

# Primjena UV filtriranja kod spektrofotometrijskog mjerenja

---

Hećimović, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

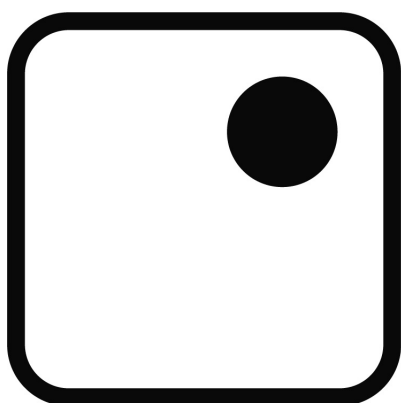
2017

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:716957>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Nikolina Hećimović**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda**

**ZAVRŠNI RAD**  
**PRIMJENA UV FILTRIRANJA KOD  
SPEKTROFOTOMETRIJSKOG MJERENJA**

**Mentor:**

**Prof.dr.sc. Lidija Mandić**

**Student:**

**Nikolina Hećimović**

**Zagreb, 2017.**

## SAŽETAK

Ljudsko oko može vidjeti vidljivi dio spektra tj. valne duljine od 400 nm do 700 nm. Ispod 400 nm nalaze se UV zrake koje su važne kad ispitujemo fluorescentne materijale. Oko ne može vidjeti UV ili IR valne duljine, ali UV svjetlo može utjecati na izgled tiskanog materijala. Većina papira danas sadrži optička bjelila. Ako se želi ispitati jesu li optička bjelila prisutna u papiru, najbolje je napraviti mjerenje boje s uređajem koji filtrira UV efekt. To je učinjeno pomoću UV filtera u mjernom instrumentu.

Ključne riječi: doživljaj boje, optička bjelila, spektrofotometrijsko mjerenje,

UV filter

# SADRŽAJ

UVOD.....	1
DOŽIVLJAJ BOJE.....	2
Izvori svjetla .....	2
Ljudski vizualni sustav .....	8
Objekti.....	12
SPEKTROFOTOMETRIJSKO MJERENJE.....	16
Kolorimetrija i mjerenje boja.....	16
UV cut .....	18
EKSPERIMENTALNI DIO .....	19
Korištene metode.....	19
REZULTATI I RASPRAVA .....	20
ZAKLJUČAK .....	23
LITERATURA.....	24

## UVOD

Mnogi komercijalni materijali, pa tako i papiri, sadrže optička bjelila, poznata kao i fluorescentna optička bjelila. Bjelina i svjetlina su važna svojstva papirnatih proizvoda. Postoje tri načina kako bi se poboljšala bjelina i svjetlina papira, a to su izbjeljivanje, dodavanje punila i dodavanje optičkih bjelila. Za razliku od izbjeljivanja ili dodavanja punila, što smanjuje apsorpciju svjetlosti ili povećava raspršenje svjetlosti, optička bjelila pretvaraju nevidljivo UV zračenje u vidljivu plavu fluorescenciju i poboljšava ukupne refleksiju posebno u plavom području spektra. Ovom metodom papir dobiva plavu boju koja se percipira kao bijela. Optička bjelila se danas u Europi pojavljuju u svim bijelim papirnatim proizvodima, kao što su uredski papiri, premazani papiri, presvučeni kartoni i slično.

Optička bjelila su najučinkovitija da papir izgleda svjetliji i bjelji kada se promatra u okruženju pod dnevnim svjetlom, koje ima značajnu količinu UV zračenja. Ako se promatra pod svjetlom koje nema dovoljnu količinu UV zračenja i sličnim vrstama osvjetljenja, papir može izgledati malo drukčije boje (žučkasto). Isto tako, može se dogoditi i da dva osvjetljenja različitih UV spektroskopskih svojstava mogu rezultirati identičnom CIE bjelinom ili ISO svjetlinom, što je poznato kao fluorescentni metamerizam.

Optička bjelila utječu, ne samo na svojstva papira (bjelinu i svjetlinu), već i na otisnute boje. Fluorescentna svjetlost koju emitiraju optička bjelila povećava *dot gain* i dovodi do zasićenijeg ispisa u boji. U grafičkoj industriji, D50 i A su standardna osvjetljenja prema ISO standardima.

U ovom radu ispitani su uzorci s optičkim bjelilima, a cilj je ustanoviti kako primjena UV filtra utječe na kolometrijsku razliku.

# DOŽIVLJAJ BOJE

## Izvori svjetla

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Ljudsko oko u prosjeku može vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 360 do 750 nm, međutim ljudsko oko vrlo dobro razpoznaje čak i male razlike unutar tog raspona. Te razlike nazivaju se boje. Najkraću valnu duljinu i najveću frekvenciju ima ljubičasta svjetlost, a najdulju valnu duljinu i najnižu frekvenciju crvena. Valne duljine svih boja koje ljudsko oko može vidjeti su (slika 1):

360-430 nm plavoljubičasta

430-480 nm plava

480-490 nm zelenoplava

490-510 nm plavozelena

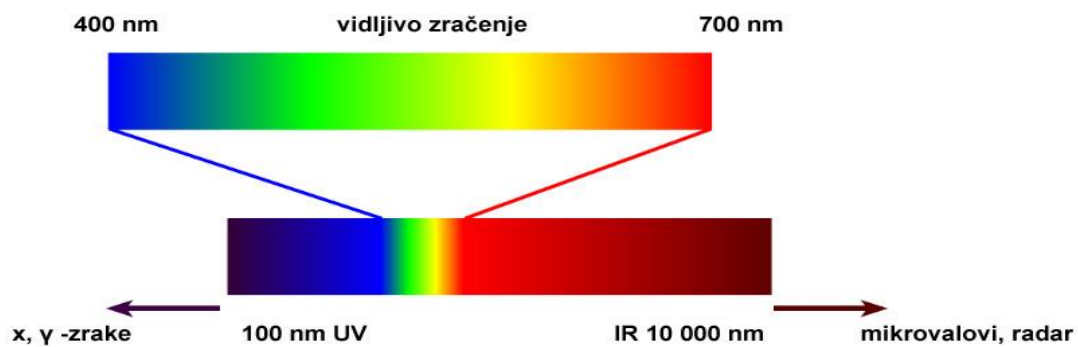
510-530 nm zelena

530-570 nm žutozelena

570-580 nm žuta

580-600 nm narančasta

600-750 nm crvena



Slika 1: Valne duljine boja

([http://fot-o-grafiti.hr/slike/nauchi/svjetlo\\_i\\_rasvjetu/osnove/emg-spektar.jpg](http://fot-o-grafiti.hr/slike/nauchi/svjetlo_i_rasvjetu/osnove/emg-spektar.jpg))

Ispod 400 nm nalaze se UV zrake koje su važne kad ispitujemo fluorescentne materijale, a iznad 700 nm su IR zrake koje su značajne u fotografiji kod nekih vrsta fotomaterijala.

Izvori svjetlosti su tijela koja emitiraju svjetlost. Izvori mogu biti izravni, tj. oni koji direktno emitiraju spektar i koje ljudsko oko vidi kao bijelu svjetlost. U njih spadaju prirodni (zvijezde, polarna svjetlost) i umjetni izvori (rasvjetna tijela), dok su neizravni izvori samo prenositelji energije zračenja, a to su sva tijela u prirodi. Oni energiju svjetla prenose apsorpcijom, refleksijom ili transmisijom. Njihova boja ovisi o tome je li tijelo prozirno (boja nastaje transmisijom) ili neprozirno (boja nastaje refleksijom).

Doživljaj boje ovisan je o tri faktora:

1. spektralnom sastavu svjetla koje pada na promatrani predmet
2. molekularnoj strukturi materijala s kojeg se svjetlo reflektira (ili propušta)
3. čovjekovim osjetom boje, putem vidnog sustava i mozga. [1]



Pod terminom „izvor svjetla“ može se smatrati bilo koji objekt koji emitira energiju u vidljivom dijelu spektra. Kako bi se imao pouzdan, sastavni opis izvora svjetla, CIE komisija (Commission Internationale de l’Eclairage) je 1931. godine standardizirala izvore svjetlosti definirajući osvjetljenje preko spektralne raspodjele i izvore kao fizičke stvaratelje emisije (illuminants). Među njima su opisi za vrste dnevnog svjetla, fluorescente svjetiljke ili posebne izvore svjetlosti. U grafičkoj industriji koriste se izvori A i D kao standardni izvori svjetlosti.

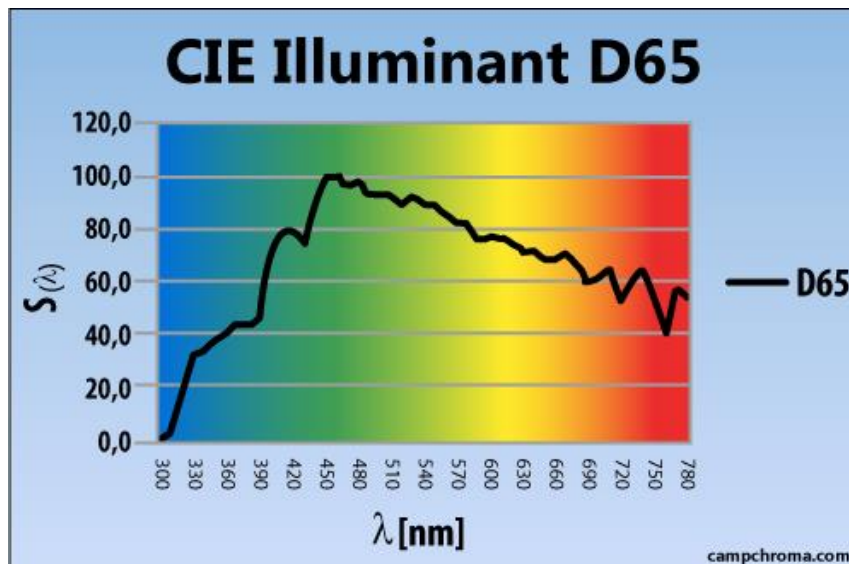
Izvor A prikazan na Slici 2, definiran 1931. godine, predstavlja klasičnu umjetnu svjetlost, T 2852K. To je svjetlost proizvedena žaruljom s volframovom niti.



Slika 2: CIE standardna rasvjeta A

([https://www.konicaminolta.eu/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_IlluminantA\\_e56404c029.jpg](https://www.konicaminolta.eu/fileadmin/_processed_/csm_IlluminantA_e56404c029.jpg))

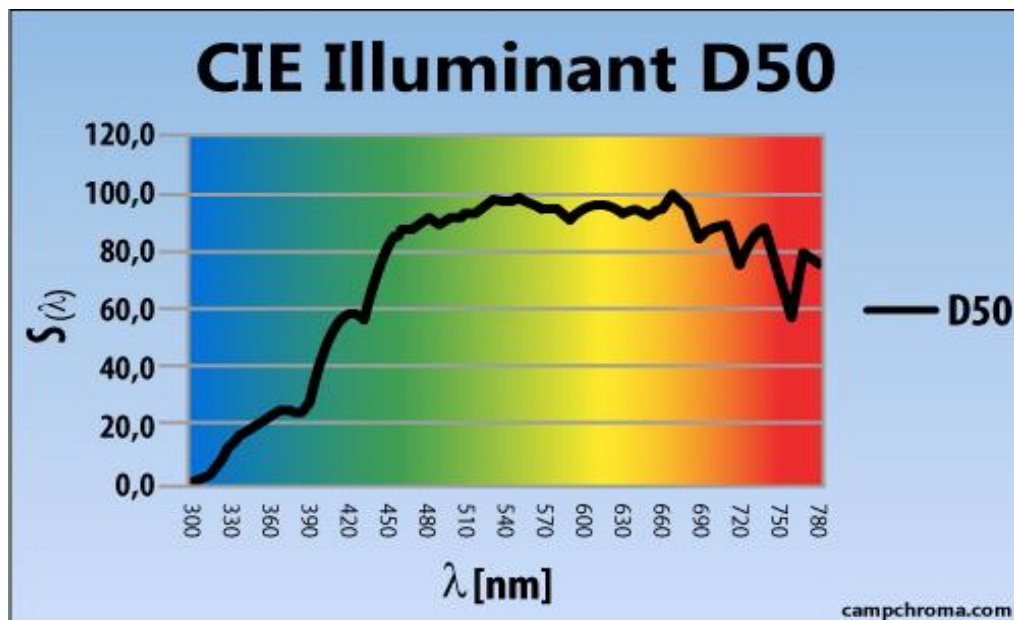
Izvor D65 prikazan na Slici 3, definiran 1964. godine, postao je današnji standard za osvjetljenje koje predstavlja prosječnu dnevnu svjetlost, T 6504K. Koristi se u tradicionalnoj kolorimetriji i papirnoj industriji.



Slika 3: CIE standardna rasvjeta D65

(<http://thelandofcolor.com/wp-content/uploads/2016/10/CIE-Illuminant-D65-graph-custom.png>)

Izvor D50, definiran 1975. godine, također predstavlja prosječno dnevno svjetlo, T 5003K, a koristi se uglavnom u grafičkoj industriji. (Slika 4)



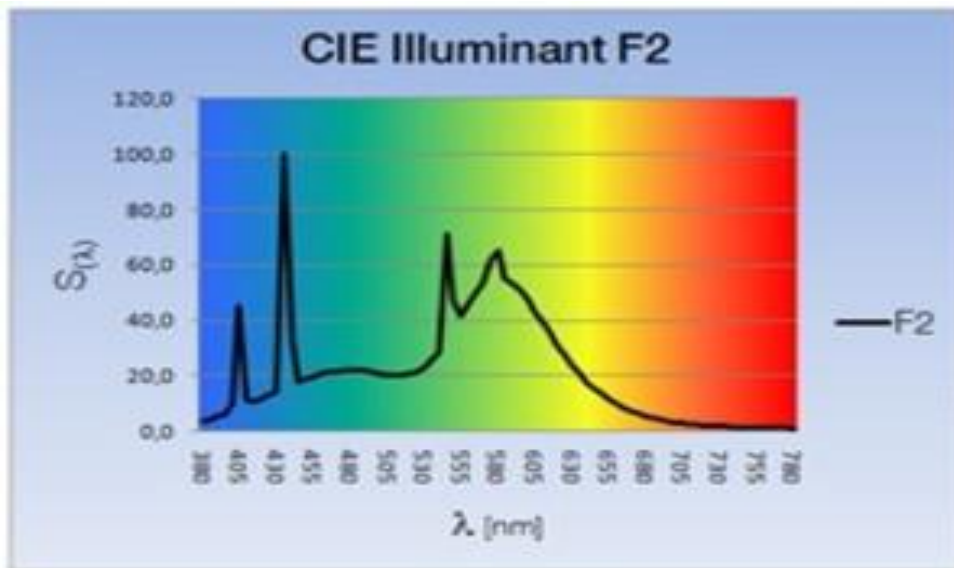
Slika 4: CIE standardna rasvjeta D50

([https://www.konicaminolta.eu/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_50\\_4b48e46224.jpg](https://www.konicaminolta.eu/fileadmin/_processed_/csm_50_4b48e46224.jpg))

Postoje još izvori D55 koje predstavlja žućkastu dnevnu svjetlost od 5503K i koristi se u industriji premaza i tekstilnoj industriji., te D75 koje predstavlja plavu dnevnu svjetlost od 7504K.

CIE komisija definirala je i 12 vrsta fluorescentnih žarulja, nazvanih F1-F12. Fluorescentne žarulje svjetlost generiraju izbojem u živinim parama visoke luminoznosti, pri čemu se stvara uglavnom nevidljivo UV zračenje, koje se fosfornim slojem na unutrašnjoj stijenci pretvara u vidljivo svjetlo. Od tih 12 definiranih žarulja, 3 se najčešće koriste u industriji, i kao takve su najvažnije za kolometrijske procjene.

F2 je poznat kao i CWF (cool white fluorescent), od 4230K. Ova vrsta fluorescentne žarulje čini većinu tipičnog uredskog osvjetljenja. (Slika 5)



Slika 5: CIE standardna rasvjeta F2

<https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html>

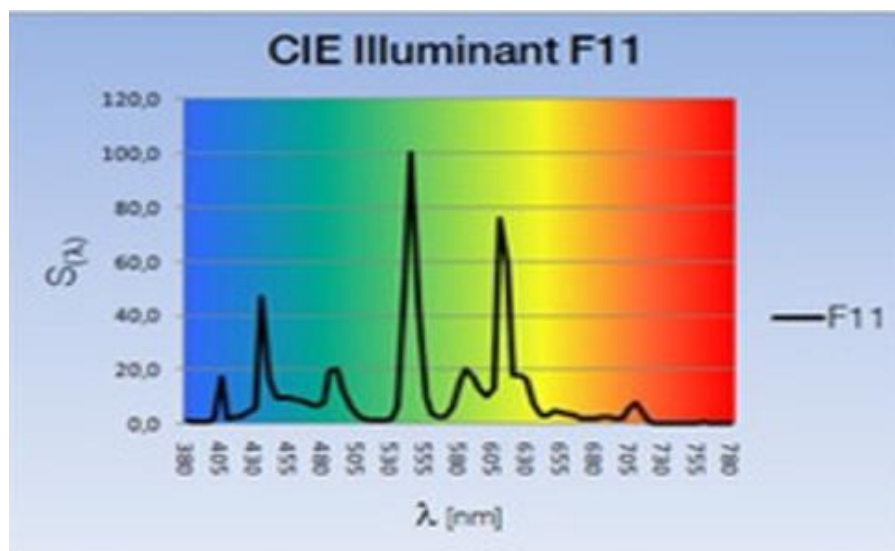
F7; širokokutna fluorescentna žarulja koje je aproksimacija izvora D65, T 6500K. (Slika 6)



Slika 6: CIE standardna rasvjeta F7

(<https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html>)

F11 najčešće se koristi kao skladišna rasvjeta, T 4000K. (Slika 7) [2]



Slika 7: CIE standardna rasvjeta F11

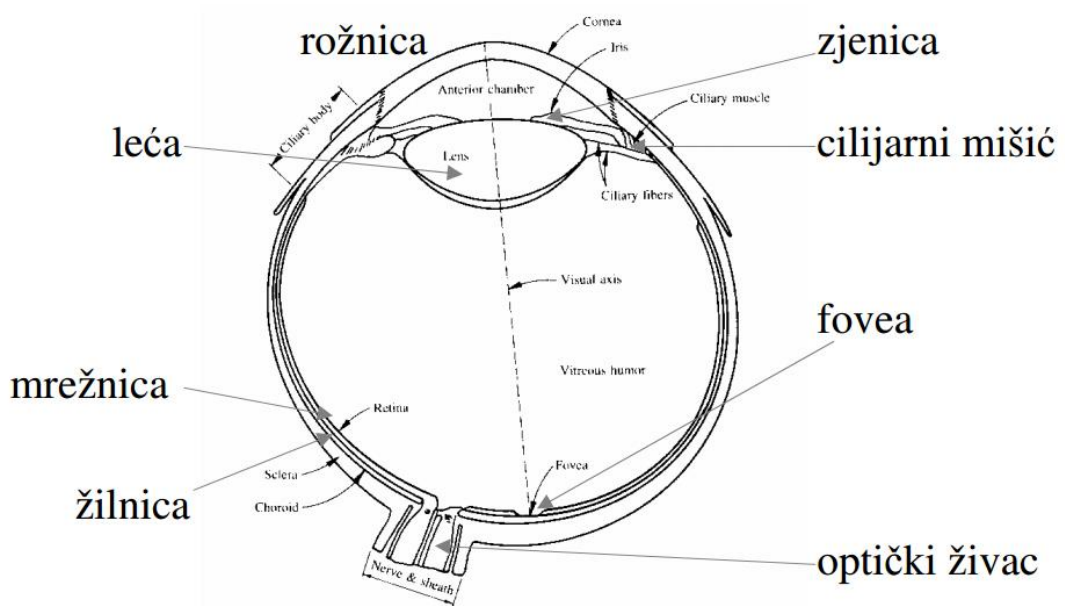
(<https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html>)

## Ljudski vizualni sustav

Periferni dio osjetnog sustava za vid je oko koje se sastoji od dva bitna podsustava. Jedan je optički, čija je zadaća da usmjerava jednostavne ili složene strukture svjetlosnih zraka na mrežnicu, a drugi je receptorni koji se nalazi u mrežnici. Njegova je zadaća pretvaranje svjetlosne energije u živčane impulse.

Rožnica, zjenica i leća su glavni dijelovi optičkog sustava oka. Rožnica štiti prednji dio oka, dok zjenica regulira količinu svjetla (dubinsku oštrinu).

Svjetlosne zrake prolaze kroz rožnicu, zatim kroz zjenicu, a leća ih fokusira na mrežnicu, te je zaslužna da se na mrežnici uvijek riše oštra slika bez obzira na udaljenost predmeta koji se gleda. Žilnica je unutarnja membrana s mrežom krvnih žila koje hrane oko; crno pigmentirana (melanin) da smanji količinu raspršenih zraka unutar oka. (Slika 8)



Slika 8: Struktura ljudskog oka

(<https://zdravlje.eu/wp-content/uploads>)

Fotoosjetljive stanice nalaze se u mrežnici oka. Postoje dvije vrste, a to su štapići i čunjići koji sadrže kemijsku supstancu koju svjetlo može razgraditi. Tim procesom razgradnje započinje pretvaranje energije u živčane impulse.

Prostorni raspored štapića i čunjića u mrežnici je različit. Štapići se nalaze izvan središnjeg dijela mrežnice, te se aktiviraju kod slabijeg svjetla u sumraku i noći te osiguravaju crnobijeli vid. Zbog toga se slabo osvijetljeni predmeti lakše uoče kada se ne gleda izravno u njih.

Čunjići su pretežno smješteni u središnjem dijelu mrežnice, koji se zove fovea. Oni su nešto manje osjetljivi na razinu osvjetljenja, ali se njima bolje razlikuju strukture, bolja je oštrina vida, te su zaslužni za vid danju i opažanje boja.

Sveukupno se u mrežnici nalazi oko 7 milijuna čunjića i 100 milijuna štapića. Postoji i treći, daleko rjeđi tip fotoreceptorskih stanica kojeg čine fotosenzitivne ganglijske stanice koje su važne za refleksivne reakcije na jarko danje svjetlo.

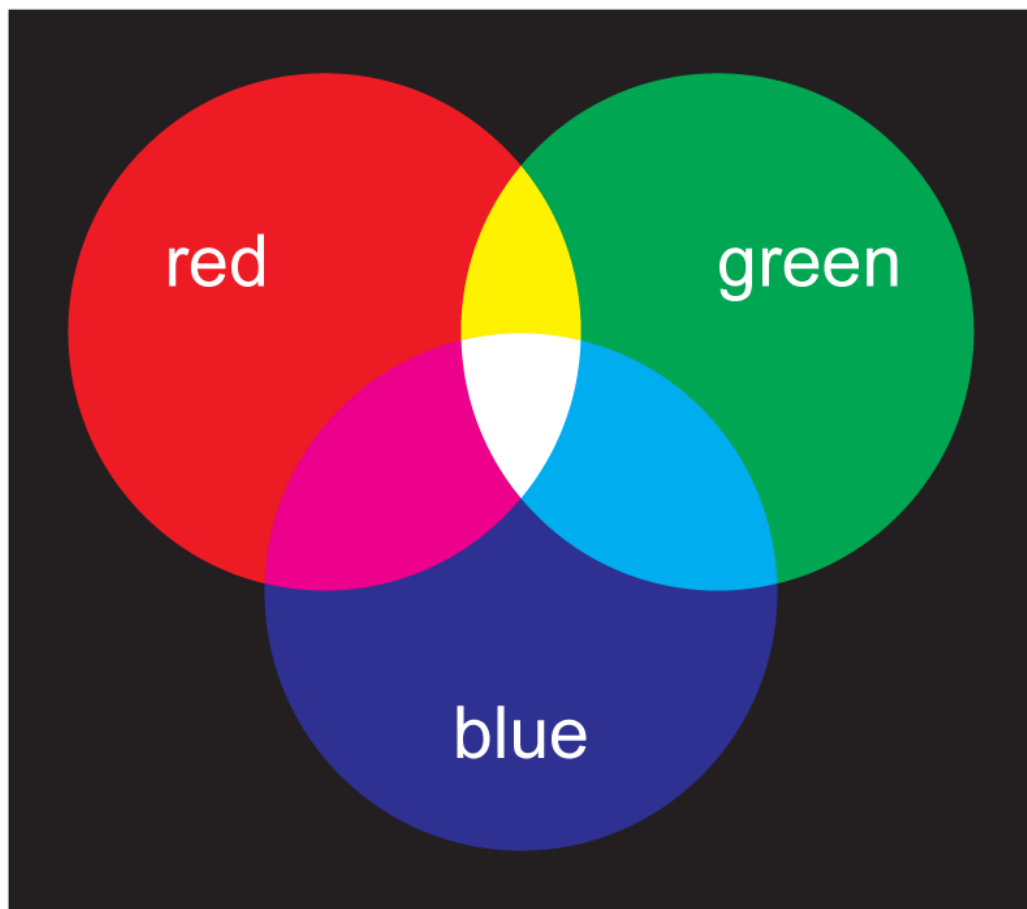
Prema tome kako čovjek vidi svjetlo, ono ima tri dimenzije ili drugim riječima psihofizičke karakteristike boja. To su svjetlina ili luminacija koji je opažen (subjektivan) intenzitet svjetla, zatim zasićenost ili saturacija koja označava čistoću tj. punoću boje (nezasićene boje izgledaju izbledjelo, dok saturirane boje nemaju bijele ili sivkaste tonove), te ton boje koji je određen valnom duljinom elektromagnetskog zračenja.

U opsegu vidnog spektra možemo razlikovati oko 150 različitih valnih duljina, a uzevši u obzir da ljudsko oko vidi između cca 400 do 700 nm, diferencijalni limen za valne duljine je oko 2 nm. Tih 150 različitih boja može imati različitu saturaciju i svjetlinu, što daje više od 7 milijuna vidnih kvaliteta koje razlikujemo dok gledamo. U engleskom govornom području postoji čak 7500 imena tih kvaliteta boja.

Poznato je da svjetlo pomješano od svih valnih duljina daje akromatsku boju, tj. crnu ili bijelu, ovisno o kojoj sintezi boja se radi. Postoje dvije vrste sinteza, a to su aditivna i suptraktivna.

Aditivna sinteza se temelji na zbrajanju odnosno dodavanju pojedinih valnih duljina (Slika 9). Ovu metodu je najjednostavnije opisati pomoću zbrajanja tri snopa svjetlosti, crvenog, zelenog i plavog. Različitim omjerima intenziteta

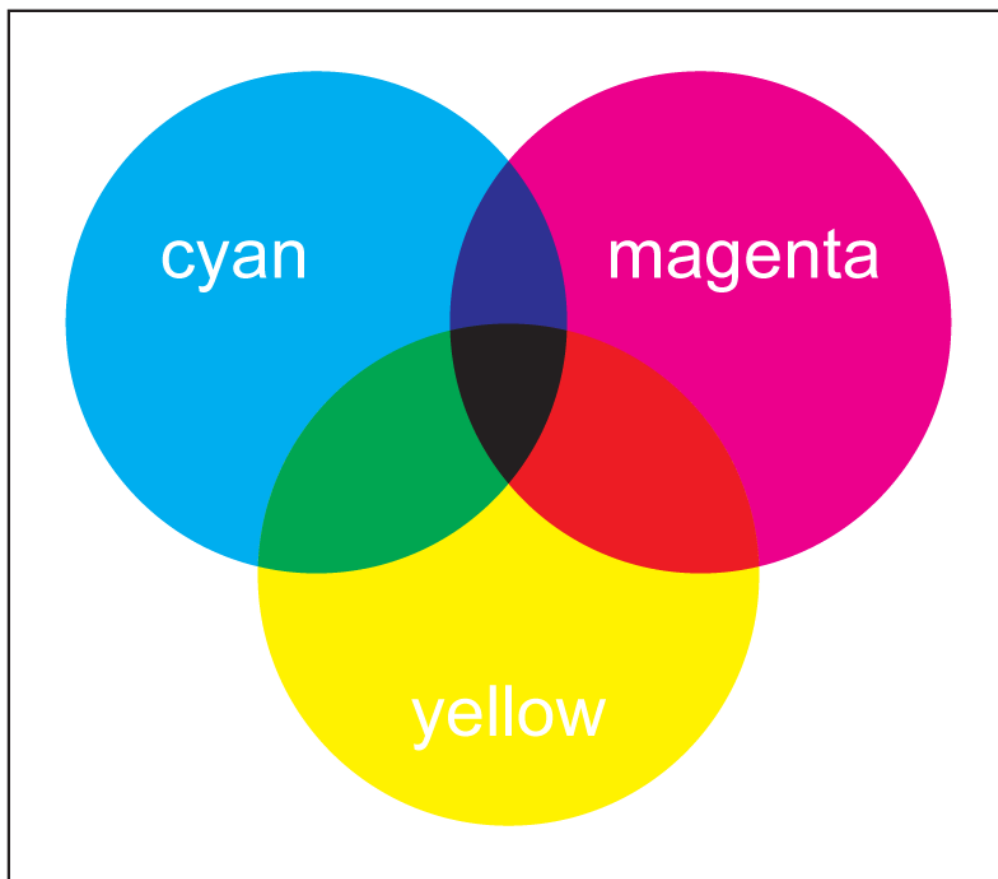
snopova moguće je ostvariti širok raspon različitih boja. Ovo je moguće jer se maksimalne osjetljivosti pojedinih čunjića na mrežnici ljudskog oka djelomično poklapaju sa crvenim, zelenim i plavim dijelom vidljivog spektra pa će ovisno o stupnju pobuđenosti pojedinih čunjića promatrač doživjeti neku boju. Na primjer, ukoliko su pobuđeni samo čunjići osjetljivi na plavi dio spektra mozak promatrača to interpretira kao plavu boju.



Slika 9: Aditivna sinteza

([http://www.supertisak.hr/content/uploads/2013/04/rgb\\_pojmovnik.png](http://www.supertisak.hr/content/uploads/2013/04/rgb_pojmovnik.png))

Suptraktivna sinteza se temelji na apsorpciji odnosno oduzimanju pojedinih valnih duljina od bijele svjetlosti. Selektivno uklanjanje valnih duljina vrši se pomoću filtera. Zelenoplavim filterom oduzimamo crveni, purpurnim oduzimamo zeleni, a žutim oduzimamo plavi dio spektra. Različitim stupnjem apsorpcije pojedinih valnih duljina moguće je ostvariti širok raspon različitih boja. Naravno i u ovom slučaju boja koju promatrač doživljava ovisi o onome što je došlo do njegovog oka. Ako smo koristili filter koji apsorbira zeleni dio vidljivog spektra od bijele svjetlosti ostaje plavi i crveni dio, što znači da će u oku promatrača biti pobuđeni čunjići osjetljivi na plavi i čunjići osjetljivi na crveni dio spektra, što će mozak promatrača interpretirati kao purpurnu boju. Kao rezultat miješanja svih boja u suptraktivnoj sintezi dobiva se crna (key).



Slika 10: Suptraktivna sinteza

([http://www.supertisak.hr/content/uploads/2013/04/cmyk\\_pojmovnik.png](http://www.supertisak.hr/content/uploads/2013/04/cmyk_pojmovnik.png))



U području vida otkriveni su i fenomeni koji nastaju kad se prekine podraživanje, to su tzv. paslike (naknadne slike). Prekid podražaja vidnog organa nastaje kada se zatvore oči ili nestane svjetla, ali je slika toga što se promatralo još neko vrijeme vidljiva. Što je bio veći intenzitet prethodno gledanog objekta, to će i paslika biti intenzivnija. Ona će se pomicati kako se pomiču i promatračeve oči, makar će se promatraču činiti da se sama pomiče, nezavisno od njega. U prvi tren kromatska kvaliteta paslike bit će jednaka onoj gledanog objekta, ali će ubrzo početi blijediti dok sasvim ne nestane. [3]

## **Objekti**

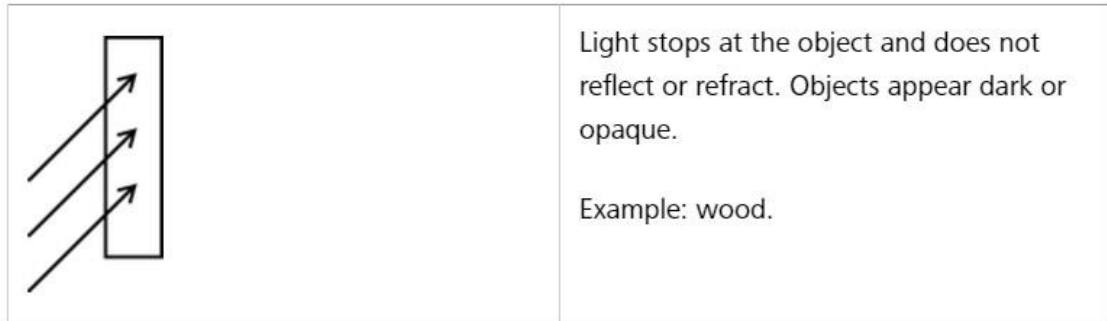
Boja svih objekata s kojima smo svakodnevno okruženi ovisi o tome u kakvoj je interakciji taj objekt sa svjetlom koje na njega pada. Kada svjetlosni snop dođe do objekta, on se može apsorbirati, reflektirati ili lomiti unutar tog objekta (refrakcija). Svi objekti imaju stupanj refleksije i apsorpcije.

### **Apsorpcija**

Svjetlosna energija ulazi u sam objekt. Budući da svjetlo ulazi u objekt prije nego da se odbija od njegove površine, objekt nije vidljiv kao jako svijetli, nego se percipira kao tamniji (što znači da mali dio svjetla putuje iz tog objekta prema oku). Međutim, objekt i dalje može biti očigledan gledatelju, npr. crni mat objekt će se dobro raspoznati i vidjeti ako se promatra na bijeloj površini. U tom slučaju kontrast čini prisutnost tamnog objekta očitim.

Općenito, tamniji objekti uglavnom apsorbiraju svjetlosnu energiju, dok svijetli objekti (u boji) tu energiju reflektiraju ili raspršuju. (Slika 11)

## Absorption



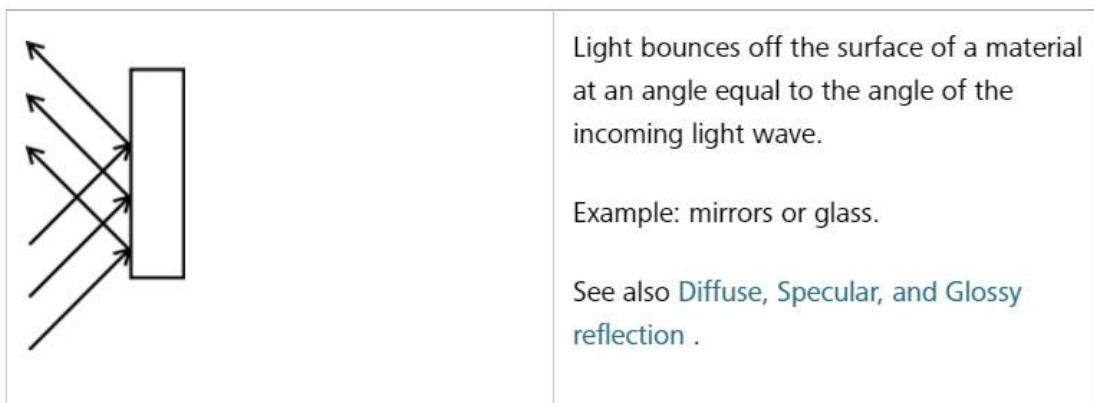
Slika 11: Apsorpcija

(<https://knowledge.autodesk.com>)

## Refleksija od glatke površine

Svjetlost dolazi do površine vrlo sjajnog objekta te se „odbija“ od nje kao što se odbija i tvrda loptica od ravne površine. Dakle, reflektirano svjetlo se odbija od površine objekta pod istim kutem pod kojim je svjetlost došla do površine. (Slika 12)

## Reflection on a smooth surface



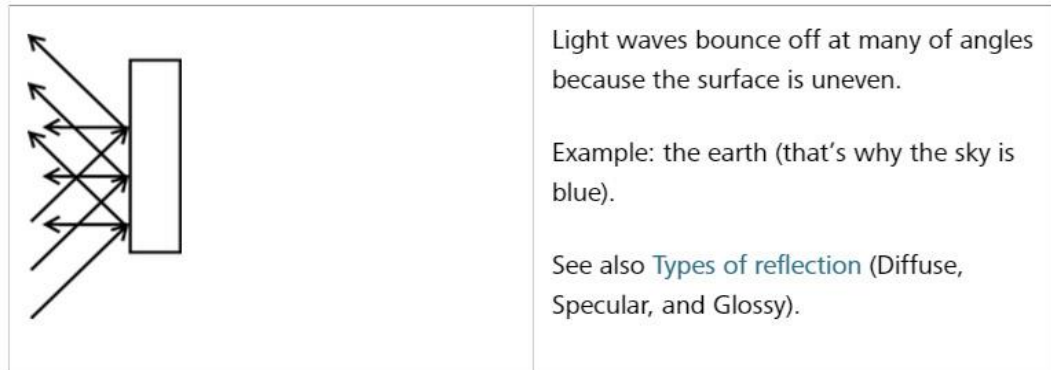
Slika 12: Refleksija od glatke površine

(<https://knowledge.autodesk.com>)

### Refleksija od hrapave površine

Nakon što svjetlost dođe do površine hrapavog objekta, ono se ne odbija u jednom smjeru, već u puno različitih smjerova pod različitim kutevima. U te površine spadaju neprozirni objekti kojima smo svakodnevno okruženi, uključujući i papir. (Slika 13)

### Scatter (Reflection on a rough surface)



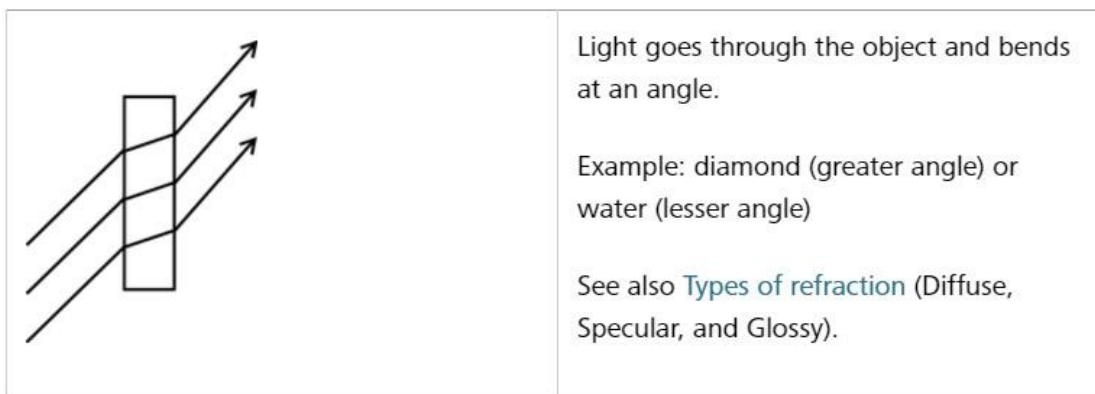
Slika 13: Refleksija od hrapave površine

(<https://knowledge.autodesk.com>)

### Refrakcija

To je još jedan slučaj u kojemu svjetlost ulazi u objekt umjesto da se odbija od njegove površine. Refrakcija se odnosi samo na objekte kroz koje svjetlost može proći, kao što su staklo, plastika, voda i sl. Svjetlost prolazi kroz objekt i lomi se pod nekim kutom. (Slika 14) [4]

## Refraction



Slika 14: Refrakcija

(<https://knowledge.autodesk.com>)

### Boje objekata

Dakle, objekte vidimo u različitim bojama zbog toga što apsorbiraju i reflektiraju određene valne duljine koje mi vidimo kao boje.

Na primjer, crvenu majicu vidimo kao crvenu jer su molekule u tkanini apsorbirale valne duljine ljubičasto-plavog dijela spektra. Crveno svjetlo je jedino svjetlo koje se reflektira od majice. Kad bi majica bila osvjetljena samo plavim svjetlom, ona bi bila crna. Razlog tome je taj da bi se plavo svjetlo apsorbiralo, a crvenog ne bi bilo da se reflektira. Isto tako, ako bi majica bila recimo plave boje, razlog je taj što je apsorbirala zeleni, žuti i crveni dio spektra, a reflektirala plavi.

Bijeli objekti se doimaju bijelima zbog toga što reflektiraju sve boje, tj. valne duljine koje ljudsko oko vidi. Crni objekti apsorbiraju sve te valne duljine i nema dijela koji se reflektira pa se stoga doimaju crnima. [5]

# SPEKTROFOTOMETRIJSKO MJERENJE

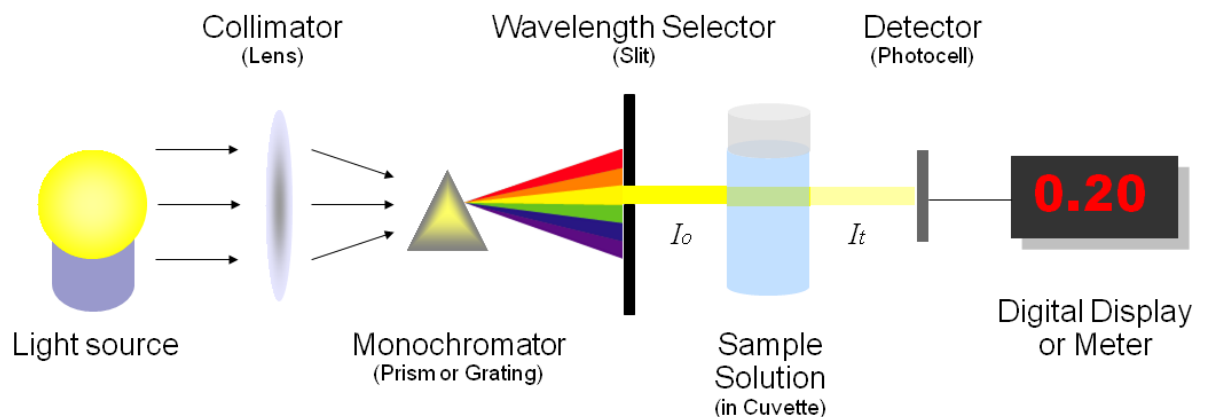
## Kolorimetrija i mjerenje boja

Boja se ne može mjeriti. Ona nije svojstvo fizičkog svijeta, već psihički doživljaj izazvan fizičkim podražajem (stimulusom). Ono što se zapravo mjeri je taj stimulus tj. svjetlo koje je ušlo u promatračevo oko i u njegovom mozgu proizvelo doživljaj boje.

Kolorimetrija je grana znanosti o bojama koja se u prvom redu bavi brožčanim određivanjem boje u odnosu na određeni vizualni podražaj.

Mjerenje boja bitno je za objektivno uspoređivanje boja, kontrolu boje na reprodukciji, određivanje tolerancija za reprodukciju pojedinih boja u tisku, kontrolu pojedinih faza u reprodukcijском procesu, kalibraciju ulaznih i izlaznih uređaja i slično.

U ovom radu kao mjerni uređaj za kontrolu kvalitete reprodukcije koristi se spektrofotometar. To je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, najčešće 10 ili 20 nm, duž valnih dužina vidljivog dijela spektra. (Slika 15)



Slika 15: Rad spektrofotometra

([https://chem.libretexts.org/@api/deki/files/8475/spectrophotometer\\_structure.png?revision=1](https://chem.libretexts.org/@api/deki/files/8475/spectrophotometer_structure.png?revision=1))

Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. U grafičkoj industriji najčešće se koriste spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 350 nm do 750 nm.

Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne dužine pomoću monokromatora (prizma ili optička rešetka). Njima se osvjetljava ispitivani uzorak boje i bijeli standard (najčešće magnezij-oksidi). Postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra. Reflektirano svjetlo dolazi do fotoćelije, koja ih pretvara u električne impulse. Impulsi se dalje preračunavaju tako da se na skali mogu očitati faktor refleksije ili transmisije, pri određenoj valnoj dužini, u odnosu na bijeli standard. Kao grafički prikaz mjerenja dobije se spektrofotometrijska krivulja. Spektrofotometrijska krivulja (podražajna funkcija) je najvažniji podatak kolorimetrije. Ona jednoznačno određuje boju na taj način da dvije boje s jednakom podražajnom funkcijom, pod jednakim uvjetima promatranja, normalni promatrač doživljava kao jednake. Takve dvije boje nazivaju se bezuvjetno jednakima. Dvije boje koje promatrač doživljava kao jednake, a imaju različitu podražajnu funkciju nazivaju se metamerima ili uvjetno jednakima.

Suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla i mikroracunalo za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti. Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla, može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije.

Postoje tri načina mjerenja spektrofotometrom:

1. sferno - svjetlost je jednolično raspršena (difuzna) unutar sfere (unutrašnjost je obojana bijelom bojom, barijev sulfat). Pri mjerenju može uzeti u obzir sjajnost. Izbor kad je uzorak teksturiran, grub, hrapav ili pak jako sjajan. Npr. tekstil.

2. 0/45 ili 45/0 - svjetlost na uzorak dolazi samo s jedne strane. Mjeri boju na način na koji bi je vidjelo (doživjelo) ljudsko oko. U mjerenju zanemaruje sjaj.

3. multi-angle - najnoviji način koji se koristi za mjerenje specijalnih boja (auto industrija). [6]

## **UV cut**

Ljudsko oko može vidjeti vidljivi dio spektra tj. valne duljine od 400 nm (ljubičasto) do 780 nm (crveno). Valne duljine kraće od 400 nm su u ultaljubičastom ili UV dijelu spektra. Valne duljine veće od 780 nm padaju u infracrveni (IR) dio spektra. Oko ne može vidjeti UV ili IR valne duljine, ali UV svjetlo može utjecati na izgled tiskanog materijala. To je zato što UV svjetlo uzrokuje određene kemikalije koje se ponekad koriste u tiskovnim podlogama kako bi podloga bila fluorescentna tj. 'sjajila'. Te kemikalije se nazivaju optička bjelila i ako su prisutna u papiru, najbolje je napraviti mjerenje boje s uređajem koji filtrira svjetlosni efekt. To je učinjeno pomoću UV filtera u mjernom instrumentu.

Optička bjelila su najučinkovitija da papir izgleda svjetliji i bjelji kada se promatra u okruženju pod dnevnim svjetlom, koje ima značajnu količinu UV zračenja. Ako se pretpostavlja da će papir biti gledan pod svjetlom koje sadrži dovoljnu količinu UV zračenja, ali je onda ipak gledan pod svjetlosti s malom količinom UV zračenja, boje tiskane na tom papiru će izgledati žućkasto. Ako se optička bjelila ne uzimaju u obzir, te je uzorak promatran pod uvjetima UV svjetla, boje tiskane na uzorku se mogu činiti previše plave.

UV cut znači da spektrofotometar zapravo izrezuje UV valne duljine iz mjerenja koje čini. To čini pomoću filtera koji eliminira UV valne duljine, počevši od oko 400 nm. To se općenito prihvaća kao ispravna metoda mjerenja koja će se koristiti prilikom promatranja papira s velikim udjelom optičkih bjelila, posebno ako ih se gleda u rasvjeti koja nema UV komponente.

Metoda u kojoj spektrofotometar uključuje UV dio spektra prilikom mjerenja koristi se kod promatranja papira bez optičkih bjelila.

Kod mjerenja boja za izradu ICC profila, filtriranje UV dijela vidljivog spektra znači da optička bjelila ne fluoresciraju i uzrokuju da mjerni uređaj zabilježi više energije nego što je optički vidljivo u ljubičasto-plavom kraju spektra. Ako UV nije filtriran, uređaj daje mjerenja na tom kraju spektra koji može učiniti da uzorci izgledaju previše plavo kada se gledaju pod izvorom svjetla poput tradicionalnog D50, koji ima malu količinu UV osvjetljenja.

Za papire bez optičkih bjelila ili onih s malim udjelom, bolje je ne mjeriti pomoću UV-cut instrumenta kada se gleda u uvjetima UV svjetla. To je zato što filter koji se koristi za rezanje UV valnih duljina nije dovoljno precizan da bi izrezao samo UV dio. Filter također izrezuje mali dio vidljive svjetlosti od plavo-ljubičastog kraja svjetlosti. To znači da papir koji nema optička bjelila može uzrokovati da uzorci izgledaju previše žuto. [7]

## **EKSPERIMENTALNI DIO**

### **Korištene metode**

U ovom radu koristio se Konica Minolta CM-3600d spektrofotometar koji je spojen na SpectraMagic NX softver. Mjerenja su rađena na podlozi glatkog papira Target ISO 12647 karta TIL 2. Korišten je izvor svjetla D50, standardni promatrač 2° i geometrija osvjetljavanja d/8 u modu SCI (specular component included). Prije mjerenja spektrofotometar je kalibriran pomoću bijelog i crnog standarda. Mjereni su faktori refleksije u spektru od 400 nm do 700 nm, te su prikazane LAB koordinate.



## REZULTATI I RASPRAVA

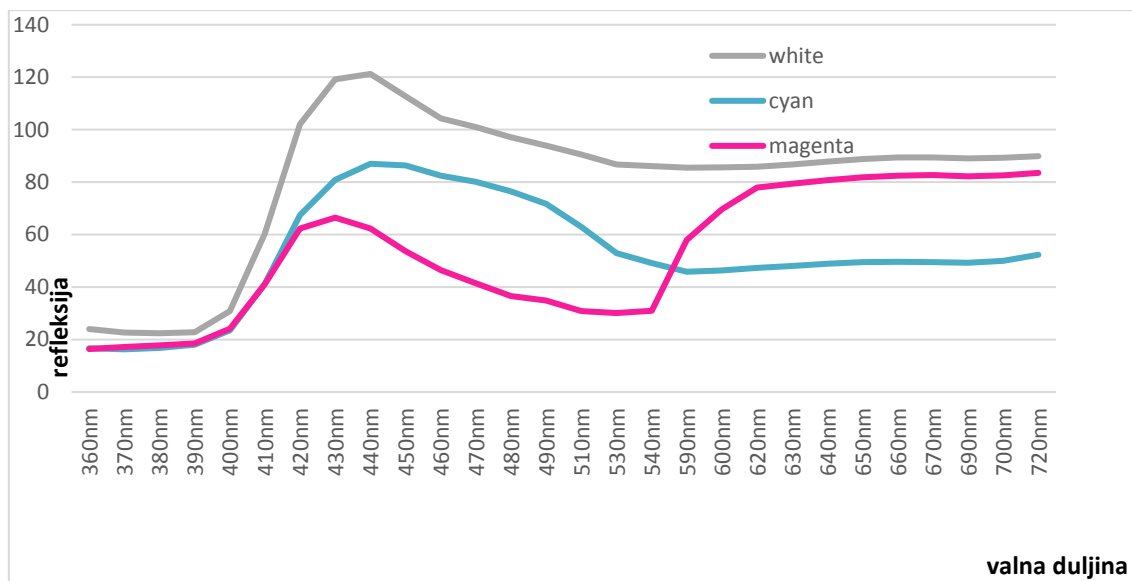
Prvo mjerenje: bez uključenog UV cuta (Tablica 1 i Tablica 2)

Tablica 1: Faktori refleksije u spektru od 400 nm do 700 nm

	400nm	410nm	420nm	430nm	440nm	450nm	460nm	470nm
white	30,88	60,34	102,14	119,26	121,27	112,75	104,36	101,04
cyan	23,54	41,22	67,43	80,87	87,02	86,33	82,42	80,19
magenta	24,13	41,14	62,34	66,55	62,36	53,73	46,53	41,45
	480nm	490nm	510nm	530nm	540nm	590nm	600nm	620nm
white	97,09	93,97	90,59	86,8	86,19	85,49	85,67	85,88
cyan	76,49	71,73	62,96	52,95	49,12	45,86	46,34	47,39
magenta	36,58	34,87	30,91	30,14	30,95	57,99	69,65	77,99
	630nm	640nm	650nm	660nm	670nm	690nm	700nm	
white	86,71	87,79	88,8	89,37	89,45	89,08	89,27	
cyan	48,12	48,93	49,54	49,66	49,49	49,27	50,02	
magenta	79,37	80,74	81,83	82,49	82,66	82,29	82,62	

Tablica 2: Lab koordinate

	L*(D50)	a*(D50)	b*(D50)
white	94,74	3,75	-13,15
cyan	76,5	2,43	-25,78
magenta	71,8	39,01	-6,81



Slika 16: Spektrofotometrijske krivulje kad nije uključen UV-cut

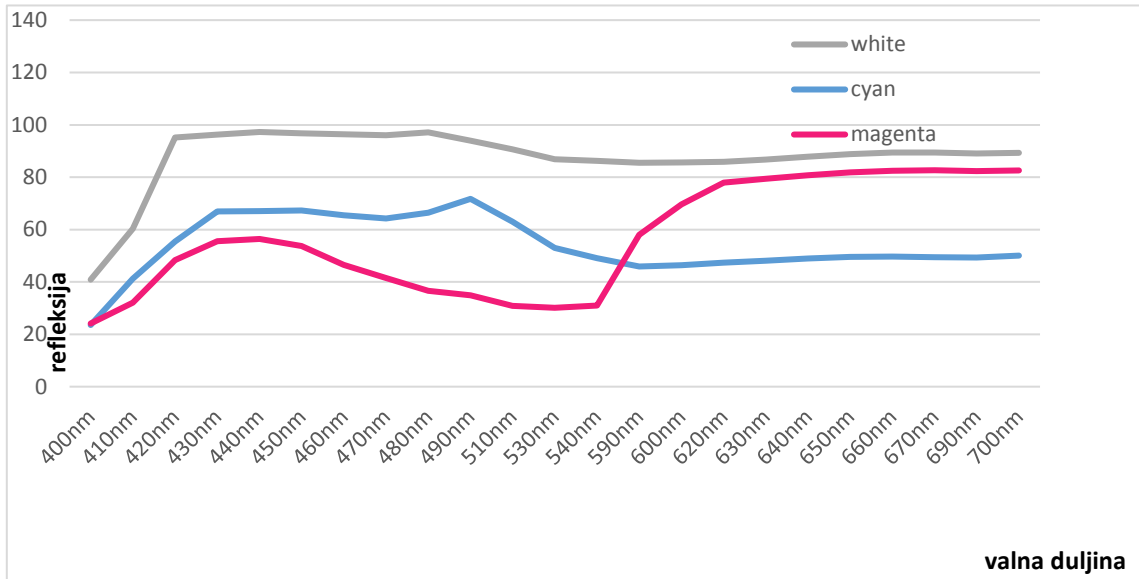
Drugo mjerenje: uključen Linear UV cut 400 nm (Tablica 3 i Tablica 4)

Tablica 3: : Faktori refleksije u spektru od 400 nm do 700 nm

	400nm	410nm	420nm	430nm	440nm	450nm	460nm	470nm
white	40,88	60,34	95,14	96,26	97,27	96,75	96,36	96,04
cyan	23,54	41,22	55,43	66,87	67,02	67,33	65,42	64,19
magenta	24,13	32,14	48,34	55,55	56,36	53,73	46,53	41,45
	480nm	490nm	510nm	530nm	540nm	590nm	600nm	620nm
white	97,09	93,97	90,59	86,8	86,19	85,49	85,67	85,88
cyan	66,49	71,73	62,96	52,95	49,12	45,86	46,34	47,39
magenta	36,58	34,87	30,91	30,14	30,95	57,99	69,65	77,99
	630nm	640nm	650nm	660nm	670nm	690nm	700nm	
white	86,71	87,79	88,8	89,37	89,45	89,08	89,27	
cyan	48,12	48,93	49,54	49,66	49,49	49,27	50,02	
magenta	79,37	80,74	81,83	82,49	82,66	82,29	82,62	

Tablica 4: Lab koordinate i kolorimetrijska razlika

	L*(D50)	a*(D50)	b*(D50)	$\Delta E_{94}$
white	94,33	0,98	-3,46	7,67
cyan	75,5	-1,38	13,98	7,05
magenta	70,97	37,23	+0,06	4,41



Slika 17: Spektrofotometrijske krivulje kad je uključen Linear UV cut 400 nm

Optičko bjelilo ima utjecaj na spektrofotometrijsko mjerenje kao što se može vidjeti iz spektrofotometrijskih krivulja (Slika 16) koje imaju povećanu refleksiju kod 420-440 nm. Korištenjem filtra za UV-cut nestaje ta refleksija, što je vidljivo na slici 17. Razlika u mjerenjima korištenjem UV filtra prikazana je kolorimetrijskom razlikom, koja je veća za bijelu i zelenoplavu (cyan) a nešto manja za purpurnu (magenta).

## ZAKLJUČAK

Tiskovna podloga, kao i svaki drugi objekt, svjetlosne zrake može reflektirati, apsorbirati ili propustiti. Kada svjetlost pada na papir jedan dio svjetlosnih zraka se odbije pod istim kutem pod kojim je i upao (zrcalna refleksija), a ostatak prodire u papir gdje je raspršen u svim smjerovima. Dakle, jedan dio svjetla koji upada na papir će se apsorbirati (uglavnom UV dio spektra i plavi dio spektra), te zbog toga površina papira djeluje žućkasto. Kako bi se to spriječilo, dodaju se optička bjelila koja apsorbirano UV svjetlo (za ljudsko oko nevidljivo) izračuju natrag kao vidljivo, tj. kompenziraju žutilo dodatnom emisijom plavog svjetla. Da bi se provjerilo ima li tiskovna podloga (papir) optička bjelila, radi se spektrofotometrijsko mjerenje – jedno s uključenom UV komponentom i jedno s isključenom UV komponentom. Ako tiskovna podloga ima optička bjelila spektrofotometrijska krivulja biti će različita u ta dva mjerenja, točnije imat će povećanu refleksiju kod 420-440 nm koje će nestati korištenjem UV filtera u drugom mjerenju. Rezultati eksperimentalnog dijela ovog rada ukazuju da je ta razlika u mjerenjima (kolorimetrijska razlika) nešto veća za bijelu i cyan, a manja za magentu.

Uzimajući u obzir sve navedeno, tiskovna podloga pa tako i boje otisnute na tu podlogu mogu se činiti drugačije ako su promatrane pod različitim vrstama osvjetljenja, ali ipak na tu razliku najviše utječu optička bjelila koja se nalaze unutar tiskovne podloge, što se može izmjeriti spektrofotometrijskim mjerenjem kako za cyan i magentu, tako i za sve ostale boje spektra.

## LITERATURA

1. [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%201.dio.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%201.dio.pdf) (20.5.2017.)
2. <https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html> (28.5.2017)
3. Branimir Šverko, 1996. Psihologija, udžbenik za gimnazije, Školska knjiga, Zagreb
4. <http://www.ivyroses.com/HumanBody/Eye/Light-on-objects.php> (3.6.2017.)
5. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/47-colours-of-light> (4.6.2017.)
6. [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%2003.dio.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%2003.dio.pdf) (8.6.2017.)
7. [http://www.efi.com/library/efi/documents/558/efi\\_fiery\\_cps\\_4\\_es2000\\_fq\\_en\\_us.pdf](http://www.efi.com/library/efi/documents/558/efi_fiery_cps_4_es2000_fq_en_us.pdf) (10.6.2017.)