

Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet
Katedra za tiskarske procese
Zagreb, 03. 10. 2023.

Interna skripta za predmet Upravljanje ofsetnim tiskom

Zagreb, 03. 10. 2023.

Nastavnik: prof. dr. sc. Igor Zjakić

Što je rastriranje?

Izumom tiska i pomičnih slova omogućen je prijenos vizualnih informacija. Stotinama godina tisak je rađen tako da je reproducirana samo jedna tonska vrijednost, što je i logično s obzirom na tehnološku razvijenost tehnike visokog tiska koja je u to doba postojala. Kako je količina tiskanih informacija sporo ali i konstantno rasla, a posebno nakon izuma fotografije, porasla je i želja ljudi da reproduciraju kvalitetnije reprodukcije.

Međutim, nije postojao način za reprodukciju više različitih polutona. Takvo stanje potrajalo je do 1881. godine kad je njemac *Georg Meisenbach* izumio način za višetonsku reprodukciju, a čiji se osnovni principi koriste i danas.

Osnovni problem skoro svih tehnika tiska (osim svjetlotiska) je taj da je količina bojila koja se nanaša na tiskovnu formu skoro podjednaka. Zbog toga je omogućavanje tiska višebojne reprodukcije u to vrijeme tehnikom visokog tiska Georg Meisenbach riješio propuštanjem svjetlosti kroz finu mrežicu koja se nalazila na staklu.

Niti na mrežici bile su postavljene pod kutem od 90^0 i pravilnim fokusiranjem svjetlosti dobivala se slika iza rastera koja se sastojala od niza točkica promjenjive veličine, dok je razmak među njima bio konstantan. Procesom rastriranja različite polutonske vrijednosti reproduciraju se kao tiskovni ili netiskovni elementi. Kako je otprilike u to vrijeme izmišljena fotografija i materijali koji reagiraju na svjetlost (prozirni materijali predoslojeni srebrohalogenidom) uz pomoć kamera snimali su se višetonski negativi, a iz njih uz pomoć kontaktnog rastera rasterski dioni diapozitivi koji su kasnije služili za izradu tiskovnih formi.

Takav način rastriranja ostao je u upotrebi do razvoja *digitalnog* rastriranja. Prvi digitalni način rastriranja omogućili su *rotacioni skaneri* s kojima su se izrađivali rastrirani predlošci osvjetljavanjem svjetlosti čija je frekvencija osvjetljavanja uvjetovana elektronskim impulsima.

U današnje vrijeme rastriranje predloška ili tiskovne forme u potpunosti je digitalizirano i obavlja se na različite načine ovisno o vrsti algoritma. Osnovni principi rastriranja ostali su isti samo što je rastriranje danas osim promjene veličine rasterskog elementa omogućeno i promjenama razmaka među rasterskim elementima, kao i promjenama oblika rasterskih elemenata.

Kada se govori o pojmu *raster*, može se reći da je raster *sredstvo* kojim se obavlja rastriranje. Kao produkt rastriranja nastaje *rasterski element*. Neovisno da li se radi o klasičnom ili digitalnom rastriranju nastanak višetonskih reprodukcija omogućen je zbog tromosti ljudskog oka i nemogućnosti raspoznavanja pojedinačnih malih rasterskih elemenata. Informacija o intenzitetu dobiva se iz skupne refleksije više rasterskih elemenata. Što je rasterski element manji, to je uočavanje rasterskog elementa na otisku teže.

Stoga je osnovna razlika među rasterima upravo u veličini i razmaku rasterskih elemenata koji definiraju *finoću* ili *linijaturu* rastera ovisno o vrsti rastera. [1]

Vrste rastriranja

Kada se višetonski original rastrira vrijednosti tonaliteta transformiraju se u tiskovni ili netiskovni element.

Teoretski rasterski element pravilnog je oblika. Ako promatramo okrugli rasterski element, intenzitet reflektirane svjetlosti definiran je s veličinom i pokrivenosti bojilom samog rasterskog elementa. U realnoj grafičkoj proizvodnji pokrivenost i oblik rasterskog elementa ovisi o postupku tiska, tiskovnim materijalima, bojilima, itd. Dakle, doživljaj različitih tonaliteta koje oko percipira refleksijom s rastrirane površine uvjetovan je nizom različitih

elemenata koji mogu utjecati na doživljaj. Konačna reprodukcija bazirana na rastriranju ovisi i o prethodnim fazama nastajanja rasterskog elementa kao što je izrada predloška za tisak ili izrada tiskovne forme.

Doživljaj tonaliteta definiran je s određenim *karakteristikama* rastera. Intenzitet doživljaja tonaliteta ovisit će i o interakciji podloge s rasterom, bojila s rasterom, itd. Zbog toga se pojavila potreba za različitim vrstama rastriranja kako bi se pravilnim odabirom rastera povećala kvaliteta grafičke reprodukcije. [2]

Klasificiranje rastera po vrsti dijeli se na dvije *osnovne* skupine:

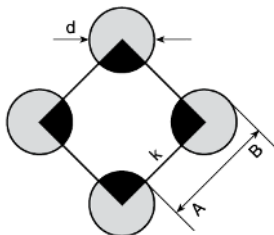
- 1) *amplitudno modulirani* ili *klasični raster (AM)*
- 2) *frekventno modulirani* ili *stohastički raster (FM)*.

Pored osnovnih skupina postoje i podskupine rastera koje su *hibrid* različitih vrsta rastera i oblika rasterskih elemenata te rasteri s *modulacijom obojenja*.

Amplitudno modulirani (klasični) raster

Kad se govori o *amplitudno* moduliranom rasteru doživljaj različitih tonaliteta uvjetovan je promjenom veličine rasterskog elementa. Razmak između rasterskih elemenata uvijek je konstantan. Bitno je napomenuti da je karakteristika konstantnosti razmaka između rasterskih elemenata neovisna o obliku rasterskog elementa.

Ako se promatra okrugli rasterski element, rasterska “točkica” kod amplitudno moduliranog rastera pokriva dio površine *elementarnog kvadrata* kako je prikazano na sljedećoj slici:



Slika 1. Prikaz elementarnog kvadrata

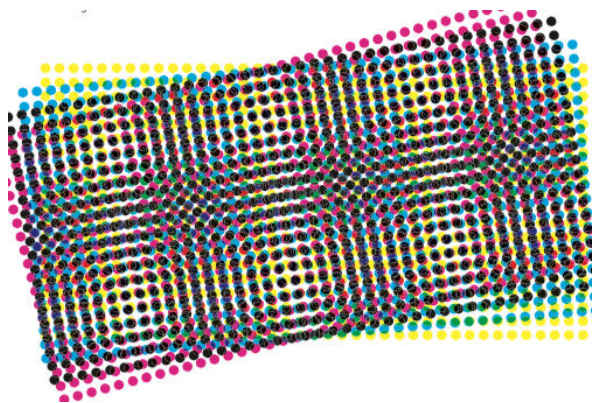
Rastertonska vrijednost *RTV* izražava se u postotcima i označava se sa *%RTV*.

Korištenje amplitudno moduliranog rastera u grafičkoj proizvodnji vrlo je rasprostranjeno. Razlog za to je vrlo kvalitetna mogućnost reproduciranja skoro cijelog raspona rastertonskih vrijednosti.

Upotreba ovakvog rastera pokazala se manjkava prilikom reproduciranja sitnih detalja. Ovo ograničenje uvjetovano je veličinom rasterskih elemenata koji variraju ovisno o pokrivenosti površine. Veličina rasterskog elementa najčešći je uzrok smanjene mogućnosti reprodukcije finih detalja kod velikih rastertonskih vrijednosti. [3]

Kutevi rastriranja AM rastera

Dobivanje kvalitetnog otiska kod *AM* rastera definirano je točnim kutnim položajem rastera koji je potreban radi izbjegavanja interferencije rasterskih elemenata (pravilno - $C15^0$, $M75^0$, $Y0^0$ i $K45^0$) što u oku izaziva pojavu *moarea* (slika 2.).



Slika 2. Prikaz pojave "moire-a"

Točno pozicioniranje rasterskih elemenata djelomično osigurava kvalitetnu reprodukciju. Ovisnost pozicioniranja rasterskih elemenata i doživljaja reprodukcije leži u transparentnosti bojila kojima se obavlja tisak.

Međutim, ukoliko u procesu tiska dođe do malog pomaka pasera jedne boje u odnosu na drugu, može doći do različitog doživljaja reprodukcije tj. neki tonovi mogu izgledati tamnije, svjetlije, ili mogu imati drugačiju boju kao što se vidi na slici 14. kod reprodukcije plave pozadine. Ova pojava naročito je vidljiva kod tiska srednjih gustoća obojenja i reprodukcije manje kromatičnih boja.

Uzrok pomaka pasera jedne boje u odnosu na drugu u procesu tiska najčešće dolazi uslijed dimenzionalne nestabilnosti tiskovne podloge. Prolaskom tiskovnog materijala kroz tiskovne agregate, uslijed sila pritiska tiskovni materijal se može rastegnuti prije otiskivanja slijedećeg bojila te se to bojilo ne otiskuje na točno definirano mjesto.

Finoća AM rastriranja

Kada se govori o *finoći* rastriranja, kod amplitudno moduliranog rastera *finoća* se može definirati i *linijaturom* rastera. Smanjenjem površine elementarnog kvadrata *finoća* rastera je veća što znači da će ljudsko oko teže uočiti rasterske elemente kad se reprodukcija promatra s optimalne udaljenosti od oko 30 cm.

Smatra se da prosječna osjetljivost ljudskog oka vrlo teško prepoznaje rasterske elemente kod *AM* rastera kad je *finoća* (linijatura) rastera 60 ili više rasterskih elemenata po 1 cm.

Frekventno modulirani (stohastički) raster

Za razliku od amplitudno moduliranog rastera, osjećaj tonaliteta kod *frekventno moduliranog* rastera dobiva se različitim udaljenostima među rasterskim elementima dok je veličina rasterskog elementa konstantna.

Finoća rastera nije definirana veličinom elementarnog kvadrata, već veličinom rasterskog elementa. Veličine rasterskih elemenata definiraju se u μm .

Karakteristika frekventno moduliranog rastera je mogućnost vrlo kvalitetnog reproduciranja sitnih detalja. Međutim, *FM* rasteri rjeđe se koriste kod reproduciranja motiva koji se sastoje od jednoličnih površina. Razlog tome je mogućnost pojavljivanja "brazdi" na otisku koje u stvarnosti ne postoje, već se događaju kao optička varka koja nastaje uslijed tromosti oka.

Finoća FM rastriranja

Finoća *FM* rastera definirana je veličinom rasterskog elementa. Vrijednosti u μm odnose se za promjer rasterskog elementa kad je rasterski element okruglog oblika.

U slučajevima drugačijih oblika rasterskih elemenata, veličina rasterskih elemenata najčešće je dana kao vrijednost duže dijagonale rasterskog elementa. U ostalim slučajevima kad su rasterski elementi posebno dizajniranih oblika, vrijednost veličine rasterskog elementa dana je od proizvođača uređaja za rastriranje.

Hibridni raster

Kada se govori o *hibridnim* rasterima, onda se misli na rastere koji su sastavljeni od elemenata *amplitudno* i *frekventno* moduliranog rastera.

Takvi rasteri imaju određene prednosti s obzirom na mogućnosti reprodukcije tonaliteta. U novije vrijeme proizvođači uređaja za rastriranje stvorili su mnoge nove algoritme koji s hibridnim rasterima omogućuju reprodukciju malih i velikih *RTV* upotrebom *FM* rastera, dok su srednji tonovi reproducirani uz pomoć *AM* rastera. Naravno prijelaz s jedne vrste rastera na drugu kreće se u određenom rasponu *RTV*.

Pored navedenih mogućnosti, rasterski elementi u takvim rasterima mogu biti i različitih oblika kao npr.: *trokut*, *četverokut*, *linija*, *sinusoida* i sl. ili kao posebno dizajnirani oblik određenog predmeta: *automobil*, *kuća*, *svjetiljka*, itd.

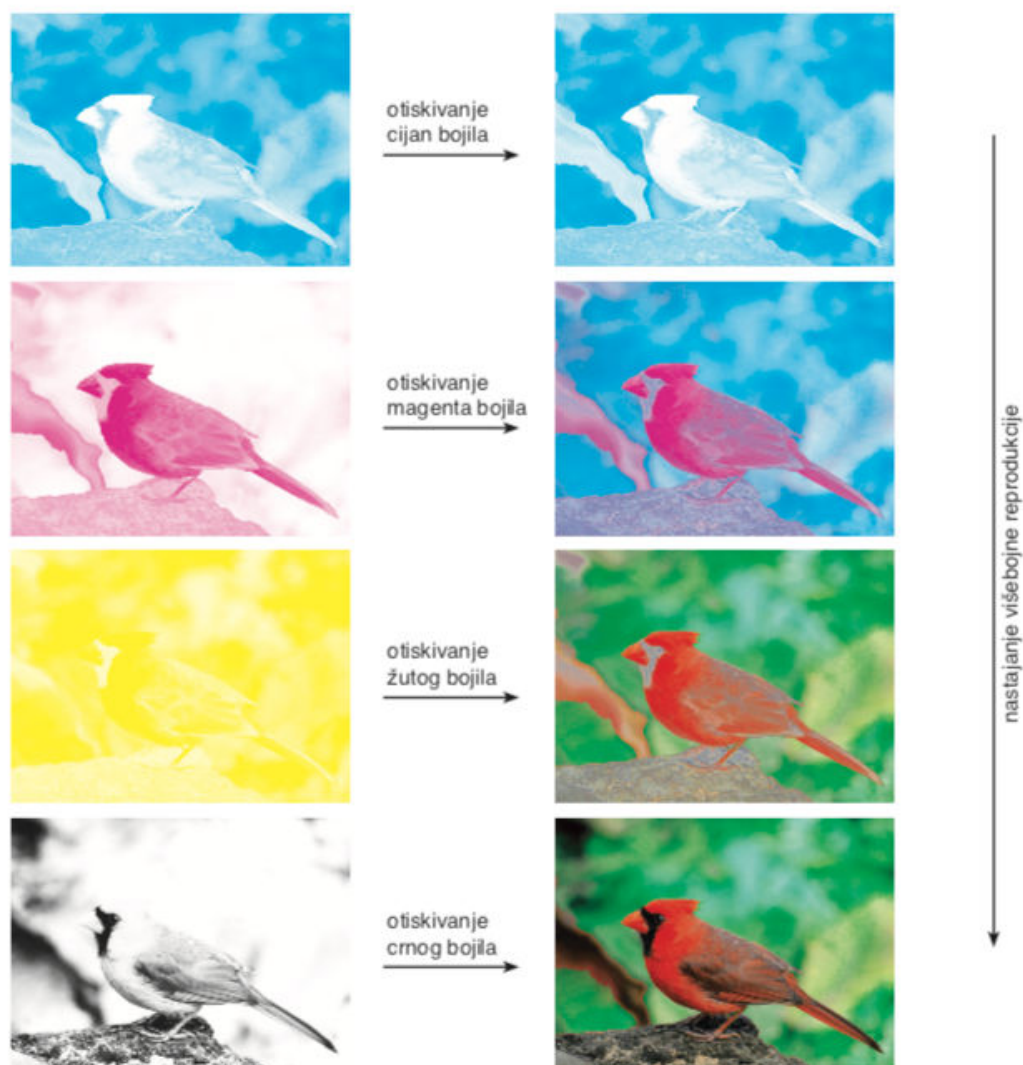
Raster s modulacijom obojenja

U dosadašnjem dijelu opisivali su se rasteri koji su različit doživljaj tonaliteta omogućavali promjenom veličine i položaja rasterskih elemenata. Obojenje svih navedenih elemenata bilo je nepromjenjivo (uvjetovano gustoćom obojenja u tisku).

Međutim, postoje tehnike tiska u kojima je doživljaj gustoće obojenja uvjetovan različitim obojenjem pojedinačnih rasterskih elemenata. Ovakvo rastriranje *modulacijom obojenja* moguće je npr. kod tehnike *bakrotiska* ili nekih digitalnih tehnika kao što su npr. *ink jet* ili *elektrofotografija*. Kod ove vrste rastriranja moguće je mijenjati i veličinu rasterskih elemenata.

Nastajanje otiska

Nastajanje otiska omogućeno je nanašanjem osnovnih bojila suptraktivne sinteze jedne na drugu nakon procesa separacije kako je prikazano sljedećom slikom:



Slika 3. Redosljed boja u tisku

Kao što je iz slike 3. vidljivo nakon tiska tri osnovne boje suptraktivne sinteze tiska se i crna. Tisak crnog bojila potreban je radi "neidealne" refleksije boja s površine tiskovne podloge kojima se uvijek nepoželjno reflektira i dio valnih dužina ostalog dijela vidljivog spektra. Iz tog razloga osjećaj crne boje koji bi trebao nastati tiskom cijan, magente i žute boje u 100%-tnim iznosima ne daje osjećaj crne boje, već tamno smeđe. Crna se stoga tiska da "amortizira" neidealnu refleksiju i najčešće se tiskaju elementi koji čine konture i tamne dijelove reprodukcije.

Redosljed nanašanja bojila kod četverobojnih strojeva je:

K, C, M, Y

a kod jednobojnih i dvobojnih strojeva je:

C, M, Y, K.

Pri korištenju izraza: "boja", "bojilo", "tiskarska boja", definiranje termina "boja" odnosi se na psihofizički doživljaj, dok se termin "bojilo" i "tiskarska boja" odnosi na tvar koja daje obojenje. Zbog toga se za navedeni izraz mogu koristiti oba termina, "bojilo" ili "tiskarska boja". [1]

Deformacija rasterskih elemenata

Jedan od najvažnijih parametara u smanjenju kvalitete tiska je *deformacija rasterskih elemenata*. Može se reći da je kvalitetno ustanovljen problem deformacije rasterskih elemenata i kvalitetno postavljen sustav koji na adekvatan način minimizira deformacije rasterskih elemenata osnovni i najvažniji uvjet omogućavanja kvalitetnog tiska, ponovljivosti procesa i povećavanja kvalitete grafičkog proizvoda u cijelosti.

Rasterski element teoretski je definiran tako da pokriva određeni dio *elementarne površine*. Kvaliteta reprodukcije i raspon integralne gustoće obojenja ovisi o uvjetima koji utječu na veličinu rasterskog elementa prilikom prijenosa kroz reprodukcijski lanac te o uvjetima u samom procesu tiska.

Faktori koji mogu deformirati rasterski element tijekom proizvodnje utječu na rasterski element tako da se rasterski element poveća (*pozitivna deformacija*) ili smanji (*negativna deformacija*) u odnosu na teoretsku površinu. Deformacija rasterskog elementa u većini slučajeva je pozitivna, osim u slučajevima kada se na rasterski element djeluje preventivno u nekom dijelu proizvodnje te omogućiti negativna deformacija koja će kasnije u toku proizvodnje postati manje pozitivna.

Deformaciju rasterskog elementa moguće je ustanoviti razlikom radijusa između teoretske i stvarne veličine rasterskog elementa. Kad je stvarna veličina rasterskog elementa veća od teoretske veličine ($r_1 > r_0$) tada nastaje *pozitivna deformacija*, a kad je teoretska veličina rasterskog elementa veća od stvarne veličine ($r_1 < r_0$) nastala je *negativna deformacija*. Ako rasterski elementi nisu okruglog oblika već npr. kvadrat ili elipsa, tada se deformacija može prikazati kao razlika teoretske i stvarne veličine duže dijagonale. Kod rasterskih elemenata koji su sastavljeni od linija, sinusoida i sl., deformacija rasterskog elementa može se prikazati kao razlika “debljine” rasterskog elementa između teoretske i stvarne veličine.

Ovdje je važno napomenuti da je deformacija rasterskih elemenata pojava koja se događa neovisno o vrsti rastriranja. Kako je u procesu proizvodnje deformacija rasterskih elemenata neizbježna bez obzira bila ona pozitivna ili negativna, cilj svake reprodukcije je izbjeći te deformacije koliko je god moguće. Preduvjet za to je kvalitetno *određivanje* i *kvantificiranje* nastalih deformacija.

Stoga se deformacija rasterskih elemenata dijeli na dvije vrste i to na:

- a) *geometrijsku deformaciju*
- b) *optičku deformaciju*.

Uzroci deformacija rasterskih elemenata mogu biti različite naravi. Jedan od glavnih uzroka deformacije su sile pritiska između valjaka, cilindara i bubnjeva. Osim toga, jedna od karakteristika većine tiskarskih tehnika je ta da količina bojila koja se nalazi na rasterskom elementu nije ista kroz cijelo vrijeme tiska. Uzrok takve nestalnosti niz je različitih parametara koji se javljaju u tijeku proizvodnje uslijed promjena temperature, vlage, kemijskih karakteristika bojila i otopine za vlaženje, adhezionih i kohezionih sila bojila i tiskarskog materijala, itd. [2]

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata nastaje uslijed mehaničkih djelovanja na rasterski element za vrijeme i nakon tiska. Jedan od velikih problema tijekom proizvodnje upravo je postizanje istih *obodnih* brzina cilindara i drugih uvjeta preko kojih se rasterski

element prenosi na tiskovnu podlogu. Zbog toga je vrlo bitno da je *tehnološki prostor* na temeljnom cilindru točno propisane debljine. Iz istog razloga, debljina gumene navlake zajedno s podlogom mora biti ona koju propisuje proizvođač. Tek tada je zagaranirano da su u trenutku tiska obodne brzine cilindra i valjaka unutar propisanih tolerancija (u optimalnim uvjetima stanja stroja).

Kako se tisak obavlja na različitim debljinama tiskovnih materijala, reguliranje pritiska materijala i ofsetnog cilindra uz pomoć tiskovnog cilindra obavlja se za svaki materijal. Nepravilnim postavljanjem pritiska, osovine cilindra nisu u propisanom razmaku što znači da će promjena radijusa dodirne točke i osovine cilindra za vrijeme tiska uzrokovati različitu obodnu brzinu.

Kada se tisak obavlja uz nepravilno definiran tehnološki prostor, valjci koji se dodiruju s tiskovnom formom neće biti u pravilnom kontaktu. Razlog tome također je promjena radijusa temeljnog cilindra (s tiskovnom formom). U tom slučaju valjci se okreću brže ili sporije od obodne brzine temeljnog cilindra, a što je najvažnije za deformaciju rasterskih elemenata, rasterski element gubi pravilni oblik i postaje “veći” već na gumenom cilindru. Prijenos rasterskog elementa događa se uslijed tlačne sile koja s jednim materijalom djelomično tlači drugi materijal. Kako je gumena navlaka kompresibilni materijal, zbog navedene tlačne sile također će doći do deformacije rasterskih elemenata.

Iz svih navedenih razloga dolazi do “proklizavanja” dijelova koji prenose rasterski element, a s tim i do deformacije rasterskog elementa. [4]

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata za vrijeme i nakon tiska može se najčešće dogoditi uslijed:

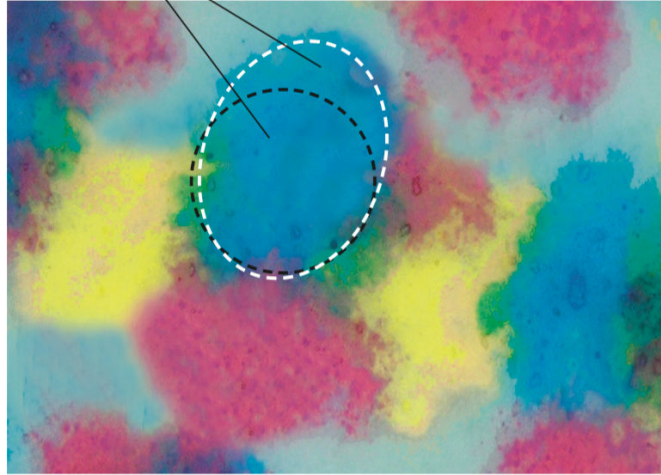
- a) *smicanja*
- b) *dubliranja*
- c) *razmazivanja*.

Smicanje

Smicanje je deformacija rasterskog elementa kod koje rasterski element postane izdužen u jednom od smjerova. Karakteristika tako deformiranog rasterskog elementa je da je izduženje rasterskog elementa (u smjeru tiska) optički vrlo slične gustoće obojenja kao teoretska veličina rasterskog elementa. Uvjet nastajanja deformacije rasterskog elementa uslijed smicanja najčešće je različita obodna brzina temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra koje može nastati uslijed istrošenosti i nepravilnog postavljanja ofsetne gume ili radi tehnički neispravnog stroja.

Otkrivanje smicanja moguće je izvesti promatranjem rasterskog elementa pod dovoljno velikim povećanjem s kojim se vide razlike u gustoći obojenja teoretske i stvarne površine rasterskog elementa. Od navedenih pojava koje uzrokuju geometrijsku deformaciju rasterskih elemenata smicanje je pojava koja se najčešće događa (slika 4.).

Približno ista gustoća obojenja
na teoretskoj i stvarnoj površini



Slika 4. Smicanje u tisku

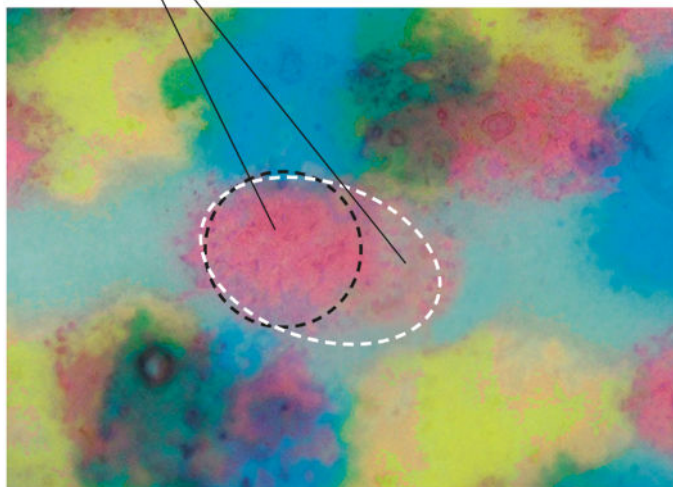
Dubliranje

Dubliranje (slika 5.) je geometrijska deformacija rasterskog elementa koja se najčešće događa uslijed dodira cilindara kad je gumena navlaka nedovoljno nategnuta ili kada su nepravilne vrijednosti debljine podloge ispod gumene navlake. Vrlo česta pojava dubliranja događa se prilikom obostranog tiska kad dio bojila ostaje na tiskovnom cilindru prvog tiskovnog agregata te se nakon okreta arka taj dio otiskuje na poledinu.

Ova pojava vrlo je česta kod starijih tiskarskih strojeva i ovakav problem praktički je nemoguće u potpunosti riješiti. Djelomično rješenje ovog problema je u obrezivanju araka papira prije tiska.

Karakteristika takve geometrijske deformacije je trag rasterskog elementa koji nije iste gustoće obojenja kao teoretski rasterski element. Trag koji se nalazi iza rasterskog elementa (u smjeru tiska) manje je gustoće obojenja od gustoće obojenja teoretske veličine rasterskog elementa. Ono što je karakteristično za navedeni trag je približno jednolika gustoća obojenja cijelog traga, odnosno površine koja predstavlja razliku stvarne i teoretske veličine rasterskog elementa. Bitno je napomenuti da je dubliranje pojava koja je rjeđa u tisku i da je to pojava koja se vrlo teško ustanovljava.

Različita gustoća obojenja na
teoretskoj i stvarnoj površini



Slika 5. Dubliranje u tisku

Razmazivanje

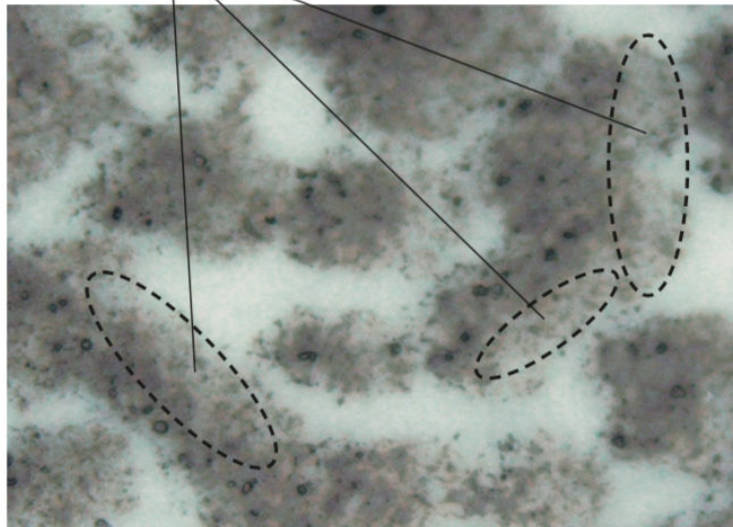
Razmazivanje (slika 6.) rasterskog elementa najčešće se ne događa u tisku, već nakon tiska ukoliko dođe do pojave struganja nekih dijelova stroja ili poledine tiskovnog materijala otiska koji nadolazi.

Razmazivanje se može dogoditi na onim mjestima na stroju na kojima dolazi svježe otisnut arak u mehanički dodir sa strojem. Razmazivanje se može dogoditi i prilikom višebojnog tiska kad nema struganja već kad je količina ukupnog bojila na otisku tolika da se prilikom tiska slijedeće boje rasterski element razmazuje iz razloga nemogućnosti zadržavanja na površini materijala uslijed pritiska cilindara nadolazećih boja. Ovakva pojava česta je kod tiska na neupojnim materijalima. Isto tako kod tiska na višebojnim tiskarskim strojevima, tiskovni arak nakon tiska jedne boje prenosi se na drugi tiskovni agregat prijenosnim bubnjevima koji mogu uzrokovati razmazivanje.

Zbog toga su prijenosni bubnjevi napravljeni s točno definiranom hrapavosti površine materijala ili s hvataljkama bez plašta bubnja, kako bi se u što većoj mjeri izbjeglo razmazivanje rasterskog elementa prije nego dođe u slijedeći tiskovni agregat ili na izlagači stol.

Isto tako razmazivanje može nastati uslijed nepravilnog doziranja otopine za vlaženje tiskom u graničnim uvjetima uslijed prevelike količine bojila za vrijeme tiska ili premale količine otopine za vlaženje. U tim slučajevima također se događa pojava razmazivanja, odnosno *zapunjenja* rasterskih elemenata (toniranje). Posljedica zapunjenja rasterskih elemenata je smanjenje raspona gustoće obojenja, a samim time i pada kvalitete grafičkog proizvoda.

Postepeno smanjenje gustoće
obojenja



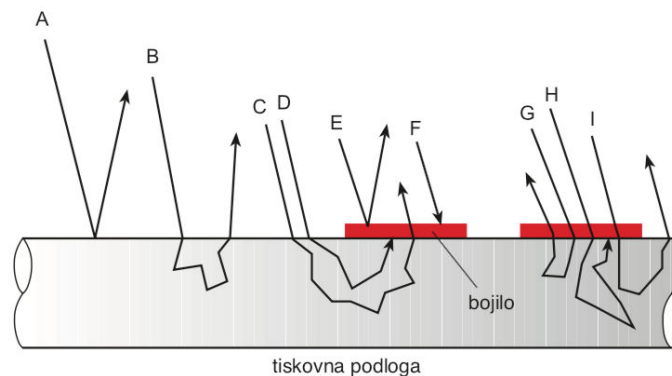
Slika 6. Razmazivanje u tisku

Optička deformacija rasterskih elemenata

U do sada objašnjenom dijelu, deformacije rasterskih elemenata uvjetovane su geometrijskim promjenama. Kada bi refleksija svjetlosti bila “idealna”, problemi u tisku koje ove deformacije uzrokuju vrlo lako bi se rješavali nakon kvalitetnog ustanovljavanja pogreške koja je uvjetovala deformaciju. [4, 5, 6]

Međutim, uslijed prolaska svjetlosti kroz tiskovnu podlogu, dio svjetlosti vraća se reflektirana od unutarnjih slojeva tiskovne podloge. Takva pojava poznatija je pod nazivom *halo efekt*. Rezultat takve refleksije svjetlosti je doživljaj proširenja rasterskog elementa.

Odnos upadne svjetlosti i njene refleksije ovisi o parametrima koji uzrokuju refleksiju i apsorpciju na tiskovnoj podlozi. Prikaz najčešćih mogućih pojava koje djeluju na upadnu svjetlost prikazana je slikom 7.:



Slika 7. Vrste refleksije s površine

gdje ulazna svjetlost koja se reflektira s površine materijala ovisi o:

A - refleksiji s površine tiskovne podloge

B - debljini, gustoći i strukturi tiskovne podloge

C - propusnosti sloja bojila povratne svjetlosti

D - apsorpciji sloja bojila povratne svjetlosti

E - refleksiji sloja bojila

F - apsorpciji svjetlosti na sloju bojila

G - propusnosti upadne i povratne svjetlosti

H - apsorpciji upadne i povratne svjetlosti

I - refleksiji djelomično apsorbirane svjetlosti kroz sloj bojila i tiskovnog materijala.

Reflektirana svjetlost u “idealnoj” refleksiji reflektirala bi se samo u slučajevima 100% - tne refleksije s netiskovnih dijelova površine tiskovne podloge (*A*) i refleksije s tiskovnih dijelova površine tiskovne podloge (*E*), kod koje se svjetlost reflektira samo s gornje površine tiskovnih elemenata.

Rezultat takvog proširenja rasterskog elementa vidljiv je na slici 8.:



Slika 8. Optička deformacija

Iz navedenog se može vidjeti da *optička deformacija* rasterskih elemenata nastaje uslijed refleksije svjetlosti s unutarnjih slojeva tiskovne podloge.

Prirast rastertonskih vrijednosti

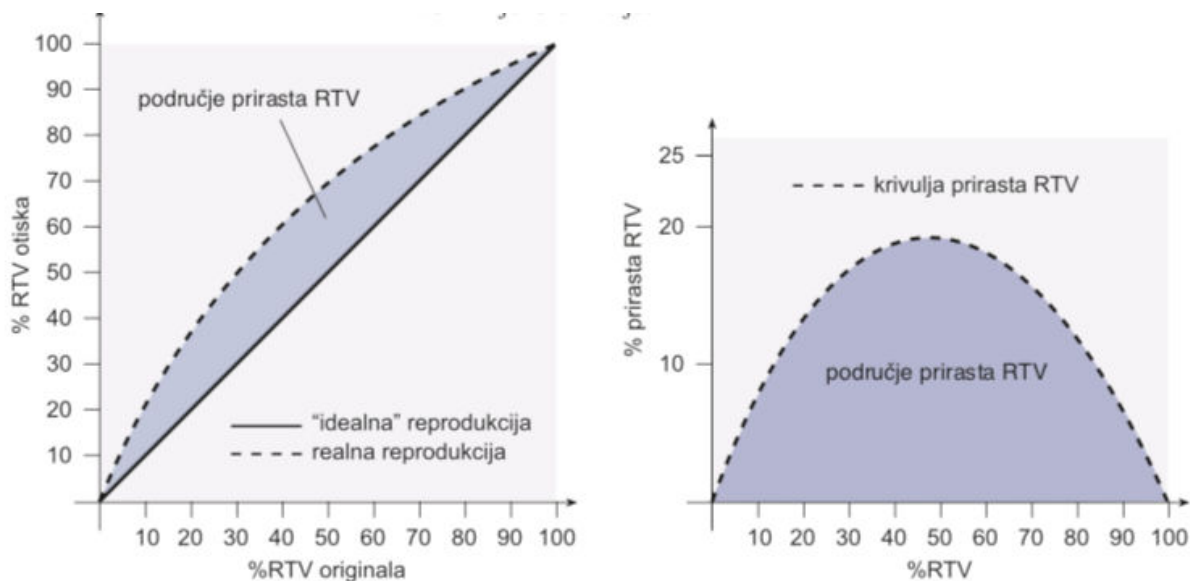
Prirast RTV (Dot Gain ili Tone Increase Value) (slika 9.) na otisku dobija se oduzimanjem vrijednosti stvarne pokrivenosti od mjerene pokrivenosti:

$$DG = F(mj) - F(a)$$

Izračunavanjem prirasta rastertonskih vrijednosti navedenim metodama za određenu refleksiju svjetlosti s neke površine, prirasti rastertonskih vrijednosti nisu isti kod četvrtinskih, srednjih i tričetvrtinskih rastertonskih vrijednosti na otisku. Kako je prirast rastertonskih vrijednosti ovisan o navedenim faktorima, ne postoji jedinstvena preporuka koliki prirasti trebaju biti kod određenih rastertonskih vrijednosti.

Stoga je preporuka da se prirasti rastertonskih vrijednosti svrstaju u osam kvalitativnih kategorija (A-H), gdje su točno određeni postoci prirasta za točno definirane rastertonske vrijednosti.

Kako je jedan od ciljeva grafičke tehnologije postizanje reprodukcije što sličnije originalu (ukoliko nema marketinških ili drugih zahtjeva), odmah je vidljivo da je uspješno smanjenje prirasta rastertonskih vrijednosti jedan od osnovnih preduvjeta postizanja kvalitne reprodukcije. Prirast rastertonskih vrijednosti pojava je koju je u realnoj grafičkoj proizvodnji nemoguće izbjeći i težnja svake tiskare treba biti postizanje uvjeta kojima se pojava prirasta rastertonskih vrijednosti standardizira na određene i po mogućnosti što manje tolerancije.



Slika 9. Prirast rastertonskih vrijednosti

Kontrola i vođenje tiska

Osim deformacija rasterskih elemenata koje se mogu dogoditi za vrijeme tiska, a koje smanjuju kvalitetu grafičkog proizvoda, veliki udio na pad kvalitete grafičkog proizvoda ima i ljudski faktor. Ekonomska isplativost, konkurentno tržište, brzina, kvaliteta i drugi čimbenici bez kojih je današnja proizvodnja nezamisliva, uvjetovali su da se proizvodnja standardizira, ali da se standardizira i omogući kvalitetna kontrola tiska.

Suvremene metode kontrole kvalitete tiska i metode upravljanja kvalitetom u tisku, razvijaju se velikom brzinom na različitim svjetskim institutima i znanstvenim institucijama. Stoga su razvijeni raznovrsni alati koji se od jedne do druge institucije razlikuju izgledom i vrijednostima, ali svima je cilj omogućiti i olakšati vođenje tiska te povećati kvalitetu tiska. Stoga će u ovom poglavlju biti objašnjeni načelni principi korištenja tih alata, a navedeni primjeri upravo su odabrani radi najčešćeg korištenja.

Stripovi za kontrolu i vođenje tiska

Kontrola kvalitete tiska i upravljanje tiskom obavlja se alatima koji se zovu *kontrolni stripovi*. Kontrolni stripovi su otisnuta polja prosječne veličine do otprilike 5 x 6 mm i nalaze se na dijelu tiskovnog arka koji se obrezuje ili na dijelu arka koji se u konačnom proizvodu ne vidi. U osnovi svrha kontrolnih stripova je da se pomoću njih vizualno i različitim

denzitometrijskim i spektrofotometrijskim metodama može ustanoviti određeni problem. Iste metode služe i za kvalitetno upravljanje tiskom. Zbog toga se kontrolni stripovi dijele na:

- a) *signalne stripove*
- b) *mjerne stripove.*



Slika 10. Kontrolni strip

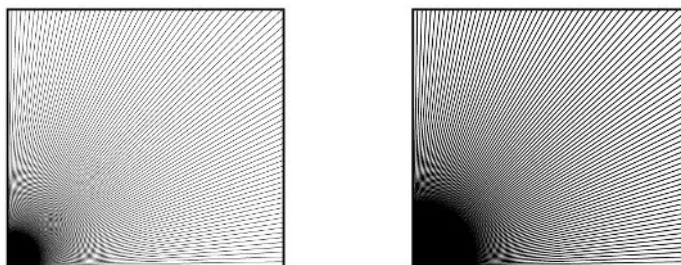
Signalni stripovi

Doživljaj boja i intenzitet monokromatskog vida omogućuje receptorima u mozgu da “vide” razliku u bojama pri intenzitetu svjetlosti od 30 lx-a, dok se osjećaj tonaliteta uz pomoć fotoosjetljivog pigmenta rodopsina može prepoznati već pod osvjetljenjem od 0,2 lx-a. Količina ukupne svjetlosti koja se integrira u živčane impulse ovisna je o faktoru propusnosti leće, kromatskoj aberaciji leće oka, faktoru propusnosti prozirne očne rožnice, refleksiji svjetlosti s jednog dijela rožnice na drugi, fluorescenciji leće i mrežnice itd. Osjetljivost oka da registrira vrlo male promjene u intenzitetu upadnog svjetla omogućuje oku da registrira i najmanje promjene koje se mogu dogoditi za vrijeme tiska. Tako se vizualno ustanovljavanje nekih promjena u tisku radi s pomoću *signalnih* stripova.

Jedan od prvih stripova koji je omogućio ustanovljavanje promjena u tisku je strip kojim se mogu ustanoviti geometrijske deformacije u tisku. Takav strip sastoji se od tankih vodoravnih, okomitih te kosih linija. Prilikom geometrijske deformacije u tisku linije koje se nalaze u okomitom smjeru od smjera deformacije postaju deblje.

Na taj način moguće je ustanoviti smicanje ili dubliranje rasterskih elemenata. Ovdje je važno napomenuti da je razlikovanje između smicanja i dubliranja pomoću stripa vrlo teško ustanoviti kada se ustanovljavanje radi s udaljenosti za optimalnu čitljivost.

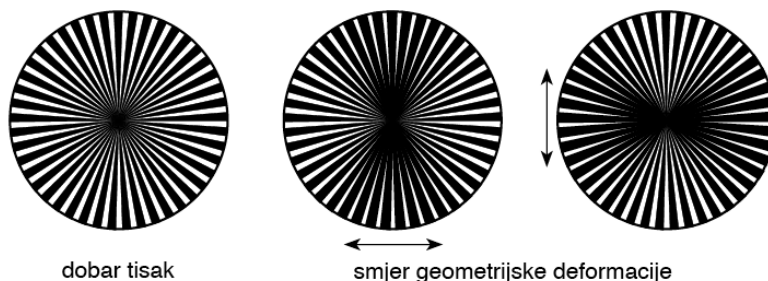
Umjesto linija koje su postavljene u određenom smjeru, signalni strip može se sastojati od linija koje su usmjerene u svim smjerovima. U tom slučaju vrlo je teško ustanoviti smjer geometrijske deformacije, ali je vrlo lako ustanoviti pojavu geometrijske deformacije. Kod ovakvih stripova veća zapunjena površina predstavlja veću deformaciju rasterskih elemenata (slika 11.).



Slika 11. Signalni strip (kutni)

Geometrijsku deformaciju rasterskih elemenata moguće je ustanoviti i stripom koji umjesto tankih linija sadrži linije koje su smještene u kružni lepezasti oblik i koje su u sredini uže nego na rubu kruga.

Kvalitetan otisak bez geometrijskih deformacija rasterskih elemenata dati će latentni osjećaj kružnice uz sami centar signalnog stripa. Kada se pojavi geometrijska deformacija, osjećaj kružnice pretvara se u osjećaj elipse. Podebljanje radijusa označava puniji tisak. Kraća dijagonala latentne elipse smjer je geometrijske deformacije rasterskog elementa (slika 12).



Slika 12. Signalni strip za smicanje/dubliranje

Osim stripova s linijama koje pokazuju geometrijsku deformaciju rasterskih elemenata, postoje i signalni stripovi preko kojih se osim geometrijske deformacije rasterskog elementa vizualnom metodom može ustanoviti i vrijednost ukupne deformacije.

Umjesto linija kojima se ustanovljava geometrijska deformacija rasterskih elemenata, nalazi se tekst *SLUR*, koji je sastavljen od vodoravnih linija koje su u odnosu na svoju okolinu pod kutem od 90^0 (slika 13).



Slika 13. Signalni strip za smicanje/dubliranje i prirast RTV-a

U ovisnosti da li je tekst *SLUR* tamniji ili svjetliji, može se ustanoviti da li je geometrijska deformacija rasterskog elementa u smjeru tiska ili u okomitom smjeru od smjera tiska.

Drugi dio signalnog stripa sastoji se od deset polja koji se sastoje od rasterskih elemenata veće finoće nego okolina. Navedenih deset polja brojevi su od 0 - 9. Svaki broj ima manju RTV od prethodnog počevši od broja 0. Rastertonske vrijednosti napravljene su tako da se prilikom kvalitetnog otiskivanja broj 3 ne vidi.

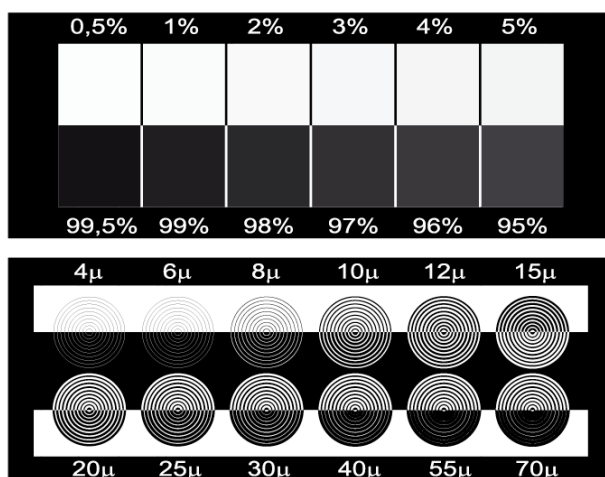
Prilikom otiskivanja i pojave jedne od navedenih deformacija, jednako povećanje kružnog vijenca zbog odnosa opsega i površine rasterskog elementa neće dati isto povećanje rasterskog elementa za sve rastertonske vrijednosti i tada se neće vidjeti neki drugi broj. U ovisnosti koji se broj ne vidi može se ustanoviti prirast rastertonskih vrijednosti. Isto tako ako se promatraju različite finoće rasterskih elemenata, povećanje rasterskog elementa u odnosu na teoretsku veličinu biti će veće kod finijih rastera.

Jedan od takvih stripova je element koji se koristi za *signaliziranje greške pasera/registra* u tisku i koji se sastoji od dvije linije okomite jedna na drugu koje mogu biti u pozitivu ili u negativu na okruglom elementu sa 100% rastertonske vrijednosti. Grešku pasera/registra ovakvim križićima moguće je ustanoviti i uređajima koji se nalaze na izlaznom dijelu tiskarskog stroja. Ovakve oznake tiskaju se u svim bojama višebojne reprodukcije. Osim ustanovljavanja

greške nalijeganja jedne boje u odnosu na drugu i ustanovljavanja greške pasera/registra kod obostranog tiska navedenim stripom, isto je moguće ustanoviti i signalnim stripom koji je sastavljen od dvije skale s grubljom i finijom mjernom skalom. Takav signalni strip tiska se na različitim tiskovnim agregatima te je moguće ustanoviti točnu razliku u odstupanju pasera/registra.

Navedenim stripovima moguće je ustanoviti različite deformacije rasterskih elemenata. Međutim, osim različitih deformacija rasterskih elemenata, potrebno je ustanoviti i druge elemente koji uvjetuju kvalitetnu grafičku reprodukciju. Jedan od tih elemenata je i ustanovljavanje prijenosa rasterskih elemenata od trenutka stvaranja na predlošku ili tiskovnoj formi pa do otiskivanja. Veličina rasterskog elementa teoretski bi trebala biti ista na otisku kao i na tiskovnoj formi. Kako je u tisku nemoguće u potpunosti izbjeći prirast rastertonskih vrijednosti, rasterski element potrebno je i prenijeti na tiskovnu podlogu tako da su deformacije minimalne.

Za ustanovljavanje optimalnog prijenosa rasterskih elemenata na tiskovnu podlogu koriste se signalni stripovi koji su sastavljeni od polja malih i velikih rastertonskih vrijednosti te mikrolinija kojima se kontrolira razlučivost tiskovnih formi. Najčešća polja od kojih se sastoje navedeni stripovi sastoje se od: 1%, 2%, 3%, 4% i 5% rastertonskih vrijednosti, te 96%, 97%, 98%, 99% i 99,5% RTV. Mikrolinije od kojih se sastoje navedeni stripovi najčešće su debljina od 4 μm pa na više (slika 14.).

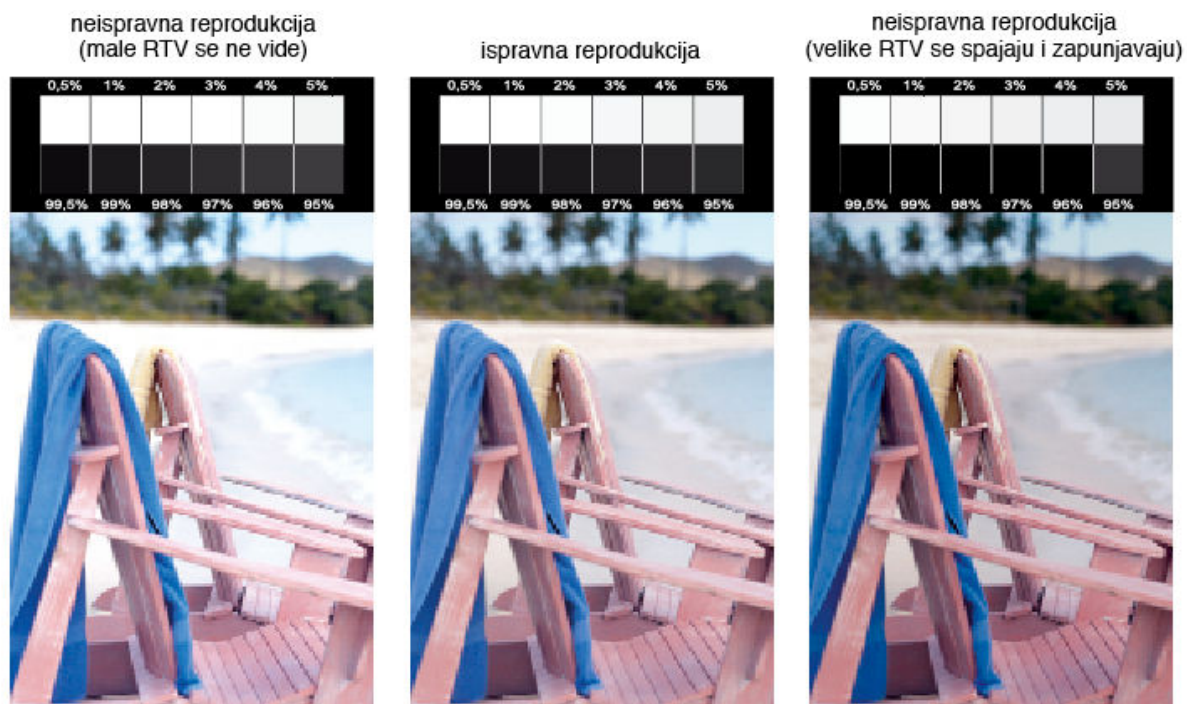


Slika 14. Strip za ustanovljavanje malih i velikih RTV

Osim problema deformacije rasterskih elementa, dodatni problem u tisku pojavljuje se smanjenjem raspona gustoće obojenja. Maksimalni raspon gustoće obojenja u tisku potreban je zbog što kvalitetnije reprodukcije malih i velikih RTV.

Stoga reprodukcija u ofsetnom tisku *iz arka* mora biti takva da se polje od 97% rastertonske vrijednosti ne zapunjava. Također, rasterski element od 3% rastertonske vrijednosti mora biti vidljiv na otisku (za linijaturu ne veću od 60 lcm^{-1}).

Za kvalitetan otisak razlučivost linija koje se reproduciraju s tiskovne forme mora biti do maks. širine linija od 10 μm , odnosno prema institutu *FOGRA*, kako bi prirast RTV bio optimalan, na otisku se moraju reproducirati linije debljine 11 μm i rastertonska vrijednost od 2% mora se vidjeti na otisku. Pod tim uvjetima prirast RTV je optimalan (slika 15.).



Slika 15. Strip za ustanovljavanje malih i velikih RTV

Mjerni stripovi

Osim vizualne kontrole i ustanovljavanja deformacija rasterskih elemenata, upravljanje i kontrola tiska *mjernim* stripovima potrebna je zbog različitosti osjeta pojedinih promatrača i radi omogućavanja automatski vođenog tiska.

Mjerni stripovi su polja iste prosječne veličine kao i signalni stripovi te se također tiskaju na dijelu arka koji se obrezuje. Mjerni stripovi za razliku od signalnih služe da se uz pomoć uređaja određeni proces u tisku može dovesti u optimalno radno stanje, kako bi se proces tiska mogao obavljati pod optimalnim uvjetima kroz cijelu nakladu. Ovakvi stripovi i postupci mjerenja koji se primjenjuju nezamjenjiv su čimbenik u tisku upravo iz razloga neuniformiranosti ljudskog oka i različitog subjektivnog doživljaja kvalitete tiska. U današnjoj modernoj i znanosti popraćenoj proizvodnji, kvalitetan grafički proizvod bez korištenja mjernih stripova skoro je nemoguće napraviti.

U daljnjem tekstu će kao i kod signalnih stripova biti objašnjeni načelni principi korištenja mjernih stripova. Bitno je napomenuti da su mjerni stripovi polja na kojima se mjerenjem dobivaju rezultati informacija o boji ovisno o vrsti stripa, ali i da takva polja u određenim slučajevima kada je ljudsko oko dovoljno osjetljivo i izvježbano mogu poslužiti i za vizualnu kontrolu obojenja. Mjerni stripovi u današnje vrijeme najčešće se tiskaju u kombinaciji sa signalnim stripovima, radi jednostavnosti korištenja i uštede prostora na tiskovnom arku.

Kako je već napomenuto u prethodnom poglavlju, informacija o boji koja se prenosi s originala u određeni medij prilikom prijenosa i transformacije u drugi medij mora zadržati što više izvornih informacija. Kako je jedna od karakteristika ofsetnog tiska ta da je količina bojila koja se nalazi na uređaju za obojenje promjenjiva veličina, tisak je potrebno izvoditi tako da količina bojila na tiskovnoj podlozi reflektira točan iznos određene spektralne energije u ljudsko oko.

Poremećajem tih odnosa, izvorna informacija originala neće odgovarati informaciji na otisku. Zbog toga je jedan od glavnih uvjeta kvalitetnog tiska postizanje takvog obojenja osnovnih tiskarskih boja s kojima se može otisnuti kvalitetan proizvod. Definiranjem optimalnog obojenja, proces tiska postaje standardiziran, ponovljiv i kompatibilan s ostalim dijelovima proizvodnje kod definicije profila ulaznih i izlaznih uređaja (slika 16.).



Slika 16. Mjerni strip za gustoću obojenja

Osim polja koja su pokrivena sa 100%-tnim *RTV* i koja služe za ustanovljavanje integralnih gustoća obojenja D_i te ustanovljavanje $CIE L^*a^*b^*$ vrijednosti osnovnih tiskarskih boja i njihovih sekundarnih komponenti, na mjernom stripu nalaze se i polja s točno definiranim *RTV* s pomoću kojih se može ustanoviti: *prirast RTV*, *relativni tiskovni kontrast*, *prihvatanje boje*, *sivoća boje*, *efikasnost boje*, *pogrešku tona* i *kromatične koordinate sivog balansa*.

Sivi balans

U procesu tiska, parametri i uvjeti koji djeluju na kvalitetu otiska *nisu* stalni kroz cijelo vrijeme tiska. Takva nestalnost različitih parametara i uvjeta u procesu tiska uzrokuje i neujednačenost dotoka bojila na tiskovnu podlogu, ali i različite adhezije te kohezije sile koje se pojavljuju u procesu tiska između tiskovnog materijala i bojila, odnosno unutar samog bojila.

Posljedica tih promjena je da se kvaliteta otiska u procesu proizvodnje mijenja ovisno o količini bojila koju tiskovna podloga primi te se tako dobivaju otisci koji ne reflektiraju istu spektralnu energiju kroz cijelu nakladu. Drugi problem je taj što motivi na otiscima mogu biti potpuno različiti po količini informacija i potrebnog obojenja od kojih se otisak sastoji.

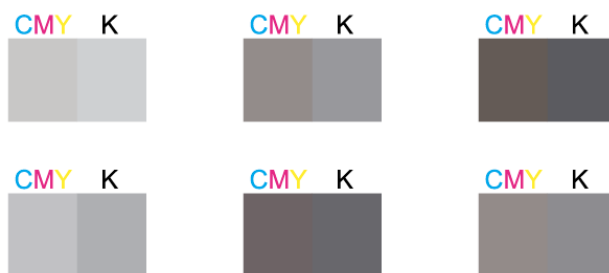
Pod takvim uvjetima za dobivanje kvalitetnog otiska preporučuje se korištenje različitih standarda koji definiraju gustoće obojenja te $CIE L^*a^*b^*$ vrijednosti osnovnih tiskarskih boja. Međutim, tiskom s takvim vrijednostima ponekad se ne mogu zadovoljiti kriteriji kvalitete kroz cijelu nakladu. Razlog smanjenju kvalitete je upravo taj što uvjeti u tisku nisu konstantni kroz tisak cijele naklade.

Višebojnim tiskom vrlo kvalitetno je moguće reproducirati kromatične boje i boje koje se nalaze vrlo blizu osi svjetline $CIE L^*a^*b^*$ sustava. Kad se reproduciraju motivi koji sadrže većinu vrlo kromatičnih boja, upravljanje tiskom i kontrolu tiska moguće je kvalitetno obavljati mjerenjem gustoće obojenja punog polja.

Međutim, reprodukcijom motiva koji imaju veliki udio tiskovne površine u malim kromatskim vrijednostima, upravljanje i kontrola tiska može se vrlo kvalitetno obavljati i mjerenjem polja koja na sebi imaju točno definirane *RTV* dobivene iz *C*, *M* i *Y* boja. *RTV* u navedenim poljima takve su da se prilikom optimalnog obojenja i uvjeta tiska dobiva osjećaj sivog tona, jer ljudsko oko vrlo dobro reagira na promjene *akromatskih* tonaliteta. Kako bi se *akromatski* osjećaj tog polja mogao usporediti sa stvarnom *akromatskom* bojom, pored tog polja tiska se i *akromatsko* polje s *crnom* bojom koje daje približno isti osjećaj reflektiranih tristimulusnih vrijednosti kao i polje otisnuto s definiranim *C*, *M* i *Y* bojama.

Kada su uvjeti i odnosi parametara u tisku poremećeni, neutralno sivo polje sastavljeno od tri osnovne tiskarske boje neće dati osjećaj neutralno sive boje kao i polje otisnuto crnom bojom u točno određenoj *RTV*.

Tako definirana polja zovu se polja *sivog balansa*. Neutralno siva boja dobiva se tiskom tri osnovne boje koje mogu biti definirane s nekoliko vrijednosti. Navedene vrijednosti mogu se odnositi na male, srednje i velike *RTV* (slika 17.).



Slika 17. Kontrolni strip za sivi balans

Navedena polja mogu se kontrolirati *vizualno* ili *spektrofotometrom*. Kod vizualnog ocjenjivanja okolina promatranog polja mora biti takva da ne utječe na doživljaj kromatričnosti navedenog polja. Stoga se uz takvo polje tiska i neutralno sivo polje, dok šarena polja nisu u okolini.

Kada se upravljanje tiskom obavlja uz pomoć spektrofotometra, mjerenjem obojenja polja sivog balansa dobivaju se *CIE L*a*b** vrijednosti koje se uz izračun ΔE uspoređuju s *RTV* crne boje. Odstupanja neutralno sive boje sivog balansa mogu se definirati uz određene tolerancije odstupanja od polja crne boje i u tim se slučajevima ne događa korekcija vrijednosti obojenja za vrijeme tiska. Korekcije obojenja dogodit će se samo kad su *CIE L*a*b** vrijednosti sivog balansa van tolerancija. Na taj način vrlo kvalitetno se može upravljati tiskom, bez obzira na promjenu uvjeta tiska i poremećaje interakcija različitih tiskarskih parametara koje su u realnoj grafičkoj proizvodnji vrlo izvjesne (promjena karakteristika otopine za vlaženje, promjena viskoznosti bojila, itd.). Ovakve promjene naročito su vidljive kod višebojnog tiska akromatskih boja kada se tiska veća naklada.

Definiranje kvalitete tiska

Za kvalitetno definiranje kvalitete grafičkog proizvoda potrebno je definirati što više parametara iz različitih dijelova proizvodnje kako bi ustanovljavanje smanjenja kvalitete tiska bilo moguće što jednostavnije ustanoviti.

Kako je grafička proizvodnja u grubo podijeljena na *pripremu*, *tisak* i *doradu*, tako su elementi standardizacije bilo kojeg od navedenih dijelova proizvodnje izrazito bitni kada je potrebno brzo djelovati kako bi se našao uzrok smanjenja kvalitete grafičkog proizvoda. S obzirom da je predmet ove knjige definiranje kvalitete tiska, u ovom će poglavlju detaljno biti objašnjeno na koji način i s kojim parametrima se osigurava kvaliteta tiska.

Ono što je bitno napomenuti je da je za kvalitetno snimanje tiskovnih formi koje su preduvjet osiguravanju kvalitete tiska potrebna kvalitetna izrada predloška za tisak (ako se snimanje filmova obavlja klasičnim postupkom). Kod takvog definiranja potrebno je znati kvalitetu predloška za tisak po pitanju gustoće zacrnjenja srebro-halogenidnog sloja na rasterskim

elementima, kao i na površinama s potpunim zacrnjenjem, zatim gustoću zacrnjenja mrežne predloška za tisak te dimenzionalnu stabilnost predloška za tisak kako bi se osigurao kvalitetan paser prilikom tiska višebojnih reprodukcija.

Još jedna vrlo bitna definicija kvalitete navedenih predložaka je definiranje linijature rastera s obzirom da je linijatura rastera u direktnoj ovisnosti s prirastom *RTV*, a samim time i s padom kvalitete tiska. [6]

Prilikom rastriranja višebojnih originala u ofsetnom tisku postoje ograničenja ukupnog nanosa gustoće obojenja. Ograničenje je uvjetovano sušenjem koje je kombinacija *penetracije*, *oksidacije* i *hlapljenja*. Stoga je kvaliteta sušenja ovisna o vremenskom periodu sušenja kao i o vrsti i kvaliteti tiskovne podloge. Kako ne bi došlo do pada kvalitete otiska uslijed prevelikog sloja bojila na tiskovnoj podlozi, općenita preporuka ukupnog nanosa bojila kod višebojnog tiska za optimalno obojenje je:

- a) *ofsetni tisak iz arka* - 320% (max. 350%)
- b) *ofsetni tisak iz role* - 280% (max. 300%)
- c) *novinski ofsetni tisak* - 240% (max. 260%).

Kada je tiskovna podloga manje kvalitetna, ukupni nanosi bojila na podlozi trebaju biti manji. U tim slučajevima poželjno je koristiti *UCR* ili *GCR* metodu prilikom rastriranja ovisno o tehnici tiska. Kako uslijed tiska velikih gustoća obojenja može doći do problema sa “zapunjavanjem” rasterskih elemenata, preporučuje se izrada predloška za crnu boju (samo na dijelovima višetonskih slika) na kojoj će se 100% *RTV* ponašati kao 97% *RTV* kod tiska iz arka, te 95% kod tiska iz role (revijalni tisak) i kod novinskog tiska. Kod definiranja kvalitete predloška za tisak također je potrebno uzeti u obzir prirast *RTV* na tiskovnim formama kada se se snimanje tiskovnih formi radi klasičnim postupkom.

Osim definiranja kvalitete predloška za tisak za osiguranje kvalitete tiska izrazito je važno definirati kvalitetu tiskovnih formi, bez obzira upotrebljava li se *klasični* ili *CtP* postupak snimanja i razvijanja tiskovnih formi. Za kvalitetu tiska bitno je kako i u kojoj količini tiskovna forma prenosi bojilo na tiskovnu podlogu.

Rasterski element na tiskovnoj formi nije iste veličine prije i poslije nanosa bojila na tiskovnu formu. Razlike veličine rasterskih elemenata u korelaciji su sa prirastom *RTV* i takav prirast *RTV* kod tiskovnih formi pojavljuje se u cijelom rasponu *RTV*. Bojilo koje se nanese na rasterski element djelomično prelazi preko rasterskog elementa (pojava je naglašenija kod loše kvalitete otopine za vlaženje) i iako je navedena površina koja je prešla preko rasterskog elementa vrlo mala može doći do smanjenja kvalitete tiska.

Ostvarivanje kvalitetne reprodukcije kvalitetnim snimanjem i izradom tiskovnih formi također se radi i kontrolira uz pomoć *mikroelemenata* koji se na određeni način moraju vidjeti na tiskovnoj formi. Kako je osjetljivost tiskovnih formi kao i njihova mogućnost razlučivanja različita, na tiskovnoj formi mora biti vidljiva debljina linija od 8-10 μm .

Ovdje je važno napomenuti da se smatra da je linija vidljiva ukoliko se na tiskovnoj formi vidi u dužini većoj od polovice dužine linije kad je vidljiva u cijelosti. Na taj način omogućava se kvalitetna reprodukcija rasterskog elementa veličine 25 μm što i jest uvjet koji je potrebno postići ukoliko se želi postići kvalitetan otisak.

Osim navedenih elemenata definiranja kvalitete tiskovnih formi za definiranje i standardizaciju kvalitete tiska potrebno je zadovoljiti mnoge parametre koji su promjenjiva varijabla u cijelom procesu tiska s obzirom na specifičnosti ofsetnog tiska i nemogućnosti nanosa uvijek iste količine bojila na tiskovnu formu. Jedan od elemenata definiranja kvalitete tiska je definiranje

sivog balansa kod kojeg vrijednosti moraju biti takve da se akromatski osjećaj sivog balansa može usporediti sa stvarnom akromatskom crnom bojom koja daje približno isti osjećaj sive boje kao i polje otisnuto s definiranom *C*, *M* i *Y* bojom.

Karakteristika ofsetnog tiska za razliku od mnogih drugih tiskarskih tehnika je mogućnost tiska na različite vrste tiskovnih podloga. Takva karakteristika ofsetnog tiska omogućena je zbog gumene navlake na prijenosnom cilindru koja se ovisno o tvrdoći i kompresibilnosti izvrsno prilagođava različitim hrapavostima i kvalitetama tiskovnih podloga.

Zbog navedene karakteristike ofsetnog tiska i standardizacije tiskovnih podloga, tiskovne podloge se dijele na *pet* kategorija koje su definirane karakteristikama *CIE L*a*b** vrijednosti refleksije površine materijala, glatkoćom površine i sjajnosti. Pored navedenih karakteristika prikazana je i prosječna gramatura papira na koju se odnose navedene vrijednosti. Važno je napomenuti da su vrijednosti okvirne i uzimaju se kao srednja vrijednost više vrsta po karakteristikama sličnih materijala (slika 18.).



Slika 18. Prikaz različitih obojenja u tisku

Karakteristika ofsetnog tiska za razliku od mnogih drugih tiskarskih tehnika je mogućnost tiska na različite vrste tiskovnih podloga. Takva karakteristika ofsetnog tiska omogućena je zbog gumene navlake na prijenosnom cilindru koja se ovisno o tvrdoći i kompresibilnosti izvrsno prilagođava različitim hrapavostima i kvalitetama tiskovnih podloga.

Zbog navedene karakteristike ofsetnog tiska i standardizacije tiskovnih podloga, tiskovne podloge se dijele na *pet* kategorija koje su definirane karakteristikama *CIE L*a*b** vrijednosti refleksije površine materijala, glatkoćom površine i sjajnosti. Pored navedenih karakteristika prikazana je i prosječna gramatura papira na koju se odnose navedene vrijednosti. Važno je napomenuti da su vrijednosti okvirne i uzimaju se kao srednja vrijednost više vrsta po karakteristikama sličnih materijala.

Jedna od glavnih karakteristika kvalitetnog tiska je i točna spektralna definicija bojila za višebojni tisak. Spektralna definicija bojila za tisak odnosi se na *CIELAB* vrijednosti te gustoće obojenja s kojima se obavlja tisak.

Ako se mjerenje obavlja s izvorom svjetlosti D_{65} ili ako se mjerenje obavlja na bijeloj podlozi, a^*b^* rezultati mjerenja neće se promijeniti, dok će svjetlina L^* biti veća za 2-3%, a i više kad su tiskovni materijali slabije kvalitete ili manje gramature.

Kako naklade u ofsetnom tisku variraju od vrlo malih do vrlo velikih, osiguranje kvalitete tiska cijele naklade radi se ustanovljavanjem *devijacije* i *varijacije* spektralnih karakteristika bojila kroz cijelu nakladu. S obzirom da je karakteristika ofsetnog tiska ta da je količina bojila za vrijeme tiska naklade promjenjiva veličina, tolerancije devijacije i varijacije potrebno je zadovoljiti u što većem dijelu naklade.

Nepravilnim spektralnim refleksijama osnovnih tiskarskih bojila postoji mogućnost dobivanja otisaka koji ne reproduciraju boje na zadovoljavajući način. Takav slučaj još je izraženiji kad uz tisak takvim bojilima nisu gustoće obojenja prilagođene karakteristikama navedenih bojila ili kad kolor menadžment između medija i uređaja nije prilagođen s točno definiranim profilima. Kvalitetan otisak definiran je i *rasponom gustoće obojenja* koja u ofsetnom tisku *iz arka* mora biti:

- a) 3% - 97% *RTV* za *linijaturu rastera* do 70 lin/cm
- b) 3% - 95% *RTV* za *linijaturu rastera* 70 - 80 lin/cm i *probni otisak*.

Raspon gustoće obojenja ustanovljava se pod povećanjem tako da rasterski element *RTV* koji predstavlja donju granicu raspona gustoće obojenja na otisku mora biti vidljiv. Isto tako rasterski element *RTV* koji predstavlja gornju granicu raspona gustoće obojenja na otisku mora biti vidljiv na način da je odvojen od susjednog rasterskog elementa, odnosno da se na otisku vidi bjelina tj. netiskovna površina.

Raspon gustoće obojenja u direktnoj je ovisnosti s korištenim gustoćama obojenja u tisku. Tiskom s većim gustoćama obojenja nego što tiskarski stroj može na kvalitetan način prenijeti bojilo na tiskovnu podlogu, dolazi do zapunjenja slobodnih površina na velikim *RTV*.

Jedna od vrlo važnih karakteristika ofsetnog tiska je sposobnost *prihvatanja bojila* na tiskovnu podlogu. Ta sposobnost očituje se u mogućnosti tiska s većom ili manjom gustoćom obojenja. Zbog toga na mogućnost tiska s većom ili manjom gustoćom obojenja najveći utjecaj ima kvaliteta tiskovne podloge koja je u direktnoj ovisnosti sa sušenjem bojila. Kada se spominje *gustoća obojenja* treba napomenuti da je mogućnost mijenjanja gustoće obojenja za vrijeme tiska često pozitivna, a ponekad i negativna karakteristika tiska.

Pozitivna karakteristika takve mogućnosti je ispravljanje grešaka koje nastanu u ranijim fazama proizvodnje kad kolor menadžment nije pravilno postavljen. Isto tako mijenjanjem gustoća obojenja u tisku u nekim situacijama može se pozitivno djelovati na kvalitetu tiska kad tiskovne forme nisu dobro napravljene, kad dođe do promjene prirasta *RTV* i sl.

Negativne karakteristike tiska s različitim gustoćama obojenja su stalno ispravljanje gustoća obojenja i stalna pažnja tiskara za vrijeme tiska. Dodatni problem koji se pojavljuje je promjena zonskog obojenja koje ovisi o potrošnji bojila po zonama. Navedeni problem vrlo je čest u tisku i problem se izvrsno rješava upotrebom automatski vođenog tiska koji ima mogućnost snimanja cijelog tiskovnog arka. Na taj način promjene koje nastaju u toku tiska mogu se pratiti zadržavanjem gustoće obojenja punog polja unutar određenih tolerancija, ili zadržavanjem gustoće obojenja kad se mjeri određena *RTV*.

Kako svaka tiskovna podloga ima određene karakteristike koje utječu na prihvatanje bojila i refleksija s površine ima utjecaj na konačni doživljaj kvalitete tiska. Zbog toga je vrlo važno

otiskivati s preporučenim gustoćama obojenja. Ono što je vrlo bitno je činjenica da svaki proizvođač bojila i tiskarskih strojeva daje preporuku s kojim gustoćama obojenja se omogućuje kvalitetan tisak. Preporučene denzitometrijske vrijednosti iz ISO standarda, su okvirne i ukoliko se iz određenih razloga mora tiskati s drugačijim vrijednostima od preporučenih, za kvalitetnu reprodukciju bitan je međusobni odnos gustoće obojenja među osnovnim bojama (CMYK) koji mora biti barem približan kao standard.

Mjerenje gustoće obojenja moguće je obavljati s *polarizacijom* ili *bez polarizacije* svjetlosti. Kako je polarizacija svjetlosti filtriranje elektromagnetskih valova po jednoj osi titranja, razlike rezultata mjerenja nešto su veće kod mjerenja s polarizacijskim filterom. Razlika jednog i drugog mjerenja očituje se u tome što se mjerenjem s polarizacijom djelomično eliminira sjajnost bojila što znači da je mjerenje moguće obaviti odmah nakon tiska gdje sjajnost neosušenog bojila manje utječe na promjenu rezultata mjerenja u odnosu na osušeno bojilo.

Kako je ofsetni tisak tehnika tiska čija kvaliteta otiskivanja ovisi o vezi s *mehaničkim* i *kemijskim* interakcijama za vrijeme tiska, na kvalitetu tiska utječu i indirektni elementi u tisku kao što su promjena viskoznosti bojila, promjena kemijskih karakteristika otopine za vlaženje, različita radna temperatura bojila i otopine za vlaženje i sl. Zbog toga je kontrolu konstantnosti kvalitetnog otiskivanja nekad potrebno raditi *kontrolom obojenja punog polja*, nekad *kontrolom obojenja rasterskih polja*, a nekad *kontrolom kolorimetrijskih vrijednosti sivog balansa* (ako se tiska aparativno vođenim tiskom). [7]

Konstantne vrijednosti gustoće obojenja kroz cijelu nakladu ponekad mogu uzrokovati različit doživljaj kvalitete otiska kao što se vidi na slikama 79-a, gdje je doživljaj obojenja velikih *RTV* (žuti tulipan) nepromjenjiv, dok otisak na dijelovima sa srednjim ili malim *RTV* može biti različit. Ovakva situacija najčešća je kod višebojnog tiska s kojim se reproduciraju vrlo akromatski (sivkasti) tonovi.

S druge strane, ako se tiska s kontrolom sivog balansa, mali i srednji tonovi podjednako se reproduciraju kroz cijelu nakladu, dok može doći do promjene doživljaja kod velikih *RTV* (slika 80-b). Naravno, promjene kvalitete tiska uslijed navedenih pojava vrlo su male, ali ponekad mogu biti vidljive. Zbog toga se preporučuje obavljati denzitometrijsku kontrolu gustoće obojenja na punim poljima kada su većina motiva s velikim *RTV*, dok se mjerenje rasterskih polja preporučuje kad je većina motiva na otisku srednjih i malih *RTV*.

Kako je odluka o tome koji motivi na otisku su dominantni subjektivne prirode, ponekad je potrebno odlučiti i koji motivi na otisku su važni za kvalitetnu reprodukciju te sukladno tome odrediti način kontrole kvalitete tiska. Osim navedenih metoda, kada se mjerenje radi aparativno vođenim tiskom, preporučuje se spektrofotometrijsko mjerenje sivog balansa gdje se automatska korekcija gustoće obojenja za svaku zonu i svaku boju tiska obavlja kolorimetrijski s $CIE L^*a^*b^*$ vrijednostima.

Navedeni načini mjerenja imaju vrlo veliki utjecaj na konstantnost obojenja kroz cijelo vrijeme tiska kad je naklada vrlo velika. Najveće promjene i problemi događaju se na početku tiska i to najčešće unutar prvih 500 otisaka.

Osim definiranja gustoća obojenja za kvalitetan tisak potrebno je zadovoljiti neke uvjete *prirasta RTV*. Kako je prirast rastertonskih vrijednosti pojava u kojoj se rasterski element doživljava kao veći nego što je njegova teoretska vrijednost, kvaliteta tiska može biti narušena nemogućnošću otiskivanja s vrijednostima koje će ljudsko oko doživjeti kao objektivnu reprodukciju. [8]

Svaki tiskarski sustav, svaki tiskarski stroj i svaki tiskarski agregat ima vrijednosti *prirasta RTV* koji se pojavljuje u otiskivanju. Zbog toga je uvjet kvalitetnog tiska dovođenje sustava u točno definirani prirast *RTV*.

Hi-Fi tisak

Kada se govori o postizanju što veće kvalitete u tisku, jedan od ciljeva tiska i grafičke proizvodnje je postizanje što *vjernije* reprodukcije. Da bi se postigla što vjernija reprodukcija, u različitim procesima proizvodnje potrebno je *smanjiti* gubitak informacija koji počinje od slikanja fotoaparatom, preko grafičke pripreme, snimanja tiskovnih formi te na kraju do tiska. Svaki od navedenih procesa uzrokuje gubitak određenih informacija te se na kraju dobiva reprodukcija koja ne reproducira sve boje koje se nalaze na originalu, a koje ljudsko oko može razlikovati. [9]

Dakle, dolazi do smanjenja gamuta, a samim time i do pada kvalitete reprodukcije. Kako i na koji način se može smanjiti gubitak informacija detaljno je objašnjeno u poglavlju “*Kontrola kvalitete tiska*” ali ponekad uz sve poduzete mjere nije moguće kvalitetno i vjerno reproducirati original. Zbog toga se u tisku koristi *Hi-Fi (High - Fidelity (visoko-vjeran))* tisak koji je u stvari tisak s *dodatnim* bojama u višebojnoj reprodukciji.

Hi-Fi tisak se počeo upotrebljavati početkom devedesetih godina, ali praktički do početka ovog stoljeća nije uvelike zaživio. Ako se gleda i s današnjeg stanovišta *Hi-Fi* tisak još nije postigao potpunu komercijalnu upotrebu, iako grafičke firme polako, ali temeljito počinju shvaćati prednosti koje im ova vrsta tiska može donijeti. Razlog za vrlo spori razvoj ove vrste tiska leži u povećanim troškovima proizvodnje jer za izvedbu ovakve vrste tiska potrebno je imati tiskarski stroj s 5-8 tiskovnih jedinica, odnosno ako tiskara ne posjeduje takve strojeve, *Hi-Fi* tisak moguće je izvesti uz više prolaza kroz stroj ovisno o tome radi li se s jednobojsnim, dvobojsnim ili četverobojsnim strojevima.

I u jednom i u drugom slučaju troškovi proizvodnje su povećani, ili zbog cijene takvih višebojsnih strojeva ili zbog dužeg vremena tiska. Isto tako osim povećanja cijene proizvoda u tisku, cijena se povećava i potrebom za dodatnim filmovima i tiskovnim formama, kao i povećanim troškovima uzrokovanim dodatnim programskim rješenjima koji omogućuju izradu predložaka za film ili odvajanje takvih boja na *RIP*-u kod izrade tiskovnih formi. Zbog toga je za neku tiskaru kod odluke da li koristiti *Hi-Fi* tisak vrlo važno znati cijenu svoga rada, kao i tehničke i tehnološke mogućnosti tiskare.

Međutim, zašto moderne tiskare postepeno sve više koriste tehniku *Hi-Fi* tiska investirajući u modernu i skupu tehnologiju koja to omogućuje? Razlog za to su prednosti koje takva vrsta tiska donosi u današnjem svijetu poslovanja.

Prednosti koje *Hi-Fi* tisak donosi su:

- stvaranje imidža firme
- privlačenje dizajnera i posla s njima
- privlačenje potencijalnih kupaca
- bolja prodaja proizvoda
- “vezivanje” stalnih poslova koje ostale tiskare ne mogu napraviti.

Za postizanje većeg gamuta u tehnici *Hi-Fi* tiska moguće je upotrijebiti nekoliko različitih metoda. Sve navedene metode imaju učinak povećanja gamuta u tisku, samo što je povećanje gamuta različito po veličini gamuta i po dijelovima gamuta ovisno o upotrebljavanoj metodi *Hi-Fi* tiska. Navedene metode su:

1. *Hexachrome* tisak
2. *Opaltone* tisak
3. *MaxCYM* tisak
4. tisak boja s povećanom koncentracijom i izdašnosti pigmenta
5. tisak s dodatnim miješanim bojama (jedna ili više).

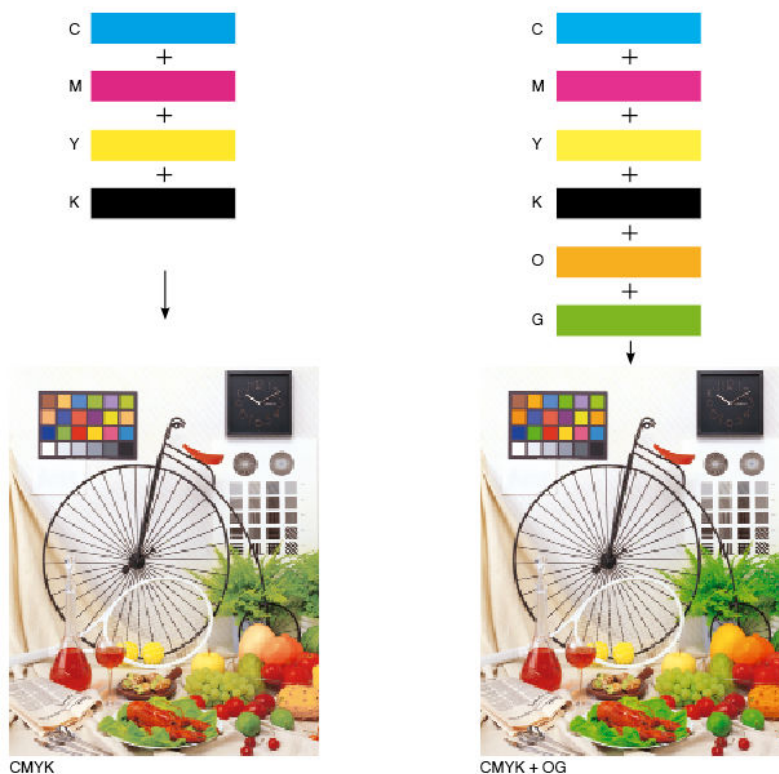
Hexachrome tisak

Hexachrome tisak (slika 19.) je tisak s četiri osnovne tiskarske boje, plus djelomično fluorescentna narančasta i zelena boja (CMYK + OG). *Hexachrome* tisak je izmišljen 1994. godine u kompaniji *PANTONE* (sistem detaljno objašnjen u kasnijim dijelovima ovog poglavlja) i može se reći da je u *Hi-Fi* tehnici *Hexachrome* tisak jedan od najkorištenijih. Razlog za to je taj što *Hexachrome* tisak povećava narančasti, zeleni i djelomično plavi dio gamuta koji u ljudskom oku može izazvati osjećaj znatnog povećanja kvalitete tiska. Isto tako za *Hexachrome* tisak nije potrebno imati više od šest tiskovnih agregata što spada u jeftinije varijante *Hi-Fi* tiska, kada se zna da se za neke vrste *Hi-Fi* tiska koristi i do osam tiskovnih jedinica.

Međutim, za izvedbu *Hexachrome* tiska ne mogu se koristiti klasične CMYK boje jer tisak s tim bojama + *Hexachrome* OG može osim povećanja gamuta izazvati odstupanje vjernosti od originala. Takvo odstupanje uzrokovano je programskim rješenjima za RIP koja za izvedbu *Hexachrome* tiska predviđa u svojim ICC profilima korištenje nešto svjetlijih boja koje omogućuju povećanje gamuta bez smanjenja vjernosti prema originalu.

S obzirom da su CMYK boje specijalno napravljene za *Hexachrome* tisak, isto tako narančasta i zelena koja se koristi u *Hexachrome* tisku imaju definiranu refleksiju te se za *Hexachrome* tisak ne mogu koristiti “obična” narančasta ili zelena boja, bilo da je originalno kupljena ili izmješana u tiskari.

Hexachrome tisak ima veći učinak na reprodukcijama koje na sebi imaju narančaste, zelene ili plave tonove i zbog toga *Hexachrome* tisak ne podiže kvalitetu tiska na reprodukcijama koje u sebi nemaju navedene tonalitete.



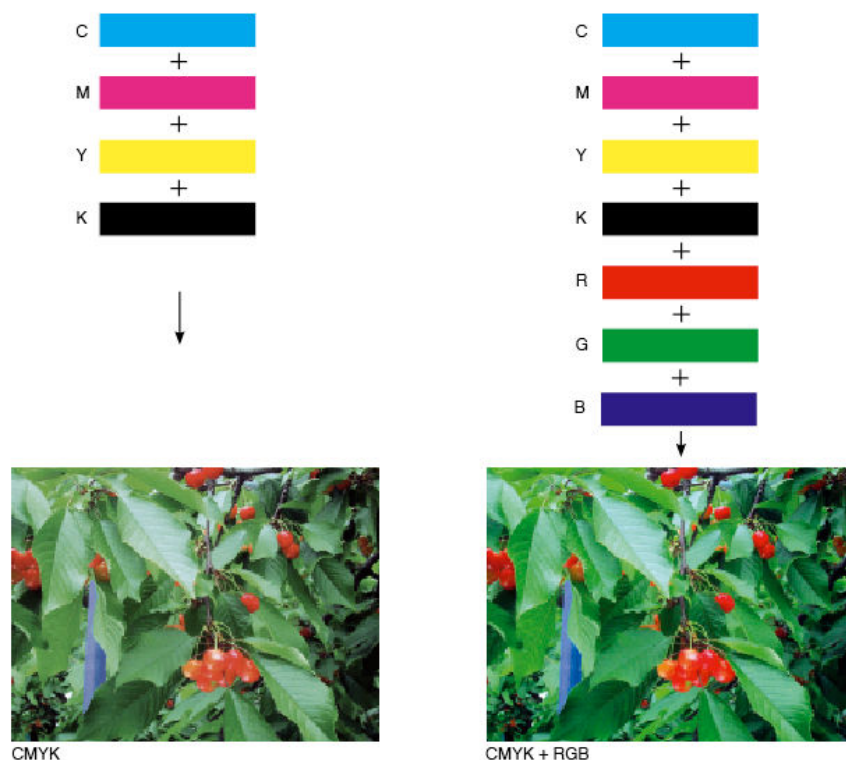
Slika 19. Heksachrome tisak

Opaltone tisak

Opaltone tisak (slika 20.) je tisak koji je razvijen 1998. godine i predstavlja kombinaciju četverbojnog tiska s dodatkom *crvene, zelene i plave* boje (*CMYK + RGB*).

Prilikom *Opaltone* tiska moguće je koristiti i manje od sedam boja kada za to postoji potreba u smislu da je upotreba svih sedam boja nepotrebna zbog motiva tiska. Zbog toga se može upotrijebiti kombinacija četverbojnog tiska i samo jedne ili dvije ostale boje jer se kod ove metode tiska ne trebaju koristiti posebne boje za *CMYK* tisak.

Metoda sedmerbojnog tiska bazira se na metodi *Haralda Kupper-sa* koja se zasniva na logici da se na mjesto šarenih boja koje se preklapaju (npr. magenta i žuta) stavi boja koja *rezultira njihovim preklapanjem* (u ovom slučaju je to crvena). Na taj način iako se koristi sedmerbojni tisak, ukupna količina nanijete boje je manja nego kod klasičnog četverbojnog tiska. Koppersova metoda zamjene dominantnih boja na reprodukciji moguća je uz vrlo komplicirane algoritme, ali ono što je prednost ove metode je da je s njom moguće napraviti zamjenu *CMY* boja uz korištenje *GCR* metode. Na taj način još se više smanjuje utrošak boje u tisku.



Slika 20. Opaltone tisak

MaxCYM tisak

MaxCYM tisak je naziv za tisak dodatnih bilo koje od *CMYK* boja uz klasični *CMYK*. *MaxCYM* tisak je moguće tiskati i kao *CMYK + CMYK*.

MaxCYM tehniku tiska prva je primjenila kompanija *ICG* u svojim skenerima i tehnika je danas upotrebljiva uz vrlo komplicirane algoritme *RIP* procesora. S obzirom da se u ovoj tehnici može tiskati do najviše osam boja, vrlo bitna stavka kvalitete tiska u ovoj tehnici je način i kvaliteta

rastriranja. Osim navedene kvalitete rastriranja vrlo važan faktor je i postizanje izrazito preciznog *pasera* jer vrlo mali pomaci u paseru (osobito dijagonalno) mogu dovesti do velikih problema s pojavom *moarea*.

Tisak bojilima s povećanom koncentracijom i izdašnosti pigmenta

Moderna tiskarska proizvodnja svoje ograničenje u reprodukciji što većeg gamuta uvjetuje u velikoj mjeri s gustoćom obojenja u tisku. Ograničenja gustoće obojenja ovise o svojstvima papira, kvaliteti bojila i tiskarskom procesu općenito. U poglavlju “*Standardizacija ofsetnog tiska*” detaljno je opisano koje su preporučljive vrijednosti gustoća obojenja po međunarodnim *ISO* standardima.

Naravno, preporučena gustoća obojenja nije *apsolutna* jer stvarna vrijednost gustoće obojenja ovisi o mnogo faktora u tiskarskom sustavu, kao i o *kolor menadžmentu* s kojim je napravljeno rastriranje filmova ili tiskovnih formi.

Jedno od glavnih ograničenja kvalitete tiska s klasičnim bojilima počiva na nemogućnosti bojila da se iznad kritične točke debljine sloja bojila kvalitetno prihvati za tiskovnu podlogu. Iz tog razloga u tisku često nije moguće postići obojenja kojima bi se gamuti grafičke reprodukcije približili izvornoj vizualnoj informaciji. Ograničenje kvalitete tiska onemogućeno je i povećanjem prirasta rastertonskih vrijednosti u tisku koje ima ključnu važnost u standardizaciji tiska i ponovljivosti procesa.

Zbog toga su mnogi proizvođači bojila napravili posebna bojila koja imaju povećanu koncentraciju i izdašnost pigmenta i kojima je uz tisak sa standardnom debljinom sloja bojila (oko 2 μ m) moguće postići veću gustoću obojenja, a samim time i omogućiti reprodukciju većeg gamuta. Gustoća obojenja s kojima je navedenim bojilima moguće tiskati kreću se ovisno o vrsti tiskovne podloge do vrijednosti prikazanih u tablici desno.

Međutim, bojila s kojima je moguće tiskati navedene vrijednosti gustoće obojenja još uvijek su nešto skuplja nego klasična bojila te je njihova primjena još uvijek nedovoljno velika. Zahtjevima tržišta za stalnim povećanjem kvalitete tiska zasigurno će potaknuti sve veću primjenu navedenih bojila, kao i ostalih tehnika *Hi-Fi* tiska (slika 21.).



Slika 21. MAXCMY tisak

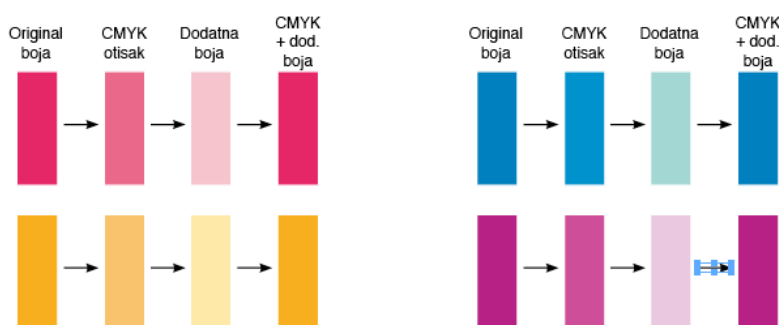
Tisak s dodatnim miješanim bojilima

Među svim tehnikama *Hi-Fi* tiska, može se reći da je tisak s dodatnim miješanim bojama jedan od najstarijih. Još prije izuma ofsetnog tiska, stari grafičari koji su tiskali s litografijom nisu znali proces četverbojnog tiska kakvog danas poznajemo. Zbog toga su višebojne reprodukcije

tiskali u 6, 7 ili 8 boja. Kada je spoznat proces četverbojnog tiska, tisak s dodatnim bojama nije bio neuobičajen.

Naime, reprodukcije koje su nastale u prvoj polovici prošlog stoljeća izgledaju svjetlije u *plavim* i *crvenkastim* tonovima. Razlog za to je što se umjesto cijan boje koristila kombinacija svjetlo plave i svjetlo roze boje. Kasnije do otprilike kraja II svjetskog rata mnoge reprodukcije tiskane su sa 6 boja, odnosno *CMYK* + svjetlo plava te svjetlo magenta. Čak je 1908. godine patentiran sistem višebojne reprodukcije s korištenjem zelene, crvene, plave i žute boje. 1934. godine predloženo je korištenje magenta boje (slika 22.).

U današnje doba razvoj tiska s dodatnim bojama prvenstveno je zaslužan eksponencijalnom razvoju tehnika *digitalnog* tiska, s kojima se danas vrlo kvalitetno mogu raditi probni otisci za reprodukciju u ofsetnom tisku. Kvaliteta i mogućnost reprodukcije takvih probnih otisaka vrlo je važan dio uspostavljanja komunikacije s naručiteljima posla.



Slika 22. Tisak s dodatnim bojama

Miješanje i aparativno mjerenje miješanih boja

S obzirom da je danas *Hi-Fi* tisak sve više u upotrebi, jedan od najtežih dijelova tiska je miješanje određenih boja po želji kupca i to iz razloga *individualnog* i *defektnog* viđenja boja. Individualno viđenje boja je stvar svakog pojedinca (tiskara, naručitelja, itd.), a defektno viđenje boja ima oko 2% populacije, a da mnogi od ljudi koji imaju neki oblik defektnog viđenja toga nije svjesno. Stoga, naručitelj može boju vidjeti potpuno drugačije nego tiskar koji miješa boje. Zbog toga se mjerenje boja za vrijeme miješanja, kao i njihova razlika objektivno može ustanoviti isključivo sa spektrofotometrijskim mjerenjem.

Kada se odredi određena boja iz neke skale boja (npr. *PANTONE 1795 C-coated*, na sjajnim premaznim papirima ili *U-uncoated*, na mat papirima), onda se takva boja može direktno naručiti kod većine dobavljača bojila koji će takvu boju izmiješati po određenim *recepturama*. Međutim, naručivanje miješanih bojila često nije moguće zbog kratkoće vremena izrade proizvoda, ili zbog tiska vrlo male naklade u kojoj ne postoji ekonomska računica za nabavu ta-kve boje.

U takvim situacijama tiskar mora sam izmiješati navedenu boju.

Ako se promatra *PANTONE* skala, onda navedena skala ispod svake boje ima recepturu od kojih boja kao i njihovih udjela se sastoji navedena boja (udjeli boja odnose se na 14 originalnih boja koje su definirane određenim imenom + transparentna bijela). Tako se npr. *PANTONE 1795 C* sastoji od:

- 86 g *PANTONE Warm Red*
- 12,3 g *PANTONE Rubine Red*

- 1,7 g PANTONE Black.

i to za jedan kg boje. To znači da će se pravilnim udjelima prema navedenoj recepturi dobiti tražena boja. Naravno, ovakvo miješanje boja zahtjeva vrlo precizne vage s kojima se može dozirati točna količina komponenti. Bez obzira na točnost udjela određenih komponenti u miješanoj boji, boja na otisku ne mora izgledati kao ona koja se želi izmiješati zbog interakcije boje s tiskovnom podlogom, količinom nanosa bojila i kvalitetom tiskarskog stroja kao i tiskarskog sustava općenito.

Kada je miješana boja vrlo slična željenoj boji, vrlo često nije moguće točno odrediti koju boju još treba dodati miješanoj boji kako bi boja bila još sličnija traženoj. Isto tako, vrlo su problematične situacije u kojima treba odlučiti da li je miješana boja dovoljno slična traženoj. Tada je objektivno moguće odlučiti o odgovoru na navedena pitanja jedino na osnovu rezultata *spektrofotometrijskih* mjerenja. Spektrofotometrijska mjerenja u tisku kao i prostor boja koji se upotrebljava u grafičkoj tehnologiji pri definiranju boja te tolerancija između dviju boja definira se $CIE L^* a^* b^*$ prostorom boja (slika 164.). $CIE L^* a^* b^*$ prostor boja ujedno se koristi i u ostalim industrijama koje koriste bojila u *masi* (tekstilna i dr.). Zbog toga je u cijelom lancu grafičke proizvodnje vrlo važan kvalitetno postavljen *kolor menadžment*.

Rezultatima spektrofotometrijskog mjerenja dobivaju se rezultati u L^* , a^* i b^* vrijednostima miješane boje koju je moguće usporediti s L^* , a^* i b^* rezultatima boje koju se želi izmiješati.

Nakon ustanovljavanja vrijednosti obje boje, moguće je i objektivno izračunati razliku među tim bojama kao vrijednost ΔE koja se izračunava kao:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Razlika boja ΔE može se i grafički prikazati kao na slici 164. (plava linija).

Navedena razlika boja definirana je standardiziranim vrijednostima pa se za gornju granicu razlike boja ΔE za koju se smatra da je razlika boja optimalna uzima vrijednost $\Delta E \leq 2$. Ostale vrijednosti ΔE prikazane su tablicom 1.:

Tablica 1. Tisak s dodatnim bojama

vrijednost ΔE	tolerancija
< 1	smatra se da prosječno ljudsko oko ne vidi razliku
1 - 2	vrlo mala razlika, razlika optimalna
2 - 3,5	umjerena razlika
3,5 - 5	razlika
5 >	velika razlika

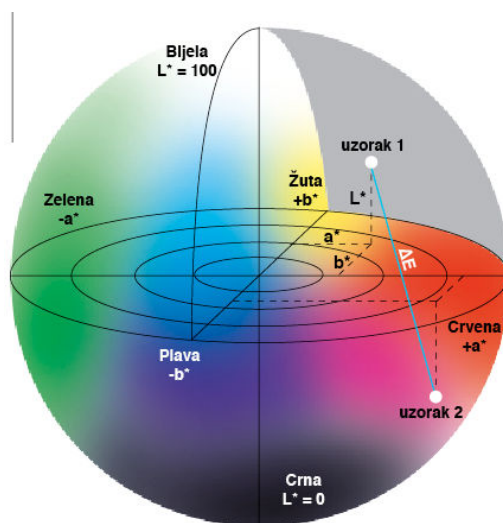
Međutim, kako se na osnovu rezultata spektrofotometrijskih mjerenja kod boja koje su slične ali izvan vrijednosti $\Delta E = 2$ može ustanoviti koju boju dodati u miješanu boju kako bi razlika bila unutar tolerancije $\Delta E = 2$? Odgovor na to pitanje krije se u poznavanju i pravilnom čitanju *CIELAB* prostora boja (slika 22.).

Čitanje *CIELAB* prostora boja znači točno određivanje uzorka boje (uzorak 1) kao i boje na otisku (uzorak 2) na osnovu L^* , a^* i b^* koordinata. Kada se odrede koordinate obaju boja, potrebno je odrediti položaj uzorka 1 i 2 i na osnovu položaja oba uzorka moguće je odrediti u kojem smjeru je potrebno pomaknuti uzorak 2, odnosno koju boju dodati u uzorak kako bi se koordinate približile uzorku 1.

Nakon određivanja položaja boja obaju uzoraka, potrebno je dodavati boje u miješanu boju uzorka 2 prema slijedećim pravilima:

1. U miješanu boju uzorka 2 treba dodati boju koja se nalazi u produžetku pravca koji spaja uzorak 1 i uzorak 2
2. Pomicanje vrijednosti L^* (svjetlina) može se djelomično postići ili dodavanjem crne (ako treba pomaknuti vrijednost prema manjoj vrijednosti) ili mijenjanjem gustoće obojenja.

Vrlo važno pravilo prilikom miješanja boja je da svaki put nakon dodavanja neke boje u miješanu boju, uređaj za obojenje treba *oprati* i miješanu boju staviti u bojanik. Takvo pranje i stalno ponavljanje otisaka s različitim dodacima može se ponoviti i *nekoliko* puta unutar jednog radnog naloga.



Slika 22. CIE $L^*a^*b^*$ sustav boja

Tisak s bojilima koje daju metalni efekt

Osim navedenih skala boja koje opisuju određene boje, u tisku je moguće koristiti i bojila koja na otisku daju *metalni* efekt. Takva bojila mogu biti *jednokomponentna* i *dvokomponentna*. Kada se u tisku koriste *jednokomponentna* bojila, onda se bojilo samo stavi u bojanik, međutim, ako se u tisku koriste *dvokomponentna* bojila onda je bojilo prije tiska potrebno dobro izmješati u omjerima kako navodi proizvođač i tek tada staviti u bojanik. Najčešći omjer komponenti je 1:1. Navedene dvije komponente u takvim bojilima su:

- pigment
- vezivo.

Razlog za neposrednim miješanjem dviju komponenti prije tiska leži u tome što takva bojila imaju tendenciju *sušenja* u kanti u kojoj se nalaze, posebno ako je kanta otvorena i duže stoji.

Bojila koja daju metalni efekt najčešće se koriste kako bi dala *zlatni* i *srebrni* efekt i na otisku s takvim bojilima željeni efekt ostvaruje se uglavnom na sjajnim premaznim papirima. Međutim, ovdje treba napomenuti da se navedeni efekt sjajnosti ovakvim bojilima ne može u potpunosti postići jer otisak nakon sušenja djelomično poprima matirani efekt. Stoga se u situacijama kada se želi postići pravi i jaki efekt zlata ili srebra preporučuje koristiti tisak s *metalnih folija*.

Tisak na metaliziranim tiskovnim podlogama

Osim papirnih tiskovnih podloga koje mogu imati različite vrste krednih premaza, u ofsetnom tisku se mogu koristiti i papiri koji imaju *metaliziranu* površinu. Takva metalizirana površina isprepletena je s vlakancima papira što znači da površina nije u potpunosti metalizirana, iako površina izaziva osjećaj kao da je potpuno metalizirana.

Takvi papiri najviše se koriste u tisku i izradi različitih etiketa (vino, pivo i sl.), te u ostalim sličnim komercijalnim proizvodima. Principi tiska na ovakvim površinama u osnovi se ne razlikuju od klasičnog ofsetnog tiska, osim što je u tisku potrebno koristiti brzosušeća bojila koja se suše *oksidopolimerizacijom*. Kako je površina papira metalna, prilikom višebojnog tiska prije tiska osnovnih procesnih boja potrebno je tiskati *pokrivnu* bijelu boju kako bi se omogućila očekivana refleksija i kako bi reprodukcija bila realna. Pokrivna bijela boja tiska se na svim dijelovima na kojima se nalaze tiskovni elementi višebojne reprodukcije, osim ako dizajnerski nije drugačije definirano.

Najčešća dva metalna efekta koja se koriste u tisku su efekt *zlata* i *srebra*. Međutim, papiri koji imaju metalnu površinu su srebrni i ukoliko se želi postići zlatni efekt, na metalnu srebrnu površinu potrebno je tiskati *zlatnu* ili *narančastu* boju, ovisno o tome kakav efekt zlata je potrebno proizvesti.

Prilikom tiska na navedenim papirima vrlo je teško postići vrhunsku kvalitetu tiska ako tiskarski sustav nije optimalno podešen i ako tiskara ne poštuje pravila tiska. Zbog toga se prilikom tiska na metalnim papirima preporučuje:

- *tiskati vrlo sporo (radi sušenja)*
- *razlagati nakladu u manjim kupovima (problem preslikavanja)*
- *povećati pudranje na izlagačem aparatu.*

Lakiranje u tisku

Osim u prethodnim poglavljima već navedenih metoda i načina povećanja kvalitete tiska, jedan od vrlo korištenih načina povećanja kvalitete tiska je *lakiranje* grafičkih proizvoda koje danas ima sve veću i veću primjenu. Tako velika primjena lakiranja u tisku zaslužna je izrazito velikom krajnjem *komercijalnom* efektu.

Postupak lakiranja (slika 23.) je danas još uvijek relativno skup i to zbog još uvijek vrlo skupe tehnologije koja to omogućava, a koja je isplativa samo kod vrlo česte upotrebe. Zbog toga postupak lakiranja danas izvodi vrlo mali broj tiskara, iako se primjećuje vrlo veliki trend povećanja tiskara koje se bave lakiranjem grafičkih proizvoda.

Osim povećanja vizualnog doživljaja kvalitete tiska, lakiranje ima i niz drugih prednosti:

- *otisak dobiva sjajni ili mat efekt*
- *reprodukcija izgleda kvalitetnije*
- *tisak je lakši (brže sušenje, manje pudranja i sl.)*
- *zaštita proizvoda od mehaničkih oštećenja u daljnjim postupcima*
- *zaštita proizvoda prilikom korištenja.*

Navedene prednosti lakiranja više su ili manje izražene ovisno o vrsti lakiranja koje se može podijeliti na:

- lakiranje na bazi ulja
- vododisperzivno lakiranje
- UV lakiranje.

Lakiranje na bazi ulja

Lakovi na bazi ulja otiskuju se na ofsetnim tiskovnim agregatima i to na zadnjoj tiskovnoj jedinici ako je višebojni tiskarski stroj ili nakon sušenja na posebnom ofsetnom tiskarskom stroju. Kod lakiranja na višebojnim tiskarskim strojevima postoji mogućnost pada kvalitete lakiranja zbog nanašanja laka na neosušeno bojilo. Zbog toga se kod ovakvog lakiranja preporučuje korištenje posebnog tiskarskog stroja i lakiranja na osušenu boju.

Lakovi na bazi ulja sastoje se pretežno od *mineralnih ulja*, *sušivih ulja* i *alkidnih smola* sa što manjim vlastitim obojenjem, sikativa i različitih aditiva. Lakovi ne sadrže pigmente. Udio suhe tvari u ovim lakovima je oko 75%. Sušenje lakova obavlja se *apsorpcijom* i *oksidacijom* tj. prodiranjem u papir i zatim vezanjem kisika iz zraka gdje sikativi obavljaju funkciju katalizatora. Kada se govori o prednostima korištenja lakova na bazi ulja onda su to:

- jednostavan postupak lakiranja
- nije potrebno korištenje posebnih lak agregata
- lak je relativno neosjetljiv na vlagu
- dobra interakcija s nealkalnim bojilima
- jednostavno izvođenje parcijalnog lakiranja.

Međutim, osim prednosti koje omogućuje lakiranje na bazi ulja, postoje i nedostaci koji su upotrebu ovakvog lakiranja sveli na minimum:

- sporo sušenje laka
- povećano pudranje u tisku
- mali nanos laka i slabiji sjaj
- požućivanje otisaka nakon određenog vremenskog perioda
- neugodan miris.

Vododisperzivno lakiranje

Vododisperzivno lakiranje je lakiranje s lakovima na bazi vode i to tako da voda iz laka prodire i tiskovnu podlogu i do sušenja dolazi kroz nekoliko sekundi isparavanjem pod *IR* zrakama (vrući zrak). Ovakva vrsta lakiranja koristi se uglavnom za lakiranje preko *cijele* površine iako je lakiranje moguće obavljati i *parcijalno*. Vododisperzivno lakiranje obavlja se preko gumene navlake kod koje zbog adhezije između lakova i gumene navlake često dolazi do neželjenog taloženja laka i boje s otisaka što dovodi do čestog zaustavljanja stroja i pranja gumene navlake. Zbog toga se mogu koristiti posebne gumene navlake za lakiranje koje lakše prenose lak i istovremeno skidaju manje boje s otiska.

Navedeni vododisperzivni lakovi sastoje se od fino *dispergirane* mješavine *modificiranih akrilnih smola*, *vodotopivih smola*, *voska* i *aditiva* u vodi. Udio suhe tvari je kod ovih lakova između 35-45%. Kao i lakovi na bazi ulja, vododisperzivni lakovi također imaju određene prednosti:

- *veći sjaj laka od laka na bazi ulja*
 - *dobra mehanička zaštita proizvoda*
 - *brzo sušenje otisaka*
 - *lako pranje lak agregata (samo s vodom)*
 - *nije jako štetan za okoliš*
 - *otisak nakon nekog vremena ne mijenja boju (ne žuti)*
 - *lak nema miris.*
- kao i zanemariv nedostatak:
- *kod tiska na tanjim papirima dolazi do razvlačenja papira.*

UV lakiranje

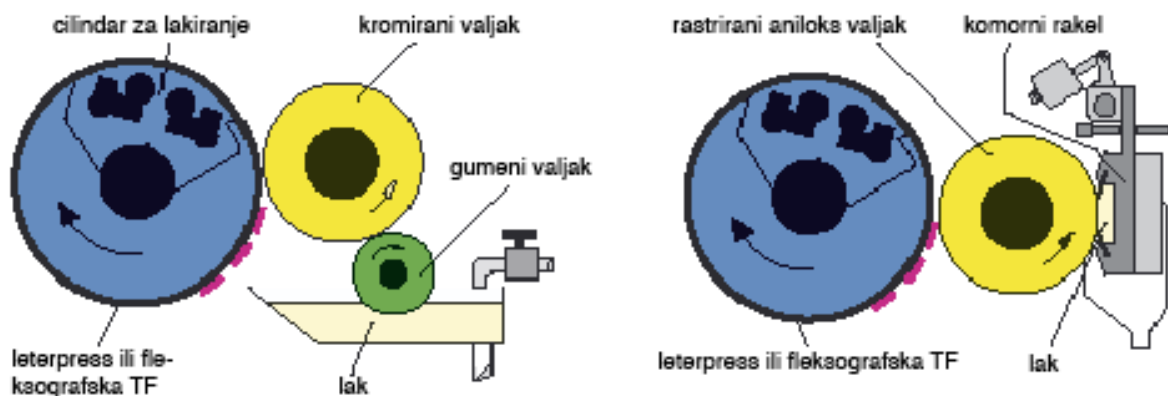
Za razliku od prethodna dva načina lakiranja, lakiranje *UV* lakom omogućuje postizanje izvrsnih efekata visokog sjaja. Osim toga otisci s *UV* lakovima imaju i glatkoću na dodir kakva se ne može postići s uljnim ili vododisperzivnim lakiranjem.

UV lakovi se sastoje od *tekućih smola* i njihovih *derivata*, *aditiva* i *fotoinicijatora*. Budući da ne sadrže tekuće supstance, cjelokupna količina laka se pod djelovanjem *UV* zračenja polimerizira u čvrsti film na površini otiska. Fotoinicijatori omogućuju pokretanje lančane reakcije umrežavanja molekula pod utjecajem *UV* zračenja. Dakle, *UV* lakovi bez djelovanja *UV* zračenja ostaju tekući i neće doći do sušenja na valjcima. Sušenje *UV* zrakama se provodi na način da se fotoinicijatori pod utjecajem *UV* zračenja raspadaju na kemijski jako reaktivne radikale koji iniciraju umrežavanje monomera u čvrsti plastični film, što znači da se arak odmah može slati u doradu.

Nanos laka *leterpress* ili *fleksografskom* TF moguće je izvesti na dva načina kako je prikazano na donjoj slici to: preko *kromiranog* valjka koji uzima lak s gumenog valjka uronjenog u kadu s lakom te preko *aniloks* valjka na kojega se lak dovodi *komornim* rakelom.

Kada se govori o prednostim *UV* lakiranja, onda su prednosti koje ova tehnologija lakiranja donosi mnogostruke:

- *vrlo visoki sjaj*
- *potrebno vrlo malo ili nikakvo pudranje*
- *trenutno sušenje*
- *mogućnost tiska na neupojne podloge (metalizirani, plastični, sintetski i dr. papiri)*
- *odlična mehanička zaštita proizvoda*
- *mogućnost izvedbe različitih osjeta mirisa*
- *mogućnost izvedbe različitih viz. efekata (biserni, metalni i sl.)*
- *jednostavno parcijalno lakiranje (spotno lakiranje)*
- *mogućnost primjene raznih dizajnerskih efekata.*



Slika 23. Prikaz principa lakiranja nakon tiska

Negativne strane *UV* lakiranja su:

- relativno veliki investicijski troškovi
- velika potrošnja el. energije (*UV* lampe).

Lakiranjem *UV* lakovima na otiscima može doći do različitih problematičnih kemijskih efekata te su zbog navedenog razloga napravljene različite vrste bojila kako bi se omogućilo kvalitetno lakiranje. Tako se tehnologija *UV* lakiranja dijeli na:

- *UV* lakiranje na otiscima s klasičnim ofsetnim bojilima
- *UV* lakiranje na otiscima s *UV* ofsetnim bojilima
- *UV* lakiranje na otiscima s hibridnim bojilima.

UV lakiranje na otiscima s klasičnim ofsetnim bojilima

Kada se tiska *UV* lakom na otiske tiskane s klasičnim ofsetnim bojilima može doći do smanjenja sjaja boje. Naime, kada se na još svježije bojilo otisne zračno nepropusni sloj *UV* laka ne može doći do oksidativnog sušenja bojila, tako da jedan dio iz sastava bojila prodire u tiskovnu podlogu, no jedan dio reagira sa slojem laka koji prodire u mokro bojilo i to posebno na dijelovima s većom pokrivenosti bojilom. Lak se zbog toga ne može dobro osušiti tj. stvoriti glatki film pa se čini mat umjesto sjajnim.

Ovaj nepoželjni efekt smanjenja sjaja naziva se eng. “draw-back efekt” (gloss-back, dry-back) i nekad se namjerno koristi kao efekt oblikovanja. Navedeni problem može se riješiti na dva načina:

1. Kod tiska *mokro na mokro* prije nanosa laka potrebno je nanijeti sloj *Primer* laka koji spriječava miješanje bojila i *UV* laka.

Prednost ovog lakiranja je u jednom prolazu kroz stroj, ali potrebno je imati dodatnu tis. jed. za *Primer* lak.

2. Prije lakiranja osušiti otiske i u drugom prolazu lakirati otiske. Tada nije potrebno nanositi *Primer* lak. Za ovaj način lakiranja nije potrebno imati dodatnu tiskovnu jedinicu, ali se tiska u dva prolaza što produžava vrijeme rada.

UV lakiranje na otiscima s UV ofsetnim bojilima

Kako bi se mogla koristiti tehnologija tiska s *UV* bojilima i lakovima, tiskarski stroj mora biti tako konstruiran da između svake tiskovne jedinice ima *UV* sušaće. *UV* bojilima nije moguće tiskati na običnim ofsetnim strojevima. Isto tako za tisak *UV* bojilima na stroju su potrebni kromirani cilindri, *UV* otporni materijali na svim dijelovima stroja, uređaj za odvođenje ozona koji se stvara kod *UV* sušenja, te zaštita radnika od *UV* zračenja i agresivnih bojila.

Kako se sušenje otisaka obavlja trenutno, prije lakiranja nije potrebno nanositi sloj *Primer* laka. Dakle, korištenjem *UV* bojila nisu neophodno potrebne dvije lak jedinice niti uređaji za sušenje između njih, nego samo jedna koja dolazi na kraju za nanos *UV* laka. Međutim, kod korištenja ove tehnologije potrebni su uređaji za sušenje između svake tiskovne jedinice i sve ostale prilagodbe stroja za *UV* tisak.

Sjaj *UV* laka na *UV* bojilima je viši nego kod *Primer/UV* kombinacije na klasičnim bojilima kada se tiska u jednom prolazu, ali najveća prednost *UV* bojila je *trenutno sušenje* tako da se vrlo jednostavno može tiskati na neupojnim podlogama kao što su npr. različite folije.

UV lakiranje na otiscima s hibridnim bojilima

Hibridna bojila predstavljaju kombinaciju konvencionalnih ofsetnih bojila na bazi mineralnih ulja te *UV* bojila. Hibridna bojila imaju sposobnost oksidativnog sušenja i sušenja s pomoću *UV* zračenja. Hibridna bojila također sadrže fotoinicijatore i polimeriziraju pod *UV* zračenjem. Budući da dijelom suše i oksidativno, u principu nije potreban *UV* uređaj za sušenje nakon svake boje kao kod tiska *UV* bojilima. Nakon tiska zadnje boje pod *UV* zračenjem bojilo sasvim otvrdne i lak se tiska na potpuno suh sloj bojila tako da kod *UV* lakiranja na hibridna bojila nije potrebno prethodno nanosi *Primer* lak.

Hibridna bojila sadrže *agresivne* fotoinicijatore kao i *UV* bojila i zbog toga je kao i kod tiska *UV* bojilima potrebno tiskati na stroju s *UV* otpornim materijalima na tiskovnim agregatima i na izlagačem uređaju. Na strojevima se mogu koristiti i tzv. “miješani valjci” za nanos bojila i tekućine za vlaženje koji omogućuju tisak hibridnim i konvencionalnim bojilima uz određene prilagodbe stroja. Na ovakvim strojevima koji naizmjenično tiskaju različitim sistemima bojila i lakova koriste se i kombinirana sredstva za pranje stroja.

Korištenjem hibridnih bojila moguće je postići različite *vizualne* mat i sjajne efekte jednim prolazom kroz stroj. Npr. neki motiv se može tiskati na prvim tiskovnim jedinicama hibridnim bojilima koji se osuše na *UV* uređajima. Nakon toga na neke dijelove arka se otisnu konvencionalna bojila, a zatim se nanese *UV* lak. Svi tiskovni elementi otisnuti hibridnim bojilima tako dobiju sjajnu glatku površinu, a svi elementi gdje su prethodno otisnuta konvencionalna bojila ili lakovi interakcijom s naknadno otisnutim *UV* lakom tvore mat strukturiranu površinu koja i vizualno i na dodir sliči *plastičnom* sloju. Isto tako moguće je parcijalno otisnuti i “hybride” specijalni lak prije *UV* lakiranja po cijeloj površini te na taj način dobiti mat (mjesto gdje se nalazi hybride lak) i sjajne efekte (mjesto gdje nema hybride laka).

Na taj način omogućuje se primjena različitog *dizajna*, a da se pri tome ne moraju koristiti skupe fotopolimerne tiskovne forme za parcijalni nanos laka. Tako postoje brojne opcije kombiniranja bojila i lakova koje tvore različite efekte ovisno o svojim kemijskim i fizikalnim svojstvima i njihovom međudjelovanju.

Literatura:

- [1] Kiphan H., Handbook of print media, Berlin, 2001.
- [2] Wyszecki G., Stiles W.S., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Wiley-Interscience Publication, 1982.
- [3] Mesaroš F., Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [4] ISO 12647-1:1996 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints, part 1
- [5] ISO 12647-2:1996 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints, part 2
- [6] ISO 12647-2:1996 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints, part 3
- [7] Stollnitz E., Reproducing Color Images With Custom Inks, Doktorska disertacija, University of Washington, 1998.
- [8] Johnson T., A complete colour reproduction model for graphic arts, Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, Technical Association of the Graphic Arts, Rochester, NY, 1996., 1061–1076
- [9] Morović J., Luo M., R., Calculating Image and Medium Gamut Boundaries for Gamut Mapping, Color & Imaging Institute, Darby, UK, 2002, 3-24