

# Schrack Technik: Fotonaponski moduli

## OD DIODE DO FOTONAPONA

*U dosadašnjim nastavcima serije pretpostavljali smo da svi odavno znaju što je fotonaponski modul. A onda nam je čitatelj poslao značajno pitanje: Ako ima modul od 250W, a njegova efikasnost je 14 posto, znači li to da je i snaga tog modula također 14 posto od označenih 250 W, odnosno - 35W ? I koliko kWh dnevno taj modul zaista proizvodi? 1 kWh ili 140 Wh?*

**P**riznajemo, zamislili smo se. Iako je serija daleko odmakla, a ovo je već deseti nastavak, shvatili smo da ne bi bilo loše vratiti se na početak ili ishodište svega i objasniti osnove o fotonaponskoj ćeliji i fotonaponskom modulu...

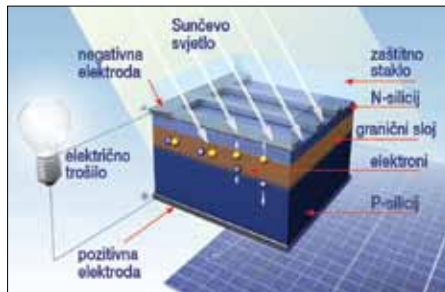
### Osnove o fotonaponskoj ćeliji i fotonaponskom modulu

Za predstavljanje načina rada fotonaponskih ćelija i modula odabrali smo **put bez formula**. Srećom, fotonaponski modul je dovoljno poznavati na razini njegovih vanjskih karakteristika, razumjeti kako se ponaša u strujnom krugu, bez složenih procesa koji se u njemu odvijaju na razini atoma. Tako se može elegantno izbjeći priča o poluvodičima, P-N prijelazu, atomima, elektronima i dotiranju, šupljinama...

Želite li odabrati najbolju kombinaciju elemenata za neki vaš fotonaponski sustav, takvo dubinsko poznavanje

svih elemenata zaista nije potrebno. Fotonaponska elektrana proizvodit će struju i bez našeg saznanja o protoku elektrona između slojeva fotonaponske ćelije. Moramo vjerovati brojkama i certifikatima, jer sami ih ionako ne možemo provjeriti.

U prethodnim nastavcima serije upoznali smo pretvarače, važne uređaje u fotonaponskoj elektrani, koji po svo-



**Pojednostavljeni presjek kroz fotonaponsku ćeliju koja ispod zaštitnog stakla ima metalnu rešetku, a odozdo metalnu ploču. Između su slojevi silicija.**

jim vrlo specifičnim karakteristikama uspješno povezuju dva ili nekoliko električki jako različitih sustava.

Osnovna komponenta elektroničkih pretvarača je tzv. *elektronički ventil*. Danas su to uglavnom poluvodički ventili koji funkcioniraju poput *idealne sklopke*. Otvoreni poluvodički ventil omogućuje protok struje isključivo u jednom, unaprijed određenom smjeru, dok zatvoreni ventil predstavlja prekid strujnog kruga.

Svaki ventil ima dva energetska izvoda pomoću kojih se spaja u strujni krug, a upravljivi ventili imaju i dodatni izvod - za upravljački signal.

Takav poluvodički ventil s dva energetska izvoda je **dioda** koja poznaje samo dva stanja: stanje (pro)vođenja i stanje zapiranja.

**Idealna dioda** u stanju vođenja predstavlja kratki spoj, a u stanju zapiranja prekid strujnog kruga.

Međutim, **stvarna dioda** počinje voditi struju u propusnom smjeru tek kad napon na diodi prijeđe prag vođenja.

Prag vođenja je razina napona za koliko anoda mora biti pozitivnija u odnosu na katodu - da bi struja kroz diodu tekla od anode prema katodi.

U pojednostavnjenoj usporedbi s klasičnom sklopkom prag vođenja mo-

žemo predstaviti kao napon koji mora „pročistiti“ kontakte da bi struja stvarno i protokla.

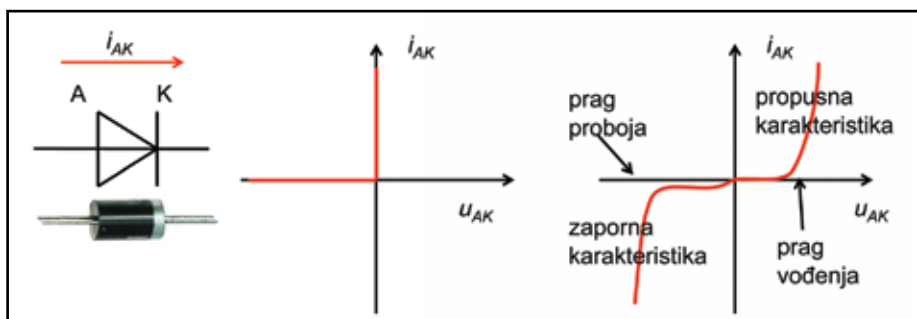
Ako su kontakti klasične sklopke masni ili zaprljani, onda mali naponi ne mogu provesti struju.

No, čim se napon poveća, kontakti se „pročiste“, a sklopka provede struju. Simbol diode podsjeća na strelicu i ukazuje kojim smjerom može teći struja..

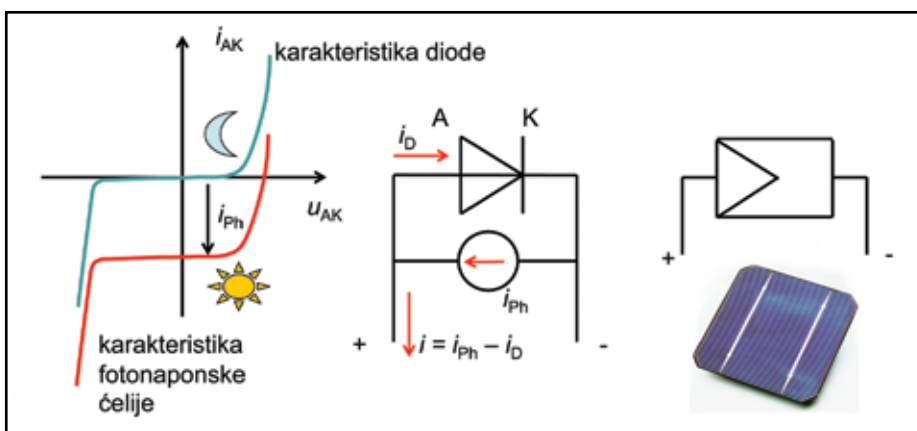
Ako je napon na anodi negativan u odnosu na katodu onda dioda dolazi u područje zapiranja. U tom području struja gotovo ne teče, no u stvarnoj diodi ona postoji. Zanimljivo je mala i naziva se *reverzna struja* ili *struja zapiranja*.

Povećava li se napon na anodi tako da je sve više *negativan* u odnosu na katodu, u jednom će trenutku doseći razinu koja se naziva *prag proboja*. Prag proboja određuje napon pri kojemu dioda više ne može izdržati zapiranje već *probija* i provede struju. U pravilu, pritom se i uništava.

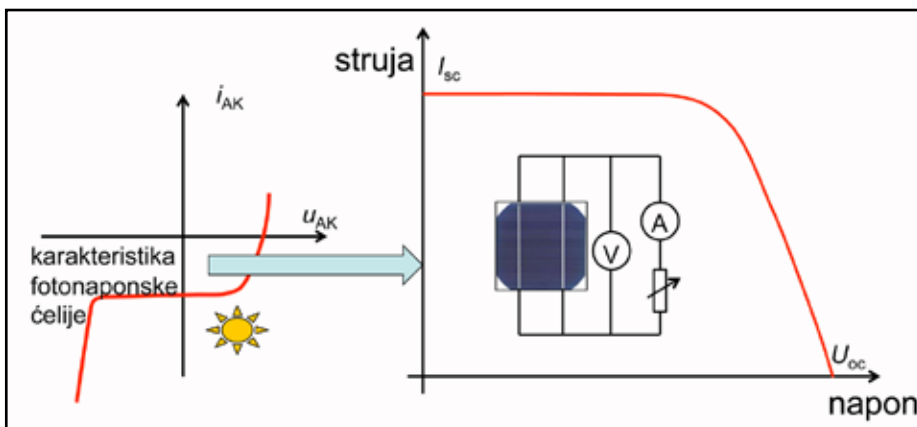
Najjednostavnije rečeno, opet u analogiji s običnom zidnom sklopkom, to bi mogla biti razina napona (ili prag) kad se između razmaknutih kontakata sklopke pojavljuje električni lûk. Dakako, time sklopka više nije u rasklopljenom stanju, već je zaiskrila i provodi struju. Neispravna je.



Slika 1.: Simbol diode (lijevo), idealna karakteristika diode (u sredini) i stvarna karakteristika diode (desno).



Slika 2.: Djelovanje svjetlosnog toka na diodu (lijevo), nadomjesna shema diode (u sredini) i simbol fotonaponske ćelije (desno).



Slika 3.: Strujno naponska karakteristika fotonaponske ćelije.

Na slici 1. prikazan je simbol diode, idealna i stvarna strujno-naponska karakteristika. Ne upuštajući se u fizikalne prijelazne pojave uklapanja i isklapanja strujnog kruga, na slici smo predstavili samo statičke karakteristike poluvodičkog ventila diode.

Međutim, što će se dogoditi ako diodu (poluvodički ventil) napravimo tako da je obasjava svjetlo?

Nastaje - fotonaponska ćelija.

Kad svjetlo obasja diodu, tada energija svjetla (a zapravo energija fotona), u diodi stvara tzv. *slobodne nositelje naboja*. Na slici 2., u sredini, to je predloženo strujnim izvorom paralelno spojenim s diodom.

Strujni izvor predstavlja konstantnu struju stvorenu energijom fotona  $i_{Ph}$  (fotoelektrična struja) koja ovisi o razini osunčanja.

Što je osunčanje veće, veća je i fotoelektrična struja.

Može se i ovako reći: pod djelovanjem svjetla, karakteristika diode klizi prema dolje, dakle u smjeru reverzne struje i to upravo za iznos fotoelektrične struje stvorene svjetlom (lijevi dio slike 2.).

Poznavajući karakteristiku diode a to je fotonaponska ćelija u mraku - sada tako spoznajemo i vanjsku karakteristiku fotonaponske ćelije pri nekom konstantnom osunčanju.

U tehničkoj literaturi koristi se samo 4. kvadrant karakteristike fotonaponske ćelije, pri čemu strujna os, samo zbog estetike prikaza, ali i logike trošilo/generator mijenja još i predznak.

pozitivna struja je ona koja izlazi iz fotonaponske ćelije jer je ona obasjana svjetlom zaista izvor ili generator struje.

Na strujno-naponskoj karakteristici fotonaponske ćelije (slika 3.) uočavamo dvije karakteristične vrijednosti: napon praznog hoda kao napon pri otvorenim stezaljkama (*kontaktima, elektrodama*)

fotonaponske ćelije ( $U_{oc}$ ) i struja kratkog spoja kao struja uz kratko spojene stezaljke fotonaponske ćelije ( $I_{sc}$ ).

Sve međutočke krivulje mogu se dobiti terećenjem osunčanog fotonaponskog modula i snimanjem iznosa napona i struje.

**Serijskim spajanjem ćelija** raste ukupni napon takvog niza, no struja pojedinih ćelija ostaje nepromijenjena.

**Paralelnim spajanjem** struja ćelija se zbraja, uz zadržavanje istog napona u ćelijama (slika 4.).

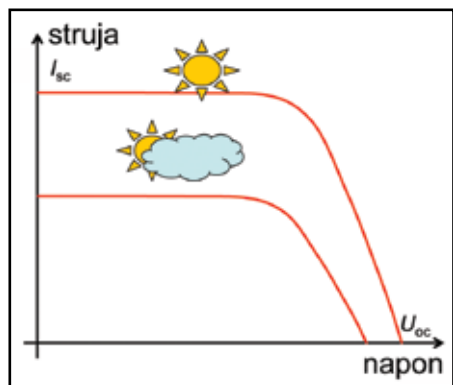
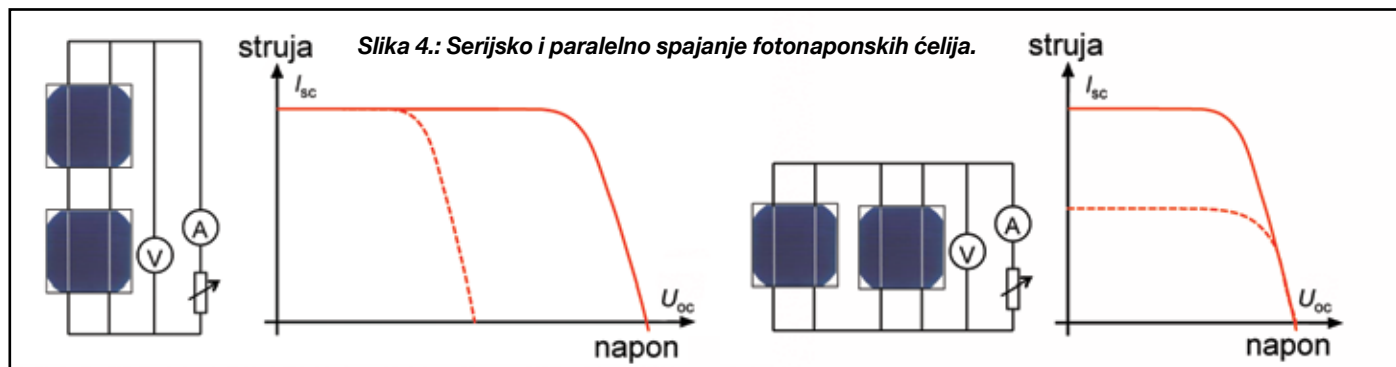
U njemu pritom i sve ćelije pojedinačno *proizvode struju*, pa u cijeloj instalaciji izloženoj zastrtom ili jarkom suncu nema nikakvih anomalija i nejednako osvjetljenih ili zasjenjenih dijelova. Međutim, ta opća razina osvjetljenosti i osunčanja bitno utječe i na struju i na napon u nekom instaliranom sustavu. O tome ovisi i njegov učinak.

Na slici 5. vidljivo je smanjenje struje i napona ćelije pri manjim razinama osunčanja. Uglavnom je riječ o difuznom svjetlu različitog intenziteta koje

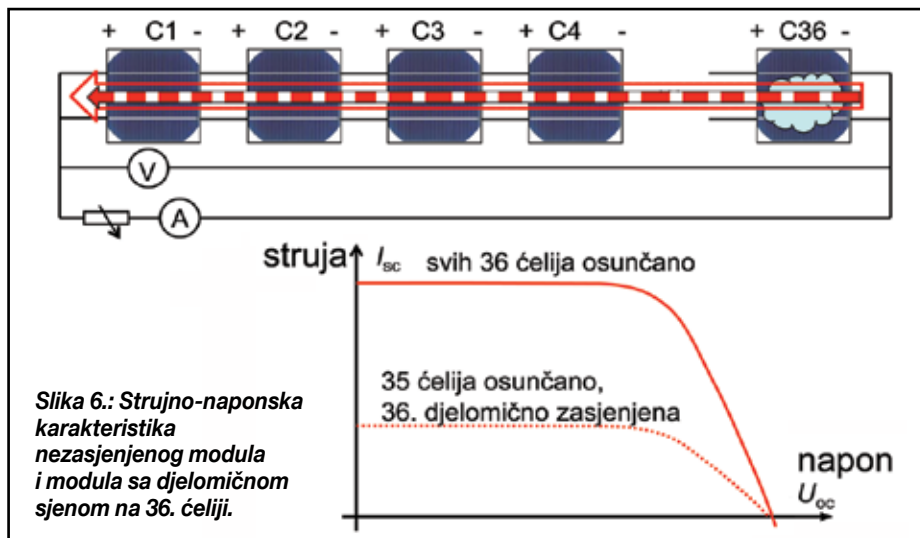
ujednačeno osvjetljava sve module...

No, moduli su napravljeni serijskim spajanjem fotonaponskih ćelija u nizove, a svaka pojedina ćelija svojevrsni je generator fotonaponske struje.

Pri djelomičnom zasjenjenju ne događa se ništa strašno, ali se smanjuje proizvodnja struje. Za ilustraciju, zamislite vertikalni niz posuda iz kojih curi voda kroz rupice na dnu. Kako su posude jedna iznad druge, iz donje će curiti onoliko vode kolika je najmanja rupica u nizu postavljenih posuda. Međutim,



Slika 5.: Utjecaj razine osunčanja na strujno-naponsku karakteristiku fotonaponske ćelije.

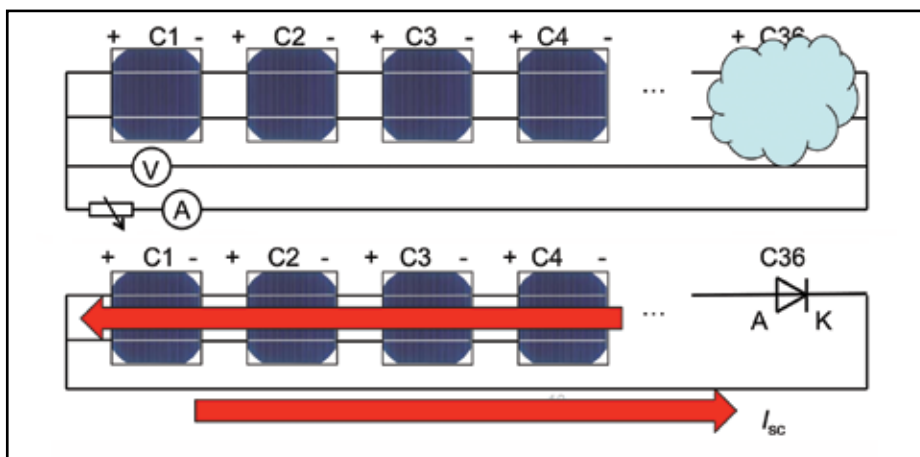


Slika 6.: Strujno-naponska karakteristika nezasjenjenog modula i modula sa djelomičnom sjenom na 36. ćeliji.

## Zasjenjenje fotonaponske ćelije

Raspon osvjetljenosti pri kojoj fotonaponske ćelije u modulima proizvode struju iznenađujuće je širok, od zore do sumraka. Međutim, količina proizvedene energije mijenja se s intenzitetom svjetla, odnosno osunčanja. Iako će fotonaponski sustav proizvoditi struju i po oblačnom vremenu, to ne znači da će je biti dovoljno za izdašno punjenje baterija. U tome je i velika uloga regulatora punjenja baterije o čemu smo pisali u ranijim nastavcima.

Sunce zastrto oblacima, sumrak ili slabo svjetlo svitanja osiguravaju ujednačeno i difuzno osvjetljene svim modulima nekog fotonaponskog sustava.



Slika 7.: Potpuno zasjenjenje jedne od 36 ćelija fotonaponskog modula.



posuda s najmanjim otvorom, kao i djelomice zasjenjena ćelija, ograničava ukupni protok vode. Tako i na ćeliji s ograničenim, ali ne i prekinutim protokom struje, privremeno nema većeg zla ni pretjeranog zagrijavanja.

Problem s grijanjem nastaje kad je cijela ćelija zasjenjena.

Tada ona postaje dioda i ne može u željenom smjeru provoditi struju jer joj napon na izvodima to ne dopušta (slika 1. i opis!).

Zbog svih ostalih nezasjenjenih ćelija u seriji, takva ćelija pretvorena u diodu postaje „reverzno polarizirana“. To znači da je napon na katodi veći od napona na anodi. Kad takav napon (opet prema slici 1.) dosegne prag proboja - dioda probija!

Dakle, ćeliju uništava njeno potpuno zasjenjenje. Pritom zasjenjenja dioda postaje reverzno polarizirana, a u njoj, u nekoj točki, nastaje proboj-kratki spoj. Kroz tu točku sada teče struja svih ostalih ćelija u električkom luku premošćujući probijenu diodu. Nastali električki luk rastapa sve oko sebe i teče dok ima sunca ili dok se luk sam ne prekine, a struja prestane teći.

To je stanje krajnje opasno jer može dovesti do zapaljenja okoline modula-krova. To je točka u kojoj se troši sva energija proizvedena u ispravnim ćelijama i pretvara se u toplinu (engl. Hot spot efekt).

Nažalost, to je realna i česta situacija uzrokovana prisustvom snijega ili lišća na površini modula.

Na slici 6. prikazan je fotonaponski

modul sastavljan od 36 fotonaponskih ćelija. Na tom modulu djelomično je zasjenjena tek jedna ćelija, recimo, tri-desetšesta (36.).

Vidimo da će zasjenjena ćelija proizvoditi nižu struju od ostalih. Postat će usko grlo za struju iz nezasjenjenih ćelija. Crvena krivulja na slici 6. prikazuje struju koja bi mogla teći da nema sjene na 36. ćeliji, dok isprekidana crta označuje struju koju propušta zasjenjena ćelija. Očito, znatno je smanjen učinak cijelog niza u kojemu je i ćelija broj 36.

Ograničenje struje u jednoj ćeliji, znači ograničenje struje u svim ćelijama, a to pak znači i ograničenje snage (snaga je umnožak struje i napona).

Gledano u vremenu, to je i ograničenje proizvedene energije (energija je, pojednostavnjeno, umnožak snage i vremena u kojem se troši).

Znamo li da se u fotonaponskoj elektrani nekoliko modula (ponekad i 20) spaja u niz, jasno je da i jedna jedina djelomično zasjenjena ćelija u jednome modulu smanjuje proizvodnju struje cijelog niza fotonaponskih modula!

Realno je očekivati slučaj potpunog zasjenjenja jedne ćelije, npr., opet ćelije broj 36. Takva zasjenjena ćelija više ne proizvodi fotoelektričnu struju i postaje, kao što smo uvodno rekli, obična dioda.

Slika 7. prikazuje upravo takav slučaj. Uočimo da obična dioda C36 (nastala zasjenjenjem fotonaponske ćelije 36.), sad na anodi ima negativan napon, a na katodi pozitivan napon. To je povezano i s radom punjača baterije kojemu je primarno da iz modula izvuče što više



energije, čime pogoršava stanje. Preostalih 35 ćelija spojenih u seriju daje  $U_{AK} = 35 \times 0,6 = -21 \text{ V}$ .

Prisjetimo se još jednom slike 1. i opisanog praga proboja diode.

Reverzni napon od -21 V na diodi C36 (potpuno zasjenjenoj fotonaponskoj ćeliji!) može biti dovoljan da dioda probije. Probijanje fotonaponske ćelije dogodit će se točkasto. Kroz tu točku će prolaziti sva struja modula i ta će se točka sigurno grijati, taliti i širiti. Dakako, jednom probijena fotonaponska ćelija više ne proizvodi struju već predstavlja nepoželjno mjesto zagrijavanja.

Svako potpuno zasjenjenje jedne u nizu serijski spojenih fotonaponskih ćelija pri kojemu stvoreni napon prijeđe prag proboja diode, gotovo sigurno izaziva uništenje ćelije pretvorene u diodu.

Ponovimo: Trideset i pet ćelija, 35 generatora struje spojenih u seriju, proizvodi fotoelektričnu energiju koja ne može proći kroz 36. ćeliju koja je prije zasjenjenja i sama proizvodila struju. No, sad je pasivna i ne proizvodi ništa. Kao brana na rijeci. Sva snaga proizvedena u 35 ćelija troši se u toj 36. ćeliji koja, zapravo, postaje trošilo (grijač).

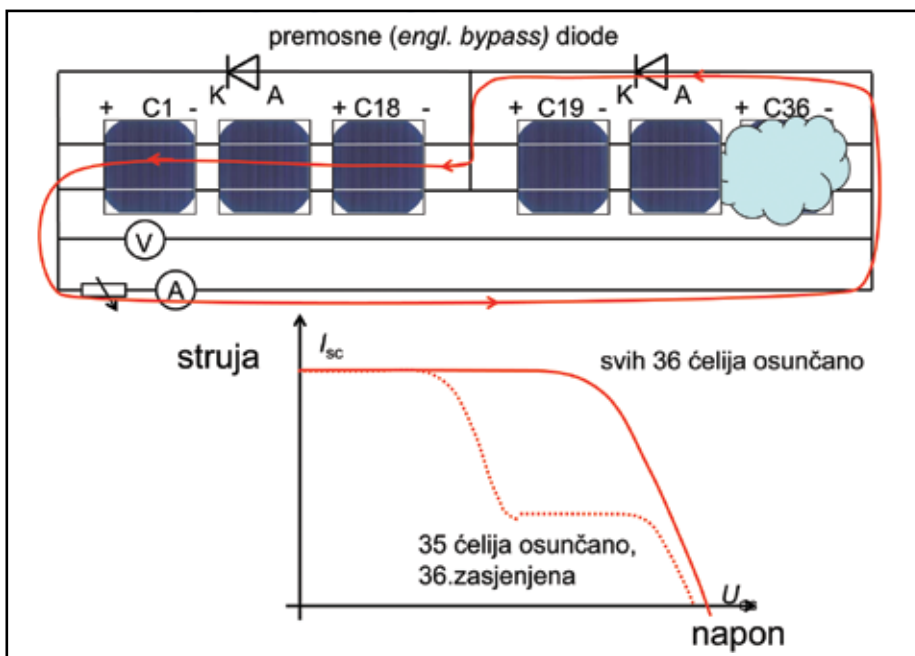
Proizvedena energija u nezasjenjenim ćelijama pretvara se u zasjenjenoj ćeliji u toplinsku energiju, a oštećeni dio ćelije, ili cijela ćelija, pregrijava se i postaje „vruća točka“. Ta pojava ima i svoj izvorni engleski naziv - hot spot effect.

Neželjeno zagrijavanje ćelije (ili nekoliko ćelija) na koje je pala sjena, što može izazvati i proboj, rješava se primjenom premosnih (engl. bypass) dioda.

Idealno bi bilo u svaku fotonaponsku ćeliju ugraditi i premosnu diodu, no to se u praksi ne radi.

Jedna premosna dioda spaja se paralelno s 15 ili 20 fotonaponskih ćelija, kako je prikazano je na slici 8.

Kroz ćelije od 1 do 18 može teći mak-



Silka 8.: Premosne diode i sprečavanje „hot spot efekta“.

## solarna struja 10

simalna struja koju one mogu proizvesti.

Premosna dioda na slici 8. kroz koju teče struja propusno je polarizirana. Anoda je pozitivnija od katode, zbog napona koji generira ispravni dio fotonaponskog modula.

Premosnom diodom kroz koju teče struja i koja u stanju vođenja ima na sebi 0,6 V, stvoreno je stanje da se na potpuno zasjenjenoj fotoćeliji, sada običnoj diodi, ne može pojaviti reverzni napon koji bi bio veći od praga proboja.

Tako na potpuno zasjenjenoj fotoćeliji ne može doći do probijanja!

Kroz zasjenjenu ćeliju praktički ne teče struja, ona se ne zagrijava i nema opasnosti od proboja i oštećenja, no unatoč tome smanjuje proizvodnju energije u modulu. Premosne diode u fotonaponskom modulu premošćuju skupinu ćelija u nizu, najčešće oko 20.

Slika 7. pokazuje modul bez premosnih dioda, a slika 8. modul s premosnim diodama koje razrješuju problem pri potpunom zasjenjenju ćelije.

Premosne diode smještene su u spojnoj kutiji (slika 9.) na poleđini fotonaponskog modula i o njima korisnik modula ne mora razmišljati. Treba samo pripaziti da na modul ne pada sjena jer se odmah i drastično smanjuje proizvodnja energije.

### Karakteristični električni parametri fotonaponskog modula

Niz fotonaponskih ćelija spaja se, najčešće serijski, u fotonaponski modul. Tako npr. 250 W modul ima 60 fotonaponskih ćelija. Svaki fotonaponski modul karakteriziran je određenim parametrima koji su nam važni u primjeni.

Strujno-naponska karakteristika se uvijek odnosi na unaprijed određeno (teorijsko) osunčanje.

Proizvođači uobičajeno navode podatke izmjerene pri STC (engl. *Standard Test Conditions*) i NOCT (engl. *Normal Operating Cell Temperature*):

NOCT uvjeti: 800 W/m<sup>2</sup>, 20°C temperatura okoline, brzina vjetra

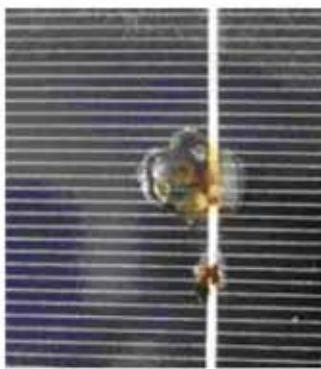
1 m/s = 3,6 km/h, AM = 1,5,

STC uvjeti: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C temperatura okoline, AM = 1,5.

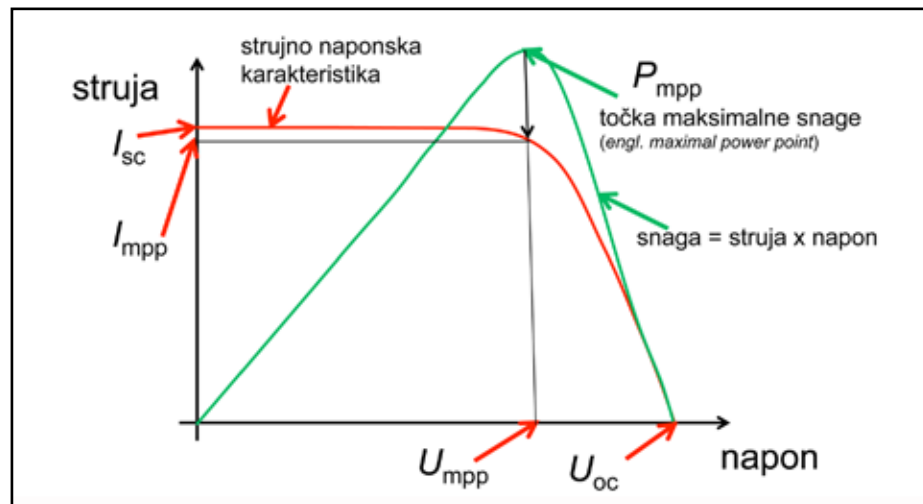
I u STC i u NOCT uvjetima nalazi se bezdimenzionalni parametar AM = 1,5.

Taj parametar je vezan za sastav spektra zračenja koje pada na modul, čime se simulira sunčevo zračenje raznih valnih duljina i frekvencija u spektralnom rasponu izarene sunčeve energije.

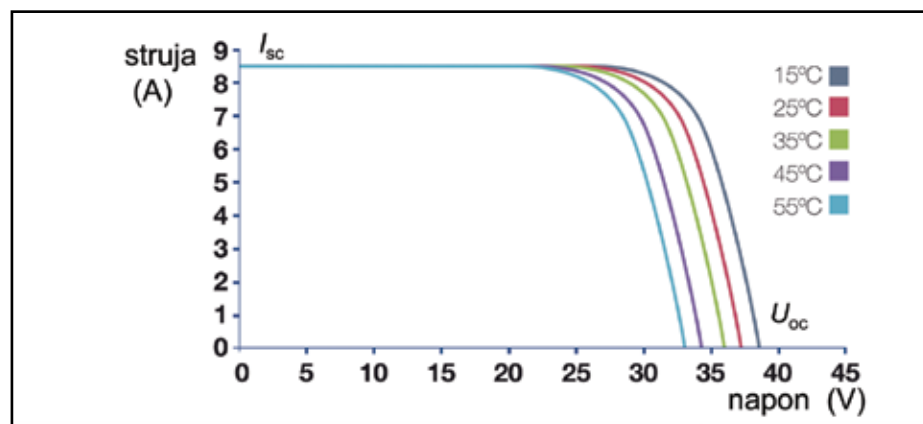
Iz strujno-naponske karakteristike može se, jednostavnim množenjem vri-



Slika 9.: Detalj „hot spot“ točke na fotonaponskom modulu i spojna kutija fotonaponskog modula.



Slika 10.: Strujno-naponska karakteristika i karakteristika snage.



Slika 11.: Utjecaj temperature na strujno naponsku karakteristiku modula.

jednosti napona i struje, lako izračunati i karakteristika snage.

Na karakteristici snage (slika 10.) vidi se točka maksimalne snage i u njoj pridruženi par vrijednosti napona i struje:  $U_{mpp}$  i  $I_{mpp}$ . Maksimalna snaga fotonaponskog modula određena primjenom STC uvjeta ujedno definira nazivnu snagu modula a označava se kao  $W_p$  (engl. *watt-peak*).

Bez obzira na tehnologiju (monokristalni, polikristalni, amorfni, galij-arsenidni, kadmij-telurijevi itd.), svima naj-

zanimljiviji parametar fotoćelije, a time i fotonaponskog modula sastavljenog iz fotoćelija, svakako je stupanj korisnog djelovanja.

On nam pokazuje koliko će se zračenja (pri STC uvjetima) pretvoriti u električnu snagu, odnosno energiju.

Pritom se namjerno ne navode podaci o stupnju korisnosti vezanom uz tehnologiju fotonaponskog modula.

Naime, taj se parametar stalno mijenja i ovisi o razvoju tehnologije. Naprimjer, polikristalni modul veličine 1,7x1



m, površine 1,7 m<sup>2</sup>, kojemu je stupanj korisnog djelovanja 14,7 %, dat će (pri STC uvjetima!) iz 1000 W/m<sup>2</sup> snagu od 250 W<sub>p</sub>.

Takav je, recimo, *Schrack Technik* fotonaponski modul *PVM32500*.

Kada se uspoređuju moduli iste tehnologije ili pak moduli različitih tehnologija, najvažnije je da se iz neke jedinične površine dobije što više snage!

### Neželjeno pregrijavanje

Na slici 11. prikazane su karakteristike jednog fotonaponskog modula pri raznim temperaturama.

Važno je uočiti da se *napon praznog hoda modula (U<sub>oc</sub>)* pri zagrijavanju modula, smanjuje, dok se *struja kratkog spoja (I<sub>sc</sub>)* praktički ne mijenja.

Kad se nekoliko modula spaja u niz, pri čemu napon niza raste, potrebno je proračunom provjeriti napon pri najhladnijem stanju osunčanog modula.

Kako se uređaji ne bi oštetili, svaki uređaj na koji su spojeni fotonaponski moduli mora imati veći ulazni napon od osunčanih modula u najhladnijem stanju.

Ponašanje modula u zavisnosti o temperaturi dano je temperaturnim koeficijentima promjene vrijednosti u odnosu na STC uvjete i to na primjeru jednog modula: struje kratkog spoja

$$TK(I_{sc}) = + 0,059\%/K \text{ (Kelvina)}$$

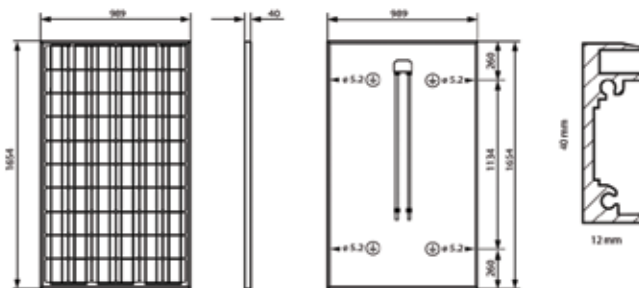
i napona praznog hoda

$$TK(U_{oc}) = - 0,32\%/K.$$

### Karakteristični mehanički parametri fotonaponskog modula

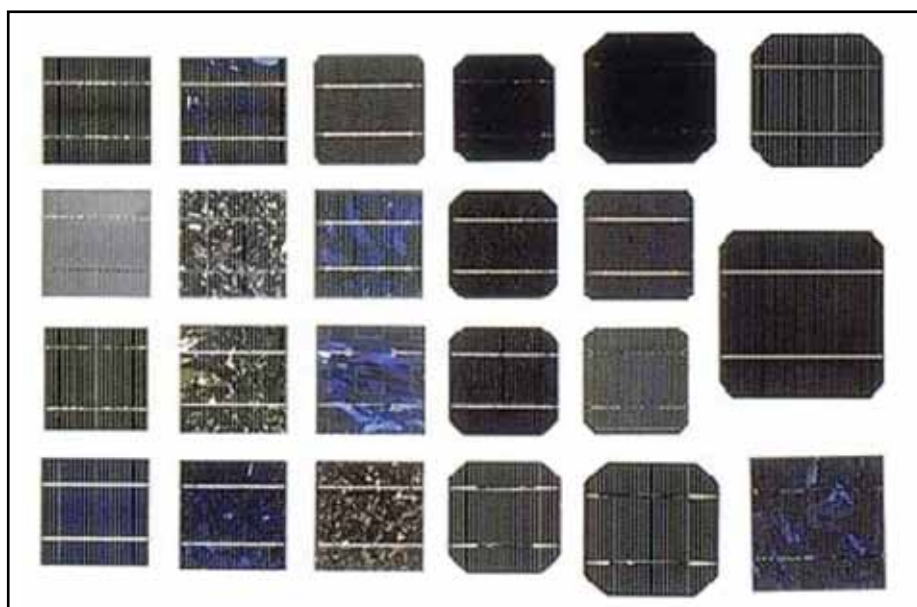
Među najvažnijim mehaničkim podacima fotonaponskog modula svakako su njegove dimenzije i detalji metalnog okvira - zbog pričvršćenja prihvatnih elemenata na nosivu potkonstrukciju modula (slika 12.). Nadalje, treba voditi računa o masi modula koja će opteretiti podlogu.

Već spominjani modul 250 W<sub>p</sub> ima 18,2 kg. Dobro je znati da je debljina prednje ploče koja pokriva fotonaponske ćelije 3,2 mm, no još je važniji dozvoljeni pritisak na prednju ploču. U ovom primjeru to je 6000 Pa - što odgovara opterećenju oko 600kg/m<sup>2</sup>. Testirana mu je i otpornost na tuču, izbacivanjem kuglica promjera 25 mm, s udaljenosti od 1 m, brzinom od 23 m/s!



Slika 12.: Dimenzije fotonaponskog modula 250W<sub>p</sub> *Schrack PVM32500*.

Slika 13.: Certificati uz fotonaponski modul 250W<sub>p</sub> *Schrack PVM32500*.



Iako se ovaj put ne bavimo vrstama fotonaponskih ćelija, slikom pokazujemo koliko se one razlikuju, oblikom, veličinom i bojom. Važnija su ipak njihova svojstva, način izrade i obrade, a površ svega - materijal od kojeg su izrađene.

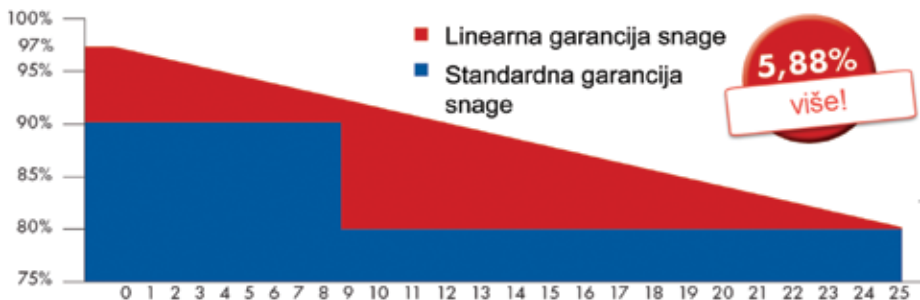
Najčešće vrste fotonaponskih ćelija:

- Monokristalne Si ćelije;
- Polikristalne Si ćelije;
- Amorfnе Si ćelije;
- Galij arsenidne (GaAs) ćelije;
- Kadmij telurijevе (CdTe) ćelije.



### Koliko traju moduli?

Nažalost, fotonaponske ćelije starenjem gube efikasnost. Pri nabavi modula obratite pažnju što proizvođač deklarira kao snagu u godinama eksploatacije. Na slici 14. je vidljivo kako promatrani 250 W<sub>p</sub> modul ima garantirano linearno opadanje snage, dok se obično garantira snaga samo u stepe-



Slika 14.: Garancija snage tijekom 25 godina rada fotonaponskog modula.

nastom opadanju kroz godine. Kada već modul mora stariti, onda je dobro da to bude što sporije i da proizvođač garantira da neće stariti brže!

Čak je i nazivna snaga u tehničkim podacima zajamčena kao 250 Wp (-0% / + 3%), što znači da modul u trenutku proizvodnje ima sigurnih 250 Wp, a možda i do 3% više.

Na prvi pogled to ne izgleda mnogo, no pogledajmo tih nekoliko postotaka kroz godine eksploatacije.

Jedan modul od 250 Wp može u jednome danu prikupiti oko 1 kWh energije. To znači da je 3% ustvari 30 Wh.

$30 \text{ Wh} \times 365 \text{ dana} \times 25 \text{ godina} = 274 \text{ kWh}$ .

Uspije li se u tom razdoblju *izvući* samo trećina tog iznosa, ipak preostaje 100 kWh.

Troši li prosječno kućanstvo 10 kWh na dan, to se tijekom 25 godina pretvara u siguran poklon od 10 dana kućnih troškova *pokrivenih* strujom iz tog modula.

**Slika 15.: Javni servis za proračun energije iz fotonaponskih modula. Danas već i na internetu možemo dobiti sve potrebne podatke - za sve lokacije.**

Međutim, čak i mala kućna fotonaponska elektrana od 10 kW ima u sustavu barem 40 fotonaponskih modula. Čim se tih 30 Wh pomnoži s brojem modula u sustavu, mijenja se i dojam o uštedi. Jer, spomenuta fotonaponska elektrana s 40 modula, nudi tijekom 25 godina jednu godišnju potrošnju - besplatno! Na poklon.

A tu smo tek računali s nazivnom snagom određenom kao (-0% / +3%)!

Na slici 14. (gore) crvenim je prikazan dobitak od 5,8% uz linearnu garanciju snage u odnosu na standardnu stepenastu garanciju snage (plavo).

Sada se može ponoviti proračun, ovaj put s 5,88 %, a dobitak je zaista primamljiv....

### Koliko energije proizvodi fotonaponski modul?

Najbrži odgovor na to pitanje daje vam **besplatni javni servis** dostupan na:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Upišite svoju lokaciju i nekoliko osnovnih podataka o sustavu (snagu, orijentaciju, nagib i slično), sve kao na slici 15., a zatim pritisnite *calculate*.

Proučite rezultate i poigrajte se aplikacijom. Pregledajte i brojne grafičke prikaze koje aplikacija nudi...

No, za tzv. *brzu inženjersku procjenu proizvodnje energije* tijekom cijele godine, iz fotopanela postavljenih idealno na jug, s optimalnim nagibom, račun možemo i znatno pojednostaviti.

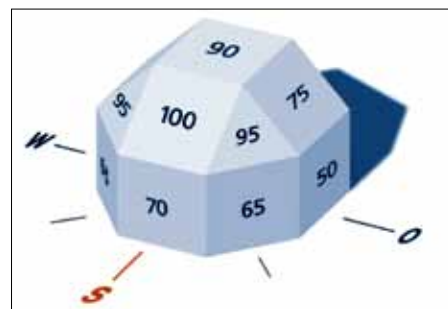
Ljeti će modul po toj formuli dnevno proizvesti energije u iznosu:

$4 \text{ h} \times \text{nazivna snaga modula (u našem primjeru to je } 250 \text{ W} \times 4 \text{ h)} = 1000 \text{ Wh energije}$ .

Ta četiri sata samo su statistička sredina osunčanja tijekom svih ljetnih dana koji zaista ne moraju nuditi idealnu osvijetljenost modula od zore do sumraka. Na jednak način i podjednako brzo procjenjujemo da će se zimi proizvodnja energije prepoloviti, pa dobivamo oko 500 Wh na dan - za modul od 250 Wp.

Na razini takve *brze inženjerske primjene podataka* s fotonaponskog modula, gornja aproksimacija proizvodnje energije može se opet jednostavno korigirati prema postocima označenim na raznim ploham pogodnim za postavljanje modula na nekom objektu (slika 16.).

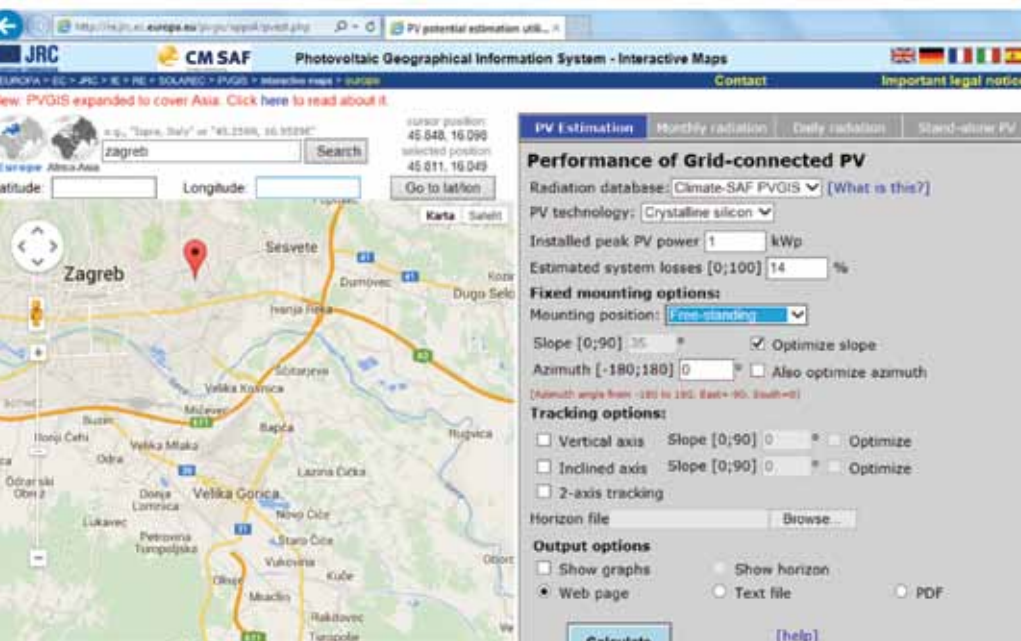
Ako je 100 % na južnoj kosoj plohi krova najbolje, postoci na ostalim izloženim dijelovima kuće pokazuju razliku u odnosu na taj idealni položaj. (jz/th)



Slika 16.: Utjecaj stvarnog položaja modula na raznim dijelovima kuće i u raznim položajima na strane svijeta u odnosu na idealni - koji daje 100 posto.

*U ovom nastavku prošli smo sve što je važno znati o fotonaponskom modulu, a pritom se nismo zamarali formulama i fizikom na atomskoj razini. Kako je vani zima i skloniji smo razmišljanju negoli radu na krovu, za sljedeći broj pripremamo opis ostalih komponenti koje upotpunjuju fotonaponski sustav. To su kabeli, konektori, osigurači, prenaponska zaštita...*

Puno uspjeha žele Vam stručni tim tvrtke **SCHRACK TECHNIK** i časopis *Majstor*.





# SCHRACK TECHNIK - 20 GODINA U HRVATSKOJ

ENERGIJA INDUSTRIJA RAZDJELNICI SUSTAVI IT KABELI RASVJETA FOTONAPON

## LED RASVJETA



## KATALOZI



## SCHRACK HRVATSKA

**CENTRALA ZAGREB** Zavrtnica 17  
tel. 01/60-555-00 e-mail: schrack@schrack.hr

**POSLOVNICA OSIJEK** Sv. L. B. Mandića 33  
tel. 031/372-233 e-mail: m.osijek@schrack.hr

**POSLOVNICA RIJEKA** Čavle 77 (Čavle)  
tel. 051/516-215 e-mail: r.bura@schrack.hr

**POSLOVNICA SPLIT** Stinica bb  
tel. 021/281-329 e-mail: t.boban@schrack.hr

**RADNO VRIJEME: PON. - PET. 07:30 do 17:00**



POSUJETE S NAMA?

ŽELITE BESPLATNO RAZGOVARATI  
U TIJEKU JE SCHRACK IPHONES  
**AKCIJA!**

KONTAKTIRAJTE NAS I PROVJERITE  
KAKO DO OVOG VRIJEDNOG  
POKLONA.

## SUSTAVI



## INTERNET TRGOVINA

INTERNET TRGOVINA NA [WWW.SCHRACK.HR](http://WWW.SCHRACK.HR)

**BESPLATNA DOSTAVA**

ZA SVE WEB NARUDŽBE IZNAD 1.000 KUNA (NETO)

## KABELI



## IT RJEŠENJA



## FOTONAPON - oločni i mrežni sustavi



## PAMETNE INSTALACIJE



## ENERGIJA & INDUSTRIJA



KOMPETENTNOST SPAJA.

**SCHRACK**  
TECHNIK