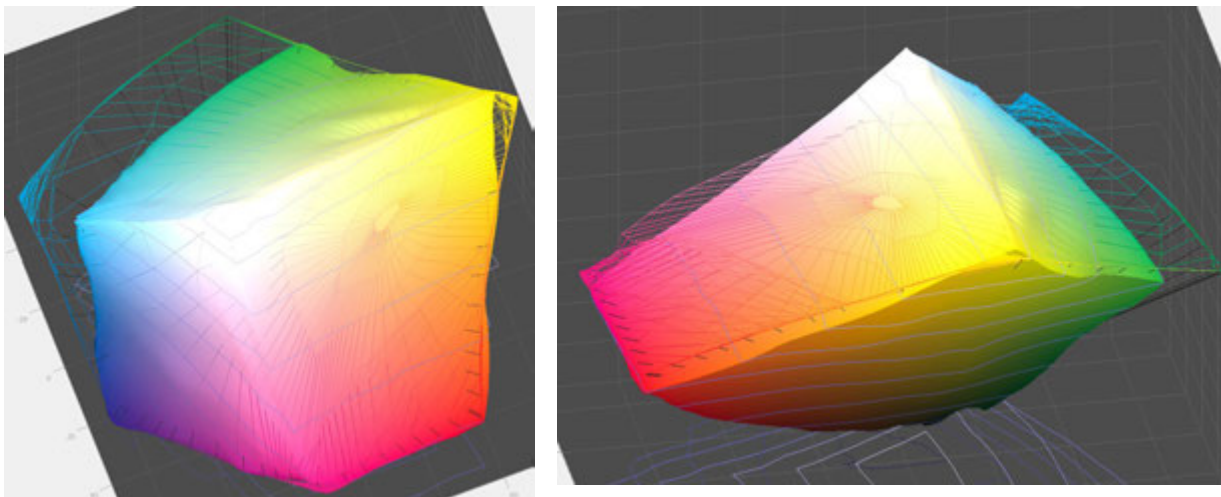
Megfigyelhetjük, hogy a nyolcadik mintához hasonlóan, az eddigi eredményekkel összehasonlítva jól működött a nyomóforma, hiszen viszonylag széles tartományt fed le a reprodukálható színtér. Minden csúcsnál jobban szerepel a digitális nyomtatás, de mindent összevetve ez a minta is jó eredményt hozott. A gamut tartomány értéke 386358.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 45,99%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 83,85%

A soron következő és egyben utolsó minta egy másik nyomdában készült, ahonnan az eddigiekben még nem szerepelt minta. Az itteni források kizárólag Kodak tesztek tették lehetővé. A forma Kodak Flexcel NX technológiával készült a standard Kodak NX alapanyagra.

Itt a két színtér az eddigi minták közül a legközelebb állt egymáshoz. Úgy tűnik, hogy egy minta sem tudta utolérni a digitális nyomtatás az élénk zöld és halvány kék, világos zöldeskék árnyalatok esetében. Az összes többi eredmény viszont figyelemreméltó. Kisebb eltérésekkel ugyanaz a reprodukálható színtartomány területe. A halvány lilás tartományban jobb a digitális, viszont a sárga-vörös és zöld csúccsal határolt síkban a flexó minta határozottan jóeredményeket mutat. A vizualizáció a 74. ábrán található.



74.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázastartomány) és az 10.számú flexó minta (teli tartomány) színtérének összehasonlítása

A gamut tartomány e minta esetében 419919, ami az eddigi legmagasabb eredmény.

Színspektrumreprodukció a D50 Lab-hoz képest: 49,98%

Színspektrumreprodukció a HP Indigo 20000-hez képest: 91,14%

9.3 A vizsgálati eredmények értékelése

A kutatásban 11 minta szerepelt, melyekből a megfelelő technológia segítségével ICC profilokat mértünk és ezeket összehasonlítottuk. A kapott eredményeket a 19.táblázatban összegezzük.

19.táblázat: A kutatásban résztvevő színprofilok gyártási paraméterei és vizsgálati eredményei

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 szintérreprodukciójára. 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.

10. 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 Pantone® színek alkalmazása nem lassítja magát a nyomtatási folyamatot, viszont a nyomtatás előtt és után több erőforrást vesz igénybe. 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 következő alfejezetben a Pantone® színek használatát elemezzük, továbbá rámutatunk a Pantone® színes és EGP nyomtatás közötti összefüggésekre.

10.1 Direkt színek a flexó nyomtatás gyakorlatában

Egy átlagos flexónyomda a gyakorlatban 50-60 Pantone® színt használ. A festékeknek is van egy bizonyos minőségmegőrzési ideje és bár valamilyen mértékben újra lehet használni a maradék festéket, azonban ez sok esetben nem célszerű vagy nem történik meg. A nyomdai beállítások ideje minden plusz alkalmazott direkt szín által emelkedik, mivel a festékkamrákat fel kell tölteni ezekkel a festékekkel, majd nyomtatás után elmosni őket a következő beállítás előtt. A Pantone® színekkel történő nyomtatás hátrányaiként tehát az alábbi okokat nevezhetjük meg a teljesség igénye nélkül.

- Egyre növekvő mennyiségű kimaradt festék a nyomdák festékraktáraiban.
- A folyamatosan bővülő Pantone® skála által valószínűsíthetőleg növekszik a használt színárnyalatok száma is.
- Magasabb ráfordított költség.
- Több előkészület és utómunkálat a nyomtatási folyamatban.
- Pantone® színek problémás kombinálhatósága az alapszínekkel (CMYK).

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. Napjainkban már gyakrabban találkozunk 10 színes nyomdagépekkel is, melyek előnye, hogy EGP nyomtatás

esetében van fennmaradó hely akár egy lakkozásnak vagy második fehér alányomásnak, esetleg egy metallizált színnek. Az EGP nyomtatás lényege tehát, hogy a CMYK alapszíneken kívül három direkt színt használ minden egyes nyomathoz. Ezek a színek a narancs, zöld és a lila. A kutatásunk folyamán találoztunk olyan esettel is, ahol a lila szín helyett egy reflex kékhez hasonlító festéket használt a nyomda a portfóliója miatt.

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 színrebontás 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.

10.2 A nyomdai tesztek tervezése és kivitelezése

A nyomdai tesztekhez egy magyarországi flexónyomda támogatását kaptuk meg. Tudomásunk szerint ők egyedül dolgoznak Magyarországon kiterjesztett színterű flexó nyomtatással is. Előkészítettünk egy nyomdai tesztet, melynek a nézőképét a 75.ábrán láthatjuk. A teszten a 36 leggyakrabban használt direkt szín látható CMYKból és CMYKOGV-ből nyomtatva. A középső részen különböző méretű és eltérő színösszetételben szereplő pozitív és negatív elemek szerepelnek a későbbi kutatások céljából. A fotó elemeket csupán érdekességből, illusztrációként raktuk fel, mindegyiket négy színnel is és hét színnel is nyomtatva.



75.ábra: A színteszt nézőképe

A kutatást megelőzően el kellett végezni a standard nyomdai színtérteszteket is. Első körben egy mikrocélás struktúrákat felmérő tesztet végeztünk. A teszt eredményeit számításba véve készült el egy linearizációs teszt, mely az egész nyomtatási folyamat karakterisztikáját mérte fel – minimális nyomtatható pontértékeket, rácsbeállításokat, ponttorzulásokat, jelleggörbét. Ezt a tesztet követte a 7 színes fingerprint, melyből megkaptuk az EGP ICC színprofilt. Ezt a színprofilt használva tudtuk valós körülmények között megtenni, hogy a Pantone® színeket átváltssuk EGP színekre. Készítettünk egy elemzést a rendelkezésre álló adatbázisban (10 év, kb. 18000 grafikai állomány), hogy melyek a leggyakrabban használt Pantone® színek. A kapott eredményekből a 36 leggyakrabban használt Pantone® színnel dolgoztunk tovább. A kapott lista – nem releváns sorrendben – az eredményeknél olvasható. Ezeket a színeket aztán egy GMG színmenedzsment szoftver segítségével konvertáltuk az ICC profil figyelembevételével CMYKOGV színekre, illetve

az érdekesség kedvéért csak CMYK-ra is. Ezáltal össze tudtuk hasonlítani azt is, hogy mekkora a ΔE eltérés a CMYKOGV és CMYK között, illetve esetlegesen mindkettőt össze tudjuk hasonlítani a Pantone® színekkel.

10.3 A vizsgált színek eredményei és értékelésük

A kapott nyomatmintát végig mértük az X-Rite eXact fotospektrométerével és az alábbi értékeket kaptuk 20. táblázat):

20.táblázat: A fóliamintán mért színek Lab értékei

Pantone® szín		CMYKOGV			CMYK		
		L	a	b	L	a	B
1.	Pantone® Orange 021 C	60,18	54,32	70,89	59,96	42,34	52,49
2.	Pantone® 254 C	37,40	39,97	-25,76	38,48	41,67	-22,37
3.	Pantone® 320 C	52,35	-56,73	-24,39	52,93	-38,99	-30,91
4.	Pantone® 7517 C	41,14	26,79	34,74	41,85	26,65	35,80
5.	Pantone® 072 C	18,97	30,84	-61,07	18,80	11,45	-46,58
6.	Pantone® 2587 C	41,00	30,29	-42,14	42,26	22,77	-25,94
7.	Pantone® 3275 C	61,93	-62,77	-7,90	56,68	-36,34	-19,59
8.	Pantone® 266 C	36,32	35,15	-52,17	35,36	16,85	-33,53
9.	Pantone® 1235 C	77,54	22,35	65,05	77,84	11,98	59,79
10.	Pantone® 2645 C	64,80	12,31	-24,51	67,66	8,73	-15,98
11.	Pantone® 4625 C	32,47	18,53	20,85	34,87	20,73	22,75
12.	Pantone® Process Blue C	48,04	-28,43	-52,73	48,53	-29,03	-52,50
13.	Pantone® 130 C	73,10	23,55	72,67	74,90	15,95	75,09
14.	Pantone® 2665 C	44,94	25,08	-42,63	58,08	8,12	-22,03
15.	Pantone® 470 C	53,64	25,14	36,56	53,57	25,46	37,46
16.	Pantone® Reflex Blue C	16,91	30,07	-62,80	19,42	14,81	-43,14
17.	Pantone® 1505 C	65,14	49,31	83,02	64,32	33,46	62,63
18.	Pantone® 2716 C	72,73	2,14	-20,21	74,38	2,72	-14,50
19.	Pantone® 476 C	40,09	15,48	12,18	39,53	15,41	11,92
20.	Pantone® Rhodamine Red C	52,09	56,13	-3,93	53,53	54,56	-3,59
21.	Pantone® 166 C	58,42	48,67	64,44	58,34	45,21	52,58
22.	Pantone® 2728 C	31,42	13,79	-58,39	33,25	2,28	-40,03
23.	Pantone® 485 C	51,34	62,79	46,86	49,38	63,23	48,99
24.	Pantone® Violet C	23,09	37,27	-53,33	26,82	22,22	-32,58
25.	Pantone® 186 C	46,61	63,37	36,03	46,31	61,94	34,47
26.	Pantone® 280 C	13,01	25,21	-55,59	18,31	12,79	-39,67
27.	Pantone® 562 C	45,54	-32,65	-16,08	46,04	-31,18	-15,87
28.	Pantone® Warm Red C	58,16	54,92	38,41	57,07	48,47	35,35
29.	Pantone® 200 C	42,31	63,79	32,10	42,78	57,52	27,51
30.	Pantone® 286 C	22,05	21,40	-65,64	22,72	8,59	-45,40
31.	Pantone® 732 C	37,78	24,57	32,84	37,35	24,98	32,95
32.	Pantone® 347 C	53,79	-59,40	22,60	47,32	-52,22	26,06
33.	Pantone® 206 C	44,10	69,93	29,45	45,76	64,82	27,80
34.	Pantone® 300 C	34,68	-7,39	-55,59	32,86	-9,52	-46,09
35.	Pantone® 7467 C	54,87	-53,07	-23,54	53,40	-33,81	-33,63
36.	Pantone® 375 C	73,64	-33,26	62,10	70,07	-21,53	63,62

A vizsgálathoz a további adatokat a Pantone® skála méréseivel kaptuk. Ugyanazzal az X-Rite eXact fotospektrométerrel mértük ki a kiválasztott Pantone® színeket. Kétféle adatot kaptunk. A Pantone® Solid Coated skálán végeztük a méréseket, ahol is a Pantone® szín mellett szerepel az elmélet szerint legjobb értékekkel átszámított szín is CMYK-ból, így megmértük e színmezők Lab értékeit is (21. táblázat).

21.táblázat: A Pantone® Solid Coated skálán mért színek Lab értékei

Pantone® szín		Pantone®			CMYK		
		L	a	b	L	a	B
1.	Pantone® Orange 021 C	59,80	67,22	88,54	61,23	45,75	66,95
2.	Pantone® 254 C	38,50	63,02	-30,93	36,37	56,04	-19,87
3.	Pantone® 320 C	52,02	-58,45	-25,82	51,20	-53,65	-22,80
4.	Pantone® 7517 C	42,87	25,52	34,32	38,56	27,34	31,35
5.	Pantone® 072 C	12,82	41,93	-70,94	25,74	14,57	-40,94
6.	Pantone® 2587 C	42,17	39,94	-42,01	43,22	31,41	-31,89
7.	Pantone® 3275 C	61,85	-65,43	-8,87	55,64	-54,97	-1,19
8.	Pantone® 266 C	42,71	44,56	-54,25	41,17	28,23	-35,94
9.	Pantone® 1235 C	82,31	17,55	89,50	76,13	18,15	81,49
10.	Pantone® 2645 C	67,81	16,97	-29,55	65,83	11,92	-22,47
11.	Pantone® 4625 C	24,10	13,69	15,25	28,92	6,60	7,50
12.	Pantone® Process Blue C	46,15	-31,90	-53,68	50,00	-31,38	-48,13
13.	Pantone® 130 C	76,60	20,74	86,25	74,70	20,38	73,80
14.	Pantone® 2665 C	46,27	32,07	-50,87	43,63	20,65	-34,80
15.	Pantone® 470 C	50,16	29,66	48,07	51,15	20,77	42,30
16.	Pantone® Reflex Blue C	14,47	26,82	-62,83	28,29	11,59	-41,88
17.	Pantone® 1505 C	64,43	61,65	90,49	65,44	37,91	61,58
18.	Pantone® 2716 C	70,89	5,95	-27,43	69,24	1,25	-23,61
19.	Pantone® 476 C	35,13	27,63	24,25	32,96	25,33	19,08
20.	Pantone® Rhodamine Red C	52,31	78,95	-10,10	52,81	61,08	-11,07
21.	Pantone® 166 C	56,60	53,18	65,78	55,34	57,16	60,34
22.	Pantone® 2728 C	34,21	14,40	-64,76	38,74	1,96	-40,82
23.	Pantone® 485 C	51,06	67,52	53,61	51,60	67,77	52,35
24.	Pantone® Violet C	18,01	53,75	-69,71	27,48	29,39	-42,87
25.	Pantone® 186 C	45,40	66,75	36,49	46,25	69,91	41,22
26.	Pantone® 280 C	13,46	13,30	-46,41	25,38	7,42	-34,26
27.	Pantone® 562 C	40,24	-35,02	-3,76	42,16	-36,23	-0,86
28.	Pantone® Warm Red C	60,32	68,30	48,57	54,51	61,64	39,78
29.	Pantone® 200 C	42,11	62,37	30,64	44,96	64,61	38,67
30.	Pantone® 286 C	22,86	15,37	-64,69	29,61	5,13	-48,33
31.	Pantone® 732 C	28,25	18,24	28,18	24,99	16,16	22,11
32.	Pantone® 347 C	53,72	-61,33	26,67	55,98	-59,95	32,26
33.	Pantone® 206 C	45,25	71,75	28,03	49,71	72,17	35,84
34.	Pantone® 300 C	35,84	-13,42	-58,48	37,55	-1,23	-45,04
35.	Pantone® 7467 C	55,16	-59,17	-24,76	57,08	-53,70	-18,23
36.	Pantone® 375 C	79,54	-38,07	76,54	74,59	-27,39	72,53

A kutatási feladathoz a színek közötti eltérésre, azaz a ΔE értékekre volt szükség. Az ehhez használt képletet már az elméleti háttérkutatási részben bemutattuk.

Az alábbi táblázatban (22. táblázat) kiszámoltam a nyomtatott fóliamintán ECG nyomtatással kapott színek Lab értéke és a Pantone skálában mért színek Lab értéke közötti ΔE eltérést.

22.táblázat: Az ECG nyomtatással készült színek Lab értéke és a Pantone skálában mért színek Lab értéke közötti ΔE eltérés

Pantone® szín	Fólia			Pantone® skála			ΔE
Pantone® 200 C	42,31	63,79	32,10	42,11	62,37	30,64	2,05
Pantone® 7517 C	41,14	26,79	34,74	42,87	25,52	34,32	2,19
Pantone® 320 C	52,35	-56,73	-24,39	52,02	-58,45	-25,82	2,26
Pantone® 206 C	44,10	69,93	29,45	45,25	71,75	28,03	2,58
Pantone® 3275 C	61,93	-62,77	-7,90	61,85	-65,43	-8,87	2,83
Pantone® 186 C	46,61	63,37	36,03	45,40	66,75	36,49	3,62
Pantone® Process Blue C	48,04	-28,43	-52,73	46,15	-31,90	-53,68	4,06
Pantone® Reflex Blue C	16,91	30,07	-62,80	14,47	26,82	-62,83	4,06
Pantone® 347 C	53,79	-59,40	22,60	53,72	-61,33	26,67	4,50
Pantone® 166 C	58,42	48,67	64,44	56,60	53,18	65,78	5,04
Pantone® 286 C	22,05	21,40	-65,64	22,86	15,37	-64,69	6,16
Pantone® 7467 C	54,87	-53,07	-23,54	55,16	-59,17	-24,76	6,23
Pantone® 300 C	34,68	-7,39	-55,59	35,84	-13,42	-58,48	6,79
Pantone® 2728 C	31,42	13,79	-58,39	34,21	14,40	-64,76	6,98
Pantone® 2645 C	64,80	12,31	-24,51	67,81	16,97	-29,55	7,50
Pantone® 485 C	51,34	62,79	46,86	51,06	67,52	53,61	8,25
Pantone® 2716 C	72,73	2,14	-20,21	70,89	5,95	-27,43	8,37
Pantone® 2587 C	41,00	30,29	-42,14	42,17	39,94	-42,01	9,72
Pantone® 2665 C	44,94	25,08	-42,63	46,27	32,07	-50,87	10,89
Pantone® 4625 C	32,47	18,53	20,85	24,10	13,69	15,25	11,17
Pantone® 266 C	36,32	35,15	-52,17	42,71	44,56	-54,25	11,56
Pantone® 732 C	37,78	24,57	32,84	28,25	18,24	28,18	12,35
Pantone® 470 C	53,64	25,14	36,56	50,16	29,66	48,07	12,85
Pantone® 562 C	45,54	-32,65	-16,08	40,24	-35,02	-3,76	13,62
Pantone® 130 C	73,10	23,55	72,67	76,60	20,74	86,25	14,30
Pantone® 1505 C	65,14	49,31	83,02	64,43	61,65	90,49	14,44
Pantone® 280 C	13,01	25,21	-55,59	13,46	13,30	-46,41	15,04
Pantone® 072 C	18,97	30,84	-61,07	12,82	41,93	-70,94	16,07
Pantone® 375 C	73,64	-33,26	62,10	79,54	-38,07	76,54	16,32
Pantone® Warm Red C	58,16	54,92	38,41	60,32	68,30	48,57	16,94
Pantone® 476 C	40,09	15,48	12,18	35,13	27,63	24,25	17,83
Pantone® Orange 021 C	60,18	54,32	70,89	59,80	67,22	88,54	21,86
Pantone® Rhodamine Red C	52,09	56,13	-3,93	52,31	78,95	-10,10	23,64
Pantone® 254 C	37,40	39,97	-25,76	38,50	63,02	-30,93	23,65
Pantone® Violet C	23,09	37,27	-53,33	18,01	53,75	-69,71	23,78
Pantone® 1235 C	77,54	22,35	65,05	82,31	17,55	89,50	25,37

Az értékeken felül a színeket rendeztük a ΔE eltérés függvényében is, ahol legelől a legkisebb ΔE értéket produkáló Pantone® színeket találhatjuk. Mivel ilyen teszt elvégzésére Magyarországon csak egyetlen nyomdában volt lehetőség, ezeket az eredményeket tekintjük át, viszont a jövőbe mutató kutatásokkal kapcsolatosan tervezem további ECG technológiával dolgozó külföldi nyomdák felkutatását, hogy a Magyarországon kapott eredményeket felülvizsgálhassam.

A szakirodalomra hivatkozva elmondhatjuk, hogy a $\Delta E=2$ érték alatti eltérést az emberi szem nem ismeri fel. Ami viszont e felett van, az szabad szemmel látható. Minél nagyobb a ΔE érték, annál nagyobb a színbeli eltérés. Fontos megjegyezni azt is, hogy a fóliaminta flexó nyomtatással készült átlátszó poliészter fóliára UV festékkel, a Pantone® skála pedig ofszetnyomtatással készül papírra. De mivel nem létezik a gyakorlatban fólia alapanyagra nyomtatott hivatalosan tanúsított Pantone skála, továbbá a nyomdai gyakorlat is az, hogy a papír alapú Pantone® skálát használják a beállásokkor, elfogadjuk a nem összehasonlíthatót összehasonlíthatóként, mivel ez a valós nyomdai gyakorlat.

Az eredményeket tekintve láthatjuk, hogy a színek többségénél magas ΔE eltéréseket kaptunk az ECG nyomtatás esetében. 36 színt teszteltünk összesen. Mindössze 5 szín értéke maradt ΔE 3 alatt. 9 szín van ΔE 3 és 7 között, további 4 szín ΔE 7 és 10 között és 16 szín a 36-ból ΔE 10 feletti eltérést produkált. A kapott eredmények alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A vörös árnyalatok tartoznak a legkönnyebben reprodukálható színek közé.
- Közepesen megközelíthető színárnyalatoknak tekinthetjük a kékes és lilás színárnyalatokat, melyek közel azonos eltéréseket mutatnak.
- A vizsgált színek esetében a Pantone® 7517 C-t kivéve a barna árnyalatok mindegyike ΔE 10 feletti értéket produkált.
- Bár direkt színként szerepel a nyomdai folyamatban a zöld szín, a Pantone® 375 C például ΔE 16,32 értéket hozott. Ez bizonyítja az előzőekben taglalt megfigyelésünket, hogy a rikítóbb, élénk zöldek árnyalatok problémát okoznak a flexó nyomtatásban.
- Általánosságban kijelenthetjük azt is, hogy az élénk színárnyalatok (élénk narancs, élénk bíbor, élénk piros és mély kékek) ΔE értékei a legmagasabbak.

A továbbiakban megvizsgáltuk azt, hogy milyen az eltérése (ΔE értéke) a vizsgált Pantone® színeknek abban az esetben, ha alapszínes nyomtatást hasonlítottunk össze a Pantone® skálával.

23.táblázat: A CMYK nyomtatással készült színek Lab értéke és a Pantone skálában mért színek Lab értéke közötti ΔE eltérés

Pantone® szín	Fólia			Pantone® skála			ΔE
Pantone® 7517 C	41,85	26,65	35,8	42,87	25,52	34,32	2,12
Pantone® Process Blue C	48,53	-29,03	-52,5	46,15	-31,90	-53,68	3,91
Pantone® 186 C	46,31	61,94	34,47	45,40	66,75	36,49	5,30
Pantone® 200 C	42,78	57,52	27,51	42,11	62,37	30,64	5,81
Pantone® 485 C	49,38	63,23	48,99	51,06	67,52	53,61	6,52
Pantone® 206 C	45,76	64,82	27,8	45,25	71,75	28,03	6,95
Pantone® 280 C	18,31	12,79	-39,67	13,46	13,30	-46,41	8,32
Pantone® 347 C	47,32	-52,22	26,06	53,72	-61,33	26,67	11,15
Pantone® 470 C	53,57	25,46	37,46	50,16	29,66	48,07	11,91
Pantone® 130 C	74,9	15,95	75,09	76,60	20,74	86,25	12,26
Pantone® 732 C	37,35	24,98	32,95	28,25	18,24	28,18	12,29
Pantone® 300 C	32,86	-9,52	-46,09	35,84	-13,42	-58,48	13,33
Pantone® 2716 C	74,38	2,72	-14,5	70,89	5,95	-27,43	13,78
Pantone® 562 C	46,04	-31,18	-15,87	40,24	-35,02	-3,76	13,97
Pantone® 4625 C	34,87	20,73	22,75	24,10	13,69	15,25	14,89
Pantone® 166 C	58,34	45,21	52,58	56,60	53,18	65,78	15,52
Pantone® 2645 C	67,66	8,73	-15,98	67,81	16,97	-29,55	15,88
Pantone® 476 C	39,53	15,41	11,92	35,13	27,63	24,25	17,91
Pantone® 320 C	52,93	-38,99	-30,91	52,02	-58,45	-25,82	20,14
Pantone® 286 C	22,72	8,59	-45,4	22,86	15,37	-64,69	20,45
Pantone® 254 C	38,48	41,67	-22,37	38,50	63,02	-30,93	23,00
Pantone® 375 C	70,07	-21,53	63,62	79,54	-38,07	76,54	23,03
Pantone® 2587 C	42,26	22,77	-25,94	42,17	39,94	-42,01	23,52
Pantone® Reflex Blue C	19,42	14,81	-43,14	14,47	26,82	-62,83	23,59
Pantone® Warm Red C	57,07	48,47	35,35	60,32	68,30	48,57	24,05
Pantone® Rhodamine Red C	53,53	54,56	-3,59	52,31	78,95	-10,10	25,27
Pantone® 7467 C	53,4	-33,81	-33,63	55,16	-59,17	-24,76	26,92
Pantone® 2728 C	33,25	2,28	-40,03	34,21	14,40	-64,76	27,56
Pantone® 1235 C	77,84	11,98	59,79	82,31	17,55	89,50	30,56
Pantone® 3275 C	56,68	-36,34	-19,59	61,85	-65,43	-8,87	31,43
Pantone® 266 C	35,36	16,85	-33,53	42,71	44,56	-54,25	35,37
Pantone® 2665 C	58,08	8,12	-22,03	46,27	32,07	-50,87	39,30
Pantone® 072 C	18,8	11,45	-46,58	12,82	41,93	-70,94	39,47
Pantone® 1505 C	64,32	33,46	62,63	64,43	61,65	90,49	39,63
Pantone® Orange 021 C	59,96	42,34	52,49	59,80	67,22	88,54	43,80
Pantone® Violet C	26,82	22,22	-32,58	18,01	53,75	-69,71	49,50

Az eredmények (23. táblázat) áttekintése után azonnal szembetűnik, hogy átrendeződött a színek sorrendje a ΔE érték függvényében és azt is láthatjuk, hogy az értékek jóval magasabbra ugrottak CMYK nyomtatás esetében, mint az ECG nyomtatásnál. Ez a tény természetesen várható volt, érdekes azonban megvizsgálni a változás mértékét is.

$\Delta E=2$ érték alatt egyetlen szín maradt, éspedig a Pantone® 7517 C, amely ECG nyomtatásnál is a második legjobb eredményt érte el. 5 szín van $\Delta E=3$ és 7 között, további 1 szín $\Delta E=7$ és 10 között és 29 szín a 36-ból $\Delta E=10$ feletti eltérést produkált. Míg az ECG nyomtatásnál a legmagasabb ΔE érték kicsivel több mint 25 volt, itt $\Delta E=25$ felett 11 szín szerepelt és a megmagasabb érték egészen $\Delta E=49,50$. A kapott eredmények alapján az alábbi megfigyeléseket tehetjük:

- A legjobb reprodukálhatóságot továbbra is a vörös árnyalatok mutatják. Ez logikus is, mivel a fő összetevőik a bíbor és a sárga.
- A körülményekhez képest elfogadható a színreprodukciója a barna árnyalatoknak is.
- Megkeveredtek azonban a lilás és a kékes árnyalatok. Mivel a lila színt direkt színként használjuk az ECG nyomtatásnál, az jelentős mértékben besegít a lilás árnyalatok reprodukciójánál, míg CMYK nyomtatásnál a lilák nagyon nehezen reprodukálhatóak színhűen. A legmagasabb ΔE értéket pont a Pantone® Violet C eredményezte.
- Az élénk, lilás és kékes színek reprodukciója tűnik a vizsgálat alapján a legnehézkesebbnek a Pantone® skálával összehasonlítva.

A 24.táblázatban lévő összehasonlításnál azt néztük meg, hogy milyen különbség adódik, ha ugyanazt a színt ECG nyomtatással vagy CMYK nyomtatással reprodukáljuk.

24.táblázat: A főlíamintán CMYKOGV nyomtatással és CMYK nyomtatással készült színek egymáshoz viszonyított színeltérései

Pantone® szín	ΔE ECG	ΔE CMYK	ΔE eltérés a nyomtatási eljárások között
Pantone® 280 C	15,04	8,32	-6,72
Pantone® 130 C	14,3	12,26	-2,04
Pantone® 485 C	8,25	6,52	-1,73
Pantone® 470 C	12,85	11,91	-0,94
Pantone® 254 C	23,65	23	-0,65
Pantone® Process Blue C	4,06	3,91	-0,15
Pantone® 7517 C	2,19	2,12	-0,07
Pantone® 732 C	12,35	12,29	-0,06
Pantone® 476 C	17,83	17,91	0,08
Pantone® 562 C	13,62	13,97	0,35
Pantone® Rhodamine Red C	23,64	25,27	1,63
Pantone® 186 C	3,62	5,3	1,68
Pantone® 4625 C	11,17	14,89	3,72
Pantone® 200 C	2,05	5,81	3,76
Pantone® 206 C	2,58	6,95	4,37
Pantone® 1235 C	25,37	30,56	5,19
Pantone® 2716 C	8,37	13,78	5,41
Pantone® 300 C	6,79	13,33	6,54
Pantone® 347 C	4,5	11,15	6,65
Pantone® 375 C	16,32	23,03	6,71
Pantone® Warm Red C	16,94	24,05	7,11
Pantone® 2645 C	7,5	15,88	8,38
Pantone® 166 C	5,04	15,52	10,48
Pantone® 2587 C	9,72	23,52	13,8
Pantone® 286 C	6,16	20,45	14,29
Pantone® 320 C	2,26	20,14	17,88
Pantone® Reflex Blue C	4,06	23,59	19,53
Pantone® 2728 C	6,98	27,56	20,58
Pantone® 7467 C	6,23	26,92	20,69
Pantone® Orange 021 C	21,86	43,8	21,94
Pantone® 072 C	16,07	39,47	23,4
Pantone® 266 C	11,56	35,37	23,81
Pantone® 1505 C	14,44	39,63	25,19
Pantone® Violet C	23,78	49,5	25,72
Pantone® 2665 C	10,89	39,3	28,41
Pantone® 3275 C	2,83	31,43	28,6

Ebben az összehasonlító táblázatban úgy rendeztük az értékeket, hogy a legkisebb eltérés látható felül, a legnagyobb különbséget mutató színek pedig alul – az EGP és a CMYK nyomtatás ΔE értékkülönbségeit vizsgálhatjuk meg. Az eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A negatív értékeknél további vizsgálat szükségeltetik az értékek keletkezési okának felderítésére. Ebben az esetben az történhetett, hogy az ECG színekre való konverzió esetében a konvertált érték távolabb esik a célértéktől, mint a CMYK nyomtatással kapott érték, s ilyen esetnek nem lenne szabad előfordulnia, avagy ez a jelenség új kalibráció szükségességét vetíti előre. A mért érték helyes, megismételtük a mérést és a kapott érték ugyanannyi volt. A problémát egy színnél figyelhetjük meg nagyobb mértékben, a Pantone® 280 C esetében, illetve -2,04 ΔE értéket mértünk a Pantone® 130 C esetében.
- A ΔE +1 és -1 közötti értékeket majdnem azonosnak tekinthetjük – ezeknél a színeknél nincs különbség abban, hogy ECG vagy CMYK nyomtatással készülnek-e.
- 24 vizsgált szín esetében azonban a ΔE -különbség nagyobb volt mint 4. Ez bizonyítja, hogy a színek nagy részénél (mi esetünkben a kétharmadánál) a hétszínű nyomtatással jobban megközelíthetőek a Pantone® árnyalatok.

10.4 A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás (EGP) vizsgálata környezettudatossági és hatékonysági szempontból

A kiterjesztett színterű flexó nyomtatás hatékonysági és környezettudatossági vizsgálatát tapasztalattal rendelkező nyomdák szakembereinek bevonásával oldottuk meg. A nyomdánál tett látogatásaink alatt gyűjtöttük az információkat a kutatáshoz kapcsolódóan. Nagyon jó forrásanyaghoz jutottunk egy prágai, a témában rendezett konferencia során, ahol számos csehországi, EGP nyomtatással dolgozó nyomda is részt vett. Az ottani szakembereknek is lehetőségünk nyílt feltenni kérdéseinket azzal kapcsolatban, hogy mi a tapasztalatuk a kiterjesztett színterű és az alapszínű nyomtatás kapcsolatáról környezettudatossági és hatékonysági szempontból. A válaszokat és kapott információkat az alábbiakban foglaljuk össze:

- EGP nyomtatással lehetséges több motívumot egyszerre – egymás mellett nyomtatni, hiszen a grafikák egységes színre bontásban készülnek.
- Alacsonyabb példányszámú munkák is rentábilisak lehetnek.
- Általánosságban kevesebb nyomóforma szükséges az EGP nyomtatáshoz – nincs minden motívumban minden szín.

- Megszűnik a beállítás előtti színbeállítás szükségessége, mivel folyamatosan ugyanazokat a festékeket használják csak. A direkt színek esetében szükséges a megfelelő színárnyalat beállítása.
- Amennyiben csak CMYK festékeket használ egy nyomat (vagy csak EGP színeket), kb. 30 percet vesz igénybe a nyomatok közötti átállás. Amennyiben a nyomatokban direkt színek szerepelnek, az átállási idő a duplája vagy annál több.
- Úgyszintén egy tapasztalt nyomdász állítása alapján mondhatjuk el, hogy kb. 35% festék és oldószer spórolható meg az EGP nyomtatással az alapszín + direkt színes nyomtatással szemben.
- Ha nincs szükség számos direkt színre, megspórolható több tonna maradék festék, amely vagy elégetésre kerül, vagy újra felhasználásra. A megmaradó festék azonban mindig más és más, ezért az újra felhasználást is kontrollálni kell. A konferencián szintén elhangzott, hogy egy-egy nyomda több 1000 receptet tárol a festékek újrahasznosíthatóságának megoldására.
- Jelentősen csökken a mosási idő az egyes nyomatok között és ezáltal csökkenthető a felhasznált mosó- és tisztítószer mennyisége is.
- A fentebb említett pontoknak köszönhetően csökken a keletkező veszélyes hulladék mennyisége is.
- Negatívumként és egyúttal pozitívumként is értékelték a nyomdák azt a tényt, hogy az EGP nyomtatásnak szigorúan standardizálnak kell lennie. A standardizáció és annak betartása precizitást és odafigyelést igényel, továbbá egy többlépcsős folyamat. Viszont, ha jól sikerül, nagyon megbízhatóan és főleg kiszámíthatóan tud működni a nyomdai folyamat.
- A prágai konferencián elhangzott állítás szerint a direkt színek 60%-a nyomtatható CMYKból és a 90%-uk EGP nyomtatással.
- Egy cseh nyomda elmondása alapján az alapszínes nyomdafolyamattal dolgozó nyomdagépről 20 tonnával több hulladék keletkezett éves szinten, mint a kiterjesztett színterű nyomtatással működő nyomdagépről. (Praha, 2024)
- Negatívumként nevezték meg többben a tényt, hogy a kreatív grafikai stúdiók a termékterveket nem a kiterjesztett színterű nyomtatás körülményeihez adaptálták / adaptálják.
- A megkérdezett nyomdászok szerint az EGP nyomtatáshoz a 10-színes nyomdagépek az optimálisak.

- Problémás a kékes árnyalatok (Pantone® Reflex Blue C, Pantone® 072 C, pasztell színek stb. reprodukciója)
- Az EGP nyomtatással elmondhatjuk, hogy környezetbarátabb csomagolóanyag készül, mivel kevesebb ráfordított erőforrás szükségeltetik hozzá.
- A prágai előadáson elhangzottak az alábbi adatok egy független szakértőtől (Shejbal, 2024):

Az EGP nyomtatás segítségével:

- A nyomdagépek termelékenysége 30-45%-kal növekedhet
 - A hulladék mennyisége 50-60%-kal csökkenhet
 - Mosószerfelhasználás 90%-kal csökkenhet
 - A teljes nyomdai folyamat 30-40%-kal effektívebbé tehető az EGP nyomtatásnak köszönhetően
- Végül, de nem utolsó sorban néhány olyan tapasztalattal is találkoztunk, hogy a nyomdaipari megrendelők a jól működő EGP folyamatokkal dolgozó nyomdákhoz (2 ilyen állítást hallottunk) nem járnak már nyomdai beállításokra, helyenként sok időt és üzemanyagot fordítva az utazásra, mivel elegendő a nyomdai proofok jóváhagyása, hiszen biztosak lehetnek abban, hogy a proof és a nyomat eredményei megegyeznek majd.

11. Kutatási és tudományos eredményeim

A „2. *A kutatómunka célja*” alfejezetben azonosítottam azokat a tudományos területeket és azok részterületeit, amelyekre a doktori kutatásomban koncentráltam. Azonosítottam azokat feladatokat és kérdésfeltevéseket, amelyeket a munkámmal, kutatási eredményeimmel megválaszoltam.

Annak a lehetőségeit kutattam, hogy a flexó nyomtatás és nyomdai előkészítés mely területeit lehet jobbá, optimálisabbá, hatékonyabbá tenni a tudományos kutatás módszereinek és eszközeinek segítségével. A hajlékonyfalú csomagolóanyagokat gyártó magyarországi flexónyomdák körében végzett kérdőíves felmérés módszerével szerzett válaszokra fókuszálva alakítottam ki a hipotéziseimet és tettem összegző megállapításokat az általuk alkalmazott nyomtatás-technológiai folyamatokat illetően. Ehhez a témakörhöz a 2, 8, 11-es számú publikációim kapcsolódnak.

A disszertációm és az elvégzett kutatómunkám során új tudományos eredménynek tekintem a következőket:

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.

Kapcsolódó publikációk: 1, 4, 12, 13, 14

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 mikrocellás felületérdesítés együttes alkalmazása a színvisszaadás tekintetében hoz összehasonlítható mértékű javulást, azonban ipari használatra a magasabb erőforrás-ráfordítás miatt kevésbé javasolt.

Kapcsolódó publikációk: 1, 4, 12, 13, 14

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.

Kapcsolódó publikációk: 5, 10

4. tézis: Az elektrofotográfiai elvű digitális nyomtatási technológiával érhető el a legnagyobb reprodukálható szintér az oldószeres flexó nyomtatás, az UV flexó nyomtatás, az UV EGP flexó nyomtatás és a digitális nyomtatás szintérének 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 szintérét 100%-nak tekintve) oldószeres festékrendszerrel és „félig digitális”, flat-top nyomóformákkal volt elérhető.

Kapcsolódó publikációk: 1, 2, 5

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.

Kapcsolódó publikációk: 2, 5, 10, 11

12. 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

Közlemény MTMT: 35996221

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.

Közlemény MTMT: 33649748

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.

Közlemény MTMT: 32548260

4.

Horváth, Csaba; Várza, Ferenc; Manúrová, 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.

Közlemény MTMT: 34000099– [SCOPUS referált](#)

5.

Horváth, Csaba ; Várza, Ferenc ; Manúrová, 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.

DOI SOE Publicatio repozitórium Scopus Egyéb URL

Közlemény MTMT: – [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.

Közlemény MTMT: 30936937 – [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 Magyarországért Egyesület (2022) 163 p. pp. 114-125., 12 p.

Közlemény MTMT:32886699

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.

Közlemény MTMT: 31129778

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.

Közlemény MTMT: 31664048 – [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.

Közlemény MTMT: 32017917

11.

Manurova, Klaudia; Horvath, Csaba:

HOW TO BUILD SUSTAINABLE, GREEN PRINTING PLANTS?

In: 20th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference Proceedings 2020, (2020) pp. 201-210., 10 p.

Közlemény MTMT: 32017881– [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)

Közlemény MTMT: 32017908

13.

Klaudia, Maňúrová; Csaba, Horváth:

Megatrendy v oblasti potlačení 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.

Közlemény MTMT: 31278031

14.

Klaudia, Pálová:

THE ASPECTS OF ECODSIGN 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.

Közlemény MTMT: 30733191

15.

Pál, Klaudia;Horváth, Csaba:

Összefüggések vizsgálata a flexó nyomóformák felületi struktúrája és a csomagolástechnológiában alkalmazott kraft papír nyomtathatósága között

In: Koltai, László (szerk.) Tudományos-, Műszaki és Művészeti Közlemények Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2018) pp. 152-163., 12 p.

Közlemény MTMT: 30403722

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.

Közlemény MTMT: 30642084

13. Irodalomjegyzék

1. Bates, I., Zjakic, I. és Budimir, I. (2015). Assessment of the print quality parameters' impact on the high-quality flexographic print visual experience. *The Imaging Science Journal*, Vol.63(2)
2. Borbély, Á. (2015). Színtan, színmérés. Óbudai Egyetem, Egyetemi jegyzet. Budapest.
3. Borenstain, S., Bar-Haim, G., Goldshtein, K. és Cohen-Taguri, G. (2020) Optimization of quinacridone magenta, Cu-phthalocyanine cyan, and arylide yellow ink films formulated for maximum color gamut. *Color research and application-12*, Vol.45 (6).
4. Bould, D.C., Claypole, T. and Bohan, M. (2004) An investigation into flexographic printing Available at: https://www.researchgate.net/publication/245386324_An_investigation_into_flexographic_printing (Accessed: 14 August 2024).
5. Bundesverband Druck und Medien e. V. (2016) MediaStandard Print 2016. Technical Guidelines for Data, Proof and Production Run Printing. Available at: https://cielab.xyz/pdf/GOST/bvdm_Mediastandard_Print_2016.pdf (Accessed: 25 March 2024)
6. Cave, A. (2019). Transforming the image of flexo. A Screening of Screening: Investigation into Prepress and Plate Advances. FTA Conference, New Orleans.
7. Choi, P., Orsborn, S., és Boatwright, P. (2016). Bayesian analysis of color preferences: An application for product and product line design. *Color research and application*.
8. Cook, M. (2020) Catapult Print, USA | Hamillroad Software. [online] Hamillroad Software. Available at: <<http://www.hamillroad.com/case-studies/catapult-print-usa/>> [Accessed 1 February 2021].
9. d'Andrea, S. (2018) Screen angles in flexography. Available at: <https://www.flexo.expert/screen-angles-in-flexography/> (Accessed: 5 May 2024)
10. d'Andrea, S. (2018) What's the best dot shape for flexo? Available at: <https://www.flexo.expert/whats-the-best-dot-shape-for-flexo/> (Accessed: 5 May 2024)
11. Deshpande, K., Green, P. és Pointer, M. R. (2015-10). Metrics for comparing and analyzing two colour gamuts. *Color research and application*.
12. Deshpande, M. and Deshpande, S. (2013) Analysis of exposure parameter of flexography sheet photopolymer plates, CiteSeerX. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/> (Accessed: 15 August 2024).

13. Dharavath, N., és Hahn, K. (2009). Green Printing: Colorimetric and Densitometric Analysis of Solvent-based and Vegetable Oil-based Inks of Multicolor Offset Printing. *Journal of Technology Studies*.
14. Digital Dots Ltd. (2005). *The Guide to Colour Management and Proofing*. Technology Guides, 2nd.
15. Dorscheid, S. (2005) *Operation: Printing*. Motion System Design.
16. DuPont (April 2019) DuPont™ Cyrel® DPI. Available at:
https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/PDS-NA0006-EN_Cyrel_DPI-i.pdf (Accessed: 10 May 2024).
17. DuPont (April 2019) DuPont™ Cyrel® DPN. Available at:
https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/PDS-NA0010-EN_Cyrel_DPN-i.pdf (Accessed: 10 May 2024).
18. DuPont (April 2019) DuPont™ Cyrel® DPR. Available at:
https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/PDS-NA0050-EN_Cyrel_DPR-i.pdf (Accessed: 10 May 2024).
19. DuPont (April 2019) DuPont™ Cyrel® EASY ESM. Available at:
https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/cyrel/Public/documents/en/PDS-NA0077-EN_Cyrel_ESM.pdf (Accessed: 10 May 2024).
20. Esko (2013) HD Flexo - Full HD Flexo The new quality standards for flexo printing. Available at: https://www.teamflexo.com/pdf/esko/fullhdflexo_us.pdf (Accessed: 15 July 2024)
21. Esko Packaging (2013) Full HD flexo for flexible packaging, *Printing News*. Available at: <https://www.printingnews.com/digital-inkjet/product/10929148/esko-packaging-commercial-print-full-hd-flexo-for-flexible-packaging> (Accessed: 15 August 2024).
22. Field, G. (1999). *Color and Its Reproduction* (2nd Edition ed.). GATF Press.
23. Gençoğlu, E. and Kurt, B. (2015) The effects of printing plate thickness and relief depth on dot gain in flexo printing. *Google*. Available at:
https://scholar.google.sk/scholar?q=Gen%C3%A7oglu%2C%2BE.%2BN.%2C%2B%26%2BKurt%2C%2BM.%2BB.%2B%282015%29.%2BTHE&hl=sk&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart (Accessed: 15 August 2024).
24. GMG (2014) Construction of the characterization data sets (fogra 51 and 52 Beta) Available at:
http://www.eci.org/lib/exe/fetch.php?media=en:projects:f51_f52_beta_doc_handout.pdf (Accessed: 04 August 2024).

25. Graphics MacDermid (April 2019) LUX ITP™ 60 Photopolymer Plates. Available at: https://graphics.macdermid.com/application/files/8415/8333/4396/2019-Tech-Bulletin-LUX_ITP_60-web.pdf (Accessed: 10 May 2024).
26. Green, P., Holm, J., Li, W. és Hardeberg, J. Y. (2008). Recent developments in ICC color management. *Color Research and Application*.
27. Gustavson, S. (1997) Dot Gain in Colour Halftones Available at: https://www.researchgate.net/publication/236121083_Dot_Gain_in_Colour_Halftones (Accessed: 13 June 2024).
28. Heidelberger Druckmaschinen AG. (2009, September). Multicolor Workflow. Prinect Color and Quality. Heidelberg, Germany.
29. Henry, P. (2017). Flexing Muscle: Digital Printing Makes Inroads into Flexible Packaging Production. *Package Printing*, 64 (3).
30. 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).
31. Hewlett-Packard Company. (2008). HP IndiChrome Ink Mixing System. ftp://ftpboi.external.hp.com/pub/printers/HP_Exstream/US_IMS_BRO_High.pdf.
32. Hoffstadt, H. (2019). Characterization of Multicolor Printing: Challenges and Solutions. 2019 TAGA Proceedings (pp. 222-236). Printing Industries of America.
33. Hohmann, J.-P. (2016). Flexodruck mit fester Farbpalette – Technische Grundlagen und Marktsituation. Retrieved from Flexo+Tiefdruck website: <https://flexotiefdruck.de/dossiers/flexodruck-mit-fester-farbpalette/>
34. 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).
35. Huo, B. Q. és Yin, F. L. (2013). Image Transformation for Digital Printing Machine. *Applied mechanics and materials*.
36. ICC. (2010). International Color Consortium Profile Specification. Specification ICC.1:2010 (Profile version 4.3.0.0); Image technology colour management — Architecture, profile format, and data structure. International Color Consortium R.
37. ICC. (2020, January 12). International Color Consortium. Retrieved from International Color Consortium website: ICC. (Accessed: 04 August 2024)

38. ICC. (2020, January 12). Introduction to the ICC profile format. Retrieved from International Color Consortium website: <http://www.color.org/iccprofile.xalter> (Accessed: 04 August 2024)
39. ISO (2021) ISO 3664:2009. Available at: <https://www.iso.org/standard/43234.html> (Accessed: 04 August 2024).
40. ISO (2022) ISO 12647-7:2016. Available at: <https://www.iso.org/standard/66426.html> (Accessed: 04 August 2024).
41. ISO (2022) ISO 13655:2017. Available at: <https://www.iso.org/standard/65430.html> (Accessed: 04 August 2024).
42. ISO (2024) ISO 15076-1:2010. Available at: <https://www.iso.org/standard/54754.html> (Accessed: 04 August 2024).
43. ISO. (2010). Introduction to ISO: 15076:-1. Retrieved from International Standardization Organization website: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15076:-1:ed-2:v1:en>
44. Johansson, C., Johnson, J. and Järnström, L. (2003) Ultraviolet-induced aging of flexographic printing plates studied by thermal and structural analysis methods - andersson - 2009 - journal of applied polymer sciences. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.29525> (Accessed: 14 August 2024).
45. Johnson, J. et al. (2009) Some properties of flexographic printing plates and aspects of print quality. Available at: https://www.researchgate.net/publication/292664720_Some_properties_of_flexographic_printing_plates_and_aspects_of_print_quality (Accessed: 14 August 2024).
46. Kamp, F. (2002) A seven colour revolution in pre-press for flexography? FlexoTech Magazine.
47. Kamp, F., White M., et al. (2004) The Little Dictionary of Printing Terms for Flexographers. (FlexoTech Magazine, Ed.) Whitmar Publications Ltd.
48. Khaled, Y. (2015) The impact of FM-AM hybrid screening and AM screening on flexographic printing quality. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-FM-AM-Hybrid-Screening-and-Am-on-Youssef/e540b2c2a3ecb1cdc8c897510f24197c598e285d> (Accessed: 14 August 2024).
49. Kinsella, D. (2018) Bellissima DMS receives 2018 FTA Technical Innovation Award | Hamillroad Software. [online] Hamillroad Software. Available at: <http://www.hamillroad.com/bellissima-dms-receives-2018-fta-technical-innovation-award/> [Accessed 31 January 2021].

50. Kinsella, D. (2020) Flexographic Solutions Case Study. [online] Hamillroad.com.
Available at: <<http://www.hamillroad.com/wp-content/uploads/2020/10/FGS-Case-Study.pdf>> [Accessed 1 February 2021].
51. Kipphan, H. (2001). Handbook of Print Media. Berlin: Springer.
52. Kiurski J.S., Marić, B.B., Aksentijević, S., Oros, I.B., Kecić V.S., (2016) Occupational hazards in printing industry. Available at:
https://www.researchgate.net/publication/291951455_Occupational_hazards_in_printing_industry (Accessed: 14 January 2024).
53. Kodak (2010) Flexography and Sustainability: The Great Plate Debate. Available at:
<https://www.yumpu.com/en/document/view/11529352/the-great-plate-debate-kodak> (Accessed: 03 January 2024).
54. Kuscer, D. (2021) Screen printing, Encyclopedia of Materials: Technical Ceramics and Glasses. Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012803581812082X?via%3Dihub> (Accessed: 28 July 2024).
55. Lankinen, K. (2021) Evaluation of Expanded Gamut Printing in Flexography. Tampere University Dissertations.
56. Lazzerini, B. and Pistolesi, F. (2020) Evaluation of the role of image resolution in the perception of color differences. Researchgate. Available at:
https://www.researchgate.net/publication/341344498_Evaluation_of_the_role_of_image_resolution_in_the_perception_of_color_differences (Accessed: 29 July 2024).
57. Leach, R. és Pierce, R. et al., (2002). The Printing Ink Manual. Kluwer Academic Publishers.
58. Luo, M. R. és Pointer, M. (2018). CIE colour appearance models: A current perspective. Lighting research and technology.
59. Malmirchegini, K., és Rahmani, F. S. (2011). Effect of ink and paperboard characteristics on flexographic print quality based on print density. Tappi Journal, Vol.10(9), 7-13.
60. Mañúrová, K. (2021) Új lehetőségek a flexó nyomóforma-készítésben a Bellissima digitálisan modulált rácsának köszönhetően. Magyar Grafika Online. Available at:
https://mgonline.hu/system/articles/2517/articles_2517_original.pdf?1614682889 (Accessed: 14 August 2024).
61. Meyer et al. (2000). Flexo Printing Technology. Verlag Coating Thomas and Co.

62. Mirjalili, F., Luo, M. R., Cui, G. és Morovic, J. (2019). Color-difference formula for evaluating color pairs with no separation: ΔE_{NS} . Journal of the Optical Society of America. A, Optics, image science, and vision.
63. Niederstadt, D. (2015). DEF Pinning Top Dot Plate Technology. Progressive Digital Media Packaging News. London, UK.
64. Niederstadt, D. (2016). Flexo + Tief Druck Magazine. Das Drucken mit fester Farbpalette im Flexodruck – Betrachtung der Vorteile. Germany:
<https://www.flexotiefdruck.de/dossiers/das-drucken-mit-fester-farbpalette-im-flexodruck/>
65. Nussbaum, P. (2010, December). Colour Measurement and PrintQuality Assessment in a Colour Managed Printing Workflow. Doctoral Dissertation. Oslo, Norway: Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo.
66. Nussbaum, P. S. (2011) Colour Measurement and Print Quality Assessment in a Colour Managed Printing Workflow. Doctoral Thesis. University of Oslo
67. Pál, K. (2016) Biztonsági címke formakészítése. Magyar Grafika. Available at: <https://mgonline.hu/> (Accessed: 14 August 2024).
68. Papermore (2019) AM FM and Hybrid Screen. Available at: <https://papermore.co/2019/04/29/am-fm-and-hybrid-screen-%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B8%9B%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%99/> (Accessed: 13 August 2024).
69. Plastex spol. s r.o. (2016) O výrobe flexotlačových štočkov. White paper.
70. Poljacek, S. et al. (2012) Meeting the Quality Requirements in the Flexographic Plate Making Process. Available at: https://www.internationalcircle.net/wp-content/uploads/2022/01/ICJ_06_2013_06_072-1.pdf (Accessed: 14 August 2024).
71. Poovarodom N., Ponnak Ch., Manatphrom N. (2014) Impact of Production and Conversion Processes on the Carbon Footprint of Flexible Plastic Films Available at: https://www.researchgate.net/publication/268691947_Impact_of_Production_and_Conversion_Processes_on_the_Carbon_Footprint_of_Flexible_Plastic_Films (Accessed: 22 February 2024).
72. Pritchard, G. (2009) Rosettes – everything you didn't realize you needed to know. Available at: <https://the-print-guide.blogspot.com/2009/04/rosettes-everything-you-didnt-realize.html> (Accessed: 5 March 2024).

73. Ryyanen, M., Sirvio, P., Tanninen, P., és Lindell, H. (2012) A Productivity Study of Digital Printing in the Packaging Industry. *Packaging technology Science*, Vol.25 (2)
74. Sharma, A. (2018). *Understanding Color Management* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Ltd.
75. Sharma, A., Leung, E., és Adams, R. (2017). Evaluation of Intermodel Agreement Using ISO 13655 M0, M1, and M2 Measurement Modes in Commercial Spectrophotometers. *Color Research and Application*.
76. Sharma, G. (2003). *Digital Color Imaging Handbook*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
77. The Foundation of Flexographic Technical Association, Inc. (2013). *Flexography Principles and Practices 6.0* (6.0 ed.). USA: The Foundation of Flexographic Technical Association, Inc.
78. The Foundation of Flexographic Technical Association, Inc. (2017). *Flexographic Image Reproduction Specifications and Tolerances (FIRST) 6.0*. The Foundation of Flexographic Technical Association, Inc.
79. Thomas, A. (2016) FTA awards honor technology and print excellence. [online] Labels and Labeling. Available at: <<https://www.labelsandlabeling.com/news/latest/fta-awards-honor-technology-and-print-excellence>> [Accessed 31 January 2021].
80. Thorman, S. (2018) Where did the ink go? - The effect of liquid absorption on ink distribution in flexography. DOCTORAL THESIS. Karlstad University Studies.
81. Tryznowski, M., Żolek-Tryznowska, Z., Izdebska-Podsiadly, J. (2018) The wettability effect of branched polyglycerols used as performance additives for water-based printing inks. *Journal of Coatings Technology and Research*, Vol.15 (3)
82. Valdec, D., Miljkovic, P. and Cerepinko, D. (2018) The impact of top dot shapes of the printing plate on Dot Formation in flexography. Available at: https://www.researchgate.net/publication/324924934_The_Impact_of_Top_Dot_Shapes_of_the_Printing_Plate_on_Dot_Formation_in_Flexography (Accessed: 14 August 2024).
83. Vrhel, M. J., és Trussell, H. J. (1999). Color Device Calibration: a Mathematical Formulation. *IEEE Transactions on Image Processing* 8.12.
84. X-Rite Inc. (2000). *A Guide to Understanding Color Communication*. White Paper. USA.
85. XSYS Global (April 2019) Nyloflex® ACE 114 D. Available at: <https://xsyglobal.com/products/nyloflex-ace-114/> (Accessed: 10 May 2024).

86. XSYS Global (April 2019) Nyloflex® ACT 114 D. Available at:
<https://xsysglobal.com/products/nyloflex-act-114-2/> (Accessed: 10 May 2024).
87. XSYS Global (April 2019) Nyloflex® FTF 114 D. Available at:
<https://xsysglobal.com/products/nyloflex-fff-114/> (Accessed: 10 May 2024).
88. Žitinski Elias, P. (2017) Improving image quality in multi-channel printing –multilevel halftoning, color separation and graininess characterization. Dissertation Norrköping, Sweden: Linköping University.
89. Żolek-Tryznowska, Z.; Izdebska, J.; és Tryznowski, M. (2015) Branched polyglycerols as performance additives for water-based flexographic printing inks. *Progress in organic coatings*, Vol.78.

14. Ábrajegyzék

1.ábra: Az emberi szemmel látható fény spektruma (Forrás: Ailioaie és Litscher, 2020)	18
2.ábra: Az additív és szubsztraktív színkeverés (Forrás: Science Photo Library)	19
3.ábra: A CIE ($L^*a^*b^*$) színtér (Forrás: F. Pistolesi)	21
4.ábra: A GMG flexochart-ja CMYK színtérteszthez (Forrás: Plastex spol. s r.o.)	22
5.ábra: 175 lpi AM rács (balra); Bellissima Standard Screen (középen); Bellissima: eXtended screen (jobbra) (Forrás: Hamillroad Ltd.)	28
6.ábra: Sík flexó nyomólemez (Forrás: FTA)	28
7.ábra: Nyomóforma felépítése (Forrás: FTA) A – nem nyomtató felület; B – nyomtató felület; C – a nyomóforma teljes magassága; D – a nyomóelemek „vállai” – segítik megtartani a nyomóelemeket; E - hordozó réteg; F - Reliéfmagasság	28
8.ábra: 1%-os (balra), 2%-os (középen) és 50%-os nyomópontok (jobbra).....	29
9.ábra: A flat-top és round-top alacsony százalékos pontnövekedései közti különbség (Forrás: Lankinen)	30
10.ábra: A flexó nyomóformagyártás fejlődése (Forrás: Esko Packaging).....	30
11.ábra: Felületérdesített nyomóformák	31
12.ábra: A nyomóformakészítés lépései	32
13.ábra: Egy levilágított lemez	33
14.ábra: Pont-központú (balra) és nyitott-központú rozetta (jobbra) (Forrás: Pritchard).....	35
15.ábra: Rácsszög elforgatási lehetőségek (Forrás: Lankinen)	37
16.ábra: AM és FM rács összehasonlítása (Forrás: Papermore)	37
17.ábra: Festékátadás és fényvisszaverődés a pontméretek tükrében (Forrás: Laniknen)	38
18.ábra: Egy flexóval készült munka energiafelhasználása és GHG kibocsátása (Forrás: Lankinen)	40
19.ábra: A flexó nyomtatást befolyásoló főbb tényezők.....	42
20. ábra: A kutatási területek összefoglalása.....	43
21.ábra: A használt nyomtatási eljárások felmérése.....	46
22.ábra: A flexó nyomtatás technológiáinak aránya	47

23.ábra: Nyomdagépek száma az egyes nyomtatási eljárásokból	47
24.ábra: A válaszadó vállalatok alkalmazottainak száma.....	48
25.ábra: A válaszadó vállalatok által gyártott termékek típusai.....	48
26.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a standardizálás fontosságával kapcsolatban.....	49
27.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a munkák közötti átállások időtartamával kapcsolatban	50
28.ábra: A válaszadó vállalatok egyszeri rendelési mennyiségei folyóméterben.....	50
29.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja az ICC-profil fingerprint nyomtatással kapcsolatban.....	51
30.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a denzitásméréssel kapcsolatban.....	52
31.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja az Lab érték mérésével kapcsolatban.....	53
32.ábra: A szabványos CMYK flexófestékek Lab értékei az ISO 2846-5 alapján (Forrás: Schulz Péter, 2016).....	53
33.ábra: A válaszadó vállalatok álláspontja a viszkozitás értékének mérésével kapcsolatban	54
34.ábra: A válaszadó vállalatok ismereti aránya a kiterjesztett színterű nyomtatással kapcsolatban	54
35.ábra: A fotopolimer nyomóforma felülete struktúra nélkül (balra), kezdetleges mikrocellás struktúrával (középen), a Pixel+ MCWSI felületi struktúrával (jobbra) (Forrás: a Plastex s.r.o. archívuma)	59
36.ábra: Nyomatminta struktúra nélkül (balra), nyomatminta kezdetleges mikrocellás struktúrával (középen), nyomatminta a Pixel+ MCWSI felületi struktúrával (jobbra) (Forrás: a Plastex s.r.o. archívuma)	59
37.ábra: Példák a nyomóformák felületén alkalmazható felületi struktúrákra.....	60
38.ábra: A fotopolimer nyomóformák felületi struktúrái	61
39.ábra: Az X-Rite eXact fotospektrométere (Forrás: www.xrite.com)	62
40.ábra: A felületi stuktúrák által hozott eredmények összefoglalása	78
41.ábra: Az elkészült nyomóformák a barna kraft papírra történő nyomdai tesztekhez	79
42.ábra: A DuPont™ Cyrel® EASY ESM lemez nyomópontja, kész lemeze (középen) és a levilágított lemeze (jobbra). (Forrás: DuPont)	81

43.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPR nyomtatási eredményei barna kraft papíron és a scannelt nyomatminta (jobbra)	82
44.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPN nyomtatási eredményei barna kraft papíron és a scannelt nyomatminta (jobbra)	82
45.ábra: A DuPont™ Cyrel® DPI nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)	83
46.ábra: A nyloflex® ACE D nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)	84
47.ábra: A nyloflex® ACT D nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)	85
48.ábra: Makrofelvétel a papír felületéről a felvitt festékréteggel	85
49.ábra: A MacDermid Lux® ITPTM 60 nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)	86
50.ábra: A nyloflex® FTF nyomtatási eredményei barna kraft papíron (balra) és a scannelt nyomatminta (jobbra)	87
51.ábra: A nyloflex® FTF nyomtatási eredményei barna kraft papíron	87
52.ábra: A barna kraft papíron végzett tesztek eredményeinek összefoglalása	88
53.ábra: Magas felbontású fotó a Bellissima rácsszerkezetére összehasonlítva egy 150 lpi AM felbontású nyomattal (Standard Screen balra, eXtended screen középen, 150 lpi AM rács jobbra) (Forrás: Hamillroad Ltd.)	90
54.ábra: A tesztnyomat látványterve	90
55.ábra: A látványterv részlete, melyen a vizsgált elemek láthatóak	91
56.ábra: A 30C+15M pozitív szövegek és vonalak eredményei	92
57.ábra: A 30K pozitív szövegek és vonalak eredményei	94
58.ábra: A 30C+15M pozitív szövegek eredményei	95
59.ábra: A 30K pozitív szövegek eredményei	96
60.ábra: A 30C+15M negatív szövegek eredményei	97
61.ábra: A 30K negatív szövegek eredményei	98

62.ábra: A Sipospack HP Indigo 20000 nyomdagépe (Forrás: https://sipospack.hu/digitalis-nyomtatás/)	100
63.ábra: A HP Indigo 20000 nyomdagépen elvégzett teszt ábrája.....	101
64.ábra: A HP Indigo 20000 (teli tartomány) és a D50 Lab (drótvázás tartomány) szinterek összehasonlítása	103
65.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 1.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	103
66.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 2.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	104
67.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány)és az 3.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	105
68.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 4.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	105
69.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 5.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	106
70.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 6.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	107
71.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 7.számú flexó minta színterének (teli tartomány) összehasonlítása.....	107
72.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 8.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	108
73.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 9.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	109
74.ábra: A HP Indigo 20000 (drótvázás tartomány) és az 10.számú flexó minta (teli tartomány) színterének összehasonlítása.....	110
75.ábra: A színteszt nézőképe.....	114

15. A táblázatok jegyzéke

1.táblázat: Az ISO 13655:2017 mérési feltételei (Forrás: GMG)	23
2.táblázat: Rácsszög elforgatási lehetőségek (Forrás: Lankinen)	36
3.táblázat: Nyomda 1 eredményei fehér öntapadó papír (Raflacoat) alapanyagon	63
4.táblázat: Nyomda 1 eredményei ezüst öntapadó papír alapanyagon:	64
5.táblázat: Nyomda 1 eredményei átlátszó öntapadó polipropilén alapanyagon.....	65
6.táblázat: Nyomda 1 eredményei ezüst öntapadó polipropilén alapanyagon.....	66
7.táblázat: Nyomda 2 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon	67
8.táblázat: Nyomda 2 eredményei fehér öntapadó polietilén alapanyagon	68
9.táblázat: Nyomda 2 eredményei öntapadó átlátszó polipropilén alapanyagon.....	69
10.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér in-mold poliészter alapanyagon.....	70
11.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon	71
12.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér öntapadó kreatív papír alapanyagon	72
13.táblázat: Nyomda 3 eredményei átlátszó poliészter alapanyagon.....	73
14.táblázat: Nyomda 3 eredményei fehér polipropilén alapanyagon	74
15.táblázat: Nyomda 4 eredményei fehér öntapadó papír alapanyagon	75
16.táblázat: Nyomda 4 eredményei átlátszó öntapadó polietilén alapanyagon	76
17.táblázat: Nyomda 4 eredményei fehér öntapadó polietilén alapanyagon.....	77
18.táblázat: A kutatásban résztvevő színprofilok és gyártási paramétereik.....	102
19.táblázat: A kutatásban résztvevő színprofilok gyártási paramétereit és vizsgálati eredményeit..	110
20.táblázat: A fóliamintán mért színek Lab értékei	115
21.táblázat: A Pantone® Solid Coated skálán mért színek Lab értékei.....	116
22.táblázat: Az ECG nyomtatással készült színek Lab értéke és a Pantone skálában mért színek Lab értéke közötti ΔE eltérés	117
23.táblázat: A CMYK nyomtatással készült színek Lab értéke és a Pantone skálában mért színek Lab értéke közötti ΔE eltérés	119

24.táblázat: A fóliamintán CMYKOGV nyomtatással és CMYK nyomtatással készült színek egymáshoz viszonyított színeltérései	121
--	-----

16. Melléklet

A nyomdaipari felmérő kérdőív tartalma

1. E-mail cím megadása
2. Milyen nyomdatechnológiákat használ az Önök vállalata? (több válasz is jelölhető)
 - Flexó nyomtatás
 - Digitális nyomtatás
 - Ofszetnyomtatás
 - Mélynyomtatás
 - Szitanyomtatás
 - Egyéb
3. Amennyiben flexó nyomtatással dolgoznak, mely technológiát (technológiákat) használják?
 - Oldószeres
 - UV
 - Vizes bázisú
4. Mennyi nyomdagép üzemel az Önök vállalatánál az egyes technológiákból?
5. Hány alkalmazottja van a vállalatuknak?
 - 10-nél kevesebb
 - 10-25
 - 25-50
 - 50-nél több
6. Hány év a nyomdagépparkjuk átlagos életkora?
7. Milyen típusú csomagolóanyagot gyártanak? (több válasz is jelölhető)
 - Síkfólia
 - Fólia alapú tasakok
 - Papír alapú termékek (zacskó, zsák, tasak)
 - Címke
 - Karton, hullámkarton
 - Zsugorfólia
 - Zsugorsleeve
 - Ipari fólia
 - Celofán
 - Lebomló fóliák
 - Egyéb
8. Rendelkezik a vállalatuk valamilyen minőségbiztosítási tanúsítvánnyal?
Igen/Nem
9. Amennyiben igen, kérem adja meg milyen tanúsítvánnyal rendelkeznek. (kitöltendő)
10. Fontosnak tartják a nyomatok standardizálását a flexó nyomtatásban?
Igen/Nem
11. Mennyi ideig tart átlagosan az átállás két munka között, ha nyomtatási módot nem váltanak(tükör-direkt), de változik a nyomat és annak színei?
 - kevesebb mint 30 perc
 - 30-60 perc
 - 60-90 perc
 - 90 percnél több

12. Mekkora az Önök által nyomtatott munkák egyszeri rendelési mennyisége futóméterben átlagosan?

- Kevesebb mint 3000 fm
- 3000 - 5000 fm
- 5000 -20000 fm
- 20000 - 50000 fm
- 50000 fm felett

13. Milyen gyakran nyomtatnak nyomdai tesztet ICC-profilhoz?

- Egy évben többször is
- Csak ha változik valamely nyomdai körülmény
- Évente
- Nincs erre kialakított rendszer

14. A nyomdai előkészítő stúdió Önökkel együttműködve tervezi meg a teszt nyomóformáját formai és tartalmi szempontból?

Igen/Nem

15. Dokumentálják minden egyes nyomtatott munka gyártási paramétereit?

Igen/Nem

16. Amennyiben igen, milyen adatokat tárolnak egy-egy munkáról? (kitöltendő)

17. Mérnek denzitást minden egyes nyomaton a nyomtatás megkezdésénél?

- Igen
- Csak ha valami nem megfelelő a nyomaton
- Nem
- A nyomdagépeinken ez automatikusan történik

18. Mérnek Lab értéket minden egyes nyomaton a nyomtatás megkezdésénél?

- Igen
- Csak ha valami nem megfelelő a nyomaton
- Nem
- A nyomdagépeinken ez automatikusan történik
- Csak PANTONE színek esetén

19. Mérnek festékvizkozitást minden egyes nyomaton a nyomtatás megkezdésénél?

- Igen
- A nyomdagépeinken ez automatikusan történik
- Nem
- Nem releváns
- Csak ha valami nem megfelelő a nyomaton

20. Foglalkoztak már a kiterjesztett színterű nyomtatás (ECG) kérdésével?

Igen/Nem

21. Mi a cégük álláspontja ezzel kapcsolatban? Szeretnék bevezetni? Mitől függ? Milyen előnyeit és hátrányait látják ennek a nyomtatási eljárásnak? (kitöltendő)

22. Milyen alapanyagok dominálnak rendeléseik között? Megfigyelhető valamely alapanyag esetében igénynövekedés?

23. Mit gondolnak nyomdaipar jövőbeni trendjeiről? Mely nyomdatechnológiák fognak érvényesülni Önök szerint az elkövetkező években, évtizedekben?
24. Milyen problémák jelentkeznek visszatérő jelleggel a nyomatokon vagy munkájuk folyamán, melyekben Ön szerint a nyomdai előkészítés segíteni tudna? (kitöltendő)
25. Vannak visszatérő, bármilyen okból fakadó nyomtatási problémáik? Ha igen, milyenek? (kitöltendő)