

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Tomislav Cvrtila



Sveučilište u Zagrebu
Grafčki fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

KVANTITATIVNA EVALUACIJA VON BEZOLDOVOG EFEKTA KROMATSKE ASIMILACIJE

Mentor:

Doc. dr. Sc. Ivan Budimir

Student:

Tomislav Cvrtila

Zagreb, 2019.

SAŽETAK

Završni rad opisuje pojam boje, aditivno i suptraktivno miješanje boja te doživljaj boje. Pojašnjavaju se vizualni efekti i percepcija promatrača. U ovome radu će se najviše obratiti pozornost na Von Bezoldov vizualni efekt. Von Bezoldov efekt kromatske asimilacije se odnosi na pojavnosti boje stimulusa prema boji pozadine koja ga okružuje tj. pomicanje percepcije boje stimulusa prema boji pozadine. Završni rad će se sastojati od teorijskog i eksperimentalnog dijela. Teorijski dio završnog rada sadržavati će osnove Von Bezoldovog efekta, njegov opis te primjenu u grafičkoj tehnologiji. U ovom radu će se analizirati utjecaj Von Bezoldovog efekta na originalnim uzorcima u kontroliranim uvjetima u eksperimentu sa ispitanicima. Cilj rada je evaluacija Von Bezoldovog efekta na dobivenim rezultatima eksperimenta sa prethodno izrađenim originalnim uzorcima. Pomoću dobivenih rezultata prikazana su odstupanja u percepciji između promatrača.

Ključne riječi:

Vizualni efekti, Von bezold, kromatska asimilacija, stimulus, evaluacija, percepcija

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijski dio.....	2
2.1 Boja.....	2
2.2 Svijetlost i spektar.....	3
2.3 Aditivna i suptraktivna sinteza boja.....	4
2.4 Doživljaj boje.....	5
2.5 Dimenzije boje.....	9
2.6 CIE Lab model boja.....	11
2.7 Psihofizički vizualni efekti.....	13
2.7.1 Asimilacija.....	13
2.8 Von Bezoldov efekt kromatske asimilacije.....	15
3. Praktični dio.....	17
3.1 Planiranje eksperimenta.....	17
3.2 Izrada uzoraka.....	18
3.3 Provođenje eksperimenta.....	19
4. Rezultati i rasprava.....	20
5. Zaključak.....	25
6. Literatura.....	26

1. UVOD

Ljudi na različit način percipiraju boje, te se tu javljaju razni psihofizikalni efekti u grafičkoj struci. Zbog sve većih zahtjeva potrošača oko izgleda gotovog proizvoda, grafičari koriste određene vizualne efekte s ciljem izazivanja pozitivne reakcije kod ciljanih potrošača.

Ovaj završni rad sadrži općenito teorijsko znanje o vizualnim efektima i percepciji istih.

Praktični dio rada pokazuje odstupanja u percepciji Von Bezoldovog efekta kromatske asimilacije između originalnih uzoraka.

U teorijskom dijelu rada bit će opisano što je boja te njezine karakteristike. Također rad će obraditi područja koja govore o samom doživljaju boje, miješanju boje, te atributima boje. Nakon boje opisivat će se vizualni efekti te Bezoldov efekt. Sljedeće će se opisivati pojam svjetlost i spektar.

U sljedećem dijelu bit će prikazan eksperimentalni dio završnog rada. U radu će se prikazati kako promatrači percipiraju Von Bezoldov kromatski efekt s određenim originalnim uzorcima boja prilikom promjene pozadine usmjerenim na područje tipografije. Uvodni dijelovi sadržavat će plan istraživanja i objašnjenja izrade dizajna testnih uzoraka. Nakon toga slijedi opis samog istraživanja. Vizualno ocjenjivanje bit će provedeno tako da se uzorci nalaze istovremeno u cjelovitom vidnom području (jedan pored drugog). Na kraju će biti prezentirani rezultati istraživanja te analiza istih pomoću dijagrama. Cilj ovog rada je istražiti doživljaj i percepciju intenziteta kromatskog efekta asimilacije te na temelju dobivenih podataka prikazati razliku i odstupanje u percepciji istog.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 Boja

Bojom nazivamo reakciju fotoosjetljivih čunjića u našem oku na vanjski podražaj u obliku svjetlosne zrake. Ulaskom u oko zraka se lomi kao u prizmi i raspršuje u spektar. Dok su sve boje spektra objedinjene, zraka je bijele boje - zato bijelu zovemo neboja, nešarena ili akromatska boja. Akromatske su također i crna i siva [1].

Djeci u školi kažemo kako spektar ima šest boja; naime tri primarne i tri sekundarne. Iz iskustva s pigmentima znamo da se sve boje mogu dobiti miješanjem svega tri boje, koje stoga nazivamo osnovne, primarne ili boje prvog reda. To su: crvena, žuta i plava.

Njihovim miješanjem dobivamo izvedene, sekundarne, ili boje drugog reda:

- zelena -----plava + žuta
- narančasta -----crvena + žuta
- ljubičasta -----plava + crvena

Nadalje, miješanjem jedne primarne i jedne sekundarne boje nastaju tercijarne boje, ili boje trećeg reda (slika 1.). To su primjerice crveno narančasta ili narančasto crvena [1].



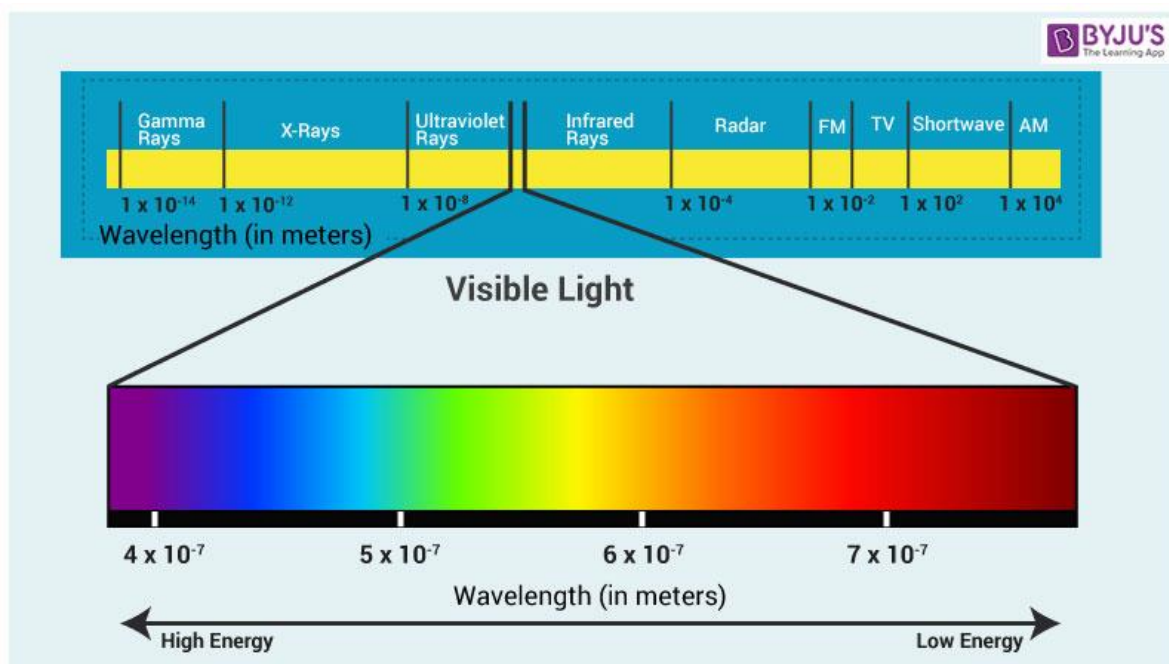
Slika 1. Primarne, sekundarne i tercijarne boje

Izvor (<http://www.klincisbukovca.com/e-u269ionica.html>)

2.2 Svjetlost i spektar

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Ljudsko oko u prosjeku može vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 380 do 780 nm (**vidljiva svjetlost**), koje ljudsko oko razlikuje kao boje, od ljubičaste s najmanjom do crvene s najvećom valnom duljinom.

Spektar (slika 2.) je otkrio **Isaak Newton** 1676. g. Razlomivši u trostranoj prizmi bijelu svjetlost, vidio je kako su u njoj sakrivene sve postojeće boje. Beskonačan niz preljevajućih boja čini konačnim razgraničivši sedam različitih boja: crvena, narančasta, žuta, zelena, cijan (svijetloplava), indigo (tamnoplava) i ljubičasta. Brojku sedam uzeo je iz korelativnih (i ezoteričnih) razloga - kako bi sedam boja odgovaralo sedam nota u glazbenoj ljestvici [1].



Slika 2. Spektar zračenja

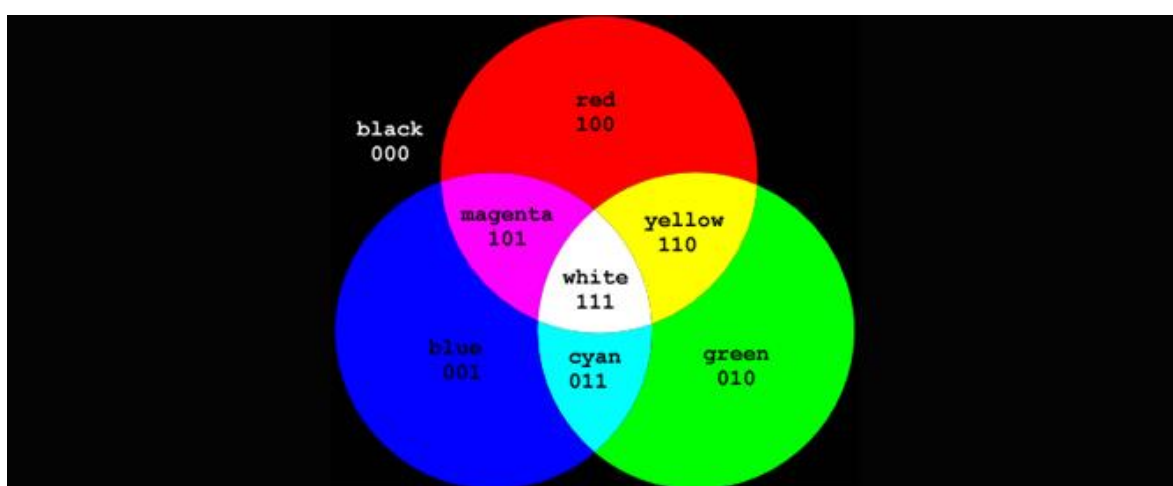
Izvor(<https://byjus.com/physics/visible-light/>)

2.3 Aditivna i suptraktivna sinteza boja

Dva su osnovna načina miješanja boja: aditivno i suptraktivno (slika 3.). U oba slučaja postoje primarne i sekundarne boje, koje su ovisne o načinu miješanja boja.

Aditivno miješanje boja temelji se na zbrajanju svjetloća pojedinih boja. Osnova je za stvaranje slike kod televizora u boji i računalnih monitora. Početci fotografije u boji su se zasnivali na aditivnom miješanju boja. Osnovne boje aditivnog miješanja boja su plava, zelena i crvena. Percepcija stvaranja nove boje nastaje zbrajanjem primarnih boja. Aditivnim se miješanjem dviju osnovnih boja dobiva osnovna boja suptraktivnog načina miješanja boja, a miješanjem sve tri osnovne boje ovoga načina dobiva se bijela boja [3].

Za razliku od aditivnog, suptraktivno miješanje boja podrazumijeva stvaranje percepcije boje oduzimanjem jednog dijela spektra. To se može postići apsorpcijom u filtru ili miješanjem obojenih pigmenata. Današnja fotografija i tiskarstvo koriste ovaj model miješanja boja. Osnovne boje suptraktivnog miješanja boja su cijan, žuta i purpurna. Suptraktivnim miješanjem dviju osnovnih boja dobiva se osnovna boja aditivnog načina miješanja boja, a miješanjem sve tri osnovne boje dobiva se crna boja. Iako se miješanjem osnovnih boja teoretski dobije crna boja, u tiskarstvu se kao zasebna (četvrta) boja koristi crna, a u svrhu bolje reprodukcije tamnih tonova [3].



Slika 3. Aditivna i suptraktivna sinteza

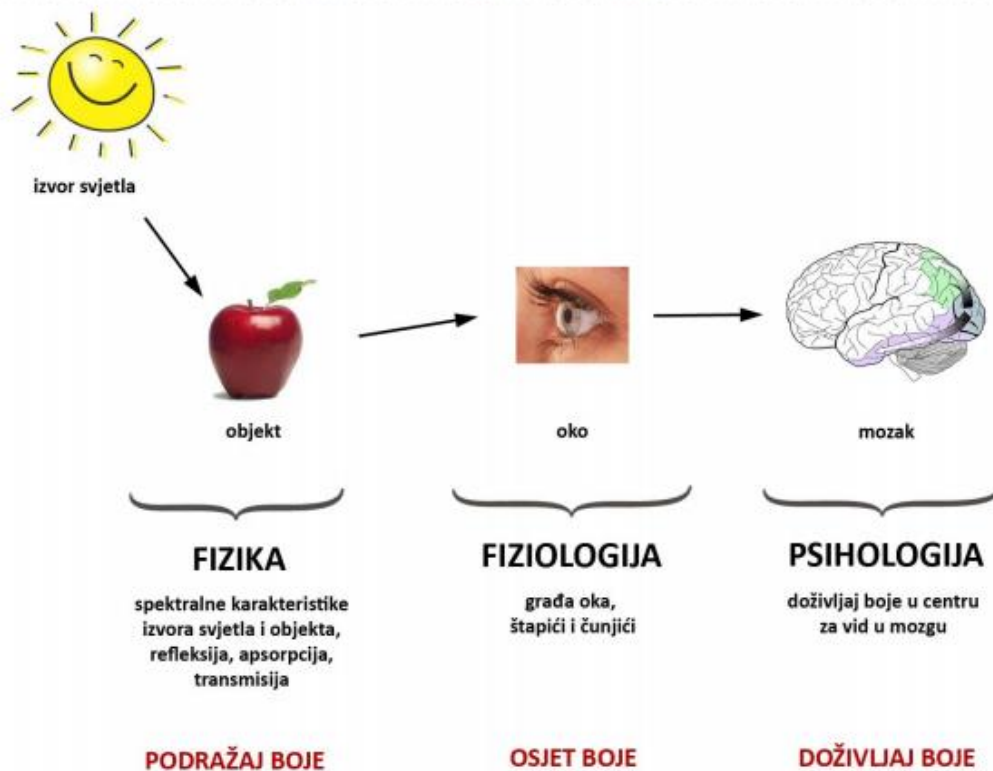
[Izvor \(https://quantumjk.blogspot.com/2016/05/misterije-mijesanja-boja.html\)](https://quantumjk.blogspot.com/2016/05/misterije-mijesanja-boja.html)

2.4 Doživljaj boje

Boja je psihički doživljaj izazvan fizičkim uzrokom (stimulusnom), a ovisi o fiziološkom procesu u organizmu i o različitim psihološkim faktorima (slika 4.). Doživljaj boje mijenja se ovisno o uvjetima promatranja boje okoline, energetskej razini osvjetljenja, promatraču i dr [2].

Zahvaljujući vidu, osoba ostvaruje okolnu stvarnost i sebe orijentira u svemiru. Naravno, bez ostatka osjetila teško je napraviti cjelovitu sliku svijeta, ali oči vide gotovo 90% općih informacija koje ulaze u mozak izvana [4].

Nastanak i opažanje boje



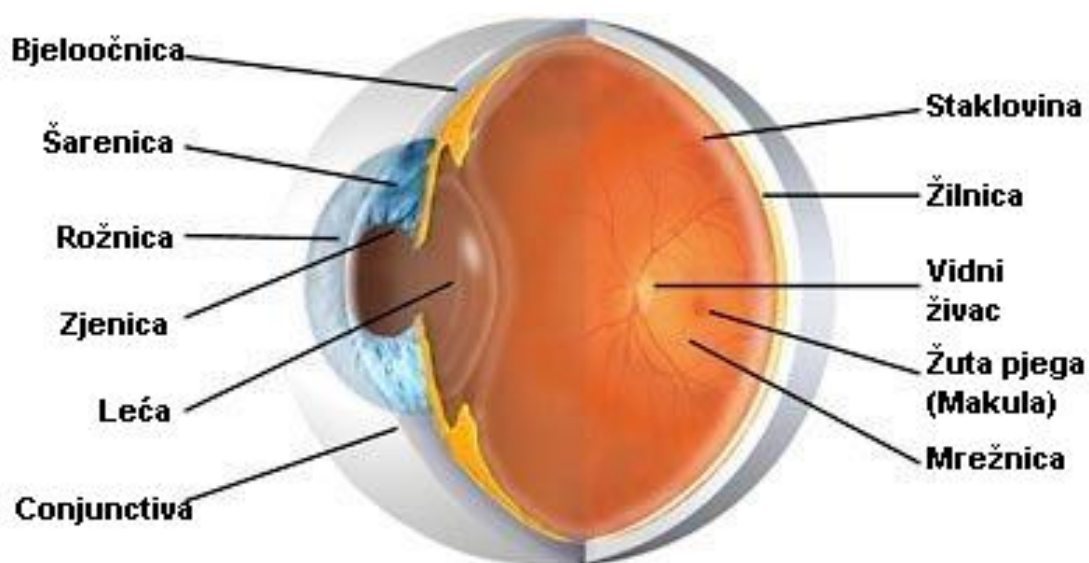
Slika 4. Nastanak i opažanje boje

Izvor (http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf)

Doživljaj boje je ovisan o tri faktora:

1. Spektralnom sastavu svjetla koje pada na promatrani predmet
2. Molekularnoj strukturi materijala s kojeg se svjetlo reflektira (ili propušta)
3. Čovjekovim osjetom boje, putem vidnog sustava i mozga.

Vidni se sustav sastoji od: očne jabučice, vidnog živca i centra za vid u mozgu.

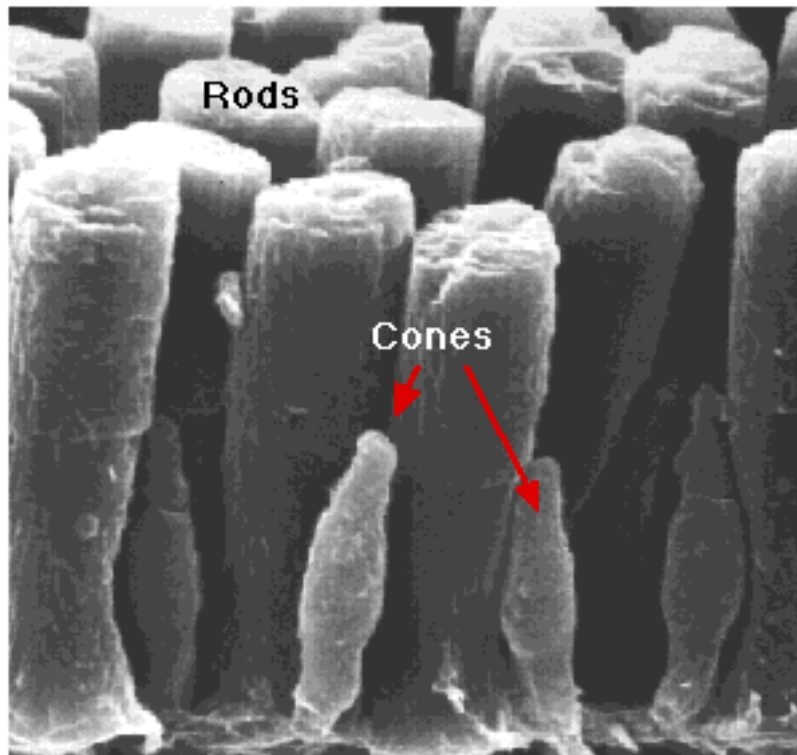


Slika 5. Građa očne jabučice

Izvor (<https://sites.google.com/site/organvidaoko/home/grad-a-oka>)

Oko je glavni osjetilni organ. U građi oka postoje dvije vrste organa. Koji se dijele na glavne i pomoćne dijelove. Glavni je dio očna jabučica (slika 5.), koja se sastoji od ovojnice i unutrašnjosti. Ovojnice su: bjeloočnica, mrežnica. Unutrašnjost je popunjena očnom vodicom, lećom i staklovinom. Pomoćni dijelovi oka gornji i donji kapak, trepavice, obrve i suzna žlijezda. U oku imaju zaštitnu funkciju [5].

Mrežnica je unutarnja ovojnica oka. Smještena je na stražnjem dijelu očne jabučice i njezin je najvažniji dio. Sadrži vidne stanice, štapiće i čunjiće koji pomažu u osjetu svjetla i raspoznavanju boja. Povezane su sa živčanim vlaknima koja se udružuju u vidni živac. Sastoji se od približno 7 milijuna čunjića i 75-150 milijuna štapića.



Slika 6. Štapić (Rods) i čunjići (Cones)

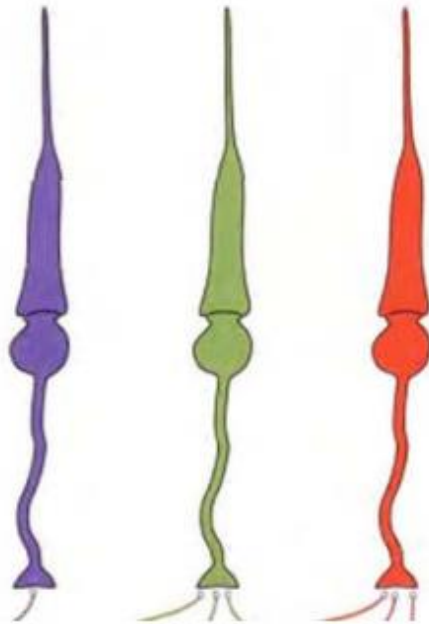
Izvor (http://physics.mef.hr/Predavanja/seminar_optika/main1e.html)

U mrežnici se nalaze 2 vrste receptora (fotoosjetljivih stanica) koje su živcima povezane sa mozgom: štapići koji omogućuju osjet svjetline (oko 120 milijuna) i čunjići koji omogućuju osjet boje (oko 6,5 milijuna).

Žuta pjega ili makula se nalazi u središnjem dijelu mrežnice i odgovorna je za oštrinu centralnog vida, te u nju pada fokus slike promatranog predmeta. Periferni dio makule je važan za prostorni vid.

Štapići su jako osjetljivi na svjetlost, pa je za osjet potrebno samo nekoliko fotona. Pomoću njih gledamo po noći. Čunjići rade pod jakim svjetlom i pomoću njih razlikujemo boje.

Tri različite vrste čunjića definiraju spektralnu osjetljivost ljudskog oka, koja se kreće od 380 do 780 nm.



Slika 7. Tri vrste Čunjića

Izvor (http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf)

S - short wavelength - čunjići maksimalno osjetljivi na svjetlo valne dužine 445nm (ljubičasto plavi dio spektra)

M - medium wavelength - maksimalno apsorbira zeleno svjetlo valne duljine 535 nm

L - long wavelength - maksimalno apsorbira crveno svjetlo valne duljine od 570 nm

2.5 Dimenzije boje

Boje se mogu definirati svojim uobičajenim imenima, ali i opisnim, literarnim izvedenicama, ali to ne govori ništa o njihovim izražajnim vrijednostima. Stoga postoje dimenzije odnosno psihološki **atributi** koji uže definiraju svaku boju:

- ton boje ili tonalnost boje
- zasićenost ili saturacija
- svjetlina ili luminancija

Ton boje označava vrstu boje, boju samu po sebi. Definira se kao kromatska kvaliteta boje, odnosno kvaliteta kojom se jedna boja razlikuje od druge. Da bi se objasnili pojmovi zasićenost i svjetlina, najprije je potrebno boje podijeliti u dvije osnovne skupine. U prvoj skupini nalaze se prave boje, kao što su crvena, narančasta, žuta, zelena, plava itd., koje se nazivaju kromatskim bojama, ili jednostavno bojama. Slika 8. prikazuje kromatske boje. U drugoj skupini nalaze se crna, siva i bijela, koje se nazivaju akromatskim bojama, ili jednostavno nebojama. One čine skalu koja seže od crne, preko sive, do bijele. Slika 9. prikazuje akromatske boje. Neke od kromatskih boja su tamnije ili svjetlije od drugih i moguće je uspoređivati svaki stupanj njihove svjetline sa svjetlinom sive akromatske boje. Ta se osobina naziva svjetlina ili luminancija. To je relativna količina svjetla (bilo koje valne dužine) koju boja prividno emitira. To je kvaliteta kojom se razlikuje svjetla boja od tamne boje. Slika 10. prikazuje svjetlinu boje. Ako se neka kromatska boja miješa s akromatskom bojom jednake svjetline, svjetlina boje ostaje ista. Nastala promjena u kvaliteti, odnosno čistoći boje, ovisi o relativnoj količini ovih dviju komponenata. Ta se osobina naziva zasićenost ili saturacija. To je stupanj do kojeg se boja čini čistom. Slika 11. prikazuje zasićenost boje [8].



Slika 8. Kromatske boje

Izvor (http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Boja_i_atributi_boje.pdf)



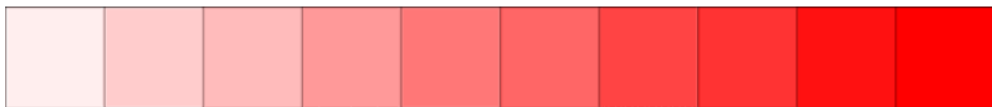
Slika 9. Akromatske boje

Izvor (http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Boja_i_tributi_boje.pdf)



Slika 10. Svjetlina boje

Izvor (http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Boja_i_tributi_boje.pdf)

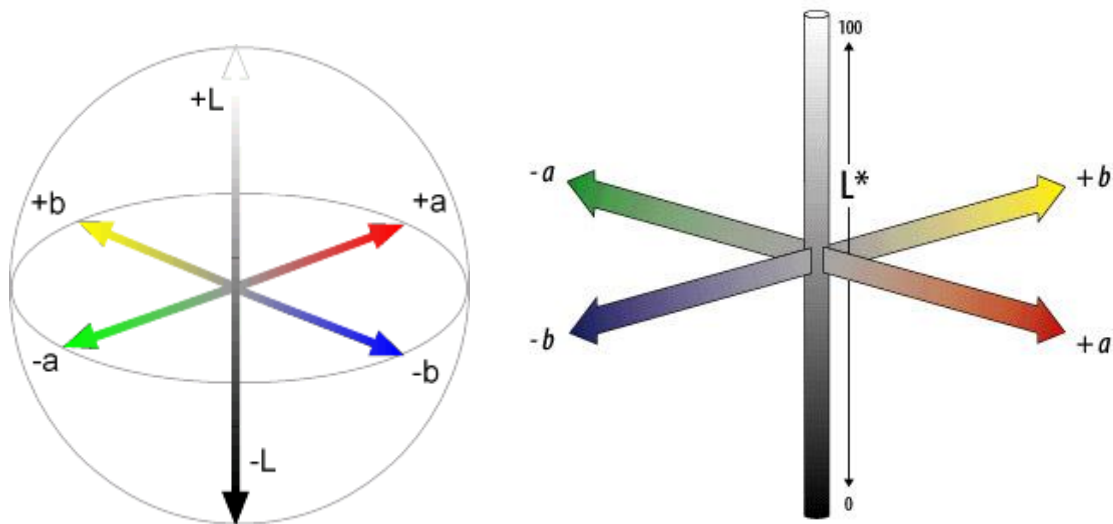


Slika 11. Zasićenost boje

Izvor (http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Boja_i_tributi_boje.pdf)

2.6 CIE Lab model boja

CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja zasnovan je na suprotnoj teoriji boja. Funkcija svjetline L^* daje skalu neutralne boje od crne do bijele (od 0 do 100 jedinica svjetline), a kromatičnost boje definira se u odnosu na neutralnu os koja ima vrijednost 0 kromatičnosti. CIE a^* je koordinata za crvenu-zelenu, a CIE b^* za žutu-plavu. CIE $L^*a^*b^*$ svoju primjenu nalazi u formuli boja, procesnoj kontroli i kontroli kvalitete. Svaka boja definira se svjetlinom i kromatičnošću s tri točke na svakoj osi [9].



Slika 12. CIE Lab

Izvor (http://www.appstate.edu/~steelekm/classes/psy3215/ColorModels/cie_lab.html)

Definiranje Delta E (ΔE)

ΔE je mjera promjene vizualne percepcije između dvije boje. Delta E je metrika za razumijevanje načina na koji ljudsko oko opaža razliku u boji. Izraz delta dolazi iz matematike, što znači promjenu varijable ili funkcije. Sufiks E upućuje na njemačku riječ Empfindung, što široko znači senzacija.

U uobičajenoj skali, vrijednost Delta E kreće se od 0 do 100.

Percepcija Delta E

≤ 1.0 Nije vidljivo ljudskim očima.

1 - 2 Vidljiv pomnim promatranjem.

2 - 10 Vidljivo na prvi pogled.

11 - 49 Boje su sličnije nego suprotne

100 Boja je upravo suprotno

Računanje ΔE

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

2.7 Psihofizički vizualni efekti

Psihofizički vizualni efekti su percepcijski „prividi“ nastali u psihofizičkim određenim situacijama uslijed djelovanja različitih parametara (karakteristike prostorne strukture i oblika stimulusa i pozadine, vrste izvora svjetlosti, razina osvjetljenja, vrsta medija...). Promatrač percipira boje koje ne postoje ili boje percipira nesukladno fizikalnim vrijednostima istih. Psihofizički vizualni efekti se mogu podijeliti na pozadinske i adaptacijske efekte [6].

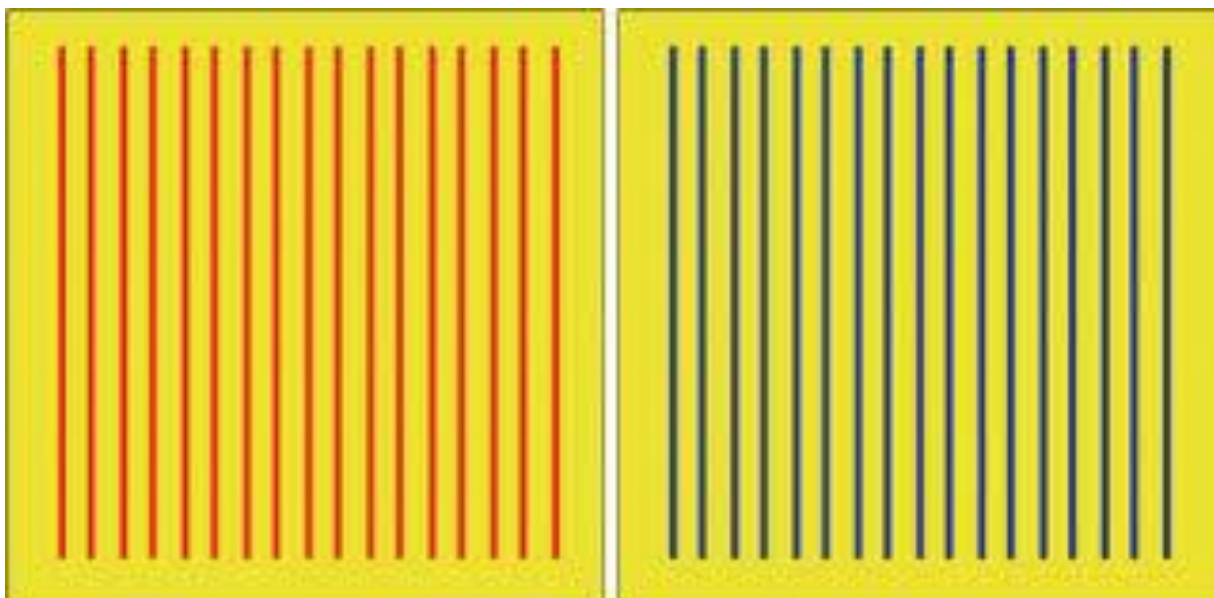
U ovom radu ćemo obratiti pozornost na pozadinske psihofizičke efekte.

Pozadinski psihofizički vizualni efekti nastaju djelovanjem karakteristika i oblika prostorne strukture stimulusa te okruženja (pozadine) [6].

U grafičkoj struci psihofizički vizualni efekti pomažu grafičkim dizajnerima u njihovim idejama i želji da zadovolje sve potrošačeve želje. Međutim u nekim slučajevima odmažu kolegama u tehničkom dijelu grafičke struke. To se dešava kada gotov i otisnut proizvod ne izgleda onako kako je to dizajner odnosno potrošač želio. Razlog tome je što boje na elektronskom zaslonu tj. monitoru nisu jednake kao na otisku. U tisku se koriste cmyk sustav boja (Suptraktivno miješanje boja) dok na monitoru Rgb sustav (Aditivno miješanje boja). Zato se prije tiska, proizvod na monitoru prebacuje u Cmyk sustav i dobiva se previd kako će otisak izgledati. Također se rade kolorne probe koje klijent može pogledati i vidjeti kakav proizvod kupuje. Grafičari koriste većinom vizualne efekte u svrhu povećanja kvalitete proizvoda i upoznati su s prednostima i manama efekata. Psihofizički vizualni efekti definitivno mogu biti "ono nešto" što će pozitivno iznenaditi potrošača i na kraju prodati proizvod.

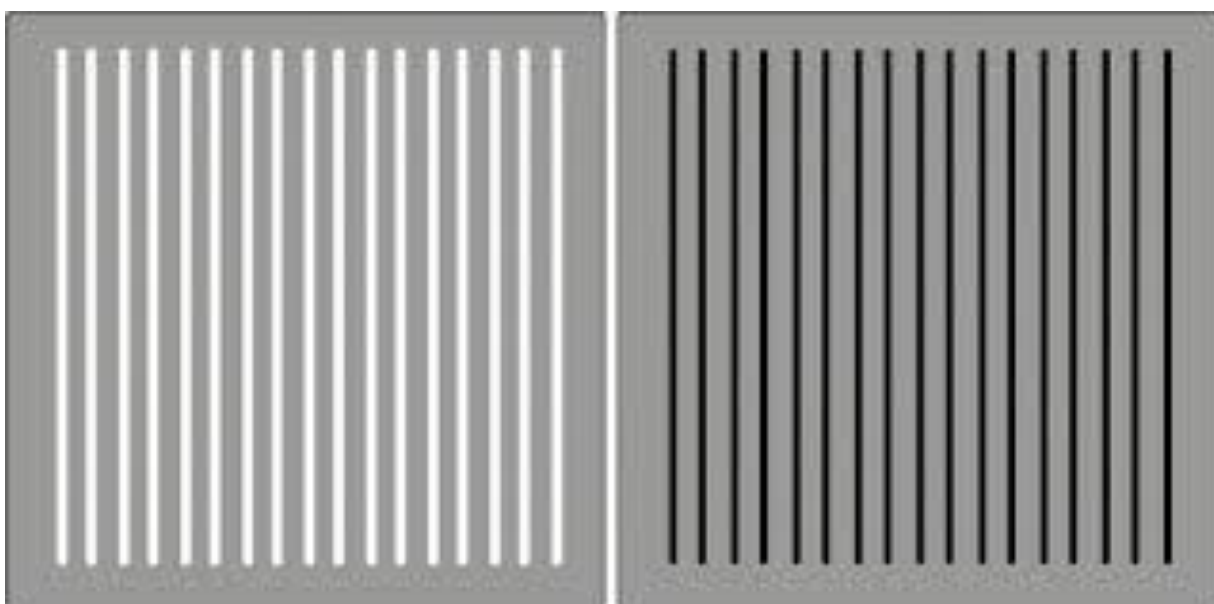
2.7.1 Asimilacija

Kromatska i akromatska asimilacija (slika 13. i 14.) je pomak pojavnosti boje stimulusa prema boji pozadine koja ga okružuje. Asimilacija je pomicanje percepcije boje stimulusa prema boji pozadine. Njemački profesor meteorologije Wilhelm von Bezold (1837. – 1907.) je 1876. godine pronašao efekt asimilacije [7].



Slika 13. Primjer kromatske asimilacije

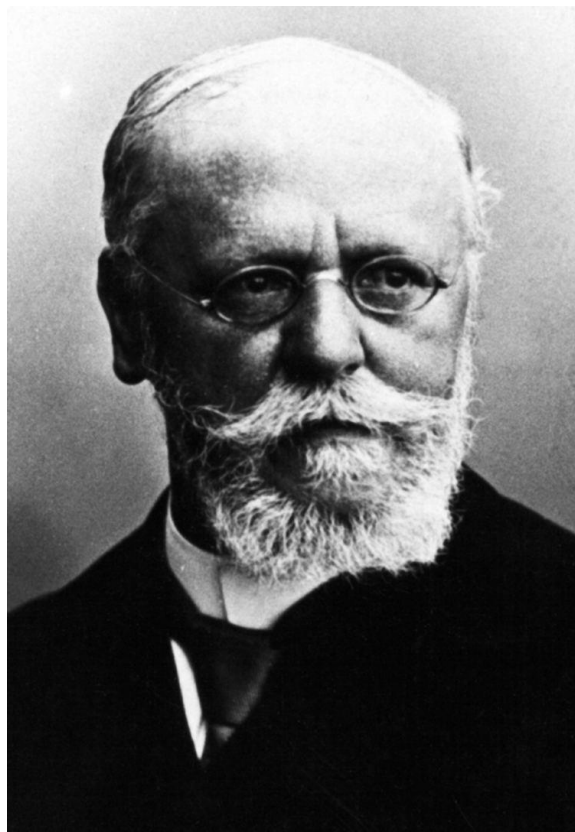
Izvor (https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-8071-7_272)



Slika 14. Primjer akromatske asimilacije

Izvor (https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-8071-7_272)

2.8 Von Bezoldov efekt kromatske asimilacije



Slika 15. Wilhelm von Bezold (21. lipnja 1837. - 17. veljače 1907.)

Izvor (<https://alchetron.com/Wilhelm-von-Bezold>)

Život

Johann Friedrich Wilhelm von Bezold (21. lipnja 1837. - 17. veljače 1907.) bio je njemački fizičar i meteorolog rođen u Münchenu, Kraljevini Bavarskoj (slika 15.). Najpoznatiji je po otkrivanju Bezoldovog efekta i Bezoldovog-Brückeovog pomaka.

Bezold je studirao matematiku i fiziku na Sveučilištu u Münchenu i Sveučilištu u Göttingenu. Predavao je meteorologiju u Münchenu od 1861., postajući profesor 1866. 1868. počeo je predavati na Tehničkom sveučilištu u Münchenu. 1875. imenovan je članom Bavarske akademije znanosti.

Od 1885. do 1907. Bio je direktor pruskog Instituta za meteorologiju na Sveučilištu u Berlinu. Kao znanstvenika zanimala ga je uglavnom fizika atmosfere, a mnogo je pridonio teoriji električnih oluja.

Otkriće

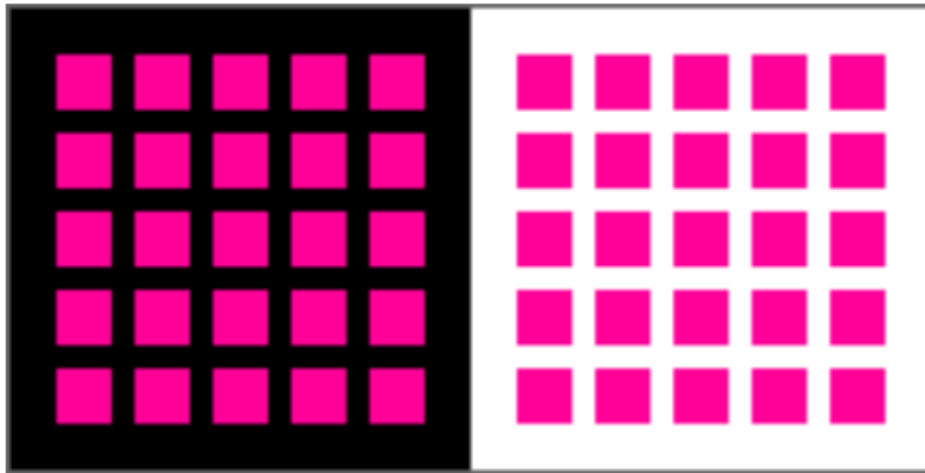
Wilhelm von Bezold je otkrio da se boja može pojaviti različita ovisno o odnosu prema susjednim bojama. Bezold je otkrio da je suprotno već utvrđenom nalazu "istodobnog kontrasta boja" u kojem boja poprima pozdravni sjaj i kontrastnu svjetlinu svoje okoline, Bezold je otkrio da će pod određenim okolnostima obojeno područje poprimiti istu boju kao i njegov prostor.

Opis

Kada gledate određenu nijansu, može se mijenjati izgled ovisno o bojama koje ga okružuju. Na primjer, žuti okvir okružen plavom bojom izgledat će tamnije od žutog okvira okruženog crvenim. Čini se da okružena boja poprima nijansu boje koja je okružuje; crvene kutije okružene plavom bojom će izgledati tamnije od onih okruženih bijelom. Najsvjetlija demonstracija je kada su dvije mrlje identične boje okružene tankim crnim i bijelim obrubima. Ona koja je okružena crnom, izgleda tamnije od one koja je okružena bijelom. Obojene regije apsorbiraju svoju boju obruba; suprotnost efekta kontrasta koji se često nalazi uz svjetlinu, a također i za nijansu.

Upotreba

Poznavanje Bezoldovog efekta korisno je u područjima kao što je grafički dizajn, gdje umjetnici mogu koristiti kombinacije susjednih boja kako bi stvorili željeni efekt.



Slika 16. Primjer Bezoldovog efekta kromatske asimilacije u obliku kvadratića

Izvor (<https://pdfs.semanticscholar.org/90a6/3031a6dc6c3d72fc351a27fd08b3bedf9a36.pdf>)

Ružičasti kvadratići percipiraju se tamnijima na tamnoj podlozi nego na svijetloj podlozi (slika 16.).

3. PRAKTIČNI DIO

3.1 Planiranje eksperimenta

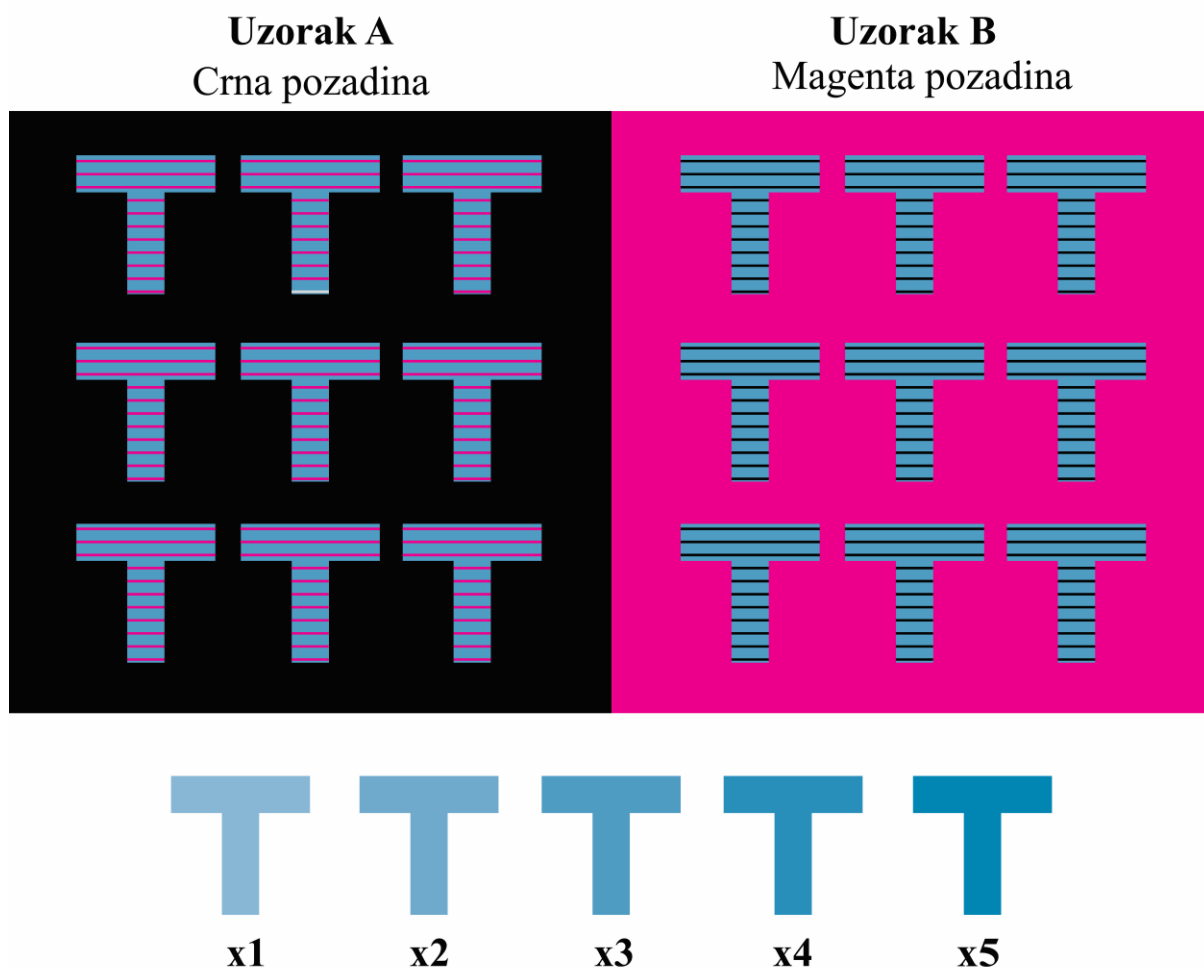
U praktičnom dijelu završnog rada izvodit će se evaluacija u odstupanju rezultata između ispitanika nad istim originalnim uzorcima Bezoldovog efekta kromatske asimilacije.

Eksperiment je osmišljen da se ispitanicima daju dva originalna uzorka Bezoldovog efekta A i B na elektroničkom zaslonu, te mogućnost odabira 5 nijansa boje (x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5) sa različitim karakteristikama od kojih je jedna nijansa boje ista kao na uzorcima A i B. Kako bi istraživanje bilo što preciznije sudjelovalo je 30 promatrača. Promatrači su vizualno imali zadatak odabrati jednu od 5 nijansa boje od kojih je jedna referentna nijansa. Cilj ove metode je bio hoće li promatrači odabrati referentnu nijansu i da li će shvatiti da je ista nijansa boje na oba uzorka, te analizirati rezultate dobivene eksperimentom.

3.2 Izrada uzoraka

Za izradu uzoraka korišten je program Adobe Photoshop. Za eksperiment korišteno je pet nijansi Cyan boje iz Pantone kataloga: Pantone P 113 – 10 C (x1), Pantone P 113 – 11 C (x2), Pantone P 113 – 12 C (x3), Pantone P 113 – 13 C (x4), Pantone P 113 – 14 C (x5). Za pozadinske boje na uzorcima uzete su: crna, žuta, crvena, magenta.

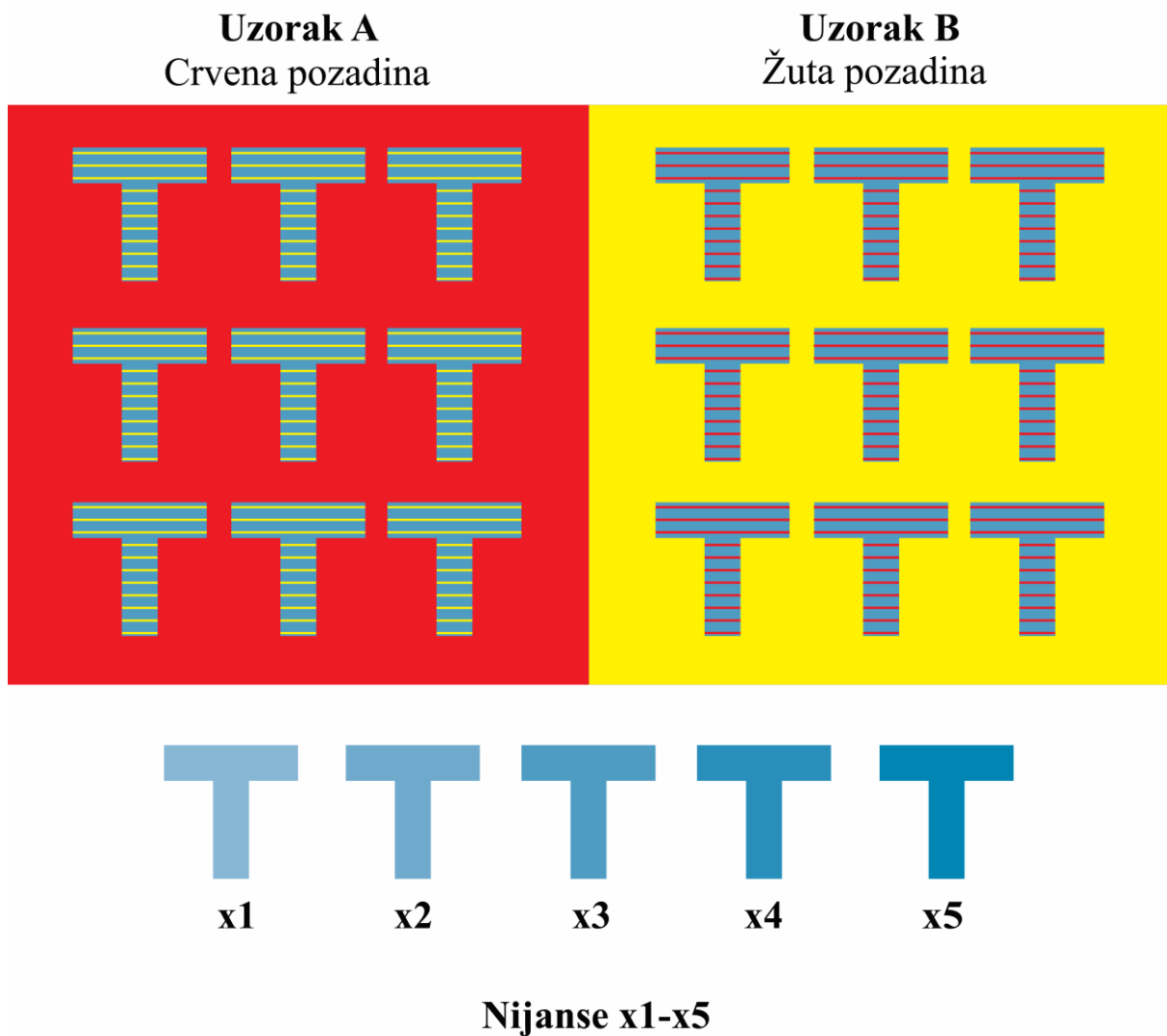
Uzorci su kvadratnog oblika sa različitim bojama pozadine, te sadržavaju 9 slova T (3*3). Slova T su ispunjena istom bojom na svim napravljenim uzorcima, a to je Pantone P 133 – 12 C (x3). Kroz slova T na uzorku A vodoravno prolaze pruge koje su boje pozadine na uzorku B i obratno. Napravljene su 2 kombinacije sa mijenjanjem boja pozadina na uzorcima A i B.



Nijanse x1-x5

Slika 17. Uzorci A i B u crno – magenta kombinaciji

Izvor (fotografija autora)



Slika 18. Uzorci A i B u crveno – žutoj kombinaciji

Izvor (fotografija autora)

3.3 Provođenje eksperimenta

Eksperiment je osmišljen kao subjektivno ocjenjivanje jednakosti između nijansa boja ponuđenih (x1 – x5) te nijanse boje slova T na uzorcima A i B. Ispitanici su imali zadatak odabrati jednu od pet ponuđenih nijansi Cyan boje za koju misle da je na uzorcima A i B, te mogućnost odabira da im niti jedna nijansa Cyan boje koje su ponuđene ne odgovara onoj na uzorcima, ali i mogućnost odabira da su nijanse boje kojom su ispunjena slova T na oba uzorka iste. Da bi istraživanje bilo što kvalitetnije, provedeno je nad 30 ispitanika.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Tablica Lab vrijednosti korištenih nijansa od kojih je X3 referentna (slika 19.).

Nijanse boje X1-X5	L	a	b
<i>Pantone P 113-10 C</i>	72	-10	-21
<i>Pantone P 113-11 C</i>	67	-13	-24
<i>Pantone P 113-12 C</i>	61	-15	-28
<i>Pantone P 113-13 C</i>	55	-18	-31
<i>Pantone P 113-14 C</i>	51	-20	-34

Slika 19. Tablica Lab vrijednosti

Izvor (fotografija autora)

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

Računanje delta E za nijanse korištene u eksperimentu.

$$\Delta E_{x3-x2} = \mathbf{7.4833}$$

$$\Delta E_{x3-x1} = \mathbf{13.9642}$$

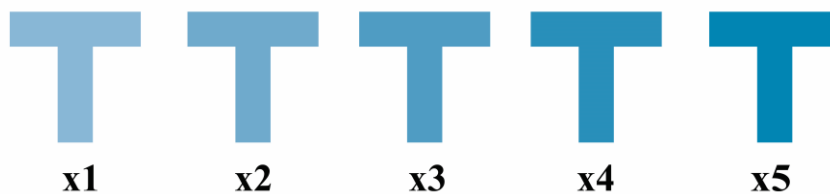
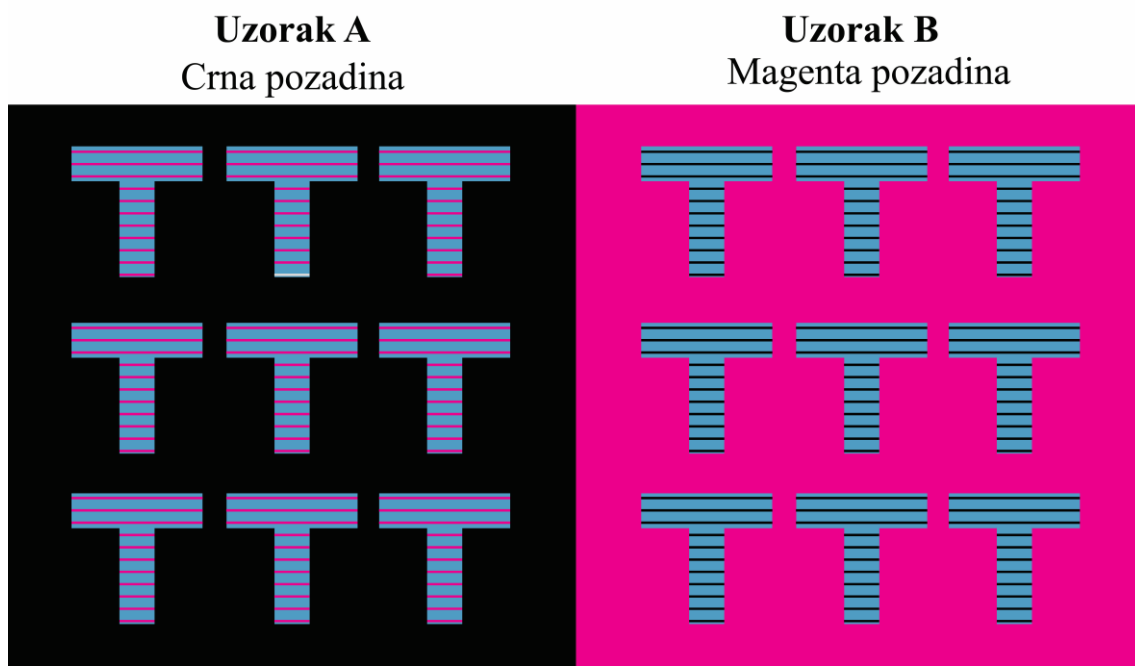
$$\Delta E_{x3-x4} = \mathbf{7.3485}$$

$$\Delta E_{x3-x5} = \mathbf{12.6886}$$

Odstupanja između uzoraka provjereno je vizualnim ocjenjivanjem 30 promatrača. Kod uzoraka A i B u kombinaciji crne i magenta boje, na crnoj pozadini su 2 promatrača izabrala referentnu vrijednost od njih 30. Dok na pozadini s bojom magente, 8 promatrača je odabralo referentnu vrijednost od njih 30. Kod uzoraka A i B u kombinaciji crvene i žute boje, na crvenoj pozadini nije niti jedan promatrač izabralo referentnu vrijednost od njih 30, te su 2 promatrača odabrala da niti jedna od ponuđenih nijansi ne odgovara onoj na uzorku. Dok na pozadini žute boje, svih 30 promatrača su odabrali krive vrijednost od njih 30.

Tablica 1. Rezultati eksperimenta

Redni broj ispitanika	Uzorak A (Crna pozadina)	Uzorak B (Magenta pozadina)	Uzorak A (Crvena pozadina)	Uzorak B (Žuta pozadina)	Nijanse su iste na oba uzorka
1	X2	X3	NE	X4	NE
2	X1	X3	X2	X5	NE
3	X2	X3	X2	X4	NE
4	X2	X4	X2	X5	NE
5	X2	X4	X1	X5	NE
6	X2	X5	NE	X4	NE
7	X2	X4	X1	X4	NE
8	X1	X4	X2	X5	NE
9	X1	X5	X1	X4	NE
10	X2	X5	X2	X5	NE
11	X2	X4	X1	X5	NE
12	X2	X4	X2	X5	NE
13	X1	X4	X2	X4	NE
14	X1	X4	X2	X4	NE
15	X1	X3	X1	X4	NE
16	X2	X4	X2	X4	NE
17	X3	X4	X2	X4	NE
18	X3	X3	X2	X5	DA
19	X2	X3	X1	X4	NE
20	X2	X5	X1	X4	NE
21	X2	X4	X2	X5	NE
22	X1	X3	X2	X5	NE
23	X1	X5	X1	X4	NE
24	X2	X5	X2	X5	NE
25	X2	X5	X2	X4	NE
26	X1	X4	X2	X4	NE
27	X2	X4	X2	X4	NE
28	X1	X3	X1	X5	NE
29	X1	X4	X2	X5	NE
30	X1	X4	X2	X5	NE

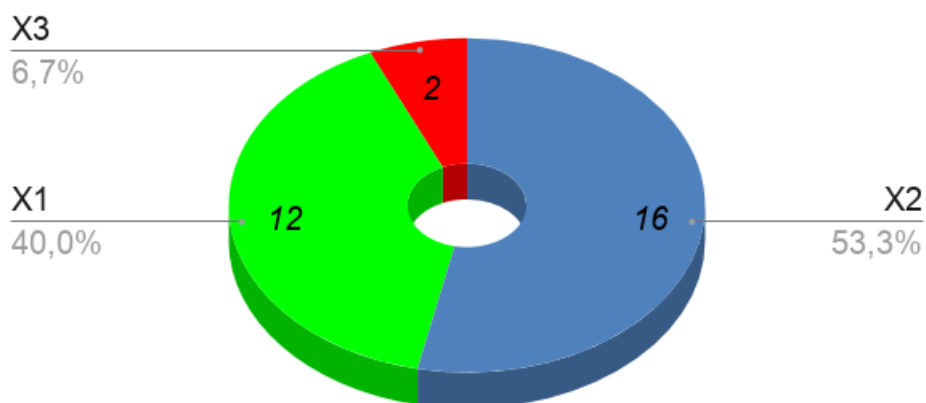


Nijanse x1-x5

Slika 17. Uzorci A i B u crno – magenta kombinaciji

Izvor (fotografija autora)

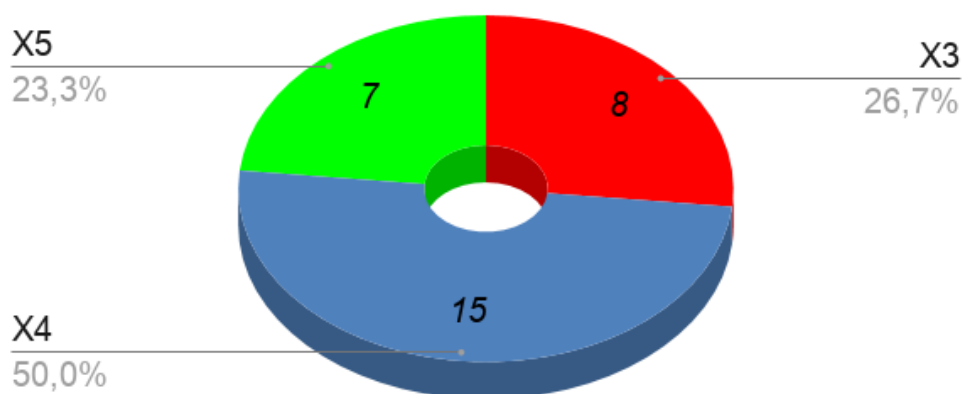
Ukupno Uzorak A (Crna pozadina)



Slika 20. Dijagram uzorka A na crno pozadini

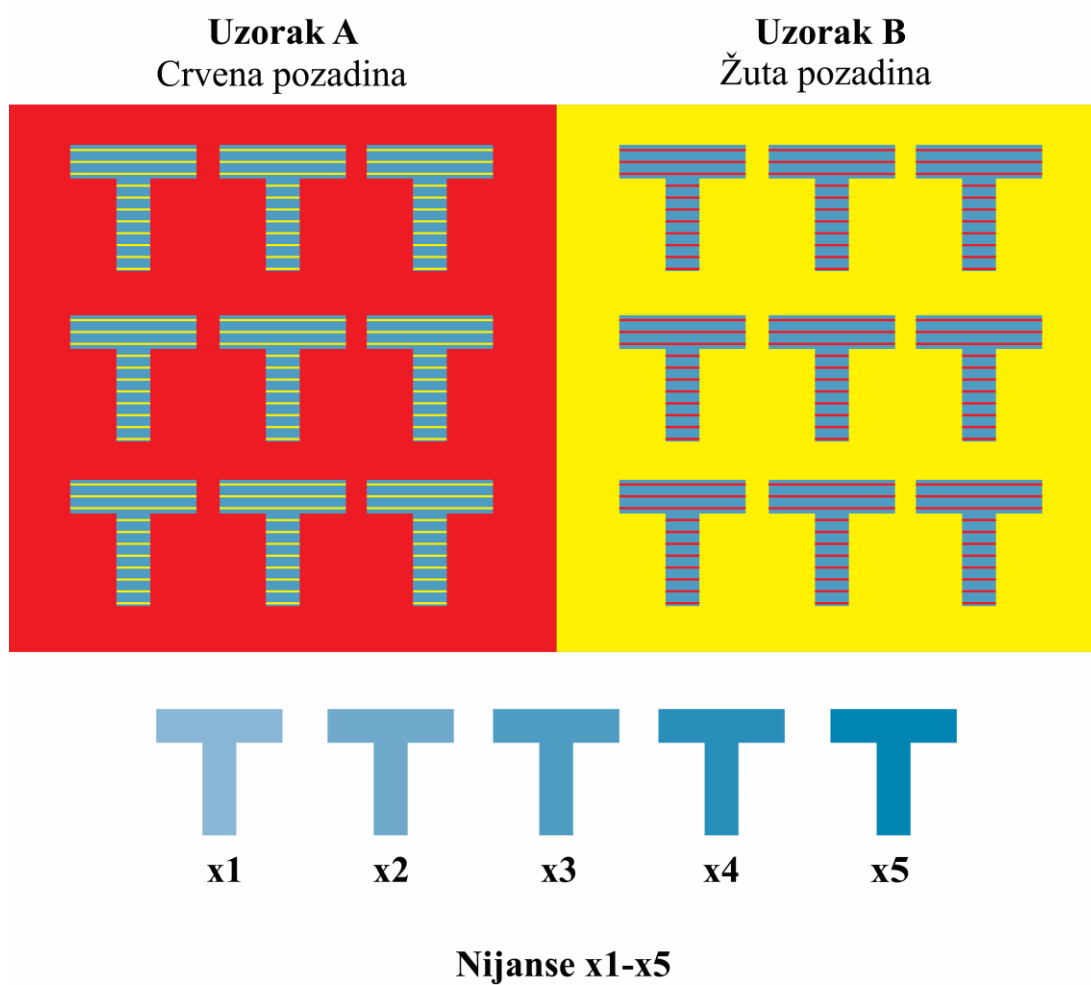
Izvor (fotografija autora)

Ukupno Uzorak B (Magenta pozadina)



Slika 21. Dijagram uzorka B na Magenta pozadini

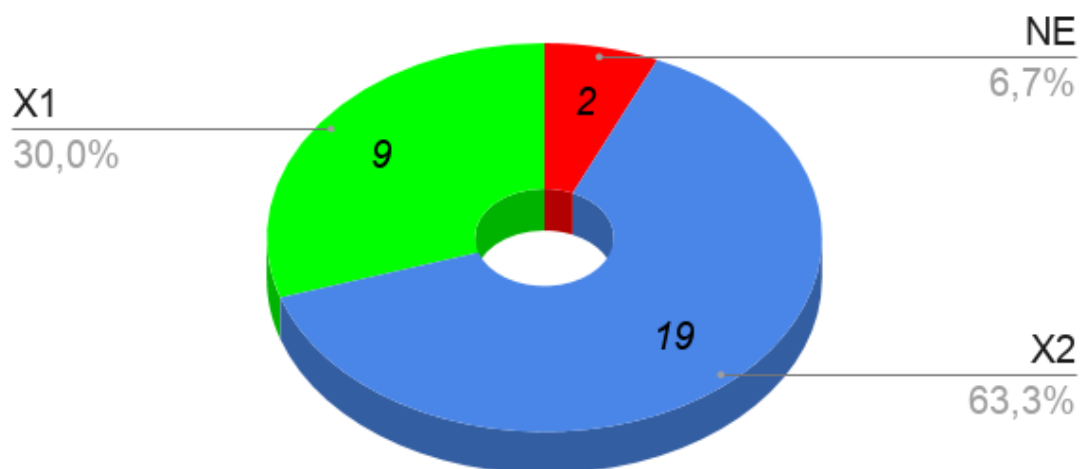
Izvor (fotografija autora)



Slika 18. Uzorci A i B u crveno – žutoj kombinaciji

Izvor (fotografija autora)

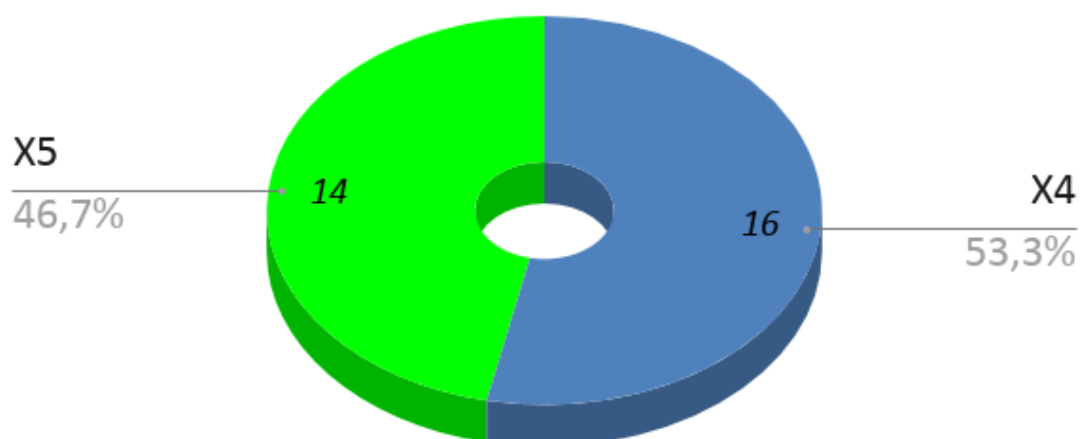
Ukupno Uzorak A (Crvena pozadina)



Slika 22. Dijagram uzorka A na crvenoj pozadini

Izvor (fotografija autora)

Ukupno Uzorak B (Žuta pozadina)

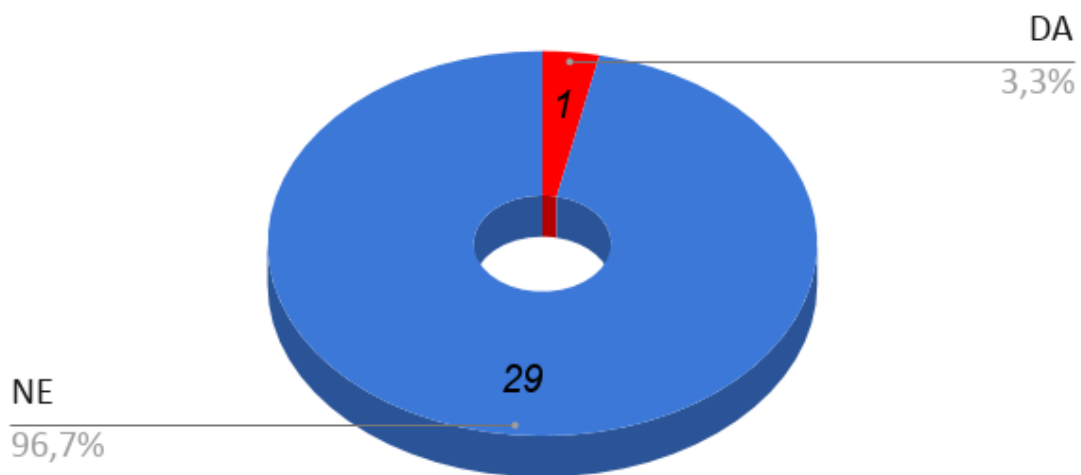


Slika 23. Dijagram uzorka B na žutoj pozadini

Izvor (fotografija autora)

Na kraju eksperimenta, promatračima je postavljeno pitanje misle li da su nijanse Cyan boje iste na oba uzorka. Od njih 30 samo je jedan sudionik istraživanja odgovorio da su nijanse iste boje na oba uzorka (slika 24.).

Ukupno: Nijanse su iste na oba uzorka



Slika 24. Dijagram rezultata odgovora na pitanje o sličnostima uzoraka

Izvor (fotografija autora)

5. ZAKLJUČAK

Prema izračunatim vrijednostima ΔE : $\Delta E_{x3-x2} = 7.4833$, $\Delta E_{x3-x1} = 13.9642$, $\Delta E_{x3-x4} = 7.3485$, $\Delta E_{x3-x5} = 12.6886$ razlike između nijansama boja na uzorcima trebale bi biti vidljive na prvi pogled, međutim zbog Bezoldovog efekta one se ne vide. To se potvrdilo ovim istraživanjem gdje je mali postotak ispitanika izabrao referentnu nijansu, a samo jedan ispitanik shvatio da se radi o istim nijansama, no on je bio upoznat sa Bezoldovim efektom ranije.

Najveće odstupanje se pokazalo na uzorku B sa žutom pozadinom gdje nije niti jedan sudionik odabrao referentnu nijansu x3. Također na uzorku A sa crvenom pozadinom sudionici istraživanja nisu odabrali referentnu nijansu, dvoje od njih je izjavilo da im niti jedna od ponuđenih nijansi ne odgovara onoj na uzorku odnosno referentnoj nijansi. Manje odstupanje je pokazano na uzorku A sa crnom pozadinom gdje su dva ispitanika odabrala referentnu nijansu, dok su ostali odabrali ostale nijanse. Najmanje odstupanje se pokazalo na uzorku B sa magentnom pozadinom gdje je nešto veći broj promatrača odabrao referentnu nijansu, njih 8.

Ovim istraživanjem potvrđeno je da psihofizički vizualni efekti mijenjaju percepciju promatrača. Zbog tih efekata boje mijenjaju svoje vizualne karakteristike, odnosno ljudi će na različite načine doživjeti boje. Efekti mogu stvoriti ne željene probleme u procesu tiska, zato grafičari moraju biti upoznati sa njima kako bi ih koristili u svoju korist. Na primjer kada se nešto na proizvodu treba više naglasiti, a nešto manje, mogu biti vrlo korisni. Psihofizički vizualni efekti su vrlo zanimljivo i korisno područje grafičke tehnologije, te su u primjeni mnogo više nego što to ljudi primjećuju.

6. Literatura

1. <http://likovna-kultura.ufzg.unizg.hr/boja.htm>
2. <https://www.bib.irb.hr/308477>
- 3 https://hr.wikipedia.org/wiki/Mije%C5%A1anje_boja
4. <https://hr.ankleyhealthinsurance.com/palochki-i-kolbochki-nahodjatsja-v.html>
5. <https://sites.google.com/site/organvidaoko/home/grad-a-oka>
6. <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1586/datastream/PDF/view>
7. <https://pdfs.semanticscholar.org/90a6/3031a6dc6c3d72fc351a27fd08b3bedf9a36.pdf>
8. http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Boja_i_tributi_boje.pdf
9. <http://silverstripe.fkit.hr/kui/assets/Uploads/Osvrti-683-685.pdf>
10. Berns R. S. (2000.), Billmeyer and Saltzman's Principles of color technology- Third edition, A Wiley-Interscience Publication – John Wiley&Sons, New York

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

Getaldićeva 2

Zagreb, 16. 9. 2019.

Temeljem podnijetog zahtjeva za prijavu teme završnog rada izdaje se

RJEŠENJE

kojim se studentu/ici Tomislavu Cvrtili, JMBAG 0128058825, sukladno čl. 5. st. 5. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, odobrava izrada završnog rada, pod naslovom: Kvantitativna evaluacija Von Bezoldovog efekta kromatske asimilacije, pod mentorstvom doc. dr. sc. Ivana Budimira.

Sukladno čl. 9. st. 1. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, Povjerenstvo za nastavu, završne i diplomske ispite predložilo je ispitno Povjerenstvo kako slijedi:

1. izv. prof. dr. sc. Žiljak Stanimirović Ivana, predsjednik/ica
2. doc. dr. sc. Budimir Ivan, mentor/ica
3. doc. dr. art. Jurković Vanda, član/ica



Dekan

Prof. dr. sc. Nikola Mrvac