

Zašto LED Rasvjeta?

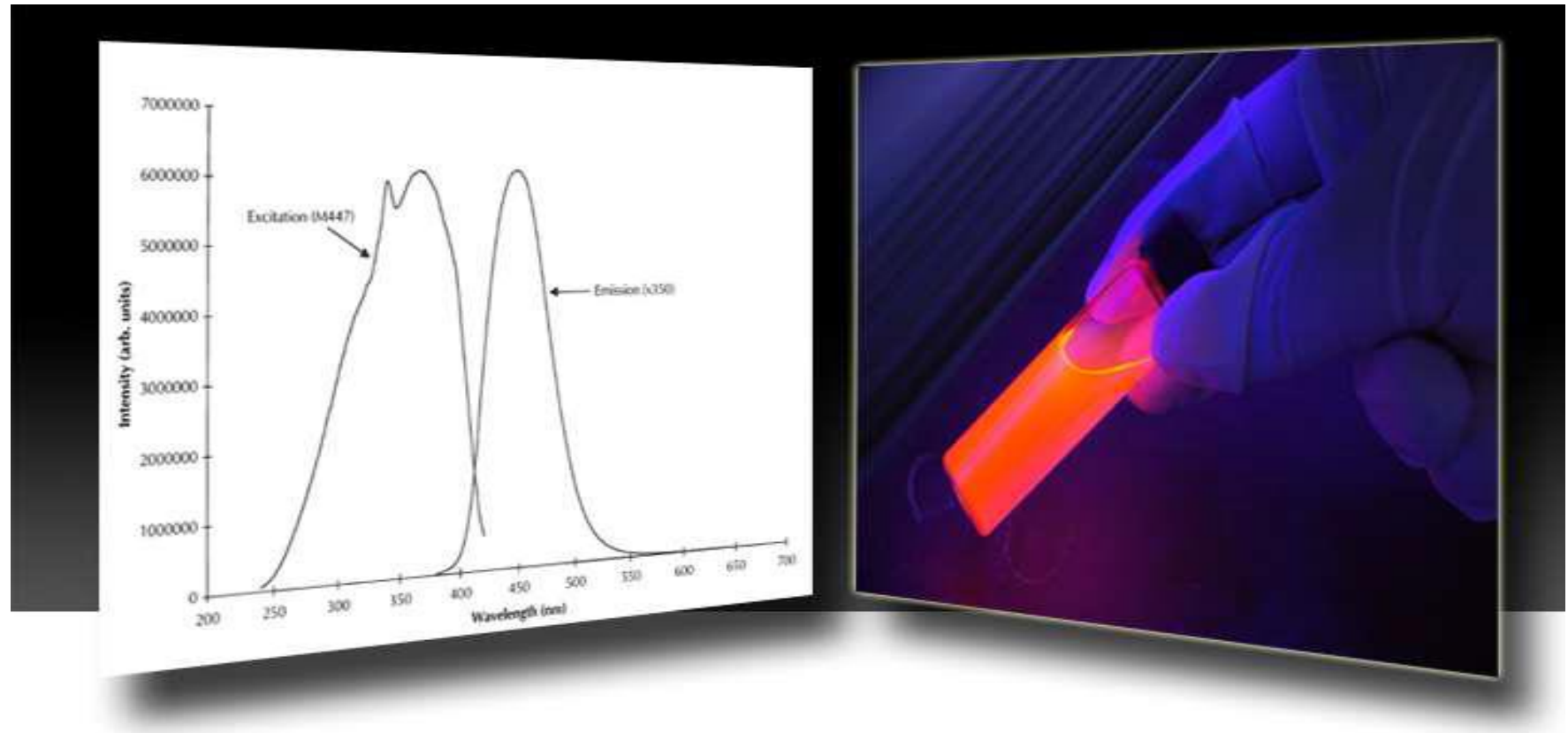
Darko Crha

Što je LED rasvjeta?



- Sustav rasvjete koji za izvor svjetla koristi LED (***Light Emitting Diode***)
 - LED je poluvodički element baziran na siliciju
 - LED može emitirati svjetlo različitih valnih duljina
 - U počecima razvoja korištena kao indikator
 - Razvojem tehnologije postala upotrebljiv izvor svjetla
- Hladan izvor svjetla (temp. chip-a oko 80°C)
 - Hlađenje LED-a je presudno za životni vijek rasvjete
- Bijeli LED baziran je na *Royal Blue* LED-u + fosfor
 - Trojac Nakamura, Akasaki i Amano dobivaju 2014. Nobelovu nagradu iz fizike za pronalazak plavog LED-a
 - Presudno otkriće u tehnologiji SSL, plavi LED valne duljine 450nm presvučen slojem fosfora daje bijelo svjetlo
 - Temperatura boje od 2.500 K do 8.000 K, ovisno o vrsti i debljini sloja fosfora
 - U pravilu, niže toplije boje svjetla imaju manji a hladnije veći intenzitet zbog gubitaka u fosforu

Princip emisije bijelog LED svijetla - Fluorescencija




- Fluorescencija je emisija svijetla na većoj valnoj duljini nastala kao rezultat apsorpcije svjetla kraće valne duljine u fluorescentnom materijalu
- Nastaje u slučaju istovremenog trajanja emisije i apsorpcije (ne smije se zamijeniti s luminiscencijom i fosforescencijom)

Vrste LED rasvjete



- Kao i kod klasične odabir LED rasvjete ovisi o njezinoj namjeni
- Tipovi po vrsti odnosno mjestu osvjetljenja
 - Unutrašnja rasvjeta
 - Rasvjeta hala i visokih prostora, radna rasvjeta, spot svjetla, linearna rasvjeta, pozadinska rasvjeta, dekorativna rasvjeta
 - Vanjska rasvjeta
 - Ulična rasvjeta, arhitektonska rasvjeta, dekorativna rasvjeta, reklame, oznake i znakovi
- Tipovi rasvjete po temperaturi boje svjetla
 - Topla rasvjeta
 - Kuće, prostori za odmor i rekreaciju, šoping centri
 - Hladna rasvjeta
 - Ulična rasvjeta, radni prostori, proizvodne hale, garaže

Prednosti LED rasvjete

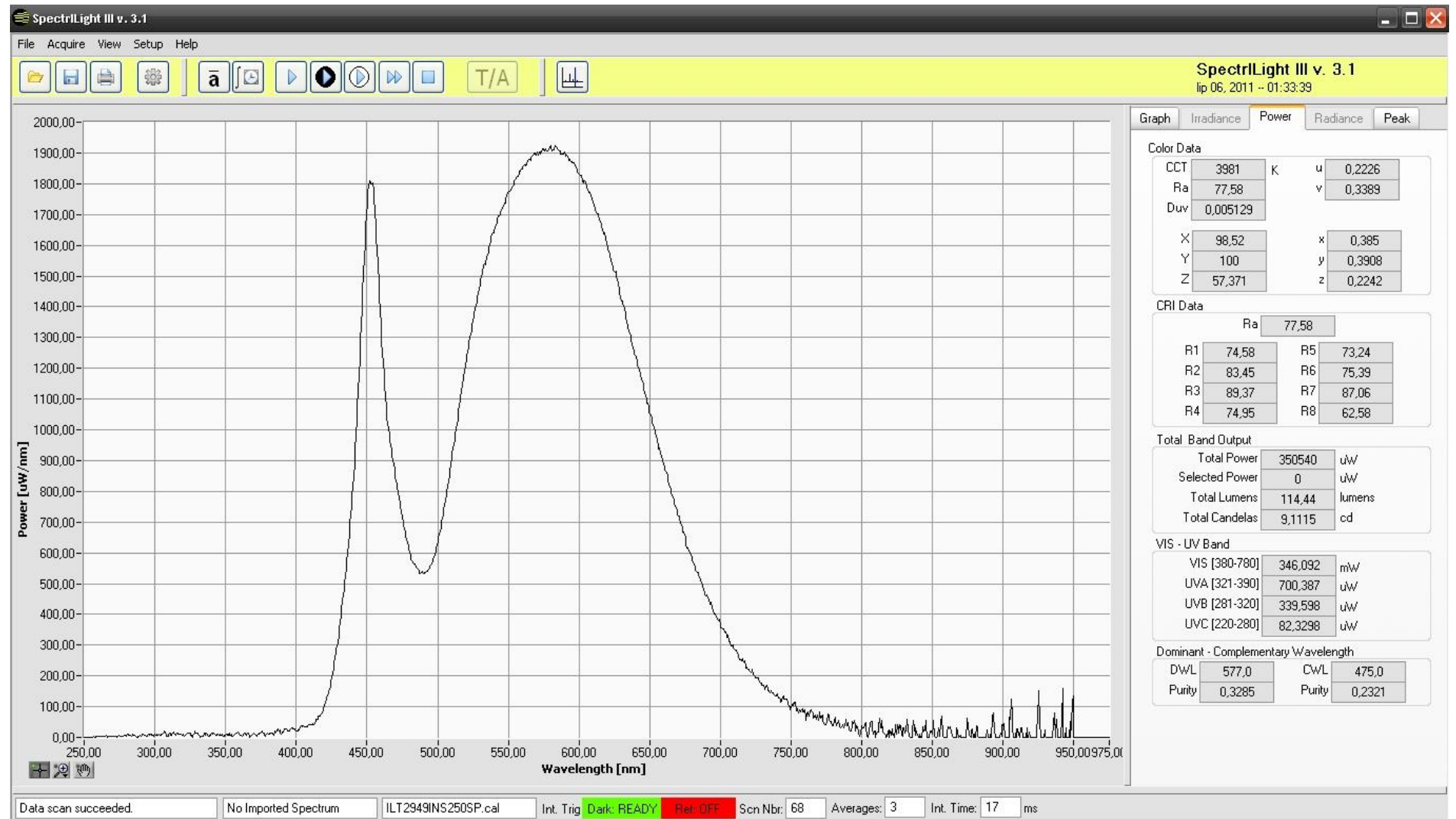
- 
- Visoka energetska učinkovitost
 - Trenutna tehnološki postignuta iskoristivost $> 260 \text{ lm} / \text{W}$
 - Usmjereno zračenje povećava efikasnost izvora
 - Niska temperatura izvora svjetla
 - Ekonomično korištenje unutar klimatiziranih prostora, ne troši se puno energije za hlađenje
 - Ekološki prihvatljiva tehnologija
 - Ne sadrži živu, olovo, kadmij-bromid, itrij, arsen i druge štetne sastojke
 - Jednostavna razgradnja i recikliranje nakon korištenja
 - Ne uništava kukce jer ima nisku temperaturu izvora
 - LED rasvjeta znatno manje svjetlosno “zagađuje” okolinu (*Dark Sky Friendly*)
 - Ne emitira štetna UV i IC zračenja

Prednosti LED rasvjete II

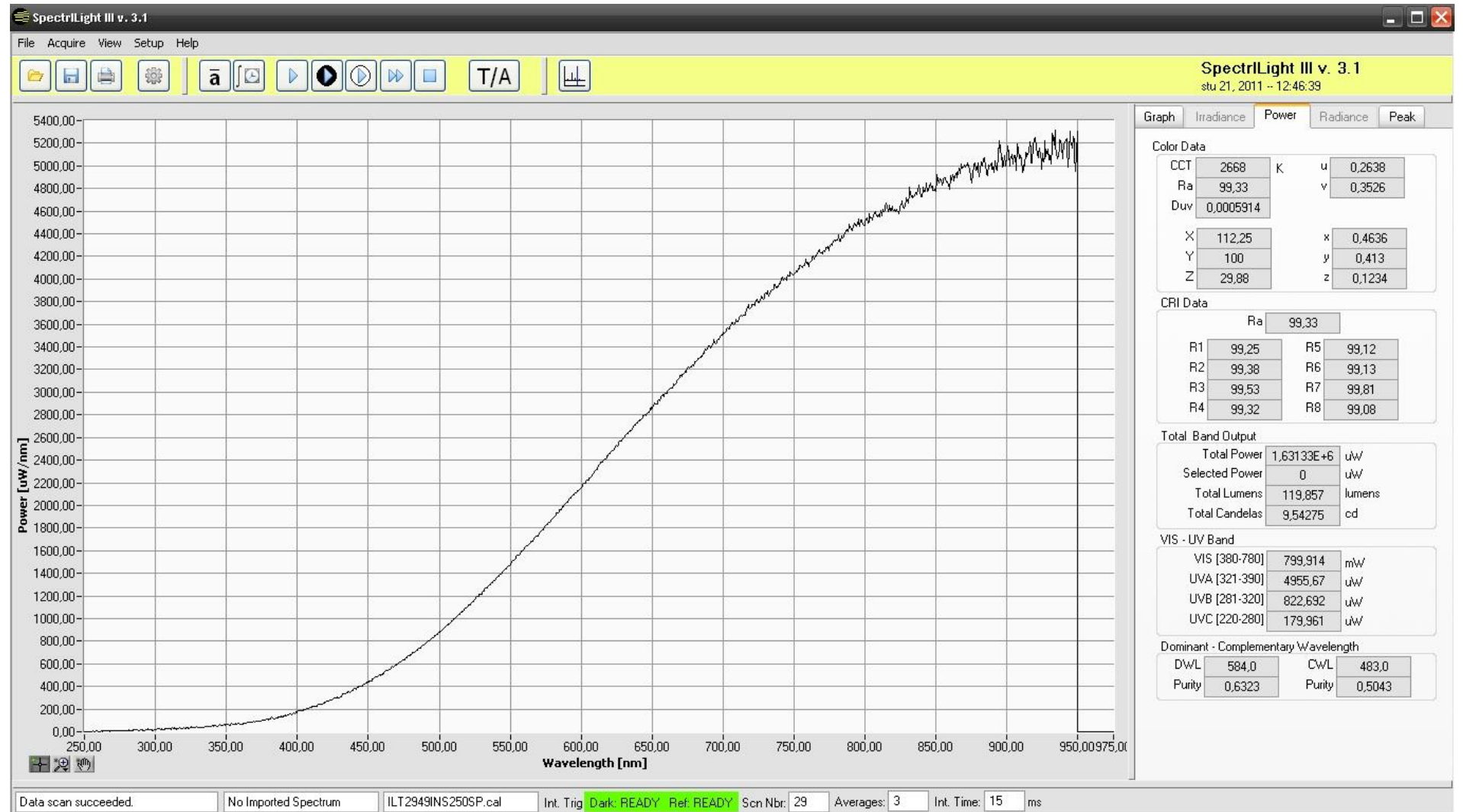


- Dugi vijek trajanja
 - Tipični životni vijek je 60.000 – 100.000 h rada
 - Nakon 50.000 h oko >90% početnog svjetlosnog toka
- Mogućnost upravljanja rasvjetom
 - Trenutno paljenje svjetla - nema zagrijavanja
 - Neosjetljivost na udarce
 - Mogućnost regulacije intenziteta
 - Omogućuje koncept “**Inteligentne rasvjete**”
- Širok raspon temperature svjetla
 - LED se može proizvesti sa temperaturom svjetla od 2.200 do 8.000 K
- Svjetlo vrlo slično dnevnom, visok CRI
 - Tipični CRI za LED je 80
 - Moguće je proizvesti LED sa idealnim CRI od 100

Spektar zračenja LED-a



Spektar zračenja sijalice sa žarnom niti

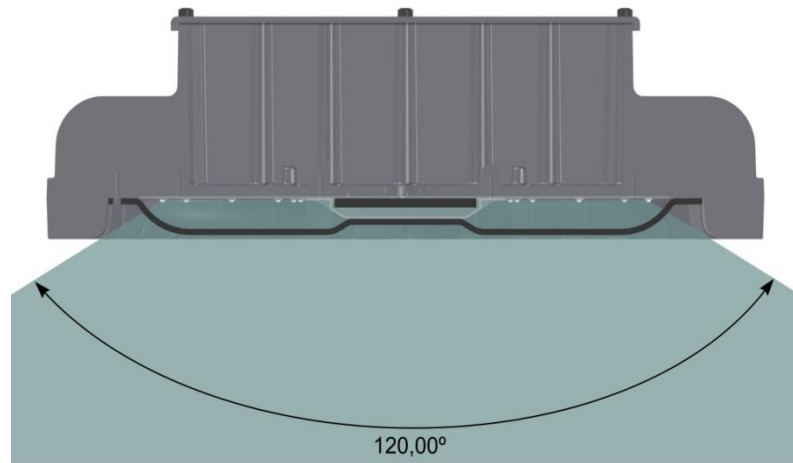


Temperatura ili boja bijelog svjetla

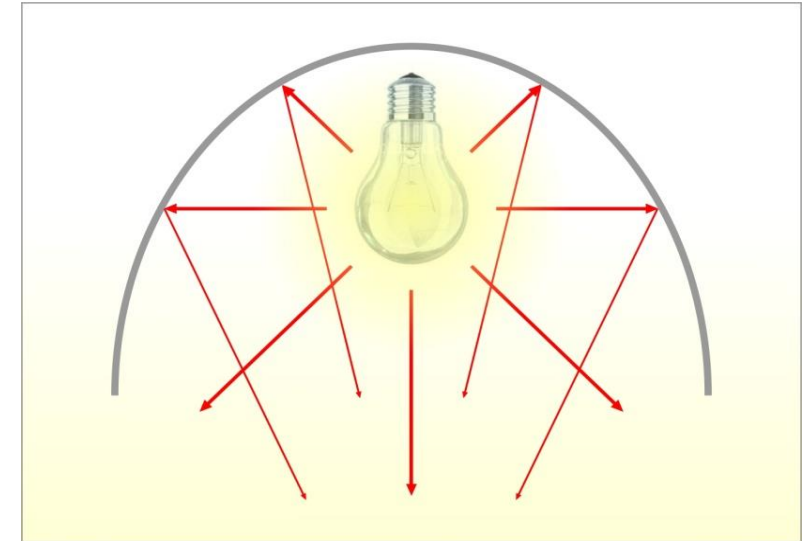
- Izvori bijelog svjetla imaju karakterističan CCT ([*Color Correlated Temperature*](#)) izražen u “K”
- Odabir temperature LED rasvjete ovisi o namjeni
 - Toplije boje od 2.200 do 3.000 K daju “pospanu” i opuštajuću atmosferu i podesne su za odmor
 - Novi trendovi u unutarnjoj rasvjeti cirkadijski ritam rasvjete, Tunable White
 - Hladnije svjetlo je slično dnevnom i drži nas “budne” i bolje raspložene za posao - veći su radni učinci
- Za osvjetljenje ulica i trgova noću podesno je hladnije svjetlo do 4.000 K
 - Ljudsko oko kod manjeg intenziteta svjetla prelazi u “mezoptički” vid i osjetljivije je na plave nijanse spektra
 - Zabluda je da se kod žutog (natrijevog) svjetla noću ili u sumaglici bolje vidi
 - Istraživanja su pokazala da vozači brže uočavaju pješake pod LED rasvjetom u prosjeku za 0,8 s
- Foto-biološka opasnost - važan aspekt LED rasvjete je utjecaj na ljude i okoliš
 - Nešto čemu se možda pridaje preveliki značaj



LED kao usmjereni izvor ima veću iskoristivost



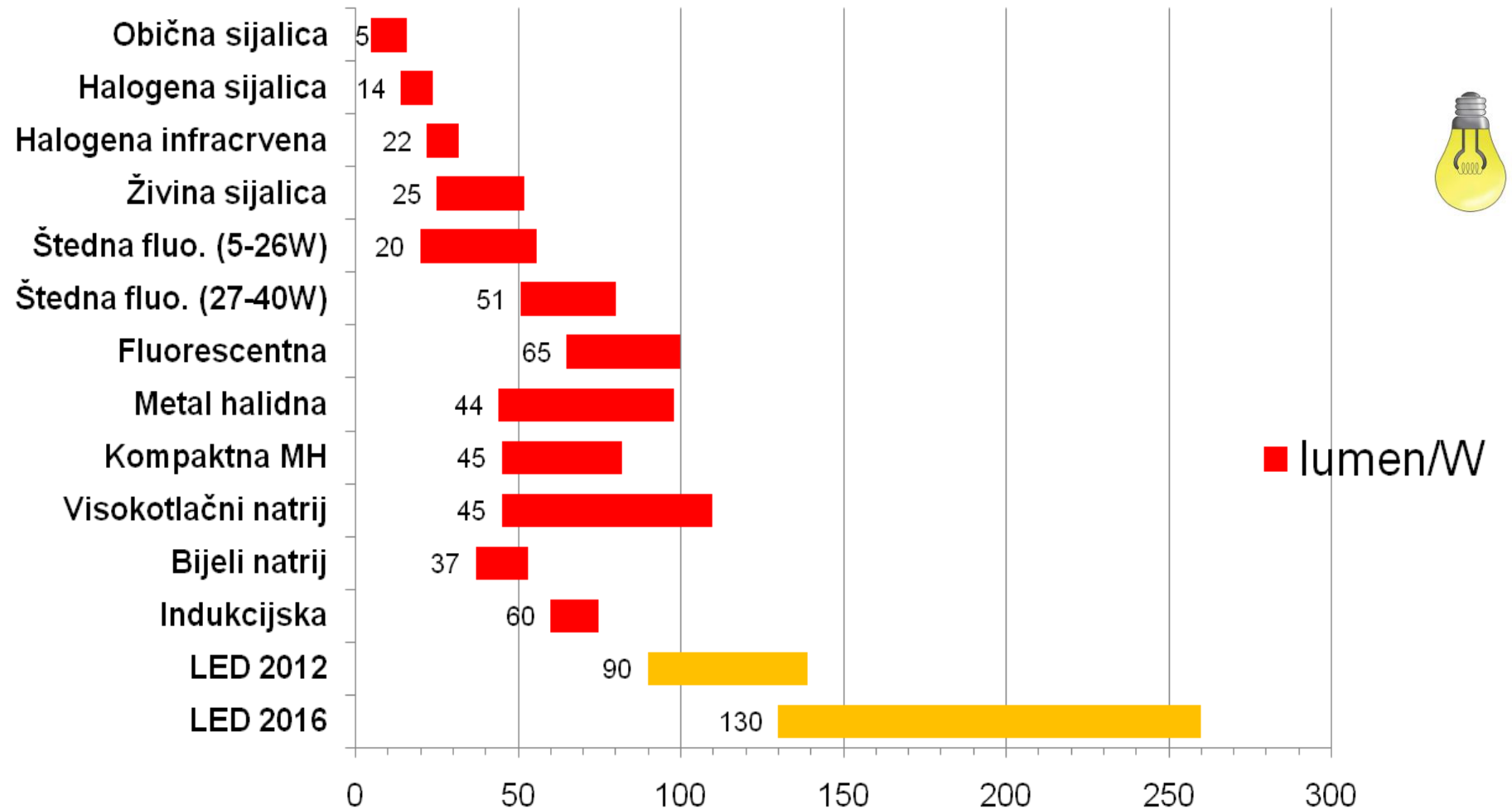
LED ima prirodan kut zračenja od 120 stupnjeva pa je iskoristivost izračenog svjetla znatno veća



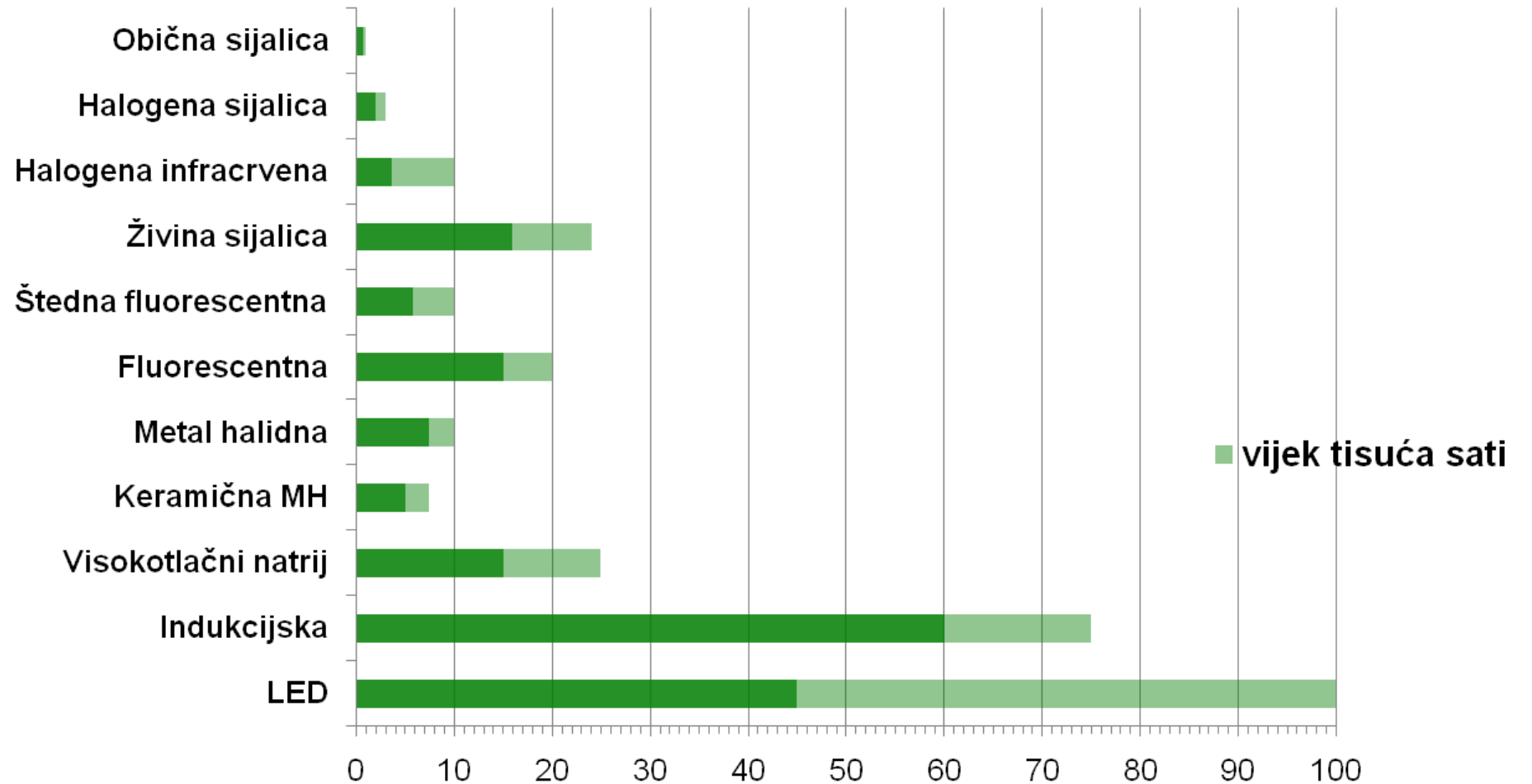
Izotropni izvori svjetla zrače samo dio toka direktno dok se veliki dio reflektiranog svjetla gubi u odsijaću



Efikasnost različitih izvora svjetla



Trajnost različitih izvora svjetla



Oblici LED-ova za rasvjetu (*Form Factor*)

Ovisno o snazi i namjeni postoje različite izvedbe LED komponenti



Mid Power LED



High Power LED

Unutarnja rasvjeta



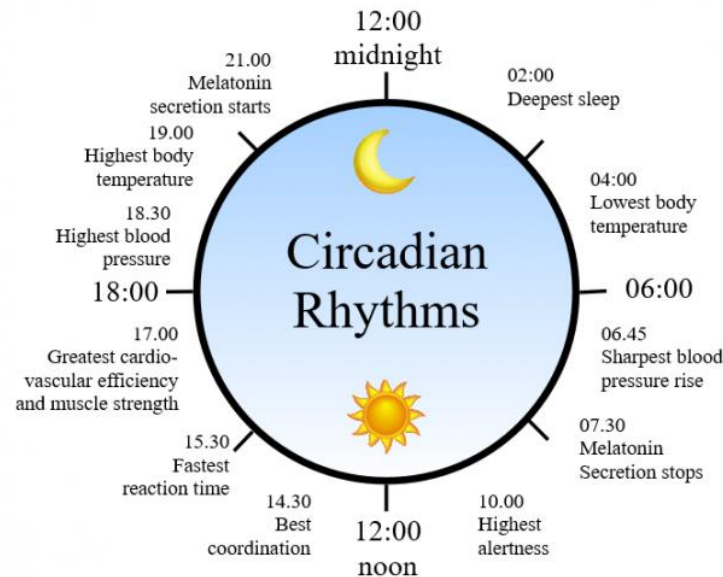
- Za unutarnju ili ambijentalnu rasvjetu u pravilu se koriste izvori svjetla toplijih temperatura boje
- LED rasvjeta daje neslućene mogućnosti upravljanja rasvjetom
- Uključivanje rasvjete samo u prisustvu ljudi štedi puno energije u hotelima i prostorima gdje se boravi povremeno
- U rasvjeti kuća, hotela i drugih ambijenata sve su popularniji različiti sustavi upravljanja intenzitetom i temperaturom boje
 - *Circadian lighting* (Cirkadijska rasvjeta) prati dnevni ritam našeg internog „biološkog sata”
 - *Tunable white* rasvjeta prilagođava temperaturu boje našem raspoloženju
 - *Dim to warm* rasvjeta imitira „retro” sijalice koje polako nestaju sa tržišta
- Za trgovine, izložbene vitrine i kafiće sve se više koristi LED u obliku traka

Tunable white & Dim to warm rasvjeta

- **Tunable white (dynamic white)** dobiva se miješanjem svjetla od 4 vrste LED-a u rasvjetnom tijelu
 - Prilagođava CCT (temperaturu svjetla) dnevnim potrebama ljudi
 - Prednost je vrlo visok CRI (moguće do idealnog 100)
- **Dim to warm** u osnovi imitira ponašanje žarulje s žarnom niti, na što smo navikli
 - Smanjuje CCT sa smanjenjem snage izvora svjetla od 4.000K sve do 2.200K
 - Simpatična mogućnost proizašla iz stalne želje proizvođača da lansiraju nešto novo na veliko tržište



Cirkadijska rasvjeta – prati ritam dnevne aktivnosti



- Tip unutrašnje rasvjete koji prati ritam dnevne aktivnosti ljudi
- Ispitivanja u skandinavskim zemljama su pokazala da smanjuje depresiju za oko 30% i povećava preciznost odnosno produktivnost ljudskog rada za oko 20%
 - Testovi u školama i uredima u Norveškoj
- Dokazano je da u klinikama smanjuje vrijeme post operativne njege
 - Testovi provedeni u Austriji i Švicarskoj
- CCT dnevnog svijetla kod nas je do 6.000K a mjeseca 4.180K

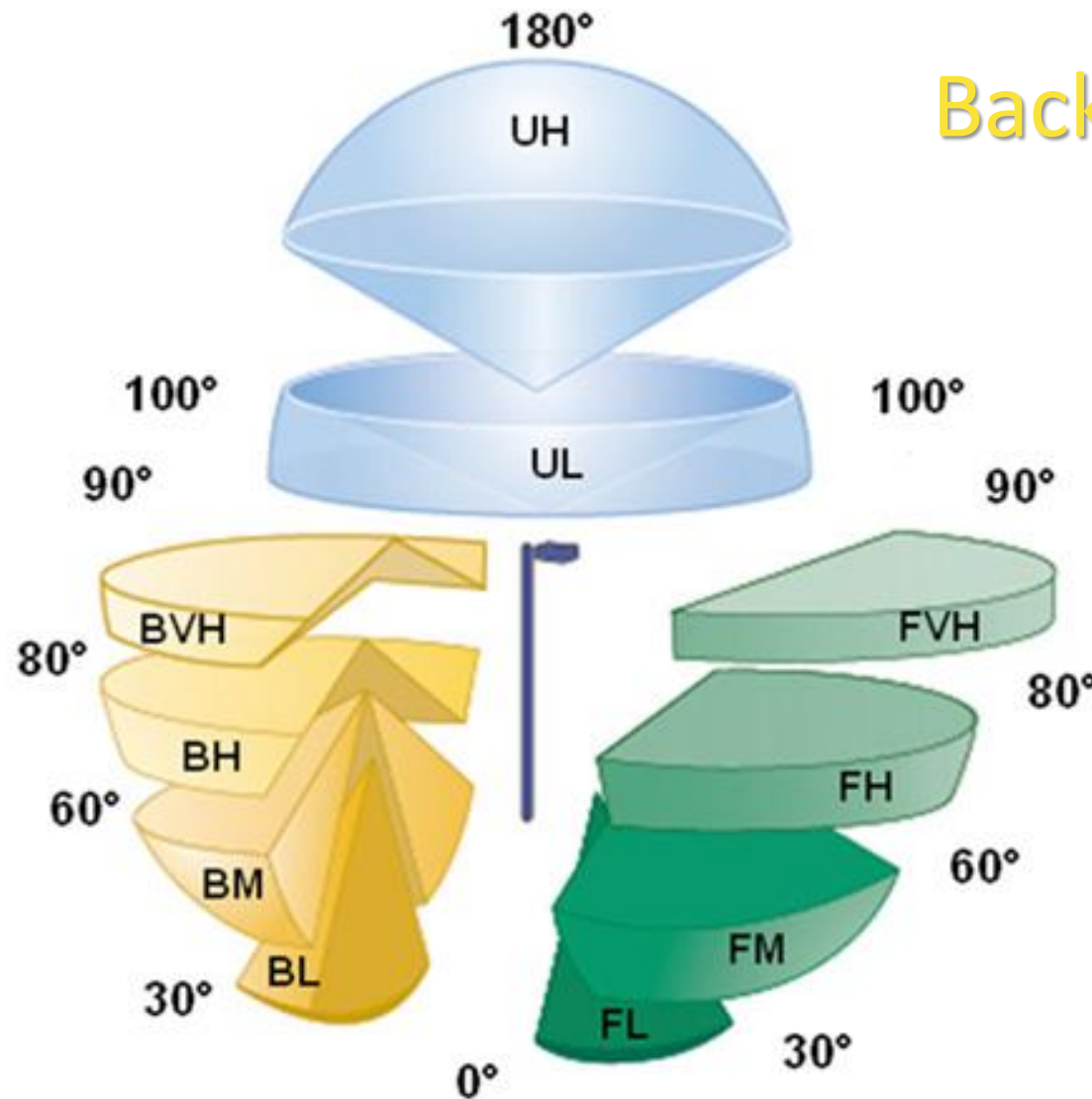
Javna rasvjeta i svjetlosno zagađenje

- Današnja suvremena javna rasvjeta mora biti izvedena sukladno s preporukama standarda **IESNA TM-15-07 (revised)** koji regulira nisko svjetlosno zagađenje
- Efikasan način mjerenja i kategorizacije vanjske rasvjete u cilju smanjenja svjetlosnog zagađenja i štetnog utjecaja rasvjete na okoliš
- Sugerira se dizajn svjetiljke na način da svjetlo usmjerava samo tamo gdje je potrebno
- Zamjenjuje zastarjeli “Cutoff” princip klasifikacije vanjske rasvjete
- Upravo LED omogućuje izvedbu kvalitetne javne rasvjete
- Loša konstrukcija rasvjete izaziva sjene i „pikselizaciju”



IESNA TM-15-07 (revised) - BUG

Backlight Uplight Glare



Mjerenje distribucije svjetla
Podijeljeno je na tri glavne
zone, a zone na različita
područja.

Kvaliteta svjetiljke se
određuje kroz vrijednosti
koje govore kolika je u kojoj
zoni rasvjetljenost od
maksimalno dozvoljenog
postotka.

Mitovi i istine o LED rasvjeti



- LED rasvjeta nije vječna, no uz pažljivi dizajn ima dugi vijek trajanja
 - Kritičan element trajnosti nije LED nego elektrolitski kondenzatori u ispravljačima
- LED rasvjeta ne zrači u štetnom UV spektru
- Natrijeva rasvjeta proizvodi manje svjetlosno zagađenja od LED-a
 - Poznato je da „hladno” svjetlo ima veće rasipanje u atmosferi
 - Bolje uočavanje prepreka na cesti kod veće CCT
 - Zbog točkastog izvora moguće je daleko kvalitetnije usmjeravanje svjetla
 - Odabirom toplijeg svjetla od 4.000K smanjuje se svjetlosna zagađenost
 - **LED rasvjeta ne povećava svjetlosnu zagađenost u javnoj rasvjeti**
- Foto-biološka opasnost, utjecaj plavog svjetla na okoliš i ljude
 - Plavo svjetlo, nije štetno toliko koliko se smatra, fama je stvorena od strane konzervativne industrije rasvjete, u početku velikog protivnika *Solid State Lighting*
 - Izloženi smo dugo godina plavom svjetlu od fluorescentnih cijevi, monitora i tv ekrana, loma sunčevog svjetla u atmosferi (plavo je nebo i more)

Osvrt na LED proizvode DATA LINK



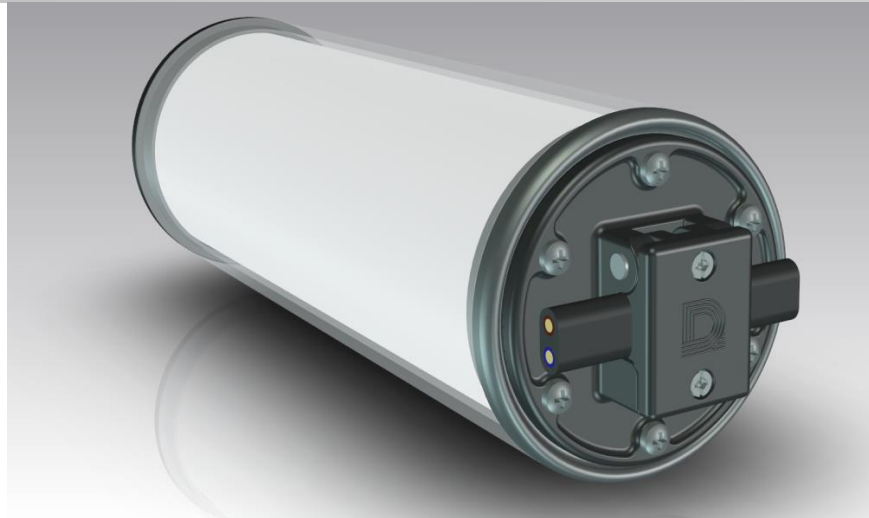
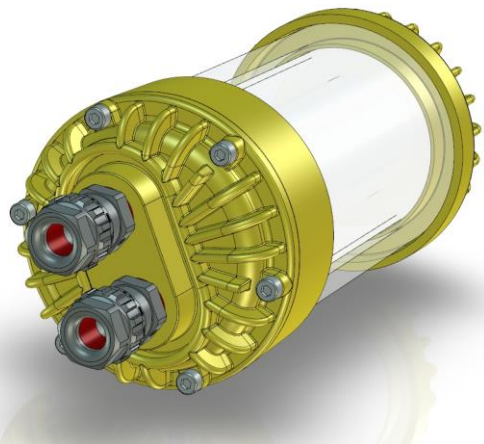
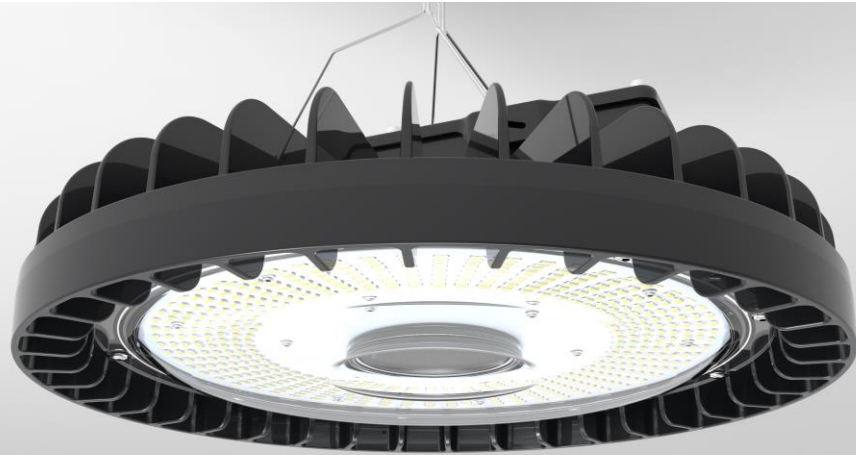
LED rasvjeta

- Marine program
- Oil & Gas program
- Rasvjeta za servis aviona
- Protu eksplozivna rasvjeta
- Rasvjeta dvostruke namjene

OEM proizvodnja

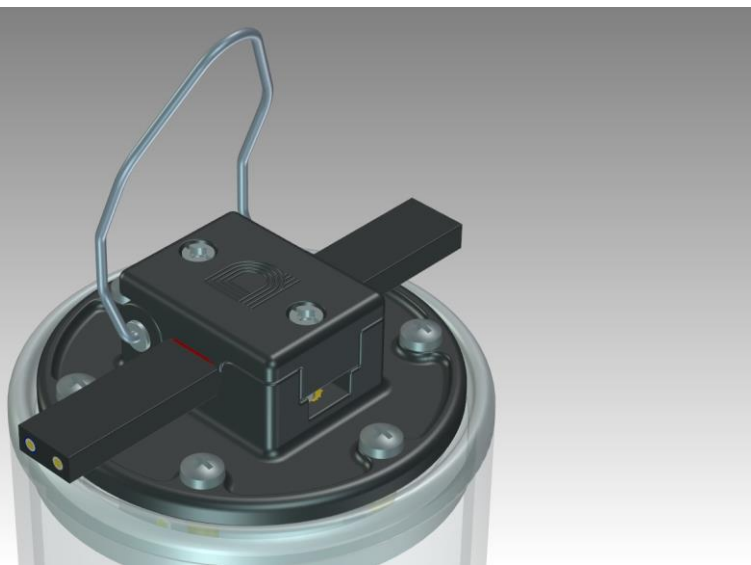
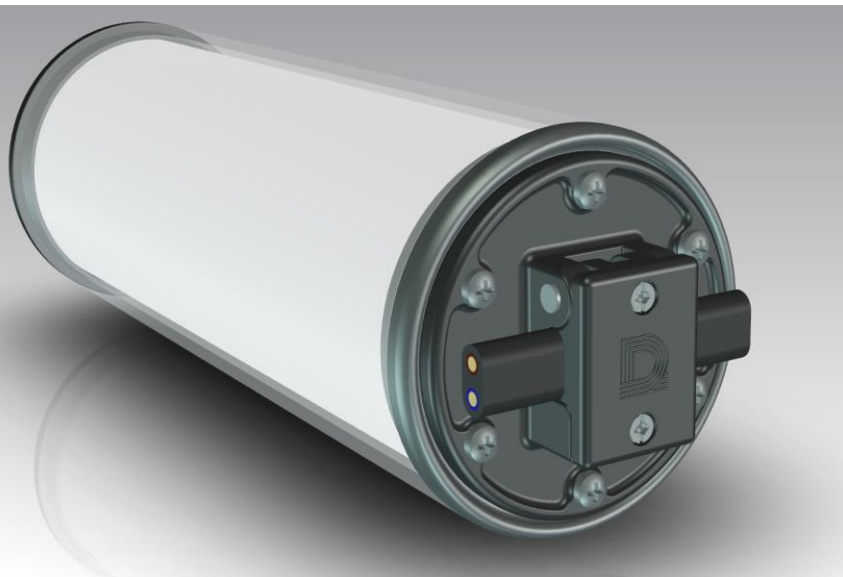
- LED moduli i svjetiljke prema zahtjevu korisnika
- Suradnja sa više eminentnih europskih proizvođača

LED rasvjeta razvijena u Bjelovaru



- Profesionalna LED rasvjeta za brodogradnju
- Protu eksplozivna Ex LED rasvjeta
- Industrijska LED rasvjeta
- AC LED tehnologija
- Vojni OEM LED program za PATRIA Oy

Familija GalaLED ST 01, GalaLED BA 02 - karakteristike



- Napravljena je u najnovijoj tehnologiji visoke efikasnosti
- Osigurava maksimalnu rasvjetljenost uz minimum utroška energije
- Robusni dizajn osigurava rukovanje bez rizika da se svjetiljka ošteti
- Može se koristiti u svim **tehničkim postupcima** – radovi u čeliku, pjeskarenje, pranje s visokim pritiskom i antikorozivnoj zaštiti
- Osigurava najvišu razinu zaštite na radu u skladu sa normom **CENELEC HD63751**
- Jednostavna je za instalaciju, povećava produktivnost radnika i osigurava visoku pouzdanost u radu sustava

GalaLED ST 01 tehnički podatci



- 1.900 lumena, ukupna snaga do 17W u samo 0,6kg mase. Stupanj zaštite IP67, IK10
- Zbog male potrošnje linija napajanja može biti jako dugačka
- Gala LED proizvodimo u različitim izvedbama i za različita napajanja 24 - 42VAC, 110VAC/DC
- Dimenzije: Ø90 mm, H260 mm

Svjetiljka ima kružnu (toroidnu) svjetlosnu karakteristiku

Protu eksplozivna Ex GALA LED sukladna IECX i ATEX normama



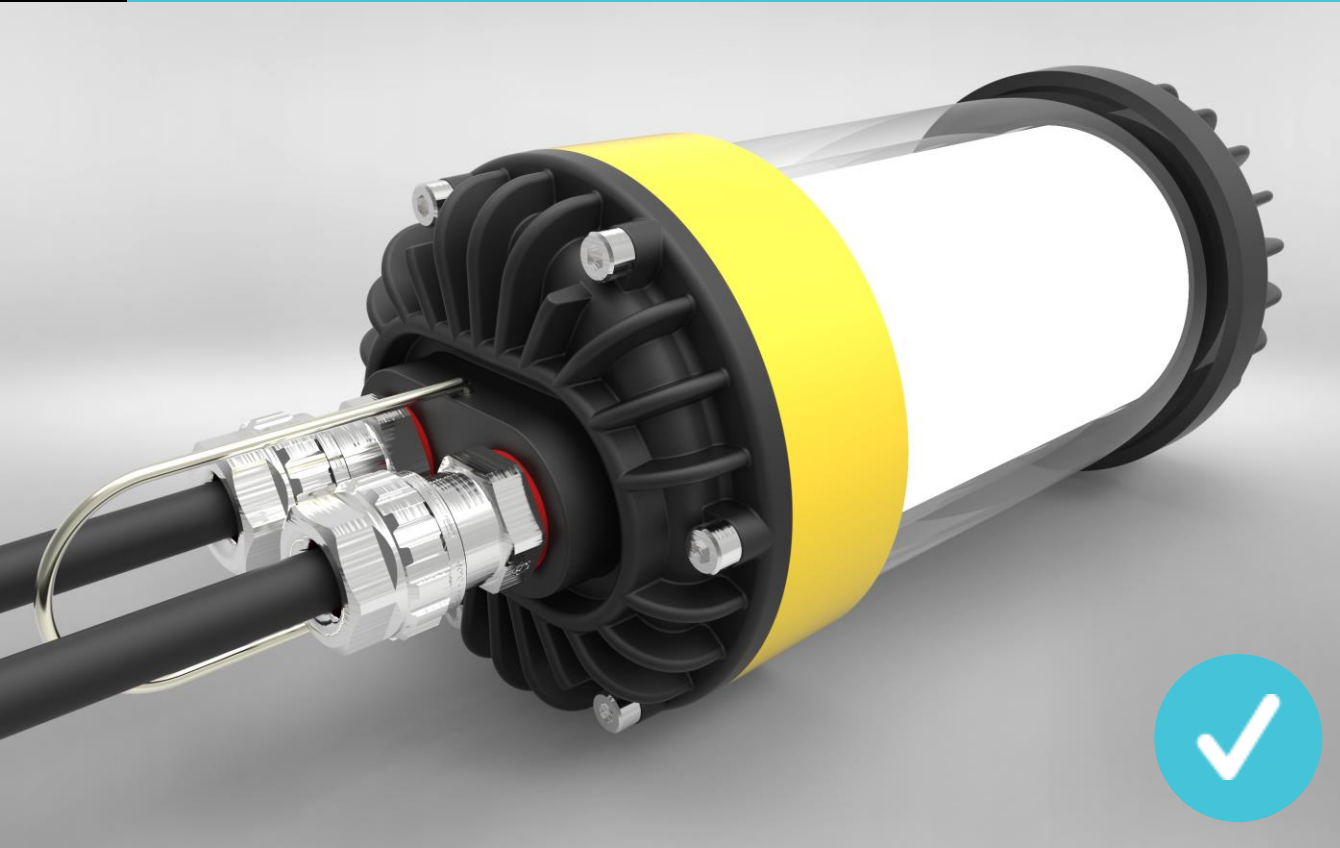
Ex GALA LED je prenosiva, sigurnosna LED svjetiljka najvišeg stupnja zaštite pogodna za korištenje u eksplozivnoj atmosferi plinova i prašine

- Koristi se u brodogradnji i offshore industriji u lako zapaljivim i opasnim prostorima sa eksplozivnom atmosferom
- Proizvodimo je i u verziji nužne rasvjete sa centralnim ili lokalnim napajanjem

Najmodernija tehnologija sa izuzetnim osobinama:

- Težina od samo 2,2kg ima svjetlosni tok od preko 3000 lumena, IP67 i IK8 stupanj mehaničke zaštite
- Primjenjivo u opasnim zonama: 1, 21, 2, 22
- Sukladna najvišim standardima zaštite CENELEC HD63751
- Spadamo u uzak krug europskih proizvođača Ex rasvjete

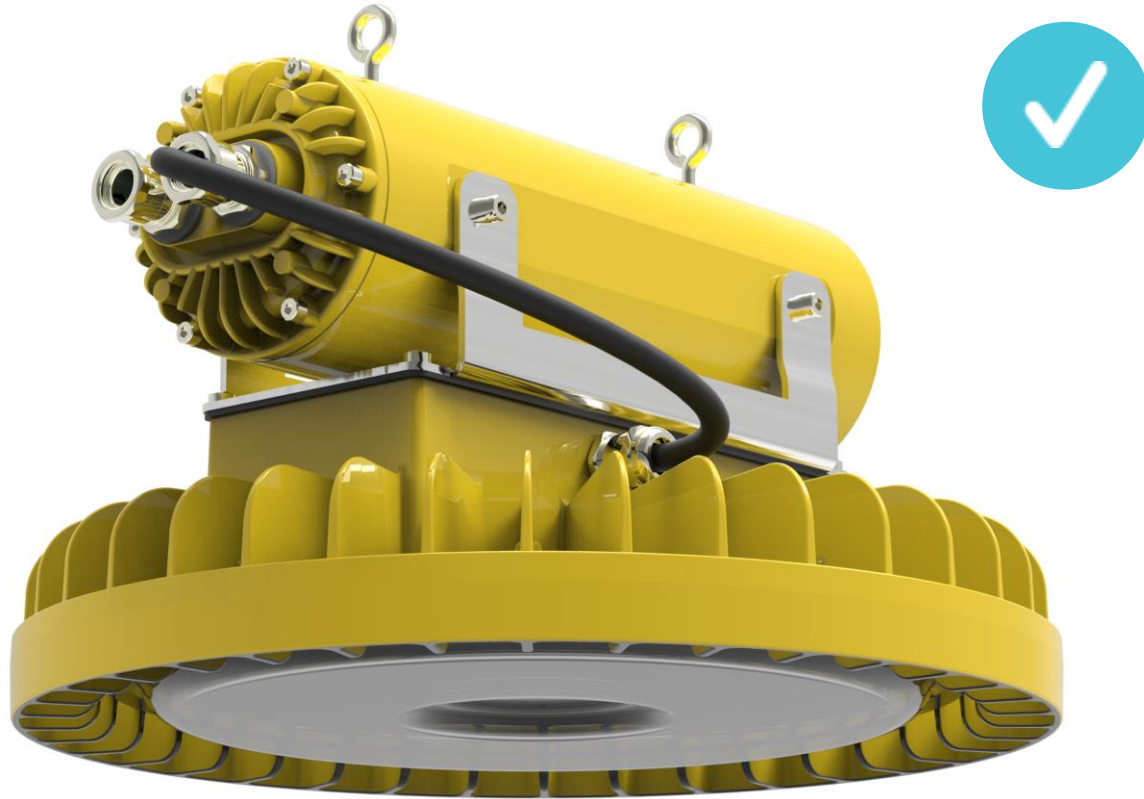
Značajke Ex GALA LED



- Korištenje i delaboracija eksplozivnih sredstava
- Proizvodnja eksplozivnih tvari
- Skladištenje eksplozivnih tvari i resursa
- Sklapanje eksplozivnih proizvoda
- Istraživanje eksplozivnih tvari
- Punjenje i skladištenje goriva
- Punjenje i skladištenje plinova

Visok intenzitet svijetla **bez efekta bliještanja**

Ex Flood Lamp



- Protu eksplozivna *High Bay* svjetiljka
 - Visoka učinkovitost, preko 24.000lm pri 170W snage
- Primjena:
- Lakirnice za avione i vlakove
 - Skladišta goriva i plinova
 - Tankeri i naftne platforme
 - Skladištenje eksplozivnih tvari
 - Sklapanje eksplozivnih proizvoda

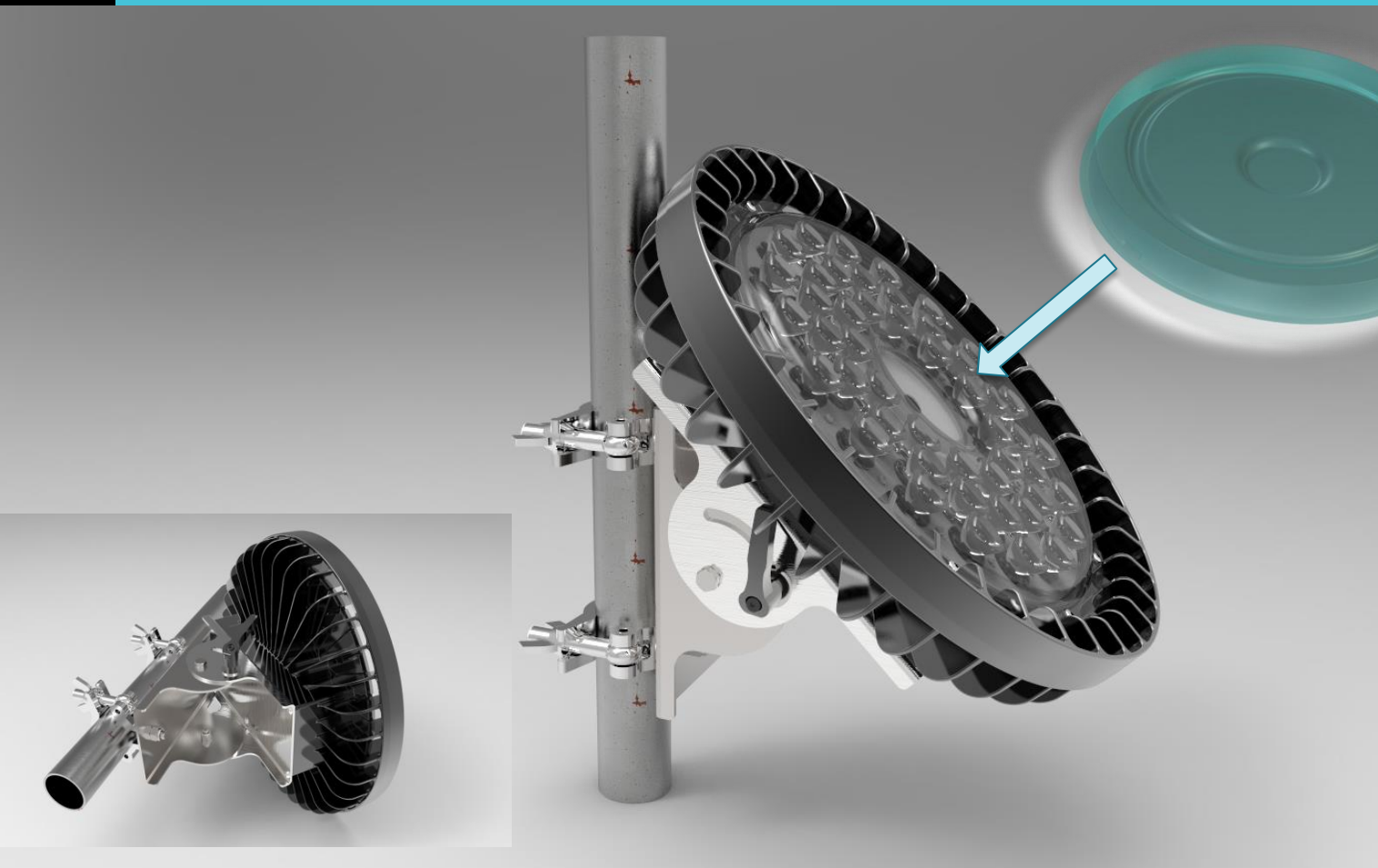
Marine LED reflektor



Marine LED reflektor za upotrebu u brodogradilištima za novogradnje i popravke, u suhim i potopivim dokovima, offshore industriji, pranju brodskih tankova, održavanju zrakoplova i drugdje

- Zadovoljava najviše sigurnosne zahtjeve, ima visoku izdržljivost radne rasvjete
- Otporno na prašinu i mlaz visokog pritiska, mehanička zaštita IP66 i IK10
- Četiri tipa optika po izboru sa kutovima zračenja svijetla od 30°, 60°, 90° i 120°
- Svjetlosni tok od 23.000 lumena
- Kolica i nosači napravljeni od nehrđajućeg čelika 316 s dva gumena kotača
- Bez održavanja
- Radni naponi od 230VAC i 42VAC

Marine LED Floodlight



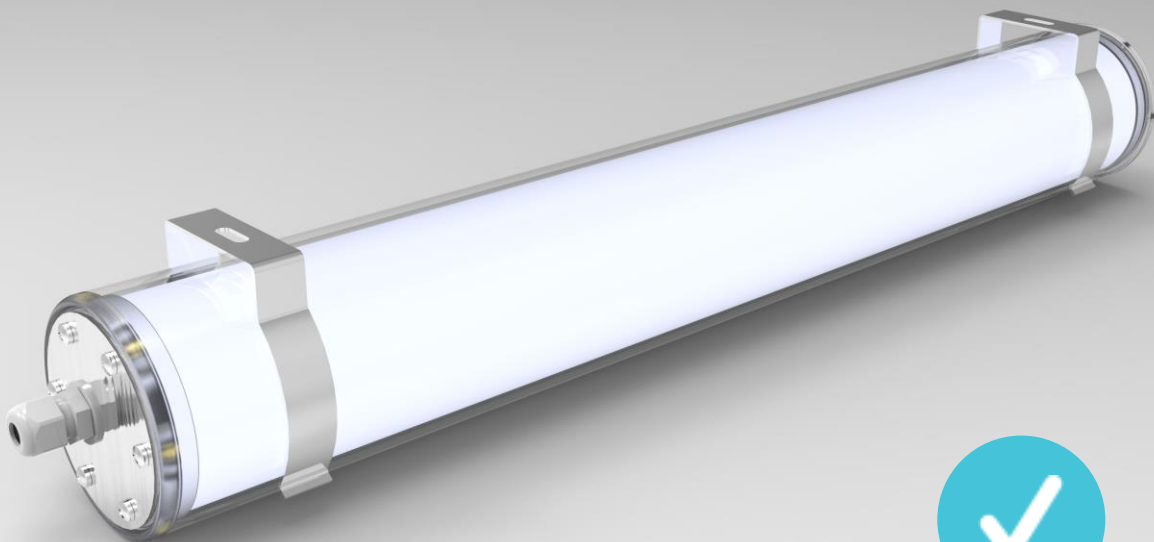
**Zamjenjiva
zaštitna folija štiti
reflektor od
pjeskarenja,
bojanja, jakog
vodenog mlaza i
druge prljavštine**

Osam puta veća energetska učinkovitost od klasične halogene svjetiljke!

Marine LED reflektor za rad u najtežim uvjetima



Seal LED – Svjetiljka razvijena specijalno za *Dry Dock*

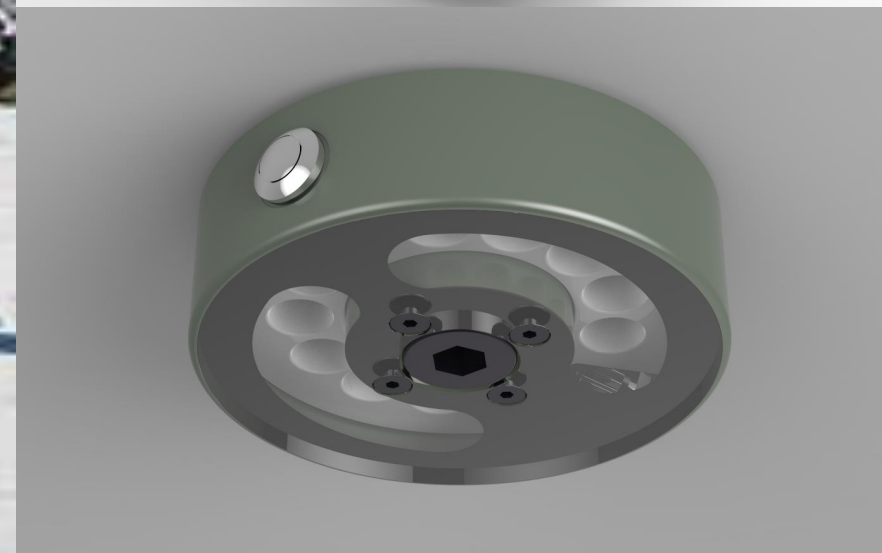
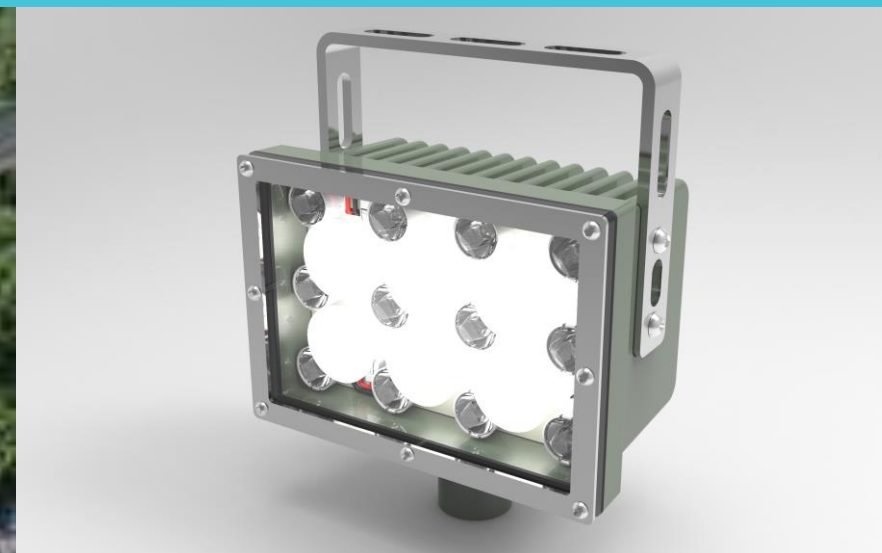


- Linearna svjetiljka za korištenje u potopnim dokovima
- Visoki stupanj zaštite IP67 i IK10
- Radi se u dvije verzije, normalna i panična rasvjeta
- Moguća je viseća montaža na lancima ili s magnetima za oplatu
- Jedinstven proizvod te vrste na tržištu
- Razvijena u suradnji s brodigradilištem Viktor Lenac d.d. Rijeka

Promo film

Visok intenzitet svijetla **bez efekta blještanja**

Program rasvjete dvostruke namjene



GalaLED 112 – Sigurnosna rasvjeta

- Za izvanredne situacije
- Civilne katastrofe
- Civilne i vojne intervencije
- Specijalne vojne operacije
- Vojne vježbe, kampove
- Ratna i civilna skloništa
- Privremene kampove i šatore
- Skladišta ispod i iznad zemlje
- Operacija spašavanja
- Improvizirane situacije
- Vanjske i unutarnje prostore bez rasvjete

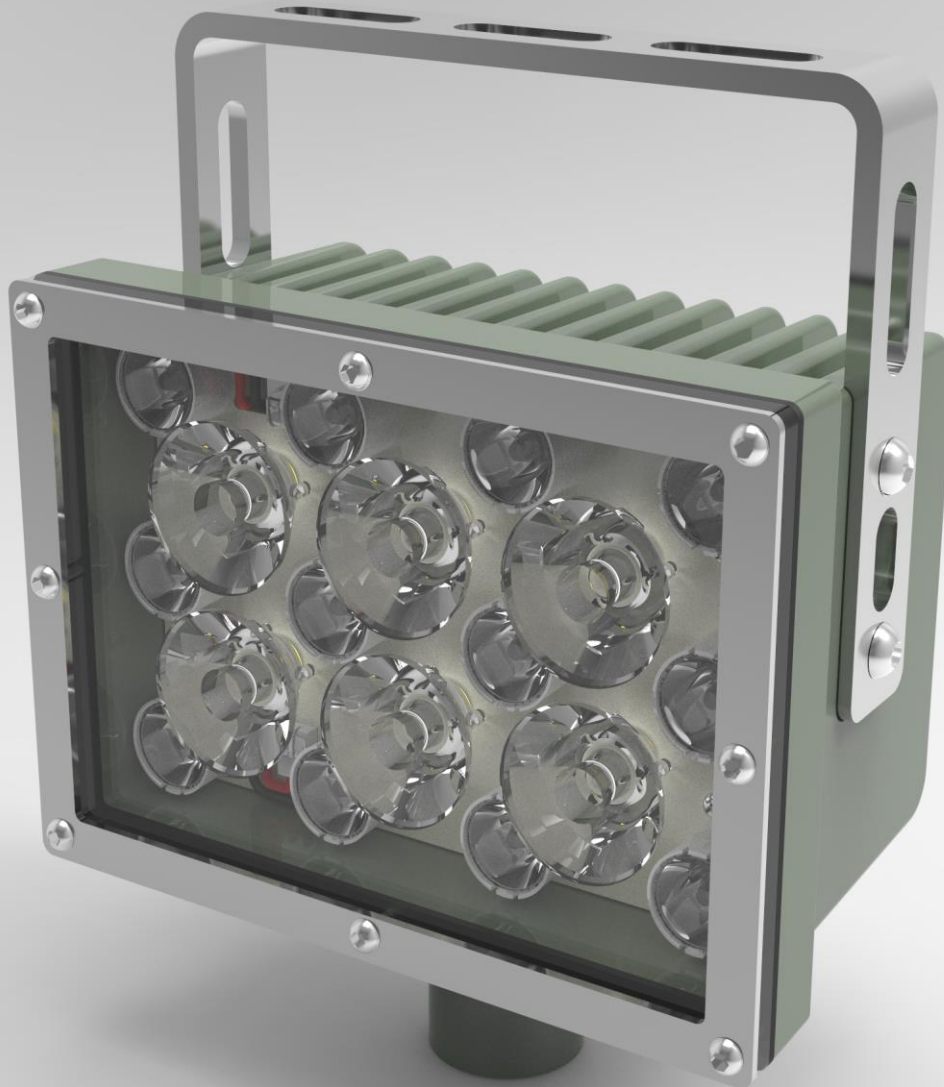


AMV Search Light baziran na LED tehnologiji



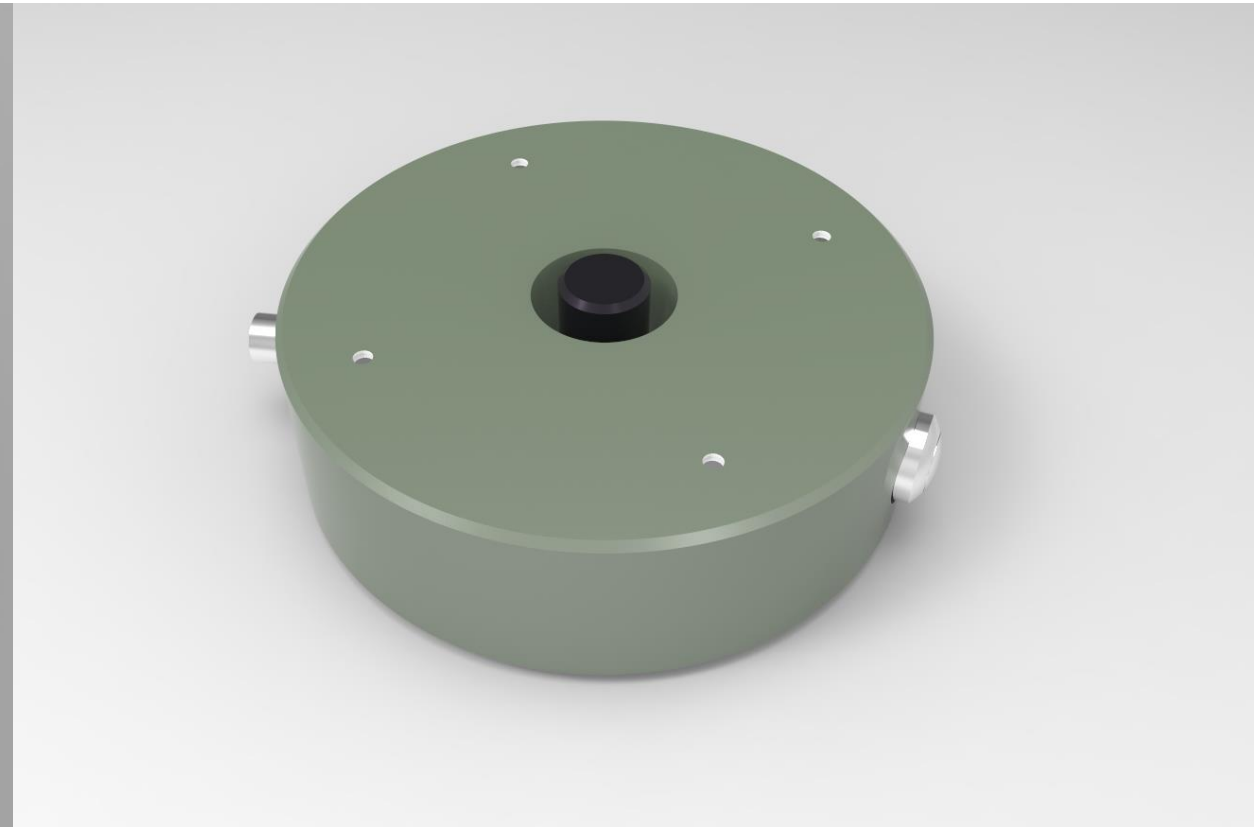
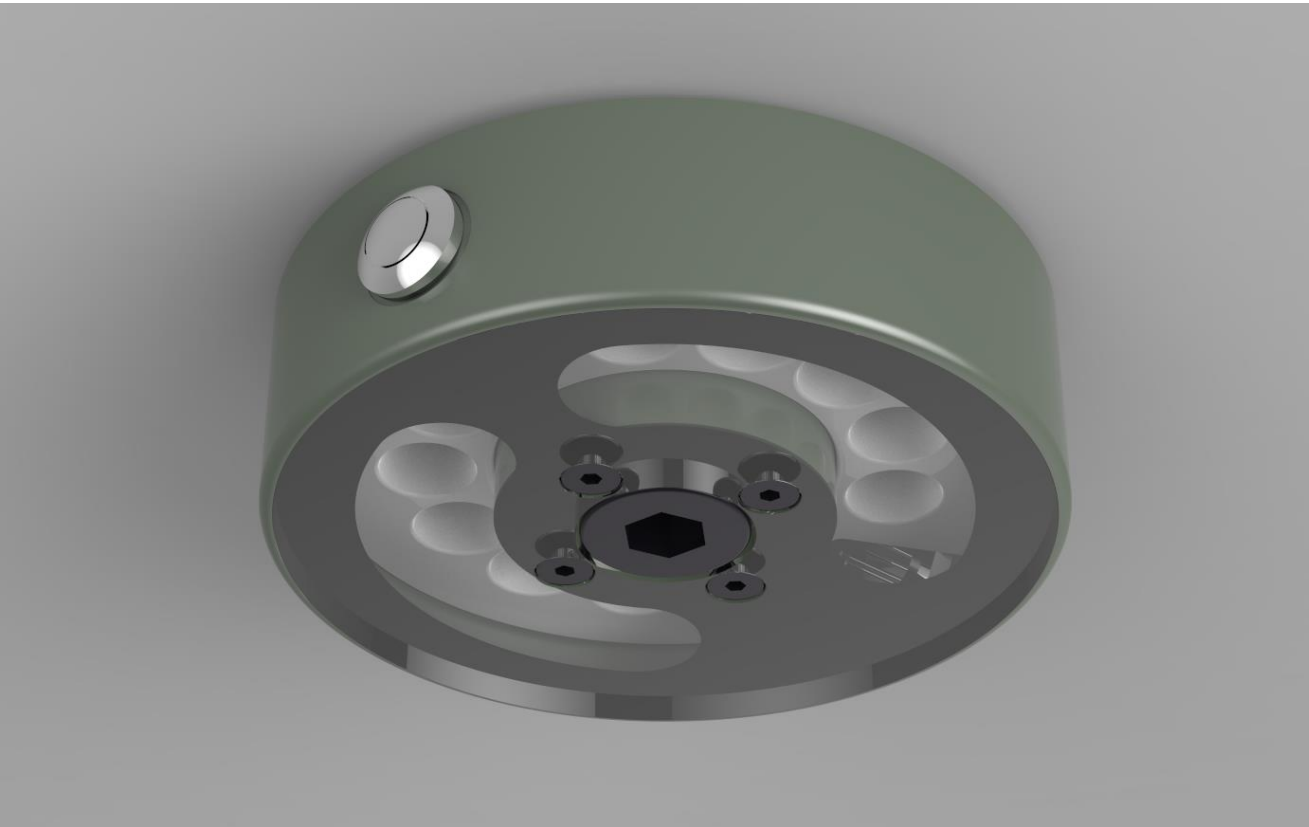
- **Compact Search Light** - spot reflektor za primjenu na borbenim oklopnim vozilima, tenkovima i kamionima
- **Bijeli LED izvor svjetla** - CCT 6000 K (Color Correlated Temperature) osigurava izvanredne uvjete vidljivosti u mezopičnim uvjetima vidljivosti
- **Infracrveni izvor svjetla** – omogućuje noćno osmatranje pomoću vrlo jakog IC snopa u istom dometu kao i vidljivo svjetlo

AMV Search Light



- **Vidljivi snop** – gornja dva reda emitiraju vidljivo svjetlo 6000k
- **IC svjetlosni snop** – donja dva reda emitiraju IC svjetlo u spektru 950nm
- Mogu se koristiti leće sa različitim kutovima zračenja za oba tipa svjetla

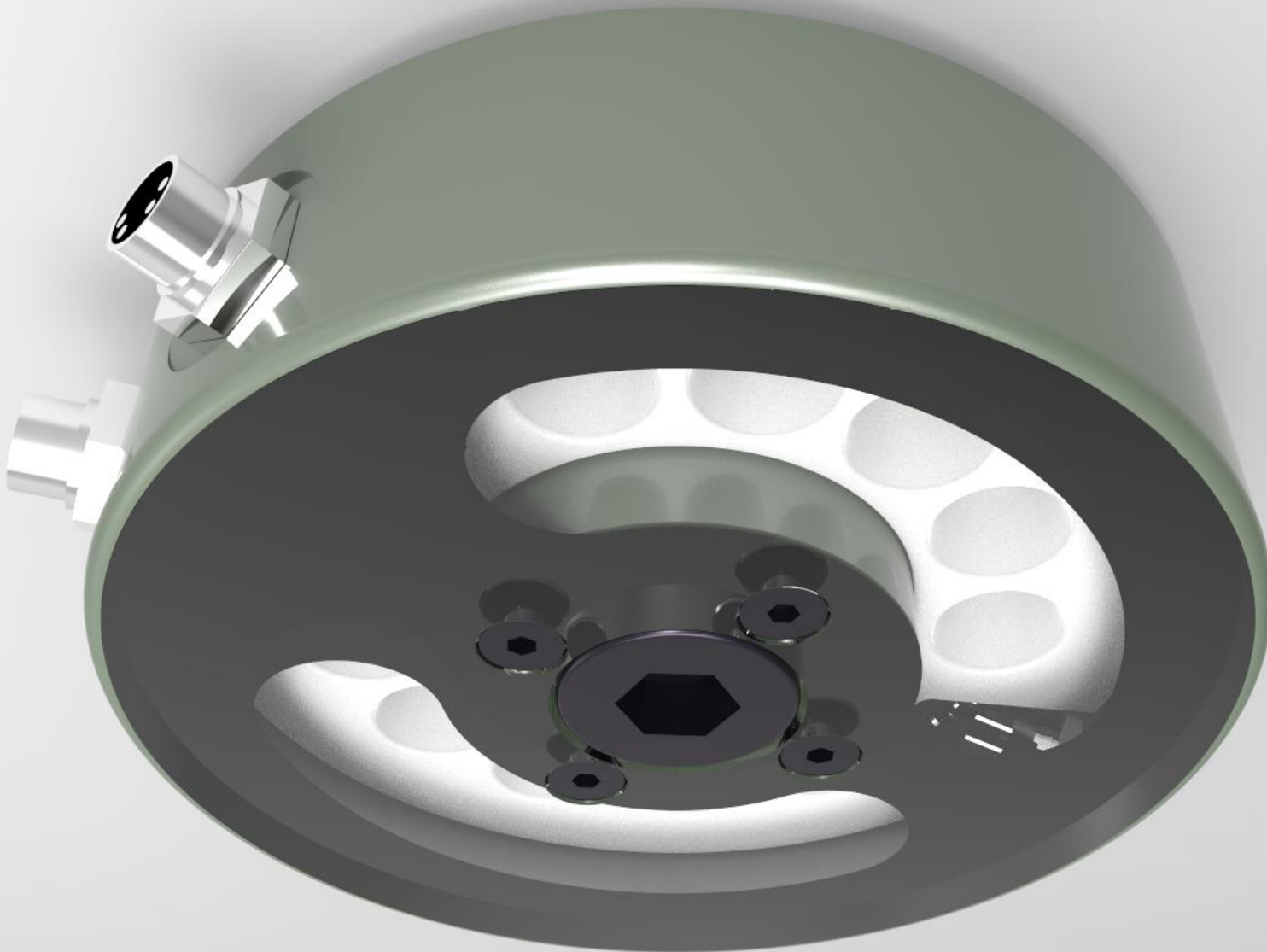
AMV Interior Light



„Doughnut” – unutrašnje svijetlo za PATRIA AMV

DATA LINK custom design za PATRIA Land Vehicles

AMV Interior Light



Napajanje **12 do 24VDC**

Bijelo svijetlo 50-100 Lux

CCT 4000 K

Plavo svijetlo 5-20 Lux

460-480 Nm

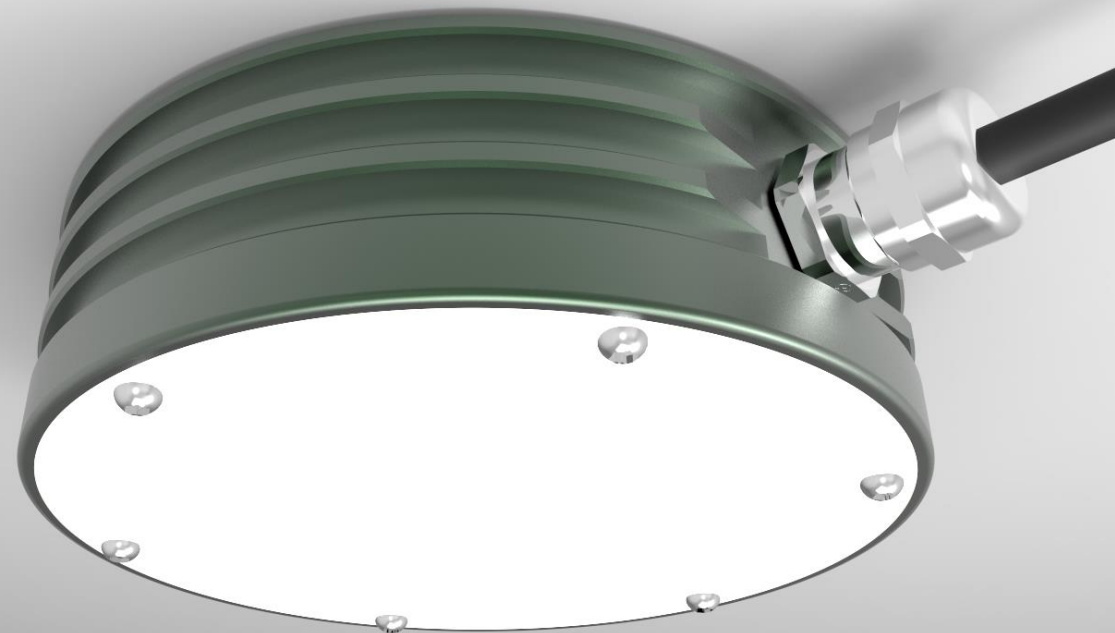
IP66, IK10

Sukladno MIL-STD-461F

Promjer 84mm

Visina 25mm

LED svjetiljka razvijena za Đuro Đaković - Specijalna vozila



Na zahtjev tvornice Đuro Đaković - Specijalna vozila razvili smo unutrašnju rasvjetu za retrofit tenkova

Zajedničke karakteristike DATA LINK proizvoda



EFIKASNOST

potrošnja energije < 80%



TRAJNOST

> 80.000 radnih sati



KVALITETA

Visoko kvalitetni materijali

Razvijamo i proizvodimo samo visoko kvalitetnu LED rasvjetu za specijalnu namjenu

Promo film



Hvala na pozornosti!

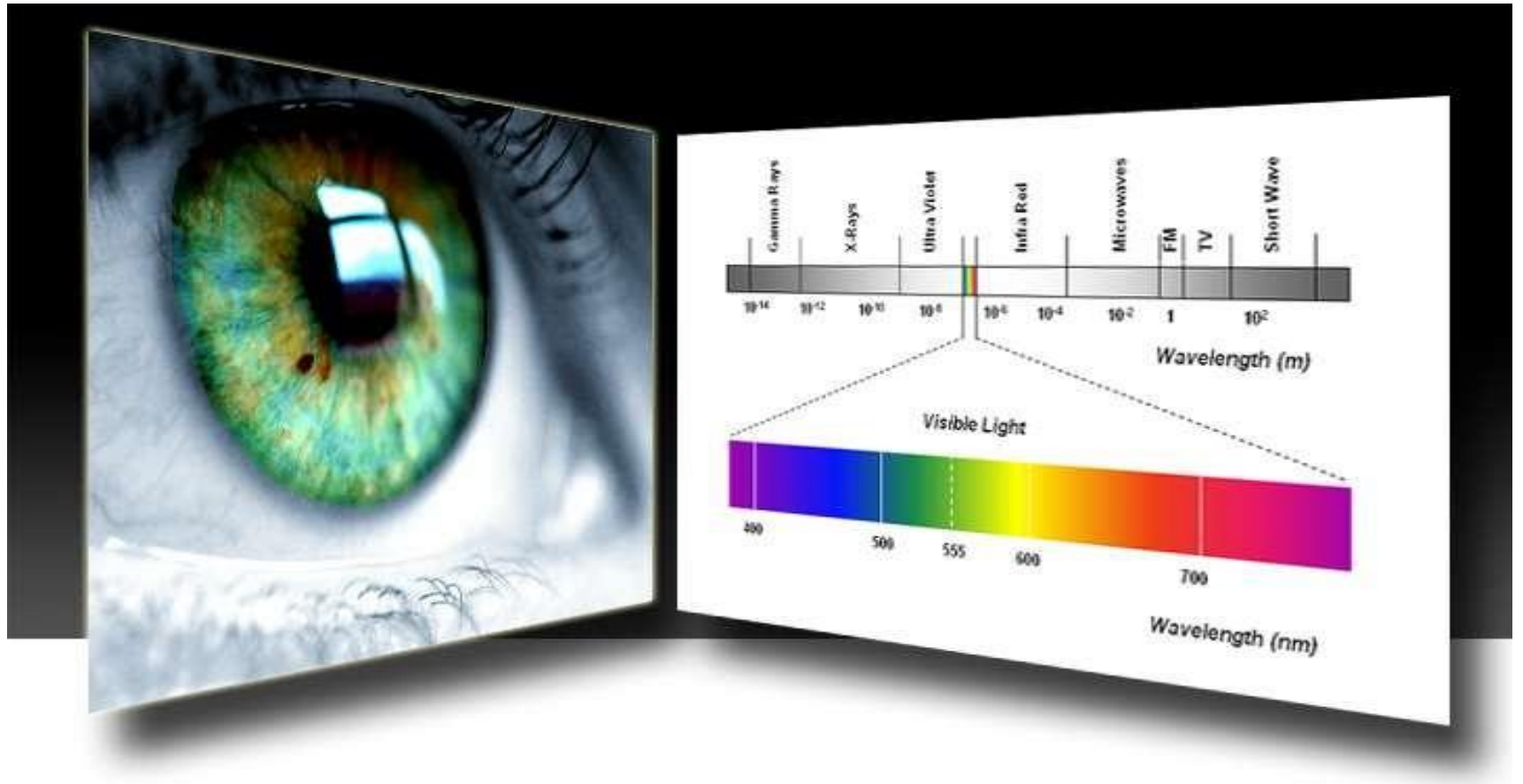
darko@datal.com

DATA LINK d.o.o. Bjelovar - Croatia
www.datal.com

Svjetlo! Što je to?

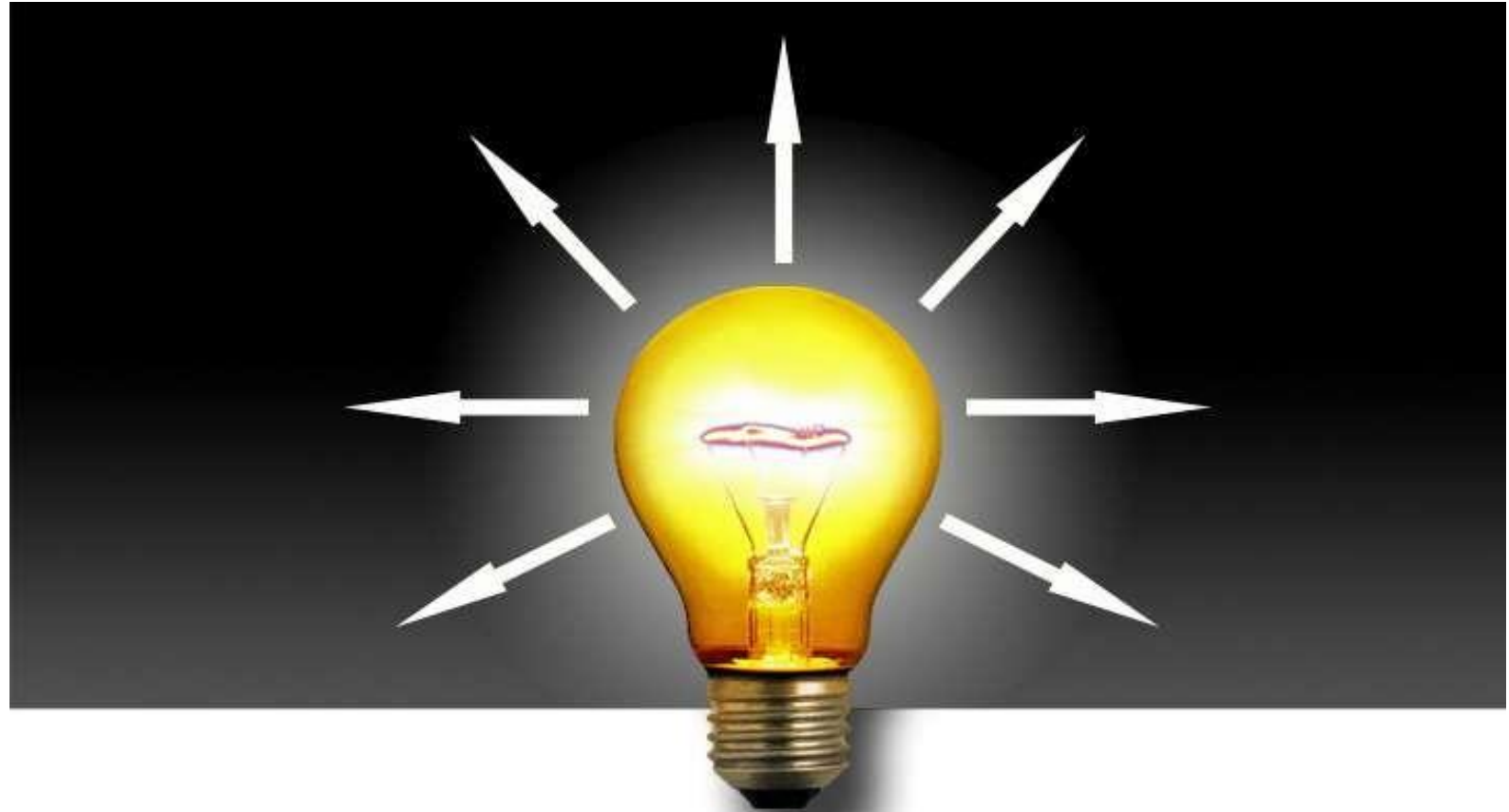


Svjetlosni spektar



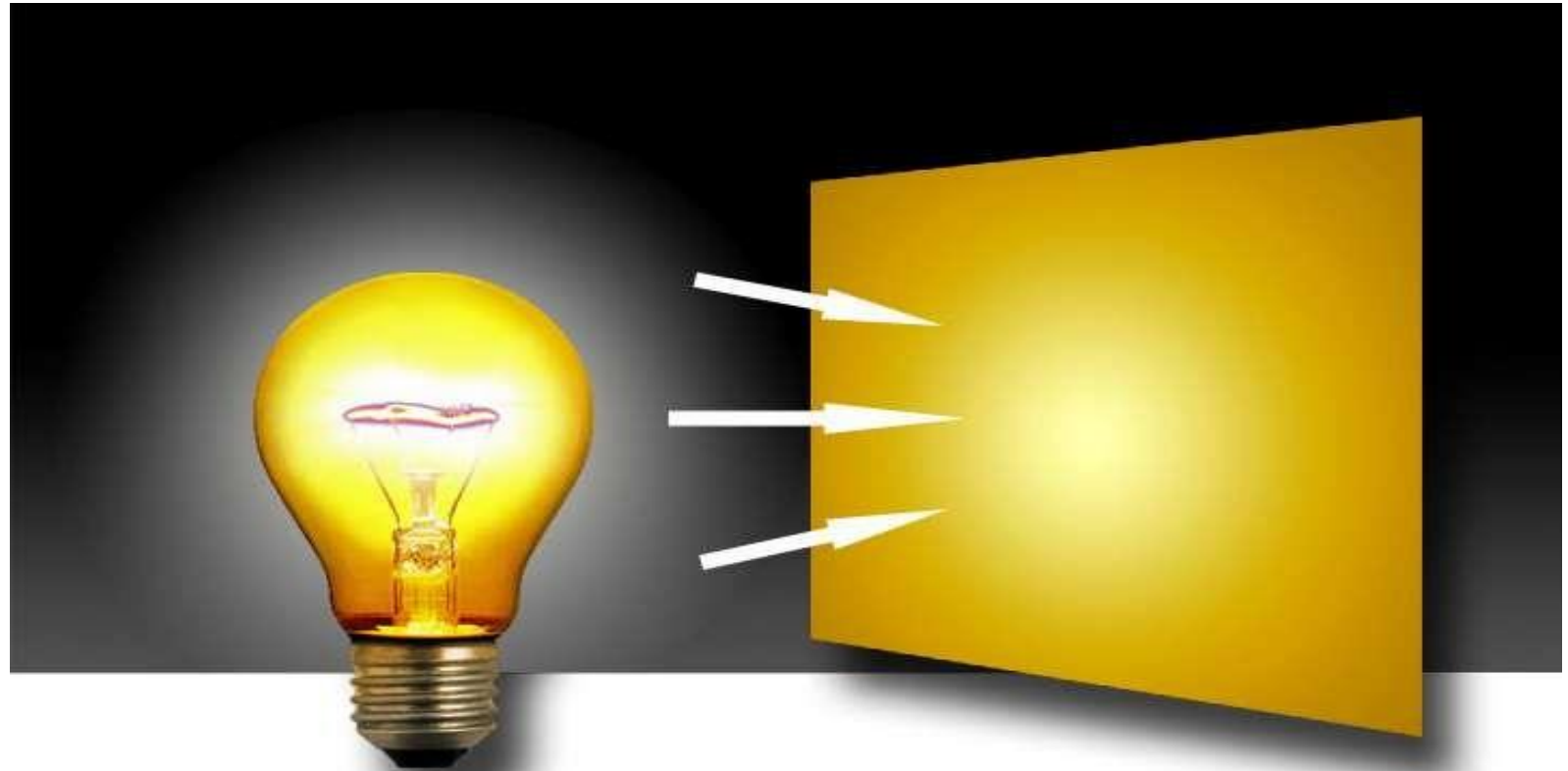
- *Ljudsko oko vidi samo uski svjetlosni spektar u rasponu od 400 do 700 nm*
- *Bijelo svjetlo sastoji se od cijelog spektra valnih duljina*

Svjetlosni tok (Φ_v)



- Svjetlosni tok je ukupna snaga zračenja koju emitira izvor svjetlosti u svim smjerovima
- Izražava se u lumenima (lm) – točkasti izvor svjetla ima svjetlosni tok od 1 lm kada u prostorni kut od 1 sr zrači jakošću svjetla od 1 cd
- Fotometrijska analogija za Watt - 1W (kod $\lambda_{555,6 \text{ nm}}$) = 683 lumena

Rasvjetljenost (Ev)




- **Rasvjetljenost ili iluminacija je svjetlosni tok koji obasjava neku površinu**
- Varira sa udaljenosti (opada sa kvadratom udaljenosti) i kutom osvjetljenja (Lambertov zakon kosinusa)
- Rasvjetljenost se mjeri u lumenima po kvadratnom metru odnosno luksima ($lx = lm/m^2$)

Intenzitet svjetlosti (lv)



- **Svjetlosni intenzitet ili jakost je tok svijetla koji je emitiran po steradianu**
- Intenzitet je obično usmjeren osim ako se radi o izotropnom izvoru svijetla
- Mjerimo ga u lumenima po steradianu odnosno Candela ($\text{cd} = \text{lm}/\text{sr}$)

CCT – *Corelated Color Temperature*

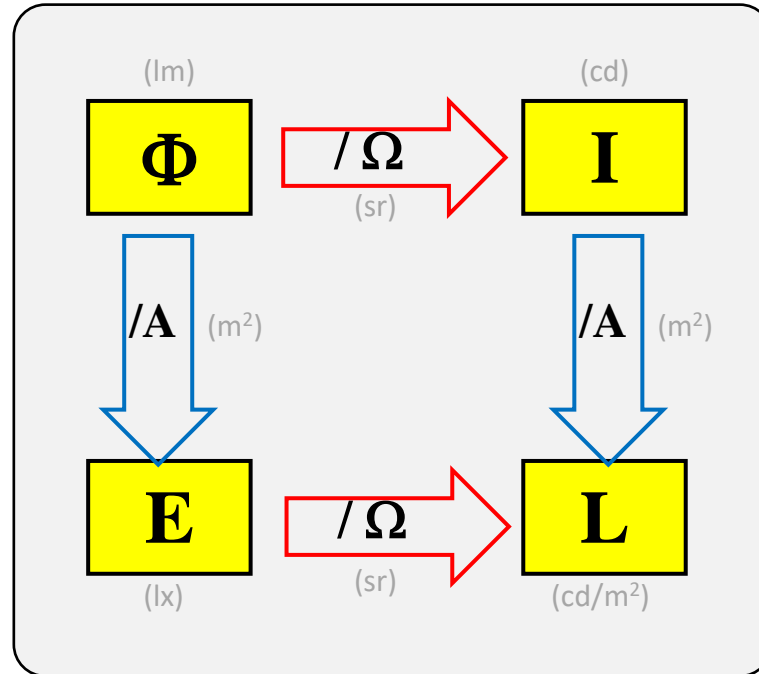


A glowing yellow light bulb is positioned to the left of a table. The table lists various light sources and their corresponding color temperatures in Kelvin (K). The background of the table is black with white text.

Light Source	Colour Temperature
Candle flame	1900 K
Sunlight (sunset)	2000 K
Tungsten bulb (60W)	2800 K
Tungsten bulb (200W)	2900 K
Tungsten/halogen bulb	3300 K
Carbon arc lamp	3780 K
Diffused sunlight	5500 K
Xenon flash	6000 K
Overcast sky	6500 K
Northern hemisphere clear sky light	7500 K

Svjetlost visokih temperatura boje opisujemo kao „hladnu”, dok svjetlost niskih temperatura boje opisujemo kao „toplu”

Odnos svjetlo-tehničkih veličina



A – osvijetljena ili svjetleća površina (m²)

Ω – prostorni kut (sr)

Veličina	Oznaka	Formula	Jedinica
Svjetlosni tok	Φ	$\Phi = I \times \Omega$	Lumen (lm)
Intenzitet svjetlosti	I	$I = \Phi / \Omega$	Candela (cd)
Rasvjetljenost	E	$E = \Phi / A$	Lux (lx)
Sjajnost (luminacija)	L	$L = I / A$	cd / m ² (nit)