

# Preddefinirane vrijednosti boja kod reprodukcije mora u elektrofotografiji

---

Dubičanac, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:893352>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Maja Dubičanac



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

# ZAVRŠNI RAD

PREDDEFINIRANE VRIJEDNOSTI BOJA KOD  
REPRODUKCIJE MORA U ELEKTROFOTOGRAFIJI

Mentor:

doc. dr. sc. Igor Zjakić

Student:

Maja Dubičanac

Zagreb, 2014

**SAŽETAK**

Ovim završnom radom obrađuje se tematika predefiniranosti vrijednosti boja kod reprodukcije mora u elektrofotografiji. U teorijskom dijelu ovoga rada objašnjava se sam tisak i vrste rastriranja, te višebojni tisak koji je direktno povezan sa samim radom. Također se opširnije objašnjava miješanje višebojnih reprodukcija u oku te CIE L\*a\*b\* prostor boja.

Eksperimentalni dio ovoga rada posvećen je istraživanju kako što vjernije i privlačnije prikazati more na podlogama elektrofotografskim tiskom. Istraživanjem se ustanovio izbor boja koje najvjernije i najprivlačnije prikazuju more. Fotografije su prikazane u raznim nijansama plave boje, te su dijelovi tih prikaza izdvojeni kako bi se što bolje moglo prosuditi o izboru nijanse na temelju vizualne procijene ispitanika, te mjerenjem mjernim uređajem.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Elektrofotografija, istraživanje, prikaz mora, prostor boja

## **SUMMARY**

This final work deals with the theme predefiniranosti color values when playing sea in electrophotography. In the theoretical part of this paper explains the press and I kind of screening, and multi-color printing, which is directly linked to the very work. It also explains more mixing multicolored play in the eye and CIE L \* a \* b \* color space.

The experimental part of this work is devoted to investigation of how the faithful and attractive display view in the EP print media. Istraživanjem se established a range of colors that the truest and most attractive display view. Photos are shown in various shades of blue, and parts of these representations singled to what could better judge the choice of shades based on a visual estimate of the respondents, and measuring gauge.

## **KEY WORDS**

Electrophotography, research, presentation of the sea, the color space

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. TEORETSKI DIO.....	3
2.1. POVIJEST PAPIRA I POVIJEST TEHNOLOGIJE TISKA.....	3
2.2. POVIJEST BOJE.....	4
2.3. VIŠEBOJNI TISAK.....	6
3.3.1. Vrste rastriranja.....	7
2.3.1. Amplitudno modularni ili klasični raster.....	8
2.3.1. Frekventno modulirani (stohastički) raster.....	10
2.3.1. Hibridni raster i raster sa modulacijom obojenja.....	11
2.4. Miješanje višebojnih reprodukcija u oku.....	12
2.4. OSNOVNE KARAKTERISTIKE BOJA.....	14
2.5. MJERENJE BOJE.....	15
2.5.1. Modeli za prikaz izgleda boja.....	15
2.5.2. Prostori boja.....	16
2.5.2. CIE L*a*b* prostor boja.....	17
2.6. TEHNIKE DIGITALNOG TISKA.....	20
2.6.1. Elektrofotografija s praškastim tonerom.....	20
2.6.2. Proces otiskivanja u elektrofotografiji.....	21
2.6.3. Elektrofotografija s tekućim tonerom.....	25
3. PRAKTIČNI DIO.....	27
1.1. METODOLOGIJA RADA.....	27
1.2. KORIŠTENA OPREMA.....	30
3.3. REZULTATI I DISKUSIJA.....	31
4. ZAKLJUČCI.....	40
5. LITERATURA.....	41

## **SAŽETAK**

Ovim završnom radom obrađuje se tematika predefiniranosti vrijednosti boja kod reprodukcije mora u elektrofotografiji. U teorijskom dijelu ovoga rada objašnjava se sam tisak i vrste rastriranja, te višebojni tisak koji je direktno povezan sa samim radom. Također se opširnije objašnjava miješanje višebojnih reprodukcija u oku te CIE L\*a\*b\* prostor boja. Eksperimentalni dio ovoga rada posvećen je istraživanju kako što vjernije i privlačnije prikazati more na podlogama elektrofotografskim tiskom. Istraživanjem se ustanovio izbor boja koje najvjernije i najprivlačnije prikazuju more. Fotografije su prikazane u raznim nijansama plave boje, te su dijelovi tih prikaza izdvojeni kako bi se što bolje moglo prosuditi o izboru nijanse na temelju vizualne procijene ispitanika, te mjerenjem mjernim uređajem.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Elektrofotografija, istraživanje, prikaz mora, prostor boja

## **SUMMARY**

This final work deals with the theme predefiniranosti color values when playing sea in electrophotography. In the theoretical part of this paper explains the press and I kind of screening, and multi-color printing, which is directly linked to the very work. It also explains more mixing multicolored play in the eye and CIE L \* a \* b \* color space. The experimental part of this work is devoted to investigation of how the faithful and attractive display view in the EP print media. The research established a range of colors that the truest and most attractive display view. Photos are shown in various shades of blue, and parts of these representations singled to what could better judge the choice of shades based on a visual estimate of the respondents, and measuring gauge.

## **KEY WORDS**

Electrophotography, research, presentation of the sea, the color space

## 1. UVOD

U današnje vrijeme grafička struka je izrazito napredovala i samim time je porasla potražnja i zahtjevi tržišta. Iz tog razloga je potrebno uložiti mnogo truda u mnogobrojna istraživanja, kako bi se ustanovilo kako kupci reagiraju na sadašnje proizvode. U tisku se javlja problem oko reprodukcije mora ako se prethodno ne obradi.

Cilj ovog rada je ustanoviti izbor boja koje najvjernije i najprivlačnije prikazuju more, odnosno koja nijansa plave boje na papirnoj podlozi odgovara boji samoga mora uživo. Sirove fotografije u rijetkim slučajevima mogu prikazati nijansu mora u skladu sa realnim viđenjem boje mora, a kako bi postigli privlačan i što vjerniji prikaz prisiljeni smo na uređivanje same fotografije.

## **2. TEORETSKI DIO**

### **2.1. POVIJEST PAPIRA I POVIJEST TEHNOLOGIJE TISKA**

Proizvodnja papira i tehnologija otiskivanja prije nego što je stigla u Europu bila je poznata mnogo ranije u Kini. Proizvodnja papira te otiskivanje na papirnoj podlozi smatra se jednim od najvažnijih izuma u povijesti čovječanstva. Prvi primjerci papirnih podloga su pronađeni u Kini 1957. godine u pokrajini Xian, ti primjerci papira potječu iz 140.-87. godine pr.n.e. te primjerak papira koji je bio izrađen od konoplje potječe iz 266. godine pr.n.e. Tsa' i Lun se smatra izumiteljima papira, ali pretpostavlja se da je do izuma papira nije došla samo jedna osoba već suradnja i dugogodišnji rad više ljudi. Tisak je izumljen nešto kasnije 770. godine i to je bila tehnologija tiska da se iz drveta rezbarila cijela stranica koja se kasnije i otiskivala, na površinu se nanosilo bojilo te se vršio tisak, tu tehniku otiskivanja danas nazivamo drvorez.

Prva pomična metalna slova su napravljena oko 14. st., ali zbog vrlo kompliciranog kineskog pisma taj način otiskivanja pomičnim metalnim slovima se nije dalje razvijao. Upotreba pomičnih slova se nastavila kada se preselila u Koreju iz razloga što imaju jednostavnije pismo. U arapskim zemljama papir je došao iz Kine preko protjeranih zatvorenika i kažnjenika. U 8. st. (751.godine) se umjetnost proizvodnje papira pokreće u arapskim zemljama i zamjenjuje do tada korišteni papirus, dok je upotreba papira u Europi prvo započeta kod talijana 1267. godine, kod engleza 1272. godine i kod njemaca 1302. godine. Tehnologija sa pomičnim metalnim slovima odnosno tehnologija visokog tiska u Europi je započela u blisko vrijeme kada i u Koreji, zbog toga su postojale dvojbe o prvom izumitelju, no danas se zna da je Johannes Gutenberg prvi izumitelj.



## 2.2. POVIJEST BOJE

U samim počecima određivanje boje imenom bilo je vrlo ograničeno, iako su sve civilizacije prepoznavale mnoge boje. Definiciju crne i bijele boje definirale su mnoge civilizacije, te su ih određivale kao svijetla i tamna boja.

Starogrčki filozof i prirodoslovac Aristotel je među prvima definirao boje još u 4. st.p.n.e., odnosno definirao je plavu i žutu boju kao „primarne boje“. Nakon nekog vremena aristotela je boju usporedio sa četiri elementa s vodom, vatrom, zemljom i zrakom. Aristotelove principe definiranja boja umjetnici su koristili širom svijeta skoro dvije tisuće godina, sve dok Newton u 17.st. nije postavio općenitu teoriju o bojama, iz bijele svjetlosti se može dobiti cijeli spektar boja. Do otkrića je došao tako što je bijelu svjetlost propustio kroz prizmu i izlazna svjetlost je bila rastavljena na spektar boja. Ono što je Newton tada uspio bilo je vraćanje rastavljene svjetlosti u bijelu svjetlost i to kroz drukčije postavljenu prizmu. Mnogi istraživači i znanstvenici pokušali su osporiti Newtonovu teoriju jer je bila revolucionarna. Među onima koji se nisu slagali sa Newtonovom teorijom je bio i Johannes Wolfgang von Goethe, on je tvrdio da ako je Newtonova teorija o bojama točna, bijela svjetlost bio se trebala rastaviti gdje god je moguće. Von Goethe je bijelu svjetlost reflektirao na zid sobe kako bi to i dokazao. Nakon reflektiranja svjetlosti na zidu se pojavila svjetlost različitih boja na krajevima kruga dok je svjetlost u sredini bila bijela. Kada je vidio pojavu zaključio je na temelju nje da je plava svjetlost najbliža rubu dok je žuta naboja najbliže bijeloj svjetlosti. Taj zaključak ga je vratio na Aristotelovu tezu da se svjetlost može podijeliti na primarnu žutu i plavu boju. Ljudsko oko je sposobno razlikovati dvjesto monokromatskih boja, a u žutoj boji mogu se detektirati razlike od 0,1 nm, te je naše oko naše oko najosjetljivije u toj boji. Doživljaj boje je proces koji se odigrava u mozgu. Simbolika boja u ljudima je od samih početaka. Ljudi su pokazivali veliku zainteresiranost za zemljane boje iz razloga što ih podsjećaju na prirodu i dom, dok drugi te boje smatraju dosadnim. Put kojim određene boje postaju periferne ili ne, može npr. biti povezan sa sretnim ili nesretnim događanjima u djetinjstvu. Ljudi se već godinama slažu oko pojedinih činjenica da su crvena, narančasta i žuta boje koje nas asociraju na vatru i

toplinu te ih smatramo i nazivamo toplim bojama, dok su plava, zelena i ljubičasta povezane sa hladnoćom, vodom, šumom i sjenom te ih smatramo i nazivamo hladnim bojama. Kroz stoljeća značenja boja su se mijenjala ovisno o vremenu i kulturi. Simbolizam boja gradio se kroz čitavu povijest, religiju, vjerovanju i tradiciju. Svaka rasa i kultura ima svoj simbolizam povezan uz određene boje. Kada je riječ o stvaranju sustava simbola ili stvaranju senzibiliteta koji se temelji na bojama, rani je srednji vijek zapadne Europe ograničen na tri boje: bijelu, crvenu i crnu, koje su tri temeljne antropološke boje i koje jedine nalazimo u svim civilizacijama. Značenje navedenih boja u svim je civilizacijama i kulturama bilo izrazito slično: nebojano i čisto je bila definicija bijele boje, nebojano i prljavo je bila definicija crne boje dok je obojano bila definicija crvene boje. Sa vremenom su nastali simbolični sustavi boja koji su se temeljili na stvaranju hijerarhijske ljestvice, a ljestvica se protezala od bijelog preko crvenog do crnog.

Pojava pojmova kao što su intenzitet, gustoća i kontrast se javljaju u srednjem vijeku, a boja je u to doba služila za klasifikaciju, uvođenje reda, označavanje, razlikovanje, povezivanje te za suprotstavljanje.

### 2.3. VIŠEBOJNI TISAK

Prijenos vizualnih informacija na papirnu podlogu omogućen je izumom tiska i pomičnih metalnih slova. Obzirom na tehnološku razvijenost tehnike visokog tiska koja je u to doba postojala tisk je rađen samo sa jednom tonskom vrijednosti i to dugi niz godina tj. stotinama godina nije bilo napretka. količina tiskanih informacija konstantno je rasla iako sporo dolazilo je do promjena i konstantne želje za boljim, nakon što je izumljena fotografija, porasla je i želja za kvalitetnijom reprodukcijom. Nije postojao način za reprodukciju više različitih polutona i takvo stanje je potrajalo sve do 1881. godine. Te godine njemac Georg Meisenbach izumio je način za višetonsku reprodukciju, a njegovi se osnovni principi koriste i danas (Zjakić, I, 2007).

Glavni problem koji se javlja gotovo kod svih tehnika tiska je taj da je količina bojila koja se nanosi na tiskovnu formu skoro podjednaka. Georg Meisenbach riješio propuštanjem svjetlosti kroz finu mrežicu koja se nalazila na staklu je omogućio tisk višebojne reprodukcije u to vrijeme. Niti na mrežici bile su postavljene pod kutom od  $90^\circ$  te pravilnim izlaganjem djelovanja zraka svjetlosti u fokusu dobivala se slika iza rastera koja se sastojala od niza točkica različite veličine, ali je razmak između točkica bio konstantan. Procesom rastriranja različite polutonske vrijednosti reproduciraju se kao tiskovni ili netiskovni elementi. Kako je Otprilike u to vrijeme je izmišljena fotografija, pa i materijali koji reagiraju na svjetlost (prozirni materijali predoslojeni srebro-halogenidom) uz pomoć kamera snimali su se višetonski negativ na predviđene materijale, a iz njih uz pomoć kontaktnog rastera rasterski dioni diapozitivi, a oni su kasnije služili za izradu tiskovnih formi. Na taj način se rastriralo sve do pojave digitalnog rastriranja. Rotacioni skeneri su omogućili prvi digitalni način rastriranja, a sa njima su se izrađivali rastrirani predlošci osvjetljavanjem svjetlosti čija je frekvencija osvjetljavanja uvjetovana elektronskim impulsima. U današnje vrijeme cijeli princip rastriranja tiskovne forme ili predloška u potpunosti je digitaliziran i obavlja se na različite načine ovisno o vrsti algoritma. Osnovni principi rastriranja ostali su isti samo je u današnje vrijeme omogućena izmjena veličine rasterskog elementa, izmjena razmaka između rasterskog elementa, a i promjena oblika je

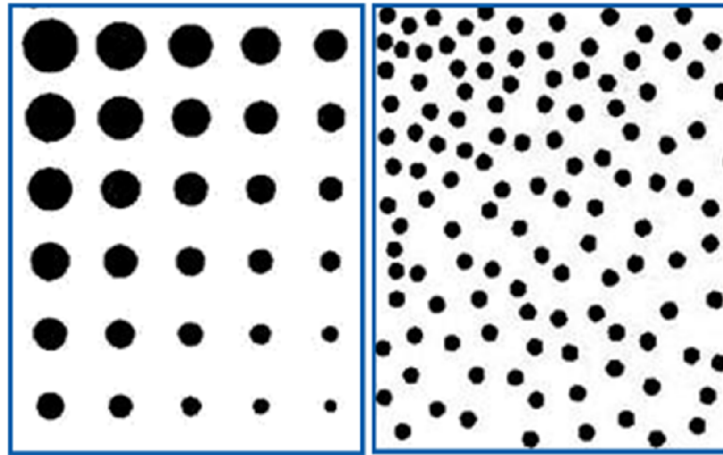
moguća. Raster je sredstvo kojim se obavlja rastriranje, a produkt rastriranja nastaje rasterski element. Tromosti ljudskog oka i nemogućnosti raspoznavanja pojedinačnih malih rasterskih elemenata omogućava nam nastanak višetonskih reprodukcija neovisno da li se radi o klasičnom ili digitalnom rastriranju. Informacija o intenzitetu dobiva se iz skupne refleksije više rasterskih elemenata. Uočavanje rasterskog elementa na otisku je teže što je rasterski element manji i obratno. Osnovna je razlika među rasterima u veličini i razmaku rasterskih elemenata koji definiraju linijaturu rastera ili finoću odnosno o vrsti rastera.

### 3.3.1. Vrste rastriranja

U teoriji rasterski element je pravilnog oblika. Kada bi promatrali rasterski element okruglog oblika intenzitet reflektirane svjetlosti bi bio definiran sa veličinom i pokrivenosti bojilom samog rasterskog elementa. Pokrivenost i oblik rasterskog elementa ovisi o postupku tiska, bojilima, tiskovnim materijalima, itd. kada ga promatramo u realnoj grafičkoj proizvodnji. Doživljaj različitih tonaliteta uvjetovan je nizom različitih elemenata koji mogu utjecati na doživljaj. Krajnja faza reprodukcije bazirana na rastriranju ovisi i o prethodnim fazama nastajanja rasterskog elementa, znači ovisi o izradi predloška za tisak ili izradi tiskovne forme. Doživljaj tonaliteta definiran je s određenim karakteristikama rastera. Intenzitet doživljaja tonaliteta ovisit će i o interakciji podloge s rasterom, bojila sa rasterom, itd. Iz tog se razloga pojavila potreba za različitim vrstama rastriranja kako bi se pravilnim odabirom rastera povećala kvaliteta grafičke reprodukcije. Podjela rastera po vrsti dijelimo u dvije osnovne skupine (Slika 1.):

- 1.) Amplitudno modulirani ili klasični raster (AM)
- 2.) Frekventno modulirani ili stohastički raster (FM)

Uz osnovne skupina raster postoje i podskupine rastera. Podskupine rastera su hibridi različitih vrsta rastera i oblika rasternih elemenata te se rasteri s modulacijom obojenja.



*Slika 1. Lijevo na slici se nalazi AM raster, a desno FM raster*

### 2.3.1. Amplitudno modularni ili klasični raster

Kod amplitudno modularno rastera (AM) doživljaj različitih tonaliteta uvjetovan je promjenom veličine rasterskog elementa. Razmak je između uvijek konstantan rasterskih elemenata. Karakteristika konstantnosti razmaka između rasterskih elemenata neovisna o obliku rasterskog elementa.

Promatra li se okrugli rasterski element, odnosno rasterska „točkica“ kod amplitudno modularnog rastera pokriva dio površine elementarnog kvadrata koji čine četiri rastersk elementa u elementarnom kvadratu  $A \cdot B$  predstavlja razmak između rasterskih elemenata,  $k$  predstavlja površinu elementarnog kvadrata i  $d$  promjer rasterskog elementa (isključivo kada je rasterski elementa točkica).  $A$  do izračuna površine elementarnog kvadrata  $k$ , dobiva se jednadžbom

$$k = |A \cdot B| - d^2$$

Relativna rasterska površina bitna je za rastersko reproduciranje određenog tona. Uz pomoć izračuna površine pokrivenne rasterskim elementom i ukupne površine pomnožene sa 100

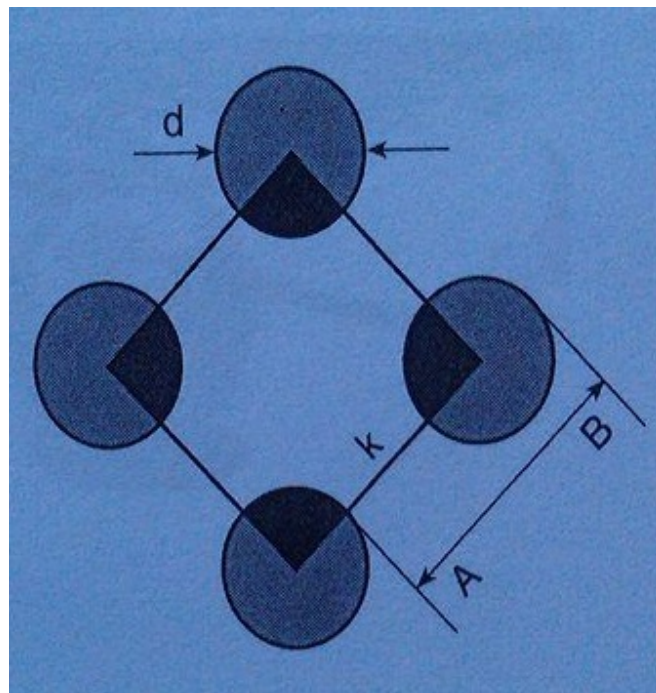
dobiva se rastertonska vrijednost (RTV). Rastertonska vrijednost RTV izražava se u postotcima i označava se sa % RTV (Zjakić, I, 2007).

Korištenje amplitudno moduliranog rastera vrlo je rasprostranjeno u grafičkoj proizvodnji zbog vrlo kvalitetne mogućnosti reproduciranja skoro cijelog raspona rastertonskih vrijednosti. Upotreba ovakvog rastera prikazala se kao pomalo lošija prilikom reproduciranja sitnih detalja. Ovo ograničenje uvjetovano je veličinom rasterskih elemenata koji variraju ovisno o pokrivenosti površine. Najčešći uzrok smanjene mogućnosti reprodukcije finih detalja kod velikih rastertonskih vrijednosti je veličina rasterskog elementa.

Kod amplitudno moduliranog rastera dobivanje kvalitetnog otiska definirano je točnim kutnim položajem rastera koji je potreban radi izbjegavanja interferencije rasterskih elemenata što u oku izazivaju pojavu moarea.

Kada se određuju kutovi rastera pod kutom od  $45^\circ$  stavlja se boja koja je najkontrastnija odnosno crna boja. To je izrazito bitno zbog toga što ljudsko oko najslabije razaznaje detalje upravo pod navedenim kutom. Ostale kontrastne boje kao što su cijan i magenta stavljaju se tako da budu  $30^\circ$  u odnosu na crnu. Žuta je najmanje kontrastna boja i stavlja se pod kut od  $0^\circ$  što je razlika u odnosu na cijan i magentu  $15^\circ$ . Kada su svi kutevi točno definirani i kada se otisak promatra pod povećanjem uočava se pojava rozeta tj. kružnih oblika u rasteru. Ako otisnemo otisak s krivim kutom rastriranja pojavljuje se osjećaj moarea koji je rezultat tromosti ljudskog oka. Točnim smještanjem odnosa rasterskih elemenata doživljaj reprodukcije ovisan je o suptraktivnim, aditivnim i rasterskom miješanju boja. Točno pozicioniranje rasterskih elemenata djelomično osigurava kvalitetnu reprodukciju. Ovisnost pozicioniranja rasterskih elemenata i doživljaja reprodukcije leži u transparentnosti bojila kojim se obavlja tisak. Ukoliko u procesu tiska dođe do malog pomaka pasera jedne boje u odnosu na drugu, može doći do različitog doživljaja reprodukcije odnosno neki tonovi mogu izgledati svjetlije, tamnije, ili mogu imati drugačiju boju kao što se vidi na slici (Slika 2.) Ova pojava izrazito je vidljiva kod reprodukcije manje kromatičnih boja i srednjih gustoća obojenja. Uzorak pomaka pasera jedne boje u

odnosu na drugu boju u procesu tiska najčešće dolazi prilikom dimenzionalne nestabilnosti tiskovne podloge. Prolaskom tiskovnog materijala kroz tiskovne agregate, uslijed sila pritiska tiskovnih materijala se može rastegnuti prije otiskivanja sljedećeg bojila te se to bojilo ne otiskuje na točno definirano mjesto i dolazi do pomaka pasera.



*Slika 2. Elementarni kvadrat kod klasičnog rastera*

### 2.3.1. Frekventno modulirani (stohastički) raster

Kod amplitudno moduliranog rastera finoća se može definirati i linijaturom rastera. Smanjenjem površine elementarnog kvadrata finoća rastera je veća, a to znači da će ljudsko oko teže uočiti rasterske elemente kada se reprodukcija promatra s optimalne udaljenosti od oko 30 cm. Smatra se da prosječna osjetljivost ljudskog oka vrlo teško prepoznaje rasterske elemente kod amplitudno moduliranog rastera kada je finoća odnosno linijatura rastera 60 ili više rasterskih elemenata po 1 cm. Za razliku od amplitudno moduliranog rastera, privid tonaliteta kod frekventno moduliranog rastera dobiva se različitim udaljenostima među

rasterskim elementima dok veličina rasterskog elementa ostaje konstantna. Finoća se definira veličinom rasterskog elementa, nije definirana veličinom elementarnog kvadrata kao kod amplitudno moduliranog rastera. Mogućnost vrlo kvalitetnog reproduciranja sitnih detalja je karakteristika frekventno moduliranog rastera. Kod reproduciranja motiva koji se sastoje od jednoličnih površina rjeđe se koriste iz razloga što se mogu pojaviti „brazde“ na otisku koje u stvarnosti ne postoje, već se događaju kao optička varka koja nastaje zbog tromosti oka. Imamo još jedan problem kod frekventno moduliranog rastera, a to je pojava prirasta rastertonske vrijednosti (RTV) koja je u konačnici skoro uvijek veća kod rastera s manjim rasterskim elementom. Veličina rasterskih elemenata najčešće je dana kao vrijednost duže dijagonale rasterskog elementa u slučaju drugačijih oblika rasterskog elementa, a kada su rasterski elementi posebno dizajniranih oblika, vrijednost veličine rasterskog elementa dana je od proizvođača uređaja za rastriranje.

### 2.3.1. Hibridni raster i raster sa modulacijom obojenja

Pod hibridne rastere se misli na rastere koji su sastavljeni od elemenata amplitudnog i frekventno moduliranog rastera. Rasteri sastavljeni na taj način imaju određene prednosti s obzirom na mogućnost reprodukcije tonaliteta. Proizvođači uređaja za rastriranje stvorili su mnoge nove algoritme koji s hibridnim rasterima omogućuju reprodukciju srednjih tonova reproduciranih uz pomoć amplitudno moduliranog rastera, te malih i velikih rastertonskih vrijednosti (RTV) upotrebom frekventno moduliranog rastera. Do sada su spomenuti rasteri koji su različit doživljaj tonaliteta omogućavali promjenom veličine i položaja rasterskih elemenata, a obojenje rasterskih elemenata je bilo nepromjenjivo. U ovo vrijeme imamo tehnike tiska u kojima je privid gustoće obojenja uvjetovan različitim obojenjem pojedinačnih rasterskih elemenata. Ovakvo rastriranje je moguće kod tehnike tiska bakrotiska ili nekih digitalnih tehnika tiska kao što su ink jet ili elektrofotografija. Kod rastriranja modulacijom obojenja nemoguće je mijenjati i veličinu rasterskih elemenata.



## 2.4. Miješanje višebojnih reprodukcija u oku

Prikaz višebojne reprodukcije u oku nastaje prilikom različitih interakcija koje se događaju pri ulasku svjetlosti u oko kao i djelovanjem na ljudski mozak. A do miješanja višebojnih reprodukcija u oku dolazi zbog aditivnog miješanja, suptraktivnog miješanja i rasterskog miješanja. Do aditivnog miješanja dolazi uslijed pobude u ljudskom oku. Vizualni receptori u mozgu nalaze na vrlo maloj udaljenost jedni od drugih ulaskom svjetlosti u oko može doći do pobude čunjića koji su osjetljivi na druge valne dužine. Aditivno miješanje se može prikazati zbrajanjem valnih dužina koje imaju različite spektralne maksimume u tri osnovna dijela vidljivoga spektra. Emitiranjem crvene, zelene i ljubičasto-plave svjetlosti mogu se prikazati takve valne dužine. Suptraktivno miješanje nastaje miješanjem obojenih otopina ili odbijanjem svjetlosti s obojenih površina ili pigmentnih površina sa zajedničkim vezivom gdje se svojstva apsorpcije obojene površine mijenjaju djelovanjem druge površine. Miješanjem tri osnovna bojila C, M i Y u određenim odnosima može se dobiti refleksija cijelog vidljivog dijela spektra koja je ograničena reflektivnim svojstvima pigmenta koji se nalaze u bojilu. Nastajanje grafičke reprodukcije omogućeno je nanošenjem osnovnih bojila suptraktivne sinteze jedne na drugu nakon procesa separacije. Nakon što se otisnu tri osnovne boje suptraktivne sinteze tiska se i ključna odnosno crna. Tisak crnog bojila je potreban radi „neidealne“ refleksije boja sa površine tiskovne podloge kojima se uvijek nepoželjno reflektira i dio valnih dužina ostalog dijela vidljivog spektra. Tiskom cijan, magente i žute boje u stopostotnim iznosima ne daje osjećaj crne boje, već tamno smeđe, te se crna tiska kako bi isključila neidealnu refleksiju i najčešće se tiskaju elementi koji čine konture i tamne dijelove reprodukcije. Kasnim razvojem tehnologije tiska crnog bojila omogućen je tisak slika separiranih GCR i UCR metodom, a to je omogućilo pozitivne ekonomske aspekte proizvodnje s obzirom da su akromatske boje (crna) u prosjeku jeftinije od kromatskih (cijan, magenta i žuta). U grafičkoj industriji proizvodni proces sastavljen od niza proizvodnih faza, a do najveće transformacije vizualnih elemenata dolazi u dijelu pripreme i tiska proizvoda, iz tog razloga vrlo je bitno da se međusobni odnosi prilikom prijenosa informacija i tehnološki dovedu u optimalan međusobni odnos. Razvojem CtP

postupka omogućilo se izbjegavanje dijela proizvodnje u kojem je vrlo često dolazilo do nepravilne transformacije tonskih vrijednosti.

## 2.4. OSNOVNE KARAKTERISTIKE BOJA

Kad se boja opisuje intuitivno, opis se temelji na osnovnim karakteristikama koje se subjektivno percipiraju i koje nazivamo zasićenje, svjetlina i ton. Zasićenje je karakteristika koja pokazuje stupanj odstupanja boje od akromatske boje iste svjetline, odnosno predstavlja odstupanje boje od svoje potpune vrijednosti kad ne sadrži akromatsku komponentu. Smanjuje se miješanjem boja koje su udaljenije u spektru te se može definirati kao stupanj sivosti u boji, a boja koja se dobije miješanjem uvijek je manje zasićena od same boja od kojih je nastala. Svjetlina je karakteristika kod koje se neka površina uspoređuje s nizom akromatskih boja od crne preko sivih do svijetlih tonova definiranom površinom emitira ili reflektira više ili manje svjetla. Svjetlinom se opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja, njom se može i odrediti stupanj crne boje u određenoj boji. Refleksiju boje određuje količina crne boje u određenoj boji. I zadnja, ali ne manje bitna karakteristika je ton. Ton boje je njena karakteristika prema kojoj se vizualna percepcija neke površine ili objekta slična jednoj od percepcija suprotnih parova boja koje nazivamo crvena, zelena, žuta i ljubičasto-plava ili određenoj kombinaciji dviju od navedenih percepcija boja. Ton uzrokuju različite valne duljine i opisuje boju koju osjeća naše oko. Sve te karakteristike su subjektivne i perceptualne i služe za opisivanje boje, te ovise o promatraču, uvjetima promatranja, osvjetljenju.

## 2.5. MJERENJE BOJE

Mjerenjem i uspoređivanjem boja se u prvom redu bavi znanstvena disciplina zvana kolorimetrija, pri čemu se stvaraju modeli boja koji ih pokušavaju prezentirati na način kako ih čovjek vidi. Mjerenje i uspoređivanje boja u kolorimetriji se radi raznim instrumentima i postupcima.

U spektrometru se iz bijelog svjetla uz pomoć monokromatora, koji iz polikromatske (višebojne) svjetlosti može izdvojiti monokromatsku (svjetlost određene valne duljine) svjetlost, izdvoje pojedinačne valne duljine te se s njima osvjetljava ispitivani uzorak i etalon bijelog, odnosno površina koja reflektira svo upadno svjetlo. Navedeni postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra (380 do 750 nm) i to najčešće korakom od 10 ili 20 nm. Reflektirani tokovi svjetla s mjerenih uzoraka su različiti i mogu se usporediti različitim postupcima. Iz dobivenih refleksija i odgovarajućih valnih dužina određuju se vrijednosti spektralne informacije te se može konstruirati krivulja koja prikazuje podražajnu funkciju, što se naziva spektrometrijskom krivuljom. Podražajna funkcija se može konstruirati povezivanjem rezultata mjerenja relativnog zračenja u pojedinim valnim područjima ili faktora refleksije u pojedinom monokromatskom svjetlu. Uz pomoć spektralnih informacija dobije se je potpuni i jasni opis boje dobivena mjerenjem energije svjetla na svakoj valnoj dužini i predstavlja iznos svake od boja spektra sadržane u svjetlosti koja se ovisno o vrsti objekta reflektira, transmitira ili emitira, to je informacija koja nam daje fizikalne karakteristike svjetla. Dok je grafički prikaz spektralne informacije spektrometrijska krivulja pomoću koje se pokazuju promjene u refleksiji, transmisiji ili apsorpciji duž valnih duljina vidljivog dijela spektra.

### 2.5.1. Modeli za prikaz izgleda boja

Različitim mjerenjem i raznim eksperimentima imamo uvid u rezultate kojim se mogu tumačiti međusobni odnosi boja te njihova svojstva, iz tog razloga su znanstvenici osjetili potrebu te rezultate sistematizirati i nastali su različiti modeli boja. Pošto i u današnje vrijeme nije napravljen model koji bi koncipirao sve odnose između boja, postoji veći broj

različitih modela koje možemo sistematizirati kako slijedi: modeli koji se zasnivaju na opažanju boje odnosno intuitivni modeli boja (Munsell, NSA, HLS, HSB, HLS, CIE  $L^*C^*h^\circ$ , Pantone, Toyo, Trumach, HKS); prostori boja koji se zasnivaju na izjednačenju boja odnosno modeli boja ovisni o uređaju (Kolorimetrijski modeli boja, tropodražajni prostor boja i CIE XYZ, CIE Grafikon kromatičnosti, CIE UCS, CIE  $L^*u^*v^*$  i CIE  $L^*a^*b^*$ ); modeli boja ovisni o uređaju (aditivni, suptraktivni, modeli boja za video-sigale); modeli za opis pojavnosti boja (Guth, Nayatani, Hunt, CIE CAM02)

### 2.5.2. Prostori boja

Pitanje na koji se način definicija boje može prikazati u koordinatnom sustavu na način da su definirane sve boje spektra, postavlja se nakon definiranja tristimulusnih vrijednosti. Definiranje prostora boje temelji se na CIE XYZ dijagramu koji je sastavljen od primarnih boja, osnovna tri dijela vidljivog spektra. Boje su definirane vektorima koji izlaze iz zajedničke točke u kojem je vektor Y kod kojeg se vrijednost mijenja udaljavanjem od površine u kojoj je vrijednost svjetline jednaka nuli. Ta površina se naziva Alihna. Kromatičnost boje određuju vektori X i Y. Ovakvim modelom boja, sve definirane boje su pozitivnog iznosa. Takvim tumačenjem prostora, sve boje vidljivog dijela spektra nisu prikazane, jer se one nalaze izvan RGB trokuta. Osnovni prostor u trokutu je proširen krivuljom u kojoj se nalaze sve boje spektra. Ovakvim računanjem tristimulusne negativne vrijednosti koje postaju pozitivne dobivaju karakteristike komparativne boje koje nadopunjuju dio spektra koji nedostaje. Takav prostor boja zove se CIE  $Yxy$  prostor boja odnosno dijagram koji ga prikazuje CIE kromatični dijagram. Kromatičnim dijagramom se mogu precizno matematički definirati, ali vizualni doživljaj prostora boja ne odgovara prostornom doživljaju. Za svaki izvor osvjjetljenja također je potrebno definirati koordinate bijele boje. CIE je 1976. godine definirala transformaciju tristimulusnih vrijednosti [X], [Y], [Z] u jedinstveni trodimenzionalni prostor boja. Jedinstveni trodimenzionalni prostor boja poznatiji je kao CIE  $L^*u^*v^*$  i CIE  $L^*a^*b^*$  prostor boja. Uspoređivanje boja omogućeno je novim sustavima boja. Međutim, uspoređivanje dvije boje na različitim stranama prostora može biti različito u odnosima 3:1 ili 4:1 što ovisi o sustavu boja. Iz CIE

L\*a\*b\* jedinstvenog prostora izveden je CIE L\*C\*h\* prostor, koji je u grafici rijetko u upotrebi zbog teškog prostornog razumijevanja kuta boje (Zjakić, I, 2010).

## 2.5.2. CIE L\*a\*b\* prostor boja

Prostor boja koji se koristi u grafičkoj tehnologiji pri definiranju boja prilikom tiska te tolerancija između originala reprodukcije, definira se kao CIE L\*a\*b\* prostor (Slika 4.). Određen je pravokutnim koordinatama koje se mogu izraditi kao:

$$L^*=166\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 16$$

$$a^*=500\left[\left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3}\right]$$

$$b^*=200\left[\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3}\right]$$

Gdje su ograničenja  $X/X_n$ ,  $Y/Y_n$  i  $Z/Z_n > 0,01$ . Za vrijednosti manje od 0,01 izraz se modificira u:

$$L^*_m=903\left(\frac{Y}{Y_n}\right)$$

$$a^*_m=500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$

$$b^*_m=200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$

Za:

$$f\left(\frac{X}{X_n}\right) = 7,787\left(\frac{X}{X_n}\right) + \frac{16}{116} \quad \frac{X}{X_n} \leq 0,008856$$

$$f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) = 7,787\left(\frac{Y}{Y_n}\right) + \frac{16}{116} \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0,008856$$

$$f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) = 7,787\left(\frac{Z}{Z_n}\right) + \frac{16}{116} \quad \frac{Z}{Z_n} \leq 0,008856$$

$X_n, Y_n$  i  $Z_n$  odnose se na stimulus bijelog objekta koji je određen energijom zračenja standardne rasvjete npr.  $D_{65}$  ili A reflektirane s bijele površine. Pod ovakvim uvjetima,  $X_n, Y_n$  i  $Z_n$  su tristimulusne vrijednosti sa  $Y_n = 100$  (Zjakić, I, 2010).

Vrijednosti iz prve jednadžbe dobivene su zaokruživanjem jednadžbe:

$$L^* = \frac{L}{0,9112} 117,16 \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 17,16$$

$$a^* = \frac{a}{0,9112} 509,393 \left[ \left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = \frac{b}{0,9112} 203,753 \left[ \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3} \right]$$

na cijele brojeve, a koja je nastala djelovanjem Adams- Nickersonove jednadžbe:

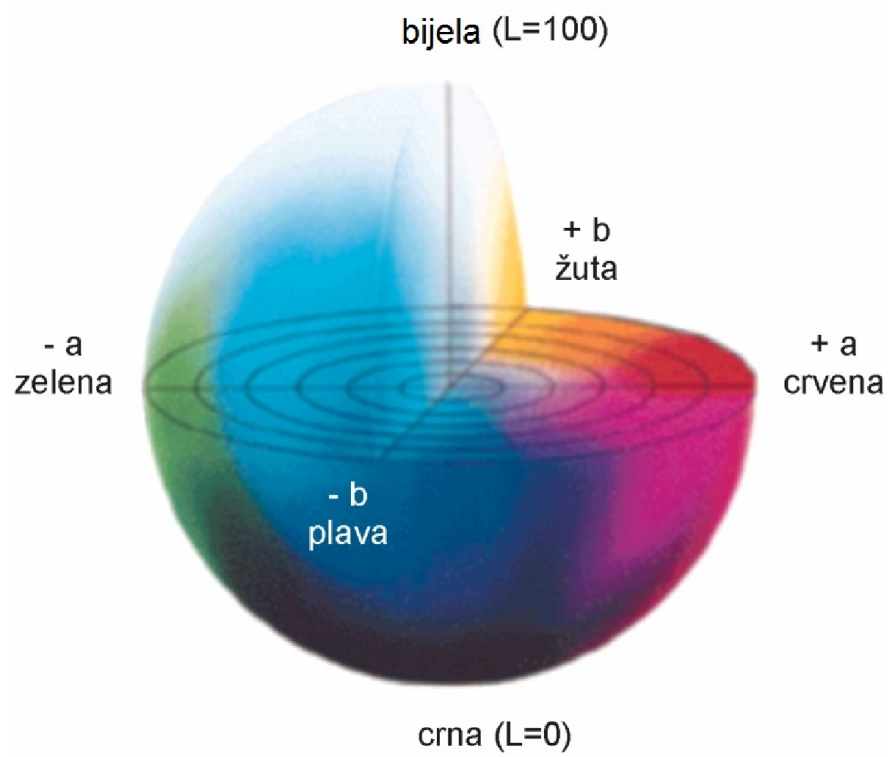
$$L^* = 106,76 \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - 15,64$$

$$a^* = 464 \left[ \left(\frac{X}{X_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 185 \left[ \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3} \right]$$

s 0,9112 kako bi  $L^*$  bila 100 kada je  $Y=Y_n$ . Iz spomenutih odnosa, razlika boja između dva stimulusa označava se oznakom  $\Delta E^*_{ab}$  koja se izračunava:

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



*Slika 4. CIE L\*a\*b\* prostor boja*

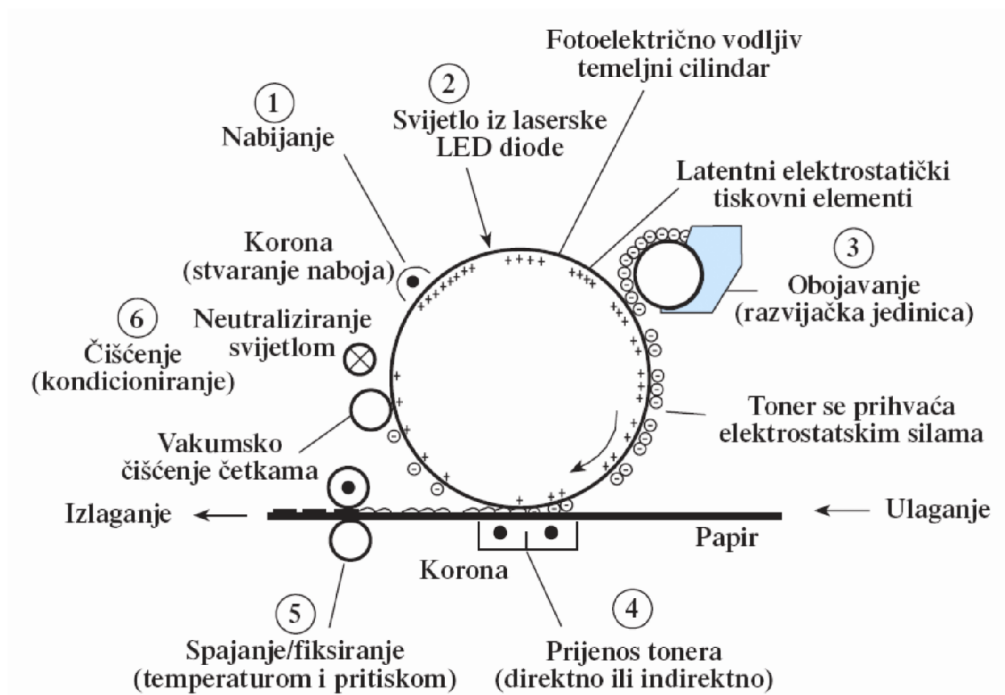


## 2.6. TEHNIKE DIGITALNOG TISKA

Tehnike sustava rade uz pomoć računala koje je direktno spojeno s tiskarskim strojem. Razlikujemo dva digitalna tiskarska sustava: NIP i Computer to Press (CtP). Tiskovne forme u digitalnim sustavima su virtualne, te se za vrijeme otiskivanja nalazi ili u neznatnom međusobnom kontaktu s tiskovnom podlogom ili nema dodira između tiskovne podloge i tiskovne forme. Virtualna tiskovna forma također sadrži slobodne površine i tiskovne elemente, a njihova razlika je u energetske potencijalu. Nanosom bojila suprotnog elektronskog potencijala na tiskovne elemente tiskovna forma postaje vidljiva i spremna za otiskivanje. Elektrofotografija je najraširenija tehnika digitalnog tiska sa promjenjivom tiskovnom formom, a još u digitalne tehnike tiska ubrajamo magnetografiju, ionografiju i elkografiju.

### 2.6.1. Elektrofotografija s praškastim tonerom

Digitalni način otiskivanja koji nazivamo elektrofotografija 1942. je patentirao Chaster Carlson. Tvrtka Xerox započinje njezin razvoj na osnovu tog patenta, a rezultat tog razvoja su suvremeni fotokopirni strojevi i laserski printeri. Osnovni princip elektrofotografije je temeljen na fizikalnom fotoelektričnom efektu, koji se dešava uslijed osvjetljavanja poluvodičkih ploča, prilikom čega odlazi do emisije iona iz metalnih rešetaka. Sam proces otiskivanja u elektrofotografiji provodi se u šest faza (Slika 5.). Prva faza bi bila nabijanje tiskovne forme, nakon toga dolazi do osvjetljavanja tiskovne forme, obojavanje tiskovne forme tonerom, nakon obojavanja prenosi se toner na tiskovnu podlogu, a kako bi se zadržao toner na tiskovnoj podlozi slijedi fiksiranje tonera i na kraju Čišćenje tiskovne forme od ostataka tonera.



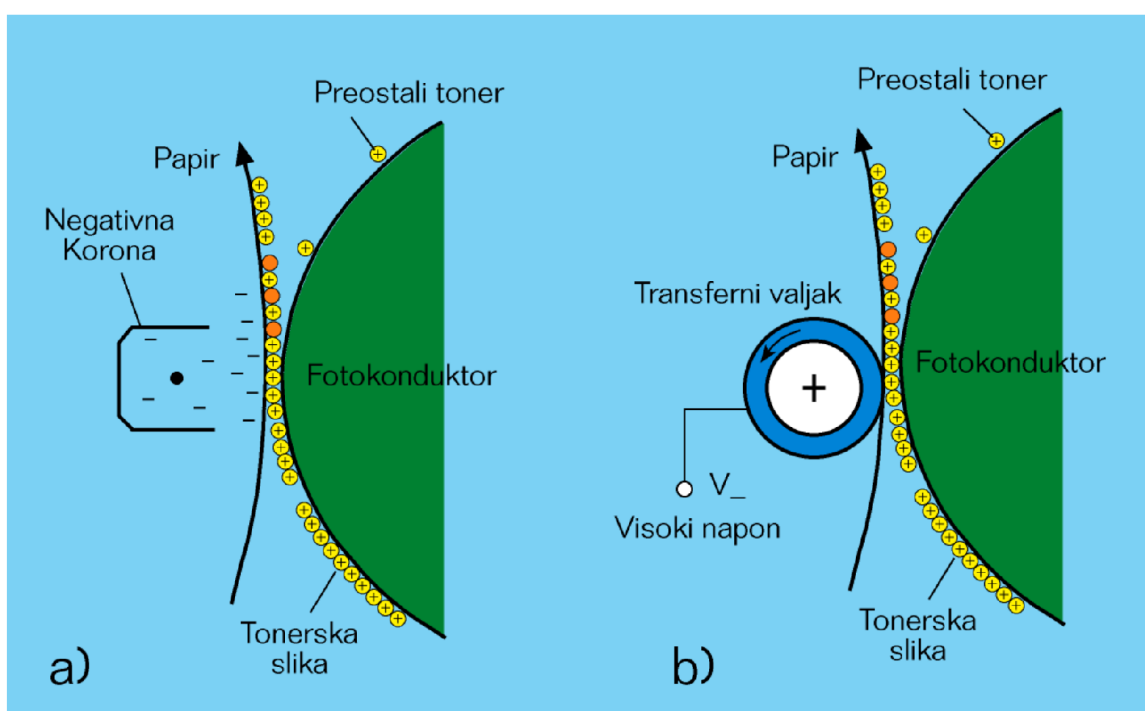
Slika 5. Prikaz rada stroja u elektrofotografiji

### 2.6.2. Proces otiskivanja u elektrofotografiji

Nabijanje tiskovne forme je prva faza u procesu elektrofotografskog tiska. Površina bubnja koja je fotoosjetljiva se elektrostatički nabija, stvarajući pritom električki nabijenu površinu. Nabijanje tiskovne forme elektrostatičkim nabojem je stvaranje kontroliranog elektrostatičkog potencijala na površini fotokonduktora, te na njemu razlikujemo dva naboja, pozitivan i negativan naboj. Parametri koji su važni za stvaranje elektrostatičkog potencijala su: debljina vodljivog fotokonduktorskog sloja, primijenjen površinski naboj i dielektrična konstanta fotoreptorskog sloja. Pozitivsko nabijanje vrlo je često u elektrofotografiji. Pozitivsko nabijanje primjenu je pronašlo u uredskim kopirnim strojevima, DTP laserskim printerima i njihovim kombinacijama. Kod pozitivskog nabijanja fotokonduktorski bubanj rotira se konstantnom brzinom i izlaže se djelovanju korotrona ili dikotrona. Dok se negativsko nabijanje koristi u elektrofotografskim strojevima II generacije, a način otiskivanja im je indirektna. Negativsko nabijanje karakterizira stvaranje negativnih nosilaca naboja na površini fotokonduktora.

Osvjetljavanje je proces u kojem se originalni dokument ili kompjuterski podaci projiciraju na fotokonduktor. Pritom se naponi na fotokonduktoru mijenjaju (najčešće neutraliziraju). Ovisno o izvršenom nabijanju fotokonduktorske površine, razlikujemo negativsko nabijanje CAD (Charged Area Development) i pozitivsko nabijanje DAD (Discharged Area Development). Elektrofotografski strojevi koji rade na principu negativskog nabijanja, ukupna svjetlosna izloženost fotokonduktorske površine vrlo je velika. Tiskovni elementi koji su neosvijetljeni se ne mogu nijansirati i takav princip osvjetljavanja je pogodan za reprodukciju jednostavnijih grafičkih aplikacija. Dok pri pozitivskom nabijanju, budući tiskovni elementi se izlažu svjetlosti. Moguće je modulirati intenzitet laserskog zračenja. Time je omogućen različit elektrostatski potencijal tiskovnih elemenata, koji će se kasnije u fazi razvijanja pretvoriti u različitu gustoću obojenja. Tiskovni elementi formirani na fotokonduktoru su vrlo mali, čime je osigurana dobra rasterska reprodukcija. Obojavanje tiskovne forme tonerom ili procesa razvijanja je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom. U tom postupku se koriste specijalizirano obojeni materijali (toneri), koji su prilagođeni za prenašanje na tiskovnu podlogu. Najčešći oblici tonera su praškastog oblika, ali mogu biti i tekućine. Ovisno o agregatnom stanju tonera, prilagođena je i konstrukcija elektrofotografskih strojeva. Dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja su elektrofotografija praškastim tonerima (Xerografija) i elektrofotografija tekućim tonerima. Jednokomponentne razvijачke sustave i dvokomponentne razvijачke sustave razlikujemo u Xerografiji. U oba sustava potrebno je čestice tonera (nosioca tonera) prvo nabiti odgovarajućim nabojem, da bi se toner usmjerenom kretao iz spremnika u smjeru latentne tiskovne forme. Sastav jednokomponentnih tonera je od: poliesterske stiren-akrilne smole (50%) i magnetizirajućeg željeznog pigmenta (50%). Na kraju proizvodnog procesa tonera, premazivanje se izvodi s električno provodljivim ugljikom. U procesu razvijanja tonera glavnu ulogu ima termoplastična smola koja se pri visokoj temperaturi brzo tali. Dok je kod dvokomponentnog tonera smjesa od dvije vrste čestica: magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica. Za vrijeme trajanja procesa razvijanja čestice tonera sudaraju se s nosiocima. Pri tom kontaktu dolazi do trenja, što rezultira s triboelektričnim nabijanjem. Dvokomponentno razvijanje tonera primjenjuje se u visokoproduktivnim elektrofotografskim strojevima. Takvi strojevi posjeduju fotokonduktore koji u fazi

nabijanja moraju imati površinski jednoličan naboj. Prenos tonera na tiskovnu podlogu je provedivo na dva načina: direktnim transferom (Slika 6.) i indirektnim transferom. Tiskovna podloga Pri direktnom elektrofotografskom tisku dovodi se u izravni kontakt s fotokonduktorom. Ugradnja transfernog uređaja se provodi za što učinkovitiji prijenos tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu. On se smješta s donje strane tiskovne podloge, i pri svom radu generira ione. Potencijal iona ovisan je o potencijalu korištenog tonera, te je uvijek suprotnog predznaka. Po konstrukciji razlikujemo dva tipa transfernih uređaja: transferne korone i transferne valjke.



Slika 6. Uređaji za direktno prenošenje tonera na papir

Prijenosnom koronom omogućen je i beskontaktni prijenos tonera s fotokonduktora na papir. Pritom se prenaša samo manji sloj tonerske slike, čime se postiže i manji nanos tonera na papiru. Prijenos tonera je moguć i s transfernim valjkom. Transferni valjak je sastavljen od metalne vodljive jezgre presvučene s električki provodljivom gumom, smješten je tik uz fotoreceptor, čime je ostvaren fizički kontakt fotokonduktorskog bubnja i tiskovne podloge. Elektrofotografski strojevi koji koriste takvu tehnologiju transfera obično

koriste tiskovne podloge u roli. Prenosjenje tonera indirektnim principom otiskivanja, tiskovna podloga nije u direktnom dodiru s fotokonduktorom, već se kontakt izvodi posredstvom prijenosnog medija. Kako bi se uspješno provelo provođenje indirektnog transfera, potrebno je prvo nanijeti toner na površinu prijenosnog medija, s koje će se toner dalje prenijeti na tiskovnu podlogu. Pritom se koriste specijalni prijenosni mediji koji mogu biti u obliku kao navlaka na prijenosnom cilindru ili beskonačnog remena. Korištenjem tekućeg Electroink bojila u elektrofotografiji prijenos se izvodi pomoću ofsetnog cilindra. Konstrukciju prijenosnog cilindra karakteriziraju dva osnovna dijela: grijač i vanjska površina cilindra. Ofsetni cilindar direktno je spojen s istosmjernim električnim napajanjem. Pritom se na vanjskoj površini cilindra formira permanentni pozitivan napon, koji osigurava dobar prijenos boje s fotokonduktora na ofsetni cilindar. Istovremeno se s ugrađenom grijačem lampom zagrijava cjelokupna površina cilindra. Na vanjskoj površini ofsetnog cilindra montirana je specijalna gumena navlaka koja u navedenom indirektnom otiskivanju omogućava: prihvaćanje tekućeg electroinka s fotokonduktora, promjenu viskoziteta electroinka i prijenos electroinka na tiskovnu podlogu. Kako bi se zadovoljili ti uvjeti gumena navlaka mora biti: električki provodljiva, otporna na visoke temperature i kompresibilna.

Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi izrazito je složen i zahtjevan proces. Prilikom otiskivanja u kontaktu se moraju naći čestice tonera i tiskovna podloga. Pri sudaru dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i s međumolekularnim wandervalsovima silama. Pritom privlačenje čestica tonera i papirnih vlakana nije ujednačeno i samo niži slojevi nanesenog tonera imaju privilegiju kvalitetnijeg vezivanja. Veći dio tonera koji se prenio ostaje nestabilna i nije otporna na mehaničko otiranje, pa je iz tog razloga potrebno dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu. Za tu potrebu konstruirani su specijalni uređaji koji se nazivaju fuzeri (Slika 8). Postoje više različitih tipovi jedinica za fuziranje, a najčešći su u upotrebi fuzeri koji primjenjuju tehniku uprešavanja ili fuziranja zračenjem. Suvremene fuzerske jedinice uglavnom primjenjuju tehnologiju tzv. toplog fuziranja. Takvo se fuziranje bazira na činjenici da je toner građen od termoplastičnog (polimernog) materijala koji zagrijavanjem mijenja agregatno stanje. Pri takvom fuziranju toner se podvrgava temperaturi i do 160°C. Zagrijavanjem toner

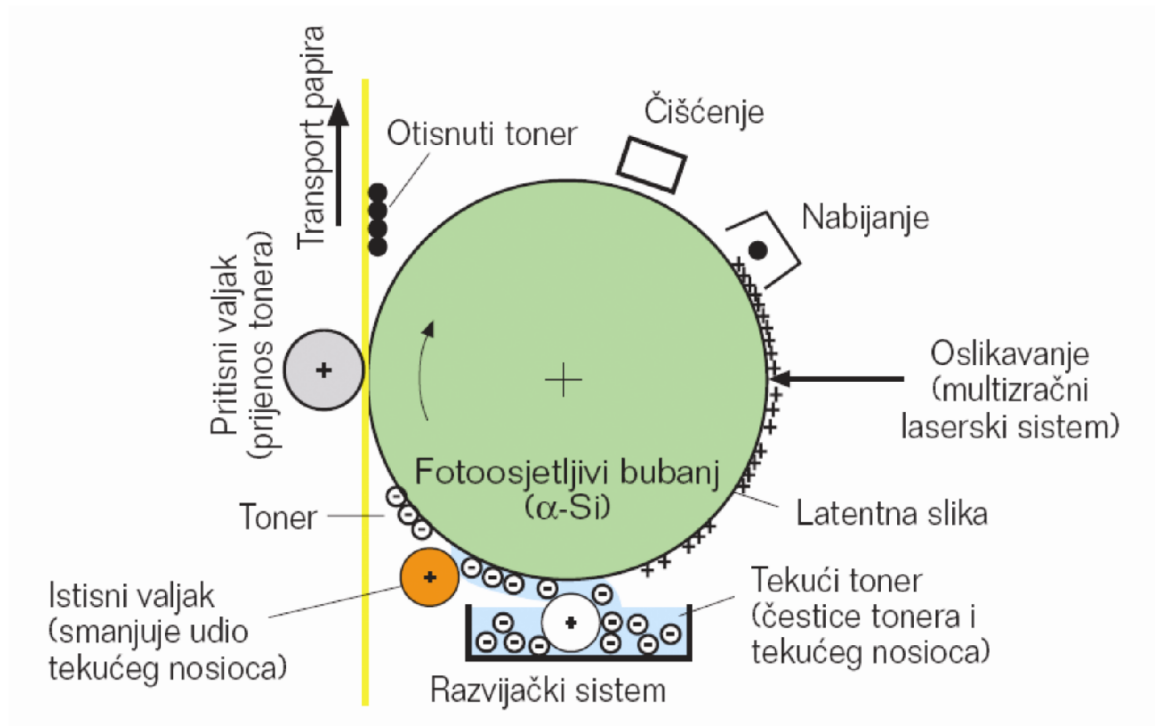
mijenja svoje agregatno stanje. Postoje i alternativne metode fuziranja u elektrofotografiji, a to su fuziranje laserom, mikrovalovima i fuziranje vodenom parom. Njihova je efikasnost još uvijek upitna, tako da još nisu u komercijalnoj upotrebi.

Čišćenje tiskovne forme od ostataka tonera je zadnja faza u procesu elektrofotografije I vrši se po završetku fiksiranja tonera na podlogu. Završetkom fiksiranja potrebno je površinu fotokonduktora pripremiti za novi ciklus oslikavanja. Nakon završenog procesa otiskivanja na površini fotokonduktora zaostaje napon virtualne tiskovne forme zajedno s ostacima tonerskih čestica, koje se tijekom transfera nisu prenijele na prijenosni medij, odnosno tiskovnu podlogu. Sam proces čišćenja se provodi u dvije faze, brisanje napona s virtualne tiskovne forme i skidanje ostataka tonera s fotokonduktora. Početak čišćenja se provodi svjetlosnom neutralizacijom, a pri mehaničkom skidanju se koristi specijalno konstruirana jedinica za čišćenje sastavljena od kućišta, mlaznica za nanašanje tekućeg nosioca, spužvastog valjka, valjka za cijedenje i poliuretanskog noža. Mehanički dio čišćenja započinje prskanjem tekućeg nosioca na spužvasti valjak, nakon toga namočen spužvasti valjak je u direktnom kontaktu s fotokonduktorom, te ga jednolično vlaži. Dodatkom tekućeg nosioca ostaci elektroinka će se potpuno razrijediti. Tekući nosilac s otopljenim ostacima elektroinka lako se skida s elastičnim poliuretanskim nožem.

### 2.6.3. Elektrofotografija s tekućim tonerom

Elektrofotografija koja primjenjuje tekuće tonere (Slika 7.) je mnogo rjeđa u odnosu na prethodno spomenutu elektrofotografiju s praškastim tonerima. Osnova procesa je tekući toner, „Electroink“ se sastoji od tekućeg nosioca u kojem su raspršeni negativno nabijeni pigmenti veličine između 1 i 3  $\mu\text{m}$ . U elektrofotografskim sustavima s tekućim tonerom karakterističan je fotokonduktor koji je građen od amfornog silikona. Fotokonduktor se negativskim postupkom nabija i osvjetljava s laserskim sustavom. Nanos bojila vrši se na tako formiranu latentnu tiskovnu formu. Pigmentne čestice je potrebno odvojiti od tekućeg nosioca u fazi razvijanja, a za vrijeme toga se koristi istisni valjak. Djelovanjem napona na istisnom valjku reducira se ukupna količina tekućeg bojila na fotokonduktoru, time se stvori vrlo tanki nanos na tiskovnim elementima. Direktnim pritiskom fotokonduktorskog

bubnja o papirni materijal postiže se otisak koji je osušen kombinacijom penetracije i evaporacije, te je sam otisak izrazito visoke kvalitete u odnosu na ostale elektrografske sustave zbog male veličine čestica pigmentnog tonera. Pri prijenosu tekući nosioci moraju eliminirati s fotokonduktorske površine. Prijenosni postupak je potpomognut s kontroliranim naponom i toplinom.

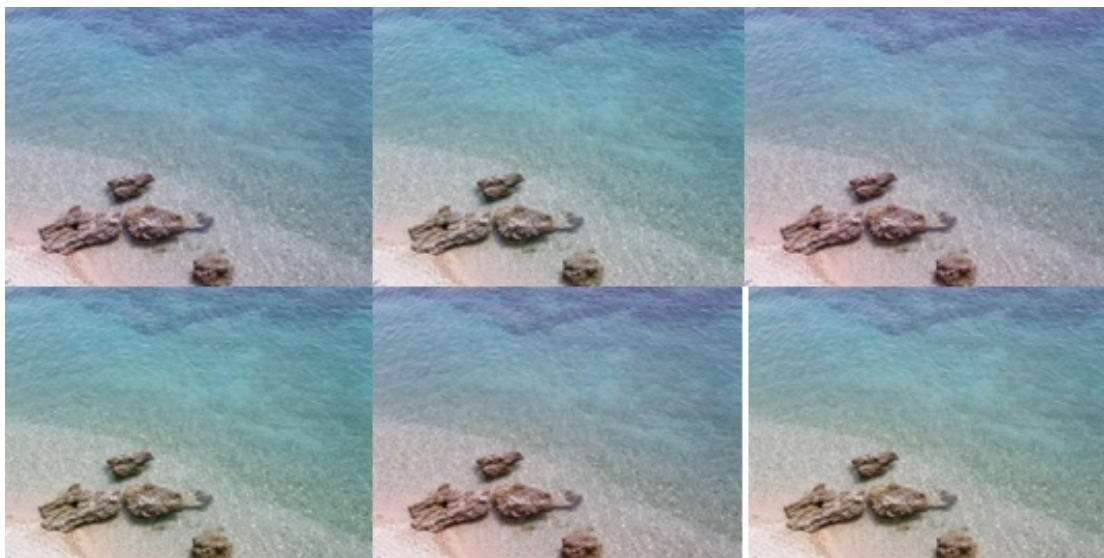


Slika 7. Princip rada elektrofotografije s tekućim tonerima

### 3. PRAKTIČNI DIO

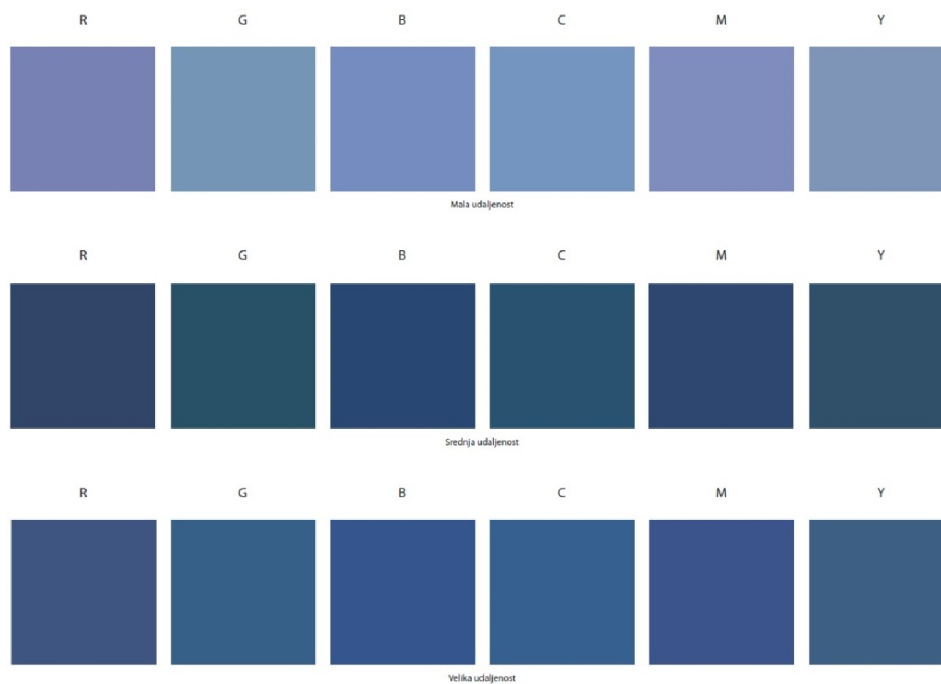
#### 1.1. METODOLOGIJA RADA

Prije same izrade rada potrebno je bilo pronaći odgovarajuće prikaze mora iz male i velike udaljenosti (slika 8.) kako bi se pokrilo veće područje prilikom istraživanja jer sama boja mora se razlikuje po poziciji. Istraživanje se sastojalo od dva dijela: vizualna procijena ispitanih osoba i mjerenje CIE L\*a\*b\* prostora boja. Nakon pronalaska odgovarajućih prikaza mora u Photoshopu su pomaknute vrijednosti boja u opciji “Color Balance” (Slika 9.). Na svakoj fotografiji je izmijenjena vrijednost boje za 15% u svim smjerovima (CMY, RGB). Nakon izmjene vrijednosti boja na fotografijama izdvojeni su određeni dijelovi fotografije odnosno određeni ton. Ton je izdvojen sa prikaza na identičnom mjestu kako bi se uvidjela razlika koja se dobila pomicanjem vrijednosti boje u Photoshopu odnosno Color Balanc-u.



*Slika 8. Fotografije koje su korištene za prikaz male udaljenosti mora*





*Slika 9. Prikaz kartica izdvojenih tonova plave boje*

*sa točno određenih dijelova fotografija*

Slijedio je proces sličan prethodnom, izdvojili su se nasumični tonovi, a pojedini su se još dodatno deformirali izmjenom vrijednosti boje kako bi se dobio što raznovrsnija paleta boja za ispitivanje. Na taj način je bilo dobiveno 24 različita kvadratića ispunjena jednim tonom za dvije reprodukcije boje mora (male i velike udaljenosti). Prije vizualne procijene ispitanika vršilo se mjerenje CIE  $L^*a^*b^*$  prostora boja sa spektrofotometrom. Vrijednost svake kartice je izmjerena i zapisana nizom. Nakon što su dobivene numeričke vrijednosti boja, odrađena je faza vizualne procijene. U njoj su ispitanici dobili fotografije sa prikazom mora iz različitih udaljenosti, nakon procijene fotografija (izabrana je po jedna fotografija za sva tri prikaza mora iz različitih udaljenosti), ispitanik je promatrao kartice sa tonovima koji su uzeti sa fotografija iz točno određenih mjesta na prikazu, te je izabrao po jednu karticu određene nijanse od sva tri prikaza zasebno. Isto tako je u trećoj fazi procijene gdje su boje još dodatno deformirane odabrao po pet kartica kako bi se moglo skupiti što više informacija odnosno viđenja boje, a time i moguće bolje rješenje. Kada je zadovoljen

broj prikupljenih informacija usporedili su se rezultati svih ispitanika, obratila se pažnja na tonove koji su se najviše izabirali kao najbližnja nijansa boje mora, te se obratila pažnja na tonove koji su rijetko ili nikako izabrani. Njih se odvojilo radi daljnjeg ispitivanja koje je bilo računalno odnosno grafički. U ovoj fazi su se koristile prethodno izmjerene CIE L\*a\*b\* vrijednosti na način da se napravio grafički prikaz CIE L\*a\*b\* prostora boja. Potom su se uspoređivale vrijednosti prikazane na grafovima tako što se računao odnos između boja. Boje koje su se uzimale u odnos su dvije krajnosti, odnosno najčešće birana boja i najrjeđe ili nikako. Na taj način se uvidjelo odstupanje tj. koji ton plave boje najvjernije prikazuje kakvo je samo more i uživo.

## 1.2. KORIŠTENA OPREMA

SpectroEye (Slika 10.) je ručni spektrofotometar koji ima denzitometrijske funkcije i kolorimetrijske funkcije. Idealan je za mjerenja u procesima gdje se osim primarnih CMYK boja upotrebljavaju i direktne (spot) boje.

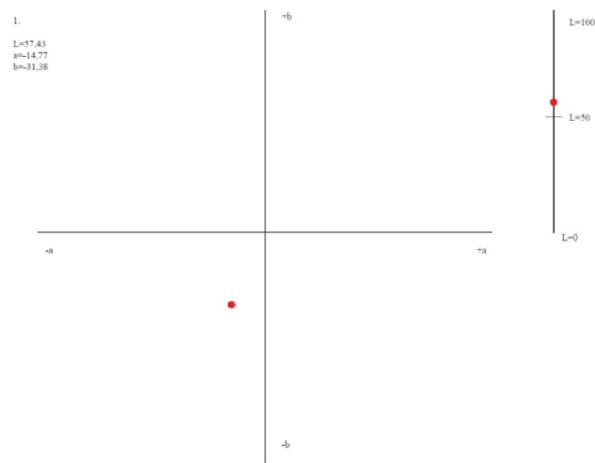
Korištenjem različitih programskih aplikacija mjerenja rezultati koji su dobiveni prikazani su kao CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednost.



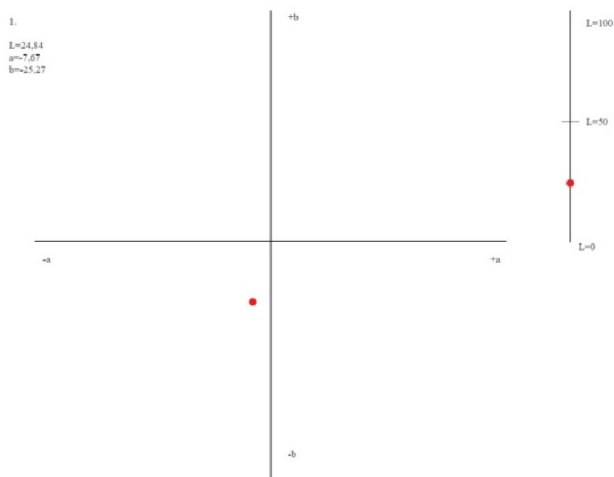
*Slika 10. SpektroEye uređaj kojim su mjerene  $L^*a^*b^*$  vrijednosti*

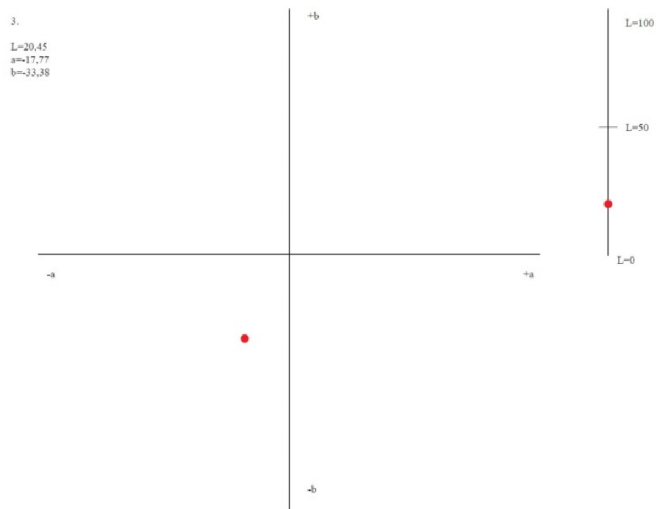
### 3.3. REZULTATI I DISKUSIJA

Vrijednosti koje su prikazane na prva tri grafa su kartice sa najčešće boranim tonovima. Kod prvog grafa vidimo razliku u  $L^*$  vrijednosti u odnosu na druga dva grafa, prvi prikazuje  $L^*_1=57,43$ , dok drugi i treći prikazuju vrijednosti  $L^*_2= 24,58$ , a  $L^*_3=20,45$ . Dok je vrijednost  $a$  na drugom grafu u odnosu na prvi i treći pomaknuta više prema osi  $b$  odnosno u toj boji ima više plave odnosno crvene boje. Vrijednosti  $b^*$  sve tri boje su približne, a to se iščitava po njihovim položajima na grafovima. Boje koje su najčešće birane u sebi sadrže više cijana, crvene i plave boje.



a)

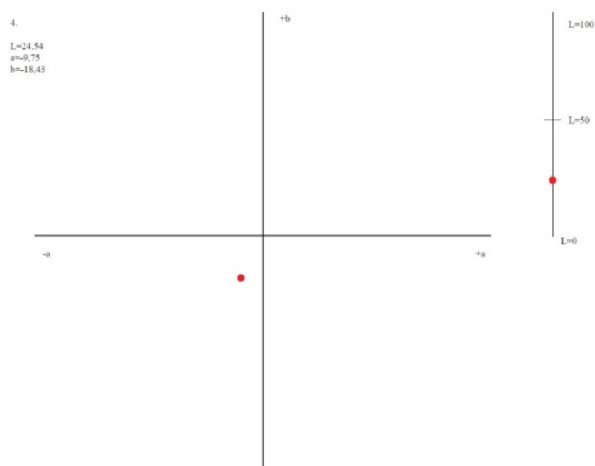




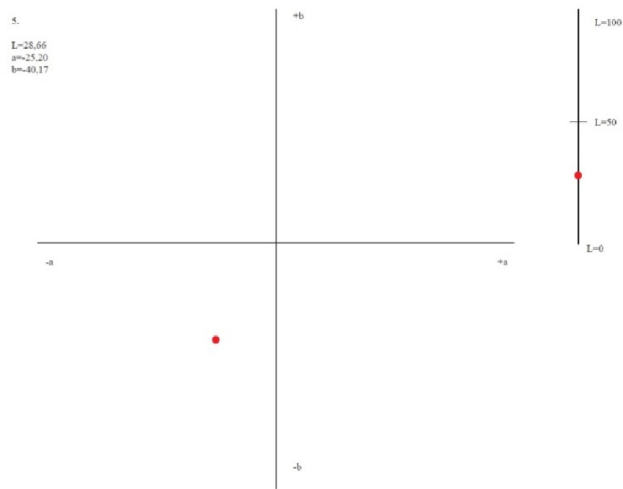
c)

Slika 11. Graf jedan (a), graf dva (b) i graf tri (c) prikazuju najčešće birane boje

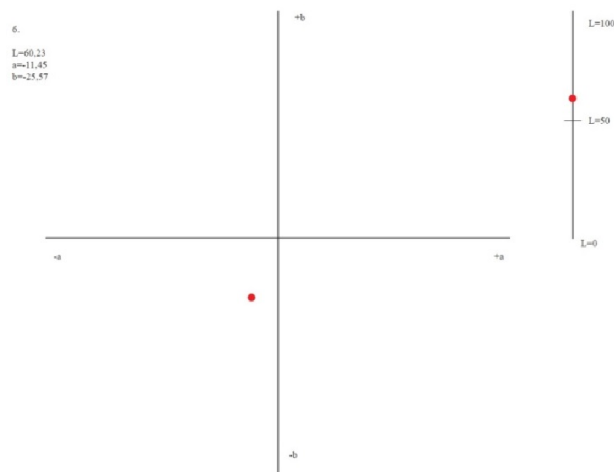
Na drugoj skupini od tri grafa se mogu vidjeti najmanje ili gotovo ne birane boje (Slika 12.) na karticama. Odstupanje  $L^*$  vrijednosti vidimo na trećem grafu gdje je  $L^*_3 = 60,23$ , a na ostala dva grafa vrijednost  $L^*_1$  i  $L^*_2$  je između 24 i 29.  $L^*_3$  u sebi sadrži najviše bijele boje, dok su  $L^*_1$  i  $L^*_2$  bliže crnoj boji. Graf na kojemu se nalazi  $a_2$  u odnosu na  $a^*_1$  i  $a^*_3$  najbliži je osi  $b$ , isto tako u drugom grafu odstupa  $b^*_2$ .



a)



b)

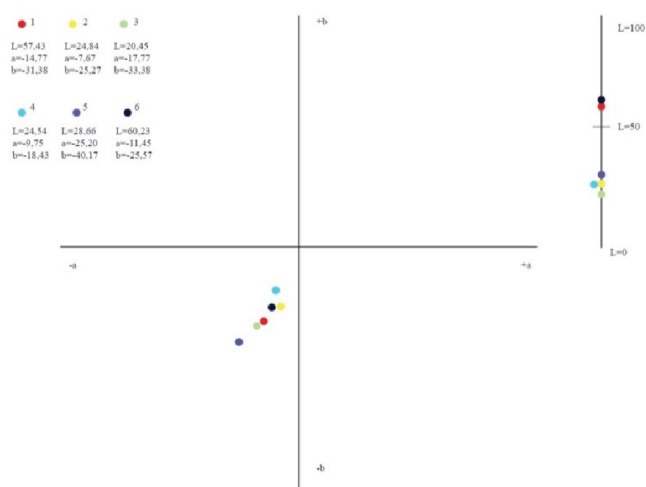


c)

*Slika 12. Graf tri (a), graf četiri (b) i graf pet (c) prikazuju najmanje ili gotovo ne birane boje*

Na sedmom grafu (Slika 13.) se nalaze sve točke, odnosno sve vrijednosti su stavljene na jedan graf kako bi se jasnije video njihov odnos, odstupanja i poklapanja. Najveća odstupanja se vide kod  $L_{*1}$  i  $L_{*6}$ , jedino se oni se na osi  $L^*$  nalaze iznad 50 i sadrže veću količinu bijele boje od ostalih.  $\Delta E_{*1}=10.18$  je vrijednost dobivena uspoređivanjem najčešće ( $L^*=20.45$ ,  $a^*=-17.77$ ,  $b^*=-33.38$ ) i najrjeđe ( $L^*=24.54$ ,  $a^*=-8.02$ ,  $b^*=-14.95$ ) birane boje.  $\Delta E_{*2} = 26.99$  je vrijednost dobivena uspoređivanjem dvije najudaljenije točke

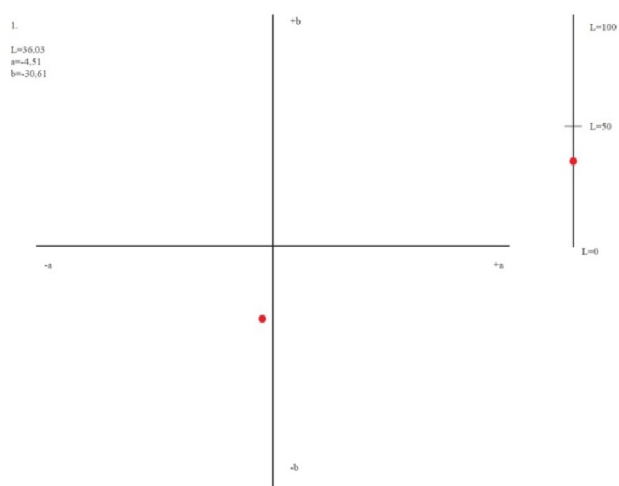
na zadnjem odnosno sedmom grafu gdje su uspoređivanje vrijednosti sa grafa četiri koja je ujedno i najrjeđe birana boja ( $L^*=24,54$ ,  $a^*=-9,75$ ,  $b^*=-18,43$ ) i vrijednosti sa grafa pet ( $L^*=28,66$ ,  $a^*=-25,20$ ,  $b^*=-40,17$ ). Na kraju su uspoređivane dvije najbliže vrijednosti kako bi se vidjela razlika u odnosu na prethodne rezultate  $\Delta E^*_3 = 7,16$ , a rezultat je dobiven uspoređivanjem vrijednosti sa grafa dva ( $L^*=24,84$ ,  $a^*=-7,67$ ,  $b^*=-25,27$ ) i sa grafa četiri ( $L^*=24,54$ ,  $a^*=-9,75$ ,  $b^*=-18,43$ ).



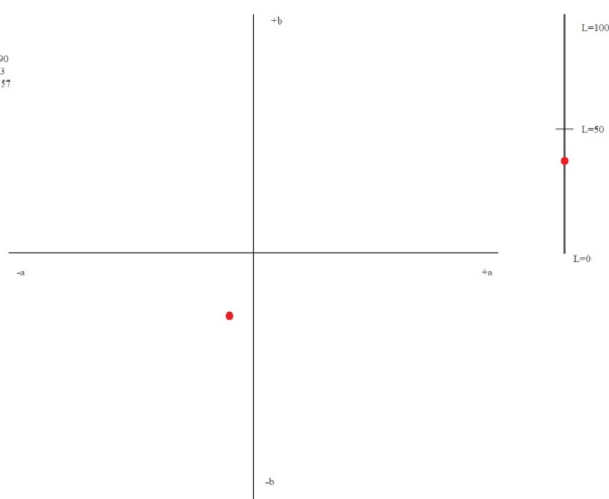
Slika 13. Graf sedam prikazuje odnos svih vrijednosti

Slijedeća četiri grafa prikazuju vrijednosti boja na karticama koje su dodatno korigirane kako bi dobili što veći raspon nijansi boje mora (Slika 14.). Prva dva grafa prikazuju najčešće birane kartice odnosno dvije nijanse koje su najčešće birane kao ton najvjerniji boji mora uživo. Na trećem grafu je prikazan ton koji je rijetko ili uopće nije biran. Te su na četvrtom grafu prikazane sve tri vrijednosti kako bi se mogle usporediti kao najčešće birane i najrjeđe birane vrijednosti, njihov odnos, poklapanje i odudaranje. Najčešće birane boje na karticama su prikazane na prva dva grafa, te se može primijetiti da između njih nema prevelikih razlika odnosno odstupanja, dok treći graf koji pokazuje najmanje biranu vrijednost ima malu razliku u L i b vrijednosti odnosu na prva dva. Iako je ta razlika minimalna kada je prikazana numerički ispitanici su vizualnim ispitivanjem dokazali su drugačije. Vrijednosti se na sva tri grafa nalaze blizu osi b, i  $L^*$  vrijednosti su ispod 50

bliže crnoj boji što se vidi na četvrtom grafu (Slika 15.) gdje su smještene sve tri vrijednosti.  $\Delta E^*_{1}=15,33$  je vrijednost dobivena uspoređujući najčešće ( $L^*=36.03$ ,  $a^*=-4.51$ ,  $b^*=-30.61$ ) i najrjeđe ( $L^*=41.13$ ,  $a^*=-14.13$ ,  $b^*=-19.98$ ) birane boje to isto vrijedi i za  $\Delta E^*_{2}$  koja prikazuje vrijednost uspoređivanjem dvije najudaljenije točke na zadnjem odnosno četvrtom grafu gdje se uspoređuje vrijednost sa grafa jedan i vrijednost sa grafa tri. Na kraju su uspoređene dvije najbliže vrijednosti kako bi se vidjela razlika u odnosu na prethodne rezultate  $\Delta E^*_{3}=7,56$ , a rezultat je dobiven uspoređujući vrijednosti sa grafa jedan ( $L^*=36.03$ ,  $a^*=-4.51$ ,  $b^*=-30.61$ ) i sa grafa dva ( $L^*=37.90$ ,  $a^*=-9.83$ ,  $b^*=-25.57$ ).

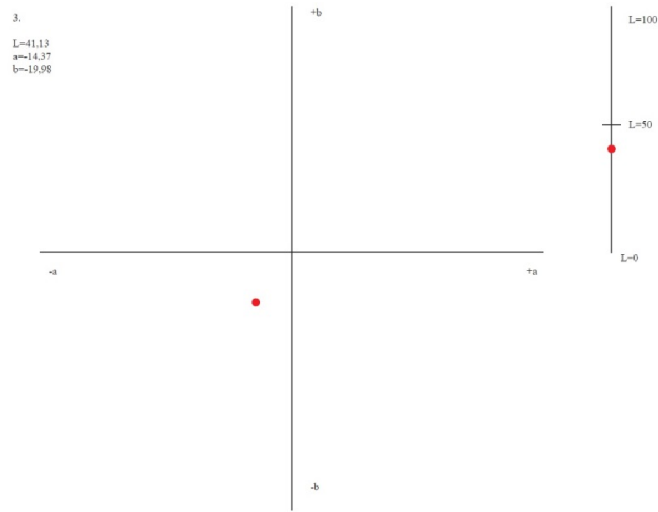


a)



b)

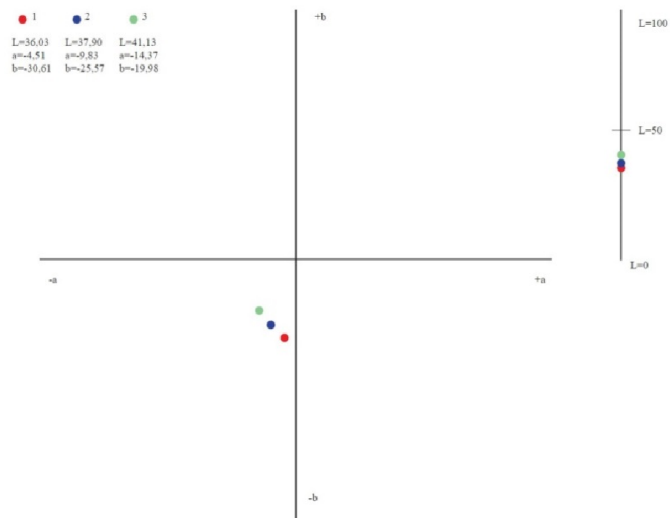




c)

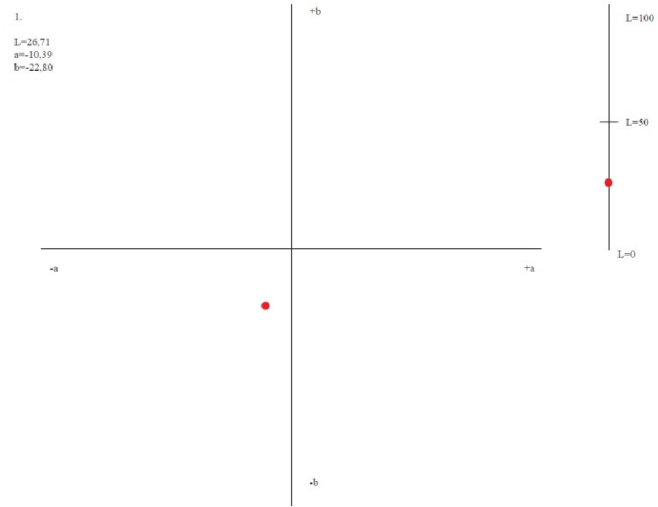
*Slika 14. Graf jedan (a) i graf dva (b) prikazuju najčešće birane boje, graf (c) prikazuje najrijetke biranu boju*

$\Delta E^*_{15,33}$  je vrijednost dobivena uspoređujući najčešće ( $L^*=36.03$ ,  $a^*=-4.51$ ,  $b^*=-30.61$ ) i najrijetke ( $L^*=41.13$ ,  $a^*=-14.13$ ,  $b^*=-19.98$ ) birane boje to isto vrijedi i za  $\Delta E^*_{2}$  koja prikazuje vrijednost uspoređivanjem dvije najudaljenije točke na zadnjem odnosno četvrtom grafu gdje se uspoređuje vrijednost sa grafa jedan i vrijednost sa grafa tri. Na kraju su uspoređene dvije najbliže vrijednosti kako bi se vidjela razlika u odnosu na prethodne rezultate  $\Delta E^*_{3}=7,56$ , a rezultat je dobiven uspoređujući vrijednosti sa grafa jedan ( $L^*=36.03$ ,  $a^*=-4.51$ ,  $b^*=-30.61$ ) i sa grafa dva ( $L^*=37.90$ ,  $a^*=-9.83$ ,  $b^*=-25.57$ ).

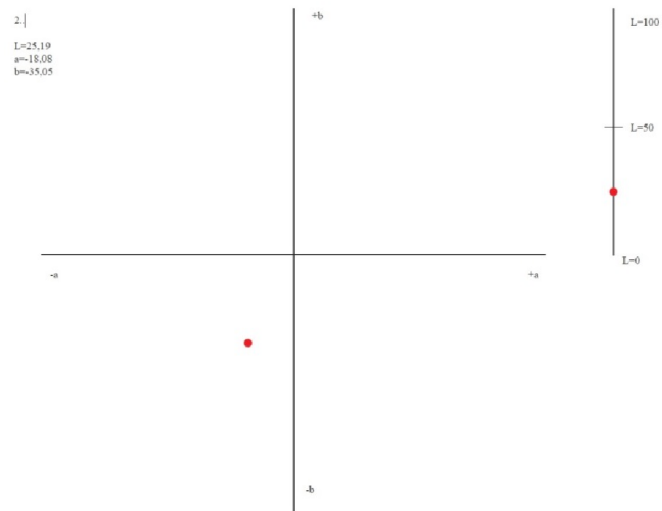


Slika 15. Graf četiri prikazuje odnos sve tri vrijednosti

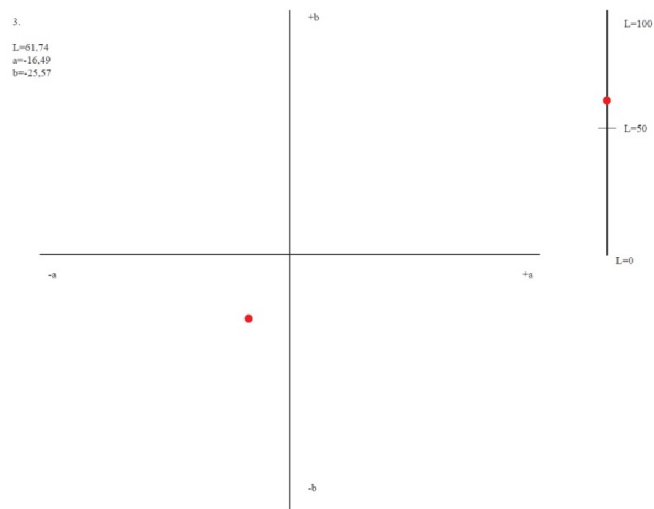
Kao što je gore rečeno sljedeći grafovi također prikazuju vrijednosti boja na karticama koje su dodatno korigirane kako bi dobili što veći raspon nijansi boje mora, te sljedeća četiri grafa prikazuju izbor boja sa fotografija veće udaljenosti mora (Slika 16.). Najčešće birane vrijednosti kod veće udaljenosti mora su prikazane na prva dva grafa, dok je najmanje birana vrijednost boje mora prikazana na trećem grafu. Na četvrtom grafu (Slika 17.) vidimo kod prikaza izbora boja sa fotografije veće udaljenosti vrijednosti koje su bile najčešće birane i vrijednost koja uopće nije birana su približne u vrijednostima. Jedina znatnija razlika je kod najmanje birane boje gdje je  $L^*$  iznad 50, sadrži više bijele boje nego crne. Vrijednosti  $a^*$  i  $b^*$  kod sva tri grafa su relativno slične.



a)



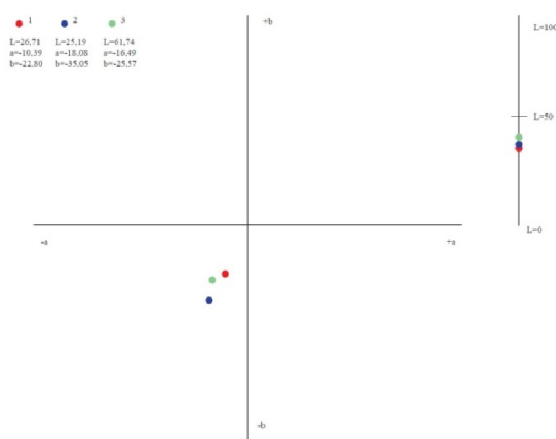
b)



c)

Slika 16. Graf jedan (a) i graf dva (b) prikazuju najčešće birane boje, graf (c) prikazuje najrijeđe biranu boju

$\Delta E_{*1}=37,22$  je vrijednost dobivena uspoređujući najčešće ( $L^*=25.19$ ,  $a^*=-18.08$ ,  $b^*=-35.05$ ) i najrijeđe ( $L^*=61.74$ ,  $a^*=-16.49$ ,  $b^*=-24.13$ ) birane boje.  $\Delta E_{*2} = 14,54$  je vrijednost dobivena uspoređivanjem dvije najudaljenije točke na zadnjem odnosno četvrtom grafu gdje se uspoređuju vrijednosti sa grafa dva ( $L^*=25.19$ ,  $a^*=-18.08$ ,  $b^*=-35.05$ ) i vrijednosti sa grafa jedan ( $L^*=26.71$ ,  $a^*=-10.39$ ,  $b^*=-22.80$ ), a isti rezultat vrijedi i za  $\Delta E_{*3}$  jer su te točke ujedno i dvije najčešće birane boje.



Slika 17. Graf četiri prikazuje odnos sve tri vrijednosti

#### 4. ZAKLJUČCI

Iz provedenog istraživanja u ovom radu možemo zaključiti da ljudi promatrajući more na fotografijama očekuju reprodukcije koje u sebi sadrže više plave, cijan ili crvene boje. Kako bi privukli ljude sirove fotografije je potrebno korigirati odnosno izmijeniti vrijednosti boja kako bi reprodukcije bile privlačnije jer je činjenica da ljudi vole fotografije koje očito očekuju u smislu boja. Zbog toga je kod prikaza mora upravo i dokazano da boje moraju biti naglašenije nego li se dobiju na snimljenoj fotografiji. Vrlo je važno ostaviti prikaz i dalje u koliko je moguće granicama normale jer i malo veći pomaci u korekciji boja su ljudskom oku vidljivi. U ovom istraživanju je krajnji rezultat bio pomoći dizajnerima prilikom definiranja boja kada se motiv tiska elektrofotografijom.

## 5. LITERATURA

1. I. Zjakic, (2007) .Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
2. I. Zjakić, M. Milković, (2010). Psihologija boja, Veleučilište u Varaždinu, Varaždiu
3. Trojko D., Utjecaj boje u digitalnim medijima na doživljaj dizajna i korisničko iskustvo, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet
4. Puškarić M., Utjecaj različite pigmentacije elektroinka na formiranje rasterskih elemenata cijana, magente i žute, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet
5. Matošević M., Utjecaj ekstremnih nanosa electroinka na gamut kolorne reprodukcije, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet