



Razvoj digitalnih tiskarskih tehnik predvsem kapljičnega tiska omogoča vse širši nabor materialov, ki se lahko potiskujejo neposredno. Digitalno tiskani tekstil in mehke oznake (angl. soft signage) so področja, na katerih prihaja do izjemnega razvoja in nenehnega vstopanja novih podjetij z inovativnimi rešitvami. Vse višja hitrost tiska, možnost personalizacije in hitre spremembe grafične priprave ter tudi možnost uporabe enakih tiskarskih barv za tisk na široko paleto materialov (predvsem UV-LED-kapljični tisk) omogočajo hibridno tiskanje in po drugi strani otežujejo pot k standardizaciji tovrstnih procesov.

Kakovost klasičnega tiska na papirne substrate je odvisna predvsem od variacij absorpcije, beline in mikro teksturnih razlik tiskovnega materiala ter razlik med (bolj ali manj) standardiziranimi tiskarskimi barvami. Digitalni tisk na tekstil pa je mogoč z bistveno širšim naborom barvil in tiskarskih barv, bolj izrazite pa so tudi same variacije v tiskovnem materialu (zaradi različnih struktur tkanja). Vse, kar na papirnih substratih velja za makro hrapavost, je na ravni mikro hrapavosti tekstilnih tiskovnih materialov. Razvoj



velikega števila različnih barvil, ki so trenutno na trgu, je bil predvsem odgovor na velike razlike v strukturi in lastnostih materialov, ki se potiskujejo. Prilagojeni pa so bili tudi za doseganje ustrezne adhezije ter svetlobne obstojnosti in odpornosti proti pranju in likanju ob nanosu z različnimi sistemi.

Različne texture in strukture tiskovnih materialov so bile vzrok tudi za zahteve po različnih spremembah pogojev merjenja barv. Te seveda vplivajo na rezultate in so v večini primerov posledica industrijskega razvoja in zgodovinskih razlogov. V nadaljevanju tega prispevka bodo predstavljena nekatera dosedanja dognanja raziskav s tega področja in nekaj predlogov za čim boljše standardizacijo reprodukcije barv v digitalnem tisku na tekstil.

Barvila in predlagani barvni obsegi

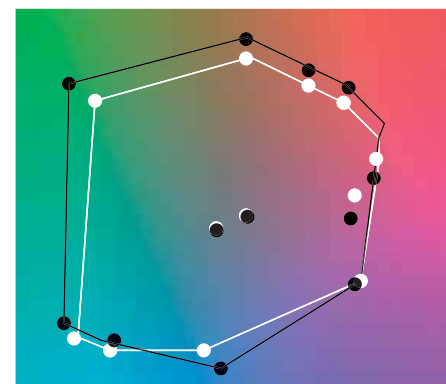
Tiskarske barve za digitalni tisk tekstila (na vodni osnovi) lahko v osnovi razdelimo v

štiri skupine (preglednica 1), ki se ločijo po kemijskem procesu adhezije, vrsti tiskovnega materiala, ki so mu namenjene, in morebitnih dodatnih aplikacijah. Poleg teh pa obstajajo tudi barve za sublimacijski in UV-tisk.

Kot je opazno iz preglednice 1, so nekatere tiskarske barve namenjene zgolj za tisk določenih materialov ali izdelkov, ki jim ni treba prenašati večkratnega pranja ali likanja, npr. zastav ali aplikacij za kratke promocijske aktivnosti. Aplikacije, ki zahtevajo večkratno pranje, likanje ali so dalj izpostavljane UV-svetlobi, potrebujejo dodatno zaščito za potrebne dodatne aplikacije na tekstilne izdelke. V nasprotnem primeru brez dodatne obdelave tiskovine hitro izgubijo intenzivnost, kot je to prikazano na sliki 1.

Osnovni barvni sistemi CMYK (predvsem ob uporabi reaktivnih in kislih tiskarskih barv) so pogosto razširjeni v CMYK + sisteme, na katerih so dodane barve kot npr. rdeča, vijoličasta, oranžna, siva (lahko tudi do 12

Tip barve	Osnova za tiskanje	Dodatna obdelava	Barvni obseg/obstojnost
Reaktivna barvila	Naravna vlakna - bombaž, lan, rajon, svila	Po tisku je potrebna dodatna obdelava s paro in pranje za utrjevanje barvil.	Nasičene, čiste barve in dobra odpornost proti svetlobi
Kisla barvila	Svila, volna, najlon	Po tisku je potrebna dodatna obdelava s paro in pranje za utrjevanje barvil.	Nasičene barve, odlična odpornost proti svetlobi in pranju.
Disperzna barvila (Dye sublimation)	Poliestrska vlakna	Termalna fiksacija z vmesnim transferjem na papir ali brez	Močna intenziteta barv - običajno manjša kot pri reaktivnih in kislih
Pigmentna barvila	Vse podlage	UV/termalna fiksacija	Manjša odpornost proti pranju, izjemna proti svetlobi, intenziteta odvisna od količine veziva



CIE L*a*b* barvne koordinate po naknadni obdelavi (●)

Preglednica 1: Tip barv za tekstil in osnovne lastnosti

Standardizacija tiska na tekstilu

Izzivi na poti k njej

Igor Karlovits, Gregor Lavrič • Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana



tiskarskih enot). Pogosti so tudi sistemi, dopolnjeni z dodatnimi fluorescentnimi barvami za doseganje dodatnih optičnih efektov oziroma barvnih spektrov. Uporaba zgolj sistemov CMYK bi zaradi matiranih in teksturiranih površin imela za posledico zmanjšanje pričakovanega barvnega obsega (v primerjavi s papirjem). Ob tem se zastavlja vprašanje, kateri barvni sistem lahko zajame in predvidi te razlike, ki so posledica uporabe različnih barvil, pigmentov, dodatnih obdelav

in tiskovnih materialov. Sistem CIE Lab bi seveda bil (naj)boljša izbira zaradi svoje neodvisnosti od procesnih parametrov, ampak zaradi nekaterih programskih omejitev (predvsem pri programski opremi, namenjeni grafični pripravi tekstilnega tiska) ni prava izbira. Ker so obstoječi barvni prostori CMYK premajhni, da bi zajeli vse možne kombinacije barvil, pigmentov in uporabljenih tiskovnih materialov (8 do 12-barvni tisk), je Fogra začela postopno standardizacijo barvnega

prostora RGB prav v te namene. Trenutna beta verzija Fogrinega 58-barvnega prostora in ICC-profila temelji na prostoru RGB, v katerem so meritve zajete z merilnimi pogoji D65/10°. Barvni prostor je večji od običajnih, namenjenih tisku (sistemom CMYK in CMYK+ z različnimi barvili), in tudi od obsega barvnega sistema Pantone TCX. Predstavljena rešitev prostora RGB za izmenjavo kolorimetričnih podatkov ima malce skrajšano nevtralno sivo skalo (črna točka L = 15 in bela točka L = 94) in bolj nasičene osnovne barvne koordinate primarnih barv. Primerjava FOGRA 58 profila ICC s tipičnimi barvnimi prostori različnih tipov barv/barvil in večbarvnih sistemov je prikazana na sliki 2.

Drugi način izmenjave spektralnih podatkov tekstilnih vzorcev (mimo profilov ICC) lahko poteka tudi z uporabo datotek QTX. QTX je ASCII zasnovan format, ki ga je razvilo podjetje Datacolor, ki je dolgo časa veljalo za vodilno podjetje za merjenje barv v tekstilni panogi. Datoteka QTX lahko zajema skalo tekstilnih barvnih vzorcev Pantone TCX oziroma internih (pomerjenih in razvitih) barvnih mešanic.

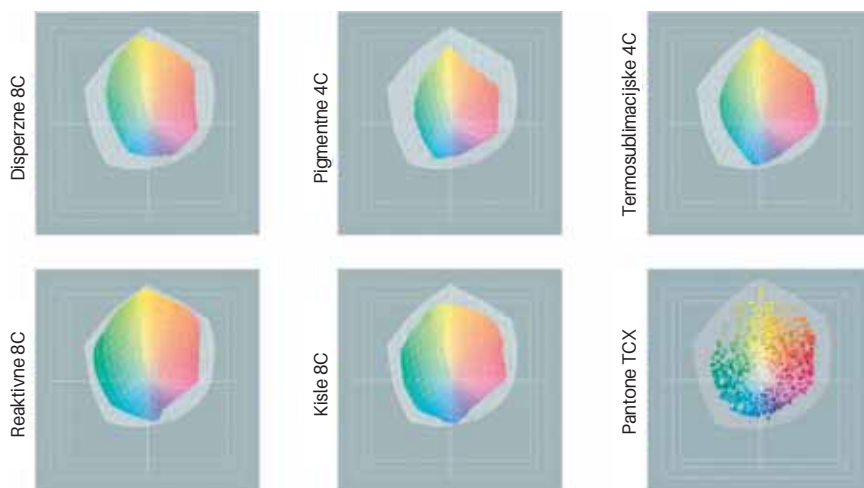


Originalni tisk

Dodatna obdelava s pranjem

Brez dodatne obdelave s pranjem

Slika 1: Vpliv dodatne obdelave (fiksiranje) na barvno intenziteto



Slika 2: Primerjava predlaganega FOGRA 58-barvnega prostora s 4- in 8-barvnimi tiskarskimi prostori

Na trgu je tudi barvni sistem Coloro, ki je namenjen tekstilni industriji in zajema 3500 barv (Pantonova skala ima 2625 barvnih vzorcev), nekateri barvni vzorci se lahko prenašajo s pomočjo podatkov QTX. Ti so večinoma podobni datotekam CxF za prenašanje karakteristik posebnih barv v tisku, ampak celostna integracija teh v okolja programskih rešitev ICC za barvno upravljanje še ni popolna.

Obstajajo seveda tudi programske rešitve, kot je ChromaShare, ki omogoča sistemizacijo in barvno spremljanje vzorcev ter podpira barvne podatke formatov ChromaShare CPX, Datacolor QTX, X-Rite

CxF v2 in CxF v3, Society of Dyers and Colourists (SDC) in Adobe Swatch Exchange (ASE). Podpira tudi integracijo teh s profili ICC. Delovno okolje programa je kombinacija vizualizacije oblačila s pomočjo uporabe kolorimetričnih podatkov, a glede barvne natančnosti ni primerljiv z zmogljivostmi Adobovih orodij, zato je bolj uporaben za pregled in kontrolo vzorcev pri naročanju obarvanih tkanin.

Meritvene geometrije

Skupni oziroma univerzalni barvni profil, ki ga predlaga Fogra, pa trenutno žal ne more spremeniti vpliva različnih vhodnih spremenljivk, kot so vrsta uporabljenega

spektrofotometra, uporabljene nastavitve, prisotnost optičnih belil itd.

Omenjene vhodne spremenljivke se razlikujejo predvsem zaradi različnih segmentov trga in »industrijskih standardov«. Za merjenje barv pri klasičnem barvanju vlaknin in klasičnem barvnem »upravljanju« tekstilnega tiska se že od nekdaj uporablja merilna geometrija D65/10° z večjo merilno odprtino. Tukaj lahko dodamo, da z meritvami posamičnih obarvanih vlaken s prilagojenimi instrumenti sicer lahko pridobimo spektrofotometrične vrednosti, vendar so to postopki, ki se v tisku uporabljajo redkeje. Te so bolj pogosto uporabljene pri tako imenovanem preskusnem barvnem tisku tekstilnih vzorcev (Lab DIP), ki je nekako analogija preskusnega odtisa v klasičnem tisku.

Tip spektrofotometra

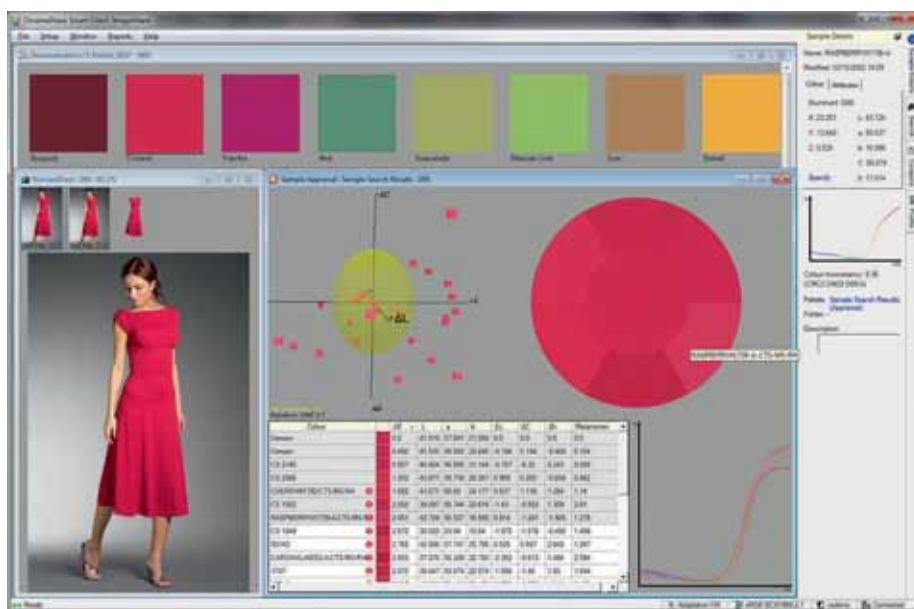
Spremenljivka, ki je najbolj pogojena z izbiro spektrofotometra, je predvsem merilna geometrija (difuzna/sferična ali usmerjena). Usmerjena geometrija merjenja lahko povzroči učinek prosojne zamegljenosti. Če je vzorec namreč delno prosojen (kar je pri tekstilnih vzorcih pogosto), določen delež svetlobe penetrira vanj in lateralno razprši svetlobo zunaj območja zajema senzorja, kar povzroči, da je izmerjena refleksija nižja, kot če bi jo zajeli s sferičnim merilnim instrumentom, ki zajame vso razpršeno svetlobo.

Velikost merilne odprtine

Drugi variabilni dejavnik je izbor velikosti merilne odprtine. Ta lahko vpliva na rezultate meritev predvsem zaradi tega, ker potiskana površina na tekstilu (predvsem zaradi strukturiranosti) ni nikoli povsem enakomerna. Večja odprtina v povprečju zagotavlja večjo natančnost meritev kot pa večkratna meritev z manjšo odprtino. Na sliki 4 je prikazana razlika v velikosti merilnih odprtin, slika 5 pa prikazuje razlike, ki nastanejo v odvisnosti od smeri merjenja (v primerjavi s smermi tkanja) in velikosti merilne odprtine.

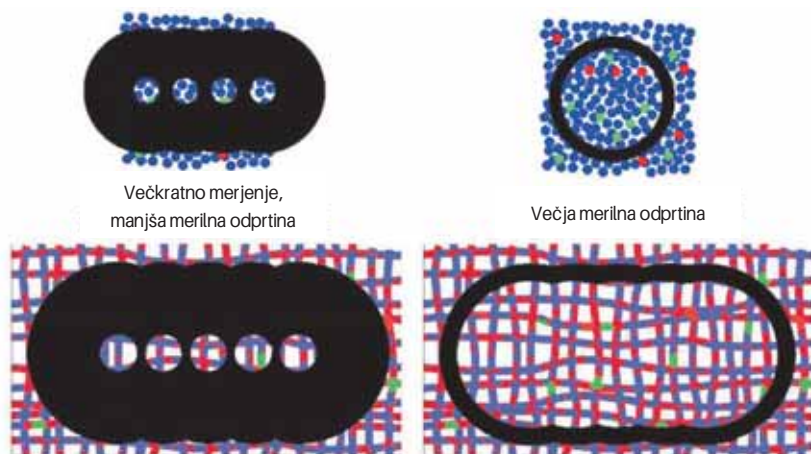
Priporočila za zmanjšanje merilnih razlik na podlagi raziskav so:

- Priporočljivo je, da se uporablja pravilen nosilec (ki prepreči gubanje tiskovnega materiala). Tip podlage sicer ni definiran (kot je to pri papirnih substratih).



Slika 3: Delovno okolje programa ChromaShare

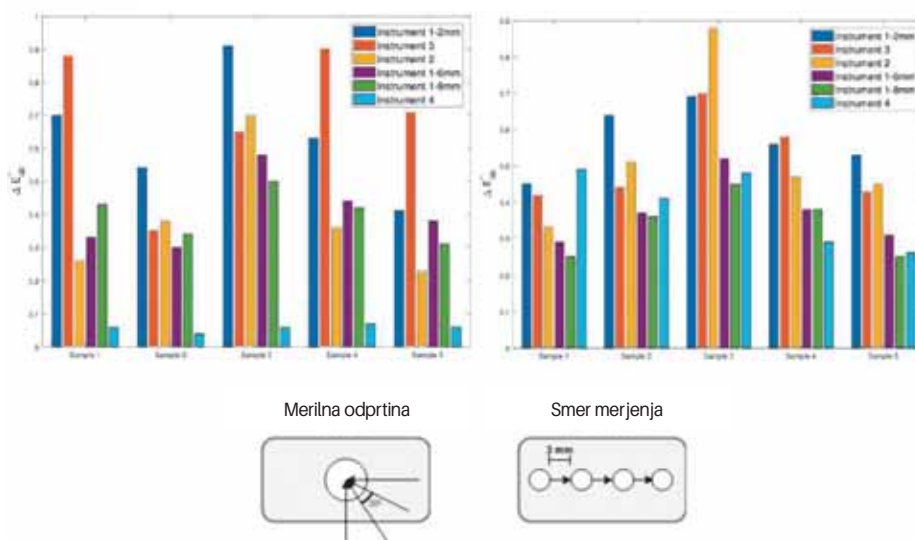
- Z uporabo večjih merilnih odprtin zmanjšamo merilno negotovost.
- Bolj natančne rezultate pridobimo z merjenjem, ki poteka v vseh štirih straneh



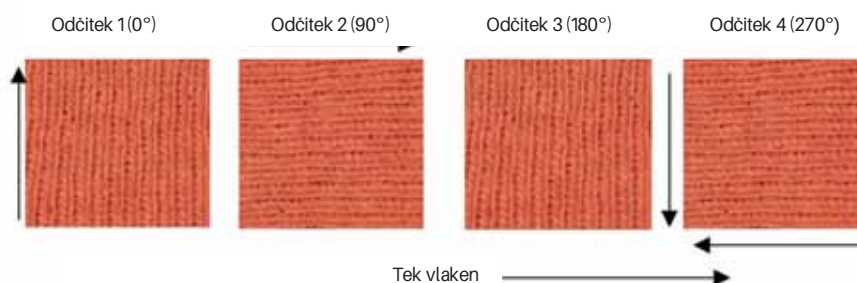
Večja merilna odprtina je bolj natančna od večkratnega merjenja z manjšo odprtino

Slika 4: Vpliv velikosti merilne odprtine

Povprečna ΔE^*_{ab} zaradi drugačnih instrumentov



Slika 5: Razlika v barvni reprodukciji v odvisnosti od merilne odprtine in smeri merjenja



Slika 6: Priporočljivo sukanje vzorcev med merilnim postopkom

glede na smer tkanja – da se zmanjša vpliv nesimetričnega tkanja (slika 6).

- Avtomatsko merjenje, ki zmanjša možnost človekove napake.

Proizvajalci merilne opreme, ki je namenjena vrednotenju tiska tovrstnih materialov, so se v zadnjem obdobju že odzvali na potrebe trga po prilagojeni opremi. Barbieri ponuja merilni instrument z 8-milimetrsko merilno odprtino in standardno geometrijo 45°/0°. Nova različica X-Ritovega iPro spektrofotometra (Plus 3) je opremljena z večjo merilno odprtino (8-milimetrsko merilno polje, 12-milimetrsko polje za osvetlitev vzorca in standardno geometrijo 45°/0°) za hibridno tiskane materiale.

Tovarne, ki se ukvarjajo z barvanjem ali barvnim potiskom tekstilnih materialov, poleg klasičnih merilnih instrumentov (D65/10°) uporabljajo še namizne, sferne spektrofotometre, vendar ti ne omogočajo izbire in uporabe različnih merilnih pogojev (M0, M1, M2 ...) v skladu z mednarodnim standardom ISO 13655:2019 – ki pa je osnova za vrednotenje klasičnega tiska.

Manjši tržni delež (namenjen predvsem oblikovalcem) so tudi kompaktni spektrofotometri za izvajanje hitrih barvnih meritev, kot je spektrofotometer Datacolor Color Reader Pro. Ta ima merilno geometrijo 45°/0° in je namenjen hitremu vrednotenju na terenu. Na trgu pa je na voljo še X-Ritov Capsure, katerega uporaba temelji na sistemu Pantone in ki barvne vrednosti zajema s pomočjo kamere in odprtini z velikostmi 2, 4 in 8 mm. Zaradi različnih pogojev in načinov merjenja tudi pri tovrstnih meritvah prihaja do različnih neskladnosti in odstopanj, za katere pa je ključno, da jih ustrezno predvidimo.

Tekstilna industrija pri določanju barvnih razlik bolj pogosto uporablja vrednotenje z barvnimi razlikami CMC in ne industrijsko grafično uveljavljenimi ΔE^*_{00} . Problem uporabe teh ni sam preračun, ampak bistvena razlika v obliki in velikosti tolerančnega območja.

Če tekstilne vzorce vrednotimo v skladu z grafičnimi standardi in uveljavljenimi instrumenti, moramo upoštevati ustrezno izbiro

Transform Your Printing

Engineered to empower your business with high volume, reliable and quality output.

ComColor GD9630

Ko barvni tisk variabilnih podatkov, kuvert, dopisnih listov, letakov..., zaradi cenovno najugodnejše tehnologije postane donosen posel.

Cian, magenta, rumena, črna in siva v enem prehodu in barve odporne na vodo zagotavljajo neskončne zmožnosti uporabe tiskovin.

Visoko produktivno barvno kapljično tiskanje:

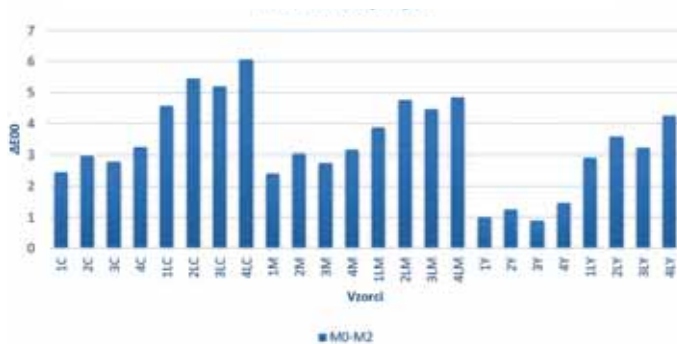
9.600 barvnih A4 LEF-strani/uro

(160 barvnih A4 strani v minuti)

- Visoka kvaliteta tiska
- Zanesljivost in vzdržljivost
- Širok spekter uporabe
- Nizka poraba energije
- Velikost medija od 90 x 148 mm do 297 x 432 mm
- Gramatura papirja od 46-210 g/m²

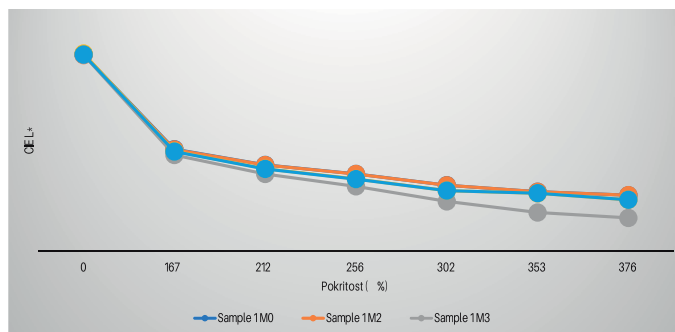


Barvna razlika med štirimi različnimi vzorci glede na pogoje merjenja M0 / M2



Slika 7: Barvna razlika na 4 različnih vzorcih z optičnimi belili, tiskanimi z UV-LED-tiskalnikom, in brez

Sprememba po koordinati L v odvisnosti od pogojev merjenja M



Slika 8: Vpliv M načina merjenja na CIE L* vrednost pri UV-LED-kapljičnem tisku na tekstil

merilnih pogojev M. Veliko tekstilnih materialov namreč vsebuje optična belila, ki pa lahko občutno vplivajo na meritve, če jih izvedemo z merilnim pogojem M0 oz. M2 (slika 7).

Kot je opazno na sliki 7, so razlike večje predvsem v bolj svetlih barvnih tonih, saj optična belila vplivajo predvsem na barvne lastnosti koordinate *b in posledično končno barvno razliko.

Če meritev izvedemo z uporabo merilnega pogoja M3, se moramo zavedati, da polarizacijski filter zaduši zrcalni del refleksije, kar lahko privede do očitnih odstopanj vrednosti predvsem v CIE L* koordinati (svetlosti) izmerjene barve. Dodaten vpliv na ta parameter ima tudi količina barve na odtisu. Naše izkušnje kažejo, da se izrazitejši vpliv UV-LED-tiskanega tekstila (kjer se ustvarja dodatna plast na površini tekstila brez absorpcije v vlaknine) začne z nanosi nad 150 odstotki skupne pokritosti, kot je to prikazano na sliki 8.

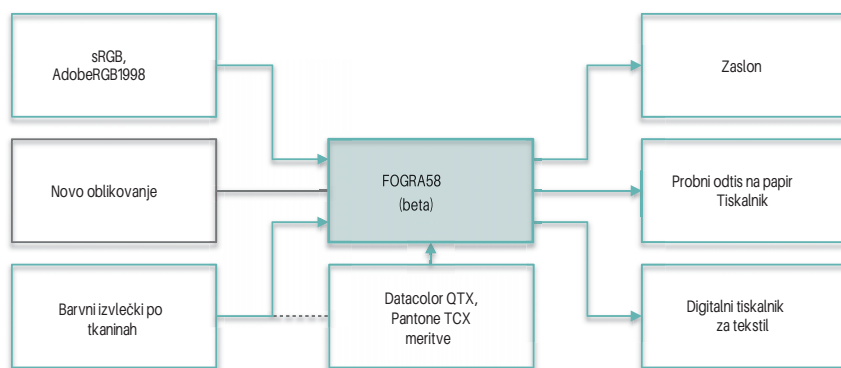
Zanemariti pa ne smemo tudi vpliva strukture oziroma teksture materiala na končno upodobitev in človekovo dožemanje natisnjenih barv. Raziskav s tega področja je ogromno, predstavljene pa bodo v posebnem prispevku.

Ko tiskar stopi v tekstilni barvni proces

Če tiskar le občasno tiska tudi gibke oznake ali podobne promocijske materiale, vendar ne sodeluje z drugimi deležniki barvane tekstilne verige, potem se lahko zanese na svoj klasični ICC-sistem upravljanja barv. Fogra predlaga, da namesto internih ICC-profilov vsi deležniki uporabljajo FOGRA 58-barvni prostor, pri čemer tiskar za svoj izhodni sistem uporablja svoj ICC-profil tiskalnika za tisk na določen tekstilni material. Tudi za podatke iz drugih platform (barvni vzorci Pantone TCX ali Coloro) predlagajo, da se sprva pretvorijo v RGB-barvni zapis in nato v ICC-sistemu tega preračunajo v način CMYK oziroma CMYK+ (slika 9).

Ker si sistemi za digitalni tisk na tekstil z dodatnimi barvami še dobro utirajo pot na trg, se bodo najverjetneje morali prilagoditi obstoječim rešitvam in pristopom, uveljavljenim v celotni tekstilni verigi dobave. Različne razvite platforme velikih kupcev sicer že omogočajo neposredno spletno naravnano spremljanje procesov, vendar v večini nimajo integriranih sistemov za ICC-barvno upravljanje, kar ponuja podjetje X-Rite. Tiskarji bodo zaradi tega morali razmišljati tudi zunaj uveljavljenega koncepta CMYK-barvnega okolja in se opremiti s spektrofotometri, ki imajo večje merilne odprtine, ki so osnova za korektno merjenje barv na tekstilu.

Velik izziv na področju hibridnega tiska (na celoten spekter različnih materialov od papirja do tekstila) bodo tudi tolerance oziroma dovoljena barvna odstopanja dobaviteljskih verig. Macys na primer od svojih dobaviteljev zahteva DECMC : < 0,8 za Lab DIP vzorce (laboratorijski barvani vzorci) in DECMC : < 1,0 za končne tkanine. Doseganje tako zahtevnih toleranc zaradi odstopanja samega barvila ali kalibracije je velik izziv za hibridni tisk, ki je prilagojen široki oziroma vsestranski uporabi. Integracija formata barvnih podatkov QTX z uporabo orodij ICCMax trenutno še ne obstaja. QTX (Datacolor Track) namreč še nima ISO-standardizirane oblike zapisa, tako da bo pot do učinkovite standardizacije še izjemno dolga. Bo pa zagotovo potrebna, saj jih tehnologije, ki jih je vsak dan več in lahko rešijo problematiko teksture v prihodnosti (npr. AR - nadgrajena resničnost in VR - virtualna resničnost), potrebujejo.



Slika 9: Priporočeni delovni tok s »standardiziranim« barvnim prostorom za izmenjavo podatkov