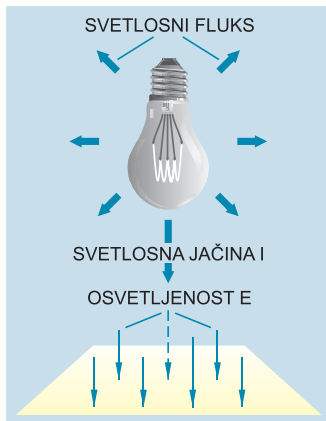


Tehnologija osvetljenja

Jedinice i formule

1. Jedinice i promenljive u tehnologiji osvetljenja



Promenljiva	Simbol	Jedinica mere	Definicija	
Svetlosni fluks	Φ	Lumen (lm)	Svetlosni fluks od izvora svetlosti	
Svetlosna jačina	I	Kandela (cd)	Intenzitet svetlosnog fluksa u određenom pravcu (sv. fluks/prostorni ugao)	
Osvetljenost	E	Luks (lx)	Vrednost svetlosnog fluksa koji dopire na površinu zone koja se osvetljava podeljen sa površinom zone	
Sjajnost	L	cd/m^2 cd/cm^2	Svetlosna jačina površine koja emituje svetlost podeljena sa veličinom površine koja se osvetljava ili drugačije: sjaj difuzno-reflektujuće površine definisan množenjem vrednosti osvetljenosti sa faktorom refleksije p	

2. Operacioni postupci u tehnologiji osvetljenja

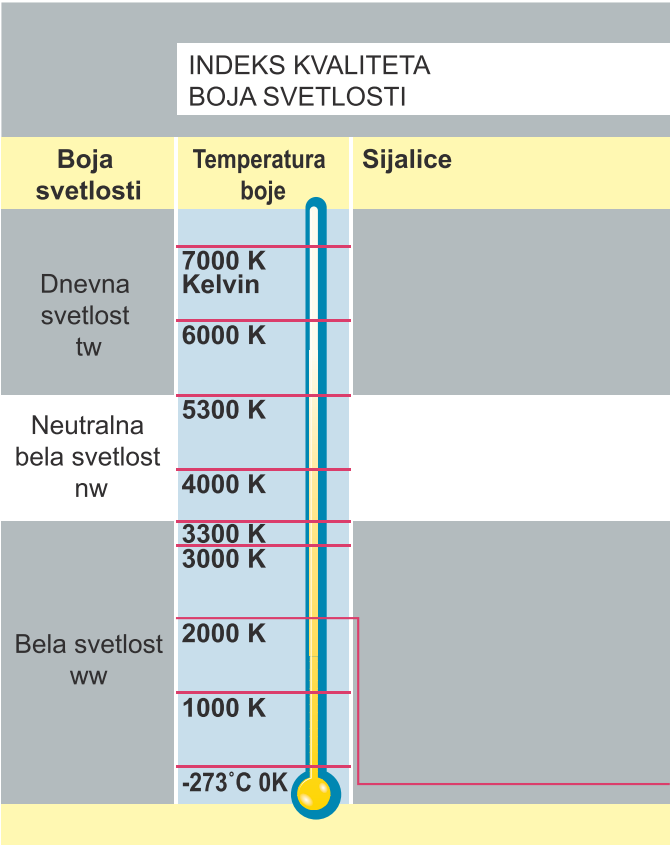
Promenljiva	Simbol	Formula	Definicija
Svetlosna iskoristivost izvora svetlosti	η	$\eta = \frac{\Phi_{Lp}}{P}$	Vrednost svetlosnog fluksa podeljena sa snagom koju troši svetlosni izvor. Jedinica mere: lm/W
Svetlosni učinak	η_{LB}	$\eta_{LB} = \frac{\Phi_L(t_L)}{\Sigma \Phi_{Lp}}$	Odnos ukupnog sv. fluksa svetiljke (mereno pod definisanim uslovima) i zbira individualnih sv. fluksa sijalica kada rade izvan svetiljke pod istim uslovima
Iskorišćenje	η_R	$\eta_R = \frac{\Phi_N}{\Sigma \Phi_L}$	Odnos sv. fluksa kompletne instalacije osvetljenja za određeni prostor i ukupno emitovanog sv. fluksa u celoj prostoriji
Faktor iskorišćenja	η_B	$\eta_B = \frac{\Phi_N}{\Sigma \Phi_{Lp}}$ $\eta_B = \eta_R \cdot \eta_{LB}$	Vrednost emitovanog sv. fluksa za određeni prostor podeljena sa ukupnim sv. fluksom svih sijalica u instalacijama osvetljenja

Tehnologija osvetljenja

Zahtevi osvetljenja

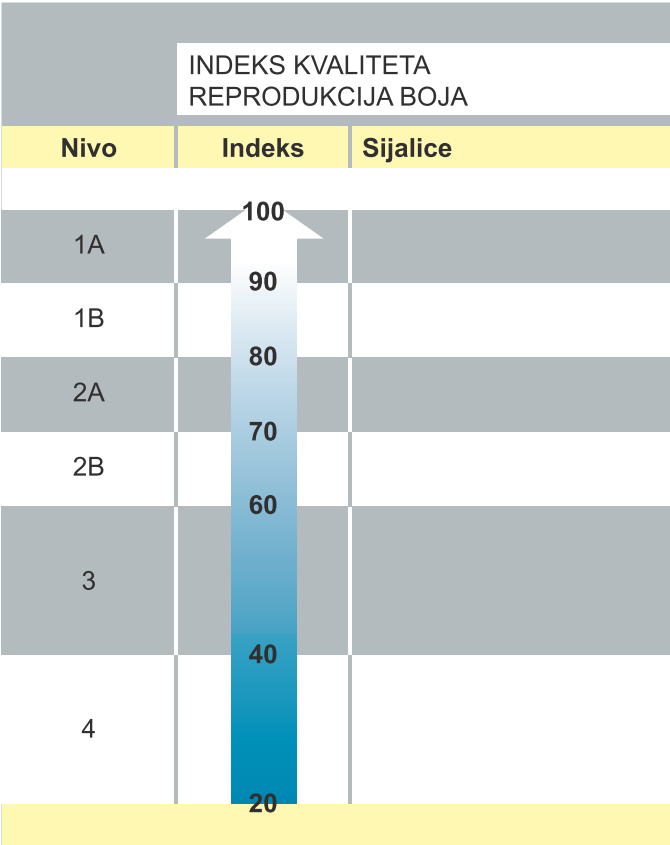
1. Boja svetlosti

Boja svetlosti je sopstvena boja sijalice. Najsličnija temperatura boje (Kelvin) se koristi za identifikaciju odgovarajuće boje svetlosti. Sve sijalice sa sličnom temperaturom boje iznad 5300K spadaju u grupu bela dnevna svetlost, kao npr. fluorescentne sijalice boje dnevne svetlosti. Živine sijalice visokog pritiska i bele fluorescentne sijalice pripadaju grupi neutralno belih izvora svetlosti, temperatura boje od 3300K do 5300K. Inkandescentni svetlosni izvori i tople fluorescentne sijalice pripadaju grupi toplo belih izvora svetlosti, temperature boje i pod 3300K.



2. Reprodukcijska boja

Opšti indeks reprodukcije boja R_a izveden je iz seta od 8 ispitnih boja, izabranih iz normalnog okruženja. Koristi se za određivanje reprodukcije boja sijalice. Teoretska vrednost mu je maksimalno 100. Niža vrednost indeksa reprodukcije boja pogoršava karakteristike izvora svetlosti. Za praktične primene, indeksi reprodukcije boja podeljeni su u više nivoa. DIN EN 12464-1 definiše šest ovakvih nivoa. Sijalice nivoa 1A koriste se tamo gde je najbitniji zahtev za što većom prirodnošću, npr. štampa, muzeji, prodavnice tekstila i predmeta od kože



Sijalice nivoa 1B su npr. trokomponentne fluorescentne sijalice i prvenstveno se ugrađuju u upravne zgrade, škole, industrijske i sportske objekte. Sijalice nivoa 2A još uvek imaju dobre karakteristike reprodukcije boja. Sijalice nivoa 3 se koriste u teškoj industriji gde reprodukcija boja nije bitna. Sijalice nivoa 4 nisu namenjene unutrašnjem osvetljenju, sa izuzetkom natrijumskih sijalica visokog pritiska ($R_a = 20$) u posebnim slučajevima. Karakteristike reprodukcije boja koje se zahtevaju za sijalice za razne prostore i namene, moraju biti u skladu sa nivoima definisanim u DIN EN 12464-1.

Tehnologija osvetljenja

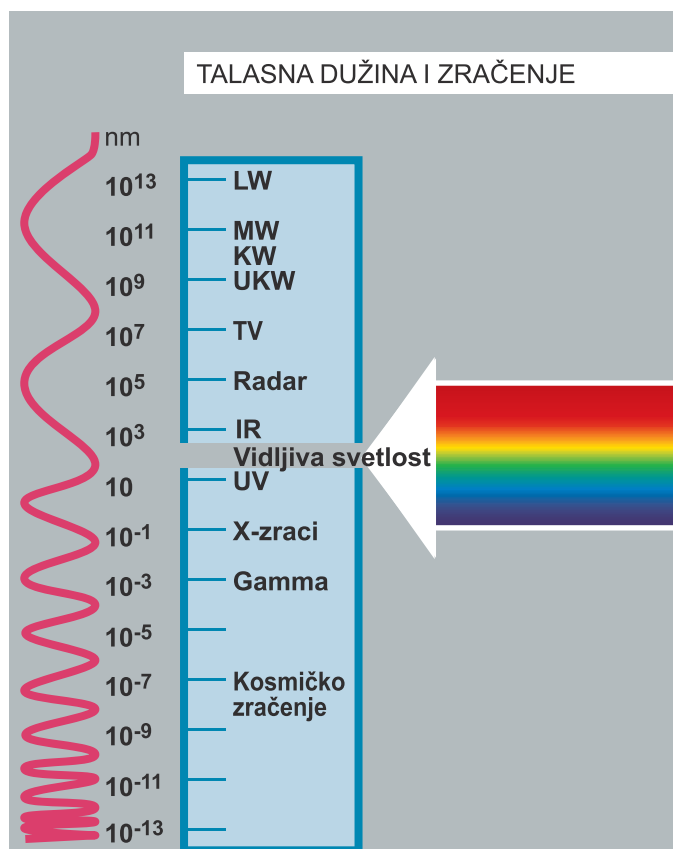
Osnove svetlosti i boja

1. Zračenje

Zračenje se definiše kao isijavanje i prenos energije u vidu elektromagnetnih talasa posebnih frekvencija i talasnih dužina. Brzina širenja ovih talasa je 300.000 km/s, nezavisno od frekvencije. U sredinama propustljivim za zračenje kao što su gasovi, čvrsta tela i tečnosti, brzina je manja nego u vakuumu. Većina fizičkih pojava koje se odnose na širenje zračenja, se objašnjava teorijom elektromagnetnih talasa.

Dejstvo između supstancije i zračenja objašnjava kvantna teorija. Ona tvrdi da se energija emituje i apsorbuje samo u definisanim elementarnim količinama – kvantima ili fotonima. Primeri za takve pojave su fotoelektrični efekat i razna hemijska i biološka dejstva.

2. Optičko zračenje



Optičko zračenje je mali deo ukupnog spektra elektromagnetnog zračenja, opsega talasnih dužina od 1 nm do 1 mm. Ono obuhvata vidljivo zračenje, koje stimuliše sjajnost u oku i još dve dodatne oblasti u spektru. To su ultraljubičasta (UV) ka manjim talasnim dužinama i infracrvena (IR) oblast, ka većim talasnim dužinama. Ponašanje raznih tipova optičkog zračenja je vrlo slično i sva se ona mogu proizvesti uz pomoć veštačkih izvora zračenja.

Podela optičkog zračenja je gore već navedena, ali se mora imati u vidu da stroge granice ne postoje pogotovo kad je u pitanju svetlost, jer se individualne karakteristike posmatrača razlikuju.

Ultraljubičasto zračenje:

UV-C 100 nm – 280 nm

UV-B 280 nm – 315 nm

UV-A 315 nm – 380 nm

Vidljivo zračenje:

Svetlost 380 nm – 780 nm

Infracrveno zračenje:

IR-A 780 nm – 1,4 μ m

IR-B 1,4 μ m – 3,0 μ m

IR-C 3,0 μ m – 1,0 mm

Zračenje UV-C je baktericidno izaziva eritemiju (crvenilo kože) i konjunktivitis. Oblast talasnih dužina ispod 200 nm proizvodi ozon iz kiseonika. UV-B izaziva eritemiju i stvara vitamin D u telu. UV-A zračenje tonira kožu bez izazivanja opekotina od sunca. Ono stimuliše određene supstancije na fluorescenciju pa se koristi i u analitičke svrhe: za proveru čekova, novčanica i za stvaranje dekorativnih efekata.

Infracrveno zračenje se apsorbuje u supstancijama i transformiše u toplotu, posebno ono kratkotalasno.

Spektar vidljivog zračenja može da se podeli na razne oblasti prema osetljivosti ljudskog oka:

ljubičasta 380 nm – 436 nm

žuta 566 nm – 589 nm

plava 436 nm – 495 nm

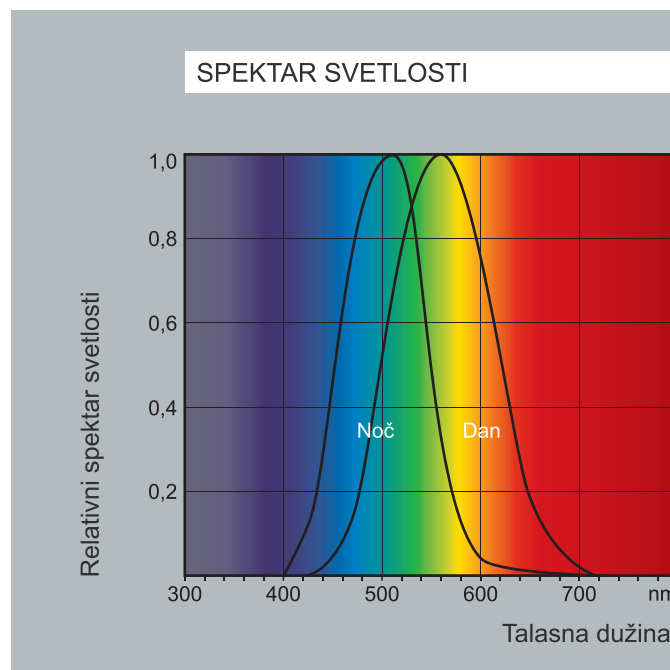
oranž 589 nm – 627 nm

zelena 495 nm – 566 nm

crvena 627 nm – 780 nm

3. Spektralna osetljivost oka

Ljudsko oko različito reaguje na vidljivo zračenje, u zavisnosti od talasne dužine. Iako je ista efikasnost, svetlost od 555 nm (zelena) se jasnije vidi od one od 400 nm (ljubičasta) ili 700 nm (crvena). CIE je definisala spektralnu osetljivost $V(\lambda)$ za dnevnu svetlost i $V'(\lambda)$ za noćnu svetlost po respektivnim talasnim dužinama

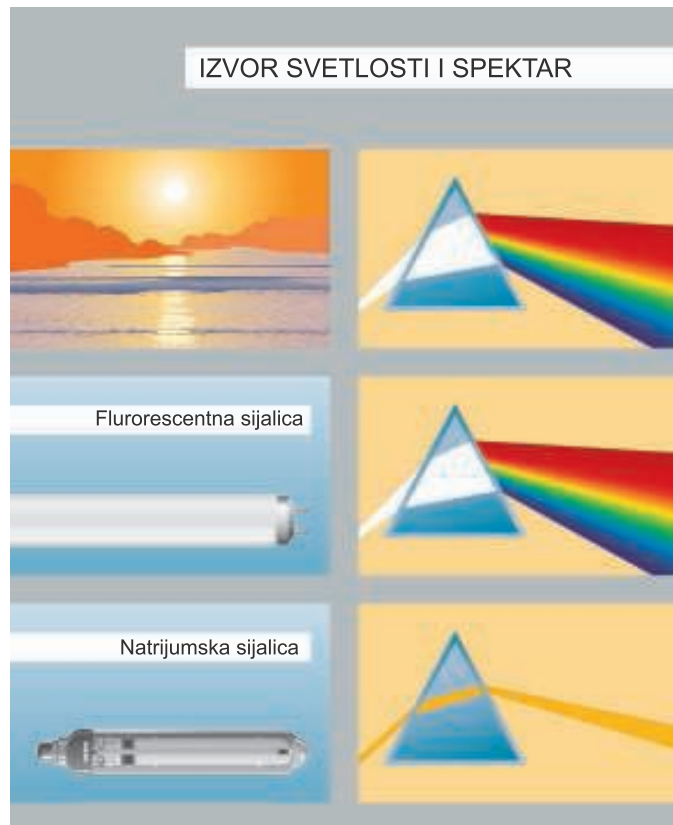


Tehnologija osvetljenja

Osnove svetlosti i boja

4. Spektar

Bela sunčeva svetlost sastoji se iz talasa različitih talasnih dužina. Propuštanjem uskog snopa sunčevih zraka kroz prizmu dobija se spektar boja sličan onom kod duge. Tokom nastanka duge veliki broj kišnih kapi igra ulogu prizme kroz koju se prelamaju zraci svetlosti. Svaka boja koja se vidi, predstavlja jednu talasnu dužinu. Sve talasne dužine zajedno stvaraju utisak bele svetlosti. Obojeni predmeti opažaju se u svojoj prirodnoj boji samo ako je ta boja prisutna u spektru izvora svetlosti.



To je slučaj kod sunca, inkandescentnih sijalica i kod fluorescentnih sijalica dobre reprodukcije boja. Ako bi se kroz prizmu propustio snop svetlosti iz natrijumske sijalice niskog pritiska, opazila bi se samo žuta boja, jer taj izvor emituje samo žuto zračenje.

5. Bledenje materijala

Bledenje materijala npr. tekstila, posledica je fotohemijskih reakcija izazvanih apsorpcijom energije zračenja. Veličina promene boje zavisi od intenziteta osvetljenja izloženog materijala, vremena izlaganja, temperature i spektralnog sastava zračenja. Što je talasna dužina kraća, veća je i energija zračenja. Bledenje se može umanjiti ako se smanji nivo i trajanje osvetljenja, a upotrebe izvori svetlosti kojima je blokirano zračenje manjih talasnih dužina.

Rizik oštećenja može se izračunati iz sledeće jednačine:

$$FR = 0,02 \times DF \times E \times t$$

$$FR = \text{Rizik bleđenja} \quad DF = \text{Faktor oštećenja}$$

$$E = \text{Osvetljenost (lx)} \quad t = \text{vreme (h)}$$

FR = 100 je izloženost svetlosti u izlogu tokom letnjeg dana u toku jednog sata.

Tip osvetljenja	Faktor oštećenja
Dnevna svetlost kroz staklo debljine 4mm	0,43 – 0,68
Inkandescentne sijalice	0,08
Halogene sijalice otvorene	0,20
Halogene sijalice sa omotačem ili UV blokom	0,12
SDW-T sijalice	0,10
Metal halidne sijalice otvorene	0,50
Metal halidne sijalice u omotaču	0,25

Boja svetlosti fluorescentnih sijalica

/827	0,20
/830	0,20
/840	0,21
/865	0,26
/930	0,16
/940	0,18
/950	0,26
/33-640	0,27



6. Crno telo

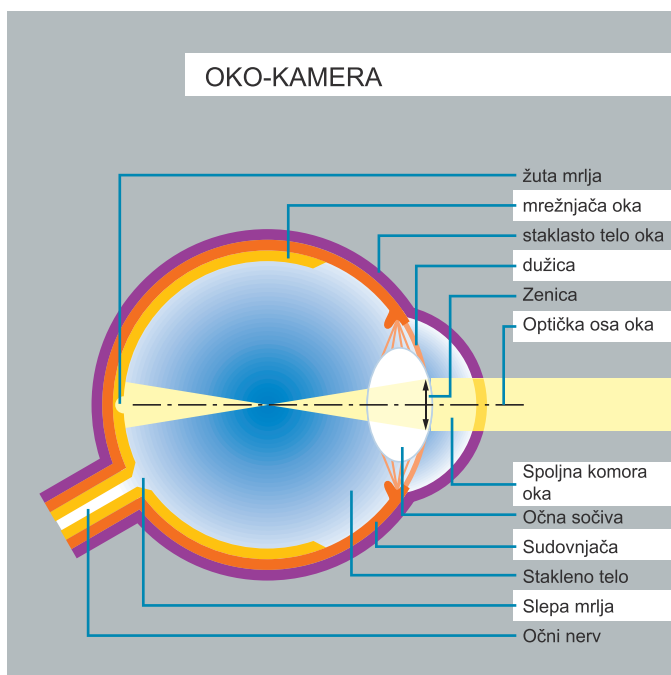
Crno telo je idealan termički isijavač koji apsorbuje celokupno zračenje, tj. niti propušta niti reflektuje zračenje. Njegovo zračenje je poznato i može se izračunati za sve talasne dužine i temperature. Najviše zračenja se emituje u infracrvenoj oblasti. Zračenje brzo raste sa porastom temperature izazivajući pomeranje maksimuma ka kraćim talasnim dužinama. Efikasan izvor svetlosti sa termičkim isijavačem zahteva što je moguće višu radnu temperaturu, a to zahteva visoko stabilne materijale.

Tehnologija osvetljenja

Osnove svetlosti i boja

7. Oko

Bistro providno staklasto telo oka je glavni nosilac optičkih karakteristika oka dajući mu mogućnost stvaranja slike na mrežnjači. Spoljna komora oka sadrži očno sočivo i dužicu koja omogućava akomodaciju oka. Dužica ima ulogu blende. Na mrežnjači se nalazi oko 130 miliona štapića namenjenih noćnom vidu. Oko 7 miliona čunjića omogućava dnevni vid i razlikovanje boja. Poluprečnik očnog sočiva je promenljiv i prilagođava oko viđenju na različitim rastojanjima. Na mestu gde očni nerv izlazi iz oka nema štapića i čepića i to je tzv. slepa mrlja. Na optičkoj osi oka, na mrežnjači, nalazi se najveća koncentracija štapića i čunjića i to je tzv. žuta mrlja, gde je oko najosetljivije i vid najjasniji.



8. Adaptacija

Sposobnost oka da se prilagođava različitim nivoima osvetljenosti naziva se adaptacija i omogućava stalnu vizuelnu moć oka. Potrebno vreme adaptacije prvenstveno zavisi od početne sjajnosti. Ako se sjajnost menja od svetle ka tamnoj (tamna adaptacija), trajanje adaptacije može da bude i do 30 minuta. Mnogo je brža svetla adaptacija, sa tamnog na svetlo.

9. Kontrast i kontrastna osetljivost

Predmeti se opažaju prvenstveno na razlici u sjajnosti i boji između predmeta i neposredne okoline. Subjektivni kontrast je proizvod razlike između dva uzastopna utiska.

Objektivna definicija sjajnosti, kontrast L_c , izražena je narednom jednačinom:

$$L_c = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

L_1 = sjajnost pozadine

L_2 = sjajnost predmeta

Kontrastna osetljivost izražava najmanju moguću kontrastnu sjajnost oka koju ono može da opazi. Na kontrastnu osetljivost utiču sjajnost, adaptacija oka i drugi uslovi kao što je i bljesak izvora svetlosti u vidnom polju.

10. Boja predmeta, hromatski dijagram, boja svetlosti

Opažanje boja je izazvano vidljivim zračenjem koje stimuliše receptivni sistem oka. Stimulacija boja dolazi ili direktno od izvora svetlosti ili od osvetljenog predmeta. Boje predmeta se prave osvetljenjem i zavise od respektivnog spektra svetlosti i sposobnosti refleksije predmeta. Hromatski dijagram omogućava egzaktno određivanje svake boje pomoću dve hromatske koordinate x i y . Dijagram je definisala Međunarodna komisija za osvetljenje 1931.godine. Grafik predstavlja spektr boja od 380nm (ljubičasta) do 520 nm (zelena) postavljenih na kraju, dok je 780 nm (crvena) postavljena u preseku koji sadrži x i y koordinate. Ovaj spektralni grafikon zatvoren je purpurnom linijom. Hromatski dijagram uključuje sve realne boje. Ahromatičnost je postavljena u centar hromatskog dijagrama sa hromatskim koordinatama $x = y = 0.333$. Grafikon u hromatskom dijagramu sadrži temperaturne vrednosti u Kelvinima za zračenje apsolutnog crnog tela (Plankova radijacija). Boje svetlosti različitih izvora svetlosti opisane su x i y vrednostima.

Vrednosti temperatura (temperatura boje) definišu boju svetlosti izvora svetlosti. Svetlosni izvor izvan Plankovog grafikona se opisuju najbližnjom temperaturom boje koristeći pomoćni dijagram koji sadrži krive transverzalne Plankovom grafikonu (Džudove krive).

