

OSNOVE O BOJI

2. dio

Kontrola boja - od percepcije do mjerjenja

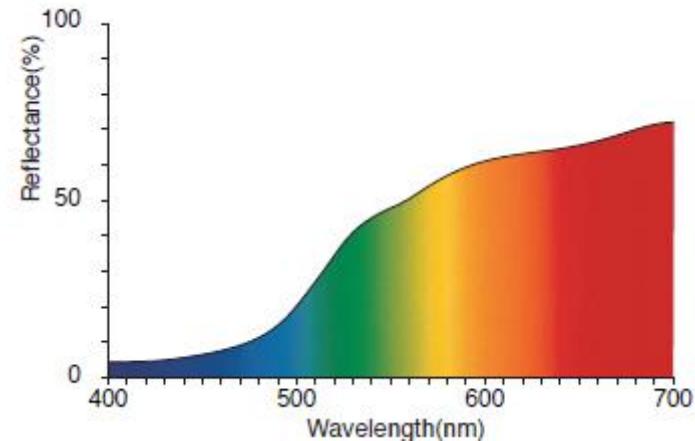
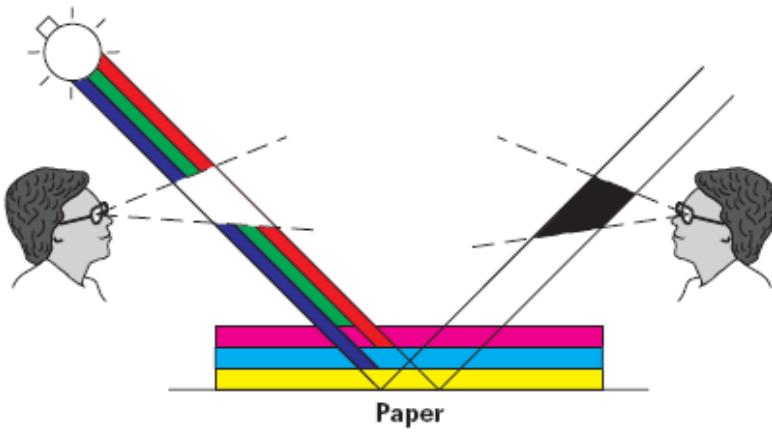
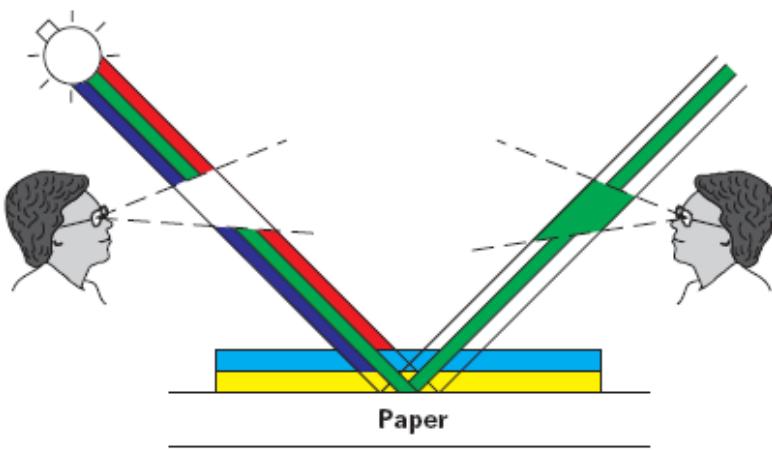
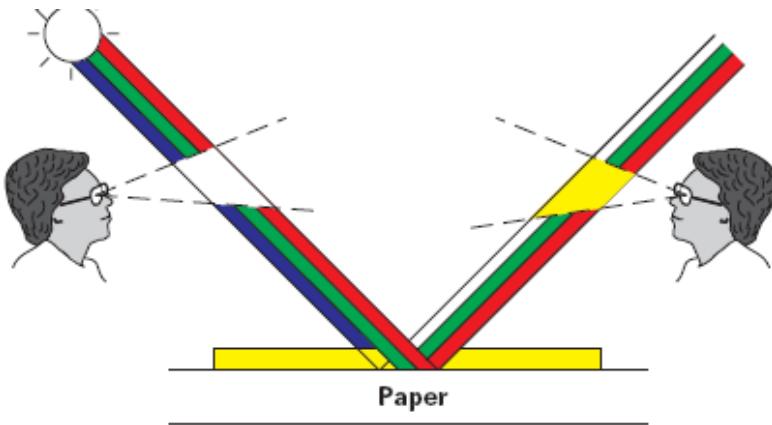
dr.sc. Maja Strgar Kurečić

SADRŽAJ PREDAVANJA



- ▶ Boja - s psihofizičkog i s fizikalnog aspekta
 - ▶ Doživljaj boje
 - ▶ Psihofizičke karakteristike boja - subjektivno opisivanje boje
 - ▶ Fizikalne karakteristike boja - objektivno opisivanje boje
 - ▶ Miješanje boja - aditivna i suptraktivna sinteza
 - ▶ Komplementarne boje
 - ▶ Metamerija
 - ▶ Sustavi za prikaz boja, Prostori boja
 - ▶ Kolorimetrija
 - ▶ Mjerni uređaji za kontrolu kvalitete reprodukcije boja
-





Krivulja refleksije neke žute boje.

(Komplementarna boja se apsorbira!)

Kako bi izgledala krivulja apsorpcije za žutu boju?

Komplementarne boje

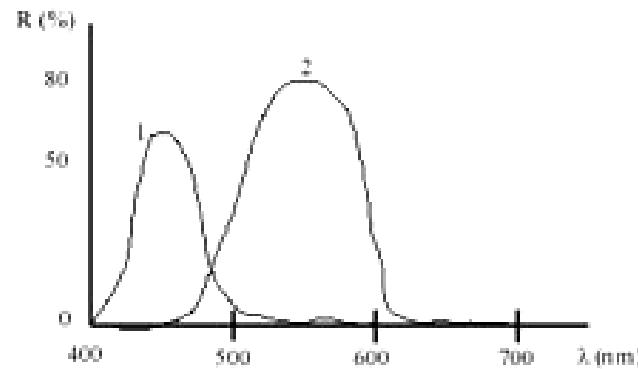
- dvije boje koje pomiješane zajedno daju akromatsku boju.
- U krugu boja one koje su jedna nasuprot drugoj.



Pitanja iz kolokvija

Nacrtajte moguće krivulje refleksije dviju boja istog tona, a različite svjetline i zasićenja.

Odredite ton boja 1 i 2. Navedite koja boja je zasićenija, a koja je svjetlijia?

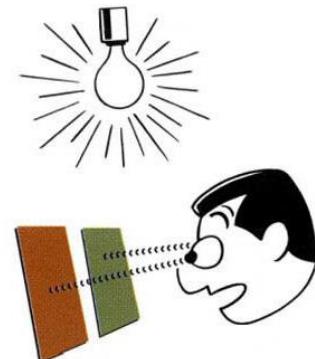
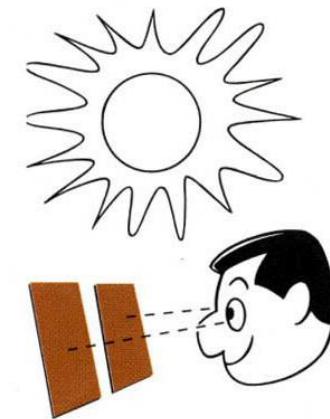


Metamerija

Pojava da dvije boje različitih spektralnih krivulja izgledaju jednako gledane pod jednim izvorom svjetla, a drugačije pod drugim izvorom svjetla.

To su metamerne boje.

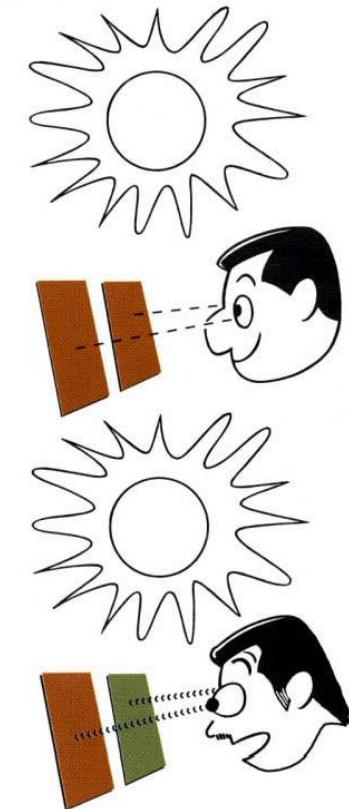
Kad metamerne boje ne izgledaju jednako radi promjene **izvora svjetla**, tad se ta pojava naziva *Illuminant metamericism*, odnosno metamerija uzrokovana izvorom svjetla.



Metamerija

Osim metamerizma izazvanog izvorom svjetlosti, postoji i metamerizam uzrokovani **promatračem** (*observer metamericism*).

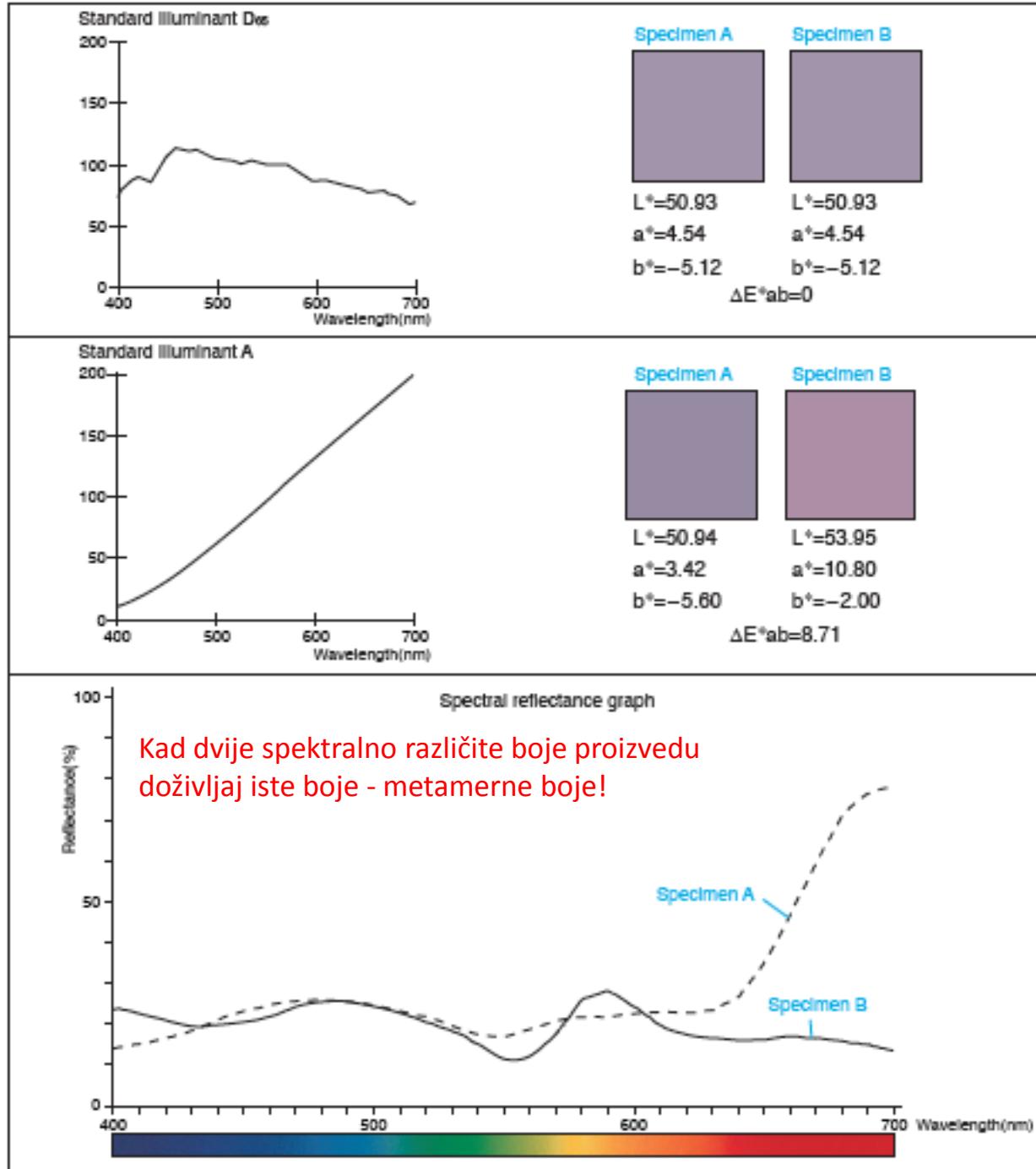
Naime, spektralna osjetljivost ljudskog oka može varirati od čovjeka do čovjeka. Također, vid se mijenja s godinama.



Dvije boje gledane pod istim izvorom svjetla jednom čovjeku mogu izgledati isto, a drugom različito!



Metamerija

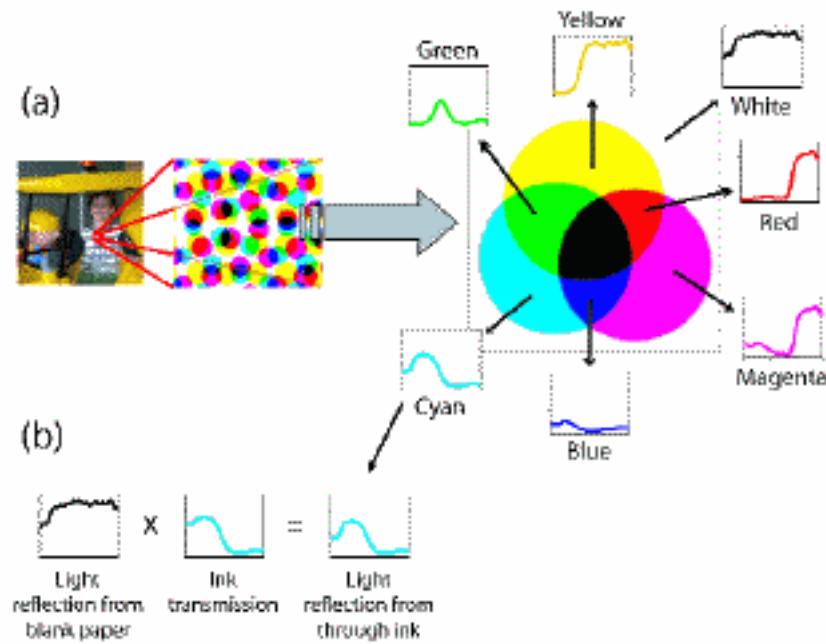


Zašto je metamerija tako bitna?

Većina sustava za reprodukciju boja uključujući televiziju, fotografiju u boji i tisak, oslanja se na samo **tri do četiri primarne boje** za prikaz svih boja koje vidimo oko nas.

To je moguće upravo radi metamerije!

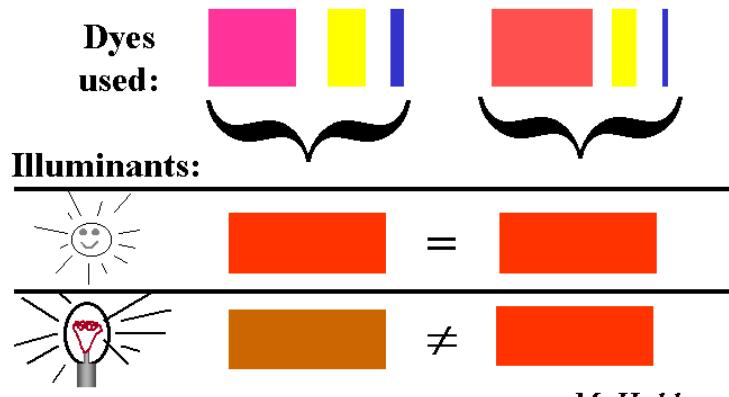
Osnovni uzrok metamerije je činjenica da je boja vizualni doživljaj, a ne vlasništvo objekta. Ljudski vidni sustav može doživjeti isti osjet boje od mnogo kombinacija različitih valnih duljina.



Na što treba paziti?

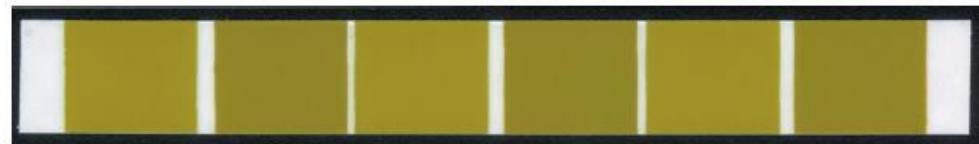


Metamerism: “Does it match the standard under *all* illuminants?”



Ugra metamerism card

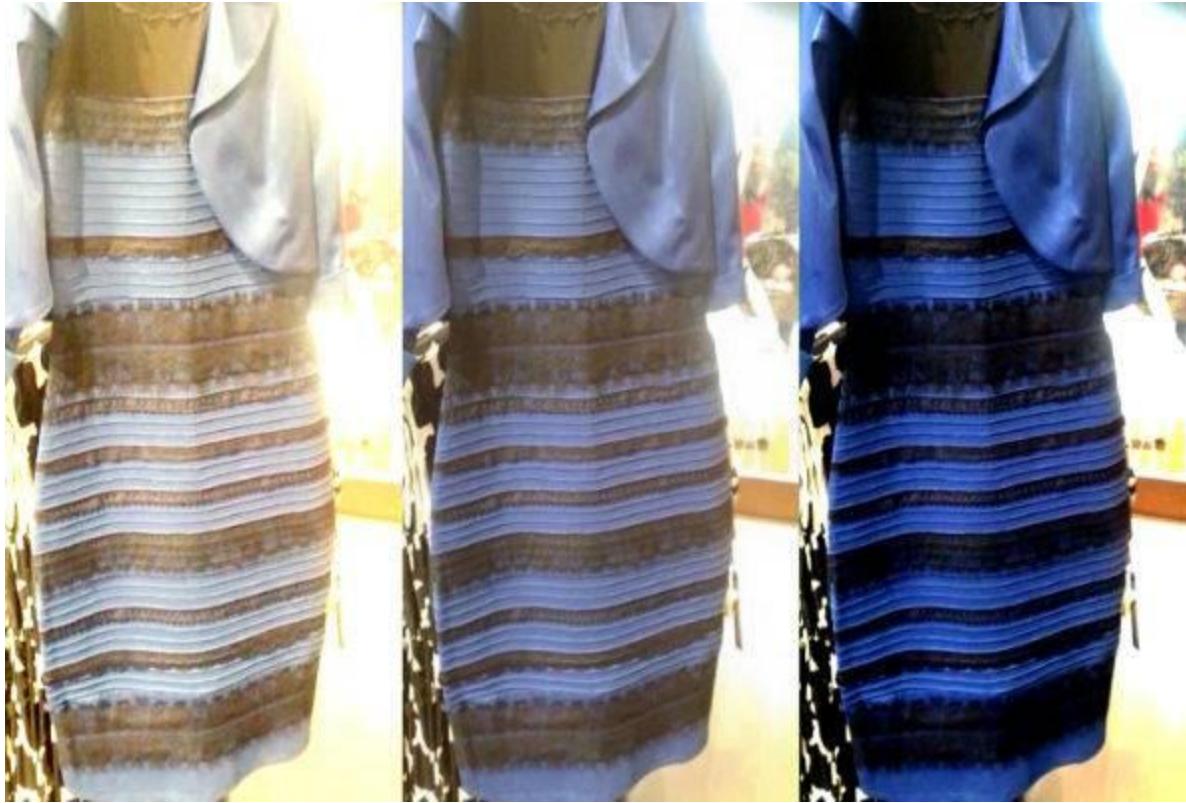
This is how the light indicator appears under standard light of 5000 K. All patches show the same color.



If the light indicator is viewed under a non-standard light source. The patches show different colors.



Boja haljine???



FOTKA HALJINE 'SLOMILA INTERNET'



Boja haljine???

Jedan od najvećih misterija napokon je riješen i dobili smo odgovor na pitanje je li haljina zlatno bijela ili crno plava.

<https://www.youtube.com/watch?v=l0OPNOpU6SY>

SAVE WITH GREAT PRICES See all eligible items >

ng this X



Mouse over image to zoom

< >

Roman Originals - Lace Detail Bodycon Dress Ladies Royal Blue

Condition: New with tags

Size: Select More than 10 available
8 sold

£50.00 RRP £75.00 save £25.00 (33% OFF)

Buy it now Add to basket

Add to Watch list ★ Add to collection
13 watchers

Free Click & Collect New condition Longline member

Collect 50 Nectar points Get Started | Conditions

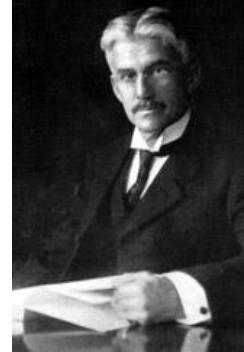
Collection: FREE Click & Collect from your local Argos Select a store

Postage: Free Economy Delivery Item location: Birmingham, United Kingdom Post to Worldwide See restrictions

Sustavi za prikaz boja

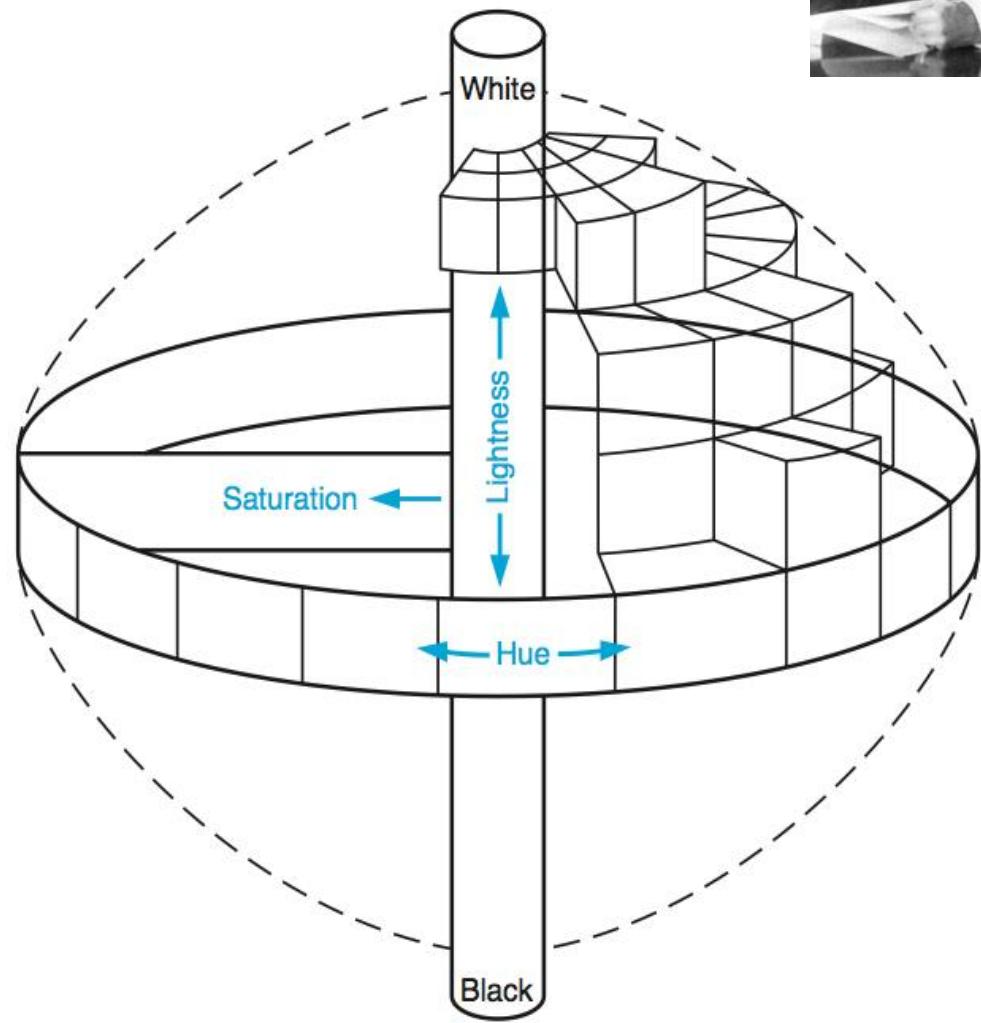
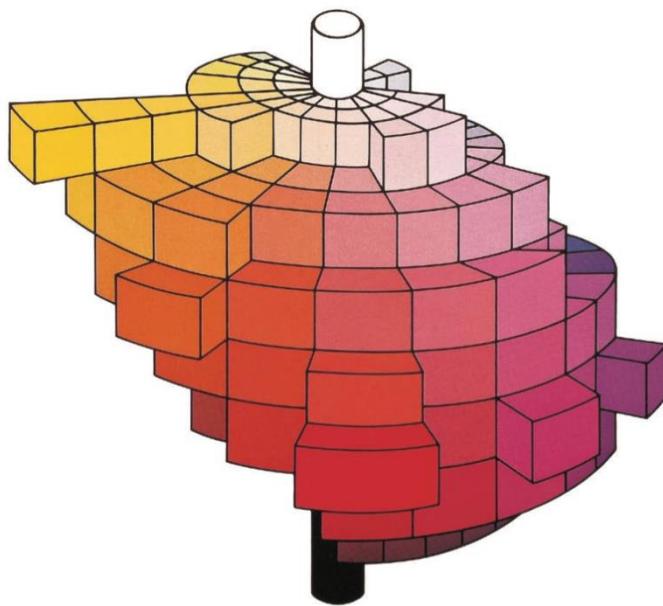
- Nastali su iz potrebe za sustavnom i objektivnom klasifikacijom boja cjelokupnog spektra, te egzaktnim vrednovanjem odnosa među bojama.
- Osnovna podjela:
 - Sustavi bazirani na **psihološkim atributima boje** - intuitivni modeli bazirani na ljudskoj percepciji (Munsellov, Natural Colour System-NCS)
 - Sustavi bazirani na **miješanju boje svjetla i pigmenta** (Ostwaldov sustav, Pantone)
 - Objektivni sustavi bazirani na **CIE zakonitostima** (CIE XYZ, CIE LAB, CIE LUV)





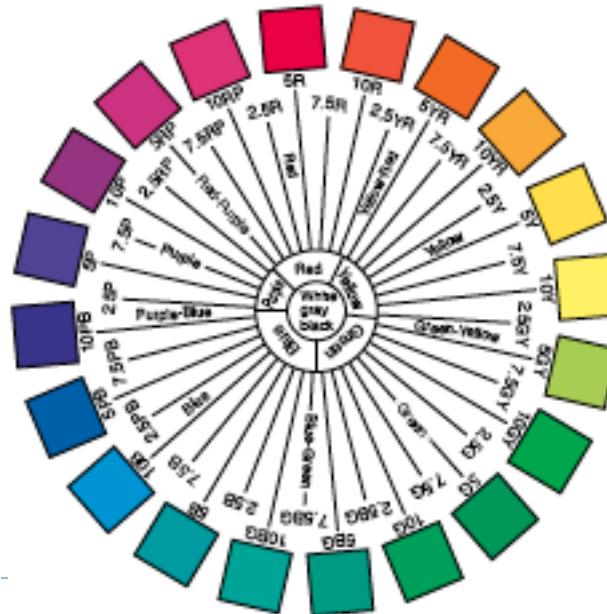
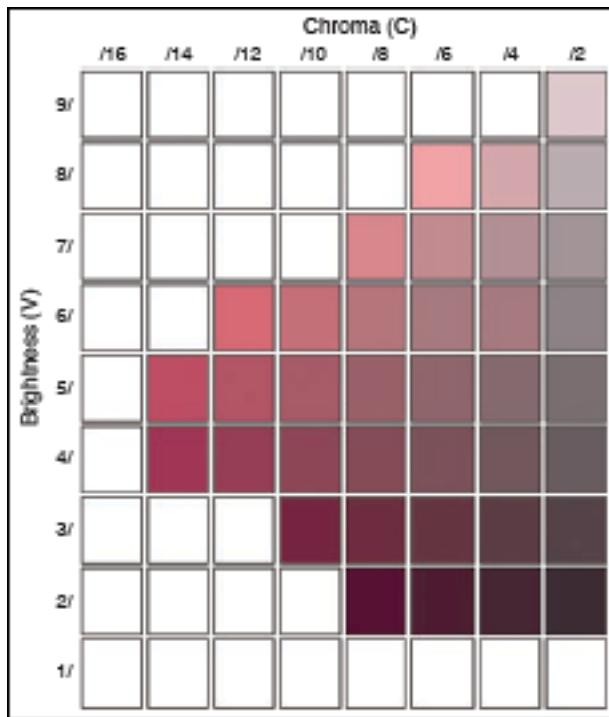
Munsellov sustav boja (HVC)

- 1905.g, *Albert H. Munsell*
- Intuitivni 3D model za prikaz perceptualnih atributa boja:
 - Hue (**H**) ton,
 - Value (**V**) svjetlina
 - Chroma (**C**) zasićenost



Munsellov sustav boja (HVC)

- Sastoji se od serije karti boja sa obojenim poljima koja se koriste za vizualnu usporedbu sa ispitivanim uzorkom.



Oznake boja: HV/C

npr. boja sa oznakom:

5.0R 4.0/14.0

je H=5R, V=4.0, C=14.0

Munsellov sustav boja (HVC)

- Munsellov sustav danas - *The Munsell book of color* atlas sa 1600 obojenih uzoraka različitog tona, zasićenja i svjetline na 48 stranica. Svaka stranica sadrži uzorke boja istog tona poredane u vertikalne i horizontalne redove. Uzorci u horizontalnom redu imaju istu svjetlinu, a uzorci u vertikalnom redu jednako zasićenje.



Pantone - profesionalni sustav

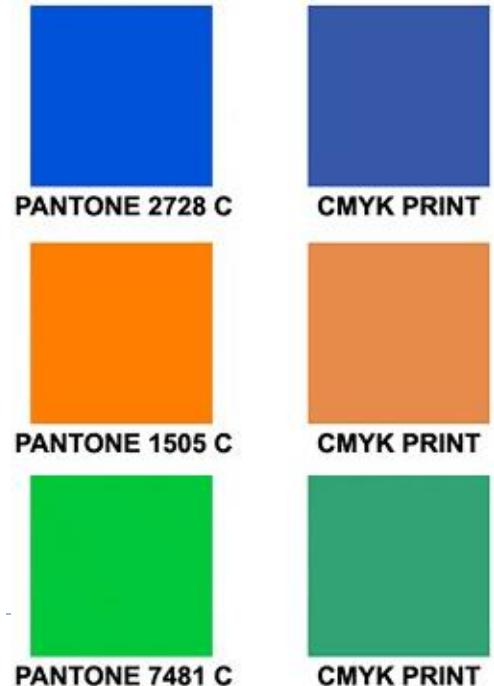


- sustav identificiranja i uspoređivanja boja koji je utemeljio 1963.g. *Lawrence Herbert* u USA.
- *Pantone Matching System (PMS)*
1.114 obojenih uzoraka u katalogu napravljeno je iz 13 osnovnih pigmenata (tj. 15 sa bijelim i crnim).
- To su spot boje koje se ne mogu simulirati procesnim bojama (CMYK).

Spotne vs. procesne boje

Spotna boja u ofsetnom tisku je termin koji se koristi za boje koje se ne dobivaju korištenjem standardnih procesnih boja CMYK. Tiskaju se posebno - moraju se predvidjeti i definirati u pripremi (Adobe InDesign, Illustrator - definira se spotna boja u dodatnom kanalu).

Neki ind. standardi: Pantone, Toyo, RAL, HKS



Pantone - profesionalni sustav

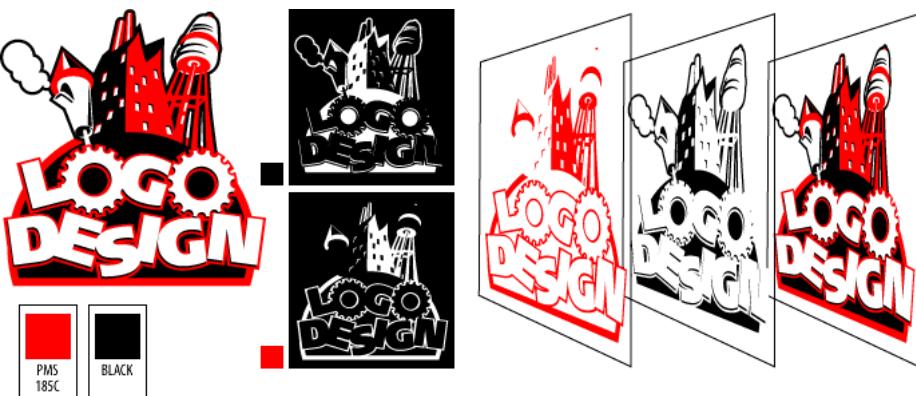
- Boje su identificirane brojem koji je kod proizvođača bojila dobiven određenim recepturama za traženi ton i namjenu (točan postotak osnovnih boja korištenih za dobivanje određenog tona).



PANTONE Matching System — EXAMPLE

PMS 111	PMS 110	PMS 109	PMS 108	PMS 107
PMS 174	PMS 173	PMS 172	PMS 171	PMS 170
PMS 201	PMS 200	PMS 199	PMS 198	PMS 197
PMS 349	PMS 348	PMS 347	PMS 346	PMS 345
PMS 296	PMS 295	PMS 294	PMS 293	PMS 292
PMS 527	PMS 528	PMS 529	PMS 530	PMS 531

Pantone - primjena



Pantone - primjena



"Radiant Orchid zrači pouzdanjem i magičnom toplinom koja intrigira oko i potpaljuje maštu. Ona je ekspresivna, kreativna ljubičasta - nijansa koja privlači svojim šarmom i evocira veliku radost, ljubav i zdravlje", izjavili su iz Pantonea.



PANTONE®

COLOR OF THE YEAR 2015

INTRODUCING
MARSALA
PANTONE 18-1438

A naturally robust and earthy wine red, Marsala enriches our minds, bodies and souls.



<https://www.pantone.com/pages/index.aspx?pg=21167>



Sustavi temeljeni na CIE zakonitostima

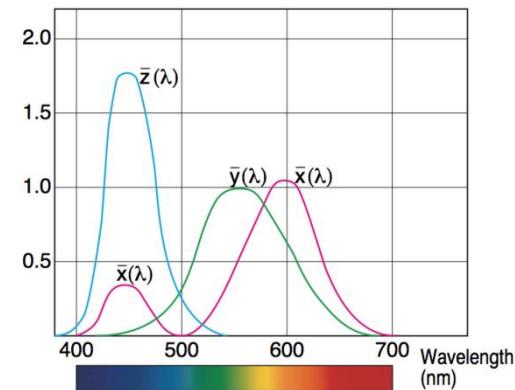
CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) - internacionalna komisija za rasvjetu, utemeljitelj znanosti o boji, razumijevanju nastanka boje, njenog instrumentalnog mjerjenja i brojčanog vrednovanja.

1931.g.

- CIE komisija je definirala i standardizirala različite tipove bijelog svjetla i njihove raspodjele energije zračenja ("*Illuminants*").
- Definiran je pojam "*standardni promatrač*" (statistički podatak dobiven nizom mjerjenja u kojima su sudjelovali ljudi ispravnog vida).
- *CIE Yxy* - prvi objektivni prostor boja temeljen na izračunu koordinata boja x i y iz standardnih vrijednosti boja X,Y,Z.

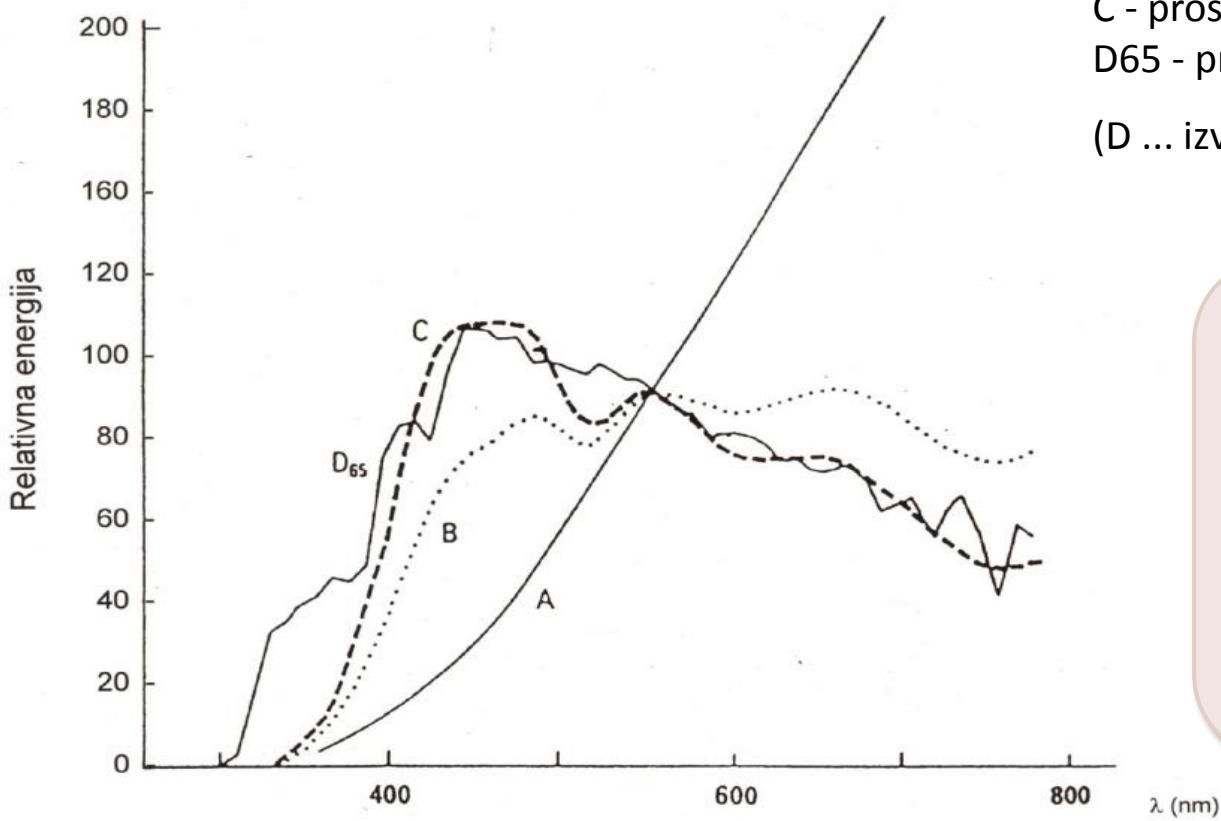
1976.g.

- *CIE LAB* - prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji.



CIE 1931 - standardni promatrač
Tristimulusne vrijednosti spektralnih boja

CIE standardne vrste svjetlosti (eng. *Illuminants*)



A - umjetno svjetlo (volframova žarulja)
B - sunčev svjetlo (podnevna)
C - prosječno dnevno svjetlo
D₆₅ - prosječna dnevna rasvjeta
(D ... izvedeni izvori svjetla)

Razlika između **izvora svjetla** (eng. *light source*) i **vrste svjetlosti** tj. rasvjete (eng. *Illuminant*)!

- Izvor svjetla - fizički realizirano zračenje (sunce, lampa, svijeća)
- Vrsta svjetlosti - određena je u terminima relativne spektralne energije zračenja.

Izvori svjetla (eng. light source)



Candelight



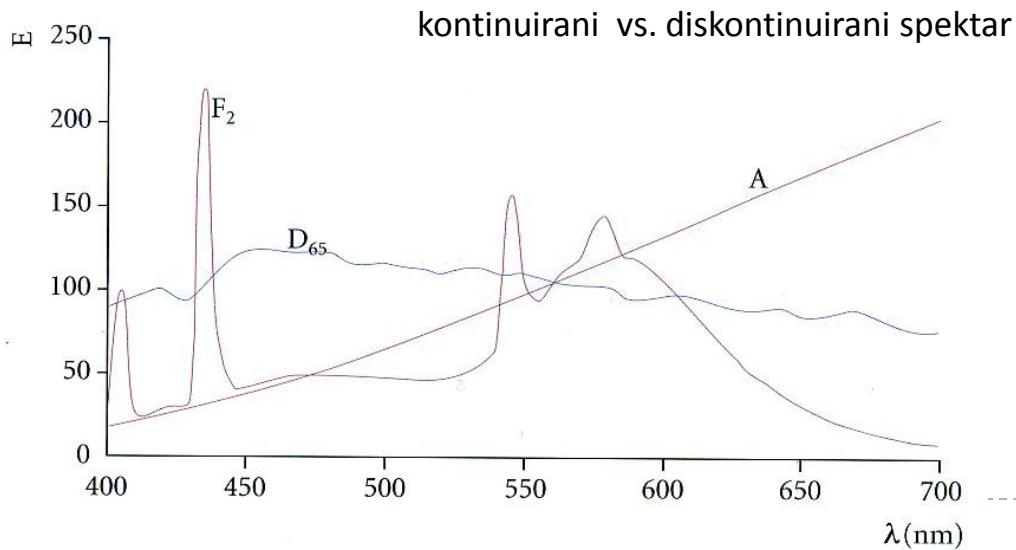
Daylight



Temperatura boje izvora svjetla

- izražava se u stupnjevima Kelvina K, govorio o spektralnom sastavu svjetla.

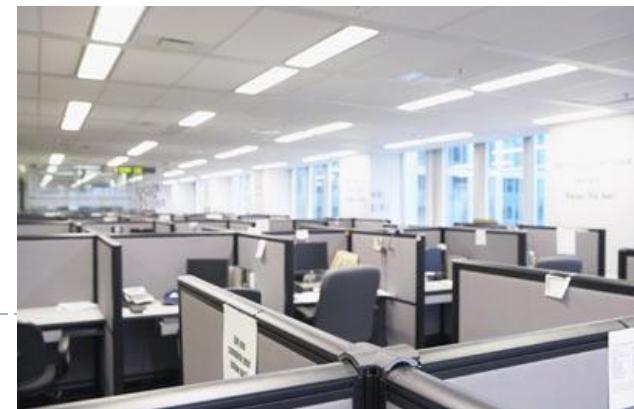
Vrste svjetlosti (eng. illuminant)

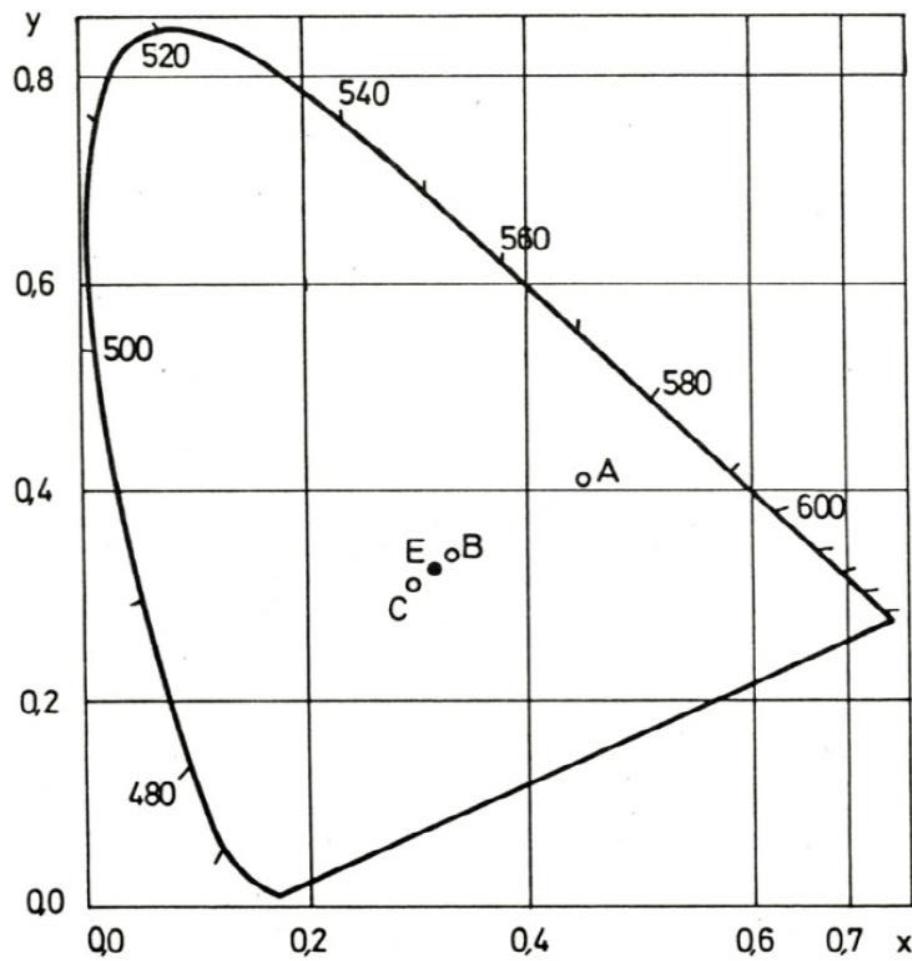


Tungsten



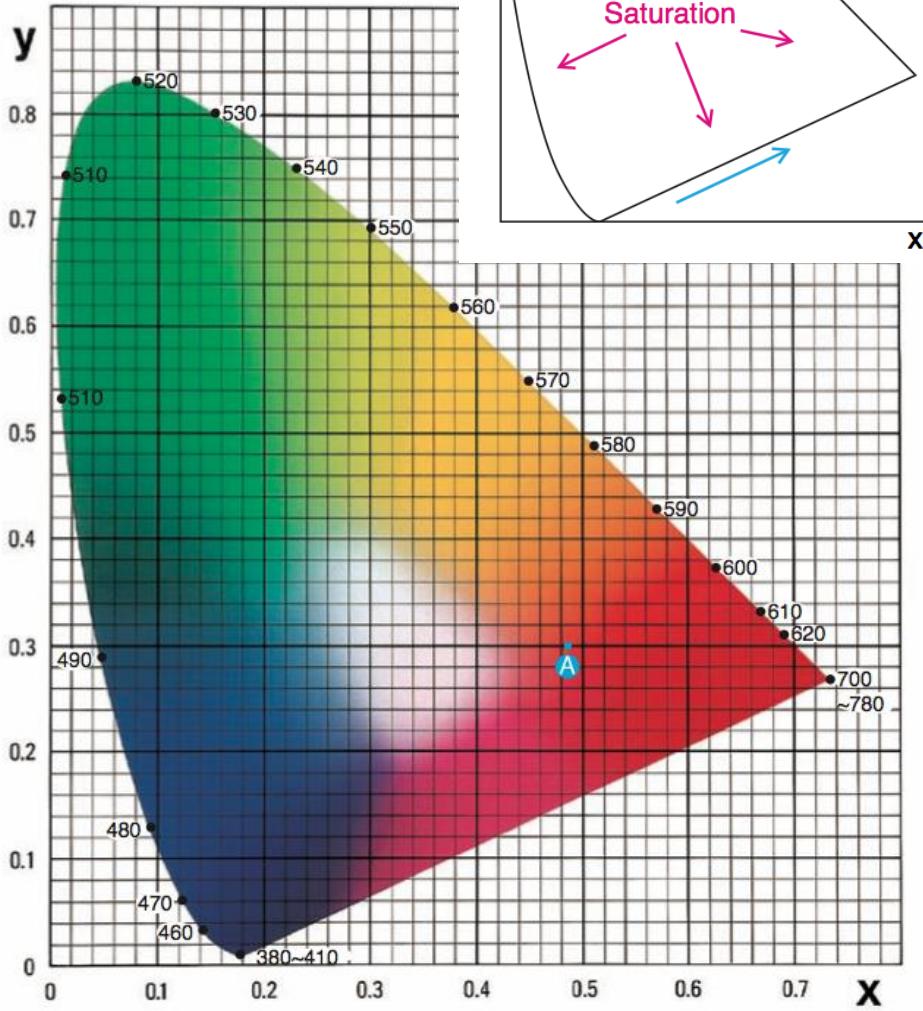
Fluorescent



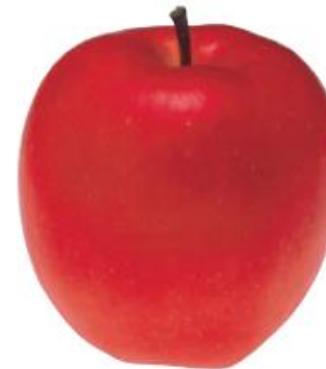


Dijagram kromatičnosti u kojem je prikazana bijela boja (C,E, B, A) uz različita osvjetljavanja uzorka

CIE Yxy

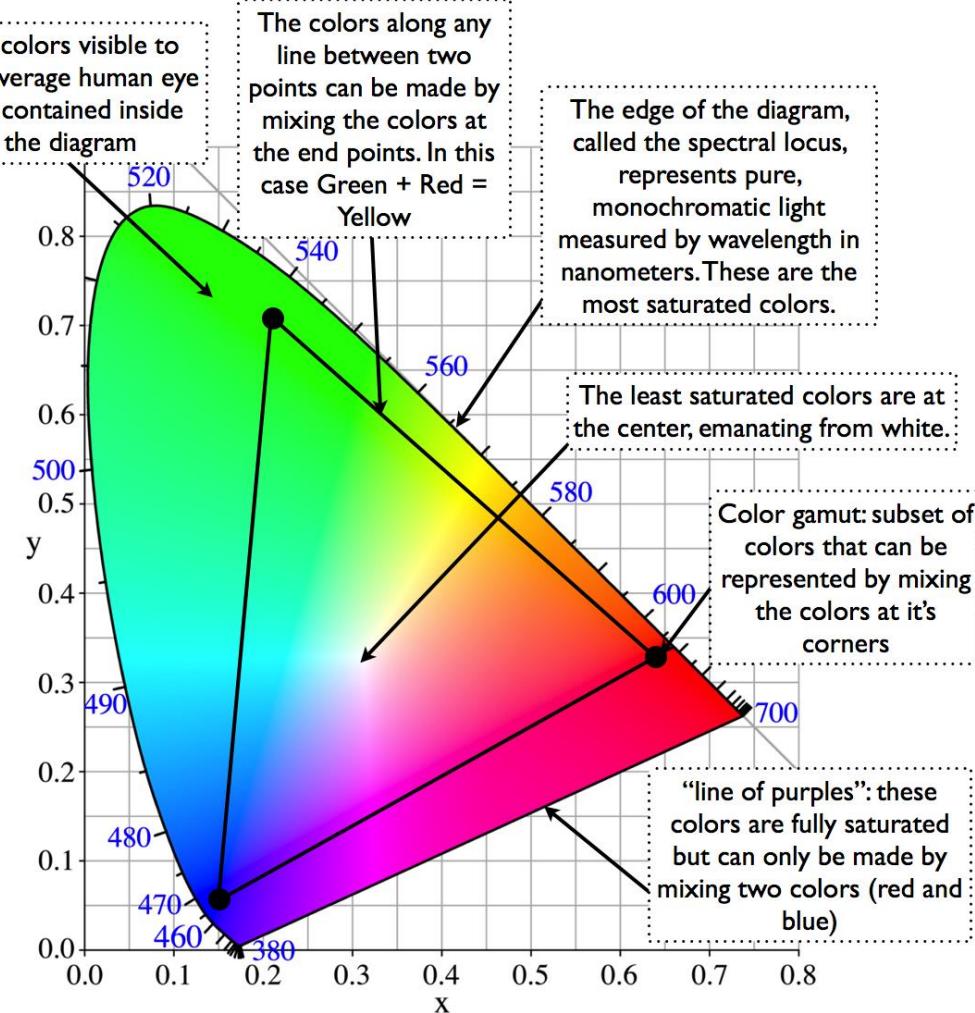


CIE dijagram kromatičnosti



$Y = 13.37$
 $x = 0.4832$
 $y = 0.3045$

Ako kolorimetrom mjerimo boju jabuke u Yxy prostoru boje dobit ćemo vrijednosti x i y kao kromatske koordinate koje odgovaraju točki A na diagramu kromatičnosti. Vrijednost Y označava postotak refleksije u usporedbi sa idealnom refleksijom od 100%.

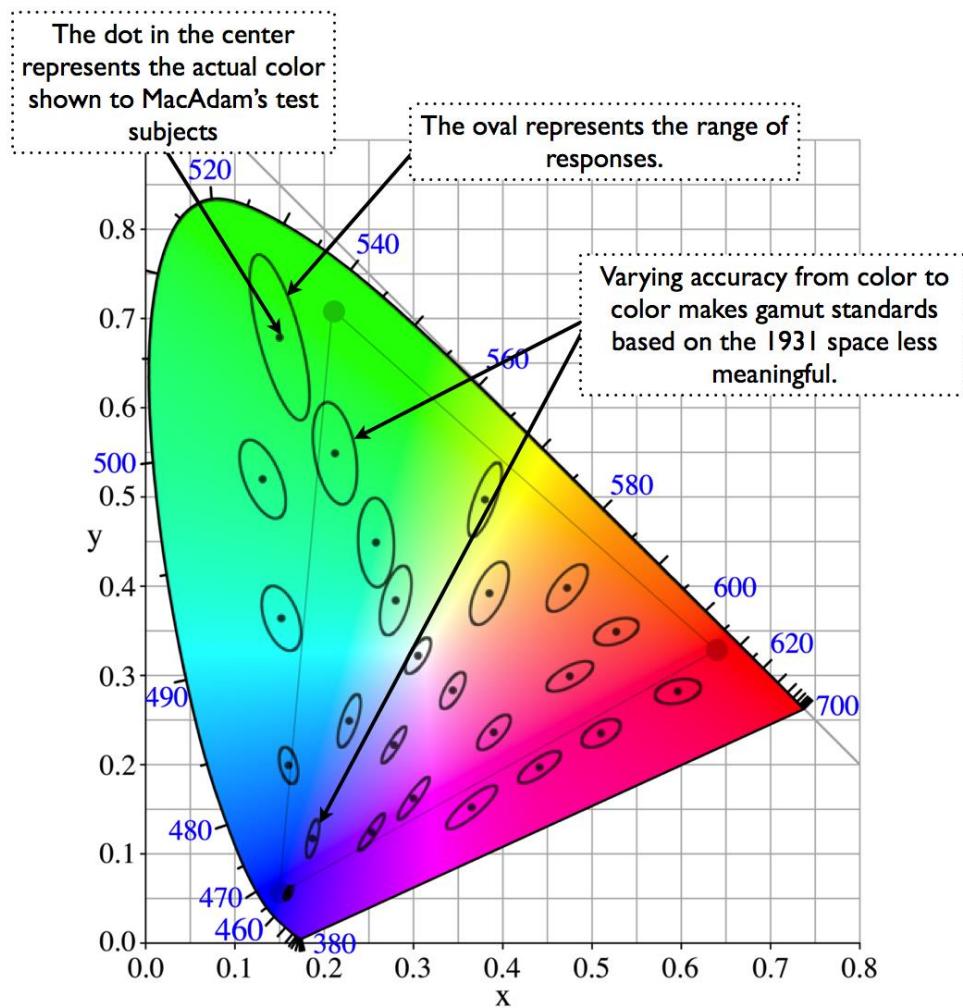


Anatomy of a CIE Chromaticity Diagram

U CIE dijagramu su označene granice područja unutar kojih se mijenja kromatičnost boje, no te promjene se još vizualno ne zapažaju.

NEDOSTATCI CIE DIJAGRAMA

- Jednaka udaljenost u diagramu ne odgovara jednakim vizualnim razlikama! (Ljudsko oko je osjetljivije na promjenu tona nego na promjenu svjetline)
- Ne pokazuje dovoljno precizno kako boja izgleda, 2D prostor, nedostaje prikaz svjetline.
- Položaj boje ovisi o izvoru rasvjete.

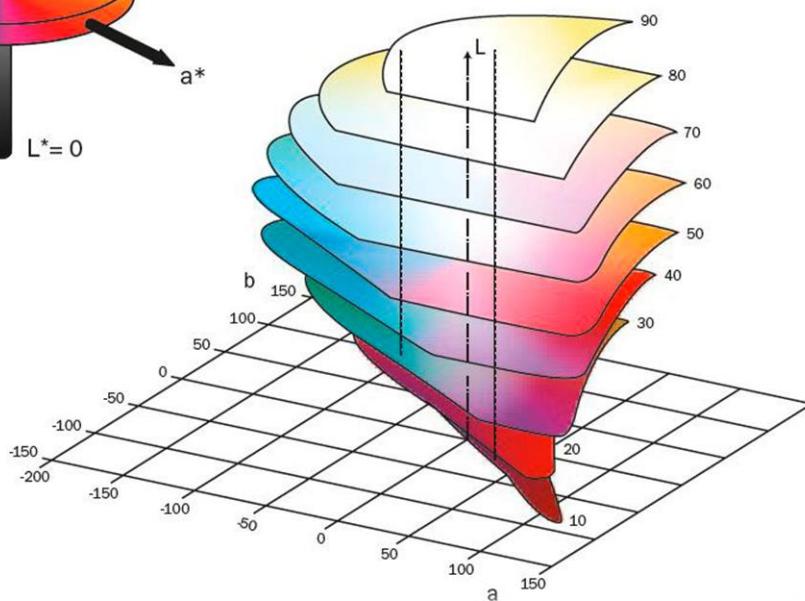
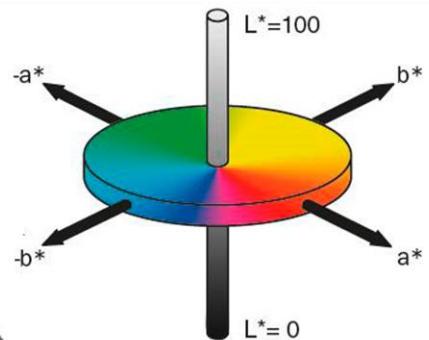
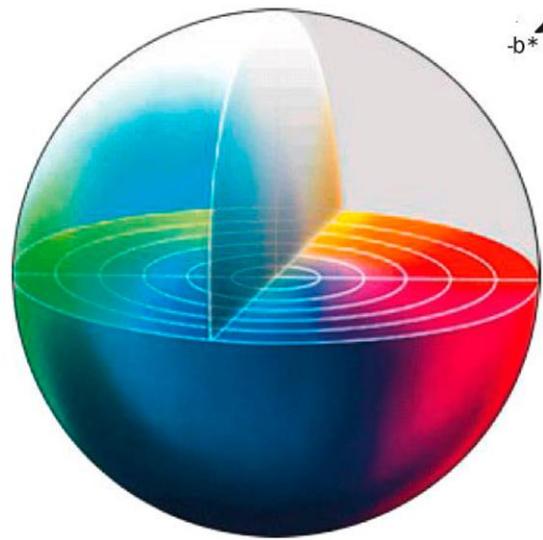


MacAdam Ellipses on CIE 1931

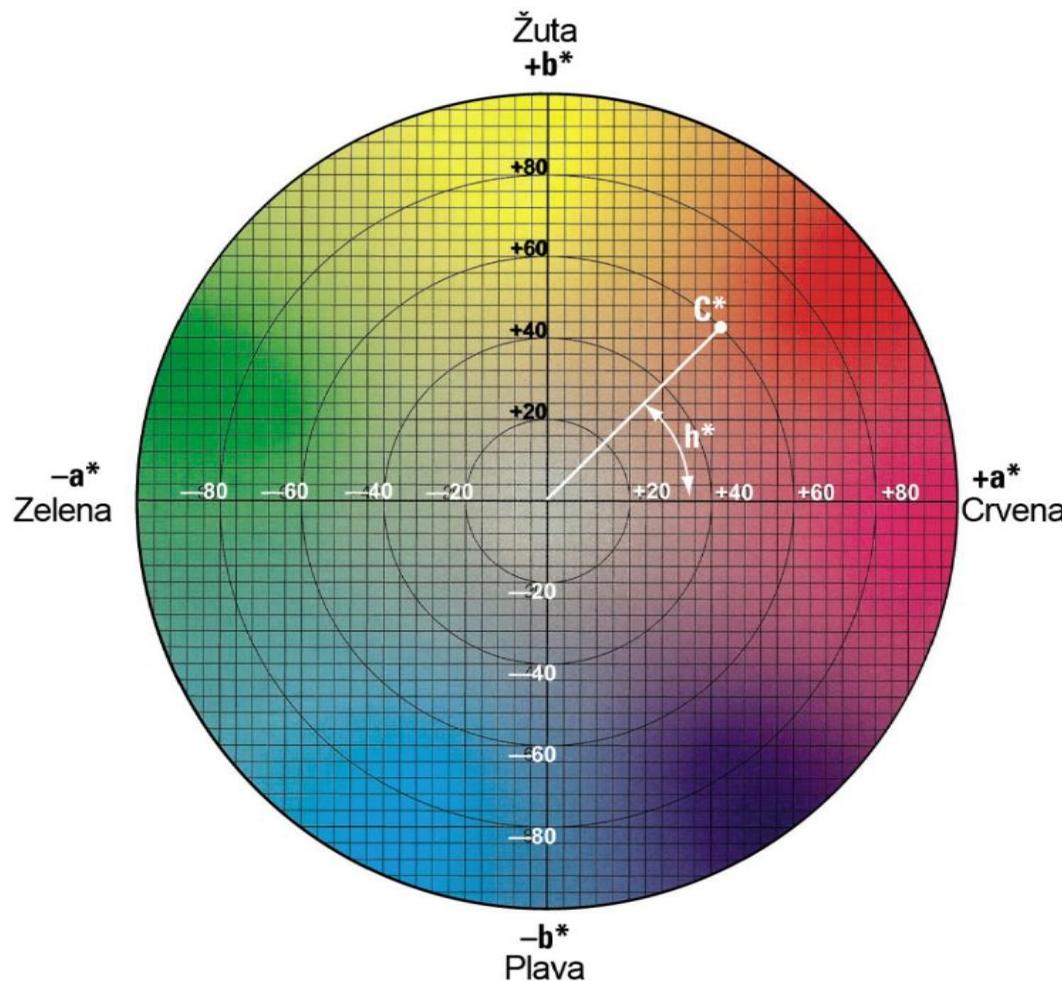
CIE LAB (1976.)

- trodimenzionalni prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji.

L (luminance) svjetlina, od 0-100, akromatska os
a (crveno-zeleno) i **b** (žuto-plavo), kromatske osi



CIE LAB



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

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

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

Kromatičnost

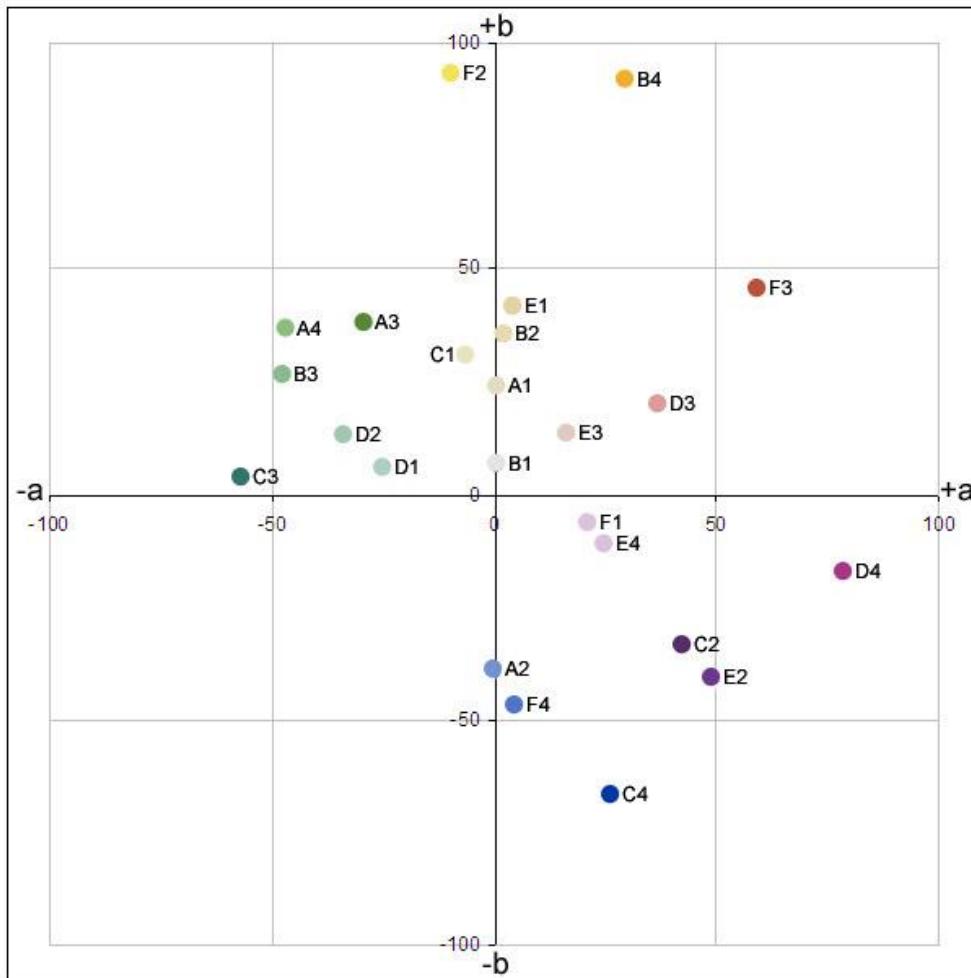
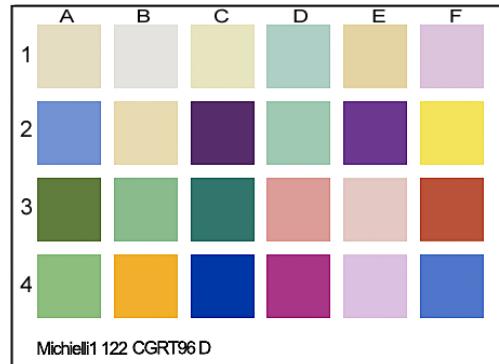
$$C^*_{ab} = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

Kut tona boje

$$h^*_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$$

PRIMJER

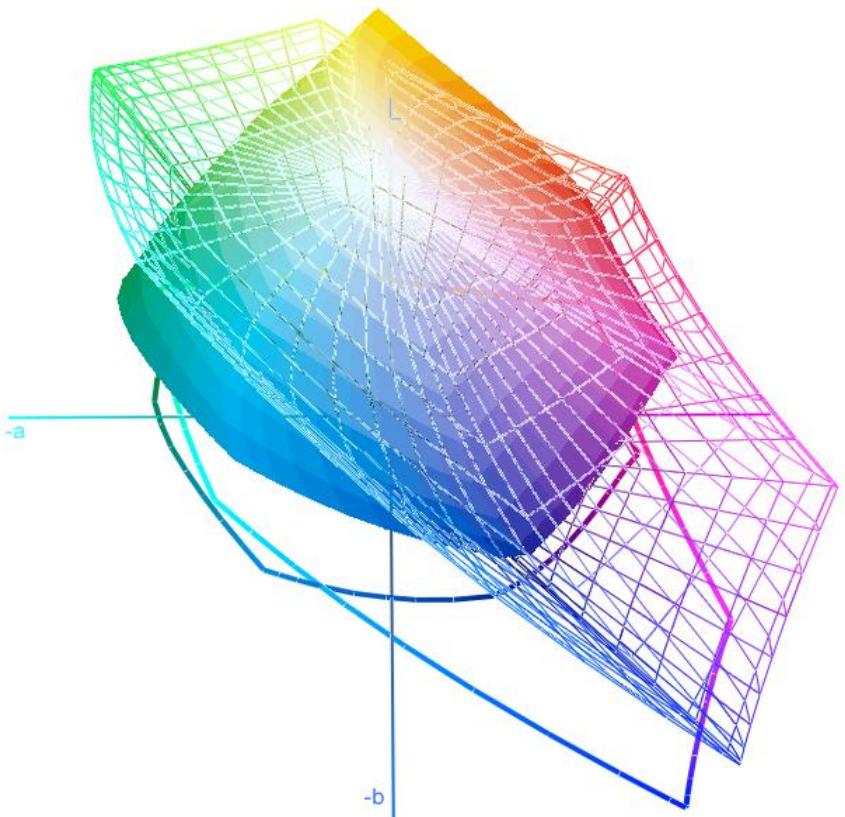
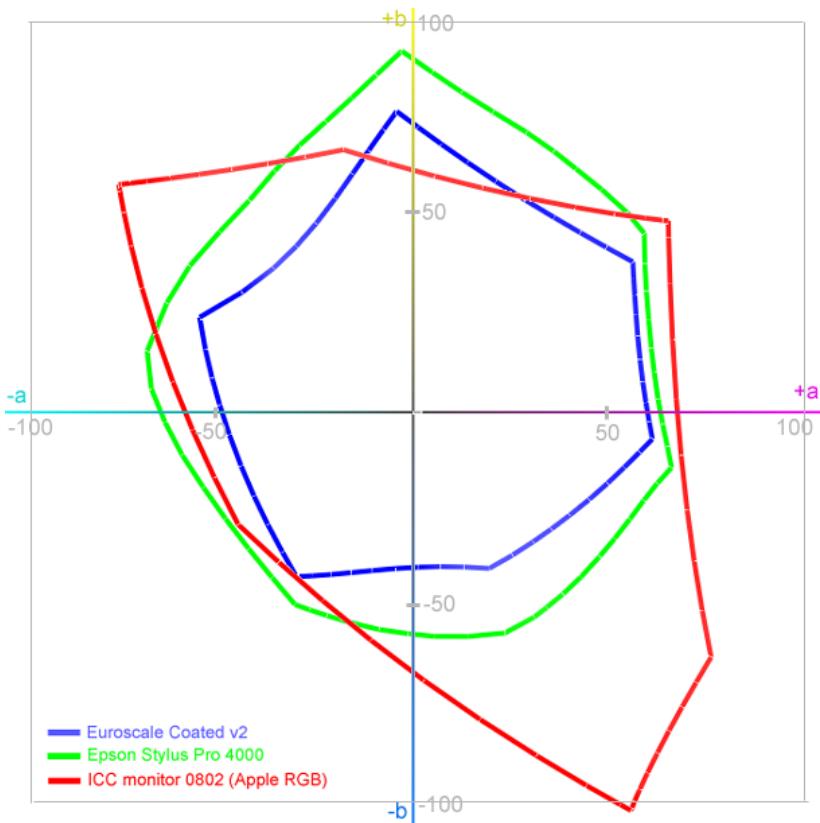
L^* , a^* , b^* vrijednosti izmjerene sa uzorka i ucrtane u CIE LAB diagram



Polje	Michielli1		
	L^*	a^*	b^*
A1	93,12	0,52	24,09
A2	64,49	-0,10	-38,92
A3	51,68	-29,37	38,24
A4	74,38	-46,73	36,80
B1	96,77	0,55	6,78
B2	92,58	2,23	35,23
B3	71,77	-47,41	26,36
B4	81,38	29,41	92,36
C1	95,40	-6,50	30,79
C2	29,40	42,59	-33,30
C3	44,96	-56,97	3,34
C4	30,40	26,14	-66,99
D1	86,52	-24,92	5,91
D2	80,59	-33,60	13,10
D3	75,82	36,69	19,95
D4	46,91	78,30	-17,35
E1	91,14	4,15	41,45
E2	35,32	49,06	-41,26
E3	86,40	16,46	13,15
E4	82,92	24,74	-11,24
F1	87,82	20,91	-6,44
F2	93,39	-9,82	93,66
F3	52,39	59,20	45,74
F4	53,95	4,87	-46,98

PRIMJER

Prikaz gamuta različitih izlaznih profila u CIE LAB diagramu (2D i 3D prikaz)



3D prikaz gamuta profila monitora i profila printera

ΔE^{*ab} ... UKUPNA RAZLIKA BOJA (kolorimetrijska razlika)

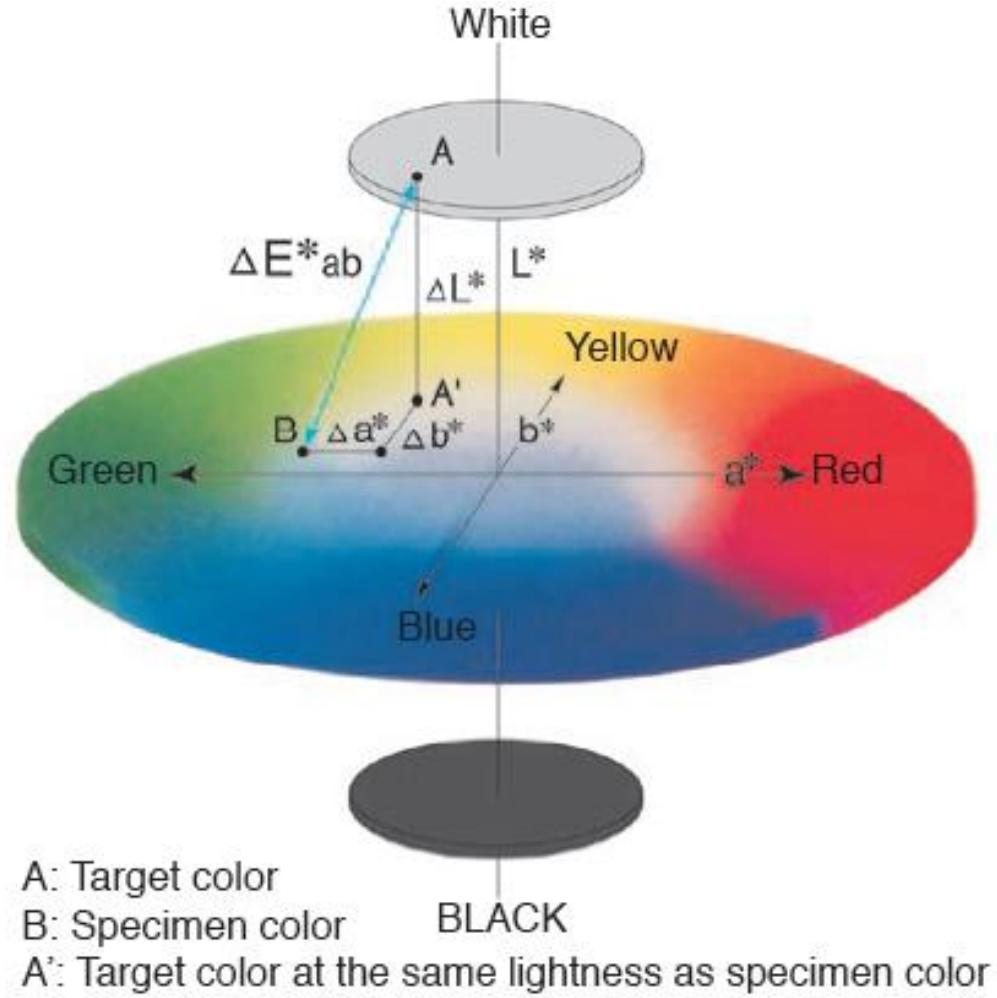
- razlika između dvije boje u CIE sustavu
- definira se kao euklidska razlika između koordinata za dva položaja boja (referentnog i uspoređivanog)
- izračunava se kao srednja vrijednost razlika između L, a i b vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku (uspoređivana vrijednost).

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

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$



ΔE^*ab ... UKUPNA RAZLIKA BOJA (kolorimetrijska razlika)

Sa stanovišta kontrole kvalitete u grafičkoj tehnologiji, kolorimetrijska razlika opisuje kvalitetu reprodukcije, odnosno pokazuje odstupanje reprodukcije od originala.

Jednostavno ocjenjivanje odstupanja boja, može se provesti na osnovi vrijednosti kolorimetrijske razlike, prema slijedećim kriterijima [Schläpfer, 1993]:

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



PRIMJER

Grafički prikaz obojenih polja sa originala i reprodukcije u CIE LAB diagramu - ukazuje na smjer i veličinu greške u reprodukciji pojedinih boja. Dužina vektora direktno je vezana za veličinu kolorimetrijske razlike.

