



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Maja Rudolf

**ZAŠTITNA GRAFIKA POŠTANSKIH MARAKA  
DUALNIM SVOJSTVIMA BOJILA SA  
PARAMETROM Z I  
INDIVIDUALIZIRANIM RASTERSKIM  
ELEMENTOM**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2013.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Maja Rudolf

**POSTAGE STAMP SECURITY GRAPHICS BY  
DUAL INK PROPERTIES WITH PARAMETER Z  
AND INDIVIDUALIZED  
SCREENING ELEMENTS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2013



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Maja Rudolf

**ZAŠTITNA GRAFIKA POŠTANSKIH MARAKA  
DUALNIM SVOJSTVIMA BOJILA SA  
PARAMETROM Z I  
INDIVIDUALIZIRANIM RASTERSKIM  
ELEMENTOM**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Vilko Žiljak

Zagreb, 2013.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Maja Rudolf

**POSTAGE STAMP SECURITY GRAPHICS BY  
DUAL INK PROPERTIES WITH PARAMETER Z  
AND INDIVIDUALIZED  
SCREENING ELEMENTS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: prof.dr.sc. Vilko Žiljak

Zagreb, 2013



Zahvala,  
Mentoru prof.dr.sc. Vilku Žiljku

**UDK BROJ: 655.3.066.362:343.51**

***Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:***

1. izv.prof.dr.sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. prof.dr.sc. Damir Boras, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, vanjski član
3. dr.sc. Jana Žiljak Vujić, prof. visoke škole, Tehničko Veleučilište u Zagrebu, članica

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:***

1. prof.dr.sc. Vilko Žiljak, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, mentor
2. izv.prof.dr.sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
3. prof.dr.sc. Damir Boras, Sveučilište u Zagrebu Filozofski fakultet, vanjski član
4. prof.dr.sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenski član
5. prof.dr.sc. Đurđica Osterman Parac, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica

***Datum obrane doktorske disertacije:*** 19. lipnja 2013.g.

***Mjesto obrane doktorske disertacije:*** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:***

„Obrabila – jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

**Zagreb, 21. lipnja 2013.g.**

## SAŽETAK

U radu se postavljaju visoki standardi dizajna za tehnološku izvedu poštanskih maraka kao vrijednosnica na bazi teorije Infraredesigna. Zbog stalne potrebe za novim zaštitama u borbi protiv krivotvorenja, tisak je podređen korištenju inovacija i patenata. Rad je posvećen višestrukoj zaštiti poštanskih maraka, kako bi se osigurala njihova autentičnost. Kreiraju se zaštitni elementi temeljeni na tehnologiji skrivanja infracrvene Z slike unutar vidljive slike. Modeliraju se rasterski elementi koji sudjeluju u kreiranju grafike u proširenom spektru od 400 do 1000nm. Konvencionalno rastriranje se zamjenjuje individualizirano dizajniranim rasterskim elementima kako bi se postigla raspršenost rubova skrivene slike te na taj način unaprijedilo sakrivanje čime se potvrđuje hipoteza da rasterski element sa bitmapiranim elementom slike onemogućava krivotvorenje. Dizajn nove poštanske marke se izvodi planiranim spot bojama sa Z parametrom. Izvode se detaljni proračuni novih Z spot bojila za prošireni spektar u uvjetima ofsetnog tiska. Eksperimentalno je postavljena i dokazana osmerobojna spot CMYKIR separacija sa četiri VS/IR blizanca boja. Definiiraju se nove faze dizajna za potrebe kreiranja dvostruke informacije. Daju se novi algoritmi u optimizaciji grafika za vidljivi i infracrveni dio spektra. Izvedeno je šest modela CMYKIR separacije koji odgovaraju na specifične probleme na koje se nailazi u različitim zahtjevima dizajna. Kroz eksperimentalne primjere poštanskih maraka se detaljno analiziraju problemi kod realizacije otisaka sa skrivenom grafikom. Na njih je primijenjena proširena teorija CMYKIR separacije. Kombiniranjem takvih grafika sa individualiziranim rasterima dolazi se do potpunog skrivanja infracrvene informacije u vidljivom dijelu spektra te se postiže vrhunska zaštita poštanske marke, čime se potvrđuje hipoteza o nemogućnosti krivotvorenja. Ujedno se udovoljava i visokim dizajnerskim zahtjevima za kreiranjem bogatih grafika te se postiže dvostruko iskorištenje ograničenih dimenzija poštanske marke.

Ključne riječi: poštanska marka, Z spot boje, individualizirani rasterski element, dvostruka grafika, bliski infracrveni spektar u tiskarstvu, steganografija

## **ABSTRACT**

High standards are set up for printing technology of postage stamps, as security papers, based on Infraredesign theory. Fighting the counterfeiters, there is a constant need for new security features. Printing process is subject to utilization of innovations and new patents. This work is dedicated to developing multilayered protection of postage stamps to ensure its' authenticity. New protective features are designed, based on technology of hiding Z image in visible image. Models of screening elements are set in the extended spectral area from 400 to 1000nm. Conventional screening is replaced with uniquely designed screens to produce dispersion of edges of graphic. Such dispersion significantly improves hiding abilities. Design of new postage stamp is carried out with planned spot colors with parameter Z. Eight color spot CMYKIR separation with four VS/IR twin colors is set up and experimentally proven in designing new postage stamp. Detailed calculations of Z spot colors are carried out, for purpose of creating double information. New algorithms are given that deal with optimization of graphics for visible and infrared part of the spectrum. Six new models of CMYKIR separation are carried out that reply to specific problems which are encountered in various design demands. Through experimental examples of postage stamps detailed analysis is carried out of known issues in realization of prints with hidden graphics. Extended theory of CMYKIR separation is applied to new postage stamps. Experimental examples of stamp design use new Z spot colors in CMYKIR separation. Combining such graphics with individualized screen shapes produces total hiding of infrared information in the visible part of the spectrum. Protection of newly designed postage stamp is superior to existing protection elements because it cannot be reproduced in a conventional way. At the same time, high standards for designing rich graphics are satisfied. Also double space is gained for designing information which is important because of limited dimensions of postage stamp.

Key words: postage stamp, Z spot color, individual screen element, double graphics, near infrared spectrum in printing technology, steganography

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj i hipoteze istraživanja.....	5
1.2. Plan eksperimenta.....	6
1.3. Očekivani znanstveni doprinos.....	8
2. ZAŠTITNI SUSTAVI U TISKU POŠTANSKIH MARAKA.....	9
2.1. Povijesni pregled poštanskih maraka.....	9
2.1.1. Poštanske marke na području Republike Hrvatske.....	10
2.1.2. Tiskarske tehnike i rastriranje poštanskih maraka.....	12
2.2. Razvoj zaštitnih elemenata na poštanskim markama.....	14
2.2.1. Analiza vidljivih zaštitnih elemenata na poštanskim markama.....	14
2.2.2. Analiza zaštitnih elemenata u ultraljubičastom dijelu spektra.....	26
2.2.3. Analiza zaštitnih elemenata u infracrvenom dijelu spektra.....	28
2.3. Dvostruka uloga poštanskih maraka.....	29
2.4. Zastupljenost krivotvorenja i falsificiranja poštanskih maraka.....	31
3. STEGANOGRAFIJA U TISKARSKOJ TEHNOLOGIJI SEPARACIJE BOJA.....	33
3.1. Sakrivanje informacije u materijalnom i digitalnom zapisu.....	33
3.2. Steganografija u tiskarskim procesima s djelovanjem u proširenom spektru od 400 do 1000nm.....	33
3.3. CMYKIR separacija.....	34
3.4. Projektiranje bojila sa parametrom $Z$ .....	41
3.4.1. Definicija bojila sa parametrom $Z$ .....	41
3.4.2. Proračun i miješanje $Z$ spot bojila.....	42
3.4.3. Miješanje boja sa različitim vrijednostima parametra $Z$ .....	43
3.4.4. Eurostandard i U.S. SWOP izračun parova blizanaca $Z$ spot boja.....	45
3.4.5. Testiranje i mjerenje vrijednosti $Z$ spot boja.....	50
4. FAZE DIZAJNA DVOSTRUKE SLIKE U CMYKIR TEHNOLOGIJI.....	55
4.1. Planiranje motiva poštanske marke za vidljivi i infracrveni dio spektra.....	56

4.1.1. Planiranje vidljive slike V.....	56
4.1.2. Planiranje slike za infracrveno područje Z.....	59
4.1.3. Usklađivanje motiva V i Z slike.....	61
5. OBJEDINJAVANJE DVOSTRUKE SLIKE KROZ CMYKIR SEPARACIJU.....	63
5.1. Model CMYKIR separacije sa procesnim bojama.....	63
5.2. Model CMYKIR separacije sa Z spot bojama u tipografiji.....	67
5.3. Model CMYKIR separacije s podizanjem CMY tonova u X stanju vidljive grafike.....	72
5.3.1. Razlike sustava RGB, CMY i CMYK u CMYKIR separaciji.....	73
5.3.2. Usklađivanje motiva u eksperimentalnoj poštanskoj marki.....	75
5.3.3. Poštanska marka u CMYKIR separaciji.....	77
5.3.4. Model Z desaturacije za pripremu CMYKIR separacije.....	79
6. MODEL SEPARACIJE SPOT BOJA U VIZUALNOJ I INFRACRVENOJ TISKARSKOJ TEHNOLOGIJI.....	86
6.1. Proračun regresijskih vrijednosti za četiri spot boje.....	86
6.2. Model CMYKIR separacije u dizajnu sa četiri spot boje.....	95
7. RUBNI EFEKTI DODIRA VIZUALNOG I Z BOJILA.....	100
7.1. Modeliranje individualiziranih rasterskih elemenata.....	102
7.1.1. Matematički modeli rasterskog elementa.....	104
7.1.2. Stohastičko raspršivanje u amplitudnim rasterima.....	117
7.1.2.1. Model stohastičkog odabira linijature i kuta rastriranja.....	117
7.1.2.2. Model stohastičke deformacije elementa slike.....	120
7.1.2.3. Metoda stohastičkog raspršivanja u definiciji rasterskog elementa.....	122
8. INDIVIDUALIZIRANI RASTERSKI ELEMENT KROZ METODU BITMAPIRANJA.....	126
8.1. Postizanje gradacije tonova Z slike kroz individualizirano rastriranje.....	126
8.2. Model CMYKIR separacije sa rasterskim elementom pravilne strukture....	127
8.3. Bitmapno stohastičko rastriranje za individualizirane oblike rastera.....	131

8.4. Dizajn tiskarskog arka sa bitmapiranim rasterom.....	134
9. BARIJERNO SKENIRANJE U VIDLJIVOM I INFRACRVENOM SPEKTRU.....	136
10. ZAKLJUČAK.....	140
11. LITERATURA.....	143
11.1. Popis slika.....	149
11.2. Popis tablica.....	154
11.3. Popis grafikona.....	155
12. ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA.....	156
13. PRILOZI.....	160

## 1. UVOD

Ova disertacija bavi se problematikom zaštite dokumenata i vrijednosnica, konkretno poštanskih maraka. Istraživanja se bave novim načinima zaštite vrijednosnica koje sadrže bogatu grafiku. Poštanska marka je specifičan vrijednosni dokument koji u poštanskom prometu služi kao novčana naknada za poštanske usluge. Njena vrijednost u službenom optičaju je jednokratna. Specifičnost se očituje u njejoj umjetničkoj vrijednosti nakon što prođe službenu upotrebu. Jedinstvenost izrade poštanske marke vrlo je cijenjena u kolekcionarskim krugovima i tada ona poprima novu vrijednost, višestruko veću nego što je bila uporabna vrijednost [1].

Svi vrijednosni dokumenti, pa tako i poštanska marka, imaju zakonom propisane standarde izrade koji osiguravaju visoku razinu zaštite protiv krivotvorenja i falsificiranja [2].

Do sad zaštitni elementi nisu bili razmatrani kao dio dizajnerskog rješenja već smo ih koristili kao tehnološki dodatak, na koji dizajner nije imao utjecaj. Novim tehnologijama skrivanja podataka u proširenom spektru elektromagnetskog zračenja, postiže se zaštita koju do sada nije moguće reproducirati [3]. Dvostruka slika se diskutira u dizajnerskom i tehnološkom smislu te se ta dva područja isprepliću kako bi stvorila kvalitetno grafičko rješenje sa ugrađenom vrhunskom zaštitom. Kao osnova zaštite koristi se CMYKIR separacija koja stvara skrivenu sliku, vidljivu u infracrvenom području [4]. Teorija CMYKIR separacije proširuje se novim algoritmima koji omogućuju bolju kontrolu nad informacijama koje će biti vidljive u infracrvenom području. Definišu se nova Z spot bojila sa dvostrukim stanjem. Daju se matematički modeli proračuna novih bojila za poznate uvjete tiska. Kao poseban dio dizajna koji također sudjeluje u zaštiti, uvodi se individualizirani rasterski element sa oblikom koji se definira matematički. Dizajn šiljastih oblika koji obilježavaju novi raster podešen je u svrhu raspršivanja rubova skrivene informacije kako bi ona bila neprimjetna u vidljivom dijelu spektra. Izvedeni su eksperimentalni primjeri poštanskih maraka na koje je primijenjena proširena teorija CMYKIR separacije. Kanal K sadrži sliku koja se u otisku može detektirati aparaturom za detekciju infracrvene apsorpcije; infracrvena kamera, ZRGB kamera [5], infracrvene naočale.

Ofsetni tisak sa konvencionalnim rastriranjem kojim se danas tiskaju poštanske marke ne pruža dovoljnu razinu zaštite. Krivotvoritelji se oslanjaju na dostupne tehnologije kao što je skeniranje, fotografiranje, konvencionalni programi za obradu slike. Velike rezolucije današnjih skenera i kamera traže bolju zaštićenost marke koja se postiže inovacijama predloženim u ovom radu.



Općenito, zaštitni elementi na poštanskim markama dijele se na vidljive i nevidljive. Vidljiva zaštita odnosi se na taktilni tisak, holograme, kinegrame, papir sa vidljivim vlaknima, vodene žigove, perforacije. Nevidljiva zaštita sadrži nevidljiva vlakna u papiru, bojila sa odazivom u nevidljivim dijelovima spektra, preljevajuće boje, optički varijabilna bojila, skrivene kodove, mikrotekst [6]. Mnoštvo mogućnosti postoji, ali u pregledu različitih kolekcija poštanskih maraka pronalazi se vrlo malo od navedenih zaštita. Hrvatske poštanske marke su u dosadašnjem tehnološkom procesu izrade osiromašene i izložene mogućim napadima krivotvoritelja [1].

Kao zaštita hrvatskih poštanskih maraka spominje se korištenje posebnih papira, standardiziranog zupčanja, korištenja posebnih bojila sa različitim svojstvima u vidljivom, ultraljubičastom (UV) i infracrvenom (IR) dijelu spektra [7]. U tisku poštanskih maraka se u prošlosti najčešće koristilo amplitudno modulirane (AM), a danas, mnogo češće, frekventno modulirane (FM) rasterske tehnologije. Koriste se i u kombinaciji, što zbog dizajnerskog efekta, bolje reprodukcije, a što zbog otežavanja krivotvorenja takvih maraka [1].

Bojila su posebno važna pri planiranju poštanskih maraka. Istraživanja u području analize bojila kojima su otiskivane poštanske marke značajno doprinose utvrđivanju autentičnosti poštanskih maraka [8]. Originalnost sigurnosnog dokumenta moguće je potvrditi jedino ako se analizira u širem rasponu valnih duljina od ultraljubičastih do infracrvenih [9]. Kreiranje nevidljive zaštite u infracrvenom spektru je podređeno uvjetima tiska [10]. Planiranje dvostruke slike provodi se CMYKIR separacijom koja odstupa od konvencionalne separacije boja [11]. Svaki spoj papira i fizičkih bojila na raspolaganju, ima svoju postavku boje [12], prema kojoj se moraju planirati boje sa infracrvenim odazivom [13]. Ti međuodnosi zahtijevaju još detaljnija istraživanja kako bi separacija realnih bojila odgovarala željenom efektu skrivene slike. U ovom radu proširuje se istraživanje proračuna bojila u postavkama za ofsetni tisak.

Poznata je činjenica da jednake količine cijan, magenta i žute komponente u standardnom prostoru boja produciraju određenu nijansu sive [14]. Takva siva neće imati odaziv u infracrvenom dijelu spektra, dok će njezin ekvivalent u crnoj komponenti imati infracrveni odaziv [15]. Zbog činjenice da se jedna nijansa boje može dobiti na više načina, dodavanjem ili oduzimanjem crne komponente po potrebi i adekvatnim dodavanjem ili oduzimanjem CMY komponenti, jedna nijansa bilo koje boje može imati kontrolirani odaziv u infracrvenom području [16]. Na tome se temelji tehnologija nazvana Infraredesign [17], kojom se znatno može unaprijediti zaštita poštanske marke.

Zbog toga što u praksi (zbog prirode samih bojila) jednake komponente C, M i Y neće uvijek dati zadovoljavajuću nijansu sive jednaku svom ekvivalentu u K komponenti [13], bojila se moraju prethodno planirati i testirati za uvjete tiska kojim se izvodi otisak. Konvencionalne metode separacije mogu više ili manje točno provesti oduzimanje C, M i Y prema K komponenti [18]. Svaki spoj papira i fizičkih bojila na raspolaganju, ima svoj sustav postavki boja [19] prema kojem se moraju planirati boje sa infracrvenim odazivom. Separacija boja u steganografiji se bazira na razvoju koeficijenata separacije [20] [10], proučavanju ponašanja bojila u bliskom infracrvenom području i činjenici da su CMYK procesne boje zavisne od vrste tiskarske tehnologije i materijala [15][21] zadržavajući količinu obojenja podloge, a s time i kvalitetu reprodukcije [18]. Takvi međudnosi nisu još u dovoljnoj mjeri istraženi za sve vrste tiska, niti su objavljeni matematički modeli koji odgovaraju separaciji realnih bojila za ofsetni tisak kojim se izvodi reprodukcija poštanskih maraka.

Kolorimetrijski modeli opisivanja bojila uzimaju u obzir ponašanje boja u vidljivom dijelu spektra [22]. S obzirom da kvalitetna reprodukcija ne može postojati bez kvalitetnih bojila, znanost o mjerenju boja i njihovom ponašanju pod različitim osvjetljenjima je vrlo važna u grafičkoj industriji [23]. Do sada su se kolorimetrijske metode ograničavale samo na vidljivi dio spektra [24][25], no razvojem inovacija [3] u miješanju bojila pokazala se potreba za proširenim istraživanjima i mjerenjem bojila u širem spektru elektromagnetskog zračenja. Teorija Infraredesigna [16] pojašnjava kako se parametar crne komponente (Z) [26] može kontrolirati da bi se stvorila bojila koja u vidljivom dijelu spektra imaju jednak vizualni doživljaj dok u bliskom infracrvenom dijelu spektra od 1000nm produciraju potpuno različite apsorpcije svjetla.

Drugo područje interesa ovog istraživanja jest kreiranje novih rasterskih elemenata u svrhu dodatne zaštite. Poštanska marka kombinira u svom dizajnu bogatu grafiku sa tekstualnim elementima kod kojih se naišlo na određena odstupanja registra u tisku, a samim time se narušilo skrivanje grafike. Rasterski element koji je programski definiran, može imati svojstvo raspršenosti oblika [27], što u konačnici omogućuje bolje sakrivanje infracrvene slike ukoliko dođe do odstupanja registra. Postoje brojna istraživanja u području kreiranja individualnih rasterskih elemenata [28][29][30]. Područje dosadašnjih istraživanja individualnih rasterskih elemenata nudi različite algoritme [31][32][33][34], koji se koriste kako bi zaštitili dokument [35][36][37], a svima je osnova matematički model kojim se kontrolira oblik i zacrnjenje. Rasterski element se do sada nije razmatrao kao pomoćno sredstvo u sakrivanju infracrvene informacije u vidljivoj slici. Dizajn rasterskog elementa

moгуće je definirati matematičkom formulom koja kontrolira parametre oblika u svim stanjima zacrtnjenosti površine[38]. Uvođenjem parametara za kut, linijaturu i deformaciju rasterskog elementa stvara se programsko rješenje pomoću kojeg se u potpunosti kontrolira rastriranje slike [39].

Tiskarske tehnike do sada poznaju rasterski element u ograničenom spektru oblika. U današnjim tehnikama tiska poznata je rasterska točka, linija ili romb. Rasterska tehnologija individualiziranih rasterskih elemenata predstavlja novi moment u reprodukciji umjetničkih djela i sigurnosnih dokumenata [40][41], što se primjenjuje u ovom radu na poštanske marke u svrhu dodatne zaštite protiv krivotvorenja. Rasterski element kreiran programski moguće je manipulirati u jednoj slici sa različitim linijaturama i kutovima te primijeniti stohastičke modele raspršivanja rasterskog elementa u ćelijama [42][43]. Tako se dobiva jedinstvena mikrostruktura slike, neponovljiva onome tko ne poznaje programske parametre.

Iscrpna istraživanja steganografije [44][45][46][47][48] i izučavanjem CMYKIR separacije sa primjenom na poštanskim markama [49] proširuju se novim metodama sakrivanja slika u proširenom spektru djelovanja.

## 1.1. Cilj i hipoteze istraživanja

Cilj istraživanja jest uvođenje nove vrste sigurnosne zaštite poštanskih maraka te razrada i standardizacija tehnoloških procesa koji su potrebni u provođenju takve zaštite. Programiraju se individualizirani bitmapirani rasterski elementi kako bi unaprijedili sakrivanje infracrvene poruke. Definiraju se ciljano miješane Z spot boje sa svojstvom dvostrukog raspona u infracrvenom dijelu spektra. Oblikuje se grafika sa dvostrukom slikom u dijelu spektra od 400 do 1000nm.

Hipoteze ovog rada su:

- Individualizirani rasterski element i računalno bitmapirani element slike potpuno onemogućava krivotvorenje
- Poštanska marka kao vrijednosnica ne smije biti tiskana procesnim bojama, već posebno projektiranim bojama sa Z vrijednostima u infracrvenom spektru
- Dvostruku zaštitu u vidljivom i nevidljivom spektru kroz Infrared tehnologiju nije moguće krivotvoriti, zbog činjenice da ne postoji sustav konverzije između CMYK i RGB sustava boja koji bi očuvao sakrivenu infracrvenu sliku.

## 1.2. Plan eksperimenta

U istraživanje se uvodi nekoliko faza koje se objedinjuju u pripremi za tisak poštanske marke. Faze se dijele na:

1. Planiranje dizajna sigurnosne grafike za poštansku marku u vidljivom dijelu spektra;
2. Planiranje dizajna slike koja će biti skrivena u vidljivom spektru;
3. Podešavanje i usklađivanje dvostruke slike radi boljeg efekta u Infraredesign tehnologiji reprodukcije maraka;
4. Objedinjavanje dvostruke slike kroz tehnologiju CMYKIR separacije;
5. Proračun i miješanje spot bojila sa Z parametrom;
6. Testiranje i mjerenje spot bojila sa Z parametrom;
7. Planiranje i dizajn individualiziranog rasterskog elementa;
8. Apliciranje rasterskog elementa u procesu bitmapiranja kanala slike;
9. Izrada arka poštanskih maraka sa bitmapiranim, individualiziranim rasterom;

Prva faza podrazumijeva planiranje motiva poštanske marke sa elementima koji će biti otisnuti u vidljivom dijelu spektra. Ovdje će se dizajnirati kombinacija grafike i teksta u skladu sa zadanom tematikom. Slika će se pripremati u konvencionalnom programu za obradu slike, kao RGB ulazna slika. Nov način dizajna ulazne slike je podređen CMYKIR separaciji boja za nevidljivi dio spektra.

Druga faza bavit će se pripremom grafike i teksta koji će biti skriven za vidljivi dio spektra, a vidljiv jedino pod infracrvenim svjetlom. Takva slika također se priprema u programu za obradu slike kao crno-bijela ulazna slika, koja će služiti kao maska u proračunima miješanja bojila za tisak s infracrvenom informacijom. Vidljiva i nevidljiva slika su u međusobnoj zavisnosti te se moraju razmatrati zajedno. Proces usklađivanja podrazumijeva podešavanje pozicija slika tako da odgovaraju rasponu zacrnjenosti površina koje će biti prikladne za infracrveni efekt. Na kraju se te dvije grafike podvrgavaju nekonvencionalnoj CMYKIR separaciji. U tom procesu se izvode složeni proračuni količine pojedinih boja za kontinuiranu gradaciju koja će rezultirati skrivenom slikom. Faza planiranja bojila je važna jer se u tom procesu stvaraju nijanse bojila sa dodatnom Z vrijednošću koja ima gradaciju odaziva u infracrvenom spektru. Zbog specifičnosti boja svakog proizvođača i uvjetima tiska kroz koji prolazi poštanska marka, izvršit će se detaljni proračuni za svaki ton boje sa kontinuiranom Z vrijednošću. Miješanje bojila je zavisno od tiskarske tehnike kojom se provodi tisak. Zato će se

provesti i faza testiranja i detaljnih mjerenja otisnutih bojila te podešavanje za zadanu tiskarsku tehniku.

Nova faza pri planiranju poštanskih maraka je rješenje individualiziranog rasterskog elementa. Kroz program Mathematica definirani su oblici rasterskih elemenata specifično namijenjeni tisku na poštanskoj marci. Matematičke formule se, zatim, prevode u programski jezik PostScript u kojem se manipulira zadanim rasterima. Izvršit će se eksperimenti sa različitim linijaturama, kutovima i pozicijama rasterskog oblika. Uvest će se i deformacija rasterskog elementa preko parametara ugrađenih u matematičku definiciju samog elementa. Izvest će se stohastičko raspršivanje elemenata sa pozicijama koje su kontrolirane pseudo-slučajnim parametrima. Rasterski element će se fiksirati na poštanskoj marci u procesu bitmapiranja. Bitmapiranje se izvršava kontrolirano, programski što osigurava stalnu poziciju elementa na svakoj pojedinoj marci. Nakon tehnike bitmapiranja ide se u fazu izrade cijelog arka poštanskih maraka, na kojem su sve marke identične u mikrostrukтури.

### 1.3. ZNANSTVENI DOPRINOS

Znanstveni doprinos ovog istraživanja odnosi se na postavljanje novih metoda i tehnologije kojima bi se definirala potpuna zaštita poštanskih maraka. Daje se odgovor na probleme na koje se nailazilo tokom razvoja steganografije u proširenom spektralnom području od 400 do 1000nm. Daju se novi algoritmi optimizacije slika za vidljivi i infracrveni dio spektra te se rješava pitanje kreiranja tonskog raspona u infracrvenoj grafici za sigurnosni tisak. Također se rješava pitanje odstupanja registra u realnim tiskarskim uvjetima koji narušavaju sakrivanje infracrvene informacije. Sigurnosni dokumenti u Hrvatskoj ne poznaju skrivenu grafiku sa tonskom gradacijom u infracrvenoj slici. Ovdje se definiraju faze koje grafika prolazi u pripremi sigurnosnog dizajna. Dizajn se više ne može odijeliti od tehnološkog procesa kreiranja boja i pozicioniranja elemenata poštanske marke.

Novosti koje uvodi ovaj rad dijele se na:

- Definiranje spot bojila sa Z parametrom namijenjenih odazivu u infracrvenom spektru.

Nova paleta „Z spot bojila“ kreirana je za poznate uvjete ofsetnog tiska sa dvostrukim odazivom. Kreiraju se „IR bijeli“ i „IR sivi“ parovi boja koji imaju vizualno jednaki ton.

- Definiranje oblika rasterskog elementa kroz matematičko modeliranje i kontroliranje parametara pseudo-slučajnim algoritmima.

Takav rasterski element ima dvije uloge: raspršivanje rubova slike kako ljudsko oko ne bi primijetilo razlike u prijelazu između vidljive i infracrvene slike tj. rješava problem rubnog efekta IRD grafike. Druga uloga je stvaranje gradacije tonova skrivene slike, čime se smanjuje potreba višestrukog miješanja Z bojila.

- Izrada zaštitne grafike poštanske marke sa kombinacijom Z spot bojila i individualiziranih rasterskih elemenata.

- Standardiziranje dizajnerskih i tehnoloških faza u izvedbi poštanske marke potrebnih da bi se postigla vrhunska zaštita.

## **2. ZAŠTITNI SUSTAVI U TISKU POŠTANSKIH MARAKA**

Ovo poglavlje daje povijesni presjek razvoja poštanskih maraka te iznosi dosadašnja istraživanja u zaštitnim sustavima koji definiraju specifične potrebe poštanske marke. Analiziraju se povijesne tehnike tiska i korištenja tiskarskih elemenata kao što su boje i rasterske tehnologije. Analizirane su i tehnologije zaštitnih procesa u kreiranju poštanskih maraka kroz prošireni spektar ispitivanja od ultraljubičastih valnih duljina do infracrvenih. Ova analiza ima svrhu determiniranja stanja zaštićenosti poštanskih maraka te opravdava daljnja istraživanja u svrhu zaštite koja su opisana u ovom radu.

### **2.1. Povijesni pregled poštanskih maraka**

U 19. stoljeću razvojem industrije i tehnologije, događa se i nagli društveni i komunikacijski procvat. 30-ih godina 19. stoljeća pokazala se velika potreba za reformom postojećeg poštanskog poslovanja koje do tada nije bilo zakonski uređeno. Poštanski sustav je u to doba bio vrlo skup, nereguliran pravilima i shodno tome i donekle korumpiran. Poštanske troškove je plaćao primatelj, a visina naknade je bila uvjetovana udaljenošću putovanja pošiljke i brojem listova papira. S razvojem društva i povećanih komunikacijskih potreba 1839. godine uvedena je reforma kojom se zauvijek promijenilo poštansko poslovanje, a čije principe koristimo i dan danas. U svom pamfletu sir Rowland Hill predložio je novi sustav naplate poštanskih usluga [50], koji je predstavljao revolucionarnu promjenu. Pojeftinio je poštanske usluge, a one su se mogle naplaćivati po jedinstvenoj cijeni, za sve korisnike. Za tu svrhu uveo je poštansku marku koju je plaćao pošiljatelj, a njihova prisutnost na pismu je bila dokaz o plaćanju poštanskih pristojbi. 1840. godine pojavila se prva poštanska marka, a od toga razdoblja broj pisama i pošiljki se dramatično povećao čineći poštu sinonimom za isplativost, socijalnu jednakost i efikasnost [51]. Genijalnost novog sustava brzo je bila prihvaćena i šire u svijetu pa se u godinama koje su uslijedile brzo proširila Europom i Amerikom, a zatim i cijelim svijetom.





*Slika 1. Prva poštanska marka „Penny Black“*

Od početaka, mnogo pažnje je bilo posvećeno vizualnom i tehnološkom aspektu poštanske marke. Prva marka „Penny Black“ dobila je naziv po tadašnjoj kraljici Victoriji, simbolu Velike Britanije, čiji je profil korišten u dizajnu, prema umjetničkom djelu Williama Wyona (slika 1.) [52]. Svaka zemlja tiskala je vlastite poštanske marke, prema vlastitim umjetničkim i tehnološkim standardima te se poštanska marka profilirala ne samo kao puki dokaz plaćanja poštarine, već i kao posebno umjetničko djelo. Ubrzo nakon puštanja u opticaj, razvila se i filatelija, disciplina sakupljanja i kategoriziranja poštanskih maraka. Marka je tako dobila novi život, novu vrijednost, ali i potrebu da se dodatno zaštiti protiv krivotvorenja. Zbog dvostruke opasnosti od prevara u sustavu trgovanja poštanskim markama, uvijek postoje nastojanja da se one dodatno zaštite i oplemene kako zbog svoje uporabne vrijednosti kao vrijednosnice, tako i u svom „drugom životu“ kao vrijedan predmet kolekcionarstva [49].

### **2.1.1. Poštanske marke na području Republike Hrvatske**

Na području Hrvatske, pojava prvih poštanskih maraka vezana je za razvoj pošte Austro-Ugarske monarhije. Prva pojava maraka na našim područjima datira 1850. godine, kada su se koristile poštanske marke Austrije (Dalmacija, Primorje i Istra) i Mađarske (Hrvatska i Slavonija) [53]. Zbog povijesnih prilika ne može se govoriti o hrvatskoj filateliji, ali u kontekstu ovog rada razmatra se cjelokupno povijesno razdoblje uporabe poštanskih maraka, bez obzira na geopolitičko stanje. No kako su povijesne prilike imale velik utjecaj na kreiranje motiva poštanske marke, razvoj maraka možemo podijeliti u nekoliko razdoblja sa svojim specifičnostima. Prve poštanske marke namijenjene hrvatskom tržištu javljaju se 1918. godine kada se odcjepljivanjem od Austro-Ugarske i uspostavom Države Slovenaca, Hrvata i Srba za naše područje koriste mađarske marke sa pretiskom. Prve takve marke puštene su u promet 18.11.1918. godine. Nereguliranost tadašnjih prilika i potreba da se u kratkom vremenu proizvedu marke dovele su do situacije da se u počecima koriste mađarske marke iz 1916. i

1917. godine sa posebnim pretiscima. Za porto marke koristila su se mađarska izdanja maraka iz 1914. i 1915. godine, također sa dodatnim pretiscima. Postoje dva izdanja definitivnih maraka čije su motive dizajnirali hrvatski umjetnici, a njihov likovni prikaz odražava stanje tadašnjih društvenih i političkih prilika. Prvo izdanje odnosi se na prigodnu marku sa alegorijom roba koji kida lance (slika 2.), a drugo redovno izdanje, umjetnika Line Crnčić Virant, Ota Antoninija i Antuna Koželja, također se bavi alegorijskim prikazima slobode i oslobođenja.



*Slika 2. Prva marka hrvatskog dizajna – alegorijski motiv*

Povijest je na našim područjima u svim razdobljima burno utjecala na prilike u kojima su se nalazile poštanske marke. Od rješenja motiva u kojima se ogledaju aktualne društvene prilike, do pozornosti koja se pridaje umjetničkom izričaju i tehnološkoj izvedbi poštanskih maraka. Stupanj uređenosti poštanske marke može biti i pokazatelj prilika u zemlji koja ih izdaje. Burna i dinamična razdoblja obično za sobom ostavljaju trag na lošijim tehnološkim izvedbama poštanskih maraka, različitih pretisaka koji su više ili manje kontrolirano izvedeni u ovlaštenim tiskarama [54].

Različita razdoblja donose i različitost motiva, od kojih svaki ima svoju utemeljenost u društvenim događanjima. Marke s motivima oslobođenja alegorijski odgovaraju društvenim prilikama: marke s motivima regenata, krajolika ili slično progovaraju o nekim drugačijim razdobljima. Marke sa doplatnim vrijednostima aktivno se uključuju u društveni život građana i svoje postojanje isprepliću sa trenutnim situacijama.

Ova diskusija i istraživanje povijesnih motiva na poštanskim markama idu u smjeru otkrivanja u kolikoj mjeri današnji dizajn i tehnološka izvedba maraka imaju doticaj sa stvarnim tehnološkim napretkom u odnosu na prošla vremena.

### **2.1.2. Tiskarske tehnike i rastriranje poštanskih maraka**

Od samih početaka poštanskih maraka tiskarska tehnika u kojoj su marke bile izvedene bila je jamac sigurnosti i zaštite. Koristile su se tehnološki zahtjevnije vrste tiska, kao što je duboki tisak, sa strogo kontroliranim uvjetima u kojima se tisak izvodio. Zbog činjenice da je bilo vrlo teško krivotvoriti linijsku gravuru, ona je od svojih početaka odredila vizualno obilježje poštanske marke. Kao i svi vrijednosni dokumenti, zaštita je bila primarna u definiranju motiva i dizajna poštanske marke. Prve marke otiskivane su jednom bojom. Tek početkom 20. stoljeća javljaju se višebojne reprodukcije. Ploče za tisak izrađivane su u kontroliranom, dugotrajnom i vrlo preciznom postupku, a na posebnom papiru za tisak se nalazio vodeni žig. To je za ondašnje prilike bilo dovoljno da spriječi krivotvorenje. Zbog skupoće i zahtjevnosti višebojnog tiska jednobojna izvedba je bila standard. No za jedan motiv marke se u različitim serijama gotovo uvijek koristilo posebno miješanje boja. Tako u katalozima u opisima maraka nailazimo na boje kao što su npr. *plavosiva*, *maslinastozelena*, *karmin* što upućuje da su se boje posebno miješale za potrebe tiska poštanskih maraka. Takav pristup korištenja spot boja se kasnije napustio da bi dao prostora konvencionalnom tisku sa procesnim bojama.

Tehnike tiska koje najčešće nalazimo kod prvih hrvatskih poštanskih maraka su sljedeće: litografija, fotogravura, duboki tisak (*intaglio*). Pretisci na poštanskim markama rađeni su u tehnikama knjigotiska jer takova rješenja nisu bila tehnološki zahtjevna, te u dizajnu i položaju pretisaka postoji mnogo odstupanja.

U kasnijim razdobljima polako se napuštaju zahtjevnije i skupe tehnike tiska te se izvedba sve više okreće ofsetnom tisku. U počecima se ofset koristio u kombinacijama sa drugim vrstama tiska, kao u primjeru marke na slici 3. gdje je kombinirana tehnika ofseta i knjigotiska. *Intaglio* tisak je pogodan za otiskivanje linijskih grafika, koje su prevladavale na poštanskim markama do razdoblja 70-ih godina 20.st. Manje zahtjevnije tehnike tiska su bile upotrebljavane, najčešće kod maraka sa manjom nominalnom vrijednošću (slika 5a – marka tiskana tehnikom litografije), što je umanjilo sigurnost takvih maraka, ali je omogućilo rastersku gradaciju tona grafike na marki u jednoj boji. Rasterski elementi i višebojni tisak su

se rijetko susretali u počecima tiskanja maraka, da bi u novije doba prevladali u dizajnu, što su omogućile druge tehnike tiska. Zbog složenosti i skupoće izrade se osim intaglio tiska upotrebljavaju kombinacije nekoliko manje zahtjevnijih tehnika tiska, što u konačnoj izvedbi daje dobra grafička rješenja sa adekvatnom zaštitom. Slika 3. prikazuje marku otisnutu dvobojno u ofsetu i knjigotisku.



*Slika 3. 1941 „Muške narodna nošnje“ – dvobojni tisak, ofset i knjigotisak*

Do sada nisu provedena istraživanja niti postoji literatura o analizi rasterskih elemenata na poštanskim markama. Zato je napravljeno istraživanje slučajnog uzorka poštanskih maraka te se skeniranjem na velikim rezolucijama pokušalo odgovoriti na pitanje o rasterskim tehnologijama korištenim u izvedbi poštanskih maraka.

Današnja glavna tehnika tiskanja maraka je ofsetni tisak, koji sam po sebi ne pruža toliku sigurnost protiv krivotvorenja niti daje otisak pun sitnih detalja kao tehnike dubokog tiska, ali daje mogućnost korištenja rasterskog elementa kao dijela samog dizajna.

## **2.2. Razvoj zaštitnih elemenata na poštanskim markama**

Analiziraju se zaštitni elementi na uzorcima poštanskih maraka iz povijesnih razdoblja. Dije se vidljivi od nevidljivih zaštitnih elemenata. U vidljivoj zaštiti analiziraju se grafički elementi i bojila, rasterski elementi, vrsta grafike, perforacije. Nevidljiva zaštita zahtijeva detekciju u proširenom dijelu spektra. Za ispitivanje je korišten skener Projectina Docubox koji ima mogućnost skeniranja na određenim valnim duljinama. Kao zaštitni element često se ističe korištenje ultraljubičastih premaza stoga je analiza proširena u rasponu od ultraljubičastog do infracrvenog zračenja.

### **2.2.1. Analiza vidljivih zaštitnih elemenata na poštanskim markama**

Povijest filatelističke zaštite seže od samih početaka filatelije, dakle od 1840. godine kada su se pojavile prve filatelističke marke. Zaštita je obuhvaćala papir koji je bio zaštićen raznim oblicima vodenog žiga (filigranskim slovima, crtežima i obrisima predmeta odnosno oznaka kao što je kruna i sl.) kojima se zaštitio papir kao vlasništvo tiskare odnosno korisnika radi proizvodnje filatelističke marke. Papir je u cilju zaštite imao i zaštitnu nit u određenoj boji koja je tekla okomito ili vodoravno, duž marke. Papir je mogao biti protkan zaštitom u obliku sitnih vlakana, tzv. fazer papir i sl. Tisak maraka u samim njihovim počecima, naročito kod maraka viših nominalnih vrijednosti nosio je tajne oznake crtača-gravera po kojima se i danas raspoznaju originali od krivotvorenih maraka. Zupčanje je ono koje može biti presudno kod razlikovanja originala od krivotvorine.

Debljina papira procjenjuje se prostim okom ali ako je sporna koristi se i aparatura za mjerenje debljine papira. Ona je načinjena od metala a posjeduje utor u koji se postavlja marka, provodi se stezanje marke i dobiva se očitavanje na aparatu kad se marka stegne do razine nakon koje se dalje ne može zatezati. Očitavanje debljine marke ukoliko je važno za procjenu njene rijetkosti, a time i vrijednosti može se usporediti s navodima debljine papira dotične marke u katalozima tog područja.

Počeci osiguravanja poštanskih maraka od falsificiranja i krivotvorenja leže u tiskarskim procesima i odabiru posebnih papira na koji su se marke otiskivale. Prvotni dodatni elementi zaštite uočavaju se na marki „Penny Black“, koja u donjim kutovima sadrži tipografske oblike u bijelim kvadratima. Svaka marka se razlikovala od druge samo u tom segmentu, gdje su se

upotrebljavale različite kombinacije slova, ovisno o položaju marke na samom tiskarskom arku.

Element zaštite je i samo dizajnersko rješenje, moglo bi se reći da se u doba kada su tehničke okolnosti bile ograničene, više pažnje posvećivalo izradi samih grafika i tipografskih rješenja na markama. Linijska grafika je sama po sebi zahtjevna tehnika koja se teško može reproducirati.



*Slika 4. Marke iz 20-tih godina 20. st - Deutsches Reich*

Njemačke marke iz razdoblja 20-ih godina (slika.4.) pokazuju tadašnje trendove u dizajnu linijskom grafikom. Javljaju se rozete i simetričan geometrijski dizajn sa mnogo složenih, neprekinutih linija precizno graviranih da bi se otežalo krivotvorenje. Neke od ovih maraka imaju i posebnost dvostruke vrijednosti, gdje je u pozadini otisnuta originalna vrijednost marke, dok se naknadno pretiskivanjem (zbog nagle inflacije nije se stiglo dizajnirati i tiskati nove) uvela nova vrijednost nominale. Otisci koji su se naknadno otiskivali ne sadrže posebne zaštite, osim okomitih linija koje služe prvenstveno skrivanju prvotne vrijednosti, ali gledano kao kombinacija pozadine u kojoj je originalna grafika i novog otiska preko originala, stvara se ispreplitanje grafičkih elemenata koje bi moglo otežati falsifikaciju.

Na hrvatskim markama iz vremena 40-ih godina 20.st. uočava se nekoliko glavnih trendova izrade poštanskih maraka.

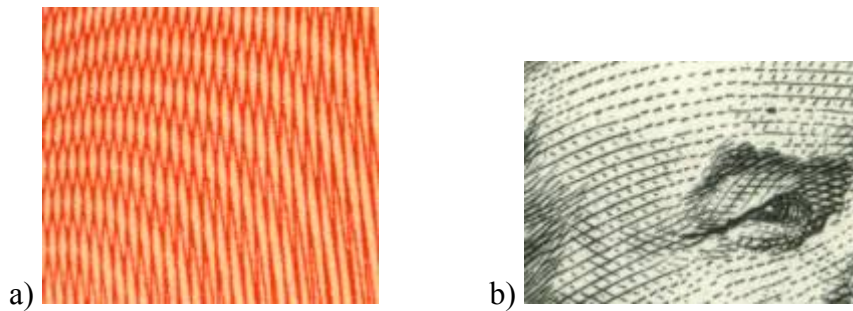


*Slika 5. Hrvatske poštanske marke u različitim tiskarskim tehnikama*

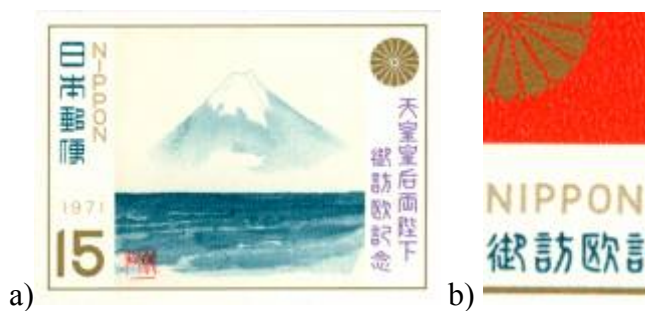
Većina je tiskana jednobojnim tehnikama litografije (slika 5.a.) ili linijske gravure (slika 5. c. i d.), ali javljaju se primjerci drugih tehnika tiska, sa višebojnim rješenjima u ofsetu i knjigotisku (slika 5.b.). Očigledno je da je većim nominalnim vrijednostima posvećeno više pažnje u definiranju grafičkih elemenata i tipografije, pripremi grafika za tisak, te samom tisku, dok su manje nominale imale slabiju kvalitetu izrade, ali s druge strane bogatiji likovni izričaj. Porto marke tiskane su dvobojno, posebnim bojama, sa pozadinskim pleterom i prednjim dijelom sa nominalom, pleterom i oznakom države.

Ruska marka iz 60-ih godina 20.st. (detalji na slici 6.) uvodi u zaštitni dizajn, trobojni tisak sa posebnim metalik bojama koje pod različitim kutovima upada svjetla daju drugačije tonove. Tiskanjem intaglio tiskom portreta osigurana je kvaliteta izvedbe finih linija (slika 6.b.) kojima je iscrtana čitava grafika zajedno sa tipografskim rješenjem. Element zaštite predstavljaju narančaste linije (a) koje svojim ispreplitanjem stvaraju optičke oblike koje je teško ponoviti ručnim graviranjem.

Sedamdesetih godina se primjećuje trend porasta višebojnih otisaka sa rasterskom grafikom, što su omogućile moderne tiskarske tehnike. Na primjeru japanskih marki iz 1971.g. (slika 7.) vidi se kombinacija linijskog tiska sa rasterskim elementima. Kao glavni element zaštite ističu se posebne boje te zlatotisak, no ni po čemu drugome nije posvećena dodatna pažnja u zaštićivanju marke.



Slika 6. Ruska marka iz 60-ih godina 20. stoljeća - detalj



Slika 7. Japanska marka iz 1971(a); detalj(b)



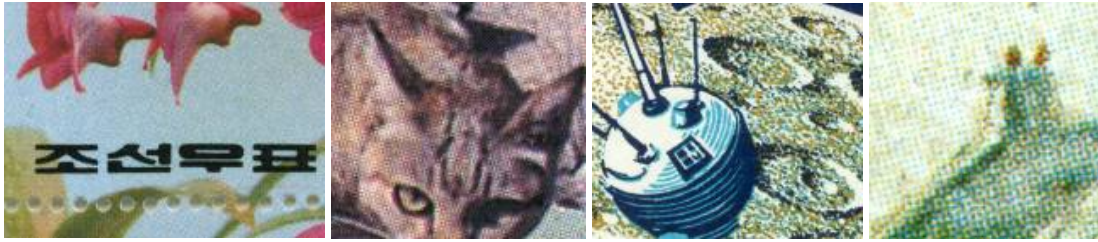
Slika 8. 1976. Brazilska poštanska marka – detalj

Rasterska grafika na brazilskoj marki izdanoj 1976. (slika 8.) tiskana je klasično sa točkastim rasterskim elementom, procesnim bojama u ofsetnom tisku. Zaštita je postignuta upotrebom spot boja (zlatna). Zaštitni elementi se nalaze izvan marke, na arku, gdje je posebnim fontom i zaštitnom linijskom grafikom u zlatotisku osigurana zaštita.

Primjenom jeftinijih tehnika tiska na poštanskim markama, skrenuta je pažnja sa samog tiska kao zaštitnog elementa marke, već su se uvodila neka nova rješenja, kao što su vodeni žigovi, posebne boje, slijepi tisak, zlatotisak, te novi materijali. 80-ih i 90-ih godina 20. st. Zaštitni elementi su manje primjetni, te se sav fokus usmjeruje ka samoj grafici, kao ukrasnom



elementu, svrstavajući marku među umjetnička djela koja su dizajnirali mnogi ugledni umjetnici.



*Slika 9. Primjeri poštanskih maraka otisnutih klasičnim ofsetom*

U ovom stoljeću ponovno se pojavila potreba za većim zaštitama na svim vrijednosnim papirima, tako i markama. Libijska marka (slika 10.) prikazuje kombinaciju različitih vrsta tiska (ofset, zlatotisak, slijepi tisak), linijsku i rastersku izvedbu grafike (sa klasičnim rasterskim elementom) te se uvodi hologram preko kojeg je tiskana nominala. To upućuje na zaključak da se je prvo izveo ofsetni tisak, potom je nanesena holografška folija, izveden procesni tisak na portretu te folio tisak s zlatnom folijom sa reljefnim klišeom. Na taj način je onemogućeno falsificiranje nominalne vrijednosti. Unutar holograma su jednostavni grafički elementi kružnica, bez tipografskih elemenata, no pružaju dostatnu zaštitu zajedno sa ostalim elementima koji se nalaze na marki.



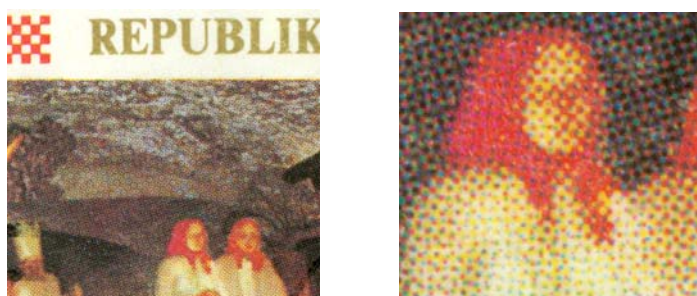
*Slika 10. 2001. Libijska poštanska marka sa zaštitnim hologramom*

## *ANALIZA RASTERSKIH ELEMENATA NA HRVATSKIM POŠTANSKIM MARKAMA*

Ispitivani uzorak maraka je otkrio kako su za tisak najčešće upotrebljavani klasični točkasti amplitudno modulirani rasterski elementi (AM), ali u novije doba sve češće je u upotrebi frekventno modulirani rasterski element (FM), kao dopuna zaštite poštanske marke.

Analizirane su hrvatske marke koje su bile u opticaju od 90-tih godina 20. st. do danas. Kod maraka otisnutih ofsetom najčešće su iskorištene druge vrste zaštita, kao što je kombinacija sa linijskim tiskom ili korištenje posebnih boja. Amplitudno modulirani rasterski element ima zadanu strukturu linijature i kuta rastriranja i ne pruža dovoljnu kvalitetu reprodukcije niti može koristiti kao element zaštite stoga marke rastrirane na taj način uvijek koriste druge vrste zaštitnih elemenata.

Analizirane poštanske marke sa AM rasterom uvijek koriste klasično rastriranje, sa kružnim oblikom rasterskog elementa, te standardnim kutovima rastriranja za ofsetni tisak ( $C=15^\circ$ ,  $M=75^\circ$ ,  $Y=0^\circ$ ,  $K=45^\circ$ ). Linijature takvih rastera su dovoljno male da bi se rasterski element primijetio golim okom, što dovodi do smanjenja oštine na motivu marke. Može se reći da se nije posvećivala dovoljna pažnja kod odabira motiva u odnosu na tehniku rastriranja koja je korištena u tisku (slike 11. i 12.).

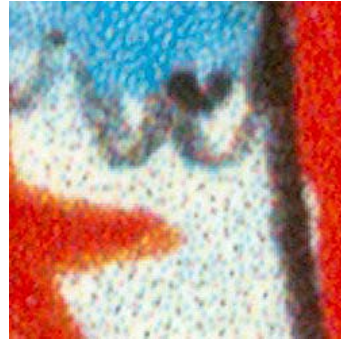


*Slika 11. 1992. Babić-Biffel - AM raster u kombinaciji sa zlatotiskom na tipografiji*



*Slika 12. 1992. Nikolić - AM raster - detalj (marka bez dodatnih zaštita)*

Sljedeći najčešći oblik korištenih rasterskih elementa je FM raster. Takva vrsta rastriranja omogućava bolju reprodukciju umjetničkog djela na samoj marci, a smatra se da doprinosi dodatnoj zaštiti [7]. Zbog veličine rasterskog elementa i njegove stohastičke pozicije nemoguće je takvu sliku reproducirati skeniranjem na manjim rezolucijama i puštanjem u tisak na nekvalitetnim uređajima. Time se smanjuje mogućnost krivotvorenja, no ono nije u potpunosti onemogućeno. Primjeri (slike 13., 14. i 15.) prikazuju kako je tehnika FM rastriranja korištena samostalno, ili u kombinaciji sa AM rasterom i posebnim bojama.



*Slika 13. 1997. Keser - FM raster*

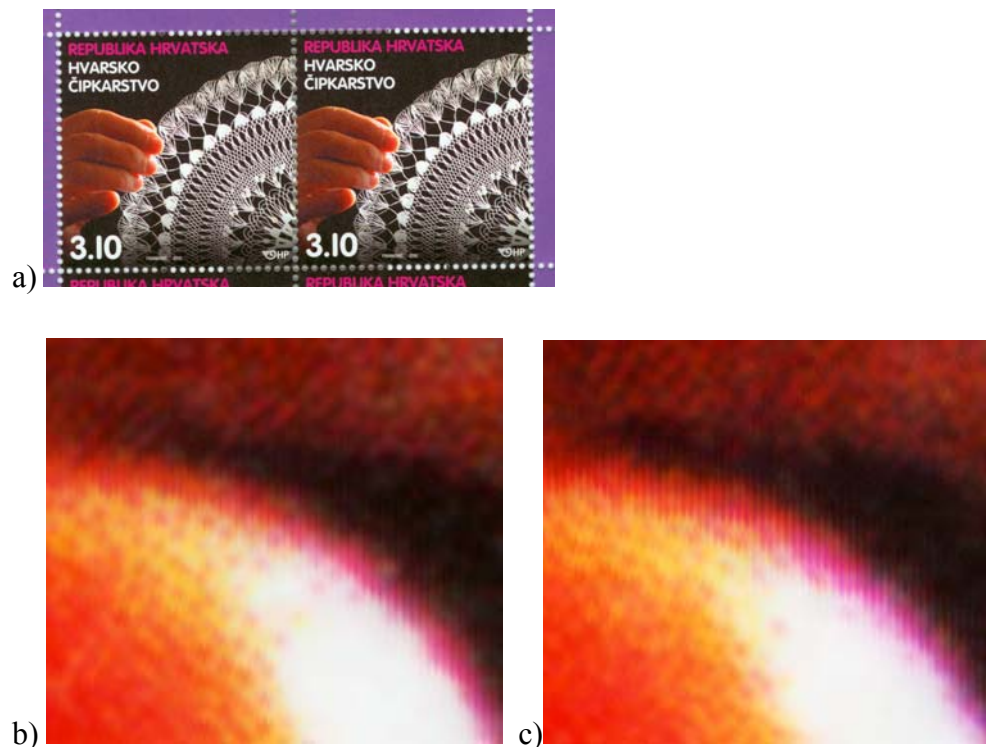


*Slika 14. 1996. Artuković - FM raster u kombinaciji sa AM rasterom (tekst otisnut AM rasterom, a grafika u FM)*



*Slika 15. 1995. Lovrenčić - FM raster u kombinaciji sa posebnim bojama (motiv je uz procesne boje otisnut i srebrnom bojom)*

U dokazivanju autentičnosti kod numizmatičkog evaluiranja poštanskih maraka FM raster može biti veliki nedostatak, zbog svoje stohastičke prirode. Kod maraka koje su otisnute na jednom arku u jednom prolazu tiskarskog stroja, nemoguće je kontrolirano odrediti pozicije rasterskih točaka FM rastera, te su na taj način sve marke na jednom arku u svojoj mikrostrukturi drugačije. To znači da se dokazivanje autentičnosti ne može provesti ispitivanjem položaja rasterskog elementa jer se ne može točno odrediti s kojeg je arka potekla poštanska marka, te je zbog toga otvorena mogućnost krivotvorenja.



Slika 16. Dvije susjedne poštanske marke u arku (a); različit raspored rasterskih elemenata u istom detalju (b)(c)

Grupa poštanskih maraka koje nalazimo u primjerima hrvatskog podrijetla jesu marke sa posebno dizajniranim rasterskim elementima (slika 17. i 19.). Ovaj rad se bazira na upotrebi takvih rastera čiji razvoj je ostao u eksperimentalnoj fazi. Rasterski element je individualiziran te služi kao značajan element zaštite. Takvi rasteri su korišteni samostalno ili u kombinaciji sa drugim načinima rastriranja ili uz linijsku grafiku. Ovisno o finoći rastera on može biti vidljiv bez povećanja ili je vidljiv tek skeniranjem u visokoj rezoluciji, što daje mogućnost definiranja finoće same reprodukcije. Na primjerima možemo vidjeti posebne



rasterske elemente koji su dovoljno sitni te ne „ometaju“ vizualnu strukturu reprodukcije, dok u drugim slučajevima predimenzionirani rasterski elementi dodaju vizualni moment te su uklopljeni kao dio dizajna. Korišteni rasterski elementi imaju sinusoidni oblik sa različitim linijaturama i kutovima za različite boje.



*Slika 17. a) K.Čop 1997. detalj marke sa sinusnim rasterom finije linijature; b) N.Žiljak – D.Eljuga 1994. detalj sa sinusnim rasterom grube linijature*

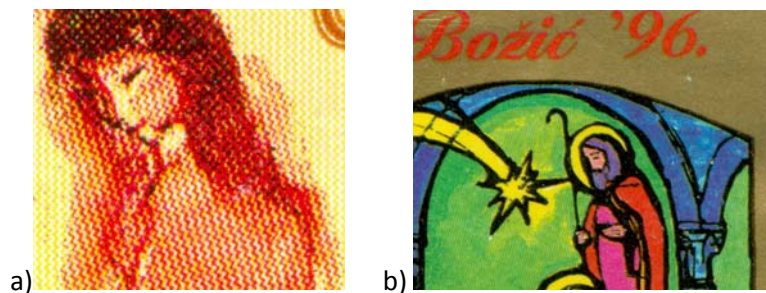
Poštanske marke sa individualiziranim rasterskim elementima bile su u opticaju 90-tih godina 20.st. kao jedinstveni eksperiment zaštite poštanske marke. Ovaj rad se bavi dopunom u, danas, još nedovoljno istraženom području individualiziranih rasterskih elemenata i njihovom utjecaju na zaštitu dokumenta.

Individualizirani rasteri spadaju u kategoriju amplitudno moduliranih rastera, sa definiranom linijaturom i kutom, te posebnim oblikom rasterskog elementa. U procesu zaštite, korištenje posebno dizajniranih rasterskih elemenata može služiti kao identifikacijsko sredstvo poštanske marke. Prijedlog jest, i to će u kasnijim poglavljima biti utvrđeno, da se rasterski element ugradi u svaki arak i u svaku marku na jednaki način koji će nositi informaciju o tisku same marke, te na taj način osigurati autentičnost. Sličan proces je korišten u poštanskim markama Kanade (slika 18.) u kojima se na dijelovima marke koriste posebni rasterski elementi ugrađeni u dizajn marke. Ti primjerci maraka su tiskani kombinacijom intaglio tiska i ofseta, te su rasterski elementi ručno gravirani u svrhu zaštite. Zbog same tehnike tiskanja i

ručne izrade rasterskog elementa u dubokom tisku takve marke su jedinstvene i vrlo skupe, te se način na koji su izrađene isplati samo na većim nominalama.



Slika 18. 1997 Canada. \$8 Grizzly Bear, zeleni detalj sa rasterskim oblikom medvjeda



Slika 19. a)1996. N.Žiljak, D.Eljuga - Rasterski element vidljiv bez povećanja uklopljen u dizajn motiva poštanske marke; b)1996. Botteri – veća linijatura posebnog sinusoidnog rastera koji nije vidljiv bez povećanja

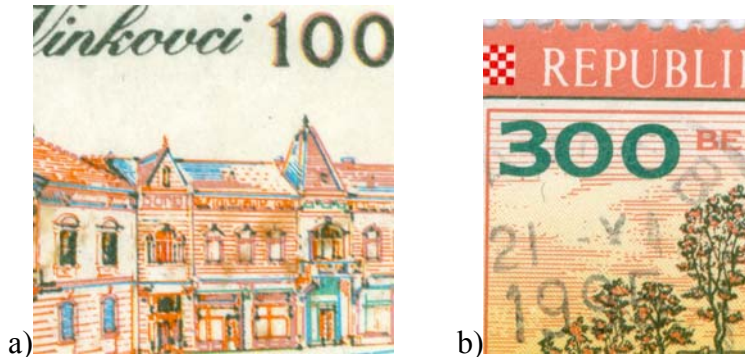
Ovaj rad ide u smjeru automatizacije procesa izrade samih rasterskih elemenata u kojima se definiraju računalno kontrolirane faze, pogodne za tisak u ofsetnom tisku.

U tu svrhu koristi se tehnika kompjuterskog rastriranja kroz Postscript kojim je moguće kontrolira sve parametre, poput linijature, kuta, oblika ili stohastičke raspršenosti rasterskog elementa.

## LINIJSKA GRAFIKA

U prošlosti je linijska grafika prevladavala na poštanskim markama, jer je tehnologija izrade bila takva da je pogodovala izradi finih linija koje su se teško mogle krivotvoriti. Danas marke otisnute linijski nemaju finoću detalja kao prijašnje i ne služe svrsi zaštite, već isključivo kao dizajnersko rješenje. Zbog toga linijski otisnute poštanske marke najčešće kao

dodatni element zaštite koriste kombinaciju sa posebno miješanim spot bojama. U dizajnu se koriste dvije, tri ili više posebno miješanih boja kako bi dobili reprodukciju kakvu je autor izveo u originalu.



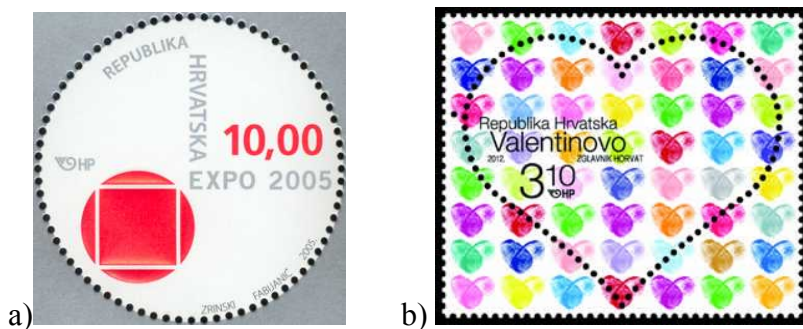
Slika 20. 1992. Šiško – a) Linijska grafika sa tri korištene spot boje; b) Kombinacija AM rastera kojim je otisnut žuti kanal grafike, te linijska grafika sa tri posebne boje

#### ANALIZA PERFORACIJA

U primjerima hrvatskih poštanskih maraka nalazimo najčešće na dvije vrste perforiranja, odn. zupčanja: linijsko i češljasto. Zupčanje predstavlja standardiziran proces, sa točno određenim parametrima, što omogućava laku provjeru vjerodostojnosti marke. Analizirani primjeri pokazuju da se u novije vrijeme koristi češljasto perforiranje, koje daje uredniji izgled rubova maraka, u odnosu na linijsko koje je mnogo nepreciznije. Hrvatske marke se danas perforiraju sa standardnom mjerom od 14 rupa na 2 cm. Od 2006. do 2009. god. na hrvatskim poštanskim markama se pojavljuje i zupčanje sa rombom kao dodatnom zaštitom. U slučajevima posebnih prigodnih maraka (slika 22.) zupčanje se ponekad izvodi u kružnim ili krivoljnim oblicima, no takva praksa se rijetko provodi, zbog skupoće samih alata za perforacije.



Slika 21. 2007. Rešćak - Primjer perforirane marke sa romb češljastim zupčanjem.



Slika 22. a) 2005. Fabijanić; b) 2012. Zglavnik; - Dizajn poštanske marke sa kružnim i srololikim perforiranjem.

Zupci se mjere na dužinu marke od 2 cm na način da se broje ili se postavlja zubomjer (pomagalo izrađeno od papira ili drugog materijala koje već sadrži oznake razmaka zubaca, te se prislanjanjem na samu marku broje zupci i tako utvrđuje zupčanje. Npr. zupčanje  $12 \frac{1}{2}$  je ono koje predstavlja taj broj zubaca na dužinu od 2 cm marke. S obzirom da marke ne moraju imati nužno sve četiri stranice zupčane istim zumbama to znači da je marke potrebno provjeravati na sve četiri stranice. Filatelisti koji poznaju pojedine marke koje sakupljaju to mogu već, zbog iskustva ocijeniti i prostim okom.



### 2.2.2. Analiza zaštitnih elemenata u ultraljubičastom dijelu spektra

Tisak maraka sa ultraljubičastim premazima boja u današnje vrijeme postaje standardna mjera zaštite. Takva zaštita nije vidljiva na danjem svjetlu, ali se na vrlo lak način može provjeriti pod ultraljubičastim lampama. Pregledom primjera poštanskih maraka iz različitih dijelova svijeta možemo vidjeti raznolikost mogućnosti u dizajnu i primjeni takvih premaza u zaštitne svrhe. Ultraljubičaste premaze možemo podijeliti u nekoliko kategorija: UV premaz na papiru (izvan otisnute grafike), linije UV premaza koje prolaze kroz otisnuti motiv, tekst otisnut, u cijelosti ili djelomično, sa UV bojilom i cijela površina marke premazana UV bojom. Primjeri većine modernih hrvatskih poštanskih maraka pokazuju UV zaštitu u obliku logotipa Hrvatske Pošte na premazu preko cijelog arka papira (slika 27.).



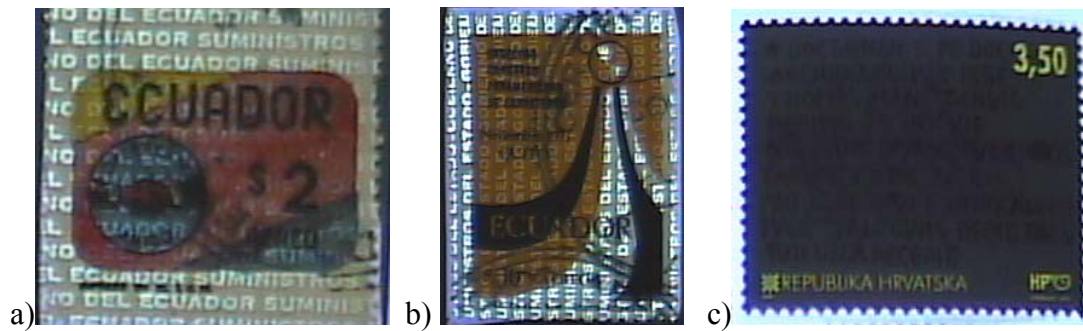
Slika 23. Zaštitni UV premaz na papiru izvan otisnute grafike motiva



Slika 24. Djelomični UV premaz u linijama preko marke, tekst otisnut UV bojom



Slika 25. UV premaz preko cijele površine marke



Slika 26. Primjeri maraka sa UV otiskom tipografskih elemenata

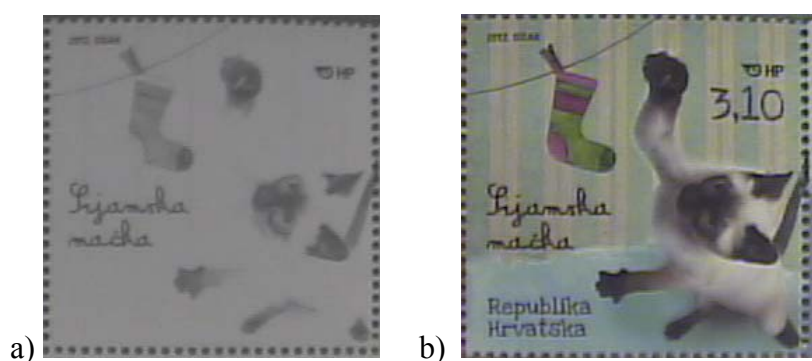
Marke sa slike 26 a. i b. prikazuju blok teksta koji prelazi preko cijele marke, te nije u korelaciji sa otisnutom grafikom. Treći primjer (c) hrvatske marke prikazuje selektivno korištenje UV boje za tekst, na točno određenim pozicijama marke, gdje se samo dio postojećeg teksta (koji je glavni motiv marke) otiskuje UV bojom.



Slika 27. 2010. Franković& Vučić - Ultraljubičasti premaz papira na modernim hrvatskim markama

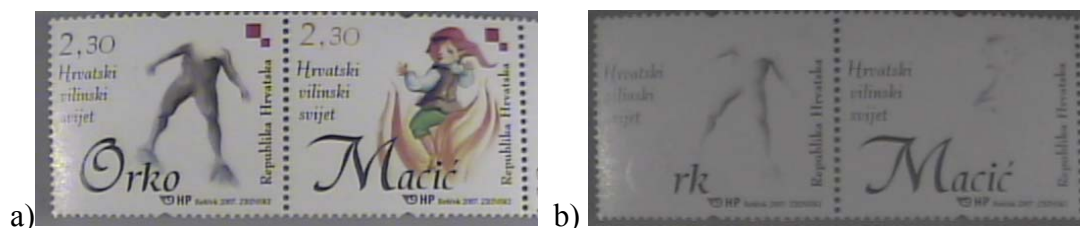
### 2.2.3. Analiza zaštitnih elemenata u infracrvenom dijelu spektra

Pregledom poštanskih maraka hrvatske i svjetske proizvodnje kroz uređaje za barijerno skeniranje u infracrvenom dijelu spektra došlo se do zaključka da još ne postoje primjeri manipulacije bojama u infracrvenom dijelu spektra, što omogućuje daljnji razvoj zaštita. Na primjerima promatranim pod infracrvenim svjetlom nisu uočene nikakve naznake kontrolirane upotrebe boja koje u IR dijelu spektra djeluju različito, a u vidljivom dijelu spektra su jednake (osim na jednom primjerku hrvatske poštanske marke, što može biti i protumačeno kao greška u pripremi grafike za tisak – slika 29.a.).



Slika 28. 2012. Odak – a) infracrveno svjetlo; b) Vidljivi dio spektra

Na primjeru je vidljivo da odaziv neke boje u infracrvenom dijelu spektra ovisi o količini crne koju dotična boja sadrži. Iste nijanse boje u vidljivom dijelu spektra mogu različito reagirati u infracrvenom području ako se promijenio postotak crne i ostalih komponenti u njihovom miješanju. Tekst („Orko“) sa slike 29.a. koji je pod vidljivim svjetlom otisnut u istoj nijansi, u infracrvenom području ima potpuno različit odaziv (slova O nisu uopće vidljiva). No kako je ovo jedini takav primjer, na ispitivanom velikom uzorku, ne može se sa sigurnošću utvrditi je li to namjerna manipulacija bojama ili slučajna pogreška kod pripreme, zaključak jest da se još nije pojavila poštanska marka u redovnoj upotrebi sa namjernim dizajnom elemenata u infracrvenom području.



Slika 29. a) marka pod vidljivim svjetlom; b) marka skenirana na 1000 nm

### 2.3. Dvostruka uloga poštanskih maraka

Poštanska marka od početaka svog postojanja ima dvostruku ulogu. Ona je jednokratani vrijednosni dokument koji predstavlja malu novčanu protuvrijednost u poštanskom prometu, a kada joj prođe uporabni rok, ona postaje predmet interesa sakupljača koji joj pridaju novu vrijednost. Cijena poštanske marke je tada određena njenom rijetkošću i posebnostima izrade, a može se mjeriti i u milijunima dolara (švedski žuti skiling – 2.3 mil.\$). Dvostrukost se očituje i u ulozi marke. Osim dokaza o plaćanju često se naglašava da je ona i ambasador države koja ju izdaje. Zato se uvijek pridavalo mnogo pažnje vizualnom izričaju na licu marke te su se za potrebe dizajna uvijek angažirali renomirani umjetnici i majstori da ovjekovječe određene trenutke, osobe ili posebnosti zemlje koju dotična marka predstavlja na poštanskoj pošiljci [55]. Primjeri koji su dizajnirani za ovaj rad, dodaju poštanskoj marci nove dimenzije dvostrukosti. U ovom slučaju je to vizualna dvostrukost, koja se može promatrati u proširenom spektru valnih duljina. Fizičko svojstvo bojila da ostavlja trag u infracrvenom dijelu spektra iskorišteno je u vizualnoj reprezentaciji motiva koji svoj smisao nalazi upravo na poštanskoj marci. Kreirana je dvostrukost motiva koji priča novu priču o prigodi za koju je marka dizajnirana. U vidljivom dijelu spektra imamo jedan motiv, dok se u infracrvenom dijelu skriva sasvim druga informacija, koja može poduprijeti ili dati novi smisao motivu vidljivom golim okom. Dvostrukost primjene novog načina dizajna se očituje i u činjenici da je na taj način riješena i zaštitna funkcija ovog vrijednosnog dokumenta. Kontroliranom manipulacijom bojila kojima se postiže dvostruka slika, potpuno se onemogućuje krivotvorenje ovakve poštanske marke.

Poštanske marke se izdaju obilježavajući različite obljetnice, događaje, godišnjice rođenja/smrti važnih osoba, kao osvrti na mnoga društvena, umjetnička i znanstvena djela koja su ostavila trag u ljudskoj povijesti. U analizi tematike motiva ne postoje ograničenja. Obilježava se sve što je u danom trenutku povijesti bilo važno i utjecalo na društveni razvoj. Također, obilježavaju se prirodne ljepote i fenomeni jednako kao i znanost, umjetnost, industrija, sport te povijesne ličnosti i događaji [55].

Kada se govori o prigodnim motivima i analiziraju likovna rješenja maraka, često se u oblikovanju neki dijelovi motiva izostavljaju ili umanjuju do mikroskopskih granica da bi drugi dobili više prostora. Motiv se može prikazati na mnogo različitih načina, gdje se naglašavaju informacije koje umjetnik smatra bitnima, dok se ostale informacije reduciraju. Zbog malog prostora to je postalo iznimno važno na poštanskim markama, da ne bi došlo do vizualnog šuma, gdje bi motiv bio „ugušen“ viškom detalja. No sve što se na neki način

obilježava i ističe na markama ima višeslojnost priče te se može promatrati iz različitih perspektiva. Ako obilježavamo godišnjicu rođenja/smrtni nekog umjetnika, želimo na marci predstaviti i umjetnika i njegovo djelo. Možemo obilježavati znanstvena postignuća, no želimo dati počast i zaslužnim znanstvenicima. Želimo predstaviti arhitekturu nekog grada, ali želimo predstaviti i arhitekta iza tih zgrada. U svakoj tematici nalazimo određenu dualnost, kojoj je teško pristupiti na odgovarajući način sa tehnikama grafičkog oblikovanja koje smo koristili do danas. Mali okvir poštanske marke nas ograničava na jednu sliku i tekstualni dio koji šturo (s obzirom na prostor) objašnjava likovno rješenje.

U ovom radu kreirane su poštanske marke koje odgovaraju na zahtjev dvostrukosti informacije. Obilježavaju se godišnjice događaja koji su na neki način obilježili povijest i društvenu stvarnost. Kroz eksperimentalne poštanske marke opisane u sljedećim poglavljima daje se dizajnersko rješenje višestrukih informacija koje se ne mogu izvesti klasičnim tehnološkim postupcima.

Na pitanje o višestrukim slikama na poštanskim markama dosadašnja tehnologija izrade nije mogla dati odgovor. Razvojem tehnologije u grafičkoj industriji te novim saznanjima u području miješanja i mjerenja bojila, došlo je do napretka i u istraživanjima u proširenom spektra bojila. Zadiranjem u dijelove spektra koji nisu vidljivi ljudskom oku, ali su lako mjerljivi instrumentima, moguće je ostvariti prošireno područje oblikovanja grafika.

Dualnost koja se pripisuje svakom motivu marke, sada je podijeljena na vidljivu i nevidljivu informaciju/grafiku. Današnjim tehnologijama tiska grafiku u vizualnom dijelu spektra možemo opisivati kao umjetničko djelo dok joj novim alatima i tehnologijama u drugim dijelovima spektra možemo dati dopunjeno ili novo značenje, te je smjestiti u kontekst koji je potpuno različit od onoga koji sama za sebe predstavlja.

Primjeri predstavljeni u novim eksperimentima dokazuju dualnost poruka koje oblikuje dizajner. U pristupu ovakvom oblikovanju dizajner treba imati znanja manipulacije grafikom na način da se dvije slike potpuno stope, te imati potrebna znanja u području miješanja bojila i korištenju posebnih rasterskih elemenata koja ovise o vrsti tiska i materijala na koji se motiv otiskuje. Ta dodatna dimenzija, novi sloj informacija, mijenja gledateljev doživljaj. Motiv daje mnogostruko više informacija, u obliku grafike i teksta te dodatno pojašnjava njegovo značenje. Male dimenzije poštanske marke dobivaju dvostruki prostor za smještanje elemenata.

Ovdje se javljaju novi zahtjevi gradacije informacija čiju važnost određuje dizajner te ih planirano smješta u prostor vizualnog i infracrvenog dijela spektra. Manipulacija informacijom na ovaj način zahtijeva nove tehnologije koje će biti opisane kroz eksperimentalni rad u sljedećim poglavljima.

#### **2.4. Zastupljenost krivotvorenja i falsificiranja poštanskih maraka**

Iako poštanska marka sama po sebi ne predstavlja veliku vrijednost za individualne korisnike, problem krivotvorenja u svijetu postoji, te u državama sa velikim nakladama maraka predstavlja velike novčane gubitke. Izvještaji svjetskih poštanskih ureda velikih država broje gubitke uzrokovane krivotvorenjem poštanskih maraka u milijunima dolara. Također, marke se krivotvore s namjerom da postignu veću vrijednost kao umjetnička djela u kolekcionarskim krugovima, gdje njihova vrijednost uvelike premašuje nominalnu upotrebnu vrijednost [53]. Zato se posebna briga treba posvetiti zaštiti ovog vrijednosnog papira, što se u mnogim zemljama zanemaruje ili ne koristi u dovoljnoj mjeri.

Pregledom današnjih izdanja poštanskih maraka, zaštita je izvedena u vidu posebnih papira sa ugrađenom zaštitom, strogo definiranim nazubljenjem, upotrebom posebnih boja uz procesne boje (spot boje, UV boje, metalik boje), a u posljednjih 20-ak godina mogu se naći marke sa hologramima koji do sada predstavljaju najbolju zaštitu. No postavlja se pitanje je li hologramska zaštita preskupa za izradu većih naklada maraka koje kolaju u svakodnevnoj upotrebi.

Iako stručna literatura razlikuje značenje između falsificiranja i krivotvorenja, stručna filatelistička literatura toj razlici ne pridaje veće značenje. Falsificiranje podrazumijeva krivotvorenje od samo pojedinih dijelova marke, pa do ukupnog krivotvorenja marke, dakle svih njenih elemenata istodobno. Krivotvorenje se javlja od samih početaka poštanskih maraka. Ono se može podijeliti u dvije grupe: krivotvorenje na štetu pošte i krivotvorenje na štetu filatelista. I jedno i drugo može proizvesti ozbiljne štete kada se razmatraju vrijednosti poštanske marke. U zemljama gdje postoji velika naklada poštanskih maraka, dolazi do velikih gubitaka iako je sama nominalna vrijednost marke zanemariva. Krivotvorenje na štetu filatelista, također je velik problem, jer neke poštanske marke postižu vrlo visoke cijene te su stoga zanimljive za razne vrste špekulacija.

Krivotvorenje ima mnogo razina kvalitete izvedbe i načina na koji se dolazi do krivotvorenog rješenja. Postoje primjerci potpunih krivotvorina, gdje se išlo na izradu gravura i njihova otiskivanja na originalni papir, do izrade pretisaka i natisaka na inače običnim, jeftinim markama. Izrađuje se lažno zupčanje, vodeni žig, zaštitne niti, punce ispitivača i dr. Krivotvorenje reparaturama maraka (filatelistički neispravnih maraka ili oštećenih maraka) raširen je i vrlo ozbiljan način prijevare filatelista. S obzirom da poštanska marka ima novčanu protuvrijednost, krivotvorenje je način na koji se može ili uštedjeti ili dodatno zaraditi novac. Stoga je od samih početaka bilo potrebno takav sigurnosni dokument bilo potrebno zaštititi.

Postoje certificirani ispitivači poštanskih maraka na kojima je dužnost da provedu ispitivanje i daju atest vjerodostojnosti poštanske marke. Tehnike ispitivanja maraka su različite i individualne za svakog ispitivača. Stariji i iskusniji ispitivači koji posjeduju veliku kolekciju poštanskih maraka manje se koriste instrumentima, a više usporedbom i odličnim poznavanjem karakteristika pojedinih marki za koje su postali eksperti. Tehnike ispitivanja ovise o području ispitivanja i o samom ispitivaču. Iz intervjua filatelista ispitivača saznaje se kako se ne koriste instrumentima za spektralnu analizu iako bi to u nekim slučajevima bilo potrebno. Većina ispitivanja koja se vrše nije da se ustanovi je li marka krivotvorena, već da se utvrdi koja je vrijednost te marke. Rijetke marke u pravilu postižu višu cijenu, ali i one koje u sebi sadrže neku posebnost. Npr. broj maraka „Penny Black“ je vrlo velik u filatelističkom svijetu, ali ona može postići vrlo visoku cijenu iz razloga što je to prva poštanska marka na svijetu. Općenito, dizajn, tiskarski procesi i posebni korišteni materijali nisu od većeg značaja kada se govori o vrijednosti marke. Vrijednost se isključivo formira prema potražnji, iako bi neka posebnost u izvedbi poštanske marke mogla biti zanimljiva kolekcionarima te na taj način postigla veću vrijednost.

### **3. STEGANOGRAFIJA U TISKARSKOJ TEHNOLOGIJI SEPARACIJE BOJA**

#### **3.1. Sakrivanje informacije u materijalnom i digitalnom zapisu**

Steganografija podrazumijeva proces sakrivanja informacije unutar nekog medija. Taj medij se naziva nositelj i njegova uloga je prikrivanje postojanja druge informacije. Steganografija je srodna disciplina kriptografiji sa bitnom razlikom u tome što kriptografija mijenja informaciju po određenom ključu tako da ona nije razumljiva, dok steganografija sakriva informaciju tako da ne bude vidljiva [45]. Različite tehnike steganografije koriste se već nekoliko tisućljeća, a u današnjem svijetu digitalnih medija sakrivanje informacije dobiva nove dimenzije[46][47]. Steganografija koristi različite tehnike sakrivanja koje se mogu oslanjati na karakteristike materijala od kojih je nositelj kreiran ili, u digitalnom svijetu, koristiti algoritamske promjene u kodnom zapisu nositelja. Razvijeno je mnoštvo steganografskih metoda i alata koji omogućuju umetanje bilo kakvog binarnog zapisa u drugi binarni zapis [48]. Najčešća primjena je ipak kod zvučnih zapisa i slika.

Primjena steganografije je u različitim područjima i aktivnostima, kako u legalnim, tako i ilegalnim. Različite metode se ipak razvijaju u svrhu zaštite, najčešće u digitalnim vodenim žigovima. Skrivena informacije mogu služiti i u utvrđivanju je li nad izvornim skupom podataka bila izvršena određena promjena. Dalje, steganografijom se može određenom multimedijском sadržaju dati bilješke koje neće ometati njihov izvorni format. Daleko najvažnija uloga steganografije je u očuvanju povjerljivosti podataka i njihova zaštita od neovlaštenog pristupa, krađe ili sabotaze.

#### **3.2. Steganografija u tiskarskim procesima s djelovanjem u proširenom spektru od 400 do 1000nm**

Sakrivanje slike u tiskarskim procesima sa proširenim spektralnim karakteristikama počiva na svojstvima materijala koji se koriste u tisku, konkretno, bojilima. Činjenica je da crno bojilo zbog svog sastava pokazuje određenu apsorpciju svjetlosti valnih duljina u infracrvenom dijelu spektra. Procesne boje koje se koriste u tisku nemaju to svojstvo. Kombinacijom bojila postiže se određeni ton. Ton boje u kolorimetriji je određen RGB, Lab ili HSB sustavima koji se bave vizualnom prezentacijom boja. Utvrđeno je da se jedan ton boje može u realnim uvjetima tiska i separacije boja dobiti sa različitim omjerima procesnih CMYK bojila.



Konvencionalna tehnologija CMYK separacije podrazumijeva gotove programske karakteristike i postavke boja (*color setting*) koji su dostupni u programima za obradu slike. Za sve vrste tiska postoje već uređene postavke koje separiraju sliku u četiri kanala podešene za određene tehnike tiska. Konvencionalna CMYK separacija bavi se samo podešavanjem boja u vidljivom dijelu spektra bez obzira na karakteristike tih boja u drugim dijelovima spektra. Tehnolog koji obrađuje sliku nema mogućnost manipuliranja kanala, jer je cijeli proces automatiziran i kontroliran softverski i u CTP uređajima.

Separacija boja u steganografiji podrazumijeva drugačiji način pristupa separiranju CMYK kanala. Slika se dijeli u vizualnom i infracrvenom spektru, gdje je crni K kanal nositelj infracrvene poruke. Postupci miješanja bojila počivaju na selektivnim UCR i GCR metodama gdje se dodavanje i oduzimanje CMYK komponenti kontrolirano manipulira kroz algoritme separacije.

### 3.3. CMYKIR separacija

CMYKIR separacija podrazumijeva separaciju CMYK kanala slike na način da se manipulira njezin odaziv u infracrvenom dijelu spektra, dok se istovremeno vizualna slika ne mijenja. Takav način separacije ne podržavaju konvencionalni programi ni postavke boja.

U pripremi slike za CMYKIR reprodukciju prvi korak je obrada ulazne RGB slike. Aditivne RGB boje kojima se opisuje slika u našem oku odgovaraju suptraktivnom CMY sustavu boja koji se koristi u tiskarskoj industriji za reprodukciju boja vidljivog spektra. Ta dva sustava su komplementarna te se u konvencionalnoj teoriji postavljaju u relaciju:

$$C_0 = 1.0 - R_0$$

$$M_0 = 1.0 - G_0$$

$$Y_0 = 1.0 - B_0$$

Pigmenti od kojih su sačinjena bojila cyan, magenta i yellow gledana pod infracrvenim osvjetljenjem nemaju nikakav odaziv u infracrvenom području od 1000nm [17]. To znači da je slika tiskana tim bojilima gledana infracrvenom kamerom bijela (termin „IR bijela“). Dodatkom crne komponente u standardnim CMYK bojilima postiže se odaziv u infracrvenom području.

Maksimum crne koju, teoretski, može primiti jedan ton, određuje se u UCR metodi kao najmanja vrijednost CMY komponenata:

$$K_{\max} = \text{Min}(C_0, M_0, Y_0)$$

Crna komponenta jednog tona boje može poprimiti proizvoljnu vrijednost između nule i  $K_{\max}$ .

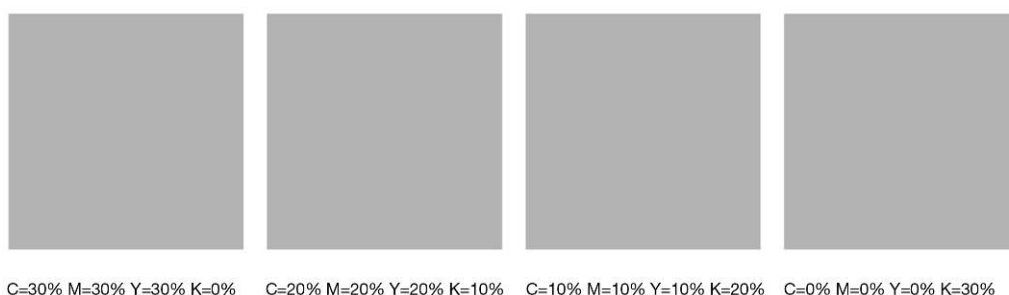
$$C = 1 - R_0 - K_{\max}$$

$$M = 1 - G_0 - K_{\max}$$

$$Y = 1 - B_0 - K_{\max}$$

Prema tome, može imati i odaziv u infracrvenom spektru od nule do tog maksimuma. Teorija miješanja bojila pretpostavlja da se jednak ton bojila u vidljivom spektru može postići miješanjem različitih postotaka C, M, Y i K komponente. Takvi rezultati se dobivaju kada se programski izmiješana bojila prikazuju na ekranu, bez kolor postavki za određenu tehniku tiska. Također, jednaki udio svake od tri komponente daje ton sive u postotku koji je određen postotkom C, M, Y komponente. Taj udio sive u određenom tonu boje se može zamijeniti sa crnom komponentom K. CMYKIR separacija boja se temelji na premisi da crna (K) komponenta ima infracrveni odaziv te da se on može kontrolirati u svakom tonu boje. Pri separiranju kanala za tisak sada se u obzir uzima i željeni efekt boje u infracrvenom području.

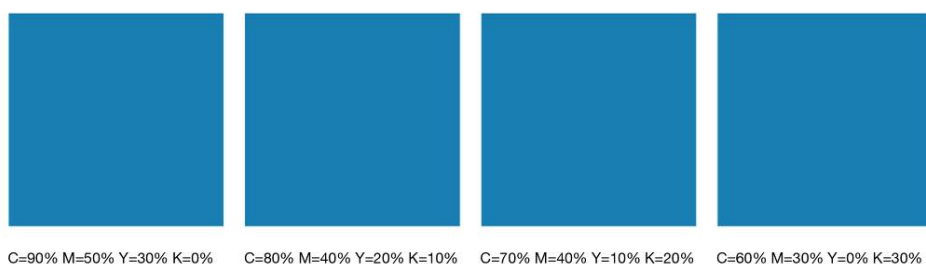
Slika 30. prikazuje četiri jednaka siva tona od 30% zacrnjenosti gdje se postupno dodaje crna komponenta, a proporcionalno se oduzimaju C, M i Y vrijednosti.



*Slika 30. Simulacija sivog tona jednakog u vizualnom dijelu sa različitim udjelima C, M, Y i K komponente*

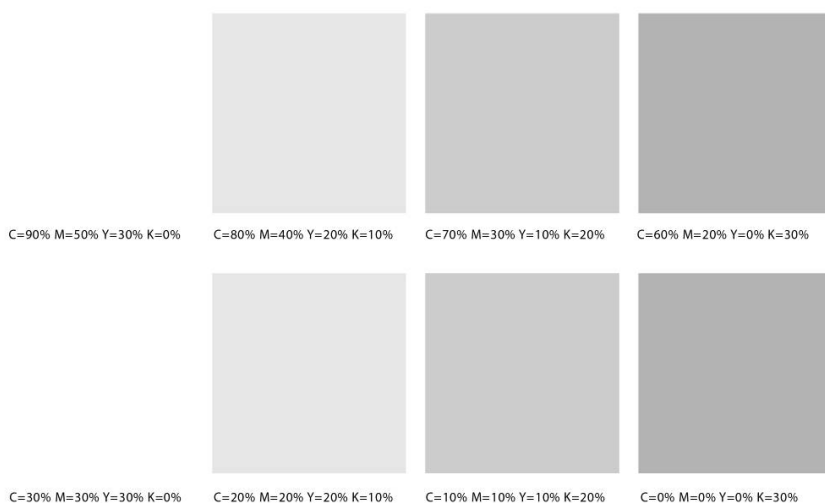
Isti princip se primjenjuje pri miješanju različitih udjela CMYK komponenata. Slika 31. prikazuje isti ton plave sa različitim udjelima CMYK komponenata gdje udio crne raste za 10% s lijeva na desno, a u istom omjeru se CMY smanjuju.

Simulacija teorijskog miješanja bojila programirana je i izvedena u PostScript interpreteru. Sve nijanse su u vidljivom dijelu spektra identične.



*Slika 31 . Simulacija 4 vizualno jednaka tona boje sa različitim udjelima CMYK komponenata*

Četiri vizualno jednaka tona na slici 30. i 31. pokazivat će različit odaziv, odnosno zacrtnjenost tona u infracrvenom dijelu spektra. Slika 32. prikazuje simulaciju očekivanog odaziva pod infracrvenim osvjetljenjem za iste tonove vidljivog spektra. Budući da je za sivi i plavi ton jednak porast K komponente s lijeva na desno, jednak je i efekt koji ta dva tona postižu u infracrvenom dijelu spektra.



*Slika 32. Udjeli crne komponente u tonovima sa slika 30. i 31. daju različitu zacrtnjenost u infracrvenom dijelu spektra*

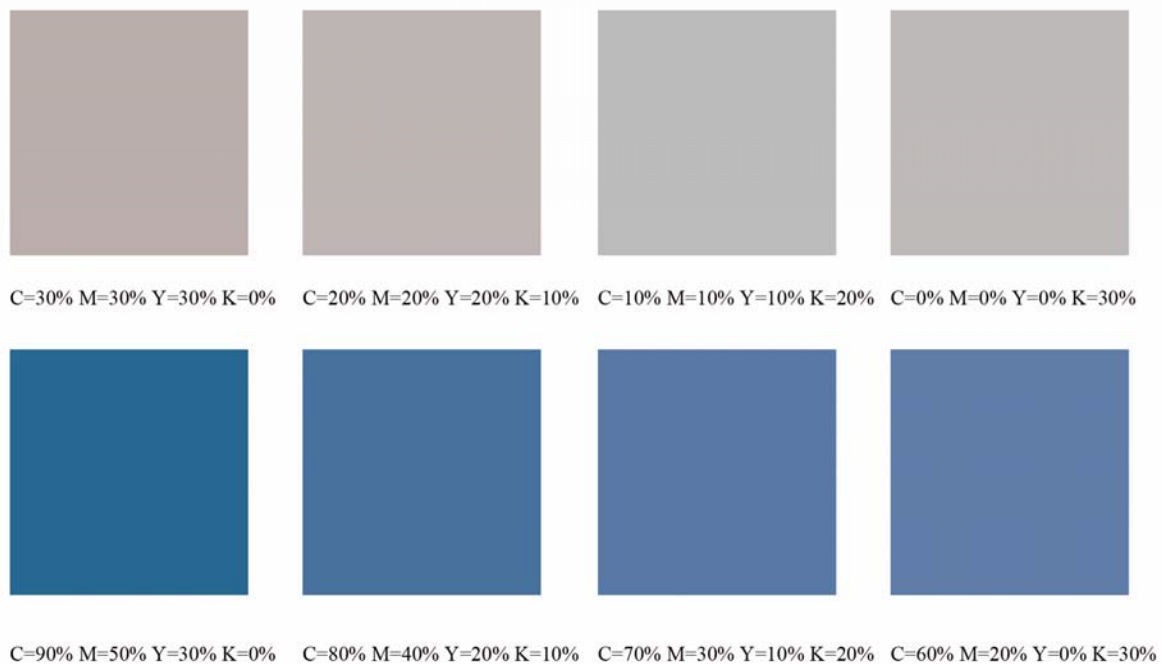
Jednostavne formule, međutim, ne funkcioniraju u realnom svijetu fizičkih bojila. Procesna bojila različitih proizvođača nisu u potpunosti jednaka. Ako se prema ovim teorijskim formulama obavlja miješanje bojila u praksi, gotovo nikad se ne dobivaju jednoznačni rezultati. Niti se prema njima može postići zadovoljavajuća razina skrivanja infracrvene slike.

Primjer na slici 33. na lijevoj strani prikazuje ton plavo-sive boje sa početnim vrijednostima  $C=60\%$ ,  $M=50\%$ ,  $Y=35\%$ ,  $K=0\%$ . Teorijskim dodavanjem maksimalne crne za tu boju i proporcionalnim oduzimanjem CMY komponenata u kolor postavci za Eurostandard ofsetni tisak dobiva se ton na desnoj strani slike sa vrijednostima  $C=25\%$ ,  $M=15\%$ ,  $Y=0\%$ ,  $K_{\max}=35\%$ . Evidentno je da taj ton nije identičan originalnom tonu sa  $K=0$ .



*Slika 33. Razlika u teorijski miješanim bojama kada se primjene u postavki boje Eurostandard*

U praksi ne možemo postići jednaki ton sa proporcionalnim dodavanjem crne i oduzimanjem C, M i Y kanala. Zbog nesavršenosti fizičkih bojila te njihove interakcije sa medijem na koji se tiska efekt može biti više ili manje izražen. Praksa pokazuje da pri miješanju jednakih udjela C, M i Y komponenti ne dobivamo uvijek sivu nijansu, već različite tonove smeđe. Slika 34. prikazuje simulaciju gdje se sivi ton miješa sa realnim CMY komponentama u kolor profilu Eurostandard Coated za ofsetni tisak. Kao i u prethodnim primjerima crna komponenta se dodaje za 10% dok se C, M i Y jednako oduzimaju. Primjer pokazuje 30% sivu dobivenu sa različitim udjelima CMYK komponenata. Vide se drastična odstupanja od očekivanog tona sive u primjeru sa  $K=0\%$  i  $K=30\%$ . Slična odstupanja možemo vidjeti i u plavom tonu. Tamo gdje ima više udjela C, M i Y boja se čini zasićenija i punija iako bi teoretski trebala biti jednaka.



*Slika 34. Simulacija realnog miješanja CMYK komponenti*

Zbog odstupanja realnih bojila od teorijskog miješanja CMYKIR separacija u svoje algoritme uvodi koeficijente miješanja boja koji su dobiveni brojnim mjerenjima realnih bojila u realnim uvjetima tiska. Stvaraju se postavke boja za točno određeni spoj bojila i papira. To znači da se prilikom promjene uvjeta tiska moraju mijenjati i algoritmi koji definiraju CMYKIR separaciju. Za sada su poznati problemi CMYKIR separacije smanjen kontrast tonova koji se javlja zbog povećanog udjela crne komponente u određenim dijelovima slike. Rješenje ovog problema leži u dobroj pripremi ulaznih grafika koja podrazumijeva da se poštuju faze opisane u eksperimentalnim poglavljima koja slijede. Budućim istraživanjima ide se prema tome da se pronađu najbolji načini da se optimizira kontrast ulazne slike sa infracrvenim efektom. Poštanske marke se danas tiskaju tehnikom ofseta, te se u ovom radu prikazuju opsežna mjerenja koja rezultiraju optimalnom kvalitetom otisaka sa dvostrukom informacijom u ofsetnoj tehnici tiska.

Stvoren je algoritam CMYKIR separacije kroz koji se kombiniranjem CMY podataka (sa  $K=0$ ) i ulaznih IR vrijednosti na potrebnim mjestima kalkulira nova boja sa kontroliranim odazivom u IR dijelu spektra. Takva separacija se obavlja za poznate uvjete tiska, dakle formule prema kojima se računa količina pojedine komponente se podešavaju prema vrsti tiska i bojilima s kojima se izvodi otisak.

Boja u vidljivom dijelu spektra se opisuje formulom:

$$V = \begin{bmatrix} R & H^\circ & L \\ G & S\% & a \\ B & B\% & b \end{bmatrix}$$

Svakom tonu boje pridružuje se CMY vrijednosti u postocima preko vektora:

$$X_0 = \begin{bmatrix} C_0 \\ M_0 \\ Y_0 \end{bmatrix}$$

Nula u indeksu označava ton kojem nije pridružena crna komponenta, dakle u CMYK sustavu boja u stanju  $X_0$  ima  $K=0\%$ .

Realne boje u tisku definirane su stanjem  $X$  čija formula glasi:

$$X = X_0 - E * \begin{bmatrix} K \\ K^2 \end{bmatrix}$$

Gdje  $E$  predstavlja matricu koeficijenata postavke boje za specifične uvjete tiska, koji podrazumijevaju jedinstveni spoj tiskarske tehnike, korištenih bojila i vrste medija na kojem se vrši tisak. Koeficijenti se izračunavaju na temelju regresijskih matrica dobivenih mjerenjima širokog spektra CMYK tonova.

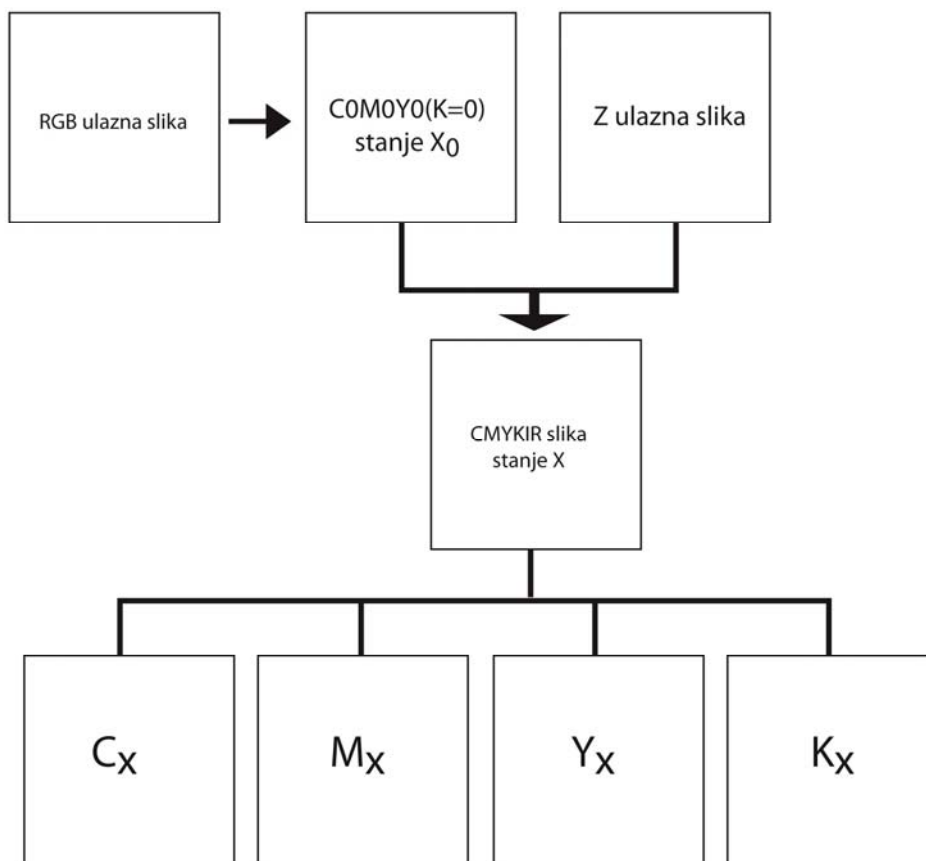
Postupak CMYKIR separacije ima dva koraka. Prvi je korak prijelaz iz RGB sustava u CMYK,  $X_0$ , u kojemu je vrijednost  $K$  komponente 0. Drugi je korak prijelaz iz CMY u CMYK sa ciljem stvaranja CMYKIR zapisa, odn. stanja  $X$ . Komponenta  $K$  može imati vrijednosti između 0 i svojeg maksimuma za tu boju. Da bi se postigla steganografija potrebna je prilagodba kolor postavki za pojedinu tiskarsku tehnologiju, boje i materijale.

Uvođenjem CMYKIR separacije napušta se konvencionalna separacija koja se bavi izračunom samo jedne vrijednosti crne  $K$  komponente i pripadajuće CMY vrijednosti. CMYKIR separacija koristi  $X_0$  vrijednosti i kontinuirano sve ostale vrijednosti  $X_0$  preko  $X_{1/2}$  do maksimalne  $X_{\max}$ . Translacija iz RGB sustava u CMYK podešava se za svaki set procesnih boja i tehnike tiska. Mjerenja su osnova izrade krivulja separacije za te boje. Prilikom pretvorbe boja iz RGB sustava u CMYK sustav za određeni ton boje se neće mijenjati RGB niti HSB niti Lab vrijednosti, dok će vrijednosti CMYK komponenti biti različite u prostoru od  $K=0$  do maksimalne vrijednosti  $K_{\max}$  koju ta boja može postići.

Postavlja se ovisnost  $X_{1/2}$  i  $X_{\max}$  o  $X_0$  kroz relacije s učešćem nezavisnih varijabli koje se sastoje od produkta pojedinih vrijednosti  $X_0$ .

Sljedeća shema prikazuje model CMYKIR separacije gdje se kao ulaz koriste dvije grafike. Jedna je grafika RGB ulazna slika pripremljena za vidljivi dio spektra, a druga, Z ulazna slika, koja će koristiti kao maska u kreiranju skrivene infracrvene slike. Međufaza koja je nužna u CMYKIR separaciji je konverzija iz RGB u  $C_0M_0Y_0$  stanje ( $X_0$ ). Pritom se provodi potpuna GCR metoda kojom se oduzima crna komponenta u K kanalu, a ekvivalent sive se nadomješta u CMY kanalima.  $C_0M_0Y_0$  slika ne sadrži podatke u crnom kanalu te se on koristi kako bi se u njega smjestila infracrvena informacija.

Cilj je postizanje stanja X CMYKIR grafike u kojem postoji infracrvena poruka. Kanali koji su generirani CMYKIR separacijom razlikuju se od kanala postignutim konvencionalnom CMYK separacijom.



Slika 35. CMYKIR separacija ulaznih RGB i Z slika

### **3.4. Projektiranje bojila sa parametrom Z**

Nova kategorija bojila, tzv. Z-bojila su posebno planirana sa svrhom da daju određeni odaziv u infracrvenom dijelu spektra na 1000nm. Planiranje Z vrijednosti svake boje može biti od 0 – 100. Taj broj označuje količinu apsorpcije u IR području gdje 0 označuje 0% apsorpcije svjetla („IR bijela“), a 100 – 100% apsorpciju („IR crna“). Jedan ton boje (u vidljivom dijelu spektra) može se dobiti različitim kombinacijama CMYK komponenata, gdje se poprima Z vrijednost od nule do maksimuma koji je svojstven tom tonu boje. Uvodi se nova separacija boja kojima je pridružena Z vrijednost. Ako postoje najmanje dvije boje identičnog tona u vidljivom spektru sa pridruženim različitim Z vrijednostima, tada možemo postići skrivenu sliku. U dizajnu poštanske marke jednom tonu pridružujemo kontinuiranu gradaciju Z vrijednosti u IR spektru.

#### **3.4.1. Definicija bojila sa parametrom Z**

Standardnim modelima u kolorimetriji za opisivanje boja (RGB, HSB, Lab) dodana je četvrta vrijednost Z. Ona nije u korelaciji sa tri standardna parametra. Eksperimentalno je dokazano da ako je zadana određena vrijednost Z parametra za neki ton, on se može jednoznačno definirati sa tri parametra za vidljivi dio spektra. Značaj novog sustava definiranja boja sa četiri parametra (LabZ, RGBZ, HSBZ) je u proširenju definicije boja koje su kontrolirane i u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra. Cilj mjerenja bojila i dodavanja novog parametra je stvaranje metamera (tonova vizualno jednakih u određenim uvjetima, sa različitim spektralnim karakteristikama) koji će u vidljivom dijelu spektra biti identični, a različitih apsorpcija svjetlosti u infracrvenom spektru.

Z vrijednost se iščitava u području od 1000nm kao 8-bitna siva slika sa rasponom od 0 do 255. Ona se u CMYK sustavu određuje u preračunatim postocima nanosa crne komponente. Mjerenje infracrvenog odaziva izvodi se dualnom ZRGB kamerom sa ugrađenim barijernim filterom (koji mjeri apsorpciju na 1000nm). Kreirana Z vrijednost omogućuje kontrolirano definiranje novih bojila sa ciljem da se u infracrvenom području detektira točno određeno zacrnjenje. Njega se može detektirati standardnim forenzičkim napravama (Projectina system skener sa mogućnošću mjerenja infracrvenog zračenja od 695 do 1000nm) te kamerama sa barijerno filtriranim CCD čipovima.

Iz mjerenja postojećih bojila moguće je zaključiti da proizvođači bojila ne pridaju pozornost



odazivu nekog bojila u infracrvenom spektru. Ovdje se otvara prilika za novim pristupom miješanju bojila koja će imati kontrolirani odaziv, ne samo u vidljivom dijelu spektra, već i nevidljivom, odn. infracrvenom. Pažljivim planiranjem i odabirom bojila moguće je miješanje istog tona sa različitim  $Z$  vrijednostima, te na taj način producirati kontroliranu gradaciju apsorpcije u infracrvenom spektru. Vidljivi dio je potpuno odijeljen od infracrvenog, tako da se sa pažljivo odabranim bojilima, koja imaju velik raspon  $Z_{\min} - Z_{\max}$  parametra, može u jednaku sliku vidljivog dijela spektra ugraditi potpuno drugačija slika sa velikim rasponom sive skale.

### 3.4.2. Proračun i miješanje „Z spot bojila“

Na početku diskusije o Z spot bojama treba naglasiti kako postoje boje koje su više ili manje pogodne za skrivanje infracrvene informacije i potrebno je eliminirati sve one koje ne postižu zadovoljavajući infracrveni odaziv odn. one boje kojima nije moguće odrediti vrijednosti  $Z_{\min}$  i  $Z_{\max}$ . Boje koje nisu upotrebljive su one koje nemaju dovoljne omjere CMY naspram K. Jedna takva boja iz Pantone skale (Pantone solid coated 2607c) mjerenjima pokazuje da se ne može postići Z raspon, te se ne uzima u obzir u odabiru boja za skrivanje informacije. CMYK komponente dotične boje u US web coated postavki boja imaju sljedeće vrijednosti: C=84%, M=100%, Y=16%, K=9%. Kako se Z raspon postiže smanjivanjem ili povećavanjem udjela K komponente, sa adekvatnim dodavanjem ili oduzimanjem CMY komponenti, očito je da u ovom slučaju boja ne može postići Z raspon. Kada bi željeli smanjiti K vrijednost na 0%, komponenta M bi se morala dići iznad 100% što fizički nije moguće. Isto tako K vrijednost se ne može mnogo povisivati jer joj to onemogućuje premala Y komponenta. Mjerenjem ZRGB kamerom nije dobiven  $Z_{\min}$ - $Z_{\max}$  raspon, što znači da je ta boja neupotrebljiva u skrivanju slike. U definiciji Z spot bojila podrazumijeva se da ona imaju neki Z raspon kako bi se ta boja mogla koristiti u skrivanju podataka crnog kanala.

Projektiranje Z bojila počinje odabirom parova boja jednakih CIELab vrijednosti sa različitim Z vrijednostima. Potrebno je izmiješati jednaki ton u vidljivom dijelu spektra sa najvećim mogućim rasponom Z. U ovom istraživanju se postavlja zadani raspon boja od  $Z=0$  do  $Z=40$ . Postavljeni su „blizanci“ boja sa zadanim krajnjim vrijednostima  $Z_0$  i  $Z_{40}$ . U tom rasponu moguće je definirati široku paletu boja, stoga se i ovo istraživanje bazira upravo na traženju tonova koji mogu postići taj raspon. Kada je jednom postignut ton sa minimalnom i

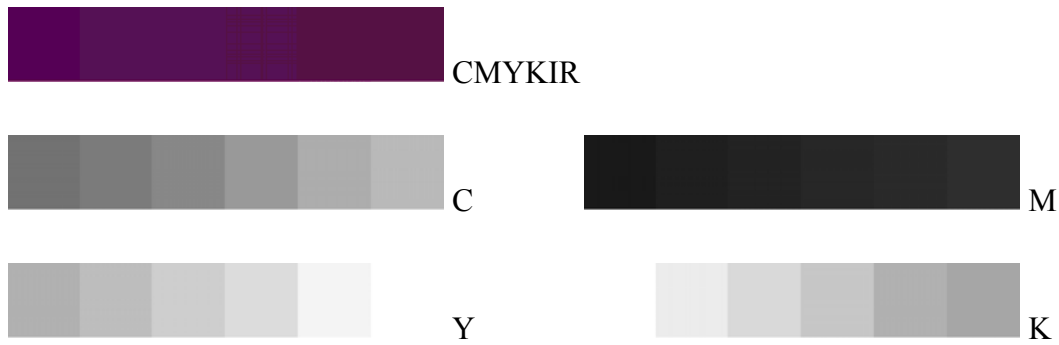
maksimalnom Z vrijednošću, miješanjem u različitim omjerima ta dva „blizanca“ moguće je stvoriti gradaciju Z vrijednosti. CMY vrijednosti prvog tona u paru definiraju njegovo obojenje. Početno stanje bojila nazvano je  $X_0$  stanje. Druga boja u paru definirana je parametrom  $Z_{40}$ . Željeno stanje X sa  $K=40$ , postiže se izračunom u standardnoj postavki boje u softverskom alatu za koju pretpostavljamo da će biti pogodna za vrstu tiska koju izvodimo. U ovom istraživanju napravljeni su „blizanci“ boja u kolor postavkama Eurostandard Coated i U.S. SWOP Web Coated koji su najčešće korišteni standardi u ofsetnom tisku u Europi i Americi. Prilikom pretvorbe tona iz CMYK( $K=0$ ) u CMYK( $K=40$ ), jednom tonu se ne mijenjaju Lab niti RGB vrijednosti, dok se postižu različite CMYK vrijednosti. Kao referenca u izračunu različitih CMYK vrijednosti jednog tona, najčešće se gledaju RGB vrijednosti jer imaju veći raspon vrijednosti (0 – 255) nego što imaju Lab ili HSB sustavi boja. Na taj način se može preciznije definirati drugi CMYK ton. U prostoru od  $K=0$  do  $K=40$ , CMY komponente će biti vrlo različite.

### **3.4.3. Miješanje boja sa različitim Z parametrom**

Vrijednosni dokumenti koji su do sada tiskani sa infracrvenom zaštitom imaju ograničen IR odaziv, tj. ne postoji višetonska gradacija u planiranju i izvedbi. Za poštanske marke se predlaže uvođenje višetonske slike sa različitim IR svojstvima. Višetonska informacija u IR slici postiže se na dva različita načina koja su izvedena u eksperimentalnom dijelu rada.

Jedan ton boje može postići raspon Z parametra od  $Z_{\min}$  do  $Z_{\max}$  koji su svojstveni tom tonu. Ukoliko postoji ton kojemu možemo pridružiti dvije različite Z vrijednosti, miješanjem ta dva tona bojila dobivamo jednak vizualni ton sa trećom Z vrijednošću. Na taj način se različitim omjerima dva ista tona sa različitim Z parametrom može kontrolirano gradirati infracrveni efekt. Dati su primjeri nekoliko boja iz Pantone skale sa izračunatim Z vrijednostima u Eurostandard postavki boja. Slika 36. prikazuje originalni ton Pantone boje te njegovu gradaciju od postignutog  $Z_{\min}$  do  $Z_{\max}$ . Svaki ton može postići drugačiji raspon Z vrijednosti, a za postizanje kvalitetnije infracrvene informacije pogodniji su tonovi kojima je  $Z_{\min} - Z_{\max}$  raspon veći, kako bi se mogao postići veći raspon gradacije sivog tona u IR slici.

Ljubičasti ton (originalne vrijednosti: C=68%, M=96%, Y=40%, K=0%) u CMYKIR separaciji:



*Slika 36. Ton ljubičaste u vidljivom dijelu spektra i zasebnim CMYKIR kanalima*






















*Tablica 1. Izračun vrijednosti gradacije Z parametra od Z<sub>40</sub> do Z<sub>0</sub> za ljubičasti ton*











CMYK Z <sub>max</sub>	Z <sub>40</sub>	Z <sub>30</sub>	Z <sub>20</sub>	Z <sub>10</sub>	CMYK Z <sub>0</sub>
36, 91, 0, 45	42, 92, 6, 40	51, 93, 19, 30	59, 94, 26, 20	64, 95, 34, 10	68, 96, 40, 0

### 3.4.4. Eurostandard i SWOP izračun parova Z spot boja

Zadane su spot boje te se pridružuje njihov par blizanac u danoj kolor postavki. Izračunate su vrijednosti za Eurostandard i SWOP postavke. Tablica 2. prikazuje vrijednosti izračunate za 31 „Z-spot“ boju sa njihovim vizualnim ekvivalentom, „blizancem“ sa zadanim  $Z_{max}$ . Boje se mogu postavljati u dvije relacije, početna sa  $Z=0$ , a podizanjem K se izračunava  $Z_{max}$ . Drugi slučaj je da se zada  $Z_{max}$  te se zatim crna spušta do  $Z_{min}$ . U ovim relacijama zadane su vrijednosti  $Z_{min}=0$  i  $Z_{max}=40$ . Boje su izračunate tako da su im RGB vrijednosti iste u svakom paru  $Z_{min}$  i  $Z_{max}$ . U tablicama su vidljive razlike vrijednosti između dvije postavke boja te se dokazuje kako je sustav miješanja Z bojila vrlo osjetljiv u smislu okruženja u kojem se izvodi tisak. Dva standarda koja se najčešće koriste u europskom i američkom ofsetnom tisku daju vrlo različite rezultate izračuna miješanja bojila. U tablicama koje slijede (2. i 3.) zeleno su označene zadane boje, a sivo njihovi parovi „blizanci“ sa jednakim RGB vrijednostima. Radni prostor RGB sustava korišten u mjerenjima je standardni *Adobe 1998*. U izračunima nije uvijek moguće napraviti pravilno oduzimanje ili dodavanje CMYK komponenti za zamišljenu boju, zato su nad nekim bojama napravljene korekcije vrijednosti, kako bi se postigle jednake RGB vrijednosti. Boja pod rednim brojem 11. u Eurostandard tablici imala je originalnu zadanu vrijednost C=80%, M=32%, Y=75% i K=0% sa RGB vrijednostima: R=102, G=138 i B=101. Za takvu boju nije moguće u Eurostandardu podići vrijednost K do 40% i adekvatno smanjiti CMY a da se ne promijene vrijednosti RGB, jer je vrijednost magenta kanala bila premala. Zato je ta boja korigirana sa novim vrijednostima C=80%, M=36%, Y=75% i K=0%. Nove RGB vrijednosti izmjerene u Eurostandardu su R=101, G=134, B=99. Razlika u tonu je minimalna, ali u konačnici postižu se bolji rezultati kod definiranja blizanca dotične boje sa  $Z_{max}=40$ . Prema Eurostandardu za tu boju izračunate su vrijednosti drugog para sa  $Z_{max}=40$ , sljedeće: C=67%, M=0%, Y=66%, K=40%. RGB vrijednosti su ostale nepromijenjene. Crvene vrijednosti označuju korigirane tonove koji nisu u svom originalu mogli postići  $Z_{min}$  ili  $Z_{max}$  u dodavanju ili oduzimanju komponenti.

Tablica 2. Proračun Z spot blizanaca u Eurostandard Coated postavci boja



		RGB Eurostandard (Adobe RGB 1998)	CMYK=0 (Z <sub>min</sub> )	CMYK=40 (Z <sub>max</sub> )
1		185,181,173	38,30,34	0,6,10
2		171,163,76	41,39,86	8,13,79
3		75,71,51	86,82,85	74,67,77
4		97,82,23	74,80,95	56,66,91
5		45,111,143	99,43,40	94,4,22
6		154,137,0	45,55,99	15,34,97
7		134, 34, 0	43,99,99	4,96,99
8		145, 65,105	44,92,38	3, 87, 3
9		122, 122, 142	70,56,36	48, 35, 12
10		171, 162, 168	45,40,30	9, 20, 4
11		101, 134, 99	80,36,75	67, 0, 66
12		161,109,75	36,76,77	0,64,66
13		153, 156, 0	50,38,99	23, 9, 99
14		145, 130, 0	50,58,99	21, 38, 98
15		89, 78, 62	80,80,80	64, 66, 70
16		146, 99, 0	43,79,99	9, 68, 95
17		130, 24, 78	50,99,55	13, 97, 26
18		153, 87, 91	40,85,60	0, 78, 39
19		137, 30, 49	43,99,80	3, 97, 66
20		152, 95, 115	44,81,42	4, 73, 13
21		138, 123, 136	60,60,40	33, 42, 15











22		141, 148, 107	60,40,70	36, 12, 59
23		171, 152, 130	41, 49, 56	4,30,35, 40
24		173, 169, 148	44, 35, 49	10,10,30,40
25		155, 142, 122	50, 51, 57	20,30,40,40
26		140,125,104	57,59,65	30,40,50,40
27		154, 117, 86	44, 69, 73	10,55,60,40
28		107, 110, 142	77, 61, 31	60,40,4,40
29		99, 131, 150	83, 39, 40	70,5,20,40
30		158, 115, 129	43, 71, 39	5,60,10,40
31		84, 106, 104	86, 58, 63	75,30,50,40

Blizanci boja koji su zadani kreću se u širokom rasponu tonova. Kako bismo dobili točne vrijednosti u svim tonovima potrebno je planirati boje u što većem tonskom rasponu. Pokriveni moraju biti i svijetli i tamni tonovi, od sivih vrijednosti do vrlo saturiranih „šarenih“ boja. Varijacije tonova omogućuju preciznije izračune regresionih matrica koje se koriste u CMYKIR separaciji kanala.

U.S. SWOP postavka boje pokazuje drugačija izmjerena stanja  $Z_{min}$  i  $Z_{max}$ . Korekcije u SWOP postavkama su napravljene za 4 tona. Budući da jedna od CMY komponenti postiže 0 za zadani  $Z_{max}$ , u zadanoj boji mora postojati dovoljna količina svih komponenata kako bi se u oduzimanju postigla jednaka vrijednost RGB. Isti ton pod rednim brojem 11. korigiran je sa drugačijim vrijednostima: C=79%, M=39%, Y=73%, K=0%. Izmjerene vrijednosti RGB su manje nego kod Eurostandard postavke: R=80, G=121, B=88. Korekcijom je postignuto da se M vrijednost u blizancu može smanjiti na 0% bez promjene RGB vrijednosti. Korekcije se moraju raditi za sve boje čije komponente u pretvorbi postižu vrijednost 0. Kod boje pod rednim brojem 8. minimum su postigli cyan i yellow kanal te su njihovi postoci morali biti podignuti u originalnoj zadanoj boji. Važno je pri korekcijama minimalno mijenjati originalne vrijednosti kako bi se očuvao vidljivi ton.

Tablica 3. Proračun Z spot blizanaca u U.S. SWOP Coated postavci boja

		RGB SWOP (Adobe RGB 1998)	CMYK=0	CMYK=40
1		167, 164, 156	38,30,34	0, 2, 8
2		152, 145, 61	41,39,86	7, 10, 71
3		57, 51, 51	86,82,85	67, 63, 59
4		79, 59, 37	74,80,95	50, 62, 71
5		38, 106, 132	99,43,40	85, 4, 17
6		137, 116, 26	45,55,99	11, 31, 82
7		125, 0, 11	43,99,99	2, 88, 68
8		130, 0, 82	43,93,46	0, 85, 0
9		99, 101, 126	70,56,36	45, 31, 6
10		150, 143, 151	45,40,30	10, 14, 1
11		80, 121, 88	79, 39, 73	61, 0, 57
12		140, 80, 60	40, 75, 77	0, 60, 51
13		133, 140, 33	50,38,99	21, 6, 85
14		127, 108, 29	50,58,99	18,35, 81
15		69, 57, 57	80,80,80	60, 60, 55
16		131, 71, 21	43,79,99	6, 64, 76
17		116, 0, 70	50,99,55	9, 96, 0
18		134, 52, 74	42,85,60	0, 74, 25
19		125, 0, 43	43,99,80	3, 87, 48
20		133, 61, 97	44,81,42	3, 70, 2
21		115, 99, 118	60,60,40	30, 40, 8

22		118, 131, 92	60,40,70	34, 8, 52
23		149, 124, 100	42, 52, 59	4,30,35, 40
24		150, 146, 120	44, 38, 53	10,10,30,40
25		129, 115, 93	52, 53, 64	20,30,40,40
26		113, 96, 75	59, 63, 72	30,40,50,40
27		130, 84, 53	46, 72, 83	10,55,60,40
28		76, 83, 119	81, 63, 36	60,40,4,40
29		68, 114, 129	86, 41, 44	70,5,20,40
30		135, 79, 100	45, 74, 45	5,60,10,40
31		53, 85, 80	90, 60, 70	75,30,50,40

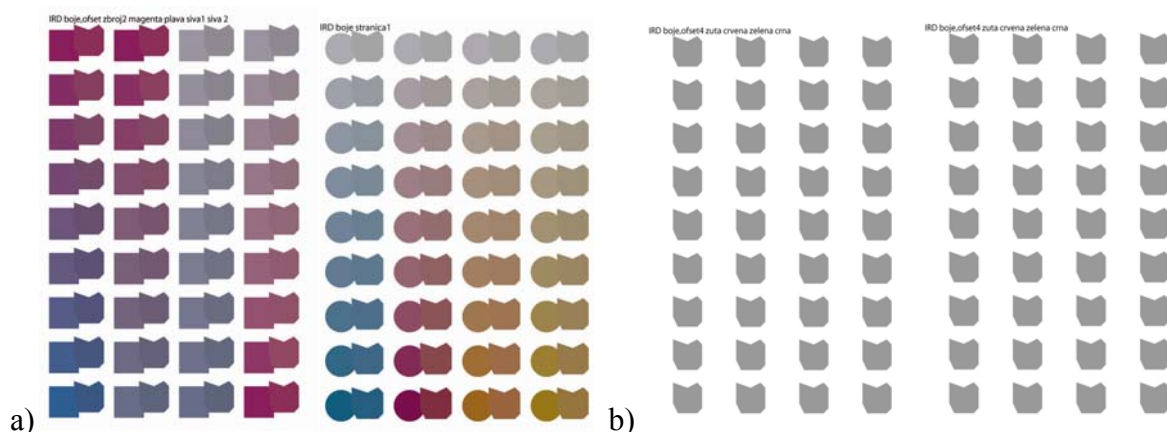


### 3.4.5. Testiranje i mjerenje „Z spot bojila“

U fazi pripreme blizanaca Z spot boja, svi proračuni odvijaju se u programu za obradu slike koji podržava najčešće postavke boja za pripremu slika. Kako su testirana dva standarda, za tisak samih boja odabran je onaj za koji se očekivalo da će postići bolje rezultate u tisku. S obzirom da su se u tisku koristile boje Europskih proizvođača odabir postavke boja s kojima se tiskalo je bio Eurostandard.

Otisnuta je matrica od preko 700 parova tonova „blizanaca“. U matrici parova „blizanaca“ postavljaju se glavni tonovi kao prvi i posljednji tonovi u redu te se programskim miješanjem dobivaju tonovi gradacije između početnog i krajnjeg tona (otisci u prilogu). Iz matrice boja izrađene su tiskovne forme prema proračunu boja iz Eurostandard postavke. Uzorci blizanaca boja su otisnuti u offsetu na četverbojnom Heidelberg Speedmaster stroju. Testiranje boja je provedeno na tri različite vrste papira: 128 gramski mat papir, 128 gramski sjajni papir i 120 gramski ofset papir.

Uzete su različite vrste papira kako bi se vidjelo kako se ista postavka boje sa istim tonovima ponaša u različitim uvjetima tiska. Već je prije bilo naglašeno kako je proračun bojila kreiranih za skrivanje slike u infracrvenom dijelu spektra vrlo osjetljiv u smislu promjena uvjeta tiska. Svaki spoj papira i bojila producira drugačije rezultate. Zato su napravljeni testovi sa različitim papirima kako bi se utvrdila odstupanja, te kako bi se odredilo je li korištena postavka boja uopće prikladna u odabranoj tehnici tiska. Ukoliko se dobiju velika odstupanja od zadanih vrijednosti, potrebno je kreirati vlastite postavke boja na temelju novih miješanja boja.



Slika 37. Parovi blizanaca Z spot bojila sa stanjem  $Z_0$  i  $Z_{40}$  u  $V$  dijelu spektra (a) i  $IR$  dijelu spektra (b)

Slijedi faza kada se otisnutim uzorcima detaljno mjere parovi otisnutih boja kako bi se utvrdio stupanj podudaranja u vizualnom tonu. U tu svrhu korištena su mjerenja  $\Delta E$  parametra koji nam govori kolike su razlike u CIELab vrijednostima izmjerenih tonova. Mjerenja su izvršena spektrofotometrom X-Rite SpectroEye. Mjerene su vrijednosti CIELab boja sa točnošću od tri mjerenja za svaki referentni ton i njegov par blizanac. Iz tih vrijednosti izračunato je odstupanje  $\Delta E$ . U konvencionalnoj kolorimetriji  $\Delta E$  parametar za jednake tonove boja ne bi smjela prelaziti vrijednost 1 [22]. U CMYKIR prostoru dopuštena je granična vrijednost  $\Delta E$  3. U takvim tonovima još je uvijek moguće postići skrivanje IR informacije u jednoj boji, da se razlika u tonu ne primijeti.

#### *RAZLIKE U $\Delta E$ ISTIH TONOVA NA ISTOM OTISKU*

Na jednoj tiskovnoj formi jednaki tonovi su radi testa otisnuti na različitim pozicijama. Dobivene vrijednosti  $\Delta E$  mogu varirati za isti ton boje koji je otisnut na drugačijim pozicijama. To ukazuje na greške koje se događaju pri izradi tiskovnih formi ili na neravnomjenost nanosa bojila u procesu tiska. Iz tih vrijednosti izračunate su srednje vrijednosti, te se dalje koriste u proračunu korekcija danih bojila.

U tablicama su prikazane izmjerene vrijednosti  $\Delta E$  za nekoliko takvih tonova otisnutih na različitim vrstama papira.

*Tablica 4. Odabrani testirani tonovi i njihov  $\Delta E$  za 120g ofsetni papir*

tonovi	Izmjereni $\Delta E$ na različitim pozicijama na arku
žuti ton (40, 31, 100,0)	2.92; 2.97; 2.71; 2.80; 2.94; 3.85; 2.68; 2.93;
magenta ton (44,92, 38, 0)	1.30; 1.75; 2.05; 0.91; 1.35; 1.52
crni ton (100, 100, 100, 0)	2.40; 2.34; 2.69; 2.44; 2.46; 2.98; 2.61; 2.57
sivi ton (37, 29, 27,0)	2.87; 2.85; 2.87; 2.96; 3.14
plavi ton (88, 59, 23,0)	8.26; 3.92;

Tablica 5. Odabrani testirani tonovi i njihov  $\Delta E$  za 128g mat papir

tonovi		Izmjereni $\Delta E$ na različitim pozicijama na arku
	žuti ton (40, 31, 100,0)	4.03; 5.28; 3.62; 5.01;
	magenta ton (44,92, 38, 0)	3.91; 4.19; 3.50; 5.92; 4.07;
	crni ton (100, 100, 100, 0)	2.53; 2.79; 5.30; 6.77; 6.12
	sivi ton (37, 29, 27,0)	4.09; 3.67; 3.74; 4.38; 5.05;
	plavi ton (88, 59, 23,0)	3.84; 4.07; 6.52

Tablica 6. Odabrani testirani tonovi i njihov  $\Delta E$  za 128g sjajni papir

tonovi		izmereni $\Delta E$ na različitim uzorcima na arku
	žuti ton (40, 31, 100,0)	6.03; 6.72; 6.70; 5.60; 5.72
	magenta ton (44,92, 38, 0)	4.86; 5.23; 5.93; 5.49;
	crni ton (100, 100, 100, 0)	3.97; 3.62; 4.8; 5.42; 5.79;
	sivi ton (37, 29, 27,0)	5.72; 6.03; 7.02; 7.19
	plavi ton (88, 59, 23,0)	6.58; 6.75; 6.84; 7.08

Preporučljive vrijednosti  $\Delta E$  ne bi smjele prelaziti vrijednost 3. No u eksperimentu je pokazano kako se ofsetnim tiskom na različitim papirima vrijednosti  $\Delta E$  drastično razlikuju za isti ton boje. Ofsetni i mat papiri pokazali su bolje rezultate u prvim mjerenjima. Sjajni papiri pokazuju  $\Delta E$  vrijednosti veće od tri, no neki tonovi su i dalje vizualno jednaki. Ovdje se granica  $\Delta E$  može povećati do maksimalno 6, iako nije preporučljivo koristiti takve tonove, bez korekcija ili kreiranja nove postavke boja. U grafikama koje su bogate tonovima i oblicima ovakvi tonovi mogu biti upotrebljivi u skrivanju infracrvene poruke. Kod sjajnih papira problematični su najviše svjetli tonovi kod kojih se vizualno najviše primjećuje razlika. Njihove vrijednosti nikada nisu bile manje od 6, a i vizualno su imali najveća odstupanja. Kod tamnijih tonova granica je slabije primjetna iako je izmjerena veća  $\Delta E$  vrijednost. Preporučljivo je dakle, a iz ovog mjerenja jasno vidljivo, da je nova postavka boje potrebna kako bi se pravilno postavili tonovi za tisak na sjajnom papiru. Najmanja odstupanja, sa vrlo dobrim rezultatima dobivena su kod ofsetnih papira, što je pokazalo da postavke boja imaju svoju ulogu u dobroj reprodukciji bojila, te da nisu jednaki koeficijenti mješanja bojila kada se govori o promjeni materije na koju, ili sa kojom se tiska.

U daljnjoj obradi uzoraka uzimaju se u obzir samo oni tonovi koji imaju prihvatljive vrijednosti izmjerenih  $\Delta E$ . Takvi tonovi se unose u tablice proračuna nove postavke boja i koeficijenta regresijskih matrica koje služe u postavljanju novih parametara miješanja bojila za točno određene uvjete tiska.

Izrađene su regresione jednadžbe za 6 nezavisnih varijabli na temelju 31 podatka izmjerenih  $C_0M_0Y_0$  i  $C_{40}M_{40}Y_{40}$  na pokrivenosti površine karbon crne od 40% iz tablice 2. i 3.

$$D = C_0 \div M_0 + C_0 \div Y_0$$

$$E = Y_0 \div M_0 + Y_0 \div C_0$$

$$F = M_0 \div C_0 + M_0 \div Y_0$$

Izračun za U.S.SWOP web Coated postavku boja :

$$C_{40} = -1.934098 \times F - 0.747833 \times E - 0.868335 \times D + 0.044974 \times Y_0 - 0.09348 \times M_0 + 1.441307 \times C_0 - 45.3458$$

$$M_{40} = 2.25551666 \times F - 3.572015 \times E - 3.3507232 \times D + 0.05856988 \times Y_0 + 1.16581 \times M_0 - 0.10794 \times C_0 - 19.9197$$

$$Y_{40} = 1.35666888 \times F - 4.365852 \times E - 0.60741184 \times D + 1.4364016 \times Y - 0.47218 \times M + 0.043348 \times C - 19.3569$$

Izračun za postavku boja Eurostandard Coated:

$$C_{40} = -2,28053931 \times F - 0,78802398 \times E + 1,478642321 \times D + 0,12248122 \times Y_0 - 0,22929 \times M_0 + 1,633924 \times C_0 - 57,9169$$

$$M_{40} = -2,596692 \times F - 4,83079784 \times E + 0,02830454 \times D + 0,088172 \times Y_0 + 1,40283 \times M_0 - 0,35638 \times C_0 - 11,5765$$

$$Y_{40} = 3,60287886 \times F - 4,85615962 \times E + 6,182677084 \times D + 1,636146753 \times Y_0 + 0,01667 \times M_0 - 0,3095 \times C_0 - 32,8365$$

Ove jednadžbe se koriste u kreiranju novih boja koje će biti prilagođene postavci boja za koju se definiraju te će se u tisku pravilno reproducirati bez odstupanja u tonu. Za Eurostandard i U.S. SWOP Coated postavke dobiveni su potpuno različiti koeficijenti proračuna, što dokazuje kako je u kreiranju infracrvene Z skrivene slike ključno kreirati postavke boja za poznate uvjete tiska. Ukoliko nisu poznati uvjeti tiska nije moguće pravilno namješati boje te skrivanje slike ne može biti izvedeno. Za iste kombinacije parova blizanaca utvrđene su potpuno različite vrijednosti miješanja u dvije postavke boja što dokazuje povezanost tiskarske tehnike i Infrared tehnologije skrivanja slike.

#### 4. FAZE DIZAJNA DVOSTRUKE SLIKE U CMYKIR TEHNOLOGIJI

U ovom poglavlju predstavljeni su tehnološki procesi CMYKIR separacije i rastriranja koji su opisani u prethodnim poglavljima kroz dizajn i programsku izvedbu različitih klasa poštanskih maraka. Definišu se faze koje su neophodne da se postigne kvalitetna izvedba poštanskih maraka u IR tehnologiji te se predlažu kao budući standard u izradi zaštitne grafike za vrijednosnice sa bogatom grafikom.

U današnjoj praksi tiskarski procesi i dizajn grafičkog rješenja su dvije potpuno odvojene kategorije. Umjetnik ili dizajner koji stvara motiv nije primarno zaokupljen tehnikama tiska, rasterskim tehnologijama niti materijalima korištenim prilikom izvedbe njegovog idejnog rješenja. Umjetnik stvara grafiku u zadanim dimenzijama prostora, a grafički tehnolozi brinu o kvalitetnom otisku. Rješenje pritom prolazi kroz procese prilagodbe originalnog rješenja tehnici tiska tako da krajnji rezultat što vjernije odgovara vizualnom predlošku. U mnogim slučajevima se dešava da boje koje je zamislio dizajner budu izmijenjene i prilagođene tisku u smislu njihovih originalnih vrijednosti kako bi u oku promatrača proizvele isti efekt kao na ekranu. Dizajner nakon što preda idejno rješenje više nema utjecaj na vrijednosti i parametre koji se tiču optimizacije njegovog rješenja za tisak.

U pripremanju skrivenih grafika za prošireni spektar događa se upravo obrnuta situacija. Dizajner mora biti upoznat sa svim tehničkim pojedinostima tiska kako bi proizveo optimalno rješenje. Potrebno je da posjeduje znanja vezana uz sve faze tehnološke obrade, miješanja bojila u različitim tehnikama tiska i za različite materijale te rastriranja. Dizajn dvostrukog motiva za vidljivi i infracrveni dio spektra je usko vezan uz materijalnu izvedbu tog motiva te se pažnja, u jednakoj mjeri, mora posvetiti planiranju boja i rasterskih elemenata kao i izboru motiva. Ova tehnika podrazumijeva educiranje na mnogostrukim razinama, od razumijevanja tehnologije separacije, rastriranja, teorije boja do umjetničkih aspekata. Ovakav dizajn traži ljude koji sudjeluju u svim fazama kroz koje prolazi poštanska marka, od idejnog rješenja do krajnjeg proizvoda gdje je umjetnik koji stvara sliku ujedno i tehnolog koji zadaje parametre.

Sakrivanje slike u slici metodom CMYKIR separacije podrazumijeva definiranje boja i njihovo miješanje u samom procesu dizajna motiva. To znači da dizajner kontrolira tiskarski proces. Boje i vrijednosti kanala koje su definirane u fazi dizajna, ne smiju biti mijenjane u fazi tiska.

CMYKIR separacija je vrlo osjetljiva na bilo kakve dodatne promjene ili „popravke“ od strane

tiskara. Ako se promijene vrijednosti samo jednog kanala to će se odraziti na skrivenu sliku. Bilo kakve promjene podrazumijevaju da će proračunate Z boje poprimiti drugačije vrijednosti te će skrivanje slike biti neuspješno.

#### **4.1. Planiranje motiva poštanske marke za vidljivi i infracrveni dio spektra**

U ovim poglavljima definiraju se faze u dizajnu i pripremi slika koje će biti glavni motivi za vidljivu i skrivenu grafiku. CMYKIR tehnologija zahtijeva pripremu slika u nekoliko koraka a sve faze su važne kako bi se postiglo najbolje moguće sakrivanje bez gubitaka kvalitete vidljive slike. Naglašava se očuvanje vidljive slike i ono se postavlja kao prioritet u fazi kada se dvije slike objedinjuju kroz CMYKIR separaciju. Da bi se to postiglo slike moraju biti kvalitetno pripremljene u prethodnim fazama. Plan optimiziranja grafika se odvija u nekoliko faza prije nego se krene u njihovo objedinjavanje.

##### **4.1.1. Planiranje vidljive slike**

Prva faza planiranja poštanske marke sa novim zaštitnim elementima jest planiranje grafike za vidljivi dio spektra. Ova faza djelomično korespondira sa klasičnom pripremom standardnih grafika koje ne sadrže skrivenu informaciju. Ona se prvenstveno odnosi na izbor motiva, tipografije i smještanje zadanih elemenata u određeni format. Poštanska marka kao sigurnosni dokument ima dva tipa elemenata koji moraju biti smješteni u malom prostoru. To su obavezni elementi te proizvoljni elementi koje određuje grafički umjetnik. Obavezni elementi važećih poštanskih maraka Republike Hrvatske su sljedeći:

- naziv države: Republika Hrvatska
- izdavatelj: logotip Hrvatske Pošte
- godina izdavanja: otisnuta arapskim brojkama
- nominalna vrijednost: otisnuta arapskim brojkama ili latiničnim pismom
- ime autora

Na hrvatskim markama nalazimo i ime tiskare koja je izdala poštansku marku. Obavezni elementi, koji su većinom tipografske (vektorske) naravi, moraju biti uklopljeni u dizajnu sa

slikovnim rješenjem koje se može sastojati od piksel grafike do vektorskih i tipografskih elemenata. Poštanska marka nema zadan standardni format niti oblik u kojem se tiska, no zbog praktičnosti i medija na kojem se prenosi u svom primarnom zadatku, mora svoj sadržaj ograničiti na malom pravokutnom prostoru dimenzija od 3 do 5 cm. Problem na koji nailaze svi dizajneri i umjetnici koji se upuštaju u izradu grafičkog rješenja za poštanske marke je očita; male i ograničene dimenzije marke naspram mnoštvu informacija koje se na njoj moraju naći. Infraredesign nam omogućuje da prostor grafike podijelimo u dva dijela te dio informacija preselimo u drugi spektralni raspon. Na taj način se oslobađa prostor te svi elementi grafike dolaze do izražaja. Pri tom se bira koje će informacije biti vizualno važnije, te se njih ostavlja u vidljivom spektralnom rasponu, a informacije koje se označe kao manje važne u smislu vizualnog doživljaja stavljaju se u pozadinu. Grafika koja ima velik raspon tonova, dinamiku motiva i složeniji sadržaj bit će odabrana kao vidljiva slika, a motiv koji je na neki način jednostavniji te služi biti će premješten u infracrveni dio spektra te će preuzeti ulogu objašnjavanja prve slike ili će joj daje sasvim drugo značenje. Skrivena grafika tada postaje „čuvar“ vidljive grafike. Slika je maksimalno zaštićena.

Grafika za vidljivi dio spektra se priprema kao RGB ulazna slika u konvencionalnim programima za obradu slika. U ovom slučaju Adobe Photoshop pruža mogućnosti RGB manipulacije pikselima u zadanim postavkama boja za poznate uvjete tiska. Dizajner slaže motiv u zadanim dimenzijama prostora te ga kombinira sa obaveznim elementima. Ovdje se javlja sukob između piksel grafike, vektorske grafike i teksta, koji imaju različita svojstva i zahtijevaju drugačiji pristup u dizajnu. Razlika se najviše očituje u činjenici da vektorska grafika i tekstualni dijelovi imaju oštre rubove koji jednako tako moraju biti reproducirani na poštanskoj marci. Piksel grafika koristi gradacije boja i blaže prijelaze boja na rubovima grafike što će kasnije omogućiti korištenje većih linijatura rasterskog elementa, bez gubitka kvalitete grafike. Proces dizajna za poštansku marku sa dvostrukom slikom je suprotan konvencionalnoj pripremi grafike za tisak. Prije početka slaganja motiva, moraju biti poznati uvjeti tiska, prema kojima se planiraju spot boj koje će biti korištene u dizajnu. Također, potrebno je planirati rasterske elemente prema zadanom motivu. Različiti oblici rastera trebaju biti programirani za posebnosti svakog motiva u smislu određivanja stupnja pravilnosti mikrostrukture, veličine linijature i kuta, stohastičkog raspršivanja te optimizaciji raspršivanja na rubovima vektorske grafike kako ne bi izgubila oštrinu. Prikazani primjeri ilustriraju procese definiranja grafike za vidljivi dio spektra.



Dizajner odlučuje o hijerarhiji motiva, odnosno koje elemente će prikazati u vidljivom dijelu spektra, a koji će biti rezervirani za infracrveni dio spektra.



Slika 38. šest poštanskih maraka kao osnova klasifikacije 6 modela pripreme CMYKIR separacije

Eksperimentalne poštanske marke dizajnirane su kao spoj piksel grafike sa širokim rasponom tonova boja i tipografskim elementima na koje su aplicirane unaprijed planirane spot boje. Motiv je zadan dimenzijama  $3 \times 3.5$  cm. Slike prikazuju 6 motiva sa tipografijom, dizajniranih kao ulazna RGB grafika. Svi primjeri pripremljeni su namjerno naglašavajući specifičnosti dizajna pojedine marke kako bi opisali faze u šest različitih modela CMYKIR separacije.

U pripremi boja za vidljivu sliku potrebno je u određenom postotku dodavati sivi ton u dijelove slike koji trebaju pokazivati veći odaziv u infracrvenom spektru. Problem koji se pokazao prilikom prilagodbe boja je smanjeni kontrast cjelokupne slike. Prioritetno je očuvati sliku u

vidljivom dijelu spektra upravo zbog funkcije prikriivanja infracrvene informacije. Nastoji se očuvati originalnu grafiku čak i nauštrb infracrvene poruke. U drugim slučajevima biti će potrebno podesiti vidljive tonove kako bi se očuvala infracrvena poruka. Primjer marke sa prikazom „Seljačke bune“ ilustrirat će taj problem u sljedećim poglavljima.

Uveden je algoritam koji podiže razinu sive komponente, na način da više podiže tamne tonove a u manjoj mjeri svijetle. Boje tada dobivaju punoću kojom mogu postići infracrveni efekt.

Parametri podizanja sive razine mijenjaju se u zavisnosti o tonovima grafike i za svaki motiv se određuju individualno. Velika pažnja je pritom posvećena očuvanju originalnih boja. Ponekad se boje nakon dodavanja sivog tona moraju u određenoj mjeri dodatno saturirati kako bi očuvale intenzitet. Primjer marke sa Isaacom Newtonom ilustrira taj moment kada je postignuta visoka saturiranost boja u vidljivom motivu sa adekvatnim infracrvenim efektom.

#### **4.1.2. Planiranje infracrvene slike**

Grafika koja će biti sakrivena u infracrvenom dijelu spektra planirana je kao ulazna Grayscale slika. Šest primjera ilustriraju planirane motive za 6 maraka prikazanih u prethodnom poglavlju. Ona predstavljaju klasifikaciju metoda CMYKIR separacije prema zahtjevima motiva i grafike. Prvi par slika u poštanskoj marci „Van Gogh“ pokazuje piksel grafiku i tipografske elemente u Z dijelu slike, sakrivene u rasterskoj grafici planiranoj za vidljivi dio spektra. Slika arhitekture i tekst skriveni su djelomično unutar bogato razvedene grafike dok je drugi dio teksta skriven u čistom tonu boje. Motiv sive slike smješten je u dijelove vidljive grafike koje mogu postići dobar IR odaziv. Ovim primjerom je pokazano da se bolje sakrivanje postiže u dijelovima grafike koja ima veću vizualnu dinamiku. Razvedeni oblici, isprekidane linije, česta izmjena tonova i svi elementi koji utječu na dinamiku slike, odvlače ljudsko oko od eventualnih sitnih razlika u tonu između istih boja različitog Z parametra. Ponekad se u tisku događaju pogreške registra koje stvaraju vidljive linije prijelaza između vidljive i skrivene informacije. Taj efekt nazvan je „rubni IRD efekt“. Dinamična grafika te raspršivanje slike rasterskim elementima pomaže pri boljoj integraciji skrivene slike.

Primjer br. 2. pod nazivom „Janica i Ivica“ prikazuje uvođenje piksel grafike sa tipografskim elementima u IR sliku. Grafika je planirana tako da se najtamniji dijelovi IR slike smještaju u dio

slike gdje su i najtamniji dijelovi vidljive grafike. Tekstualni dijelovi su izvedeni korištenjem blizanaca Z spot bojila, gdje isti ton teksta, na jednom dijelu ima odaziv, a na dugom ima IR bijeli efekt . Primjer marke sa motivom Janice i Ivice Kostelić, prikazuje manipulaciju rasterskih i tipografskih elemenata kako bi se postiglo skrivanje slike u slici, ali i teksta u drugom tekstu.

Treći primjer diskutira treći model CMYKIR separacije u kojem je nužno raditi podizanje svijetlih tonova kako bi se izvela točna informacija u Z slici. Nakon planiranja motiva skrivene grafike, potrebno je modificirati sivi ton tako da mu raspon sive skale ide od 0 do 40% zacrtnjenosti. Kako su planirane Z spot boje sa maksimalnim Z parametrom 40, u ovoj fazi se spuštaju svi sivi tonovi koji su iznad 40%. Aparatura za detekciju IR slike vrlo dobro raspoznaje IR zacrtnjenje od 40%, tako da su i boje planirane u tom rasponu.



Slika 39. Šest planiranih slika za Z infracrveni prostor za šest modela CMYKIR separacije

Primjer skrivenog dijela marke „Seljačka buna“ sadrži motiv bogat gradacijom u sivoj skali te tekstualnim dijelom koji se preklapa sa pozadinom slike. S obzirom da se u vidljivom dijelu grafike nalazi bijeli tekst koji sam po sebi ne može nositi IR zacrnjenje, motiv skrivene slike je u dnu izbljeđen do bijele boje kako bi se realno prikazale mogućnosti infracrvenog efekta. Četvrti primjer marke diskutira model CMYKIR separacije koji odgovara zahtjevu korištenja četiri Z spot bojila u grafici kojoj je naglašen rubni IRD efekt. U primjeru marke „Isaac Newton“ prikazan je njegov izum i tekstualno objašnjenje koji su smješteni na način da izbjegavaju svijetle tonove lica u vidljivom portretu. Primjer opisuje model CMYKIR separacije u kojem se koriste posebno dizajnirani rasterski elementi u procesu raspršivanja oštih rubova grafike. Posljednji primjer „Misal/Gutenberg“ pripreman je da bi se na njemu primijenio model stohastičke primjene rasterskog elementa u CMYKIR separaciji. U svim primjerima namještene maksimalne vrijednosti zacrnjenja sivog tona su reducirane na 40%. Postoje mogućnosti da se takvi rasponi povećaju no oni zahtijevaju korištenje posebnih spot boja sa visokim Z vrijednostima koje je potrebno posebno planirati, te koristiti drugačije metode planiranja i dizajna vidljive grafike nego što su u ovom radu opisane i definirane.

#### **4.1.3. Podešavanje i usklađivanje dvostruke slike**

Ponekad se dva motiva zbog svojih tonskih raspona ne poklapaju. Dizajnerski nije uvijek moguće namjestiti motiv tako da u potpunosti odgovara tonskom rasponu vidljivih boja. U tim slučajevima se prednost daje vidljivoj slici te se ide prema očuvanju vidljivog tona nauštrb skrivene slike. Takav primjer možemo vidjeti na poštanskoj marci „Seljačka buna“ u poglavlju 5.3. Srednji dio skrivene slike zahtijeva najveće zacrnjenje u NIR-Z području, ali vidljiva slika u tim dijelovima ima puno svijetlih tonova koji nemaju dovoljno sive komponente da bi proizvele infracrveni efekt. Prikazano je kako se podizanjem sive u vidljivoj slici, skrivena slika približava planiranoj grafici, ali uz veliko opadanje kontrasta slike u vidljivog spektra.

U ovoj fazi dizajner poštanske marke odlučuje o smještanju elemenata koji su u međusobnoj ovisnosti. Vidljivi dio grafike mora biti u stanju iznijeti infracrveni dio poruke. Usklađivanje se radi prvenstveno zato da bi se maksimalno očuvale i vidljiva grafika u pročelju i skrivena grafika u pozadini.

Dvije grafike su odvojene spektrom, ali su međusobno povezane značenjem i kontekstom. Na ovaj način obje slike dobile dovoljno prostora, vizualno se ne ometaju te nije potrebno reducirati njihove dimenzije. Unutar vidljive grafike uklopljena je i tipografija koja je također dobila dovoljno prostora za zadovoljavajuću čitljivost.

Objе slike su dizajnirane u punoj veličini koju dozvoljavaju dimenzije marke, ne utječući na smanjenje detalja. Kada bi dvije grafike bile otisnute samo u vizualnom dijelu spektra, jedna pored druge, morale bi zbog prostora biti znatno smanjene, što bi utjecalo na količinu detalja i prepoznatljivost obje slike. Proširenjem prostora u infracrveni dio spektra proširuje se i dizajnerska sloboda oblikovanja mnogo veće količine informacija, nego što je to bilo moguće konvencionalnim tehnikama.



*Slika 40. Preklapanje motiva u fazi podešavanja pozicija pročelja i pozadine*

## **5. OBJEDINJAVANJE DVOSTRUKE SLIKE KROZ CMYKIR SEPARACIJU**

Ovo poglavlje daje rješenja eksperimentalnih poštanskih maraka dizajniranih na način da odgovaraju zahtjevima zaštite sigurnosnih dokumenata. Kroz CMYKIR separaciju diskutira se o steganografskoj metodi sakrivanja infracrvene Z slike u vidljivoj slici. Dizajnirana grafika u tiskarskom procesu prolazi kroz fazu separacije kanala u kojoj se svakom kanalu pridružuje informacija o količini nanosa bojila. CMYKIR separacija koristi četiri kanala od kojih je crni kanal nosioc infracrvene informacije. Kroz tu metodu kontrolirano se manipulira nanosom crnog bojila stvarajući efekt dvostruke slike. Dva eksperimentalna primjera u ovom poglavlju koriste CYMKIR separaciju sa procesnim bojama i Z spot bojama te se diskutira o rezultatima provedenih eksperimenata.

### **5.1. Model CMYKIR separacije sa procesnim bojama**

Poštanske marke svojim izborom motiva prate aktualne društvene interese. Na marci je predstavljena priča kroz grafičke elemente. Ona sadrži mnoštvo informacija na malom formatu. Dimenzionalna ograničenost navodi na to da se dizajnu pristupi na nov način sa dostupnim inovacijama u području tiskarskih tehnika. Kroz dizajnersko rješenje poštanske marke sa motivom slike Vincenta Van Gogha raspravlja se o ulozi i ispreplitanju motiva poštanske marke sa infracrvenom informacijom. Dizajn poštanske marke uvijek je namjenski. To znači da se kroz motive progovara o aktualnim događajima u društvenoj svakodnevnici. U pročelju (vidljivoj slici) je slika poznatog djela Van Gogha. U pozadini marke je dana slika muzeja u Amsterdamu gdje se čuva spomenuta originalna grafika s pročelja.

Motiv koji se razmatra u ovom poglavlju koristi mogućnosti koje nudi tehnologija infracrvenog skrivanja slike unutar vidljive slike. Povezuju se dva motiva koji zajedno čine cjelinu, ali mogu i funkcionirati zasebno kao cjelovita informacija u samostalnom prikazu. Kombinacija dvije slike u tehnologiji spajanja vidljive i infracrvene slike daje motivima novi kontekst i značenje.





Slika 41. Prikaz motiva planiranog za vidljivi i infracrveni dio spektra

Vidljivi motiv, pročelje, dizajniran je u čast slikara Vincenta Van Gogha. 2013. godina je obljetnica njegovog rođenja, stoga se prigoda pokazala zanimljivom za objavu na poštanskoj marci. U tu sliku ugrađena je infracrvena informacija drugačijeg sadržaja ali tematski povezana sa vidljivim motivom. Zajedno čine cjelovitu informaciju. Skrivena Z slika obilježava obljetnicu muzeja Van Gogh koja također datira u tekućoj godini. Obje grafike sadrže i slikovnu i tekstualnu poruku. Na ovom primjeru izvedena je CMYKIR separacija kanala u procesnim bojama te se diskutira o rezultirajućem rješenju.

U vidljivoj (V) slici postoje dijelovi koji su grafički vrlo bogati i razvedeni sa jakim dinamičkim prijelazima boja (gornji dio marke na slici 40.a) koji sadrži reprodukciju umjetničkog djela). Drugi dio je zamišljen u čistom tonu plave boje sa tekstualnom porukom.

Infracrvena slika planirana je u sivom tonu sa maksimalnim zacrtnjenjem od 40% što odgovara prethodno proračunatim stanjima Z bojila u rasponu od  $Z_0$  do  $Z_{40}$ . Tekstualni i grafički dio skrivene slike preklapa se sa „šarenim“ dijelovima vidljive V slike. Drugi tekst nije dizajniran u preklapanju sa drugim elementima već je izveden u čistom tonu plave nijanse donjeg dijela V slike.

Različite vrste grafičkih rješenja su više ili manje pogodne za postizanje efekta skrivene slike u infracrvenom području. Kada se radi o bogatim grafičkim rješenjima sa mnogo boja i razvedenim oblicima sakrivanje Z slike se provodi sa vrlo visokim stupnjem točnosti bez velikih

odstupanja u tonovima. To se objašnjava nemogućnošću ljudskog oka da u vizualnom šumu koji stvara grafičko rješenje prepozna male prijelaze koji se događaju iz višestrukih razloga. Ti razlozi prvenstveno leže u netočnostima uzrokovanih u pripremi slike ili tiskarskom procesu.

Kada se promatraju dijelovi grafike sa čistim tovoima nailazi se na probleme koji se u ovom radu detaljno razrađuju u narednim poglavljima. Skriveni tekst u donjem dijelu slike odgovara istom tonu bojila u vizualnom dijelu kao i okolina teksta. Kako tipografski elementi imaju oštre rubove prijelaza jedne Z boje u drugu (sa različitom Z vrijednošću), važno je da se ti prijelazi ne primjete u vidljivoj slici.

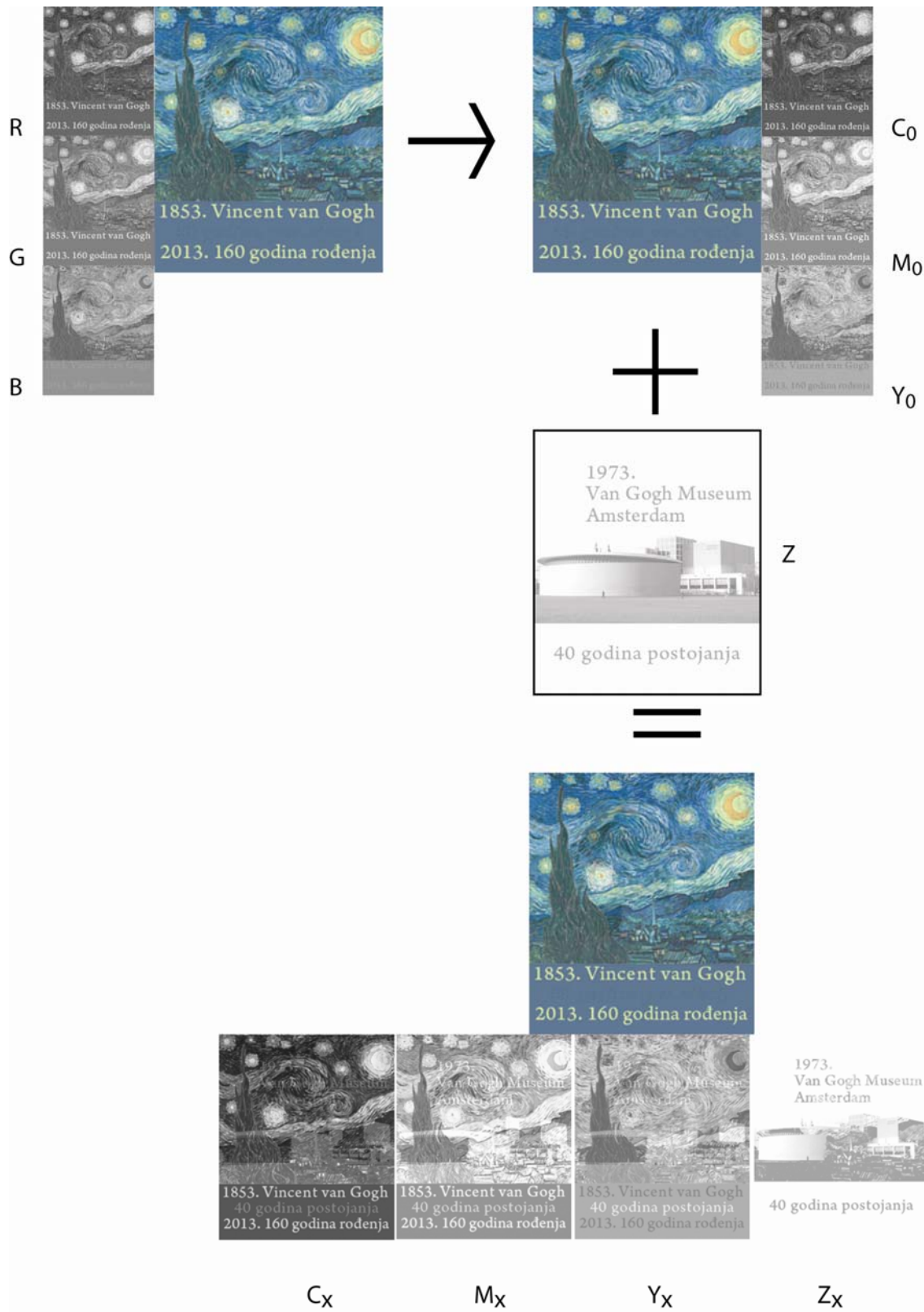
Do takvih prijelaza dolazi iz dva razloga:

1. Pogrešna postavka boje u planiranoj slici koja ne odgovara tiskarskoj tehnici i fizičkim bojilima koja su na raspolaganju, ili
2. Pomaci u registru ili netočna izrada tiskovne forme u tehnološkoj izvedbi u tiskari

Zbog tih razloga planiranju slika se pristupa i sa tehnološkog stanovišta, a ne samo dizajnerskog. Motivi poštanske marke objedinjeni su kroz CMYKIR separaciju kako bi se u nju ugradila infracrvena slika u crnom kanalu grafike. Kada su dvije planirane slike prošle faze dizajna i namještanja motiva, prolaze kroz fazu CMYKIR separacije prema shemi 35. u 3. poglavlju. Ova poštanska marka realizirana je kroz procesna bojila u ofsetnom tisku. CMYKIR separacija uspješno rješava grafike planirane sa procesnim i spot bojama čija će primjena biti opisana na primjeru u poglavlju 5.2.

Stvorena je nova slika u X stanju koja u sebi sadrži vidljivu i infracrvenu informaciju. CMYK kanali nastali u CMYKIR separaciji razlikuju se od CMYK kanala nastalih konvencionalnom separacijom. To dokazuje shema na slici 41. U CMY kanalima vidljivo je selektivno oduzimanje vrijednosti zacrnjenja na mjestima gdje se CMY slika (svaki piksel zasebno) poklapa sa zacrnjenjem Z slike. Standardne metode UCA i GCR oduzimanja i dodavanja sivog tona su u ovoj tehnologiji primjenjene u kontroliranim vrijednostima za svaki piksel zadane slike.





Slika 42. Shema CMYKIR separacije u fazama RGB – C<sub>0</sub>M<sub>0</sub>Y<sub>0</sub> – CMYKIR

## 5.2. Model CMYKIR separacije sa Z spot bojama u tipografiji

Motiv poštanske marke nazvan „Janica i Ivica“ dizajniran je 2012. kada su se obilježavale dvije sportske prigode. Uspjeh dvoje hrvatskih skijaša, Janice i Ivice Kostelić spojen je u jednu priču u proširenom spektralnom rasponu. Vidljivi dio grafike nosi sliku Janice i tekst u donjem dijelu marke sa imenom, prezimenom, godinom i postignućem. Isti dizajn je primijenjen na slici za infracrveni dio spektra, a u njemu se nalazi slika Ivice sa tekstom imena i prezimena, godinom i postignućem. Tekst vidljive i infracrvene slike se djelomično preklapa. Tekstualna poruka vidljivog dijela sadrži ime skijašice i prigodu: obilježavanje deset godišnjice osvajanja zlatne medalje na Olimpijskim igrama u Salt Lake City-ju. Tekst je izveden u dvije boje, ljubičastoj i sivoj koje su isplanirane tako da u infracrvenom dijelu spektra daju drugačiji odaziv.



Slika 43. Dizajn nove poštanske marke za vidljivi dio spektra(a) i infracrveni spektar (b)

U fazi pripreme stvara se dizajn u konvencionalnom software-u koji odgovara procesima normalne pripreme slika za tisak. Slika 42. prikazuje gotov dizajn u konvencionalnom CMYK sustavu za sliku vidljivu na danjem svjetlu. Uz dizajn za vidljivi dio spektra, kao druga faza, priprema se i dodatna slika koja će biti vidljiva u IR dijelu spektra. Ulazna IR poruka se priprema kao crno bijela slika do određenog maksimuma crne boje, koji je proračunat za infracrveni odaziv.

Motiv skrivene slike, planirano prikazuje sliku Ivica Kostelića, sa pripadajućim tekstom koji naznačuje ime i prezime sportaša te prigodu kojom se obilježilo osvajanje nagrade Malog kristalnog globusa 2012. godine. U vidljivoj i skrivenoj slici dešava se preklapanje motiva i teksta. Dijelovi teksta jednakog tona boje vidljivog spektra moraju u infracrvenom spektru pokazivati različite apsorpcije svjetlosti, što rezultira različitim „IR zacrnjenjem“. CMYK kanalima početne slike oduzima se K vrijednost na minimum, odn. kanal K poprima vrijednost 0 za sve tonove boja.

Na ovom primjeru pokazuje se primjena tehnologije CMYKIR separacije. Ovu shemu primjenjujemo u primjeru dizajnirane poštanske marke „Janica i Ivica“.



*Slika 44. Konvencionalna separacija CMYK kanala*

Konvencionalna separacija ne poznaje mogućnosti kontrole selektivnih GCR ili UCR metoda. CMYKIR uvodi upravo takvu mogućnost. Na slici 43. prikazan je primjer CMYK separacije vidljive slike „Janica“ gdje je crni kanal podignut za srednju vrijednost prema postavkama u Adobe Photoshop postavci boja. U svim kanalima događa se jednako dodavanje crne u konverziji iz RGB sustava.

Slika 44. prikazuje stanje  $C_0M_0Y_0$  u kojem je crni kanal poništen. Sve vrijednosti tamnih tonova sadržane su u CMY kanalima. U usporedbi kanala sa slike 43. i slike 44. primjećuje se da su CMY kanali „puniji“, tamniji, što je i logično jer su im vrijednosti sivog tona podignute na maksimum. Sljedeća faza je programsko maskiranje svakog pojedinačnog piksla  $C_0M_0Y_0$  grafike Z ulaznom slikom kako bi se provela UCR metoda. Ona se ne provodi kao u klasičnoj separaciji nad cjelokupnom grafikom, već se programski određuje kojem ćemo pikslu dati K vrijednost i

proporcionalno oduzeti CMY, a koji ćemo ostaviti u stanju  $X_0$ . Programsko rješenje CMYKIR separacije analizira sliku u svakom pojedinačnom pikslu  $C_0M_0Y_0$  grafike. Zatim mapira podatke iz  $Z$  ulazne slike, te vrijednost  $K$  iz nje dodaje u  $C_0M_0Y_0$ . Prema koeficijentima separacije (koji su unaprijed matematički proračunati u mjerenjima realnih bojila) rade se proračuni oduzimanja CMY komponenti. Ovdje veliku ulogu imaju postavke boja za tisak, jer se koeficijenti izračuna razlikuju u ovisnosti o postavkama boje za određene uvjete tiska.

Slika 45. pokazuje rezultat CMYKIR separacije u kojoj je postignuto stanje  $X$ . U svim kanalima vidljiva je promjena.



Slika 45. Faza konverzije iz RGB ulazne slike u  $C_0M_0Y_0$  ( $K=0$ )



Slika 46. Kanali CMYKIR separirane slike

Budući da crni kanal sadrži drugačiju informaciju od ostatka slike, oduzimanje vrijednosti CMY se događa samo na pojedinim područjima. Oni pikseli koji su bili maskirani Z slikom, biti će podvrgnuti oduzimanju, a oni koji su izvan „maske“ ostaju nepromijenjeni.

Motiv vidljive slike sadrži u sebi mnogo svijetlih tonova koji nisu pogodni za infracrveni odaziv jer ne sadrže dovoljno crne komponente. Zato se u planiranju motiva moralo stvoriti takvo rješenje koje će točno određenim položajem skrivene slike dati optimalan infracrveni efekt. U fazi usklađivanja dva motiva, Z slika se morala pomaknuti u desni kut cjelokupne grafike gdje postoji dovoljno tamnih tonova vizualne slike koji će nositi zacrnjenje. Dizajnersko rješenje je podređeno tome da se stvori takva pozicija koja će maksimalno točno provesti separaciju prema planiranom predlošku. U ovom slučaju to je uspješno napravljeno samo sa korekcijom pozicije skrivene slike. Drugi primjeri opisani u ovom radu bave se rješenjem infracrvene grafike kada u vidljivoj slici nema dovoljno crne komponente niti se motiv može tako pozicionirati da točno izvede planiranu sliku.



Slika 47. Detalj marke u vizualnom dijelu sa CMYKIR separiranim kanalima

Na ovom primjeru poštanske marke koristi se Z spot bojilo ljubičastog tona koje u infracrvenom dijelu spektra daje drugačije odazive „IR sivog tona“. Spot boja je upotrijebljena na tekstualnom dijelu grafike gdje je potrebno izvesti infracrveni efekt. Detalj teksta izvedenog u ljubičastom tonu Z spot blizanaca ima u svojem vizualnom dijelu jednak ton dok se u Z slici javlja samo dio informacije. Igrom grafičkih elemenata stvoren je dizajn koji iz imena „Janica“ stvara tekst „Ivica“ u pozadinskoj slici. U vidljivom dijelu nije vidljiv prijelaz iz jednog stanja boje  $Z_0$  u stanje  $Z_{40}$ .

### 5.3. Matematički model podizanja CMY tonova u RGB stanju vizualne slike

Glavni cilj u kreiranju poštanskih maraka je stvaranje proširene informacije. U tom procesu pažnja se posvećuje i očuvanju vidljive slike, ali i dobroj reprodukciji infracrvene informacije. Budući da se radi o *informaciji*, a ne samo o *slici* obje moraju biti reproducirane u jednakoj kvaliteti. Kod primjera poštanske marke „Seljačke bune“ vidljiva slika sadrži mnogo svijetlih tonova. Kod CMYKIR separacije svijetli tonovi neće moći podići razinu crnog kanala dovoljno da bi proizveli željeni efekt. Ako govorimo o dvostrukoj informaciji tada je važno da ona bude očuvana. Ako se radi samo o slici, tada se u CMYKIR separaciji mogu zanemariti određeni tonovi i proizvesti više ili manje točnu IR sliku. Budući da na poštanskoj marci određene informacije, kao što je tekst, selimo iz vidljivog u infracrveno područje, važno je da ono bude izvedeno onako kako je planirano u dizajnu.

Ovo poglavlje opisuje faze pripreme i izvođenja jedne poštanske marke od odabira motiva do separacije kanala u pripremi za tisak. Na konkretnom primjeru su ostvarene faze dizajna i pripreme slika opisane u prethodnim poglavljima. Eksperimentalne marke pripremljene za ovaj rad ne sadrže sve obavezne elemente redovnih poštanskih maraka, već u pojednostavljenom obliku ilustriraju pojedine faze. U njima su ipak sadržani svi elementi koji čine poštansku marku, kao što su piksel i vektorska grafika. Tipografija je, sa svojim oštrim rubnim linijama, dobila veći prostor te se na lakši način može promatrati njena interakcija sa ostatkom grafike.

Prva faza podrazumijeva pripremu slike za vidljivi dio spektra. Priprema se radi u standardnim programima za obradu slike koji omogućuju spajanje piksel i vektorske grafike. U slučaju dizajna poštanske marke za ovaj rad odabran je programski alat Adobe Photoshop. Slika se izrezuje u zadane dimenzije te se kombinira sa zadanim tekstom na određenoj poziciji. Motiv marke inspiriran je 440-tom godišnjicom pobune hrvatskih seljaka protiv feudalaca koja se obilježava ove, 2013. godine. Motiv skrivene slike povezan je sa vidljivom slikom. Ova godina je, također, 40-ta godišnjica izgradnje spomenika vođi seljačke bune, Matiji Gupcu, koju je izradio naš poznati kipar Antun Augustinčić. Dva događaja i dvije godišnjice povezane jednom slikom u dvostrukom spektralnom području.



### 5.3.1. Razlike sustava RGB, CMY i CMYK u CMYKIR separaciji



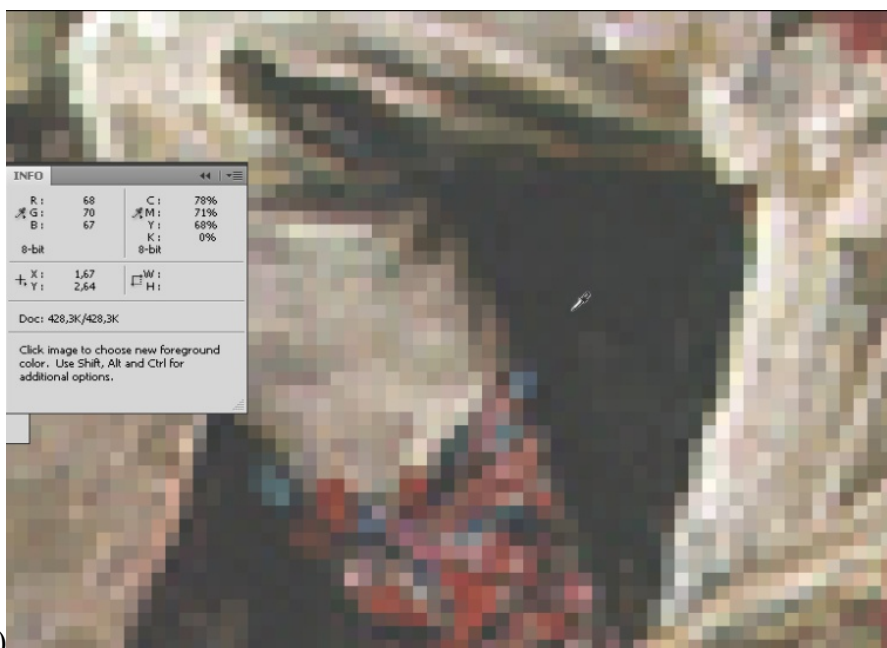
Slika 48. Planirane slike u a) RGB stanju za vidljivi dio spektra i b) Grayscale stanju za NIR-Z spektar

Početnoj vidljivoj slici u RGB sustavu nakon namještanja vizualnih elemenata, preliminarno se smanjuje kontrast, odn. dodaje sivi ton pomoću nekog od ponuđenih alata. Zatim se provjeravaju tonovi boje koji prevladavaju na slici. Vizualna provjera tonova u cijelom rasponu daje generalnu informaciju o tome hoće li neki ton biti u stanju proizvesti infracrveni efekt. Pri tom nam pomažu alati koji ispisuju vrijednost kanala određenog tona boje. Za određena područja koja će morati nositi infracrvenu informaciju gledaju se vrijednosti CMYK kanala. Ovo je samo grubo i neprecizno provjeravanje nekih najkritičnijih tonova slike, ali nam daje informaciju koji tonovi su pogodni za IR reprodukciju, a koji će trebati proći kroz faze korekcije. Općenito gledajući, tonovi koji sadrže dovoljne količine svih komponenata CMY kanala postići će bolji IR efekt, jer imaju dovoljnu količinu sive koja je zamjenjiva sa crnom (K) komponentom. Bilo koji ekstrem u jednoj komponenti će rezultirati da određeni ton ne može postići  $Z_0$ , odn. „IR bijelu“ ili  $Z_{max}$ , odn. „IR crnu“. Kasniji prolazak slike kroz algoritam korekcije tonova producirat će finalni ton, koji ima točno određeni infracrveni odaziv. Slika 48.a prikazuje vrijednosti jednog tona iz ulazne RGB grafike sa vrijednostima CMY ( $K=0$ ). Na slici B) vidimo CMYK vrijednosti finalne CMYKIR separirane slike, u stanju  $Z_{40}$  sa adekvatno smanjenim vrijednostima CMY.

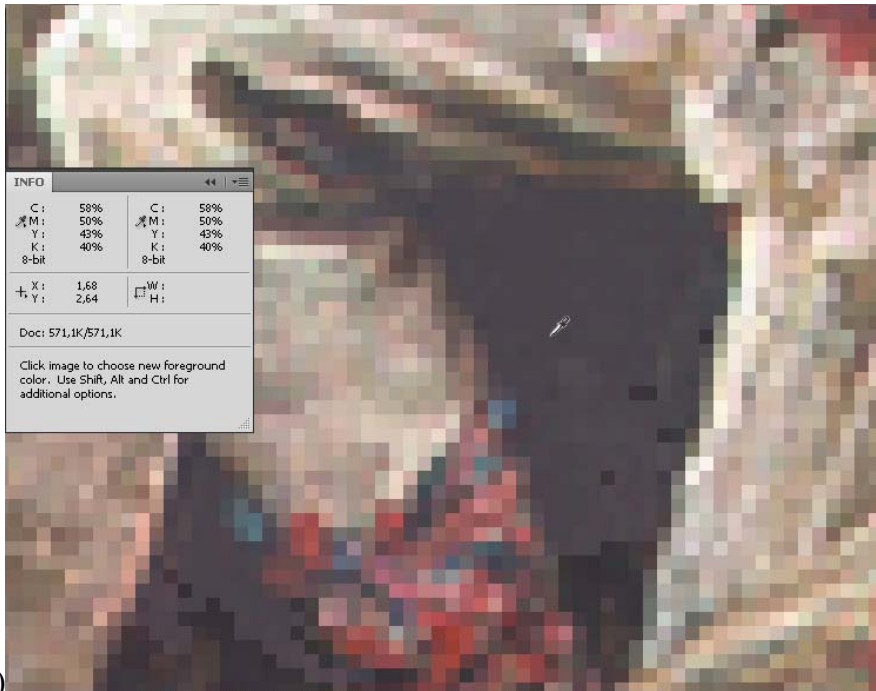


Motiv koji se trenutno opisuje, zanimljiv je jer sadrži neke vrlo svijetle dijelove slike, koji bi mogli narušavati strukturu IR planirane slike.

Slika koja će biti vidljiva u NIR-Z dijelu spektra (slika 47.b), planirana je u tonovima sive skale sa smanjenim rasponom tonova od 0 do 40%. Maksimalna granica od 40% zacrnjenja poštuje se zbog toga što su planirane boje i proračunate kolor postavke u prethodnim poglavljima bile namještene u tom rasponu. Četrdeset postotna vrijednost crnog kanala je sasvim dovoljna da bi ju detektirao NIR-Z uređaj, a u manjem rasponu crne se dobivaju bolji rezultati skrivanja. Izmjereni ton boje iz ulazne slike 48.a ima vrijednosti C=78%, M=71%, Y=68%, K=0%. Isti piksel iz CMYKIR separacije pokazuje promijenjene vrijednosti sa Z parametrom  $Z_{40}$ , i adekvatno smanjenih CMY (58%, 50%, 43%). Kod dobro planiranih početnih vrijednosti boja bez obzira na krajnje  $Z_{max}$  vrijednosti, tonovi bi trebali ostati jednaki. U primjeru je vidljiv blagi pad žute komponente, ali je slika zadržala dovoljnu saturiranost crvenih tonova, koji dominiraju motivom. Mala promjena u tonu uzrokovana je drugom fazom CMYKIR separacije u kojoj RGB slika prelazi u CMY (K=0) gdje su i u konvencionalnim metodama separacije vidljivi gubitci.



a)



b)

*Slika 49. Uvećani detalj a) planirane ulazne RGB slike i b) CMYKIR separirane grafike sa novim CMYK vrijednostima*

### **5.3.2. Usklađivanje motiva u eksperimentalnoj poštanskoj marci**

Faza u kojoj se dvije slike usklađuju prikazana je na slici 49. Ovdje tek postaje očito koliko je moguće točno izvesti CMYKIR separaciju. Vidljivo je da se u određenim dijelovima grafike neće moći izvući dovoljno crne komponente za postizanje  $Z_{40}$  stanja. Takva situacija se najviše očituje na detalju bijele košulje Matije Gupca, koja bi prema planiranoj grafici trebala nositi IR zacrnjenje brojke „3“. Također, ista situacija se javlja na desnoj strani slike kod bijele odjeće osobe koja kleči, preko koje se prostire IR tekst. U CMYKIR separaciji, kod takvog pozicioniranja dvije grafike, se očekuju gubitci IR tonova u rasponima vidljive grafike koji su presvijetli. Na ovakvom primjeru diskutira se o mogućnostima izvlačenja sivih tonova da bi se postigao bolji IR efekt te njihovog utjecaja na tonove vidljive slike.

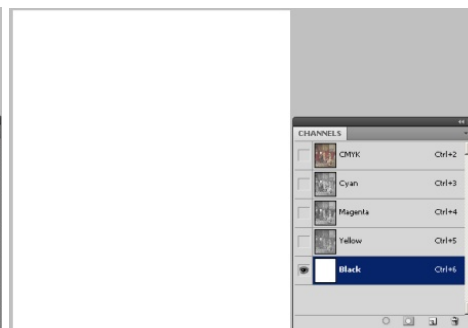
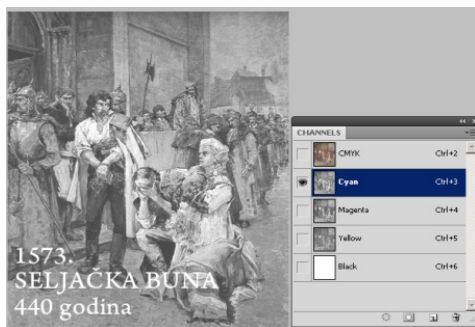


*Slika 50. Preklapanje motiva i dodatno usklađivanje pozicija dviju grafika*

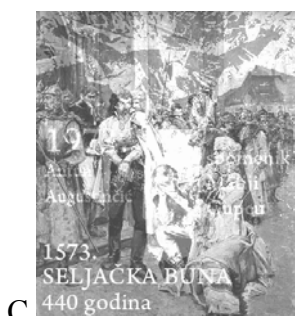
Slika 52. prikazuje rezultat CMYKIR separacije koja je izvedena bez prethodnih korekcija u podizanju sivih tonova. Algoritam CMYKIR separacije iz originalnih RGB vrijednosti tonova svakog piksela izračunava CMY(K=40) vrijednosti. U procesu konverzije iz RGB u CMY(K=0) (slika 50.) dolazi do određenih pomaka od originalno zamišljenog tona, no takve minimalne razlike se događaju i kod konvencionalnog prijelaza iz RGB slike u CMYK. Može se reći da su u ovom primjeru tonovi vidljive slike vrlo dobro reproducirani u odnosu na originalnu ulaznu sliku. Analiza infracrvene slike K kanala nove separirane grafike pokazuje velika odstupanja od početnog dizajna, kao što je bilo očekivano u fazi usklađivanja.

Izvedeni su pojedinačni CMYK kanali grafike separirane CMYKIR metodom. Crni kanal K sadrži infracrvenu sliku sa stanjem Z parametra = 40. S obzirom da nisu rađene nikakve korekcije tonova, infracrvena slika pokazuje vrlo velika odstupanja od originalno zamišljenog motiva. U tonovima vidljive grafike koji u početku nisu imali dovoljnu količinu CMY komponenata da bi se postigao  $Z_{40}$  nije postignut IR efekt. Odstupanje je najviše vidljivo u najsvjetlijim dijelovima vidljive grafike koji su trebali nositi veće IR zacrnjenje. S obzirom da se u tim dijelovima nije mogla adekvatno zamijeniti crna komponenta (jer su CMY vrijednosti bile premale), nije postignut IR efekt. Najveći gubitci su vidljivi u tekstu gdje su neki slovni znakovi potpuno izbrisani i u donjim dijelovima kipa Matije Gupca unutar kojeg je vrlo oštro probio lik iz vidljivog dijela grafike.

### 5.3.3. Poštanska marka u CMYKIR separaciji



Slika 51. Prva faza CMYKIR separacije - konverzija iz RGB u CMY (K=0)



C

M

Y

K

*Slika 52. Prikaz CMYKIR separacije originala sa pojedinačnim CMYK kanalima grafike nakon CMYKIR separacije*

Marka „Seljačka buna“ u skrivenoj grafici sadrži tekstualnu poruku koja je važna jer upotpunjuje značenje proširene slike. Dvije informacije, bilo da se radi o slici ili o tekstu, povezane su zajedničkim kontekstom. Gubljenje dijela zacrnjenosti K kanala, kao što vidimo u prvom primjeru marke „seljačka buna“ u potpunosti uništava tekstualni dio IR slike. Budući da je tekstualna informacija važna u razumijevanju motiva, mora se ići u podizanje tonova vidljive slike kako bi oni mogli iznijeti IR informaciju.

U detalju se vide „bijeli otoci“ u područjima tonova koji nisu mogli producirati dovoljno crne da bi se postigla planirana informacija.

Zato se pribjegava metodama kontinuiranog podizanja razine sive u niskim tonovima kako bi stvorili dovoljnu količinu crnog bojila koje je nositelj IR informacije. Podizanje sive se može vršiti u većoj ili manjoj razini kako bi dobili optimalno rješenje i za vidljivu sliku i za IR informaciju. Koliko će se podizati razina sive ovisi isključivo o tonskom rasponu motiva i važnosti informacije koja se smješta u IR spektar.

#### 5.3.4. Model Z desaturacije za pripremu CMYKIR separacije

Ako slika u vidljivom dijelu spektra sama po sebi ima dovoljnu količinu sivog tona u cijelom rasponu grafike, tada će i infracrvena slika dobiti odgovarajuće vrijednosti u separaciji. U takvom slučaju nije potrebno posebno podizati tonove. Kada vidljiva slika nije tonski pogodna za izvođenje kvalitetne informacije u IR spektru, tada se njezini svijetli tonovi degradiraju. Detalj podizanja sive u drugom primjeru marke „Seljačka buna“ ilustrira na koji način je došlo do podizanja sivog tona.

Da bi se popravio infracrveni efekt i slika približila planiranoj grafici stvoren je poseban algoritam koji podiže razinu sivog tona u vidljivoj grafici kako bi djelomično nadomjestio nedostatak crne komponente u svijetlim tonovima.

Algoritam podizanja niskih tonova počiva na sljedećim formuli:

$$B = 1000 \div P$$

$$A = 1 - 10 \div (100 + B)$$

$$T_S = T \times A + 1000 \div (T + B)$$

U primjeru poštanske marke eksperimentira se sa podizanjem sivog tona na 20% i na 40%. Grafikoni pokazuju krivulju podizanja svijetlih tonova za vrijednosti  $P = 20$  i  $P = 40$ .

$$P=20$$

$$B = 1000 \div 20 = 50$$

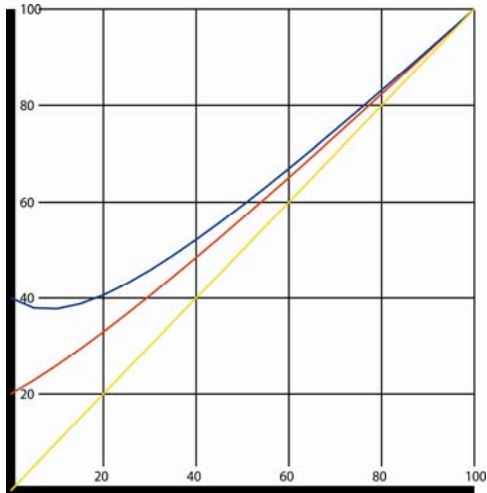
$$A = 1 - 10 \div (100 + 50) = 1 - 10 \div 150 = 1 - 0.0667 = 0.9333$$

$$T_{40} = 43.1$$

$$P= 40; B = 25; A = 0.92$$

$$T_{40} = 52.18$$





Graf 1. Podizanje svijetlih tonova za 20% (crveno) i 40% (plavo) prema formuama  $T_{20}$  i  $T_{40}$

Razina sive se podiže u svijetlim tonovima od 40% na nultoj vrijednosti K s asimptotskim približavanjem na zajedničku točku pokrivenosti kod potpune pokrivenosti od 100% K. Vrijednosti iznad 50% pokrivenosti se samo malo mijenjaju jer već sadrže dovoljnu količinu bojila koji mogu proizvesti infracrveni efekt. U konvencionalnim programima ne postoje algoritmi koji će selektivno izvoditi desaturaciju samo za određeni raspon tonova. Zato se primjenjuju ovdje predložene relacije kako bi se znatno utjecalo samo u određenom rasponu.

Algoritam se primjenjuje na sva tri C,M Y bojila jer se zamjena karbon crne može izvesti samo u onim pikslima koji imaju pozitivne vrijednosti sva tri procesna bojila. To je zahtjev konvencionalne GCR metode.

Slika 53. prikazuje korigirane vizualne slike bez korekcije, s 20% podizanja i 40% podizanja nultih vrijednosti pokrivenosti.



Slika 53. Prikaz podizanja tonova vidljive slike a) bez korekcije, b) s 20% podizanja i c) 40% podizanja multih vrijednosti pokrivenosti

Slika 53.b pokazuje rezultat podizanja sivog tona u vidljivoj slici za 20% . Bijeli i svijetli tonovi se gube te slika gubi na kontrastu i čistoći boja. Događa se desaturacija prevladavajućih crvenih tonova te tamnjenje bijelih tonova. Može se reći da je i ovakva grafika ipak upotrebljiva u dizajnu, jer iako postoje odstupanja od originalnog tona, ona nisu toliko drastična da bi se narušio cjelokupni dizajn. Gledajući infracrveni odaziv skrivene grafike, vidi se poboljšanje u tonovima koji su u prethodnom primjeru, bez podizanja sivog tona, bili izgubljeni. Sada je vidljiv čitav tekst u skrivenoj grafici, razlike su vidljive i u ostalim kanalima. U sva tri CMY kanala vidljiva je brojka „3“ iz koja je u prethodnom primjer bila potpuno nestala.



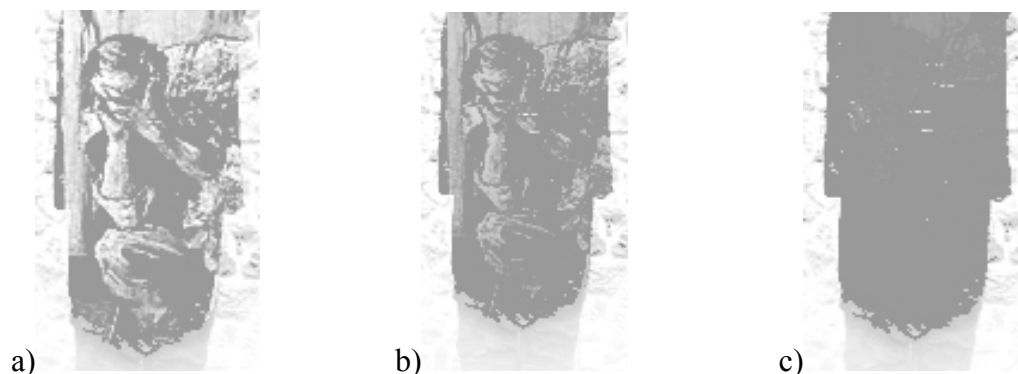




Slika 54. Pojedinačni kanali nakon podizanja tonova za 20% i CMYKIR separacije

Ostatak teksta se također mnogo bolje nazire u svim kanalima. Lik iz vidljive grafike koji se u prethodnom primjeru oštro nazirao u IR slici, sad probija u infracrveno područje sa mnogo manjim kontrastom. Gradacija Z parametra se u drugom primjeru smanjila, što smanjuje i raspon zacrnjenosti tonova i detalja grafike koja se može postići.

Treći primjer istog motiva na slici 53.c pokazuje vrlo visok stupanj podizanja sivog tona. On ide čak do 40%. Vidljiva slika pokazuje vrlo velika odstupanja od originalnog tona zamišljenog dizajnom. Tonovi su izgubili svoje originalne vrijednosti te je stupanj kontrasta vrlo nizak. Svijetli tonovi su dobili smeđu nijansu, a u crvenim tonovima se vidi velik gubitak saturacije. Tekst koji je bio izveden bijelom bojom sada je postao vrlo taman što ga previše stapa sa ostatkom slike i gubi se čitljivost. S obzirom da se radi o malom formatu poštanske marke i vrlo sitnom tekstu, moguće je da se sa takvim podizanjem sivog tona dijelovi teksta potpuno stope sa slikom. U vidljivom dijelu se vide gubitci, no infracrvena slika poprima sve veću sličnost originalnoj dizajniranoj slici. U CMY kanalima jasno je vidljiv tekst koji se dovoljno kontrastno pojavljuje i u crnom kanalu.



*Slika 55. Detalj poštanske marke „Seljačka buna“ u crnom kanalu; a) IR slika bez podizanja tonova, b) sa 20% podignutim tonovima, c) sa 40% podignutim tonovima*

Detalj slike 55. najbolje ilustrira kako podizanje CMY tonova ulazne  $X_0$  slike utječe na CMYKIR separaciju.

Podizanje slike u vizualnom dijelu može biti u ovom dizajnu dvostruko diskutiran. Bez podizanja dobili smo zanimljiv detalj „plača“ koji je upravo dizajnerski složen u centralni prostor razapetog Matije Gupca. To je napravljeno namjerno kako bi se mogao izazvati novi interes za dizajnere u CMYKIR tehnologiji. Takve situacije se mogu namjerno planirati. U ovom dizajnu prostor donji, križa, odjeća Matije Gupca, nema posebno važnih informacija pa je izbacivanje iz dijela slike A dizajnerski intrigantno. Premda je cilj čistoća i slike Z, ostaje na dizajneru odluka što će i kako podesiti metodu podizanja vidljive slike V.

Sljedeći primjeri također ilustriraju potrebu da se uvede dodatna kontrola infracrvene slike u svrhu očuvanja informacija.



*Slika 56. detalji slova u infracrvenoj slici marke „Seljačka buna“ sa podizanjem tonova*

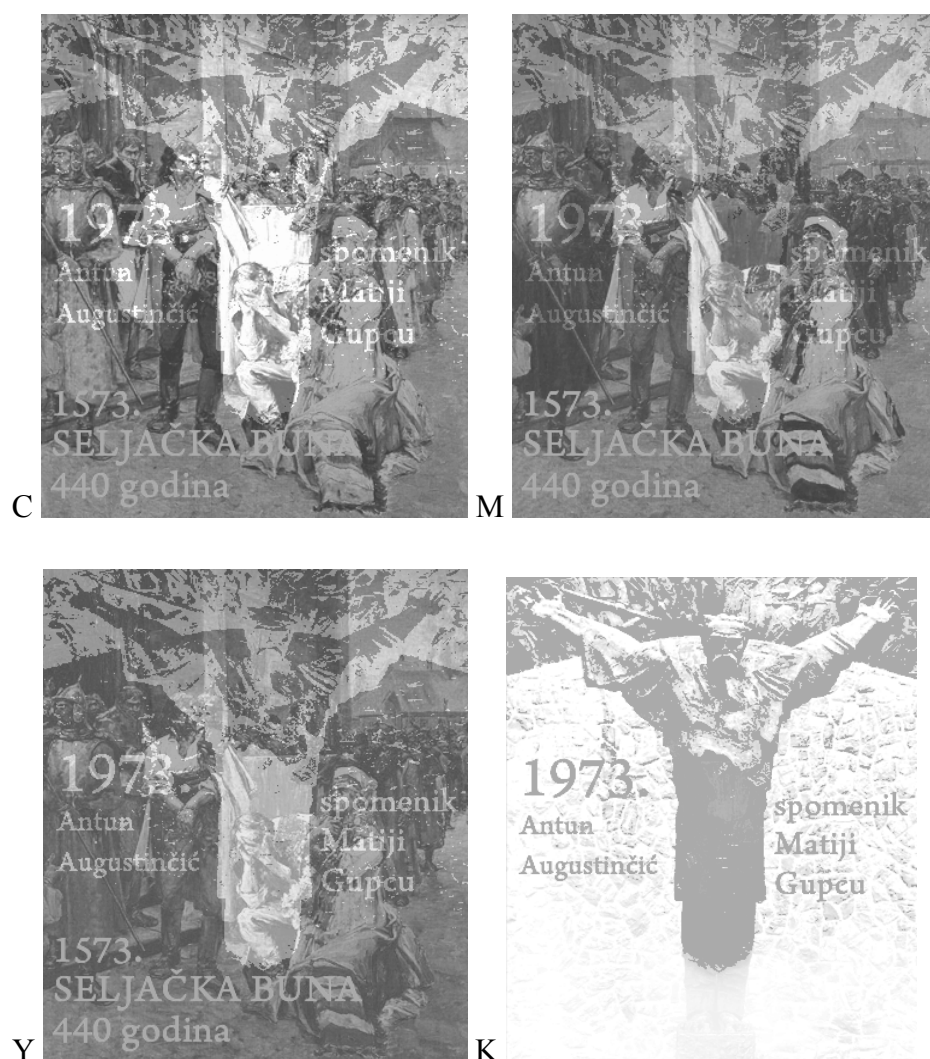
U dijelu dizajna marke matije gupca nalaze se tekstualna obavijest „1973.“ i ime autora kiparskog djela . Taj tekst je sakriven u vizualnom prostoru i namijenjen je samo infracrvenom stanju slike. U nultoj separaciji a) dijelovi informacije se ne mogu pojaviti u infracrvenom stanju. To je zbog toga što su na tim mjestima pikseli presvijetli, tj. najmanje jedna boja od komponenti CMY je premale pokrivenosti. Jedini način da se taj tekst pojavljuje u IR spektru je podizanje tonova CMY u vizualnoj slici V. Koliko? Odluka leži na dizajneru. Ovdje je ponuđen matematički model koji dizajneru omogućuje kontinuiranu primjenu njegove zamisli. Kao dizajner ovog uratka, mogla bih si uzeti pravo da taj tekst premjestim na neko drugo mjesto, gdje ima dovoljno planiranog bojila. Time se ulazi u novu vrstu kompromisa za CMYKIR tehnologiju. Odavde se zaključuje da između dizajnera i eksperta za CMYKIR tehnologiju moguće je doći do dobrog rješenja ako njih dvoje dobro surađuju i pokušaju razumjeti ograničenja stvaranja dvostrukih informacija.

Ova diskusija je važna u prostoru poštanskih maraka gdje dvostruka slika nije rađena samo u smislu zaštite, već i u pružanju tekstualnih i likovnih informacija. Ovdje opisana problematika će nastati onda kada ćemo na poštansku marku stavljati obavezne znakove kao što je propisano zakonskim pravilnikom.

Iz ovih primjera može se jasno povezati utjecaj tonova boje iz vidljive slike na infracrvenu skrivenu grafiku. Iako niti u jednom primjeru nije bilo narušeno sakrivanje informacije, kvaliteta tona iz jednog raspona izravno utječe na efekt zacrnjenja u drugom spektralnom rasponu. Ovim primjerom je dokazano kako količina sivog tona utječe na infracrveni efekt. U slici koja nije imala dovoljno sivog tona, a istovremeno mnogo svijetlih dijelova, infracrvena slika nije bila

adekvatno zacrnjena. Povećanjem sivog tona do 20% dobivaju se zadovoljavajući rezultati i u vidljivom dijelu spektra sa dovoljno zacrnjenja u infracrvenom dijelu. Podizanje sivog tona iznad 20%, sa ekstremom od 40% drastično je narušilo tonove vidljive slike, dok je infracrvena slika dobila veću oštrinu i sličnost originalnoj planiranoj slici.

U dizajnu dvostruke slike uvijek je tendencija da se vidljiva slika očuva u svojim originalnim vrijednostima nauštrb skrivene slike. Kod određenih motiva taj efekt je više ili manje izražen. Pretpostavka jest da vidljivi motivi moraju pokazivati realne vrijednosti boja. No ovisno o motivu, to može više ili manje varirati. Dizajner motiva zato treba odvagati što je u danom primjeru važnije te prema tome pristupiti manipulaciji bojama.



Slika 57. Pojedinačni kanali podignute sive vrijednosti od 40%

## **6. MODEL SEPARACIJE SPOT BOJA U VIZUALNOJ I INFRACRVENOJ TISKARSKOJ TEHNOLOGIJI**

Stvaranje dvije spot boje sa istim tonom za vidljivi, a različitim za infracrveni spektar je, zapravo, stvaranje višestrukih bojila. Ovaj rad ograničio se na dva stanja IR grafike, a to su  $Z_0$  ili „IR bijela“ i  $Z_{40}$ , „IR siva“. Jedna boja (jedan vizualni ton) da bi postigla IR različita stanja, mora biti posebno namješana te otisnuta sa posebnom tiskovnom formom u različitom spremniku sa bojom. Ako se radi o blizancima spot bojila, ona imaju dva stanja, dakle dvostruko više tiskovnih formi za tisak.

Eksperimentalna marka je izvedena sa 4 spot boje u dva stanja tj. 8 tiskovnih formi. Za njih su prethodno izračunati proračuni regresije za standardne postavke boja: Eurostandard i U.S. SWOP. Četiri boje kojima se tiska poštanska marka su plava, žuto-smeđa, zelena i siva. Za sve četiri boje date su kvadratne jednadžbe i izračunati koeficijenti miješanja te su proračunate njihove vrijednosti u stanju  $Z_0$  i  $Z_{40}$ . Time je dobiveno četiri para blizanaca spot bojila, odnosno osam zasebnih bojila.

### **6.1. Proračun regresijskih vrijednosti za 4 spot boje**

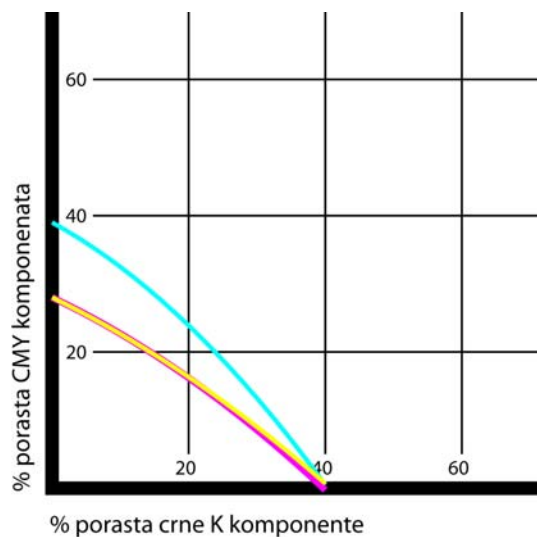
U ovom poglavlju daju se detaljni izračuni regresijskih matrica za četiri spot boje sa dvostrukim infracrvenim efektom korištene u dizajnu poštanske marke. Vrijednosti su računane za Eurostandard i U.S. SWOP postavke boja koje su najčešće u ofsetnom tisku.

Kreće se od vrijednosti boja koje su zadane u RGB sustavu te je izračunat njihov ekvivalent u CMYK Eurostandard i CMYK SWOP prostoru boja. Rezultati pokazuju velike razlike u stupnju miješanja CMYK vrijednosti za dva standarda.

U tablicama su prikazani su postotci miješanja CMYK komponenti u gradaciji  $Z$  vrijednosti od  $Z_0$  ( $K=0$ ) do  $Z_{40}$ . U kreiranju poštanske marke sa ovim bojilima koristit će se granične vrijednosti  $Z_0$  i  $Z_{40}$ , no u izračunu koeficijenata miješanja potrebno je uzeti u obzir i vrijednosti  $Z$  parametra među-tonova. Točnost izračuna koeficijenata je veća sa većim uzorkom  $Z$  vrijednosti.

Tablica 7. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u SWOP postavki boja

SWOP RGB	C	M	Y	K
siva 169, 169, 169				
	39	28	28	0
	36	25	25	5
	32	23	22	10
	28	20	19	15
	24	16	16	20
	20	13	13	24
	15	10	11	28
	11	7	7	32
	6	3	4	36
	0	0	0	40



Graf 2. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za sivu boju u SWOP postavci boja

$$C = - 0.01034 \times K^2 - 0.54929 \times K + 39$$

$$M = - 0.0058 \times K^2 - 0.47456 \times K + 28$$

$$Y = - 0.00488 \times K^2 - 0.48721 \times K + 28$$

Nulte vrijednosti jednadžbi su početne točke. Padovi su u parametru kvadratnog dijela negativni, kao i parametar linearnog dijela polinoma  $Y=ax^2+bx+c$ ;

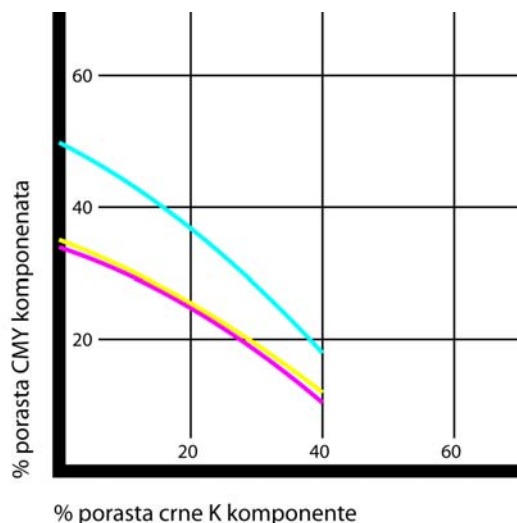
Kada napravimo opću jednadžbu tonova morali bi ići u dozvoljena odstupanja u središnjim dijelovima krivulje.

U tablici 7. prikazane su vrijednosti za sivu spot boju sa RGB vrijednostima 169, 169, 169. U teorijskom miješanju bojila bez postavki boja, pad bi za sve vrijednosti trebao biti linearan. Siva

bi u teoriji trebala imati jednake vrijednosti CMY kao komplementarni ekvivalent RGB vrijednosti. U realnim uvjetima za U.S. SWOP postavku boja cyan ima veću vrijednost od magente i yellow te se njezin pad može opisati kvadratnom jednadžbom.

Tablica 8. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u Eurostandard postavki boja

Eurost. RGB	C	M	Y	K
siva				
169, 169, 169	50	34	35	0
	47	32	33	5
	44	30	31	10
	40	28	28	15
	37	24	26	20
	34	22	23	24
	30	20	20	28
	26	17	18	32
	22	14	15	36
	18	10	12	40



Graf 3. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za sivu boju u Eurostandard postavci boja

$$C = -0.00725 \times K^2 - 0.50714 \times K + 49.81866$$

$$M = -0.00645 \times K^2 - 0,33039 \times K + 33.92813$$

$$Y = -0.00496 \times K^2 - 0.37994 \times K + 35.06729$$

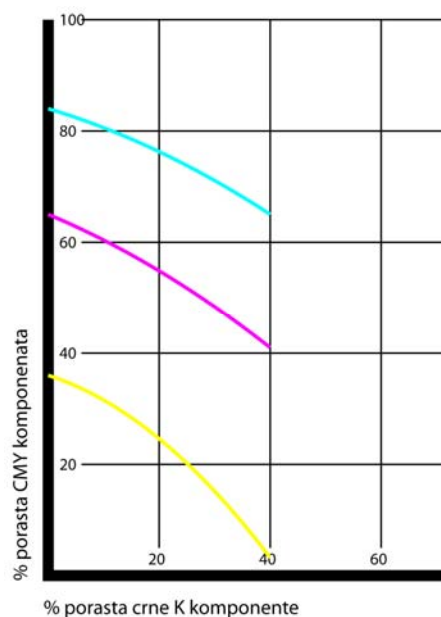
Siva boja u Eurostandard postavki boja sa istim vrijednostima RGB (169, 169, 169) ima drugačiji pad vrijednosti CMY komponenti. Cyan opet ima puno veću vrijednost od žute i magente, no kod Eurostandarda žuta vrijednost ima blago povećanje u odnosu na magentu. U

usporedbi sive nijanse u dva standarda očituje se i drastično povećanje količine CMY komponenata u Eurostandardu u odnosu na SWOP za 11% u cyanu, 6% u magenti i 7% u žutoj za istu količinu crne K komponente u  $Z_0$  stanju.

Vrijednosti u plavoj spot boji (RGB 62, 78, 119) pokazuju krivulje pada za CMY komponente. U cyanu je pad gotovo linearan dok je u žutoj komponenti krivulja pada izraženija.

*Tablica 9. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K plave spot boje u SWOP postavki boja*

SWOP RGB	C	M	Y	K
plava 62, 78, 119				
	84	65	36	0
	82	63	33	5
	80	60	31	10
	79	58	27	15
	76	55	23	20
	74	52	21	24
	72	50	17	28
	70	47	13	32
	67	44	9	36
65	41	4	40	



*Graf 4. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za plavu boju u SWOP postavci boja*



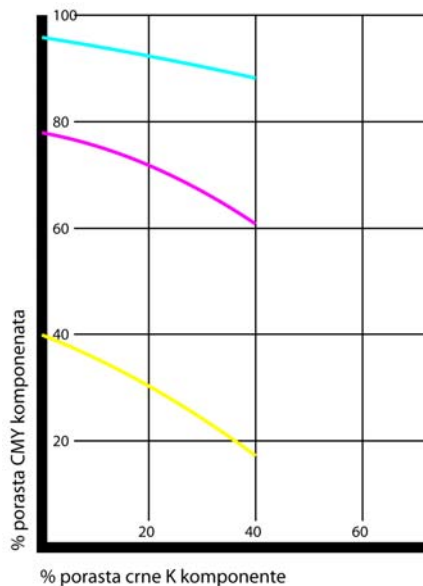
$$C = -0.00441 \times K^2 - 0.29806 \times K + 84$$

$$M = -0.00463 \times K^2 - 0.41514 \times K + 65$$

$$Y = -0.01247 \times K^2 - 0.32061 \times K + 36$$

Tablica 10. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K plave spot boje u Eurostandard postavki boja

Eurost. RGB	C	M	Y	K
plava 62, 78, 119				
	96	78	40	0
	95	77	38	5
	94	75	35	10
	93	74	33	15
	92	72	30	20
	92	70	28	24
	91	68	26	28
	90	66	23	32
	89	63	20	36
88	61	17	40	



Graf 5. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za plavu boju u Eurostandard postavci boja

$$C = -0.00082 \times K^2 - 0.15856 \times K + 95.82213$$

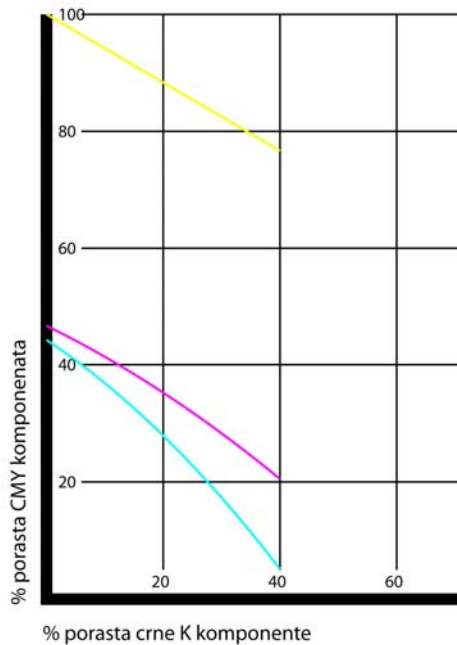
$$M = -0.0061 \times K^2 - 0.18405 \times K + 77.94254$$

$$Y = -0.00436 \times K^2 - 0.39234 \times K + 39.86547$$

Usporedba Eurostandarda i SWOP postavki boja za plavu nijansu pokazuju razlike za cijan 12%, magentu 13% i žutu 4% u  $Z_0$  stanju.

Tablica 11. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K žutosmeđe spot boje u SWOP postavki boja

SWOP RGB	C	M	Y	K
žuto smeđa 158, 133, 57				
	45	47	100	0
	40	44	95	5
	36	41	92	10
	33	38	90	15
	28	35	88	20
	24	33	85	24
	20	30	83	28
	15	27	81	32
	10	24	79	36
	5	20	77	40



Graf 6. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za žuto-smeđu boju u SWOP postavci boja

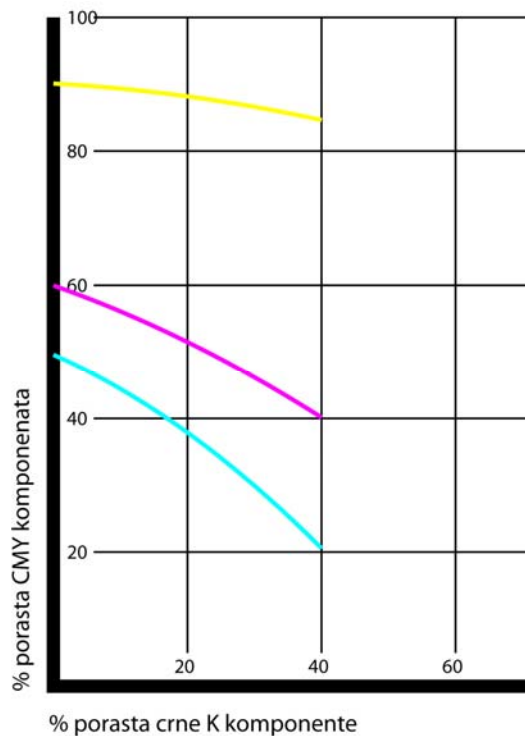
$$C = -0.00803 \times K^2 - 0.65595 \times K + 44.21562$$

$$M = -0.00413 \times K^2 - 0.48798 \times K + 46.63551$$

$$Y = -0.000038 \times K^2 - 0.58239 \times K + 100.0073$$

Tablica 12. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u Eurostandard postavki boja

Eurost. RGB	C	M	Y	K
žuto smeđa 158, 133, 57	50	60	90	0
	47	58	90	5
	44	56	89	10
	41	54	89	15
	38	52	88	20
	35	49	88	24
	32	47	87	28
	28	45	86	32
	25	43	85	36
	20	40	85	40



Graf 7. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za žuto-smeđu boju u Eurostandard postavci boja

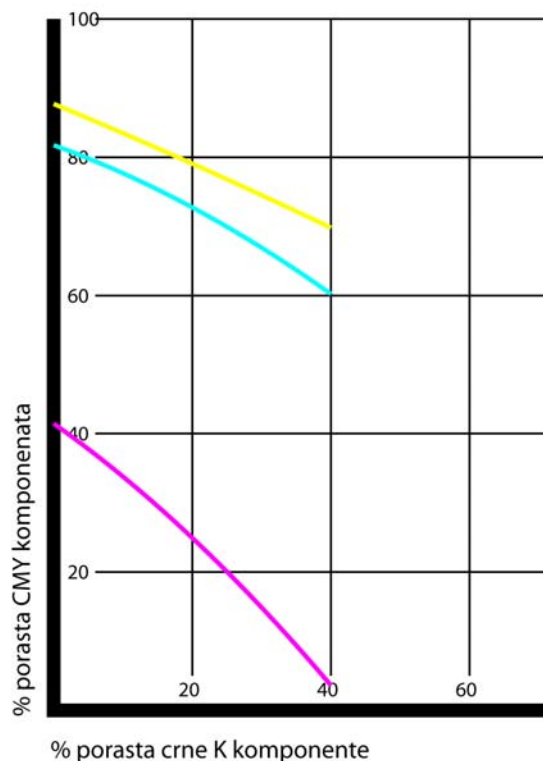
$$C = -0.007 \times K^2 - 0.44586 \times K + 49.58606$$

$$M = -0.00358 \times K^2 - 0.3525 \times K + 59.96121$$

$$Y = -0.00203 \times K^2 - 0.05539 \times K + 90.08894$$

Tablica 13. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K zelene spot boje u SWOP postavki boja

SWOP RGB	C	M	Y	K
zelena 68, 126, 81				
	82	42	88	0
	80	37	85	5
	77	34	84	10
	75	29	81	15
	73	25	79	20
	71	22	77	24
	68	16	76	28
	66	13	74	32
	63	9	71	36
	60	3	70	40



Graf 8. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za zelenu boju u SWOP postavki boja

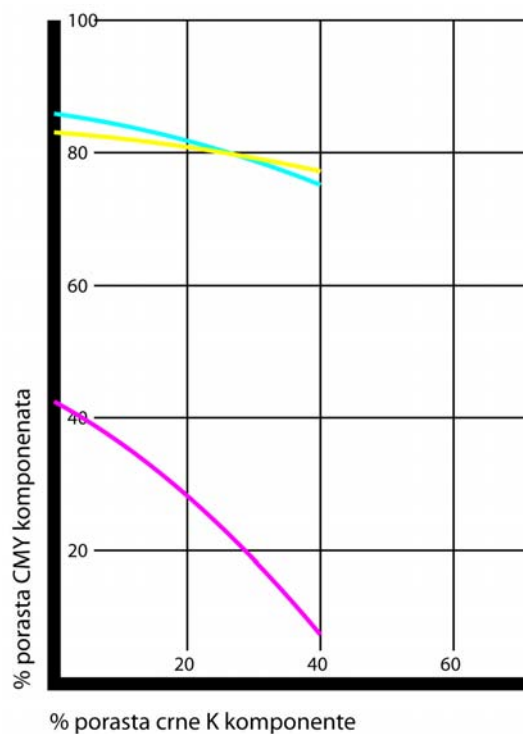
$$C = -0,00439 \times K^2 - 0,362 \times K + 81,74824$$

$$M = -0,00598 \times K^2 - 0,70679 \times K + 59,96121$$

$$Y = -0,00076 \times K^2 - 0,4171 \times K + 87,71595$$

Tablica 14. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K zelene spot boje u Eurostandard postavki boja

Eurost. RGB	C	M	Y	K
zelena 68, 126, 81				
	86	43	83	0
	85	39	83	5
	84	36	82	10
	83	32	81	15
	82	28	81	20
	81	25	80	24
	79	21	80	28
	78	17	79	32
	77	12	78	36
	75	7	77	40



Graf 9. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za zelenu boju u Eurostandard postavci boja

$$C = -0.00321 \times K^2 - 0.14027 \times K + 85.88028$$

$$M = -0.00827 \times K^2 - 0.5451 \times K + 42.43214$$

$$Y = -0.00179 \times K^2 - 0.07514 \times K + 83.05545$$

## 6.2. Model CMYKIR separacije u dizajnu sa četiri spot boje

Dizajnirana poštanska marka sa četiri spot boje dovodi u ekstrem problem „rubnog IRD efekta“ koji se javlja u tisku. Grafika je namjerno kreirana kao vektorska u vizualnom dijelu, sa linijama koncentričnih kružnica u četiri boje koje skrivaju infracrvenu poruku. Ugrađeni su i tipografski elementi kako bi se na njima promatrao rubni efekt. Infracrvena grafika sadrži portret autorice izveden u čistom tonu sive sa 40% zacrnjenošću. To odgovara stanju  $Z_{40}$ . U dizajnu je korištena jednotonska slika „štrih“ slika kako bi se naglasila prelazna i dodirna stanja. Kada se kreira takva grafika za vidljivi i infracrveni dio spektra dolazi do poklapanja osam različitih formi, koje moraju imati savršen registar kako bi preklapanje bilo nevidljivo. No kako su tiskarske tehnike prerobusne da bi mogle precizno iznijeti preklapanje bojila ovom radnjom se krenulo naći nove načine kako prikriti vidljivi rub. Dodirne, rubne linije koje stvaraju „rubni IRD efekt“ nisu samo problem vizualnog i  $Z$  stanja istog tona. Ovaj dodirni efekt odnosi se na svih osam bojila koja sudjeluju u dizajnu ove poštanske marke.



*Slika 58. Polazna planirana slika u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra*

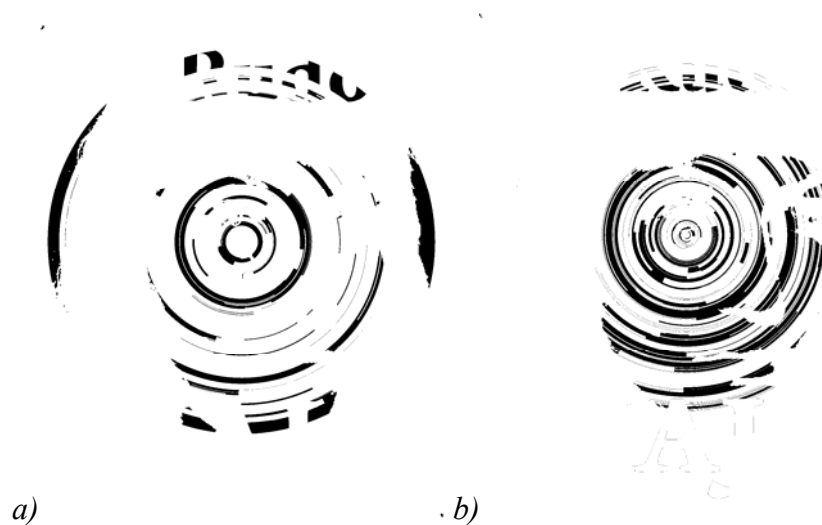
Blizanci bojila u dizajnu poštanske marke funkcioniraju kao osam odvojenih kanala. Jedno je stanje  $Z_0$  u kojem je skrivena slika „IR bijela“, a drugo je stanje  $Z_{40}$  u kojem je skrivena slika „IR siva“. Budući da postoje četiri spot boje svaka od njih u nekom od preklapanja pokazuje infracrveni efekt, dok se u drugim dijelovima slike IR efekt mora izbjeći. Separirani su kanali za svaku boju u  $Z_0$  stanju i  $Z_{40}$ . Kanal pokazuje zacrnjeno tamo gdje bi na tiskovnoj formi trebala

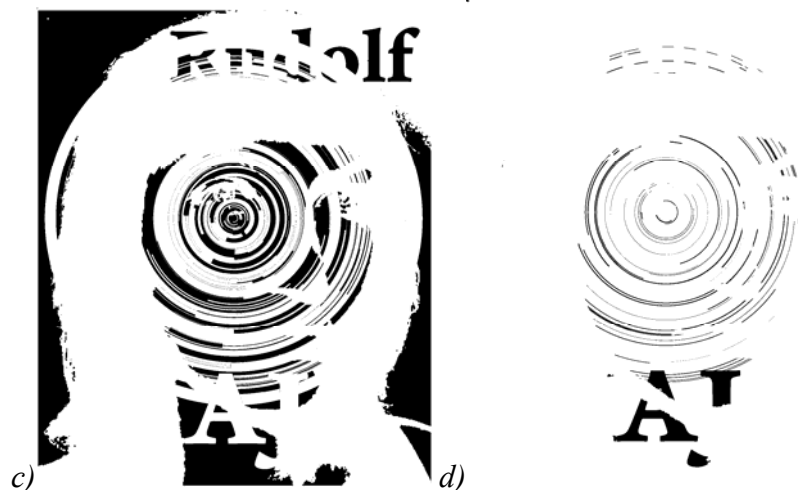
biti boja. Slika 59. pokazuje zacrnjenje kanala za četiri spot boje u stanju  $Z_0$ . Kada se preklope planirana vidljiva i infracrvena slika oni dijelovi koji će biti „IR bijeli“ pokazuju najveće zacrnjenje za boju  $Z_0$ .

Portret u IR i original za vizualni dio sadrže dvije riječi, ime i prezime autorice. Jedna od tih riječi vidljiva je u vizualnom dijelu spektra, dok je druga, sakrivena, odnosno vidljiva u infracrvenom dijelu kao IR bijela. Planirani dizajn pokazuje kako se u osam agregata rješava vidljivi i infracrveni spektar u u dizajnu efekta IR zacrnjenja.

Prema originalu, zelena spot boja je najzastupljenija u grafičkom rješenju vidljive slike (slika 59. i 60. c). Gornji dio grafike sadrži skriveni tekst „Rudolf“ u IR bijeloj. Za spot boju to znači da se na tom mjestu nalazi namiješana spot boja  $zelenaZ_0$  koja u svojoj strukturi ne sadrži crnu. Zato je kanal  $zeleneZ_0$  (slika 59. c) zacrnjen na mjestima gdje se javlja IR bijeli tekst.

Preklapanjem dva kanala zelene u  $Z_0$  i  $Z_{40}$  riječ „Rudolf“ potpuno je prekrivena, dok se riječ „Maja“ pokazuje kao bjelina (slika 61.). Ona je u zelenom kanalu izrezana jer je u vizualnom dijelu izvedena kao sivi ton. Taj sivi ton razlomljen je na par  $Z_0$  za IR bijelu i  $Z_{40}$  koji će se pojavljivati na mjestima zacrnjenja IRD slike.



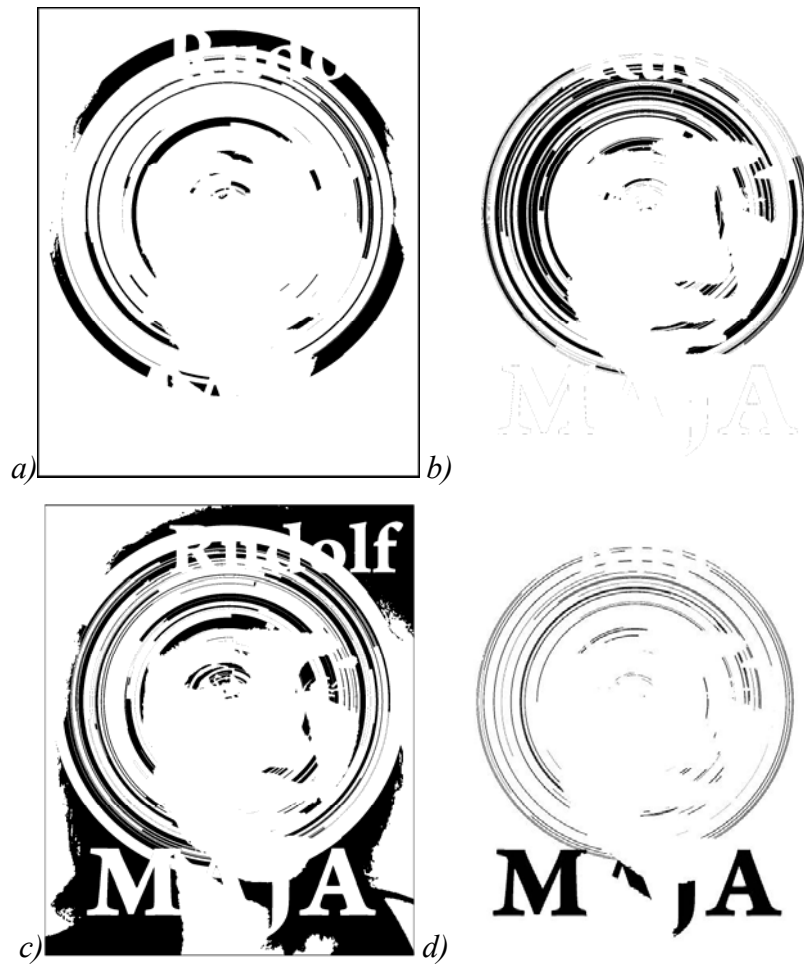


Slika 59. Separacija kanala za četiri spot boje u stanju  $Z_0$  „IR bijela“ a) plava $Z_0$ , b) smeđa $Z_0$ , c) zelena $Z_0$  i d) siva $Z_0$

Tekst „Maja“ skriven je za infracrveni dio spektra. Siva spot boja preklapljena je sa sivom IR grafikom. U kanalu  $siveZ_0$  jedva se pojavljuju se segmenti slova A i J. To je zato što su jedino ta dva slova preklapljena sa bjelinom vrata na portretu. Ostatak tipografskih elemenata u tekstu „Maja“ M i A u potpunosti se preklapa se sa crnim (sivim) dijelovima IR grafike (područje kose), te se njihov vizualni ton mora mješati u  $Z_{40}$  stanju (slika 49. d) Riječ „Maja“ razlomljena je u infracrvenom dijelu spektra no kao vizualni ton mora postići savršeno preklapanje bez „rubnog IRD efekta“.

Plava i smeđa spot boja, također imaju djelomično preklapanje sa IR slikom te moraju biti shodno time separirane. Portretna IR slika probija se u negativu u stanju  $Z_0$ , a kao puno zacrnjenje u dijelovima grafike gdje je potrebno stanje  $Z_{40}$ . Kružni dijelovi vidljive grafike imaju djelomično preklapanje sa Z grafikom te se na mjestima bjelina Z slike u  $Z_0$  stanju moraju pojaviti kao puni ton. To je utvrđeno u svim kanalima  $Z_0$  stanja jer postoji kružni trag. Preklapanje kružnih dijelova se dešava i na IR sivoj Z slici što je prikazano u kanalima  $Z_{40}$  stanja. Ovdje također postoji zacrnjenje kružnih dijelova koji odgovaraju crnom tonu Z grafike.





Slika 60. Separacija kanala za četiri spot boje sa vrijednostima  $Z_{40}$  a) plava $Z_{40}$ , b) smeđa $Z_{40}$  c) zelena $Z_{40}$  i d) siva $Z_{40}$



Slika 61. Dodirivanje zelenog tona u  $Z_0$  i  $Z_{40}$

Na slici 61. u preklapanju zelenog kanala u  $Z_0$  i  $Z_{40}$  stanju simulirano je odstupanje ruba kako bi se demonstrirao problem realizacije ovakve skrivene grafike koji nastaje u procesu tiska. Taj problem nazvan je „rubni IRD efekt“ (R-IRD) kako bi se naglasilo odstupanje koje se događa u rubnim dijelovima  $Z$  spot bojila na mjestima njihovog dodirivanja. Na mjestima dodira  $Z_0$  i  $Z_{40}$  stanja pojavio se bijeli rub. Taj efekt je vrlo nepovoljan u skrivanju  $Z$  grafike jer stvara vizualna odstupanja koja se manifestiraju kao bijela ili tamna linija na razgraničenjima  $Z$  stanja. Taj efekt na konkretnom primjeru dokazuju otisnuti uzorci parova blizanaca u priložima na kraju disertacije. U nekim dijelovima otiska se javlja bijela linija razgraničenja dok se kod drugih javlja tamna linija, ovisno je li se dogodilo preklapanje parova blizanaca ili odmak. Takve situacije u realnom tisku ne smiju biti dozvoljene kada se radi o skrivanju infracrvene informacije. Kako u tisku ipak ne možemo izbjeći takve efekte, ovaj rad uvodi rješenja koja u potpunosti uklanjaju rubni IRD efekt dodirivanja. Sljedeća poglavlja uvode metode raspršivanja oštrih rubova grafike kako bi se stvorilo vizualno ometanje u kojem ljudsko oko više nije u stanju prepoznati prijelaz između  $Z_0$  i  $Z_{40}$  bojila. Proces raspršivanja rubova uvodi rasterski element sa individualiziranim oblikom. Takav rasterski element utječe na rubne dijelove grafike na način da ih razlomi u svojoj mikrostrukturi. U tom procesu, dodirivanje rubnih stanja spot boja ima mnogo blaže prijelaze što u konačnici stvara potpuno poklapanje vizualne i  $Z$  slike bez rubnog IRD efekta.

## 7. RUBNI EFEKT DODIRA VIZUALNOG I Z BOJILA

U CMYKIR tehnologiji vidljiva (V) i infracrvena (Z) slika imaju prijelazna dodirna stanja. Najveći utjecaj u postizanju skrivanja slike imaju rubna područja dodirivanja dvostruke V i Z slike. Granice tih stanja su najosjetljiviji dijelovi ove tehnologije jer izravno ovise o preciznosti tiskarske tehnike. U ofsetnom tisku vrlo su česti pomaci registra, a takve greške su najuočljivije u graničnim prijelazima dvije slike. Posebno je taj problem izražen kada se radi o reprodukciji tipografskih elemenata i svih onih elemenata slike koji imaju oštre rubove. I digitalni tisak pokazuje slične efekte rubnih devijacija. Premda je proračun miješanja boja kroz regresijske jednadžbe za tiskarsku tehniku ofseta postigao zadovoljavajuće rezultate  $\Delta E$  vrijednosti za parove blizanaca Z bojila, događa se fenomen „rubni efekt IRD-a“ (R-IRD) koji može u potpunosti uništiti ciljno sakrivanje Z grafike u ofsetu. Pod pojmom R-IRD podrazumijeva se prepoznavanje prijelaza iz trobojnog u četverbojni tisak na dodirnim područjima istog tona, a različite Z vrijednosti. Rubovi istog tona u dva različita stanja  $Z_0$  i  $Z_{40}$  zbog grešaka pri izradi tiskovnih formi ili zbog pomaka registra stvaraju očitu granicu koja se manifestira kao bijela ili tamna linija. Postignuti probni otisci boja (dati u priložima na kraju radnje) pokazuju da rubove treba riješiti sa određenim stupnjem raspršenosti, odn. nazubljenosti.



*Slika 62. Prijedlog rješenja rubnih efekata kroz filter raspršivanja rubova slova*

Kroz brojne eksperimentalne otiske utvrđeno je da tipografski elementi koji imaju ravan rub imaju najveći stupanj grešaka prilikom tiska. Zbog toga je stvoren filter (slika 62. ) čiji algoritam pronalazi rubne dijelove takve grafike te ih raspršuje kako bi se u konačnoj IR slici manje primijetilo prijelazno stanje. Takav filter moguće je izvesti da ima jače ili

slabije raspršivanje ruba kako bi odgovarao na zahtjeve tiska, ali minimalno onoliko koliko je potrebno da se ne naruši dizajn samoj grafičkog elementa.

Prijedlog u ovom radu je uvođenje posebno dizajniranog rasterskog elementa koji će svojim oblikom i pozicijom služiti kao element raspršivanja slike. Rastriranje individualiziranim rasterima u CMYKIR tehnologiji rješava problem pri raspršivanju rubova slike u crnom kanalu koji je nositelj infracrvene poruke. Na taj način postiže se bolje preklapanje crnog kanala sa ostalim CMY kanalima, što smanjuje pogreške pri tisku. U ofsetnom tisku gdje postoji velik problem pomaka registra, ova tehnologija je nužna u postizanju kvalitetno skrivene grafike. Ako dođe do odstupanja registra, ljudsko oko vrlo brzo primijeti granice V i Z stanja te se lako može vizualno detektirati rub skrivene slike. Raspršeni rub skrivene slike uvelike smanjuje razlike koje bi bile vidljive golim okom.

## 7. 1. Modeliranje individualiziranih rasterskih elemenata

Tiskarske tehnike do sada poznaju rasterski element u ograničenom spektru oblika. U današnjim tehnikama tiska poznata je rasterska točka, linija ili romb. Jedino takve oblike je moguće reproducirati optomehaničkim procedurama [37]. Konvencionalne tehnologije rastriranja danas uglavnom upotrebljavaju rastersku točku u amplitudno, frekventno i hibridno moduliranim rasterima. Takvi rasteri se koriste isključivo u reprodukcijске svrhe i njihova glavna zadaća je što vjerniji prikaz tonova uz najmanju moguću primjetnost mikrostrukture slike. Konvencionalna tehnologija ide u smjeru smanjivanja i raspršivanja rasterskog elementa kako bi struktura slike bila ujednačena u svim rasponima tonova te ne bi dolazilo do neželjenog efekta moiré-a. Kada se javlja potreba za visoko kvalitetnim reprodukcijama linijature rastera se povećavaju, rasterski element postaje sve manji, a amplitudni rasterski elementi se napuštaju ili se pribjegava različitim algoritmima u frekventno moduliranim i hibridno moduliranim rasterima.

Ovim poglavljem se dokazuje da izbjegavanje rubnog efekta vizualnog i Z prostora ima potpuno suprotne postavke od konvencionalnih tehnika rastriranja. Zbog toga se postavlja kreiranje individualiziranih rasterskih oblika sa uvođenjem stohastičkih algoritama u amplitudno modulirane rastere. Namjena takvih tehnika nije u prikrivanju mikrostrukture slike već upravo suprotno; rasterski element sudjeluje u kreiranju krajnjeg efekta slike te mu se pridodaje novo značenje. Eksperimentalno je potvrđeno da je uloga takvih rasterskih tehnika najviše izražena u sposobnosti da mikrostruktura sudjeluje u zaštiti same slike. Razvojem digitalnih tehnika rastriranja omogućena je matematička formulacija rasterskog elementa. Programska manipulacija definiranih rasterskih oblika nudi nove mogućnosti čije upute su razradili različiti autori da bi potakli na stvaranje novih algoritama kontrole rasterskih oblika [31], linijatura, kutova i pozicija rasterskih elemenata i njihove primjene u dizajnu i zaštiti dokumenata [29][40][49]. Kreiranjem individualnih oblika rasterskog elementa (koji mogu poprimiti autorski oblik), efekti rastriranja koji se u konvencionalnom tisku smatraju nepoželjnima, u ovom slučaju igraju ulogu nosioca dodatnih informacija. Te informacije imaju ulogu zaštitnog elementa grafike i umjetničke reinterpretacije slike na koju se aplicira. U ovim tehnikama manje pozornosti se obraća prirastu rasterske točke i drugim problemima koji nastaju kada se želi prikriti mikrostruktura slike. Moiré efekt se u ovom slučaju rješava algoritamskim programiranjem kuta rastriranja na posve nov način. Napuštaju se standardni kutovi rastriranja CMYK kanala.

PostScript programski jezik nudi mogućnost matematičkog programiranja rasterskog oblika. Rješenja programiranih rastera primjenjuju se u svim tiskarskim tehnologijama koje podržavaju PostScript rastriranje. Iako postoje detaljna istraživanja na temu individualiziranih rasterskih elemenata [30][32][39], postoji prostor za daljnji razvoj i primjenu takvih tehnologija u praksi. Cilj novog pristupa je izvesti prijelazne odnose između trobojnog i četverbojnog dodirivanja područja u CMYKIR teoriji i tehnologiji. Jedan rasterski oblik proširuje svoju definiciju kroz modifikaciju matematičke jednadžbe te na taj način stvaramo familije rastera sličnih karakteristika koje se upotrebljavaju kako bi kroz varijacije oblika bolje zaštitili dokument [56][57].

Rasterska tehnologija individualiziranih rasterskih elemenata predstavlja novi moment u reprodukciji umjetničkih djela i sigurnosnih dokumenata [35][37], što se primjenjuje u ovom radu na poštanske marke u svrhu dodatne zaštite protiv krivotvorenja. Rasterski element kreiran programski moguće je manipulirati u jednoj slici sa različitim linijaturama i kutovima te primijeniti stohastičke modele raspršivanja rasterskog elementa u ćelijama [42][28]. Tako se dobiva jedinstvena mikrostruktura slike, neponovljiva onome tko ne poznaje programske parametre. Postoji malo primjera poštanskih maraka u kojima je primijenjena tehnologija individualnog rastriranja, no postoji realno opravdanje zašto bi se individualizirani rasteri trebali koristiti.

Ideja primjene takvih rastera jest da se rasterski element ugradi u svaki poštanski arak na drugačiji način koji će nositi informaciju o tisku same marke, te na taj način osigurati autentičnost. Programskim manipuliranjem u definiciju rastera moguće je ugraditi različite informacije i parametre, kao npr. datum otiska ili redni broj otisnutog arka, koji će utjecati na položaj rasterskog elementa, automatski isključujući mogućnost krivotvorenja.

### 7.1.1. Matematički model rasterskog elementa

Ovo poglavlje matematički definira strukturu za opisivanje rasterskih elemenata korištenih u skrivanju infracrvene slike na poštanskoj marci. Rasterski element je dizajniran matematičkim modeliranjem sa programskom kontrolom oblika, pozicija, linijature i kuta. On se kreira u prostoru nazvanom „rasterska ćelija“. To je jedinica prostora potrebna Postscript interpreteru da bi izveo rasterski oblik. Matematičke relacije koje određuju oblik rastera, definirane su u trodimenzionalnom prostoru, pomoću programske podrške programa Mathematica.

Ovdje su predstavljene nove formule koje kreiraju rasterski element dizajniran sa posebnom namjenom za korištenje u raspršivanju infracrvene slike poštanskih maraka. Kreirana su četiri nova rasterska elementa. Njihove karakteristike oblika odlikuju razvedenom krivuljom ruba koja će u konačnici stvoriti raspršenost ruba grafike. Razmatra se i slučaj kada je rasterski oblik relativno pravilnog oblika, ali mu se u kodni zapis dodaje stohastički parametar koji će takav oblik rascjepkati. Uvođenje stohastike kao posebno poglavlje, bavi se modifikacijom zadanih rasterskih elemenata, gdje se svi parametri podvrgavaju stohastičkom raspršivanju. Istražuje se koje od takvih rješenja može biti optimalno kao ugradnja u skrivenu sliku u infracrvenom području. Odabrani oblici rasterskog elementa biti će demonstrirani u eksperimentalnom primjeru poštanske marke.

#### RASTERSKI ELEMENT IV4

Dizajniran je model rasterskog elementa „IV4“. Pripadajuća matematička formula tog rasterskog oblika se definira kao  $Z=f(x, y)$  gdje se prostor rasterske ćelije definira u rasponu

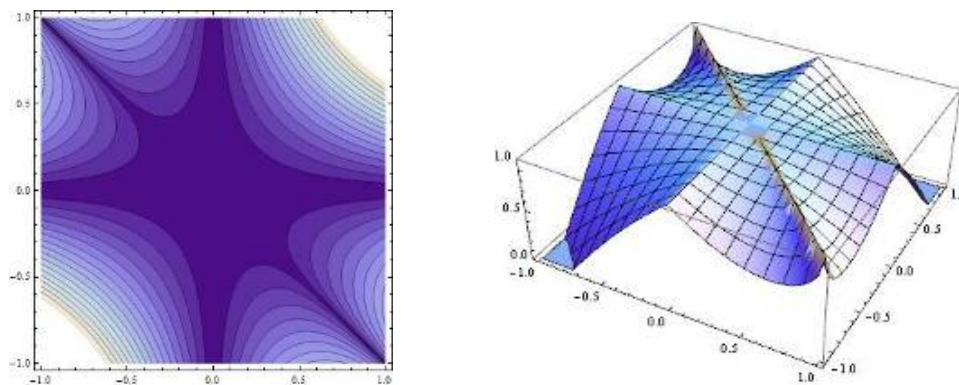
X: -1-1; Y:-1-1; i Z: 0-1.

Funkcija Z je matematička interpretacija rasta rasterskog elementa u odnosu na zacrnjenje slikovnog elementa. Dat je algoritam koji rastavlja sliku na sastavne elemente (piksele) te se njima pridružuje rasterski element zadane linijature i kuta.

$$Z = \sqrt{|x^3 * y^2 + x^2 * y^3|}$$

Ovakav rasterski element je posve drugačiji od kružne točke koja se koristi u konvencionalnom rastriranju. Rasterski element, sa jako razvijenim rubovima, šiljastim i linijskim mutiranjem, doprinosi zahtjevu da se NIR slika bolje sakrije od naših očiju u vizualnom spektru.

U prevođenju formule u PostScript interpretaciji nužno je poštovati zadane raspone X, Y i Z koordinate. Za svaku točku rasterskog elementa PostScript jezik postavlja X i Y koordinate na vrh memorije te izračunava  $Z=f(x, y)$ . Elementi sa većom Z vrijednosti prikazuju se u svjetlijem području i obrnuto. Što je Z koeficijent manji, rasterska ćelija ima veće zacrnjenje i obrnuto. Grafički prikaz rasterskog elementa u dvodimenzionalnom i trodimenzionalnom prostoru prikazan je na slici 63. Područje zacrnjenosti koje određuje oblik rasterskog elementa kristalne strukture prikazano je kao tamno područje.



Slika 63. Dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz šiljaste matematičke formulacije rasterskog elementa

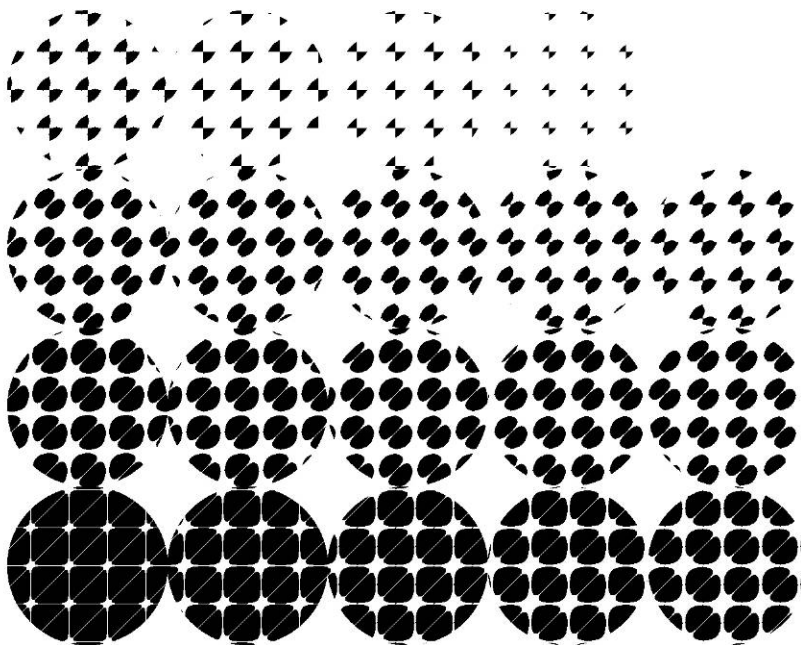


PostScript interpretacija formule rasterskog elementa definira se kao:

```
/IV4n {dup dup mul 2 index dup mul mul dup 3 2 roll mul 3 1 roll mul  
add abs sqrt 1 exch sub}def
```

Izgled rastera prikazan je na slici 64. Donji lijevi krug sadrži rasterski element sa maksimalnim zacrnjenjem od 95% te se svaki sljedeći smanjuje za 5% do minimalnog zacrnjenja od 0%.

Linijatura rastera je postavljena na 5 lpi dok je kut rastriranja u svim kružnim segmentima jednak 0°. Ovdje se jasno vidi struktura rasterskog elementa koji u svakom segmentu zacrnjenja postiže različit vizualni efekt. U osnovi je zamišljen kao šiljasta struktura nalik na paukovu mrežu u tamnim tonovima, a transformacije su od vizualno kristalnih struktura do elipsoidnih struktura nalik bubama i leptirima na manjim zacrnjenjima.



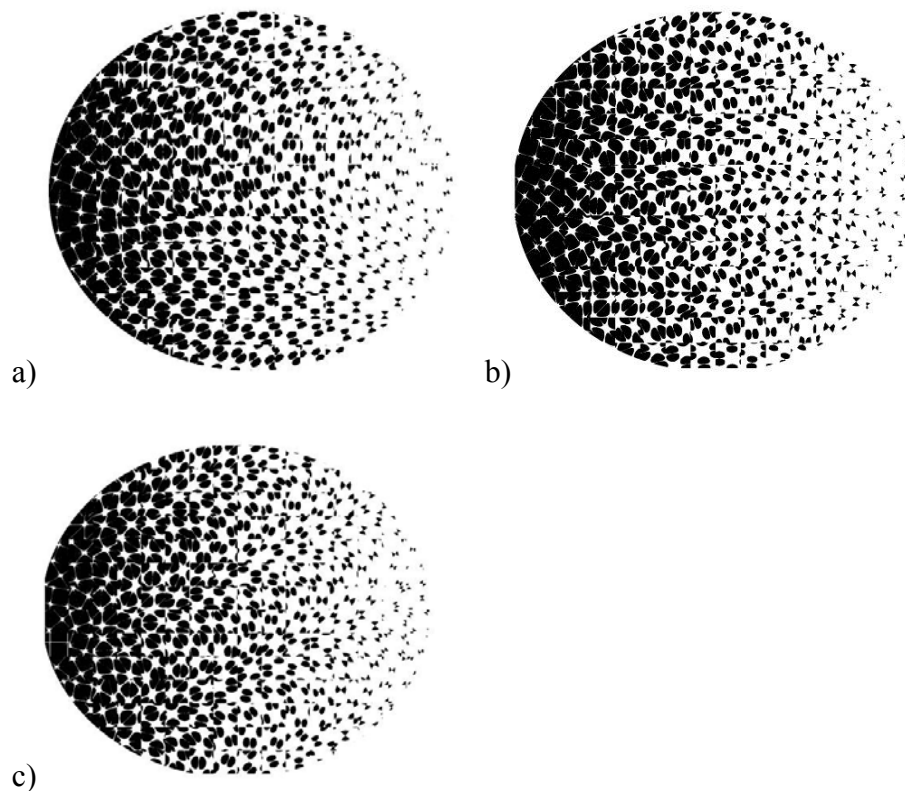
*Slika 64. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV4n*

PostScript interpretacija programa sa slike 64.:

```
/L 5 def /K 0 def
L K {IV4} bind setscreen
4{5 { sivo setgray 25 25 30 0 360 arc fill

/sivo sivo 0.05 add def 60 0 translate
} repeat
-300 60 translate }repeat
```

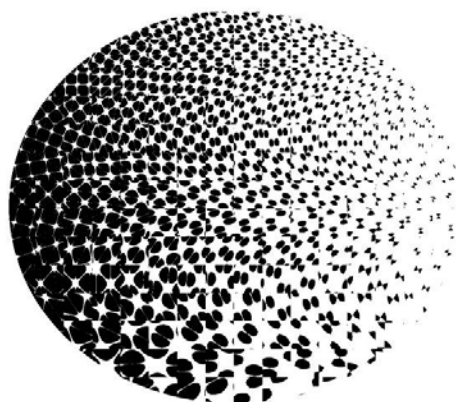
U PostScript interpretaciji koristi se vektorska slika koja postiže zacrtnjenost od 95% do 0%. Postavljeni su kružni segmenti unutar kojih zacrnjenje gradira od tamnih tonova do svijetlih te se, shodno tome, rasterski element mijenja prema zadanoj formuli. Zatim takav rasterski oblik testira u piksel grafici gdje je postavljena siva skala kontinuiranog tona od 95% do 0% zacrnjenosti. Potrebno je raster testirati i na takvoj grafici kako bi se utvrdio odnos veličine piksela i rasterske ćelije te se utvrdile eventualne pogreške. Razmatrat će se odnos rasterske ćelije naspram veličine originalnog piksela te izvršiti korekcije u deformaciji kako bi prijelaz bio nevidljiv.



Slika 65. Gradacija kuta rastriranja u rasterskom elementu IV4 za 1°(a) i 5°(b) i 20°(c)

Testna slika (65) izvedena je u sivoj skali 8-bitne slike. Takva slika može producirati 256 razina tonova što je dovoljan tonski raspon za ljudsko oko. Siva skala sadrži 16 razina piksela čiji su tonovi definirani u heksadecimalnom zapisu. Dva broja heksadecimalnog zapisa uzimaju se da bi definirala zacrnjenje piksla. Oni u svom rasponu korespondiraju sa pokrivenosti površine od 0% do 95% sive skale. Algoritam izvedbe testne skale lomi sliku na sastavne elemente – piksele – i na svakog primjenjuje kontrolirane vrijednosti parametara preko matematičkih relacija.

Testirani su svi parametri potrebni za realizaciju rasterskog elementa, kao što su linijatura, kut i pozicija rasterskog oblika. Da bi se razbila pravilnost rasterske mreže postoji nekoliko mogućnosti u kontroli parametara. Gradacija kuta je testirana u sivoj skali sa vrijednostima promjene za  $1^\circ$  u svakom pikslu (slika 65.a). Pomak pozicije rasterskog elementa kroz promjenu kuta dovela je do blage deformacije. Test je pokazao da gradacija kuta za bilo koju vrijednost stvara vizualne pod-elemente slike slične moiré efektu što ne pogoduje izvedbi grafike. Zbog toga se testirala i gradacija linijature uz gradaciju kuta.



*Slika 66. Gradacija kuta i linijature u testnoj sivoj skali za rasterski element IV4*

```

/L 5 def /K 0 def
10 10 translate

/w 20 def /h 20 def

/pixW 1 w div def /pixH 1 h div def

/S 16 def /R 14 def

/k < 09112233445566778899aabbccddeef1...> def

/p 0 def /p1 0 def /stupci S 1 sub def /redci R 1 sub def /pomX w
S mul neg def

p 1 redci { p 1 stupci {/j exch def
/K K 1 add def %gradacija kuta /K K 5 add def /K K 20 def
L K {IV4} bind setscreen
1 1 8 [ pixW 0 0 pixH 0 0]
{ k j 1 getinterval}
image
w 0 translate
} for
/p p S add def
/stupci stupci S add def
pomX h translate
} for

```

*Programska PostScript interpretacija izvedbe rasterskog elementa IV4 sa gradacijom kuta u testnoj sivoj skali*

Gradiranjem i linijature i kuta dobiva se veći raspon deformacije, koja u manjoj mjeri može utjecati na primjetnost mikrostrukture slike. Testni uzorak (slika 66.) je pokazao kako se manjom linijaturom i malim odstupanjem kuta može postići dovoljna vizualna deformacija. Na većim linijaturama povećanje gradacije kuta postaje vidljivo, ali mikro-uzorci se ne ponavljaju što dovodi do prihvatljivog rješenja u raspršivanju rasterskog elementa.

```
/L 5 def /K 0 def 10 10 translate /w 20 def /h 20 def
/pixW 1 w div def /pixH 1 h div def /S 16 def /R 14 def
/k <09112233445566778899aabbccddeef1...> def
/p 0 def /p1 0 def /stupci S 1 sub def /redci R 1 sub def
/pomX w S mul neg def
p 1 redci { p 1 stupci {/j exch def
/K K 1 add def /L L 0.5 add def %gradacija kuta i linijature
L K {IV4} bind setscreen
1 1 8 [ pixW 0 0 pixH 0 0]
{ k j 1 getinterval}image w 0 translate } for
/p p S add def/stupci stupci S add def pomX h translate
} for
```

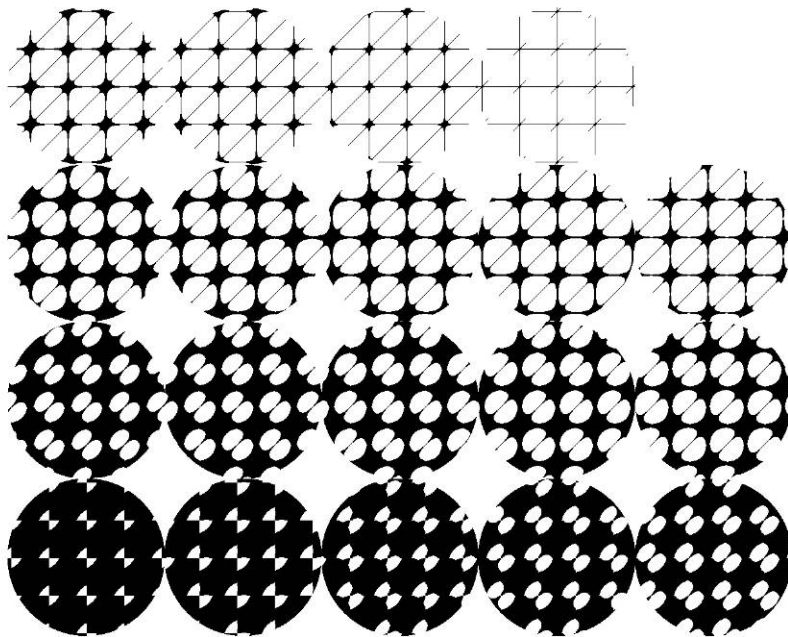
*Programska PostScript interpretacija izvedbe rasterskog elementa IV4 sa gradacijom kuta i linijature u testnoj sivoj skali*

## *RASTERSKI ELEMENT IV4N*

Rasterski element koji je izravno izveden iz prethodnog primjera IV4 predstavljen je matematičkom formulom:

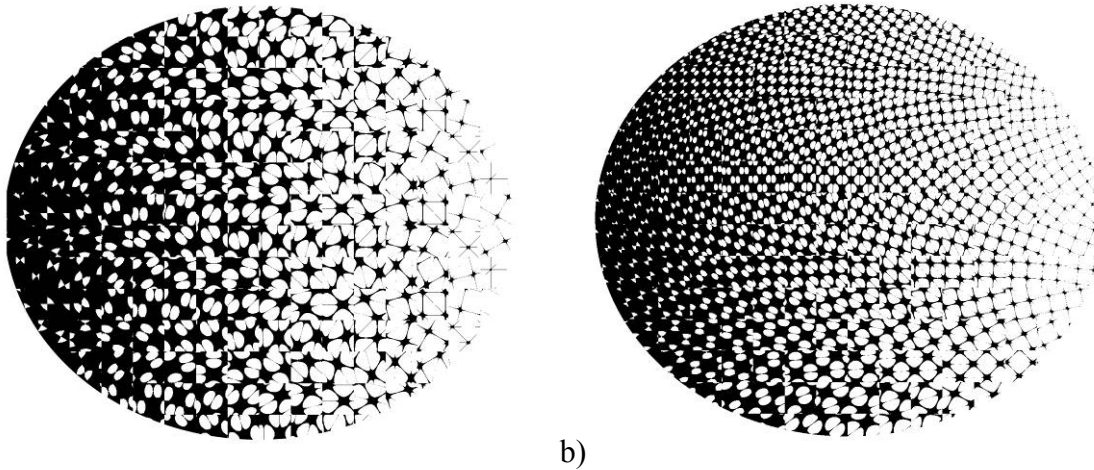
$$Z = 1 - \sqrt{|x^3 * y^2 + x^2 * y^3|}$$

Izgled ovog elementa poprima negativni oblik prethodno opisanog rasterskog elementa IV4. Zato mu je u ime dodan nastavak “n” koji označuje da će oblik rastera biti zamijenjen u svijetlim i tamnim tonovima.



*Slika 67. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV4n*

U kodni zapis rasterske definicije uključuju se parametri koji mijenjaju linijaturu kut i rastersku poziciju. Podaci o pokrivenosti površine piksela daju se u heksadecimalnom sustavu sa dvije znamenke. Testna siva skala sastoji se od 16 kolumni piksela koji poprimaju vrijednosti od 95% do 5% pokrivenosti površine. Kodni zapis zacrnjenja piksela zapisan je u heksadecimalnom sustavu u rasponu od F2 (95%) do 0C (5%).



*Slika 68. Postizanje gradacije kuta (a) i linijature (b) u sivoj skali rastera IV4n*

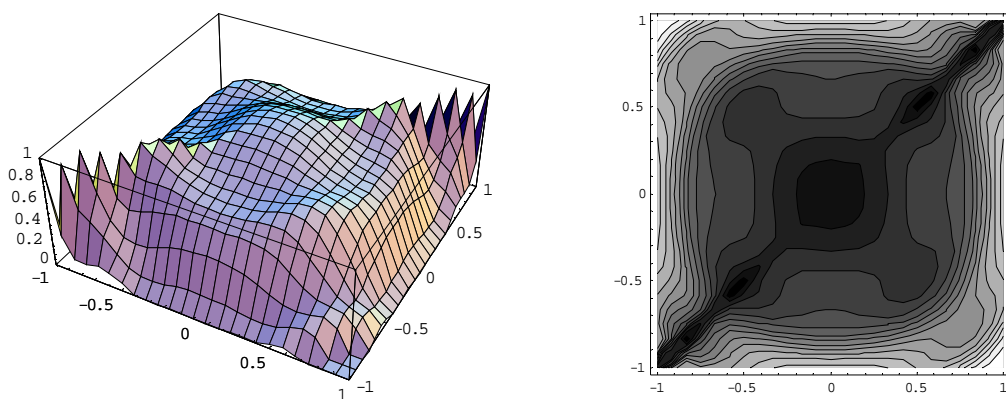
Izvedeni algoritmi na jednak način postižu gradaciju linijature i kuta kao i kod rastera IV4. Pravilna struktura rasterske mreže narušena je promjenom kuta od  $15^\circ$  (a) te promjene linijature za 1 liniju (b). Sa manjim linijaturama i malom promjenom kuta od  $1^\circ$  (b) rasterski element mijenja strukturu slike u više ili manje pravilnim uzorcima, ali stvara nove pseudo-oblike - šiljaste “strelice” – slika 68 b). Oni ukoliko je programski namješten određeni kut stvaraju nepravilnu strukturu te dobivamo višedimenzionalne promjene u slici. Prva razina je sam gradirani rasterski element, a druga razina je makro-struktura koju on čini u rasterskoj mreži. Takvi uzorci u makrostrukтури, također, sudjeluju u vizualnom raspršivanju slike ukoliko su njihovi parametri namješteni tako da ne tvore pravilne, ponavljajuće uzorke.

## RASTRSKI ELEMENT IV5

Ovo poglavlje predstavlja rasterski oblik nazvan IV5, koji u svojoj matematičkoj definiciji sadrži sinusne relacije. U ovom rasteru događa se pravilnija struktura oblika rasterskog elementa u tamnim tonovima sa razvedenim izduženim oblikom u svijetlim tonovima. Ovdje se daju matematičke i PostScript relacije u definiciji novog rasterskog elementa IV5.

Formula:

$$IV5 = \sqrt{|x^5 - y^5|} + \sin[x^2 + y^2] * 8/10$$



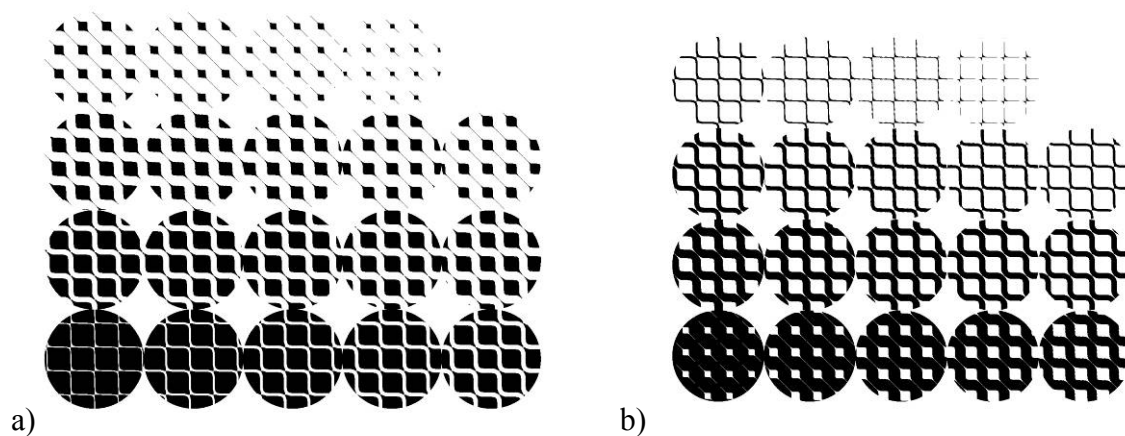
Slika 69. Trodimenzionalni i dvodimenzionalni prikaz pokrivenosti površine kod rastera IV5

Postscript interpretacija:

```
/IV5 { 1 index 1 index 5 exp exch 5 exp sub abs sqrt 1 index 3 index  
dup mul exch dup mul add 8 mul sin 10 div add 0.5 mul exch pop exch  
pop } def
```

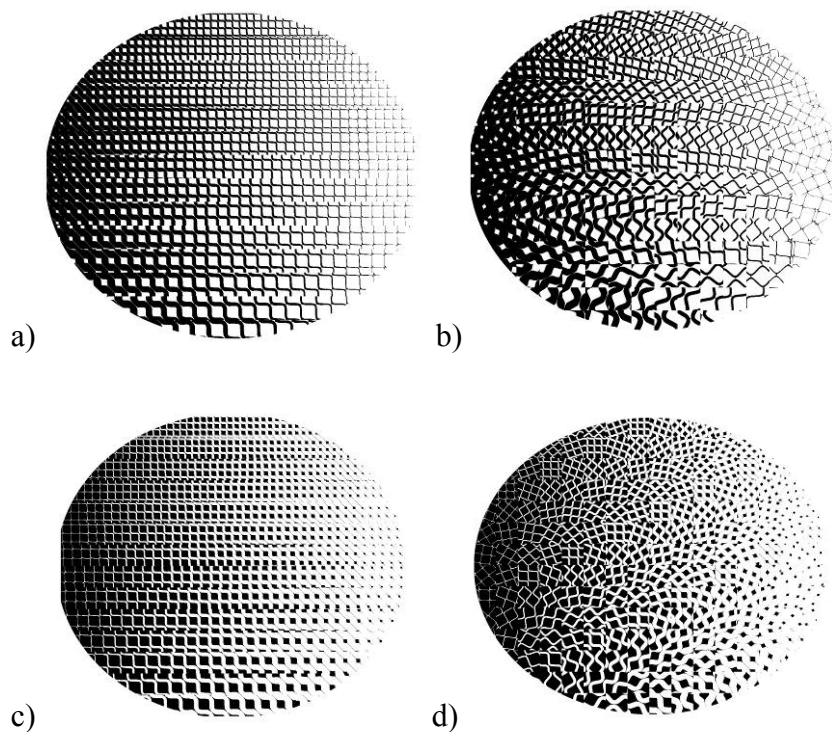
Vektorski prikaz (slika 70.) sa testnim krugovima izveden je za zacrnjenje površine od 95% do 0% pokrivenosti sa gradacijom od 5%. Tamni tonovi u donjim redovima slike tvore oblik nalik kvadratima sa oblim rubovima koji se i kutovima spajaju sa sljedećim rasterskim elementom. Smanjenjem zacrnjenosti dolazi se do točke kroz koju je provučena linija. Negativan prostor bjelina optički stvara iluziju sinusnog vala.





*Slika 70. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV5 u pozitivu i negativu*

U testovima sa gradacijom linijature i kuta izvedena je deformacija pozicije rasterskog elementa u svakom pikselu za rastersku skalu gradacije tonova. Gradacija linijature (slika 71. a i b) razbija vizualnu strukturu rastera samo u vertikalnoj izvedbi. Ovisno o većoj ili manjoj gradaciji kuta u (slika 71. b i d) javljaju se ponavljajući uzorci u većoj ili manjoj mjeri.



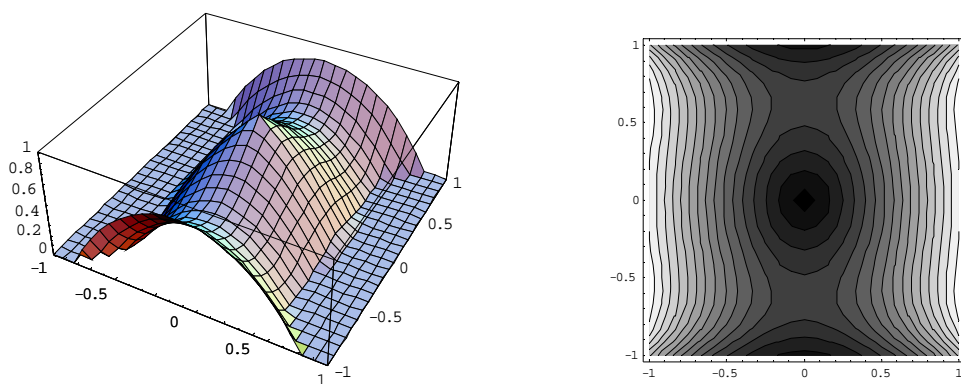
*slika 71. Gradacija linijature i kuta u raster IV5 za pozitiv i negativ*

## RASTERSKI ELEMENT IV6

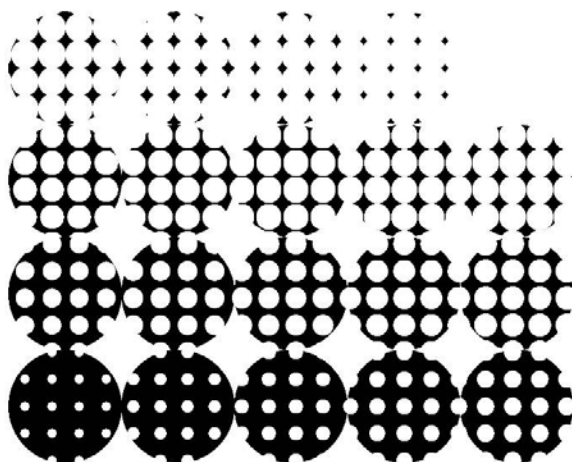
Četvrti rasterski element razmatran u ovom radu nazvan je IV6. On u svojoj osnovnoj strukturi tvori pravilan oblik kristalne strukture koji u tamnim tonovima daje dojam negativne točke. Svijetli tonovi čine zakrivljenu romboidnu šiljastu strukturu, koja se prema tamnim tonovima širi i zatvara negativan prostor u kružnom obliku.

Matematička relacija je izvedena formulom:

$$IV6 = \sin(x^2 - y^4) + \sqrt{x^2 + y^2}$$



Slika 72. Trodimenzionalni i dvodimenzionalni prikaz pokrivenosti površine kod rastera IV6

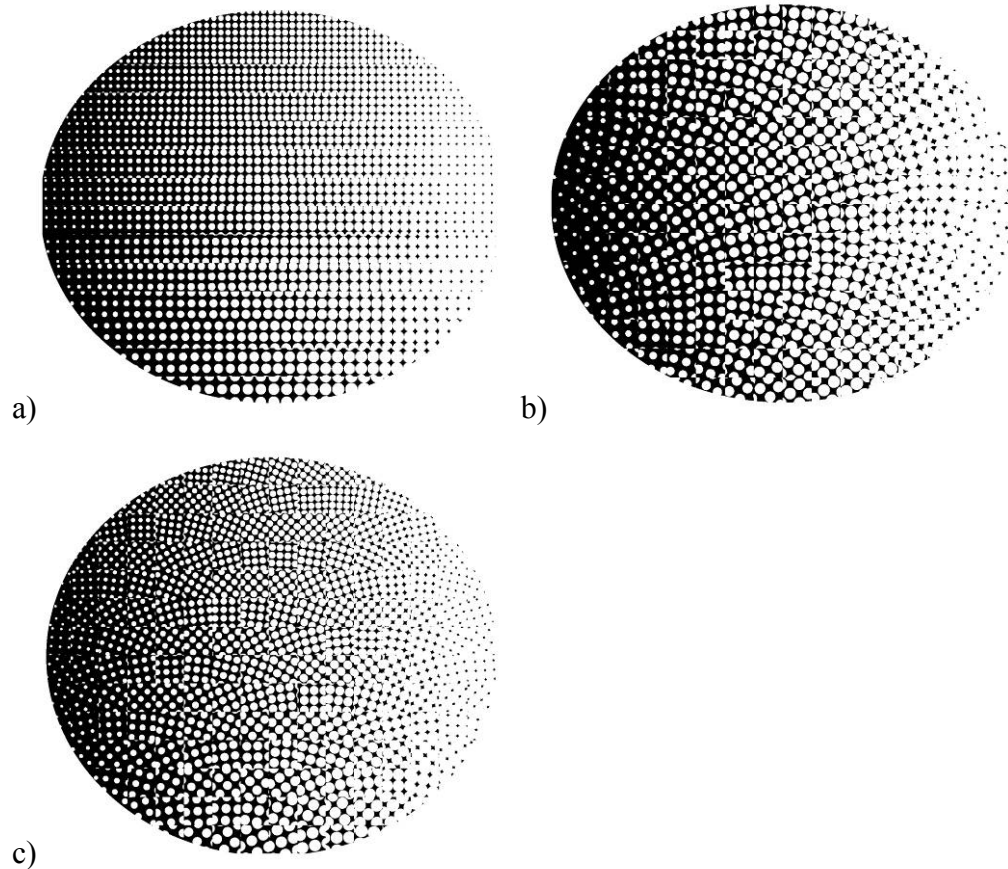


Slika 73. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV6

## PostScript interpretacija

```
/IV6 { 1 index 1 index 2 exp exch 2 exp add sqrt 1 index 3 index 4  
exp exch 2 exp sub sin add exch pop exch pop 0.7 mul }def
```

Na ovom primjeru, također se testiraju gradacija linijature i kuta, sa pomakom pozicije rasterskog elementa. Cilj je programski stvoriti takvu gradaciju kuta i linijature kojima će se pravilna struktura rasterskog elementa raspršiti.



*Slika 74. Gradacija linijature (a), kuta (b) i kombinirano linijature i kuta (c) u rasterskom elementu IV6*

Eksperimentima sa različitim linijaturama i kutovima dokazano je kako za pravilne rasterske oblike nije dovoljno samo primjenjivati programsku gradaciju linijature i kuta kako bi se stvorila nepravilna struktura elementa. U sljedećem poglavlju ovaj problem se razmatra kroz uvođenje

stohastičke promjene kuta i linijature te deformacije samog piksla u nastojanju da se izbjegne pravilnost strukture rasterske mreže.

### **7.1.2. Stohastičko raspršivanje u amplitudnim rasterima**

Prethodnim eksperimentima sa gradacijom linijature i kuta rastriranja utvrđeno je da su te metode raspršivanja pogodne kod rasterskih oblika koji već imaju razveden oblik ruba, kao što je to raster IV4 i IV4n. Njegova nepravilna struktura stvara vizualni šum te u gradaciji kuta i linijature ljudsko oko u manjoj mjeri može primijetiti pravilne uzorke rasterske mreže. Pravilniji oblici rasterskih elemenata kao što su IV5 i IV6 zahtijevaju drugačije algoritme u raspršivanju mikro-strukture slike. Algoritmi koji su izvedeni u PostScript interpretaciji koriste stohastičke metode u definiranju parametara za izbor linijature i kuta.

Izvedene su tri metode raspršivanja rasterskog elementa:

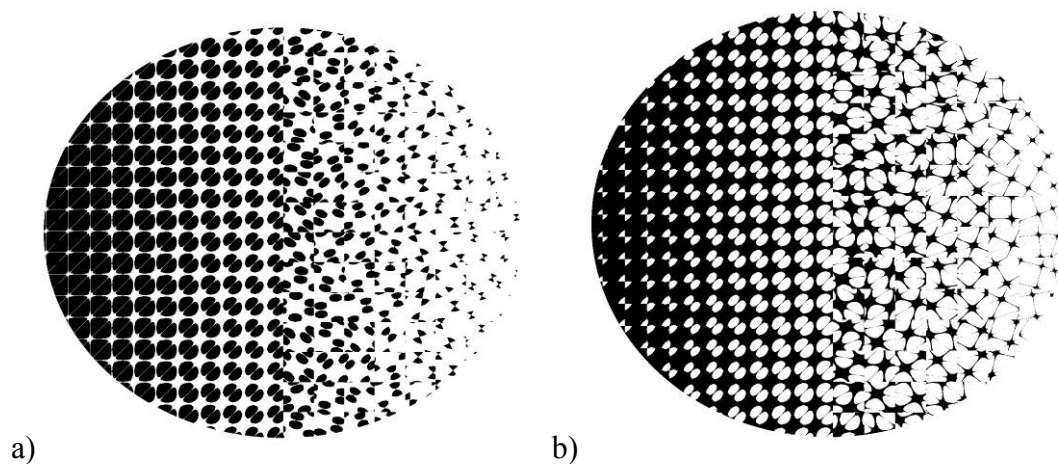
1. Model stohastičkog raspršivanja linijature i kuta
2. Model deformacija originalnog piksela
3. Model stohastičkog raspršivanja u definiciji rasterskog elementa

Pretpostavka da je stohastičko raspršivanje pod-strukture piksela rješenje rubnog R-IRD efekta potvrđena je u daljnjim eksperimentima.

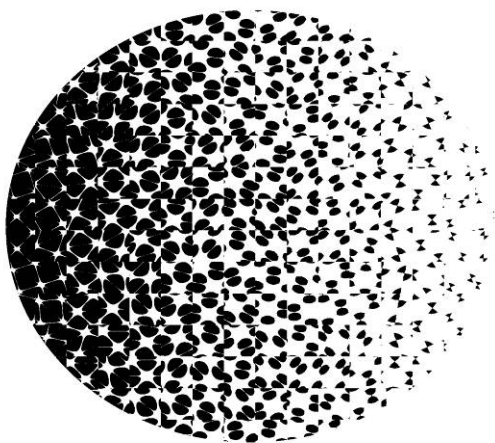
#### **7.1.2.1. Model stohastičkog raspršivanja linijature i kuta**

U prvoj metodi programski se stvara raspon u kojem se izvode kut i linijatura te se za svaki piksel zasebno primjenjuje novo generirani slučajni broj. Ovakva metoda proizvodi veća odstupanja nego kod gradacije parametara. Prvi eksperiment kombinira pravilnost rasterske mreže u tamnim tonovima i stohastičko raspršivanje linijature i kuta u svijetlim tonovima. Isti algoritam proveden je u svim oblicima rasterskog elementa. Utvrđeno je da je ova stohastička metoda povoljna u odnosu na oblik rasterskog elementa. Potvrđuje se teza da individualizirani rasterski element pozitivno utječe na prikrivanje R-IRD efekta i na taj način upotpunjuje

sakrivanje infracrvene slike. Također sudjeluje u individualizaciji dizajnerskog rješenja što u konačnici dovodi do nemogućnosti reprodukcije.



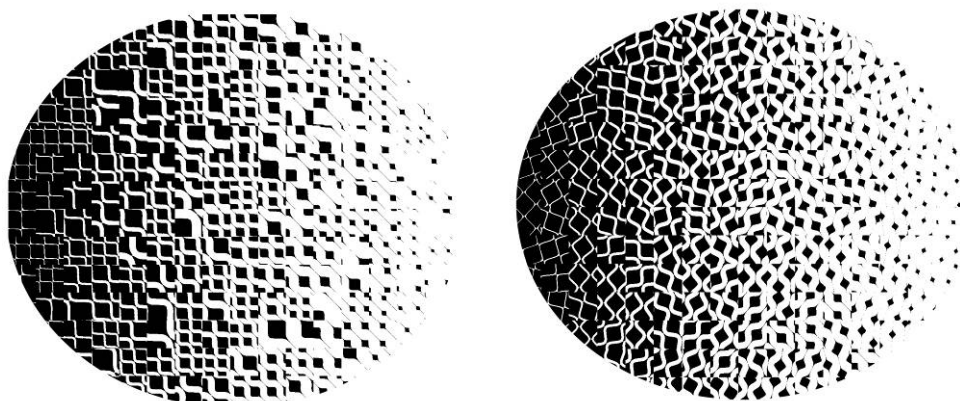
*Slika 75. Kontrolirano stohastičko raspršivanje u svijetlim tonovima za rastere IV4(a) IV4n(b)*



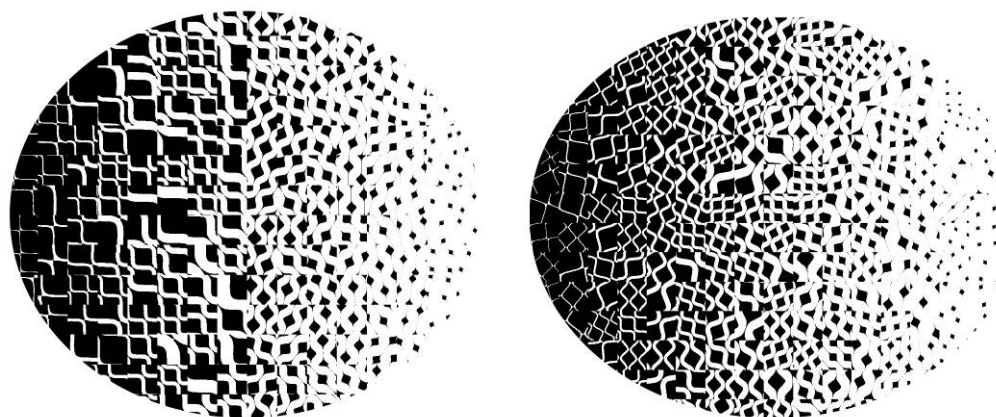
*Slika 76. Stohastički izbor kuta u cijelom rasponu tonova za IV4*

Raspršenost oblika u rasteru IV4 i IV4n izvedena je samo u svijetlim tonovima kako bi se usporedio stupanj deformacije. Kut se mijenja po principu slučajnog odabira u rasponu od 0 do 90 za svaki piksel zasebno. Stupanj raspršenosti u odnosu na pravilnu strukturu je iznimno velik. U primjeru slike 75. b) rasterski oblik paukove mreže svojim linijskim nastavcima u potpunosti gubi pravilnost strukture slike što će biti pogodno u konkretnim eksperimentima na poštanskim markama. Takav algoritam primjenjiv je u kreiranju rasterske infracrvene slike u poštanskoj

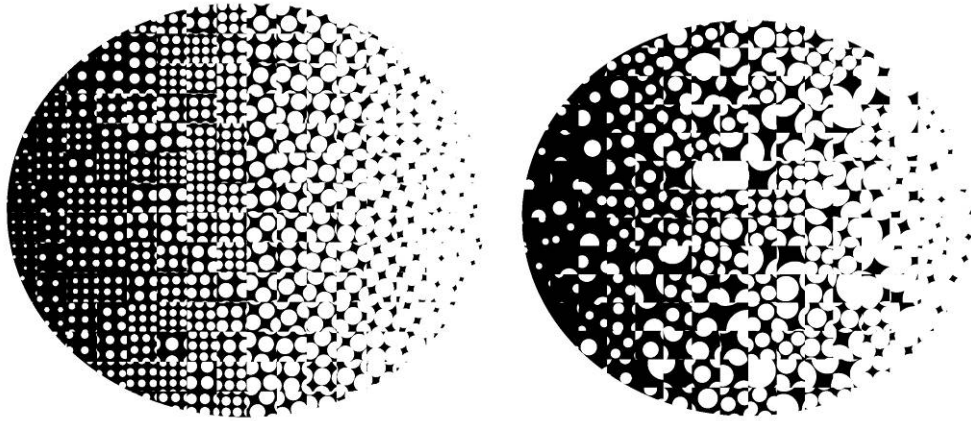
marci, čija grafika će u svojim rubnim područjima biti potpuno razvedena te na taj način i skrivena od očiju promatrača.



*Slika 77. Stohastički izbor linijature (a) i kuta (b) u zasebnim algoritmima za raster IV5*



*Slika 78. Stohastički izbor linijature u tamnim tonovima sa stohastičkim izborom kuta u svijetlim tonovima za raster IV5 (a) stohastički izbor linijature i kuta u cijelom rasponu tonova za raster IV5*

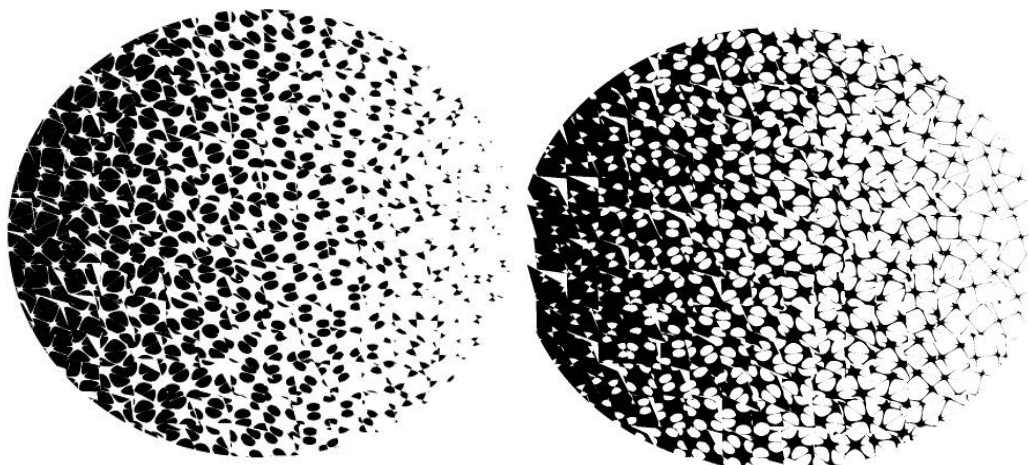


*Slika 79. Stohastički izbor linijature u tamnim tonovima sa stohastičkim izborom kuta u svijetlim tonovima za raster IV6 (a) stohastički izbor linijature i kuta u cijelom rasponu tonova za raster IV6*

Ekperimenti sa različitim stupnjevima stohastičkog raspršivanja u četiri primjera rastera pokazuju da se niti na taj način u pravilnijim oblicima rastera nije dobila potpuna deformacija koja se želi postići. Druga metoda deformacije originalnog pikselkog elementa postiže veće raspršivanje na način da deformira granice originalnog piksela, dok je originalna struktura rastera ostala ista.

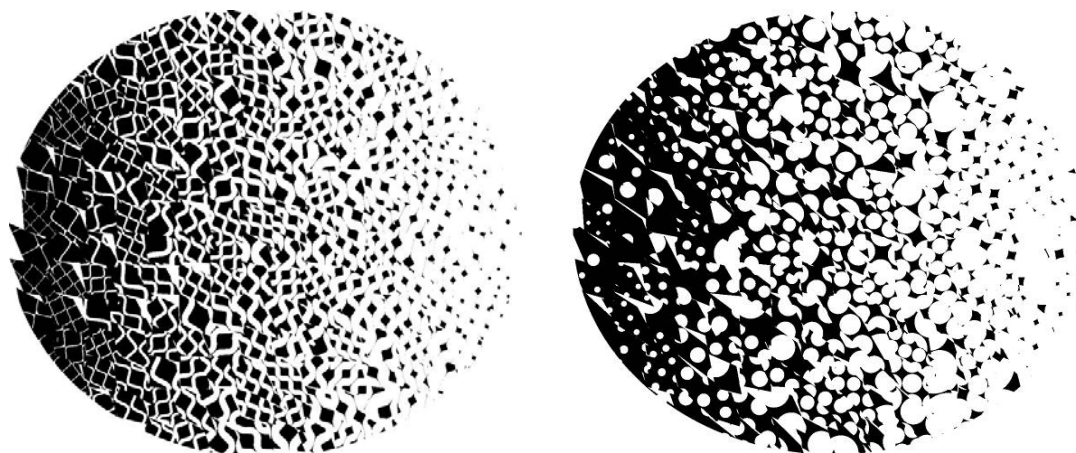
#### **7.1.2.2. Model deformacije originalnog piksela**

Drugi model raspršivanja uveden u ovom radu jest stohastička deformacija osnovnog elementa slike – piksela. Jedino PostScript algoritamsko modeliranje slike nudi mogućnost da se struktura piksela izmijeni od originalnog kvadratnog oblika do deformiranog romboida. Kako se rasterska mreža realizira unutar definicije granica piksela, rubovi tih elemenata će biti izmijenjeni te ulaziti u strukturu drugog piksela. Ovom metodom se razbija pravilna kristalna struktura amplitudnog rasterskog elementa i postiže se raspršivanje rubova.



*Slika 80. Metoda deformiranja piksela sa stohastičkim raspršivanjem rasterskog elementa za rasterski element IV4 i IV4n*

Metode raspršivanja nisu međusobno isključive te se mogu kombinirati u pokušaju da se struktura u što većoj mjeri rasprši. Primjeri na slici 80. koriste metodu stohastičkog raspršivanja kuta i metodu deformacije piksela kako bi se postigao željeni efekt.



*Slika 81. Deformacija piksela i stohastičko raspršivanje kuta i linijature kod rastera IV5 i IV6*

Daljnja deformacija uvodi tri parametra raspršivanja. Stohastičko raspršivanje kuta, linijature i deformaciju piksela. Ovakva metoda je korištena kod pravilnijih struktura rasterskih elemenata kao što su to rasteri IV5 i IV6.

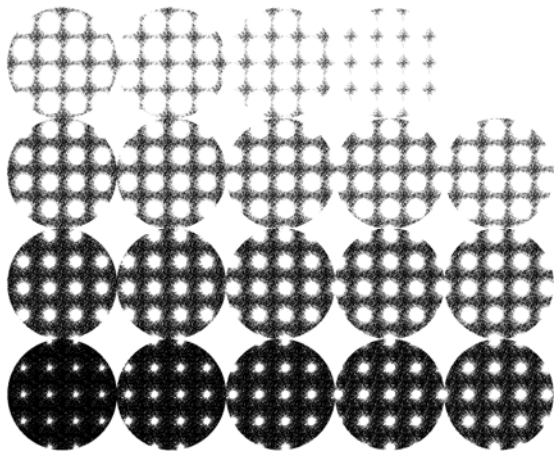
Rezultati kombinacije ovih metoda pokazuju zadovoljavajuće raspršivanje i kod pravilnijih mreža rastera. Ovdje najviše dolazi do raspršivanja zbog činjenice da zbog smanjene linijature u



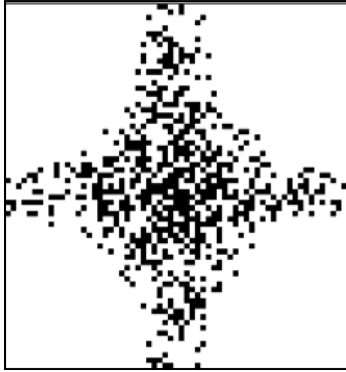
određenim pikslima dolazi do ispadanja rasterskog elementa izvan deformiranog piksla. To stvara različite pseudo-oblike koji imaju razlomljenu strukturu.

### 7.1.2.3. Metoda stohastičkog raspršivanja u definiciji rasterskog elementa

Nova metoda koja se razmatra u poglavlju o raspršivanju elemenata ugrađuje stohastiku u samu definiciju rasterske ćelije. Originalna matematička formulacija dopunjena je stohastičkom varijablom koja djeluje na raspršivanje ruba samog rasterskog oblika. Tako u konačnom obliku rastera vidimo točkastu strukturu ruba nastalu stohastičkom raspodjelom zacrnjenja točaka rasterskog elementa u rasterskoj ćeliji. Slika 83. prikazuje rastersku ćeliju redefiniranog rastera IV6 – nazvanog IV6S. Osnovni oblik rasterskog elementa je raspoznatljiv ali dijelovi točaka su raspršeni unutar ćelije stvarajući dodatnu deformaciju.



*Slika 82. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV6S sa stohastičkim raspršivanjem rasterske ćelije*



Slika 83. Uvećana rasterska ćelija rastera IV6S na 50% zacrnjenosti površine

Matematička formulacija rasterskog elementa IV6S:

$$IV6 = \sin(x^2 - y^4) + \sqrt{x^2 + y^2} * rn$$

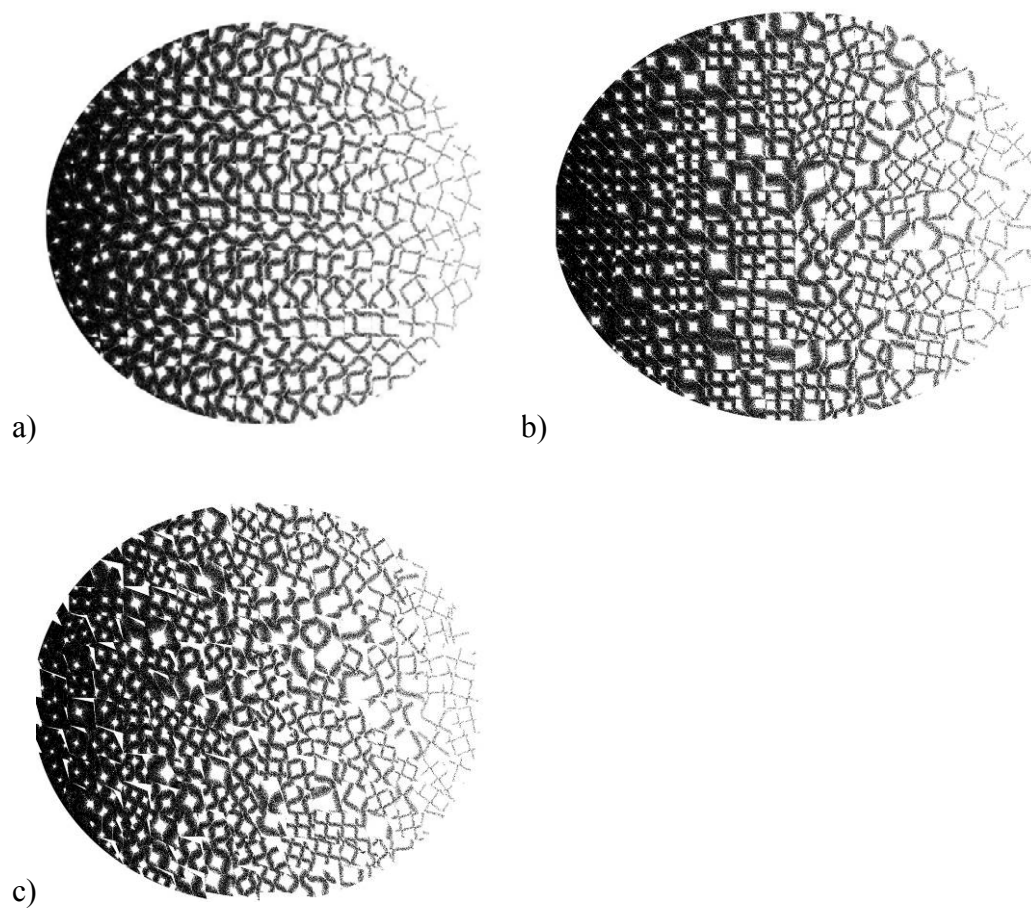
gdje varijabla  $rn$  predstavlja stohastičku varijablu raspršivanja originalnog oblika rasterskog elementa.

Postscript interpretacija redefiniranog rastera:

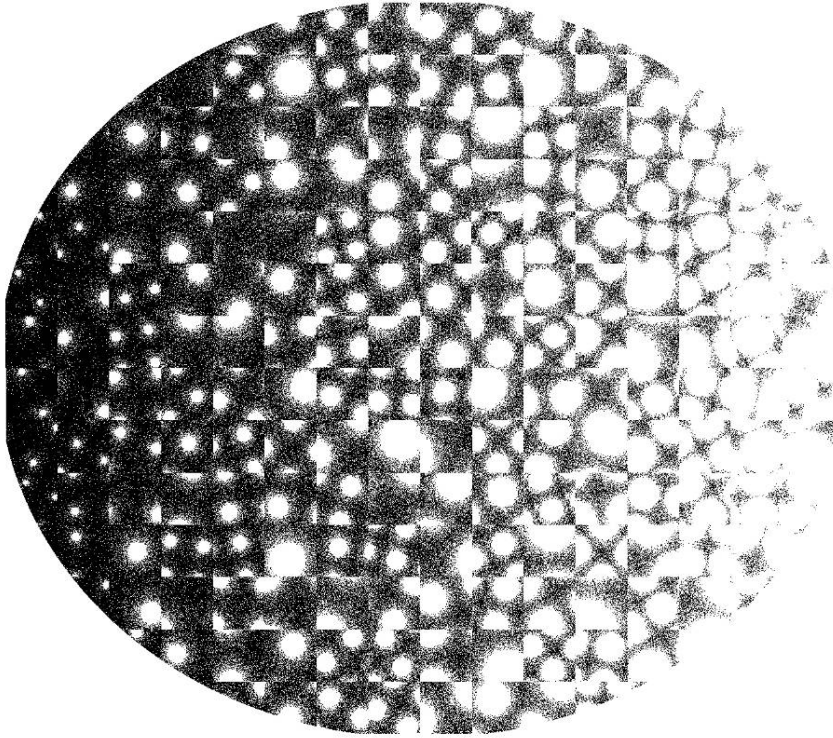
```
14051982 srand /m {2 31 exp} def /rn {rand m div} def
/IV6S {1 index 1 index 4 exp exch 2 exp exch sub sin exch 2 exp
3 1 roll 3 1 roll 2 exp add rn mul sqrt add 1 exch sub } def
```

Uvedena je stohastička varijabla  $rn$  koja množi zbroj kvadrata  $x$  i  $y$  komponente rasterske definicije. Rasterska definicija je u osnovi jednaka sa dodanom varijablom za stohastičko raspršivanje. Ova metoda ne utječe direktno na promjenu pozicije rasterskog elementa kao što je to slučaj kod metode raspršivanja linijature i kuta. Rasterska mreža je nepromijenjena, no u kombinaciji sa dvije prethodne metode pokazuje izvrsne efekte raspršivanja rasterskih elemenata. Eksperimentima na slikama 84. i 85. je dokazano da primjenom tri metode raspršivanja rasterske strukture možemo znatno utjecati na oblik rasterskog elementa i njegove distribucije unutar rasterske ćelije i originalnog piksla. Kombinacijom tri metode kako je pokazano (slike 84. i 85.) originalna struktura rasterske mreže nestaje te se postiže vizualno ometanje u svrhu skrivanja.

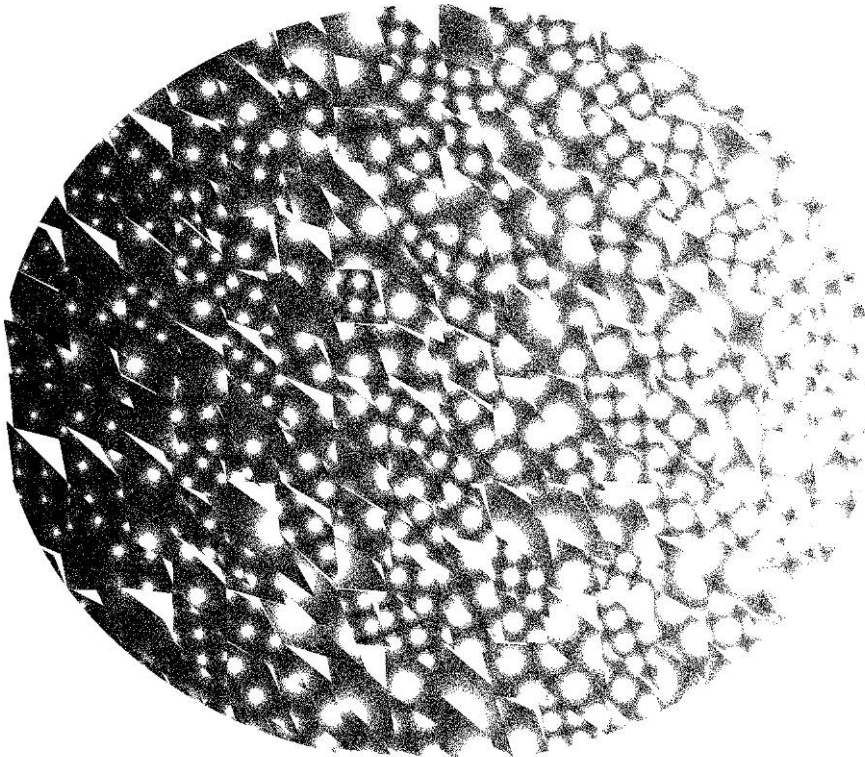
Ovi eksperimenti provedeni su kako bi se determinirali modeli u raspršivanju rasterskih ćelija koji su optimalni u konkretnim zadacima postavljenima u hipotezama i ciljevima ovog rada.



*Slika 84. postizanje raspršivanja kod rasterskog oblika IV5 sa primjenom u gradaciji kuta (a), stohastičkom odabiru linijature i kuta (b) i deformaciji piksla (c)*



a)



b)

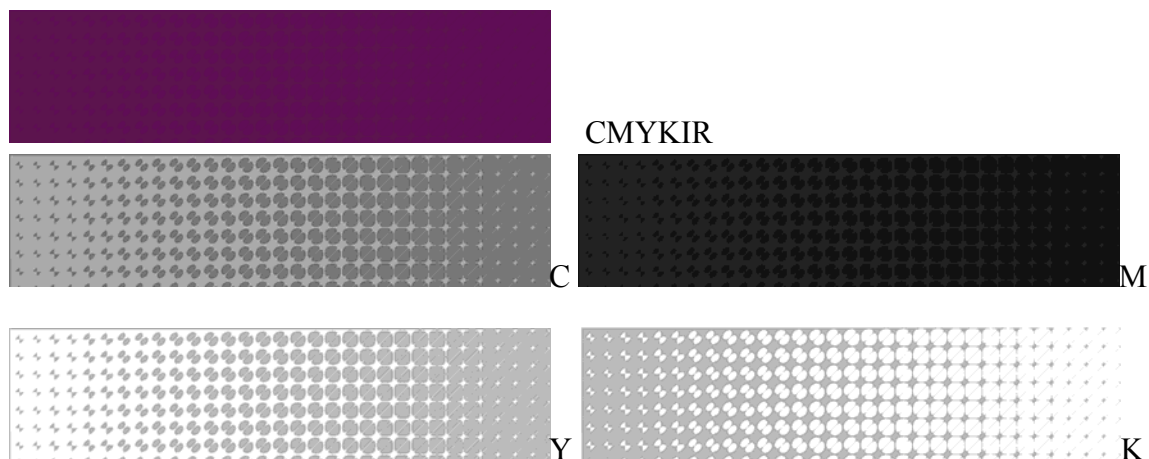
*Slika 85. Primjena stohastičkog raspršivanja kod rastera IV6 sa raspršivanjem kuta i linijature (a) i deformacijom piksla (b)*

## **8. INDIVIDUALIZIRANI RASTERSKI ELEMENT KROZ METODU BITMAPIRANJA**

Kreiranje bitmapa koje fiksiraju rasterski element na slici koristi se kao faza u dizajnu poštanske marke za vizualni i infracrveni dio spektra. Rasterski elementi definirani u prethodnom poglavlju koriste se u dvojakoj ulozi unutar infracrvene slike. Prvi efekt koji omogućuje rastriranje jest višetonska reprodukcija u infracrvenoj slici. Kako se u reprodukciji koristi stanje zacrnjenosti  $Z_{40}$ , koje definira  $K$  vrijednost od 40%, sa rastriranjem je omogućen dojam više tonske slike. Druga vrijednost primjene rasterskih oblika jest raspršivanje rubova dodirivanja u prijelazu između stanja bojila  $Z_0$  i  $Z_{40}$ . Ovo poglavlje daje rješenja u primjeni rasterskog oblika u gradaciji tonova infracrvene slike te u dizajnu poštanske marke sa rasterskim elementom.

### **8.1. Postizanje gradacije tonova kroz individualizirano rastriranje**

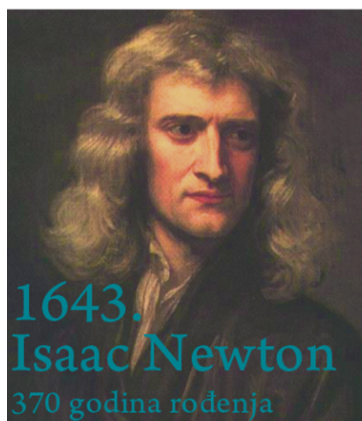
Ideja rastriranja u konvencionalnom tisku uvedena je upravo zbog činjenice da se dojam velikog raspona tonova može postići samo jednim tonom. Ovdje se koristi činjenica da se u ljudskom oku interakcijom podloge papira i nanosa boje može simulirati gradacija određenog tona u ovisnosti o veličini rasterskog elementa i okolne površine papira. Takva praksa iz konvencionalnog tiska može se primjeniti i u slici koja se priprema za infracrveni dio spektra. Ova metoda simulacije gradacije tonova je mnogo jednostavnija za izvedbu jer je potrebno planirati samo minimalni i maksimalni odaziv  $Z$  bojila, a variranjem veličine rasterskog elementa dobiva se dojam svjetlijeg ili tamnijeg odaziva u infracrvenom dijelu spektra. Minimalni  $Z$  parametar u ovom će slučaju predstavljati „IR bijelu“ odn. potpunu refleksiju u infracrvenom području što simulira bjelinu papira u konvencionalnom rastriranju. Maksimalan  $Z$  parametar će definirati „IR crnu“ ili najveću apsorpciju koju dotična boja može postići. Primjer slike 86. prikazuje jedan ton ljubičaste nijanse sa vrijednostima  $Z_0$   $C=68\%$ ,  $M=96\%$ ,  $Y=40\%$ ,  $K=0\%$ . Definiran je  $Z_{\max}$  od 40%. Crni kanal se rastrira individualno dizajniranim rasterskim elementom opisanim u poglavlju 7. U zasebnim  $C$ ,  $M$ ,  $Y$  kanalima vidi se oduzimanje vrijednosti koje je bilo potrebno u konverziji  $CMY(K=0)$  u  $CMYKIR$  slici. U tumačenju ove slike važno je napomenuti da je originalno bio rastriran samo crni kanal. Vidljivost rasterske strukture u ostalim kanalima je produkt  $CMYKIR$  separacije koja provodi oduzimanja u  $CMY$  kanalima u određenim proporcijama u odnosu na dodavanje crne koje je određeno profilom boja.



Slika 86. Jedan ton Z boje sa zadanim  $Z_{min}=0$  i  $Z_{max}=40$  i rastriranim crnim kanalom

## 8.2. Model CMYKIR separacije sa rasterskim elementom pravilne strukture

U dizajnu poštanske marke motivi se odabiru prema određenim prigodama što je učinjeno i u dvije eksperimentalne marke koje se prezentiraju u ovom poglavlju. Za ovaj primjer prigoda je odabrana povodom 370. godišnjice rođenja sir. Isaaca Newtona te 345. godišnjice njegovog izuma refleksnog teleskopa. Ponovno se isprepliću tematski motivi na vizualnoj V i skrivenoj Z slici. Tako dizajnirana poštanska marka zadovoljava umjetničke i funkcionalne kriterije te ujedno ima vrhunsku zaštitu protiv krivotvorenja. Na formatu marke od 3 x 3.5 cm sadržane su dvije grafike i tipografski elementi koji postižu zadovoljavajuću čitkost. Te dvije grafike nadopunjuju jedna drugu u svom značenju i predstavljaju proširenu informaciju. Zajedno čine jedinstven dizajnerski koncept.



a)

1668.  
345 godina  
izuma  
refleksnog  
teleskopa



b)

*Slika 87. Prikaz planirane vidljive i infracrvene slike*

Predstavljam primjer dizajna koji koristi tehnologiju rastrirane skrivene slike. Eksperimentalna marka koristi pravilnu strukturu rasterskog elementa koji je ugrađen u K kanal slike koji nosi infracrvenu skrivenu poruku. Prikazani su CMYK kanali nastali nakon CMYKIR separacije. CMY kanali boja nose informaciju o vidljivoj slici gdje se boje miješaju na temelju proračunatih vrijednosti za zadanu postavku boje. U detalju te slike (slika 89.) vidljiva je rasterska struktura koja u konačnici raspršuje kontinuiranu gradaciju crnog kanala te pridonosi boljem uklapanju skrivene slike u vidljivu sliku. Rastriranje je provedeno u pravilnoj strukturi sa programski postavljenim parametrima jednake linijature i kuta. Rubovi slike u crnom kanalu su raspršeni (slika 89.b) te se u vidljivom dijelu oni potpuno stapaju sa CMY kanalima (slika 89.a).

Separirani kanali u CMYKIR separaciji, kao i u svim dosadašnjim eksperimentalnim poštanskim markama pokazuju oduzimanje CMY vrijednosti na mjestima gdje se nalazi zacrnjenje Z slike.

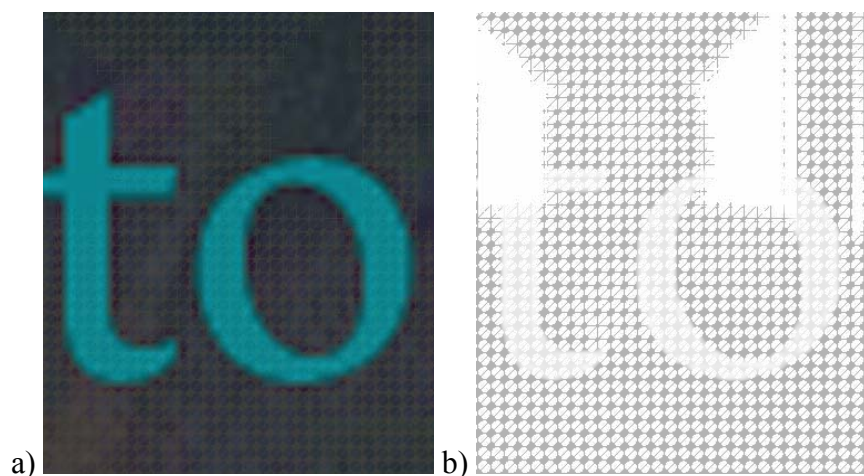
Čak i pravilna struktura rasterske mreže može pridonijeti raspršivanju rubova slike kako je to prikazano na uvećanom detalju. To podrazumijeva da se koristi izrazito razvedeni oblik rasterskog elementa kao što je raster IV4 ili IV4n.

Tekst motiva djelomično se preklapa sa Z motivom, a u svojoj definiciji nema dovoljnu količinu crnog bojila da bi proizveo stanje  $Z_{40}$ . Zbog toga se dio informacija sa Z slike izgubio u CMYKIR konverziji. Kako se u dizajnu Z slike izbjegavalo područje lica vidljive slike (zbog nedostatne količine crne komponente) Z motiv je smješten u donji desni kut. Informacija koja se gubi u Z motivu (stalak teleskopa) nije od velike važnosti za razumijevanje informacije te je

dizajnerska sloboda planski odredila gubitke. Skriveni tekst je planiran u tamnim tonovima pozadine vidljive slike i u ovom dijelu nema značajnih gubitaka informacije. Zaključak je da je dizajn izveden dovoljno ispravno da se nije trebalo ići u korekciju svijetlih tonova.



Slika 88. Prikaz CMYK kanala nakon CMYKIR separacije



Slika 89. Uvećani detalj marke u vidljivom dijelu spektra (a) u infracrvenom dijelu spektra (b)

Uvećani detalj pokazuje kristalnu mrežu rasterskog elementa u svojoj osnovnoj strukturikoji se na rubnim dijelovima grafike ponaša sukladno izvedenim eksperimentima. Postignuto je raspršenje rubova skrivene Z grafike.

Niska linijatura pogoduje IRD metodi kako bi zamjena CMY s K bila na krajnjim točkama:  $X_0$  i  $X_{40}$  za što su izračunavani blizanci bojila istog tona. Prijedlog je da se izbjegavaju među-stanja između  $X_0$  i  $X_{40}$ , osim u posebnim slučajevima gdje međuodnos grafika V i Z ne omogućuju takove zamjene. Takvi slučajevi se dešavaju na svijetlim dijelovima VS grafika. Svijetli tonovi slova na slici 89. ilustriraju takve situacije. VS slika je u ovom primjeru poštanske marke



imperativ u koji se podređuje Z slika. Detalj slova „to“ u imenu Newton prikazuju ta među-stanja gdje nije bilo moguće izvesti stanje  $Z_{40}$  infracrvene slike. S obzirom da se nije išlo na podizanje niskih tonova, kako bi se što više očuvale originalne boje, u dijelovima slova Z vrijednost je spuštana na  $Z_{20}$ . Dizajnerska odluka je u ovom slučaju bila na očuvanju vidljive slike nauštrb infracrvene poruke, jer je degradirana informacija bila od niske važnosti za cjelokupni motiv.

U korištenju rasterskih elemenata u dizajnu Z slike, crni kanal je bio podvrgnut metodi bimapiranja, nakon što se na njega aplicirao rasterski element. Da bi se rasterski element pravilno izveo, njegova rasterska ćelija dijeli se na pod-piksele – točke – koje, ovisno o rezoluciji čine finiju ili grublju mrežu rasterske ćelije. U tim pod-pikselima nalazi se informacija o zacrnjenosti površine rasterskog oblika. Veća rezolucija će proizvesti točnije izveden rasterski oblik. Kada se programski ugradi raster u strukturu originalnog piksela slike ide se u fazu bit-mapiranja kako bi se očuvao oblik rasterskog elementa na točnoj poziciji u slici. Problem kod ovog pristupa se dešava kada se pokušaju izvesti veće rezolucije gdje se od originalne datoteke planirane grafike od 455 Kb došlo do preko 8 000 Kb na rezoluciji od 300dpi. Sa većim rezolucijama veličina datoteka raste eksponencijalno. Slabija računala nisu u stanju izvesti grafike na većim rezolucijama. No u današnje vrijeme upotrebom jakih procesora ovo je omogućeno.

### 8.3. Bitmapno stohastičko rastriranje za individualizirane oblike rastera

Izbor motiva u novom primjeru kao i u primjeru marke sa motivom Isaaca Newtona koristi tematsku isprepletenost godišnjica dva motiva. Poveznica je napravljena između revolucionarnog otkrića pomičnih slova Johannaesa Gutenberga i umnožavanja knjiga za suvremenu civilizaciju temeljenu na znanju i informaciji te prvih knjiga tiskanih u Hrvatskoj samo 15 godina nakon Gutenbergove smrti. U vidljivom dijelu planirana je grafika koja predstavlja detalj iz prve hrvatske knjige tiskane na glagoljici. Tekst u donjem dijelu marke daje godinu tiskanja, naziv knjige i objašnjenje vezano uz grafiku. Tipografski elementi su planirani sa dovoljnom razinom čitljivosti za mali format poštanske marke. Planirana skrivena slika sadrži portret tiskara Johannaesa Gutenberga i tekstualni dio sa godinom njegove smrti, imenom tiskara i objašnjenjem motiva.



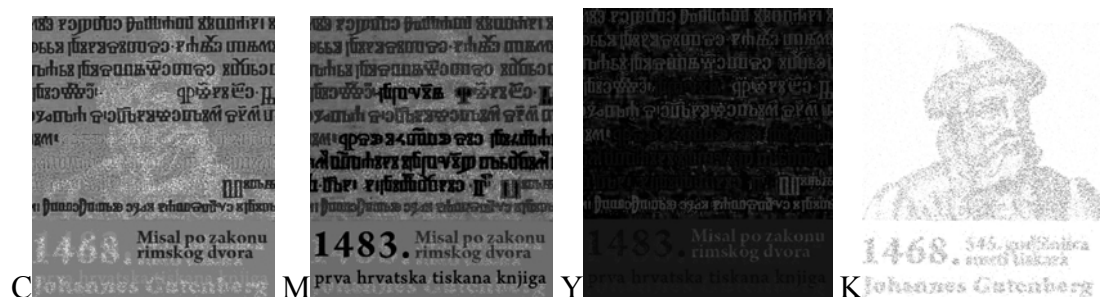
Slika 90. Planirane ulazne slike u dizajnerskom rješenju nove marke

Na planiranu Z sliku za infracrveni dio spektra primjenjuje se rastriranje sa ekstremnim stohastičkim raspršivanjem. Kako bi efekt raspršivanja bio naglašen koristile su se manje linijature. Dio tekstualne informacije je u ovom procesu bio izgubljen, zbog malih linijatura, no programskom manipulacijom linijature moguće je postići zadovoljavajuće rješenje. Rastriranjem je postignuta gradacija tona, ali se korigirao i rubni IRD efekt (R-IRD). Kako je vidljiva grafika zamišljena u čistom tonu pozadine i latiničnih i glagoljičnih slova bilo je potrebno provesti rastriranje raspršenim rubom kako bi se skrivena slika bolje uklopila u vidljivu V sliku.



Slika 91. Ekstremno stohastičko raspršivanje crnog kanala

Slika 93. prikazuje detalj u sva četiri kanala nakon CMYKIR prevođenja. Kanal K je izveden u obliku bitmape sa novim rasterskim elementom, te se zatim zajedno sa ostalim CMY kanalima izveo u CMYKIR separaciji. U ostalim kanalima je vidljiv trag rasterskog elementa iz crnog kanala što je dokaz o tome da se iz originalnih boja algoritamskom modifikacijom došlo do novih izračuna CMY kanala. U K kanalu (slika 92.) vidljiv je promijenjeni izgled rasterskog elementa gdje je raspršivanje došlo do maksimuma.

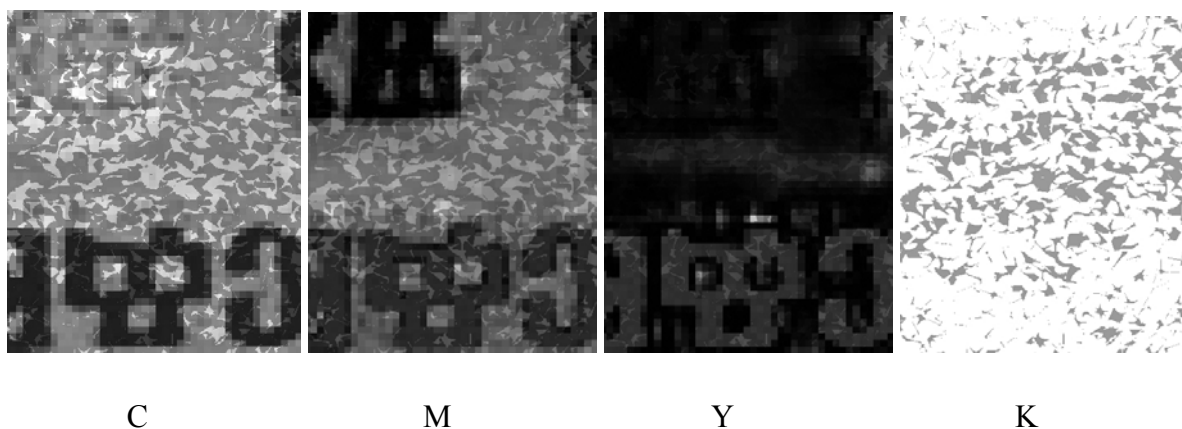


Slika 92. CMYKIR separacija kanala za poštansku marku „Misal/Gutenberg“

Detalj K kanala na slici 93. prikazuje grafiku koja je izvedena sa korištenjem stohastičkog raspršivanja rasterskog elementa. Stohastički parametri primijenjeni u rastriranju ovog primjera su ugrađeni u definiciju pozicije, linijature i kuta rastera. Također je izvedena deformacija originalnog piksela, što rezultira potpunim gubljenjem početnog oblika rastera. Raspon stohastičkih linijatura u ovom primjeru je namjerno smanjen kako bi se rasterski element bolje istaknuo, no za potrebe tiska u ofsetu programski se određuje raspon sa većim linijaturama kako bi detalji ostali očuvani.

Bilo koja mogućnost u modifikaciji rasterskog elementa između dva ekstrema pravilnosti i stohastike je moguća. Svi parametri koji utječu na rasterski element su dostupni u programskom kodu te ih je moguće modificirati, kako bi proizveli maksimalan učinak skrivanja slike i individualizaciju.

Spajanjem CMYKIR kanal postiže se dvostruko stanje poštanske vrijednosnice. U vizualnom spektru će se zadržati početna planirana slika, dok će u infracrvenom spektru biti slika jednaka kanalu K. Pokrivenost od 40% kanala K je dovoljna da se Z slika dobro vidi s kamerama za NIR - nadzorne kamere, videokamere u „night shot“ modu, posebne kamere. CMYKIR separacija je potpuno precizno provela oduzimanje CMY kanala te se na taj način postiglo sakrivanje dvostruke slike.



*Slika 93. Prikaz detalja CMYKIR separacije poštanske marke „Misal/Gutenberg“*

#### 8.4. Dizajn tiskarskog arka sa bitmapiranim rasterom

U klasičnom procesu digitalnog rastriranja pripremljena slika prolazi kroz Raster Image Procesor (RIP). U toj fazi se svaki piksel rastrira u 256 razina sivog (8 bitova) čime se realizira tiskovna forma. Takvom pikslu će uređaj za izradu tiskovne forme sam pridružiti oblik rasterskog elementa prema definiranoj proceduri koja je u taj uređaj ugrađena. Rastriranje se u tom konvencionalnom slučaju odvija odvojeno od računala u kojem dizajner stvara motiv. U konvencionalnim tehnikama tiska nema mogućnost definiranja individualnih rastera. U ovom radu se predlaže rekonstrukcija strukture piksela u pod-piksele. Tako svaki piksel dobiva strukturu unutar koje se postiže stanje zacrnjenosti 100% ili 0% što čini posebnu bitmapu. Unutar podijeljene strukture piksela matematičkim se relacijama stvara područje zacrnjenja sa strogo definiranim oblikom. To je osnova definiranja individualiziranih rasterskih oblika u PostScript jeziku. Tu se otvara mogućnost programskog manipuliranja rasterskog elementa u svim parametrima. Moguće je kontrolirati sliku od faze dizajna, preko faze separiranja kanala, do definicije i aplikacije individualiziranog rastera na svaki kanal posebno. U tom slučaju nije dovoljno imati dizajnera, već educiranog inženjera koji je upoznat sa svim fazama definiranja i apliciranja rastera.

Određene su faze u pripremi slike za individualno rastriranje:

- Dizajn i obrada slike u nekom od konvencionalnih programa za obradu slike
- Konverzija u CMYKIR
- Separacija kanala
- Dizajn rasterskog elementa matematičkim formulama u Postscriptu
- Programiranje parametara linijature i kuta te stohastičkog raspršivanja rastera
- Umetanje definicije rastera u kanale boja
- Bitmapiranje kanala
- Objedinjavanje kanala u novu sliku
- Slaganje arka

Prve tri faze opisane su u prethodnim poglavljima kao priprema poštanske marke za CMYKIR separaciju. Sljedeće tri faze bave se matematičkom definicijom i pridruživanjem rasterskih elemenata dizajniranim grafičkim rješenjima. Daljnje faze idu

u smjeru individualizacije mikrostrukture separiranih kanala kako bi sudjelovali u zaštiti poštanske marke.

Izvedba individualiziranog rasterskog oblika preko njegove rasterske ćelije odvija se u računalu dizajnera. U uređaj koji izvodi tiskovnu formu (CTP, fotojedinica, digitalni tisak) dolazi pripremljena bit-mapa pa ti uređaji izvode samo pokrivenost 0 ili 1, bez mogućnosti korištenja onog dijela matematike koji bi stvarao sivi ton. Takav zapis individualnog rastera je desetak tisuća puta veći od zapisa kada sliku šaljemo kao piksele definirane preko jednog bajta (8-bitova). Originalni PostScript jezik omogućuje rastriranje (*setscreen*) dizajnerskog oblika rastera preko rasterske ćelije [55].

U rasterskoj ćeliji stvara se rasterski crtež koji se prikazuje kao desetak tisuća pod-elemenata u rezoluciji od 300dpi. Veće rezolucije eksponencijalno povećavaju memoriju slike. Elementi pod-piksela imaju vrijednosti 0 ili 1, i takvi se šalju u uređaj za izradu tiskovne forme. Taj uređaj ne može u takvom slučaju koristiti i doradivati svoje komande za oblikovanje piksela u 256 razina jer ima samo informaciju od 1 bita. To je postupak koji osigurava otiskivanje rasterskog oblika koji je osmislio dizajner.

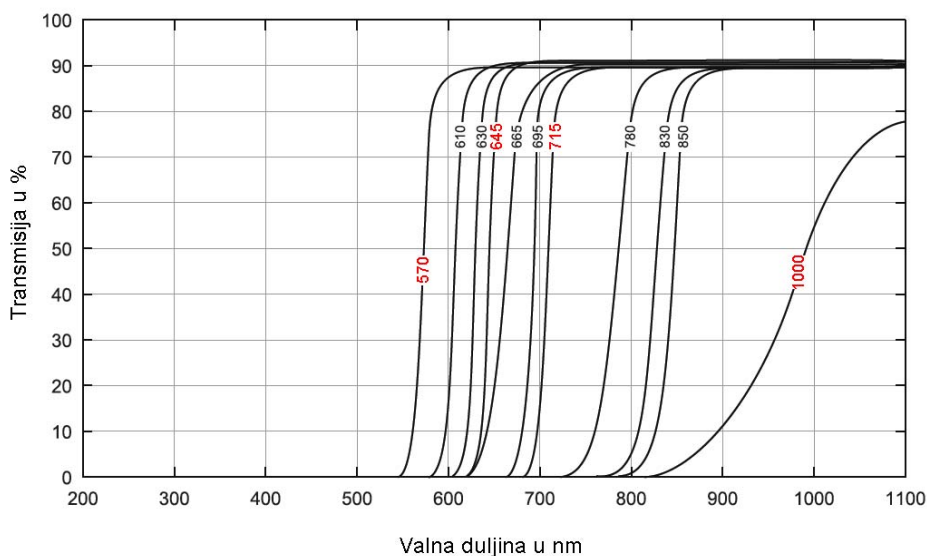
Ovakav način rastriranja preko bitmape onemogućava uređaju za izradu tiskovne forme stvaranje svog perioda rasterskih elemenata što postaje važno kada govorimo o ponavljanju (repetiranju) poštanske marke na arku. Dva momenta su se dobila ovakvim načinom izrade arka poštanskih maraka.

1. individualni rasterski oblik čiji matematički oblik zna samo dizajner
2. očuvat će se raspored mikrostrukture otiska, koja definira pokrivenost rasterske ćelije definirane u fazi dizajna.

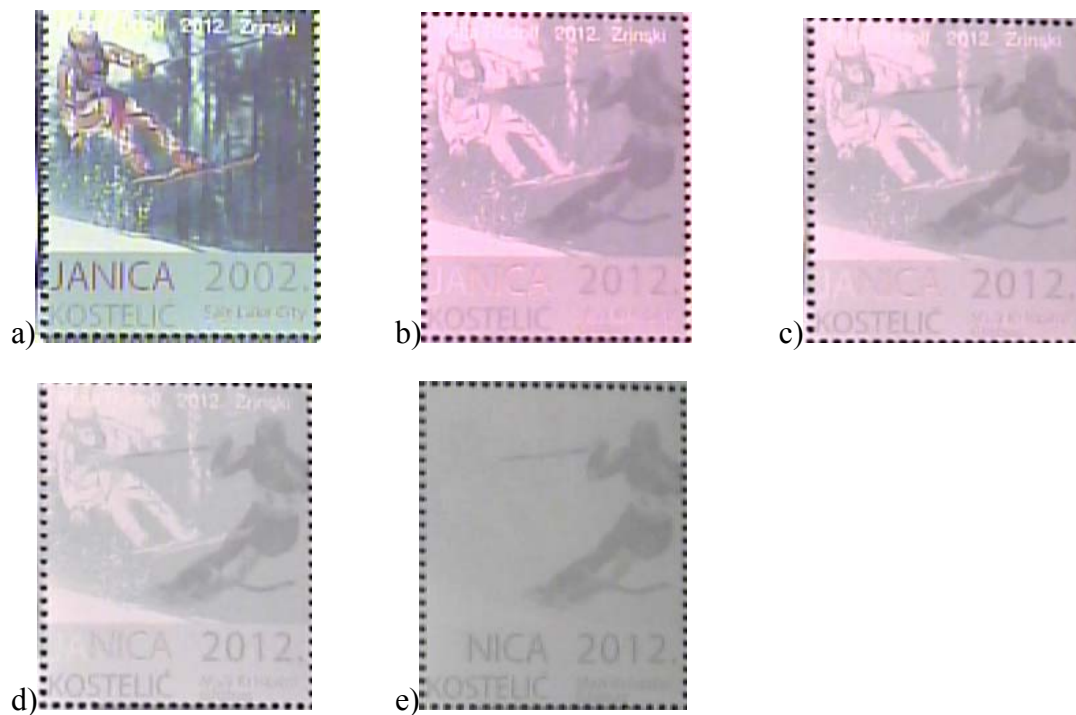
Loša strana ovakvog rada je što je potrebna veća računalna memorija za izvedbu takvog arka, ponavljam, desetak tisuća puta veća od konvencionalne procedure slanja slike u obliku piksela u bajtovima. Današnje memorije u računalima i brzina procesora to sve zadovoljavaju a i postignut je cilj visoke sigurnosti i autentičnosti otisnute marke.

## 9. BARIJERNO SKENIRANJE U DOKAZIVANJU AUTENTIČNOSTI POŠTANSKE MARKE

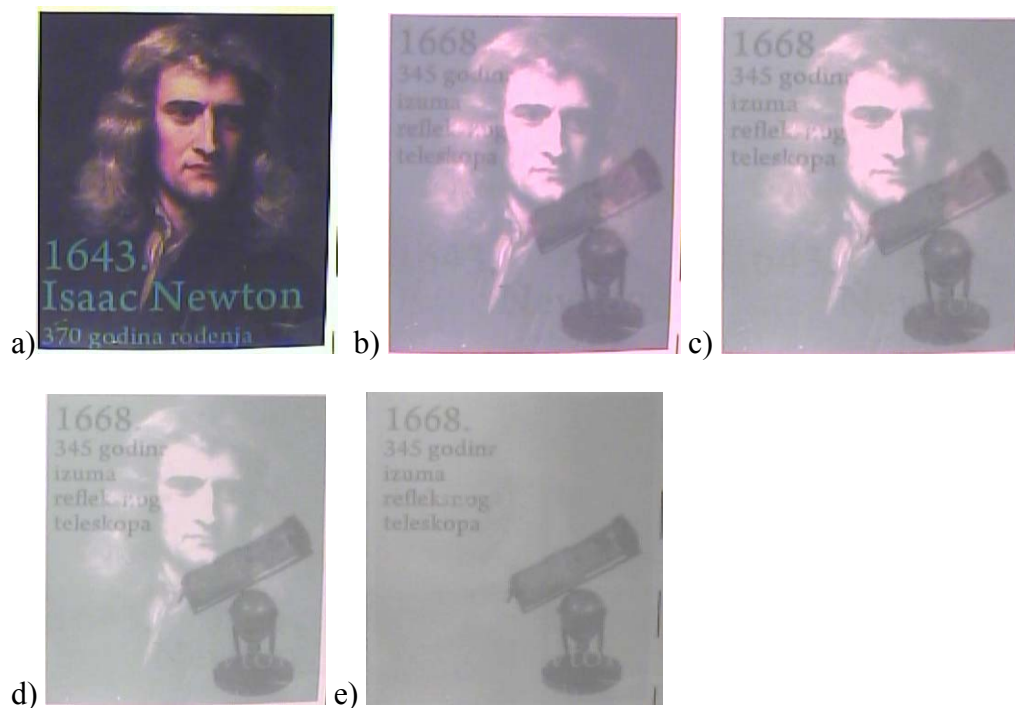
U ovom poglavlju se dokazuje uspješnost eksperimentalnih otisaka poštanskih maraka kroz spektralnu analizu otisnutih uzoraka. U analizi je korištena metoda barijernog skeniranja na uređaju Projectina Docubox forensic system PIA 6000. Ispitivanje spektralnog raspona na uređaju je moguće u ultraljubičastom (UV), vidljivom (V) i infracrvenom dijelu (IR) spektra. Spektralne barijere unutar kojih su promatrani uzorci su postavljene su za vidljivi i bliski infracrveni dio spektra (NIR). Analiza je vršena na valnim duljinama od 570nm, 645nm, 715nm i 1000nm. Na grafu 10. su prikazane transmissijske vrijednosti zadanih raspona za uređaj Projectina, a korištene barijere označene su crveno.



Graf 10. Filteri korišteni u skeniranju uzoraka na uređaju Projectina Docubox forensic system PIA 6000

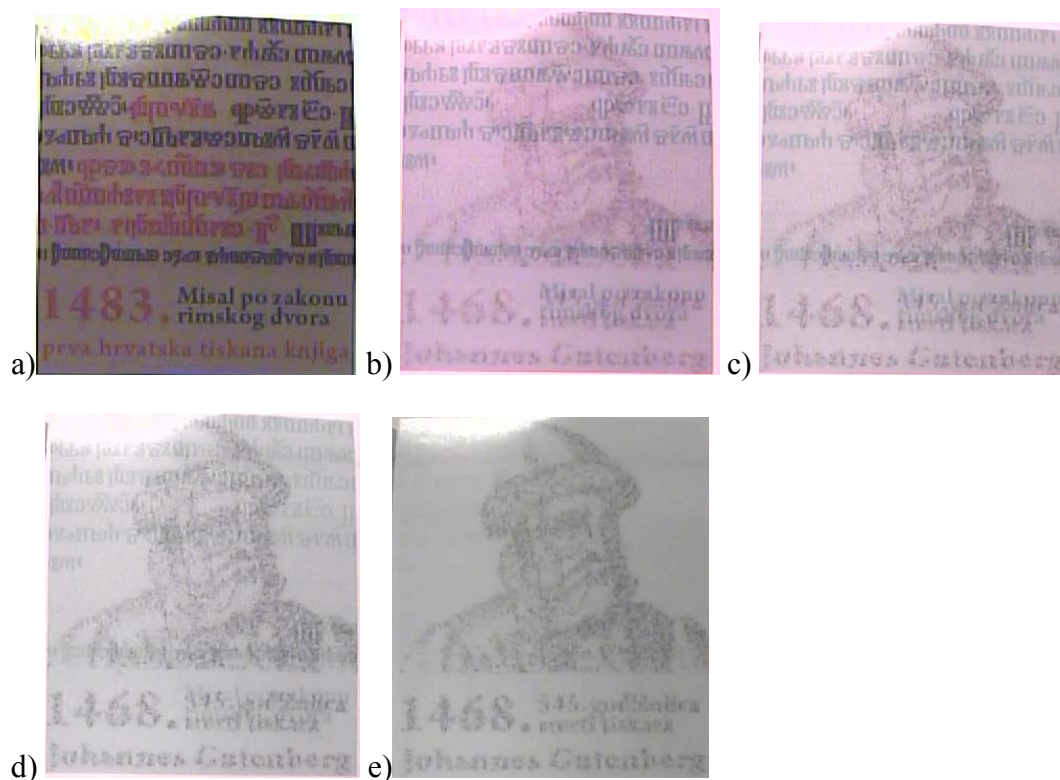


Slika 94. Eksperimentalna marka s motivom Janice i Ivica Kostelić u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)



Slika 95. Eksperimentalna marka s motivom Isaaca Newtona u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)





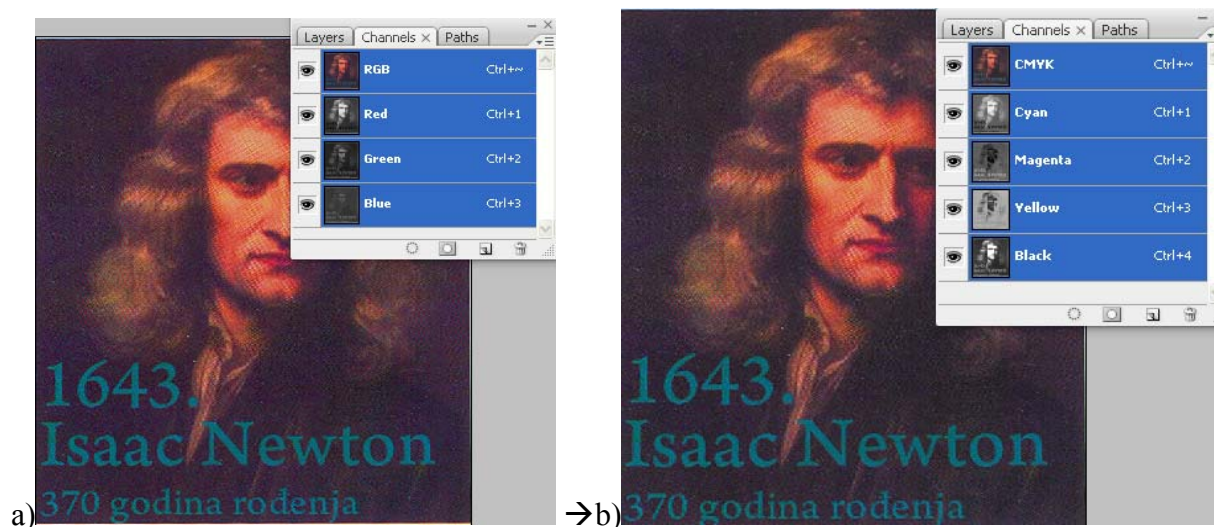
Slika 96. Eksperimentalna marka s motivom Misal/Gutenberg u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)

U vidljivom dijelu spektra izvedene eksperimentalne marke uspješno su savladale zadatak sakrivanja infracrvene slike. Barijernim skeniranjem na 570 nm utvrđen je gubitak žute komponente. Slika iz vidljivog dijela spektra na 570nm pokazuje najveći odaziv u cyanu i magenti te se počinje nazirati crni kanal u kojem je skrivena druga poruka. Na valnoj duljini od 645nm potpuno se gube informacije o žutoj i djelomično u magenti te ostaju vidljive samo tamne nijanse otiska u cyanu i crnoj. Na valnoj duljini od 715nm većina podataka o boji nestaje. Naziru se jedino dijelovi grafike izvedeni u cijan komponenti te je crni kanal jasno izražen. Blisko infracrveno područje od 1000nm u potpunosti je sakrilo sve informacije iz vidljivog dijela spektra, a jasno prikazuje samo crni kanal koji je nositelj druge slike.

Drugi dio ovog poglavlja razmatra mogućnosti krivotvorenja poštanske marke sa dvostrukom informacijom u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra. Moderne tehnologije reprodukcije grafike podrazumijevaju da se slika digitalizira te se zatim njome manipulira u prostoru boja

kako bi dala što vjernije rezultate. U digitalizaciji slike, metodama skeniranja ili fotografiranja, čak i na visokim rezolucijama originalni sustav boja kojima se otisnula vrijednosnica prolazi kroz konverziju iz CMYK sustava u RGB. Ne postoje načini koji bi digitalno vjerno prenijeli CMYK kanale na način kako su otisnuti. Digitalizacija boja podrazumijeva konverziju u RGB sustav koji je podržan u sensorima čipova digitalnih uređaja. U tom procesu potpuno se gube informacije o CMYK kanalima, postavkama boja i miješanju spot bojila.

Zbog ovih činjenica CMYKIR separacija je u potpunosti sigurna metoda zaštite informacije u infracrvenom dijelu spektra. Skeniranjem se podaci o crnom kanalu (K) – nosiocu IR slike – potpuno uništavaju. Slika 97.a) prikazuje rezultate skeniranja eksperimentalne marke na visokoj rezoluciji skenerom za vidljivi dio spektra. Otisak dobiven CMYKIR separacijom u konverziji u RGB sustav izgubio je podatak o crnom (K) kanalu. Kada se iz takve slike ponovno konvertira sustav boja u CMYK, koriste se unaprijed zadane postavke boja koje provode UCR metode na području cijele slike u jednakom postotku. Kontrola dodavanja crne ograničena je samo u količini crne koja će biti dodijeljena cijeloj površini slike u unaprijed izračunatoj mjeri. Kako CMYKIR tehnologija podrazumijeva korištenje vlastitih postavki boja i metoda selektivne UCR i GCR metode, nju nije moguće provesti u konvencionalnim programima za obradu slike. Slika 97.b) prikazuje konverziju iz skeniranog CMYKIR otiska u RGB → CMYK prostor u kojem se gubi infracrvena Z slika.



Slika 97. Skenirani CMYKIR otisak u RGB (a) nakon skeniranja i konverzija u CMYK(b)

## 10. ZAKLJUČAK

Za potrebe ove radnje napravljen je presjek zaštitnih elemenata na poštanskim markama kroz njihov povijesni razvoj kako bi se determiniralo stanje zaštićenosti i mogućnosti u krivotvorenju. Došlo se do zaključka kako postoji zahtjev za pojačanom zaštitom zbog njihovog „dvostrukog života“ u poštanskoj upotrebi i filatelističkom optičaju. U oba slučaja poštanska marka ima novčanu vrijednost te se ovaj rad posvećuje izvedbi novih zaštitnih elemenata pogodnih za korištenje u njihovim zahtjevnim grafičkim rješenjima. Zbog tih zahtjeva stvorene su nove procedure zaštitnih elemenata bazirane na CMYKIR tehnologiji te su u tom polju data proširenja teorije i modela separacije. Širenje teorije CMYKIR separacije očituje se u definiranju šest modela CMYKIR separacije koje odgovaraju na specifične zahtjeve u dizajnu poštanske marke.

Prvi model bavi se razradom dizajnerskog procesa kreiranja dvostruke slike za tisak sa procesnim bojama u ofsetu. U toj fazi najveću ulogu ima dizajnerski proces odabira i razmještanja motiva koji svojom strukturom mogu zadovoljiti zahtjeve CMYKIR separacije.

Drugi model koristi se u dizajnu poštanske marke koja koristi jednu spot boju u dva Z stanja na tipografskim elementima. Ton boje sa svojim parom blizancem u Z slici zahtjeva prethodne proračune čije relacije su date za postavke boja Eurostandard i U.S. SWOP koji se najčešće koriste u ofsetnom tisku. Tiskom uzoraka tonova blizanaca na različitim vrstama papira u inače identičnim uvjetima ofsetnog tiska, utvrđena je međuovisnost miješanja komponenti boja i materijala koji se koriste u tisku. Za svaku situaciju u tisku vrijede druga pravila miješanja boja te se stoga proračuni rade samo onda kada su svi uvjeti tiska poznati.

Treći model CMYKIR separacije uvodi metode podizanja svijetlih tonova preko algoritma. Taj model se primjenjuje kada vidljivi motivi poštanske marke nemaju dovoljnu količinu sive komponente da bi u potpunosti izvele skrivenu sliku u pozadini. Ovdje se diskutira o važnosti hijerarhijskog postavljanja informacija te odlučivanju o tome koje informacije mogu biti degradirane u svrhu očuvanja planiranog dizajna. Matematički se postigla mogućnost da se gradi podizanje svijetlih tonova nazvano „Z desaturacija“. Parametri algoritma omogućuju veći ili manji stupanj desaturacije kako bi se postigla optimalna vidljiva i infracrvena informacija.

Četvrti model CMYKIR separacije namijenjen je dizajnu u kojem se koriste isključivo Z spot boje. Njima je definirano granično stanje  $Z_0$  i  $Z_{40}$  kroz kroz izračun za Eurostandard i U.S.

SWOP postavke boje. Vrijednosti  $Z_0$  i  $Z_{40}$  determiniraju hoće li ton imati odaziv u infracrvenom spektru ili neće. Granične vrijednosti  $Z_0$  i  $Z_{40}$  ne postižu gradaciju tona u infracrvenom spektru. Slika je ili bijela ili siva. Te dvostruke vrijednosti tona su korištene u vektorskom rješenju poštanske marke sa vrlo izraženim razgraničenjima između trobojnog  $Z_0$  i četverbojnog  $Z_{40}$ . Simulirani su procesi realnog tiska, a na otiscima uzoraka blizanaca u prilogu, prikazane pogreške do kojih dolazi zbog pomaka registra ili pogrešne izrade tiskovne forme zbog kojih se javlja „rubni IRD efekt“ R-IRD. Z spot boje su proračunate za posebne potrebe tiska na poštanskim markama koji se ne mogu primijeniti u drugim tehnikama tiska koje koriste druge postavke boja. Kada bi se išlo u reprodukciju ovakvih bojila u drugim postavkama boja ne bi se dobila zadovoljavajuća rješenja skrivene slike. Time se dokazuje druga hipoteza ovog rada koja tvrdi da poštanska merka ne smije biti tiskana samo procesnim bojama, već sa posebno projektiranim bojama koje samo u poznatim uvjetima tiska postižu zadovoljavajuće rezultate sakrivanja.

Rješenje problema R-IRD efekta dato je kroz peti i šesti model CMYKIR separacije kroz koje se uvodi individualizirano rastriranje. Izvedene su matematičke relacije definiranja rasterskih elemenata prevedene u PostScript programski jezik. Pravilna mreža individualiziranih rastera koji su u svojoj osnovi amplitudni, u novim procedurama se raspršuje prema tri stohastička modela. Prvi model koristi stohastičko raspršivanje kuta i linijature rastera koje djeluje na poziciju i veličinu rasterskog elementa unutar piksela slike i razbija strukturnu mrežu amplitudnog rastera. Druga metoda deformacije piksela uvodi razbijanje strukture originalne definicije piksel elementa kao kvadrata, te omogućuje keiranje romboidnih oblika piksela. U njegov nagib se ugrađuju stohastički parametri kuta. Rasterski element je u ovoj metodi netaknut, no negativan prostor koji se stvara prilikom pomaka i deformacije rasterskog elementa iz svoje originalne pozicije stvara interakciju sa oblikom rasterskog elementa stvarajući pseudo-oblike. Metoda stohastičke deformacije unutar definicije oblika samog rasterskog elementa uvodi slučajni parametar u pod-pikselsku strukturu rasterske ćelije. Glavni oblik rastera je definiran matematikom formulom u koju se ugrađuje stohastički parametar. Tako definiran oblik uvodi kontrolirano stohastičko raspršivanje samo na području zacrnjenja definiranog matematičkom formulom. Kombinacijom tri metode stohastičkog raspršivanja postiže se potpuna deformacija mreže amplitudnog rastera. Ove metode se primjenjuju u rješavanju R-IRD efekta kada je potreban veći stupanj raspršivanja.

U petom modelu CMYKIR separacije primjenjuje se rasterski element šiljaste strukture na crnom kanalu u pravilnoj mreži. U tom modelu se koriste oblici rastera sa vrlo razvedenom površinom rasterskog elementa koji u dovoljnoj mjeri mogu raspršiti rub Z slike i tako riješiti R-IRD efekt. Šesti model CMYKIR separacije sa stohastičkim raspršivanjem rasterskog elementa u crnom kanalu primjenjuje se kada rasterski element u svojoj definiciji nema jako razvedenu površinu originalnog oblika ili motiv vidljive grafike zahtjeva veći stupanj raspršivanja. To se događa kod upotrebe čistih tonova u dizajnerskim rješenjima. Tu se pribjeglo prethodno opisanim metodama stohastičkog raspršivanja u cilju eliminacije R-IRD efekta.

Iznesena hipoteza o tome da individualizirani rasterski element i bitmapirani element slike – piksel – onemogućavaju krivotvorenje potvrđena je na dvostruki način. Kroz stohastičko raspršivanje ruba grafike omogućuje se bolje stapanje pročelja (vizualne V slike) i pozadine (Z skrivene slike). Bitmapiranjem se rasterski element fiksira na jednakoj poziciji unutar mikrostrukture poštanske marke u svim dijelovima arka te se lako detektira odstupanje uzrokovano krivotvorenjem.

Nove faze bitmapiranja slike nakon faze rastriranja osiguravaju da će se rasterski element uvijek realizirati na istoj poziciji unutar marke. Kada se poštanska marka repetira (ponavlja) na poštanskom arku nakon metode bitmapiranja svaka je u svojoj mikrostrukтури identična te se može sa sigurnošću odrediti njezina autentičnost, što u konvencionalnim metodama rastriranja nije moguće. Štoviše, ove metode se baziraju na suprotnim postavkama od konvencionalnog rastriranja čiji je cilj upravo da se rasterskom elementu u što većoj mjeri rasprši pozicija.

U radnji je dokazana treća teza da pokušaj reprodukcije ovako nastalih poštanskih maraka nije moguć zbog toga što ne postoji sustav konverzije iz CMYKIR sustava u RGB sustav digitalnih slika. Zbog stapanja fizičkih bojila na papiru nemoguće je skeniranjem razlučiti crnu komponentu u otisku stoga je konverzijom u RGB digitalni sustav bojila infracrvena informacija potpuno uništena. Nove procedure i modeli su uvedeni kao odgovor na potrebu da se poštanske marke, a i svi sigurnosni dokumenti sa bogatom grafikom, zaštite na nove, nekonvencionalne načine koji onemogućuju krivotvorenje. Ovakve metode su posebno pogodne u dizajnu poštanskih maraka kao proširenje prostora smještanja informacija kada to zahtjeva dimenzionalna ograničenost.

## 11. LITERATURA

1. M. Rudolf; A. Bernašek; T. Koren; N. Stanić-Loknar, "Zaštitni elementi poštanskih maraka", Tiskarstvo 2012 & Design, Jana Žiljak Vujić (ur.). Zagreb : FS, FotoSoft, ADAM-KAJ, 2012., pp. 101-110
2. Pravilnik o poštanskim markama, Narodne Novine 83/2010, [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_07\\_83\\_2372.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_07_83_2372.html)
3. V. Žiljak, I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak-Vujić, "Infracrveni tisak s procesnim bojama", (Infrared printing with process colors), patent 18446744073709551615 HR, Državni zavod za intelektualno vlasništvo; sektor za patente P20080466A, Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva 17, 2010, 3, p. 579, ISSN 1847-3024, Europska razina: European Patent Office EP2165844, Representative: Betten & Resch, Patentwalte, Munchen, DE
4. V. Žiljak, K. Pap, I. Žiljak, "CMYKIR security graphics separation in the infrared area", Infrared Physics and Technology, vol. 52, no.2-3, 2009, pp. 62-69
5. V. Žiljak, I. Žiljak Stanimirović, K. Pap, "ZRGB aparatura za dualnu detekciju", patent P20100451A, Hrvatski patentni glasnik: 2012, p. 367
6. I. Brigham, "Postage Stamp Security and Innovation in stamps", 2009, Cartor Security Printing – France
7. Ž. Šinko, "Elementi sigurnosti u proizvodnji hrvatskih poštanskih maraka", Pošta: stručno-informativno glasilo Hrvatske Pošte, Zagreb, 2008
8. I. Jelovica Badovinac; N. Orlić; C. Lofrumento; J. Dobrinić; M. Orlić, "Spectral analysis of postage stamps and banknotes from the region of Rijeka in Croatia", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. 619, section A, no. 1/3, 2010, pp. 487-490
9. I. Žiljak, "Projektiranje zaštitne grafike s promjenjivim bojama digitalnog tiska u vidljivom i nevidljivom dijelu spektra", doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2007.
10. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak Vujić, "The print of the double picture and Infraredesign in the space of the security graphics", Advances in Printing and Media Technology, Nils, Enlund; Lovreček, Mladen (ur.). Darmstadt, Germany: IARIGAI, 2009, pp. 445-448.

11. I. Žiljak, K. Pap, V. Žiljak, "Double separation method for translation of the infrared information into a visible area", *Journal of Information and Organizational Sciences*, vol. 33, 2009., pp. 219-225
12. J.J.Mccann, "Color theory and color imaging systems – past, present and future", *Journal of Imaging Science & Technology*, vol. 42(1), 1998., pp. 70-78
13. T. Koren, "Razvoj steganografije u tipografiji sa stohastičkom raspodjelom infracrvenih boja", doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2010.
14. B. Fraser, C. Murphy, F. Bunting "Color Management" Berkeley: Peachpit Press, 2005.
15. A. Vila, N. Ferrer and J.F. Garcia, "Chemical composition of contemporary black printing inks based on infrared spectroscopy: Basic information for the characterization and discrimination of artistic prints", *Analytica Chimica Acta*, vol. 591, no.1, 2007., pp. 97-105
16. K. Pap, I Žiljak, J. Žiljak-Vujić, "Image Reproduction for Near Infrared Spectrum and the Infraredesign Theory", *The Journal of imaging science and technology*. vol. 54, no. 1, 2010., pp. 1-9
17. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak Vujić, "Infrared Design", Zagreb: FotoSoft, 2008.
18. Y.D. Chen, R.S. Berns, L.A. Taplin and F.H. Imai, "Multi-ink color-separation algorithm improving image quality", *Journal of Imaging Science & Technology*, vol. 52, no.2, 2008., pp.71-79
19. "Paper, Ink and Press Chemistry, the eighth technical brochure from Sappi", Brussels: Sappi Europe, 2004, <http://www.na.sappi.com/education/probookshelf/technical-publications>
20. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak-Vujić, "Infrared security graphics" Zagreb: FotoSoft, 2009.
21. M. Yousaf, M. Lazzouni, "Formulation of an invisible infrared printing ink", *Dyes & Pigments*, vol. 27, no.4, 1995., pp. 297-303

22. N. Ohta, A. Robertson, "Colorimetry: Fundamentals and Applications", Chichester: J.Wiley&Sons Ltd., 2005
23. P. Green, L. McDonald, "Colour Engeneering: Achieving Device Independent Colour", New York: John Wiley and Sons, 2003.
24. H. G. Völz, "Industrial color testing, fundamentals and techniques", Weinheim: Wiley-VCH, 2002
25. E. Enoksson, "Studies on image control for better reproduction in offset", Lindstedtsvägen: Royal Institute of Technology , 2006
26. V. Žiljak; K. Pap; I. Žiljak-Stanimirović; J. Žiljak-Vujić, "Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and NIR spectrum", Infrared physics & technology, vol. 55, 2012, pp. 326-336
27. J. Žiljak-Vujić, "Modeliranje rasterskih elemenata u stohastičkoj višebojnoj reprodukciji", doktorska disertacija, Zagreb: Grafički fakultet, 2007.
28. J. Žiljak-Vujić; K. Pap; I. Žiljak, "Design with mutant modulation screen elements", International Circular of Graphic Education and Research. 1, 2008, pp. 22-28
29. M. Rudolf; N. Stanić Loknar; M. Turčić; T. Koren, "Raster elements in securities typography" // Proceedings of the 10th International Design Conference (Design 2008) Workshop: Design of Graphic Media / Žiljak, Vilko (ur.).Zagreb; Glasgow: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture; Design Society, 2008. pp. 1475-1479
30. K. Pap; V. Žiljak; Z. Sabati, "Simulation of Raster Image Processor in DTP and Digital Printing System", Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference Information and Intelligent Systems IIS '99, Maleković, Mirko; Lovrenčić, Alen (ur.). Varaždin : FOI, Varaždin, 1999. pp. 52-52
31. V. Ostromoukhov, "Artistic Halftoning-Between Technology and Art", Proceedings in SPIE, vol. 3963, 2000. pp: 489-509
32. J. Žiljak Vujić, A. Bernašek, T. Koren, "Designing Raster Cells as the Basis for Developing Personal Graphic Language", Journal of Graphic Engeneering and Design, vol.2. no.1, 2011, pp. 31-37



33. V. Ostromoukhov, P. Emmel, N. Rudaz, I. Amidror, R.D. Hersch, "Multi-level colour halftoning algorithms", *Imaging Sciences and Display Technologies, Symposium on Advanced Imaging and Network Technologies, Proc. SPIE*, 1996, pp. 332-340
34. Y. Chan , S. Cheung, "Feature-preserving multiscale error diffusion for digital halftoning", *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, 2004, pp. 639-645
35. N. Rudaz, R.D. Hersch, "Protecting identity documents by microstructure color differences", *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 2, 2004, pp. 315-323
36. D. Gruhl, W. Bender, "Information hiding to foil the casual counterfeiter", *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1525, 1998, pp. 1-15
37. V. Ostromoukhov, N. Rudaz, I. Amidror, P. Emmel, R. D. Hersch, "Anti-counterfeiting Features of Artistic Screening," *SPIE Proceedings Vol. 2951*, pp.126-133, Dec. 1996.
38. Klaudio Pap, Jana Žiljak Vujić, Ivana Žiljak: "Design of digital screening", Zagreb: FotoSoft, 2008.
39. J. Žiljak-Vujić; S. Plehati; V. Kropar-Vančina, "Experiments With New Raster Elements", *Annals of DAAAM for 2007 & Proceedings of the 18th International DAAAM Symposium*, Katalinić, B. (ur.). Vienna, Austria: DAAAM International, 2007. pp. 831-832
40. J. Žiljak-Vujić; I. Žiljak; K. Pap, "Individual raster forms in security printing application", *CADAM 2006*, Obsieger, Boris (ur.).Rijeka: Zigo Rijeka, 2006. pp. 105-106.
41. J. Žiljak-Vujić; V. Kropar-Vančina; I. Žiljak; S. Plehati, "Individualization of Multi-Color Reproduction and its use for Security Graphic Solutions", *Annals of DAAAM for 2007 & Proceedings of the 18th International DAAAM Symposium*, Katalinic, B. (ur.). Vienna, Austria: DAAAM International, 2007., pp. 829-830
42. K. Pap; I. Žiljak; J. Žiljak-Vujić; N. Stanić, "Stochastic angle layout in digital rastering with independent initiators of random number generators", *CADAM 2006*, Obsieger, Boris (ur.). Rijeka: Zigo Rijeka, 2006. pp. 71-72

43. M. Turcic, V. Žiljak, I. Žiljak Stanimirović, "Individual Stochastic Screening for the Development of Computer Graphics“, *Acta Graphica*, vol. 22, no. 3-4, 2011., pp. 69-78
44. N.F. Johnson, S. Jajodia, "Exploring steganography: Seeing the unseen", *Computer*, vol.31, no.2, 1998., pp.26-34
45. L. Zhi, S. Fen, "A LSB steganography detection algorithm", 14th IEEE Proceedings on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, vol.3, 2003, pp. 2780 - 2783
46. A. Ajith; M. Paprzycki, "Significance of steganography on data security", *International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2004. Proceedings. ITCC 2004*, vol.2, 2004., pp. 347 - 351
47. N. Hamid, A. Yahya, R. Badlishah Ahmad, O.M. Al-Qershi, "Image Steganography Techniques: An Overview" *International Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*, vol.6, no. 3, 2012 pp. 168-187
48. N. F. Johnson, S. Katzenbeisser. "A Survey of steganographic techniques." *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, S. Katzenbeisser and F.Petitcolas, Ed. London: Artech House, 2000, pp. 43-78
49. M. Rudolf, T. Koren, J. Žiljak-Vujić, "New postage stamp design with tone gradation in Infraredesign technology", *Acta Graphica*, Vol 23, no. 3-4, 2012, pp. 57-64
50. R. Hill, "Post office reform; It's importance and practicability", London: Charles Knight&CO., 1837.
51. C. J. Golden, "Posting It: The Victorian Revolution in Letter Writing", University Gainseville: Press of Florida, 2009.
52. H. W. Hill, "The Fight for the Penny Post", London, New York: Frederick Warne, 1940.
53. V. Ercegović, "Hrvatska filatelija", Zagreb: Agencija za komercijalnu djelatnost, 1995
54. P. Strpić, "Poštanske marke – Hrvatska 2011/2012", Ozalj: Studio Lokas, 2011.

55. Jukić, R. "Poštanske marke Republike Hrvatske 1991.-2011.", Zagreb: Hrvatska pošta, 2011
56. T. Koren, V. Žiljak, M. Rudolf, N. Stanić-Loknar, A. Bernašek, "Mathematical models of the sinusoidal screen family", *Acta graphica*. vol. 22, no. 1-2, 2011, pp. 11-20
57. Koren, Tajana; Nađ, Hrvoje; Stanić-Loknar, Nikolina, "Familije individualiziranih rasterskih oblika", *Tiskarstvo 2011*, Vilko Žiljak (ur.), Zagreb : FS, FotoSoft, ADAM-KAJ, 2011. pp. 28-34
58. Adobe Systems Inc, "PostScript Language Reference", 3rd ed., Addison-Wesley Publishing Company, 1999

## 11.1. POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Prva poštanska marka „Penny Black“</i>	10
<i>Slika 2. Prva marka hrvatskog dizajna – alegorijski motiv</i>	11
<i>Slika 3. 1941 „Muške narodna nošnje“ – dvobojni tisak, ofset i knjigotisak</i>	13
<i>Slika 4. Marke iz 20-tih god 20 st - Deutches Reich</i>	15
<i>Slika 5. Hrvatske poštanske marke u različitim tiskarskim tehnikama</i>	16
<i>Slika 6. Ruska marka iz 60-ih godina 20. stoljeća – detalj</i>	17
<i>Slika 7. Japanska marka iz 1971(a); detalj(b)</i>	17
<i>Slika 8. 1976. Brazilska poštanska marka – detalj</i>	17
<i>Slika 9. Primjeri poštanskih maraka otisnutih klasičnim ofsetom</i>	18
<i>Slika 10. 2001. Libijska poštanska marka sa zaštitnim hologramom</i>	18
<i>Slika 11. 1992. Babić-Biffel - AM raster u kombinaciji sa zlatotiskom na tipografiji</i>	19
<i>Slika 12. 1992. Nikolić - AM raster - detalj (marka bez dodatnih zaštita)</i>	19
<i>Slika 13. 1997. Keser - FM raster</i>	20
<i>Slika 14. 1996. Artuković - FM raster u kombinaciji sa AM rasterom (tekst otisnut AM rasterom, a grafika u FM)</i>	20
<i>Slika 15. 1995. Lovrenčić - FM raster u kombinaciji sa posebnim bojama (motiv je uz procesne boje otisnut i srebrnom bojom)</i>	20
<i>Slika 16. Dvije susjedne poštanske marke u arku (a); različit raspored rasterskih elemenata u istom detalju (b)(c)</i>	21
<i>Slika 17. a) K.Čop 1997. detalj marke sa sinusnim rasterom finije linijature; b) N.Žiljak – D.Eljuga 1994. detalj sa sinusnim rasterom grube linijature</i>	22
<i>Slika 18. 1997 Canada. \$8 Grizzly Bear, zeleni detalj sa rasterskim oblikom medvjeda</i>	23
<i>Slika 19. a)1996. N.Žiljak, D.Eljuga - Rasterski element vidljiv bez povećanja uklopljen u dizajn motiva poštanske marke; b)1996. Botteri – veća linijatura posebnog sinusoidnog rastera koji nije vidljiv bez povećanja</i>	23
<i>Slika 20. 1992. Šiško – a) Linijska grafika sa tri korištene spot boje; b) Kombinacija AM rastera kojim je otisnut žuti kanal grafike, te linijska grafika sa tri posebne boje</i>	24
<i>Slika 21. 2007. Reščak - Primjer perforirane marke sa romb češljastim zupčanjem</i>	24

<i>Slika 22. a) 2005. Fabijanić; b) 2012. Zglavnik; - Dizajn poštanske marke sa kružnim i srololikim perforiranjem</i>	25
<i>Slika 23. Zaštitni UV premaz na papiru izvan otisnute grafike motiva</i>	26
<i>Slika 24. Djelomični UV premaz u linijama preko marke, tekst otisnut UV bojom</i>	26
<i>Slika 25. UV premaz preko cijele površine marke</i>	26
<i>Slika 26. Primjeri maraka sa UV otiskom tipografskih elemenata</i>	27
<i>Slika 27. 2010. Franković&amp; Vučić - Ultraljubičasti premaz papira na modernim hrvatskim markama</i>	27
<i>Slika 28. 2012. Odak – a) infracrveno svjetlo; b) Vidljivi dio spektra</i>	28
<i>Slika 29. a) marka pod vidljivim svjetlom; b) marka skenirana na 1000 nm</i>	28
<i>Slika 30 . Simulacija sivog tona jednakog u vizualnom dijelu sa različitim udjelima C, M, Y i K komponente</i>	25
<i>Slika 31 . Simulacija 4 vizualno jednaka tona boje sa različitim udjelima CMYK komponenata</i>	36
<i>Slika 32. Udjeli crne komponente u tonovima sa slika 30. i 31. daju različitu zacrnjenost u infracrvenom dijelu spektra</i>	36
<i>Slika 33. Razlika u teorijski miješanim bojama kada se primjene u postavki boje Eurostandard</i>	37
<i>Slika 34. Simulacija realnog miješanja CMYK komponenti</i>	38
<i>Slika 35. CMYKIR separacija ulaznih RGB i Z slika</i>	40
<i>Slika 36. Ton ljubičaste u vidljivom dijelu spektra i zasebnim CMYKIR kanalima</i>	44
<i>Slika 37. Parovi blizanaca Z spot bojila sa stanjem <math>Z_0</math> i <math>Z_{40}</math> u V dijelu spektra (a) i IR dijelu spektra (b)</i>	50
<i>Slika 38. šest poštanskih maraka kao osnova klasifikacije 6 modela pripreme CMYKIR separacije</i>	58
<i>Slika 39. Šest planiranih slika za Z infracrveni prostor za šest modela CMYKIR separacije</i>	60
<i>Slika 40. Preklapanje motiva u fazi podešavanja pozicija pročelja i pozadine</i>	62
<i>Slika 41. Prikaz motiva planiranog za vidljivi i infracrveni dio spektra</i>	64
<i>Slika 42. Shema CMYKIR separacije u fazama RGB – <math>C_0M_0Y_0</math> – CMYKIR</i>	66
<i>Slika 43. Dizajn nove poštanske marke za vidljivi dio spektra(a) i infracrveni spektar (b)</i>	67

<i>Slika 44. Konvencionalna separacija CMYK kanala</i>	68
<i>Slika 45. Faza konverzije iz RGB ulazne slike u <math>C_0M_0Y_0</math> (<math>K=0</math>)</i>	69
<i>Slika 46. Kanali CMYKIR separirane slike</i>	69
<i>Slika 47. Detalj marke u vizualnom dijelu sa CMYKIR separiranim kanalima</i>	70
<i>Slika 48. Planirane slike u a) RGB stanju za vidljivi dio spektra i b) Grayscale stanju za NIR-Z spektar</i>	73
<i>Slika 49. Uvećani detalj a) planirane ulazne RGB slike i b) CMYKIR separirane grafike sa novim CMYK vrijednostima</i>	75
<i>Slika 50. Preklapanje motiva i dodatno usklađivanje pozicija dviju grafika</i>	76
<i>Slika 51. Prva faza CMYKIR separacije - konverzija iz RGB u CMY (<math>K=0</math>)</i>	77
<i>Slika 52. Prikaz CMYKIR separacije originala sa pojedinačnim CMYK kanalima grafike nakon CMYKIR separacije</i>	78
<i>Slika 53. Prikaz podizanja tonova vidljive slike a) bez korekcije, b) s 20% podizanja i c) 40% podizanja nultih vrijednosti pokrivenosti</i>	81
<i>Slika 54. Pojedinačni kanali nakon podizanja tonova za 20% i CMYKIR separacije</i>	82
<i>Slika 55. Detalj poštanske marke „Seljačka buna“ u crnom kanalu; a) IR slika bez podizanja tonova, b) sa 20% podignutim tonovima, c) sa 40% podignutim tonovima</i>	83
<i>Slika 56. detalji slova u infracrvenoj slici marke „Seljačka buna“ sa podizanjem tonova</i>	84
<i>Slika 57. Pojedinačni kanali podignute sive vrijednosti od 40%</i>	85
<i>Slika 58. Polazna planirana slika u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra</i>	95
<i>Slika 59. Separacija kanala za četiri spot boje u stanju <math>Z_0</math> „IR bijela“ a) plava<math>Z_0</math>, b) smeđa<math>Z_0</math>, c) zelena<math>Z_0</math> i d) siva<math>Z_0</math></i>	97
<i>Slika 60. Separacija kanala za četiri spot boje sa vrijednostima <math>Z_{40}</math> a) plava<math>Z_{40}</math>, b) smeđa<math>Z_{40}</math> c) zelena<math>Z_{40}</math> i d) siva<math>Z_{40}</math></i>	98
<i>Slika 61. Dodirivanje zelenog tona u <math>Z_0</math> i <math>Z_{40}</math></i>	98

<i>Slika 62. Prijedlog rješenja rubnih efekata kroz filter raspršivanja rubova slova</i>	100
<i>Slika 63. Dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz šiljaste matematičke formulacije rasterskog elementa</i>	105
<i>Slika 64. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV4n</i>	106
<i>Slika 65. Gradacija kuta rastriranja u rasterskom elementu IV4 za 1°(a) i 5°(b) i 20°(c)</i>	107
<i>Slika 66. Gradacija kuta i linijature u testnoj sivoj skali za rasterski element IV4</i>	108
<i>Slika 67. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV4n</i>	111
<i>Slika 68. Postizanje gradacije kuta (a) i linijature (b) u sivoj skali rastera IV4n</i>	112
<i>Slika 69. Trodimenzionalni i dvodimenzionalni prikaz pokrivenosti površine kod rastera IV5</i>	113
<i>Slika 70. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV5 u pozitivu i negativu</i>	114
<i>Slika 71. Gradacija linijature i kuta u raster IV5 za pozitiv i negativ</i>	114
<i>Slika 72. Trodimenzionalni i dvodimenzionalni prikaz pokrivenosti površine kod rastera IV6</i>	115
<i>Slika 73. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV6</i>	115
<i>Slika 74. Gradacija linijature (a), kuta (b) i kombinirano linijature i kuta (c) u rasterskom elementu IV6</i>	116
<i>Slika 75. Kontrolirano stohastičko raspršivanje u svijetlim tonovima za rastere IV4(a) IV4n(b)</i>	118
<i>Slika 76. Stohastički izbor kuta u cijelom rasponu tonova za IV4</i>	118
<i>Slika 77. Stohastički izbor linijature(a) i kuta (b) u zasebnim algoritmima za raster IV5</i>	119
	152

<i>Slika 78. Stohastički izbor linijature u tamnim tonovima sa stohastičkim izborom kuta u svijetlim tonovima za raster IV5 (a) stohastički izbor linijature i kuta u cijelom rasponu tonova za raster IV5</i>	119
<i>Slika 79. Stohastički izbor linijature u tamnim tonovima sa stohastičkim izborom kuta u svijetlim tonovima za raster IV6 (a) stohastički izbor linijature i kuta u cijelom rasponu tonova za raster IV6</i>	120
<i>Slika 80. Metoda deformiranja piksela sa stohastičkim raspršivanjem rasterskog elementa za rasterski element IV4 i IV4n</i>	121
<i>Slika 81. Deformacija piksela i stohastičko raspršivanje kuta i linijature kod rastera IV5 i IV6</i>	121
<i>Slika 82. Pokrivenost površine od 0% do 95% s koracima od 5% za rasterski element IV6S sa stohastičkim raspršivanjem rasterske ćelije</i>	122
<i>Slika 83. Uvećana rasterska ćelija rastera IV6S na 50% zacrnjenosti površine</i>	123
<i>Slika 84. postizanje raspršivanja kod rasterskog oblika IV5 sa primjenom u gradaciji kuta(a), stohastičkom odabiru linijature i kuta (b) i deformaciji piksla (c)</i>	124
<i>Slika 85. Primjena stohastičkog raspršivanja kod rastera IV6 sa raspršivanjem kuta i linijature (a) i deformacijom piksla (b)</i>	125
<i>Slika 86. Jedan ton Z boje sa zadanim <math>Z_{min}=0</math> i <math>Z_{max}=40</math> i rastriranim crnim kanalom</i>	127
<i>Slika 87. Prikaz planirane vidljive i infracrvene slike</i>	128
<i>Slika 88. Prikaz CMYK kanala nakon CMYKIR separacije</i>	129
<i>Slika 89. Uvećani detalj marke u vidljivom dijelu spektra (a) u infracrvenom dijelu spektra (b)</i>	129
<i>Slika 90. Planirane ulazne slike u dizajnerskom rješenju nove marke</i>	131
<i>Slika 91. Ekstremno stohastičko raspršivanje crnog kanala</i>	132
<i>Slika 92. CMYKIR separacija kanala za poštansku marku „Misal/Gutenberg“</i>	132



<i>Slika 93. Prikaz detalja CMYKIR separacije poštanske marke „Misal/Gutenberg“</i>	133
<i>Slika 94. Eksperimentalna marka s motivom Janice i Ivice Kostelić u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)</i>	137
<i>Slika 95. Eksperimentalna marka s motivom Isaaca Newtona u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)</i>	137
<i>Slika 96. Eksperimentalna marka s motivom Misal/Gutenberg u vidljivom dijelu spektra (a), 570nm (b), 645nm(c), 715nm(d), 1000nm NIR-Z (e)</i>	138
<i>Slika 97. Skenirani CMYKIR otisak u RGB (a) nakon skeniranja i konverzija u CMYK(b)</i>	139

## 11.2. POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Izračun vrijednosti gradacije Z parametra od <math>Z_{40}</math> do <math>Z_0</math> za ljubičasti ton</i>	44
<i>Tablica 2. Proračun Z spot blizanaca u Eurostandard Coated postavci boja</i>	46
<i>Tablica 3. Proračun Z spot blizanaca u U.S. SWOP Coated postavci boja</i>	48
<i>Tablica 4. Odabrani testirani tonovi i njihov <math>\Delta E</math> za 120g ofsetni papir</i>	51
<i>Tablica 5. Odabrani testirani tonovi i njihov <math>\Delta E</math> za 128g mat papir</i>	52
<i>Tablica 6. Odabrani testirani tonovi i njihov <math>\Delta E</math> za 128g sjajni papir</i>	52
<i>Tablica 7. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u SWOP postavki boja</i>	87
<i>Tablica 8. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u Eurostandard postavki boja</i>	88
<i>Tablica 9. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K plave spot boje u SWOP postavki boja</i>	89
<i>Tablica 10. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K plave spot boje u Eurostandard postavki boja</i>	90
<i>Tablica 11. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K žutosmeđe spot boje u</i>	91

### *SWOP postavki boja*

<i>Tablica 12. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K sive spot boje u Eurostandard postavki boja</i>	92
<i>Tablica 13. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K zelene spot boje u SWOP postavki boja</i>	93
<i>Tablica 14. promjena vrijednosti CMY u odnosu na povećanje K zelene spot boje u Eurostandard postavki boja</i>	94

### **11.3. POPIS GRAFIKONA**

<i>Graf 1. Podizanje svijetlih tonova za 20% (crveno) i 40% (plavo) prema formuama <math>T_{20}</math> i <math>T_{40}</math></i>	80
<i>Graf 2. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za sivu boju u SWOP postavci boja</i>	87
<i>Graf 3. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za sivu boju u Eurostandard postavci boja</i>	88
<i>Graf 4. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za plavu boju u SWOP postavci boja</i>	89
<i>Graf 5. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za plavu boju u Eurostandard postavci boja</i>	90
<i>Graf 6. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za žuto-smeđu boju u SWOP postavci boja</i>	91
<i>Graf 7. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za žuto-smeđu boju u Eurostandard postavci boja</i>	92
<i>Graf 8. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za zelenu boju u SWOP postavci boja</i>	93
<i>Graf 9. Pad vrijednosti CMY u odnosu na K za zelenu boju u Eurostandard postavci boja</i>	94
<i>Graf 10. Filteri korišteni u skeniranju uzoraka na uređaju Projectina Docubox forensic system PIA 6000</i>	136

## 12. ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Maja Rudolf rođena je 14.5.1982. u Zagrebu. 2006. god. diplomirala je na Grafičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu. 2007. godine upisuje doktorski studij „Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda“ na Grafičkom fakultetu. Od 2007. godine zaposlena je na Grafičkom fakultetu kao asistent u nastavi na Katedri za Tiskarski slog i računala. Od 2007. do 2009. god. bila je zaposlena u naslovnom zvanju asistenta na Tehničkom Veleučilištu u Zagrebu. Njezin znanstveni interes uključuje istraživanja u područjima zaštitnog tiska i Web tehnologija. Od 2007. god. objavljuje znanstvene i stručne radove u časopisima i zbornicima radova te sudjeluje na kongresima tiskarskih tehnologija.

### POPIS OBJAVLJENIH RADOVA:

Turčić, Maja; Koren, Tajana; Rudolf, Maja.

**Digital character design of dcroat mark**, Daaam International Scientific Book 2011, Katalinić, Branko (ur.).Vienna : DAAAM International Vienna, 2011. pp. 409-416.

Rudolf, Maja; Koren Tajana; Žiljak Vujić Jana.

**Nove poštanske marke dizajnirane u Infraredesign tehnologiji.**, *Acta graphica*. **23** (2012) , 3-4; 57-64

Rudolf, Maja; Stanić Loknar Nikolina, Koren Tajana; Bernašek Aleksandra.

**Individualni filter "kiša" u transformaciji slikovnog elementa**, *Proceedings 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić 2012*. **1** (2012) , 1; 57-66.

Koren, Tajana; Žiljak, Vilko; Rudolf, Maja; Stanić-Loknar, Nikolina; Bernašek, Aleksandra.

**Mathematical models of the sinusoidal screen family**, *Acta graphica*. **22** (2011) , 1-2; pp.11-20

Politis Anastasios Manolis; Rudolf, Maja; Žiljak Vujić Jana.

**CMYKIR separacija dva portreta za poštansku marku**, *Printing & Design 2013.*, Zagreb : Fotosoft, 2013.

Agić, D., Rudolf, M., Agić, A., Stanić-Loknar, N.

**Case study carbon black separation extended features**, *Proceedings - The Sixth*

*International Symposium GRID 2012 / Novaković, Dragoljub (ur.) Novi Sad : Faculty of Technical Science, Department of Graphic Engineering and Design, 2012. 187-194*

Rudolf, Maja; Bernašek, Aleksandra; Koren, Tajana; Stanić-Loknar, Nikolina.  
**Zaštitni elementi poštanskih maraka**, *Tiskarstvo 2012 & Design*, Jana Žiljak Vujić (ur.). Zagreb : FS, FotoSoft, ADAM-KAJ, 2012. pp.101-110

Stanić-Loknar, Nikolina; Koren, Tajana; Rudolf, Maja.  
**Individualizacija reprodukcije sa piktogramom kao rasterskim elementom**, *Tiskarstvo 2012 & Design*, Jana Žiljak Vujić (ur.). Zagreb : FS, FotoSoft, ADAM-KAJ, 2012. pp. 91-94

Bernašek, Aleksandra; Nađ, Hrvoje; Rudolf, Maja; Koren, Tajana.  
**Motiviranje studenata kroz računarsku grafiku**, *Tiskarstvo 2011*, Vilko Žiljak (ur.). Zagreb : FS, FotoSoft, ADAM-KAJ, 2011. pp.13-20

Agić, Darko; Mandić, Lidija; Strgar Kurečić, Maja; Rudolf, Maja.  
**Hue and saturation shifts in soft proof and non impact images**, *Design 2010 - Proceedings (Volume 4)*, Žiljak, Vilko ; Milčić, Diana (ur.). Zagreb : Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, 2010.pp. 1953-1956

Stanić Loknar, Nikolina; Rudolf, Maja; Turčić, Maja.  
**Pixel Manipulation in Security Graphics**, *11th International design conference: Design 2010 / Žiljak, Vilko ; Milčić, Diana (ur.)*. Zagreb : Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2010. pp.1947-1952

Turčić, Maja; Koren, Tajana; Rudolf, Maja.  
**Geometrical measurements of diacritical dcroat sign**, *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Interdisciplinary Solutions" 20-23rd October 2010, Zadar, Croatia / Katalinić, Branko (ur.)*, Vienna, Austria : DAAAM Internatinal Vienna, 2010. pp.1327-1328

Turčić, Maja; Rudolf, Maja; Uglješić, Vesna; Stanić Loknar, Nikolina.  
**Uvođenje novih tipografskih elemenata na Web**, *Tiskarstvo 2010*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : Fotosoft, 2010. pp. 5-10

Žiljak-Vujić, Jana; Stanić-Loknar, Nikolina; Žiljak, Ivana; Rudolf, Maja; Koren, Tajana.  
**New mutation screen element „ Soft rhomb“**, *International Journal Advanced Engineering / Obsieger B (ur.)*, Rijeka : Revelin d.o.o., 2009. pp. 255-263

Koren, Tajana; Stanić, Nikolina; Rudolf, Maja.  
**Understanding random numbers through postscript**, *Proceedings of the 10th International Design Conference (Design 2008) Workshop : Design of Graphic Media*,

Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb ; Glasgow : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture ; Design Society, 2008. 1487-1490

Rudolf, Maja; Stanić Loknar, Nikolina; Turčić, Maja; Koren, Tajana.  
**Raster elements in securities typography**, *Proceedings of the 10th International Design Conference (Design 2008) Workshop : Design of Graphic Media*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb ; Glasgow : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture ; Design Society, 2008. pp. 1475-1479

Stanić Loknar, Nikolina; Žiljak, Ivana; Rudolf, Maja; Koren, Tajana.  
**Security paper thickness as an element of protection against counterfeiting**, *Proceedings of the 10th International Design Conference (Design 2008) Workshop : Design of Graphic Media* / Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture ; Design Society, 2008. pp.1481-1485

Stanić, Nikolina; Rudolf, Maja; Koren, Tajana.  
**Microtext In Security Printing On Documents And Securities Graphics**, *Pre-conference proceedings of the Special Focus Symposium on 2nd CISK : Communication and Information Sciences in the Knowledge Society & 19th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics : InterSymp-2007* / Šimović, Vladimir ; Bakić-Tomić, Ljubica ; Hubinkova, Zuzana (ur.). Zagreb : Faculty of Teacher Education of the University of Zagreb, 2007. pp.150-154

Koren, Tajana; Stanić Loknar, Nikolina; Rudolf, Maja.  
**Prikazivanje specifičnih hrvatskih znakova u PostScriptu**, *Tiskarstvo 2009*, Vilko Žiljak (ur.). Zagreb, 2009. pp. 49-51

Rudolf, Maja; Koren, Tajana; Žiljak Vujić, Jana; Stanić Loknar, Nikolina.  
**Rastriranje vektorskih elemenata u tipografiji sigurnosnog tiska**, *Tiskarstvo 2009*, Vilko Žiljak (ur.). Zagreb, 2009. pp. 71-78

Stanić Loknar, Nikolina; Rudolf, Maja; Koren, Tajana.  
**Problematika klasifikacije digitalnih rukopisnih fontova nastalih upotrebom elektroničkih alata**, *Tiskarstvo 09*, Vilko Žiljak (ur.). Zagreb : Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, 2009. pp. 53-60

Pap, Klaudio; Turčić, Maja; Rudolf, Maja.  
**Dinamička izrada PDF dokumenata**, *Tiskarstvo 2010, Digitalni sustavi u tiskarstvu*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : FotoSoft d.o.o., 2010. pp. 61

Turčić, Maja; Rudolf, Maja; Pavlović, Tomislav.  
**Individualizirani sadržaj PDF knjige kroz Processing**, *Znanstveno stručni skup Tiskarstvo 09 : knjiga sažetaka*. Zagreb, 2009.

Koren, Tajana; Žiljak, Ivana; Stanić, Nikolina; Rudolf, Maja.  
**Sigurnosni element na novčanicama u 6 promjenljivih slika**, *Tiskarstvo 08*, Vilko Žiljak (ur.). Zagreb : Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, 2008. 46-46

Rudolf, Maja; Turčić, Maja.  
**Tipografija u grafičkim programskim jezicima (sa primjenom u Processing-u)**, *Tiskarstvo 08*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : FotoSoft d.o.o., 2008. pp. 22

Rudolf, Maja; Turčić, Maja; Pavlović, Tomislav.  
**Interaktivne aplikacije na Web-u (SVG)**, *Zbornik radova sa Znanstveno stručnog skupa Tiskarstvo 08*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : FotoSoft, 2008. pp. 21

Stanić Loknar, Nikolina; Koren, Tajana; Rudolf Maja.  
**Nove klasifikacije digitalnih rukopisnih oblika**, *Tiskarstvo 08*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, 2008.

Turčić, Maja; Rudolf, Maja.  
**Individualni slovni znakovi vektorske grafike u XML-u (Primjene na karakteristične znakove hrvatske abecede u SVG-u)**, *Tiskarstvo 08*, Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb : FotoSoft d.o.o., 2008. pp. 20

### **13. PRILOZI**

Uz ovu radnju priloženi su eksperimentalni uzorci mjerenja Z spot bojila i procesnih bojila koji su otisnuti u ofsetnoj tehnici na stroju Heidelberg Speedmaster na različitim papirima.

Prilozi su jedini koji u potpunosti izvršavaju dvostrukost slike sa IRD tehnologijom. Originalno su tiskani i na njima su izvršavana sva mjerenja. Ovdje umetnutih sedam listova je samo segment izvršenih mjerenja. Radnja je otisnuta na pisaču čija postavka boje je različita od postavki boja za ofsetni tisak te se u njemu ne očituje IRD efekt. Stoga su originalni otisci umetnuti kako bi na primjeru dokazali tvrdnje iznesene u ovoj disertaciji. Infracrvenu sliku na listovima je moguće detektirati aparaturom čiji spektralni raspon ulazi u infracrveno područje.

Prvi list: Otisak blizanaca Z spot bojila na ofsetnom 120g papiru

Drugi list: Otisak blizanaca Z spot bojila na ofsetnom 120g papiru

Treći list: Otisak blizanaca Z spot bojila na mat 128g papiru

Četvrti list: Otisak blizanaca Z spot bojila na mat 128g papiru

Peti list: Otisak blizanaca Z spot bojila na sjajnom 128g papiru

Šesti list: Otisak blizanaca Z spot bojila na sjajnom 128g papiru