



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

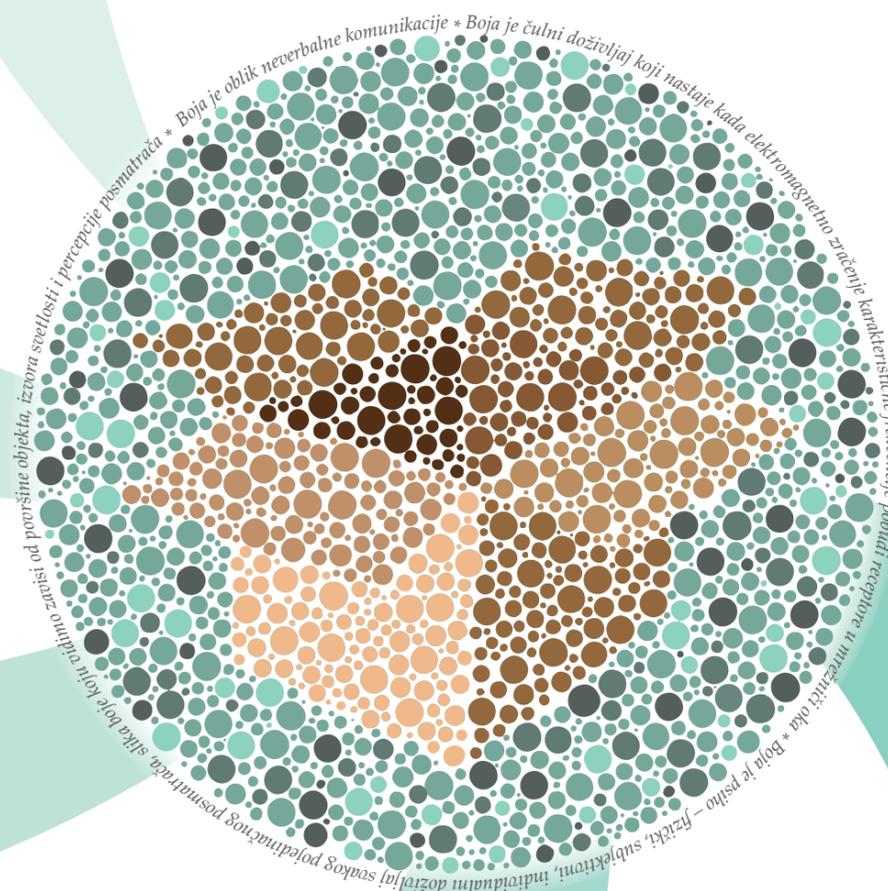


Gojko Vladić

KARAKTERIZACIJA UTICAJNIH FAKTORA NA PERCEPCIJU BOJE ŠTAMPANIH I BOJENIH AMBALAŽNIH PROIZVODA

- doktorska disertacija -

Gojko Vladić KARAKTERIZACIJA UTICAJNIH FAKTORA NA PERCEPCIJU BOJE ŠTAMPANIH I BOJENIH AMBALAŽNIH PROIZVODA





UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN



Gojko Vladić

**KARAKTERIZACIJA UTICAJNIH FAKTORA
NA PERCEPCIJU BOJE ŠTAMPANIH I
BOJENIH AMBALAŽNIH PROIZVODA**

– doktorska disertacija –

Kandidat:
MSc Gojko Vladić

Mentor:
Prof. dr Dragoljub Novaković

Novi Sad, 2013.

Istraživanja realizovana u okviru disertacije su potpomognuta sredstvima Ministarstva prosvete i nauke republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja broj 35027, "Razvoj softverskog modela za unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj industriji"

Srdačno se zahvaljujem mentoru, profesoru dr Dragoljubu Novakoviću i ostalim kolegama na podršci i konstruktionim savetima tokom izrade ove disertacije.

Posebno se zahvaljujem porodici i prijateljima od kojih sam dobijao podršku tokom studija i izrade doktorske disertacije.

Spisak slika

- Slika 3.1. Sekundarni izvori svetla: a) spekularna refleksija, b) difuzna refleksija
- Slika 3.2. Dijagram normalizovane osetljivosti prosečnog posmatrača, $V(\lambda)$, pri najčešćim uslovima posmatranja (2° , $>1 \text{ cd/m}^2$)
- Slika 3.3. Podela spektra elektromagnetnog zračenja sa prikazom približnih boja monohromatske svetlosti
- Slika 3.4. Koncept fluksa snopa čestica
- Slika 3.5. Svetlosna jačina i osvetljenost
- Slika 3.6. Snaga na površinu koja nije normalna na snop
- Slika 3.7. Spektralna gustina zračenja crnog tela na različitim temperaturama
- Slika 3.8. xy dijagram boja sa označenim: monohromatskim svetlostima (po obodu), koordinatama crnih tela različitih temperatura, standardnim svetlostima.
- Slika 4.1. Principi detektovanja boja: a) krug boja, b) preslikavanje boja na Heringov dijagram oponentnih boja
- Slika 4.2. Prikaz poprečnog preseka oka
- Slika 4.3. Šematski prikaz: a) mrežnjače oka, b) fotoosetljivi receptori
- Slika 4.4. Dijagram gustine štapića i čepića prema ekscentricitetu mrežnjače
- Slika 4.5. Osetljivost tri vrste čepića prema talasnim dužinama
- Slika 4.6. Prikaz mrežnjače oka sa fotoosetljivim receptorima
- Slika 4.7. Vizuelni sistem čoveka
- Slika 4.8. Faktori koji utiču na ukupan osećaj boje
- Slika 4.9. Prikaz razlika sjajne i mat površine trodimenzionog objekta
- Slika 5.1. CMY model: a) Sastav CMY i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, b) jedinična kocka boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema
- Slika 5.2. RGB model: a) Sastav RGB i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, b) jedinična kocka boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema
- Slika 5.3. Prikaz HSL modela
- Slika 5.4. Prikaz upotrebe dimenzije hromatičnosti umesto zasićenosti, često nazvan HSL model
- Slika 5.5. Pogled odozgo na RGB prostor projektovan na CIELAB prostor
- Slika 5.6. Grafička prezentacija CIELAB prostora boja
- Slika 5.7. Razlika boja prikazana u CIELAB prostoru boja
- Slika 8.1. Grafički sistem za štampu Mimaki JV 22 – 160
- Slika 8.2. Grafički sistem za štampu Xerox DocuColor 252
- Slika 8.3. Monitor Eizo ColorEdge CG241W
- Slika 8.4. TR 200 uređaj za merenje hrapavosti
- Slika 8.5. GlossMaster uređaj za merenje sjaja
- Slika 8.6. KonicaMinolta CS-200 uređaj za merenje vrednosti boje
- Slika 8.7. Merni uređaj Spektrofotometar HP 200
- Slika 8.8. Merni uređaj spektrometar X-rite i1 pro
- Slika 8.9. Digitalni mikroskop Sibress PIT
- Slika 8.10. Kabina Agile Radiant CVC52E
- Slika 8.11. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za D65

- Slika 8.12. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za D65
- Slika 8.13. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za D50
- Slika 8.14. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za D50
- Slika 8.15. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za TL84
- Slika 8.16. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za TL84
- Slika 8.17. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom (dve sijalice)
- Slika 8.18. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti sa sijalicu za užarenim vlaknom (dve sijalice)
- Slika 8.19. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom (jedna sijalica)
- Slika 8.20. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom (jedna sijalica)
- Slika 8.21. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom
- Slika 8.22. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti sa sijalicu za užarenim vlaknom
- Slika 8.23. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom
- Slika 8.24. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom
- Slika 8.25. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom
- Slika 8.26. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom
- Slika 8.27. Svetlosna komora
- Slika 8.28. Tipični prikazi aplikacije
- Slika 8.29. Primeri stimulusa iz grupe ravne površine
- Slika 8.30. Primeri stimulusa iz grupe rogljastih tela
- Slika 8.31. Primeri stimulusa iz grupe cilindričnih tela
- Slika 8.32. Primeri stimulusa iz grupe sferičnih tela
- Slika 8.33. Karakterističan profil hrapavosti neoplemenjenog papira
- Slika 8.34. Karakterističan profil hrapavosti papira oplemenjenog mat plastifikacijom
- Slika 8.35. Karakterističan profil hrapavosti papira oplemenjenog sjajnom plastifikacijom
- Slika 8.36. Karakterističan profil hrapavosti materijala 3
- Slika 8.37. Karakterističan profil hrapavosti materijala 4
- Slika 8.38. Prikaz površine bojenih tekstilnih materijala pri uveličanju 40 X
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3, d) materijal 4
- Slika 8.39. Karakterističan profil hrapavosti materijala 5
- Slika 8.40. Karakterističan profil hrapavosti materijala 6
- Slika 8.41. Karakterističan profil hrapavosti materijala 7
- Slika 8.42. Prikaz površine štampanih tekstilnih materijala pri uveličanju 40 X
a) materijal 5, b) materijal 6, c) materijal 7
- Slika 8.43. Karakterističan profil hrapavosti plastičnog materijala

- Slika 8.44. Prikaz rezultata Farnsworth Munsell 100 testa
- Slika 8.45. Prikaz tipičnih uslova izvođenja eksperimenta
- Slika 9.1. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 u obliku jednostavne površine
- Slika 9.2. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 u obliku jednostavne ravne površine
- Slika 9.3. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine
- Slika 9.4. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom prezentovan u obliku jednostavne ravne površine
- Slika 9.5. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 prezentovan u obliku kočke
- Slika 9.6. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 prezentovan u obliku kočke
- Slika 9.7. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom u obliku kočke
- Slika 9.8. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom u obliku kočke
- Slika 9.9. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 u cilindričnom obliku
- Slika 9.10. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 u cilindričnom obliku
- Slika 9.11. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom u cilindričnom obliku
- Slika 9.12. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom u cilindričnom obliku
- Slika 9.13. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za plastični materijal sfernog oblika
- Slika 9.14. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za različite nivoe osvetljenja
- Slika 9.15. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za materijale različitih površinskih osobina
- Slika 9.16. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za različitu orijentaciju teksture

Spisak tabela

Tabela 3.1. Fotometrijske i analogne radiometrijske veličine

Tabela 3.2. Temperature boja i koordinate svetlosti

- Tabela 4.1. Standardne funkcije relativne osetljivosti vida u zavisnosti od talasne dužine svetlosti: pri prilagođenju na dnevno svetlo, $V(\lambda)$, i pri prilagođenju na tamu, $V'(\lambda)$*
- Tabela 8.1. Tehnička specifikacija štamparskog sistema Mimaki JV 22 – 160*
- Tabela 8.2. Specifikacija štamparskog sistema Xerox DocuColor 252*
- Tabela 8.3. Tehnička specifikacija monitora Eizo ColorEdge CG241W*
- Tabela 8.4. Tehničke karakteristike uređaja TR 200*
- Tabela 8.5. Tehničke karakteristike uređaja GlossMaster*
- Tabela 8.6. Tehničke karakteristike uređaja KonicaMinolta CS-200*
- Tabela 8.7. Tehničke karakteristike spektrofotometra HP 200*
- Tabela 8.8. Tehničke karakteristike spektrometra X-rite i1 pro*
- Tabela 8.9. Tehničke karakteristike digitalnog mikroskopa Sibress PIT*
- Tabela 8.10. Rezultati merenja boje papirnih materijala D65, 10°, d/8*
- Tabela 8.11. Rezultati merenja boje papirnih materijala D50, 10°, d/8*
- Tabela 8.12. Rezultati merenja boje papirnih materijala F11, 10°, d/8*
- Tabela 8.13. Rezultati merenja sjaja papirnih materijala*
- Tabela 8.14. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine*
- Tabela 8.15. Karakteristike bojenih tekstilnih materijala*
- Tabela 8.16. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala D65, 10°, d/8*
- Tabela 8.17. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala D50, 10°, d/8*
- Tabela 8.18. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala F11, 10°, d/8*
- Tabela 8.19. Vrednosti sjaja bojenih tekstilnih materijala*
- Tabela 8.20. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine*
- Tabela 8.21. Karakteristike štampanih tekstilnih materijala*
- Tabela 8.22. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala D65, 10°, d/8*
- Tabela 8.23. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala D50, 10°, d/8*
- Tabela 8.24. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala F11, 10°, d/8*
- Tabela 8.25. Vrednosti sjaja štampanih tekstilnih materijala*
- Tabela 8.26. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine štampanih materijala*
- Tabela 8.27. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti D65, 10°, d/8*
- Tabela 8.28. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti D50, 10°, d/8*
- Tabela 8.29. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti F11, 10°, d/8*
- Tabela 8.30. Vrednosti sjaja plastičnih lopti*
- Tabela 8.31. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine plastičnih lopti*
- Tabela 9.1. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za materijal 4*
- Tabela 9.2. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje*
- Tabela 9.3. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za papir plastificiran mat folijom*

- Tabela 9.4. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za papir plastificiran sjajnom folijom*
- Tabela 9.5. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje materijala 4*
- Tabela 9.6. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje materijala 3*
- Tabela 9.7. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje papirnog materijala plastificiranog mat folijom*
- Tabela 9.8. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom*
- Tabela 9.9. Rezultati klaster analize za tekstilni materijal 4*
- Tabela 9.10. Rezultati klaster analize za tekstilni materijal 3*
- Tabela 9.11. Rezultati klaster analize za štampani papirni materijal plastificiran mat folijom*
- Tabela 9.12. Rezultati klaster analize za štampani papirni materijal plastificiran sjajnom folijom*
- Tabela 9.13. Rezultati instrumentalnih merenja boje tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.14. Prijavljene vrednosti boje tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.15. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje*
- Tabela 9.16. Rezultati instrumentalnih merenja materijala 3 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.17. Prijavljene vrednosti boje materijala 3 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.18. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje*
- Tabela 9.19. Rezultati instrumentalnih merenja papirnog materijala plastificiranog mat folijom u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.20. Prijavljene vrednosti boje objekta papira plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.21. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje*
- Tabela 9.22. Rezultati instrumentalnih merenja boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.23. Prijavljene vrednosti boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom u obliku jednostavne ravne površine*
- Tabela 9.24. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje*
- Tabela 9.25. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 4*
- Tabela 9.26. Prijavljene vrednosti boje materijala 4 prezentovanog u obliku kocke*
- Tabela 9.27. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata*
- Tabela 9.28. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 3*
- Tabela 9.29. Prijavljene vrednosti boje materijala 3 prezentovanog u obliku kocke*
- Tabela 9.30. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata*

- Tabela 9.31. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od papira plastificiranog mat folijom*
- Tabela 9.32. Prijavljene vrednosti boje papira plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku kocke*
- Tabela 9.33. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata*
- Tabela 9.34. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od papira plastificiranog sjajnom folijom*
- Tabela 9.35. Prijavljene vrednosti boje papira plastificiranog sjajnom folijom prezentovanog u obliku kocke*
- Tabela 9.36. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata*
- Tabela 9.37. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obodu cilindra*
- Tabela 9.38. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku cilindra*
- Tabela 9.39. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta*
- Tabela 9.40. Rezultati instrumentalnih merenja vrednosti boje po obodu cilindra*
- Tabela 9.41. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra*
- Tabela 9.42. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta*
- Tabela 9.43. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra*
- Tabela 9.44. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra*
- Tabela 9.45. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta*
- Tabela 9.46. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra*
- Tabela 9.47. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra*
- Tabela 9.48. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta*
- Tabela 9.49. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu sfere*
- Tabela 9.50. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja plastičnog materijala prezentovanog u obliku sfere*
- Tabela 9.51. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta*
- Tabela 9.52. Rezultati MANOVA analize za uticaj intenziteta osvetljenja*
- Tabela 9.53. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje*
- Tabela 9.54. Prosečne vrednosti prijavljenih boja*
- Tabela 9.55. Razlike prijavljene i izmerene boje pri različitim intenzitetima osvetljenja*
- Tabela 9.56. Razlike prijavljene i izmerene boje pri različitim osobinama površine materijala*
- Tabela 9.57. Rezultati MANOVA analize za uticaj orijentacije teksture*
- Tabela 9.58. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje*



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	Гојко Владић
Ментор, МН:	Проф. др Драгољуб Новаковић
Наслов рада, НР:	Карактеризација утицајних фактора на перцепцију боје штампаних и бојених амбалажних производа
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	А.П. Војводина
Година, ГО:	2013
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: <small>(поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)</small>	
Научна област, НО:	Графичко инжењерство и дизајн
Научна дисциплина, НД:	Графичко инжењерство и дизајн
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Перцепција, боја, штампани и бојени материјали, посматрач, геометријски облик, текстура, врста осветљења
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци ФТН у Новом Саду
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	Дисертација се бави истраживањем утицајних фактора на перцепцију боје штампаних и бојених амбалажних производа, њиховом карактеризацијом и класификацијом. Истраживање је обављено на карактеристичним материјалима за израду амбалажних производа различитих карактеристика и подвргнутим различитим утицајима. У раду су представљени резултати промене перцепције боје у зависности од особина материјала и утицајних фактора. Извршена је карактеризација и класификација утицајних фактора.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Др Сениша Кузмановић, редовни професор
	Члан: Др Слободан Недељковић, редовни професор
	Члан: Др Лидија Мандић, ванредни професор
	Члан: Др Игор Карловић, доцент
	Члан, ментор: Др Драгољуб Новаковић, редовни професор



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic Publication
Type of record, TR :	Textual material, printed
Contents code, CC :	Ph. D. thesis
Author, AU :	Gojko Vladić
Mentor, MN :	Prof. PhD Dragoljub Novaković
Title, TI :	Characterization of factors influencing the color perception of printed and dyed packaging products
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	A.P. Vojvodina
Publication year, PY :	2013.
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	
Scientific field, SF :	Graphic engineering and design
Scientific discipline, SD :	Graphic engineering and design
Subject/Key words, S/KW :	Perception, color, printed and dyed material, observer, geometrical shape, texture, illumination.
UC	
Holding data, HD :	The library of FTS, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Note, N :	
Abstract, AB :	This dissertation presents research of factors that influence color perception of printed and dyed packaging products, characterization and classification of those factors. Experiments were done using characteristic materials used for production of packaging products under different influences. Results presented in this dissertation represent changes in perceived color caused by variation of material properties and external influence factors. Characterization and classification of influence factors was done.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Siniša Kuzmanović, Ph. D., full professor
	Member: Slobodan Nedeljković, Ph. D., full professor
	Member: Lidija Mandić, Ph. D., associate professor
	Member: Igor Karlović, Ph. D., assistant professor
	Member, Mentor: Dragoljub Novaković, Ph. D., full professor

Rezime

Istraživanje percepcije boje je značajno za primenu u oblasti ambalaže, jer boja ambalaže je jedna od karakteristika koje mogu kvalitet ambalaže podići na viši nivo. Kao izražajno sredstvo u dizajnu ambalaže i prezentacije proizvoda boja ima značajnu ulogu i funkciju, i to pre svega da proizvod koji je prezentovan u određenoj ambalaži približi tržištu i neposrednom korisniku.

Poznato je da se percepcija boje ne završava jednostavnim registrovanjem reflektovane svetlosti od površine objekta, već da se tako registrovan signal dalje obrađuje i da je ta obrada podložna uticajima različitih faktora. Neophodno je istražiti faktore koji utiču na formiranje konačne vizualne spoznaje tj. doživljaja boje. Faktori koji utiču na konačan doživljaj boje objekta su mnogobrojni i veoma zavisni od vrste objekta, geometrije objekta, materijala od kog je sačinjen, površinskih karakteristika, osobina izvora svetlosti (intenzitet i temperatura), rastojanja objekta od posmatrača, ugla posmatranja, itd. Uočen je nedostatak istraživanja koja se bave percepcijom finalnog proizvoda i klasifikacijom uticajnih faktora tako da se stvori jasna slika o značaju pojedinih uticajnih faktora.

Istraživanja sprovedena u okviru disertacije imaju za cilj karakterizaciju i klasifikaciju faktora koji utiču na percepciju boje ambalažnih proizvoda. Izvršen je izbor grupe karakterističnih štampanih i bojnih materijala kojima su presvučeni objekti oblika često primenjenih u dizajnu ambalaže. Tako pripremljeni uzorci su primenjeni prilikom eksperimenta. Instrumentalnim merenjima ustanovljene su karakteristike materijala korišćenih za izradu stimulusa, kao i karakteristike eksperimentalnog okruženja.

Uvid u percepciju boja od strane ispitanika izvršen je po metodologiji odgovarajućoj savremenim trendovima u oblasti, korišćenjem uporedo odgovora ispitanika, ali i instrumentalnih merenja izvršenih u realnim eksperimentalnim uslovima.

Rezultati ukazuju na značajan uticaj oblika i boje stimulusa na percepciju boje, tako su uočeni različiti nivoi odstupanja prijavljene boje od strane ispitanika od merenih vrednosti u slučaju različitih boja, kao i zavisnost od oblika na koji su materijali određene boje primenjeni. Uticajni faktori poput oblika objekta, boje materijala ili njegovih površinskih karakteristika, kao i uticaj intenziteta osvetljenja neosporno imaju značajnu ulogu u percepciji ukupne boje objekta i njene konačne procene. Kod ovih faktora su uočeni pragovi tolerancije njihovog uticaja od kojih zavisi i nivo njihovog značaja.

Teško je napraviti preciznu gradaciju ovih faktora svaki od njih utiče na percepciju boje na specifičan način i veoma su zavisni međusobno, a isto tako su zavisni i od određenih faktora koji nisu bili u fokusu ovog istraživanja.

Rezultati ovog istraživanja se mogu iskoristiti za optimizaciju uslova u kojima se ambalažni proizvod prezentuje potrošaču. Ovakav pristup dizajnu ambalažnih proizvoda bi trebao da rezultira boljim tržišnim uspehom proizvoda, imajući u vidu značaj boje kao elementa dizajna.

Summary

Color of the packaging is one of the most important factors that influence the judgment of packaging quality, it is communication device between product and the consumer, it conveys information and it grabs attention. As such color must be thoroughly examined and studied. Research of color perception of such products is one of most important aspects of color research.

Nowadays it is widely known that color perception does not simply consist of registering light, reflected from an object's surface, coming towards an eye. There are quite a few factors influencing final color perception, mainly type of the object that is observed, material of which the object is made, surface characteristics, etc. The environment in which the object is observed has its influences such as: intensity and temperature of the light, distance between viewer and the object, observer angle, etc. The lack of researches regarding factors that influence perception of final packaging products is noticeable. Therefore clear image about importance of certain factors cannot be formed.

Research conducted under this thesis aims to give the insight in to the characterization of factors influencing color perception of the final packaging product.

Classification and selection of characteristic printed and dyed materials presented in forms often used in design of packaging products was done in order to represent as wide as possible range of packaging products.

Instrumental measurements offered precise characterization of materials as well as characterization of experimental environment.

Results for participants color perception were gathered according to up-to-date methodology used in studies of human perception. Instrumental measurements were used simultaneously in real experimental conditions.

Results show considerable influence of factors such as shape and color of the stimuli on reported color perception. Interaction between the two is noticed also, so the color applied on the certain shape can be perceived differently and it considerably differs from color measured by the instruments. The shape, color, material characteristics, as well as light intensity have significant influence on the color perception of the product. The threshold of the tolerance is noticed for some of the factors and it can influence level of factors importance in the final color perception.

It is hard to make precise classification of the factors importance as all of the factors interact between each other as well as with factors which were not in the focus of this study.

Results can be applied for optimization of the conditions in which packaging products are presented to a consumer. This approach to packaging product design should result in better market results having in mind importance of the color as a design element.

SADRŽAJ

UVOD	1
1.0 CILJ I HIPOTEZA DISERTACIJE	3
2.0 NAČIN REŠAVANJA PROBLEMA	6
ISTRAŽIVANJE TEORIJSKIH PRILAZA U REŠAVANJU PROBLEMA	8
3.0 OSOBINE SVETLOSTI	8
3.1. Vrste svetlosti i svetlosnih izvora	8
3.2. Radiometrija i fotometrija	10
3.3. Svetlosni fluks	12
3.4. Jačina svetlosti	14
3.5. Osvetljenost	14
3.6. Svetlina	14
3.7. Sjajnost	15
3.8. Svetlosna ekspozicija	16
3.9. Svetlosna energija	16
3.10. Emisivnost i apsorbanza	16
3.11. Temperatura boje	17
4.0 PRINCIP PERCEPCIJE BOJE	20
4.1. Anatomija oka i vizuelnog sistema	21
4.2. Uticajni faktori na percepciju boje	26
5.0 MODELI ZA OPIS BOJE	30
5.1. Substraktivni model za formiranje boje	30
5.2. Aditivni model za formiranje boje	31
5.3. HSL perceptualni model za formiranje boje	32
5.4. CIELab i CIELch modeli za formiranje boje i razlika boja	34
6.0 ZNAČAJ BOJE U DIZAJNU AMBALAŽNIH PROIZVODA	39
EKSPERIMENTALNI DEO	42
7.0 CILJ I NAČIN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA	42
7.1. Plan izvođenja eksperimenta	43
8.0 UREĐAJI, METODE I MATERIJALI	45
8.1. Uređaji i softverski alati	45
8.2. Stimulusi i osobine materijala	63

8.3. Papirni materijali	65
8.4. Tekstilni materijali	69
8.5. Ispitanici	81
8.6. Procedura izvođenja eksperimenta	82
9.0 REZULTATI ISPITIVANJA UTICAJNIH FAKTORA NA PERCEPCIJU BOJE	84
9.1. Ispitivanje uticaja oblika za različite materijale i boje	84
9.2. Rezultati ispitivanja uticaja oblika na percepciju Lch koordinata boje	85
9.3. Rezultati klaster analize boja u Lab prostoru	90
9.4. Zavisnost percepcije boje od materijala, boje i oblika objekta	94
9.4.1. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku jednostavne ravne površine	102
9.4.2. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku kocke	106
9.4.3. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku cilindra	118
9.4.4. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku sfere	130
9.5. Ispitivanje uticaja intenziteta osvetljenja na percepciju boje	133
9.6. Ispitivanje uticaja površinskih osobina materijala na percepciju boje	136
9.7. Ispitivanje uticaja orijentacije teksture materijala na percepciju boje	139
10.0 DISKUSIJA	142
10.1. Diskusija izbora uređaja i metodologija	142
10.2. Diskusija izbora materijala i stimulusa	142
10.3. Diskusija uticajnih faktora na percepciju boje	143
10.4. Diskusija uticaja oblika za različite materijale i boje	144
10.5. Diskusija uticaja intenziteta osvetljenja na percepciju boje	146
10.6. Diskusija uticaja površinskih osobina materijala na percepciju boje	147
10.7. Diskusija uticaja orijentacije teksture materijala na percepciju boje	148
11.0 ZAKLJUČAK	149
LITERATURA	152

PRILOZI: U prilogu (CD format) dat je elektronski oblik doktorske disertacije i materijali koji zbog ograničenja nisu prikazani u štampanom izdanju.

UVOD

Fenomen koji se naziva boja zauzima izuzetno značajno mesto u društvu i životu pojedinca. Čovekovo interesovanje je okupirano bojom od antičkih vremena, od kada se traga za njenom suštinom, njenim nastankom i značenjem. Boja ima određene psihološke i fiziološke efekte na čoveka i prilikom dizajna ambalažnih proizvoda velika pažnja se posvećuje odabiru boja koje će se koristiti. Izbor boje može učiniti proizvod uspešnim na tržištu, ali isto tako i prouzrokovati njegov neuspeh. Prilikom dizajna ambalažnog proizvoda, boja se mora odabrati tako da podigne na viši nivo estetske, semantičke i najvažnije tržišne karakteristike proizvoda koji je pakovan u ambalažu.

Izučavanje boje se odvija u mnogobrojnim oblastima naučne delatnosti i svaka od njih nastoji boju opisati što je preciznije moguće, ali tako da zadovolji potrebe date oblasti. Putem fizičkih osobina boje daje se najpreciznija karakterizacija boje, dodeljujući joj numeričke vrednosti koje je jednoznačno definišu. Oblast upravljanja bojom u području industrijske proizvodnje takođe veoma precizno definiše boju, a razvijeni su i različiti modeli za opis boje kao i modeli za evidentiranje razlika boja. Opis boje putem njenih fizičkih osobina pokazuje svoje nedostatke kada je u pitanju realna primena boje gde se kao krajni korisnik boje javlja čovek, budući da je percepcija boje vrlo subjektivna i podložna mnogim uticajnim faktorima. Ovi faktori doživljenu boju mogu učiniti bližom ili daljom njenim stvarnim fizičkim osobinama. Tada se može govoriti o razlici stvarnih i doživljenih osobina boje.

Elementi vizuelne percepcije kvaliteta boje su fundamentalno drugačiji od fizičkih procesa koji ih uzrokuju. Elektromagnetno zračenje i selektivna spektralna refleksija površine objekta su fizički procesi koji stvaraju boje, odnosno stimulus koji dolazi do mrežnjače oka. Elektromagnetno zračenje ne postoji kao "boja" kako je doživljava posmatrač. Crvena ili bilo koja druga boja nije fizička osobina već obrađeni fizički signal, odnosno određeni raspon elektromagnetnog zračenja koji tek daljom obradom posmatraču daje smislenu veličinu, odnosno boju.

Budući da je poznato da se percepcija boje ne završava jednostavnim registrovanjem reflektovane svetlosti površine objekta, neophodno je istražiti faktore koji utiču na formiranje konačnog doživljaja boje. Faktori koji utiču na konačan doživljaj boje objekta su mnogobrojni i veoma zavisni od vrste objekta, geometrije objekta, materijala od kog je sačinjen, površinskih karakteristika, osobina izvora svetlosti (intenzitet i temperatura), rastojanja objekta od posmatrača, ugla posmatranja, itd.

Uočen je nedostatak istraživanja koja se bave percepcijom finalnog proizvoda i klasifikacijom uticajnih faktora tako da se stvori jasna slika o značaju pojedinih uticajnih faktora.

Različiti štampani i bojeni materijali se koriste u ambalažnoj industriji, kao osnovni ili presvlačni materijal i pri čemu se u oba slučaja najčešće nalaze na površini proizvoda i ostvaruju komunikaciju sa potrošačem.

Problemi vezani za percepciju boje materijala se prenose direktno na percepciju boje ambalažnog proizvoda koji su načinjeni od tih materijala. Mogu se uvesti kategorije željene, postignute i doživljene boje. Neophodno je kontrolisati sve tri kategorije pri kreiranju industrijskih proizvoda. Pri dizajnu proizvoda određuje se njegova boja, tokom proizvodnje potrebno je postići željenu boju sa što manjim odstupanjima i na kraju procesa je neophodno obezbediti da potrošač doživi boju i proizvod u celini na način na koji je to inicijalno zamišljeno. Istraživanja u oblasti upravljanja bojom su dostigla zavidan nivo i daju konkretne rezultate u praksi, ali poslednja faza percepcije proizvoda od strane potrošača nije detaljno istražena. Izuzev nekoliko eksperimentalnih primera primene saznanja iz ove oblasti percepcija boje proizvoda se obično prepušta slučaju.

Nedostatak definisanih preporuka za prezentaciju štampanih proizvoda je direktna posledica nedostatka saznanja iz ove oblasti. Predviđanje i kontrolisanje percepcije potrošača uslovljava poznavanje uticajnih faktora na percepciju i njihovu karakterizaciju. Neophodno je ustanoviti značajnosti pojedinačnih uticajnih faktora, način na koji se određeni faktor može kontrolisati u cilju obezbeđivanja konstantnih rezultata percepcije štampanog ili bojenog ambalažnog proizvoda. Postizanjem konstantnih rezultata percepcije takođe se sužava broj uticajnih faktora na plasman proizvoda koji su van kontrole što rezultira boljim tržišnim uspehom određenog proizvoda pakovanog u ambalažu.

1.0. CILJ I HIPOTEZA DISERTACIJE

Istraživanje percepcije boje je značajno za primenu u oblasti ambalaže, jer boja ambalaže je jedna od karakteristika koje svakako pospešuju kvalitet ambalaže. Kao izražajno sredstvo u dizajnu ambalaže i prezentacije proizvoda boja ima značajnu ulogu i funkciju, pre svega da proizvod koji je prezentovan u određenoj ambalaži približi tržištu i neposrednom korisniku. Ugledni švajcarski stručnjak Žan Favre u svom delu "Boja prodaje vašu ambalažu", uz brojne istraživačke rezultate i podatke izneo je sve vrednosti koje ima pravilna primena boje u dizajnu ambalaže (Fruht 2003).

Problem istraživanja se sastoji u karakterizaciji uticajnih faktora na percepciju boje određene grupe ambalažnih proizvoda. Doživljena boje odabranog ambalažnog proizvoda je pod direktnim uticajem velikog niza faktora, koji više ili manje utiču na percepciju boje. Takve faktore koji utiču na percepciju boje neophodno je okarakterisati.

Parametri uticajnih faktora mogu biti konstantni i promenljivi. Konstantni faktori se ne menjaju značajno tokom vremena, ali mogu varirati na različitim proizvodima i predstavljaju osobine materijala koji može biti štampan ili bojen (sirovinski sastav, površinska struktura i sl.). Faktori mogu biti: boja materijala, način obojavanja i štampanja, oblik objekta, površinsko tretiranje materijala. Navedeni faktori imaju veliki uticaj na percepciju boje ambalažnog proizvoda jer prvenstveno zavise od namene ambalaže koja mora zadovoljiti opšte funkcije, a te funkcije ne zavise od vrste proizvoda koji je pakovan. Konstantne faktore je neophodno klasifikovati i utvrditi njihove osobine kao i njihov uticaj na percepciju boje proizvoda. Izbor i klasifikaciju konstantnih faktora je potrebno izvesti tako da predstavljaju što veći broj grupa proizvoda.

Ambalažni proizvod je izložen i promenljivim faktorima koji se menjaju u kratkom vremenskom periodu. Takvi faktori podrazumevaju uticaje poput vrste osvetljenja (dnevno svetlo, inkadescetni i fluorescentni izvori svetla ili njihova kombinacija), intenziteta svetlosnog izvora, ugla osvetljavanja objekta, udaljenosti objekta od posmatrača, osobina okruženja posmatranog objekta. Parametre promenljivih faktora moguće je varirati u cilju dobijanja što preciznijih podataka u daljoj karakterizaciji značaja uticaja svakog od njih.

Doživljenu boju objekta, pod uticajem različitih faktora, neophodno je kvantifikovati radi prikupljanja tačnih podataka za uticaj svakog od faktora na percepciju boje. Analizom prikupljenih podataka dolazi se do uvida u uticaj svakog od faktora. Obradom i poređenjem rezultata stvara se dobra podloga za preciznije predviđanje percepcije boje odabranih proizvoda u realnim uslovima i stvaranje modela percepcije boje proizvoda.

Budući da istraživanja percepcije boje materijala i oblika specifičnih za dizajn ambalažnih proizvoda nisu posebno obrađivana, ovo istraživanje neophodno je osloniti na prethodna istraživanja iz oblasti percepcije boje.

Istraživanje boje realnih materijala sa sobom nosi specifične probleme. Prepoznavanjem boje se bavio veliki broj istraživača primenom homogeno obojenih stimulusa (Brown, 1957; Brown & MacAdam, 1949; MacAdam, 1942, 1949; Wright i Pitt, 1934; Wyszecki, 1965, 1972, 1978; Wyszecki i Fielder, 1971a, 1971b; Wyszecki i Stiles, 1980).

U realnoj primeni retko se sreću materijali uniformne boje, što je posledica osobina površine materijala. Različiti materijali reflektuju svetlost na različite načine. Dok je doživljena svetlina boje materijala zavisna od svetlosnog izvora i materijala, ton boje materijala nosi najviše informacija o samom materijalu (Kingdom, 2008; Shevell & Kingdom, 2008). Reflektovana svetlost o površinu objekta, koja definiše boju objekta, zavisi od osobina svetlosnog izvora, materijala od kog je objekat načinjen i prostornog oblika samog objekta (Dorsey, Rushmeier i Sillion, 2008).

Kod objekta sačinjenih od netransparentnih materijala dolazi do dve vrste refleksije svetlosti, refleksija na površini objekta i refleksija o telo objekta (Klinker, 1993). Do površinske refleksije dolazi kada se svetlost odbija od površine objekta gde se menja indeks prelamanja svetla. Ova pojava prouzrokuje spekularne refleksije. Spekularne refleksije su u velikoj meri zavisne od karakteristika površine objekta, talasne dužine svetlosti i samozasenjivanja na površini objekta. Refleksija o telo objekta se odvija unutar samog materijala od kog je objekat načinjen. Deo svetlosti se apsorbira na pigmentima pre nego što se reflektuje od tela. Intenzitet i ton boje zavisi od količine i osobina pigmenta prisutnih u materijalu. Percepcija boje realnih objekata podrazumeva angažovanje vizuelnog sistema velikog broja varijabli koje dolaze kao dvodimenzionalna slika do oka posmatrača, poput osobina osvetljenja, geometrije površine i reflektovane svetlosti (Klinker, 1993). Neka od savremenih istraživanja su pokazala da se geometrija objekta uzima u obzir pri proceni boje objekata (Boyaci, Doerschner i Maloney, 2004; Boyaci, Maloney, i Hersh, 2003; Doerschner, Boyaci i Maloney, 2004; Khang i Zaidi, 2004; Ripamonti i ostali, 2004; Yang i Maloney, 2001; Bloj, Kersten, i Hurlbert 1999).

Određivanje boje uniformnog objekta ne predstavlja problem. Aktuelna istraživanja se bave određivanjem boje objekata koji na sebi sadrže više boja kao rezultat složene geometrije. Teorija kolorimetrijskog uprosečavanja je osporena i traga se za teorijama koje bi dale tačnije i potpunije odgovore (Kuriki, 2004; Sunaga i Yamashita, 2007). Istraživanja koji deo slike je naročito značajan za procenu boje dovela su do zaključka da je naročito značajan deo slike u blizini tačke fokusa (Brenner, Granzier, i Smeets, 2007). Istraživanja uticaja sjaja na

percepciju boje takođe su osporila teoriju kolorimetrijskog uprosečavanja (Xiao i Brainard , 2008).

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju na veliki broj faktora koji utiču na percepciju boje od strane posmatrača što daje osnovu za postavljanje hipoteze disertacije:

- Moguće je izvršiti kvantifikaciju parametara uticaja pojedinačnih faktora i na toj osnovi izvršiti klasifikaciju i dobijanje jasnog uvida u značaj pojedinačnih uticajnih faktora na percepciju boje ambalažnog proizvoda. Istraživanjima je moguće razviti model koji će po metodologiji biti šire primenjiv na grupe različitih proizvoda i materijala.

Za potvrđivanje hipoteze moguće je izvršiti izbor jedne grupe karakterističnih štampanih ili bojenih materijala na kojima će biti izvršena istraživanja. Karakterizacijom uticajnih faktora na percepciju boje proizvoda se značajno unapređuje baza znanja iz oblasti percepcije boje, koja se kasnije može upotrebiti kao preporuka za izbor boje proizvoda pri dizajnu i preporuka za način prezentacije proizvoda potrošaču. Rezultati su upotrebljivi ne samo za direktnu primenu pri dizajnu i prezentaciji realnog proizvoda, već i za izradu virtuelnih simulacija i modela percepcije boje odabrane grupe proizvoda.

2.0. NAČIN REŠAVANJA PROBLEMA

Kroz teorijsko istraživanje koje obuhvata detaljnu analizu aktuelnih saznanja i rezultata drugih autora iz oblasti kojom se bavi ova disertacija biće date osnovne smernice za razmatranje najvažnijih uticajnih faktora na percepciju boje ambalažnih proizvoda. Na osnovu tih saznanja biće izvršen izbor uticajnih faktora koji će se obrađivati u eksperimentalnom delu.

Eksperimentalno istraživanje koje za cilj ima potvrđivanje postavljene hipoteze kroz laboratorijski rad biće izvedeno prema poznatim i prihvaćenim metodologijama u oblasti istraživanja percepcije. Instrumentalna merenja su izvedena u cilju utvrđivanja objektivnih parametara dok je subjektivno procenjivanje boje od strane ispitanika izvedeno kako bi se stekao uvid u percepciju boje.

Kratak opis procedure i metoda koji su od značaja za izvođenje istraživanja:

- Izbor materijala od kojih će stimuli biti izrađeni neophodno je izvesti imajući u vidu raznolikost primarne grupe proizvoda. Rešenje za generalizaciju ispitivanih uzoraka kako bi zaključci bili opšte primenjivi, ili barem primenjivi na većinu tipičnih proizvoda iz grupe, se ogleda u izboru štampanih i bojenih materijala tako da predstavljaju što širi spektar raspoloživih proizvoda. Ovaj zadatak nije moguće ispuniti bez izuzetno velikog broja uzoraka koji bi bio nepraktičan za izvođenje eksperimenta, te se izbor mora suziti na manji broj materijala koji se razlikuju po svojim površinskim osobinama. Izbor će biti napravljen tako da budu zastupljeni materijali iz domena male, srednje i velike hrapavosti, što sličnijih osobina i sirovinskog sastava. Obojavanje i štampanje materijala će biti izvedeno primarnim i sekundarnim bojama kako bi se obuhvatio ceo spektar boja. Planira se presvlačenje materijalnih modela osnovnih oblika štampanim i bojenim materijalima.
- Izbor karakterističnih oblika, kao i u slučaju izbora materijala, neophodno je izvesti imajući u vidu raznolikost primarne grupe proizvoda. Rešenje za generalizaciju ispitivanih uzoraka se može pronaći u dve teorije iz različitih oblasti, gramatike oblika i strukture koju su na dizajn primenili Stiny i Gips i Biederman-ove teorije prepoznavanja pomoću komponenti (geona) iz oblasti percepcije. Ove teorije pretpostavljaju mogućnost generisanja skupa osnovnih oblika od kojih je moguće sklopiti bilo koji oblik. Generisanjem skupa takvih osnovnih

oblika moguće je rezultate istraživanja primeniti na veliki broj proizvoda koji ih u svojoj strukturi sadrže.

- Karakterizacija izabranih materijala je neophodna u cilju detaljnog uvida u osobine uticajnih faktora. Osobine materijala poput površinske mase, gustina pletenja, sirovinskog sastava, hrapavosti, osobina površinskog oplemenjivanja, itd. moguće je ustanoviti u laboratorijskim uslovima. Tačne numeričke karakteristike boje materijala biće ustanovljene spektrofotometrijskim merenjima.
- Izbor promenjivih uticajnih faktora koji će biti istraženi je veoma važan jer je broj uticajnih faktora izuzetno velik. Iz velikog skupa uticajnih faktora mogu se izdvojiti oni koji su karakteristični za eksploataciju ambalažnih proizvoda. Uzimajući u obzir da postoje razlike u veličini uticaja na percepciju, po tom kriterijumu se mogu izdvojiti faktori od kojih se očekuje značajan uticaj.
- Utvrđivanje boje objekta , odnosno karakteristika reflektovane svetlosti, pod uticajem istraživanih faktora objektivnim instrumentalnim metodama je neophodno jer je neosporno da svaki od izabranih faktora utiče na percepciju boje, ali taj uticaj ne mora biti ekvivalentan promeni reflektovane svetlosti. Dakle neophodno je ustanoviti vrednosti reflektovane svetlosti kako bi se mogla porediti sa vrednostima doživljene boje od strane ispitanika. Ovakva merenja je moguće izvesti upotrebom beskontaktnih kolorimetara bez sopstvenog izvora svetlosti.
- Utvrđivanje doživljene boje objekta, pod uticajem istraživanih faktora, subjektivnom ocenom ispitanika izvešće se prema prihvaćenoj metodologiji za slična istraživanja. Za tu namenu biće razvijena posebna računarska aplikacija koja omogućuje ispitaniku da kontroliše sve parametre boje koja se prikazuje na kalibrisanom monitoru. Izabrana boja se beleži kako bi se kasnije zamenila kontaktnim spektrofotometrom za merenje boja na ekranu i beskontaktnim kolorimetrom.

ISTRAŽIVANJE TEORIJSKIH PRILAZA U REŠAVANJU PROBLEMA

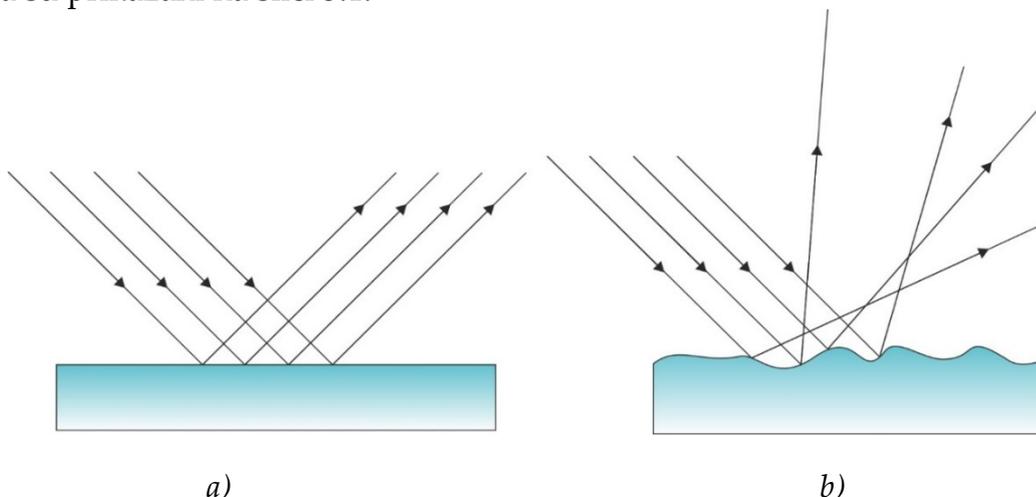
Za kreiranje eksperimentalnog modela neophodna je analiza teorijskih prilaza. Teorijska segmentacija prilaza jednom ovakvom problemu je dosta široka i kompleksna. Iz tog razloga će se izdvojiti najznačajniji teorijski prilazi koji će biti osnova eksperimentalnog istraživanja.

3.0. OSOBINE SVETLOSTI

Imajući u vidu da je boja rezultat reflektovanja svetlosti o površinu objekta, poznavanje osobina svetlosti je od velikog značaja pri izučavanju čovekove percepcije boje. Znanja o osobinama svetlosti pomažu razumevanje principa rada čovečijeg vizuelnog sistema, instrumenata za merenje boje i principa numeričkih modela za opis boje. Čovečije oko opaža samo vidljivo zračenje kao svetlost i može da ga razlikuje prema boji i sjajnosti.

3.1. Vrste svetlosti i svetlosnih izvora

Svetlost predstavlja deo elektromagnetnog zračenja u opsegu talasnih dužina $380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}$, koje pripadaju vidljivom delu spektra, odnosno kojima je pobuđen vizuelni sistem čoveka. Svetlosnim izvorom se smatra svako telo koje emituje svetlost. Svetlosni izvori se mogu podeliti na primarne i sekundarne. Primarni izvori svetlosti proizvode sopstveno zračenje, primer su sunce, različite električne svetiljke, sveće, itd. Sekundarni izvori svetlosti reflektuju na određen način svetlost koju emituje neki primarni izvor, spekularnom (tačkastom) ili difuznom refleksijom. Primeri sekundarnih izvora svetla su prikazani na slici 3.1.

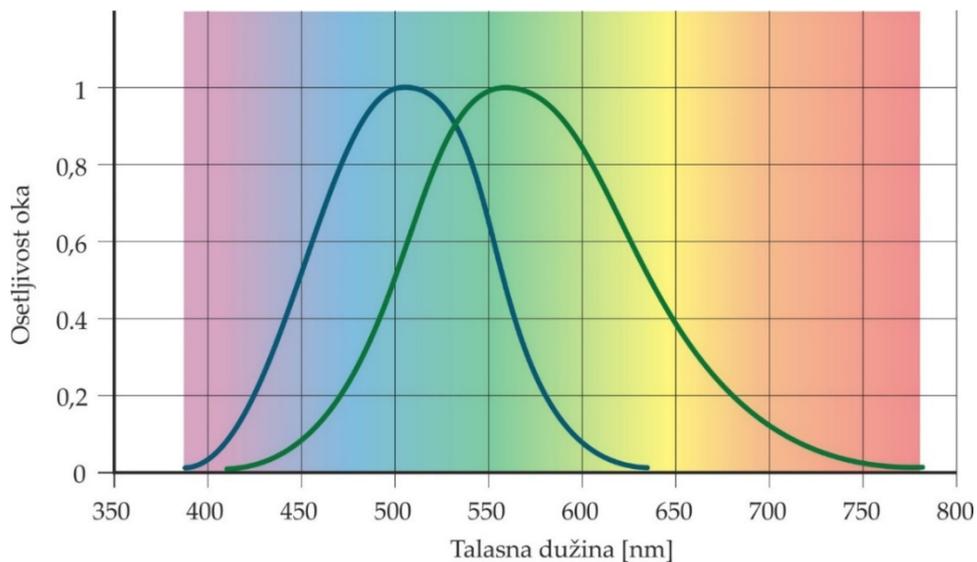


Slika 3.1. Sekundarni izvori svetla: a) spekularna refleksija, b) difuzna refleksija

Svetlost može biti monohromatska ili polihromatska u zavisnosti od sastava talasnih dužina elektromagnetnog zračenja koje sadrži.

Monohromatska svetlost je prostoperiodično elektromagnetno zračenje iz opsega talasnih dužina od 380 do 780 nm. Kod čoveka takvo zračenje izaziva osećaj boje, posredstvom čula vida, odnosno oka koje detektuje elektromagnetno zračenje. Vid prosečnog posmatrača je najosetljiviji pri jakoj svetlosti na 555 nm, a pri slaboj svetlosti na 507 nm, pri standardnim uslovima posmatranja (2° , $>1 \text{ cd/m}^2$). U oba slučaja talasne dužine pripadaju zelenom delu spektra (slika 3.2.).

Za svetlost talasne dužine kraće od 380 nm ili duže od 780 nm, osetljivost vida manja je od 0,01 % najveće osetljivosti, takvo zračenje se ne registruje u daljoj obradi slike.

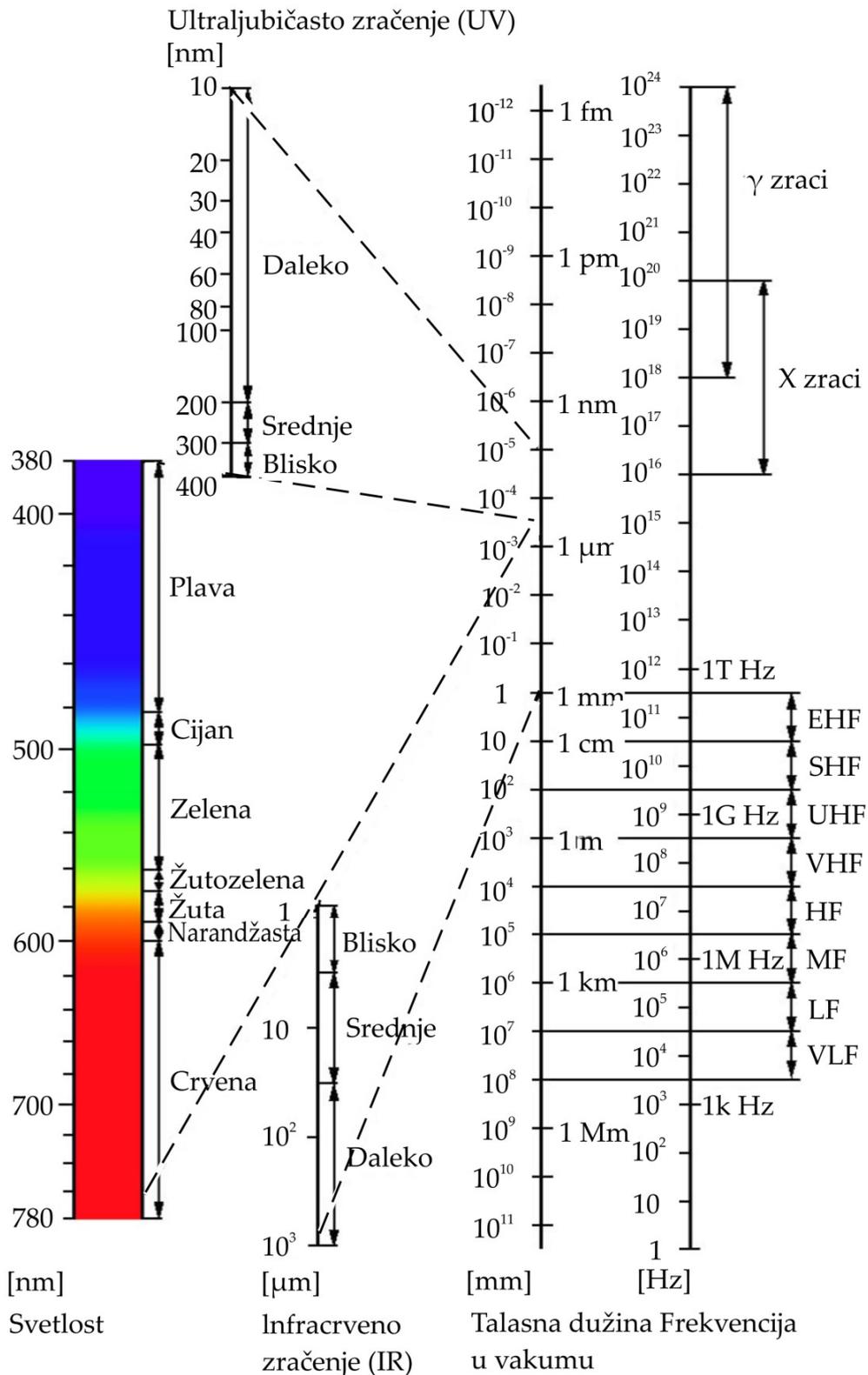


Slika 3.2. Dijagram normalizovane osetljivosti prosečnog posmatrača, $V(\lambda)$, pri najčešćim uslovima posmatranja (2° , $>1 \text{ cd/m}^2$)

Izvori monohromatske svetlosti izgledaju jednako sjajni (tj. svetli) kada su jednaki proizvodi njihovog zračenja [$\text{W}/(\text{sr m}^2)$] i odgovarajućeg koeficijenta zavisnog od njihovih talasnih dužina, prikazanih na slici 3.3.

Polihromatska svetlost predstavlja mešavinu dve ili više monohromatskih svetlosti. Kada se oko pobuđuje s više monohromatskih svetlosti različitih talasnih dužina, osećaj boje zavisi od odnosa sjajnosti monohromatskih komponenti. Osećaj određene boje može se proizvesti različitim kombinacijama monohromatskih svetlosti i vrednostima njihove sjajnosti.

Polihromatska svetlost izaziva osećaj jedne od velikog broja boja. Takva boja može izazvati osećaj neke od boja koje izaziva monohromatska svetlost, a može biti i različita od boja monohromatskih svetlosti (Ohno, 1997; Cvetković, 2009).



Slika 3.3. Podela spektra elektromagnetnog zračenja sa prikazom približnih boja monohromatske svetlosti

3.2. Radiometrija i fotometrija

Kako bi svetlost mogla biti kvantifikovana neophodno je izvršiti merenja njenih osobina. Razlikuju se radiometrijska ili fotometrijska merenja.

Radiometrija je oblast fizike koja proučava merenje širokog spektra elektromagnetnih zračenja, uključujući i vidljivu svetlost.

Fotometrija se bavi merenjem veličina svetlosti koje odgovaraju osećaju vida standardnog posmatrača. Fizičke veličine svetlosti se koriste za energetsku analizu svetlosti, dok se fotometrijske veličine svetlosti vezuju za osetljivost vidnog organa čoveka.

Kako bi se postigao cilj fotometrije, da rezultati merenja odgovaraju osećaju vida čoveka, neophodno je koristiti matematičke funkcije koje daju vezu između fizičkih veličina svetlosti i ljudskog vida. Fotometrijske i analogne radiometrijske veličine prikazane su u tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Fotometrijske i analogne radiometrijske veličine.

Fotometrija					Radiometrija	
<i>Veličina</i>	<i>Engleski naziv veličine</i>	<i>Simbol</i>	<i>Oznaka i naziv</i>	<i>Izraženo lumenima</i>	<i>Veličina</i>	<i>Oznaka i naziv</i>
<i>Svetlosni fluks</i>	Luminous flux	Φ_v	<i>lm</i> <i>lumen</i>	<i>lm</i>	<i>Snaga zračenja</i>	<i>W</i> <i>vat</i>
<i>Svetlosna jačina</i>	Luminous intensity	I_v	<i>cd</i> <i>kandela</i>	<i>lm / sr</i>	<i>Jačina zračenja</i>	<i>W / sr</i>
<i>Osvetljenost</i>	Illuminance	E_v	<i>lx</i> <i>luks</i>	<i>lm / m²</i>	<i>Ozračenje</i>	<i>W / m²</i>
<i>Svetlina</i>	Luminous exitance	M_v	<i>lm / m²</i>	<i>lm / m²</i>	<i>Zračivost</i>	<i>W / m²</i>
<i>Sjajnost</i>	Luminance	L_v	<i>cd / m²</i>	<i>lm / (sr · m²)</i>	<i>Zračenje</i>	<i>W / (sr · m²)</i>
<i>Svetlosna ekspozicija</i>	Luminous exposure	H_v	<i>lx · s</i>	<i>lm · s / m²</i>	<i>Ekspozicija zračenja</i>	<i>W · s / m²</i>
<i>Svetlosna energija</i>	Luminous energy	Q_v	<i>lm · s</i>	<i>lm · s</i>	<i>Energija zračenja</i>	<i>J</i> <i>džul</i>
<i>Temperatura boje</i>	Color temperature	T_v	<i>K</i> <i>kelvin</i>	-	<i>Temperatura zračenja</i>	<i>K</i>

Svetlost kao fotometrijska veličina analogna je zračenju u radiometriji. Fotometrijske veličine svetlosnog zračenja, X_v , izuzev temperature boje, proporcionalne su :

- sumi radiometrijskih snaga zračenja $\Phi_e(\lambda_i)$,

- svih n spektralnih komponenta zračenja prethodno pomnoženih vrednošću funkcije $V(\lambda_i)$ odgovarajuće talasne dužine spektralne komponente, λ_i :

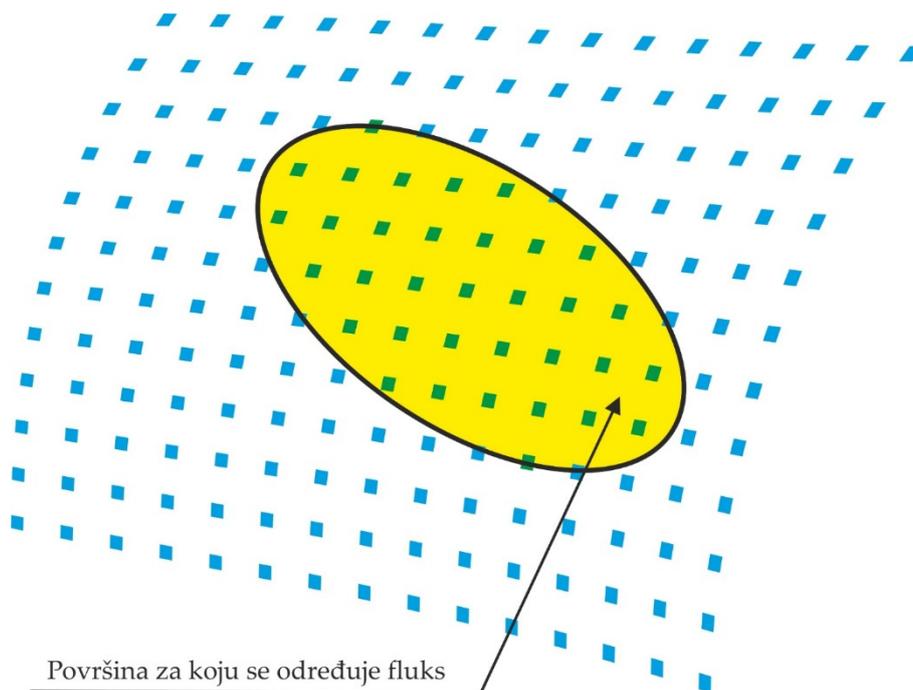
$$X_V \sim V(\lambda_1) \Phi_e(\lambda_1) + V(\lambda_2) \Phi_e(\lambda_2) + \dots + V(\lambda_n) \Phi_e(\lambda_n) \quad (3.1.)$$

Osećaj vida koji izaziva elektromagnetno zračenje simulira se množenjem spektralnih komponentata s odgovarajućom vrednošću $V(\lambda)$.

Pomenutim simuliranjem dobija se da dve svetlosti imaju iste numeričke vrednosti sjajnosti kada izgledaju jednako sjajne, iako su različitog spektra. Spektar svetlosti predstavlja podatke o amplitudi i talasnoj dužini svake od monohromatskih komponentata koje čine svetlost (Freyssinier, 2011; Cvetković, 2009).

3.3. Svetlosni fluks

Fluks (ili protok) jednak je broju čestica koje prođu kroz određenu površinu u jedinici vremena (slika 3.4.).



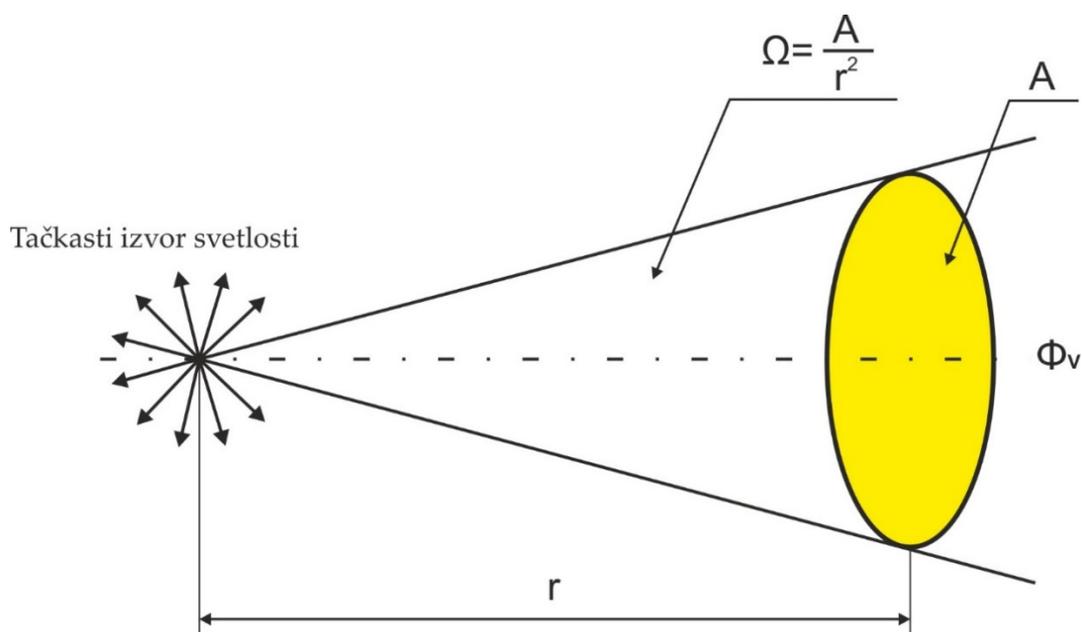
Slika 3.4. Koncept fluksa snopa čestica

Svetlosni fluks Φ_v za određenu površinu, za funkciju relativne osetljivosti vida, $V(\lambda)$, i za spektralnu gustinu snage zračenja, $\Phi_e(\lambda)$, (tj. snaga po $d\lambda$), K_m je konstanta jednaka 683 lm/W , definisan je jednačinom:

$$\Phi_e = K_m \int_{360nm}^{830nm} V(\lambda) \Phi_e(\lambda) d\lambda \quad (3.2.)$$

Integral u jednačini znači da fotometrijski model osećaja svetlosti podrazumeva da je svetlosni fluks mešavine jednak zbiru flukseva svih komponenata mešavine. Konstanta K_m , uz $V(\lambda)$, naziva se maksimalna svetlosna efikasnost zračenja za fotopski vid (videti poglavlje 4.1) i povezuje radiometrijske i fotometrijske veličine. Vrednost konstante K_m određuje definicija kandeke koja daje efikasnost od 683 lm/W, za svetlost talasne dužine 555,016 nm u standardnom vazduhu.

Svetlosni fluks [lm] je fotometrijska veličina analogna snazi zračenja [W] u radiometriji. Svetlosni izvor u jedinici vremena zrači energiju jednaku ukupnom fluksu (snazi) zračenja. Svetlosni fluks jednak je svetlosnoj energiji koja protekne u jedinici vremena kroz određenu površinu. Vrednost svetlosnog fluksa proporcionalna je zbiru snaga spektralnih komponenti zračenja, pomnoženih s vrednošću funkcije $V(\lambda)$ za talasnu dužinu svake od spektralnih komponenata. Treba naglasiti da je kod osećaja vida, aditivnost samo aproksimativna veličina (slika 3.5.).



Slika 3.5. Svetlosna jačina i osvetljenost

Ω - je prostorni ugao koji predstavlja meru veličine prostora oblika kupe ili piramide, koji ograničavaju svetlosni zraci iz izvora svetlosti koji prolaze kroz određenu površinu A. Pun prostorni ugao obuhvata celokupan prostor (sferu) oko svetlosnog izvora.

Numerička vrednost prostornog ugla jednaka je količniku površine koja je obuhvaćena koničnom površinom, i koja leži na sferi sa središtem na vrhu konične površine, i kvadrata poluprečnika te sfere (Nassau, 1998; Kostić, 2006; Cvetković, 2009).

3.4. Jačina svetlosti

Jačina svetlosti I_v za tačkasti izvor, smer i za svetlosni fluks $d\Phi_v$ koji napušta izvor i prostire se u određenom smeru prostornim uglom $d\Omega$ definisana je jednačinom:

$$I_v = d\Phi_v / d\Omega \quad (3.3.)$$

Jačina svetlosti [cd] je gustina svetlosnog fluksa po jedinici prostornog ugla u određenom smeru, prikazanog na slici 3.5. U slučaju tačkastog izvora za svaki poprečni presek posmatranog prostornog ugla veličina svetlosnog fluksa je ista. Izotropni izvor, koji u svim smerovima zrači svetlost iste jačine vrednosti I_v , sa svoje ukupne površine zrači svetlosni fluks Φ_v , može se izračunati jednačinom:

$$\Phi_v = 4 \pi I_v \quad (3.4.)$$

3.5. Osvetljenost

Osvetljenost E_v za određenu tačku na površini dA koja je normalna u odnosu na svetlosni fluks $d\Phi_v$ koji osvetljava tu tačku definisana je jednačinom:

$$E_v = d\Phi_v / dA \quad (3.5.)$$

Osvetljenost [lx] je gustina svetlosnog fluksa na površini koja je normalna na fluks. U slučaju tačkastog izvora, može se izvesti da osvetljenost E_v , opada sa kvadratom rastojanja od izvora, r , kao i da je osvetljenost proporcionalna jačini svetlosti I_v :

$$E_v = I_v / r^2 \quad (3.6.)$$

3.6. Svetlina

Svetlina M_v za određenu tačku na površini dA koja zrači svetlost i za izraženi svetlosni fluks $d\Phi_v$ sa površine dA data je jednačinom:

$$M_v = d\Phi_v / dA \quad (3.7.)$$

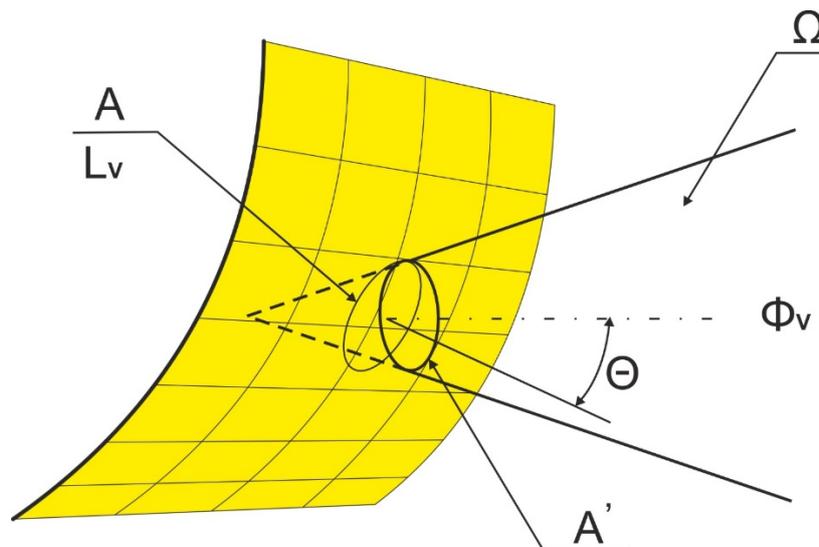
Svetlina [lm/m^2] je gustina izraženog svetlosnog fluksa na površini koja zrači taj fluks.

3.7. Sjajnost

Sjajnost L_v za određenu tačku na površini dA koja zrači svetlost, u smeru koji zaklapa ugao Θ sa normalom na dA , za svetlosni fluks $d\Phi_v$ koji se zrači sa površine dA u određenom smeru data je jednačinom:

$$LV = d^2\Phi_v / d\Omega dA \cos\Theta \quad (3.8.)$$

Primer kada se snaga zračenjem dovodi na površinu koja nije normalna na svetlosni snop, prikazan je na slici 3.6.



Slika 3.6. Snaga na površinu koja nije normalna na snop

Snaga koja dovodi do površine koja nije normalna na svetlosni snop $[W / (sr \cdot m^2)]$ zavisi od gustine snage po površini i poprečne površine normalne u odnosu na snop, a ne zavisi od veličine površine na koju se dovodi snaga. Budući da površina normalna na snop dA' nije poznata, može se izračunati iz površine dA na koju se dovodi snaga i ugla Θ koji zaklapaju svetlosni snop i normala na površinu na koju se dovodi snaga, prikazano jednačinom:

$$dA' = dA \cos\Theta \quad (3.9.)$$

Prema drugom zakonu termodinamike, može se zaključiti da će snaga koju zrači površina u proizvoljnom pravcu koji zaklapa ugao Θ sa normalom na površinu, biti proporcionalna kosinusu Θ . Iz istog zakona proističe veza data jednačinom:

$$d\Phi_v = L_v d\Omega dA \cos\Theta \quad (3.10.)$$

Sjajnost je parametar određene površine koja zrači svetlost, i omogućuje određivanje svetlosnih flukseva koje zrači ta površina u proizvoljnim smerovima koji zaklapaju ugao Θ sa normalom na posmatranu površinu.

Sjajnost [cd/m^2] je gustina svetlosnog fluksa po jedinici prostornog ugla, [cd], po jedinici površine koja zrači svetlost [m^2], a u proizvoljnom smeru koji zaklapa izvestan ugao sa normalom na posmatranu površinu.

3.8. Svetlosna ekspozicija

Svetlosna ekspozicija H_V za osvetljenost E_V i vreme Δt , data je jednačinom:

$$H_V = \int_t^{t+\Delta t} E_V(t) dt \quad (3.11.)$$

3.9. Svetlosna energija

Svetlosna energija Q_V za svetlosni fluks Φ_V i vreme Δt , data je jednačinom:

$$Q_V = \int_t^{t+\Delta t} \Phi_V(t) dt \quad (3.12.)$$

Svetlosna energija [lm s] razmenjuje se svetlosnim fluksom u toku intervala vremena.

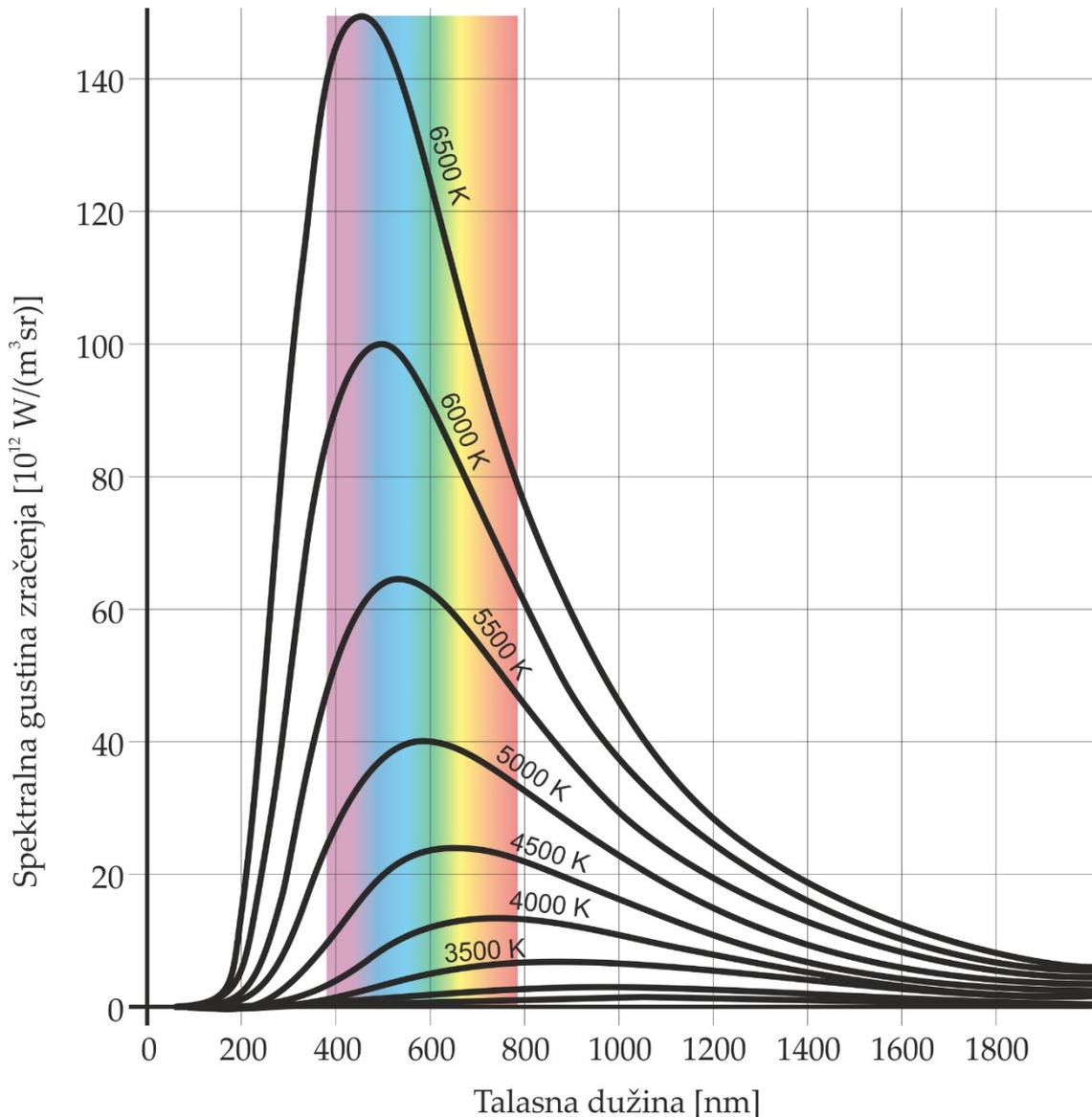
3.10. Emisivnost i apsorbanza

Crno telo je idealizovana površina koja sva dovedena zračenja apsorbuje. Primer crnog tela je površina relativno malog otvora na kutiji čija unutrašnja površina apsorbuje dovedena zračenja.

Apsorbanza (α) je odnos apsorbovanog i dovedenog fluksa zračenja. Apsorbanza apsolutno crnog tela jednaka je jedinici. Realna crna tela imaju apsorbanzu maksimalno do 0,9999. Jednostavno rečeno apsorbanza je deo fluksa koji se ne reflektuje i ostaje zarobljen.

Emisivnost (ϵ) je odnos površinskih gustina flukseva zračenja, posmatrane površine i površine crnog tela, kada su obe površine na istim temperaturama.

Crno telo ima emisivnost jednaku jedinici. Idealan reflektor ima emisivnost jednaku nuli. Spektralna gustina zračenja crnog tela na različitim temperaturama prikazana je na slici 3.7. (Ohta i Robertson, 2005).



Slika 3.7. Spektralna gustina zračenja crnog tela na različitim temperaturama

3.11. Temperatura boje

Temperatura boje je temperatura crnog tela, izražena u kelvinima, koje zrači svetlost. Tako se svetlost čija se temperatura boje određuje može opisati i samo jednim brojem, odnosno temperaturom.

Temperatura boje svetlosti čiji je spektar sličan spektru crnog tela u opsegu talasnih dužina od 380 nm do 780 nm, naziva se distribuciona temperatura boje svetlosti.

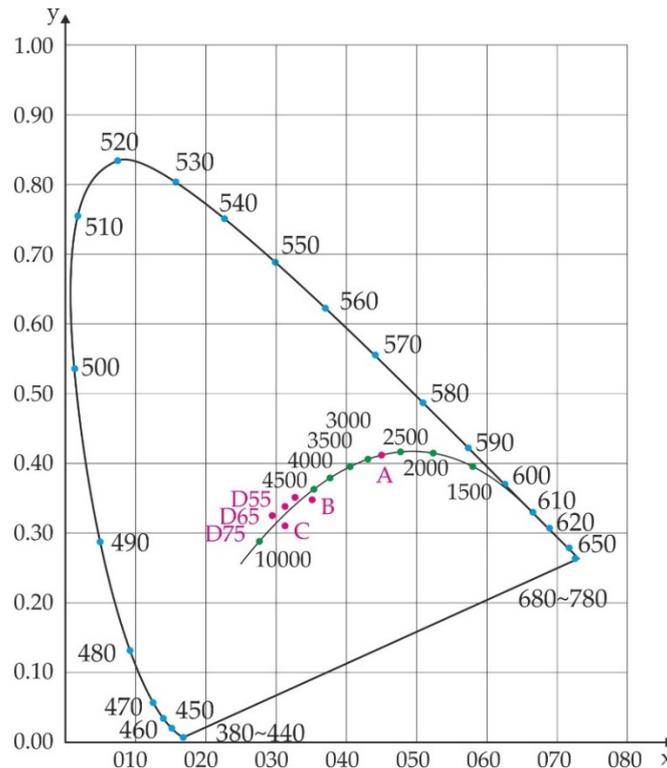
Temperatura sijalice sa usijanom niti je približno jednaka distribucionoj temperaturi boje svetlosti koju zrači. Emisivnost materijala od kod je nit sijalice načinjena utiče na distribucionu temperaturu svetlosti sijalice i često je 2 ili 3 K viša od temperature niti, ali postoje i tipovi sijalica čija je distribuciona

temperatura boje svetlosti i do 50 K viša od temperature niti. U tabeli 3.2. date su temperature boja nekih karakterističnih svetlosti.

Tabela 3.2. Temperature boja i koordinate svetlosti

Svetlost	TC[K]	x	y	Y
<i>Inkadescentna sijalica 50 W, 10 lm/W, volframova nit, vakuum</i>	2500	0,48	0,41	/
<i>Inkadescentna halogena sijalica 1000 W 20.44 lm/W</i>	3000	0,44	0,41	/
<i>Fluorescentna lampa sa belom svetlošću</i>	3500	0,404	0,396	0,200
<i>Voltin luk elektroda od čistog ugljenika</i>	3780	0,315	0,332	0,353
<i>Inkadescentna sijalica sa dnevnom svetlošću, punjena gasom</i>	0,315	/	/	/
<i>Neposredna Sunčeva svetlost, blizu površine zemlje, letnje podne</i>	5500	/	/	/
<i>Fluorescentna lampa sa dnevnom svetlošću</i>	6500	0,313	0,329	
<i>Oblačno nebo</i>	6500	0,313	0,329	0,358
<i>Vedro nebo</i>	19000.. 24000	/	/	/
<i>Prosečna sunčeva svetlost</i>	/	0,336	0,350	0,314
<i>Prosečna dnevna svetlost</i>	/	0,313	0,328	0,359
Standardne svetlosti				
CIE A	2848	0,44757	0,40745	0,14498
CIE B	4800	0,34842	0,35161	0,29997
CIE C	6500	0,31006	0,31616	0,37378
CIE E	5700	0,33333	0,33333	0,33333
CIE D 6500 K	6500	0,313	0,329	0,358
CIE D 7500 K	7500	0,3003	0,3103	0,3894
CIE S	25000	0,25	0,25	0,50
CIE 9300 K + 27 MPCD	9300	0,281	0,311	0,408

Temperatura tela može i značajno da se razlikuje od temperature crnog tela, takav znatno različit, linijski spektar svetlosti imaju lampe sa pražnjenjem kroz gasove. Za takva tela daje se vrednost korelacione temperature boje, temperatura crnog tela koje zrači svetlost najbližnje boje sa svetlošću čija se temperatura boje određuje. Korelaciona temperature boje se određuje iz dijagrama boja prikazanog na slici 3.8. gde su označene svetlosti crnih tela različitih temperatura i većina standardnih svetlosti (Ohta i Robertson, 2005; Freyssinier, 2011; Kostić, 2006).



Slika 3.8. xy dijagram boja sa označenim: monohromatskim svetlostima (po obodu), koordinatama crnih tela različitih temperatura, standardnim svetlostima

4.0. PRINCIP PERCEPCIJE BOJE

Princip percepcije boje je predmet interesovanja i istraživanja veoma dugo. Predložene su mnoge hipoteze koje objašnjavaju princip funkcionisanja vizuelnog sistema čoveka, da bi tokom 19. veka bile ustanovljene dve teorije koje se međusobno dopunjuju, a aktuelne su i danas.

Vid je vrlo složene prirode, jer osim svetlosti reflektovane od površine objekta zavisi od: svakog od delova oka, očnih nerava i centralnog nervnog sistema. Vid zavisi i od uslova posmatranja: prilagođenja oka, ugla pod kojim se posmatra površina i mesta na mrežnjači na koje se projektuje posmatrana površina. Vid je takođe subjektivne prirode. Da bi se fotometriji obezbedila pogodna i reproduktivna osnova, određene su matematičke funkcije koje opisuju vid standardnog posmatrača.

Predlaže se razlaganje ukupnog osećaja u tri nadovezujuća koraka izvedenih iz vizuelnog stimulusa, a to su osećaj, percepcija i spoznaja. Predložena terminologija za ove izraze je: (MacDonald, 2006; CIE 175:2006, 2006; Karlović, 2010).

- Vizuelni osećaj: "Odziv vizuelnog sistema na stimulus",
- Vizuelna percepcija: "Normalizacija vizuelnog osećaja u kontekstu celog vidnog polja", i
- Vizuelna spoznaja - doživljaj: "Interpretacija vizuelne percepcije".

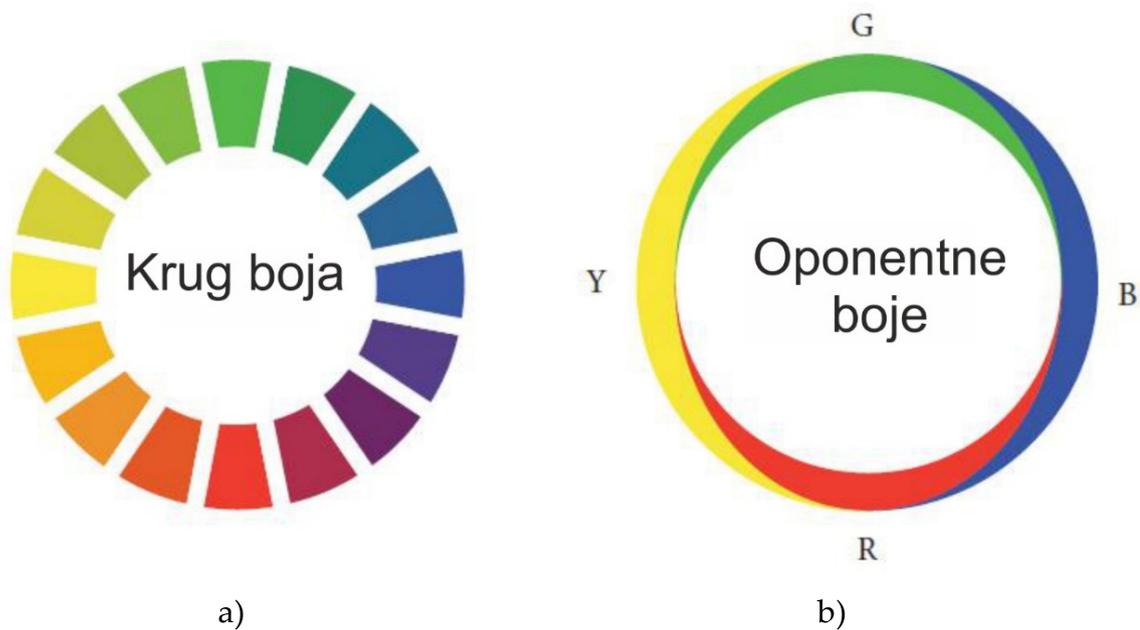
Poznato je da ljudsko oko može napraviti razliku među talasnim dužinama vidljivog dela spektra. Kako bi to bilo moguće, pretpostavljeno je da postoje fotoosetljivi receptori osjetljivi na pojedine talasne dužine, kasnije je to i dokazano istraživanjem fiziologije vizuelnog sistema (Gegenfurtner, 2003; Lennie, 2005; Solomon, 2007).

Dakle prva faza percepcije boje je potpuno objašnjena postojanjem fotoreceptora osjetljivih na određene talasne dužine. Postojanje razlika između boje zabeležene od tri vrste fotoreceptora i boje zabeležene u post receptorskim procesima pretpostavile su dve teorije.

Prva, Young-Helmholtz teorija pretpostavlja direktno preslikavanje signala sa receptora na drugu fazu percepcije boje. Ova teorija objašnjava prepoznavanje mešavina svetlosti različitih talasnih dužina, ali ne objašnjava pojavu boje kao reakciju na svetlost, fenomen diskriminacije i sličnosti različitih boja (Young, 1802; Helmholtz, 1867).

Ewald Hering je postavio teoriju oponentnih boja, veoma sličnu Young-Helmholtz teoriji, ali je pokušao objasniti i pojavu boje i fenomen da se pod normalnim uslovima posmatranja neke kombinacije boja poput crvenkasto plave, crvenkasto žute i zelenkasto žute vide zajedno, dok to nije slučaj za

crvenkasto zelenu i žučkasto plavu. Predložio je princip percepcije boje zasnovan na tri mehanizma suprotnog pobuđivanja na parove boja crveno-zeleno, žuto-plavo i belo-crno, slika 4.1. (Hering, 1878; Hering, 1920.).



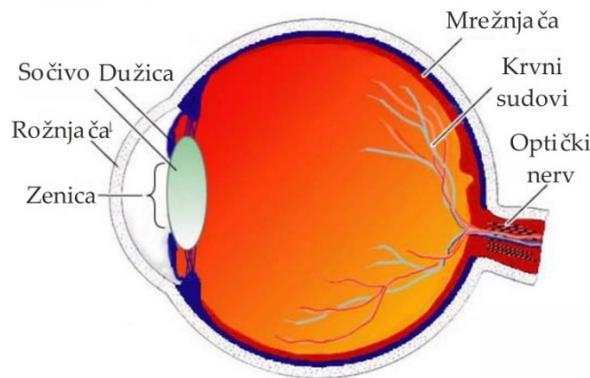
Slika 4.1. Principi detektovanja boja: a) krug boja, b) preslikavanje boja na Heringov dijagram oponentnih boja

Savremene verzije teorije percepcije boje bez izuzetka pretpostavljaju dve faze (Hurvich i Jameson, 1957; Boynton, 1960; Walraven, 1962; Guth i Lodge, 1973; Ingling i Tsou, 1977; Guth, i ostali, 1980; Krauskopf i ostali 1982.), dok dopunjena Müller-ova teorija predlaže tri faze, prva na nivou fotoreceptora, druga faza kao mehanizam diskriminacije i treća faza pojave boje u zavisnosti od talasne dužine svetlosti (Müller, 1930; Judd, 1949; Judd, 1966; Svaetichin i MacNichol, 1959.).

Za razumevanje teorija koje objašnjavaju princip percepcije boje neophodno je imati uvid u građu vizuelnog sistema.

4.1. Anatomija oka i vizuelnog sistema

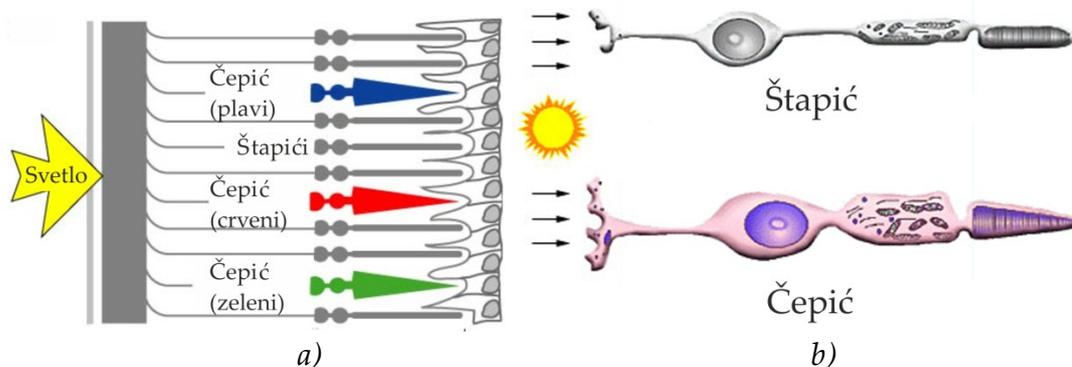
Svetlost iz izvora dolazi do površine objekta, gde se količina i smer svetla preraspodeli apsorpcijom i refleksijom u zavisnosti od optičkih karakteristika površine (tekstura, hrapavost, sjajnost, fizički sastav). Reflektovana svetlost dolazi do ljudskog oka, gde prolaskom kroz zenicu i sočivo oka, tu biva usmerena na mrežnjaču oka, odnosno žutu mrlju, gde se nalaze fotoreceptori. Struktura oka sa osnovnim delovima je prikazana na slici 4.2.



Slika 4.2. Prikaz poprečnog preseka oka

Oko se sastoji od: zaštitnog dela, rožnjače, koji štiti prednji (spoljašnji) deo oka, optičkog dela koji je bitan za formiranje slike objekta, zenice koja reguliše količinu svetlosti na ulazu u očnu jabučicu (dubinsku oštrinu). Zaštitnim i optičkim delovima oka neće biti posvećena posebna pažnja jer nemaju značajan uticaj na percepciju boje ukoliko normalno funkcionišu.

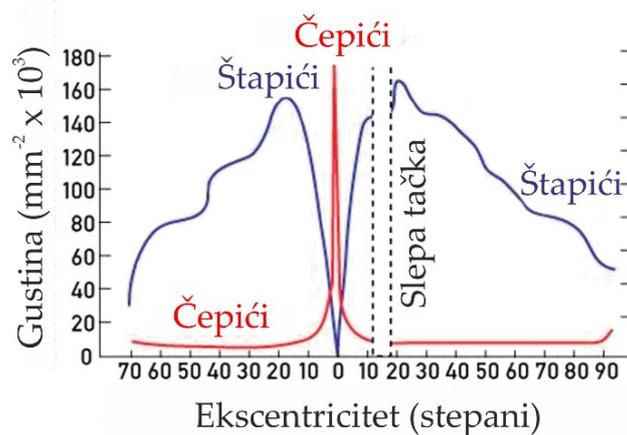
Mrežnjača je deo oka koji sadrži fotoreceptore (štapiće i čepiće). Šematski prikaz mrežnjače oka sa fotoosetljivim receptorima je prikazana na slici 4.3.a. Fotoreceptori su osetljivi na svetlost i pretvaraju svetlost, odnosno elektromagnetno zračenje u graduirane potencijale koji se dalje šalju ganglijskim ćelijama. Izgled štapića i čepića je prikazan na slici 4.3.b.



Slika 4.3. Šematski prikaz: a) mrežnjače oka, b) fotoosetljivi receptori

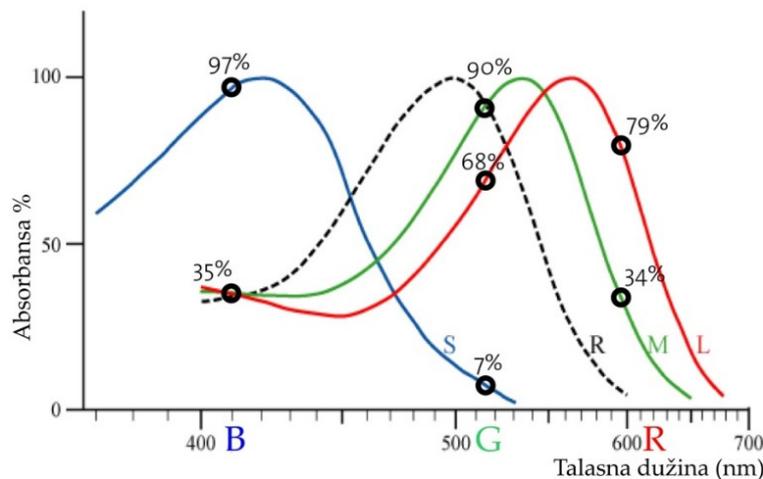
Širina receptora u fovei (najgušćem, centralnom delu mrežnjače) je $1 \mu\text{m}$ do $4 \mu\text{m}$, a van fovee čak do $10 \mu\text{m}$ (Wandell, 1995.).

Čepića ima oko 6-7 miliona, nalaze se na središnjoj poziciji mrežnjače (žuta mrlja, fovea), prečnika 1.5 mm . Čepići su osetljivi na boju, svaki je povezan na svoj vlastiti optički nerv i omogućavaju oštru i detaljnu sliku na jakoj svetlosti (fotopski vid). Gustina čepića i njihov raspored na mrežnjači se može videti na dijagramu prikazanom na slici 4.4.



Slika 4.4. Dijagram gustine štapića i čepića prema ekscentricitetu mrežnjače

Čepići koji reaguju na talasne dužine iz domena kratkih talasa (400 nm - 500 nm), a maksimalno su osetljivi na (420 nm) nazivaju se plavi ili S (od *Short*). Istom logikom čepići koji reaguju na talase srednje dužine (455 nm - 605 nm), a maksimalno su osetljivi na (535 nm) nazivaju se zeleni odnosno M (medium), a oni osetljivi na duge talase (485 nm - 700 nm), a maksimalno su osetljivi na (565 nm) crveni ili L (long), što je ilustrovano na slici 4.5. (Barrlow, Mallon, 1982.).



Slika 4.5. Osetljivost tri vrste čepića prema talasnim dužinama

Štapića ima oko 75-150 miliona i raspoređeni su periferno (izvan fovee). Nekoliko štapića je povezano na jedan optički nerv što smanjuje oštrinu vida. Daju generalnu, široku sliku scene (bez detalja) i nisu osetljivi na boju. Služe pri slabom svetlu (skotopski vid). Zato se pri slaboj svetlosti ne raspoznaju boje (Coope i Kazilek. 2012.).

Prag osetljivosti štapića na svetlost je toliko nizak da u eksperimentalnim uslovima reaguju i na jedan foton (Rieke, Baylor, 1998). Gustina štapića na

Projekcija koja se nastavlja nakon optičke hizme zove se optički trakt i vodi do lateralnog genikulatnog nukleusa (LGN). U LGN povezuju se ćelije retine i ćelije talamusa. Informacija se raslojava po šest kriterijuma, zbog šest slojeva talamusa. Raslojena informacija iz LGN nastavlja da putuje optičkom radijacijom do primarne vizuelne zone V1 kore velikog mozga (Ludell, 1978.).

U kori velikog mozga se odigravaju mnogobrojni procesi kako bi se pristigle informacije pretvorile u sliku koju je moguće tumačiti. Spektralna specijalizacija je bitna za proces formiranja doživljaja boje. U zoni V1 postoje ćelije koje reaguju na impulse nastale usled različitih talasnih dužina i intenziteta svetlosti, smatra se da zauzimaju 41 % (Johnson i ostali, 2001.). Odavde informacije idu u zonu V4 (Zeki, Ship, 1989.). Pretpostavlja se da je ova zona naročito bitna za procesiranje informacija o boji (Zeki, Bartels, 1999.).

Relativna osetljivost vida u zavisnosti od talasne dužine data je standardnom funkcijom zasnovanom na: vidu standardnog posmatrača, aditivnosti osećaja sjajnosti, uglu gledanja od 2° i relativno visokom nivou sjajnosti, većem od oko 1 cd/m^2 . Funkcija je označena sa $V(\lambda)$. Izvorna funkcija $V(\lambda)$ je diskretno data za talasne dužine od 360 nm do 830 nm (sa inkrementom od 1 nm) i normalizovana je na 1 u maksimumu koji je na 555 nm. $V(\lambda)$ je data u tabeli 4.1. i pri aktivnosti čepića oka koji se naziva fotopski vid. Funkcija $V(\lambda)$ je široko prihvaćen propis izdat od strane Međunarodne komisije za rasvetu (CIE, Commission Internationale de l'Éclairage). Taj propis je prihvaćen kao međunarodni standard od strane Međunarodnog komiteta za tegove i mere (CIPM, Comité International des Poids et Mesures) i Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO, International Organization for Standardization).

Relativna osetljivost vida može da se odredi tako što posmatrač procenjuje jednakost sjajnosti dva izvora monohromatskih svetlosti koji se nalaze jedan do drugoga (u prostoru). Radi pouzdane procene posmatrača, talasne dužine dve svetlosti moraju da budu bliskih talasnih dužina. Uz uslov da upoređivane svetlosti budu bliskih talasnih dužina, osetljivost oka za ceo opseg svetlosti može se dobiti tako što se u svakom novom upoređivanju svetlosti, za jednu zadržava svetlost iz prethodnog upoređivanja, a za drugu, svetlost talasne dužine bliske zadržanoj svetlosti, a dalje od svetlosti iz prethodnog upoređivanja.

Tabela 4.1. Standardne funkcije relativne osetljivosti vida u zavisnosti od talasne dužine svetlosti: pri prilagođenju na dnevno svetlo, $V(\lambda)$, i pri prilagođenju na tamu, $V'(\lambda)$

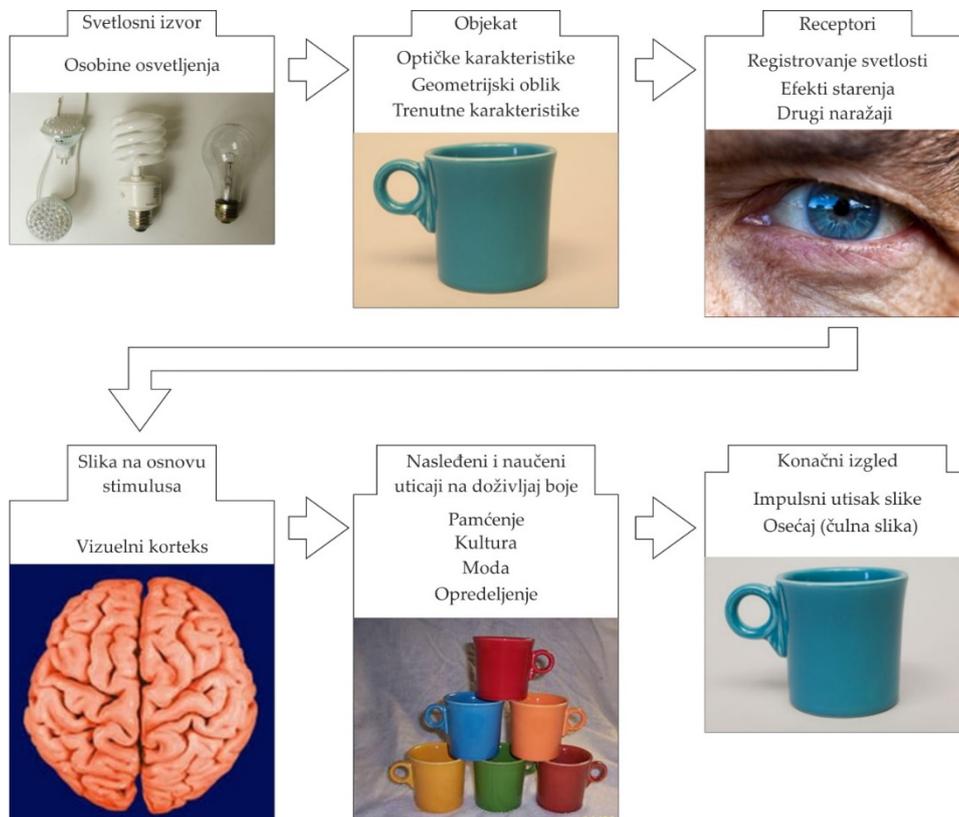
λ [nm]	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$	λ [nm]	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$
380		$0,589 \cdot 10^{-3}$	580	0,870	0,1212
390	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$2,209 \cdot 10^{-3}$	590	0,757	$65,5 \cdot 10^{-3}$
400	$0,40 \cdot 10^{-3}$	$92,9 \cdot 10^{-3}$	600	0,631	$33,15 \cdot 10^{-3}$
410	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$34,84 \cdot 10^{-3}$	610	0,503	$15,93 \cdot 10^{-3}$
420	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$96,6 \cdot 10^{-3}$	620	0,381	$7,37 \cdot 10^{-3}$
430	$11,6 \cdot 10^{-3}$	0,1998	630	0,265	$3,325 \cdot 10^{-3}$
440	$23 \cdot 10^{-3}$	0,3281	640	0,175	$1,497 \cdot 10^{-3}$
450	$38 \cdot 10^{-3}$	0,455	650	0,107	$0,677 \cdot 10^{-3}$
460	$60 \cdot 10^{-3}$	0,567	660	$61 \cdot 10^{-3}$	$0,3129 \cdot 10^{-3}$
470	$91 \cdot 10^{-3}$	0,676	670	$32 \cdot 10^{-3}$	$0,1480 \cdot 10^{-3}$
480	0,139	0,793	680	$17 \cdot 10^{-3}$	$71,5 \cdot 10^{-6}$
490	0,208	0,904	690	$8,2 \cdot 10^{-3}$	$35,33 \cdot 10^{-6}$
500	0,323	0,982	700	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$17,80 \cdot 10^{-6}$
507		1,000	710	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$9,14 \cdot 10^{-6}$
510	0,503	0,997	720	$1,05 \cdot 10^{-3}$	$4,78 \cdot 10^{-6}$
520	0,710	0,935	730	$0,52 \cdot 10^{-3}$	$2,546 \cdot 10^{-6}$
530	0,862	0,811	740	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$1,379 \cdot 10^{-6}$
540	0,954	0,650	750	$0,12 \cdot 10^{-3}$	$0,760 \cdot 10^{-6}$
550	0,995	0,481	760	$60 \cdot 10^{-6}$	$0,426 \cdot 10^{-6}$
555	1,000		770	$30 \cdot 10^{-6}$	$0,2413 \cdot 10^{-6}$
560	0,995	0,3288	780	$15 \cdot 10^{-6}$	$0,1390 \cdot 10^{-6}$
570	0,952	0,2076			

Relativna osetljivost vida u zavisnosti od talasne dužine, pri niskom nivou sjajnosti, manjem od oko $0,01 \text{ cd/m}^2$, značajno se razlikuje od funkcije $V(\lambda)$. Maksimum te funkcije je na 507 nm, ali je oblik približno isti sa $V(\lambda)$. Označena je sa $V'(\lambda)$ (tabela 4.1.). Funkcija $V'(\lambda)$ opisuje vid koji se zasniva na aktivnosti štapića oka i naziva se skotopski vid (Vid u uslovima između skotopskog i fotopskog naziva se mezopski vid.) U sadašnjoj praksi, fotometrijske veličine odnose se na funkciju $V(\lambda)$, uz izuzetak veličina za istraživačke svrhe.

4.2. Uticajni faktori na percepciju boje

Percepcija uopšte, a samim tim i percepcija boje, je veoma kompleksan proces koji nije do kraja istražen, ali danas su poznati određeni uticajni faktori koji utiču na percepciju boje. Takvi faktori u različitoj meri utiču na doživljenu boju. Budući da se sve vizuelne informacije o okruženju posmatrača dobijaju analizom dvodimenzionalne projekcije nastale na mrežnjači oka može se očekivati da postoji interakcija između pojedinih delova informacije. Osim uticaja informacija pristiglih putem čula vida na percepciju boje utiču odzivi ostalih čula i ranijih iskustava.

Osim reflektovane svetlosti o površinu posmatranog u kompleksnom procesu stvaranja konačne slike od strane posmatrača učestvuju i efekti starenja (specifični za starost posmatrača), i uticaj ostalih čulnih odziva: sluha, mirisa, ukusa i dodira. Dok ovi drugi čulni odzivi ne čine radni okvir za merenje izgleda, njihovo postojanje se ne može prevideti zato što oni utiču na bilo koji subjektivni podatak koji dolazi do posmatrača. Na završnu fazu, koja određuje doživljaj posmatrača utiču mnogi faktori uključujući prethodne zamisli kakav bi trebao da bude na osnovu sećanja boja, kulturnih razlika, šta je u modi i ličnih opredeljenja (Karlović, 2010.). Na slici 4.8. su prikazani faktori koji utiču na konačni, ukupan, osećaj boje.



Slika 4.8. Faktori koji utiču na ukupan osećaj boje

Osim oblika objekta i boja ima veoma značajnu ulogu u procesu prepoznavanja objekata iz okruženja (Wurm i ostali, 1993). Samim tim je neophodno da boja objekta bude prepoznatljiva i konstantna u različitim uslovima posmatranja koji mogu više ili manje da utiču na promenu osobina reflektovane svetlosti. Boja objekta se doživljava u velikoj meri istovetno pod različitim vrstama osvetljenja. Istraživanja konstantnosti boje obuhvataju različite uticaje s obzirom da je konstantnost boje izuzetno značajna za prepoznavanje objekata (Brainard, 2004).

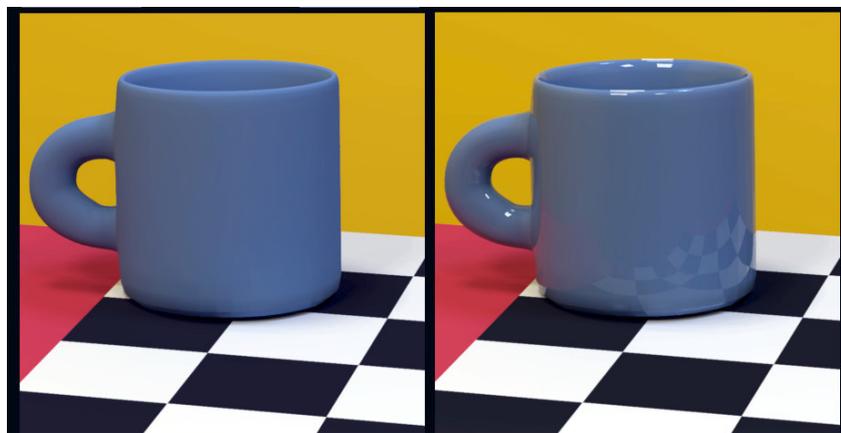
Konstantnost boje za difuzno osvetljene ravne mat površine pod različitim uticajima je okarakterisana prilično detaljno (Arend, Reeves, 1986; Brainard, 1998; Brainard i ostali, 1997; Brainard i Wandell, 1992; Delahunt i Brainard, 2004; Granzier i ostali, 2005; Helson i Jeffers, 1940; Helson, Michels, 1948; Kraft i Brainard, 1999; McCann i ostali, 1976; Olkkonen i ostali, 2009). Mehanizmi i krajnje granice konstantnosti su objašnjeni u radovima (Brainard i Maloney, 2011; Foster, 2011). Konstantnosti boja na ravnim površinama u trodimenzionom okruženju takođe je prilično istražena (Bloy i ostali, 1999; Boyaci i ostali, 2004; Boyaci i ostali, 2003; Ripamonti i ostali, 2004; Werner, 2006.).

Međutim, izuzetno mali broj objekata u realnom okruženju spada u grupu ravnih mat objekata. Karakteristike reflektovane svetlosti o površinu objekta zavise uveliko od osobina materijala od kog je načinjen. Plastika, metal, vosak, tekstil itd. imaju različite osobine refleksije svetlosti, a istovremeno se pojavljuju u realnom okruženju. Uticaj osobina materijala na percepciju boje objekata u poslednje vreme pobudio je posebnu pažnju (Blake i Bülthoff, 1990; Fleming i Bülthoff, 2005; Fleming i ostali, 2003; Kim i ostali, 2011; Marlow i ostali, 2011; Motoyoshi i ostali, 2007; Nishida i Shinya, 1998; Olkkonen i Brainard, 2010, 2011; Pessoa i ostali, 1996; Sharon i ostali, 2008; Todd i ostali, 2004; Xiao i Brainard, 2008). Konstantnost boje trodimenzionalnih objekata je tek u poslednjih nekoliko godina postala interesantna tema i istaživanja na tu temu nisu česta (Almeida i ostali, 2010; Hedrich i ostali, 2009; Olkkonen i Brainard, 2010, 2011).

Kombinacijom hromatskih atributa površine objekta (boje objekta), njegovih geometrijskih atributa (sjaj, transparentnost, tekstura, oblik) i okruženja u kojem se objekat posmatra stvara se kompletna slika i doživljaj realnog trodimenzionalnog objekta. Uticaj ovih faktora na percepciju posmatrača je kompleksan fenomen, istraživanje međuzavisnosti geometrijskih i hromatskih komponenti omogućava dobijanje dodatnih podataka za lakšu karakterizaciju obojenih površina (Karlović, 2010.).

Spektralni sadržaj reflektovanog svetla o površinu objekta zavisi od osobina svetla kojim je objekat osvetljen (Doerschner i ostali, 2010;

Fleming i ostali, 2003; Motoyoshi i ostali, 2012; Olkkonen i ostali, 2010; Obein i ostali, 2004; Pont i ostali, 2006; Pas i ostali, 2005.). Razlike između sjajnih i mat površina se mogu videti na slici 4.9 gde je levo prikazana mat površina geometrijski komplikovanog objekta, a desno sjajna površina istog objekta.



Slika 4.9. Prikaz razlika sjajne i mat površine trodimenzionog objekta

Može se uočiti mnogo veća raznovrsnost reflektovane svetlosti koja uključuje i refleksije okolnih objekata. (Kraft i Brainard 1999; Ripamonti i ostali 2004; Yang i Maloney 2001; Boyaci i ostali 2003; Doerschner i ostali 2004; Boyaci i ostali 2004). Uticaj osobina geometrije površine objekta takođe ima značajan uticaj na percepciju boje. (Ho i ostali, 2008; Nishida i ostali, 1998; Vangorp i ostali, 2007; Olkkonen i Brainard, 2011; Wijntjes i ostali, 2010.). Sjajne površine komplikovanih geometrijskih tela takođe na sebi imaju tačkastu refleksiju izvora svetla koja je takođe istraživana od strane velikog broja autora. (Hunter i Harold 1987; Fleming i ostali 2003; Fleming i ostali 2004; Pellacini i ostali 2000; Obein i ostali 2004). Tačkasta refleksija je najčešće veoma usmerene prirode i zato pri izvođenju eksperimenata posmatrač najčešće postavlja uzorak na način da se efekat sjaja minimalizuje, međutim u realnim uslovima nije moguće eliminisati sjaj kao uticajni faktor i neophodno ga je istražiti, jer svakako utiče na osećaj kvaliteta konačnog proizvoda (Karlović, 2010).

5.0. MODELI ZA OPIS BOJE

Tema disertacije obuhvata istraživanje u oblasti percepcije boja realnih objekata. Kako bi bilo moguće izvesti takva istraživanja neophodno je razumevanje principa funkcionisanja različitih modela za opis boje u zavisnosti od konačne namene modela. Definisane boje pri obojavanju ili štampanju, ekranskog prikaza, izračunavanja razlika boje i definisanje boje na principu ljudske percepcije zahtevaju upotrebu različitih modela za opis boje.

Relevantni modeli za opis boje nabrojani su u nastavku:

- Substraktivni model formiranja boje se koristi za opis boje objekata, nastalih štampanjem ili bojenjem, čija se percepcija nastoji okarakterisati.
- Aditivni model formiranja boje se koristi za prikaz boje koja odgovara doživljaju od strane posmatrača, prikazuje se na ekranu monitora onako kako je odredi posmatrač.
- Izračunavanje razlika boje u zavisnosti od odabrane formule zahteva merenje boje i opis Lab ili Lch modelom.
- Model za opis boje zasnovani na ljudskoj percepciji boje HSL pogodan je za intuitivno podešavanje boje od strane posmatrača, odnosno učesnika u eksperimentima.

5.1. Substraktivni model za formiranje boje

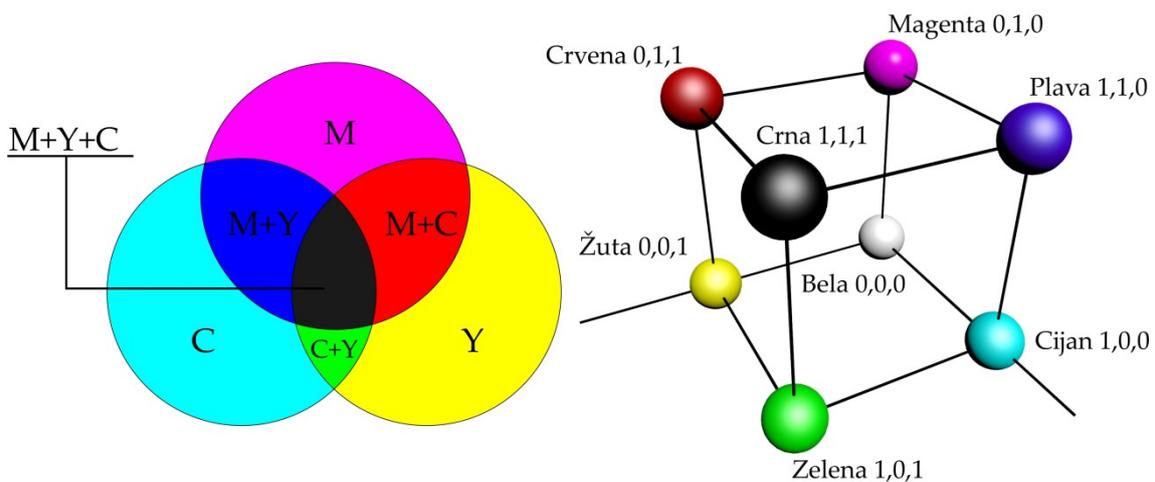
Substraktivni model za formiranje boje definiše oduzimanjem zadate boje od bele boje. Substraktivni model je primenjen u štampi boja. Najpoznatiji substraktivni modeli su CMY i CMYK koji se formira od cijan, magente i žute boje i dodatne crne u slučaju CMYK modela. Ovi modeli boja koriste komplementarne boje crvenoj, zelenoj i plavoj. Cijan boja je komplementarna od crvene, magenta od zelene, a žuta od plave.

Objekat, koji je kod bele svetlosti žut, apsorbuje plavu boju itd. Zbog toga se cijan, magenta i žuta boja nazivaju primarne boje oduzimanja (*engl. subtractive primary colours*). Slike sa ovih medijuma se vide samo u prisustvu spoljnog izvora svetla. U praksi nesavršenost (nečistoća) boja i pigmenta kvare uspeh CMY modela zbog prodiranja i drugih boja kroz filtere. Crna boja se dodaje u procesima štampanja kako bi se povećao kontrast, čime je donekle poboljšana realnost štampanih grafičkih prikaza.

Veza CMY i CMYK modela može se predstaviti jednačinama:

$$K = \min(C, M, Y) \quad C' = C - K \quad M' = M - K \quad Y' = Y - K \quad (5.1.)$$

CMYK model karakterističan je za medijume koji nemaju svoj izvor svetla, fotografija, štampana slika itd. Slike sa ovih medijuma se vide samo u prisustvu spoljnog izvora svetla. Sastav CMY i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, može se razumeti prema slici 5.1.a. Slika 5.1.b. pokazuje jediničnu kocku boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema. Dijagonala kocke iz koordinatnog početka je skala sivih nijansi boja (Jovanović, 2007).



Slika 5.1. CMY model: a) Sastav CMY i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, b) jedinična kocka boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema

5.2. Aditivni model za formiranje boje

Model za formiranje sastava boja RGB koristi crvenu, zelenu i plavu boju tehnikom međusobnog dodavanja (aditivnost) crnoj pozadini. Kod katodne cevi, koristi se takođe aditivni princip kod koga se usmerava katodno zračenje RGB mlazeva na malu površinu gusto zbijenih fosfornih zrna, različitih tipova. Fosforna zrna, pobuđena zračenjem, svetle svako svojom osnovnom bojom, usled čega se dobija privid mešanja boja. Na sličnom principu rade i moderniji LCD ekrani s razlikom što se umesto katodnog zračenja koristi bela svetlost i tečni kristali koji se orijentišu prema električnom impulsu.

Proizvoljno zadatu boju definiše jednačina 5.2. u kojoj su r, g, b koeficijenti prisustva (dodavanja) osnovnih boja. Pri tome su oznake osnovnih boja definisane simbolima R (engl. Red), G (engl. Green), B (engl. Blue).

$$C = rR + gG + bB, \quad r, g, b, \in [0,1] \quad (5.2.)$$

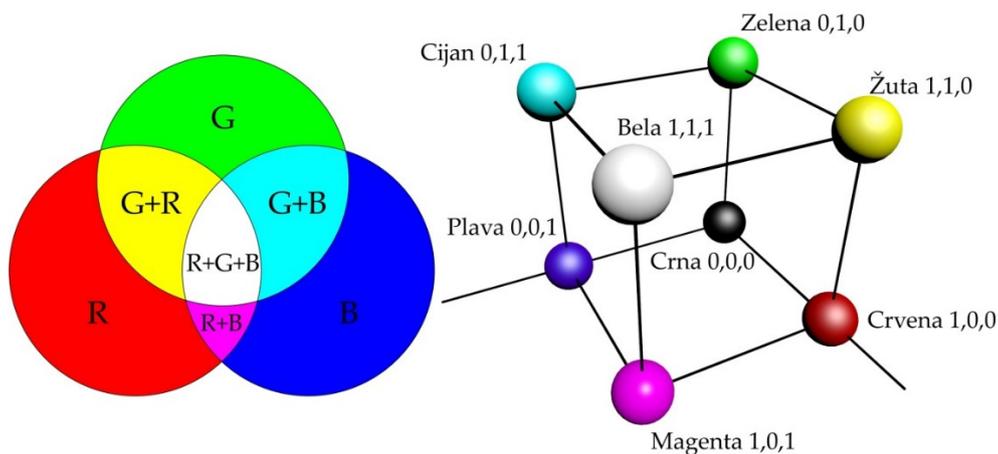
Osobina RGB modela je da crnu boju definiše kada ni jedna komponenta boje nije prisutna, a da belu boju definiše dodavanje osnovnih komponenata boja u maksimalnom intenzitetu.

Posledica mešanja samo dve komponente boja daje nove, tipove izvedenih boja. Tako mešanjem crvene i plave boje, dobija se magenta. Mešanjem crvene i zelene dobija se žuta boja. Mešanjem plave i zelene komponente dobija se cijan.

Veza CMY modela i RGB modela:

$$C=1-R \quad M=1-G \quad Y=1-B \quad (5.3.)$$

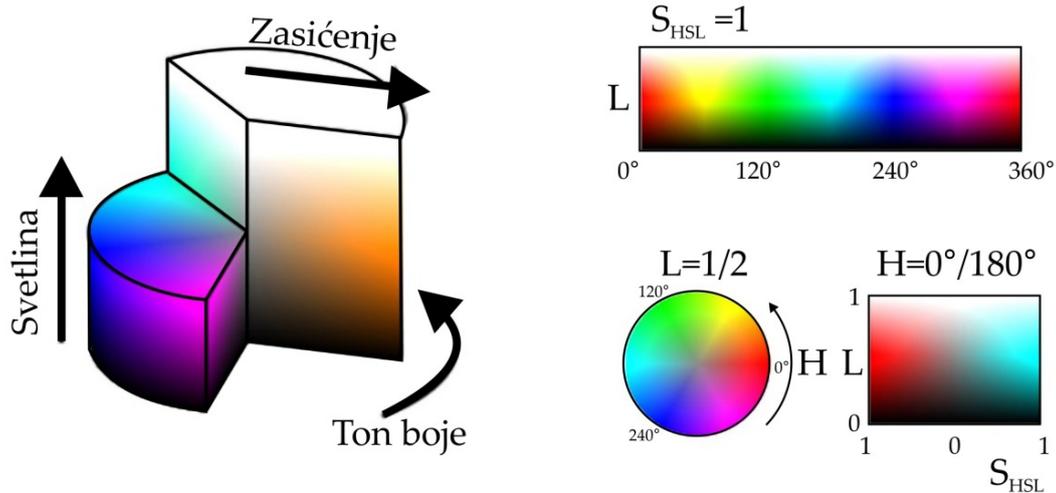
Sastav RGB i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, može se razumeti prema slici 5.2.a. Slika 5.2.b pokazuje jediničnu kocku boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema. Dijagonala kocke iz koordinatnog početka je skala sivih nijansi boja (r,g,b-koeficijenti su jednaki). (Levkowitz i Herman's, 1993; Jovanović, 2007).



Slika 5.2. RGB model: a) Sastav RGB i izvedenih boja tehnikom mešanja boja, b) jedinična kocka boja u pozitivnom oktantu 3D kartezijskog koordinatnog sistema

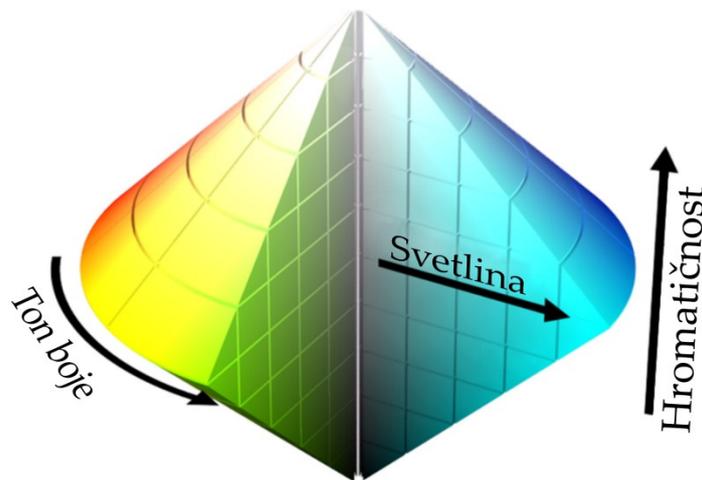
5.3. HSL perceptualni model za formiranje boje

HSL model je jedan od načina prikaza RGB opsega boja cilindričnim koordinatama u cilju intuitivnijeg predstavljanja boja, koji je više u skladu sa percepcijom boje čoveka u odnosu na kartezijski koordinatni sistem, odnosno kocku. HSL je akronim za H (engl. Hue), S (engl. Saturation) i L (engl. Lightness), odnosno ton, zasićenost i svetlinu boje. Ugao oko centralne ose sistema predstavlja promenu tona boje, udaljenost od ose u horizontalnom smeru predstavlja zasićenost, a pozicija na vertikalnoj centralnoj osi predstavlja svetlinu boje (slika 5.3.) (Völz, 2001).



Slika 5.3. Prikaz HSL modela

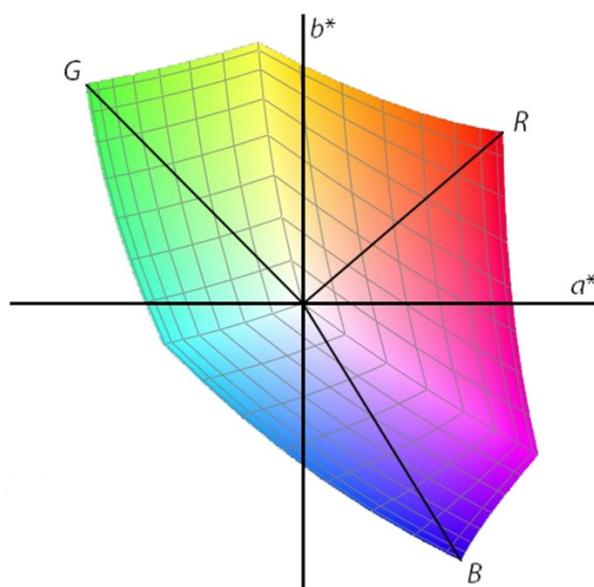
Kako bi se bolje prikazalo realno stanje, gde su veoma tamne i veoma svetle boje bliske crnoj i beloj smatraju manje zasićenim, predložen je bikonični prikaz u kome je zasićenje (engl. Saturation) zamenjeno s hromatičnošću (engl. Chroma), što dovodi do poistovećivanja zasićenosti i hromatičnosti i stvara probleme. Prikaz modela gde je zasićenost preslikana na dimenziju hromatičnosti prikazan je na slici 5.4. (Rogowitz, 2007).



Slika 5.4. Prikaz upotrebe dimenzije hromatičnosti umesto zasićenosti, često nazvan HSL model

Geometrijskim transformacijama je moguće prevesti vrednosti boje iz RGB modela u HSL model (Levkowitz, 1993; Graphics Appl., 1992; Smith, 1978; Joblove, 1978).

Nedostaci HSL modela se ogledaju u tome što je taj model jednostavna geometrijska transformacija RGB modela koji ne uzima u obzir da čista crvena zelena i plava boja nemaju istu svetlinu i hromatičnost, što se može primetiti kada se projektuje na CIELAB model koji je perceptualno prikladniji. Slika 5.5. prikazuje pogled odozgo na RGB prostor projektovan na CIELAB prostor. Problem je jasno uočljiv kada se upoređi boja R:100% G:100% B:90% koja je svetlo žuta sa čistom zelenom bojom, naime te dve boje imaju skoro identično zasićenje. Zbog ovoga se HSL vrednosti ne mogu koristiti samostalno, obavezno je dati i RGB vrednost boje kao bi se dobila kompletna slika.



Slika 5.5. Pogled odozgo na RGB prostor projektovan na CIELAB prostor

5.4. CIE Lab I CIE Lch modeli za formiranje boje i razlika boja

CIELAB je trodimenzionalni prostor boja nezavisan od uređaja baziran na percepciji boje standardnog posmatrača definisanog od Međunarodne komisije za osvetljenje. Numeričke vrednosti u CIELAB modela opisuju sve boje koje zdravo ljudsko oko može razlikovati. Boje se opisuju putem tri komponente: svetlina L (luminance) i a (crvena i zelena) i b (plava i žuta). Svetlina je ahromatska komponenta, dok su a i b hromatske komponente. Svetlina se meri od 0 do 100 po vertikalnoj osi, gde je 0 vrednost za crnu, a 100 za belu (Strgar Kurečić, 2007).

Svrha CIELAB prostora, prikazanog na slici 5.6, koji je direktno izveden iz CIE 1931 XYZ koordinatnog sistema, je da kvantifikuje male vrednosti razlike boja. Glavni cilj u razvoju ovog i drugih sličnih uniformnih prostora boja bila je

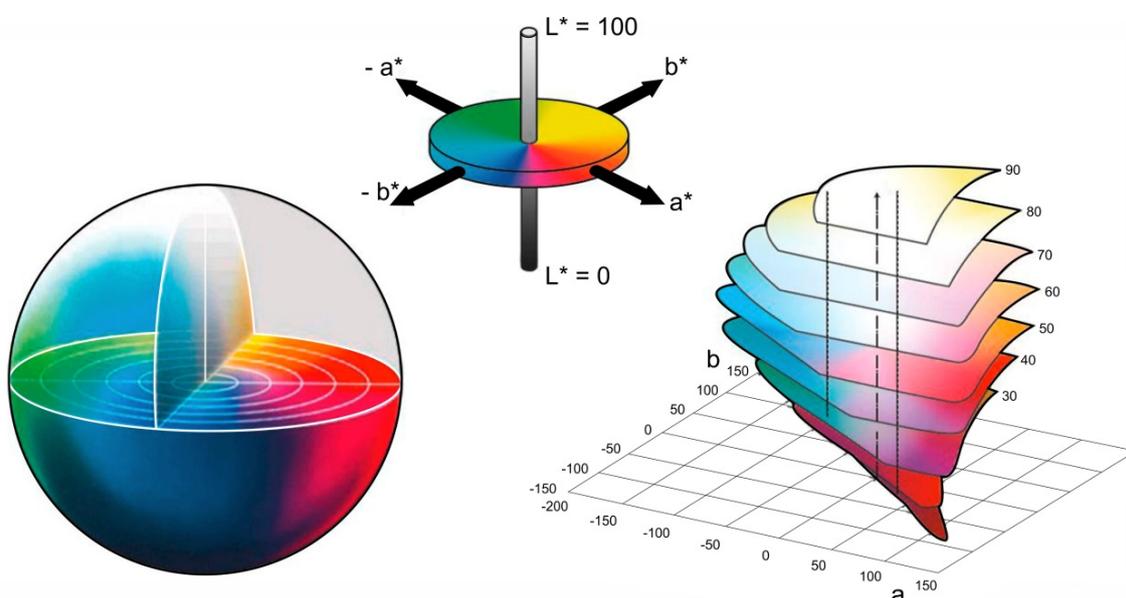
da kvantifikuje male vrednosti razlike boja i da se pruži jedinstvena praksa za merenje razlike boja, nešto što nije bilo moguće u hromatičnim prostorima (Sharma, 2003).

L^* , a^* i b^* koordinate moguće je izračunati iz standardnih CIEXYZ vrednosti, prema sledećim jednačinama:

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (5.4.)$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (5.5.)$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (5.6.)$$



Slika 5.6. Grafička prezentacija CIELAB prostora boja

CIE LCh prostor boja koristi isti dijagram kao i LAB prostor, no koristi cilindrične koordinate. Svetlina je ista kao u LAB prostoru boja, pa se razlika u svetlini računa po istoj formuli. Zasićenje i ton se mogu izračunati formulama:

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab,1} - C^*_{ab,2} = (a^{*2}_1 + b^{*2}_1)^{1/2} - (a^{*2}_2 + b^{*2}_2)^{1/2} \quad (5.7.)$$

$$\Delta H^*_{ab} = [(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2]^{1/2} \quad (5.8.)$$

Ukupna razlika boja (ΔE) prikazana na slici 5.7. definiše se kao euklidska razdaljina između koordinata za dva položaja boja u CIELAB prostoru boja. Razlika boja prema CIE 1976. (ΔE^*_{ab}) može se izračunati formulom (Sharma, 2003).

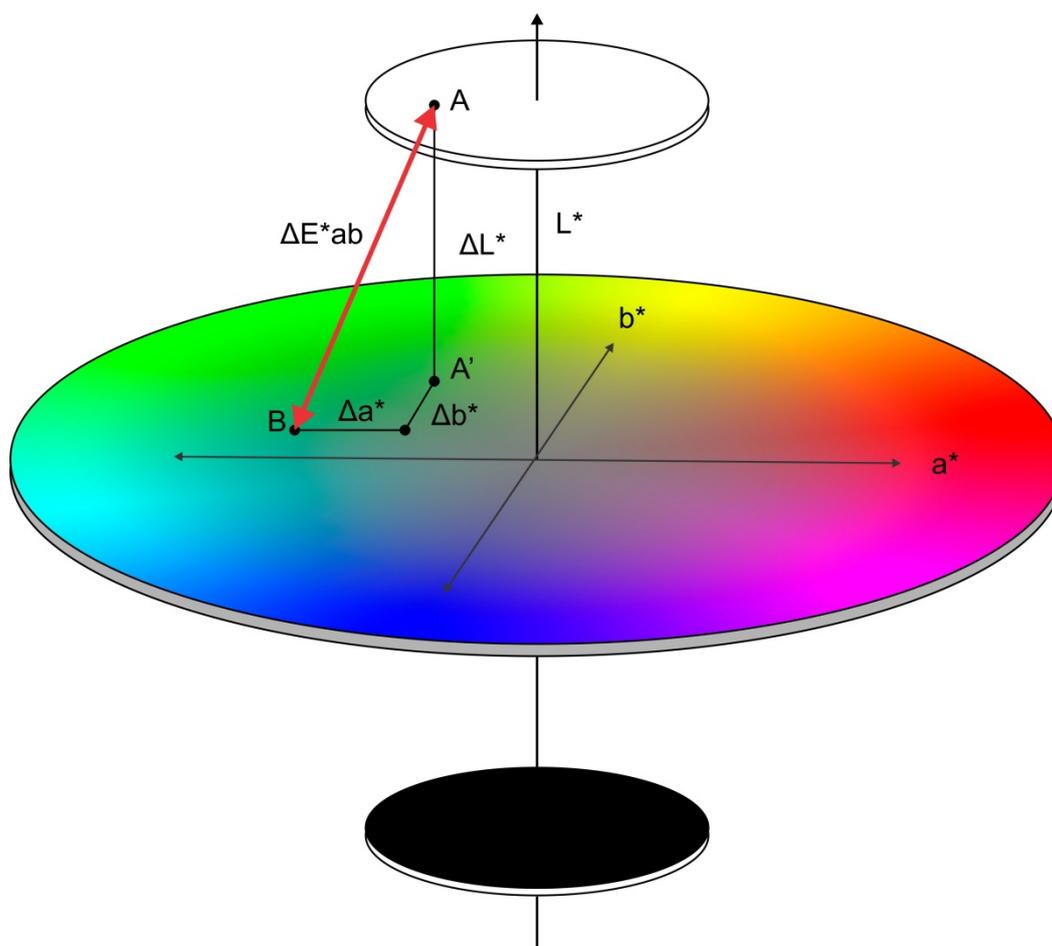
$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5.9.)$$

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$$

$$\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$$

L^*_1 , a^*_1 i b^*_1 su merene vrednosti boje koja se meri odstupanje, a L^*_2 , a^*_2 i b^*_2 su vrednosti referentne boje.



Slika 5.7. Razlika boja prikazana u CIELAB prostoru boja

Po istom principu, ukoliko je boja definisana CIE LCH modelom razlika boja se može izračunati formulom:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_{ab})^2 + (\Delta H^*_{ab})^2]^{1/2} \quad (5.10.)$$

Razlike boja se mogu jednostavno definisati prema kriterijumu vrednosti ΔE (Schläpfer, 2002):

- $\Delta E < 0,2$ razlika boja se ne vidi
- $\Delta E = (0,2 - 1)$ razlika boja se primećuje
- $\Delta E = (1 - 3)$ razlika boja se vidi
- $\Delta E = (3 - 6)$ razlika boja se dobro vidi
- $\Delta E > 6$ očigledna odstupanja boja.

Primećeno je da formule ΔE^*_{ab} nisu u korelaciji sa vizuelnim procenama te su dalje usavršavane. Predložena je nova formula koja prilagođava vrednosti svetline, zasićenja i tona uvrštavajući faktore K i S. Faktori k_L , k_C i k_H su parametarski faktori koji prilagođavaju relativne vrednosti svetline, zasićenja i tona, kod posmatrača koji je različit od definisanog od strane CIE komisije (CIE 116, 1995). Ako je posmatrač standardan onda je vrednost tih faktora 1. Faktori S_L , S_C i S_H su koeficijenti koji predstavljaju pozicione funkcije, čija je uloga da ispravljaju perceptualnu uniformnost CIELAB prostora boja.

Razlika boja prema CIE 1994. (ΔE^*_{94}) može se izračunati formulom (Berns, 2000):

$$\Delta E^*_{94} = \left[\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.11.)$$

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$$

$$\Delta C^*_{1} = (a^*_1 - a^*_2)^{1/2}$$

$$\Delta C^*_{2} = (b^*_1 - b^*_2)^{1/2}$$

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_1 - C^*_2$$

$$\Delta H^*_{ab} = [(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2]^{\frac{1}{2}} = [(\Delta a^*)^2 - (\Delta b^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$$

$$S_L = 1$$

$$S_C = 1 + K_1 C^*_1$$

$$S_H = 1 + K_2 C^*_1$$

$k_1 = 0,045$ za grafičku industriju, ili $0,048$ za tekstilnu industriju

$k_2 = 0,015$ za grafičku industriju, ili $0,014$ za tekstilnu industriju

Formula ΔE^*_{94} je doradana i nazvana CIE ΔE 2000. Nova formula, osim svetline, zasićenja i tona, uključuje različitosti između zasićenja i tona, zbog poboljšanja prikazivanja boja u plavom delu spektra, kao i faktor povećanja vrednosti a^* , koji utiče na poboljšanje sivih boja. Ukupna razlika boja prema ΔE^*_{00} , može se izračunati formulom (Luo i ostali, 2001, Kurečić, 2007):

$$\Delta E^*_{94} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \frac{\Delta C' \Delta H'}{S_C S_H} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.11.)$$

$$\Delta L' = L^*_2 - L^*_1$$

$$\bar{L} = \frac{L^*_1 + L^*_2}{2} \quad \bar{C} = \frac{C^*_1 + C^*_2}{2}$$

$$a'_1 = a_1 + \frac{a_1}{2} \left(1 - \left(\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \quad a'_2 = a_2 + \frac{a_2}{2} \left(1 - \left(\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7} \right) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{C}' = \frac{C'_1 + C'_2}{2} \quad \Delta C' = C'_1 - C'_2 \quad \text{gde su } C'_1 = (a'^2_1 + b'^2_1)^{\frac{1}{2}} \quad C'_2 = (a'^2_2 + b'^2_2)^{\frac{1}{2}}$$

$$h'_1 = \tan^{-1} \left(\frac{b'_1}{a'_1} \right) \text{ mod } 360^\circ, \quad h'_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b'_2}{a'_2} \right) \text{ mod } 360^\circ$$

$$\Delta h' = \begin{cases} h'_2 - h'_1 & |h'_1 - h'_2| \leq 180^\circ \\ h'_2 - h'_1 + 360^\circ & |h'_1 - h'_2| > 180^\circ, h'_2 \leq h'_1 \\ h'_2 - h'_1 - 360^\circ & |h'_1 - h'_2| > 180^\circ, h'_2 > h'_1 \end{cases}$$

$$\Delta H' = 2(C'_1 C'_2)^{\frac{1}{2}} \sin \left(\frac{\Delta h'}{2} \right), \quad \bar{H}' = \begin{cases} \left(\frac{h'_1 + h'_2 + 360^\circ}{2} \right) & |h'_1 - h'_2| > 180^\circ \\ \frac{h'_1 - h'_2}{2} & |h'_1 - h'_2| \leq 180^\circ \end{cases}$$

$$T = 1 + 0.17 \cos(\bar{H}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{H}') + 0.32 \cos(3\bar{H}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{H}' - 63^\circ)$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015(\bar{L} - 50)^2}{[20 + (\bar{L} - 50)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad S_C = 1 + 0.045\bar{C}' \quad S_H = 1 + 0.015\bar{C}' T$$

$$R_T = -2 \left(\frac{\bar{C}'^7}{\bar{C}'^7 + 25^7} \right)^{\frac{1}{2}} \sin \left[60^\circ \cdot \exp \left(- \left[\frac{\bar{H}' - 275^\circ}{25^\circ} \right]^2 \right) \right]$$

6.0. ZNAČAJ BOJE U DIZAJNU AMBALAŽNIH PROIZVODA

Boja je izuzetno važan element proizvoda, kojem se danas posvećuje posebna pažnja, ne samo da bi se poboljšao estetski izgled proizvoda, već da bi se korisniku skrenula pažnja na funkciju pojedinih elemenata, na opasnosti koje od njih prete, kao i da bi se izvršila zaštita proizvoda od štetnih spoljašnjih uticaja (Kuzmanović, 2008).

Boja može imati veoma značajnu ulogu u doživljaju ambalaže (Novaković i ostali, 2010):

- određivanje emotivne reakcije potrošača na ambalažu, a samim tim i na proizvod u celosti,
- usmeravanje pažnje potrošača na proizvod,
- uticaj na percepciju veličine proizvoda,
- objedinjavanje forme ambalaže.

Na izbor boje utiču mnogi faktori osim njenih estetskih kvaliteta i semantike. Kada je reč o ambalažnim proizvodima izbor boje zavisi od vrste ambalaže, osobina proizvoda koji se pakuje u ambalažu, materijala od kog je ambalaža načinjena, tehničko-tehnološkog procesa izrade ambalaže, itd. Boja ambalaže u mnogome utiče na proces odluke potrošača pri kupovini.

Izučavanje procesa donošenja odluke o kupovini proizvoda je analiza procesa koji se odvijaju pre i nakon odlučivanja potrošača između dva ili više alternativna proizvoda (Mowen, 1990). Prilikom kupovine potrošač je izložen mnoštvu informacija i poruka (Nancarrow, Wright i Brace, 1998), a ambalaža je često jedini način da dođe do informacija o proizvodu koji kupuje (Garber, Burkeand Jones, 2000). Boja je izuzetno dobar alat za inicijalno privlačenje pažnje potrošača, dok oblik ambalaže i specifične osobine proizvoda imaju ulogu tek u kasnijim fazama odlučivanja (Danger, 1987; Garber i ostali, 2000). Boja je jedan od primarnih uticajnih faktora pri odluci o kupovini (Clarke i Honeycutt, 2000). Ustanovljeno je da oko 60% odluka o kupovini zavisi od boje proizvoda, odnosno njegove ambalaže (Singh, 2006). Istovremeno suptilno i moćno oruđe u području grafičkog i industrijskog dizajna (Birren, 2006).

Psihološki uticaj boje, odnosno emocionalna komponenta boje vezana je za ljudski doživljaj boje na nivou instinkta (Samara, 2007). Izbor boje je važan proces u bilo kojoj oblasti dizajna, pa tako i u oblasti dizajna ambalažnih proizvoda. Boja koja će predstavljati proizvod koji je pakovan u ambalažu, u nekim slučajevima i dug niz godina, ima dalekosežne pozitivne ili negativne posledice na plasman proizvoda (Grossman i Wisenblit, 1999; Birren, 1997; Singh, 2006). Ustanovljeno je da boja ima veći značaj pri izboru skupljih

proizvoda nego pri kupovini svakodnevnih potrepština (Ogden i ostali, 2010; Akcay i ostali, 2011). Trendovi u korišćenju boja su pod uticajem kulturnih i socijalnih faktora, kao i mode i stila. Pravilan izbor boje ne samo da utiče na upadljivost proizvoda, već takođe služi za prenošenje informacije o proizvodu (Sable i Akcay, 2010; Xia, 2010).

Boja spada u grupu "tihih elemenata dizajna" (Eiseman, 2003) i kao takva vezuje se za brend. Budući da je raspoznavanje brendova veoma važan faktor na tržištu, proizvođači se trude da zaštitnom bojom ili paletom boja ukažu na različitost svog brenda (Gernsheimer 2008; Morton, 2010; Yang i ostali, 2010; Mydal, 2006). Neki od istraživača koji su se bavili bojom u dizajnu ambalaže za prehrambene proizvode istraživali su uticaj osnovnih boja na različite etničke grupe širom sveta. Tako da se svetlije boje bliske beloj doživljavaju kao delikatne i blage, dok se tamnije boje bliske crnoj doživljavaju kao intenzivnije i koncentrisanije, što se primenjuje na mnogim proizvodima, npr. kod čokolade i kafe gde je boja ambalaže definisana jačinom arome ili procentom kakaoa u proizvodu (Peterson i Cheryl, 2000). Sprovedena istraživanja na redizajniranim ambalažnim proizvodima pokazala su kako i suptilne promene boje ambalaže mogu napraviti velike razlike u plasmanu proizvoda (Rath, 2010).

Izbor boje ambalaže može biti zasnovan na osobinama proizvoda koji je pakovan ili na osnovu estetskih karakteristika. Istraživanja pokazuju da se većina proizvoda u prehrambenoj industriji bira na osnovu estetskih vrednosti ambalaže (Grossman i Wisenblit, 1999; Reimann i ostali 2010; Bender, 1981). Izvršena su istraživanja koja su dokazala da boja ambalaže utiče na stav potrošača prema proizvodu, variranjem boje ambalaže, dok su svi ostali elementi nepromenjeni (Garber i Hyatt, 2003).

Istraživanjem doživljaja boja od strane različitih demografskih grupa po godinama starosti, polu, etničkoj pripadnosti ukazuju na to da se boje ambalaže proizvoda ne doživljavaju na isti način. (Boyatzis i Varghese, 1994; Krishna, 1972; Choungourian, 1968). Mlađa populacija je spremnija da eksperimentiše sa proizvodima različitih boja. Primer crvene boje ukazuje i na vezivanje različitih semantičkih značenja za boje, tinejdžerski uzrast crvenu vezuju za ljubav i strast dok grupa starija od 55 godina vezuju za krv i strast, razlika između ljubavi i krvi je očigledna. Prema istraživanjima različite etničke grupe se razlikuju prema preferenciji boja (Silver, 1998; Crozier, 1996; Jemason, 2005, Aslam, 2006; Madden i ostali, 2000). Istraživanjima su utvrđene razlike i na nivou nijansi jedne boje, uočene su razlike u preferenciji nijansi plave boje između belaca, crnaca i španske populacije u USA (Akcay i ostali, 2012; Paul, 2002).

Preferencija boje se uči i menja tokom vremena (Adams i Osgood, 1973; Hupka, i ostali, 1997), geografska lokacija, urbani ili ruralni uslovi takođe su uticajni faktori (Wagner, 1988).

EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperimentalni deo rada obuhvata karakterizaciju uređaja i okruženja za izvođenje eksperimenta, prikaz metodologije i rezultata dobijenih eksperimentom.

7.0. CILJ I NAČIN IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Kako bi se ostvario tržišni uspeh proizvoda neophodno je iskoristiti pun potencijal ambalaže u domenu komunikacije sa potrošačem. U cilju ostvarenja potencijala ambalaže dizajnirane s ciljem što bolje prezentacije proizvoda koji je u nju pakovan, osim kontrole procesa proizvodnje neophodno je kontrolisati parametre koji utiču na ostvareni utisak ambalaže kod potrošača na samom mestu prezentacije proizvoda potrošaču. Imajući na umu da je boja jedan od najznačajnijih elemenata pri dizajnu ambalaže zbog svog semantičkog značaja i činjenice da je boja prva koja okupira pažnju potrošača jasna je potreba za ispitivanjem uticajnih faktora na percepciju boje. Karakterizacija uticajnih faktora i kvantifikacija značaja pojedinačnih uticajnih faktora daje doprinos kontroli celokupnog životnog ciklusa ambalažnog proizvoda.

Eksperimentalni deo istraživanja ima za cilj da ispita i okarakteriše uticajne faktore na percepciju boje ambalažnih proizvoda dobijenih procesom štampe i bojenja. Percepcija boje određenog objekta zavisi od osobina svetlosti kojom je objekat osvetljen, geometrijskog oblika i osobina materijala od kojeg je objekat načinjen, kao i posmatrača sa svim osobinama vizuelnog sistema i ostalim individualnim varijacijama percepcije boje. Navedeni faktori se mogu podeliti u grupu konstantnih i promenljivih.

Konstantni faktori se ne menjaju značajno tokom vremena, ali mogu se razlikovati od proizvoda do proizvoda i predstavljaju osobine materijala koji može biti štampan ili bojen (sirovinski sastav, površinska struktura i sl.), boja materijala, način obojavanja i štampanja, oblik objekta koji je izrađen od tog materijala ili presvučen njime, način izrade, odnosno površinsko tretiranje materijala. Navedeni faktori imaju veliki uticaj na percepciju boje ambalažnog proizvoda jer prvenstveno zavise od namene ambalaže koja mora zadovoljiti opšte funkcije, a te funkcije ne zavise od vrste proizvoda koji je pakovan. Konstantni faktori su klasifikovani i utvrđene su njihove osobine kao i njihov uticaj na percepciju boje proizvoda. Izbor i klasifikacija konstantnih faktora su izvedeni tako da predstavljaju što veći broj grupa proizvoda.

Percepcija boje ambalažnog proizvoda podložna je uticajima promenljivih faktora, koji se menjaju u kratkom vremenskom periodu, poput vrste osvetljenja (dnevno svetlo, inkadescentni i fluorescentni izvori svetla ili njihova

kombinacija), intenzitet svetlosnog izvora, ugao osvetljavanja objekta, udaljenost objekta od posmatrača, osobine okruženja posmatranog objekta. Ispitivane su varijacije parametra promenjivih faktora u cilju dobijanja što preciznijih podataka o njihovom uticaju i karakterizaciji značaja uticaja promene svakog od parametara na percepciju boje.

U cilju karakterizacije uticajnih faktora neophodno je izvršiti instrumentalna merenja kako bi se utvrdile osobine izvora svetla i osobine objekta koji se posmatra. Međutim doživljaj boje izazvan kod pojedinca nije moguće meriti instrumentalnim putem. Najdalje u tom pravcu su došla istraživanja koja se bave istraživanjem boje i uključuju fMRI metode koje direktno mere moždane aktivnosti, koje su reakcija na boju. Takva istraživanja daju uvid u aktiviranje određenog dela mozga, a ne uvid u samu percepciju. Metodologija kojom je moguće dobiti uvid u percepciju boje podrazumeva da ispitanik daje povratnu informaciju o doživljenoj boji upoređivanjem posmatrane boje sa ponuđenim definisanim bojama. Moguće je koristiti karte boja ili boju prikazanu na monitoru računara čije karakteristike ispitanik sam može kontrolisati. Budući da je tema ove disertacije karakterizacija uticajnih faktora na percepciju boje štampanih i bojanih ambalažnih proizvoda, izabrani su adekvatni materijali i oblici koji mogu predstavljati široku grupu ambalažnih proizvoda; osvetljenje koje se najčešće sreće pri prezentaciji proizvoda pakovanih u ambalažu; kao i ispitanici za koje je utvrđeno da imaju korektne funkcije vizuelnog sistema.

7.1. Plan izvođenja eksperimenta

Prvi deo – priprema eksperimenta

- Priprema stimulusa obuhvata izbor, nabavku, pripremu i štampanje materijala koji će biti korišćeni za izradu stimulusa. Izradu stimulusa presvlačenjem geometrijskih oblika karakterističnim materijalima.
- Priprema instrumenata i laboratorijske opreme obuhvata izbor adekvatnih instrumenata za merenje osobina izvora svetlosti, osobina materijala itd. Osim izbora i nabavke neophodnih instrumenata ova faza obuhvata i samostalnu izradu specifičnih pomagala za izvođenje eksperimenta i postavku konstantnih laboratorijskih uslova.
- Izrada posebnog softvera koji omogućuje utvrđivanje doživljene boje od strane ispitanika izborom bilo koje boje RGB opsega.

Drugi deo – Utvrđivanje osobina karakteristika stimulusa

- Utvrđivanje osobina izvora svetla pri svim varijacijama koje će biti korišćene u eksperimentu: temperature svetlosti, intenziteta svetlosti.
- Utvrđivanje geometrijskih osobina izvora svetlosti: ugao i udaljenost osvetljenja u odnosu na osvetljeni objekat.
- Utvrđivanje osobina materijala: boja materijala pod standardnim osvetljenjem, hrapavost površine, sjaj površine i specifične karakteristike zavisne od materijala (tekstil, papir, plastika).
- Utvrđivanje boje materijala u eksperimentalnim uslovima, odnosno merenje reflektovane svetlosti o površinu stimulusa koja dolazi do oka posmatrača.

Treći deo – Izvođenje eksperimenta s ispitanicima i obrada rezultata

- Izbor ispitanika prema postavljenim kriterijumima.
- Izvođenje eksperimenta s ispitanicima.
- Sakupljanje i obrada rezultata statističkim metodama.
- Tumačenje i diskusija rezultata dobijenih eksperimentom.

8.0. UREĐAJI, METODE I MATERIJALI

Poglavlja koja slede nude pregled uređaja i metoda koji su korišćeni pri izradi i utvrđivanju karakteristika materijala korišćenih u eksperimentima.

8.1. Uređaji i softverski alati

Tekstilni materijali su štampani korišćenjem grafičkog sistema za štampu Mimaki JV22 - 160 prikazanog na slici 8.1. Osnovne karakteristike štamparskog sistema date su u tabeli 8.1.



Slika 8.1. Grafički sistem za štampu Mimaki JV 22 – 160

Tabela 8.1. Tehnička specifikacija štamparskog sistema Mimaki JV 22 – 160

Mimaki JV22 - 160		
Glava za štampanje	Metod	Piezo električni kap po zahtevu ink jet
	Specifikacija	4 glave za štampanje poredane u liniju
	Mlaznice	360 mlaznica po boji (četiri boje)/ 180 mlaznica po boji (šest boja)
	Rezolucija	360, 540, 720 i 1440 dpi
Širina podloge	Maksimum	1620 mm
	Minimum	210 mm
Debljina podloge	do 1,0 mm	

Podloge koje je moguće štampati:

- Sjajne materijale: PET sjajni materijali, Fotografski papir, Sjajni PVC, itd.
- Mat materijale: Mat PVC, Tarpaulin, Različiti mat filmovi
- Tekstil: Slabo zapaljivi tekstili
- Ostalo: Artwork filmove, Kanvas platna, Vodootporne oleofilne filmove...

Papirni materijali štampani su pomoću grafičkog sistema za štampu Xerox DocuColor 252 prikazanog na slici 8.2. Tehničke karakteristike uređaja su prikazane u tabeli 8.2.



Slika 8.2. Grafički sistem za štampu Xerox DocuColor 252

Tabela 8.2. Specifikacija štamparskog sistema Xerox DocuColor 252

Xerox DocuColor 252	
Rezolucija štampe	2400 x 2400 dpi
Maksimalan format	330 x 483 mm
Štampa papira	do 300 g/m ²
Kapacitet	Normalan: 3260 Maksimalni: 5260
Brzina štampe	Crno belo: 65 str/min U boji: 50 str/min

Ispitanici su doživljenu boju objekta podešavali na monitoru Eizo ColorEdge CG241W. Ovaj monitor daje precizan i tačan prikaz boje, što je omogućeno hardverskom kalibracijom. Monitor je kalibrisan uz pomoć softvera ColorNavigator 6. Podešavanja: svetlina 100 cd/m² (izmereno 99,8 cd/m², na crnoj 0,08 cd/m²), temperatura 6500 K (izmereno 6505 K), gamut R:(0,6538, 0, 3274), G:(0,2095, 0,6857), B:(0,1462, 0,0838). Na slici 8.3. je prikazan monitor, a njegove karakteristike su date u tabeli 8.3.



Slika 3. Monitor Eizo ColorEdge CG241W

Tabela 8.3. Tehnička specifikacija monitora Eizo ColorEdge CG241W

Eizo ColorEdge CG241W	
Tip	VA
Dijagonala	61 cm
Osnovna rezolucija	1920 x 1200 (16:10 odnos)
Dimenzije ekrana (H x V)	518.4 x 324 mm
Veličina piksela	0.270 x 0.270 mm
Tonovi sive	256 tonova
Prikaz boja	16.77 miliona
Uglovi vidljivosti (H / V)	178°, 178°
Svetlina (tipična)	300 cd/m ²
Preporučena svetlina za kalibraciju	120 cd/m ² ili manje
Kontrast (tipičan)	850:1
Odziv (tipičan)	6 ms (siva do sive)

Pokrivenost gamuta (tipično)	Adobe RGB: 96%, NTSC:92%, sRGB/Rec.709: 98%, EBU 98%, SMPTE-C:100%, DCI:87%
Ulazi	DVI-I 29 pin x 2 (HDCP)
Digitalna Frekvencija (H / V)	26 - 78 kHz, 47.5 - 63 Hz (VGA Text: 69 - 71 Hz)
Analogna frekvencija (H / V)	24 - 94 kHz, 47.5 - 86 Hz
Stabilizacija svetline	da
Temperatura prostorije	0 - 35 °C
Relativna vlažnost	30 - 80 %
Sertifikati i standardi	Fogra Monitor PreCert Class B, CUDO certified mark, TCO'03, TUV/Ergonomics (including ISO9241-307 [Pixel fault class I]), TUV/GS, c-Tick, CE, CB, cTUVus, FCC-B, Canadian ICES-003-B, TUV/S, VCCI-B, RoHS, WEEE, CCC

Merenje površinske hrapavosti materijala je izvedeno uređajem TR 200 proizvođača Time Group, prikazanog na slici 4. Uređaj TR 200 je kontaktni profilometar sa mogućnošću proračunavanja ISO parametara hrapavosti. Profilometar je moguće koristiti na svim čvrstim podlogama koje se koriste u štampi. Softver Time Surf koji prati uređaj TR 200 ima mogućnost generisanja grafičkog prikaza profila hrapavosti merene površine. Tehničke karakteristike ovog uređaja prikazane se u tabeli 8.4.



Slika 8.4. TR 200 uređaj za merenje hrapavosti

Tabela 8.4. Tehničke karakteristike uređaja TR 200

TimeGroup TR 200	
Parametri hrapavosti	Ra, Rz, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rm, R3z, S, Sm, Sk, Tp, Pc
Profil	Nefiltrirani osnovni podaci (P-profil) Profil hrapavosti (R-profil) Kriva (Tp-kriva)
Standardi	ISO, DIN, JIS, ANSI (izbor)
Klasa tačnosti	Klasa 2 , DIN 4772
Jedinice za merenje	μm
Rezolucija merenja	0.001 μm
Izlazni interfejs	RS232, direktno povezivanje sa štampačem TA-220 ili PC
Opseg merenja	Ra, Rq: 0.01 μm do 40 μm Rz, Rp, Rt, R3z: 0.02 μm do 160 μm Sm, S: 2 μm do 4000 μm Tp: 1 % do 100 % (% Ry)
Dužina odsecanja	0.25 mm, 0.8 mm ili 2,5 mm, promenljivo
Digitalni filter	RC, PC-RC, Gauss, D-P
Senzor/princip merenja	Standardna verzija TS -100, induktivni, dijamantski tip

Za merenje sjaja korišćen je uređaj GlossMaster firme Quality Imaging Products koji omogućava merenje sjaja otisaka pod uglovima od 20°, 60° i 85°. Ovaj uređaj je prikazan na slici 8.5. U tabeli 5. prikazane su karakteristike ovog uređaja.



Slika 8.5. GlossMaster uređaj za merenje sjaja

Tabela 8.5. Tehničke karakteristike uređaja GlossMaster

<i>GlossMaster</i>	
<i>Uglovi merenja</i>	<i>20°, 60°, 85°</i>
<i>Standardi</i>	<i>Prema ISO 2813, ASTM D 523, DIN 67 530</i>
<i>Izvor svetlosti</i>	<i>Volframova lampa</i>
<i>Detektor</i>	<i>Fotodioda</i>
<i>Merne veličine</i>	<i>20° 0.39" x 0.42" (10.0 x 10.6 mm) 60° 0.39" x 0.79" (10.0 x 20.0 mm) 85° 0.39" x 1.58" (10.0 x 40.1 mm)</i>
<i>Displej</i>	<i>2 linije 16 karaktera matrične, digitalni displej sa tečnim kristalima</i>
<i>Komunikacija</i>	<i>U skladu sa RS-232C</i>
<i>Podaci memorije</i>	<i>400 podataka</i>
<i>Temperaturni opseg</i>	<i>41°F~104°F, 5°C~40°C (bez kondenzacije)</i>
<i>Dimenzije</i>	<i>5.9"(W) x 3.2"(H) x 2.0"(D) 150mm(W) x 81mm(H) x 51.7mm(D)</i>
<i>Masa</i>	<i>420g</i>
<i>Kalibracija</i>	<i>Kalibracija korišćenjem sjajne referentne ploče</i>

Za merenje vrednosti svetline i boje površine objekta pod realnim svetlosnim uslovima definisanih eksperimentom korišćen je uređaj KonicaMinolta CS-200. Ovaj uređaj omogućuje merenje vrednosti boje na rastojanju od objekta, čija boja površine se meri. Ovako je moguće utvrditi koja je boja svetlosti koja dolazi do oka posmatrača, odnosno koje talasne dužine svetlosti su reflektovane o površinu objekta i dolaze do oka posmatrača. Uređaj je takođe korišćen za merenje prikazane boje na monitoru nakon izbora boje od strane ispitanika. Softver CS-S10w koji prati uređaj CS-S10w je prvenstveno namenjen za sakupljanje podataka i upravljanje uređajem. Uređaj KonicaMinolta CS-200 je prikazan na slici 8.6. Tehničke karakteristike uređaja KonicaMinolta CS-200 su date u tabeli 8.6. Za potrebe eksperimenta korišćen je ugao merenja 1° u trajanju 12 sekundi po merenju kako bi se dobili tačni podaci o boji delova objekata koji su u senci, odnosno reflektuju manje svetlosti.



Slika 8.6. KonicaMinolta CS-200 uređaj za merenje vrednosti boje

Tabela 8.6. Tehničke karakteristike uređaja KonicaMinolta CS-200

Raspon merenja	0.01 - 200,000 cd/m ² (Ugao merenja 1°) 0.01 - 5,000,000 cd/m ² (Ugao merenja 0.2°) 0.01 - 20,000,000 cd/m ² (Ugao merenja 0.1°)
Tačnost (Ugao merenja 1°) #1 (Temperatura: 23°C±2°C, Relativna vlažnost: 65% max.)	150 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±2 % ±1digit ; xy ±0.002 0.01-0.5 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.02cd/m ² ±1digit ; 0.5-1 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.02 cd/m ² ±1digit ; xy ±0.007 1-10 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±2 % ±1digit ; xy ±0.004 10-200,000 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±2 % ±1digit ; xy ±0.003 5000 cd/m ² (za osvetljenje A) : filter boje (R, G, B) ; xy ±0.006
Ponovljivost merenja (Ugao merenja 1°) #2	0.01-1 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.01 cd/m ² ±1digit ; (2s/AUTO) 1-2 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.5 % ±1digit ; xy 0.002 (2s/AUTO) 2-4 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.5 % ±1digit ; xy 0.001 (2s/AUTO) 4-8 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.5 % ±1digit ; xy 0.0005 (2s/AUTO) 8-200,000 cd/m ² (za osvetljenje A) : Lv ±0.1% ±1digit ; xy 0.0004 (2s/AUTO)
Vreme merenja	Automatsko podešavanje od 1 s do 60 s (AUTO); Automatsko podešavanje 1 s ili 3s (LTD. AUTO) 0.5 s / mer. (Super-FAST) 1 s / meas.(FAST) 3 s / meas. (SLOW) 12 s / meas. (Super-SLOW)
Metod merenja	Spektralna metoda, Grating + linear photo diode array
Uglovi merenja	1°, 0.2°, 0.1°(Promenjivo)
Minimalna površina merenja (prečnik)	0.5mm 0.1 mm (s objektivom)
Minimalna udaljenost od objekta	296 mm (Rastojanje između objektiva i površine objekta)

Standardni posmatrač	2/10 °
Prostori boja	Lv x y, Lv u' v', Lv TΔuv, XYZ, dominantna talasna dužina
Povezivanje	USB 1.1
Dimenzije uređaja	95 mm (Š) × 127 mm (V) × 330 mm (D)
Masa uređaja	1.8 kg (bez baterije)
Radna temperatura i relativna vlažnost	0°C to 40°C, relativna vlažnost 85% ili manje (na 35°C) bez kondenzacije

Vrednosti reflektovane svetlosti, odnosno boje uzoraka pod standardnim osvetljenjem utvrđene su korišćenjem spektrofotometra HP 200, prikazanog na slici 7. Korišćeno je osvetljenje D65 i D50 sa standardnim uglom posmatranja od 10° (merna geometrija d/8). Tehničke karakteristike ovog uređaja su date u tabeli 8.7.



Slika 8.7. Merni uređaj Spektrofotometar HP 200

Tabela 8.7. Tehničke karakteristike spektrofotometra HP 200

HP 200	
Merna geometrija	d/8 difuzno osvetljenje i 8°
Osvetljenje / Standardni posmatrač	D65, D50, F11 / 10°
Prikaz	L, a, b, ΔL, Δa, Δb and ΔE/ L, c, h
Test Caliber	ø8 mm

Karakterizacija svetlosnih uslova u komori prilikom eksperimenata, ambijentalno svetlo i emisija svetlosnog izvora mereni su spektrometrom X-rite i1 pro. Boje prikazane na monitoru nakon izbora od strane posmatrača utvrđene su takođe uređajem X-rite i1 pro prikazanim na slici 8.8. Korišćen je softver BabelColor Patch Tool. Tehničke karakteristike spektrometra X-rite i1 pro su prikazane u tabeli 8.8.



Slika 8.8. Merni uređaj spektrometar X-rite i1 pro

Tabela 8.8. Tehničke karakteristike spektrometra X-rite i1 pro

Vrste merenja	Merenje reflektanse pojedinačno Merenje reflektanse automatsko Merenje zračenja monitora Merenje zračenja izvora svetla
Analiza spektra	Holografska difrakcija sa rasporedom dioda 128 pixela
Optička rezolucija	10 nm
Interval fizičkog uzorkovanja	3.5 nm, Raspon: 380...730 nm u koracima od 10 nm
Apertura	4.5 mm prečnik
Povezivanje	USB 1.1
Dimenzije	Dužina 151 mm, širina 66 mm, visina 67 mm
Masa	185 g
Merna geometrija	45°/0°, DIN 5033
Svetlosni izvor	Type A
Fizički filteri	Sa ili bez UV filtera

Ponovljivost rezultata	DE*94 \leq 0.1 (D50,2°), sa merenjem 10 vrednosti CIELab svake 3 sekunde na beloj podlozi x,y: +/- 0.002 typical (CRT 5000°K, 80 cd/m ²)
Format podataka	Spektralno zračenje (mW/nm/m ² /sr); Osvetljenje Y (cd/m ²)

Kako bi se omogućio bolji uvid u karakteristike površine napravljene su mikroskopski snimci površine materijala. Za snimanje površine materijala je korišćen digitalni mikroskop Sibress PIT uz prateći softver Sibress PIT. Na slici 8.9. prikazan je uređaj Sibress PIT, a tehničke karakteristike prikazane su u tabeli 8.9.



Slika 8.9. Digitalni mikroskop Sibress PIT

Tabela 8.9. Tehničke karakteristike digitalnog mikroskopa Sibress PIT

Senzor	1/3" CMOS
Veličina slike	640x480 pix
Povezivanje	USB port
Svetlosni izvor	Belo LED osvetljenje velikog intenziteta
Polje snimanja	Na uveličanju 40x 7,5 mm x10 mm Na uveličanju 140x 1,8 mm x2,5 mm
Rezolucija	4 μ m na uveličanju 140X

Simulacija različitih svetlosnih uslova je izvršena pomoću kabine Agile Radiant Colour Viewing Cabinet CVC52E koja omogućuje izbor pet vrsta osvetljenja ili njihovu kombinaciju. Na slici 8.10. je prikazana komora Agile Radiant.



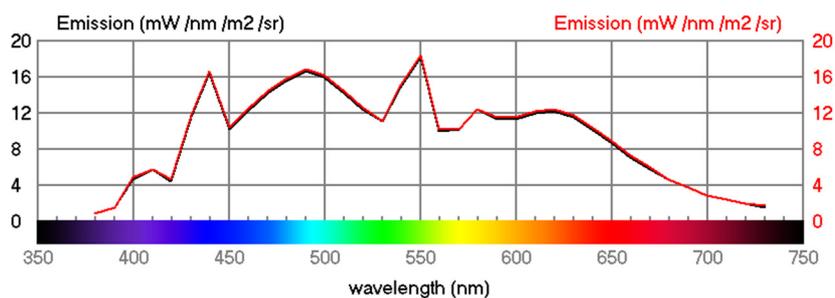
Slika 8.10. Kabina Agile Radiant CVC52E

Moguća osvetljenja su :

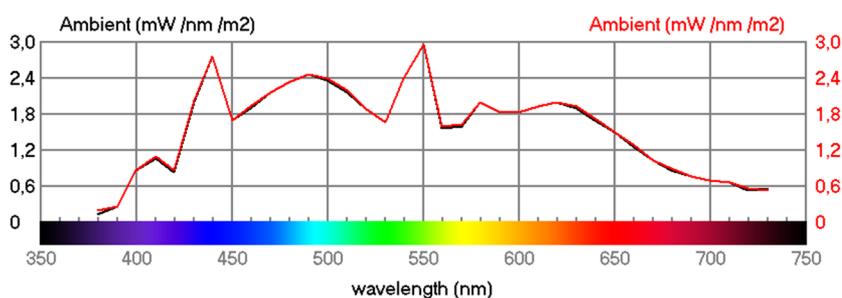
- **Veštačko dnevno svetlo D65** – fluorescentni izvor svetla temperature 6500 K prema standardu DIN Norm 6169, ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998, rendering index Ra98.
- **Veštačko dnevno svetlo D50** - fluorescentni izvor svetla temperature 5000 K prema standardu DIN Norm 6169, ISO 10526:1999/CIE S005/E-1998.
- **Svetlo u prodavnicama TL84** - fluorescentni izvor svetla temperature 4100 K. Ovaj izvor svetlosti je uglavnom prisutan u prodavnicama.
- **Sijalica za užarenim vlaknom** - inkadescentni izvor svetla temperature 2700 K, takođe poznat i kao A osvetljenje
- **UV svetlo** – prvenstveno namenjeno za zaštitne elemente.

Uređajem X-rite i1 su izmerene realne vrednosti osobina emisije svetlosnog izvora i ambijentalnog osvetljenja u komori.

Veštačko dnevno svetlo D65 - Emisija svetlosti izvora: Luminacija: 913 cd/m², boja Lab: 230,3/-59,94/-175,1 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.11. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 145 lux, temperatura 6144 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.12.

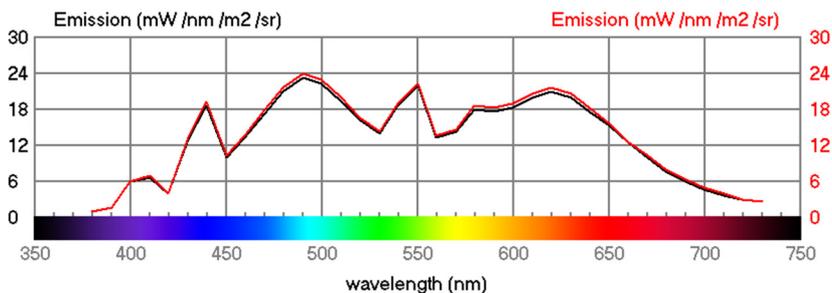


Slika 8.11. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za D65

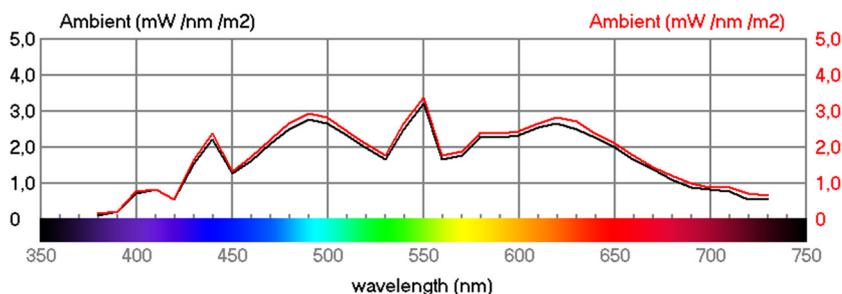


Slika 8.12. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za D65

Veštačko dnevno svetlo D50 - Emisija svetlosti izvora: Luminacija: 1275 cd/m², boja Lab: 259,2/-47,95/-155,1 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.13. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenje 163 lux, temperatura 4844 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.14.

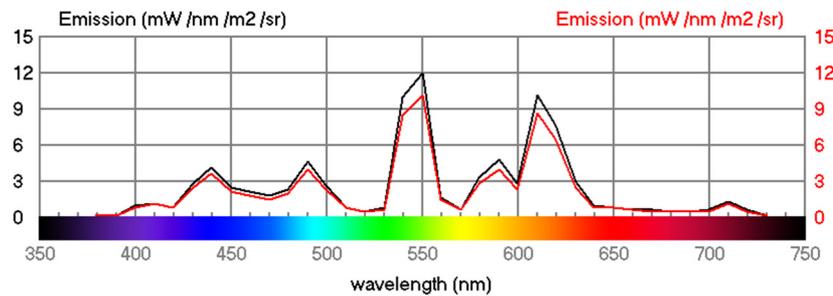


Slika 8.13. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za D50

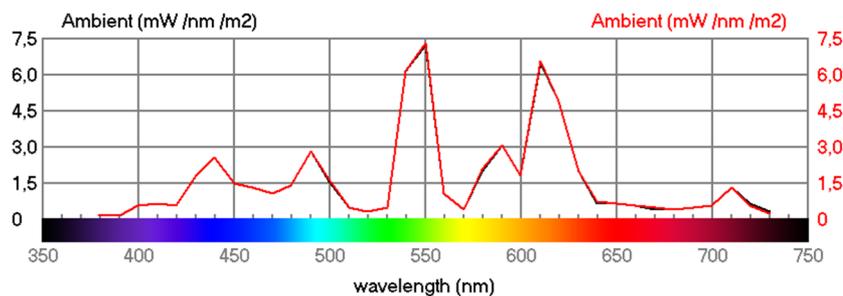


Slika 8.14. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za D50

Svetlo u prodavnicama TL84 - Emisija svetlosti izvora: Luminacija: 304 cd/m², boja Lab: 154,6/-25,27/-56 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.15. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 190 lux, temperatura 4033 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.16.

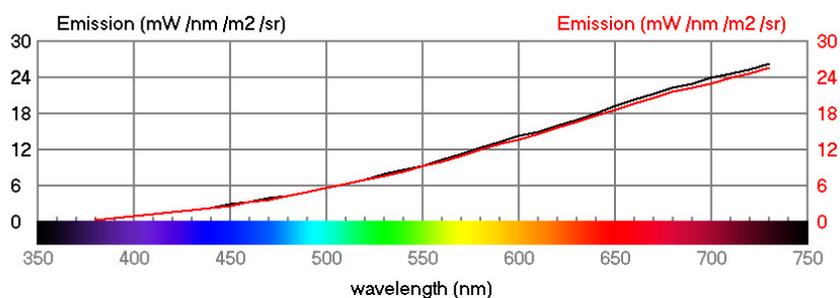


Slika 8.15. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za TL84

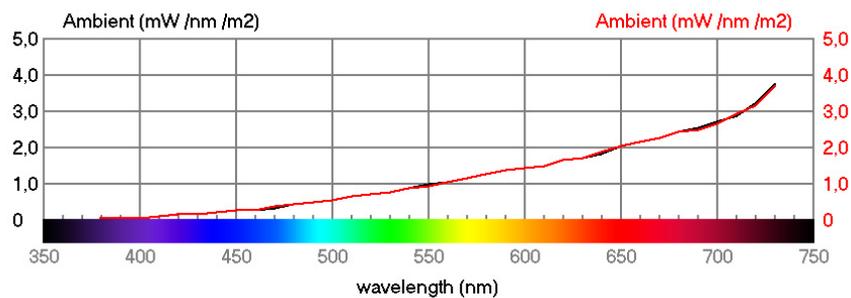


Slika 8.16. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za TL84

Sijalica za užarenim vlaknom (dve sijalice) - Emisija svetlosti izvora: Luminacija: 744 cd/m², boja Lab: 100/28,08/66,20 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.17. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 77 lux, temperatura 2543 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.18.

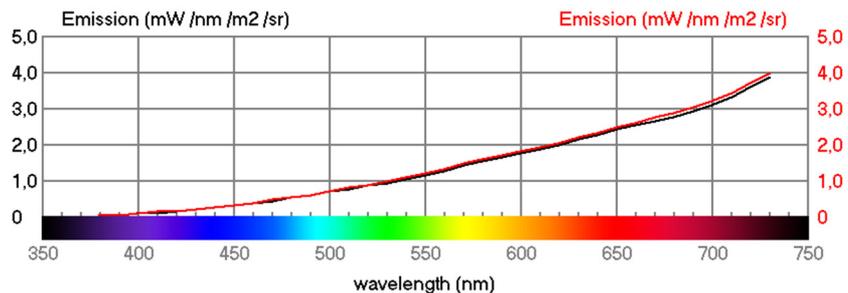


Slika 8.17. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom (dve sijalice)

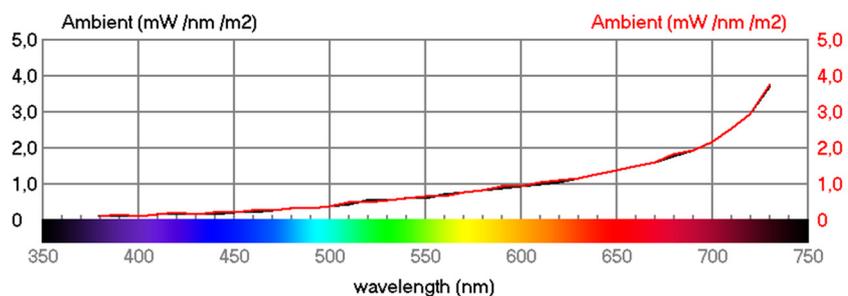


Slika 8.18. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom (dve sijalice)

Za ispitivanje percepcije boje na prostornim oblicima korišćena je jedna sijalica za užarenim vlaknom postavljena s desne strane stimulusa. Emisija svetlosti izvora: Luminacija: 740 cd/m², boja Lab: 100/38,51/64,01 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.19. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 52 lux, temperatura 2509 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.20.

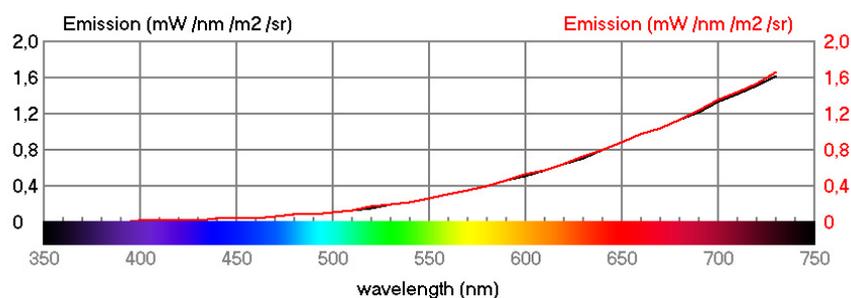


Slika 8.19 Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom (jedna sijalica)

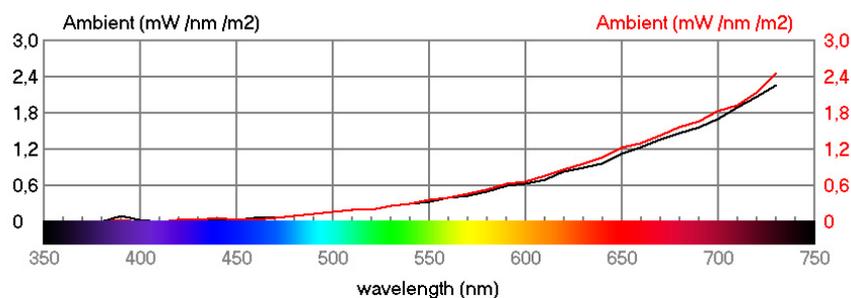


Slika 8.20 Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom (jedna sijalica)

Ispitivanje uticaja promene intenziteta svetlosti na percepciju boje izvedeno je variranjem napona struje kojom se napaja izvor sveta u cilju promene intenziteta svetlosti. Korišćen je inkadescentni izvor svetla jer je jedino taj izvor moguće direktno kontrolisati promenom napona. Primenjena su tri nivoa intenziteta osvetljenja. Karakteristike najnižeg nivoa intenziteta osvetljenja: Luminacija: 24 cd/m², boja Lab: 57,23/31,96/57,87 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.21. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 31 lux, temperatura 2203 K, diagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.22.

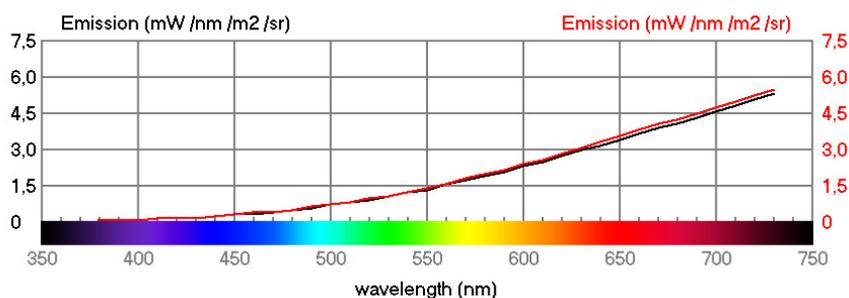


Slika 8.21. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom

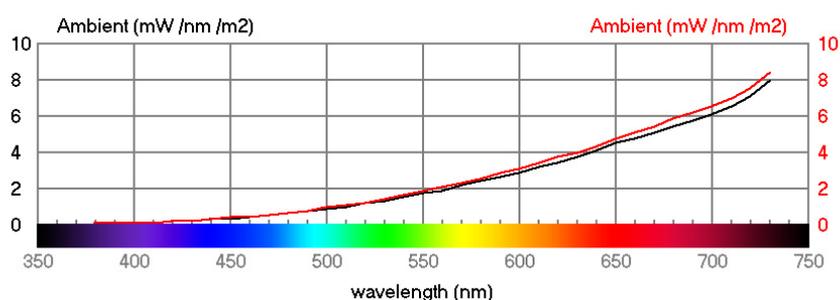


Slika 8.22. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom

Karakteristike srednjeg nivoa intenziteta osvetljenja: Luminacija: 317 cd/m², boja Lab: 86,06/38,52/77,74 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.23. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 47 lux, temperatura 2336 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.24.

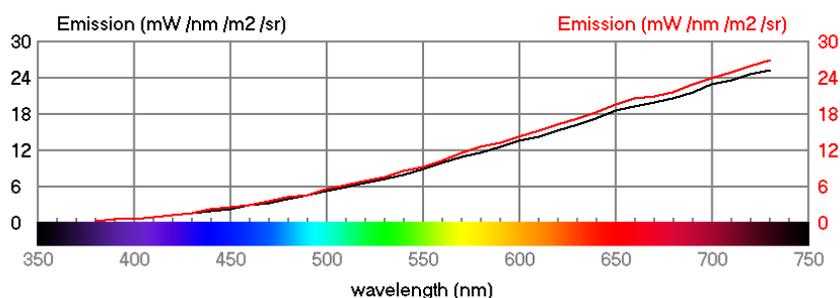


Slika 8.23. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom

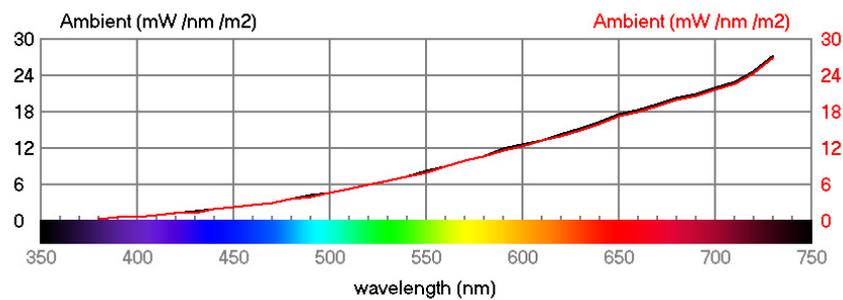


Slika 8.24. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom

Karakteristike najvišeg nivoa intenziteta osvetljenja: Luminacija: 728 cd/m^2 , boja Lab: 100/29,40/63,78 dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini svetlosti je dat na slici 8.25. Ambijentalno osvetljenje, rasvetljenost 80 lux, temperatura 2552 K, dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti je prikazan na slici 8.26.

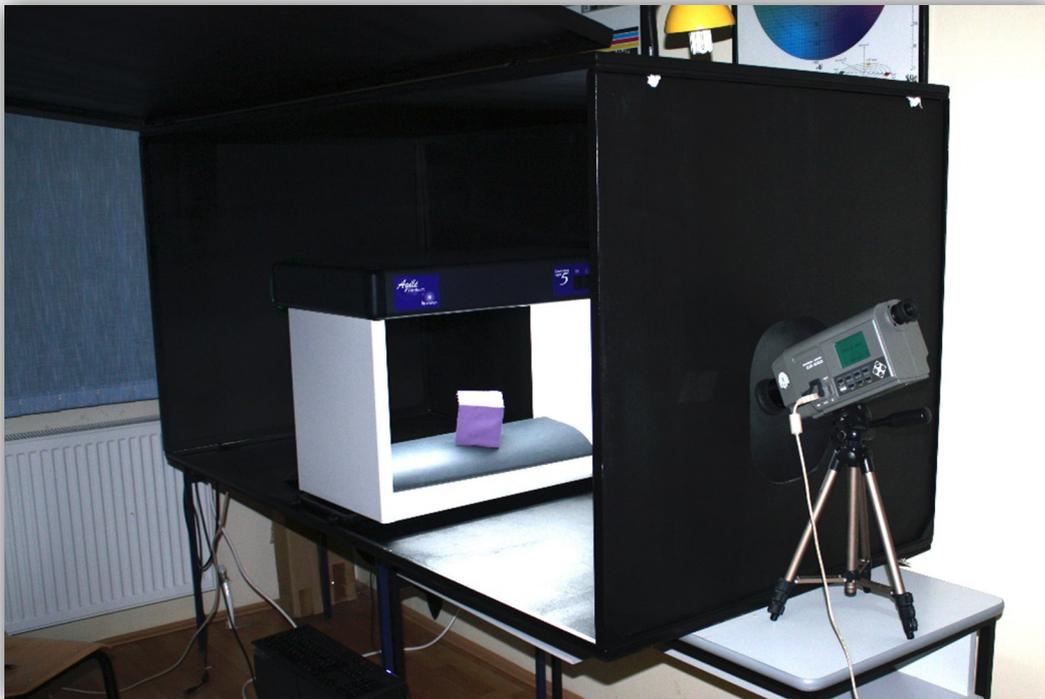


Slika 8.25. Dijagram distribucije jačine osvetljenja prema talasnoj dužini za sijalicu sa užarenim vlaknom



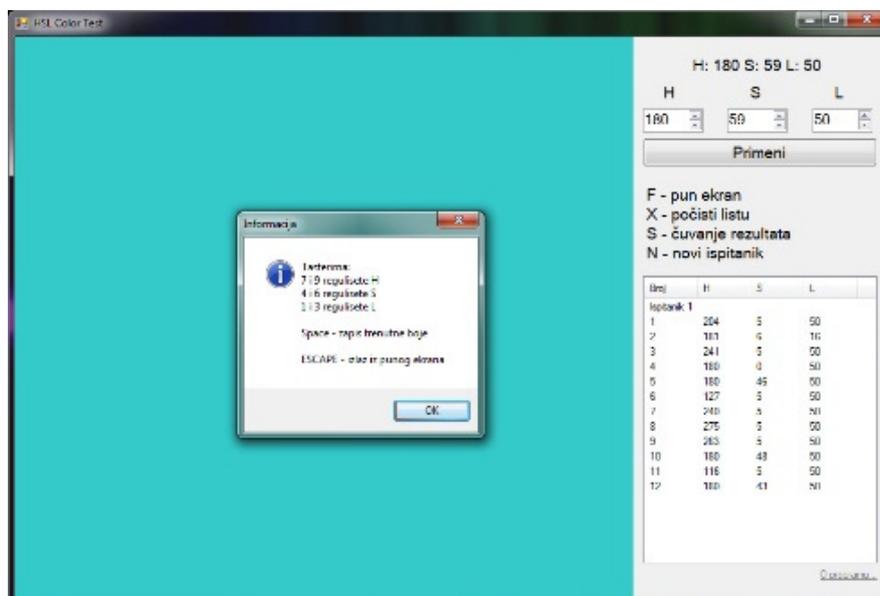
Slika 8.26. Dijagram distribucije rasvetljenosti prema talasnoj dužini svetlosti za sijalicu sa užarenim vlaknom

Za potrebe izvođenja eksperimenta neophodno je obezbediti strogo kontrolisane uslove osvetljenja. Kako bi se sredina u kojoj je izvođen eksperiment izolovala od uticaja nekontrolisanih izvora svetla konstruisana je svetlosna komora. Reflektivnost zidova komore je 3%. Komora je imala zadatak da omogući ispitaniku da posmatra u kabini Agile Radiant objekat pod kontrolisanim uglom, udaljenosti i karakteristikama svetla. Uz to je omogućeno posmatranje prikazane boje na monitoru koju je ispitanik podešavao samostalno. Konstrukcija komore je prikazana na slici 8.27.



Slika 8.27. Svetlosna komora

Za potrebe kontrole boje prikazane na monitoru i evidentiranja izabranih boja razvijena je specijalizovana aplikacija, nazvana HSL Color test. Aplikacija je osmišljena tako da se sastoji iz dva dela. Prvi deo ima zadatak da omogući ispitaniku kontrolu HSL parametara boje putem numeričkog dela tastature. Tasteri 7-9 omogućuju smanjivanje i povećavanje vrednosti tona boje od 0 do 360, tasteri 4-6 smanjivanje i povećavanje vrednosti zasićenosti boje od 0 do 100 i tasteri 1-3 kontrolišu svetlinu boje na isti način od 0 do 100. Prilikom izbora boje od strane ispitanika boja je prikazana preko celog ekrana. Kada je zadovoljan izborom boje ispitanik potvrđuje svoj izbor pritiskom space tastera i prelazi na podešavanje boje za sledeći stimulus koji se postavlja pred njega. Izabrana boja se upisuje u bazu podataka u koji je kasnije moguć uvid. Drugi deo aplikacije je namenjen izvođaču eksperimenta. Omogućeno je snimanje sakupljenih podataka u excel formatu. Imajući u vidu ograničenja perceptualnog HSL modela za opis boje, koja su opisana u teorijskom delu disertacije, ispitaniku je omogućeno da unese vrednosti boje iz baze i da izvrši merenje prikazane boje direktno na ekranu uređajem za merenje zračenja X-rite i1 pro. Tako se dobija znatno precizniji uvid u vrednosti izabrane boje u odnosu na direktno korišćenje HSL vrednosti. Na slici 8.28. su prikazani tipični prikazi aplikacije, uputstva ispitaniku i deo namenjen izvođaču eksperimenta.



Slika 8.28. Tipični prikazi aplikacije

Za potrebe računanja razlika među bojama korišćen je izraz ΔE^*00 . Formule su primenjene za automatsko izračunavanje pomoću aplikacije Microsoft Excel na osnovu članka The CIEDE2000 ColorDifference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data and Mathematical Observations (Sharma et al., 2004).

8.2. Stimulusi i osobine materijala

Stimulusi u ovom eksperimentu je moguće klasifikovati prema materijalu, obliku i boji. Korišćeni su papirni, tekstilni i plastični materijali. Najjednostavniju grupu oblika predstavljaju jednostavne ravne površine materijala. Ostale grupe su kompleksnije geometrijske strukture i obuhvataju kocku, cilindrični i sferični oblik. Korišćene boje su bile primarne i sekundarne.

Imajući u vidu raznolikost primarne grupe proizvoda očekuju se problemi pri eksperimentalnom utvrđivanju uticajnih faktora na percepciju finalnih proizvoda te je neophodno iznaći rešenje za generalizaciju ispitivanih uzoraka kako bi zaključci bili opšte primenjivi ili barem primenjivi na većinu tipičnih proizvoda iz grupe. Korišćenjem dveju teorija iz različitih oblasti, gramatike oblika i strukture koju su na dizajn primenili Stiny i Gips (Stiny G, 1980) i Biederman-ove teorije prepoznavanja na osnovu komponenti (geona) iz oblasti percepcije (Biederman, 1987), moguće je generisati skup osnovnih oblika, elemenata gramatike oblika ili geona. Generisanjem skupa takvih osnovnih oblika moguće je rezultate istraživanja primeniti na veliki broj proizvoda koji ih u svojoj strukturi sadrže.

Stimulusi su izrađeni samostalno upotrebom štampanih i bojanih materijala, osim sferičnih stimulusa koje nije bilo moguće izraditi samostalno zbog specifičnosti oblika.

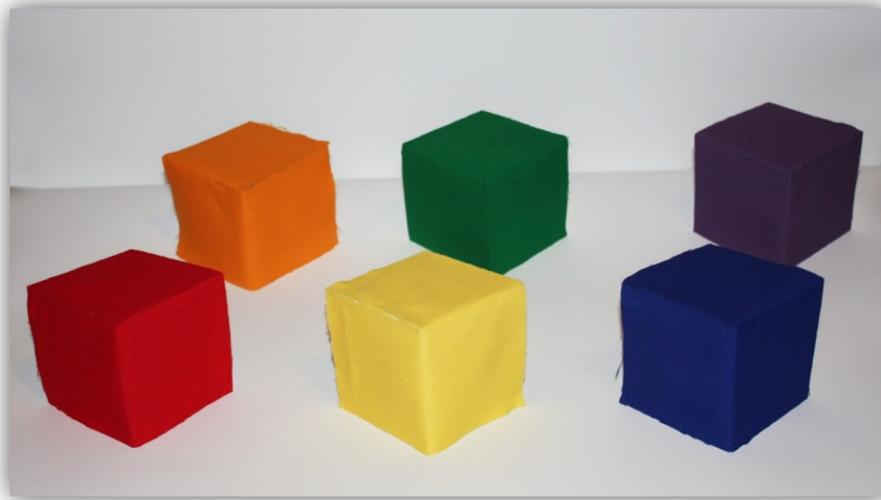
Grupa stimulusa ravne površine 25 cm x 25 cm je izrađena jednostavnim isecanjem iz materijala većeg formata, karakteristični primeri ove grupe stimulusa su prikazani na slici 8.29.



Slika 8.29. Primeri stimulusa iz grupe ravne površine

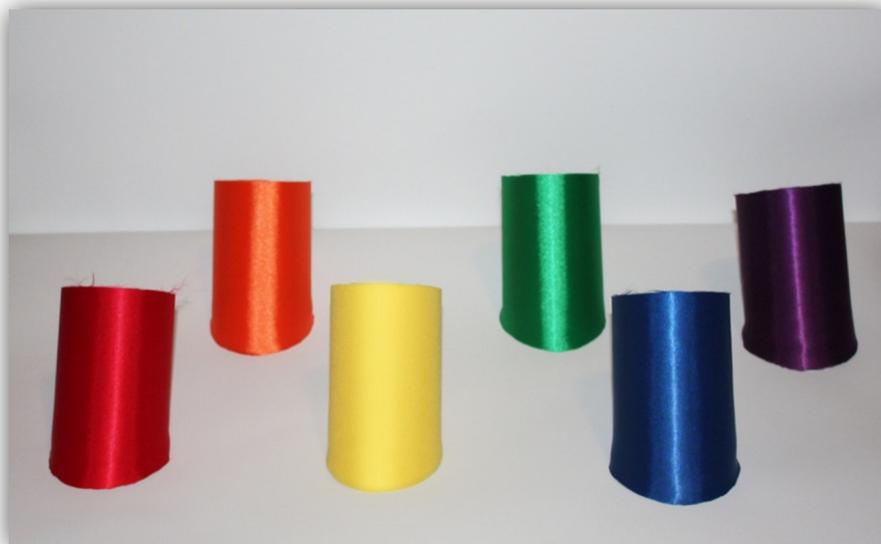
Složeni geometrijski oblici su izrađeni presvlačenjem kartonske osnove materijalom. Rogljasti oblici su predstavljeni kockom dužine stranice 10 cm,

karakteristični primeri iz ove grupe stimulusa prikazani su na slici 8.30. Rogljasti stimulusi su prilikom eksperimenta postavljani pod odgovarajućim uglom kako bi ispitaniku bile vidljive tri stranice kocke u približno istoj proporciji.



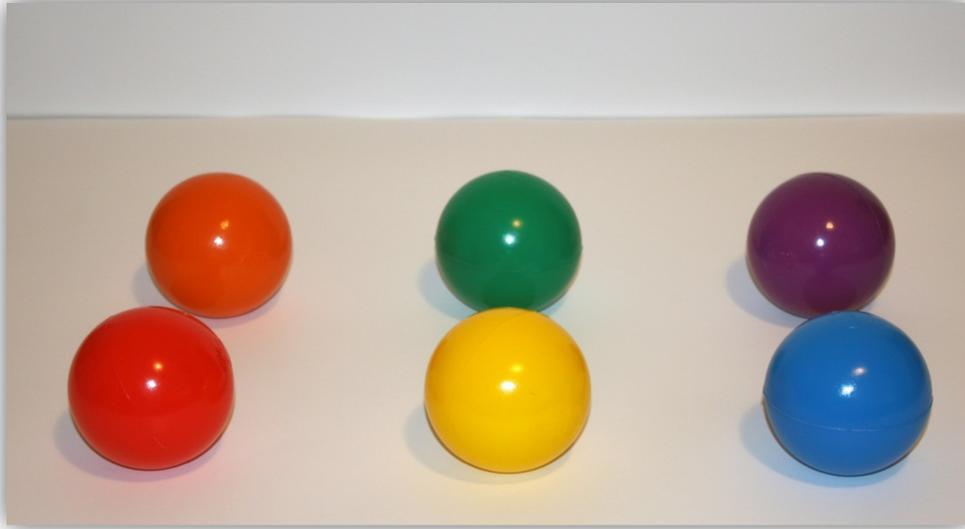
Slika 8.30. Primeri stimulusa iz grupe rogljastih tela

Cilindrični stimulusi su bili prečnika baze 8 cm i visine 12 cm, karakteristični primeri iz ove grupe stimulusa prikazani su na slici 8.31. Ovi stimulusi su imali zakošenje pod odgovarajućim uglom sa jedne strane kako bi se obezbedilo da linija pogleda posmatrača bude normalna na površinu objekta, uzimajući u obzir da je pozicija svih posmatrača bila fiksirana.



Slika 8.31. Primeri stimulusa iz grupe cilindričnih tela

Sferični oblici su izrađeni od plastičnog materijala prečnika 8 cm, karakteristični primeri iz ove grupe stimulusa prikazani su na slici 8.32. proizvođač lopti je Intex Ltd. iz Holandije.



Slika 8.32. Primeri stimulusa iz grupe sferičnih tela

Izbor materijala je vršen tako da se predstave osobine što veće grupe materijala, obuhvatajući materijale različitog sirovinskog sastava, različite strukture, različitih osobina površinske geometrije (hrapavosti). Osim navedenih razlika među materijalima, uvedena je i varijacija oplemenjivanja površine karakterističnih u proizvodnji ambalaže (mat i sjajna plastifikacija).

8.3. Papirni materijali

Papir kao jedan od najčešće korišćenih materijala u ambalažnoj industriji korišćen je u štampanom obliku. Štampane su primarne (žuta, crvena i plava) i sekundarne boje (zelena, ljubičasta i narandžasta). Ovakav izbor boja je načinjen kako bi se predstavio ceo spektar, ali uzimajući u obzir ograničenje po broju uzoraka koji se može ispitati. Takođe je na papirnim materijalima vršena varijacija oplemenjivanja gde je uvršćena kategorija neoplemenjenog materijala i plastificiranog materijala varijantom sjaj i mat plastifikacija. Korišćen je mat kundruk površinske mase 130 g/m² štampan pomoću grafičkog sistema XeroxDocuColor 252. Srednje vrednosti 3 merenja boje papirnih materijala uređajem HP200 prikazane su u tabelama 8.10. do 8.12. Sjaj je meren uređajem GlossMaster, u tabeli 8.13. srednje vrednosti 3 merenja sjaja papirnih materijala.

Tabela 8.10. Rezultati merenja boje papirnih materijala D65, 10°, d/8

	Papir neoplemenjen			Mat plastifikacija			Sjajna plastifikacija		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	83.5	-3.79	74.87	82.92	-3.74	73.54	85.28	-3.76	83.5
Narandžasta	64.5	31.08	40.9	62.23	35.17	38.35	64.88	33.64	64.5
Crvena	47.32	64.45	46.91	46.72	64.98	47.25	50.1	60.52	47.32
Plava	34.07	9.51	-30.65	32.97	10.58	-30.12	36.05	10.24	34.07
Ljubičasta	40.94	41.36	-19.89	40.22	39.08	-20.4	44.12	36.26	40.94
Zelena	49.44	-24.15	11.06	49.32	-24.66	12.36	51.5	-23.3	49.44

Tabela 8.11. Rezultati merenja boje papirnih materijala D50, 10°, d/8

	Papir neoplemenjen			Mat plastifikacija			Sjajna plastifikacija		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	84.74	0.88	77.86	84.29	0.99	77.63	84.12	0.97	75.24
Narandžasta	65.64	35.58	44.22	64.16	38.06	42.89	63.99	38.59	40.81
Crvena	49.99	64.66	42.06	49.34	65.41	43.05	49.14	65.32	41.72
Plava	33.54	7.54	-32.49	32.51	8.93	-31.35	33.53	8.27	-30.45
Ljubičasta	42.08	42.29	-18.73	40.88	39.55	-19.18	41.78	38.31	-19.07
Zelena	49.17	-23.53	10.47	49.05	-23.99	10.88	50.13	-23.53	1.24

Tabela 8.12. Rezultati merenja boje papirnih materijala F11, 10°, d/8

	Papir neoplemenjen			Mat plastifikacija			Sjajna plastifikacija		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	87.98	-2.06	84.86	87.53	-1.83	84.1	81.74	-2.01	81.43
Narandžasta	70.09	30.43	46.15	68.54	33.18	42.81	68.45	33.27	42.34
Crvena	55.35	56.37	41.75	54.46	57.22	42.03	54.74	56.43	41.29
Plava	33.68	9.87	-34.54	32.61	10.55	-33.78	33.82	10.71	-32.48
Ljubičasta	47.64	39.13	-18.32	44.8	36.81	-19.44	44.53	36.25	-19.93
Zelena	49.75	-23.95	11.13	49.76	-24.34	12.17	50.46	-23.56	12.16

Tabela 8.13. Rezultati merenja sjaja papirnih materijala

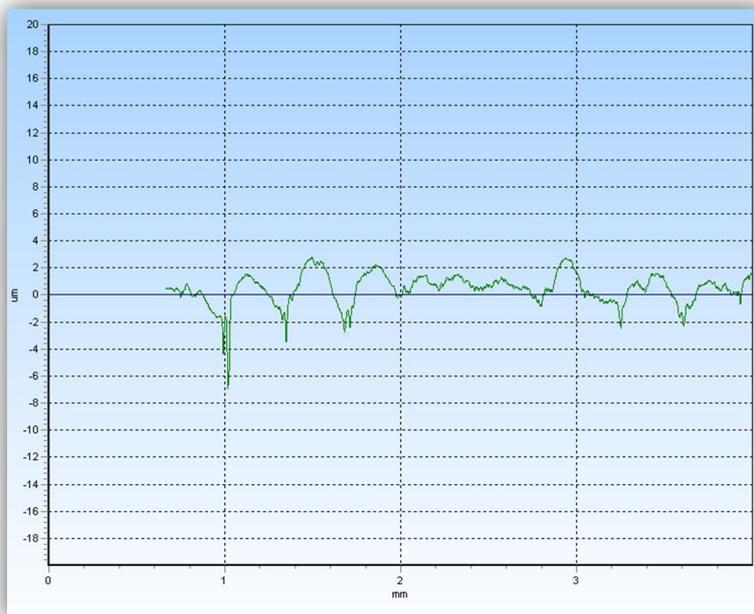
	Papir neoplemenjen	Mat plastifikacija	Sjajna plastifikacija
Žuta	35.7	17.5	45.1
Narandžasta	26.5	15.5	46.1
Crvena	30.9	18.7	48.7
Ljubičasta	26.9	17.8	56.1
Plava	37.7	17.5	47.2
Zelena	41.7	15.9	40.1

Srednje vrednosti 3 merenja osobina hrapavosti površine uređajem TR 200 prikazani su u tabeli 8.14.

Tabela 8.14. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine

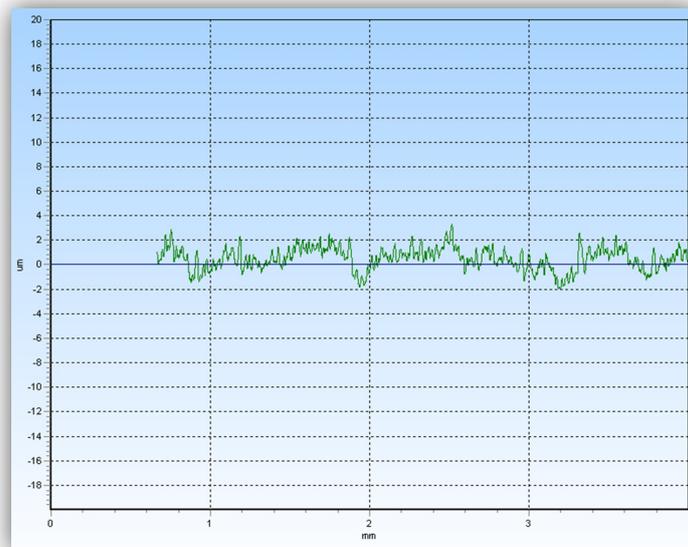
		Ra(μm)	Rq(μm)	Rz(μm)	Rp(μm)	Rv(μm)
Papir neoplemenjen	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	0.752	0.940	4.401	1.546	2.855
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	0.830	1.091	5.205	1.578	3.627
Mat plastifikacija	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	0.732	0.917	4.277	2.283	1.993
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	0.797	0.996	5.026	2.942	2.083
Sjajna plastifikacija	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	0.557	0.653	2.055	1.144	0.911
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	0.478	0.598	1.888	0.845	1.041

Karakterističan profil hrapavosti neoplemenjenog papira se može videti na slici 8.33. i predstavlja profil dobijen jednim od merenja neoplemenjenog papira.



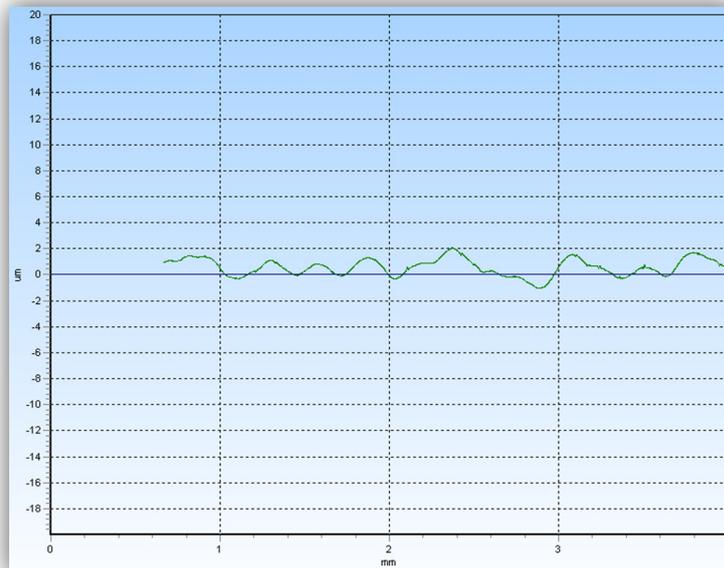
Slika 8.33. Karakterističan profil hrapavosti neoplemenjenog papira

Karakterističan profil hrapavosti papira plastificiranog mat plastifikacijom se može videti na slici 8.34.



Slika 8.34. Karakterističan profil hrapavosti papira oplemenjenog mat plastifikacijom

Karakterističan profil hrapavosti papira plastificiranog sjajnom plastifikacijom se može videti na slici 8.35.



Slika 8.35. Karakterističan profil hrapavosti papira oplemenjenog sjajnom plastifikacijom

8.4. Tekstilni materijali

Tekstilni materijali su izabrani tako da predstavljaju što širi skup materijala koji se koriste u ambalažnoj industriji sa razlikama osobina površinske strukture. Ovako izabrani materijali mogu predstavljati ne samo grupu tekstilnih materijala već i različite obrade poput flokovanja, pregovanja (dodavanja teksture) različitih materijala itd. Pri izboru tekstilnih materijala takođe su korišćene primarne i sekundarne boje. Tekstilni materijali su svrstani u dve grupe, a to su bojeni tekstilni materijali od 1 do 4 i štampani materijali od 5 do 8. Karakterizacija tekstilnih materijala je izvršena standardnim metodama u laboratoriji Profi lab, ustanovljene su osobine površinske mase, gustine tkanja ili pletenja u zavisnosti od materijala i sirovinski sastav. Nalazi laboratorije za bojene materijale prikazani su u tabeli 8.15.

Tabela 8.15. Karakteristike bojenih tekstilnih materijala

<i>Elementi ispitivanja</i>	<i>Metoda ispitivanja</i>	<i>Jedinica mere</i>	<i>Vrednost</i>
Materijal 1			
<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2,016	<i>g/m²</i>	303
<i>Gustina tkanine</i>	SRPS,F,S2,013	<i>ž/cm</i>	
- Broj žica osnove			27
- Broj žica potke			12
<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.140	%	
<i>Pamuk</i>			97,8
<i>Elastan</i>			2,2
Materijal 2			
<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	154
<i>Gustina pletenine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
- Broj redova po dužini			14
- Broj redova po širini			12
<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS,F,S3,112	%	
<i>Poliester</i>			100
Materijal 3			
<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	96
<i>Gustina tkanine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
- Broj žica osnove			94
- Broj žica potke			38
<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.140	%	
<i>Pamuk</i>			93,6
<i>Elastan</i>			6,4

<i>Materijal 4</i>			
<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	160
<i>Gustina tkanine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
- <i>Broj žica osnove</i>			22
- <i>Broj žica potke</i>			20
<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.112	%	
<i>Poliester</i>			100
<i>Poliester</i>			100

Boja tekstilnih materijala merena uređajem HP200 ugao posmatranja 10°, standardno osvetljenje D65 (d/8 merna geometrija). Budući da je bojene tekstilne materijale moguće nabaviti samo kao gotov proizvod, neki od materijala nisu bili dostupni u svim bojama. Srednje vrednosti 3 merenja kolorimetrijskih vrednosti bojenih tekstilnih materijala prikazani su u tabelama 8.16. do 8.18. Sjaj je meren uređajem GlossMaster, u tabeli 8.19. prikazane su srednje vrednosti 3 merenja sjaja bojenih tekstilnih materijala.

Tabela 8.16. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala D65, 10°, d/8

	Materijal 1			Materijal 2			Materijal 3			Materijal 4		
	L	a	b									
Žuta	79.06	2.22	65.16	/	/	/	/	/	/	81.76	7.41	53.42
Naran.	/	/	/	55.68	42.31	26.83	59.98	57.99	22.77	62.83	38.82	41.95
Crvena	34.96	62.5	42.04	36.6	65.96	46.82	39.63	60.73	44.2	39.36	64.72	45.76
Plava	66.42	0.89	-24.25	28.89	5.67	-30.86	34.32	1.9	-22.49	28.41	3.96	-26.92
Ljubičasta	/	/	/	31.98	13.26	-16.23	30.43	14.32	-5.57	37.56	13.61	-10.78
Zelena	/	/	/	50.45	-19.32	8.64	57.71	-25.13	12.12	36.55	-15.93	8.74

Tabela 8.17. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala D50, 10°, d/8

	Materijal 1			Materijal 2			Materijal 3			Materijal 4		
	L	a	b									
Žuta	77.25	6.15	71.6	/	/	/	/	/	/	78.12	7.55	57.14
Naran,	/	/	/	54.34	45.07	32.26	53.42	68.32	32.55	60.78	38.93	49.63
Crvena	36.46	62.27	48.28	36.48	69.13	54.71	38.79	65.48	50.2	38.09	66.68	52
Plava	64.55	-0.66	-24.82	26.57	3.22	-32.74	32.06	2.15	-25.05	26.06	1.56	-29.26
Ljubičasta	/	/	/	31.27	13.86	-17	28.61	16.06	-5.24	35.54	14.21	-10.93
Zelena	/	/	/	51.04	-18.66	8.14	53.23	-25.56	11.81	35.2	-15.73	8.92

Tabela 8.18. Rezultati kolorimetrijskih merenja bojenih tekstilnih materijala F11, 10°, d/8

	Materijal 1			Materijal 2			Materijal 3			Materijal 4		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	79.58	4.06	79.49	/	/	/	/	/	/	80.58	8.27	64.96
Naran.	/	/	/	57.96	40.46	32.44	60.92	56.61	29.12	64.07	37.63	51.07
Crvena	40.39	59.92	48.28	40.71	61.72	52.58	41.74	57.41	48.84	41.49	59.79	51.12
Plava	63.25	0.55	-24.82	24.49	5.65	-36.73	31.29	1.88	-27.69	24.68	3.28	-32.68
Ljubičasta	/	/	/	31.27	13.86	-17	28.7	16.85	-6.34	35.86	13.95	-11.66
Zelena	/	/	/	51.04	-18.66	8.14	51.44	-24.84	12.4	35.05	-15.82	10.02

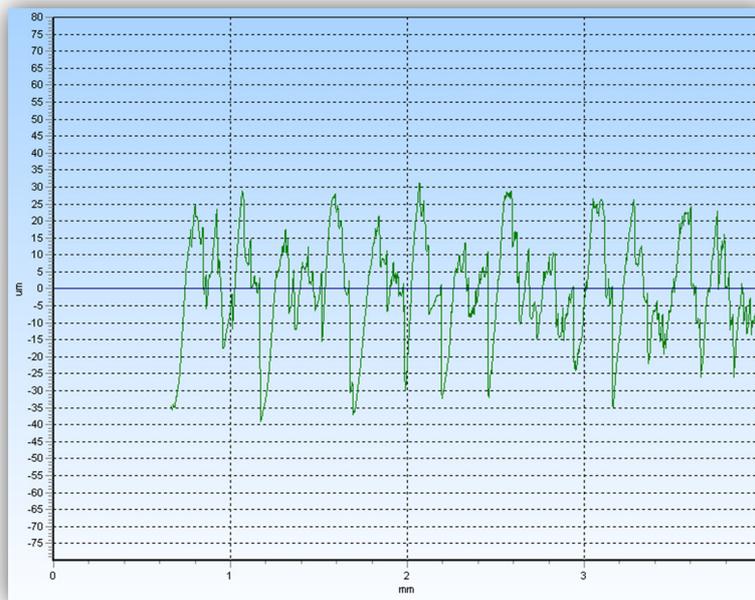
Tabela 8.19. Vrednosti sjaja bojenih tekstilnih materijala

	Materijal 1	Materijal 2	Materijal 3	Materijal 4
Žuta	0.8	/	/	1.3
Narandžasta	/	0.3	1.3	1.2
Crvena	0.2	0.1	1.2	0.8
Ljubičasta	/	0.1	1.3	1
Plava	0.6	0.1	1.3	0.7
Zelena	/	0.2	1.5	0.9

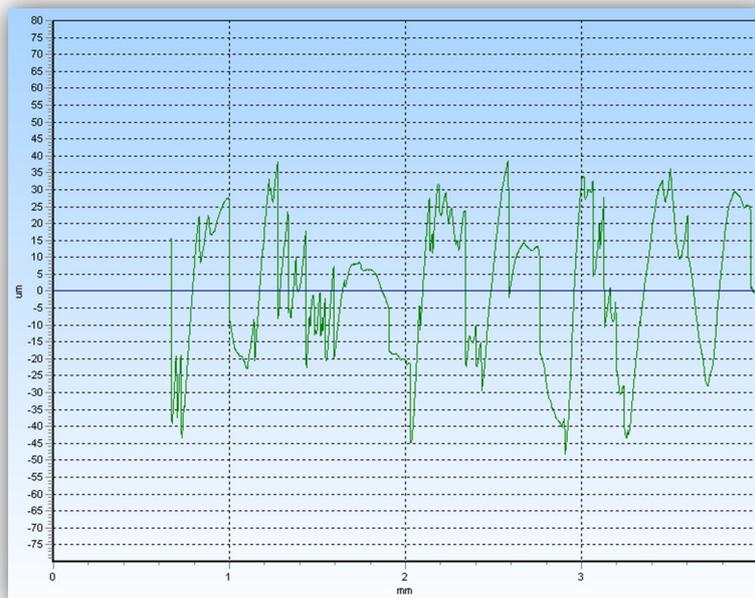
Hrapavost tekstilnih materijala je utvrđena uređajem TR 200 za materijale 3 i 4, dok za materijale 1 i 2 to nije bilo moguće jer su suviše meki i merenje hrapavosti kontaktnom metodom nije moguće. Druga metoda za utvrđivanje hrapavosti površine je analiza slike, ali zbog specifičnosti materijala i velikog broja vlakana koja su udaljena od osnovnog tkanja nije bilo moguće primeniti ni ovu metodu. Jedina referenca hrapavosti može se izvući vizuelnom metodom, pogledati sliku 8.38. Rezultati srednje vrednosti 3 merenja hrapavosti za materijale 3 i 4 prikazani su u tabeli 8.20. Slike 8.36. i 8.37. predstavljaju karakteristične profile hrapavosti materijala 3 i 4 dobijene merenjem.

Tabela 8.20. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine

		Ra(μm)	Rq(μm)	Rz(μm)	Rp(μm)	Rv(μm)
Materijal 3	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	11.930	15.070	63.040	27.910	35.130
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	11.790	15.230	62.800	27.030	35.770
Materijal 4	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	17.800	20.260	71.890	33.190	38.700
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	18.200	20.670	72.190	33.770	38.420



Slika 8.36. Karakterističan profil hrapavosti materijala 3



Slika 8.37. Karakterističan profil hrapavosti materijala 4

Slike materijala su napravljene digitalnim mikroskopom Sibress PIT pri uveličanju od 40X i prikazane na slici 8.38. a, b, c, d. Poređenjem snimaka dobijenih mikroskopom moguće je zaključiti da bi profili hrapavosti materijala 1 i 2 imali znatno veće oscilacije od profila dobijenih za materijale 3 i 4. Takođe se može zaključiti da je hrapavost materijala 2 veća od hrapavosti materijala 1,

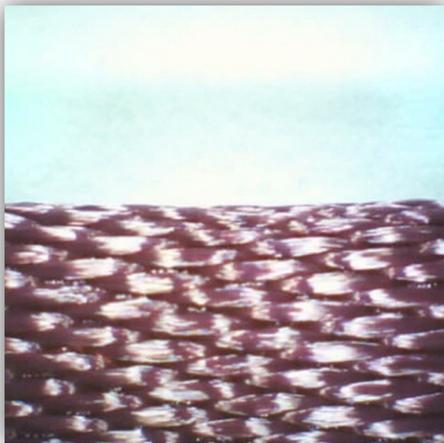
što proističe iz specifičnosti proizvodnog procesa materijala 1 koji se "šiša" nakon pletenja.



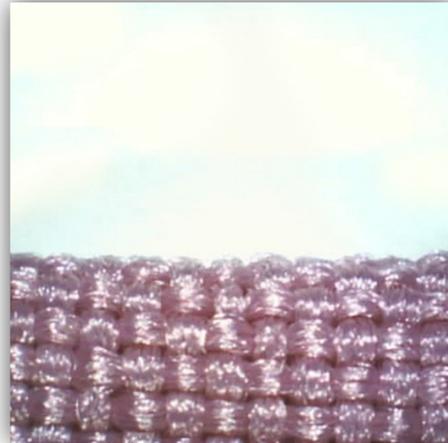
a)



b)



c)



d)

Slika 8.38. Prikaz površine bojnih tekstilnih materijala pri uveličanju 40 X
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3, d) materijal 4

Grupa štampanih tekstilnih materijala obuhvata 3 materijala istog sirovinskog sastava 100% poliester koji se razlikuju svojom površinskom masom i gustinom pletenja. Materijali su štampani primarnim i sekundarnim bojama upotrebom grafičkog sistema za štampu Mimaki JV22 – 160, korišćene su J-ECOPrint NANONP-60 boje. Karakteristike materijala su utvrđene laboratorijskim ispitivanjima u laboratoriji Profilab. Rezultati ispitivanja površinske mase, gustine pletenja i sirovinskog sastava prikazani su u tabeli 8.21. Merenjem boje štampanih materijala spektrofotometrijskim uređajem HP200 dobijene su Lab vrednosti boja i srednje vrednosti 3 merenja prikazane

su u tabelama 8.22. do 8.24. prikazani su rezultati merenja sjaja na štampanim materijalima. Srednje vrednosti 3 merenja sjaja štampanih tekstilnih materijala prikazani su u tabeli 8.25.

Tabela 8.21. Karakteristike štampanih tekstilnih materijala

	<i>Elementi ispitivanja</i>	<i>Metoda ispitivanja</i>	<i>Jedinica mere</i>	<i>Dobijene vrednosti</i>
Materijal 5 (NP1)				
	<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	100
	<i>Gustina pletenine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
	- Broj redova po dužini			15,5
	- Broj redova po širini			10,6
	<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.112	%	
	<i>Poliester</i>			100
Materijal 6 (DS1)				
	<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	140
	<i>Gustina pletenine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
	- Broj redova po dužini			11
	- Broj redova po širini			13
	<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.112	%	
	<i>Poliester</i>			100
Materijal 7 (NP2)				
	<i>Površinska masa</i>	SRPS.F.S2.016	<i>g/m²</i>	115
	<i>Gustina pletenine</i>	SRPS.F.S2.013	<i>ž/cm</i>	
	- Broj redova po dužini			16
	- Broj redova po širini			12
	<i>Sirovinski sastav</i>	SRPS.F.S3.112	%	
	<i>Poliester</i>			100

Tabela 8.22. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala
D65, 10°, d/8

	Materijal 5 (NP1)			Materijal 6 (DS1)			Materijal 7 (NP2)		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	65.4	6.73	61.58	70.16	7.99	55.71	66.06	5.04	60.39
Naran.	40.38	43.84	19.8	46.68	41.09	22.66	43.15	37.9	19.32
Crvena	32.42	51.79	40.93	38.35	48.06	40.74	35	46.64	39.54
Plava	21.01	3.18	-7.79	28.77	5.17	-12.25	27.74	1.5	-9.2
Ljubičasta	22.13	11.7	-5.78	26.86	14.49	-8.47	25.95	12.59	6.87
Zelena	28.46	-7.36	1.79	37.3	-10.7	3.31	31.2	-9.01	-0.27

Tabela 8.23. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala
D50, 10°, d/8

	Materijal 5 (NP1)			Materijal 6 (DS1)			Materijal 7 (NP2)		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	64.92	9.62	58.46	73.65	5.99	52.54	62.52	5	57.94
Naran.	42.16	41.02	21.34	42.86	43.23	25.74	42.7	35.82	27.84
Crvena	32.9	53.72	42.9	35.37	43.26	43.54	37.13	47.22	41.37
Plava	23.61	4.02	-6.17	26.77	7.2	-14.27	28	2.1	-10.73
Ljubičasta	27.96	14.32	-3.98	27.92	12.39	-9.5	22.71	15.25	8.21
Zelena	32.72	-9.45	-0.24	35.2	-11.9	4.98	34.15	-8.43	-2.24

Tabela 8.24. Rezultati kolorimetrijskih merenja štampanih tekstilnih materijala
F11, 10°, d/8

	Materijal 5 (NP1)			Materijal 6 (DS1)			Materijal 7 (NP2)		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Žuta	68.13	8.86	73.93	72.48	8.26	68.62	69.01	7.19	70.1
Naran.	43.97	41.14	24.06	50.9	37.23	27.47	46.69	36.32	23.54
Crvena	36.74	46.98	45.15	44	39.01	42.25	38.53	44.42	44.19
Plava	22.09	3.7	-9.1	27.07	5.37	-14.29	23.43	2.13	-11.74
Ljubičasta	22.94	11.42	-5.67	28.76	15.71	-9.51	26.51	13.13	-7.5
Zelena	27.33	-7.74	1.44	35.73	-10.56	1.9	31.58	-8.62	0.38

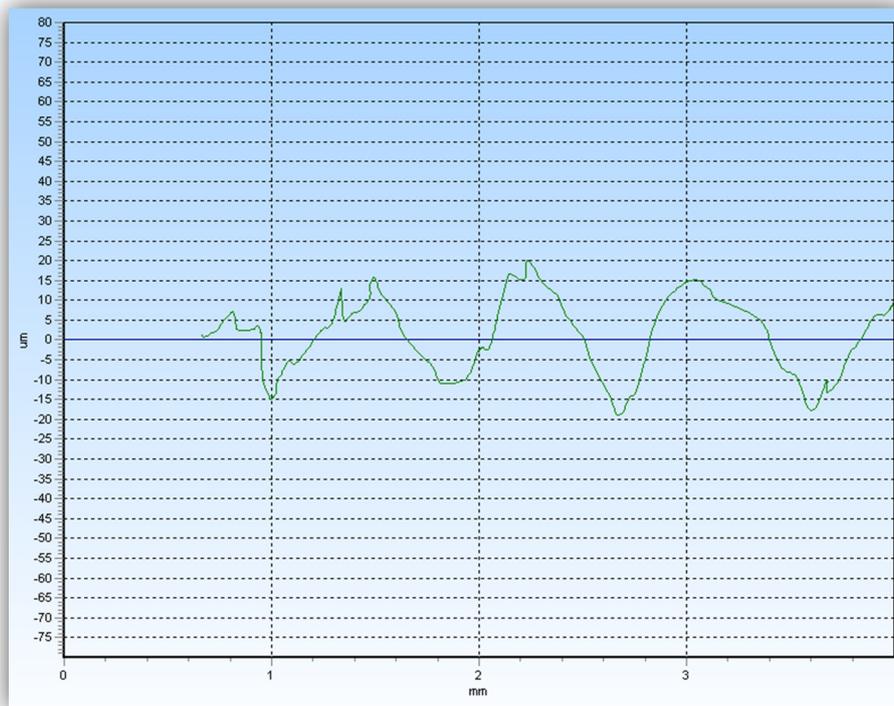
Tabela 8.25. Vrednosti sjaja štampanih tekstilnih materijala

	Materijal 5 (NP1)	Materijal 6 (DS1)	Materijal 7 (NP2)
Žuta	0.8	1.3	0.9
Naran.	0.7	1.2	1
Crvena	0.6	1.2	0.7
Ljubičasta	0.5	1.1	0.7
Plava	0.5	1	0.6
Zelena	0.5	1.1	0.7

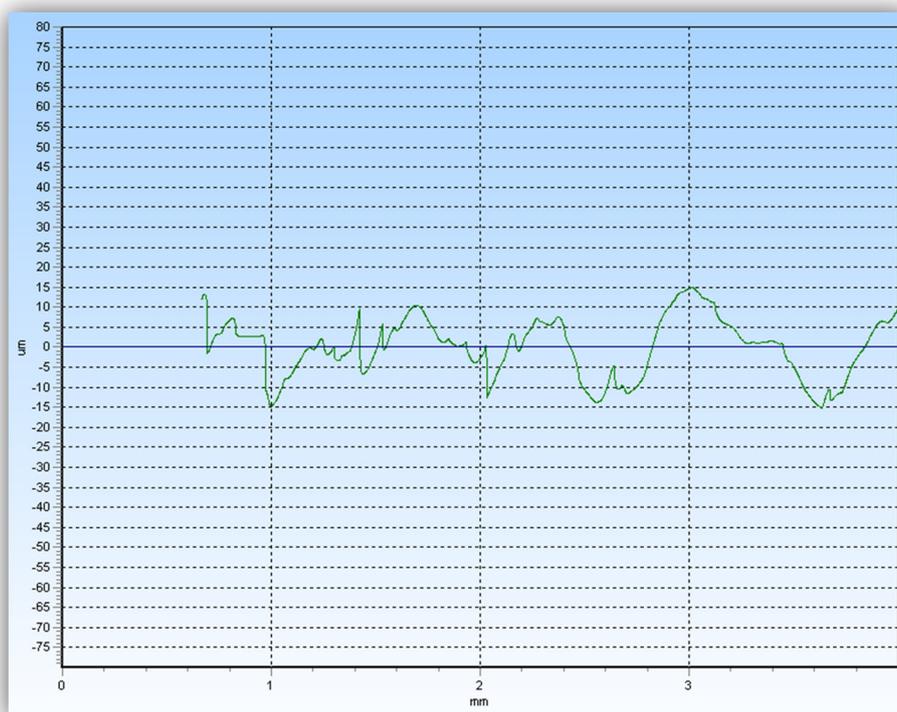
Hrapavost površine štampanih tekstilnih materijala je merena uređajem TR 200 i srednje vrednosti 3 merenja prikazana u tabeli 8.26. Karakteristični profili hrapavosti površine predstavljeni su slikama 8.39. do 8.41.

Tabela 8.26. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine štampanih materijala

		Ra(μm)	Rq(μm)	Rz(μm)	Rp(μm)	Rv(μm)
Materijal 5 (NP1)	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	9.058	10.340	35.310	17.920	17.390
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	21.280	23.220	79.680	38.960	40.720
Materijal 6 (DS1)	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	5.979	7.340	23.970	10.870	13.100
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	20.000	24.150	92.620	42.000	50.620
Materijal 7 (NP2)	Uzdužni pravac (sr. vrednosti)	8.916	10.980	40.550	17.230	23.310
	Poprečni pravac (sr. vrednosti)	21.450	25.100	94.560	42.360	52.200



Slika 8.39. Karakterističan profil hrapavosti materijala 5



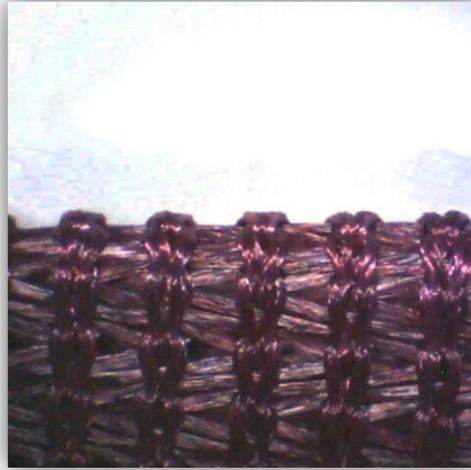
Slika 8.40. Karakterističan profil hrapavosti materijala 6



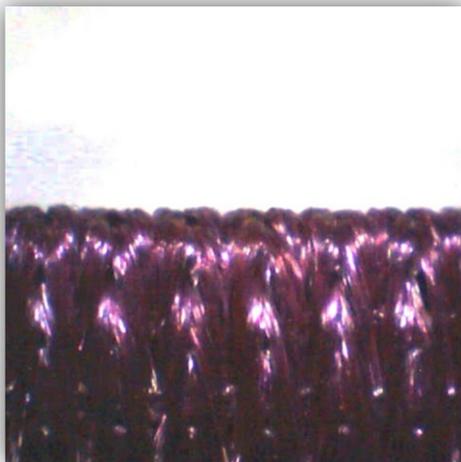
Slika 8.41. Karakterističan profil hrapavosti materijala 7

Kako bi se stekao bolji uvid u osobine površinske strukture štampanih tekstilnih materijala, mikroskopski snimci materijala su prikazani na slici 8.42.

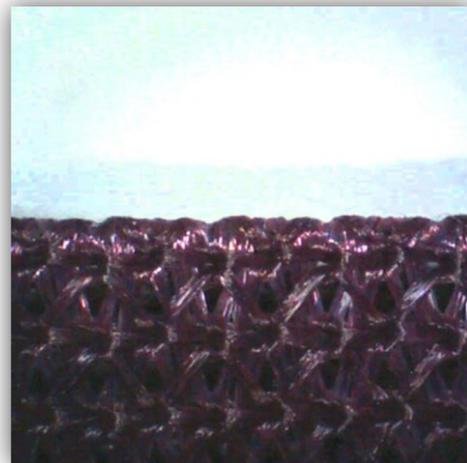
a)



b)



c)



*Slika 8.42. Prikaz površine štampanih tekstilnih materijala pri uveličanju 40 X
a) materijal 5, b) materijal 6, c) materijal 7*

Zbog specifičnosti sferičnih oblika i radi uniformnosti površine, kao stimulus za ispitivanje percepcije boje na sjajnim sferičnim površinama poslužile su plastične lopte. Kao i ostali materijali i u slučaju sferičnih stimulusa izabrane su primarne i sekundarne boje. Proizvođač lopti je Intex Ltd. iz Holandije. Prema deklaraciji sirovinski sastav lopti je 100% polivinilhlorid (PVC).

Boja je merena uređajem HP200, a srednje vrednosti 3 merenja se mogu videti u tabelama 8.27. do 8.29.

Tabela 8.27. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti D65, 10°, d/8

	Plastične lopte PVC		
	L	a	b
Žuta	70.16	7.99	55.71
Naran.	46.68	41.09	22.66
Crvena	38.35	48.06	40.74
Plava	28.77	5.17	-12.25
Ljubičasta	26.86	14.49	-8.47
Zelena	37.3	-10.7	3.31

Tabela 8.28. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti D50, 10°, d/8

	Plastične lopte PVC		
	L	a	b
Žuta	75.84	-1.32	83.02
Naran.	51.85	44.34	32.21
Crvena	43.23	53.32	46.99
Plava	42.95	-7.64	-41.5
Ljubičasta	32.63	20.36	-14.37
Zelena	43.01	-20.23	-2.06

Tabela 8.29. Rezultati kolorimetrijskih merenja plastičnih lopti F11, 10°, d/8

	Plastične lopte PVC		
	L	a	b
Žuta	76.42	-3.81	96.78
Naran.	54.1	40.77	32.87
Crvena	44.79	47.58	46.93
Plava	36.8	-5.18	-46.29
Ljubičasta	36.08	22.67	-20.1
Zelena	33.9	-17.17	1.84

Kako bi za sferične oblike bile izmerene vrednosti sjaja isečene su trake materijala, jer se za ovo ispitivanje zahtevaju ravne površine. Srednje vrednosti 3 merenja sjaja površine su prikazane u tabeli 8.30.

Tabela 8.30. Vrednosti sjaja plastičnih lopti

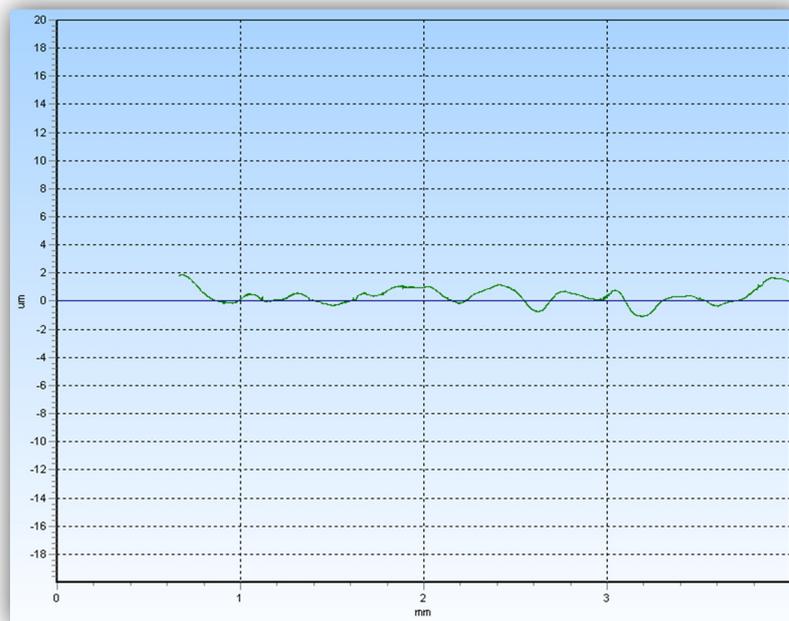
	Plastika (PVC)
Žuta	42.1
Naran.	43.5
Crvena	49.1
Ljubičasta	54.1
Plava	48.6
Zelena	38.9

Merenje hrapavosti površine plastičnog materijala takođe zahteva ravnu površinu te su korišćene isečene trake materijala. Merenja su izvršena uređajem TR200. Srednje vrednosti 3 merenja su prikazani u tabeli 8.31.

Tabela 8.31. Rezultati merenja osobina hrapavosti površine plastičnih lopti

		Ra(μm)	Rq(μm)	Rz(μm)	Rp(μm)	Rv(μm)
Plastika (PVC)	Sr. vrednosti	0.502	0.599	2.055	1.153	0.902

Karakterističan profil hrapavosti plastičnog materijala od kog je napravljena lopta korišćena kao stimulus se može videti na slici 8.43. i predstavlja profil dobijen jednim od merenja neoplemenjenog papira.

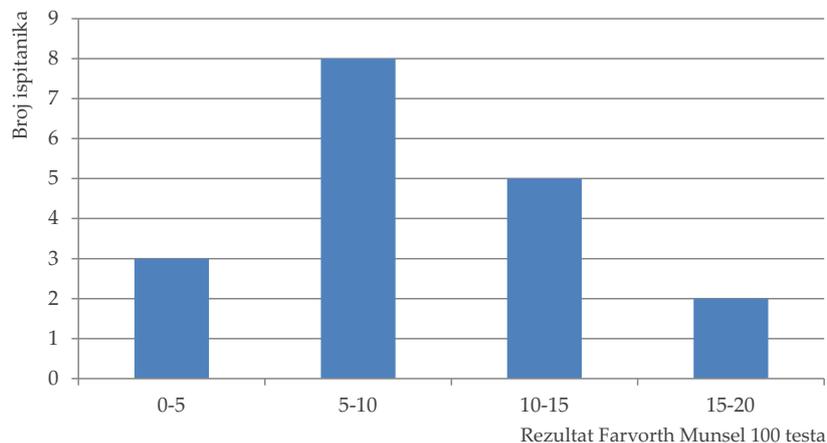


Slika 8.43. Karakterističan profil hrapavosti plastičnog materijala

8.5. Ispitanici

Za izvođenje eksperimenta izvršen je izbor ispitanika koji će pružiti uvid u percepciju boje prikazanih stimulusa. Kako bi se devijacija rezultata svela na minimum, osim pravilne postavke eksperimenta što podrazumeva istovetne uslove za sve ispitanike, neophodno je utvrditi da svi ispitanici imaju visok nivo sposobnosti prepoznavanja nijansi svih boja spektra. Eliminacija ispitanika koji ne zadovoljavaju kriterijume za učestvovanje u eksperimentu je izvršena prethodnim testiranjem.

Ispitanici u eksperimentu su izabrani metodom slučajnog izbora. Ukupno 19 ispitanika je zadovoljilo prethodno postavljene uslove prepoznavanja nijansi boja, ovo je ustanovljeno Farnsworth Munsell 100 testom. Ispitanici su postigli rezultat niži od 20, što ih stavlja u kategoriju visokog raspoznavanja nijansi, rezultati Farnsworth Munsell 100 testa su prikazani na slici 8.44.



Slika 8.44. Prikaz rezultata Farnsworth Munsell 100 testa

Grupa od 8 ispitanika nije prethodno testirana, jer su već učestvovali u sličnim istraživanjima u kojima je ustanovljena zadovoljavajući nivo raspoznavanja nijansi boja. Nijedan od ispitanika nije eliminisan na osnovu kriterijuma raspoznavanja boje što može biti objašnjeno time da su svi strukom vezani za područje grafike gde je rad sa bojama svakodnevan i raspoznavanje nijansi boje je bitna predispozicija. Od početne grupe ispitanika eliminisana su dva ispitanika. Jedan je eliminisan zbog nemogućnosti upravljanja aplikacijom za vršenje eksperimenta, nije bio vešt u odabiru boja korišćenjem HSL sistema. Drugi eliminisani ispitanik je u većem delu testova pokazao rezultate koji su značajno odudarali od srednje vrednosti, razlog može biti greška u sprovođenju procedure, odstupanja u uslovima sprovođenja eksperimenta ili

nerazumevanja zadatka ispitivanja od strane ispitanika, svi rezultati ovog ispitanika su eliminisani i nisu obrađivani.

Budući da celokupno istraživanje obuhvata nekoliko manjih eksperimenata koji izoluju pojedine uticajne faktore na percepciju boje, a imajući u vidu da svi eksperimenti nisu bili iste prirode i broj ispitanika je varirao od 10 do 16 po eksperimentu.

U okviru istraživanja bili su obuhvaćeni ispitanici i muškog i ženskog pola. Polne razlike nisu od primarnog interesa za ovo istraživanje, ali uočeni su efekti prouzrokovani polom ispitanika koji su prijavljeni u rezultatima istraživanja. Broj ženskih ispitanika je bio 10, a broj muških ispitanika 7.

Bitno je naglasiti da su neki od ispitanika upućeni u problematiku kojom se bavi ovo istraživanje, te da su im date instrukcije da zanemare svoja prethodna znanja i da ne koriste strategije prilikom davanja odgovora u toku eksperimenta.

8.6. Procedura izvođenja eksperimenta

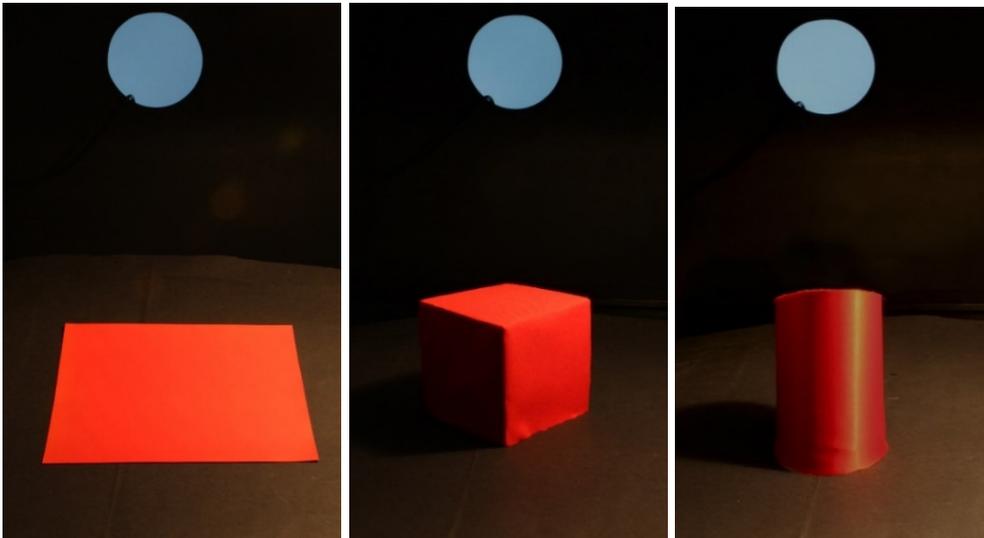
U okviru istraživanja koja su prethodila eksperimentu utvrđena je pogodnost metodologije sa aspekta ponovljivosti rezultata. Tri ispitanika su ponavljali odabir boje pet puta na tri stimulusa koja su se razlikovala po svojim karakteristikama: oblik, sastav i hrapavost materijala. Utvrđena je najveća devijacija odgovora datih na stimulusu cilindričnog oblika, dok kod stimulusa u obliku kocke i jednostavne površine nisu primećene značajne devijacije. S obzirom da je najveća zabeležena razlika prijavljenih boja cilindričnog stimulusa bila manja od 1 ($\Delta E < 1$), a za stimuluse u obliku kocke i jednostavne površine ta vrednost je bila manja od 0,7 ($\Delta E < 0,7$). Na osnovu ovih rezultata zaključeno je da nije neophodno vršiti ponovljene testove sa ispitanicima kako bi se izračunavala srednja vrednost.

Preliminarnim eksperimentom utvrđeno je da ispitanici zadovoljavaju kriterijume razlikovanja nijansi boje.

U okviru istraživanja uticajnih faktora na percepciju boje izvedeno je više eksperimenata koristeći sličnu proceduru. Ispitanici su pre izvođenja eksperimenta upoznati sa zadatkom. Potrebno je da odaberu boju koja odgovara predstavljenom stimulusu.

Odabir boje se vrši putem aplikacije HSL color test instalirane na PC računar sa ugrađenom grafičkom kartom 8-bit po boji, koristeći tastere numeričkog dela tastature. Ispitanici su imali priliku da boju prikazanu na monitoru Eizo ColorEdge CG241W vide kroz kružni otvor na svetlosnoj komori prečnika 18 cm. Monitor je udaljen 30 cm od otvora, a između je tunel obložen nereflektujućim materijalom kako bi se izbegao uticaj na svetlosne uslove u komori.

Ispitanici su imali priliku uvežbati korišćenje aplikacije ukoliko je to neophodno. Svi ispitanici su dobili uputstva da zanemare prethodna znanja i da odabir boje izvrše isključivo na osnovu prikazanih stimulusa i sopstvenog osećaja boje. Tokom eksperimenta glava ispitanika je postavljena u otvor svetlosne komore nasuprot otvoru za monitor, kako bi se izolovali svi izvori svetla osim kontrolisanog svetla kabine Agile Radiant. Ispitanik je udaljen 2 m od ekrana monitora i 1 m od stimulusa. Izuzev eksperimenta gde je vršena varijacija udaljenosti stimulusa na rastojanjima od 0,5 m, 1 m i 1,5 m. Stimulusi su postavljeni tako da je linija pogleda ispitanika normalna na površinu stimulusa, izuzev stimulusa u obliku kocke koji je postavljen tako da su ravnomerno predočene sve vidljive stranice kocke. Tipični uslovi izvođenja eksperimenta pod standardnim A osvetljenjem s desne strane stimulusa fotografisani približno sa mesta posmatranja ispitanika prikazani su na slici 8.45.



Slika 8.45. Prikaz tipičnih uslova izvođenja eksperimenta

Stimulusi, uslovi osvetljenja i ostali uticajnu faktori su smenjivani nasumičnim redom u zavisnosti od eksperimenta koji je izvođen. Podaci o bojama se skladište u bazu podataka. Nakon završenog rada sa ispitanicima vrednosti boja su unošene u aplikaciju HSL color test i merena je boja prikazana na monitoru uređajem X-rite i1 kako bi se ustanovila realna vrednost boje odabrane od strane ispitanika. Upoređivanjem numeričke vrednosti zabeležene prilikom izvođenja eksperimenta i vrednosti naknadno izmerene boje prikazane na monitoru ustanovljena su veoma mala odstupanja što svedoči o dobroj kalibraciji monitora i korektnom generisanju boje aplikacijom HSL color test. Na osnovu izmerenih i prijavljenih vrednosti boje izvršeno je izračunavanje vrednosti razlike boje, statistička obrada i analiza podataka u cilju utvrđivanja uticaja pojedinačnih faktora na percepciju boje ispitanika.

9.0. REZULTATI ISPITIVANJA UTICAJNIH FAKTORA NA PERCEPCIJU BOJE

Podaci prikupljeni eksperimentom su obrađeni adekvatnim statističkim metodama, utvrđivanjem razlika boja i razlika odstupanja određenih karakteristika boje u cilju utvrđivanja eventualnih uticaja određenih faktora na percepciju boje i njihove karakterizacije.

Za statističku obradu podataka korišćene su računarske aplikacije: IBM SPSS Statistics Data Editor za statističku obradu podataka, Microsoft Excel za sistematizaciju podataka i izvršavanje aritmetičkih operacija i Oriana 4.02 za statističku obradu cirkularnih podataka. Za automatsko izračunavanje boja prema izrazu ΔE_{00} i konverziju boja među različitim sistemima korišćenje je Microsoft Excel obrazac, Colour Conversion Centre 4.0a.

Za poređenje aritmetičkih sredina prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje pojedinačnih materijala korišćene su analiza varijanse (ANOVA) i multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA). Post-hoc testovi su izvedeni Fisher'ss LSD test procedurom za nivo značajnosti $p < 0,05$. Ovim testovima su obuhvaćene analize linearnih podataka svetline i hromatičnosti boje, vrednosti razlika boja.

Multivarijacioni Watson-Williams F-test korišćen je za analizu varijanse cirkularnih vrednosti, za nivo značajnosti $p < 0,05$. Ova vrsta testa omogućuje poređenje varijanse prijavljenog tona boje jednog materijala za različite oblike.

9.1. Ispitivanje uticaja oblika za različite materijale i boje

Materijal sa svojom specifičnom bojom može biti prezentovan u različitim oblicima. Površine objekta mogu biti jednostavne, kompleksne, a moguća je i njihova kombinacija. Svetlost kojom je objekat osvetljen svojom interakcijom sa površinom rezultira određenom bojom. Osim osobina izvora svetlosti i karakteristika materijala osobine reflektovane svetlosti, a time i boja, zavise i od ugla pod kojim svetlosni zraci dospevaju na površinu. Na jednoj kompleksnoj površini se mogu pojaviti delovi osvetljeni pod normalnim uglom 90° i delovi koji nisu direktno osvetljeni već na njih svetlost dolazi sa sekundarnih izvora osvetljenja.

Izvedeni eksperiment ima za cilj da pruži uvid u percepciju boje različitih oblika. Za potrebe utvrđivanja uticaja oblika objekta na percepciju njegove boje korišćeni su stimulusi cilindričnog, kockastog, sferičnog oblika kao i jednostavna površina kvadratnog oblika. Primere stimulusa je moguće videti

na slikama 8.29. do 8.32. Stimulusi su ispitanicima prezentovani prema metodu objašnjenom u poglavlju 8.5.

Uslovi izvođenja eksperimenta:

- Udaljenost stimulusa od ispitanika 1 m,
- Izvor svetla je jedna sijalica pozicionirana desno-gore pod uglom od 45° u odnosu na stimulus, standardno A osvetljenje, (karakteristike u poglavlju 8.1.),
- Korišćeni su tekstilni materijali 3 i 4 (karakteristike u poglavlju 8.4.), papir plastificiran mat i sjajnom folijom (karakteristike u poglavlju 8.3.),
- Korišćeni su stimulusi cilindričnog, kockastog, sferičnog oblika kao i jednostavna površina kvadratnog oblika. Primere stimulusa je moguće videti na slikama 8.29. do 8.32,
- 16 ispitanika,
- Stimulusi su ispitanicima prezentovani prema metodu objašnjenom u poglavlju 8.5.

9.2. Rezultati ispitivanja uticaja oblika na percepciju Lch koordinata boje

Za poređenje aritmetičkih sredina prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje pojedinačnih materijala korišćena je multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA), sa zavisnim promenljivim vrednostima svetline i hromatičnosti i nezavisnom promenljivom oblik objekta (tri nivoa: jednostavna ravna površina, kocka i cilindar). Post-hoc testovi su izvedeni Fisher's LSD test procedurom za nivo značajnosti $p < 0,05$.

Multivarijacioni Watson-Williams F-test, za nivo značajnosti $p < 0,05$ korišćen je za analizu varijanse tona boje.

Tekstilni materijal 4

Rezultati multivarijacione analize varijanse (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 4 prikazani u tabeli 9.1. Ovi rezultati ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju svetline i hromatičnosti boje objekta.

Tabela 9.1. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za materijal 4

Boja	Veličina	F (2, 45)	p
Crvena	Svetlina	202.244	< 0.01
	Hromatičnost	147.422	< 0.01

Ljubičasta	Svetlina	91.320	< 0.01
	Hromatičnost	16.671	< 0.01
Narandžasta	Svetlina	256.822	< 0.01
	Hromatičnost	235.675	< 0.01
Plava	Svetlina	23.306	< 0.01
	Hromatičnost	41.982	< 0.01
Zelena	Svetlina	50.410	< 0.01
	Hromatičnost	16.023	< 0.01
Žuta	Svetlina	251.900	< 0.01
	Hromatičnost	177.425	< 0.01

Rezultati Post-hoc testova pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse svetline jednostavne ravne površine i cilindra plave boje i jednostavne ravne površine i kocke zelene boje; poređenja hromatičnosti u slučaju varijanse jednostavne ravne površine i kocke zelene i žute boje.

Tekstilni materijal 3

Multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 3 ukazuje na značajan efekat oblika objekta na percepciju svetline i hromatičnosti boje objekta. Rezultati su prikazani u tabeli 9.2.

Tabela 9.2. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za materijal 3

Boja	Veličina	F (2, 45)	p
Crvena	Svetlina	116.234	< 0.01
	Hromatičnost	113.024	< 0.01
Ljubičasta	Svetlina	23.550	< 0.01
	Hromatičnost	349.065	< 0.01
Narandžasta	Svetlina	177.940	< 0.01
	Hromatičnost	146.326	< 0.01
Plava	Svetlina	140.688	< 0.01
	Hromatičnost	44.299	< 0.01
Zelena	Svetlina	353.268	< 0.01
	Hromatičnost	57.839	< 0.01

Rezultati Post-hoc testova pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse svetline jednostavne ravne površine i cilindra ljubičaste boje i jednostavne ravne površine i kocke žute boje; poređenja hromatičnosti u slučaju varijanse jednostavne ravne površine i kocke žute boje.

Papir plastificiran mat folijom

Rezultati multivarijacione analize varijanse (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje stimulusa izrađenog od papira plastificiranog mat folijom prikazani su u tabeli 9.3. Prikazani rezultati ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju svetline i hromatičnosti boje objekta.

Tabela 9.3. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za papir plastificiran mat folijom

Boja	Veličina	F (2, 45)	p
Crvena	Svetlina	304.357	< 0.01
	Hromatičnost	287.521	< 0.01
Ljubičasta	Svetlina	105.313	< 0.01
	Hromatičnost	20.419	< 0.01
Narandžasta	Svetlina	310.499	< 0.01
	Hromatičnost	342.373	< 0.01
Plava	Svetlina	23.132	< 0.01
	Hromatičnost	267.012	< 0.01
Zelena	Svetlina	202.402	< 0.01
	Hromatičnost	74.697	< 0.01
Žuta	Svetlina	279.987	< 0.01
	Hromatičnost	43.678	< 0.01

Rezultati Post-hoc testova pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse svetline jednostavne ravne površine i cilindra plave boje i jednostavne ravne površine i kocke žute boje.

Papir plastificiran sjajnom folijom

Prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje stimulusa izrađenog od papira plastificiranog sjajnom folijom analizirane su multivarijacionom analizom varijanse (MANOVA). Rezultati su prikazani u tabeli 9.4. i ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju svetline i hromatičnosti boje objekta.

Tabela 9.4. Rezultati MANOVA za uticaj oblika na percepciju svetline i hromatičnosti boje za papir plastificiran sjajnom folijom

Boja	Veličina	F (2, 45)	p
Crvena	Svetlina	261.807	< 0.01
	Hromatičnost	535.311	< 0.01
Ljubičasta	Svetlina	126.504	< 0.01
	Hromatičnost	430.351	< 0.01
Narandžasta	Svetlina	344.143	< 0.01
	Hromatičnost	811.261	< 0.01
Plava	Svetlina	264.288	< 0.01
	Hromatičnost	142.934	< 0.01
Zelena	Svetlina	61.191	< 0.01
	Hromatičnost	240.720	< 0.01
Žuta	Svetlina	481.197	< 0.01
	Hromatičnost	497.146	< 0.01

Rezultati Post-hoc testova pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse svetline jednostavne ravne površine i kocke crvene boje, poređenja hromatičnosti u slučaju varijanse jednostavne ravne površine i kocke zelene boje i varijanse jednostavne ravne površine i cilindra žute boje.

Tekstilni materijal 4

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 4 prikazani u tabeli 9.5. Ovi rezultati ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju tona boje objekta.

Tabela 9.5. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje materijala 4

Boja	F (2, 45)	p
Crvena	34.45	< 0.01
Ljubičasta	10.2	< 0.01
Narandžasta	18.88	< 0.01
Plava	10.85	< 0.01
Zelena	104.27	< 0.01
Žuta	14.91	< 0.01

Rezultati testova uparenih varijansi pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse tona jednostavne ravne površine i cilindra ljubičaste i plave boje; jednostavne ravne površine i kocke narandžaste boje; kocke i cilindra žute boje.

Tekstilni materijal 3

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 3 prikazani su u tabeli 9.6. i ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju tona boje objekta.

Tabela 9.6. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje materijala 3

Boja	F (2, 45)	p
Crvena	113.55	< 0.01
Ljubičasta	258.63	< 0.01
Narandžasta	217.94	< 0.01
Plava	41.33	< 0.01
Zelena	11.87	< 0.01

Rezultati testova uparenih varijansi pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse tona jednostavne ravne površine i cilindra zelene boje.

Papir plastificiran mat folijom

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje stimulusa izrađenog od papira plastificiranog mat folijom prikazani su u tabeli 9.7. Rezultati ukazuju na značajan efekat oblika objekta na percepciju ton boje objekta, izuzev crvene boje gde nije uočen značajan efekat oblika.

Tabela 9.7. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje papirnog materijala plastificiranog mat folijom

Boja	F (2, 45)	p
Crvena	0.46	0.634
Ljubičasta	58.02	< 0.01
Narandžasta	42.89	< 0.01
Plava	5.41	< 0.01
Zelena	94.93	< 0.01
Žuta	33.49	< 0.01

Ukoliko se izuzme crvena boja gde nijedan od testova uparenih vrednosti nije pokazao statistički značajne razlike između stimulusa jednostavne površine, kocke i cilindričnog oblika, rezultati za ostale boje pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse tona jednostavne ravne površine i cilindra narandžaste boje.

Papir plastificiran sjajnom folijom

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje stimulusa izrađenog od papira plastificiranog sjajnom folijom ukazuje na značajan efekat oblika objekta na percepciju tona boje objekta. Rezultati testa prikazani su u tabeli 9.8.

Tabela 9.8. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom

Boja	F (2, 45)	p
Crvena	233.92	< 0.01
Ljubičasta	111.81	< 0.01
Narandžasta	27.96	< 0.01
Plava	14.94	< 0.01
Zelena	106.29	< 0.01
Žuta	25.65	< 0.01

Rezultati Post-hoc testova pokazuju statistički značajne razlike prouzrokovane oblikom objekta u svim testovima izuzev poređenja varijanse tona jednostavne ravne površine i cilindra plave boje.

9.3. Rezultati klaster analize boja u Lab prostoru

Prethodno poglavlje je prezentovalo analize varijansi svetline, hromatičnosti i tona boje. Kako bi se boja analizirala u celini, podaci o percepciji boje prikupljeni eksperimentom pretvoreni su u matrice Lab koordinata pogodne za dalju obradu. Klasifikacija prikupljenih podataka izvršena je primenom trodimenzionalne klaster analize. Trodimenzionalna klaster analiza vrši grupisanje jedinica posmatranja u grupe ili klase tako da se sličnih osobina jedinice nađu u istoj klasi (klasteru). U ovom slučaju tražena sličnost je pozicija u Lab prostoru boja. Za izračunavanje udaljenosti jedinica posmatranja u klaster analizi se obično koristi Euklidova funkcija koja se takođe koristi i za izračunavanje razlika boja prema CIE 1976, pogledati poglavlje 5.4.

Klaster analizom je utvrđeno da li su boje stimulusa različitih oblika, a istog materijala svrstane u istu grupu, odnosno da li su ispitanici posmatrajući stimuluse te boje prijavili iste ili različite boje. Boje koje su bliske jedna drugoj u Lab prostoru biće svrstane u jednu grupu.

Rezultati analize podataka za tekstilni materijal 4 prikazani u tabeli 9.9. ukazuju na formiranje tri grupe sa značajnim brojem grupisanih elemenata: grupa 2, 16 i 12. Analizom pripadnosti grupama utvrđeno je da grupu 2 čine stimulusi žute boje oblika kocke i jednostavna površina. Centar klastera nalazi se na koordinatama L: 78,83, a: 9,55, b: 63,5. Grupu 16 čine stimulusi zelene boje oblika kocke i jednostavna površina. Centar klastera nalazi se na koordinatama L: 39,82, a: -24,93, b: 10,86. U ove dve grupe svrstane su prijavljene boje žutih i zelenih objekata oblika kocke i jednostavne površine, što ukazuje na visok stepen poklapanja boja.

Ostale boje ovih vrsta stimulusa su svrstane u zasebne grupe što ukazuje da nema poklapanja boja u slučaju crvene ljubičaste plave i narandžaste boje. Grupa 12 sačinjena je od stimulusa ljubičaste boje oblika kocke i cilindra. Centar klastera nalazi se na koordinatama L: 49,1, a: 17,49, b: -5,29.

28 uzoraka svrstanih u ovu grupu ukazuje na to da preklapanje boja nije potpuno, odnosno da je samo jedan deo ispitanika prijavio slične boje.

Tabela 9.9. Rezultati klaster analize za tekstilni materijal 4

Broj uzoraka u svakom klasteru		
Klaster	1	2
	2	32
	3	16
	4	19
	5	17
	6	16
	7	18
	8	10

	9	12
	10	16
	11	16
	12	28
	13	12
	14	15
	15	5
	16	32
	17	16
	18	6
Br. uzoraka		288
Nedostaje		0

Rezultati analize podataka za tekstilni materijal 3 prikazani u tabeli 9.10. ukazuju na formiranje samo jedne grupe sa značajnim brojem grupisanih elemenata, grupa 7. Centar klastera nalazi se na koordinatama L:32,1, a: 4,07, b: -32,16. Analizom pripadnosti grupama utvrđeno je da grupu 7 čine stimulusi plave boje oblika kocke i jednostavna površina.

Ostale boje ovih stimulusa su svrstane u zasebne grupe što ukazuje da nema poklapanja boja. Bitno je napomenuti da je u slučaju ovog materijala izostala žuta boja.

Tabela 9.10. Rezultati klaster analize za tekstilni materijal 3

Broj uzoraka u svakom klasteru		
Klaster	1	16
	2	15
	3	12
	4	9
	5	16
	6	7
	7	31
	8	13
	9	17
	10	16
	11	8
	12	17
	13	4
	14	13
	15	19
	16	9
	17	11
	18	7
Br. uzoraka		240
Nedostaje		48

Rezultati klaster analize u slučaju stimulusa izrađenih od štampanog papira plastificiranog mat folijom pokazali su da je uticaj oblika od velikog značaja kada je u pitanju percepcija boje. Nije formirana nijedna grupa sa značajnim brojem elemenata što ukazuje da su ispitanici boju objekta doživeli

drugačije u slučaju sva tri oblika stimulusa za sve boje. Rezultati analize za ovaj materijal prezentovani su u tabeli 9.11.

Tabela 9.11. Rezultati klaster analize za štampani papirni materijal plastificiran mat folijom

Broj uzoraka u svakom klasteru		
Klaster	1	20
	2	11
	3	17
	4	8
	5	15
	6	16
	7	17
	8	13
	9	15
	10	16
	11	16
	12	16
	13	16
	14	24
	15	19
	16	21
	17	16
	18	12
Br. uzoraka		288
Nedostaje		0

U slučaju štampanog papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom klaster analiza je rezultirala jednom grupom značajnog obima, grupa 18. Analizom pripadnosti grupama uočeno je da su grupisane žute boje cilindričnog oblika i jednostavna ravna površina. Centar klastera nalazi se na Lab koordinatama L: 88,36, a: 3,69, b: 83,75.

Sve ostale kombinacije oblika i boja grupisane su zasebno uz sporadična preklapanja grupa za koja se ne može tvrditi da su obrazac ponašanja. Rezultati analize za ovaj materijal prezentovani su u tabeli 9.12.

Tabela 9.12. Rezultati klaster analize za štampani papirni materijal plastificiran sjajnom folijom

Broj uzoraka u svakom klasteru		
Klaster	1	16
	2	16
	3	13
	4	15
	5	17
	6	16
	7	8
	8	16
	9	16
	10	18
	11	10
	12	16
	13	16
	14	15
	15	16
	16	16
	17	16
	18	32
Br. uzoraka		288
Nedostaje		0

Od 1104 prijavljenih vrednosti boje 156 je grupisano tako da ukazuje na sličnu boju stimulusa različitog oblika. To nije značajan broj kada se uzme u obzir da je za svaku boju prijavljeno po 16 vrednosti, odnosno svaki ispitanik je dao svoju procenu boje. Uz to nije uočen obrazac grupisanja s obzirom da su za svaki materijal grupisane različite boje može se reći da oblik ima velik uticaj na percepciju boje.

9.4. Zavisnost percepcije boje od materijala, boje i oblika objekta

Do sada je statističkom obradom podataka pokazana zavisnost percepcije boje objekta od njegovog oblika. Izračunavanjem razlika boja između instrumentalnih merenja i prijavljenih boja pokazaće se veličina uticaja materijala boje i oblika na percepciju boje.

Osobine reflektovane svetlosti, odnosno boje objekta, utvrđene su instrumentalnim merenjima uređajem za merenje boje KonicaMinolta CS200, čije se karakteristike mogu videti u poglavlju 8.1. Uslovi pri merenju boje stimulusa su identični uslovima pod kojima su ispitanici procenjivali boju objekta. Za stimulse u obliku jednostavne površine merene su vrednosti boje u pet tačaka, u četiri ugla i sredini stimulusa. Ustanovljeno je da je boja uniformna po celoj površini sa odstupanjima u okviru $\Delta E < 0,6$. Na osnovu izmerenih vrednosti izračunata je prosečna vrednost boje koja predstavlja celu površinu.

Tri stranice stimulusa u obliku kocke vidljivi su ispitanicima, slika 8.4. Dve strane su izložene izvoru svetla pod različitim uglovima, a treća se nalazi u geometrijskoj senci, ali je i dalje osvetljena sekundarnim izvorima svetla. Vrednosti boje svake od stranica merene su tri puta i utvrđena je razlika do $\Delta E < 1$, s napomenom da su najveće razlike uočene na najtamnijoj stranici kocke. Te razlike se mogu pripisati slaboj osvetljenosti, što može izazvati nepreciznost merenja pri nedovoljnoj ekspoziciji. Izračunate su prosečne vrednosti kako bi se svaka od stranica okarakterisala jednom bojom.

U slučaju stimulusa cilindričnog oblika varijacija osobina reflektovane svetlosti, odnosno boje objekta je znatno veća i menja se u zavisnosti od ugla pod kojim svetlost pada na objekat. Kako bi se ustanovile vrednosti izvršen je niz uzastopnih merenja boje po obimu cilindra pomeranjem uređaja za 1° . Na rastojanju 1000 mm od uređaja stimulus zauzima ugao od 5° . Uređaj je podešen za merenje boje mernim uglom od $0,2^\circ$. Tipično je mereno 13 do 15 tačaka duž obima cilindra.

Stimulusi sferičnog oblika imaju slične karakteristike reflektovanja boje kao i cilindrični oblici. Sferični stimulusi su bili približno istog prečnika kao i oni cilindričnog oblika, tako da je primenjena ista metodologija. Primena različitih materijala na sferičnim stimulusima nije bila moguća bez uvođenja novih varijabli u eksperiment, tako da se zadržalo na jednom materijalu, odnosno plastici od koje je lopta napravljena.

Detaljno prikazane osobine korišćenih materijala i stimulusa date su u poglavljima 8.3. i 8.4.

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima vrednosti boje i podaci o percepciji boje prikupljeni izvedenim eksperimentom su upoređeni kako bi se došlo do zaključka o uticaju materijala, boje i oblika objekta na percepciju njegove boje. Izračunate su razlike boje između vrednosti boje utvrđene instrumentalnim merenjem i vrednosti boje prijavljene od strane ispitanika. Na osnovu razlika boje moguće je doći do saznanja vezanih za percepciju boje objekta.

Izračunavanje prosečne boje grupe merenih ili prijavljenih boja izvršeno je tako što je izračunat geometrijski centar grupe. Geometrijski centar je najmanje moguće udaljen od svakog elementa grupe, što daje znatno preciznije podatke od izračunavanja srednje vrednosti pojedinačnih koordinata.

9.4.1. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku jednostavne ravne površine

Analizirani podaci o boji su rezultat izvođenja eksperimenta i instrumentalnih merenja.

Tekstilni materijal 4

Rezultati instrumentalnih merenja boje jednostavne ravne površine izrađenog od tekstilnog materijala 4 za svih 6 boja su prikazani u tabeli 9.13.

Tabela 9.13. Rezultati instrumentalnih merenja boje tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine

Tekstilni materijal 4			
Boja	L	a	b
Crvena	47.60	55.08	30.53
Ljubičasta	41.37	16.26	-7.17
Narandžasta	58.93	36.60	53.99
Plava	33.26	4.06	-33.60
Zelena	38.11	-21.99	8.89
Žuta	76.42	14.66	67.67

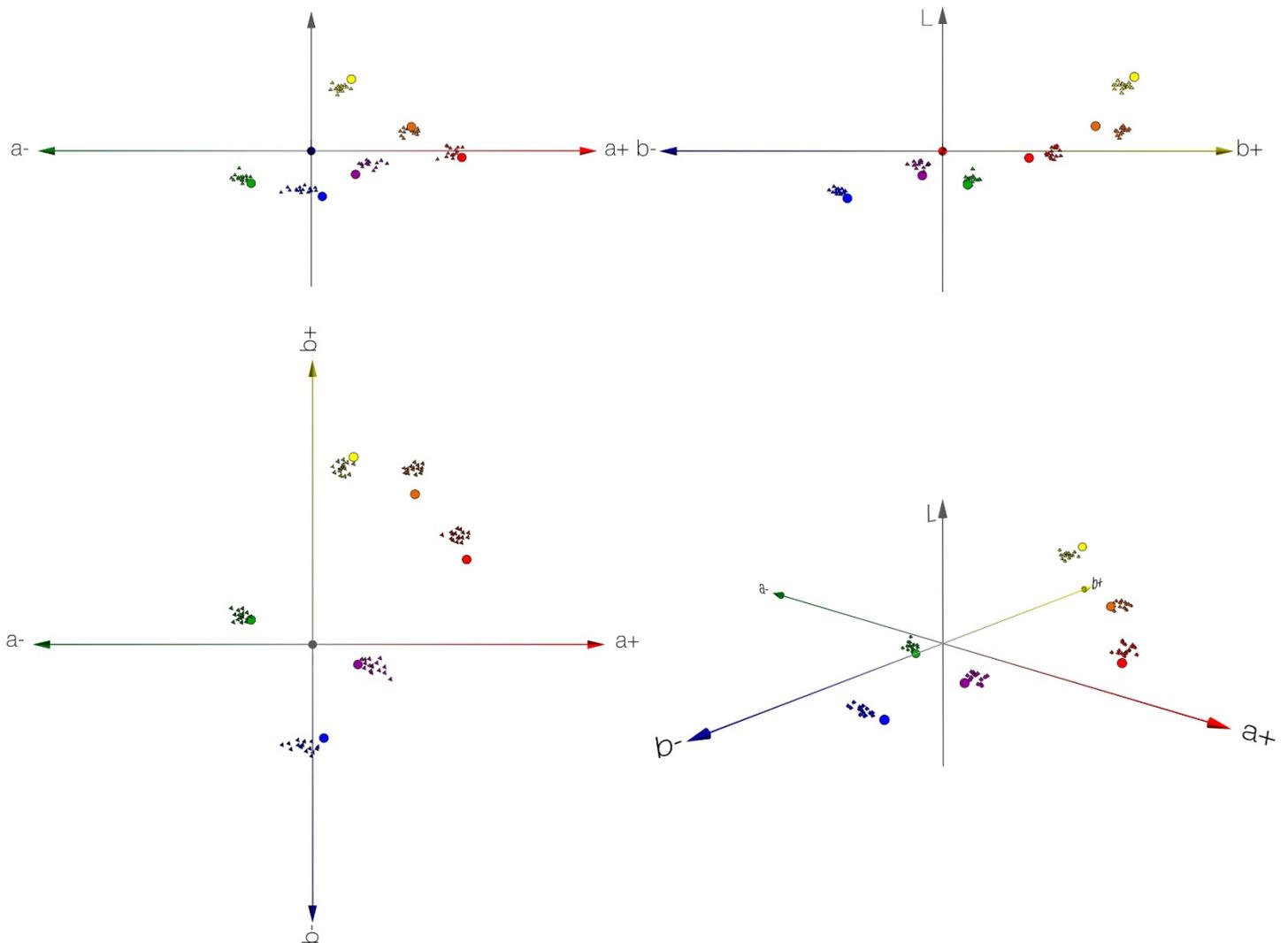
Vrednosti prijavljenih boja objekta 16 ispitanika za svih 6 boja koje su korišćene za izradu stimulusa, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za svaku boju tekstilnog materijala 4 prikazani su u tabeli 9.14. Na osnovu ovih rezultata moguće je izvršiti izračunavanje razlika boja i utvrditi eventualne efekte boje materijala na percepciju boje.

Tabela 9.14. Prijavljene vrednosti boje tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	49.15	50.45	37.42	45.42	28.13	-12.43	54.62	34.20	62.40
2	51.04	51.28	39.89	46.21	21.33	-7.79	58.56	34.18	63.38
3	49.95	53.76	38.43	46.68	20.61	-7.54	55.57	33.33	61.67
4	49.15	53.51	36.60	45.58	24.41	-4.86	57.30	32.94	63.50
5	51.35	54.04	40.26	46.52	26.02	-8.03	58.09	35.45	64.30
6	48.68	52.49	38.67	43.85	24.08	-9.25	56.99	34.38	61.55
7	51.35	55.75	38.55	46.37	26.05	-10.11	59.06	36.20	63.75
8	48.20	55.96	40.14	45.42	17.88	-5.22	58.25	36.06	63.01
9	50.25	53.14	41.36	45.26	21.07	-9.50	57.30	37.15	61.06
10	47.89	49.83	38.06	45.26	18.76	-8.40	57.93	36.77	65.82
11	51.67	50.30	39.65	44.95	21.34	-10.11	56.51	37.85	63.26
12	48.52	51.88	36.84	45.89	21.60	-7.67	57.62	37.86	64.73
13	47.26	52.23	38.30	42.74	23.21	-6.57	58.25	39.31	63.63
14	51.98	49.90	40.38	44.16	19.07	-6.69	56.04	39.17	62.77
15	48.36	52.08	41.72	45.11	18.96	-5.35	56.99	38.91	61.68
16	46.94	46.57	39.40	45.42	20.56	-5.10	57.30	39.63	65.34
St. dev.	1.63	2.38	1.50	1.03	2.98	2.14	1.16	2.22	1.38
Prosečna boja	52.07	49.48	39.1	45.3	22.07	-7.79	57.27	36.46	63.24
	Plava			Zelena			Žuta		
1	36.65	-3.81	-36.80	39.74	-23.18	11.50	72.88	11.30	65.04
2	34.63	-3.29	-35.96	38.96	-23.05	9.18	73.51	13.40	61.13
3	35.39	0.44	-38.68	39.11	-24.78	10.40	72.10	11.84	63.33
4	36.18	-0.08	-40.02	40.37	-25.43	9.51	73.99	11.38	63.57
5	35.39	2.16	-36.73	40.53	-24.70	11.13	72.88	14.94	65.28
6	36.49	1.85	-37.46	40.85	-23.37	8.20	73.51	10.08	62.35
7	34.76	-0.70	-37.34	39.90	-24.73	12.96	72.88	9.38	66.14
8	35.55	-3.72	-36.36	43.73	-25.97	10.64	70.68	10.01	63.21
9	35.86	-5.02	-34.28	39.74	-26.24	12.35	72.57	11.26	66.75
10	35.39	-4.87	-36.12	39.27	-25.04	7.95	73.99	10.32	63.34
11	35.71	-2.65	-34.77	41.16	-27.50	10.76	74.30	12.65	65.77
12	35.08	-0.03	-34.77	39.27	-28.00	8.08	73.51	11.10	64.40
13	37.44	-1.98	-38.31	40.06	-28.76	13.08	72.57	7.45	64.06
14	35.55	-7.47	-37.58	38.01	-24.75	10.03	73.51	11.75	60.40
15	36.65	-8.23	-35.51	40.53	-21.81	10.03	75.09	8.11	61.86
16	34.76	-10.63	-35.99	40.22	-26.36	9.00	72.10	10.30	60.67
St. dev.	0.79	3.65	1.54	1.26	1.88	1.63	1.04	1.86	1.77
Prosečna boja	35.72	-3	-36.67	40.09	-25.23	10.3	73.13	10.95	63.58

Na slici 9.1. prikazan je Lab prostor boja i podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 6 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine. Piramide

(trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.



Slika 9.1. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 u obliku jednostavne površine

Izračunate razlike boja instrumentalnih merenja i uprosečenih boja dobijenih od ispitanika za stimulse izrađene od tekstilnog materijala 4 prikazane su u tabeli 9.15. i ukazuju na uticaj boje materijala na percepciju boje, što će detaljnije biti razmatrano u diskusiji rezultata.

Tabela 9.15. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje

Boja	Razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)
Crvena	7.43
Ljubičasta	5.06
Narandžasta	3.89
Plava	6.60
Zelena	2.44
Žuta	3.23

Najveća razlika je uočena u slučaju crvene boje $\Delta E_{00} = 7.43$, a najmanja razlika u slučaju zelene boje $\Delta E_{00} = 2.44$.

Tekstilni materijal 3

Podaci za tekstilni materijal 3 obrađeni su prema istoj proceduri kao i u slučaju materijala 4. Razlika je u nedostatku tekstilnog materijala žute boje. Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa su prikazani u tabeli 9.16.

Tabela 9.16. Rezultati instrumentalnih merenja materijala 3 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine

Tekstilni materijal 3			
Boja	L	a	b
Crvena	50.58	84.51	28.06
Ljubičasta	31.76	30.11	-10.22
Narandžasta	63.71	39.54	44.65
Plava	29.94	1.35	-34.46
Zelena	49.61	-43.23	14.82

Vrednosti prijavljenih boja objekta za svih 5 boja materijala 3, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za svaku boju prikazani su u tabeli 9.17.

Tabela 9.17. Prijavljene vrednosti boje materijala 3 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	42.74	76.92	26.34	42.35	43.03	-7.36	59.72	42.47	39.66
2	44.47	80.05	27.15	38.26	43.69	-5.20	63.19	43.48	40.60
3	47.62	78.16	29.09	41.88	45.49	-6.98	62.56	43.68	38.34
4	43.37	79.50	25.69	39.52	42.43	-4.39	60.04	41.95	40.76
5	47.31	76.32	28.12	42.04	42.77	-7.63	63.03	41.83	38.66
6	42.74	75.56	26.99	39.20	42.30	-5.04	60.35	42.69	41.90
7	48.57	78.03	27.15	41.41	41.19	-6.50	60.35	42.72	40.57
8	45.73	81.65	29.25	39.36	40.39	-4.07	62.08	40.03	38.66

9	43.68	77.81	30.06	39.20	38.30	-0.51	60.35	39.10	41.90
10	46.68	76.24	28.28	39.05	41.72	-1.80	62.24	39.15	39.79
11	47.15	75.81	25.05	41.72	38.34	-3.42	60.51	41.30	43.03
12	46.21	75.69	29.25	39.20	38.68	-6.34	61.93	45.88	38.82
13	43.68	74.77	26.34	39.99	36.10	-5.20	60.67	45.44	37.53
14	45.26	74.01	28.28	41.72	36.12	-2.45	60.82	44.03	37.04
15	44.79	73.41	26.83	38.42	36.80	-7.58	60.67	46.50	41.09
16	46.36	75.24	29.42	35.58	39.87	-5.20	61.93	48.16	39.31
St. dev.	1.83	2.25	1.48	1.82	2.84	2.13	1.12	2.58	1.67
Prosečna boja	45.4	76.82	27.71	39.93	40.45	-4.97	61.27	43.02	39.85
	Plava			Zelena					
1	35.60	2.05	-34.91	46.60	-45.10	9.70			
2	30.09	1.03	-33.77	45.34	-44.10	11.62			
3	34.50	3.70	-32.48	45.18	-42.96	9.36			
4	36.08	-0.11	-30.86	48.02	-45.69	10.65			
5	35.76	4.65	-25.03	45.03	-41.62	13.23			
6	31.04	2.79	-29.24	47.39	-47.12	11.30			
7	34.82	5.13	-29.57	45.34	-48.56	9.36			
8	31.67	3.91	-27.95	47.07	-45.79	13.24			
9	33.56	2.53	-31.18	45.50	-48.05	12.11			
10	31.04	1.14	-28.43	48.33	-42.04	10.98			
11	33.56	2.03	-31.67	44.40	-43.65	13.24			
12	33.56	-0.33	-28.27	48.02	-53.00	9.01			
13	34.50	5.90	-31.51	46.29	-50.09	10.81			
14	31.67	3.22	-34.42	47.55	-46.51	11.14			
15	31.19	1.68	-26.81	44.71	-46.34	10.81			
16	31.82	7.24	-28.63	46.92	-47.13	10.33			
St. dev.	1.94	2.11	2.79	1.30	2.98	1.37			
Prosečna boja	33.15	2.91	-30.29	46.35	-46.10	11.05			

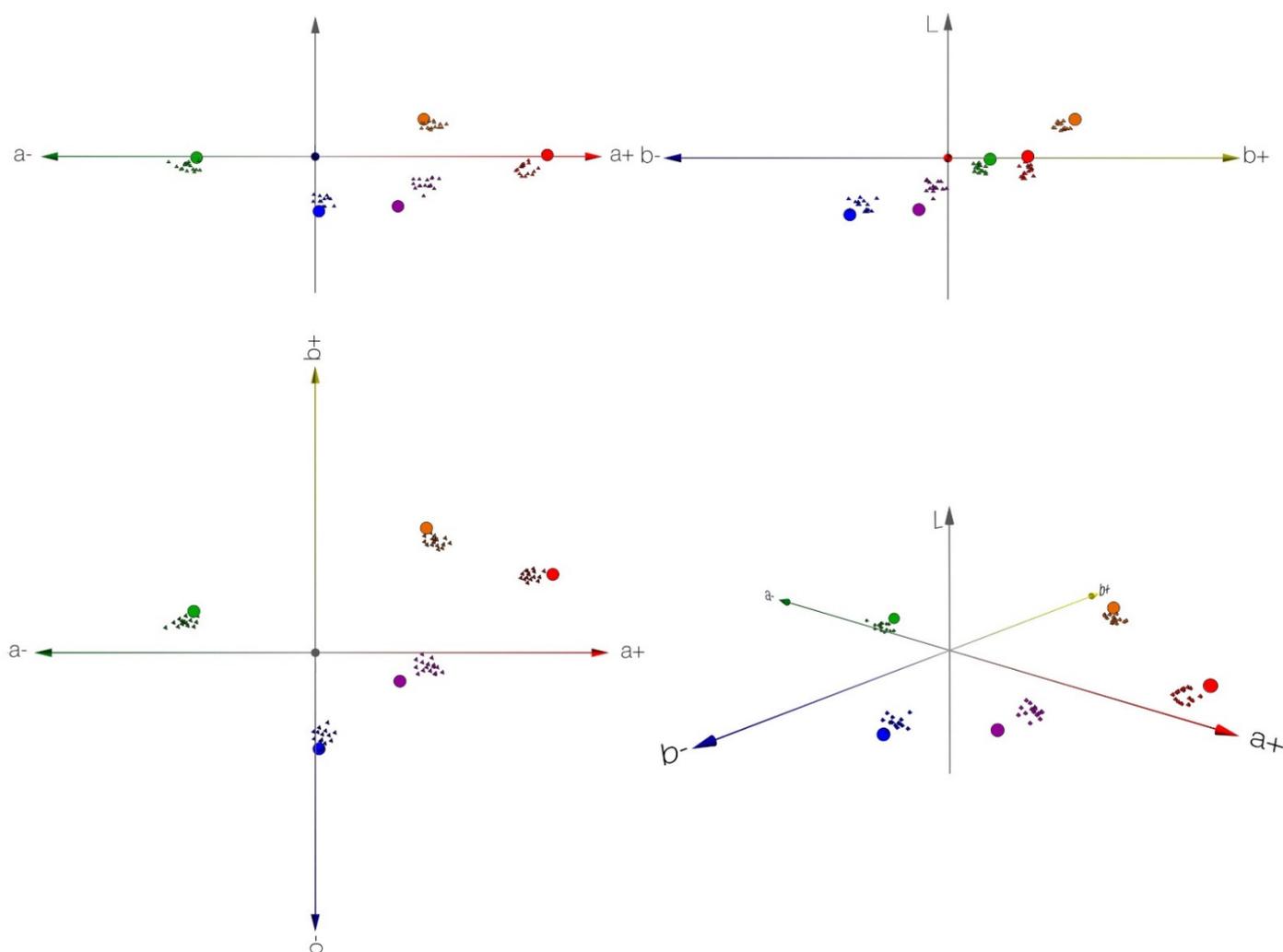
Izračunate razlike boja instrumentalnih merenja i prosečnih vrednosti prijavljenih boja dobijenih od ispitanika prikazane su u tabeli 9.18.

Tabela 9.18. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje

Boja	Razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)
Crvena	5.43
Ljubičasta	8.65
Narandžasta	4.21
Plava	3.89
Zelena	4.05

Najveća razlika je uočena u slučaju ljubičaste boje $\Delta E_{00} = 8.65$, a najmanja razlika u slučaju plave boje $\Delta E_{00} = 3.89$.

Na slici 9.2. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 5 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.



Slika 9.2. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 u obliku jednostavne ravne površine

Papirni materijal plastificiran mat folijom

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa izrađenih od papirnog materijala plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine su prikazani u tabeli 9.19.

Tabela 9.19. Rezultati instrumentalnih merenja papirnog materijala plastificiranog mat folijom u obliku jednostavne ravne površine

Papirni materijal plastificiran mat folijom			
Boja	L	a	b
Crvena	51.04	56.55	39.47
Ljubičasta	40.66	44.07	-14.55
Narandžasta	67.16	33.48	47.61
Plava	24.54	15.65	-32.75
Zelena	41.46	-31.88	11.70
Žuta	79.86	9.37	76.92

Vrednosti prijavljenih boja objekta 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za svaku boju stimulusa izrađenih od papirnog materijala plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine dati su u tabeli 9.20.

Tabela 9.20. Prijavljene vrednosti boje objekta papira plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	46.06	42.04	41.90	40.55	39.31	-10.18	64.40	27.08	46.38
2	49.52	47.02	41.58	42.75	38.73	-3.55	66.29	29.27	47.19
3	47.47	49.25	42.06	41.49	38.99	-5.97	63.92	28.22	45.24
4	49.52	55.52	45.30	39.60	36.97	-5.65	65.97	29.28	44.92
5	47.79	54.51	43.68	42.75	39.67	-10.99	64.71	31.63	47.19
6	49.84	56.90	41.90	42.91	40.69	-8.40	66.92	30.25	46.05
7	50.62	50.23	45.14	41.02	37.41	-6.95	65.82	31.31	47.51
8	48.58	50.35	42.39	42.44	41.37	-7.59	63.45	29.61	48.97
9	49.52	52.74	45.30	40.86	40.16	-11.64	63.77	25.97	49.94
10	48.58	55.78	42.87	41.02	44.62	-14.88	63.92	27.02	51.23
11	49.21	52.18	42.06	41.02	41.30	-8.24	64.08	26.30	48.16
12	50.47	51.33	43.84	43.22	43.98	-9.70	63.14	30.10	51.23
13	50.47	54.05	44.33	43.22	43.74	-10.83	64.71	28.24	47.35
14	47.00	53.52	41.77	40.23	44.81	-10.99	64.55	30.59	49.61
15	47.63	52.22	42.84	41.18	46.17	-9.21	63.14	29.68	47.02
16	46.06	42.04	41.90	42.59	42.43	-11.82	64.87	27.87	49.64
St. dev.	1.50	4.41	1.35	1.15	2.78	2.82	1.13	1.73	1.96
Prosečna boja	48.65	51.23	43.05	41.68	41.27	-9.16	64.6	28.9	47.98
	Plava			Zelena			Žuta		
1	24.88	8.34	-36.03	44.06	-35.13	10.71	77.95	2.98	75.24
2	27.76	12.84	-37.00	47.84	-35.21	13.45	75.42	7.49	68.92

3	26.97	15.23	-36.03	42.80	-34.62	9.25	77.16	0.50	73.46
4	26.34	6.29	-36.35	45.63	-36.48	11.67	78.10	2.42	69.90
5	26.97	6.74	-37.65	42.95	-36.88	13.13	77.32	0.29	71.19
6	26.97	12.68	-36.37	46.74	-37.12	10.54	78.10	1.71	73.13
7	27.60	12.96	-36.69	44.06	-38.49	12.65	74.79	4.76	70.22
8	26.50	5.98	-35.87	46.26	-34.53	9.57	80.15	5.22	73.78
9	29.65	8.53	-34.25	44.21	-39.62	10.38	76.53	9.23	73.62
10	27.92	8.01	-37.65	46.42	-39.54	11.84	77.63	3.55	73.78
11	27.29	9.27	-36.84	45.95	-36.06	7.79	79.52	5.62	72.16
12	28.39	11.17	-38.13	44.53	-37.75	8.60	77.63	2.68	71.51
13	27.60	14.86	-37.81	45.47	-39.45	8.28	75.11	6.38	74.59
14	26.81	17.09	-36.52	44.37	-38.07	10.87	77.32	7.00	71.51
15	28.07	11.06	-39.43	45.79	-36.53	8.60	75.74	8.43	71.35
16	27.44	11.04	-35.85	42.80	-37.10	9.08	75.90	5.49	70.54
St. dev.	1.04	3.36	1.19	1.50	1.70	1.78	1.51	2.73	1.82
Prosečna boja	27.32	10.76	-36.78	44.99	-37.04	10.4	77.15	4.61	72.18

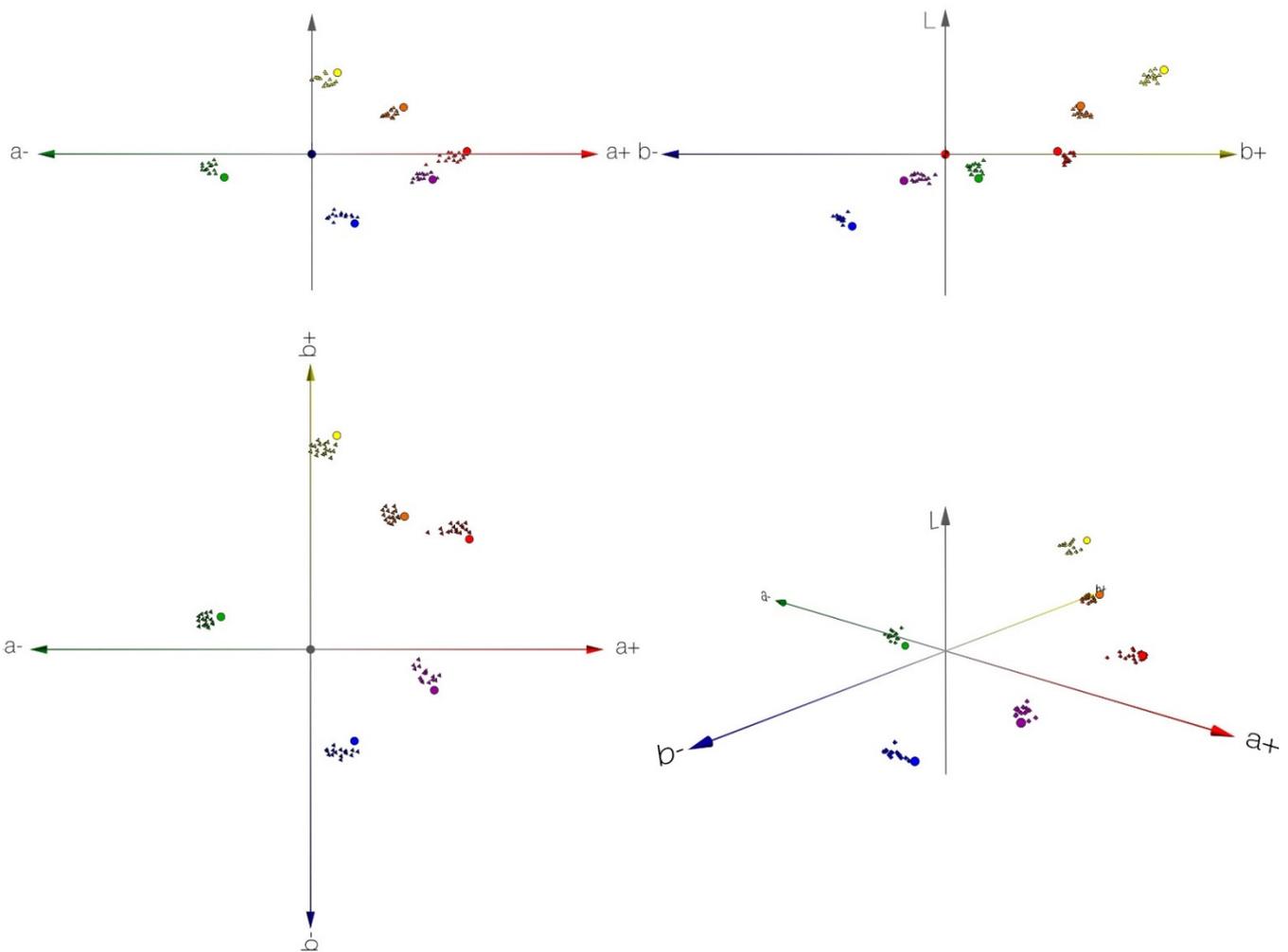
Na slici 9.3. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom stimulusa izrađenih od papirnog materijala plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boji prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.

Izračunate razlike boja između instrumentalnih merenja i prosečnih vrednosti prijavljenih boja dobijenih od ispitanika prikazane su u tabeli 9.21.

Tabela 9.21. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje

Boja	Razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)
Crvena	4.25
Ljubičasta	2.80
Narandžasta	3.41
Plava	5.90
Zelena	4.05
Žuta	3.42

Najveća razlika je uočena u slučaju plave boje $\Delta E_{00} = 5.90$, a najmanja razlika u slučaju ljubičaste boje $\Delta E_{00} = 2.80$.



Slika 9.3. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom prezentovan u obliku jednostavne ravne površine

Papirni materijal plastificiran sjajnom folijom

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa izrađenog od papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom su prikazani u tabeli 9.22.

Tabela 9.22. Rezultati instrumentalnih merenja boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom u obliku jednostavne ravne površine

Papirni materijal plastificiran mat folijom			
Boja	L	a	b
Crvena	56.61	61.65	25.16
Ljubičasta	45.28	41.71	-13.83
Narandžasta	69.15	31.74	45.46
Plava	37.63	14.74	-32.20
Zelena	43.59	-35.65	13.37
Žuta	83.35	9.42	87.19

Vrednosti prijavljenih boja objekta 16 ispitanika za svih 6 boja koje su korišćene za izradu stimulusa, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za svaku boju papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom prikazani su u tabeli 9.23.

Tabela 9.23. Prijavljene vrednosti boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom u obliku jednostavne ravne površine

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	62.56	59.16	27.43	45.13	35.23	-9.70	75.10	30.94	49.99
2	60.96	61.47	30.03	46.44	39.80	-10.48	73.75	29.48	49.34
3	62.64	60.27	28.73	45.26	38.51	-8.65	74.93	29.65	50.64
4	61.29	60.37	27.04	48.04	36.56	-8.78	75.69	27.73	49.47
5	63.23	61.12	25.99	46.02	38.79	-12.30	74.17	32.48	49.34
6	60.96	62.67	26.25	44.25	39.58	-9.18	75.94	30.01	49.34
7	62.30	65.23	25.99	46.61	41.15	-10.22	75.35	27.06	46.25
8	60.79	63.77	29.38	45.26	35.43	-11.13	74.59	31.13	49.08
9	62.81	64.91	28.60	46.44	36.61	-9.83	75.94	29.18	48.56
10	61.21	63.71	26.91	45.01	40.26	-11.65	74.26	32.41	48.69
11	63.65	63.03	30.03	47.28	36.36	-11.65	75.18	31.48	48.82
12	62.56	61.31	27.82	46.61	37.94	-9.57	72.66	33.10	47.26
13	60.45	63.36	28.86	43.14	38.86	-10.22	75.61	30.05	46.86
14	63.06	61.90	27.56	44.80	38.78	-8.15	74.93	30.20	48.04
15	61.21	63.69	27.56	41.04	37.96	-11.78	74.17	31.44	46.86
16	62.14	61.95	28.99	46.19	36.80	-10.48	75.77	31.99	48.17
St. dev.	1.00	1.72	1.33	1.69	1.74	1.23	0.90	1.68	1.23
Prosečna boja	61.99	62.37	27.95	45.47	38.04	-10.24	74.88	30.52	48.54
Ispitanik	Plava			Zelena			Žuta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	43.61	8.81	-32.33	43.94	-38.86	12.45	85.49	8.57	86.54
2	39.65	5.83	-30.24	45.38	-41.45	12.84	83.55	4.68	86.02
3	43.02	7.01	-29.33	46.81	-40.65	11.67	86.16	5.35	81.46
4	44.79	7.02	-30.24	46.05	-34.92	9.54	84.14	2.89	83.29
5	40.83	10.41	-30.49	45.29	-35.41	12.71	84.98	7.33	80.81
6	43.44	9.12	-31.02	46.22	-35.78	8.80	83.89	6.05	85.63
7	41.50	10.31	-29.20	43.61	-37.98	9.19	84.90	3.85	84.98
8	41.42	10.84	-31.28	46.56	-38.23	11.02	83.80	3.99	83.42
9	41.08	11.50	-28.68	45.21	-39.25	10.76	85.66	6.77	83.64
10	43.39	11.12	-32.59	47.14	-34.29	10.37	84.06	7.81	85.76
11	43.61	12.95	-32.33	46.64	-36.23	11.80	85.91	6.93	86.37
12	43.36	11.92	-30.76	45.63	-37.12	12.06	85.23	5.49	82.24
13	41.97	13.23	-29.72	47.14	-35.02	11.67	84.06	5.51	84.20
14	43.02	15.07	-30.50	44.20	-37.61	10.11	85.91	7.61	82.37
15	44.03	14.69	-32.33	46.56	-36.16	9.85	83.30	6.33	83.68
16	41.42	13.00	-31.28	45.63	-36.67	11.41	86.33	7.38	83.94
St. dev.	1.40	2.72	1.21	1.11	2.08	1.27	1.01	1.61	1.76
Prosečna boja	42.51	10.8	-30.77	45.75	-37.23	11.02	84.84	6.03	84.02

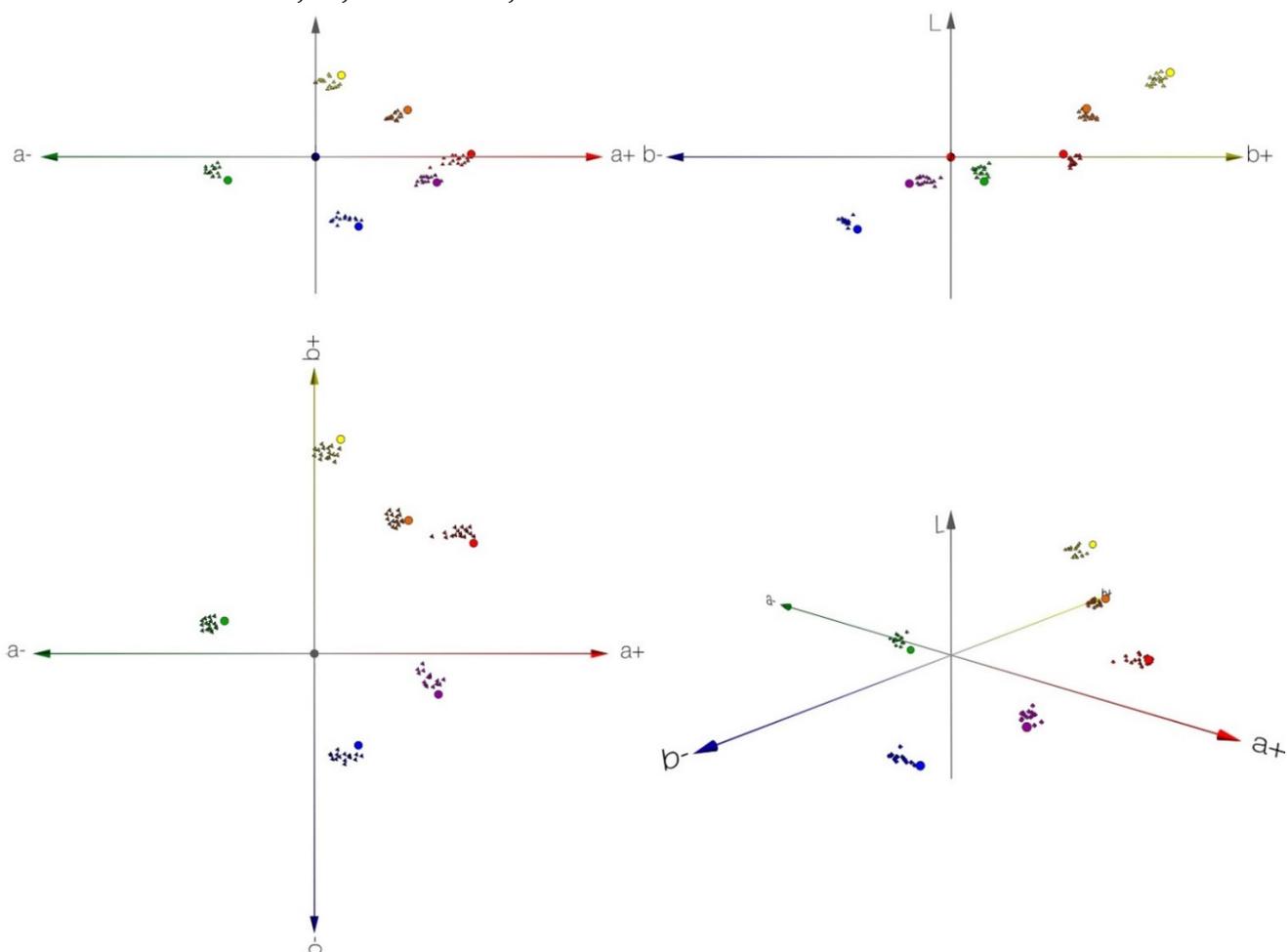
Na slici 9.4. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima boje i prijavljene boje papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom.

Izračunate razlike boja između instrumentalnih merenja i prosečnih vrednosti prijavljenih boja dobijenih od ispitanika prikazane su u tabeli 9.24.

Tabela 9.24. Izračunate razlike izmerenih i prijavljenih vrednosti boje

Boja	Razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)
Crvena	4.94
Ljubičasta	2.02
Narandžasta	4.71
Plava	4.85
Zelena	2.60
Žuta	2.14

Najveća razlika je uočena u slučaju crvene boje $\Delta E_{00} = 4.94$, a najmanja razlika u slučaju ljubičaste boje $\Delta E_{00} = 2.02$.



Slika 9.4. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom prezentovan u obliku jednostavne ravne površine

9.4.2. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku kocke

Analizirani podaci o boji su rezultat izvođenja eksperimenta i instrumentalnih merenja.

Tekstilni materijal 4

Imajući u vidu da su tri stranice stimulusa u obliku kocke vidljive ispitaniku osvetljene pod različitim uglovima što rezultira razlikama u boji svake od stranica, stranice su označene brojevima 1, 2 i 3. Stranica 1 (gornja) je osvetljena direktno najvećim intenzitetom, stranica 2 (leva) je osvetljena direktno manjim intenzitetom, dok stranica 3 (desna) nije osvetljena direktno već sekundarnim izvorima svetlosti. Prosečne vrednosti rezultata instrumentalnih merenja boje svake od stranica stimulusa su prikazani u tabeli 9.25.

Tabela 9.25. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 4

Tekstilni materijal 4									
	Stranica 1			Stranica 2			Stranica 3		
Boja	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Crvena	65.06	78.06	70.97	38.06	50.06	37.97	17.06	31.06	21.97
Ljubičasta	54.06	16.06	-9.03	30.06	10.06	-7.03	13.06	7.06	-3.03
Narandžasta	89.06	45.06	84.97	61.06	32.06	62.97	29.06	20.06	37.97
Plava	38.06	-1.94	-42.03	20.06	-0.94	-30.03	6.06	0.06	-16.03
Zelena	50.06	-34.94	10.97	32.06	-26.94	6.97	11.06	-13.94	4.97
Žuta	98.2	15.06	78.97	72.06	10.06	55.97	36.06	7.06	33.97

Prijavljena boja objekta, standardna devijacija vrednosti i prosečna vrednost prijavljene boje objekta svih 16 ispitanika prikazani su u tabeli 9.26.

Tabela 9.26. Prijavljene vrednosti boje materijala 4 prezentovanog u obliku kocke

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	47.47	51.09	46.91	47.92	15.65	-3.07	68.02	36.53	65.97
2	47.89	51.72	49.25	46.37	13.96	-5.35	66.58	35.13	64.61
3	47.47	52.55	47.74	47.71	17.11	-4.30	67.52	37.59	65.22
4	48.30	53.44	48.56	48.13	17.32	-3.64	66.37	36.27	63.85
5	46.34	53.31	46.78	48.02	18.29	-2.03	67.92	37.66	63.58
6	48.61	55.24	48.01	46.58	18.69	-6.29	66.79	38.36	64.74
7	47.47	54.49	49.52	48.13	19.56	-3.26	67.82	37.39	64.74
8	48.09	55.66	45.68	47.82	17.97	-4.11	66.79	39.29	65.64
9	46.96	55.73	46.85	47.10	20.83	-5.44	67.20	38.80	63.92
10	48.09	52.87	50.63	49.88	21.42	-3.73	66.58	38.51	67.28
11	47.47	56.78	47.26	45.34	20.40	-2.03	67.61	37.36	67.08
12	48.71	54.52	46.30	49.37	18.33	-4.49	66.68	39.31	62.48

13	45.82	53.50	45.47	46.48	22.52	-1.93	67.71	35.45	67.15
14	48.19	58.65	48.84	47.82	21.23	-8.09	65.96	35.65	68.30
15	45.51	56.74	46.30	47.30	23.70	-5.25	66.99	34.95	65.91
16	48.50	55.71	47.26	47.10	24.10	-2.69	67.30	36.58	62.48
St. dev.	0.97	2.03	1.46	1.12	2.82	1.69	0.61	1.45	1.72
Prosečna boja	47.56	54.5	47.59	47.57	19.44	-4.11	67.12	37.18	65.18
	Plava			Zelena			Žuta		
1	37.54	-7.55	-38.75	38.97	-26.23	10.27	74.50	8.88	61.82
2	38.68	-6.78	-38.46	39.90	-27.33	9.96	73.34	8.64	62.37
3	36.93	-7.54	-39.88	38.25	-27.32	11.39	75.31	8.12	63.81
4	37.96	-5.92	-38.46	39.28	-26.06	11.96	76.13	7.26	62.65
5	38.68	-9.43	-38.06	40.73	-25.18	13.46	73.96	6.53	63.88
6	37.85	-5.54	-35.99	38.97	-24.98	10.92	74.89	9.44	63.54
7	37.54	-5.91	-39.88	39.49	-26.19	9.78	73.65	7.35	61.55
8	39.20	-4.20	-36.75	39.28	-24.56	10.25	73.65	10.59	62.51
9	38.27	-4.01	-38.74	39.59	-25.39	11.96	73.76	10.49	64.02
10	35.58	-4.57	-40.07	40.42	-23.08	9.95	73.96	9.21	64.84
11	37.96	-3.34	-35.61	39.80	-25.16	11.77	74.89	7.46	64.98
12	36.62	-1.44	-37.60	38.05	-22.67	11.20	75.10	5.70	62.65
13	38.47	-7.88	-34.57	40.52	-23.79	13.00	75.31	5.52	63.74
14	36.41	-7.88	-36.27	38.98	-22.91	12.43	75.20	8.09	63.68
15	38.68	-6.07	-40.54	41.46	-21.28	11.49	73.86	8.53	62.85
16	37.13	-6.26	-35.04	38.98	-22.02	12.81	75.10	8.56	65.66
St. dev.	0.98	2.02	1.89	0.91	1.84	1.16	0.81	1.48	1.15
Prosečna boja	37.72	-5.9	-37.79	39.54	-24.63	11.41	74.54	8.15	63.41

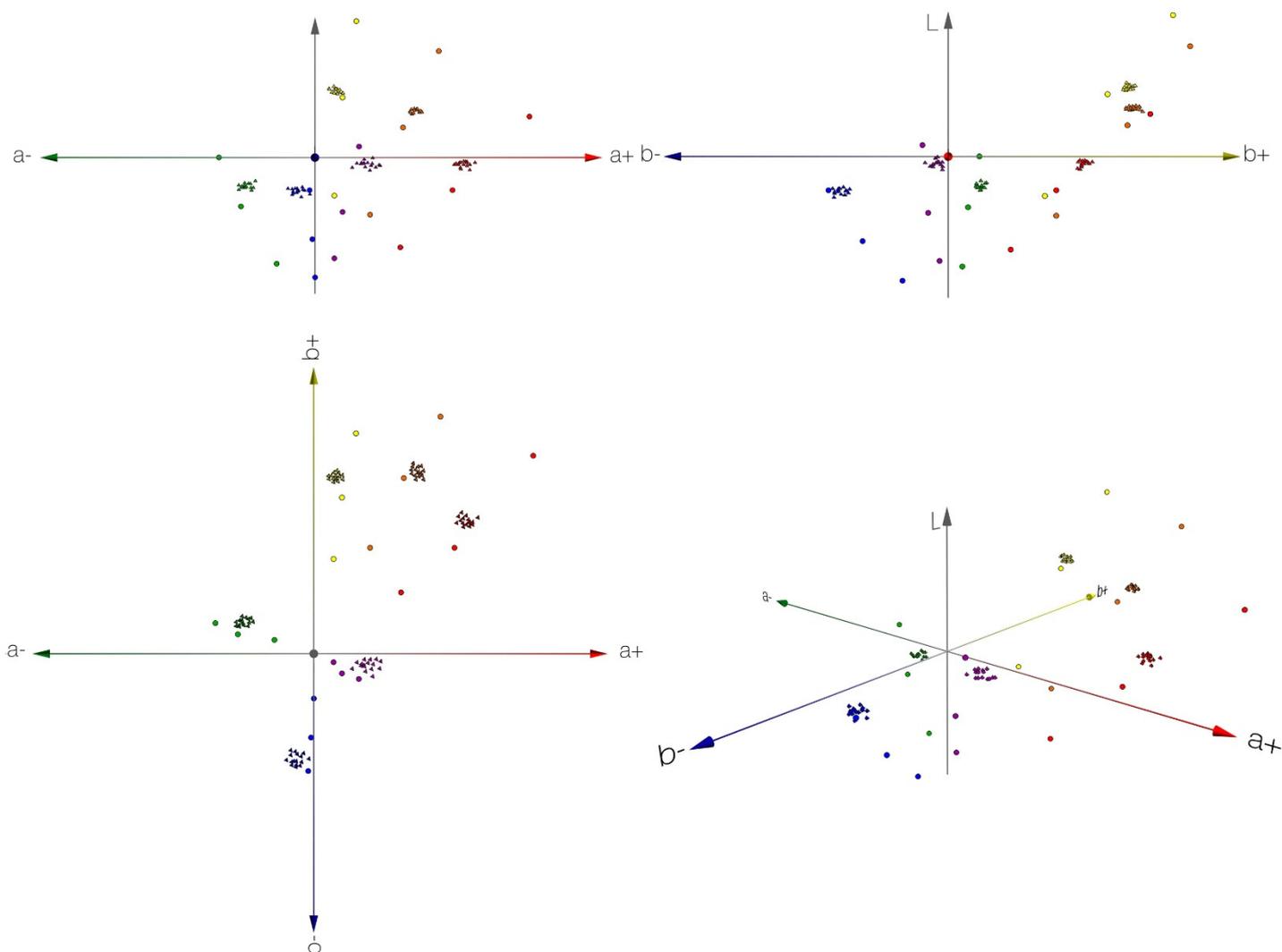
Na slici 9.5. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima boje i prijavljene boje od strane ispitanika, za 6 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku jednostavne ravne površine. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.

Izračunate prosečne vrednosti prijavljene boje objekta su upoređene sa vrednostima boje dobijenim instrumentalnim merenjima kako bi se utvrdilo kojoj kategoriji pripada boja, da li je to boja jedne od stranica, prosečna vrednost boje svih stranica itd. Razlike boja između instrumentalnih merenja boje stranica kocke i prosečnih prijavljenih boja prikazane su u tabeli 9.27.

Tabela 9.27. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata

Boja		Razlika boja ΔE_{00}
Crvena	Stranica 1	17.57
	Stranica 2	9.41
	Stranica 3	26.40

Ljubičasta	Stranica 1	7.68
	Stranica 2	16.87
	Stranica 3	28.46
Narandžasta	Stranica 1	16.16
	Stranica 2	5.55
	Stranica 3	38.67
Plava	Stranica 1	2.05
	Stranica 2	14.66
	Stranica 3	25.50
Zelena	Stranica 1	11.00
	Stranica 2	7.02
	Stranica 3	22.01
Žuta	Stranica 1	16.05
	Stranica 2	3.30
	Stranica 3	37.48



Slika 9.5. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 prezentovan u obliku kocke

Tekstilni materijal 3

Prosečne vrednosti rezultata instrumentalnih merenja boje svake od stranica stimulusa u obliku kocke izrađenog od tekstilnog materijala 3 su prikazane u tabeli 9.28.

Tabela 9.28. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od tekstilnog materijala 3

Tekstilni materijal 3									
Boja	Stranica 1			Stranica 2			Stranica 3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Crvena	69.23	83.59	57.43	47.56	58.86	40.94	26.43	33.22	22.32
Ljubičasta	52.50	52.55	-11.05	31.58	32.55	-6.92	17.52	18.55	-4.99
Narandžasta	89.44	37.99	79.27	57.94	25.90	51.64	33.19	17.32	32.89
Plava	33.85	7.93	-48.63	19.41	3.70	-31.75	9.60	1.31	-15.53
Zelena	55.32	-63.32	16.88	34.84	-42.25	8.97	19.10	-21.97	4.86

Prijavljena boja objekta, standardna devijacija vrednosti i prosečna vrednost prijavljene boje objekta svih 16 ispitanika prikazani su u tabeli 9.29.

Tabela 9.29. Prijavljene vrednosti boje materijala 3 prezentovanog u obliku kocke

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	55.37	61.49	46.27	45.27	45.68	-5.96	64.64	38.62	58.84
2	56.00	59.04	44.68	41.33	47.36	-5.13	64.01	40.51	55.28
3	51.90	59.42	46.46	44.96	45.16	-4.16	61.34	36.14	54.10
4	56.00	61.74	44.68	42.28	47.49	-7.89	63.85	34.00	55.42
5	55.84	59.70	47.92	44.64	45.13	-6.75	62.75	40.45	59.79
6	53.48	57.82	45.33	45.59	44.23	-5.46	65.11	36.88	57.86
7	56.47	57.71	46.78	41.80	44.46	-8.05	64.32	40.58	59.30
8	53.32	61.82	47.59	43.75	48.89	-6.59	63.53	40.23	61.09
9	53.63	58.64	48.56	44.80	43.62	-6.59	64.64	38.75	57.69
10	56.63	56.60	45.00	41.96	43.52	-4.65	64.17	41.48	58.18
11	56.00	57.14	47.27	44.96	46.66	-9.67	63.85	36.28	61.73
12	52.69	55.58	45.16	41.80	42.68	-8.86	64.48	34.96	58.02
13	55.84	57.26	48.56	43.43	40.32	-10.15	64.48	34.61	60.44
14	52.69	54.24	46.62	42.12	41.36	-7.08	64.48	38.31	61.42
15	52.37	54.63	48.24	44.64	38.67	-9.18	64.95	37.15	56.58
16	52.69	54.68	43.22	42.28	41.49	-9.18	64.64	41.34	59.96
St. dev.	1.71	2.49	1.59	1.50	2.79	1.86	0.93	2.49	2.28
Prosečna boja	54.43	57.97	46.40	43.48	44.17	-7.21	64.08	38.14	58.48
	Plava			Zelena					
1	31.98	6.63	-32.26	44.40	-43.34	7.27			
2	29.12	7.12	-34.69	47.55	-43.01	8.24			
3	33.06	6.80	-32.10	47.55	-43.65	8.40			
4	29.43	4.37	-32.42	45.50	-44.78	6.94			
5	31.95	5.51	-33.23	46.76	-46.07	9.05			
6	29.43	4.05	-32.58	44.87	-43.97	9.53			

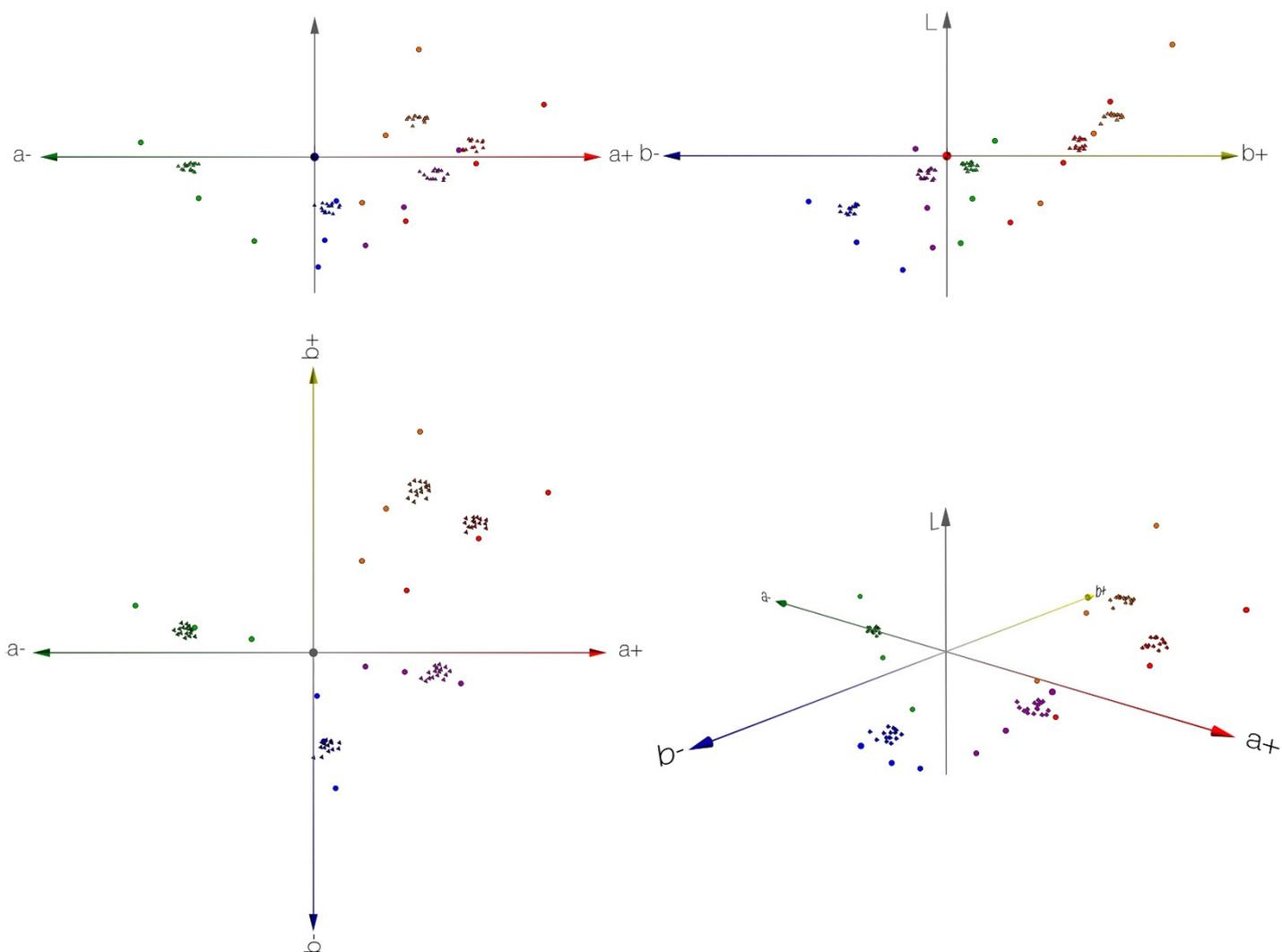
7	32.27	9.56	-32.26	47.39	-41.86	5.81
8	29.59	5.68	-35.33	45.03	-44.77	10.34
9	32.58	6.49	-31.61	47.39	-46.87	7.10
10	30.06	4.23	-34.04	45.19	-47.35	8.56
11	32.74	4.88	-31.29	46.92	-43.79	5.97
12	31.20	2.94	-33.88	45.50	-47.99	6.62
13	33.06	3.26	-32.10	46.60	-46.69	10.67
14	31.48	9.26	-34.36	46.60	-49.28	8.08
15	30.22	3.27	-37.44	47.23	-45.39	5.32
16	32.27	0.36	-37.60	44.32	-44.34	8.47
St. dev.	1.42	2.38	1.93	1.17	2.02	1.57
Prosečna boja	31.28	5.28	-33.57	46.18	-45.2	7.9

Na slici 9.6. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima boje i prijavljene boje od strane ispitanika, za 5 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku kocke. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.

Izračunate prosečne vrednosti prijavljene boje objekta su upoređene sa vrednostima boje dobijenim instrumentalnim merenjima prikazane su u tabeli 9.30.

Tabela 9.30. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata

Boja		Razlika boja ΔE_{00}
Crvena	Stranica 1	14.20
	Stranica 2	7.39
	Stranica 3	26.71
Ljubičasta	Stranica 1	8.60
	Stranica 2	11.88
	Stranica 3	23.72
Narandžasta	Stranica 1	19.53
	Stranica 2	7.65
	Stranica 3	32.32
Plava	Stranica 1	5.56
	Stranica 2	8.73
	Stranica 3	17.01
Zelena	Stranica 1	10.98
	Stranica 2	10.13
	Stranica 3	23.56



Slika 9.6. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 prezentovan u obliku kocke

Papirni materijal plastificiran mat folijom

Prosečne vrednosti rezultata instrumentalnih merenja boje svake od stranica stimulusa izrađenog od papirnog materijala plastificiranog mat folijom su prikazani su u tabeli 9.31.

Tabela 9.31. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od papira plastificiranog mat folijom

Papirni materijal plastificiran mat folijom									
Boja	Stranica 1			Stranica 2			Stranica 3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Crvena	65.05	78.02	71.00	44.05	55.02	49.00	21.05	31.02	25.00
Ljubičasta	48.05	54.02	-15.00	28.05	34.02	-9.00	13.05	20.02	-5.00
Narandžasta	85.05	45.02	80.00	53.05	30.02	54.00	28.05	19.02	31.00
Plava	26.05	13.02	-51.00	16.05	9.02	-32.00	6.05	3.02	-16.00
Zelena	52.05	-64.98	9.00	31.05	-41.98	7.00	15.05	-20.98	4.00
Žuta	98.00	5.02	96.25	70.05	4.02	68.00	36.05	2.02	39.00

Prijavljena boja objekta, standardna devijacija vrednosti i prosečna vrednost prijavljene boje objekta svih 16 ispitanika prikazani su u tabeli 9.32.

Tabela 9.32. Prijavljene vrednosti boje papira plastificiranog mat folijom prezentovanog u obliku kocke

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	52.27	64.78	58.75	43.67	45.56	-18.95	63.73	27.82	61.85
2	52.90	63.12	53.90	41.00	42.43	-18.79	59.48	25.34	58.45
3	53.06	69.42	56.97	45.88	42.86	-14.42	64.05	25.45	60.39
4	55.90	69.72	56.97	43.99	42.81	-16.20	61.53	25.89	62.33
5	52.43	70.66	60.21	45.25	44.86	-20.90	63.73	26.81	58.93
6	52.59	69.50	60.53	43.20	44.32	-17.66	61.84	27.73	57.48
7	49.59	71.74	54.22	46.82	44.43	-15.23	63.89	33.34	58.61
8	53.06	69.93	57.62	46.04	46.81	-17.17	64.21	29.57	57.15
9	52.43	69.26	57.94	43.04	50.15	-14.90	61.06	31.14	61.20
10	52.27	66.32	56.32	46.35	47.67	-12.96	63.58	28.50	60.71
11	52.12	67.58	59.24	46.19	49.56	-16.04	64.68	31.52	58.45
12	53.69	69.50	55.84	43.04	47.08	-14.42	64.52	31.64	60.07
13	52.75	71.58	59.72	46.35	43.47	-13.13	62.95	29.48	60.87
14	51.96	72.82	56.16	47.30	48.27	-13.93	64.52	28.14	59.26
15	50.70	71.06	57.63	42.73	49.19	-19.76	60.90	29.85	58.45
16	52.27	64.78	58.75	47.77	45.42	-13.60	63.58	29.03	60.25
St. dev.	1.32	2.79	1.97	1.97	2.53	2.49	1.56	2.34	1.53
Prosečna boja	52.50	68.86	57.55	44.91	45.93	-16.13	63.02	28.83	59.65
	Plava			Zelena			Žuta		
1	23.51	6.43	-43.43	48.44	-40.33	7.22	77.35	13.89	70.68
2	26.19	3.64	-39.38	46.23	-39.03	5.07	76.72	7.54	68.41
3	22.57	6.04	-38.57	47.96	-37.83	8.15	78.92	9.28	67.44
4	26.98	5.04	-40.19	45.60	-42.80	3.46	75.45	6.49	67.60

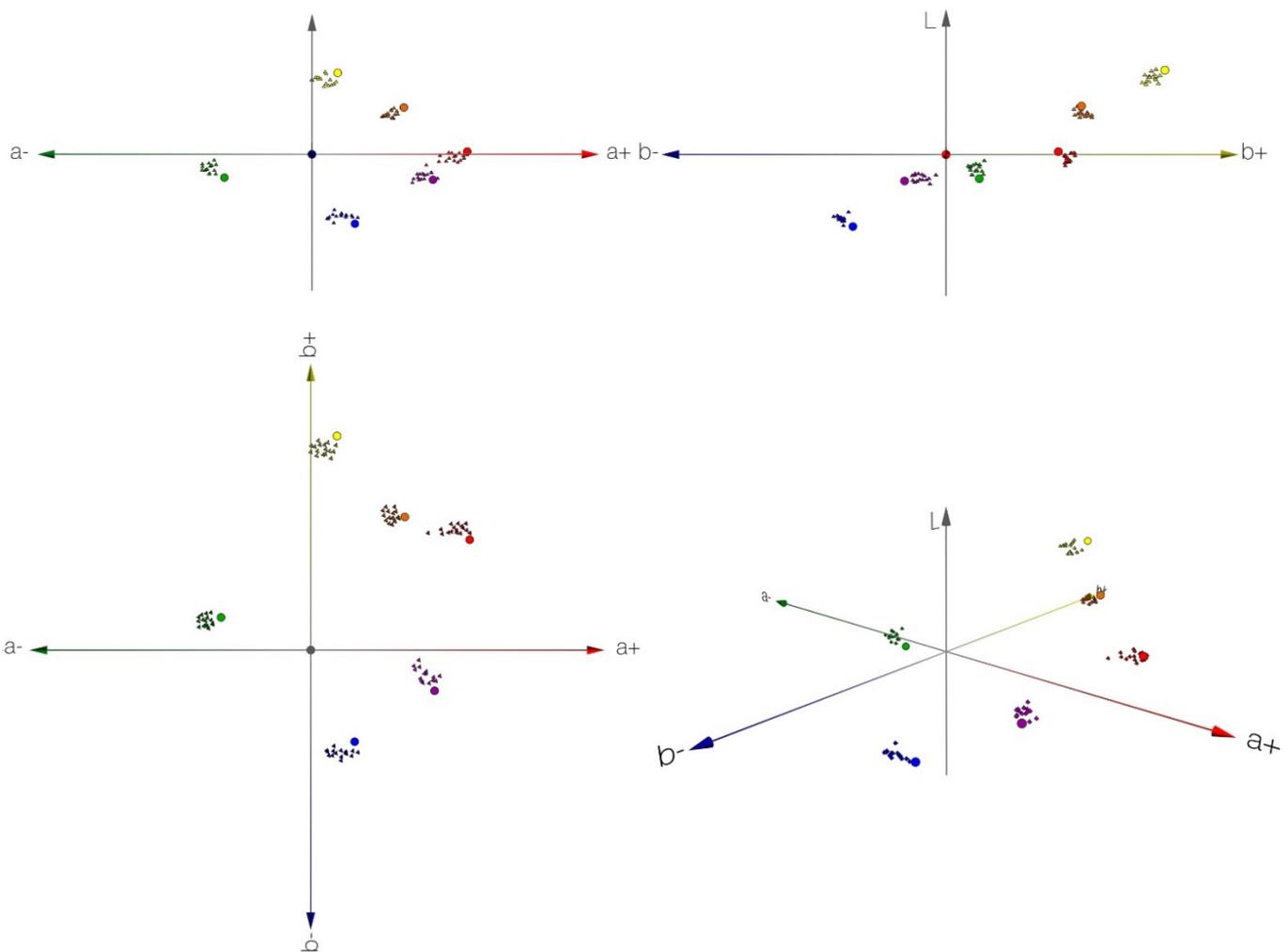
5	21.15	5.49	-41.16	48.44	-44.54	3.62	78.29	4.03	67.28
6	23.04	3.19	-42.46	42.61	-43.37	8.47	74.22	2.53	64.69
7	23.51	6.88	-39.54	45.60	-43.33	6.05	77.98	5.73	66.31
8	25.72	7.33	-39.54	47.81	-39.89	9.12	76.72	8.45	65.82
9	23.20	8.60	-41.81	46.70	-42.95	6.66	76.72	6.47	69.71
10	26.03	8.08	-38.09	48.75	-39.00	4.59	77.35	7.73	67.76
11	23.51	13.06	-41.16	45.92	-40.90	5.56	77.82	11.25	66.63
12	26.66	9.31	-40.68	48.12	-45.07	5.88	76.40	10.89	70.84
13	22.72	9.12	-40.84	47.02	-45.68	7.99	78.29	8.43	67.12
14	27.61	10.54	-42.46	47.02	-46.30	4.87	77.35	11.46	68.74
15	22.09	9.70	-39.06	48.75	-47.05	7.18	78.45	10.13	66.96
16	26.98	10.78	-39.54	47.81	-43.78	7.18	76.40	8.48	69.71
St. dev.	2.07	2.71	1.52	1.61	2.82	1.71	1.21	2.91	1.73
Prosečna boja	24.47	7.7	-40.49	47.05	-42.62	6.32	77.15	8.3	67.86

Na slici 9.7. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima boje i prijavljene boje od strane ispitanika. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.

Prosečne vrednosti prijavljene boje objekta su upoređene sa vrednostima boje dobijenim instrumentalnim merenjima, izračunate razlike boja prikazane su u tabeli 9.33.

Tabela 9.33. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata

Boja		Razlika boja ΔE_{00}
Crvena	Stranica 1	11.78
	Stranica 2	9.15
	Stranica 3	29.39
Ljubičasta	Stranica 1	4.10
	Stranica 2	14.99
	Stranica 3	26.79
Narandžasta	Stranica 1	17.44
	Stranica 2	9.38
	Stranica 3	34.75
Plava	Stranica 1	2.55
	Stranica 2	7.90
	Stranica 3	16.29
Zelena	Stranica 1	8.23
	Stranica 2	13.90
	Stranica 3	26.65
Žuta	Stranica 1	14.99
	Stranica 2	5.90
	Stranica 3	39.02



Slika 9.7. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom u obliku kocke

Papirni materijal plastificiran sjajnom folijom

Prosečne vrednosti rezultata instrumentalnih merenja boje svake od stranica stimulusa izrađenog od papirnog materijala plastificiranog sjajnom folijom su prikazani tabeli 9.34.

Tabela 9.34. Rezultati instrumentalnih merenja boje tri stranice stimulusa izrađenog od papira plastificiranog sjajnom folijom

Papirni materijal plastificiran sjajnom folijom									
Boja	Stranica 1			Stranica 2			Stranica 3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Crvena	66.68	76.16	34.56	47.09	53.71	25.59	24.12	33.53	14.63
Ljubičasta	49.00	15.63	-12.70	31.19	13.30	-9.99	16.12	13.68	-10.06
Narandžasta	87.82	50.50	65.20	55.39	36.06	41.29	31.34	20.73	22.46
Plava	45.78	5.88	-48.03	27.16	2.29	-32.00	6.35	0.54	-15.98
Zelena	55.32	-35.49	8.96	34.57	-32.30	4.11	16.73	-26.81	3.75
Žuta	99.76	2.29	98.20	70.98	2.97	69.15	55.34	-1.78	37.51

Prijavljena boja objekta, standardna devijacija vrednosti i prosečna vrednost prijavljene boje objekta svih 16 ispitanika prikazani su u tabeli 9.35.

Tabela 9.35. Prijavljene vrednosti boje papira plastificiranog sjajnom folijom prezentovanog u obliku kocke

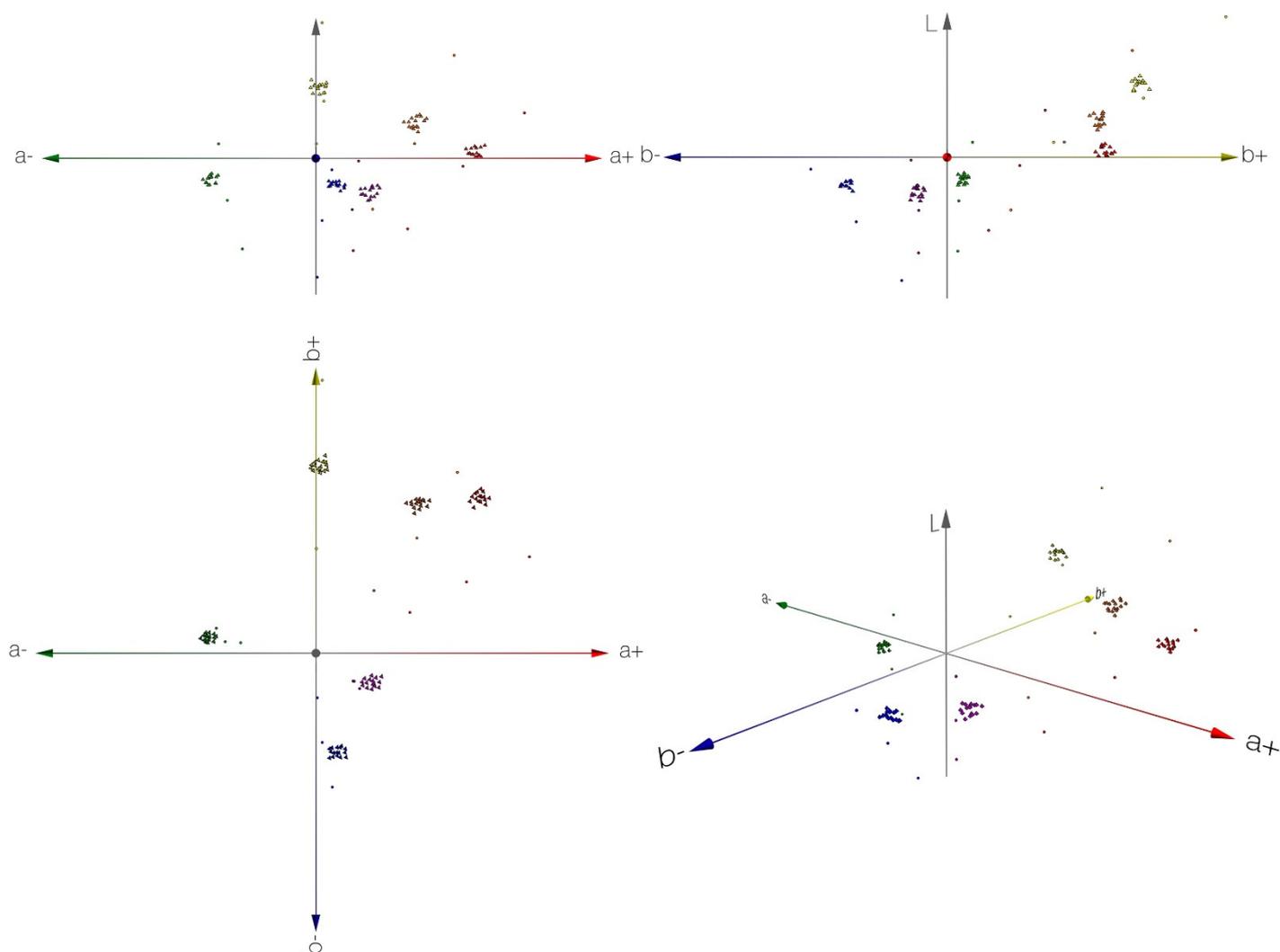
Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.92	56.59	52.28	38.78	16.76	-10.33	63.34	34.32	54.26
2	54.45	58.38	54.50	36.73	16.96	-11.50	63.34	32.55	53.87
3	50.51	59.18	56.19	38.31	20.16	-7.98	61.61	34.43	53.35
4	54.76	62.07	55.67	36.89	17.63	-9.02	64.76	35.40	50.23
5	50.51	60.79	53.32	39.10	20.69	-11.24	61.29	35.32	52.18
6	51.92	59.12	58.93	36.42	18.55	-12.41	65.55	37.20	51.66
7	53.50	55.20	54.47	39.10	23.67	-8.34	61.77	35.95	55.18
8	51.77	56.03	56.19	34.53	19.47	-9.41	63.81	36.76	54.38
9	50.98	60.22	56.06	40.04	22.92	-10.33	60.82	36.06	53.74
10	53.66	57.12	57.36	35.95	20.52	-9.93	66.02	38.31	54.91
11	51.45	57.40	55.41	39.10	21.24	-11.76	61.77	37.22	55.31
12	53.82	58.99	54.37	35.95	21.70	-8.76	64.60	40.79	54.79
13	51.45	57.83	57.88	38.94	18.38	-10.59	61.45	37.59	54.00
14	54.13	60.59	55.02	37.05	22.75	-12.28	63.81	39.99	52.70
15	50.51	58.66	56.32	34.84	20.21	-12.89	59.72	37.70	52.96
16	51.22	59.95	58.01	39.88	20.96	-10.72	65.39	38.80	54.66
St. dev.	1.51	1.87	1.77	1.77	2.09	1.49	1.90	2.15	1.40
Prosečna boja	52.29	58.29	55.75	37.6	20.16	-10.47	63.07	36.77	53.64
	Plava			Zelena			Žuta		
1	40.33	11.03	-37.28	43.94	-38.24	3.91	74.10	3.60	71.26
2	39.66	5.12	-37.55	43.09	-37.85	4.95	75.99	-1.48	66.76
3	38.01	9.41	-33.24	40.15	-38.89	3.91	78.82	-1.23	67.91
4	39.07	10.77	-34.29	44.45	-37.61	5.99	76.93	-0.07	68.85
5	41.68	5.13	-34.29	42.76	-39.04	4.82	76.78	4.09	67.81
6	40.75	7.85	-33.76	40.99	-36.18	4.17	75.52	1.21	66.37
7	40.41	6.35	-37.15	43.77	-35.27	6.12	77.09	2.79	68.98
8	39.82	5.66	-35.33	43.35	-37.75	7.43	76.62	0.02	67.68
9	40.84	6.01	-33.90	40.32	-38.41	5.99	76.30	1.18	69.63
10	39.74	10.66	-35.59	43.18	-35.94	5.60	73.78	-0.66	65.83
11	41.68	8.92	-33.77	40.82	-36.08	6.91	77.72	4.29	66.24
12	41.34	6.67	-35.72	42.68	-38.82	6.38	76.30	3.89	68.72
13	40.16	7.93	-36.76	41.25	-39.61	4.69	73.47	1.79	65.72
14	41.51	7.76	-35.59	42.85	-38.96	7.43	76.93	1.78	65.07
15	40.33	9.02	-37.31	41.08	-39.75	6.38	73.94	3.20	65.72
16	39.74	8.48	-35.72	42.26	-40.80	5.34	76.78	2.02	67.28
St. dev.	1.00	1.97	1.45	1.36	1.55	1.15	1.53	1.92	1.69
Prosečna boja	40.32	7.92	-35.45	42.31	-38.07	5.63	76.07	1.65	67.49

Na slici 9.8. prikazani su podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima boje i prijavljene boje od strane ispitanika. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja.

Prosečne vrednosti prijavljene boje objekta su upoređene sa vrednostima boje dobijenim instrumentalnim merenjima, izračunate razlike boja prikazane su u tabeli 9.36.

Tabela 9.36. Izračunate razlike izmerenih boja svake od stranica i prijavljenih vrednosti boje objekata

Boja		Razlika boja ΔE_{00}
Crvena	Stranica 1	19.10
	Stranica 2	14.24
	Stranica 3	29.32
Ljubičasta	Stranica 1	11.11
	Stranica 2	6.95
	Stranica 3	16.59
Narandžasta	Stranica 1	18.60
	Stranica 2	8.59
	Stranica 3	33.20
Plava	Stranica 1	8.64
	Stranica 2	11.05
	Stranica 3	25.45
Zelena	Stranica 1	13.17
	Stranica 2	7.06
	Stranica 3	20.22
Žuta	Stranica 1	16.47
	Stranica 2	3.88
	Stranica 3	19.26



Slika 9.8. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom u obliku kocke

9.4.3. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku cilindra

Tekstilni materijal 4

Cilindrični oblici osvetljeni jednim izvorom svetlosti zbog zakrivljenog oblika površine reflektuju velik broj svetlosnih zraka različitih osobina, tj. boje. Čovek boju cilindričnog objekta doživljava kao jedinstvenu pa se postavlja pitanje koje od reflektovanih „boja“ utiču na odluku o konačnoj boji i koliki je njihov značaj.

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa cilindričnog oblika izrađenih od tekstilnog materijala 4 su prikazani u tabeli 9.37.

Tabela 9.37. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obodu cilindra

R.b.	Tekstilni materijal 4																	
	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta			Plava			Zelena			Žuta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.82	62.29	45.44	43.81	13.21	-8.15	23.79	13.51	21.54	7.00	-5.59	-10.34	7.81	-7.11	5.72	96.93	12.76	71.61
2	53.51	64.06	50.16	45.54	14.30	-10.64	23.64	16.78	40.75	3.54	-3.98	-10.19	4.81	-7.03	0.00	100.00	14.20	77.50
3	54.95	66.16	51.60	48.50	15.06	-6.22	24.57	19.63	33.73	6.42	0.93	-10.66	7.25	-13.03	1.05	98.00	15.25	78.60
4	55.90	66.00	48.11	48.47	15.13	-7.90	26.13	20.14	39.24	4.11	-0.07	-14.44	7.02	-11.86	3.39	97.78	14.80	74.15
5	56.24	67.41	52.17	46.95	14.08	-5.51	30.83	22.10	32.03	5.72	-1.50	-18.03	7.65	-9.59	-1.16	92.46	13.41	71.92
6	56.24	67.41	52.17	44.42	13.28	-6.67	43.18	26.59	51.90	9.56	0.17	-19.74	10.65	-11.70	5.84	82.41	12.25	62.34
7	52.87	62.54	52.16	41.79	12.80	-7.66	56.75	31.22	61.66	13.91	-3.33	-25.08	14.23	-16.56	5.16	79.68	12.10	61.34
8	47.31	57.05	43.86	37.05	11.36	-6.64	66.74	35.62	66.27	22.13	-0.25	-31.29	19.99	-20.59	6.51	69.87	10.70	54.74
9	39.40	51.10	37.54	32.35	11.36	-6.64	74.12	39.28	73.11	27.29	-2.87	-31.12	28.98	-23.29	6.55	60.78	9.57	46.65
10	35.00	47.29	41.16	25.00	8.69	-3.99	79.07	42.25	80.86	30.50	-2.89	-36.29	34.70	-25.22	7.99	48.55	7.60	42.53
11	28.98	40.51	34.48	19.04	8.25	-6.76	84.86	44.60	83.26	31.61	-1.94	-37.58	36.15	-26.53	10.94	40.35	6.88	37.43
12	23.09	42.55	39.80	9.51	11.58	-7.14	80.28	39.53	76.65	32.78	-2.06	-39.21	42.56	-31.26	9.78	34.28	6.71	29.82
13	18.62	29.13	27.76	9.41	5.67	-6.18	84.87	44.21	86.80	29.66	-1.62	-40.15	44.32	-33.07	9.00	31.02	6.50	28.54

Rezultati eksperimenta, odnosno prijavljene boje svih 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za boju prikazani su u tabeli 9.38.

Tabela 9.38. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku cilindra

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	55.05	60.42	48.08	49.17	15.44	-3.09	83.41	38.75	75.01
2	56.48	59.29	49.38	50.42	15.33	-6.38	84.85	40.16	76.26
3	54.70	61.29	46.70	49.72	13.55	-5.00	82.86	35.69	76.46
4	56.07	57.78	49.30	50.37	16.77	-6.28	84.92	42.09	74.61
5	55.39	58.77	50.35	48.98	15.71	-7.86	82.04	39.94	74.89
6	56.14	58.84	46.12	50.42	18.42	-5.13	85.05	41.38	76.17
7	56.00	55.17	48.88	50.65	18.49	-3.47	81.97	41.09	73.37

8	53.95	58.73	47.44	48.89	15.80	-4.17	86.08	37.98	73.21
9	55.73	57.31	50.60	50.28	17.73	-2.97	84.98	38.36	76.26
10	55.18	60.20	51.18	50.70	19.51	-6.23	82.45	38.43	75.14
11	55.73	56.95	47.36	48.98	13.49	-6.94	84.44	37.20	75.43
12	55.59	58.52	49.35	50.42	19.45	-4.98	82.52	36.32	74.61
13	56.07	56.01	49.77	48.84	17.56	-6.58	85.19	37.98	75.72
14	54.57	55.83	47.94	50.65	19.74	-9.07	85.26	36.81	73.20
15	55.25	58.15	48.03	50.93	15.04	-4.98	84.16	39.56	76.75
16	56.48	61.77	49.38	50.89	17.60	-9.20	84.64	38.78	72.50
St. dev.	0.71	1.91	1.43	0.78	2.02	1.92	1.31	1.83	1.32
Prosečna boja	55.52	54.5	58.44	50.02	16.85	-5.77	84.05	38.78	74.97
	Plava			Zelena			Žuta		
1	34.39	-4.80	-43.91	43.02	-30.89	4.22	94.96	9.68	74.84
2	36.44	-0.86	-40.92	41.26	-29.52	4.22	96.34	11.63	73.80
3	35.70	-3.30	-42.57	43.63	-28.15	4.22	93.79	7.02	74.04
4	33.19	-1.12	-43.30	43.02	-26.77	4.22	95.64	6.30	76.72
5	35.83	-1.78	-41.58	44.05	-29.45	6.39	97.26	8.25	72.83
6	35.97	-2.56	-40.92	43.53	-29.92	8.24	94.02	12.63	75.74
7	34.21	-0.02	-43.24	41.16	-26.70	6.02	96.57	6.07	72.34
8	36.11	-0.71	-42.20	43.43	-32.34	6.88	96.80	9.72	73.31
9	36.71	-0.95	-45.04	43.53	-30.46	4.88	94.25	9.00	77.93
10	33.74	-2.27	-44.28	43.84	-28.49	6.39	96.34	10.22	71.13
11	35.41	-3.57	-44.46	43.43	-29.07	5.37	96.34	7.55	78.66
12	35.88	-4.93	-42.39	43.94	-30.77	6.59	94.72	13.39	75.01
13	36.34	0.85	-40.68	40.95	-30.28	6.39	96.11	8.53	71.13
14	37.83	-0.02	-39.15	45.41	-30.76	2.95	95.87	8.78	76.72
15	35.79	-2.23	-39.70	43.63	-31.97	5.53	93.79	10.00	72.10
16	35.55	-1.40	-46.97	44.46	-29.71	6.72	95.87	10.74	76.47
St. dev.	1.18	1.67	2.08	1.21	1.61	1.37	1.13	2.11	2.35
Prosečna boja	35.57	-1.85	-42.58	43.27	-29.7	5.58	95.54	9.34	74.55

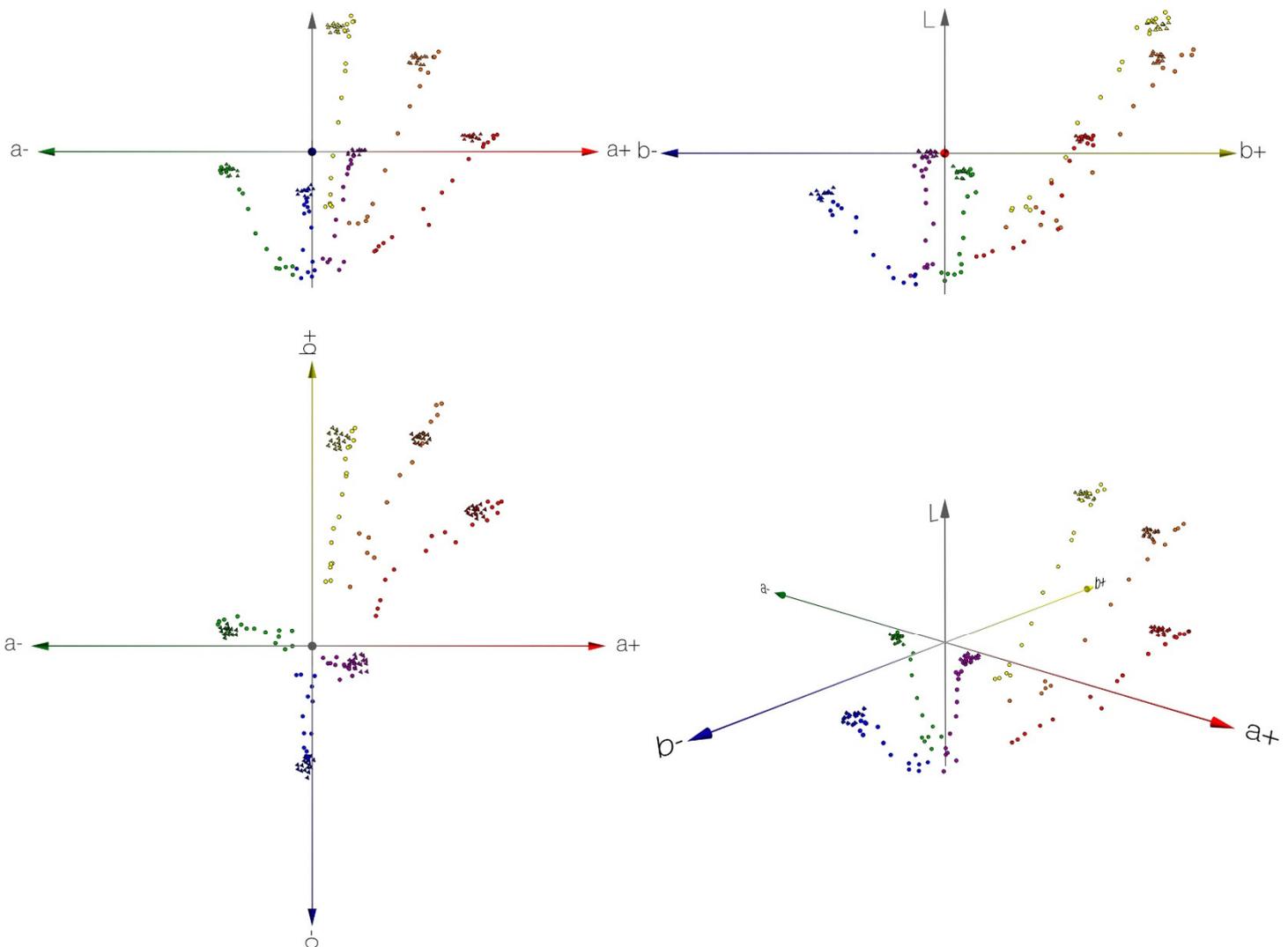
U tabeli 9.39. prikazane su izračunate razlike instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra i prosečne prijavljene boje objekta kako bi se utvrdilo kojoj od reflektovanih boja je najpribližnija boja objekta.

Tabela 9.39. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta

R.b.	Crvena	Ljubičasta	Narandžasta	Plava	Zelena	Žuta
	ΔE_{00}					
1	8.94	6.90	60.50	23.80	29.79	2.53
2	7.11	5.94	59.23	25.48	31.41	3.77
3	7.05	2.02	58.21	26.06	28.10	3.59
4	8.33	2.52	55.75	25.27	28.45	3.55
5	7.29	3.62	50.26	22.98	29.12	3.30
6	7.29	6.13	34.79	21.24	26.55	9.27
7	6.07	8.61	21.30	16.71	23.22	11.04

8	10.88	12.75	12.77	11.42	18.96	18.18
9	17.97	16.37	6.98	7.36	12.37	25.77
10	20.38	22.22	3.67	4.37	7.96	36.60
11	25.42	26.30	2.19	3.58	7.39	45.04
12	28.87	31.53	2.58	2.48	2.66	52.24
13	33.04	32.73	2.63	4.81	2.53	56.07

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 6 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku cilindra prikazani su na slici 9.9. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra.



Slika 9.9. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 4 u cilindričnom obliku

Tekstilni materijal 3

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa cilindričnog oblika izrađenih od tekstilnog materijala 3 su prikazani u tabeli 9.40.

Tabela 9.40. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obodu cilindra

R.b.	Tekstilni materijal 3														
	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta			Plava			Zelena		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	35.70	56.70	47.25	17.11	12.74	-8.54	53.68	54.72	65.73	15.17	-8.43	-23.63	28.99	-30.40	13.90
2	41.47	60.92	46.37	15.49	18.11	-17.00	57.62	57.36	66.47	18.23	-5.47	-27.75	34.64	-30.49	8.29
3	44.17	61.43	50.26	18.11	18.84	-16.05	59.60	58.41	63.94	22.03	-5.92	-28.90	44.14	-34.67	7.36
4	50.90	61.11	50.18	22.75	17.40	-16.96	65.76	58.51	61.23	29.29	-6.62	-27.46	51.84	-39.20	13.30
5	54.83	60.31	43.41	23.73	18.56	-13.30	71.79	58.83	62.43	41.34	-5.72	-22.58	65.68	-42.24	14.16
6	62.42	58.48	39.25	30.82	17.34	-12.54	82.65	58.76	63.81	48.37	-5.37	-20.90	71.82	-41.28	15.21
7	52.04	56.79	41.91	38.47	17.18	-9.40	84.83	57.83	60.83	39.10	-5.33	-22.08	59.62	-36.06	11.91
8	40.33	53.66	39.42	51.71	18.25	-11.27	77.64	55.71	59.76	31.19	-4.04	-21.59	41.35	-33.09	12.28
9	32.00	53.08	38.46	43.97	17.38	-9.12	64.14	50.84	52.36	18.07	-2.39	-23.45	25.08	-32.62	8.23
10	23.09	44.48	36.23	34.66	18.10	-11.19	50.65	50.27	55.24	10.09	-5.26	-31.05	20.47	-18.95	-2.21
11	17.70	38.60	27.56	12.69	15.19	-13.35	43.21	45.86	62.21	5.63	-10.30	-23.90	15.72	-24.61	-0.66
12	13.57	32.66	19.66	9.19	8.28	-10.78	36.96	43.12	51.56	11.07	0.57	-20.45	16.46	-16.92	1.56
13	9.38	29.33	16.17	3.08	12.44	-8.68	33.54	38.77	37.83	11.07	-0.26	-16.44	15.75	-13.61	8.02

Rezultati eksperimenta, odnosno prijavljene boje svih 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za boju prikazani su u tabeli 9.41.

Tabela 9.41. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	51.61	55.84	45.93	40.42	21.93	-13.87	71.91	49.08	56.57
2	50.98	56.99	44.64	42.15	21.67	-10.31	76.29	50.71	53.26
3	52.55	54.26	47.06	38.53	21.06	-11.76	69.68	51.04	59.85
4	53.02	54.11	44.15	42.31	20.46	-10.95	75.19	48.09	58.87
5	47.35	53.48	45.77	39.16	19.54	-11.76	68.58	54.64	57.04
6	52.39	57.71	46.58	41.99	20.56	-13.06	73.30	46.54	53.99
7	50.19	56.26	43.34	40.10	18.66	-11.44	68.73	51.63	56.92
8	51.29	53.21	46.58	41.68	18.39	-14.52	73.14	49.27	57.65
9	51.29	53.71	43.66	39.00	17.63	-10.31	73.93	50.82	58.51
10	50.98	50.97	44.96	41.84	17.35	-12.74	73.62	54.20	61.32
11	50.50	55.20	45.12	39.47	19.99	-9.66	73.93	51.72	60.70
12	51.29	51.00	47.55	41.52	16.48	-11.44	73.77	53.51	62.66
13	48.67	52.31	42.86	39.00	17.82	-14.68	70.47	44.17	53.61
14	50.19	52.82	44.80	41.05	16.41	-13.71	68.10	48.05	53.99
15	50.98	57.53	43.99	39.63	15.81	-9.34	69.99	44.72	55.33
16	53.34	52.04	43.18	41.36	14.08	-10.95	71.91	46.39	57.65

St. dev.	1.52	2.19	1.45	1.31	2.27	1.69	2.51	3.20	2.87
Prosečna boja	51.04	54.21	45.01	40.58	18.62	-11.91	72.03	49.66	57.37
	Plava			Zelena					
1	38.54	1.53	-28.15	55.65	-35.43	8.52			
2	42.01	0.41	-25.72	55.11	-36.02	6.35			
3	38.86	-0.23	-30.09	56.37	-36.66	10.23			
4	41.85	-0.70	-27.66	59.68	-37.46	8.13			
5	39.17	-1.66	-29.44	56.52	-34.54	9.91			
6	41.22	-1.00	-26.04	55.58	-36.63	6.19			
7	38.70	-2.77	-27.50	56.37	-38.24	9.10			
8	42.01	-2.60	-25.07	56.05	-38.39	7.00			
9	39.49	-3.72	-26.20	57.15	-38.55	10.23			
10	39.17	-3.88	-24.91	56.84	-39.35	7.48			
11	39.49	0.18	-24.10	59.68	-40.31	8.61			
12	41.38	0.35	-27.18	56.52	-39.01	6.19			
13	39.17	-2.71	-28.79	59.52	-39.64	9.91			
14	41.69	-4.16	-27.18	56.68	-40.12	6.35			
15	39.49	-5.28	-25.07	58.73	-41.08	9.12			
16	41.85	-3.33	-23.45	56.68	-41.72	7.16			
St. dev.	1.37	1.99	1.91	1.49	2.07	1.50			
Prosečna boja	40.26	-1.85	-26.66	57.07	-38.32	8.16			

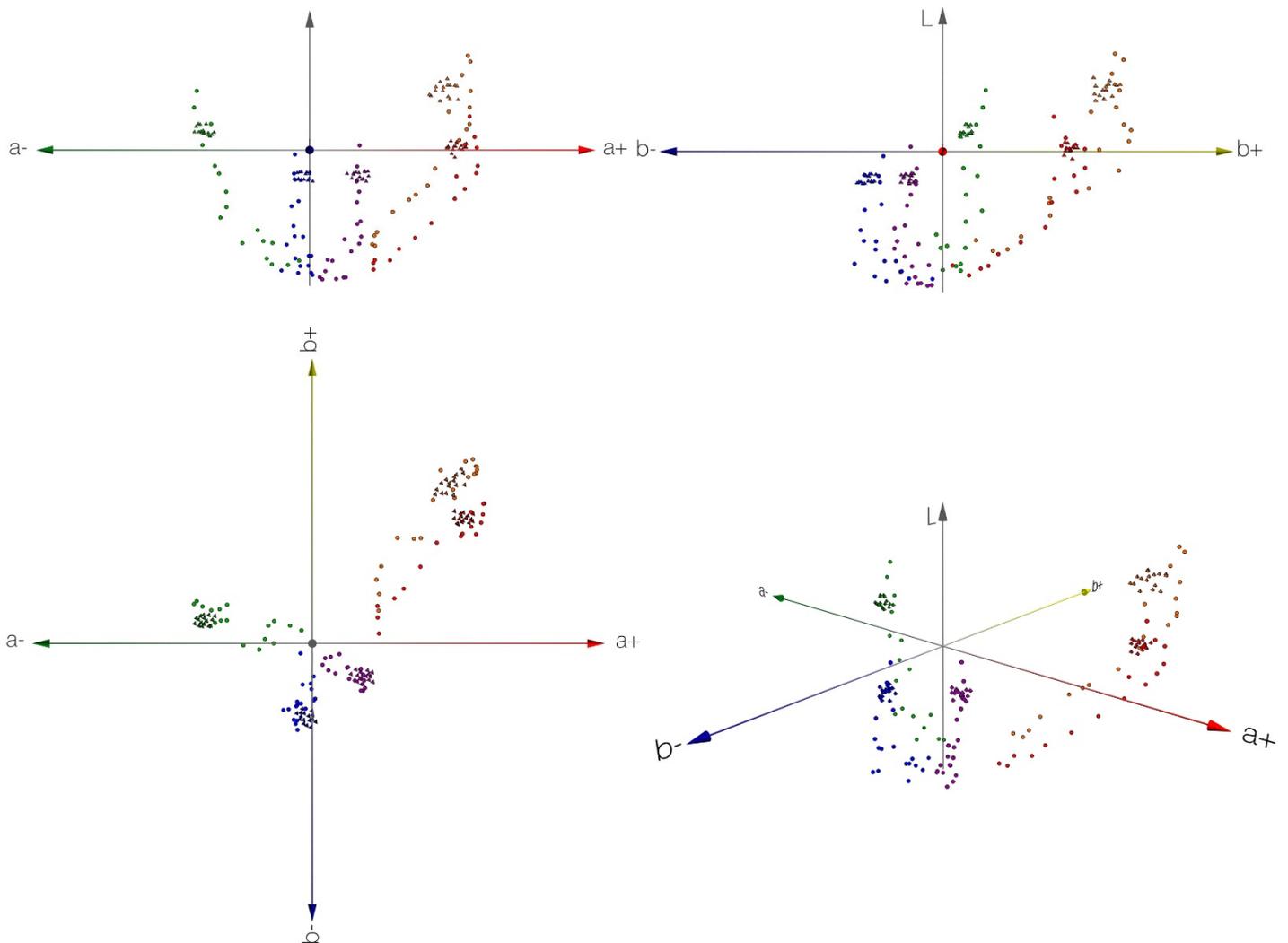
U tabeli 9.42. prikazane su izračunate razlike instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra i prosečne prijavljene boje objekta.

Tabela 9.42. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta

R.b.	Crvena	Ljubičasta	Narandžasta	Plava	Zelena
	ΔE_{00}				
1	14.19	18.39	15.69	19.60	26.33
2	9.50	19.25	12.15	17.18	21.76
3	7.06	17.43	10.45	14.77	12.99
4	1.99	14.50	5.71	9.83	5.75
5	4.72	13.41	2.86	3.35	8.12
6	11.25	8.16	8.03	8.31	12.79
7	2.49	2.45	9.41	3.18	3.41
8	10.55	10.73	4.60	7.89	16.08
9	17.35	3.54	6.74	17.04	28.66
10	23.86	5.06	18.49	22.41	33.43
11	28.05	20.93	26.46	25.58	35.49
12	31.62	24.22	33.54	21.95	35.70
13	34.63	26.81	38.20	22.24	36.69

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 5 boja tekstilnog materijala 4 prezentovanog u obliku cilindra prikazani su na slici 9.10. Piramide (trouglovi na ortogonalnim

projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra.



Slika 9.10. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za materijal 3 u cilindričnom obliku

Papirni materijal plastificiran mat folijom

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa cilindričnog oblika izrađenih od papira plastificiranog mat folijom su prikazani u tabeli 9.43.

Tabela 9.43. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra

R.b.	Papirni materijal plastificiran mat plastifikacijom																	
	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta			Plava			Zelena			Žuta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	59.44	69.29	56.94	44.26	48.81	11.30	73.63	40.47	66.74	21.96	1.14	33.58	45.46	-57.34	7.83	80.68	3.60	75.69
2	61.66	70.17	56.64	46.10	48.95	11.99	81.45	43.57	73.28	23.75	9.05	34.73	49.87	-58.71	7.22	87.37	3.55	86.67
3	64.32	71.06	65.05	49.45	50.33	12.64	82.31	43.39	73.32	25.75	8.88	35.10	51.78	-56.77	10.22	91.39	4.02	85.59
4	66.21	69.97	60.21	52.65	47.06	11.78	81.47	39.43	66.10	27.73	9.25	34.22	54.26	-54.61	9.41	92.16	4.36	79.16
5	66.13	64.05	48.90	54.33	40.79	10.20	77.19	38.46	61.39	27.94	7.31	32.24	56.57	-49.66	7.80	91.08	3.80	79.31
6	62.12	60.98	53.65	48.91	39.43	10.39	69.34	36.15	61.04	29.30	6.95	30.26	57.65	-45.50	9.67	88.89	3.54	77.47
7	50.60	57.36	47.88	43.46	39.47	10.44	65.51	34.61	62.32	24.19	9.50	31.66	57.64	-40.29	6.22	81.75	3.45	73.36
8	43.20	52.71	42.45	37.74	39.78	-9.32	59.13	33.13	52.93	18.34	9.78	28.27	53.47	-40.62	7.16	71.05	3.50	66.26
9	34.20	43.39	32.29	27.04	31.38	-6.32	46.21	28.42	45.07	14.81	7.19	32.63	36.44	-43.71	6.28	58.69	3.57	58.62
10	27.19	34.40	25.45	19.70	23.46	-7.65	36.59	22.44	36.65	10.22	6.40	26.41	27.01	-32.13	4.99	51.15	3.15	53.54
11	22.70	31.46	18.15	15.85	21.56	-4.22	31.45	20.50	31.02	8.55	7.53	18.80	20.28	-24.54	7.41	51.15	3.15	53.54
12	22.03	32.61	21.55	16.67	21.78	-3.98	29.82	20.49	28.82	11.38	2.81	15.00	18.66	-16.43	6.38	39.85	4.36	38.11
13	26.58	42.15	35.79	15.26	20.30	-7.51	27.79	20.58	28.84	8.28	4.99	13.80	15.64	-15.55	-2.56	33.71	3.22	45.83

Rezultati eksperimenta, odnosno prijavljene boje svih 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za boju prikazani su u tabeli 9.44.

Tabela 9.44. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	61.38	68.14	55.00	52.33	44.27	-6.71	71.90	34.46	62.74
2	59.49	66.99	59.63	48.08	42.17	-8.97	77.57	36.04	62.25
3	61.69	64.60	53.70	52.49	46.69	-8.12	73.63	35.68	64.03
4	59.02	64.28	56.29	50.91	45.72	-6.82	75.36	35.15	63.87
5	62.48	66.39	53.05	51.86	44.26	-7.15	73.47	40.94	62.74
6	60.75	63.49	58.39	50.76	48.15	-9.25	75.52	40.42	65.00
7	57.91	65.12	55.00	48.55	46.05	-6.66	72.68	39.09	61.77
8	62.01	61.57	56.29	50.28	43.95	-8.60	74.42	37.60	64.84
9	59.80	62.39	54.35	50.60	41.84	-4.40	75.83	38.53	63.22
10	62.48	65.15	58.72	51.07	48.00	-5.52	74.26	34.45	61.93
11	60.12	65.32	57.26	48.86	45.90	-8.60	75.20	35.22	59.34
12	62.01	66.46	55.16	51.54	43.79	-5.68	73.31	35.99	62.09
13	59.49	67.44	57.42	46.85	41.69	-7.95	75.20	35.63	60.79
14	62.17	67.94	53.21	47.92	52.54	-5.04	72.68	36.57	59.50
15	59.49	68.27	58.56	48.39	50.44	-6.17	74.26	36.69	61.77
16	60.75	68.31	56.17	51.23	45.26	-5.20	76.15	37.46	60.63

St. dev.	1.40	2.11	2.06	1.75	3.01	1.52	1.49	1.99	1.69
Prosečna boja	60.69	65.74	56.14	50.11	45.67	-6.93	74.47	36.87	62.28
	Plava			Zelena			Žuta		
1	28.83	4.06	-15.34	52.95	-45.93	6.38	88.28	0.24	74.29
2	27.57	4.52	-17.06	53.11	-46.05	2.33	86.23	2.21	73.48
3	28.35	3.70	-14.80	54.37	-48.27	5.41	85.60	0.13	72.51
4	26.46	2.23	-15.12	54.68	-50.01	2.01	87.65	3.40	77.34
5	27.57	2.86	-16.74	56.42	-50.62	3.14	85.60	4.55	74.62
6	30.72	6.24	-15.61	53.58	-47.18	2.82	87.96	0.37	77.20
7	27.57	5.91	-13.66	54.84	-48.76	5.89	85.76	2.34	75.59
8	30.21	2.65	-13.66	54.05	-51.47	5.74	86.55	0.75	75.59
9	26.21	2.96	-16.42	54.37	-53.21	3.79	88.44	4.33	74.62
10	28.83	1.01	-15.12	54.84	-50.09	4.92	84.34	0.64	73.48
11	28.04	1.48	-13.18	54.37	-47.30	2.82	87.02	4.06	72.19
12	28.35	1.63	-16.90	54.21	-53.25	5.57	88.12	-2.98	72.84
13	25.52	4.43	-17.06	56.73	-50.78	2.33	86.39	-1.22	76.40
14	30.09	-0.18	-14.31	54.68	-54.79	4.76	88.12	-2.98	74.31
15	27.25	-0.68	-12.69	53.42	-47.95	2.50	85.29	1.42	72.19
16	27.25	3.67	-12.86	54.68	-43.70	4.60	87.18	-0.01	72.19
St. dev.	1.45	1.96	1.53	1.02	3.01	1.50	1.25	2.33	1.74
Prosečna boja	28.05	2.91	-15.03	54.46	-49.33	4.06	86.78	1.08	74.3

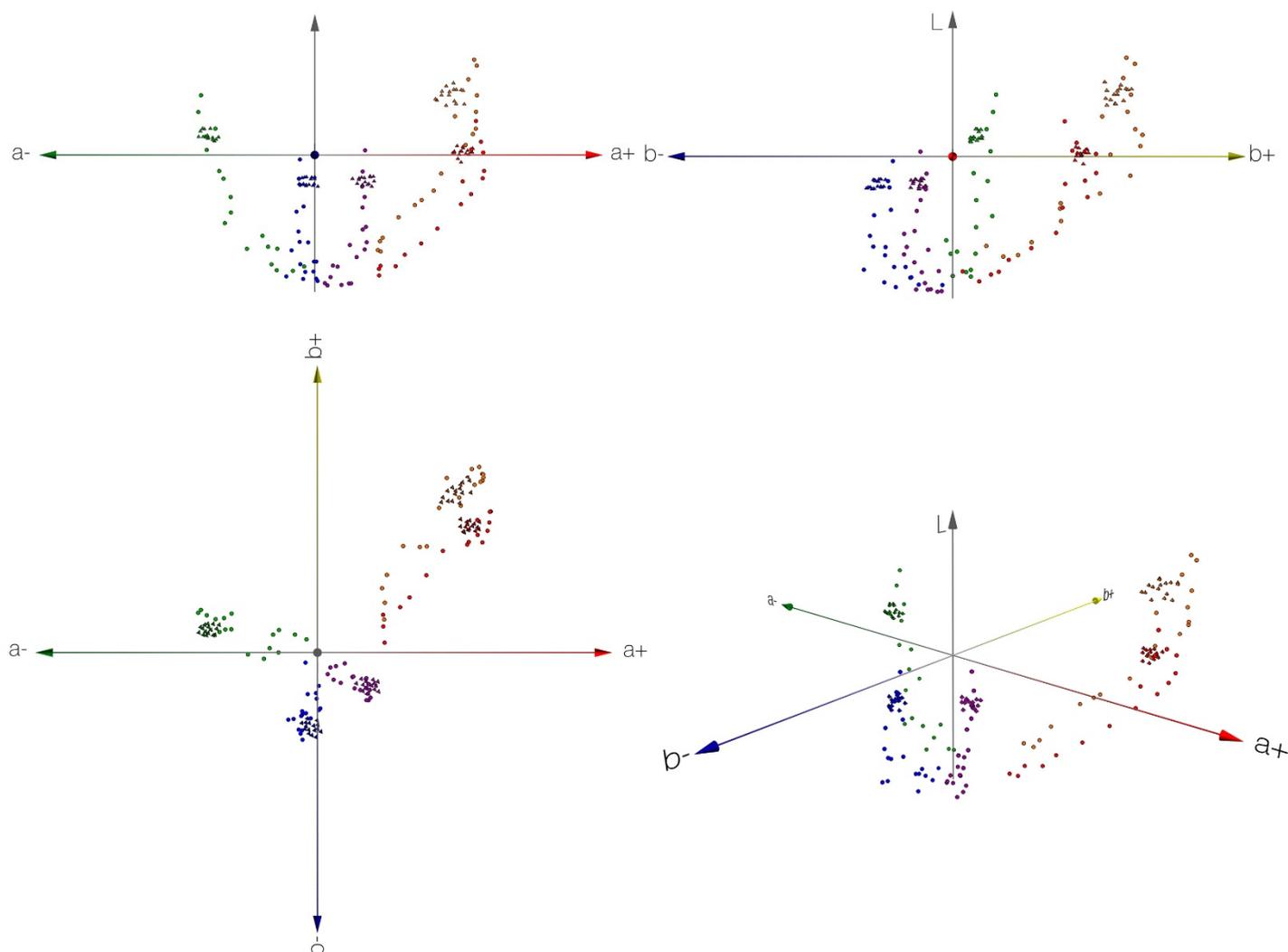
U tabeli 9.45. prikazane su izračunate razlike instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra i prosečne prijavljene boje objekta.

Tabela 9.45. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta

R.b.	Crvena	Ljubičasta	Narandžasta	Plava	Zelena	Žuta
	ΔE_{00}					
1	1.54	6.13	1.51	9.38	9.46	4.33
2	1.69	4.69	5.69	9.41	5.45	2.98
3	3.98	2.96	6.20	9.19	4.49	4.10
4	4.78	3.44	5.06	8.64	3.08	4.01
5	5.31	4.87	2.25	8.19	2.86	3.31
6	1.78	3.24	3.90	7.48	4.63	2.08
7	9.81	7.14	7.04	8.21	4.53	3.63
8	17.83	11.80	12.62	9.68	3.76	11.29
9	27.26	20.58	25.26	12.52	17.35	21.49
10	33.25	26.53	36.52	13.55	25.18	28.46
11	37.23	29.13	43.24	14.02	30.69	28.46
12	37.06	28.61	45.43	11.50	33.12	40.90
13	32.50	29.76	47.81	13.74	35.13	47.19

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra prikazani su na slici 9.11. Piramide (trouglovi na ortogonalnim

projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra.



Slika 9.11. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran mat folijom u cilindričnom obliku

Papirni materijal plastificiran sjajnom folijom

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa cilindričnog oblika izrađenih od papira plastificiranog sjajnom folijom su prikazani u tabeli 9.46.

Tabela 9.46. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra

R.b.	Papirni materijal plastificiran sjajnom folijom																	
	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta			Plava			Zelena			Žuta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	56.31	68.39	65.33	41.47	47.56	-14.15	70.80	40.62	61.75	32.24	14.01	-41.99	41.35	-48.74	7.67	91.34	4.91	87.56
2	61.73	74.42	68.23	45.38	48.98	-12.82	77.51	43.92	73.85	33.89	12.50	-40.26	43.20	-58.63	6.47	99.79	4.87	95.09
3	65.35	73.15	64.97	49.61	48.90	-13.49	81.36	44.04	72.76	35.16	11.59	-38.25	49.10	-54.18	8.87	98.20	5.37	92.03
4	66.67	71.83	66.82	51.51	45.34	-12.52	82.02	43.57	73.71	33.43	11.11	-37.64	51.01	-53.88	9.37	96.69	5.02	86.70
5	66.01	69.91	62.03	48.52	46.76	-13.49	80.73	42.30	69.98	24.42	15.15	-45.22	51.12	-52.91	10.62	94.45	5.10	86.92
6	64.55	67.59	55.79	44.40	49.17	-12.67	71.38	39.46	69.50	23.84	16.05	-43.95	49.56	-52.71	10.76	90.22	4.80	86.62
7	56.39	65.96	57.95	37.56	44.90	-12.54	66.23	37.55	62.23	21.50	13.47	-41.80	46.35	-55.36	8.63	80.26	4.93	76.28
8	49.69	61.21	59.15	34.21	40.52	-12.09	62.37	36.27	61.83	20.59	11.36	-38.53	43.01	-54.96	9.81	71.07	4.57	68.98
9	42.00	52.08	47.88	29.16	37.83	-9.31	46.25	29.34	50.44	15.69	15.81	-42.72	39.43	-49.50	3.09	57.24	4.46	61.93
10	32.88	44.36	29.43	20.18	30.67	-6.33	37.70	25.80	48.53	12.58	9.33	-31.96	36.14	-46.04	7.70	41.51	4.59	49.11
11	25.68	34.92	42.43	17.52	27.20	-5.91	29.05	19.02	47.04	9.48	12.48	-28.04	20.01	-27.09	-4.19	32.14	5.14	30.77
12	19.51	28.31	17.16	13.08	23.20	-7.05	22.03	21.46	19.50	6.91	7.08	-22.13	10.93	-19.46	-5.22	29.35	5.65	31.09
13	16.27	30.07	13.12	11.79	22.36	-2.20	21.25	19.24	36.64	3.52	4.07	-8.31	9.10	-24.94	9.69	27.66	3.50	41.26

Rezultati eksperimenta, odnosno prijavljene boje svih 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za boju prikazani su u tabeli 9.47.

Tabela 9.47. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja tekstilnog materijala 3 prezentovanog u obliku cilindra

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	61.37	60.40	62.18	45.04	38.97	-9.72	76.93	40.73	68.88
2	63.57	67.00	63.39	47.24	39.98	-10.93	74.88	43.40	70.29
3	59.63	63.73	63.18	44.41	42.59	-8.72	78.50	41.05	68.88
4	64.52	63.89	60.57	48.19	43.60	-11.33	75.04	38.08	67.27
5	61.05	62.03	62.38	47.09	44.20	-7.91	79.45	37.94	69.08
6	63.42	64.21	61.98	48.98	41.38	-11.13	74.88	39.61	66.66
7	61.21	64.77	63.79	48.82	42.19	-9.52	77.72	41.28	69.08
8	63.57	67.94	63.79	47.87	41.99	-12.14	75.83	41.14	66.46
9	61.53	69.71	61.17	46.14	43.77	-10.73	79.45	42.00	69.08
10	62.31	65.44	61.98	50.39	44.60	-12.98	75.04	38.64	68.48
11	64.05	69.22	63.39	44.57	46.82	-11.13	77.72	39.91	67.87
12	64.36	70.19	61.37	47.56	45.21	-9.32	75.20	38.76	70.09
13	60.11	66.92	60.36	43.62	48.23	-10.73	78.82	41.84	66.87
14	64.20	67.08	60.97	45.64	47.02	-8.72	74.57	40.89	70.29
15	60.42	70.05	62.58	48.66	49.84	-10.13	78.03	43.57	68.07
16	63.57	68.17	62.38	47.40	47.82	-8.72	78.98	42.01	70.29

St. dev.	1.66	2.94	1.11	1.91	3.08	1.39	1.84	1.74	1.31
Prosečna boja	62.43	66.3	62.22	46.98	44.26	-10.24	76.94	40.68	68.6
	Plava			Zelena			Žuta		
1	32.96	8.58	-39.98	47.37	-51.93	11.44	88.49	3.09	86.59
2	30.60	8.81	-41.03	46.11	-55.76	7.63	91.01	2.95	80.93
3	31.91	9.22	-39.07	46.90	-49.03	8.16	90.54	4.47	82.67
4	33.12	10.56	-37.64	45.00	-54.30	6.85	93.53	-0.02	81.09
5	33.43	13.00	-38.29	48.31	-54.35	8.94	91.32	1.96	82.06
6	31.54	11.79	-38.68	46.11	-53.88	7.50	93.53	1.52	85.46
7	33.27	10.06	-39.46	47.05	-50.67	7.63	93.06	3.50	83.52
8	33.43	10.15	-41.16	46.42	-51.12	7.24	89.75	0.96	82.38
9	33.12	11.03	-40.11	46.58	-51.17	9.72	95.42	1.32	84.49
10	34.69	15.01	-39.99	47.05	-52.52	6.33	91.48	3.31	84.97
11	33.43	11.86	-39.46	44.53	-52.83	8.68	92.11	0.27	83.35
12	31.23	13.52	-40.51	45.79	-51.71	4.02	93.21	-0.33	82.71
13	33.59	11.14	-40.90	47.68	-49.29	6.46	90.85	-0.13	85.30
14	30.28	11.62	-41.68	46.74	-49.86	8.81	91.95	2.51	83.19
15	34.06	12.24	-40.51	48.47	-48.09	7.11	93.06	-1.98	84.32
16	34.38	14.78	-42.72	47.05	-48.30	8.94	90.85	-1.78	82.54
St. dev.	1.32	1.94	1.31	1.06	2.30	1.66	1.71	1.91	1.60
Prosečna boja	32.82	11.46	-40.07	46.7	-51.55	7.84	91.88	1.35	83.47

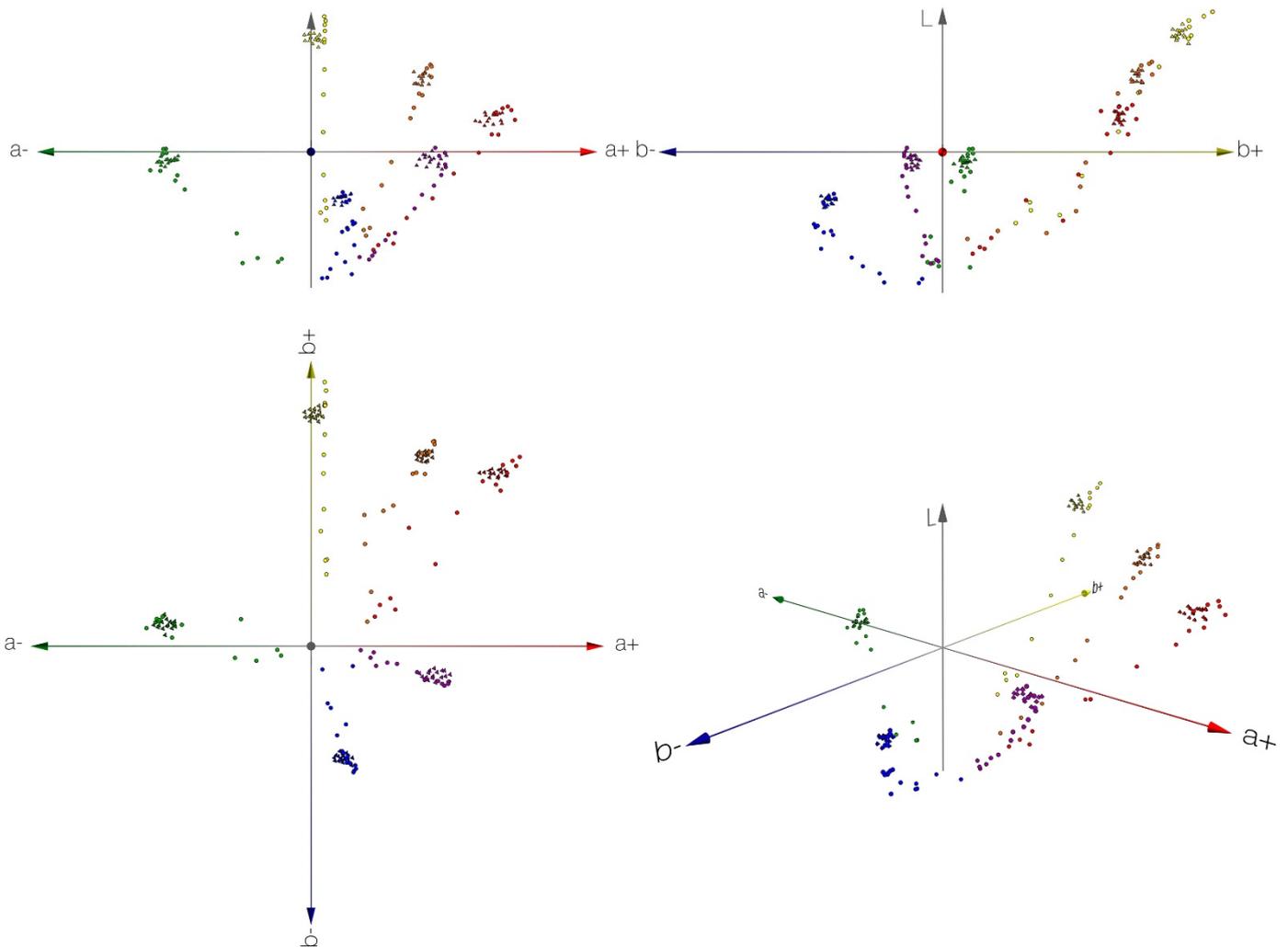
U tabeli 9.48. prikazane su izračunate razlike instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra i prosečne prijavljene boje objekta.

Tabela 9.48. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta

R.b.	Crvena	Ljubičasta	Narandžasta	Plava	Zelena	Žuta
	ΔE_{00}					
1	5.49	5.52	5.17	1.16	5.07	2.13
2	2.06	2.35	1.37	1.08	4.03	5.52
3	3.06	3.25	3.31	2.17	2.52	4.65
4	3.77	4.65	3.75	1.19	4.40	3.59
5	3.29	2.22	2.72	6.54	4.63	2.68
6	3.49	3.05	4.19	7.05	3.20	2.25
7	5.60	8.63	8.29	8.51	1.19	8.03
8	11.95	11.46	11.47	9.14	3.72	14.72
9	20.60	15.43	26.92	12.57	7.18	26.03
10	31.10	22.27	36.45	14.78	9.64	41.57
11	35.71	24.35	47.68	18.03	24.36	53.40
12	41.76	27.55	57.57	19.65	31.16	56.69
13	44.41	28.63	56.52	26.04	30.21	57.79

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i prijavljene boje za 6 varijacija boje papira plastificiranog sjajnom folijom prezentovanog u obliku cilindra prikazani su na slici 9.12. Piramide (trouglovi na ortogonalnim

projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra.



Slika 9.12. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za papirni materijal plastificiran sjajnom folijom u cilindričnom obliku

9.4.4. Rezultati eksperimenta i instrumentalnih merenja boje stimulusa u obliku sfere

Plastični materijal

Rezultati instrumentalnih merenja boje stimulusa sferičnog oblika izrađenih od plastičnog materijala su prikazani u tabeli 9.49.

Tabela 9.49. Rezultati instrumentalnih merenja boje po obimu sfere

R.b.	Plastični materijal																	
	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta			Plava			Zelena			Žuta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	63.30	80.57	43.17	46.76	30.53	-27.62	85.60	58.58	51.45	33.73	-8.22	-42.74	37.74	-34.07	12.61	91.34	-2.86	89.98
2	71.64	87.95	45.21	50.20	32.98	-24.02	91.44	74.29	62.28	34.12	-8.59	-46.34	84.25	-53.07	11.77	98.61	-7.20	100.39
3	85.78	86.86	47.98	81.57	25.74	-27.33	91.53	74.09	58.12	40.92	-10.44	-43.65	61.15	-38.32	10.41	95.36	-5.69	94.54
4	73.25	84.55	46.07	57.75	29.30	-25.47	92.19	78.05	59.18	41.52	-6.70	-44.88	67.29	-52.93	12.39	96.18	-2.41	84.12
5	70.79	84.27	40.14	84.17	24.10	-18.75	96.93	69.98	60.66	43.17	-10.25	-42.44	90.14	-53.36	14.44	94.45	-4.80	85.23
6	81.29	85.66	42.85	52.94	36.60	-27.58	85.31	71.17	59.29	69.30	-10.00	-41.45	61.61	-53.59	15.82	80.07	-5.75	87.66
7	67.56	78.19	40.99	45.65	30.09	-23.92	80.61	62.99	52.04	42.71	-9.68	-37.78	58.40	-55.07	12.26	76.06	-1.86	75.84
8	58.40	72.20	35.87	40.45	26.95	-23.08	73.51	61.69	49.59	38.44	-10.92	-43.42	55.06	-56.72	14.68	66.89	-2.11	67.52
9	49.86	51.00	25.68	36.34	23.37	-19.70	62.08	51.67	42.23	33.12	-9.57	-47.52	51.48	-46.81	7.50	60.06	-3.51	60.79
10	40.74	46.96	17.59	30.63	18.68	-15.22	54.48	46.19	40.62	33.21	-11.48	-46.92	48.19	-45.43	11.90	44.37	0.41	50.23
11	33.54	41.53	21.57	25.09	15.20	-14.43	48.18	42.24	33.32	32.30	-8.85	-40.15	32.06	-25.08	4.88	35.02	0.13	32.02
12	29.81	27.69	12.52	23.55	10.80	-13.98	37.09	29.63	28.57	75.68	-9.45	-46.31	22.98	-18.61	4.76	31.30	1.82	33.36
13	26.57	34.49	14.20	21.79	12.95	-9.09	33.90	26.05	27.28	23.38	-8.89	-33.83	27.34	-27.96	11.10	31.01	-0.23	41.11

Rezultati eksperimenta, odnosno prijavljene boje svih 16 ispitanika, standardna devijacija vrednosti i rezultirajuća prosečna vrednost za boju prikazani su u tabeli 9.50.

Tabela 9.50. Prijavljene vrednosti boje objekta za 6 boja plastičnog materijala prezentovanog u obliku sfere

Ispitanik	Crvena			Ljubičasta			Narandžasta		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	68.64	87.62	36.15	51.79	31.66	-24.34	85.16	67.31	65.25
2	67.18	86.48	39.26	52.66	34.05	-24.98	89.09	65.48	64.22
3	68.78	86.16	37.39	49.46	35.21	-21.45	87.20	65.94	63.39
4	65.43	86.89	37.81	53.10	35.95	-23.32	84.86	67.02	63.80
5	67.62	78.07	35.73	51.64	30.05	-22.90	88.07	68.10	63.18
6	71.99	81.07	33.04	53.39	36.60	-25.39	84.14	66.27	59.45
7	69.07	78.89	34.49	52.37	34.22	-19.59	86.32	64.03	56.96
8	65.58	78.37	36.35	50.04	30.40	-20.62	88.65	65.32	55.51
9	67.18	80.75	36.98	53.39	33.01	-20.83	88.36	64.11	59.65
10	65.87	80.85	35.11	50.04	32.30	-26.64	83.84	65.19	61.73
11	68.20	82.20	36.56	54.41	30.10	-24.75	89.38	68.96	61.73
12	69.95	84.58	36.56	49.90	32.74	-23.73	88.21	68.59	59.03
13	63.68	86.13	35.32	52.37	28.71	-26.64	85.16	66.97	60.28

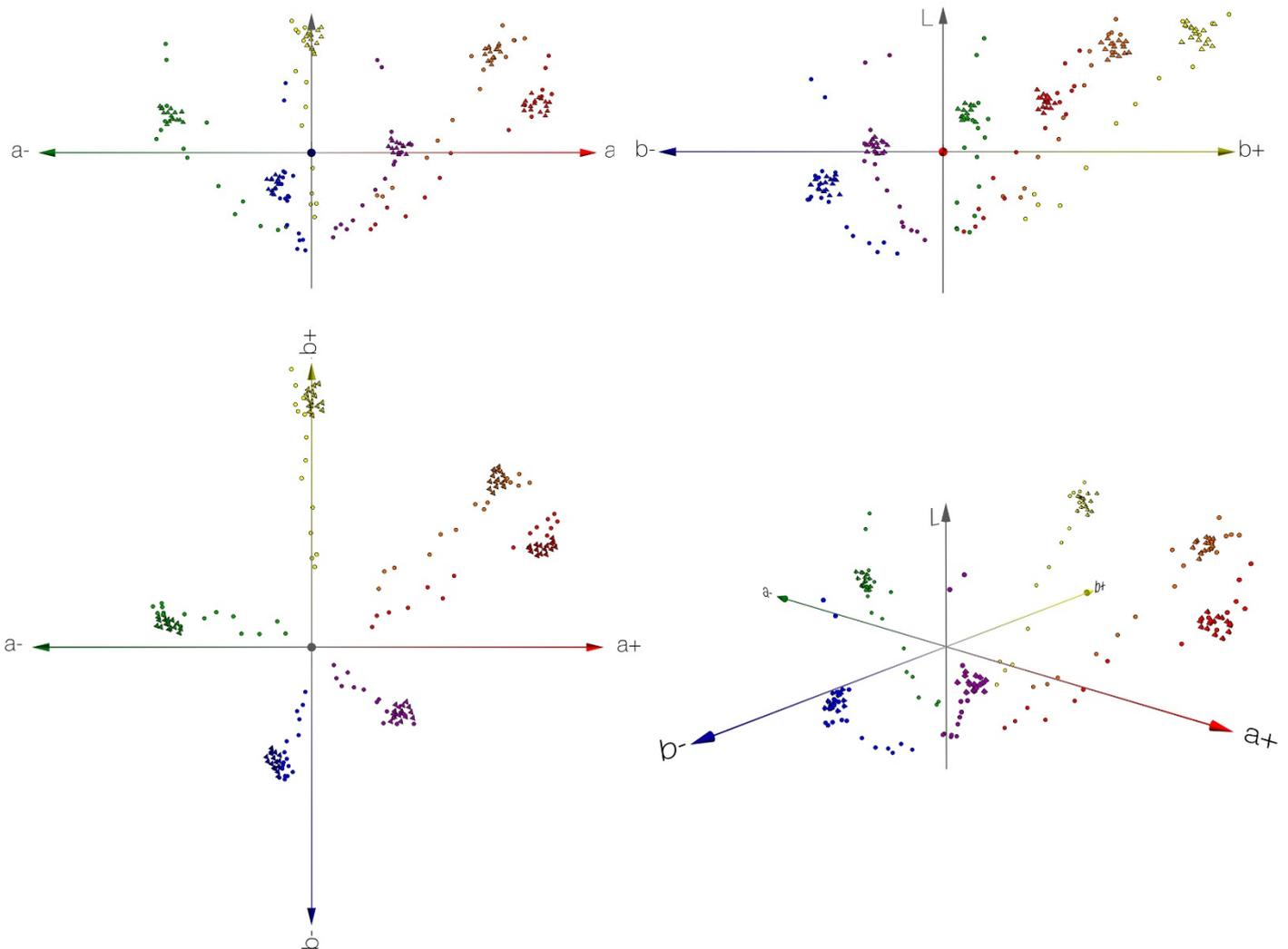
14	69.07	82.29	33.66	53.83	31.76	-21.45	87.20	69.71	60.07
15	64.99	84.26	33.45	49.31	32.47	-23.11	82.53	66.43	57.79
16	70.38	83.74	35.32	55.29	29.68	-23.94	90.11	69.17	57.79
St. dev.	2.22	3.16	1.67	1.86	2.33	2.12	2.25	1.76	2.85
Prosečna boja	67.73	83.02	35.82	52.06	32.43	-23.36	86.77	66.79	60.61
	Plava			Zelena			Žuta		
1	40.27	-11.69	-44.79	62.55	-50.17	6.89	92.75	4.13	88.35
2	38.37	-11.54	-46.45	65.17	-46.94	5.23	96.25	4.16	85.66
3	36.69	-13.04	-43.34	62.11	-47.65	8.55	86.34	1.54	90.84
4	39.15	-12.26	-41.27	62.40	-50.63	6.48	93.77	0.26	87.32
5	34.90	-13.96	-36.29	66.33	-54.45	10.83	88.82	0.63	83.79
6	40.04	-14.01	-37.54	61.24	-46.45	6.69	90.42	2.46	87.11
7	37.02	-12.61	-43.76	64.88	-49.43	9.80	91.88	0.35	88.77
8	38.81	-11.42	-42.93	63.57	-50.76	8.35	94.79	-0.31	85.04
9	38.70	-11.05	-38.78	64.88	-52.09	9.80	89.55	-1.18	89.80
10	36.57	-15.25	-41.06	62.11	-48.64	7.25	92.90	-1.43	91.46
11	40.49	-14.05	-38.16	67.20	-54.95	7.72	88.24	0.61	92.29
12	36.02	-13.90	-41.89	60.51	-52.34	11.46	93.34	0.36	88.77
13	40.27	-15.81	-39.40	66.33	-50.98	10.00	89.69	-0.92	93.12
14	34.56	-13.17	-39.82	64.73	-53.55	7.31	94.21	-0.54	87.11
15	41.28	-11.14	-40.85	61.53	-51.56	8.35	87.36	1.28	94.57
16	41.95	-12.64	-37.74	66.63	-54.14	9.80	95.23	2.90	95.20
St. dev.	2.26	1.44	2.87	2.15	2.64	1.74	3.02	1.75	3.37
Prosečna boja	38.44	-12.97	-40.88	63.89	-50.92	8.41	91.60	0.89	89.33

U tabeli 9.51. prikazane su izračunate razlike instrumentalnih merenja boje po obimu sfere i prosečne prijavljene boje objekta.

Tabela 9.51. Izračunate razlike boje između prijavljenih vrednosti i merenih vrednosti boje objekta

R.b.	Crvena	Ljubičasta	Narandžasta	Plava	Zelena	Žuta
	ΔE_{00}					
1	5.06	5.99	2.76	4.80	26.99	2.05
2	4.47	1.88	3.71	4.46	15.13	6.22
3	13.68	24.20	4.56	2.66	5.22	4.27
4	5.86	5.85	5.56	4.48	3.43	3.49
5	2.90	25.68	6.36	4.49	18.99	3.71
6	10.29	2.26	2.24	29.78	4.13	8.36
7	3.15	6.50	4.92	4.44	5.20	10.85
8	8.41	11.49	9.81	1.28	8.47	17.99
9	17.88	15.24	19.00	4.99	11.36	23.91
10	27.66	20.34	25.64	4.68	14.91	38.60
11	35.86	24.78	32.07	5.67	32.86	50.00
12	41.05	26.82	44.33	34.25	39.91	54.09
13	42.51	27.79	48.29	12.30	36.09	53.76

Podaci prikupljeni instrumentalnim merenjima i izvedenim eksperimentom, za 6 boja plastičnog materijala u obliku sfere prikazani su na slici 9.13. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu sfere.



Slika 9.13. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje objekta od strane ispitanika za plastični materijal sfernog oblika

9.5. Ispitivanje uticaja intenziteta osvetljenja na percepciju boje

Ispitivanje uticaja intenziteta osvetljenja na percepciju boje izvršeno je korišćenjem neoplemenjenog štampanog papira, sa varijacijama u sledećim bojama: crvena, ljubičasta, narandžasta, plava, zelena i žuta. Varijacija intenziteta osvetljenja je vršena na tri nivoa.

Uslovi izvođenja eksperimenta:

- Udaljenost stimulusa od ispitanika 1 m,
- Izvor svetla osvetljava stimulus odozgo, s leve i desne strane pod uglom od 45°, standardno A osvetljenje, dve sijalice, tri nivoa osvetljenja (karakteristike u poglavlju 8.1.),
- Korišćen je neoplemenjen papir (karakteristike u poglavlju 8.3.),
- 12 ispitanika,
- Stimulusi su ispitanicima prezentovani prema metodi objašnjenom u poglavlju 8.5.

Za poređenje aritmetičkih sredina prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje za različite intenzitete osvetljenja korišćena je multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA), sa zavisnim promenljivim vrednostima svetline i hromatičnosti i nezavisnom promenljivom intenzitet osvetljenja (tri nivoa osvetljenja). Post-hoc testovi su izvedeni Fisher'ss LSD test procedurom za nivo značajnosti $p < 0,05$.

Multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boja je pokazala statistički značajne razlike, nivo značajnosti $p < 0,01$, za faktor intenziteta osvetljenja u slučaju hromatičnosti svih boja, za svetlinu je takođe uočena statistički značajna razlika u slučaju svih boja materijala. Rezultati testa su prikazani u tabeli 9.52.

Tabela 9.52. Rezultati MANOVA analize za uticaj intenziteta osvetljenja

Boja	Veličina	F (2, 33)	p
Crvena	Svetlina	1041.921	< 0.01
	Hromatičnost	549.272	< 0.01
Ljubičasta	Svetlina	732.026	< 0.01
	Hromatičnost	261.671	< 0.01
Narandžasta	Svetlina	557.052	< 0.01
	Hromatičnost	544.839	< 0.01
Plava	Svetlina	1588.478	< 0.01
	Hromatičnost	447.236	< 0.01
Zelena	Svetlina	1302.464	< 0.01
	Hromatičnost	522.497	< 0.01
Žuta	Svetlina	754.318	< 0.01
	Hromatičnost	166.443	< 0.01

Post-hoc testovi su pokazali statistički značajne razlike u slučaju svih varijansi prijavljene svetline i hromatičnosti za faktor intenziteta osvetljenja koji su upoređivani.

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje ukazuje na odsustvo statistički značajne razlike samo u slučaju narandžaste boje, rezultati su prikazani u tabeli 9.53.

Tabela 9.53. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje

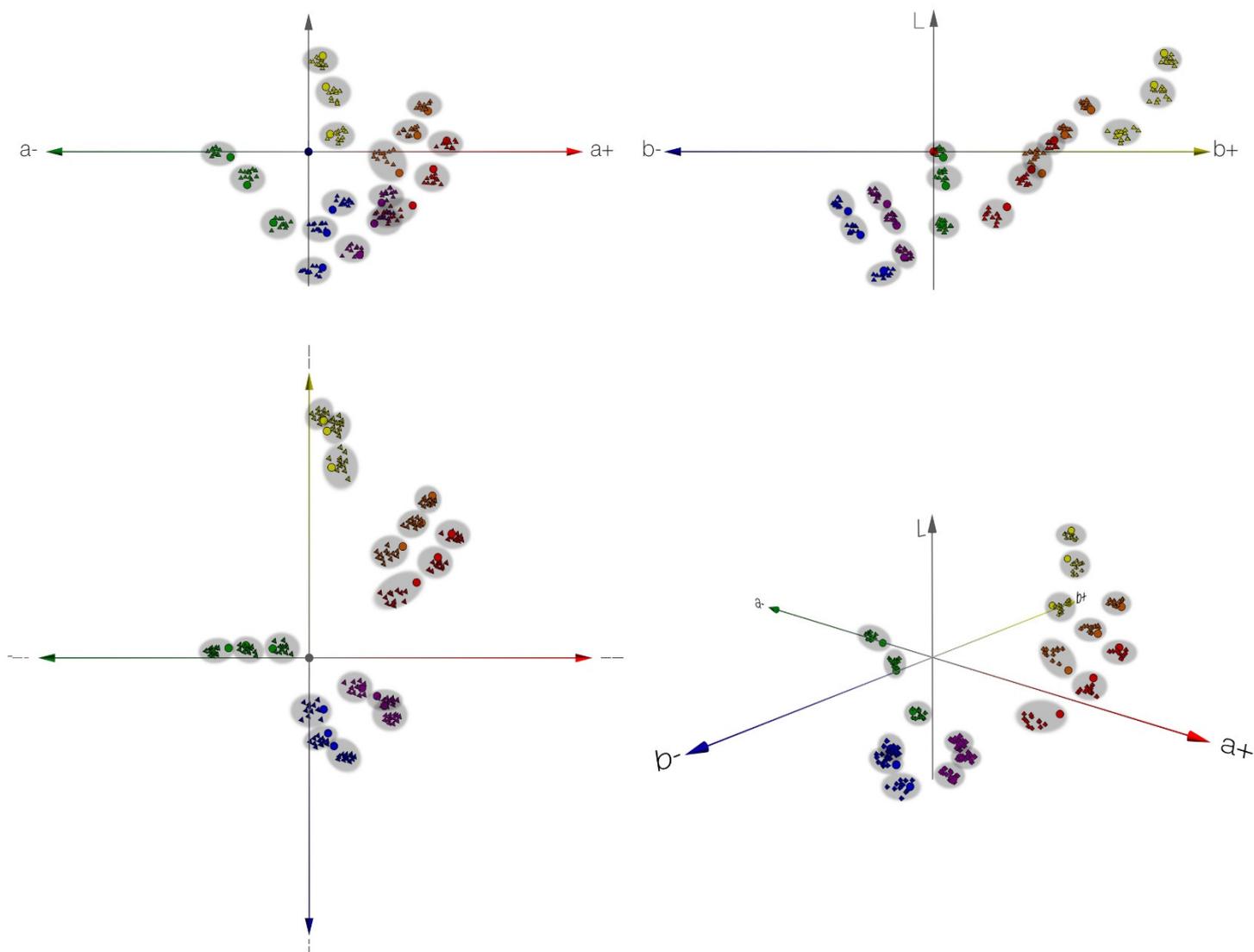
Boja	F (2, 33)	p
Crvena	14.24	< 0.01
Ljubičasta	9.64	< 0.01
Narandžasta	0.66	> 0.05
Plava	44.26	< 0.01
Zelena	36.94	< 0.01
Žuta	89.29	< 0.01

Na slici 9.14. je prikazan Lab prostor boja sa vrednostima boja dobijenih instrumentalnim merenjima i prijavljene vrednosti boja pri sva tri nivoa intenziteta osvetljenja. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, dok lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje po obimu cilindra. Rezultati su grupisani sivim elipsama prema pripadnosti prijavljenih boja odgovarajućem rezultatu vrednosti boje.

Na osnovu rezultata izvedenog eksperimenta, prosečne vrednosti za prijavljene boje su dobijene određivanjem geometrijskog centra grupe. Rezultati prijavljenih vrednosti boje su prikazani u tabeli 9.54, a izračunate razlike prijavljene i boje dobijene instrumentalnim merenjima sa razlikom boje su prikazane u tabeli 9.55.

Tabela 9.54. Prosečne vrednosti prijavljenih boja

Boja	Intenzitet 1			Intenzitet 2			Intenzitet 3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Crvena	26.48	31.71	22.02	39.53	47.82	33.50	52.62	53.76	43.72
Ljubičasta	13.34	17.75	-10.97	26.14	29.7	-15.58	34.38	30.86	-21.77
Narandžasta	48.6	28.97	37.20	57.68	38.98	48.58	66.98	44.37	56.19
Plava	5.56	1.33	-18.62	22.07	3.54	-31.34	31.32	14.23	-35.76
Zelena	23.21	-9.83	3.64	41.74	-22.27	3.07	50.01	-35.26	2.35
Žuta	56.19	12.13	70.33	70.84	10.63	83.93	83.12	4.52	87.18



Slika 9.14. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za različite nivoe osvetljenja

Tabela 9.55. Razlike prijavljene i izmerene boje pri različitim intenzitetima osvetljenja

	Boja	ΔL	ΔC	ΔH	Razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)	Srednja vrednost ΔE_{00}
Intenzitet 1 (najmanji)	Crvena	3.5	9.5	0.3	6.34	4.52
	Ljubičasta	1.6	1.5	1.0	3.41	
	Narandžasta	6.5	5.8	2.5	6.98	
	Plava	1.4	0.6	4.0	4.90	
	Zelena	0.4	3.3	1.3	3.12	
	Žuta	0.4	2.3	3.6	2.40	

Intenzitet 2 (srednji)	Crvena	4.0	2.8	1.4	4.45	3.96
	Ljubičasta	2.8	4.6	0.5	4.42	
	Narandžasta	1.6	1.6	1.9	2.27	
	Plava	2.2	2.2	3.2	4.36	
	Zelena	4.1	3.5	2.0	4.85	
	Žuta	3.3	2.6	3.8	3.45	
Intenzitet 3 (najveći)	Crvena	1.5	0.2	1.5	1.72	3.01
	Ljubičasta	3.3	5.0	2.1	4.57	
	Narandžasta	1.9	2.4	0.5	1.73	
	Plava	2.9	5.4	3.5	4.76	
	Zelena	2.0	5.4	1.7	3.28	
	Žuta	2.5	1.7	1.0	1.98	

Rezultati pokazuju najmanje razlike u boji u slučaju najjačeg intenziteta, primećuje se i obrnuta korelacija vrednosti intenziteta osvetljenja i razlika u boji. Može se pretpostaviti da postoji i gornja granica intenziteta, nakon koje bi ponovo rasla vrednost razlike boja, što se može detaljnije obraditi u budućim istraživanjima.

9.6. Ispitivanje uticaja površinskih osobina materijala na percepciju boje

Ispitivanja uticaja površinskih osobina materijala izvršena su koristeći tekstilne materijale 2, 5, 6 i 7. Materijali su izabrani prema karakteristikama površinske hrapavosti koja za posledicu ima i različite vrednosti sjaja površine. Kod tekstilnih materijala površinske osobine su veoma varijabilne uzevši u obzir mogućnosti izbora različitih vrsta i gustina pletenja, osobina niti, kao i obrade nakon pletenja. Materijali 5, 6 i 7 su izabrani jer imaju isti sirovinski sastav, štampani su istim procesnim parametrima, a razlikuju se po broju niti. Materijal 2 je izabran kao ekstremni primer površinskih osobina jer ima veoma razučenu površinu, niti su udaljene od pletiva čak i do 1 mm. Slika 8.38. a prikazuje uveličanu površinu tekstilnog materijala 2.

Uslovi izvođenja eksperimenta:

- Udaljenost stimulusa od ispitanika 1 m,
- Izvor svetla osvetljava stimulus odozgo pod uglom od 45°, standardno D65 osvetljenje, dve sijalice, tri nivoa osvetljenja (karakteristike u poglavlju 8.1.),
- Korišćeni su materijali 2, 5, 6 i 7 (karakteristike u poglavlju 8.4.),
- 12 ispitanika,
- Stimulusi su ispitanicima prezentovani prema metodu objašnjenom u poglavlju 8.5,

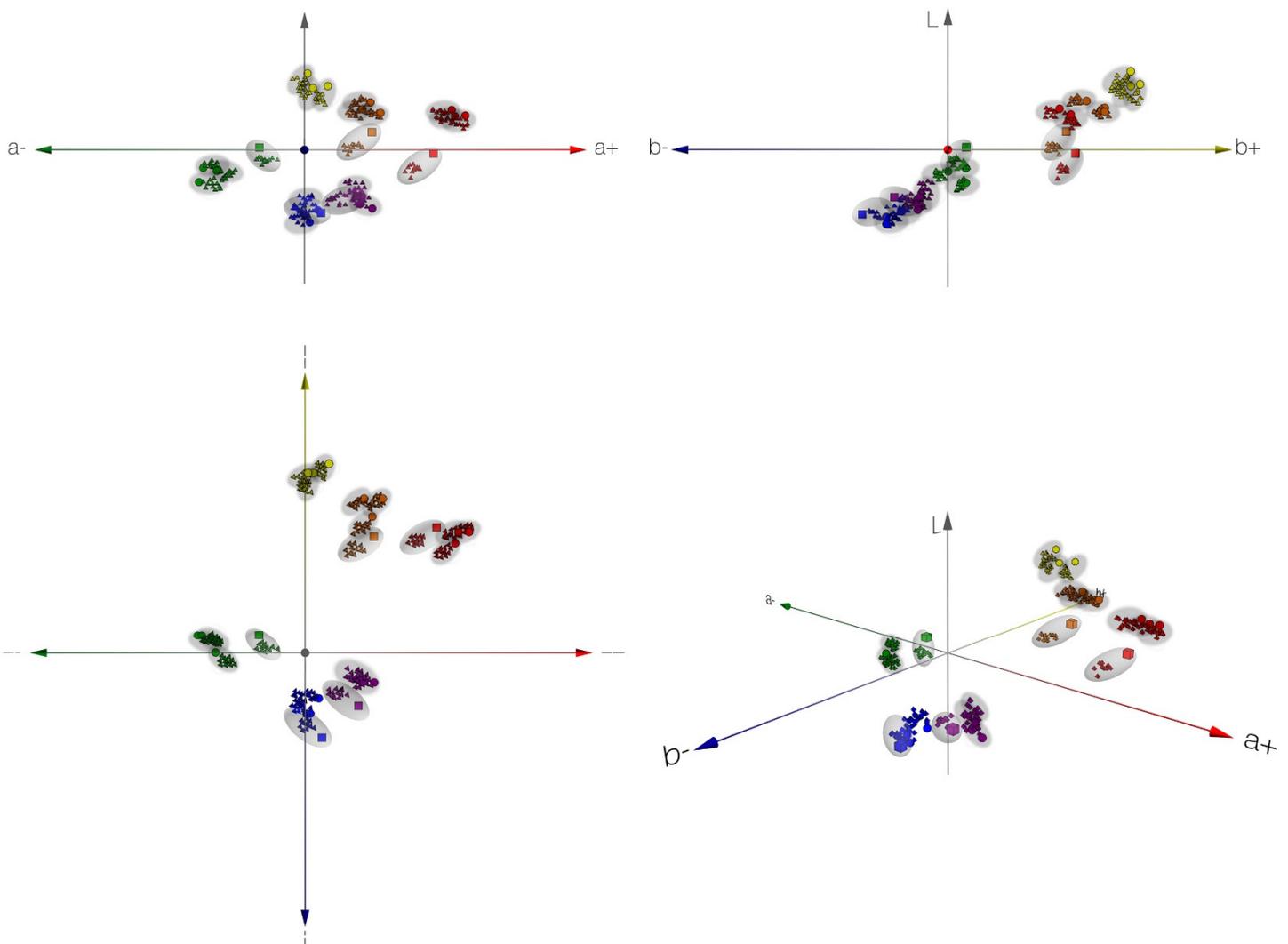
U okviru analize nisu poređene razlike prijavljenih i izmerenih boja, već su poređene srednje vrednosti odstupanja prijavljenih boja. Rezultati za ton boje prvo su prevedeni iz cirkularnog u linijski oblik podataka, zatim su izračunata odstupanja tona. Za poređenje aritmetičkih sredina odstupanja prijavljenih vrednosti svetline, hromatičnosti i tona boje za materijale različitih površinskih osobina korišćena je multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA), sa zavisnim promenljivim vrednostima svetline, hromatičnosti, tona boje i nezavisnom promenljivom vrste materijala (četiri nivoa). Iz analize je isključena žuta boja jer materijal 2 nije bio dostupan u toj boji. Post-hoc testovi su izvedeni Fisher'ss LSD test procedurom za nivo značajnosti $p < 0,05$.

Izračunata su odstupanja prijavljenih boja od instrumentalno izmerenih boja, zatim su varijanse odstupanja za svaku od Lch koordinata statistički obrađene kako bi se utvrdilo da li postoji statistički značajan efekat teksture materijala na percepciju boje. Srednje vrednosti razlika boje su prikazane u tabeli 9.56.

Tabela 9.56. Razlike prijavljene i izmerene boje pri različitim osobinama površine materijala

	Boja	Srednja vrednost ΔL	Srednja vrednost ΔC	Srednja vrednost ΔH	Srednja vrednost razlika boja ΔE_{00} (merene/prijavljene)	Srednja vrednost ΔE_{00}
Tekstilni materijal 2	Crvena	5.79	6.91	4.72	6.09	5.04
	Ljubičasta	1.59	7.47	4.58	5.33	
	Narandžasta	5.78	6.89	4.83	6.80	
	Plava	1.10	5.37	5.05	3.21	
	Zelena	4.72	2.69	4.68	6.17	
	Žuta	/	/	/	/	
Tekstilni materijal 5	Crvena	1.25	3.96	3.00	1.91	3.96
	Ljubičasta	3.64	2.44	1.74	3.60	
	Narandžasta	0.92	3.68	3.91	2.22	
	Plava	3.81	3.28	1.17	5.03	
	Zelena	1.26	4.42	3.19	3.42	
	Žuta	4.61	2.42	2.16	3.95	
Tekstilni materijal 6	Crvena	1.36	2.32	1.14	1.62	3.20
	Ljubičasta	3.42	2.02	1.82	3.34	
	Narandžasta	1.46	2.30	1.69	2.00	
	Plava	2.68	2.58	5.51	4.28	
	Zelena	1.09	3.84	1.35	2.17	
	Žuta	1.56	2.78	4.64	2.66	
Tekstilni materijal 7	Crvena	2.84	1.60	1.26	2.70	2.88
	Ljubičasta	2.21	3.50	1.58	3.84	
	Narandžasta	0.77	2.10	1.69	1.50	
	Plava	1.62	3.24	2.17	3.57	
	Zelena	1.32	5.81	2.05	2.83	
	Žuta	3.28	1.74	2.70	2.87	

Rezultati MANOVA testa ukazuju na statistički značajne razlike analiziranih varijansi $F(3, 44) = 28,18$, $p < 0.01$ i značajan efekat površinskih osobina materijala. Detaljnijom analizom Post-hoc testova i izvođenjem dodatnih ANOVA testova utvrđeno je da tekstilni materijal 2 značajno doprinosi uočenim efektima. Statistički značajne razlike za odstupanja vrednosti svetline, hromatičnosti i tona nisu uočene kod tekstilnih materijala 5, 6 i 7, odnosno uočene su sporadično za neke od boja, bez posebnog obrasca. Ovo ukazuje na to da površinske osobine imaju efekat na percepciju boje, ali da taj efekat zavisi od veličine razlika osobina, te razlike nisu dovoljno velike između materijala 5,6 i 7, ali tekstilni materijal 2 dovoljno odstupa kako bi se uočio efekat.



Slika 9.15. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za materijale različitih površinskih osobina

Slika 9.15. prikazuje prijavljene i izmerene vrednosti boja tekstilnih materijala 2, 5, 6 i 7. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju boju prijavljenu od strane ispitanika, lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje materijala 5, 6, 7, dok kocke (kvadrati na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju materijal 2. Rezultati su grupisani sivim elipsama prema pripadnosti prijavljenih boja odgovarajućem rezultatu merenja vrednosti boje.

9.7. Ispitivanje uticaja orijentacije teksture materijala na percepciju boje

Ispitivanje uticaja orijentacije teksture na percepciju boje izvršeno je koristeći tekstilni materijal 1 (somot) u varijantama osnovnih boja: crvena, plava i žuta. Ovaj materijal se odlikuje jasno orijentisanom linijskom strukturom. Stimulus je jednostavna ravna površina predstavljena ispitanicima prvo vertikalno orijentisanom teksturom, a potom horizontalno orijentisanom teksturom.

Uslovi izvođenja eksperimenta:

- Udaljenost stimulusa od ispitanika 1 m,
- Izvor svetla osvetljava stimulus odozgo pod uglom od 45°, standardno D65 osvetljenje, (karakteristike u poglavlju 8.1.),
- Korišćen je tekstilni materijal 1 (karakteristike u poglavlju 8.4.),
- 12 ispitanika,
- Stimulusi su ispitanicima prezentovani prema metodi objašnjenom u poglavlju 8.5,

Za poređenje aritmetičkih sredina prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boje za vertikalno i horizontalno orijentisane teksture korišćena je multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA), sa zavisnim promenljivim vrednostima svetline i hromatičnosti i nezavisnom promenljivom orijentacija teksture (dva nivoa, vertikalna i horizontalna). Post-hoc testovi su izvedeni Fisher'ss LSD test procedurom za nivo značajnosti $p < 0,05$.

Multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti boja nije pokazala statistički značajne razlike za faktor orijentacije teksture u slučaju hromatičnosti nijedne od boja, dok je za svetlinu uočena statistički značajna razlika u slučaju žute boje. Rezultati su prikazani u tabeli 9.57.

Tabela 9.57. Rezultati MANOVA analize za uticaj orijentacije teksture

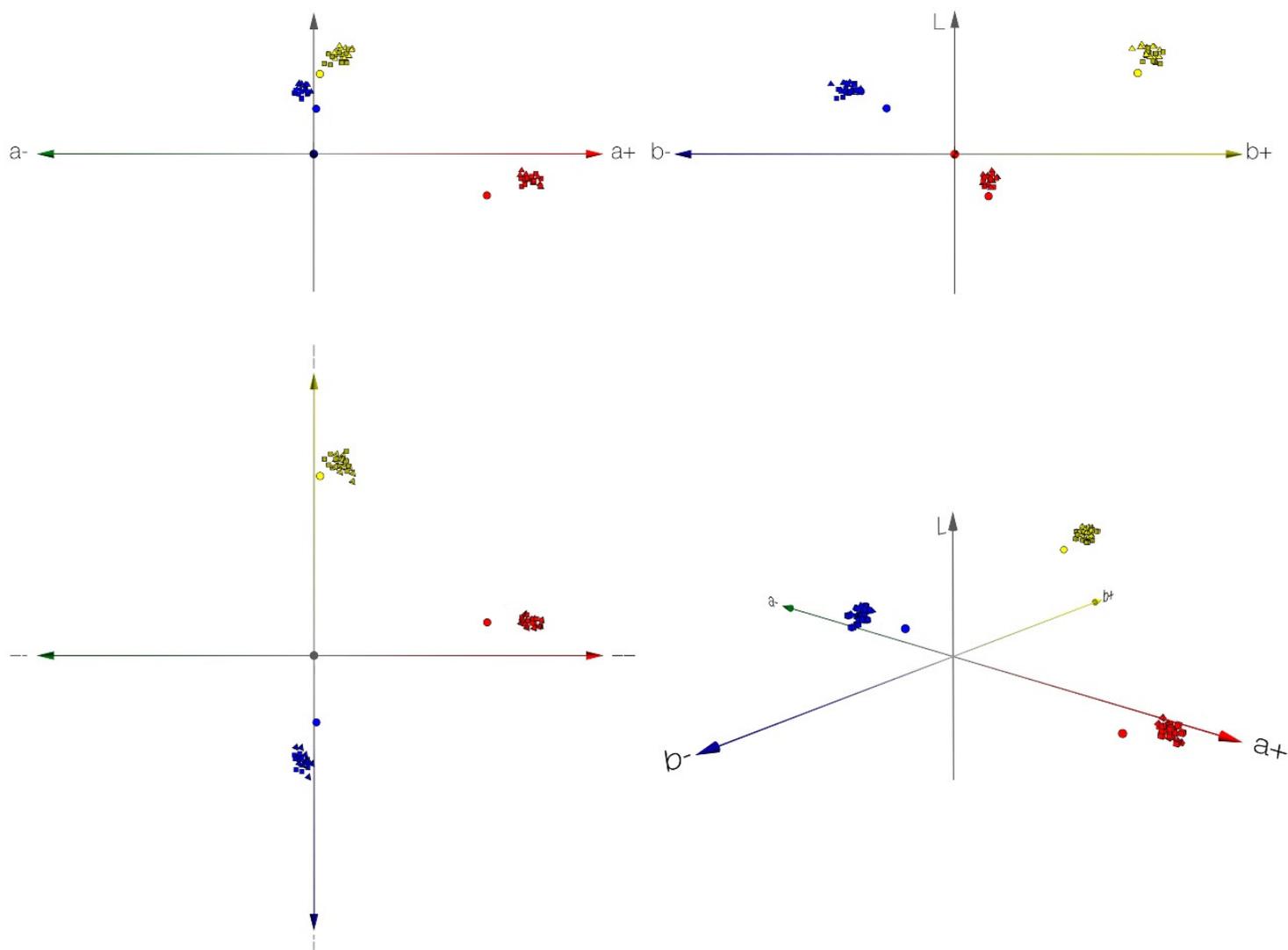
Boja	Veličina	F (1, 22)	p
Crvena	Svetlina	3.622	> 0.05
	Hromatičnost	.430	> 0.05
Plava	Svetlina	1.933	> 0.05
	Hromatičnost	.588	> 0.05
Žuta	Svetlina	16.356	< 0.05
	Hromatičnost	1.183	> 0.05

Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona boje ukazuje na statistički značajne razlike samo u slučaju žute boje, rezultati su prikazani u tabeli 9.58.

Tabela 9.58. Rezultati multivarijacionog Watson-Williams F-testa za ton boje

Boja	F (1, 22)	p
Crvena	0.107	> 0.05
Plava	1.44	> 0.05
Žuta	4.414	< 0.05

Budući da su uočene statistički značajne razlike varijansi samo u slučaju svetline i tona žute boje, nulta hipoteza nije odbačena, samim tim dalji testovi za uticaj orijentacije teksture nisu vršeni. Razlike u svetlini i tonu žute boje se mogu objasniti nešto većom devijacijom prijavljenih vrednosti žute boje. Na slici 9.1. je prikazan Lab prostor boja i može se uočiti da su prijavljene vrednosti žute boje više razučene od vrednosti ostalih boja. Piramide (trouglovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju prijavljenu boju za vertikalno orijentisanu teksturu, dok kocke (kvadrati na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju prijavljenu boju za horizontalno orijentisanu teksturu. Lopte (krugovi na ortogonalnim projekcijama) predstavljaju rezultat instrumentalnih merenja boje materijala.



Slika 9.12. Grafički prikaz rezultata instrumentalnih merenja boje i prijavljene boje za različitu orijentaciju tekture

10.0. DISKUSIJA

Na osnovu ranijih istraživanja poznati su mnogi faktori koji mogu imati uticaj na čovekovu percepciju boje. U ovom radu su razmatrani uticaji nekih od faktora značajnih za percepciju boja ambalažnih proizvoda, a vezani su za svakodnevne uslove u kojima se takvi proizvodi posmatraju.

10.1. Diskusija izbora uređaja i metodologija

Izabrani uređaji, vršenje merenja, izrađeni stimulusi i procedura izvođenja eksperimenta su adekvatno odabrani i primenjeni. Upotreba spektrometra umesto kolorimetra, sofisticiranija kontrola intenziteta svetlosti u eksperimentalnim uslovima bi donekle doprineli preciznijim rezultatima. Na osnovu precizno grupisanih odgovora ispitanika se može zaključiti da su i uređaji koji su korišćeni sasvim zadovoljavajući za ovu vrstu istraživanja. Mali broj ispitanika je prijavio probleme pri podešavanju boja zelenog i crvenog dela spektra. Izbor ispitanika prema izuzetno strogom kriterijumu kao i strogo pridržavanje eksperimentalnih procedura u izolovanom prostoru je svakako doprineo pomenutoj preciznosti.

Automatizacija prikupljanja podataka je eliminisala mogućnost nastajanja ljudske greške, a ponovljenim merenjima je eliminisana mogućnost nepravilne kalibracije ili nepravilnog korišćenja uređaja.

10.2. Diskusija izbora materijala i stimulusa

Uža oblast interesovanja bili su uticajni faktori pri percepciji boje ambalažnih proizvoda. Materijali kao i uslovi u kojima je izveden eksperiment izabrani su tako da svojim osobinama predstavljaju što je moguće širi spektar ambalažnih proizvoda. Korišćeni materijali koji su često upotrebljavani za izradu ambalažnih proizvoda kao osnovni materijal ili kao materijali za presvlačenje spoljašnjosti.

Papir je svakako jedan od najčešće korišćenih materijala, gotovo uvek u štampanom obliku. Kunstdruk je vrsta materijala koja omogućuje izradu otisaka najvišeg kvaliteta i često je korišćen za izradu kvalitetnih ambalažnih proizvoda, naročito kutija.

U procesu proizvodnje ambalažnih proizvoda veoma često se koriste različite tehnologije za oplemenjivanje papirnog materijala. Proces plastifikacije podrazumeva presvlačenje papirnog materijala plastičnim folijama, a to za posledicu ima menjanje njegovih osobina. U eksperimentu su korišćeni štampani papirni materijali oplemenjeni mat i sjajnom folijom za plastifikaciju

kao i neoplemenjen štampani papirni materijal. Ovakvom varijacijom proširen je dijapazon primene rezultata istraživanja.

Tekstilni materijali često su korišćeni za presvlačenje spoljašnjosti ambalaže, posebno ekskluzivne ambalaže visokog kvaliteta i više cene. Tekstilni materijali buhvataju one namenjene za naknadno obojavanje tj. za štampu, takođe su obuhvaćeni materijali koji su obojeni u procesu proizvodnje. Problem koji je uočen kod izbora tekstilnih materijala obojenih u procesu proizvodnje samog materijala je dostupnost svih boja koje su planirane. Tako je kod tekstilnih materijala 2 i 3 izostala žuta boja. Tekstilni materijala 1, somot, nije često korišćen materijal za izradu ambalaže, uvršten je zbog svoje teksture. Materijali predviđeni za štampu su izabrani po istom kriterijumu, ali se u eksperimentalnim uslovima pokazalo da u kombinaciji sa tekstilnim materijalom 1 nisu dali dovoljno raznovrstan raspon vrednosti hrapavosti.

Varijacije oblika koje su obrađene u okviru istraživanja relativno dobro predstavljaju često korišćene oblike u dizajnu ambalaže. Obuhvaćeni su rogljasti i zaobljeni oblici, a njihovom kombinacijom se mogu stvarati kompleksnije strukture tako da su rezultati primenjivi i za komplikovanije oblike ambalaže. Dopunjavanje varijacije oblika ne bi dalo dodatna saznanja.

Varijacija boja obuhvata primarne: crvenu, plavu i žutu i sekundarne boje: ljubičastu, narandžastu i zelenu. Ove boje su pogodne kod istraživanja vezanih za realne potrebe, jer su bliže ljudskom tumačenju sveta od procesnih CMYK boja ili neke druge grupe. Dodavanje varijanse tercijalnim bojama ne bi značajno doprinelo rezultatima eksperimenta, a značajno bi produžilo i usložnilo izvođenje eksperimenta budući da su svi stimulusi prezentovani u svih 6 boja ili barem 5 u slučaju tekstilnih materijala 2 i 3.

Svi upotrebljavani materijali su detaljno okarakterisani što pruža mogućnost proširivanja rezultata istraživanja u odnosu na prikazane u disertaciji i izvođenje novih zaključaka u budućem vremenu.

10.3. Diskusija uticajnih faktora na percepciju boje

Najobimniji eksperiment izveden za potrebe ove disertacije je vezan za uticaj oblika na percepciju boje objekta. Osim varijacije oblika, jednostavna ravna površina, kocka, cilindar i sfera, izvršena je varijacija i materijala od kojih su izrađeni stimulusi različitih oblika. Uvršćeni su papirni i tekstilni materijali, pri tome papirni materijal je imao i varijaciju u tipu površinskog oplemenjivanja, plastifikacijom mat i sjajnim folijama. Osim ovih varijacija svaki od stimulusa je prezentovan u 6 različitih boja. Ispitanicima je ukupno prezentovano 75 stimulusa. U ovom eksperimentu je učestvovao najveći broj ispitanika, njih 16. Ostali eksperimenti su izvedeni sa 12 ispitanika i korišćeno je znatno manje stimulusa i varijacija uticajnih faktora.

10.4. Diskusija uticaja oblika za različite materijale i boje

Kako bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika u percepciji boja izvedene su analize varijanse prijavljenih veličina boje. Analize su izvedene na prijavljenim vrednostima svetline, hromatičnosti i tona boje, jer one jasnije govore o nastalim razlikama od Lab vrednosti. Za svaki od materijala izvedene su zasebne multivarijacione analize varijanse sa zavisnim promenjivim vrednostima svetline i hromatičnosti i nezavisnom promenjivom oblik objekta.

Rezultati prikazani u poglavljima 9.2.1. i 9.2.2. nedvosmisleno ukazuju na to da je oblik objekta bitan faktor pri percepciji boje na nivou statističke značajnosti $p < 0,01$. Samo analiza varijanse prijavljenog tona crvene boje papirnog materijala plastificiranog mat folijom nisu pokazale statistički značajne razlike.

Dublja analiza Post-hoc testova pokazuje još neke varijanse koje nisu zadovoljile postavljeni uslov statističke značajnosti $p < 0,05$. Imajući u vidu da se radi o pojedinačnim testovima svake od Lch koordinata boje, jasno je da se takvi izuzeci mogu očekivati i ne mogu značajnije uticati na ukupne rezultate analize svih varijansi. Ovakva odstupanja se pojavljuju bez obrasca po kriterijumu boje i oblika, tako da se mogu oceniti kao slučajna.

Boje su opisane sa tri koordinate u Lab prostoru, svaka boja zauzima svoje specifično mesto, a rastojanje boja u Lab prostoru predstavlja veličinu razlika između boja. Za jednostavnu analizu uticaja oblika na percepciju boje, a pri tome imajući u vidu sve karakteristike boje, klaster analiza je izabrana kao adekvatna metoda.

Budući da trodimenzionalna klaster analiza vrši grupisanje jedinica posmatranja u grupe ili klase tako da se jedinice sličnih osobina nađu u istoj klasi (klasteru). U ovom slučaju tražena sličnost je pozicija u Lab prostoru boja. Za izračunavanje udaljenosti jedinica posmatranja u klaster analizi se obično koristi Euklidova funkcija koja se takođe koristi i za izračunavanje razlika boja prema CIE 1976.

Rezultati klaster analize takođe ukazuju na značajan uticaj boje objekta. Do tog zaključka se može doći ukoliko se analiziraju grupe koje su formirane analizom. Obzirom da je u eksperimentu učestovalo 16 ispitanika, svaki od njih je prijavio svoju procenu boje, samo 156 takvih pojedinačnih procena je grupisano zajedno, a da pripadaju različitim oblicima. Ukupno je prijavljeno 1104 boja. Kod pojedinih materijala nije formirana nijedna grupa, dok su neke formirane grupe nepotpune, odnosno ukazuju na delimično poklapanje prijavljenih boja stimulusa različitog oblika. Kada se uz prethodno navedenu

razliku između ukupnog broja i broja grupisanih boja uzme u obzir da ne postoji obrazac grupisanja boja među stimulusima različitih materijala može se zaključiti da oblik zaista utiče na percepciju boje objekta. Da to nije slučaj prijavljene boje tri stimulusa istog materijala bi bile grupisane.

Karakterizacija uticaja oblika, boje i materijala na percepciju boje izvedena je izračunavanjem razlika prijavljenih boja i boja dobijenih instrumentalnim merenjem. Rezultati razlika boja u slučaju stimulusa u obliku jednostavne ravne površine ukazuju na značaj faktora boje i materijala.

Stimulusi žute i zelene boje imaju znatno manje vrednosti razlike prijavljenih i merenih boja u odnosu na ostale boje. Prosečna razlika boja za žute i zelene boje materijala je $\Delta E_{00} = 3,3$ dok je u slučaju ostalih boja iznosila $\Delta E_{00} = 4,6$.

Vrsta materijala je takođe značajan faktor pri percepciji boje, ova tvrdnja se može dokazati primerom ljubičaste i crvene boje, u oba slučaja su razlike boja znatno veće za tekstilne materijale u odnosu na papirne materijale. Prosečna vrednost razlika boja za ljubičaste i crvene tekstilne materijale iznosi $\Delta E_{00} = 7$, dok je u slučaju papirnih materijala $\Delta E_{00} = 3,5$.

Boje stranica stimulusa u obliku kocke osvetljenih s jednim izvorom svetlosti se značajno međusobno razlikuju po pitanju boje. Ugao pod kojim zraci svetlosti padaju na površinu stranica prouzrokuju ove razlike. Dve stranice su osvetljene direktno, ali pod različitim uglom, dok je treća stranica osvetljena samo sekundarnim izvorima svetlosti. Stranicama su dodeljeni nazivi, stranica 1 (gornja) je osvetljena direktno najvećim intenzitetom, stranica 2 (leva) je osvetljena direktno manjim intenzitetom, dok stranica 3 (desna) nije osvetljena direktno već sekundarnim izvorima svetlosti.

Ispitanici i dalje boju objekta doživljavaju kao jedinstvenu. Izračunavanjem vrednosti razlike boje između boja stranica izmerenih instrumentalnim merenjima i boja prijavljenih od strane ispitanika može se steći uvid o značaju boje svake od stranica pri određivanju boje objekta kockastog oblika. Vrednosti razlike prijavljenih i izmerenih boja stranica 3, koje nisu direktno osvetljene su u domenu vrednosti od $\Delta E_{00} = 20$ do $\Delta E_{00} = 40$, pri tome ova stranica objekta ima konstantno najveće razlike. Može se reći da boja ove stranice ne učestvuje u proceni ukupne boje objekta. Vrednosti razlike prijavljenih i izmerenih boja za stranice osvetljene direktnim osvetljenjem pokazuju veliku zavisnost od osobina boje materijala. Pa tako su kod stimulusa svetlijih boja poput žute, narandžaste i crvene, najmanje razlike između prijavljenih i izmerenih boja stranice 2, dok su kod tamnijih boja materijala, ljubičaste i plave, te razlike najmanje u slučaju stranice 1. Zelena boja ima podjednake razlike prijavljenih i izmerenih boja stranica 1 i 2.

Ovakav obrazac ukazuje da je boja objekta značajan faktor pri odlučivanju o ukupnoj boji objekta. Uočeno je da su prosečne razlike prijavljene i izmerene boje stranica najmanje kod najsvetlijih i najtamnijih boja, plave i žute, na prosečnom nivou $\Delta E_{00} = 4,5$, dok su za crvenu narandžastu i ljubičastu boju na prosečnom nivou $\Delta E_{00} = 8,6$. Zelena boja ima podjednake razlike prijavljenih i izmerenih boja stranica 1 i 2 na prosečnom nivou $\Delta E_{00} = 10$. Diskusije radi može se reći da se u ekstremnim slučajevima osobina boje ispitanici lakše odlučuju za boju neke od stranica kao predstavnika boje celokupnog objekta, dok se u slučaju zelene boje uzimaju u obzir osobine boja dve stranice. Ovo bi se moglo dalje istražiti uvođenjem finije gradacije osobina boje materijala i izračunavanjem korelacije. Izračunavanje korelacije u slučaju rezultata prikupljenih ovim eksperimentom ne bi dalo pouzdane rezultate. Uočen je i efekat osobina materijala, ali samo u slučaju tekstilnih materijala gde su razlike prijavljenih i izmerenih boja najmanje u slučaju tekstilnog materijala 3. Naravno, na osnovu samo dva uzorka nije moguće graditi diskusiju, ali bi ovaj efekat trebalo dodatno ispitati.

Cilindrični i sferični objekti na svojoj površini imaju varijaciju boje zbog stalne promene ugla pod kojim zraci svetlosti padaju na objekat. Merene su vrednosti boje uzastopno duž obima cilindra i sfere zatim su izračunate razlike tih vrednosti i prosečne prijavljene boje objekta. Analizom razlika boja prijavljenih i izmerenih boja može se primetiti da prijavljena boja odgovara segmentu jače osvetljenog dela cilindra, ali nikad najsvetlijim delovima. Do sličnih zaključaka su došli i drugi istraživači (Giesel i ostali, 2010). Na osnovu grafika se može diskutovati o uticaju osobina materijala na percepciju boje cilindričnih oblika, pogotovo sjaja materijala, ali analize nisu pokazale jasan obrazac koji bi se mogao prijaviti. U daljim istraživanjima bi se mogli konstruisati eksperimenti specijalizovani za ispitivanje ovih osobina.

10.5. Diskusija uticaja intenziteta osvetljenja na percepciju boje

Intenzitet osvetljenja je variran na tri nivoa, karakteristike u poglavlju 8.1. i poglavlju 9.5. predstavljeni su rezultati analiza za neoplemenjeni papirni materijal. Multivarijaciona analiza (MANOVA) prijavljenih vrednosti svetline i hromatičnosti pokazala je statistički značajne razlike za sve boje na nivou $p < 0.01$. Multivarijacioni Watson-Williams F-test prijavljenih vrednosti tona nije pokazala statistički značajne razlike u slučaju narandžaste boje za faktor promene intenziteta osvetljenja. Nažalost regulacija intenziteta je bila moguća samo za standardno A osvetljenje iz tehničkih razloga, gde je došlo do promene temperature boje osvetljena, kao prateće pojave menjanja intenziteta. Odsustvo

statistički značajnih razlika za ton narandžaste boje može biti rezultat i ovih promena. Osim narandžaste boje, kod svih ostalih boja su dobijeni rezultati pokazali statistički značajne razlike na nivou $p < 0.01$. Intenzitet svetlosti se pokazao kao značajan faktor pri percepciji boje.

Dalje analize su podrazumevale izračunavanje razlika prijavljenih i izmerenih boja. Primećuje se trend da se razlike prijavljenih i izmerenih boja smanjuju povećavanjem intenziteta. Izračunavanje korelacije na osnovu tri nivoa promene intenziteta ne bi dalo značajne rezultate za detaljnu karakterizaciju uticaja. Izračunate razlike pojedinačnih osobina svetline, hromatičnost i tona boje ukazuju na značaj faktora boje materijala. Kod svetlijih materijala uočava se značajna promena prijavljene vrednosti svetline, dok kod tamnijih boja promena intenziteta rezultira razlikama prijavljene hromatičnosti boje.

Nažalost i u ovom slučaju tehnički uslovi nisu dozvoljavali dalje povećanje intenziteta kako bi se ustanovio gornji prag intenziteta svetlosti koji doprinosi kvalitetu prepoznavanja boje. Može se pretpostaviti da postoji i gornja granica intenziteta, nakon koje bi ponovo rasla vrednost razlike boja, što se može detaljnije obraditi u narednim eksperimentima promenom opreme.

10.6. Diskusija uticaja površinskih osobina materijala na percepciju boje

Osobine materijala su detaljno obrađene u poglavlju 8.1. gde se mogu uočiti razlike u vrednostima sjaja površinske hrapavosti itd. Tekstilni materijali 5, 6 i 7 su izabrani zbog gradacije ovih osobina na osnovu koje bi se mogli izvući zaključci o njihovom uticaju. Kako bi se ispitali i materijali značajno različitih karakteristika pridružen je i materijal 2 varijaciji.

Statističke analize varijanse su izvedene na veličinama odstupanja prijavljenih vrednosti svetline, hromatičnosti i tona boje. Rezultati MANOVA testa ukazuju na statistički značajne razlike analiziranih varijansi $F(3, 44) = 28,18$, $p < 0.01$ i značajan efekat površinskih osobina materijala, međutim daljim analizama Post-hoc testova utvrđeno je da samo tekstilni materijal 2 doprinosi razlikama. Razlike u odstupanjima prijavljene i izmerene boje su evidentne, ali nije dokazana statistička značajnost. Iako površinske karakteristike neosporno jesu uticajni faktor pri percepciji boje u ovom slučaju tekstilni materijali 5, 6 i 7 nisu imali dovoljno velike razlike. Ovo ukazuje na prag tolerancije koji je prisutan kod uticaja površinskih karakteristika materijala.

Razlike prijavljenih i merenjem dobijenih vrednosti boja ukazuju na to da se povećanjem hrapavosti, ili bolje rečeno razuđenosti u slučaju tekstilnog materijala 2, povećava i razlika prijavljenih i merenjem dobijenih boja. Budući

da je površina tekstilnog materijala 2 veoma razučena u odnosu na površinu tekstilnih materijala 5, 6 i 7. Sličan obrazac se uviđa i u slučaju sjaja površine, smanjenjem sjaja površine povećava se razlika prijavljenih i merenih osobina boje.

10.7. Diskusija uticaja orijentacije teksture materijala na percepciju boje

Ispitivanje uticaja orijentacije teksture je izvedeno koristeći tekstilni materijal 1, bolje poznat kao „somot“. Ovaj materijal se odlikuje jasnom linijskom teksturom površine. Rotiranjem materijala za 90° kako bi se postigla varijacija horizontalne i vertikalne orijentacije.

Multivarijaciona analiza varijanse (MANOVA) za prijavljene vrednosti svetline i hromatičnosti nije pokazala statistički značajne razlike kod nijedne boje materijala. Analiza varijanse tona boje je pokazala statistički značajne razlike na nivou $p < 0.05$ samo u slučaju žute boje.

Na osnovu ovih analiza koje ukazuju na odsustvo značajnog uticaja orijentacije teksture odustalo se od daljeg istraživanja.

11.0. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu značaj boje, zajedno sa oblikom, kao najbitnijih elemenata dizajna ambalažnih proizvoda, svaki od mogućih uticajnih faktora bi morao biti detaljno istražen. U procesu proizvodnje se obično posvećuje naročita pažnja kontroli parametra reprodukcije boja, ali korektno reprodukovana boja proizvoda u realnoj primeni podvrgnuta je velikom broju faktora koji utiču na njenu percepciju od strane potrošača, kome je ceo proces i podređen. Kontrola faktora koji utiču na percepciju boje na mestu gde se ambalažni proizvod prezentuje potrošaču podjednako je bitan kao i sama kontrola reprodukcije boje pri proizvodnji. Imajući to na umu izvršeno je istraživanje različitih uticajnih faktora i njihova karakterizacija.

Ovaj rad obuhvata istraživanje realnih objekata u varijacijama realnih materijala, što samo po sebi nameće određena ograničenja, ali i približava rezultate uslovima realnog okruženja. Uobičajen način istraživanja faktora uticaja na percepciju boje je simulacija računom, što dovodi u pitanje primenljivost rezultata dobijenih u tako strogo kontrolisanim uslovima koje je nemoguće reprodukovati u stvarnom svetu. Kako bi se ispoštovao naučni princip, u ovom istraživanju nametnute su strogo kontrolisane varijacije uticajnih parametara.

Postavljena hipoteza da postoje faktori koji utiču na percepciju boje ambalažnih proizvoda i da ti faktori variraju svojim značajem je dokazana rezultatima eksperimenta.

Zaključci istraživanja bi svrstali oblik, karakteristike i boje materijala, intenzitet osvetljenja, površinske karakteristike materijala u značajne faktore koji utiču na percepciju boje ambalažnih proizvoda. Na osnovu rezultata ispitivanja takođe se može zaključiti da postoje faktori koji uopšte ne utiču, ili utiču u jako maloj meri na percepciju boje tako da ih je nemoguće okarakterisati poput faktora orijentacije teksture.

Uticajni faktori poput oblika objekta, boje materijala ili njegovih površinskih karakteristika, kao i uticaj intenziteta osvetljenja neosporno imaju značajnu ulogu u percepciji ukupne boje objekta i na njenu korektnu procenu. Kod ovih faktora su uočeni pragovi tolerancije njihovog uticaja od kojih zavisi i nivo njihovog značaja.

Oblik objekta utiče na percepciju boje što je dokazano izvođenjem analiza na nivou pojedinačnih Lch koordinata, gde su potvrđeni efekti, a detaljnijim analizama je utvrđen uticaj pojedinih oblika u interakciji sa bojom. Klaster analizom su ispitani i utvrđeni eventualni uslovi prilikom kojih bi izostao efekat oblika. Rezultati nisu pokazali obrazac iako su uočeni određeni slučajevi diferencijacije boje primenjene na različitim oblicima. Analiza razlika boje je

dala uvid u način i veličinu uticaja pojedinačnih oblika. Dokazano je da osobine boje imaju značajnu interakciju sa oblikom objekta kada je u pitanju percepcija boja. Na primeru objekta u obliku kocke ovo je najjasnije izraženo razlikom izbora stranice kocke prema kojoj se procenjuje boja. Zaključeno je da kod svetlijih boja poput žute, narandžaste i crvene na ukupnu boju objekta najviše utiče direktno osvetljena, druga po intenzitetu stranica kocke, dok se kod tamnijih boja materijala, ljubičaste i plave, ukupna boja objekta vezuje za direktno osvetljenu stranicu najjačim intenzitetom, odnosno najmanjim odstupanjem od normale ugla pod kojim svetlosni zraci dolaze do površine. Na cilindričnim i sferičnim objektima je utvrđeno da je ukupna boja objekta vezana za boje bliske najsvetlijem delu objekta.

Uticaj intenziteta svetla se pokazao kao značajan faktor u tom smislu što su razlike prijavljenih i merenjem dobijenih boja veće pri nižem intenzitetu svetlosti. Uočena je i razlika vezana za interakciju sa bojom, gde su kod svetlijih materijala pri promeni intenziteta osvetljenja razlike boje uzrokovane prijavljenim razlikama u svetlini boje, a kod tamnijih boja razlikama u hromatičnosti boje.

Površinske osobine materijala su se takođe pokazale kao značajan faktor, ali sa pragom tolerancije promene osobina. Male varijacije u osobinama nisu rezultirale prijavljivanjem različitih boja, ali značajne varijacije osobina su uticale na promenu percepcije boje.

Teško je napraviti preciznu gradaciju ovih faktora, svaki od njih utiče na percepciju boje na specifičan način i veoma su zavisni međusobno, a isto tako su zavisni i od faktora koji nisu bili u fokusu ovog istraživanja. Kao dobra ilustracija može se uzeti faktor površinskih karakteristika materijala koji je veoma zavisna od uslova osvetljenja površine, pa tako ugao i intenzitet osvetljenja mogu umanjiti ili povećati značaj ovog faktora, veza je povratna, pa osobine površine materijala mogu uticati i na značaj karakteristika osvetljenja kao faktora u percepciji boje. Oblik objekta se može izdvojiti kao najznačajniji faktor iz skupa faktora koji su obrađeni ovim istraživanjem.

Istraživanje izvedeno u okviru ove disertacije se može posmatrati kao inicijalni uvid u široki spektar uticaja različitih faktora na percepciju boje ambalažnih proizvoda. Svaki od istraženih faktora se može detaljnije istražiti povećanjem broja varijacija i detaljnijom gradacijom posmatranih parametara. Primer istraživanja uticaja oblika na percepciju boje je naročito interesantno s obzirom na broj mogućih varijacija i interakcija oblika. Istraživanje se može dopuniti korišćenjem metoda praćenja pogleda, što bi bilo posebno zanimljivo kod procene ukupne boje kompleksnih objekata, pod pretpostavkom da će najviše pažnje biti posvećeno segmentima objekta koji najviše utiču na izbor ukupne boje. Istraživanje ostalih uticajnih faktora povećanjem broja varijacija

rezultiralo bi takođe mnogo dubljim uvidom u veličinu i značaj njihovog uticaja.

Pri dizajnu ambalažnih proizvoda se svi faktori koji utiču na percepciju boje moraju uzeti u obzir, a neki od njih se mogu iskoristiti kako bi se dala dodatna vrednost proizvodu. Rezultati ovog istraživanja se mogu iskoristiti za optimizaciju uslova u kojima se ambalažni proizvod prezentuje potrošaču. Ovakav pristup dizajnu ambalažnih proizvoda bi trebao rezultirati boljim tržišnim uspehom proizvoda imajući u vidu značaj boje kao elementa dizajna ambalažnih proizvoda.

LITERATURA

1. Adams, F.M. and Osgood, C. E. (1973), "A Cross-Cultural Study of the Affective Meanings of Color", *Journal of Cross Cultural Psychology* 4 (2).
2. Arend L. E., Reeves A. (1986). Simultaneous color constancy. *Journal of the Optical Society of America A*, 3, 1743–1751.
3. Aslam, M. (2006), Are You Selling the Right Colour? A Cross-cultural Review of Colour as a Marketing Cue, *Journal of Marketing Communications* , 12 (1), pp. 15-30.
4. Barrlow, H. B., Mallon, J.D., *The senses*, 139, 3553, 412-414, (1982).
5. Bernice Ellen Rogowitz, Thrasyvoulos N Pappas and Scott J Daly (2007). *Human Vision and Electronic Imaging XII*. SPIE. ISBN 0-8194-6605-0.
6. Berns R. (2000): *Billmeyer and Saltzman principles of color technology*, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York
7. Biederman, I. (1987) Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychol Rev.* 1987 Apr;94(2):115-47
8. Birren, Faber. *Color psychology and color therapy: a factual study of the influence on human life*, Kessinger, Publishing, LLC.2006.
9. Birren, Faber. *The power of color: How it can reduce fatigue, relieve monotony, enhance sexuality, and more*. Secaucus, NJ: Carol Pub. Group.1997.
10. Blake A., Bülthoff H.(1990). Does the brain know the physics of specular reflection. *Nature*, 343, 165–168.
11. Bloj M., Kersten D., Hurlbert A. C.(1999). Perception of three-dimensional shape influences colour perception through mutual illumination. *Nature*, 402, 877–879.
12. Boyaci H., Doerschner K., Maloney L. T.(2004). Perceived surface color in binocularly viewed scenes with two light sources differing in chromaticity. *Journal of Vision*, 4(9):1, 664–679, <http://www.journalofvision.org/content/4/9/1>, doi:10.1167/4.9.1.
13. Boyaci H., Maloney L. T., Hersh S.(2003). The effect of perceived surface orientation on perceived surface albedo in binocularly viewed scenes. *Journal of Vision*, 3(8):2, 541–553, <http://www.journalofvision.org/content/3/8/2>, doi:10.1167/3.8.2.
14. Boyaci, H., Doerschner, K. and Maloney, L. T. 2004. Perceived surface color in binocularly viewed scenes with two light sources differing in chromaticity. *Journal of Vision*, 4, 664-679.

15. Boyaci, H., Maloney, L. T. and Hersh, S. 2003. The effect of perceived surface orientation on perceived surface albedo in binocularly viewed scenes. *Journal of Vision*, 3, 541-553.
16. Boyatzis, C. J. and Varghese, R. (1994), "Children's Emotional Associations with Color", *Journal of Genetic Psychology* 155(1), pp. 79-85.
17. Boynton, R. M., "Theory of Color Vision," *Journal of the Optical Society of America* 50:929-944, (1960).
18. Brainard D. H.(1998). Color constancy in the nearly natural image: 2. Achromatic loci. *Journal of the Optical Society of America A*, 15, 307-325.
19. Brainard D. H., Brunt W. A., Speigle J. M.(1997). Color constancy in the nearly natural image: 1. Asymmetric matches. *Journal of the Optical Society of America A*, 14, 2091-2110.
20. Brainard D. H., Maloney L. T.(2011). Surface color perception and equivalent illumination models. *Journal of Vision*, 11(5):1, 1-18, <http://www.journalofvision.org/content/11/5/1>, doi:10.1167/11.5.1.
21. Brainard D. H., Wandell B. A.(1992). Asymmetric color-matching: How color appearance depends on the illuminant. *Journal of the Optical Society of America A*, 9, 1433-1448.
22. Brainard, D. H. 2004. Color constancy. In *The Visual Neurosciences*, L. M. Chalupa and J. S. Werner, Eds. MIT Press, 948-961.
23. Choungourian, A. (1968) "Color Preferences and Cultural Variations", *Perceptual Motor Skills*, 23 (3), pp 1202-1207.
24. CIE 175:2006, A framework for the measurement of visual appearance, International Commission on Illumination, (2006).
25. Clarke I. and Honeycutt, E. D. (2000), *Color Usage in International Business-to Business Print Advertising*, *Industrial Marketing Management* (29), pp. 255-261.
26. Commission Internationale de L'Eclairage, "Industrial colour-difference evaluation- Technical
27. Cooper K, Kazilek, CJ, "Seeing Color." *ASU - Ask A Biologist*. 6 Jan 2010. *ASU - Ask A Biologist*, Web. 23 Dec 2012. <http://askabiologist.asu.edu/rods-and-cones>).
28. Cozier, W. R. (1996), *The Psychology of colour preference*, *Review of the Progress in Coloration and Related Topics* 26 , pp. 63-72.
29. Cvetković D., *Fizički parametri radne i životne sredine, Zračenje vidljive svetlosti*, (2009).
30. Delahunt P. B., Brainard D. H.(2004). Does human color constancy incorporate the statistical regularity of natural daylight? *Journal of*

-
- Vision, 4(2):1, 57–81, <http://www.journalofvision.org/content/4/2/1>, doi:10.1167/4.2.1.
31. Doerschner, K., Boyaci, H. and Maloney, L. T. 2004. Human observers compensate for secondary illumination originating in nearby chromatic surfaces. *Journal of Vision*, 4, 92-105.
 32. Doerschner, K., Boyaci, H., and Maloney, L.T. (2010). Estimating the glossiness transfer function induced by illumination change and testing its transitivity. *J. Vis.* 10, 8, 1–9.
 33. E. Bender, *The Appearance and the Nutritional Value of Food Products*, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1981, Vol. 35, No. 3 : Pages 215-217 (doi: 10.3109/09637488109143315)
 34. Eisemen, Leatrice. *The color answer book: from the world's leading color expert*. N.p.: Capital Books, 2003. 14-17.
 35. Fleming R. W., Bühlhoff H. H.(2005). Low-level image cues in the perception of translucent materials. *ACM Transactions on Applied Perception*, 2, 346–382.
 36. Fleming R. W., Dror R. O., Adelson E. H.(2003). Real-world illumination and the perception of surface reflectance properties. *Journal of Vision*, 3(5):3, 347–368, <http://www.journalofvision.org/content/3/5/3>, doi:10.1167/3.5.3.
 37. Fleming, R. W., Dror, R. O. and Adelson, E. H. 2003. Realworld illumination and the perception of surface reflectance properties. *Journal of Vision*, 3, 347-68.
 38. Fleming, R. W., Torralba, A. and Adelson, E. H. 2004. Specular reflections and the perception of shape. *Journal of Vision*, 4, 798-820.
 39. Fleming, R.W., Dror, R.O., and Adelson, E.H. (2003). Real-world illumination and the perception of surface reflectance properties. *J. Vis.* 3, 347–368.
 40. Foster D. H.(2011). Color constancy. *Vision Research*, 51, 674–700.
 41. Freyssinier, J. P. (2011), *Introduction to Colorimetry*, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York, U.S.A.
 42. Garber, L. L., Jr., & Hyatt, E. M. (2003). Color as a tool for visual persuasion. In L.M. Scott and R. Batra (Eds.), *Persuasive imagery: A consumer response perspective*. Adversity and consumer psychology (pp. 313–336). Mahwah, NJ: Erlbaum.
 43. Gaurav Sharma (2003). *Digital Color Imaging Handbook*(1.7.2 ed.). CRC Press. ISBN 0-8493-0900-X.)

-
44. Gegenfurtner, K. R., and D. C. Kiper, "Color Vision," *Annual Review of Neuroscience* 26:181–206, (2003).
 45. Gegenfurtner, K. R., D. C. Kiper, "Color Vision," *Annual Review of Neuroscience* 26:181–206, (2003).
 46. Gernsheimer, Jack. *Designing logos: The process of creating symbols that endures*. New York: Allworth Press. 2008.
 47. Gieasel, M. Gegenfurtner², K., Effects of material on the color appearance of real objects, doi: 10.1167/10.7.452 *Journal of Vision* , vol. 10 no. 7 article 452, 2010.
 48. Granzier J. J. M., Brenner E., Cornelissen F. W., Smeets J. B. J.(2005). Luminance–color correlation is not used to estimate the color of the illumination. *Journal of Vision*, 5(1):2, 20–27, <http://www.journalofvision.org/content/5/1/2>, doi:10.1167/5.1.2.
 49. *Graphics Appl.*, 12 (1992), pp. 72–80. Difficulties with standard color maps.
 50. Grossman, R. P. and Wisenblit J. Z. (1999), What we know about consumers' color choices. *Journal of Marketing Practice* , 5 (3), pp. 78-90.
 51. Guth, S. L., H. R. Lodge, "Heterochromatic Additivity, Foveal Spectral Sensitivity, and a New Color Model," *Journal of the Optical Society of America* 63:450–462, (1973).
 52. Helmholtz, H., *Handbuch der Physiologischen Optik*, Hamburg and Leipzig, Voss, (1867).
 53. Helson H., Jeffers V. B.(1940). Fundamental problems in color vision: II. Hue, lightness, and saturation of selective samples in chromatic illumination. *Journal of Experimental Psychology*, 26, 1–27.
 54. Helson H., Michels W. C.(1948). The effect of chromatic adaptation on achromaticity. *Journal of the Optical Society of America*, 38, 1025–1032.
 55. Hering, E, "Zur Lehre vom Lichtsinne". *Sitzungsberichte der Mathematisch–Naturwissenschaftliche Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (K.-K. Hof- und Staatsdruckerei in Commission bei C. Gerold's Sohn) LXVI. Band (III Abtheilung)*. (1872).
 56. Hering, E., *Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn*, Springer, Berlin, (1920).
 57. Hering, E., *Zur Lehre vom Lichtsinne. Sechs Mittheilungen an die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien, Carl Gerold's Sohn, Wien, (1878)*.

-
58. Ho, Y.X., Landy, M.S., and Maloney, L.T. (2008). Conjoint measurement of gloss and surface texture. *Psychol. Sci.* 19, 196–204.
 59. Hunter, R. S. and Harold, R. W. 1987. *The Measurement of Appearance*. Wiley, New York.
 60. Hupka, R. B., Zaleski, Z., Otto, J., Tarabrina, N. V. (1997), "The Colors of Anger, Envy, Fear, Jealousy: A Cross Cultural Study", *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 28 (2), pp. 155-172.
 61. Hurvich, L. M., D. Jameson, "An Opponent-Process Theory of Color Vision," *Psychological Review* 64:384–404, (1957).
 62. *Industrial Color Testing—Fundamentals and Techniques*, 2nd edition, Hans G. Völz, WILEY-VCH, Weinheim, 2001.
 63. Ingling, C. R., H. B.-P. Tsou, "Orthogonal Combination of the Three Visual Channels," *Vision Research* 17:1075–1082, (1977).
 64. Ishihara S. (1977). *Tests for colour blindness*. Tokyo: Kanehara Shuppen Company.
 65. Jameson, K. A. (2005), "Culture and Cognition: What is Universal about the Representation of Color Experience?" *Journal of Cognition and Culture*, 5(3-4), pp. 293-347.
 66. JOBLOVE G. H., GREENBERG D., (August 1978). Color spaces for computer graphics. *Computer Graphics* 12(3): 20–25
 67. Johnson E.N., Hawken, M.J., Sharply, R. The spatial transformation of color in the primary visual cortex of the Macaque monkey. *Nature neuroscience*, 4, 409- 416, (2001).
 68. Judd, D. B., "Fundamental Studies of Color Vision from 1860 to 1960," *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 55:1313–1330, (1966).
 69. Judd, D. B., "Response Functions for Types of Vision According to the Müller Theory, Research Paper RP1946," *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 42:356–371, (1949).
 70. Karlović I., *Karakterizacija kolorimetrijskih i geometrijskih osobina oplemenjenih površina u štampi*, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Novi Sad, (2010).
 71. Kim J., Marlow P., Anderson B. L.(2011). The perception of gloss depends on highlight congruence with surface shading. *Journal of Vision*, 11(9):4, 1–19, <http://www.journalofvision.org/content/11/9/4>, doi:10.1167/11.9.4.
 72. Kostić G., *FOTOMETRIJA, Symmetry KD*, Leskovac, (2006).
 73. Kraft J. M., Brainard D. H.(1999). Mechanisms of color constancy under nearly natural viewing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 307–312.

74. Kraft, J. M. and Brainard, D. H. 1999. Mechanisms of color constancy under nearly natural viewing. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 96, 307-312.
75. Krauskopf, J., D. R. Williams, and D. W. Heeley, "Cardinal Directions of Color Space," *Vision Research* 22:1123–1131, (1982)..
76. Krishna, K. P. (1972), "Colour Preferences as a Function of Age and Sex", *Journal of Indian Academy of Applied Psychology* 9 (1), pp. 10-14.
77. Kuzmanović, S. (2008), *Industrijski dizajn*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
78. Lee H. Wurm, Gordon E. Legge, Lisa M. Isenberg, and Andrew Luebker, Color Improves Object Recognition in Normal and Low Vision, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 1993, Vol. 19, No. 4, 899-911
79. Lennie, P., J. A. Movshon, "Coding of Color and Form in the Geniculostriate Visual Pathway," *Journal of the Optical Society of America A* 10:2013–2033, (2005).
80. Lennie, P., J. A. Movshon, "Coding of Color and Form in the Geniculostriate Visual Pathway," *Journal of the Optical Society of America A* 10:2013–2033, (2005).
81. Levkowitz, H., Herman, G. T., 1993. GLHS: A generalised lightness, hue and saturation color model. *CVGIP: Graphical Models and Image Processing* 55 (4), 271–285.
82. Ludel, J. Introduction to sensory processes. Wh Freeman, (1978).
83. Luo, M. R., Cui, G. and Rigg, B. (2001), The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res. Appl.*, 26: 340–350. doi: 10.1002/col.1049
84. MacDonald L., A model for definition of appearance , In Proc. of the CIE Expert Symposium on "Visual Appearance", 19-20 October, Paris, (2006).
85. MacDonald L., A model for definition of appearance , In Proc. of the CIE Expert Symposium on "Visual Appearance", 19-20 October, Paris, (2006).
86. Madden T. J., Hewett K. and Roth, M. S. (2000), Managing Images in Different Cultures: A Cross-National Study of Color Meanings and Preferences, *Journal of International Marketing*, 8 (4), pp. 90-107.
87. Martin Reimann, Judith Zaichkowsky, Carolin Neuhaus, Thomas Bender, Bernd Weber, Aesthetic package design: A behavioral,

-
- neural, and psychological investigation, *Journal of Consumer Psychology* 20 (2010) 431–441
88. McCann J. J., McKee S. P., Taylor T. H.(1976). Quantitative studies in retinex theory: A comparison between theoretical predictions and observer responses to the 'Color Mondrian' experiments. *Vision Research*, 16, 445–458.
89. Miomir Jovanović, 2007., RAČUNARSKA GRAFIKA, Beograd
90. Morton, Jill L. *Color Matters*. 19 Sept. 2010.
91. Motoyoshi I., Nishida S., Sharan L., Adelson E. H.(2007). Image statistics and the perception of surface qualities. *Nature*, 447, 206–209.
92. Motoyoshi, I., and Matoba, H. (2012). Variability in constancy of the perceived surface reflectance across different illumination statistics. *Vision Res.* 53, 30–39.
93. Mowen, J.C., 1990. *Consumer Behavior*. Second edition. Macmillan Publishing Company. New York
94. Müller, G. E., "Über die Farbenempfindungen," *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, Ergänzungsband 17:1–430, (1930).
95. Mydal, Alva. Color me Verizon red, T-Mobile pink and Big telecoms are using hues to create brand identity. *Investor's Business Daily*, A07.2006.
96. Nishida, S., and Shinya, M. (1998). Use of image-based information in judgments of surface-reflectance properties. *J. Opt. Soc. Am. A Opt. Image Sci. Vis.* 15, 2951–2965.
97. Novaković, D., Vladić G., Kašiković N.: Specifics of the PET packaging design process, 1. International Conference on Innovative Technologies IN-TECH, Prague, 14-16 Septembar, 2010, pp. 409-411, ISBN 978-80-904502-2-6
98. Nassau, K., (1998), *color for science, art and technology*, Elsevier science b.v., Amsterdam, The Netherlands.
99. Obein, G., Knoblauch, K. and Viénot, F. (2004) Difference scaling of gloss: nonlinearity, binocularity, and constancy. *Journal of Vision*, 4 711-720.
100. Obein, G., Knoblauch, K., and Vie' not, F. (2004). Difference scaling of gloss: nonlinearity, binocularity, and constancy. *J. Vis.* 4, 711–720.
101. Ogden, J. R. Ogden, D. T., Akcay, O., Sable, P. and Dalgin, M. H. (2010), *Over the Rainbow- The Impact of Color on Consumer*

-
- Product Choice, *Journal of Business and Behavioral Sciences*, Volume 22, Number 1, pp. 65-72.
102. Ohno, Y., NIST Measurement Services: Photometric Calibrations (Publication 250-37); National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (USA), (1997).
103. Okan Akcay, Paul Sable, M. Halim Dalgin, The importance of color in product choice among young hispanic, caucasian, and african-american groups in the USA, *International Journal of Business and Social Science* Vol. 3 No. 6; [Special Issue -March 2012]
104. Olkkonen M., Brainard D. H.(2010). Perceived glossiness and lightness under real-world illumination. *Journal of Vision*, 10(9):5, 1–19, <http://www.journalofvision.org/content/10/9/5>, doi:10.1167/10.9.5.
105. Olkkonen M., Brainard D. H.(2011). Joint effects of illumination geometry and object shape in the perception of surface reflectance. *i-Perception*, 2, 1014–1034.
106. Olkkonen M., Hansen T., Gegenfurtner K. R.(2009). Categorical color constancy for simulated surfaces. *Journal of Vision*, 9(12):6, 1–18, <http://www.journalofvision.org/content/9/12/6>, doi:10.1167/9.12.6.
107. Olkkonen, M., and Brainard, D.H. (2010). Perceived glossiness and lightness under real-world illumination. *J. Vis.* 10, 5.
108. Olkkonen, M., and Brainard, D.H. (2011). Joint effects of illumination geometry and object shape in the perception of surface reflectance. *i-Perception* 2, 1014–1034.
109. Ohta, N., Robertson, A. R. (2005), *Colorimetry Fundamentals and Applications*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
110. Pas, S.F., and Pont, S.C. (2005). A comparison of material and illumination discrimination performance for real rough, real smooth and computer generated smooth spheres. *Proceeding APGV '05*, 75–81.),
111. Paul, P. (2002), *Color by Numbers*, American Demographics, February, pp. 30-34
112. Pellacini, F., Ferwerda, J. A. and Greenberg, D. P. 2000. Toward a psychophysically-based light reflection model for image synthesis. *Computer Graphics*, 34, 55-64.
113. Pessoa L., Mingolla E., Arend L. E.(1996). The perception of lightness in 3-D curved objects. *Perception & Psychophysics*, 58, 1293–1305.

114. Peterson, L. K, and Cheryl D. Cullen. *Global graphics: color : a guide to design with color for an international market*. Rockport publisher.Inc, 2000. 8-36. Print.
115. Pont, S.C., and te Pas, S.F. (2006). Material-illumination ambiguities and the perception of solid objects. *Perception* 35, 1331–1350.
116. Randi Priluck Grossman, Joseph Z. Wisenblit, (1999) "What we know about consumers' color choices", *Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science*, Vol. 5 Iss: 3, pp.78 – 88
117. Rath, Caroline. Presentation is everything. Feb 17th, 2010. 19 Sept. 2010.
118. Report CIE 116-1995", Central Bureau of CIE, ISBN: 3-900-734-60-7, Viena, Austria, 1995.
119. Rieke, F. Baylor, D. A. (1998). Single-photon detection by rood cells of retina. *Review of modern Phisics*, 70, 1027-1036.
120. Ripamonti C., Bloj M., Hauck R., Mitha K., Greenwald S., Maloney S. I., Brainard D. H.(2004). Measurements of the effect of surface slant on perceived lightness. *Journal of Vision*, 4(9):7, 747–763, <http://www.journalofvision.org/content/4/9/7>, doi:10.1167/4.9.7.
121. Ripamonti, C., Bloj, M., Hauck, R., Mitha, K., Greenwald, S., Maloney, S. I. and Brainard, D. H. 2004. Measurements of the effect of surface slant on perceived lightness. *Journal of Vision*, 4, 747-763.
122. S. L. Guth, R. W. Massof, and T. Benzschawel, "Vector Model for Normal and Dichromatic color vision," *Journal of the Optical Society of America* 70:197–212 (1980).
123. Sable P. and Akcay O. (2010), *Color: Cross Cultural Marketing Perspectives as to what Governs our Response to it*, *Proceedings of ASBBS* , 17 (1), 950-954.
124. Samara,T. *Design Elements: A Graphic Style Manual*. Beverly: Rockport Publishers, Inc., 2007.
125. Schläpfer, Kurt: *Farbmetrik in der grafischen Industrie*. UGRA, St. Gallen 2002, ISBN 3-9520403-1-2
126. Sharma, G. Wencheng W. Dalal E. N. (2005). "The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations".*Color Research & Applications* (Wiley Interscience) 30 (1): 21–30. doi:10.1002/col.20070
127. Sharon L., Li Y., Motoyoshi I., Nishida S., Adelson E. H.(2008). Image statistics for surface reflectance perception. *Journal of the Optical Society of America A*, 25, 846–865.

-
128. Singh, S. (2006), Impact of Color on Marketing, Management Decision, Vol. 44, No. 6, pp. 783-789
 129. Sliver, N. (1988), "Sex and Racial Differences in Color and Number Preferences", Perceptual and Motor Skills, 06 Feb., pp. 294-300.
 130. Smith, A. R.,(1978) Color Gamut Transform Pairs, Computer Graphics, Vol 12, No 3, 12-19.
 131. Solomon, S. G., P. Lennie, "The Machinery of Colour Vision," Nature Reviews Neuroscience 8:276–286, (2007).
 132. Solomon, S. G., P. Lennie, "The Machinery of Colour Vision," Nature Reviews Neuroscience 8:276–286, (2007).
 133. Stiny G, 1980, "Introduction to shape and shape grammars" Environment and Planning B 7(3) 343 – 351
 134. Strgar Kurečić, M., Uvođenje CGRT testne karte boja za karakterizaciju digitalnog fotografskog sustava, Zagreb (2007)
 135. Svaetichin, G., E. F. MacNichol, Jr., "Retinal Mechanisms for Chromatic and Achromatic Vision," Annals of the New York Academy of Sciences 74:385–404, (1959).
 136. Todd J. T., Norman J. F., Mingolla E.(2004). Lightness constancy in the presence of specular highlights. Psychological Science, 15, 33–39.
 137. Vangorp, P., Laurijssen, J., and Dutre', P. (2007). The influence of shape on the perception of material reflectance. ACM Trans. Graph. 26, 1–9.
 138. Walraven, P. L., "On the Mechanisms of Colour Vision," Institute for Perception RVO-TNO, The Netherlands, (1962).
 139. Wandell, B. A., Foundations of Vision, Sunderland MA: Sinauer Associates, (1995).
 140. Werner A.(2006). The influence of depth segregation on colour constancy. Perception, 35, 1171–1184.
 141. Wijntjes, M.W., and Pont, S.C. (2010). Illusory gloss on Lambertian surfaces. J. Vis. 10, 13)
 142. Xiao B., Brainard D. H.(2008). Surface gloss and color perception of 3D objects. Visual Neuroscience, 25, 371–385.
 143. Xiaoxiao Xia, Color guidelines for food packaging Design, Southern Polytechnic State University, November 17, 2010
 144. Yang ,Echo. Ten dairy packaging design problems existing analysis – dairy, packaging, dairy packaging – Food Industry. June 14th,2010.

145. Yang, J. N. and Maloney, L. T. 2001. Illuminant cues in surface color perception: tests of three candidate cues. *Vision Research*, 41, 2581-2600.
146. Young, T., "On the Theory of Light and Colours," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (1802).
147. Zdravković, S. , *Percepcija*, 2008., Gradska narodna biblioteka "Žarko Zrenjanin", Zrenjanin
148. Zeki, S. Bartels, A., The clinical and functional measurement of cortical (in)activity in the visual brain, with special reference to the two subdivisions (V2 and V4 α) of the human color centre. *Phil. Trans. R. Soc Lond. B* 354, 1387, 1371-1382, (1999).
149. Zeki, S. Ship, S., Modular Connections between Areas V2 and V4 of Macaque monkey visual cortex. *European Journal of Neuroscience*, 1(5), 494-506, (1989).