

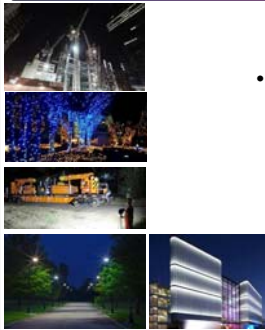
Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
Izbirni predmet - 10142

Svetlobna tehnika

Kakovost zunanje razsvetljave

predavatelj
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

Zunanja razsvetljava



- Zunanja razsvetljava je razmeroma širok pojem:
- razsvetljava zunanjih delovnih mest
 - zunanja cestna razsvetljava
 - zunanja razsvetljava drugih prometnih površin
 - zunanja razsvetljava fasad
 - zunanja praznična razsvetljava
 - ...

Cestna razsvetljava



V današnjem svetu vedno bolj potrebujemo občutek **varnosti**. Svetloba oziroma razsvetljava prispeva k večji varnosti.

Dejstvo



V nočnem času je prometa manj kot podnevi (25%), vendar je nesreč s smrtnim izidom ali težjo poškodbo več (45% smrtnih žrtev prometa je v nočnem času).

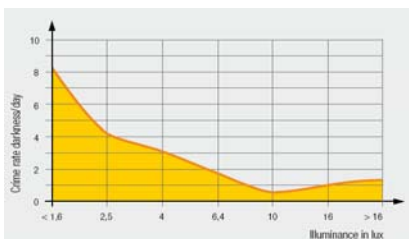
Dejstvo



Dobra razsvetljava pomeni manj nesreč (glede na rezultate raziskav tudi do 30% manj).

Dejstvo

Povečana osvetljenost pomeni manj kriminalnih dejanj.



Razmerje med številom kriminalnih dejanj ponoči in podnevi pri določeni osvetljenosti ponoči.

Dejstvo



Ocenjena električna moč za cestno razsvetljavo na prebivalca (Slovenija 2006): **19,2W** oziroma **82,5 kWh letno.**

Dejstvo



Električna energija za cestno razsvetljavo stane na prebivalca letno manj kot 10 EUR. Približno še enkrat toliko gre za vzdrževanje.

Kakovost cestne razsvetljave



Kakovost cestne razsvetljave ima več plati:

- življenjsko,
- tehnično,
- finančno in
- ekološko.

Kakovost cestne razsvetljave

Kakovost življenja

Kakovost cestne razsvetljave



Kakovost življenja: cestna razsvetljava je namenjena izboljšanju kakovosti življenja.

Kakovost življenja

Prometne nesreče so v nočnem času bolj pogoste in s težjimi posledicami kot v dnevnem času.



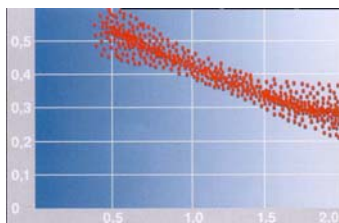
število ponesrečenih skupaj

število ponesrečenih podnevi

število ponesrečenih ponoči

Kakovost življenja

Več svetlobe na prometnih površinah pomeni manj nesreč.



Razmerje med številom nesreč z poškodbami udeležencev ponoči in podnevi pri določeni svetlosti v cd/m^2 .

Kakovost življenja



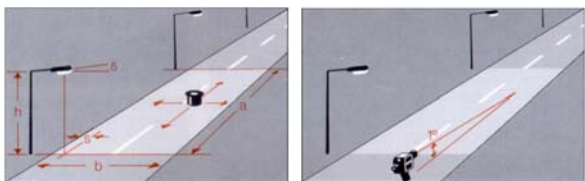
Svetloba varuje pred kriminalom. S povečano osvetljenostjo površin v stanovanjskih naseljih število kriminalnih dejanj pade.

Kakovost cestne razsvetljave

Svetlobno-tehnična kakovost

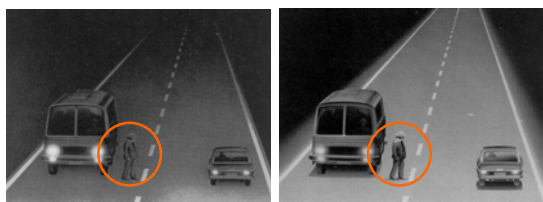
Kakovost cestne razsvetljave

Svetlobno-tehnična kakovost:
razsvetljava mora ustrezati določenim
standardom in priporočilom.



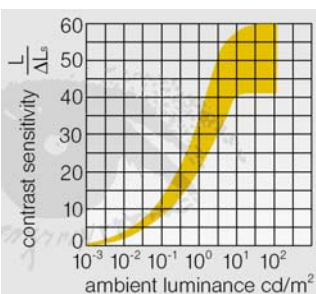
Svetlobno-tehnična kakovost

Osnovni moto: **dobro videti in biti
dobro viden.**



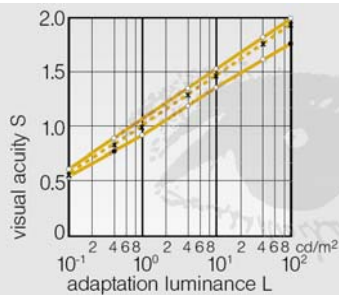
Svetlobno-tehnična kakovost

**Vidna sposobnost
ljudi je odvisna
od količine
svetlobe v naši
okolici.**



Občutljivost na
kontrast ($L/\Delta L$) v
odvisnosti od svetlosti
okolice

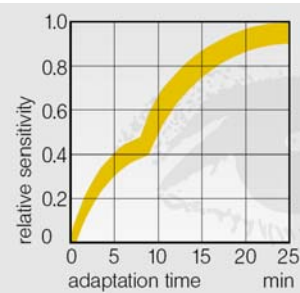
Svetlobno-tehnična kakovost



Vidna sposobnost ljudi je odvisna od količine svetlobe v naši okolici.

Ostrina vida v odvisnosti od adaptacijske svetlosti

Svetlobno-tehnična kakovost



Vidna sposobnost ljudi je odvisna od količine svetlobe v naši okolici.

Relativna občutljivost vida v odvisnosti od časa adaptacije v min.

Svetlobno-tehnična kakovost

Razpoznavanje oblik je odvisno od kontrastov: naj si bo od kontrasta svetlosti ali od barvnega kontrasta.

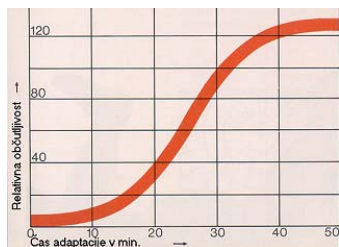


podnevi

cestna razsvetljava

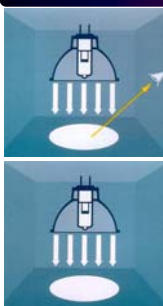
mesečina

Svetlobno-tehnična kakovost



Za adaptacijo oči (prilagoditev na določeno svetlost okolice) je potreben čas.

Svetlobno-tehnična kakovost



Osnovni pogoj za dober vid je torej ustrezna svetlost okolice. Definiramo jo s pomočjo:

- svetlosti (v cd/m^2)
- osvetljenosti (v lx)

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Ustrezen nivo svetlosti oziroma osvetljenosti (priporočila in standardi).



Pri cestah razsvetljavo načrtujemo glede na zahtevano svetlost.



Pri ulicah razsvetljavo načrtujemo tako, da dosežemo ustrezno osvetljenost.

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

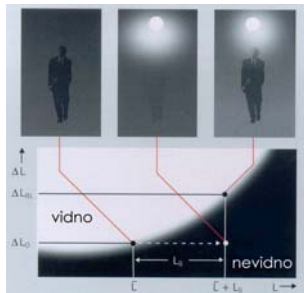
Ustrezna enakomernost svetlosti oziroma osvetljenosti prometne površine.



V primeru ugasnitve ali okvare ene svetilke, je cestna površina osvetljena zelo neenakomerno, kar lahko predstavlja določeno nevarnost za udeležence v prometu.

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi

Omejevanje bleščanja.



Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Optično vodenje:

- svetilke morajo biti tako postavljene, da sledijo poteku ceste;
- z drugo barvo svetlobe lahko opozorimo na povečano nevarnost (križišča, prehodi za pešce, ...).

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



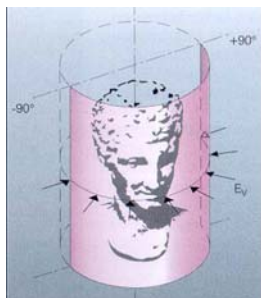
Od smeri svetlobe je odvisno prepoznavanje obrazov in napisov.

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Barva in spektralna sestava svetlobe vplivata na dojetje okolice (Ra).

Kaj je pomembno pri cestni razsvetljavi



Pri površinah za pešce je pomembna tudi vertikalna (polcilindrična) osvetljenost na višini obraza.

Svetlobno-tehnična kakovost

Potencialna nevarnost določa kriterije cestne razsvetljave:

- velikost prometa
- udeleženci v prometu
- hitrost prometa
- gradbeni parametri ceste



Svetlobno-tehnična kakovost

Cestna razsvetljava mora udeležencem v prometu omogočiti, da vidijo:

- površino, potek in meje cestišča,
- dovoze in križišča,
- ovire na cestišču ter
- druge udeležence v prometu.



Svetlobno-tehnična kakovost

- standardi SIST EN (13201),
- dokumenti CIE,
- priporočila SDR.



Svetlobno-tehnična kakovost



Razsvetljava cest

- smer opazovanja je znana (koncept svetlosti);
- gostota prometa;
- naloge: opaziti potek ceste, meje cestišča, morebitne ovire in druge udeležence v prometu.

Svetlobno-tehnična kakovost

Priporočila in standardi podajajo **minimalne svetlosti (v cd/m²)** v odvisnosti od parametrov prometa in ceste.

ločitev smernih vozišč	razdalje med priključki	število križišč na km	povprečni letni dnevni promet		
			<15.000	15.000 do 25.000	>25.000
da	> 3 km		0,75	1,00	1,00
	< 3 km		1,00	1,00	1,50
		≤ 3	0,75	0,75	1,00
		> 3	0,75	1,00	1,50
ne	> 3 km		1,00	1,50	1,50
	< 3 km		1,50	1,50	1,50
		≤ 3	0,75	1,00	1,50
		> 3	1,00	1,50	1,50

Svetlobno-tehnična kakovost



Razsvetljava ulic

- bolj redek vendar bolj raznolik promet;
- smer opazovanja je zelo različna (koncept osvetljenosti);
- naloge: zmanjšati nevarnosti, ki prežijo na najbolj šibke udeležence v prometu (pešce, kolesarje);
- izgled naselja.

Svetlobno-tehnična kakovost

Standardi in priporočila **podajajo osvetljenosti** (v lux-ih) v odvisnosti od razmer.

mirujoči promet	zahtevnost orientacije	Pogostost pešcev in kolesarjev	
		običajna	večja
ne	običajna	3,0	5,0
	višja	5,0	7,5
da	običajna	5,0	7,5
	višja	7,5	10,0

Kakovost cestne razsvetljave

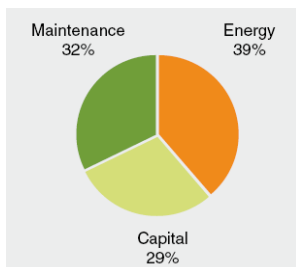
Finančna kakovost

Kakovost cestne razsvetljave



Finančna kakovost:
čim manjša poraba
električne energije in
čim manjši stroški za
investicije in
vzdrževanje.

Finančna kakovost



Stroški za cestno razsvetljavo:

- strošek investicije za izgradnjo;
- stroški vzdrževanja;
- stroški za porabljeno električno energijo (tokovina).

Finančna kakovost



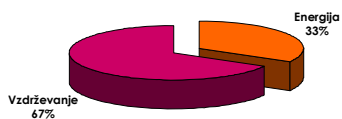
Najcenejša je tista cestna razsvetljava, ki je sploh ni ?!

Ni vedno res!

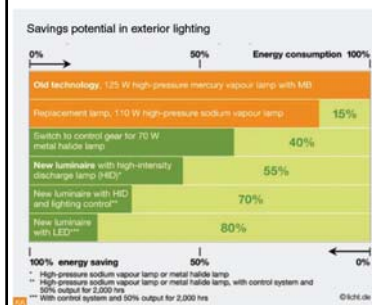
Finančna kakovost

Cestna razsvetljava je razmeroma poceni:
30 EUR letno na prebivalca od tega:

- 20 EUR za investicije in vzdrževanje;
- 10 EUR za porabljeno električno energijo.



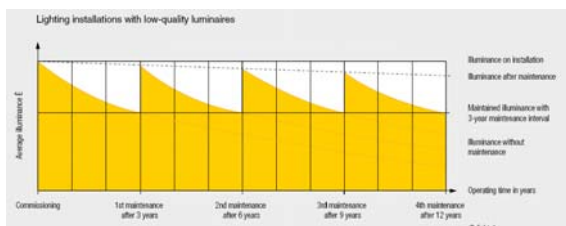
Finančna kakovost



Z novimi svetilkami in modernimi svetlobnimi viri lahko zmanjšamo stroške za el. energijo do 30 %, včasih celo do 50 %. Doba vračanja investicije: od 2 do 6 let.

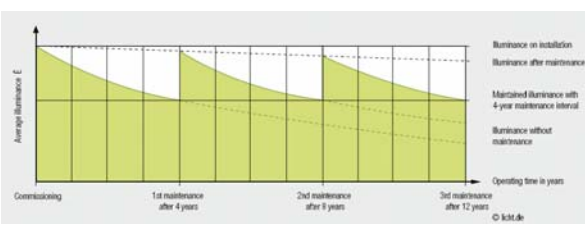
Finančna kakovost

Poceni svetilke ne pomenijo tudi nizkih stroškov za vzdrževanje.



Finančna kakovost

Dražja investicija lahko pomaga zmanjšati stroške vzdrževanja.



Finančna kakovost

Prenova razsvetljave lahko prinese tudi boljše svetlobne pogoje in ne samo prihranke.



Finančna kakovost

Tudi mnenje ljudi in občutek varnosti se lahko izboljšata.



Kakovost cestne razsvetljave

Ekološka kakovost

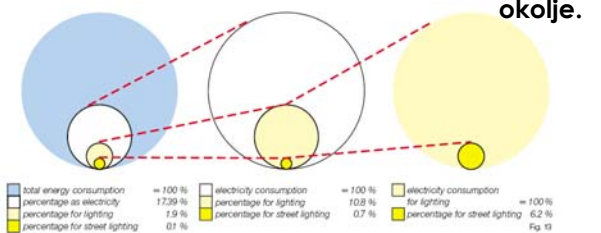
Kakovost cestne razsvetljave



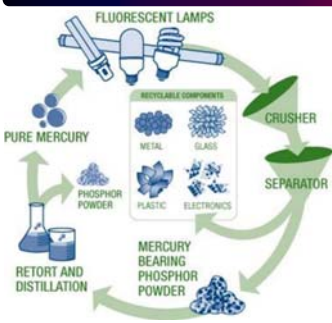
Ekološka kakovost: vplive na okolje je potrebno čim bolj zmanjšati.

Ekološka kakovost

Poraba električne energije: proizvodnja električne energije prispeva k izpustom v okolje.



Ekološka kakovost



Recikliranje virov in svetilk: viri in svetilke vsebujejo različne (tudi strupene in škodljive snovi) ter predstavljajo potencialen vir surovin, zato jih je potrebno reciklirati.

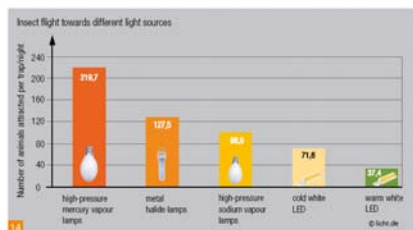
Ekološka kakovost



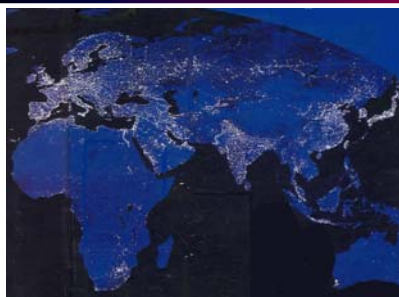
Vpliv na insekte in živali: umetna svetloba v nočnem času lahko zmoči življenjski ritem različnih vrst insektov in živali.

Ekološka kakovost

Vpliv na insekte: predvsem UV del svetlobnega spektra privlači insekte.



Ekološka kakovost



Svetlobna imisija

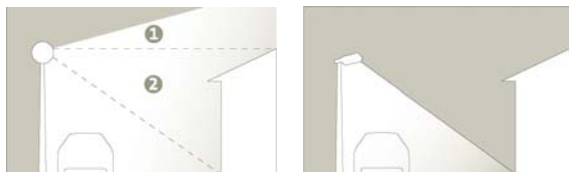
Ekološka kakovost

Svetlobna imisija



Ekološka kakovost

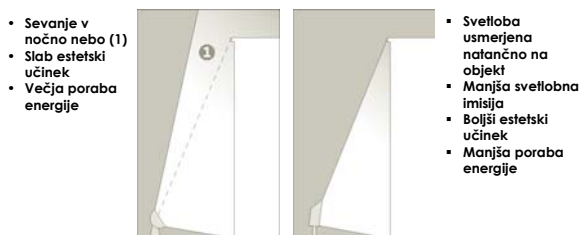
Primer cestne razsvetljave



- Sevanje v nočno nebo (1)
- Nadlegovanje stanovalcev (2)
- Večja poraba energije
- Brez sevanja v nočno nebo
- Nemoženo spanje stanovalcev
- Maksimalni izkoristek

Ekološka kakovost

Primer osvetlitve objekta



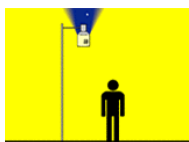
- Sevanje v nočno nebo (1)
- Slab estetski učinek
- Večja poraba energije
- Svetloba usmerjena natančno na objekt
- Manjša svetlobna imisija
- Boljši estetski učinek
- Manjša poraba energije

Ekološka kakovost

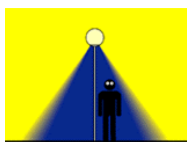
Svetlobno imisijo v okolje lahko uspešno zmanjšamo z ustrezno izbiro svetilk



"The Good"



"The Bad"



"The Ugly"

Ekološka kakovost

Vrste svetilk



nezasenčene
visoka svetlobna imisija

delno zasenčene
zmanjšana svetlobna imisija

zasenčene
minimalna svetlobna imisija

Ekološka kakovost

"Ni vse zlato, kar se sveti"



Svetilka, ki seva del svetlobnega toka v zgornji polprostor ni vedno ekološko slabša od tiste, ki seva celotni svetlobni tok v spodnji polprostor.

Potrebno je upoštevati tudi druge parametre (odbita svetloba, izkoristek, potrebno število svetilk, ...)

Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja

Slovenski okoljski predpis, ki ureja tudi zunanjo razsvetljavo. Dovoljuje samo določene svetilke in postavlja določene omejitve glede priključne moči ali porabe električne energije za zunanjo razsvetljavo.

Namen uredbe

- Uredba je namenjena
- varovanju narave pred škodljivim delovanjem svetlobnega onesnaževanja,
 - varstvu bivalnih prostorov pred motečo osvetljenostjo,
 - varstvu ljudi pred bleščanjem,
 - varstvu astronomskih opazovanj in
 - zmanjšanju porabe električne energije.

Dovoljene svetilke

Dovoljene so samo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0 (manj kot 0,5 %).

Izjema je osvetlitev javnih površin na območju kulturnega spomenika, kjer je dovoljeno do ULOR (upward light output ratio) do 5% če:

- je moč svetilke manjša od 20W
- povprečna osvetljenost ne presega 2 lx
- je javna površina namenjena pešcem, kolesarjem, počasnemu prometu (30 km/h).

ULOR ni omejen, če je svetilka del kulturnega spomenika in je priključna moč vira manjša od 20 W.

Izjema so tudi športni objekti – prav tako dovoljen ULOR do 5%

Mejne vrednosti

Cestna razsvetljava:

- letna poraba (občinske ceste in javne površine) 44,5 kWh/prebivalca
- občine do 1000 prebivalcev: 44,5 MWh
 - državne ceste: 5,5 kWh/prebivalca

Mejne vrednosti

Delovna mesta na prostem (letališča, pristanišča, železnica):

- povprečna osvetljenost ne sme presegati 1,1 osvetljenosti po ustreznem standardu (SIST EN 12464-2), razen če je s predpisi določeno drugače.

Mejne vrednosti

Proizvodnji objekti:

povprečna električna moč svetilk (proizvodnji objekt, varovanje, fasada, ...) na vsoto pozidane površine proizvodnjega objekta in osvetljene nepokrite zazidane površine:

- 0,090 W/m² med delovnim časom +/- 30 min
 - 0,015 W/m² izven tega časa
- oziroma eno ali več svetilk do 300 W skupne moči

Mejne vrednosti

Poslovne stavbe:

povprečna električna moč svetilk (proizvodnji objekt, varovanje, fasada, ...) na vsoto pozidane površine proizvodnjega objekta in osvetljene nepokrite zazidane površine:

- 0,075 W/m² med delovnim časom +/- 30 min
- 0,015 W/m² izven tega časa
- oziroma eno ali več svetilk do 180 W skupne moči

Mejne vrednosti

Ustanove:

povprečna električna moč svetilk (proizvodnji objekt, varovanje, fasada, ...) na vsoto pozidane površine proizvodnjega objekta in osvetljene nepokrite zazidane površine:

- 0,060 W/m² med delovnim časom +/- 30 min
- 0,015 W/m² izven tega časa
- oziroma eno ali več svetilk do 180 W skupne moči

Mejne vrednosti

Fasade:

- Povprečna svetlost fasade ne sme presegati 1 cd/m².
- Svetlost se ugotavlja z meritvami v najmanj 10 točkah na razdalji manjši od 50 m.
- Dovoljeno je le osvetljevanje fasad v naseljih, če je stavba manj kot 240 m od osvetljene javne površine, ki ima osvetljenost vsaj 3 lx.

Mejne vrednosti

Kulturni spomeniki:

- Povprečna svetlost osvetljenega dela ne sme presegati 1 cd/m^2 .
- Svetlost se ugotavlja z meritvami v najmanj 10 točkah na razdalji manjši od 50 m.
- Če niso uporabljene svetilke z ULOR=0, zadnji meter višine ne sme biti osvetljen.
- Največ 10 % svetlobnega toka gre lahko mimo spomenika.

Varstvo ogroženih vrst

Če se v osvetljeni stavbi varuje habitat ogroženih živalskih vrst (npr. netopirjev), se površine, kjer se nahajajo preletevalne odprtine teh živali, ne sme osvetliti.



... in še:

Vprašanja?
