

# Kolorimetrijska ocjena kvalitete zaslona mobilnih uređaja

---

Klišanin, Vlado

Master's thesis / Diplomski rad

2017

*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:216:063422>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

Vlado Klišanin

**KOLORIMETRIJSKA OCJENA KVALITETE  
ZASLONA MOBILNIH UREĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2017



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Vlado Klišanin

# **KOLORIMETRIJSKA OCJENA KVALITETE ZASLONA MOBILNIH UREĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

doc. dr. sc. Ante Poljičak

Student:

Vlado Klišanin

Zagreb, 2017

## SAŽETAK

Cilj ovoga rada je određivanje kvalitete prikaza boje na pojedinom mobilnom uređaju na način da se uspoređi sa standardnim prostorom boja sRGB. U teoretskom dijelu će se obraditi prostori boja, posebno CIE L\*a\*b\* prostor boja koji se danas najviše i koristi. Nadalje, posebno će biti obrađena i objašnjena kolorimetrija kako bi se kvalitetu zaslona mobilnog uređaja moglo prosuđivati. Analizirati će se sRGB prostor boja koji će biti prijeko potreban tijekom eksperimentalnoga dijela kao temelj kolorimetrijske usporedbe. Uz prostore boja važno je spomenuti i kolorimetrijsku ili geometrijsku razliku koja se dobiva iz CIE L\*a\*b\* prostora boja odnosno mjerenja između mjerenog uzorka i standarda.

Za eksperimentalni dio kvaliteta zaslona mobilnih uređaja će se mjeriti korištenjem spektrometrom na način da se izmjeri boja, odnosno njeno odstupanje u odnosu na sRGB. Mjeriti će se 125 boja, od toga svaka 10 sekundi. Rezultati mjerenja biti će obrađeni uz pomoć programa MATLAB pomoću kojeg će se generirati gamuti. Zatim će se u excelu odrediti kolorimetrijska razlika između izmjerenih vrijednosti i sRGB vrijednosti. Na temelju dobivenih rezultata donijeti će se zaključak o kolorimetrijskoj ocjeni prikaza boje na pojedinom mobilnom uređaju, koji ima najviše, a koji najmanje odstupanje od standarda.

**Ključne riječi:** Mobilni uređaj, kolorimetrija, kolorimetrijska razlika, prostori boja, sRGB, CIE L\*a\*b\*

## **ABSTRACT**

The goal of this paper is to assess the quality of the mobile device's screen will be evaluated by comparison with standard color space sRGB. In theoretical part, an overview of the color spaces will be given with an emphasis on CIE L\*a\*b\* color space. Further, colorimetric theory will be explained to be able to estimate the quality of a mobile device's screen. In addition, sRGB color space will be analyzed since this color space will be essential for the experimental part.

In experimental part the quality of the mobile device's screen will be assessed by measuring color using spectroradiometer and comparing it with sRGB standard. 125 colors will be measured, each for 10 seconds. Results will be analyzed using MATLAB for gamut generation, and excel for calculation of color differences. With gathered data will be determined which mobile device has the smallest, and which has the greatest deviation from the standard.

**Keywords:** Mobile device, colorimetry, color difference, color, sRGB, CIE L\*a\*b\*

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	2
2.1.	Kolorimetrija.....	2
2.2.	Prostori boja.....	3
2.2.1.	CIE.....	6
2.2.2.	Grassmanovi zakoni .....	6
2.2.3.	CIE XYZ .....	8
2.2.4.	CIE L*a*b* .....	9
2.2.5.	sRGB .....	12
2.3.	Kolorimetrijska razlika .....	13
2.4.	Uređaji za mjerenje boje .....	15
2.5.	Gamut.....	18
2.6.	AMOLED zasloni .....	19
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	21
3.1.	Postupak izvođenja eksperimenta.....	21
3.2.	Rezultati.....	23
4.	RASPRAVA .....	30
5.	ZAKLJUČAK .....	32
6.	LITERATURA.....	33
7.	POPIS SLIKA .....	36
8.	POPIS TABLICA.....	37
9.	PRILOZI .....	38

## 1. UVOD

Kolorimetrija je znanost o boji. Bavi se brojčanim određivanjem boje i opisivanjem boje kako je vidi ljudski vizualni sustav. Postoje dvije vrste kolorimetrije. Kako bismo boje mogli definirati i vizualizirati stvoreni su razni prostori boja. Neki su ovisni o uređajima, a neki nisu. Svaki prostor ima svoj temelj i princip kako modelira boju.

Komisija za rasvjetu je uvela dva standardna promatrača  $2^\circ$  i  $10^\circ$  te je definirala nekoliko prostora boja kao što su CIE  $L^*c^*h^*$ , CIE  $L^*u^*v^*$ , CIE XYZ I CIE  $L^*a^*b^*$  koji je najrašireniji.

Kod CIE  $L^*a^*b^*$  prostora vrijednost L predstavlja svjetlinu odnosno akromatsku os, a osi  $a^*$  i  $b^*$  predstavljaju kromatske osi. Vrijednost  $a^*$  predstavlja zelenu i crvenu boju, a vrijednost  $b^*$  žutu i plavu boju. Iz mjerenja razlike u boji između mjerenog i standardnog uzorka dobiva se nova vrijednost koja se naziva kolorimetrijska ili geometrijska razlika,  $\Delta E$ .

Standardni RGB prostor ima svoje vrijednosti te veliki volumen ili gamut što znači da može prikazati i mnogo boja. Kod izrade mobilnih uređaja teško se približiti tim vrijednostima.

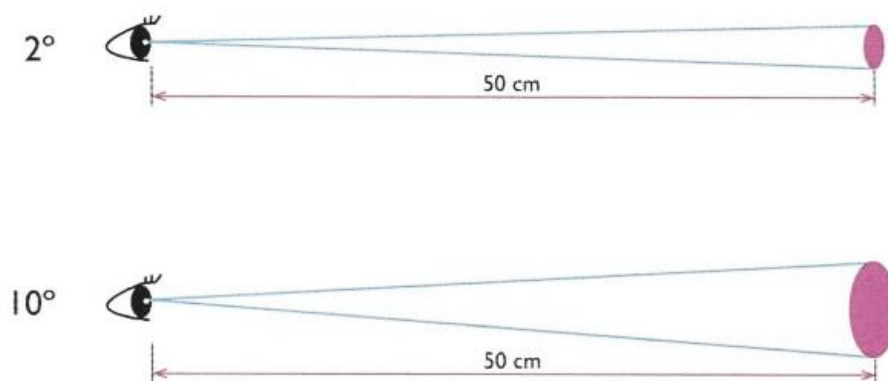
AMOLED zaslone su danas najpopularniji zbog svojih prednosti te se najčešće koriste kod izrade mobitela i tableta. Imaju visoki kontrast što im je velika prednost, ali imaju i svojih mana kao što je visoka cijena. Ima više modela od kojih svaki ima svoje prednosti pred drugima.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Kolorimetrija

Kolorimetrija<sup>1</sup> je znanost koja opisuje boju te modelira njen izgled radi opisivanja iste boje neovisno o mediju. Ona se bavi mjerenjem i usporedbom boja na matematički odnosno brožčani način tako da određuje boju u odnosu na vizualni podražaj. Osim što se bavi brožčanim određivanjem bavi se i opisom svojstava svjetlosti koja može biti reflektirana, emitirana ili transmitirana od strane promatranog objekta. Kolorimetrija je grana znanosti koja se bavi objektivnim odnosno fizikalnim određivanjem boje kako ju vidi ljudski vizualni sustav. Kolorimetrija se između ostaloga bavi i specifikacijom malih razlika u bojama tako da promatrač može opaziti kad su razlike u raspodjeli snage spektralnog zračenja zadanih vizualnih podražaja takve da potpuno usklađivanje boja nije zapaženo. Postoje dvije vrste kolorimetrije. Vizualna kolorimetrija kod koje koristimo atlas boja i tristimulusni kolorimetar te instrumentalna kolorimetrija kod koje koristimo instrumentalni kolorimetar i spektrofotometrijsku analizu. [6][10][3][4][8]

Karakterizacija boja služi kako bismo mogli definirati transformacije između prostora boja uređaja opisujući percipiranu boju na temelju CIE standardnog promatrača. [6]



Izvor: [http://fotoproceni.grf.unizg.hr/media/Predavanja%20-%20Kvalitivne%20metode%20ispitivanja%20reprodukcije%20boja\\_2014.pdf](http://fotoproceni.grf.unizg.hr/media/Predavanja%20-%20Kvalitivne%20metode%20ispitivanja%20reprodukcije%20boja_2014.pdf) (03.04.2017)

Slika 1: Standardni promatrač 2° i 10°

<sup>1</sup> Kolorimetrija - (lat. *color*-boja; grč. *metrein*-mjeriti)



Kvantifikacija se određuje tako da kada se gleda od strane promatrača normalnog vida, pod istim uvjetima promatranja, podražaji izgledaju jednako, podražaji koji su jednaki imaju iste specifikacije i brojevi koji sadrže specifikaciju su kontinuirane funkcije fizikalnih parametara koji definiraju raspodjelu snage spektralnog zračenja podražaja. [6]

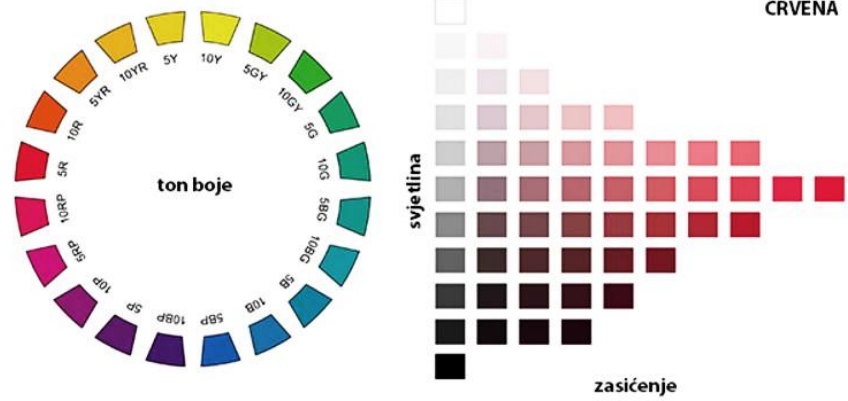
## **2.2. Prostori boja**

Prostor boja je način uz pomoć kojeg se boje mogu definirati, vizualizirati te stvarati. Boja je uglavnom definirana sa tri parametra koji određuju položaj neke boje unutar prostora koji se koristi. Prostori boja mogu biti ovisni odnosno neovisni o uređaju. Prostori boja koji su ovisni o uređaju koriste se u tehnologiji (RGB) i tisku (CMYK). Kada definiramo boju u nekom prostoru te ju koristimo na nekom drugom uređaju ista ta boja više nije jednaka onim definicijama kao u prvotnom prostoru. [8]

Dok se prostori boja koji ovise o uređaju obaziru na fizičke komponente i svojstva samog uređaja, prostori boja neovisni o uređaju definiraju boju na bazi percepcije standardnog promatrača. Isti ovise o kromatskim svojstvima seta primarnih boja koje se koriste prilikom bojanja. Postoji puno prostora boja od kojih se neki temelje na psihološkim atributima, neki na miješanju boje svjetla i pigmenta, neki na supraktivnom miješanju boja te na aditivnom miješanju boja. Postoje i prostori koji se temelje na CIE zakonitostima, a najvažniji su CIE XYZ i CIE  $L^*a^*b^*$ . [8][14]

Prostori koji se temelje na psihološkim atributima:

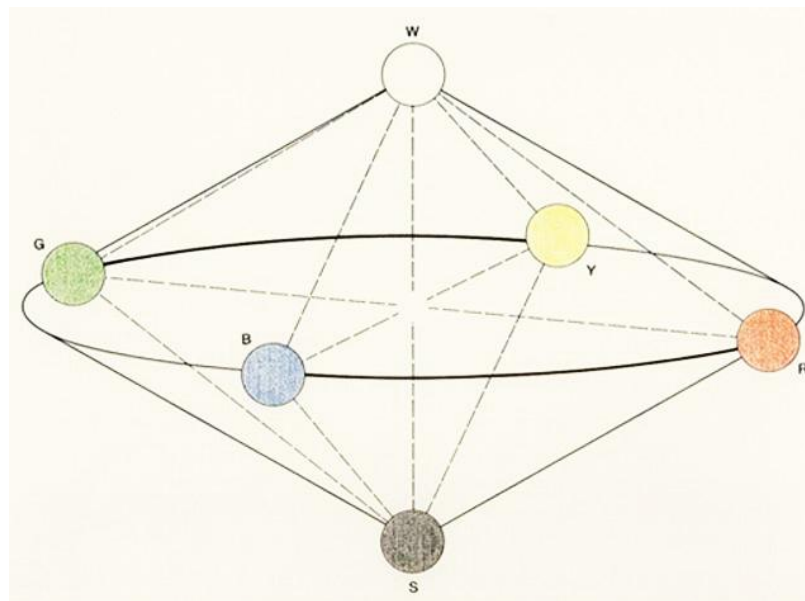
- Munsellov sustav



Izvor: <http://www.vocor-media.hr/blog//89/znanstvena-teorija-dobivanja-boja> (15.02.2017)

Slika 2: Munsellov prostor boja

- NCS (Natural Colour System)



Izvor: <http://www.colorsystem.com/?page id=976&lang=en> (15.02.2017)

Slika 3: NCS

Prostori koji se temelje na miješanju boje svjetla i pigmenta:

- Ostwaldov
- Pantone

Prostori temeljeni na CIE zakonitostima

- CIE  $L^*u^*v^*$
- CIE  $L^*c^*h$  [8]

Prostori temeljeni na suptraktivnom miješanju boja:

- CMY
- CMYK

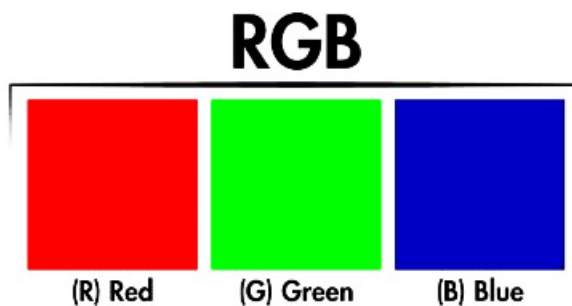


Izvor: <https://jettprint.com.au/cmyk-stand/> (15.02.2017)

Slika 4: CMYK

Prostori boja temeljeni na aditivnom miješanju boja:

- YCC
- RGB



Izvor: <http://www.printgiant.info/2013/03/rgb-vs-cmyk.html> (15.02.2017)

Slika 5: RGB

Osim što se temelje na zakonitostima, CIE prostori se temelje i na izdjenčavanju boja. Uključuju osnovne norme i postupke mjerenja boja. Neovisni su o uređaju te zbog

toga preciznije daju opis boje. Tropodražajne vrijednosti su početna točka te određuju položaj unutar trodimenzionalnog prostora. [12]

### 2.2.1. CIE

Komisija CIE<sup>2</sup> je osnovana 1931. godine, a sjedište joj je u Beču. Danas ima sedam odjeljenja, koja se bave različitim faktorima svjetla, a to su:

- 1) Vidljivost i boja
- 2) Mjerenje svjetla i zračenja
- 3) Unutarnje osvjetljenje i oblikovanje unutarnjeg osvjetljenja
- 4) Osvjetljenje i signalizacija u transportu
- 5) Vanjsko osvjetljenje i druge primjene
- 6) Fotobiologija i fotokemija
- 7) Tehnologija slike [15]

### 2.2.2. Grassmanovi zakoni

CIE kolorimetrijski prostor se zasniva se na Grassmanovim zakonima aditivnog miješanja boja. Postoje tri zakona koja je postavio Hermann Günther Grassmann (1807–1877).

- 1) Za specifikaciju su potrebna samo tri neovisna primara.

Zakon kaže da se bilo koji podražaj boje može prikazati kao linearna kombinacija točno triju primara koji su neovisni te zaključujemo da se ni jedan od triju primara ne može dovesti u sklad s kombinacijom ostala dva primara. [11]

$$[C_\lambda] = r[R] + g[G] + b[B] \quad (1.)$$

---

<sup>2</sup> CIE - (franc. *Commision Internationale de l'Eclairage*) - internacionalna komisija za rasvjetu

2) Usklađenost dvaju podražaja će i dalje vrijediti ako se intezitet obaju podražaja pomnoži sa nekim faktorom.

Ovaj zakon znači da, ukoliko se promjeni intezitet svjetlosti valne duljine za neku vrijednost, također će se promijeniti odgovarajući inteziteti za istu vrijednost koja se promijenila. [11]

$$\alpha[C_\lambda] = \alpha r[R] + \alpha g[G] + \alpha b[B] \quad (2.)$$

3) Ako se promjeni udio jedne od komponenti miješanja, sukladno time će se promijeniti i rezultat aditivnog miješanja. [10]

Zadnji i treći zakon kaže da se za bilo koja dva podražaja njihov ukupni podražaj dobiva njihovim zbrajanjem odnosno zbrajanjem inteziteta primara. [11]

$$[C] = [C_{\lambda 1}] + [C_{\lambda 2}] \quad (3.)$$

$$[C] = (r_1 + r_2)[R] + (g_1 + g_2)[G] + (b_1 + b_2)[B] \quad (4.)$$

Vrijednost  $C_\lambda$  predstavlja svjetlost valne duljine. Vrijednosti R, G, i B su neovisni primari, a  $r$ ,  $g$  i  $b$  su udjeli odnosno inteziteti primara. [11]

Zahvaljujući zakonima moguća je konverzija tropodražajnih vrijednosti iz jednog prostora u drugi linearnom transformacijom. [11]

Uz Grassmanove zakone za potrebe instrumentalne kolorimetrije potrebno je definirati tri stvari, a to su: spektralni sastav filtera, spektralni sastav svjetla i standardni promatrač koji može imati kut od  $2^\circ$  i kut od  $10^\circ$ . Standardni promatrač od  $2^\circ$  se koristi u grafičkoj industriji, a standardni promatrač od  $10^\circ$  u automobilskoj industriji. [11][3]



Izvor: <http://www.geometrie.tuwien.ac.at/fg3/grassmann.html> (15.02.2017)

Slika 6: Hermann Günther Grassmann  
(1807–1877)

### 2.2.3. CIE XYZ

Od strane CIE stvoren je prvi definirani matematički prostor boja nazvan CIE XYZ, koji je temeljen na istraživanjima koja su provodili William David Wright i John Guild 20-ih godina prošlog stoljeća. Također, svojim radom su razvili i CIE RGB prostor boja na temelju tristimulusnih vrijednosti. [4]

Kod CIE XYZ prostora sve tri vrijednosti su ili sve pozitivne ili su jednake nuli. Vrijednost Y predstavlja svjetlinu, a X i Z predstavljaju ton i zasićenje. Temelji se na načelu da boja nije svojstvo nekog objekta ili tijela nego smatra da je boja percepcija energije koju to tijelo emitira ili reflektira te se uzrok tome u ljudskom mozgu stvara slika. [4]

CIE XYZ tropodražajne vrijednosti specificiraju podražaje boja onako kako ih vidi ljudski vizualni sustav. [6]

## 2.2.4. CIE L\*a\*b\*

CIE, komisija za rasvjetu, predložila je CIE L\*a\*b\* kao uniformirani prostor boja koji je neovisan o uređaju te trodimenzionalno perceptualno uniformiran. Temelji se na tri kanala koji se povezuju sa svojstvima boje prema Heringovoj teoriji suprotnih procesa i principima simultanog kontrasta crveno-zeleno, žuto-plavo te svjetlo i tamno. Dobiven je nelinearnom transformacijom XYZ prostora te predstavlja dijelomično rješenje za probleme pojavnosti i vizualne razlike boja koje su imali prijašnji prostori. [3][4]

Prema spomenutoj teoriji suprotnih procesa koju je postavio E. Hering (1834.-1919.), u mrežnici postoje tri vrste receptora koji su osjetljivi na svjetlo te svaki može proizvesti nekoliko suprotnih osjeta boje, a to su: plavo-žuto, crveno zeleno i crno-bijelo. Razlog imena „suprotna“ je zbog neizvedivosti postojanja crveno-zelene i žuto – plave boje. [9]

L\* vrijednost odnosno akromatska os definira svjetlinu od 0 do 100, za idealno bijelo odnosno idealno crno tijelo. Vrijednost a\* definira boje između crvene i zelene, a b\* vrijednost boje između žute i plave. Središte prostora je 0. CIE L\*a\*b\* prostor boja ima veliku primjenu u upravljanju bojama zbog uvođenja svjetline kao treće dimenzije, koordinata koje slijede zonsku teoriju i formule kako bi se izračunala kolorimetrijska razlika. Također, možemo izračunati i promjenu tona. [3][7]

Vrijednost a\* ima negativnu vrijednost u slučaju kad boja postaje zelena i pozitivnu vrijednost u slučaju kada boja postaje crvena. Vrijednosti b\* je negativna kada postaje plavo, a pozitivna vrijednost kada postaje žuta boja. Ovaj prostor se također može smatrati i prostorom pojavnosti boje zbog toga što se svjetlina može mijenjati. Prostor CIE L\*a\*b\* također sadrži sve perceptivne boje što znači da ima veći gamut od RGB i CMYK prostora boja. Ovaj prostor dobro dočarava vizualne razlike odnosno geometrijske udaljenosti. Vrijednosti a\* i b\* predstavljaju kromatske osi. [4][8]

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (5.)$$

$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (6.)$$

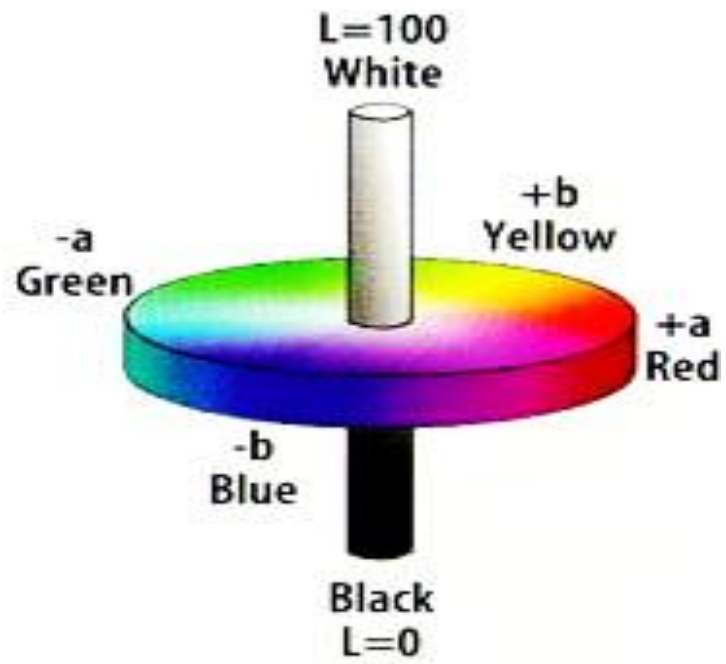
$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (7.)$$

Formule prikazuju transformaciju tropodražajnih vrijednosti u CIE L\*a\*b\* sustavu, u kojima vrijednosti L\*, a\* i b\* predstavljaju koordinate boja u novom prostoru, X, Y i Z vrijednosti predstavljaju tropodražajne vrijednosti boje u XYZ prostoru, a X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub> i Z<sub>n</sub> su tropodražajne vrijednosti za korišten izvor svjetla. [6][11]

Najbitnije svojstvo ovoga prostora je neovisnost o uređaju odnosno ne definiranost boja na način na koji su kreirane u uređaju. Najčešće se koristi zbog konverzije iz RGB u CMYK gdje su uključena oba gamuta. Može se koristiti i kao posredni format pri prijenosu s uređaja na uređaj. Danas je u širokoj primjeni. [4]

Prostor CIE L\*a\*b\* grubo opisuje model ljudskog oka gdje vizualni sustav na razini mrežnice obrađuje informacije o svjetlini i dvije informacije o kromatičnosti. Normalizacija ovisna o korištenom izvoru svjetla omogućava da prostor daje bolje predviđanje pojavnosti boje od tropodražajnog prostora boja. Može se zaključiti da je CIE L\*a\*b\* prostor je najbliži oku po poimanju boje. [6][7]





Izvor: <http://www.photocd.de/ycc-detail.htm> (15.02.2017)

Slika 7: CIE L\*a\*b\* prostor boja

### 2.2.5. sRGB

Prostor boja sRGB<sup>3</sup> je kreiran u zajedničkoj suradnji HP-a i Microsoft-a 1996. Izrađen je za upotrebu na monitorima, internetu i printerima. Također se koristi i kod grafičkog formata SVG<sup>4</sup>. Temelji se na kromatičnosti triju primara. Zbog standardizacije na internetu i računalima se koristi kod većine slabijih modela digitalnih kamera i skenera.

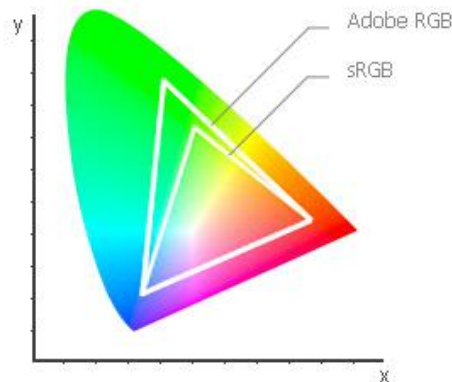
Najveće prednosti ovoga prostora su:

- a) prikladnost za ispis zbog zadovoljavajuće kvalitete,
- b) predstavlja siguran odabir zbog standardizacije i
- c) omogućuje dobar prikaz na internetu.

S druge strane, mane ovoga prostora su:

- a) ima manji gamut u odnosu na druge prostore i
- b) ne mogućnost pretvorbe u AdobeRGB prostor boja uz pomoć konverzije.

Može se prikazati i kao trokut unutar CIE XYZ dijagrama. [4][13]



Izvor: <http://stackoverflow.com/questions/7380690/creating-comparing-lab-profiled-colors-in-ios> (15.02.2017)

Slika 8: sRGB

<sup>3</sup> sRGB - standardni prostor boja zaslona

<sup>4</sup> SVG - (Scalable Vector Graphics) format zapisa vektorskih grafika

### 2.3. Kolorimetrijska razlika

Kolorimetrijska razlika se definira kao geometrijska udaljenost između dviju boja, ( $\Delta E$ ). Ne bi smijela prijeći vrijednost veću od 6, jer promatrač koji je već izvježban može uočiti razliku. Kod vrijednosti 0-1, razlika u boji je veoma mala, kod vrijednosti 1-2 razlika u boji je mala, kod vrijednosti 2-3.5 razlika je srednja, između 3.5-5 razlika je velika te kod vrijednosti veće od 5 razlika je značajno velika. Kriteriji su prikazani u Tablici 1. [4][5]

Tablica 1: Kriteriji za određivanje razlike u boji

$\Delta E$	Opis razlike
<b>0-1</b>	Veoma mala
<b>1-2</b>	Mala
<b>2-3.5</b>	Srednja
<b>3.5-5</b>	Velika
<b>&gt;5</b>	Značajna

Nelinearnom transformacijom iz tropodražajnog u CIE  $L^*a^*b^*$  prostor boja omogućava se da geometrijska udaljenost između dviju točaka bolje predviđa vizualnu razliku između dvaju podražaja koji predstavljaju te dvije točke. Na taj način je razvijena kolorimetrijska razlika koja predstavlja mjeru za vizualnu razliku pojavnosti. Premda je CIE  $L^*a^*b^*$  prostor boja bolje uniformiran od CIE XYZ i dalje nije potpuno uniformiran. Zbog toga nije moguće postaviti jedan prag tolerancije za kolorimetrijsku razliku kroz cijeli spektar boja. Vrijednost  $\Delta L^*$  je razlika u svjetlini između dvaju podražaja, a  $\Delta b^*$  i  $\Delta a^*$  se razlike u kromatičnosti između dvaju podražaja. [6]

Također se može se definirati i kao razlika između dviju koordinata za dvije boje. Bolje rečeno, koliko je odstupanje reprodukcije od originala što znači da li reproducirana boja „zadovoljava“ ili odstupa od „traženog“. Prema tome su nastali kriteriji. [8]

Ukoliko je svjetlosna razlika veća od nule mjerena boja uzorka je svjetlija od standarda, a ukoliko je razlika manja od nule onda je mjerena boja uzorka tamnija od

standardne. Kod crvene boje vrijednost je veća od nule, a kod zelene boje vrijednost je manja od nule. Isto tako kod žute boje vrijednost je veća od nule a kod plave boje je vrijednost manja od nule. Udaljenost između dviju točaka koje opisuju boje u prostoru boja. Opažanje razlike ovisi o više parametara, a to su: veličina slike, kontrast, karakteristike površine, okruženje i osvjetljenje. [7][12]

Kolorimetrijska razlika je razlika u pozicijama između dvaju mjerenih uzoraka u CIE  $L^*a^*b^*$  koordinatnom sustavu. Prvo se mjere vrijednosti dvaju uzoraka te se potom izračunava njihova udaljenost u koordinatnom sustavu.  $L_1, a_1$  i  $b_1$  su vrijednosti mjerenja originala, a  $L_2, a_2$  i  $b_2$  su vrijednosti mjerenja reprodukcije. Nakon što dobijemo  $\Delta E$  gubimo informacije o vrijednostima  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . Ako želimo raditi procjenu ili otkriti uzrok greške onda možemo mjeriti pojedinačne  $\Delta E$ . [7]

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (8.)$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (9.)$$

Razlike u boji između mjenenog materijala i standarda su definirane razlikama u svjetlini, crveno-zelenoj boji te žuto-plavoj boji. [7]

$$\Delta L^* = L_{mjereno}^* - L_{standard}^* \quad (10.)$$

$$\Delta a^* = a_{mjereno}^* - a_{standard}^* \quad (11.)$$

$$\Delta b^* = b_{mjereno}^* - b_{standard}^* \quad (12.)$$

## 2.4. Uređaji za mjerenje boje

Postoji nekoliko uređaja za mjerenje boje, a to su spektrometar, kolorimetar, spektroradiometar i spektrofotometar.

- a) Kolorimetar mjeri CIE tristimulusne vrijednosti boja za određeni podražaj. Temelj mjerenja jest usporedba ispitivane boje sa bojom koja je nastala u kolorimetru miješanjem boja aditivne sinteze. Važna prednost ovoga uređaja je mogućnost izračunavanja boja na bazi razlika u tonu, svjetlini te kromatičnosti. [7][8]



Izvor: <http://www.ru-ve.hr/proizvod/prijenosni-kolorimetri-90-203> (04.04.2017)

Slika 9: Kolorimetar

- a) Spektrometar mjeri određeno optičko svojstvo valne duljine. Ima mogućnost točnog određivanja valne duljine spektralnih linija neke tvari sa ugrađenom skalom u valnim duljinama. Postoje optički i maseni spektrometri. Kod optičkih spektrometara razlikovanje valnih duljina koje se analizira postiže se zakretanjem svjetlosti lomom na prizmi ili na ogibnoj rešetci. Kod masenih spektrometara koristi se električno odnosno magnetno polje za analizu. [7][16]



Izvor: <https://www.conrad.hr/?websale8=conrad-hr&pi=1095146> (04.04.2017)

Slika 10: Spektrometar

- b) Spektrofotometar mjeri spektralne reflektancije odnosno transmitancije. Sastoji se od optičkog izvora zračenja, optičkog sustava koji definira geometrijske uvjete mjerenja, sredstva za raspršivanje svjetlosti, detektora i sustava za obradu signala. Prema fizičkim karakteristikama uzorka određuje se izgled spektrofotometra. Fluorescentni materijali utječu na izgled sustava za osvjetljavanje. [7]



Izvor: <http://www.ru-ve.hr/proizvod/spektrofotometri-90-201> (04.04.2017)

Slika 11: Spektrofotometar

- c) Spektroradiometar mjeri spektralno zračenje izvora svjetla. Izvori svjetlosti mogu biti različiti, od žarulja do optičkih uređaja odnosno monitora. Po konstrukciji je sličan spektrofotometru. [7]



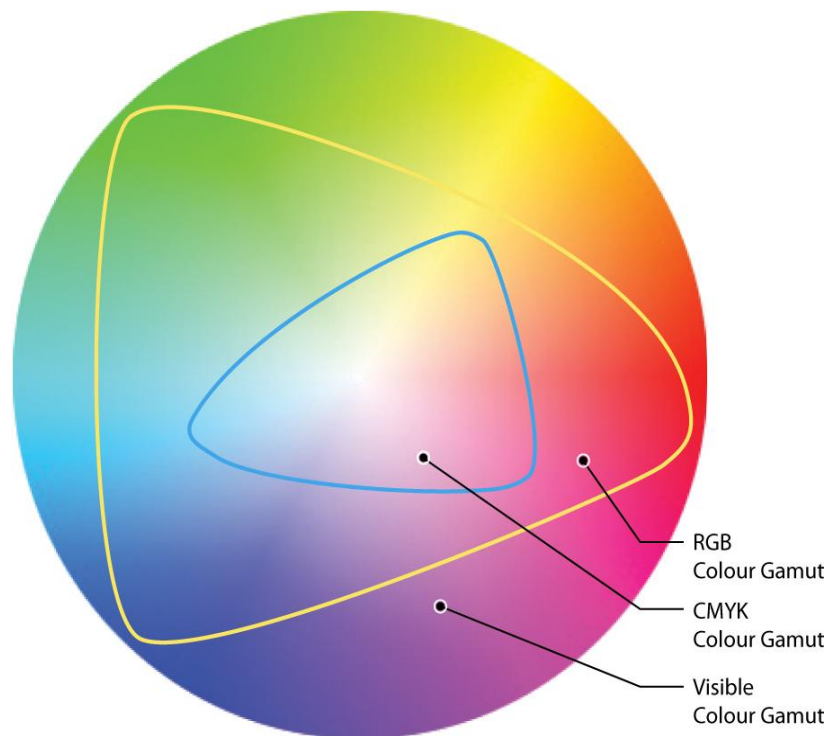
Izvor: <http://www.licoi.de/index.php?id=spectroradiometers> (04.04.2017)

Slika 12: Spektroradiometar

## 2.5. Gamut

Gamut predstavlja opseg boja koji neki uređaj ili prostor boja može reproducirati. Gamut je vrlo važno svojstvo svakog uređaja odnosno prostora boja jer određuje njegov opseg te bitno utječe na rezultate u reprodukciji.

Ako je gamut veći, veće su mogućnosti reprodukcije te ujedno i preciznost. No, ako je gamut manji može doći do grešaka u reprodukciji, tj. boje koje nisu prekrivene opsegom neće biti reproducirane. To znači će na njihovo mjesto doći druga boja koja joj je slična. Nemoguće je vizualno prikazati cijeli gamut uz pomoć grafa. Vizualni prikazi služe za bolje shvaćanje prostora boja. [4][8]



Izvor: <https://myworldofcolour.wordpress.com/tag/color-gamut/> (04.04.2017)

Slika 13: Gamut



## 2.6. AMOLED zaslone

AMOLED<sup>5</sup> je tehnologija prikaza koja je dosta zastupljena kod izrade mobitela i tableta. AMOLED ekrani emitiraju svjetlost direktno iz dioda te nemaju potrebu za ugradnjom polarizirajućeg filtera i dodatnog osvjetljenja. AMOLED zaslone se sastoje od sloja tranzistora koji kontroliraju napon koji dolazi na LED diode zadužene za kreiranje svjetla. Dioda samostalno proizvode svjetlo pa nema potrebe za dodatnim slojem pozadinskog osvjetljenja. Zbog novih trendova i zahtjeva kupaca za tanjim i elegantnijim uređajima proizvođači najčešće koriste AMOLED zaslone zbog te karakteristike. AMOLED zaslone imaju vrlo visok kontrast koji se postiže na jednostavan način. Ako je neki piksel crne boje, dioda zadužena za osvjetljavanje iste je isključena, što znači da se ne prikazuje ništa odnosno na tom mjestu se ništa ne emitira i kao rezultat se dobiva realan prikaz crne boje. [4][8]

AMOLED zaslone osim svojih prednosti imaju i nedostatke. Dioda se izrađuju od organskih materijala koje mogu imati određene razlike u kvaliteti. Te razlike utječu na intenzitet svjetlosti koju proizvode diode pa s time utječu na realni prikaz boja, što može uzrokovati više problema. Ako jedna dioda ima veći intenzitet, ona može prouzročiti da ekran poprime određenu nijansu boje. To se primjećuje na bijelim pozadinama kada zaslon može biti plavkast ili zelenkast. Zbog mogućnosti većeg kontrasta i nedostatka stakla sa razmakom AMOLED ima veliku prednost što se na sunčevom svjetlu zaslon puno kvalitetnije vidi jer nema velike refleksije svjetlosti od zaslona.

Najveći nedostaci AMOLED-a su cijena izrade zaslona, koja može biti vrlo visoka te kraći vijek trajanja zaslona. Samsung je glavni proizvođač AMOLED zaslona. Do danas je izrađeno nekoliko modela AMOLED zaslona od kojih svaki ima posebne karakteristike. To su:

- a) Super AMOLED kod kojeg je dosta smanjena refleksija sunčeve svjetlosti od zaslona odnosno jako je dobra vidljivost kod izravnog sunčevog svjetla.

---

<sup>5</sup> AMOLED = Active-matrix organic light-emitting diode

- b) Super AMOLED Advanced kod kojeg je svjetlina zaslona jača i ima veću rezoluciju.
- c) Super AMOLED Plus kod kojeg je PenTile matrica zamijenjena klasičnom RGB matricom sa 3 podpiksela.
- d) HD Super AMOLED kod kojeg je povećana rezolucija.
- e) Full HD Super AMOLED kod kojeg je gamut najveći te može prikazati do 97% Adobe RGB-a. [4][8]

Od AMOLED tehnologije se u budućnosti očekuje dosta veliki napredak u odnosu na sadašnjost te njena primjenjivost u mnogim uređajima koja će također biti velika. Zasada se najviše pažnje posvećuje fleksibilnosti uređaja napravljenih od polimera te koji imaju visoku rezoluciju. Korisnička zahtjevnost i konkurencija među proizvođačima će također biti velika što će biti pozitivan rezultat. [4][8]



Izvor: <http://preporucamo.com/samsung-je-predstavio-galaxy-tab-s2-tablet-s-amoled-zaslonom/2015/07/20/> (03.04.2017)

Slika 14: Tablet s AMOLED zaslonom

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Postupak izvođenja eksperimenta

Za početak potrebni su nam mobilni uređaji na kojima treba postaviti svjetlinu na maksimum, namjestiti zrakoplovni način rada kako ne bi pozivi i poruke ometale pri mjerenju, uključiti aplikaciju Caffeine kako bi mobitel bio uključen cijelo vrijeme i pokrenuti skriptu ChangeColors 1.3 pomoću nekog od web preglednika, na kojoj će se prikazivati i mijenjati boje.

Spektroradiometar Konica Minolta CS-200 uključimo, postavimo na postolje čvrsto kako ne bi došlo do pogrešaka i pomicanja tijekom mjerenja te ga uključimo u struju s jednim kabelom, a sa drugim kabelom ga spojimo na računalo. Naš spektroradiometar može mjeriti veliki raspon osvjetljenja od od  $0,01 \text{ cd/m}^2$  do  $20.000.000 \text{ cd/m}^2$ . Otvor objektiva može biti postavljen na vidni kut od  $1^\circ$  odnosno veće polje što znači da može prikazati puno piksela,  $0,2^\circ$  odnosno manje polje i  $0,1^\circ$  odnosno jako male površine što znači da može prikazati jako malo piksela. Za potrebe rada postavili smo vidni kut od  $1^\circ$ . Na računalu pokrenemo program CS-10w na kojem će se zapisivati rezultati očitanih sa mobitela. Na računalu također možemo namjestiti koje funkcije želimo, no za potrebe rada biramo  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti. Inače može mjeriti i X, Y, i Z vrijednost, no ovdje nam nisu potrebni. Može se namjestiti i standardni promatrač, vrijeme mjerenja, broj boja koliko ćemo mjeriti te pomak boje. Naš standardni promatrač je  $2^\circ$ . Udaljenost između spektroradiometra i mobitela je 35 cm te nam je važno da između nema ničega. Za potrebe rada mjeri se 125 boja u periodu od 10 sekundi. To se sve odvija automatski, boja se na zaslonu mijenja, nakon svakih 10 sekundi, a boja se pomiče za 32 u odnosu na prethodnu. Na primjer RGB, prva će biti 32,0,0, druga 64,0,0, treća 96,0,0 i tako dalje. Važno je da u isto vrijeme uključimo spektroradiometari i web skriptu kako bi se mjerenje odvijalo istovremeno. Prema rezultatima se generiraju gamuti pojedinih uređaja u programu MATLAB. Naziv MATLAB je kratica od engleskih riječi MATrix Laboratory te predstavlja napredno programsko okruženje za obradu brojčanih vrijednosti i stvaranje grafičkih prikaza. U programu Excell mjeri se kolorimetrijska razlika između mjerenih vrijednosti i standardnih vrijednosti te se izrađuju

odgovarajuće tablice. Rezultati  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti za svaki uređaj i popis boja nalaze se u Prilogu.

Korišteni mobilni uređaji za mjerenje su:

- Motorola
- HTC One
- Sony Xperia
- Samsung Galaxy S4



Izvor: <http://sensing.konicaminolta.asia/products/cs-200-luminance-and-color-meter/> (05.04.2017)

Slika 15: Spektroradiometar Konica Minolta CS-200

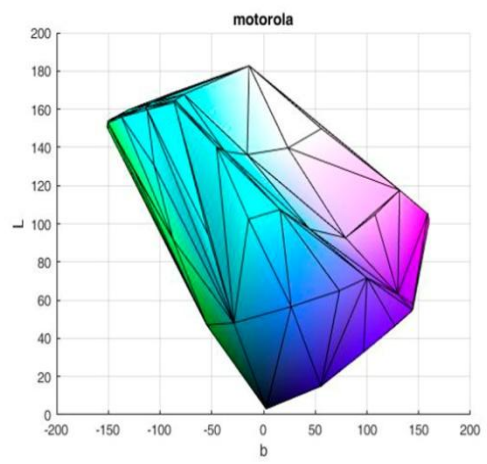
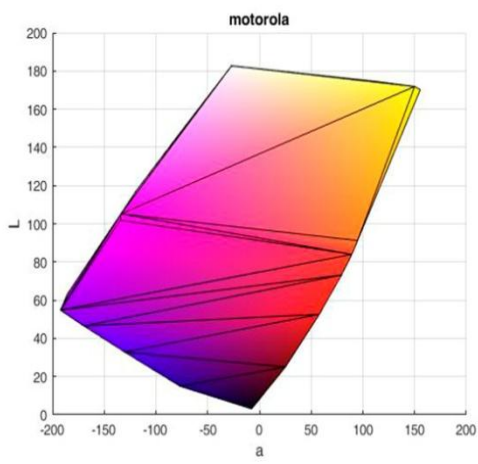
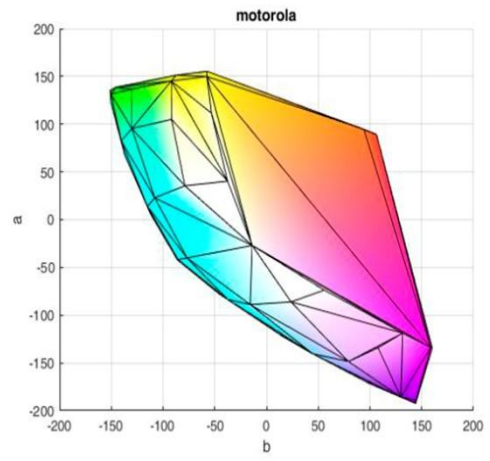
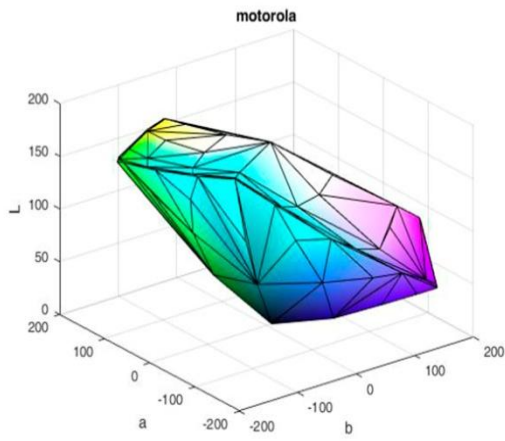
### 3.2. Rezultati

Tablica 2: Kolorimetrijske razlike u odnosu na sRGB

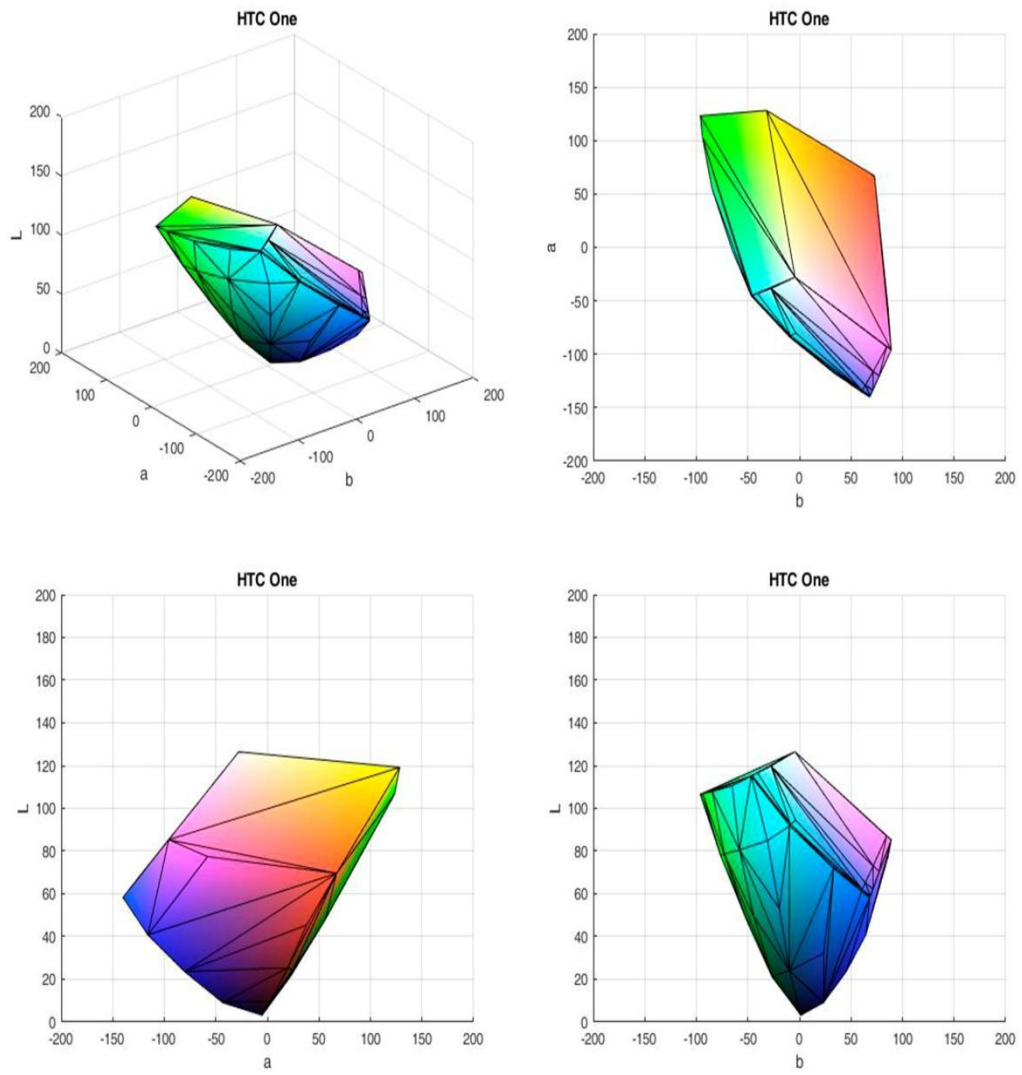
Ime uređaja	$\Delta E_{\text{maksimum}}$	$\Delta E_{\text{minimum}}$	$\Delta E_{\text{median}}$	$\Delta E_{\text{standardna devijacija}}$	$\Delta E_{\text{srednja vrijednost}}$
<b>Motorola</b>	122,45	8,56	85,42	25,13	80,85
<b>HTC One</b>	53,65	5,98	29,87	12,78	30,81
<b>Sony Xperia</b>	101,13	10,38	69,04	20,64	66,68
<b>Samsung Galaxy S4</b>	127,38	0,00	57,40	24,20	60,57

Tablica 3: Volumen

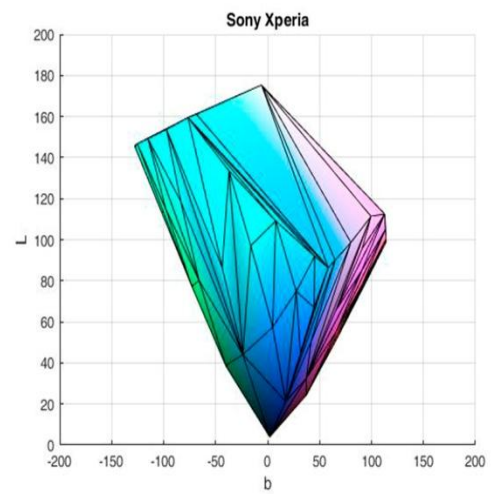
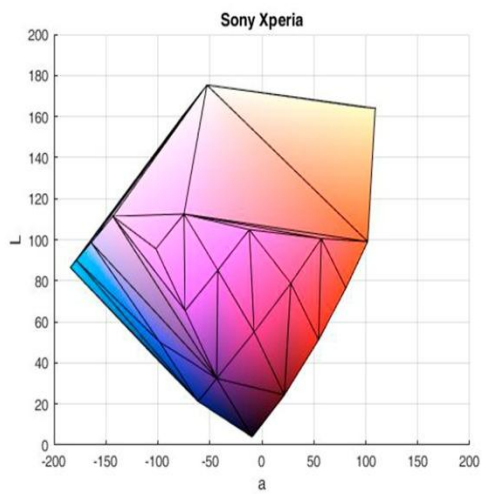
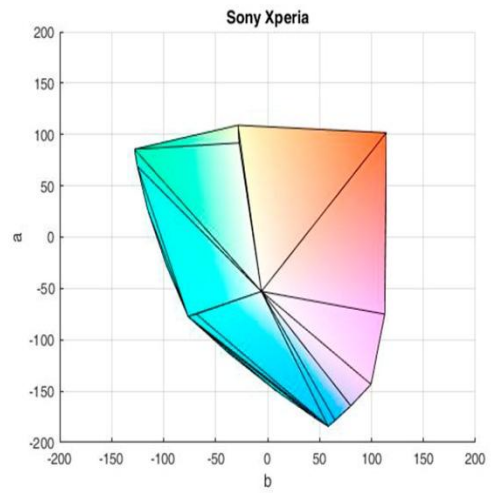
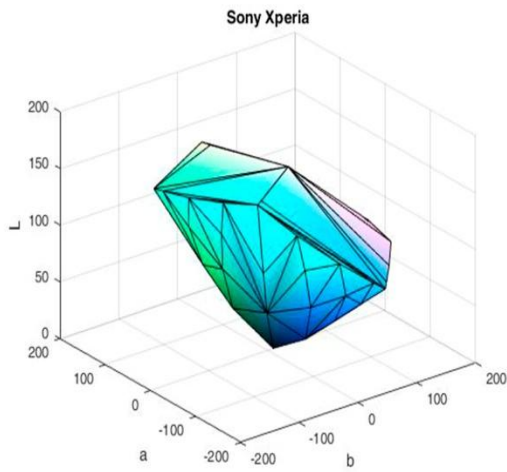
Ime uređaja	Volumen
<b>Motorola</b>	4222225,57
<b>HTC One</b>	1444810,65
<b>Sony Xperia</b>	3305131,48
<b>Samsung Galaxy S4</b>	3736568,16
<b>sRGB</b>	899407,19



Slika 16: Gamut za uređaj Motorola

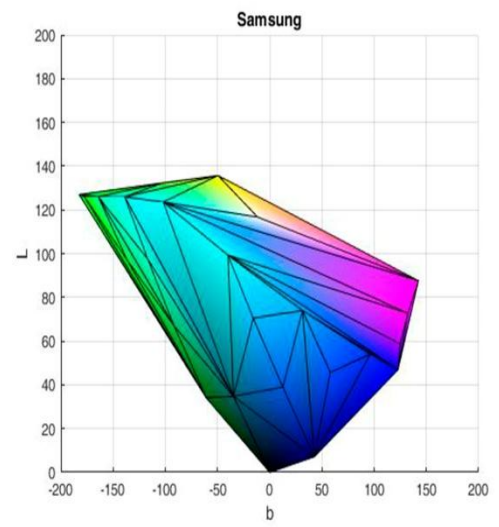
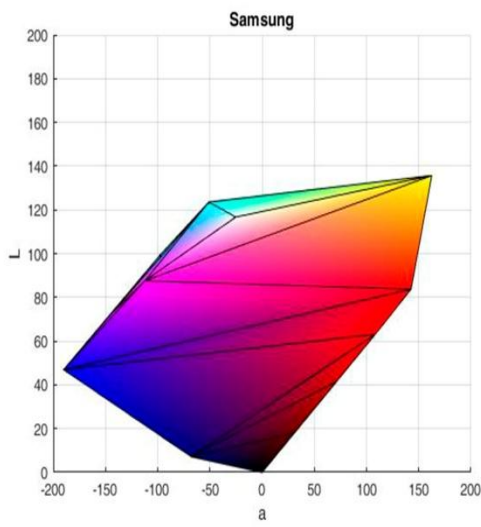
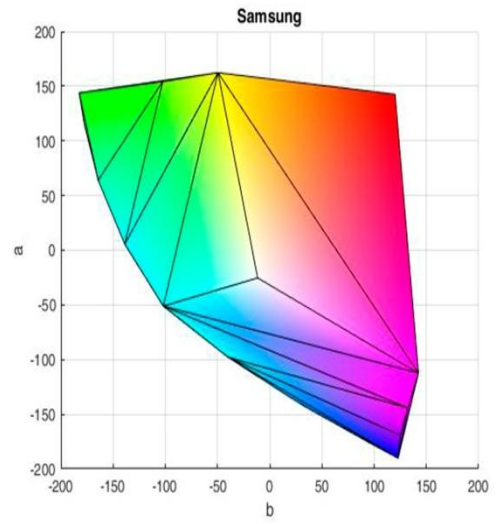
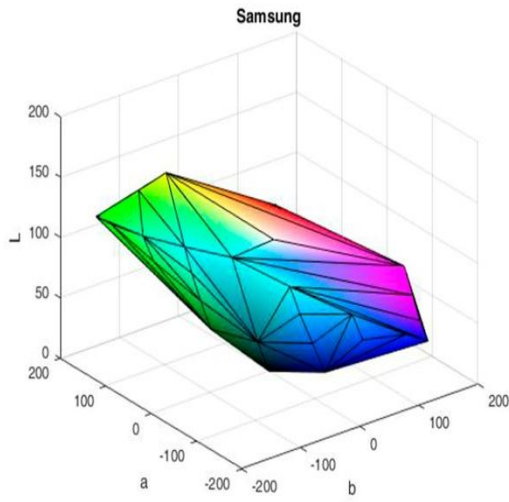


Slika 17: Gamut za uređaj HTC One

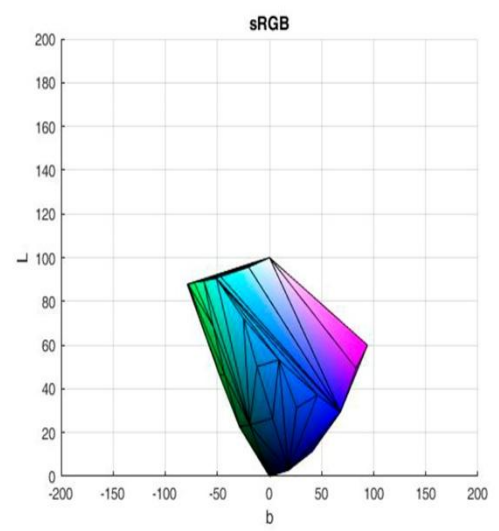
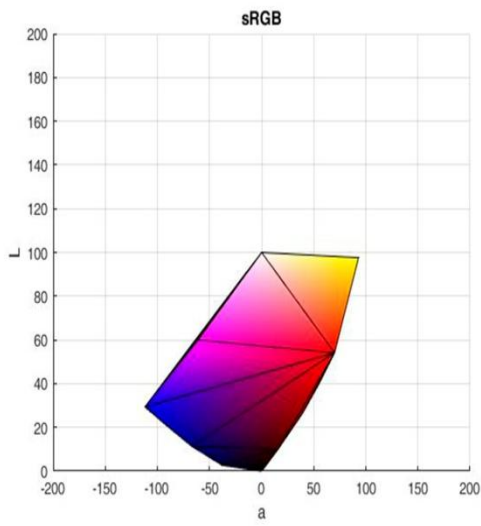
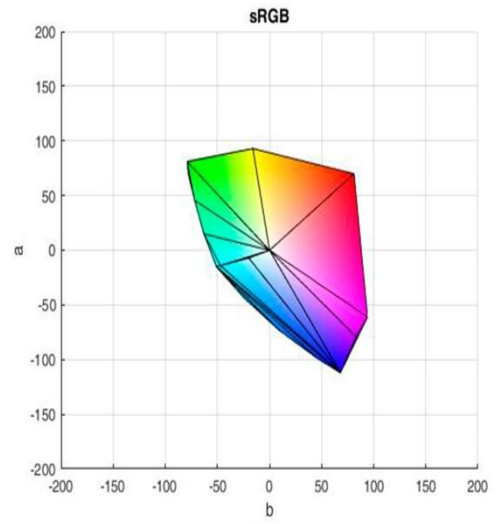
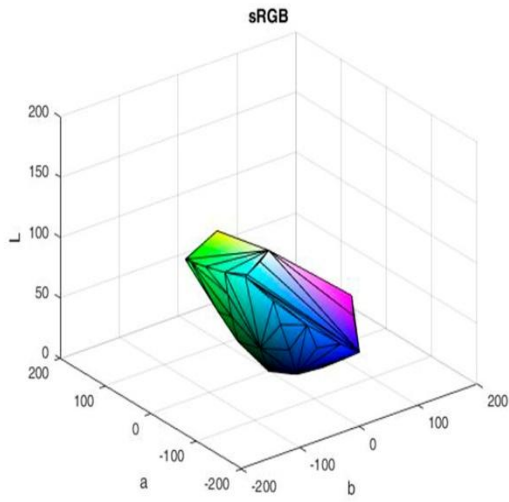


Slika 18: Gamut za uređaj Sony Xperia

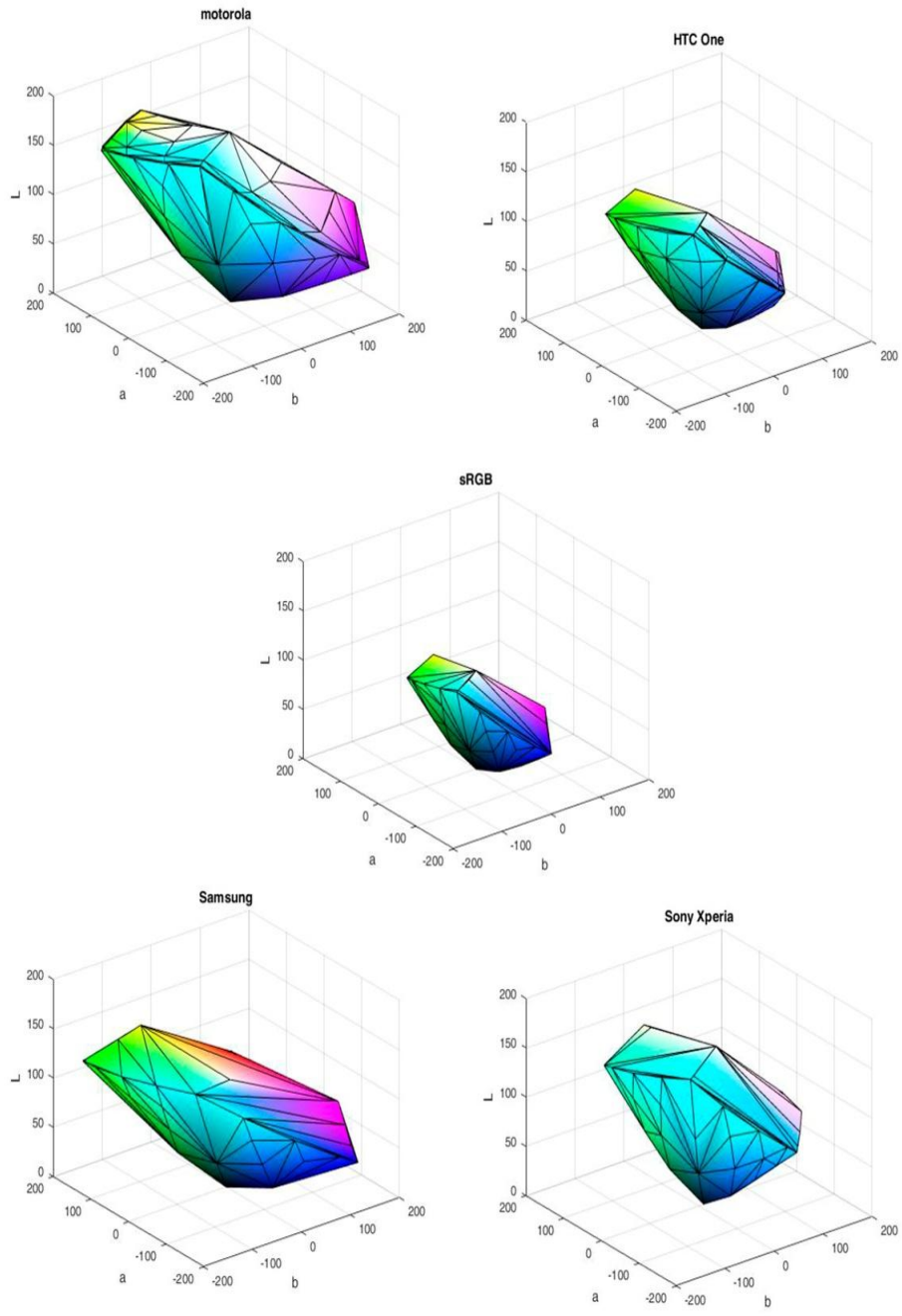




Slika 19: Gamut za uređaj Samsung Galaxy



Slika 20: Gamut za sRGB



Slika 21: Perspektivni prikazi gamuta

#### 4. RASPRAVA

Za potrebe rada u Excell-u su izračunati maksimum, minimum, srednja vrijednost, standardna devijacija te median za svaki uređaj. Prema Tablici 2, jasno se može vidjeti kolika je pojedina vrijednost za svaki uređaj. Od sva četiri uređaja Samsung Galaxy ima najveći maksimum, a HTC One najmanji maksimum. Kod minimuma Samsung Galaxy ima najmanji dok Sony Xperia ima najveći minimum. Gledajući vrijednosti mediana, najveći ima Sony Xperia, a najmanji HTC One. Kod standardne devijacije Motorola ima najveću, a HTC One najmanju. Isto se može primijetiti kod srednje vrijednosti. Uređaj Motorola ima najveću vrijednost odnosno odstupanje kod srednje vrijednosti, mediana i standardne devijacije. Kod mediana se vidi da je velika razlika u odnosu na druge uređaje. Kod standardne devijacije se vidi da je mala razlika u usporedbi sa uređajem Samsung Galaxy, dok kod usporedbe sa uređajem HTC One se vidi očita razlika. Kod srednje vrijednosti za Motorolu je vidljiva velika razlika u odnosu na druge uređaje. Za uređaj HTC One vidljivo je da ima najmanje vrijednosti odnosno odstupanja u odnosu na druge uređaje. Osim što nema najmanju vrijednost za minimum, sve druge su mnogo manje. Uređaj Sony Xperia premda ima najveću vrijednost kod minimuma, kod drugih vrijednosti se ne ističe. Uređaj Samsung Galaxy ima najveći maksimum i najmanji minimum u odnosu na druge uređaje. Kada bi slagali redom uređaje koji najmanje odstupaju do onoga koji najviše odstupaju u slučaju mediana ispalo bi redom: HTC One, Samsung Galaxy, Sony Xperia i Motorola. U slučaju srednje vrijednosti ispalo bi: HTC One, Samsung Galaxy, Sony Xperia zatim Motorola. Dakle, isto kao u slučaju mediana. Kod standardne devijacije ispalo bi redom: HTC One, Sony Xperia, Samsung Galaxy i Motorola. Primijetimo da su uređaji HTC One i Motorola zadržali svoje mjesto, ali Sony Xperia i Samsung Galaxy su se zamijenili. Očito je da Sony Xperia malo manje odstupaju u odnosu na Samsung Galaxy u slučaju standardne devijacije iako je u drugim slučajevima obrnuto. Bez obzira na tu malu razliku u ovom slučaju, u sva tri slučaja vidi se da HTC One najmanje odstupaju, a Motorola najviše. Kada bi redom slagali uređaje prema vrijednostima maksimuma od najmanje prema najvećoj ispalo bi: HTC One, Sony Xperia, Motorola i Samsung Galaxy. HTC One je i u ovom slučaju prvi. Za vrijednosti minimuma redoslijed bi bio ovakav: Samsung Galaxy, HTC One, Sony Xperia i Motorola. U ovom je slučaju mediana, standardne

devijacije i srednje vrijednosti. Nijedan uređaj nije prvi u svih pet slučajeva, kao što ni jedan nije zadnji u svih pet slučajeva.

Iz Tablice 3 vidljivo je da sva četiri uređaja odstupaju za red veličine više od standardnog RGB-a. Očita razlika se vidi kod Motorole koji ima najveći volumen dok HTC One ima najmanji te je razlika očita između ta dva uređaja. Prema volumenu redoslijed uređaja je HTC One, Sony Xperia, Samsung Galaxy zatim Motorola. Volumeni su izračunati u programu MATLAB.

Na Slikama 16-20 su vizualno prikazani gamuti za sve uređaje uključujući i sRGB. Svaka slika prikazuje gamut iz perspektive, sa osima L i a, a i b te L i b. Na svim slikama se može jasno vidjeti koja boja dominira, koja ne, kakva je svjetlina, oblik gamuta iz svake pozicije i ostale karakteristike koje su potrebne. Za potrebe rada je najbitnije koji gamut najviše odstupa, odnosno koji najmanje odstupa te koji je najbolji, a koji najlošiji u odnosu na standardni RGB.

Na Slici 21 prikazani su samo gamuti u perspektivi. U odnosu na standardni RGB najmanje odstupa uređaj HTC One, dok najviše odstupa uređaj Motorola. Nekome će se možda činiti da najviše odstupa uređaj Samsung Galaxy. Gamut za uređaj Sony Xperia je dosta visok u odnosu na sve ostale, no može se primijetiti da se nalazi točno između po veličini. Standardni RGB, HTC One, Sony Xperia, Samsung Galaxy i Motorola. Važno je primijetiti da su kod gamuta za sRGB i HTC One prikazane identične boje. Kod gamuta za Samsung Galaxy prikazano je više boja. Kod gamuta za Motorolu prevladava svijetloplava boja i svjetlina je veća nego kod prethodna dva uređaja. Kod gamuta za Sony Xperia prevladava svijetloplava boja. No svjetlina je nešto manja u odnosu na svjetlinu za gamut uređaja Motorola. Kakva je svjetlina pojedinog gamuta, ovisi hoće li korisnik pojedinog uređaja biti zadovoljan. Isto tako o korisniku pojedinog uređaja ovisi da li je boja kvalitetna ili ne. Netko će htjeti uređaj s manjom svjetlinom netko s većom svjetlinom.

## 5. ZAKLJUČAK

^Kao što je u sažetku rečeno, ciljevi rada bili su prikazati kolorimetrijsku kvalitetu odnosno odstupanja pojedinog uređaja u odnosu na standardni RGB, i kao rezultat te kvalitete dokazati da skuplji mobilni uređaji mogu postići veću kvalitetu od jeftinijih mobilnih uređaja te da AMOLED zasloni mogu prikazati veći gamut od ostalih tehnologija zaslona.

Danas tehnologija dosta napreduje te u korak s time vodeće tehnološke kompanije ulažu mnogo truda u proizvodnju kako bi mobilni uređaji bili što bolji i pogodniji za svakodnevnu upotrebu. Među najvažnijim karakteristikama jesu zaslon odnosno tehnologija pojedinog uređaja. Svaki od uređaja ima svoje odstupanje od standardnog RGB-a, što opet ovisi o tehnologiji zaslona. Uređaji koji koriste na primjer LCD zaslon mogu dati vjerniji prikaz boja, ali manji raspon boja, dok uređaji koji koriste AMOLED zaslone daju veći raspone boja odnosno gamut, kao što su u ovom radu uređaji Motorola i Samsung Galaxy.

Na kraju, opet je tu važan izbor korisnika. Ako želi uređaj s realnim prikazom boja onda će odabrati LCD, u protivnom će odabrati AMOLED. Koji je uređaj dobar odnosno loš te koji najmanje odstupa, a koji najviše, to ovisi o korisniku uređaja.

Glavni zaključak rada je da uređaji s AMOLED zaslonom imaju veći gamut i znatno odstupaju od standardnog RGB-a.

## 6. LITERATURA

- [1] Đurđica Parac-Osterman (2007.), „Osnove o boji i sustavi vrednovanja“, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
- [2] Franjo Mesaroš (1971), „Grafička enciklopedija“, Tehnička knjiga, Zagreb
- [3] De Carina Koraljka (2016), „Standardizacija boja u modnoj industriji kolorimetrijskim metodama“, Diplomski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 33, 38-39), URL:  
[http://eprints.grf.unizg.hr/2612/1/DB561\\_de\\_Carina\\_Koraljka.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/2612/1/DB561_de_Carina_Koraljka.pdf) (21.01.2017.)
- [4] Kancir Hrvoje (2014), „Usporedba kolorimetrijskih karakteristika LCD i AMOLED tehnologija zaslona“, Diplomski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 2, 12-17, 27-30), URL:  
[http://eprints.grf.unizg.hr/2226/1/DB410\\_Kancir\\_Hrvoje.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/2226/1/DB410_Kancir_Hrvoje.pdf) (21.01.2017.)
- [5] Matošević Mario (2014), „Utjecaj ekstremnih nanosa electroinka na gamut kolorne reprodukcije“, Diplomski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 16), URL:  
[https://bib.irb.hr/datoteka/429321.Diplomski\\_rad\\_Matosevic\\_Mario\\_3137.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/429321.Diplomski_rad_Matosevic_Mario_3137.pdf) (21.01.2017.)
- [6] Potisk Jelena (2016); „Ispitivanje PLVC modela karakterizacije boja na zaslonima uređaja pri visokoj osjetljivosti“, Diplomski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 1-2, 11-13), URL:  
<http://eprints.grf.unizg.hr/2615/> (21.01.2017.)
- [7] Mikulić Ante (2015), „Gamut LCD monitora u ovisnosti o kutu gledanja“, Završni rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 1, 30-31, 34-35), URL:  
<http://eprints.grf.unizg.hr/2298/> (21.01.2017.)

- [8] Žaja Ivica (2015), „Prikaz boje na različitim zaslonima“, Završni rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 10-11, 14-16, 25), URL:  
<http://eprints.grf.unizg.hr/id/eprint/2304> (21.01.2017.)
- [9] Predavanje iz kolegija Kvalitativne metode ispitivanja reprodukcije boja, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, URL:  
[http://fotoproceni.grf.unizg.hr/media/Predavanja%20-%20Kvalitativne%20metode%20ispitivanja%20reprodukcije%20boja\\_2014.pdf](http://fotoproceni.grf.unizg.hr/media/Predavanja%20-%20Kvalitativne%20metode%20ispitivanja%20reprodukcije%20boja_2014.pdf)  
(21.01.2017.)
- [10] Predavanje iz kolegija Reprodukcijska slikovnih informacija, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, URL:  
[http://moodle.srce.hr/2015-2016/pluginfile.php/414243/mod\\_resource/content/4/2015-RSI-2-kolorimetrija.pdf](http://moodle.srce.hr/2015-2016/pluginfile.php/414243/mod_resource/content/4/2015-RSI-2-kolorimetrija.pdf) (21.01.2017.)
- [11] Predavanje iz kolegija Reprodukcijska slikovnih informacija, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (str. 9-10, 17), URL:  
[http://moodle.srce.hr/2015-2016/pluginfile.php/312667/mod\\_resource/content/10/RSI-Skripta-Studeni-2015.pdf](http://moodle.srce.hr/2015-2016/pluginfile.php/312667/mod_resource/content/10/RSI-Skripta-Studeni-2015.pdf) (21.01.2017.)
- [12] Predavanje iz kolegija Reprodukcijska fotografija, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, URL:  
[http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/KOLORIMETRIJSKA%20RAZLIKA.ppt](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/KOLORIMETRIJSKA%20RAZLIKA.ppt) (21.01.2017.)
- [13] Wikipedia, sRGB, URL:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/SRGB> (21.01.2017.)



- [14] Strgar-Kurečić Maja, (2007), "Uvođenje CGRT testne karte boja za karakterizaciju digitalnog fotografskog sustava", Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, (str. 4-5), URL:  
<http://pcfoto.biz/digitalnifotoaparati/fotografske-tehnike/color-management-u-lab/?action=dlattach;attach=37351> (09.02.2017.)
- [15] Pećanec Darko, (2012), „Reprodukcija gamuta u tehnikama digitalnog tiska“, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, (str. 12), URL:  
[http://eprints.grf.unizg.hr/1843/1/DB76\\_Pe%C4%87anac\\_Darko.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/1843/1/DB76_Pe%C4%87anac_Darko.pdf)  
(13.02.2017.)
- [16] Wikipedia, Spektrometar, URL:  
<http://proleksis.lzmk.hr/46507/> (04.04.2017)

## 7. POPIS SLIKA

SLIKA 1: STANDARDNI PROMATRAČ $2^{\circ}$ I $10^{\circ}$ .....	2
SLIKA 2: MUNSELLOV PROSTOR BOJA .....	4
SLIKA 3: NCS .....	4
SLIKA 4: CMYK .....	5
SLIKA 5: RGB .....	5
SLIKA 6: HERMANN GÜNTHER GRASSMANN .....	8
SLIKA 7: CIE L*A*B* PROSTOR BOJA .....	11
SLIKA 8: sRGB .....	12
SLIKA 9: KOLORIMETAR .....	15
SLIKA 10: SPEKTROMETAR .....	16
SLIKA 11: SPEKTROFOTOMETAR .....	17
SLIKA 12: SPEKTRORADIOMETAR .....	17
SLIKA 13: GAMUT .....	18
SLIKA 14: TABLET S AMOLED ZASLONOM .....	20
SLIKA 15: SPEKTRORADIOMETAR KONICA MINOLTA CS-200 .....	22
SLIKA 16: GAMUT ZA UREĐAJ MOTOROLA .....	24
SLIKA 17: GAMUT ZA UREĐAJ HTC ONE .....	25
SLIKA 18: GAMUT ZA UREĐAJ SONY XPERIA .....	26
SLIKA 19: GAMUT ZA UREĐAJ SAMSUNG GALAXY .....	27
SLIKA 20: GAMUT ZA sRGB .....	28
SLIKA 21: PERSPEKTIVNI PRIKAZI GAMUTA .....	29

## 8. POPIS TABLICA

TABLICA 1: KRITERIJI ZA ODREĐIVANJE RAZLIKE U BOJI.....	13
TABLICA 2: KOLORIMETRIJSKE RAZLIKE U ODNOSU NA sRGB .....	23
TABLICA 3: VOLUMEN .....	23
TABLICA 4: L*, A* I B* VRIJEDNOSTI ZA UREĐAJ MOTOROLA.....	38
TABLICA 5: L*, A* I B* VRIJEDNOSTI ZA UREĐAJ HTC ONE .....	40
TABLICA 6: L*, A* I B* VRIJEDNOSTI ZA UREĐAJ SONY XPERIA .....	42
TABLICA 7: L*, A* I B* ZA UREĐAJ SAMSUNG GALAXY.....	44
TABLICA 8: L*, A* I B* VRIJEDNOSTI ZA sRGB .....	46
TABLICA 9: POPIS MJERENIH BOJA .....	48

## 9. PRILOZI

Tablica 4: L\*, a\* i b\* vrijednosti za uređaj Motorola

	L*	a*	b*
1	3,13	2,53	-7,55
2	25,07	41,83	25,12
3	52,66	72,56	57,84
4	73,21	94,83	79,28
5	84,03	106,29	89,33
6	47,09	-54,94	46,29
7	49,8	-19,61	50,03
8	64,39	38,73	66,91
9	81,11	75,82	85,02
10	91,22	94,07	94,7
11	91,12	-96,03	85,87
12	92,38	-79,65	87,51
13	97,05	-32,62	93,37
14	107,19	13,77	104,42
15	115,16	43,08	112,57
16	126,67	-128,68	115,96
17	128,4	-119,6	117,71
18	134,4	-86,78	123,97
19	138,89	-46,66	129,34
20	145,51	-16,03	136,19
21	150,65	-151,16	135,66
22	153,9	-145,86	138,58
23	159,19	-120,13	143,93
24	166,74	-87,13	151,38
25	170,22	-57,53	155,39
26	14,96	55,47	-76,78
27	28,35	59,11	-53,22
28	54,45	80,39	-13,15
29	74,87	100,29	16,87
30	86,25	111,82	30,27
31	48,1	-28,71	-16,55
32	51,46	-2,12	-13,85
33	64,88	48,38	10,69
34	81,02	83,23	38,97
35	88,88	104,52	66,9
36	91,71	-87,38	49,59
37	92,58	-78,34	55,39
38	98,17	-28,49	63,68
39	107,07	20,91	74,49
40	109,8	60,06	92,49
41	127,77	-125,13	94,86
42	128,6	-122,96	103,64
43	134,02	-92,74	109,64
44	140,58	-45,48	117,32
45	143,33	-8,44	124,6
46	152,86	-150,39	122,69
47	153,95	-150,4	131,57
48	159	-130,04	136,75
49	167,28	-92,05	145,3
50	171,88	-57,71	149,96
51	32,85	96,74	-130,23
52	39,16	95,72	-119,44
53	58,78	101,45	-87
54	79,34	116,87	-60,37
55	90,86	126,7	-45,93
56	56,64	26,71	-89,64
57	52,6	51,35	-96,51
58	66,97	78,41	-73,5
59	84,82	100,44	-42,78
60	93	117,99	-19,61
61	94,08	-53,38	-23,88
62	94,92	-44,23	-26,13
63	103,09	-5,81	-18,61
64	110,81	36,24	-3,49
65	114,29	71,03	11,98
66	130,6	-105,75	31,74
67	131,41	-105,72	38,82
68	134,95	-83,98	47,63
69	143,09	-35,88	58,06
70	146,83	2,51	58,59
71	155,96	-137,27	68,43
72	156,23	-140,37	82,52
73	159,77	-130,18	95,47
74	167,74	-91,79	105,08
75	174,58	-53,29	111,65
76	46,5	126,95	-169,64
77	50,72	126,9	-164,49
78	65,69	127,34	-140,49
79	84,29	136,46	-115,03
80	96,18	144,67	-100,3
81	64,99	73,38	-141,67
82	57,99	100,32	-153,08
83	68,93	112,79	-137,32
84	88,64	129,22	-110,22
85	99,21	139,59	-90,05
86	102,45	-14,49	-83,79
87	96,71	3,93	-94,89
88	96,33	38,33	-96,94
89	108,84	77,64	-80,07
90	118,69	94,52	-61,28
91	133,64	-72,89	-32,61

92	134,55	-69,85	-33,59
93	138,28	-50,81	-31,27
94	147,02	-10,15	-22,67
95	150,12	23,54	-12,59
96	159,74	-112,54	6,84
97	160,64	-115,09	13,84
98	163,31	-108,09	23
99	169,95	-78,9	35,51
100	178,34	-37,68	40,39
101	54,79	144,03	-192,34
102	58,07	144,37	-188,97
103	71,19	144,76	-171,05
104	88,13	150,5	-146,87
105	101,91	160,13	-134,48
106	71,75	99,93	-171,76
107	63,11	129,75	-185,79
108	71,87	137,2	-173,96
109	90,33	147,04	-149,93
110	105,23	158,59	-133,69
111	107,49	16,03	-122,53
112	97,19	44,5	-140,25
113	92,67	79,11	-148,5
114	104,92	107,76	-133,94
115	117,61	131,55	-118,7
116	140,43	-45,45	-77,94
117	137,97	-37,49	-83,51
118	136,21	-15,79	-88,85
119	139,71	23,66	-86,04
120	149,88	55,87	-73,61
121	163,58	-86,17	-42,06
122	164,68	-85,5	-41,84
123	167,8	-76,86	-40
124	173,77	-50,99	-33,34
125	182,73	-13,9	-26,95

Tablica 5: L\*, a\* i b\* vrijednosti za uređaj HTC One

	L*	a*	b*
1	3,2200	1,25	-5,12
2	9,66	16,26	3,07
3	25,45	33,28	19,63
4	45,39	51,54	37,87
5	69,63	72,71	67,08
6	21,39	-26,82	22,45
7	24,27	-13,01	24,62
8	33,45	14,36	30,84
9	49,71	41,41	43,7
10	71,88	66,96	69,97
11	48,08	-51,71	56,22
12	49,42	-45,75	56,58
13	53,58	-24,36	57,07
14	63,45	9,3	61,76
15	80,43	45,09	80,66
16	77,77	-76,46	89,75
17	78,59	-73,65	89,71
18	80,74	-60,85	89,22
19	86,35	-33,13	90,07
20	97,67	6,31	101,32
21	106,57	-96,24	123,2
22	106,88	-94,46	122,91
23	108,14	-86,41	122,1
24	111,62	-66,51	121,59
25	119,22	-31,93	128,24
26	9,08	23,21	-43,25
27	14,41	26,79	-35,38
28	27,78	38,07	-15,64
29	46,81	53,99	10,44
30	70,26	73,83	44,12
31	24,08	-9,69	-18,99
32	26,83	-1,21	-15,94
33	35,52	19,77	-4,04
34	51,19	43,95	16,44
35	72,57	68,03	46,84
36	49,45	-44,38	20,89
37	50,85	-39,12	21,78
38	55,06	-19,59	26,08
39	64,8	11,86	36,78
40	81,24	45,87	59,05
41	78,72	-73,11	63,38
42	79,58	-70,23	63,53
43	81,8	-57,75	64,75
44	87,45	-30,77	69,04
45	98,47	7,03	82,74

46	106,89	-94,01	102,36
47	107,22	-92,1	101,9
48	108,52	-83,97	102,03
49	112,08	-64,06	103,47
50	119,56	-30,51	111,76
51	23,61	45,31	-80,3
52	26,23	46,6	-77,05
53	34,99	50,96	-63,34
54	50,8	61,45	-38,84
55	72,41	78,09	-4,69
56	32,23	23,37	-66,78
57	34,38	26,31	-64,65
58	41,17	36,1	-54,37
59	54,83	52,41	-33,56
60	74,7	72,52	-2,28
61	53,09	-19,53	-32,39
62	54,48	-16,1	-31,62
63	58,39	-2,69	-26,38
64	67,52	21,66	-13,32
65	83,09	50,9	10,66
66	80,61	-58,26	11,72
67	81,51	-55,79	11,71
68	83,7	-45,18	14,01
69	89,21	-21,64	20,86
70	99,89	12,41	36,55
71	107,97	-84,7	54,36
72	108,31	-82,73	53,5
73	109,61	-75,17	54,46
74	113,15	-56,59	58,02
75	120,51	-25,26	68,11
76	40,81	64,32	-115,98
77	42,32	64,95	-114,46
78	47,52	67,2	-106,35
79	59,08	73,53	-87,91
80	77,45	86	-57,99
81	45,77	51,63	-108,68
82	47,23	52,66	-107,44
83	51,88	56,75	-100,29
84	62,49	66,08	-83,56
85	79,58	81	-55,73
86	60,89	14,56	-83,56
87	62,13	16,13	-82,8
88	65,4	23,33	-78,08
89	73,29	38,79	-65,99
90	87,29	60,93	-43,53
91	84,93	-31,11	-43,96

92	85,84	-29,37	-43,73
93	87,89	-21,8	-41,14
94	93,05	-4,04	-33,78
95	103,07	23,65	-18,11
96	110,63	-65,34	-2,2
97	111,01	-63,53	-2,82
98	112,27	-57,21	-1,55
99	115,71	-41,46	2,87
100	122,79	-14,24	13,47
101	58,3	68,14	-140,1
102	59,07	68,64	-138,91
103	62,36	71,09	-133,59
104	70,59	77,33	-120,25
105	85,34	88,96	-95,75
106	61,22	60,24	-135,25
107	62,04	60,72	-134
108	65,2	63,79	-128,91
109	73,08	71,41	-116,18
110	87,08	84,51	-92,96
111	71,94	33,06	-117,2
112	72,78	33,47	-115,91
113	75,34	38,01	-111,88
114	81,82	49,05	-101,57
115	93,82	66,79	-81,77
116	91,87	-9,52	-83,86
117	92,61	-8,88	-82,77
118	94,43	-3,59	-80,02
119	99,05	9,91	-72,9
120	108,14	32,4	-58,13
121	115,13	-46,88	-45,21
122	115,43	-45,78	-44,83
123	116,62	-40,69	-43,14
124	119,86	-27,62	-38,41
125	126,52	-4,4	-27,8

Tablica 6: L\*, a\* i b\* vrijednosti za uređaj Sony Xperia

	L*	a*	b*
1	3,97	2,01	-9,37
2	24,39	37,26	21,68
3	51,24	66,02	54,57
4	76,48	91,64	80,83
5	99,11	114,17	101,79
6	38,74	-40,38	25,15
7	45,61	-9,09	33,77
8	62,29	38,62	55,29
9	83,24	74,78	79,27
10	103,95	101,93	100,06
11	77,44	-73,02	48,93
12	80,70	-58,29	52,60
13	89,05	-16,58	63,43
14	102,49	28,80	80,29
15	118,40	65,47	98,48
16	113,48	-102,01	68,97
17	115,37	-93,64	70,96
18	120,13	-64,29	77,21
19	128,72	-22,87	88,40
20	139,99	17,33	102,13
21	145,81	-128,10	85,72
22	146,87	-122,32	86,92
23	150,00	-100,96	91,11
24	155,88	-66,56	98,85
25	163,98	-28,55	109,04
26	21,28	17,33	-61,37
27	32,50	37,19	-43,48
28	55,13	65,81	-7,41
29	78,78	91,61	27,84
30	100,60	114,07	57,16
31	44,03	-23,88	-29,07
32	50,13	-1,04	-20,44
33	65,57	40,76	3,35
34	85,40	75,29	32,31
35	105,39	102,09	58,69
36	80,12	-65,92	14,12
37	83,29	-52,02	17,63
38	91,47	-13,02	29,36
39	104,46	30,06	47,60
40	119,85	65,61	67,30
41	115,13	-98,07	46,37
42	117,03	-89,56	48,00
43	121,84	-60,93	54,57
44	130,27	-21,03	65,97
45	141,28	17,97	79,76
46	146,82	-125,35	69,18
47	147,93	-119,17	70,06
48	151,13	-97,94	74,23
49	156,99	-64,35	81,91
50	164,98	-27,41	91,84
51	44,89	31,55	-106,64
52	50,36	41,80	-98,58
53	65,49	65,46	-73,85
54	85,16	90,69	-42,39
55	104,96	113,19	-12,13
56	57,51	4,91	-88,66
57	61,99	16,31	-82,42
58	74,09	45,73	-62,86
59	91,26	76,23	-35,74
60	109,55	102,00	-8,19
61	86,46	-43,75	-47,09
62	89,39	-33,71	-43,74
63	96,82	-2,87	-32,28
64	108,87	34,53	-13,90
65	123,32	67,51	7,28
66	118,76	-83,64	-6,23
67	120,65	-76,14	-4,68
68	125,26	-50,90	2,06
69	133,36	-14,93	13,90
70	143,95	21,37	28,76
71	149,28	-115,15	25,84
72	150,39	-109,25	26,46
73	153,51	-89,53	30,89
74	159,24	-58,20	38,85
75	167,06	-23,27	49,33
76	67,12	44,62	-148,00
77	70,34	50,73	-143,38
78	80,44	68,44	-126,80
79	95,65	90,91	-101,96
80	112,55	112,65	-74,96
81	74,84	27,51	-136,95
82	78,24	34,27	-132,12
83	87,87	55,53	-116,38
84	101,43	79,96	-94,24
85	112,79	94,28	-76,31
86	97,11	-16,24	-103,50
87	100,51	-5,93	-98,74
88	107,64	18,14	-87,27
89	118,83	48,65	-69,48
90	121,34	32,68	-66,24
91	125,47	-60,93	-63,46



92	127,80	-51,21	-60,44
93	132,92	-27,51	-52,49
94	141,12	4,20	-39,77
95	144,27	-19,06	-36,31
96	153,81	-97,29	-27,55
97	155,32	-89,01	-25,71
98	158,95	-68,60	-20,24
99	164,96	-39,26	-11,15
100	138,07	-0,84	-60,69
101	86,45	58,23	-184,23
102	90,01	64,89	-178,54
103	98,67	80,08	-164,23
104	111,39	99,48	-143,32
105	107,06	91,56	-150,48
106	91,97	45,23	-175,81
107	95,49	52,26	-170,42
108	103,56	68,75	-157,01
109	115,55	89,69	-137,36
110	113,62	75,23	-140,75
111	109,15	7,79	-149,27
112	112,06	15,36	-144,92
113	118,48	34,12	-134,48
114	128,30	58,67	-118,50
115	129,19	38,67	-117,65
116	133,58	-37,16	-113,05
117	135,71	-29,44	-110,00
118	140,42	-10,40	-102,44
119	147,87	15,77	-90,58
120	150,38	-9,17	-87,72
121	159,51	-76,64	-77,17
122	161,18	-68,58	-74,88
123	164,92	-49,76	-68,98
124	170,96	-23,07	-59,57
125	175,36	-5,97	-52,84

Tablica 7: L\*, a\* i b\* za uređaj Samsung Galaxy

	L*	a*	b*
1	0,00	0,00	0,00
2	18,19	41,20	31,18
3	41,56	69,44	71,31
4	63,15	95,33	108,34
5	83,77	119,94	142,61
6	34,17	-61,00	49,29
7	38,36	-18,04	56,91
8	51,26	36,08	79,21
9	68,37	75,68	108,61
10	86,77	107,51	139,85
11	67,49	-104,00	83,46
12	68,59	-81,60	86,12
13	74,48	-29,97	96,48
14	84,79	23,53	114,29
15	98,26	69,17	137,65
16	98,12	-144,07	113,99
17	98,37	-130,89	115,03
18	101,44	-92,76	120,56
19	107,49	-40,71	131,45
20	116,48	12,14	147,61
21	127,01	-182,56	143,97
22	126,89	-173,95	144,35
23	128,65	-146,59	147,43
24	132,37	-102,57	154,29
25	135,73	-49,60	162,42
26	7,14	42,66	-67,88
27	21,47	51,11	-43,23
28	42,58	73,27	-6,24
29	63,64	97,26	30,77
30	84,07	121,04	67,10
31	34,78	-34,76	-20,05
32	39,26	-4,74	-12,51
33	51,85	41,20	9,64
34	68,73	78,30	39,34
35	86,99	108,99	72,13
36	67,04	-91,72	31,47
37	68,61	-72,26	34,26
38	74,58	-24,38	44,87
39	84,83	26,72	63,43
40	98,30	71,13	87,73
41	97,40	-136,91	76,35
42	98,11	-124,98	77,57
43	101,24	-88,23	83,42
44	107,36	-37,41	94,55
45	113,96	14,80	108,59

46	126,20	-177,71	116,02
47	126,54	-170,03	116,77
48	128,37	-143,16	120,27
49	129,63	-98,41	124,64
50	130,72	-45,85	130,98
51	21,43	70,73	-110,77
52	28,82	72,73	-97,89
53	45,91	84,82	-68,05
54	65,39	103,82	-33,63
55	85,00	125,12	1,65
56	38,98	12,52	-79,35
57	42,66	26,18	-73,09
58	54,06	55,76	-53,06
59	70,04	85,87	-24,74
60	87,78	113,58	7,25
61	68,20	-60,26	-29,97
62	69,69	-46,43	-27,48
63	75,41	-8,72	-17,20
64	85,52	35,76	0,96
65	96,72	75,36	24,99
66	97,61	-116,97	18,47
67	98,32	-106,94	19,63
68	101,45	-74,60	25,36
69	105,16	-27,95	35,90
70	110,11	19,21	50,55
71	126,05	-164,34	64,03
72	126,41	-157,13	64,59
73	125,85	-130,46	67,25
74	124,97	-87,00	71,41
75	125,93	-39,04	78,98
76	34,70	97,22	-151,66
77	39,02	97,64	-144,03
78	51,53	103,13	-122,00
79	68,50	115,68	-91,90
80	86,78	133,07	-58,96
81	45,72	57,92	-131,23
82	48,69	63,30	-126,22
83	58,18	78,80	-109,48
84	72,53	99,74	-83,90
85	87,56	119,87	-52,06
86	70,50	-15,91	-88,55
87	71,91	-7,27	-86,23
88	77,24	18,28	-76,65
89	84,87	51,29	-58,17
90	94,16	82,35	-34,11
91	98,28	-82,68	-41,23

92	98,92	-75,32	-40,19
93	99,71	-48,99	-33,95
94	101,53	-10,69	-22,29
95	106,33	29,18	-6,46
96	125,97	-138,90	5,64
97	123,94	-130,82	6,52
98	121,26	-106,16	9,03
99	120,34	-69,54	15,40
100	121,43	-27,70	24,83
101	46,97	122,86	-190,15
102	49,73	122,58	-185,08
103	58,77	124,90	-169,14
104	72,77	132,17	-144,13
105	87,62	142,37	-112,28
106	54,04	96,19	-176,37
107	56,15	98,47	-172,77
108	63,71	105,87	-159,50
109	74,54	116,28	-135,14
110	86,48	128,43	-104,12
111	74,00	31,36	-141,66
112	75,12	36,08	-139,79
113	78,23	50,99	-129,28
114	84,04	71,54	-109,33
115	92,12	93,20	-85,12
116	99,34	-39,96	-97,83
117	97,83	-33,37	-95,67
118	97,30	-15,77	-87,05
119	99,00	12,41	-74,37
120	103,18	43,25	-57,51
121	123,62	-101,97	-51,06
122	119,65	-93,72	-48,95
123	117,03	-74,78	-44,07
124	116,18	-46,27	-36,33
125	116,73	-11,60	-25,28

Tablica 8: L\*, a\* i b\* vrijednosti za sRGB

	L*	a*	b*
1	0,00	0,00	0,00
2	10,20	30,00	16,00
3	26,27	48,00	39,00
4	40,78	65,00	56,00
5	54,12	81,00	70,00
6	22,75	-29,00	30,00
7	26,27	-6,00	34,00
8	34,90	26,00	45,00
9	46,27	51,00	58,00
10	58,04	71,00	71,00
11	46,27	-48,00	49,00
12	47,84	-36,00	51,00
13	52,16	-9,00	56,00
14	59,22	20,00	65,00
15	67,84	46,00	75,00
16	67,84	-64,00	65,00
17	68,63	-57,00	67,00
18	71,37	-38,00	70,00
19	75,69	-13,00	75,00
20	81,96	14,00	83,00
21	87,84	-79,00	81,00
22	88,24	-75,00	82,00
23	90,20	-61,00	84,00
24	93,33	-40,00	88,00
25	97,65	-16,00	93,00
26	2,75	18,00	-38,00
27	12,16	35,00	-22,00
28	27,06	50,00	2,00
29	41,18	66,00	24,00
30	54,51	82,00	43,00
31	23,53	-19,00	-6,00
32	27,06	0,00	0,00
33	35,69	28,00	13,00
34	46,67	52,00	30,00
35	58,43	71,00	47,00
36	46,67	-43,00	26,00
37	48,24	-32,00	28,00
38	52,55	-7,00	34,00
39	59,61	21,00	44,00
40	68,24	46,00	56,00
41	68,24	-61,00	50,00
42	69,02	-55,00	51,00
43	71,37	-37,00	55,00
44	76,08	-11,00	61,00
45	81,96	15,00	69,00

46	87,84	-78,00	70,00
47	88,63	-73,00	71,00
48	90,20	-60,00	73,00
49	93,33	-39,00	78,00
50	97,65	-15,00	83,00
51	11,37	41,00	-67,00
52	17,65	45,00	-56,00
53	29,80	56,00	-36,00
54	42,75	70,00	-15,00
55	55,69	84,00	6,00
56	26,67	3,00	-42,00
57	29,80	14,00	-37,00
58	37,65	35,00	-24,00
59	47,84	56,00	-7,00
60	59,22	74,00	11,00
61	47,84	-30,00	-9,00
62	49,41	-21,00	-7,00
63	53,73	0,00	0,00
64	60,39	26,00	11,00
65	68,63	49,00	24,00
66	68,63	-54,00	20,00
67	69,80	-48,00	22,00
68	72,16	-31,00	26,00
69	76,47	-7,00	32,00
70	82,75	18,00	41,00
71	88,63	-72,00	46,00
72	89,02	-68,00	46,00
73	90,59	-55,00	49,00
74	93,73	-36,00	53,00
75	98,04	-12,00	60,00
76	20,78	55,00	-91,00
77	24,71	58,00	-84,00
78	34,12	65,00	-68,00
79	45,49	76,00	-49,00
80	57,65	88,00	-29,00
81	31,37	26,00	-73,00
82	34,12	32,00	-69,00
83	40,78	46,00	-57,00
84	50,20	63,00	-41,00
85	60,78	78,00	-24,00
86	50,20	-12,00	-42,00
87	51,76	-5,00	-40,00
88	55,69	12,00	-34,00
89	61,96	33,00	-23,00
90	70,20	54,00	-10,00
91	70,20	-41,00	-12,00

92	70,98	-36,00	-11,00
93	73,33	-21,00	-7,00
94	77,65	0,00	0,00
95	83,53	23,00	9,00
96	89,41	-63,00	15,00
97	89,80	-59,00	16,00
98	91,37	-48,00	19,00
99	94,51	-29,00	24,00
100	98,82	-7,00	30,00
101	29,41	68,00	-112,00
102	32,16	70,00	-107,00
103	39,22	75,00	-95,00
104	49,41	83,00	-79,00
105	60,00	94,00	-61,00
106	37,25	46,00	-99,00
107	39,22	50,00	-96,00
108	45,10	59,00	-86,00
109	53,33	71,00	-72,00
110	63,14	85,00	-55,00
111	53,33	9,00	-73,00
112	54,90	13,00	-71,00
113	58,43	26,00	-65,00
114	64,31	43,00	-55,00
115	72,16	61,00	-42,00
116	72,16	-25,00	-43,00
117	72,94	-20,00	-42,00
118	75,29	-8,00	-38,00
119	79,22	10,00	-31,00
120	85,10	31,00	-22,00
121	90,59	-51,00	-15,00
122	91,37	-47,00	-14,00
123	92,94	-37,00	-11,00
124	95,69	-20,00	-7,00
125	100,00	0,00	0,00

Tablica 9: Popis mjerenih boja

Boje	R	G	B
1	0	0	0
2	64	0	0
3	128	0	0
4	192	0	0
5	255	0	0
6	0	64	0
7	64	64	0
8	128	64	0
9	192	64	0
10	255	64	0
11	0	128	0
12	64	128	0
13	128	128	0
14	192	128	0
15	255	128	0
16	0	192	0
17	64	192	0
18	128	192	0
19	192	192	0
20	255	192	0
21	0	255	0
22	64	255	0
23	128	255	0
24	192	255	0
25	255	255	0
26	0	0	64
27	64	0	64
28	128	0	64
29	192	0	64
30	255	0	64
31	0	64	64
32	64	64	64
33	128	64	64
34	192	64	64
35	255	64	64
36	0	128	64
37	64	128	64
38	128	128	64
39	192	128	64
40	255	128	64
41	0	192	64
42	64	192	64
43	128	192	64
44	192	192	64
45	255	192	64

46	0	255	64
47	64	255	64
48	128	255	64
49	192	255	64
50	255	255	64
51	0	0	128
52	64	0	128
53	128	0	128
54	192	0	128
55	255	0	128
56	0	64	128
57	64	64	128
58	128	64	128
59	192	64	128
60	255	64	128
61	0	128	128
62	64	128	128
63	128	128	128
64	192	128	128
65	255	128	128
66	0	192	128
67	64	192	128
68	128	192	128
69	192	192	128
70	255	192	128
71	0	255	128
72	64	255	128
73	128	255	128
74	192	255	128
75	255	255	128
76	0	0	192
77	64	0	192
78	128	0	192
79	192	0	192
80	255	0	192
81	0	64	192
82	64	64	192
83	128	64	192
84	192	64	192
85	255	64	192
86	0	128	192
87	64	128	192
88	128	128	192
89	192	128	192
90	255	128	192
91	0	192	192

92	64	192	192
93	128	192	192
94	192	192	192
95	255	192	192
96	0	255	192
97	64	255	192
98	128	255	192
99	192	255	192
100	255	255	192
101	0	0	255
102	64	0	255
103	128	0	255
104	192	0	255
105	255	0	255
106	0	64	255
107	64	64	255
108	128	64	255
109	192	64	255
110	255	64	255
111	0	128	255
112	64	128	255
113	128	128	255
114	192	128	255
115	255	128	255
116	0	192	255
117	64	192	255
118	128	192	255
119	192	192	255
120	255	192	255
121	0	255	255
122	64	255	255
123	128	255	255
124	192	255	255
125	255	255	255