

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Virelai Flego

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

Smjer: Tehničko-tehnološki

## ZAVRŠNI RAD

# REPRODUKCIJA BOJE LJUDSKE KOŽE NA RAZLIČITIM PODLOGAMA ZA ISPIS DIGITALNE FOTOGRAFIJE

Mentor:

doc. dr. sc. Rahela Kulčar

Student:

Virelai Flego

Zagreb, 2018.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

## SAŽETAK

U ovom radu ispitat će se granice tolerancije na doživljaj boje ljudske kože. Ponekad se u katalogima za dekorativnu kozmetiku nalaze i uzorci boja za tekuću podlogu iz kojih se teško može odrediti koliko ta boja odgovara željenoj boji odnosno boji kože korisnika. Ovim radom pokušat će se odrediti utjecaji koje je potrebno uzeti u obzir tijekom reprodukcije boje kože, ali i uvjeti promatranja gotovih otisaka. Otisnuti uzorci vizualno će se ocjenjivati u kućici za vizualno ocjenjivanje pod različitim vrstama standardne rasvjete, a objektivna ocjena odredit će se na temelju spektrofotometrijskog mjerenja, koje također uzima u obzir različitu rasvjetu, kako bi se usporedile i odredile tolerancije osjetljivosti na tu boju. Samo obje metode mjerenja mogu dati konkretne rezultate. Za prikaz rezultata biti će korišten CIEL\*a\*b\* sustav boja i CIEDE2000 formula za izračun ukupne razlike u boji.

**KLJUČNE RIJEČI:** boja kože, vizualno ocjenjivanje, instrumentalno ocjenjivanje, spektrofotometar, CIEL\*a\*b\*, CIE2000, podloga za digitalnu fotografiju

1. Uvod . . . . .	1
2. Boja . . . . .	2
2.1. Faktori viđenja boje . . . . .	2
2.2. Psihofizikalne karakteristike boje . . . . .	3
3. Prikazi prostora boja . . . . .	5
3.1 Munsellovo stablo . . . . .	5
3.2. CIEL*a*b* sustav . . . . .	6
3.2.1. Kolorimetrijska razlika . . . . .	7
4. Spektrofotometar . . . . .	10
4.1. Princip mjerenja . . . . .	10
5. Vizualno ocjenjivanje . . . . .	12
6. MacAdamsove elipse . . . . .	13
7. Planiranje i provedba metode . . . . .	14
7.1. Priprema i obrada fotografija . . . . .	14
7.2. Izrada uzoraka . . . . .	15
8. Rezultati . . . . .	18
9. Rasprava . . . . .	32
10. Zaključak . . . . .	37
Literatura . . . . .	39
Prilozi . . . . .	40

## 1. UVOD

Korisnici diljem svijeta upoznati su s problematikom pronalaženja idealne nijanse određenog proizvoda, bilo da se radi o boji zidova, nakita, odjeće ili kozmetičkog proizvoda. Veliku ulogu u problemu čini rasvjeta, tj. vrsta rasvjete. CIE komisija (*Internacional Commission on Illumination*) odlučila je odgovoriti na taj problem tako što je rasvjetu definirala. Standardne vrste rasvjete određene su u terminima relativne spektralne energije zračenja. Ti podaci su standardizirani i zasnivaju se na statističkim mjerenjima ili teoretskim jednadžbama.

Vrste rasvjete korištene u ovom radu jesu:

A – odnosi se na svjetlost dobivenu umjetnim izvorom, odnosno Volframovom žaruljom (T=2856K).

D50 – prirodno dnevno svjetlo, koristi se u grafičkoj industriji (T=5000K)

TL84 - fluorescentna lampa, koristi se u trgovačkim centrima u Europi i SAD-u

Ovaj rad bavit će se problematikom kozmetičke prirode. Često se čini da nam, u katalogu dekorativne kozmetike, odgovara određena nijansa tekuće podloge, a kad izađemo na drugu rasvjetu nijansa se čini potpuno drukčija. Proučavat će se do kolike razlike dolazi u promjeni boje pri različitim vrstama rasvjete na uzorcima otisnutim na dvije različite podloge.

Cilj rada je provesti vizualnu i instrumentalnu metodu mjerenja i uvidjeti u kojoj su mjeri povezane kada se radi o boji koju gledamo svaki dan – boji kože.



Slika 01. Primjer prikaza različitih boja tekuće podloge;

Izvor: <http://katalozi.net/oriflame-katalog/oriflame-katalog-lipanj-2018>

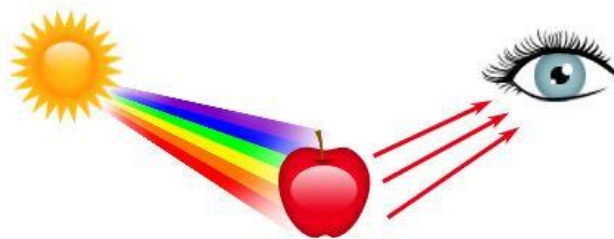
## 2. BOJA

Nauka o boji je interdisciplinarna što znači da povezuje različite grane različitih struka. Možemo ju definirati na više načina – boja je psihološki fenomen jer nastaje u mozgu kao posljedica izvora svjetla na oko promatrača; psihološki doživljaj nastao elektromagnetskim valom valne duljine od 380nm do 750nm; svojstvo kemijske strukture nekog spoja itd.

### 2.1. Faktori viđenja boje

Osjet boje posljedica je psihofizičkih podražaja koji ovise o određenim faktorima. Prvi faktor bez kojeg ne vidimo boju jest izvor svjetla koji obasjava promatrani predmet. Kao što je navedeno u uvodnom dijelu, isti predmet, koji je promatran pod različitim izvorima svjetla ne vidimo jednako zato što svaki izvor svjetla ima svoj jedinstveni spektralni sastav. Percepcija boje događa se kada svjetlo iz izvora padne na predmet i odbije se u naše oko.

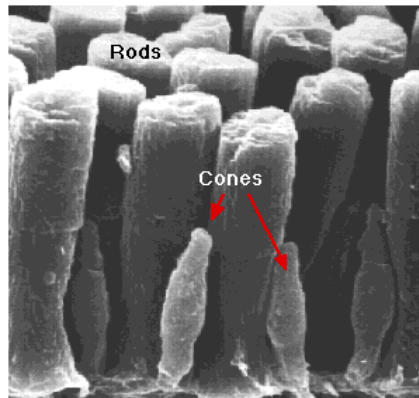
Sljedeći faktor su karakteristike koje opisuju predmet koji se promatra tj. struktura objekta. Objekt može reflektirati, apsorbirati ili transmitirati svjetlost. Objekti koji imaju u potpunosti glatku površinu zrcalno će, a mat površine difuzno reflektirati svjetlost. Transparentni objekti djelomično propuštaju svjetlost. Apsorpcija i refleksija pojedinih valnih duljina odvija se na principu komplementarnog odnosa. Svaki obojeni objekt propušta ili reflektira svjetlo vlastite boje, a apsorbira komplementarnu boju. Npr. ako je promatrani objekt žute boje, reflektira se žuta boja zbog čega i predmet vidimo kao žut, a apsorbira se komplementarna plava boja.



Slika 02. Viđenje boja;

Izvor: <https://steemit.com/science/@masudrana/color-mysteries-how-do-we-see-the-color>

Posljednji faktor koji nam omogućuje vidjeti boju je promatrač, tj. osjet vida koji čini ljudsko oko kao receptor svjetla odbijenog od promatranog predmeta te mozak i živci koji povezuju oko s njim. Ljudsko oko sadrži fotoreceptorske stanice koje se zovu čunjići i štapići. Čunjići (*cones*) su zaslužni za dnevno viđenje – fotoptički vid, i zbog njih vidimo boje, a štapići (*rods*) reagiraju na promjenu intenziteta svjetla koje pada na mrežnicu oka i zaslužni su za noćno viđenje – skoptički vid.

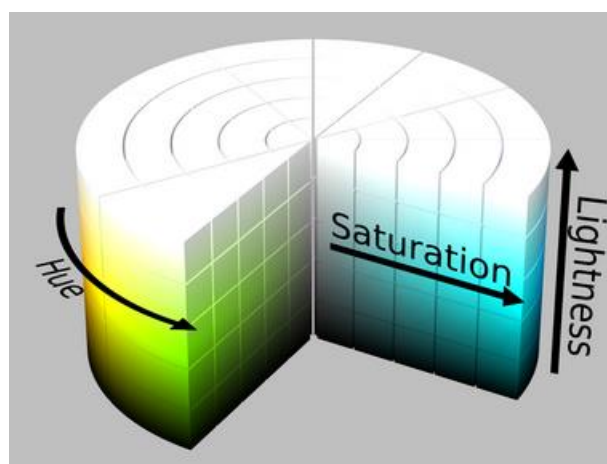


Slika 03. Štapići i čunjići;

Izvor: [https://academics.uccs.edu/rtirado/PES\\_1090/rods.gif](https://academics.uccs.edu/rtirado/PES_1090/rods.gif)

## 2.2. Psihofizikalne karakteristike boja

Psihofizikalne karakteristike ili obilježja vizualnog osjeta su ton, zasićenje i svjetlina. Služe nam za prostorno opisivanje boje.



Slika 04: Korelacija psihofizikalnih karakteristika boja;

Izvor: <https://stackoverflow.com/questions/28562288/how-to-use-the-hsl-hue-saturation-lightness-cylindric-color-model?rq=1>



Ton (*hue*) je obilježje kojim imenujemo određenu boju. Ton ne predstavlja ništa drugo nego dominantnu valnu duljinu. Mijenja se po kružnici pri čemu se može uočiti da se komplementarne boje nalaze jedna nasuprot druge.

Zasićenje (*saturation*) pokazuje odstupanje boje od akromatske boje iste svjetline.

Odnosi se na čistoću pobude odnosno boje. Raste od centra prema rubovima što znači da su boje bliže centru manje zasićene od onih na rubu. Miješanjem boja smanjuje se zasićenje iz čega zaključujemo da najveće zasićenje imaju samo čiste boje spektra.

Vertikalna os predstavlja svjetlinu (*lightness*). Svjetlina opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja.

Kromatičnost boje određuju ton i zasićenje, i ona nije ovisna o svjetlini.

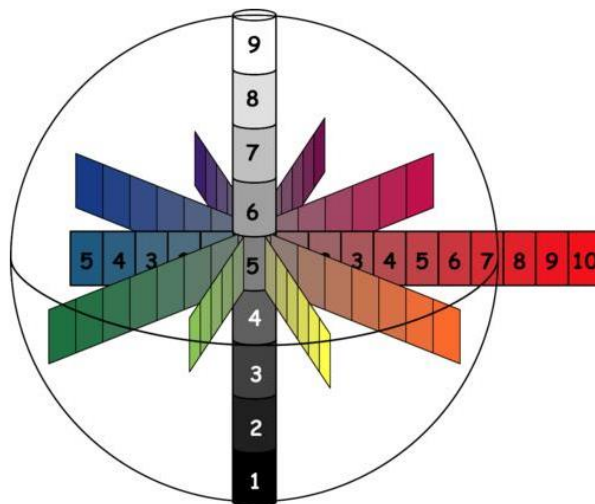


Slika 05: Promjene karakteristike boja;  
Izvor: <http://www.yorku.ca/eye/hsb.htm>

### 3. PRIKAZI PROSTORA BOJA

#### 3.1. Munsellovo stablo

Jedan od najstarijih i najpoznatijih prikaza prostora boje je Munsellovo stablo (*Munsell color tree*). Albert Munsell (1858.-1918.) je razvio svoj prikaz prostora boje 1905. godine dok je predavao na akademiji umjetnosti. Njegov je cilj bio razviti sustav boja koji će specificirati boju jednako vizualno i numerički. Munsellovo stablo je podijeljeno na tri dimenzije: ton, zasićenje i svjetlinu. Ton boje mijenja se po obodu stabla, zasićenje raste prema rubovima, a svjetlina raste prema vrhu. Prikaz boja nije bio savršenog oblika zbog različitih tonova različitog zasićenja. Danas vidimo veliku povezanost između Munsellovog prikaza boja i CIEL\*a\*b\* prikaza boja. Oba daju numeričku specifikaciju boji i teže perceptualnoj uniformnosti odnosno teže da udaljenost između dvije boje u prostoru korespondira vizualnoj razlici tih dviju boja.



Slika 06. Munsellovo stablo;

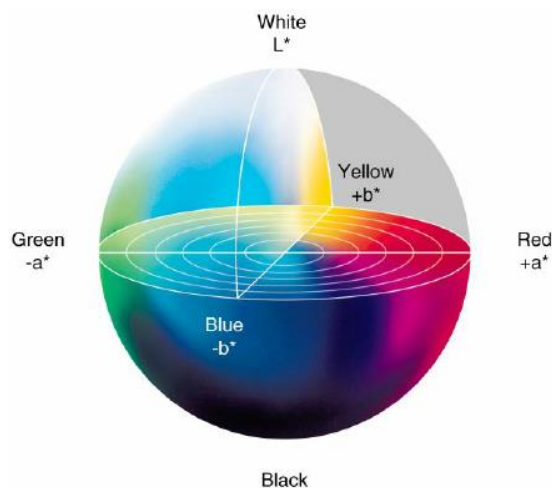
Izvor: <http://www.tomparish.com/2014/08/what-exactly-is-the-munsell-color-system-and-why-should-i-care/>

### 3.2. CIE\*a\*b\* sustav

CIE prostori boja najuspješniji su zato što vide boju kao što ju vide ljudi odnosno uzimaju u obzir izvor rasvjete, objekt i promatrača kao faktore za određivanje boje. CIE\*a\*b\* je trodimenzionalni prostor boja nastao kao težnja perceptualnoj uniformiranosti. Standardiziran je od strane CIE komisije 1976. godine. Numeričke vrijednosti u sustavu opisuju sve boje koje ljudsko oko može razlikovati odnosno koordinate sustava slijede zonsku teoriju.

Boje su opisane pomoću 3 osi:

1. svjetlina  $L^*$  je akromatska os i mjeri se od 0 do 100 po vertikalnoj osi (0 je vrijednost za crnu, a 100 vrijednost za bijelu)
2. kromatska os  $+a^*$  crvena i  $-a^*$  zelena boja
3. kromatska os  $+b^*$  žuta i  $-b^*$  plava boja.



Slika 07. CIE\*a\*b\* prostor boja;

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/CIE-LAB-1976-color-space\\_fig2\\_263697963](https://www.researchgate.net/figure/CIE-LAB-1976-color-space_fig2_263697963)

Takvo se mapiranje bazira na Munsellovom tonu, svjetlini i zasićenju kao ishodištu za pozicioniranje boje na mapi.

Kako bismo odredili CIEL\*a\*b\* vrijednosti ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) služimo se sljedećim izrazima:

$$[1] L^* = 116f(Y/Y_0) - 16$$

$$[2] a^* = 500 \cdot [f(X/X_0) - f(Y/Y_0)]$$

$$[3] b^* = 200 \cdot [f(Y/Y_0) - f(Z/Z_0)]$$

Ako su omjeri  $X/X_0$ ,  $Y/Y_0$  i  $Z/Z_0$  veći od 0,0089 tada vrijedi:

$$[4] f(X/X_0) = (X/X_0)^{1/3}$$

$$[5] f(Y/Y_0) = (Y/Y_0)^{1/3}$$

$$[6] f(Z/Z_0) = (Z/Z_0)^{1/3}$$

ako su omjeri  $X/X_0$ ,  $Y/Y_0$  i  $Z/Z_0$  manji ili jednaki od 0,0089 tada vrijedi:

$$[7] f(X/X_0) = 7.787(X/X_0) + 16/116$$

$$[8] f(Y/Y_0) = 7.787(Y/Y_0) + 16/116$$

$$[9] f(Z/Z_0) = 7.787(Z/Z_0) + 16/116$$

$$[10] L^* = 903.3 Y/Y_0$$

$X$ ,  $Y$  i  $Z$  predstavljaju tristimulusne vrijednosti podražaja oka, tj. predstavljaju boju objekta.

$X_0$ ,  $Y_0$  i  $Z_0$  odnose se na stimulse bijelog objekta koji je određen energijom zračenja standardne vrste rasvjete.

### 3.2.1. Kolorimetrijska razlika

Kolorimetrijska razlika ( $\Delta E^*$ ) je euklidska razlika između koordinata za referentni podražaj i podražaj s kojim uspoređujemo, tj. pokazuje odstupanje originala od reprodukcije.

Izračunava se prema sljedećoj formuli:

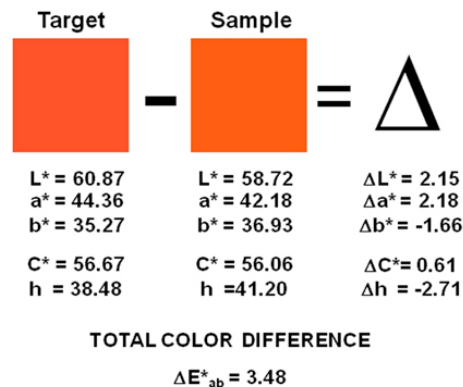
$$[11] \Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$[12] \Delta L^* = L_0^* - L_1^*$$

$$[13] \Delta a^* = a_0^* - a_1^*$$

$$[14] \Delta b^* = b_0^* - b_1^*$$

gdje se veličine  $L_o^*$ ,  $a_o^*$  i  $b_o^*$  odnose na referentnu boju, a  $L_1^*$ ,  $a_1^*$  i  $b_1^*$  na boju prema kojoj se mjeri odstupanje.



Slika 08: Primjer izračuna kolorimetrijske razlike;

Izvor: <https://www.flexoglobal.com/flexomag/08-September/graphics/ploumidis8.gif>

Procjenjivanje se provodi na osnovi vrijednosti kolorimetrijske razlike prema kriterijima:

$\Delta E^* < 2$  razlika u boji nije vidljiva

$\Delta E^* < 0.5$  zanemariva razlika

$\Delta E^* = 0,2-1$  vrlo mala razlika, razlika se primjećuje

$\Delta E^* = 1-3$  mala razlika, razlika je vidljiva

$\Delta E^* = 3-6$  očita razlika, razlika je dobro vidljiva

$\Delta E^* = 6-12$  razlika vrlo vidljiva, očigledno odstupanje.

Tijekom vremena uočeni su nedostaci navedene formule za  $\Delta E^*$  odnosno kolorimetrijske razlike ne odgovaraju dovoljno vizualnim procjenama. Zadnja revidirana formula za razliku u boji je CIE2000, koja osim svjetline, zasićenja i tona uključuje različitosti između zasićenja i tona i faktora povećanja vrijednosti  $a^*$ .

$$[15] \Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)}$$

korekcija svjetlosti:

$$\Delta L' = L'_b - L'_s, \quad b = \text{uzorak (batch), } s = \text{standard}$$

$$[16] L' = L^*$$

$$[17] S_L = 1 + 0.015(L'_m - 50)^2 / [20 + (L'_m - 50)^2]^{1/2}$$

$$[18] L'_m = (L'_b + L'_s) / 2$$

korekcija krome:

$$[19] \Delta C' = C'_b - C'_s,$$

$$[20] C' = (a'^2 + b'^2)^{1/2}$$

$$[21] a' = a^*(1 + G)$$

$$[22] G = 0.5 \{ 1 - [(C'^*_m)^7 / (C'^*_m{}^7 + 25^7)]^{1/2} \}$$

$$[23] C'^*_m = (C'_s + C'_b) / 2$$

korekcija tona boje:

$$[24] \Delta H' = 2(C'_b - C'_s)^{1/2} \sin(\Delta h' / 2)$$

$$[25] \Delta h' = h'_b - h'_s$$

$$[26] h' = \arctan(b'/a'), \quad \text{kut } h' \text{ je izražen u stupnjevima od } 0^\circ - 360^\circ$$

$$[27] S_H = 1 + 0.015 C'_m T$$

$$[28] T = 1 - 0.17 \cos(h'_m - 30) + 0.24 \cos(2h'_m) + 0.32 \cos(3h'_m + 6) - 0.20 \cos(4h'_m - 63)$$

$$[29] h'_m = (h'_s + h'_b) / 2$$

korekcija orijentacije elipsa u plavom području:

$$[30] R_T = -\sin(2\Delta\Theta) R_C$$

$$[31] \Delta\Theta = 30 \exp\{- [(h'_m - 275) / 25]^2\}$$

$$[32] R_C = 2[C'^*_m{}^7 / (C'^*_m{}^7 + 25^7)]^{1/2}$$

## 4. SPEKTROFOTOMETAR

Spektrofotometar je jedan od uređaja koji se koriste za instrumentalno mjerenje boje. Spektrofometri koji se koriste u grafičkoj industriji uglavnom mjere u vidljivom dijelu spektra. Mjeri samo jedno mjerno polje na puno različitih točaka, bez obzira na okolinu.



Slika 09: *Gretag Macbeth Spectrolino* ( $45^{\circ}a:0^{\circ}$ ):  
Izvor: autor

### 4.1. Princip mjerenja

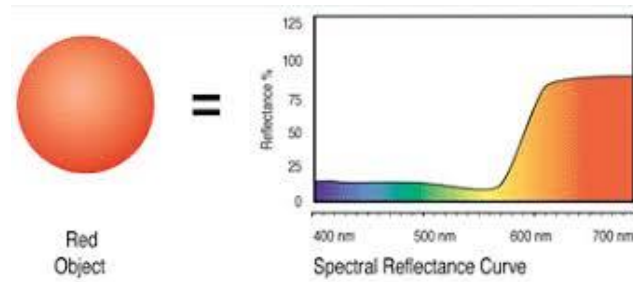
U spektrofotometru se iz bijelog svjetla pomoću monokromatora<sup>1</sup> izdvajaju pojedinačne valne duljine te se njima osvjetljava ispitivani uzorak i etalon<sup>2</sup>. Postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra.

Reflektirani tokovi svjetla s mjernog uzorka i bijelog standarda su različiti i mogu se usporediti na način da se dovedu na fotočeliju iz koje ih očitavamo kao refleksiju. Iz dobivenih refleksija i njihovih odgovarajućih valnih duljina moguće je konstruirati spektrofotometrijsku krivulju.

---

<sup>1</sup> uređaj koji iz polikromatske svjetlosti izdvaja monokromatsku svjetlost

<sup>2</sup> površina koja reflektira praktično svo upadno svjetlo



Slika 10. Spektrofotometrijska krivulja crvenog objekta;

Izvor: Adams, Sharma, Suffoletto: *Color Management Handbook: A practical Guide*

Detektor mjeri količinu svjetla na svakoj valnoj duljini. Te spektralne vrijednosti šalju se procesoru gdje se zajedno množe sa vrijednostima određene CIE vrste rasvjete i s funkcijom  $2^\circ$  i  $10^\circ$  standardnog promatrača kako bi se dobile X, Y, Z vrijednosti. Spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne vrste rasvjete i mikroračunalo za izračunavanje CIE trisimulusnih vrijednosti.



## 5. VIZUALNO OCJENJIVANJE

Instrumentalno mjerenje samo po sebi nije dovoljno za konkretne rezultate ukupne razlike u boji. Zbog toga se mora provesti i vizualna ocjena koja se provodi u kućici za vizualno ocjenjivanje uzoraka.

Prvi korak je definirati uvjete promatranja uzorka. To su redom: definirati vrstu rasvjete, definirati okolinu i pozadinu te veličinu uzorka.

Različita rasvjeta može utjecati na različito viđenje istih boja stoga ju je važno definirati. Pod pojmom okolina se misli na zidove kućice za vizualno ocjenjivanje.

Zidovi trebaju biti mat teksture i neutralni te su najčešće srednje svjetline. Pozadina je pod kućice odnosno mjesto na koje se uzorci polažu i ona također mora biti mat teksture i svjetline  $L^*=50$ . Veličina uzoraka bi trebala biti veća od 2,5cm.

Uzorci trebaju biti smješteni na sredini kućice tako da svjetlost pada okomito na njih. Promatrač se mora udaljiti 15 do 30 cm od kućice i biti na visini takvoj da gleda uzorke pod  $45^\circ$ . Važno je da promatrač drži udaljenost konstantnom tijekom cijelog ispitivanja. Okolna rasvjeta u prostoriji bi trebala biti ugašena, tako da ne utječe na rasvjetu u kućici.



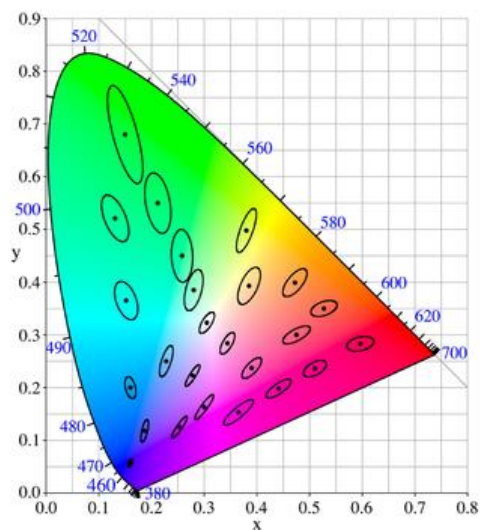
Slika 11: Promatranje uzoraka u kućici za ocjenjivanje pod rasvjetom TL84:

Izvor: autor

## 6. MACADAMSOVE ELIPSE

David MacAdams bio je američki znanstveni istraživač u Eastman Kodak kompaniji. Htio je svojim eksperimentom odrediti granice ljudske osjetljivosti na promjenu boje. Eksperiment je započeo poznatom „Kodakovom žutom“, ali je kasnije prerastao u puno veće ispitivanje. Napravio je bezbroj savršenih i gotovo savršenih uzoraka jedne boje nakon čega je mijenjao ton, zasićenje i svjetlinu sve dok ispitanici nisu primjetili promjenu. Rezultati su izmjereni i ucrtani u dijagram kromatičnosti. U svim smjerovima su preklapajuće točke formirale elipse koje su, ovisno o položaju boje u dijagramu, bile različitih veličina. Središte svake elipse predstavljalo je standard za tu boju. Najveće su bile smještene u zelenom području, a najmanje u ljubičasto-plavom što znači da je ljudsko oko najosjetljivije na promjene u ljubičasto-plavom dijelu spektra, a najmanje u zelenom.

Ispostavilo se da je ljudsko oko duplo osjetljivije na promjenu tona nego na promjenu svjetline ili zasićenja.



Slika 12: MacAdamsove elipse;

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/MacAdam\\_ellipse](https://en.wikipedia.org/wiki/MacAdam_ellipse)

## 7. PLANIRANJE I PROVEDBA METODE

### 7.1. Priprema i obrada fotografija

Za početak je bilo potrebno pronaći 20 fotografija fotografiranih u otprilike jednakim uvjetima od strane istog fotografa. Budući da se želi izmjeriti i svjetlija i tamnija boja kože, autor nije bio u mogućnosti sam fotografirati zbog nedovoljnog broja kandidata tamne boje kože. Nakon pronalaska dovoljnog broja odgovarajućih fotografija na internetskoj stranici<sup>3</sup>, 10 primjera svijetle kože i 10 primjera tamne kože, bilo ih je potrebno u *Adobe Photoshopu* prebaciti u uvjete prilagođene za tisak, tj. na rezoluciju 300dpi i CMYK sustav boja.

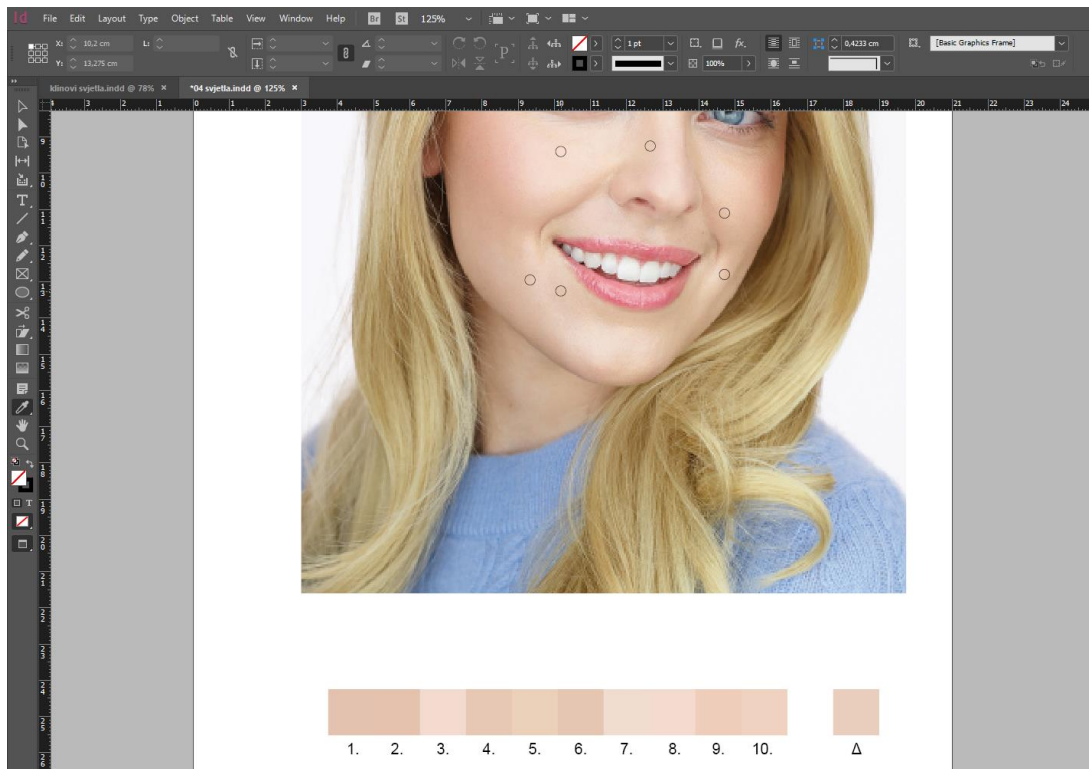


Slika 13. Portreti korišteni u završnom radu;  
Izvor: <https://peterhurley.com/photography/people>

---

<sup>3</sup> <https://peterhurley.com/photography/people>

Sljedeći korak bila je izrada klinova u programu *Adobe InDesign* u kojem se lako mogu očitati  $L^* a^* b^*$  vrijednosti boje.



Slika 14. Izrada klinova u *Adobe InDesign*;  
Izvor: autor

Na svakoj fotografiji je uzeto 10 uzoraka s različitih mjesta na licu pomoću *Eyedropper toola* i svaki je uzorak jednostavno prebačen na jedan od 10 klinova ispod fotografije. Pritom su se izbjegavali preekspozirani i pretamni dijelovi fotografije. Dimenzije svakog klina su 13mm x 13mm. Zadnji klin, označen kao  $\Delta$  klin, prosjek je svih 10 klinova i predstavlja srednju vrijednost boje kože osobe s fotografije. Radeći klinove,  $L^* a^* b^*$  vrijednosti paralelno su zapisane u *Excel* tablice kako bi se imao pregled nad brojčanim vrijednostima.

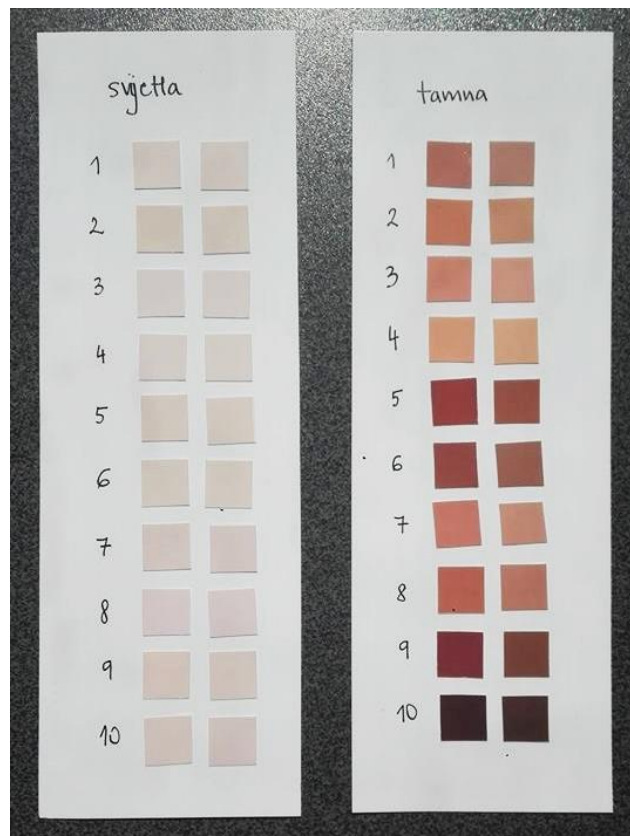
## 7.2. Izrada uzoraka

Kao što je u naslovu rada naznačeno, koristile su se različite podloge odnosno papiri za ispis digitalne fotografije. Obje podloge su proizvođača tvrtke Epson. Prvi papir je *Photo Paper*, u daljnjem tekstu podloga 1, a drugi *Premium SemiGloss Photo Paper*, u daljnjem tekstu naveden kao podloga 2. Podloga 1 je nešto sjajnije teksture dok podloga

2 više mat teksture. Ispis se vršio na printeru *CANON:PIXMA Pro 9000* pri jednakim postavkama.

Isprintanim fotografijama, tj. klinovima su se izmjerili samo  $\Delta$  klinovi, ukupno 20 klinova na podlozi 1 i 20 klinova na podlozi 2. Mjerenje se vršilo spektrofotometrom *Gretag Macbeth Spectrolino* ( $45^\circ:0^\circ$ ) pod ranije navedenim vrstama rasvjete, pri kojima će i sami ispitanici promatrati parove u kućici za vizualno ocjenjivanje, *X-Rite Judge Light Booth*. Vrijednosti su također zapisane u *Excel* tablice. Nadalje je bilo potrebno izračunati kolorimetrijsku razliku između dvije podloge po formuli CIEDE2000.

Klinovi su posloženi u parove tako što su izrezani i jedan pored drugog zalijepljeni isti klinovi na različitim podlogama (npr. klin 01 podloga 1 - klin 01 podloga 2).



Slika 15: Parovi klinova za vizualno ocjenjivanje;

Izvor: autor

Zadatak ispitanika bio je odrediti koji su parovi najmanje slični, tj. koji imaju najveću razliku u boji. Svakom ispitaniku je dan upitnik u kojem je bilo potrebno naznačiti "x" kod para za koji smatraju da ima najveću razliku u boji. Svaki je ispitanik morao klinove promatrati oko 1 minute radi privikavanja oka na rasvjetu, te je onda ocjenjivao uzorke. Postupak se provodio na isti način za sve tri vrste rasvjete i za svijetlu i za tamnu kožu. Ocjenjivanje su vršila 23 ispitanika, od kojih 11 muškog spola i 12 ženskog spola.

## 8. REZULTATI

Rezultati su zapisani u tablice i prikazani u  $a^* b^*$  dijagramu CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> prostora boja. Svjetlina  $L^*$  je prikazana u obliku stupaca. U raspravi koja slijedi nakon prikaza rezultata, podaci će biti detaljnije interpretirani.

## Rezultati instrumentalnih mjerenja

D50

Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	85,8	7,8	9,9
2.	83,7	7,5	12,2
3.	85,6	6	8,7
4.	85,6	6,1	9,7
5.	83,5	7,7	12,5
6.	83,7	7,4	12,1
7.	83	9,8	10,9
8.	85,1	10,9	7,9
9.	84,4	10,1	12,1
10.	85,1	9,8	10

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	63	19,5	21
2.	66,9	21,6	27,6
3.	71,6	23	23,7
4.	74,7	21	28,3
5.	48,4	24,8	22,2
6.	50,5	20,3	21
7.	65,3	22,6	23,5
8.	61,1	22,4	26,2
9.	43,2	24,2	18,2
10.	32,7	13,6	10,9

Premium SemiGloss Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	85	7,8	8,8
2.	83,2	7,8	10,5
3.	84,8	6,5	7,9
4.	84,9	6,5	8,4
5.	83,1	7,8	10,5
6.	83,2	7,8	10,7
7.	82,5	10	8,9
8.	84,2	10,6	6,2
9.	83,8	9,6	10,3
10.	84,2	9,6	8,2

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	66	15,6	18,3
2.	69	16,8	23,9
3.	72,6	20	20,7
4.	75	17,7	26,3
5.	52,2	19,6	23,4
6.	53,9	16,1	20,3
7.	67,8	18	21
8.	64,2	18	22,2
9.	47,1	17,9	21
10.	36	11,8	13,4

D50	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	0,99	18
2.	1,44	7
3.	1,1	7
4.	1,31	7
5.	1,53	15
6.	1,29	6
7.	1,63	7
8.	1,41	5
9.	1,29	5
10.	1,46	7

D50	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	3,45	16
2.	3,21	13
3.	1,95	5
4.	1,87	8
5.	5,31	18
6.	4,32	11
7.	3,25	17
8.	3,66	14
9.	6,35	21
10.	3,89	17



A

Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	86,6	10,4	10,3
2.	84,3	10,4	12,1
3.	86,3	8,4	9
4.	86,2	8,5	9,8
5.	84,2	10,5	12,1
6.	84,4	10,3	12,1
7.	83,7	12,6	11
8.	85,9	13,5	8,5
9.	85,2	12,9	12,4
10.	85,8	12,5	10,4

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	64,4	24,7	20,7
2.	68,3	26,9	26,7
3.	73,1	27,8	23,7
4.	76,2	25,7	27,9
5.	50,1	30,8	21,9
6.	51,8	26,2	20,2
7.	66,7	28	23,5
8.	62,7	27,8	25,4
9.	44,7	30,1	18
10.	33,5	19,3	10,4

Premium SemiGloss Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	85,6	10,5	8,7
2.	83,8	10,8	10,2
3.	85,3	9	7,7
4.	85,3	9,1	8,2
5.	83,6	10,8	10,2
6.	83,7	10,7	10,2
7.	83,2	12,9	8,8
8.	84,8	13,3	6,5
9.	84,4	12,5	10,2
10.	84,9	12,4	8,3

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	67	20,8	17,3
2.	70	22	22,4
3.	73,8	24,9	20,4
4.	76,1	22,6	25,1
5.	53,5	26,3	21,7
6.	54,9	22,6	18,6
7.	69	23,4	19,9
8.	65,3	23,6	21
9.	48,3	25	19,3
10.	36,6	19,2	11,6

A	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	1,41	13
2.	1,62	11
3.	1,49	6
4.	1,65	8
5.	1,58	15
6.	1,65	9
7.	1,77	7
8.	1,63	8
9.	1,6	11
10.	1,66	11

A	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	3,10	11
2.	2,9	11
3.	1,85	6
4.	1,63	10
5.	4,1	7
6.	3,5	5
7.	2,97	14
8.	3,23	13
9.	4,74	16
10.	2,7	11

TL84

Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	86	8,4	11,3
2.	83,7	7,9	13,7
3.	85,7	6,4	10
4.	85,7	6,4	11,1
5.	83,7	7,9	13,8
6.	83,8	7,8	13,8
7.	83,1	10,3	12,1
8.	85,3	11,9	9
9.	84,5	10,9	13,6
10.	85,2	10,6	11,2

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	63	20	23
2.	66,9	22,6	29,9
3.	71,8	24,2	26,1
4.	75	21,9	30,9
5.	48,3	25	24,4
6.	50,2	20,4	23
7.	65,3	23,5	26
8.	61,1	22,9	28,6
9.	42,9	23,7	19,7
10.	32,2	13,4	11,9

Premium SemiGloss Photo Paper

svijetla

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	85	8,6	10,6
2.	83,2	8,5	12,5
3.	84,8	7,1	9,5
4.	84,8	7,1	10
5.	83,1	8,4	12,3
6.	83,3	8,5	12,5
7.	82,5	10,9	10,5
8.	84,2	11,7	7,5
9.	83,8	10,5	12,1
10.	84,3	10,6	9,8

tamna

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1.	65,7	16,1	21
2.	68,8	17,5	27,1
3.	72,6	21,4	23,5
4.	75	18,9	29,8
5.	51,7	19,4	26,5
6.	53,4	15,8	23,2
7.	67,6	18,9	23,7
8.	63,9	18,5	25,2
9.	46,5	17,2	23,8
10.	34,8	10,2	15

TL84	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	0,91	17
2.	1,28	9
3.	1,14	11
4.	1,44	10
5.	1,4	14
6.	1,42	8
7.	1,54	7
8.	1,32	6
9.	1,09	3
10.	1,2	6

TL84	$\Delta E$	broj ispitnika
1.	3,23	16
2.	3,21	9
3.	1,66	3
4.	1,72	4
5.	5,5	20
6.	4,55	13
7.	3,11	13
8.	3,39	15
9.	6,87	20
10.	4,76	19

D50

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$L^*$	$L^*$	$\Delta L^*$
1.	85,8	85,0	0,8
2.	83,7	83,2	0,5
3.	85,6	84,8	0,8
4.	85,6	84,9	0,7
5.	83,5	83,1	0,4
6.	83,7	83,2	0,5
7.	83,0	82,5	0,5
8.	85,1	84,2	0,9
9.	84,4	83,8	0,6
10.	85,1	84,2	0,9

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$L^*$	$L^*$	$\Delta L^*$
1.	63,0	66,0	3,0
2.	66,9	69,0	2,1
3.	71,6	72,6	1,0
4.	74,7	75,0	0,3
5.	48,4	52,2	3,8
6.	50,5	53,9	3,4
7.	65,3	67,8	2,5
8.	61,1	64,2	3,1
9.	43,2	47,1	3,9
10.	32,7	36,0	3,3

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$a^*$	$a^*$	$\Delta a^*$
1.	7,8	7,8	0,0
2.	7,5	7,8	0,3
3.	6,0	6,5	0,5
4.	6,1	6,5	0,4
5.	7,7	7,8	0,1
6.	7,4	7,8	0,4
7.	9,8	10,0	0,2
8.	10,9	10,6	0,3
9.	10,1	9,6	0,5
10.	9,8	9,6	0,2

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$a^*$	$a^*$	$\Delta a^*$
1.	19,5	15,6	3,9
2.	21,6	16,8	4,8
3.	23,0	20,0	3,0
4.	21,0	17,7	3,3
5.	24,8	19,6	5,2
6.	20,3	16,1	4,2
7.	22,6	18,0	4,6
8.	22,4	18,0	4,4
9.	24,2	17,9	6,3
10.	13,6	11,8	1,8

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$b^*$	$b^*$	$\Delta b^*$
1.	9,9	8,8	1,1
2.	12,2	10,5	1,7
3.	8,7	7,9	0,8
4.	9,7	8,4	1,3
5.	12,5	10,5	2,0
6.	12,1	10,7	1,4
7.	10,9	8,9	2,0
8.	7,9	6,2	1,7
9.	12,1	10,3	1,8
10.	10,0	8,2	1,8

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$b^*$	$b^*$	$\Delta b^*$
1.	21,0	18,3	2,7
2.	27,6	23,9	3,7
3.	23,7	20,7	3,0
4.	28,3	26,3	2,0
5.	22,2	23,4	1,2
6.	21,0	20,3	0,7
7.	23,5	21,0	2,5
8.	26,2	22,2	4,0
9.	18,2	21,0	2,8
10.	10,9	13,4	2,5

## A

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$L^*$	$L^*$	$\Delta L^*$
1.	86,6	85,6	1,0
2.	84,3	83,8	0,5
3.	86,3	85,3	1,0
4.	86,2	85,3	0,9
5.	84,2	83,6	0,6
6.	84,4	83,7	0,7
7.	83,7	83,2	0,5
8.	85,9	84,8	1,1
9.	85,2	84,4	0,8
10.	85,8	84,9	0,9

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$L^*$	$L^*$	$\Delta L^*$
1.	64,4	67,0	2,6
2.	68,3	70,0	1,7
3.	73,1	73,8	0,7
4.	76,2	76,1	0,1
5.	50,1	53,5	3,4
6.	51,8	54,9	3,1
7.	66,7	69,0	2,3
8.	62,7	65,3	2,6
9.	44,7	48,3	3,6
10.	33,5	36,6	3,1

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$a^*$	$a^*$	$\Delta a^*$
1.	10,4	10,5	0,1
2.	10,4	10,8	0,3
3.	8,4	9,0	0,6
4.	8,5	9,1	0,6
5.	10,5	10,8	0,3
6.	10,3	10,7	0,4
7.	12,6	12,9	0,3
8.	13,5	13,3	0,2
9.	12,9	12,5	0,4
10.	12,5	12,4	0,1

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$a^*$	$a^*$	$\Delta a^*$
1.	24,7	20,8	3,9
2.	26,9	22,0	4,9
3.	27,8	24,9	2,9
4.	25,7	22,6	3,1
5.	30,8	26,3	4,5
6.	26,2	22,6	3,6
7.	28,0	23,4	4,6
8.	27,8	23,6	4,2
9.	30,1	25,0	5,1
10.	19,3	19,2	0,1

svijetla	podloga 1	podloga 2	
	$b^*$	$b^*$	$\Delta b^*$
1.	10,3	8,7	1,6
2.	12,1	10,2	1,9
3.	9,0	7,7	1,3
4.	9,8	8,2	1,6
5.	12,1	10,2	1,9
6.	12,1	10,2	1,9
7.	11,0	8,8	2,2
8.	8,5	6,5	2,0
9.	12,4	10,2	2,2
10.	10,4	8,3	2,1

tamna	podloga 1	podloga 2	
	$b^*$	$b^*$	$\Delta b^*$
1.	20,7	17,3	3,4
2.	26,7	22,4	4,3
3.	23,7	20,4	3,3
4.	27,9	25,1	2,8
5.	21,9	21,7	0,2
6.	20,2	18,6	1,6
7.	23,5	19,9	3,6
8.	25,4	21,0	4,4
9.	18,0	19,3	1,3
10.	10,4	11,6	1,2

TL84

svijetla	podloga		$\Delta L^*$
	1	2	
	$L^*$	$L^*$	
1.	86,0	85,0	1,0
2.	83,7	83,2	0,5
3.	85,7	84,8	0,9
4.	85,7	84,8	0,9
5.	83,7	83,1	0,6
6.	83,8	83,3	0,5
7.	83,1	82,5	0,6
8.	85,3	84,2	1,1
9.	84,5	83,8	0,7
10.	85,2	84,3	0,9

tamna	podloga		$\Delta L^*$
	1	2	
	$L^*$	$L^*$	
1.	63,0	65,7	2,7
2.	66,9	68,8	1,9
3.	71,8	72,6	0,8
4.	75,0	75,0	0,0
5.	48,3	51,7	3,4
6.	50,2	53,4	3,2
7.	65,3	67,6	2,3
8.	61,1	63,9	2,8
9.	42,9	46,5	3,6
10.	32,2	34,8	2,6

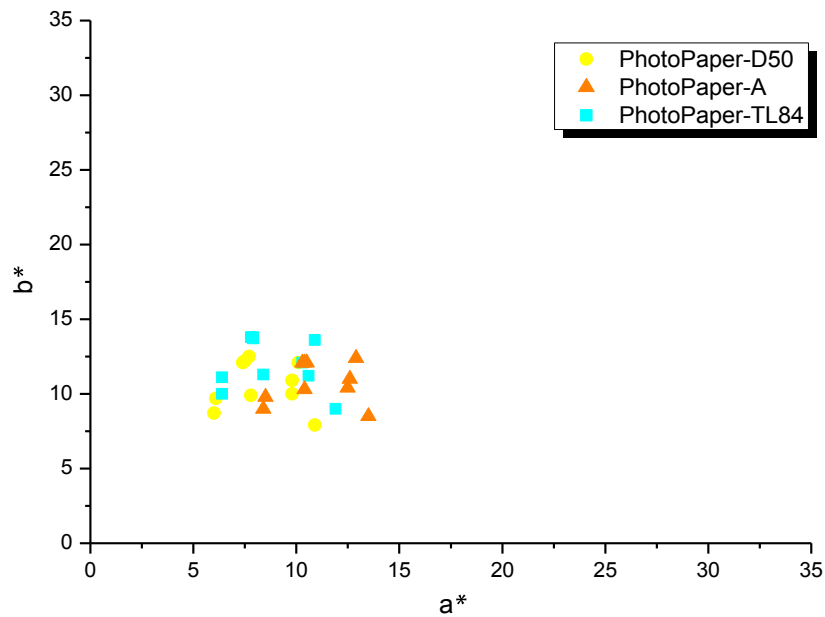
svijetla	podloga		$\Delta a^*$
	1	2	
	$a^*$	$a^*$	
1.	8,4	8,6	0,2
2.	7,9	8,5	0,3
3.	6,4	7,1	0,7
4.	6,4	7,1	0,7
5.	7,9	8,4	0,5
6.	7,8	8,5	0,4
7.	10,3	10,9	0,6
8.	11,9	11,7	0,2
9.	10,9	10,5	0,4
10.	10,6	10,6	0,0

tamna	podloga		$\Delta a^*$
	1	2	
	$a^*$	$a^*$	
1.	20,0	16,1	3,9
2.	22,6	17,5	5,1
3.	24,2	21,4	2,8
4.	21,9	18,9	3,0
5.	25,0	19,4	5,6
6.	20,4	15,8	4,6
7.	23,5	18,9	4,6
8.	22,9	18,5	4,4
9.	23,7	17,2	6,5
10.	13,4	10,2	3,2

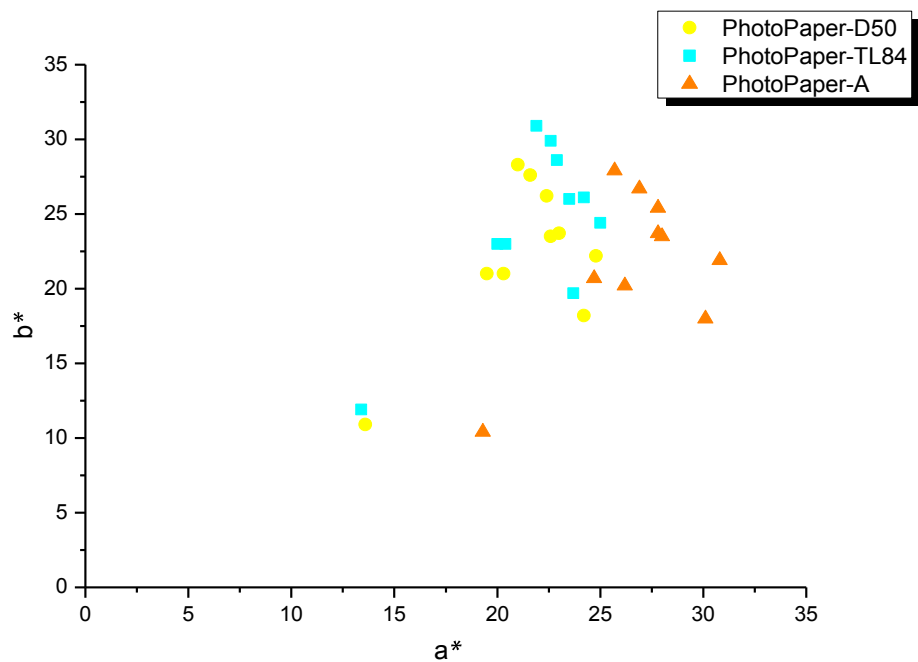
svijetla	podloga		$\Delta b^*$
	1	2	
	$b^*$	$b^*$	
1.	11,3	10,6	0,7
2.	13,7	12,5	1,2
3.	10,0	9,5	0,5
4.	11,1	10,0	1,1
5.	13,8	12,3	1,5
6.	13,8	12,5	1,3
7.	12,1	10,5	1,6
8.	9,0	7,5	1,5
9.	13,6	12,1	1,5
10.	11,2	9,8	1,4

tamna	podloga		$\Delta b^*$
	1	2	
	$b^*$	$b^*$	
1.	23,0	21,0	2,0
2.	29,9	27,1	2,8
3.	26,1	23,5	2,6
4.	30,9	29,8	1,1
5.	24,4	26,5	2,1
6.	23,0	23,2	0,2
7.	26,0	23,7	2,3
8.	28,6	25,2	3,4
9.	19,7	23,8	4,1
10.	11,9	15,0	3,1

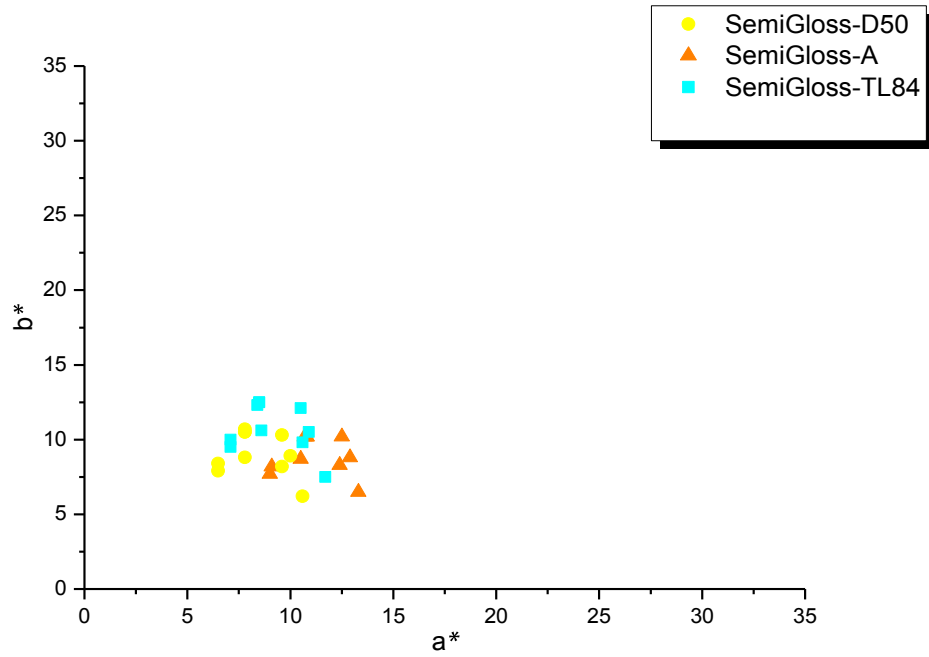
## Grafički prikazi instrumentalnih mjerenja



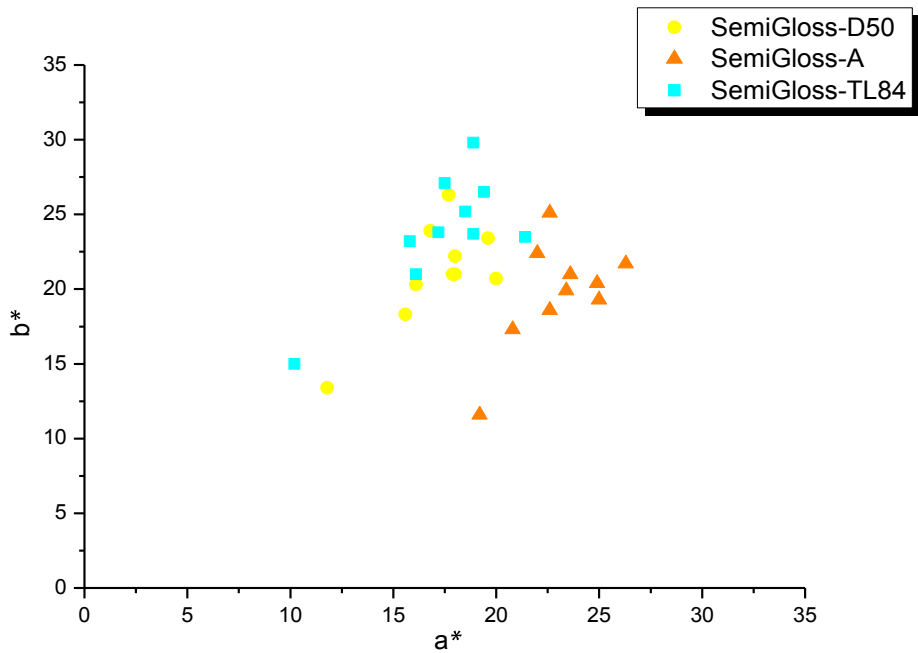
Slika 16: Usporedba uzoraka svijetle kože izmjenjenih pod različitim vrstama rasvjete na podlozi 1



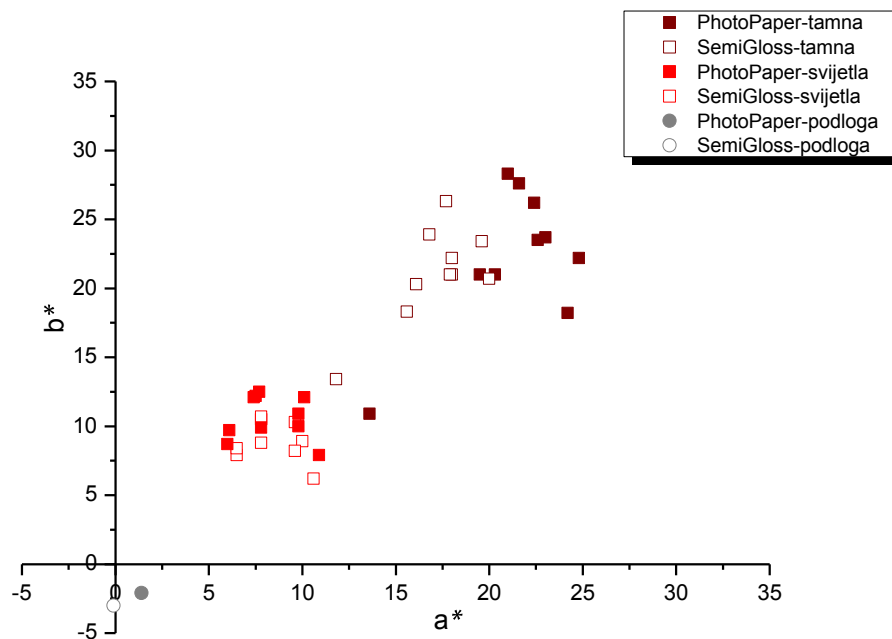
Slika 17: Usporedba uzoraka tamne kože izmjenjenih pod različitim vrstama rasvjete na podlozi 1



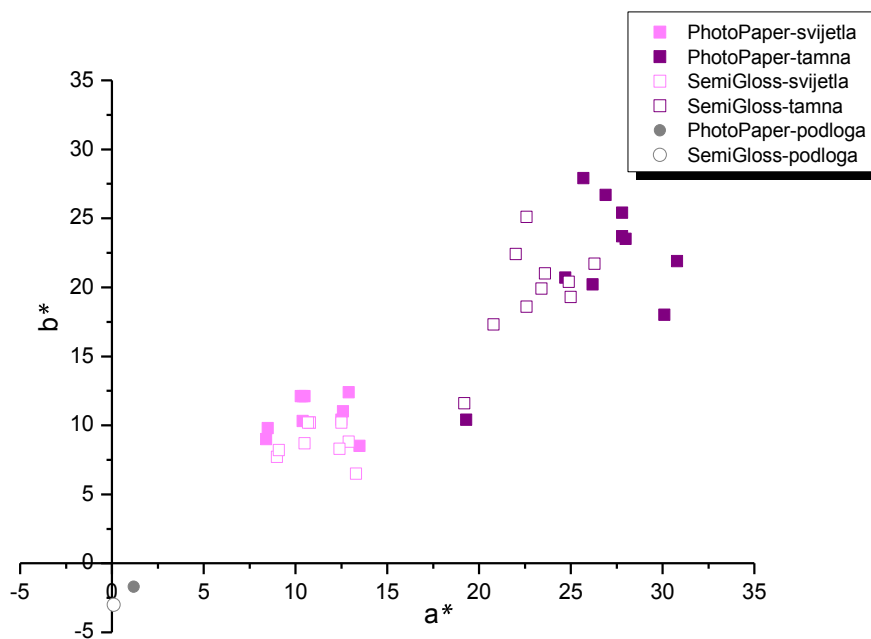
Slika 18: Usporedba uzoraka svijetle kože izmjenjenih pod različitim vrstama rasvjete na podlozi 2



Slika 19: Usporedba uzoraka tamne kože izmjenjenih pod različitim vrstama rasvjete na podlozi 2

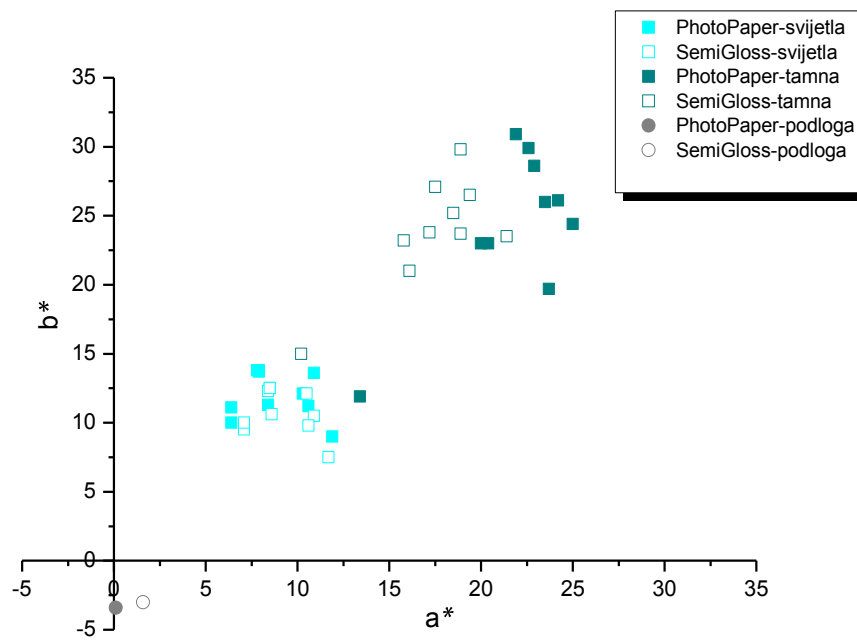


Slika 20: Usporedba uzoraka svijetle i tamne boje kože na različitim podlogama pod rasvjetom D50

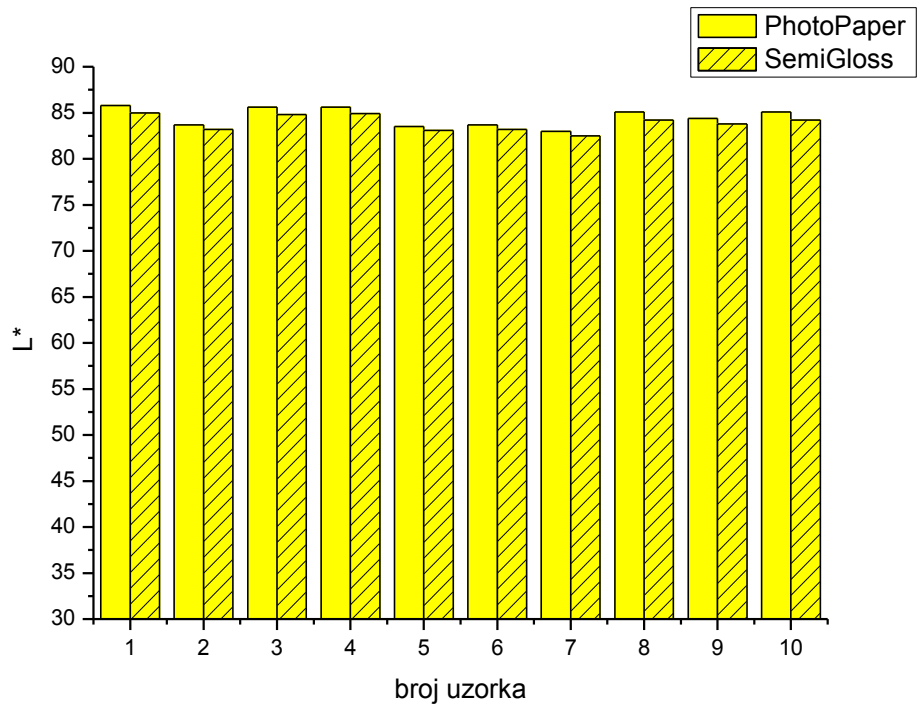


Slika 21: Usporedba uzoraka svijetle i tamne boje kože na različitim podloga pod rasvjetom A

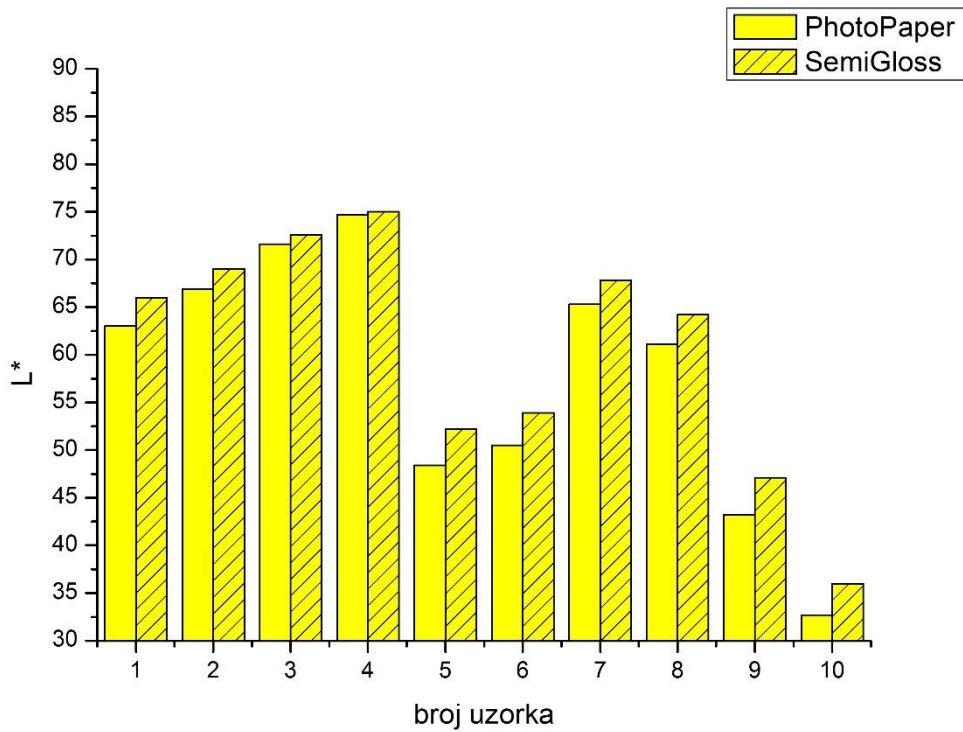




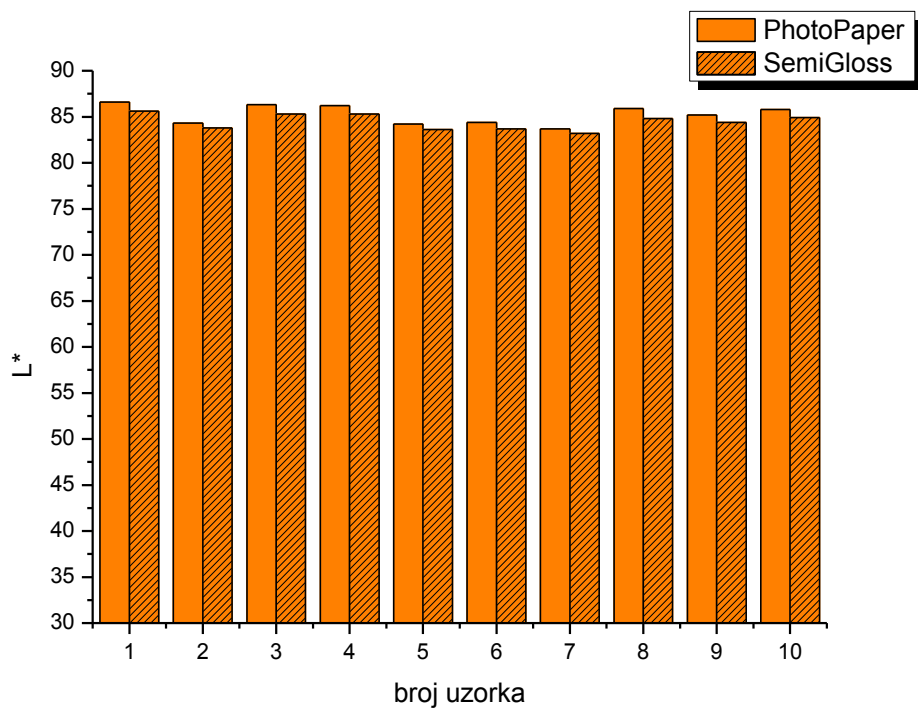
Slika 22: Usporedba uzoraka svijetle i tamne boje kože na različitim podloga pod rasvjetom TL84



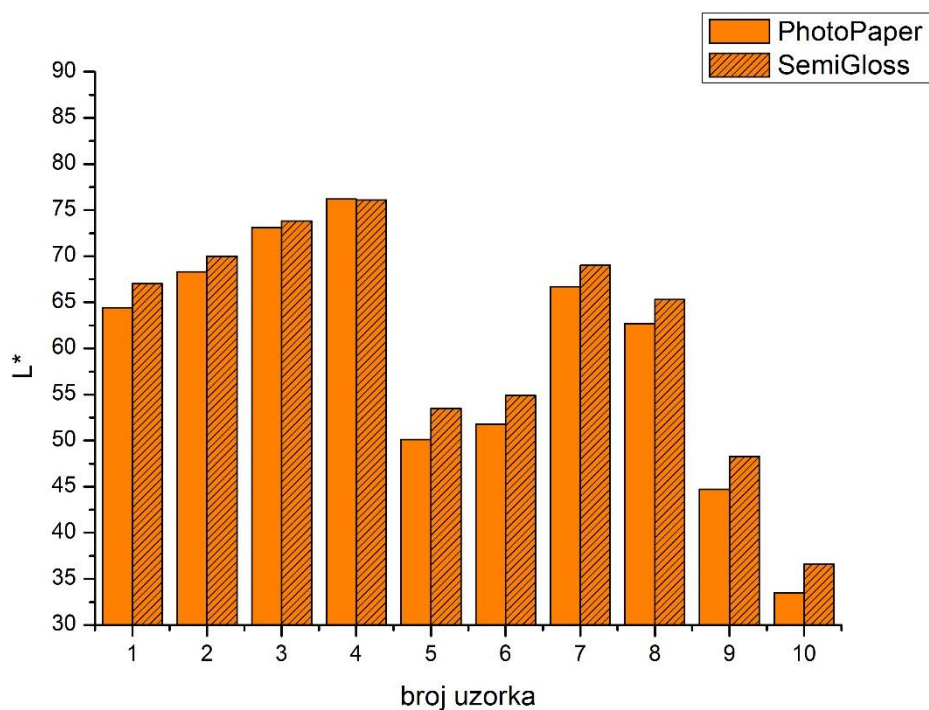
Slika 23: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka svijetle kože pri rasvjeti D50



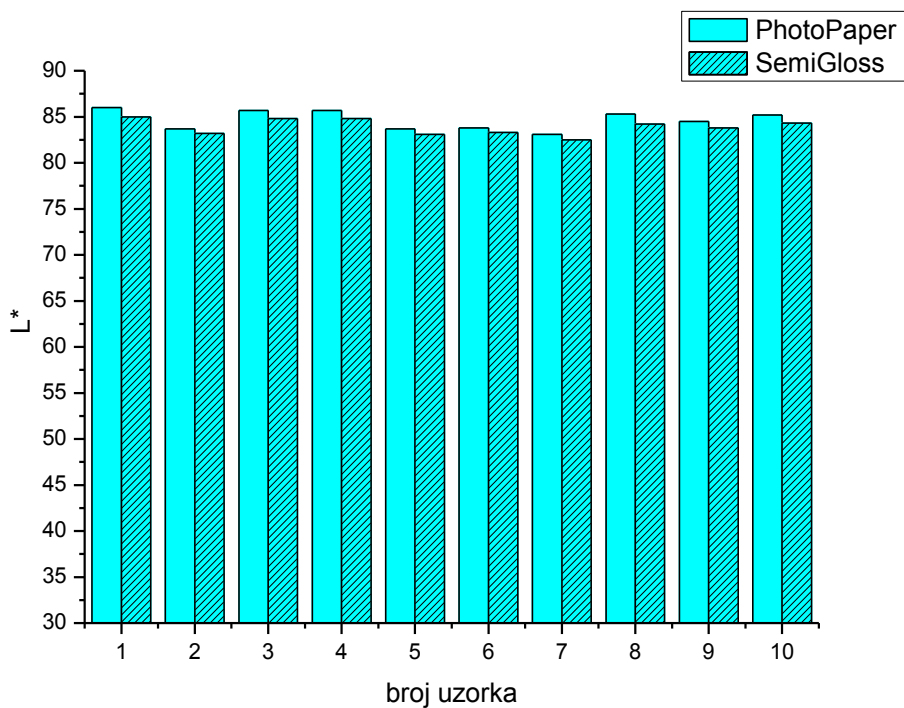
Slika 24: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka tamne kože pri rasvjeti D50



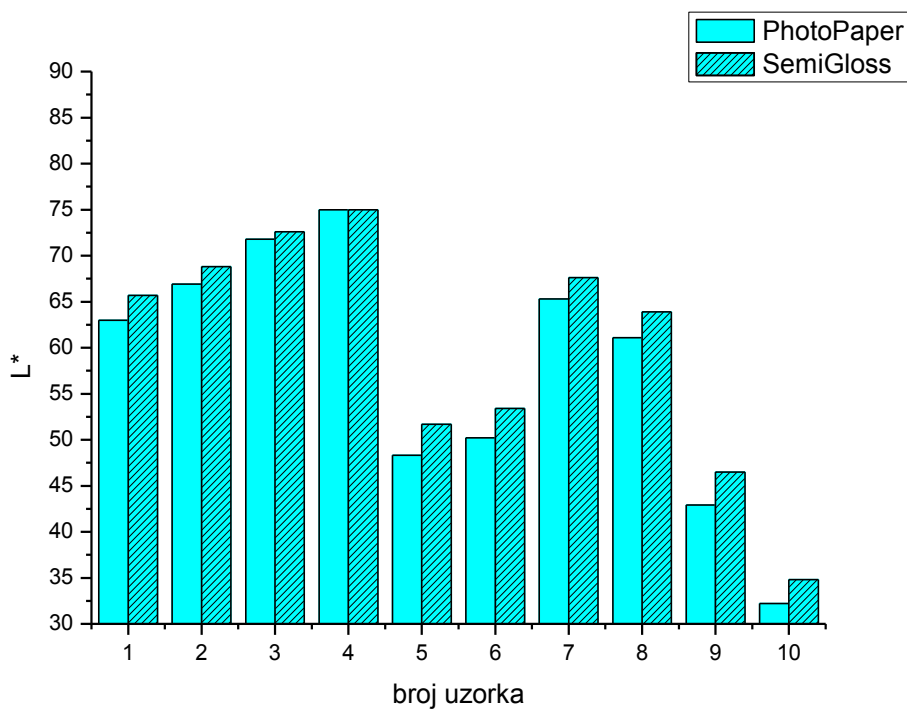
Slika 25: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka svijetle kože pri rasvjeti A



Slika 26: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka tamne kože pri rasvjeti A



Slika 27: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka svijetle kože pri rasvjeti TL84



Slika 28: Usporedba svjetline  $L^*$  uzoraka tamne kože pri rasvjeti TL84

## 9. RASPRAVA

Kako je već navedeno, cilj ovog rada je ustanoviti povezanost i odstupanja između vizualnog ocjenjivanja i instrumentalnog mjerenja. Za svaku podlogu se za standard uzimala podloga na kojoj su klinovi ispisani, a kolorimetrijske razlike su se mjerile između dvije iste boje odnosno dva ista klina na različitim podlogama.

Za vizualnu ocjenu, kao što je već rečeno u poglavlju 7. *Planiranje i provedba metode*, uzeto je 23 ispitanika. Ispitanici nisu bili prethodno podvrgnuti nikakvim testovima za deformacije i anomalije vida.

Instrumentalnim mjerenjima je utvrđeno da su najveće kolorimetrijske razlike:

- pri D rasvjeti:

- svijetle kože kod parova:

- 7. ( $\Delta E = 1,63$ ),
- 5. ( $\Delta E = 1,53$ ),
- 10. ( $\Delta E = 1,46$ ),
- 2. ( $\Delta E = 1,44$ ).

- tamne kože kod parova:

- **9.** ( $\Delta E = 6,35$ ),
- **5.** ( $\Delta E = 5,31$ ),
- 6. ( $\Delta E = 4,32$ ),
- 10. ( $\Delta E = 3,89$ ).
- 8. ( $\Delta E = 3,66$ ),

- pri A rasvjeti:

- svijetle kože kod parova:

- 7. ( $\Delta E = 1,77$ ),
- 10. ( $\Delta E = 1,66$ ).
- 6. ( $\Delta E = 1,65$ ),
- 4. ( $\Delta E = 1,65$ ),
- 8. ( $\Delta E = 1,63$ ),

- tamne kože kod parova:
  - 9. ( $\Delta E = 4,74$ ),
  - 5. ( $\Delta E = 4,1$ ),
  - 6. ( $\Delta E = 3,5$ ),
  - 8. ( $\Delta E = 3,23$ ),
  - 1. ( $\Delta E = 3,10$ ).
  
- pri TL84 rasvjeti:
  - svijetle kože kod parova:
    - 7. ( $\Delta E = 1,54$ ),
    - 4. ( $\Delta E = 1,44$ ).
    - 6. ( $\Delta E = 1,42$ ),
    - 8. ( $\Delta E = 1,32$ ),
  - tamne kože kod parova:
    - 9. ( $\Delta E = 6,87$ ),
    - 5. ( $\Delta E = 5,5$ ),
    - 10. ( $\Delta E = 4,76$ ),
    - 6. ( $\Delta E = 4,55$ ).

Vizualnim ocjenjivanjem je utvrđeno da su najveće razlike uočene (kod 15 ili više ispitanika):

- pri D rasvjeti:
  - svijetle kože kod parova:
    - 1. (18 ispitanika),
    - 5. (15 ispitanika),
  - tamne kože kod parova:
    - 9. (21 ispitanik),
    - 5. (18 ispitanika),
    - 7. (17 ispitanika),
    - 10. (17 ispitanika).
    - 1. (16 ispitanika),

- pri A rasvjeti:
  - svijetle kože kod parova:
    - 5. (15 ispitanika),
  - tamne kože kod parova:
    - 9. (16 ispitanika),
  
- pri TL84 rasvjeti:
  - svijetle kože kod parova:
    - 1. (17 ispitanika),
  - tamne kože kod parova:
    - 9. (20 ispitanika),
    - 5. (20 ispitanika),
    - 10. ( 19 ispitanika),
    - 1. (16 ispitanika).
    - 8. (15 ispitanika).

Najveća odstupanja između vizualnog ocjenjivanja i instrumentalnog mjerenja:

- pri D50 rasvjeti:
  - kod svijetle kože - 1. par je 18 ispitanika označilo sa oznakom „x“ tj. da vidi najveću razliku iako je kolorimetrijska razlika samo 0,99 jedinica. Za instrumentalno izmjerenu najveću kolorimetrijsku razliku kod 7. para ( $\Delta E^* = 1,63$ ) „x“ je označilo samo 7 ispitanika;
  - kod tamne kože je prvu najveću kolorimetrijsku razliku kod 9. para, prepoznao čak 21 ispitanik, a drugu najveću, kod 5. para, 18 ispitanika. Odstupanje se uočava na sljedećoj po redu najvećoj kolorimetrijskoj razlici kod 6.para ( $\Delta E=4,32$ ) koji nije puno ispitanika označilo kao veliku razliku (11 ispitanika). Za razlike kod 10. para ( $\Delta E=3,89$ ) i 7. para ( $\Delta E=3,825$ ) je čak 17 ispitanika opet stavilo „x“ kao potvrdu viđenja razlike. Kada se zasebno gledaju razlike, može se vidjeti da i 7. i 10. par imaju razliku  $\Delta b^*=2,5$  za razliku od 6. para koji ima  $\Delta b^*=0,7$ . Dakle, iako je ukupno

odstupanje dvije boje na različitim podlogama veće, ispitanici su uočili veću razliku kada je veća razlika u  $b^*$  koordinati više nego kada se mijenja svjetlina  $L^*$  ili  $a^*$  koordinata;

- pri A rasvjeti:

- kod svijetle kože najveće instrumentalno mjerena kolorimetrijska razlika je opet kod 7. para ( $E=1,77$ ), ali ju opet nije uočilo puno ispitanika (7 ispitanika). Kao i u prethodnoj rasvjeti, velik broj ispitanika je uočio razliku baš kod 5. para (15 ispitanika) iako je kolorimetrijska razlika ( $E=1,58$ ) manja nego kod 7. para. Ovog puta se čak ni zasebne  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  razlike ne razlikuju previše. Štoviše,  $b^*$  koordinata 7. para je nešto veća od  $b^*$  kordinate, za 0,3 jedinica. Kako se radi o A rasvjeti, koja je toplija od dnevne D50, manje se uočavaju razlike uzoraka pošto se uzorci nalaze u prvom kvadrantu, između crvene  $+a^*$  osi i žute  $+b^*$  osi pa se na taj način mogu opisati odstupanja pri ovoj rasvjeti.
- kod tamne kože je opet prepoznata najveća razlika od strane najvećeg broja ispitanika (9. par,  $\Delta E=4,74$ ). Sljedeći par s najvećim brojem „x“ oznaka (14 ispitanika) je 7. ( $\Delta E=2,97$ ) par iako ne i instrumentalno najveći (5. par,  $\Delta E=4,1$ , 7 ispitanika). Opet se može iščitati da iako je svjetlina veća od instrumentalno izmjereno drugog najvećeg para klinova, ispitanici više reagiraju na promjenu  $a^*$  i  $b^*$  koordinate;

- pri TL84 rasvjeti:

- kod svijetle kože se opet javlja isto odstupanje, za najmanju kolorimetrijsku razliku je najveći broj ispitanika označio „x“. Je li to zbog sjećanja na prethodne rasvjete ili zbog odstupanja u promatranju klinova, na ovako malom ispitivanju ne može se zaključiti. Kada pogledamo zasebne  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  razlike, najveća se razlika uočava kod svjetline  $L^*$ . Za najveću kolorimetrijsku razliku kod 7. para ( $\Delta E^*=1,54$ ) opet je mali broj ispitanika dao „x“ (7 ispitanika) iako je razlika veća od 5. para ( $\Delta E=1,4$ ) koji ima treću po redu najveću kolorimetrijsku razliku i koju su ispitanici ocjenili sa 14 „x“.



- kod tamne kože nema gotovih nikakvih odstupanja. Vizualno ocijenjeni rezultati korespondiraju s instrumentalno izmjerenim podacima što je logično jer su razlike definitivno najveće pri ovoj rasvjeti, čak do  $\Delta E^*=6,87$  kod 9. para.

## 10. ZAKLJUČAK

Prije svega, potrebno je još jednom napomenuti da se u ispitivanju radilo o veoma malim razlikama u boji. Kao što je već navedeno u poglavlju 3.2.1. *Kolorimetrijska razlika*, jasno vidljiva razlika je uočljiva tek kada je od  $\Delta E^* > 3$  jedinice. Cilj ovog rada je dati važnost uvjetima pod kojima odabiremo boju odnosno pokazati kako rasvjeta ima veliki utjecaj na boju pa tako i na boju kože.

U ispitivanju je do puno većih kolorimetrijskih razlika došlo kod klinova tamnije kože. Pri TL84 rasvjeti su izmjerene najmanje razlike kod uzoraka svijetle boje kože, dok su kod uzoraka tamne kože izmjerene najveće razlike od svih rasvjeta. Razlike su uočene kod približno jednakog broja ispitanika. Kao što je već rečeno, TL84 je fluorescentna rasvjeta koja se koristi u većini trgovačkih centara u Europi i SAD-u, što znači da većina korisnika promatra kozmetičke proizvode baš pod ovom rasvjetom.

No kako se ipak radi o otisnutim uzorcima boje, korisnici kataloge dekorativne kozmetike promatraju i pod svojim krovom i najvjerojatnije baš pod A rasvjetom. Pri A vrsti rasvjeti kod svijetle boje kože instrumentalno su izmjerene veće razlike, a kod tamne boje kože manje razlike u odnosu na dnevnu ili fluorescentnu rasvjetu.

Zlatna sredina instrumentalnih mjerenja je dnevna rasvjeta, za koju možemo reći da je najsigurnije rješenje za promatranje boja. Došlo je do srednjih odstupanja kada se gledaju odstupanja pod sve tri vrste rasvjete i svijetle i tamne boje kože.

Na vizualno ocjenjivanje i uočavanje razlike između parova klinova najviše su utjecale  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti, a najmanje svjetlina  $L^*$ . U nekima to nije bio slučaj, ali se to može shvatiti kao „*Exemptio regulum confirmat*“<sup>4</sup>. U poglavlju 6. *MacAdamsove elipse*, MacAdams je i zaključio da je ljudsko oko najosjetljivije na promjenu tona.

Ovim ispitivanjem dokazano je da dolazi do promjene boje uslijed otiskivanja na različitim podlogama, što je dokazano instrumentalnim mjerenjima, te da su te promjene više ili manje uočljive pod različitom rasvjetom, što je vizualnim ocjenjivanjem i potkrijepljeno.

Uzimajući u obzir rezultate ispitivanja, može se zaključiti da je za potpunu sliku o boji potrebno je i instrumentalno mjerenje i vizualno ocjenjivanje boje, no za kupnju

---

<sup>4</sup> Iznimka koja potvrđuje pravilo. – latinska poslovice

proizvoda u kozmetičkoj industriji sigurno se neće koristiti spektrofotometar dovoljno kompaktan da stane u svaku torbicu. Na pitanje „Da li je kupac, koji gleda hrpu vizualno neprivlačnog materijala, ikad promijenio mišljenje nakon gledanja u instrumentalna mjerenja?“<sup>5</sup> se može sa sigurnošću odgovoriti negativno. Korisnici se moraju i jedino mogu osloniti na svoj vid odnosno na vizualno ocjenjivanje, ali je važno zapamtiti da ista boja u različitoj okolini i na različitoj podlozi može izgledati različito.

---

<sup>5</sup> *Has a customer who finds a batch of material visually unacceptable ever changed his or her mind after looking at instrumental data?*, Berns R.S., (2000.) *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*.

## LITERATURA

1. Međurečan M. (2015.), *Odnos vizualne procjene boja i instrumentalnog mjerenja, završni rad*, Grafički fakultet, Zagreb
2. Sharma A. (2004.), *Understanding Color Management*, Delmar Learning - Thomson Learning Inc. Thomson, New York
3. Predavanja iz kolegija Kvalitativne metode ispitivanja i reprodukcije boja  
[https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1693253/mod\\_resource/content/1/Kmirb\\_2017-2018\\_predavanja.pdf](https://moodle.srce.hr/2017-2018/pluginfile.php/1693253/mod_resource/content/1/Kmirb_2017-2018_predavanja.pdf) (preuzeto 21.06.2018.)
4. Adams R.M., Sharma A., Suffoletto J. J. (2008.) : *Color Management Handbook: A practical Guide*, Printing Industries of America, USA
5. Berns R.S., (2000.) *Billmeyer and Saltzman's Principles od Color Technology*. A Wiley – Interscience Publication, New York

## **PRILOZI**

1. Upitnik za vizualno ocjenjivanje
2. Rezultati vizualnog ocjenjivanja
3. Klinovi svijetle kože i klinovi tamne kože

# PRILOG 1

Upitnik za vizualno ocjenjivanje uzoraka

Spol    M        Ž  
Dob    \_\_\_\_\_

Označiti "x" na mjestima na kojima se najviše uočava razlika između dva susjedna uzorka.

SVJETLA KOŽA			
	D	A	TL84
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

TAMNA KOŽA			
	D	A	TL84
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Upitnik za vizualno ocjenjivanje uzoraka

Spol    M        Ž  
Dob    \_\_\_\_\_

Označiti "x" na mjestima na kojima se najviše uočava razlika između dva susjedna uzorka.

SVJETLA KOŽA			
	D	A	TL84
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

TAMNA KOŽA			
	D	A	TL84
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

# PRILOG 2



## SVIJETLA

### D rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1		x	x		x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
2	x	x				x		x			x						x	x					
3		x	x						x			x							x		x		x
4			x		x						x	x				x			x				x
5	x				x	x	x	x	x		x	x		x		x	x	x	x			x	x
6					x			x		x	x								x	x			
7	x	x						x								x			x			x	x
8												x		x					x			x	x
9												x	x	x		x						x	
10					x					x	x				x	x				x		x	

M	Ž	uk.
8	10	18
5	2	7
3	4	7
3	4	7
7	8	15
4	2	6
3	4	7
0	5	5
0	5	5
3	4	7

### A rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1			x	x		x				x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		
2				x	x	x	x			x	x						x		x	x		x	x
3	x			x								x	x						x		x		x
4		x				x		x	x		x					x			x				x
5	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x				x	x		x		x	
6		x			x	x				x	x	x					x		x				x
7	x	x	x			x					x		x						x				
8			x	x				x				x	x	x		x							x
9		x	x	x		x		x		x	x	x	x								x		x
10		x		x		x		x			x		x			x		x	x	x			x

M	Ž	uk.
5	8	13
6	5	11
2	4	6
5	3	8
9	6	15
5	4	9
5	2	7
3	5	8
7	4	11
5	6	11

### TL84 rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1			x	x		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x				x	x	x					x	x	x			x				x		
3	x	x		x		x			x		x		x			x				x		x	x
4	x	x			x	x		x			x		x			x	x						x
5		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x	x					x
6			x	x	x	x		x			x	x	x										
7				x		x		x		x		x	x			x							
8			x										x			x				x		x	x
9						x																x	x
10				x							x		x			x					x	x	

M	Ž	uk.
5	12	17
4	5	9
6	5	11
6	4	10
9	5	14
6	2	8
4	3	7
1	5	6
1	2	3
2	4	6

## TAMNA

D rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1	x		x	x		x			x	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x
2	x		x	x		x			x		x	x					x		x	x	x	x	x
3								x			x	x							x				x
4				x				x				x	x					x	x	x	x		
5		x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	x	x
6			x	x	x	x			x		x								x	x	x	x	x
7			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x
8	x	x		x		x	x	x			x	x	x	x				x	x	x			x
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
10		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x				x		x	x	x	x	x

M	Ž	uk.
7	9	16
6	7	13
2	3	5
2	6	8
9	9	18
6	5	11
8	9	17
7	7	14
11	10	21
9	8	17

A rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1	x		x			x					x		x			x	x	x	x			x	x
2	x				x	x					x	x	x				x		x	x		x	x
3								x		x	x		x							x		x	
4						x	x	x			x	x	x					x		x	x		x
5		x				x			x		x		x					x					x
6						x			x		x		x							x			
7			x	x		x		x	x	x	x	x	x			x	x		x			x	x
8	x	x	x	x		x		x		x	x	x	x			x						x	x
9	x	x	x	x		x	x		x	x	x		x		x				x	x	x	x	x
10		x		x	x	x			x		x	x	x						x	x		x	

M	Ž	uk.
4	7	11
4	7	11
3	3	6
4	6	10
4	3	7
3	2	5
7	7	14
8	5	13
9	7	16
6	5	11

TL84 rasvjeta

ispitanici

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
1	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x			x		x		x		x	x
2			x	x	x	x					x	x	x									x	x
3						x				x												x	
4						x						x						x				x	
5	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
6	x	x	x		x	x				x	x	x	x						x	x	x	x	
7		x	x	x	x	x	x					x	x	x			x		x			x	x
8		x		x	x	x	x	x			x	x	x			x	x	x	x				x
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	

M	Ž	uk.
9	7	16
5	4	9
2	1	3
1	3	4
10	10	20
7	6	14
6	7	13
8	7	15
10	10	20
10	9	19

# PRILOG 3

svjetla koža

03



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

01



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

06



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

04



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

02



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

08



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

10



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

09



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

05

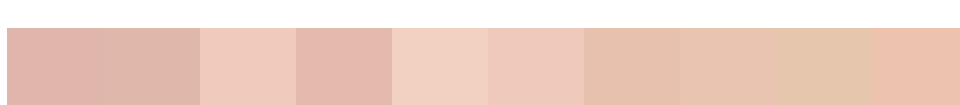


1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

07



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.



Δ

tamna koža

