

**Obuka: Upravljanje energijom u javnom sektoru**  
**Modul 2: Energetska efikasnost zgrada i obnovljivi izvori energije**

# Obnovljivi izvori energije

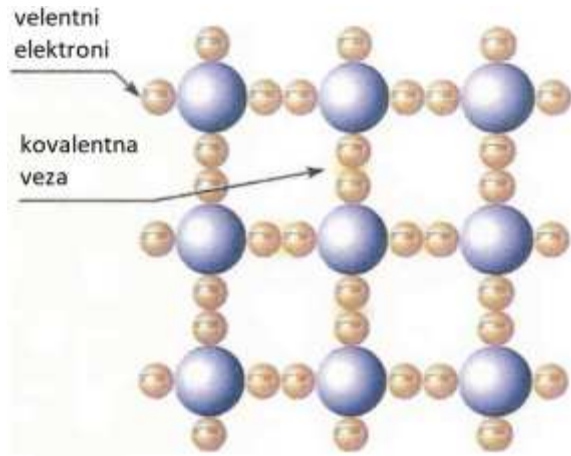
## Proizvodnja električne energije pomoću fotonaponskih panela

Doc. dr Esad Tombarević  
[esad.tombarevic@ucg.ac.me](mailto:esad.tombarevic@ucg.ac.me)

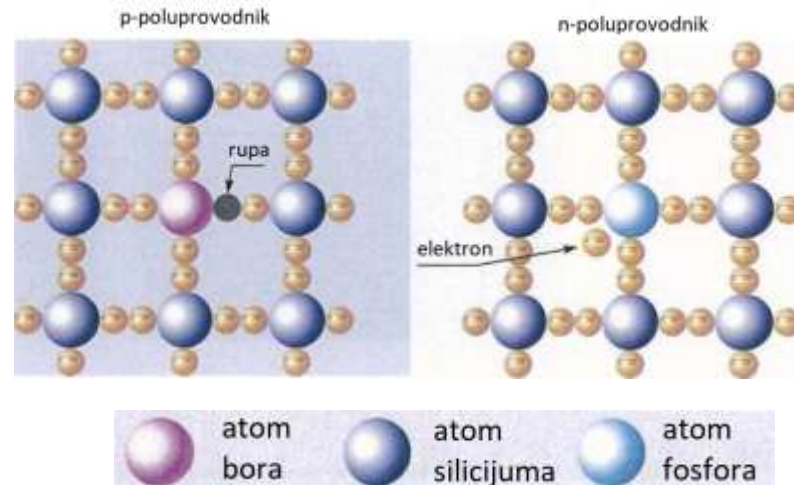
Univerzitet Crne Gore  
Mašinski fakultet Podgorica  
15. april 2020.

# Princip rada fotonaponske ćelije

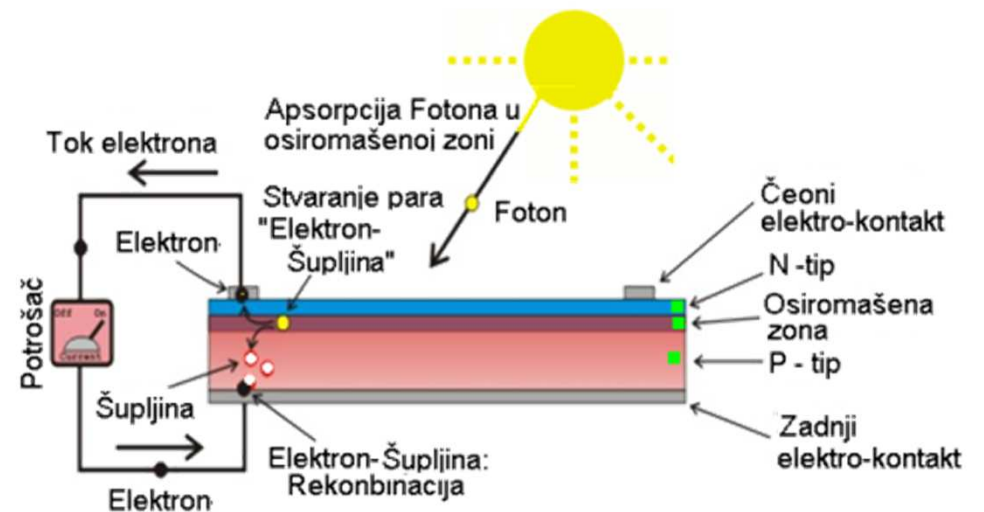
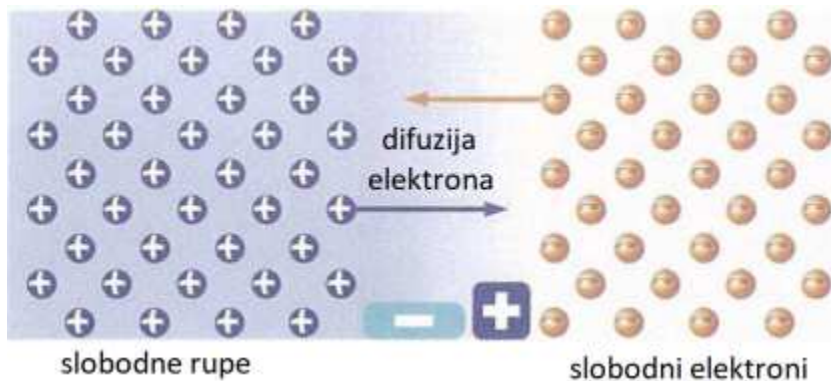
Fotonaponska ćelija direktno pretvara energiju sunčevog zračenja u električnu energiju



Kristalna rešetka silicijuma

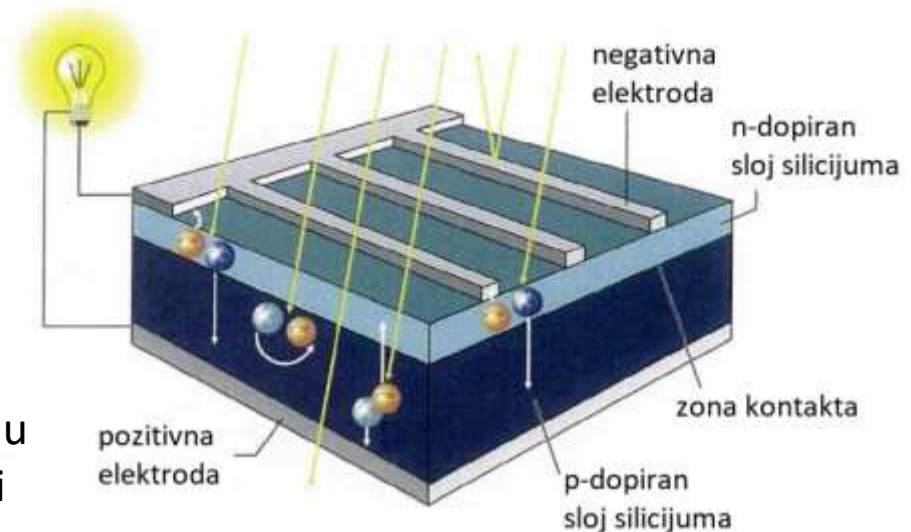


Dodavanje nečistoća - dopiranje



# Konstrukcija fotonaponske ćelije

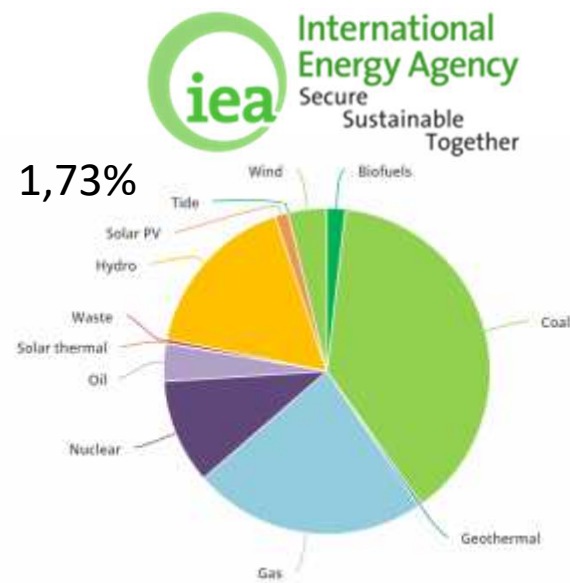
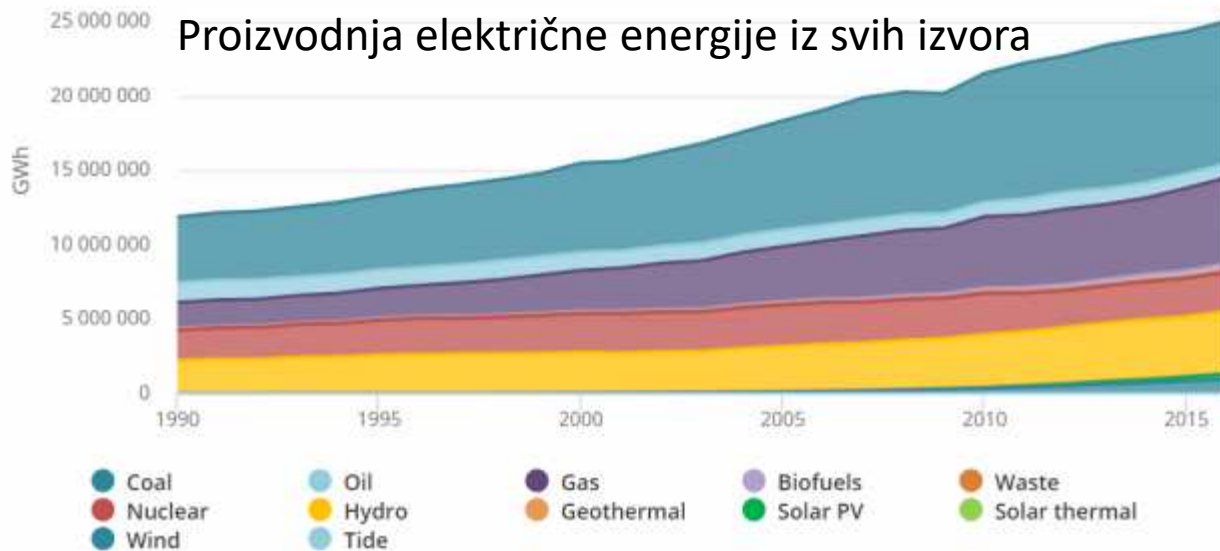
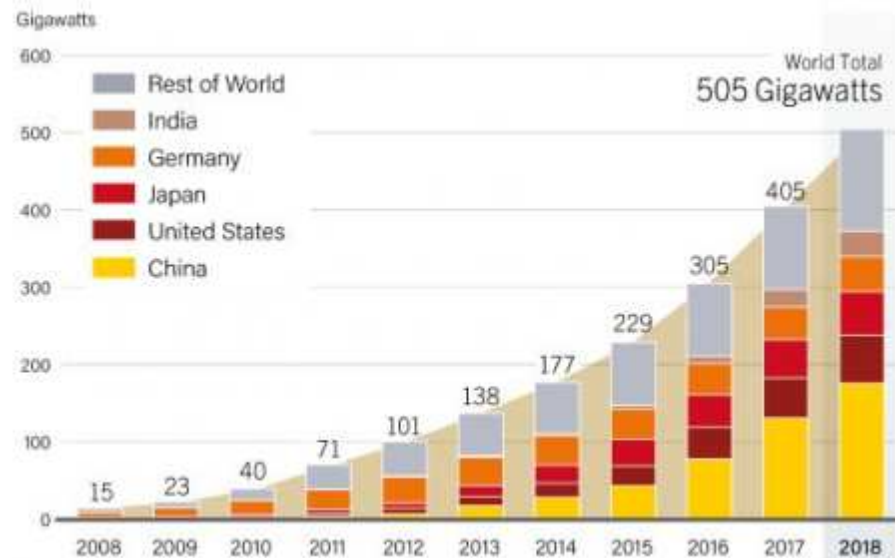
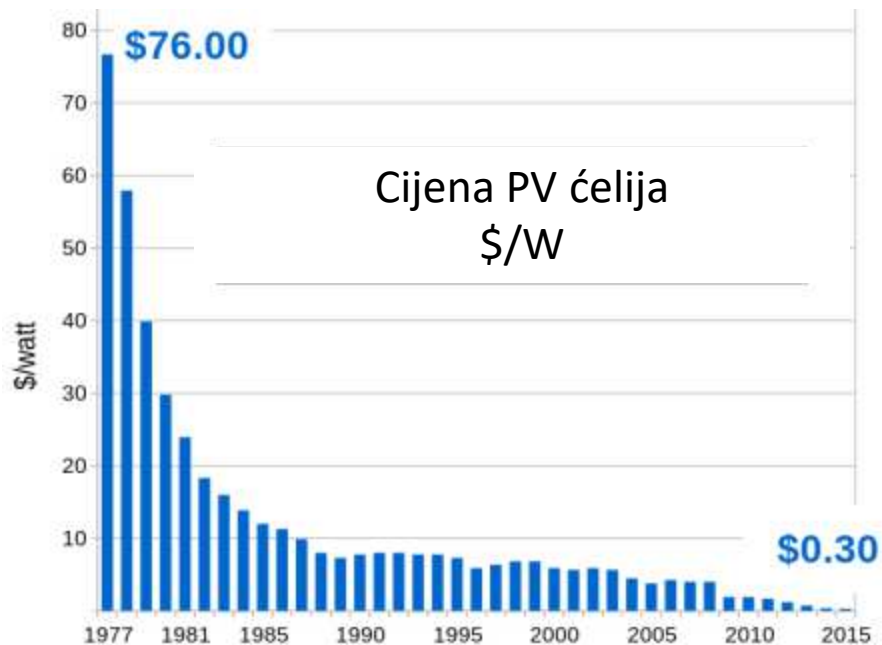
- Klasična fotonaponska ćelija se sastoji od dva različito dopirana sloja silicijuma
- Sloj okrenut prema Suncu je negativno dopiran atomima fosfora (n-sloj)
- Donji sloj je pozitivno dopiran atomima bora (p-sloj)
- Na spoju dva sloja se formira električno polje koje elektrone koji su u donjem p-sloju oslobođeni pod uticajem sunčeve svjetlosti usmjerava prema n-sloju



Kako bi se iskoristila proizvedena električna energija potrebno je na prednjoj i na zadnjoj strani fotonaponske ćelije napraviti kontakte:

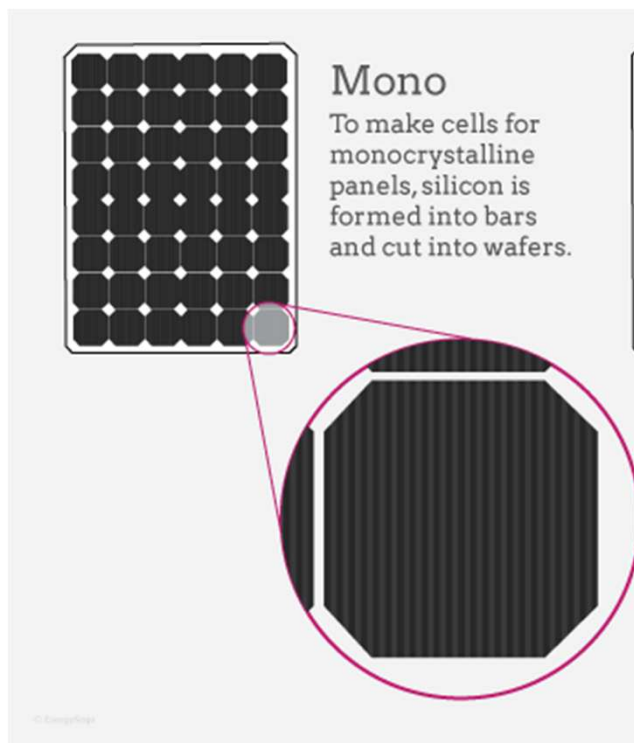
- Sa prednje strane, s obzirom da ona mora da propušta sunčevu svjetlost, kontakt se izvodi u obliku tanke mreže
- Sa zadnje strane se kontakt izvodi nanošenjem aluminijumske paste cijelom površinom

# Proizvodnja električne energije iz fotonaponskih panela



# Vrste fotonaponskih ćelija i modula

## Monokristalni



Efikasnost: 15 – 18%

Oblik: krug, zaobljene ivice, kvadrat

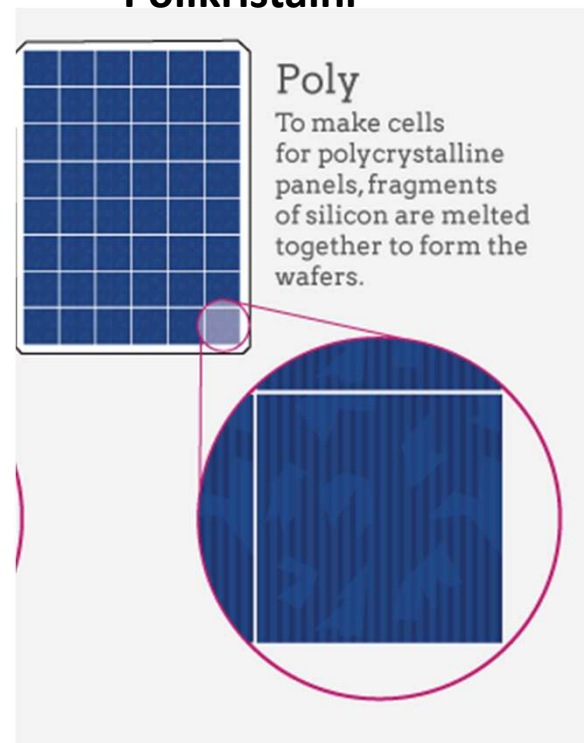
Uobičajene dimenzije: 10 cm x 10 cm  
12,5 cm x 12,5 cm  
15 cm x 15 cm

Izgled: uniforman

Debljina: 0,2 mm – 0,3 mm

Boja: tamno plava do crna ili siva

## Polikristalni



Efikasnost: 13 – 16%

Oblik: kvadratne

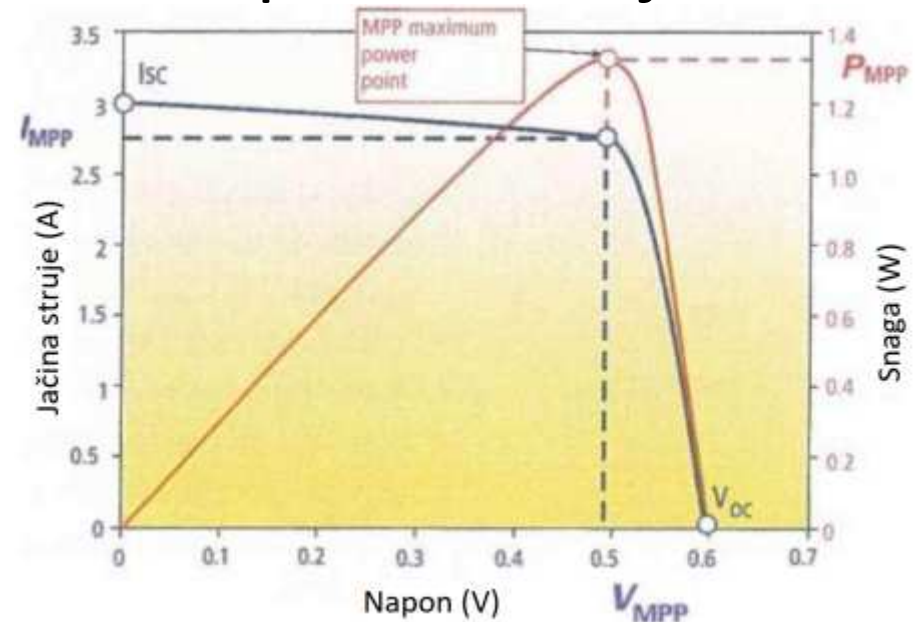
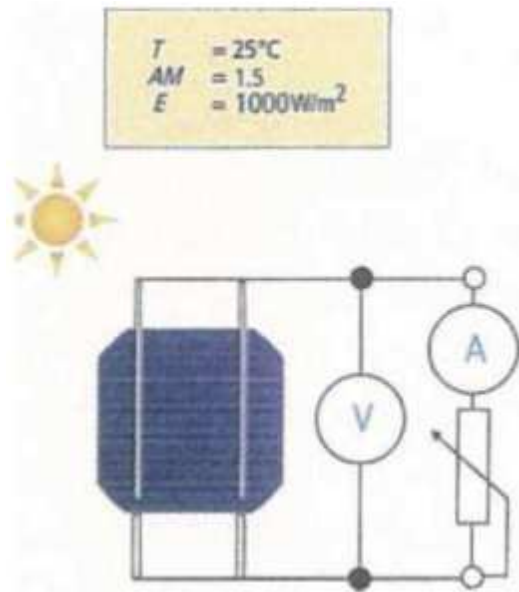
Uobičajene dimenzije: 10 cm x 10 cm  
12,5 cm x 12,5 cm  
15 cm x 15 cm

Izgled: Jasno uočljivi pojedinačni kristali

Debljina: 0,24 mm – 0,3 mm

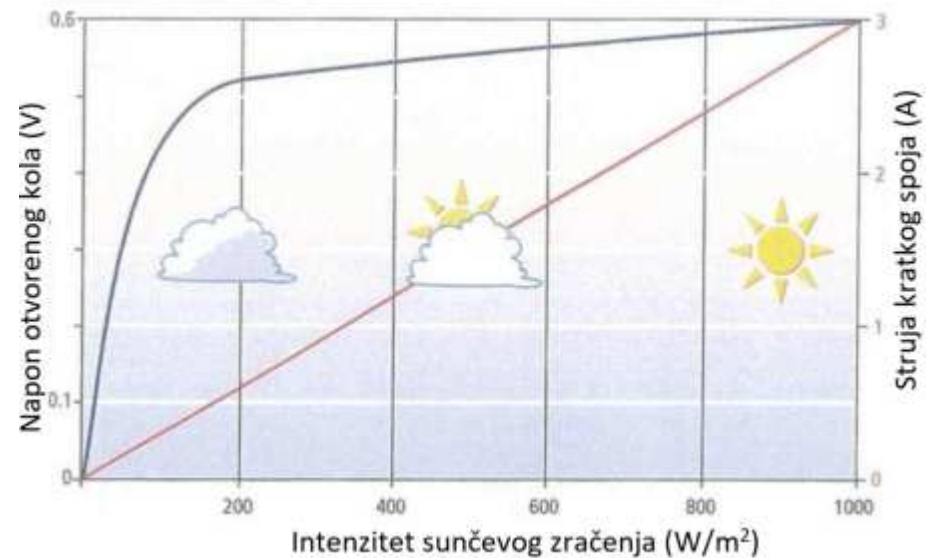
Boja: plav, srebrno siva

# I-V karakteristika fotonaponske ćelije



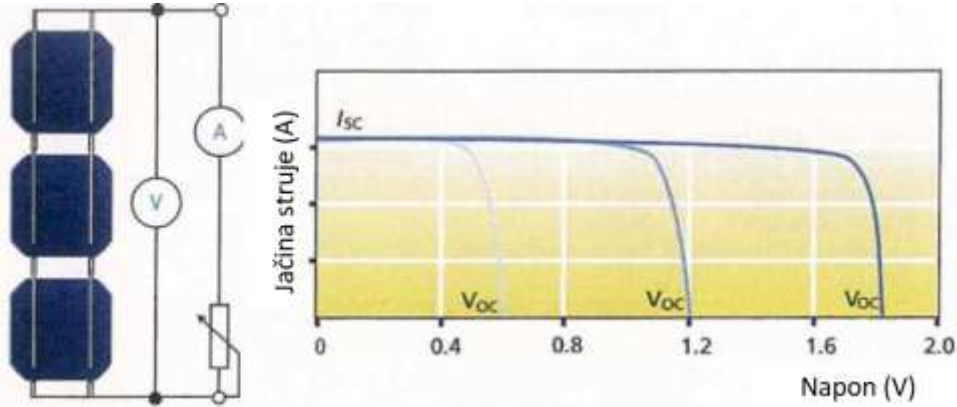
Napon otvorenog kola se neznatno smanjuje sa smanjenjem intenziteta sunčevog zračenja sve do vrijednosti od  $100\text{ W/m}^2$

Struja kratkog spoja linearno opada sa smanjenjem intenziteta sunčevog zračenja

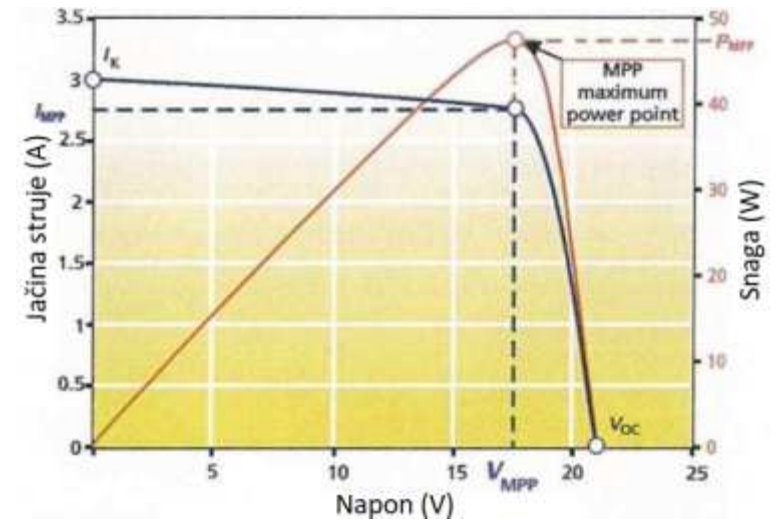
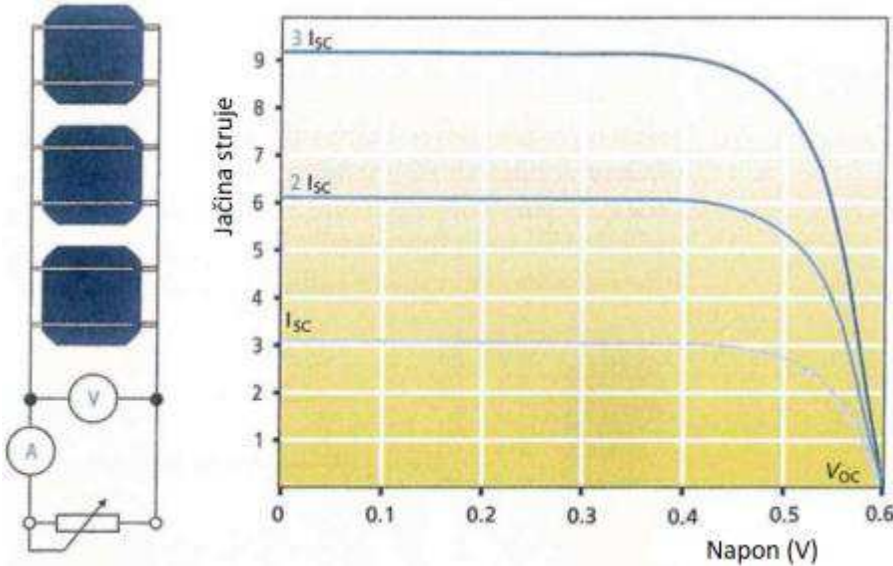


# Povezivanje ćelija u modul

Rednim povezivanjem više ćelija dobijaju se veće vrijednosti napona

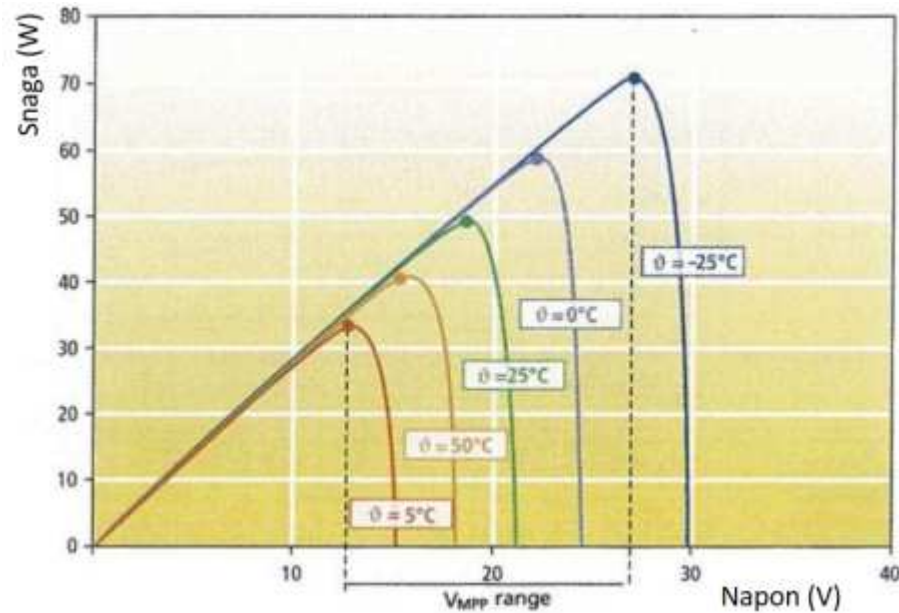
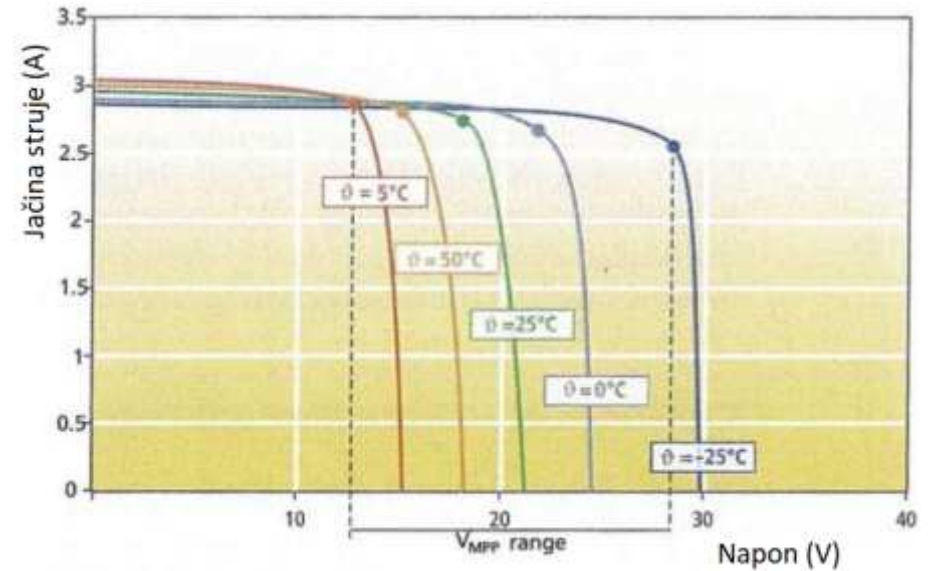
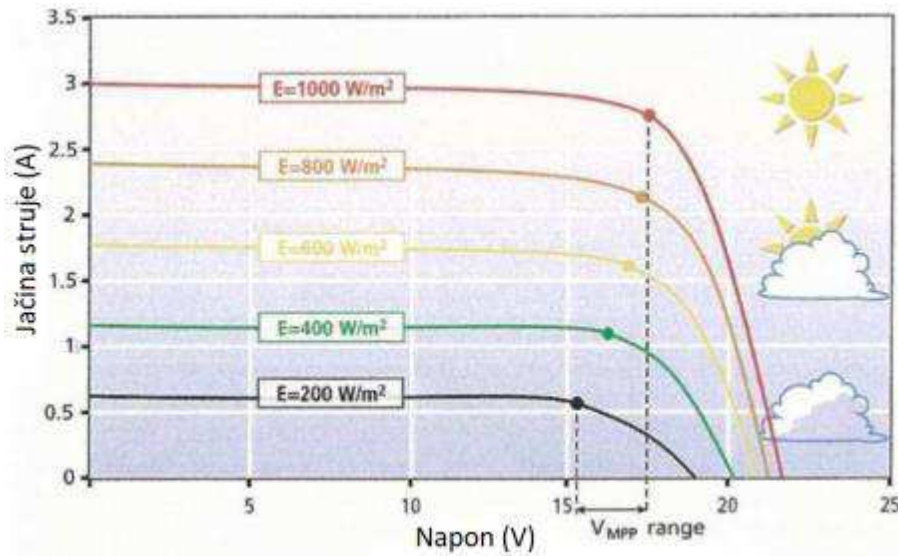


Paralelnim povezivanjem više ćelija dobijaju se veće vrijednosti jačine struje



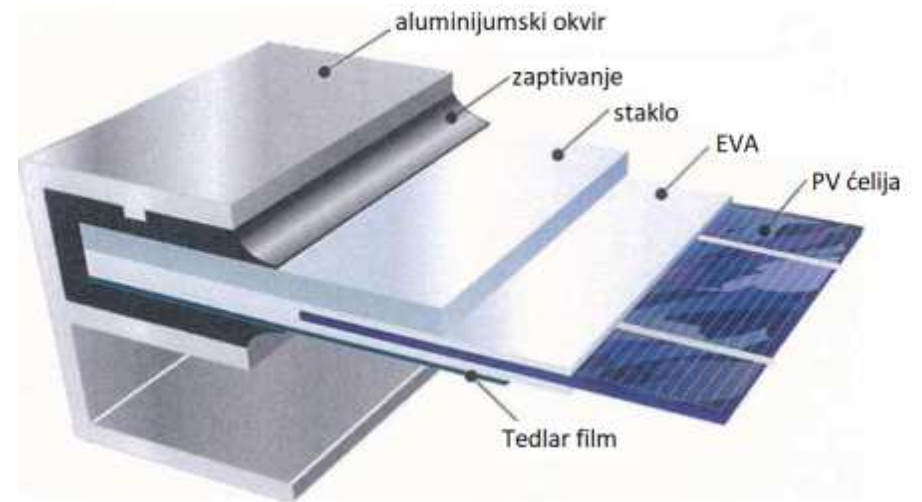
I-V karakteristika modula nominalne snage 50 W sa 36 redno vezanih ćelija

# Uticaj intenziteta sunčevog zračenja i temperature





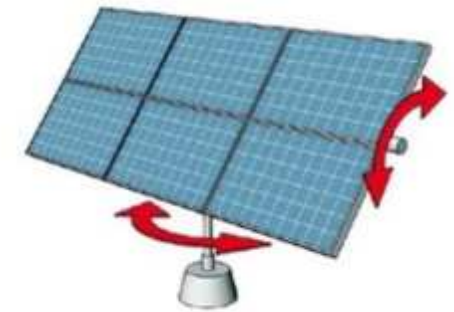
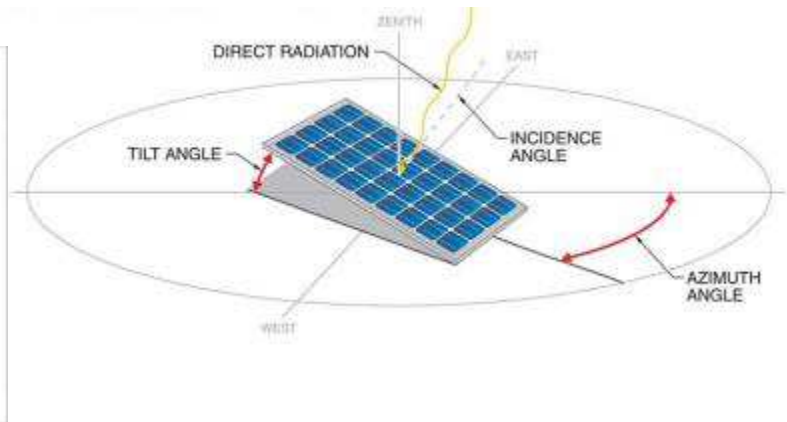
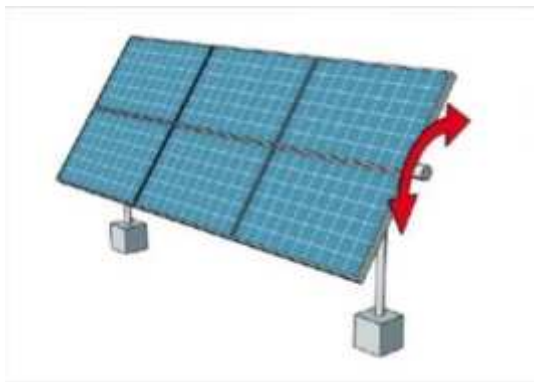
# Konstrukcija fotonaponskog modula



- U cilju zaštite od klimatskih i mehaničkih uticaja ćelije se ćelije se oblažu sa obje strane tečnim smolama (EVA –Ethylene-vinyl acetate)
- Sa prednje strane je staklena pokrivka (bijelo staklo)
- Sa zadnje strane TEDLAR folija

# Sistemi sa mehanizmima za praćenje sunca (solar tracking)

Pravac i orijentacija u prostoru	Nagib solarnog modula			
	0°	30°	60°	90°
jug	93%	100%	91%	68%
jugoistok ili jugozapad	93%	96%	88%	66%
zapad ili istok	93%	90%	78%	55%

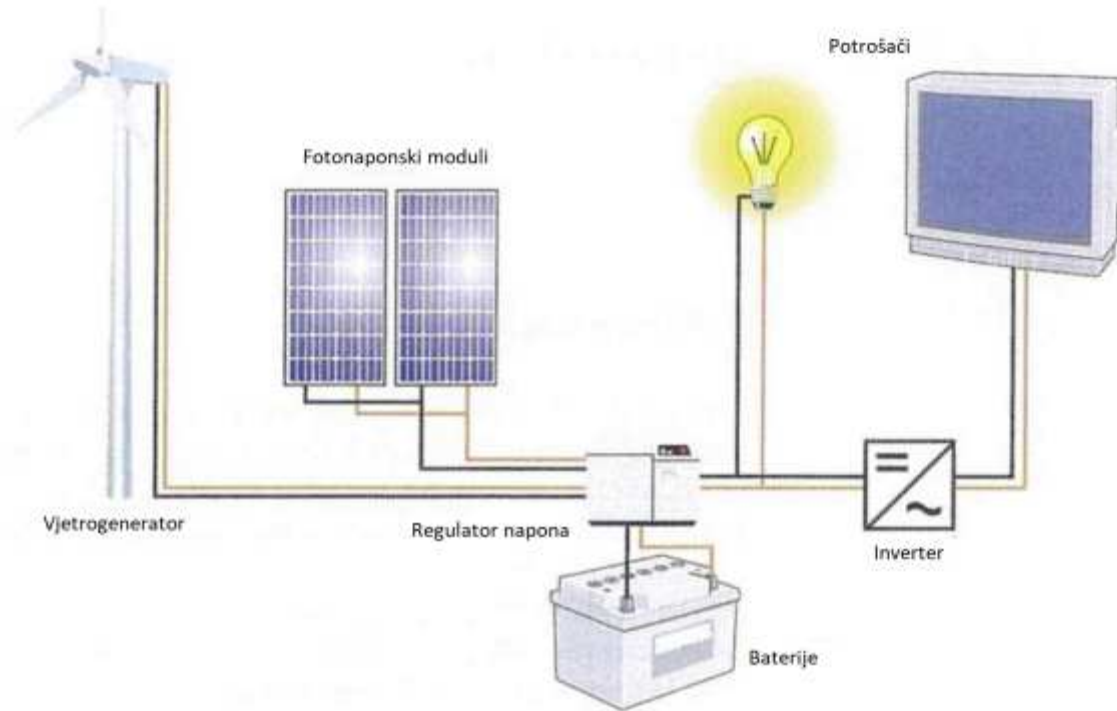


# Mogućnosti postavljanja fotonaponskih panela





# Off-grid sistemi



Baterija

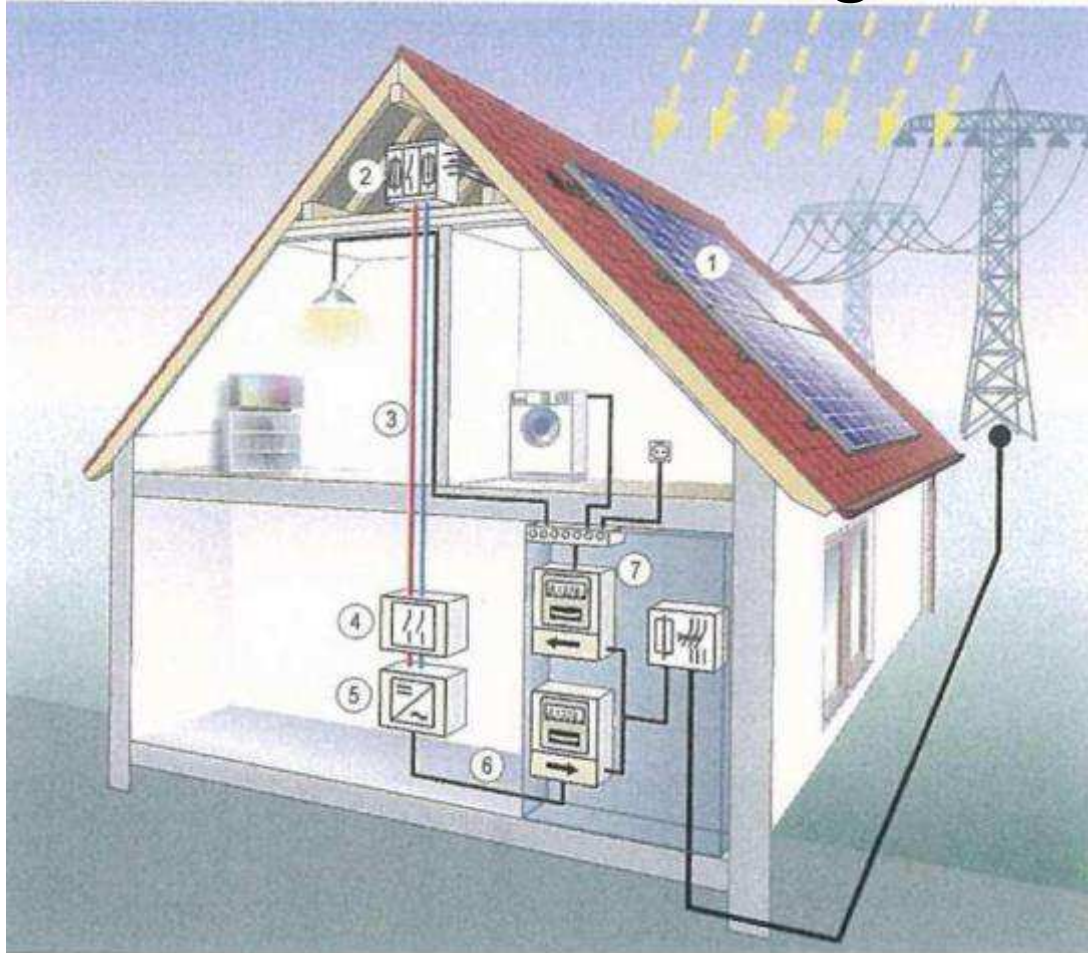


Regulator napona



Inverter

# On-grid sistemi



- 1 Fotonaponski moduli
- 2 Prespojna kutija
- 3 DC mreža
- 4 DC mreža prekidač
- 5 Inverter
- 6 AC mreža
- 7 Konekcija na mrežu sa strujomjerima

**Feed-in tarife**

# Feed-in tarife i razmjena energije na mjestu konekcije

## Podsticajne cijene za proizvedenu električnu energiju u postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije

### Član 4

Podsticajne cijene, izražene su u c€/kWh, za proizvedenu električnu energiju u postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije izračunate primjenom Tarifnog sistema podsticajnih cijena električne energije proizvedene u postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije i postrojenjima za visokoeфикаsnu kogeneraciju (u daljem tekstu: Tarifni sistem) koji je sastavni dio ove uredbe iznose:

<b>Vjetroelektrane</b>	9,60
<b>Elektrane na čvrstu biomasu</b>	
iz šumarstva i poljoprivrede	13,71
iz drvno-prerađivačke industrije	12,31
<b>Solarne elektrane</b>	
na zgradama ili građevinskim konstrukcijama	15,00
<b>Elektrane na čvrsti deponijski otpad</b>	9,00
<b>Elektrane na gas iz otpada</b>	8,00
<b>Elektrane na biogas</b>	15,00

## Razmjena na mjestu konekcije

### Član 90

(1) Proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora energije u postrojenjima instalirane snage do 20 kW ili visokoeфикаsne kogeneracije u postrojenjima instalirane snage do 50 kW ima pravo na razmjenu električne energije koju u toku godine predaje u sistem ili povlači iz distributivnog sistema.

(2) Razlika energije iz stava 1 ovog člana utvrđuje se i obračunava na godišnjem nivou.

(3) Međusobni odnosi operatora distributivnog sistema i proizvođača iz stava 1 ovog člana, koji obuhvataju i naknadu razlike iz stava 2 ovog člana, uređuju se ugovorom koji se zaključuje na period od najmanje sedam godina.

(4) Tehnički uslovi, standardi za priključak, sistem zaštite, kvalitet energije kao i druga pitanja od značaja za razmjenu iz stava 1 ovog člana utvrđuju se pravilima operatora distributivnog sistema.

# Primjeri fotonaponskih elektrana u Crnoj Gori

## SOLARNA ELEKTRANA DG (Živinarska farma Martinići, Danilovgrad)

Instalisana snaga 1000 kW

Investicija oko 850.000 €





## **SOLARNA ELEKTRANA BAR-KOD (Podgorica)**

Broj panela 1950 (300 W)

Instalisana snaga 585 kW

Investicija oko 480.000 €

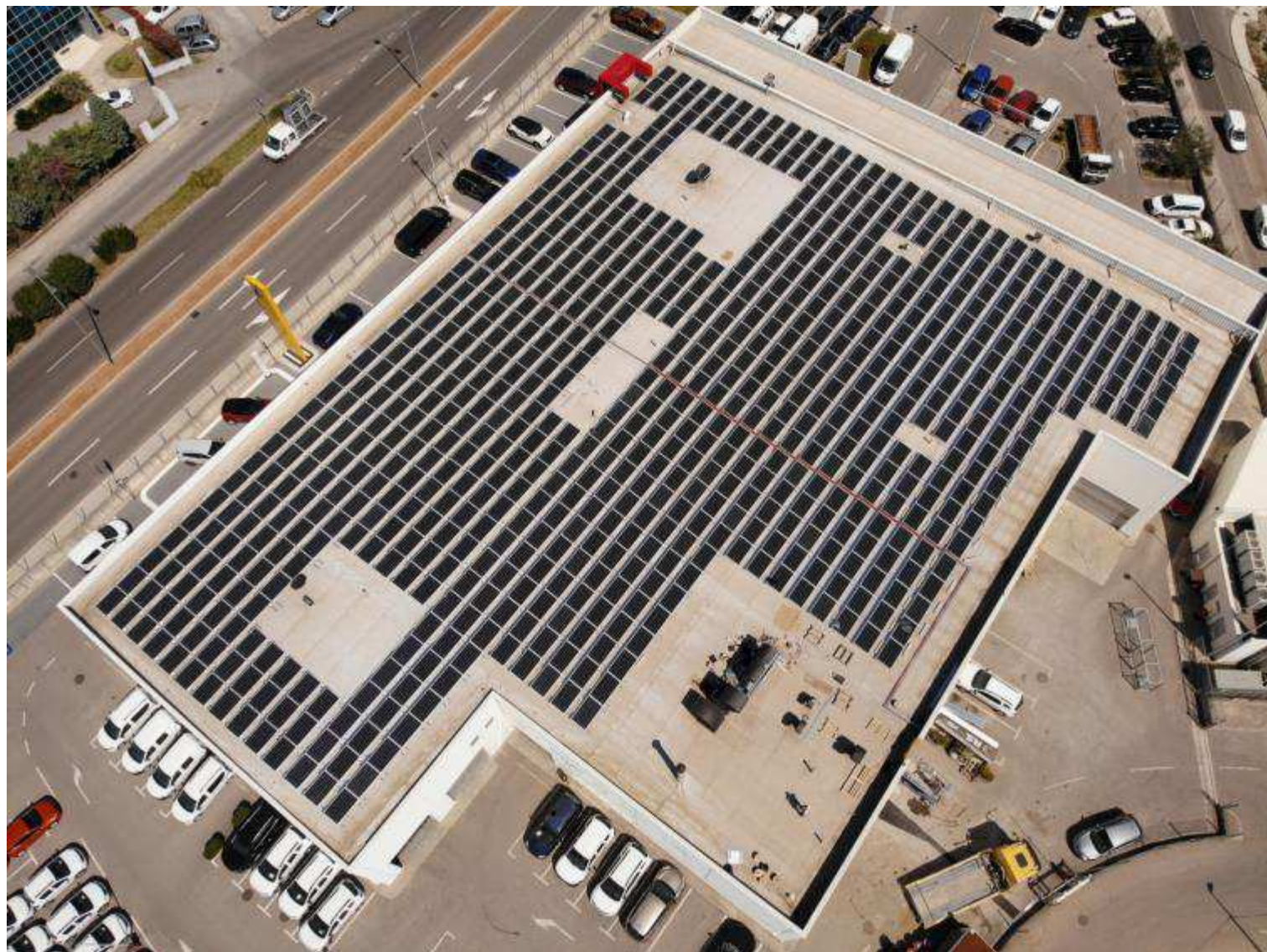


## **SOLARNA ELEKTRANA Alliance (Podgorica)**

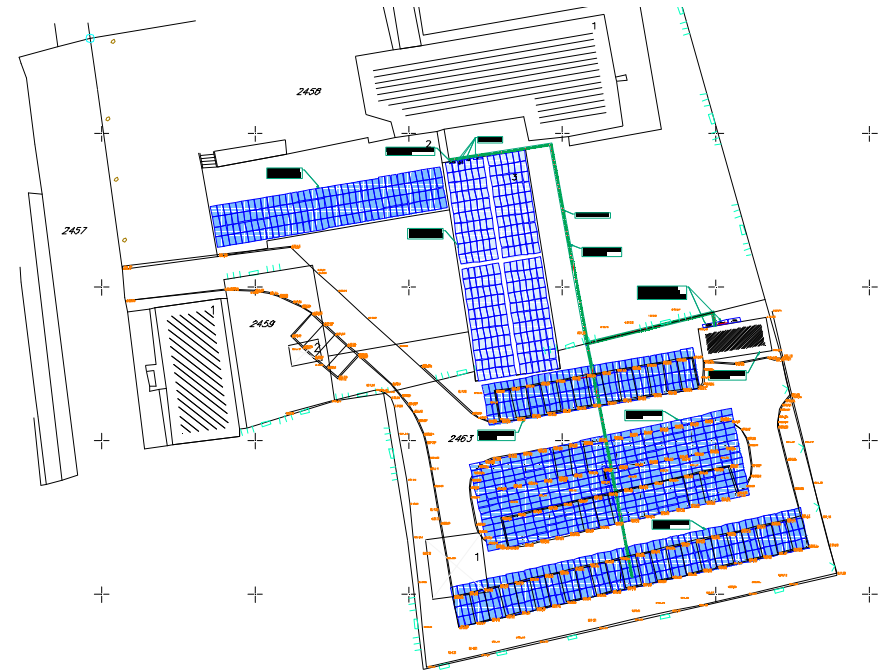
Broj panela 678 (300 W)

Instalisana snaga 202 kW

Investicija oko 180.000 €



## UPRAVNA ZGRADA EPCG (Nikšić)



- Raznim mjerama energetske efikasnosti potrošnja električne energije od 1.200.000 kWh/god smanjuje se za 40-50%
- Proizvodnjom električne energije iz fotonaponskih panela dodatno se smanjuju troškovi za struju

KROV ZGRADE		PARKING	
POVRŠINA	746 m <sup>2</sup>	POVRŠINA	1211 m <sup>2</sup>
BROJ PANELA	368	BROJ PANELA	707
INSTALISANA SNAGA	110,4 kWp	INSTALISANA SNAGA	212,1 kWp
BROJ INVERTERA	5	BROJ INVERTERA	6
SNAGA U INVERTERIMA	100 kW	SNAGA U INVERTERIMA	202,5 kW
PROIZVODNJA	173,85 MWh/god	PROIZVODNJA	335,45 MWh/god

## SOLARNA ELEKTRANA BRISKA GORA (Ulcinj)

Konzorcijum u kojem EPCG ima 49% udjela je dobio u zakup na 30 godina 662 ha državnog zemljišta u Ulcinju

Faza 1 – 50 MW/ 90 GWh

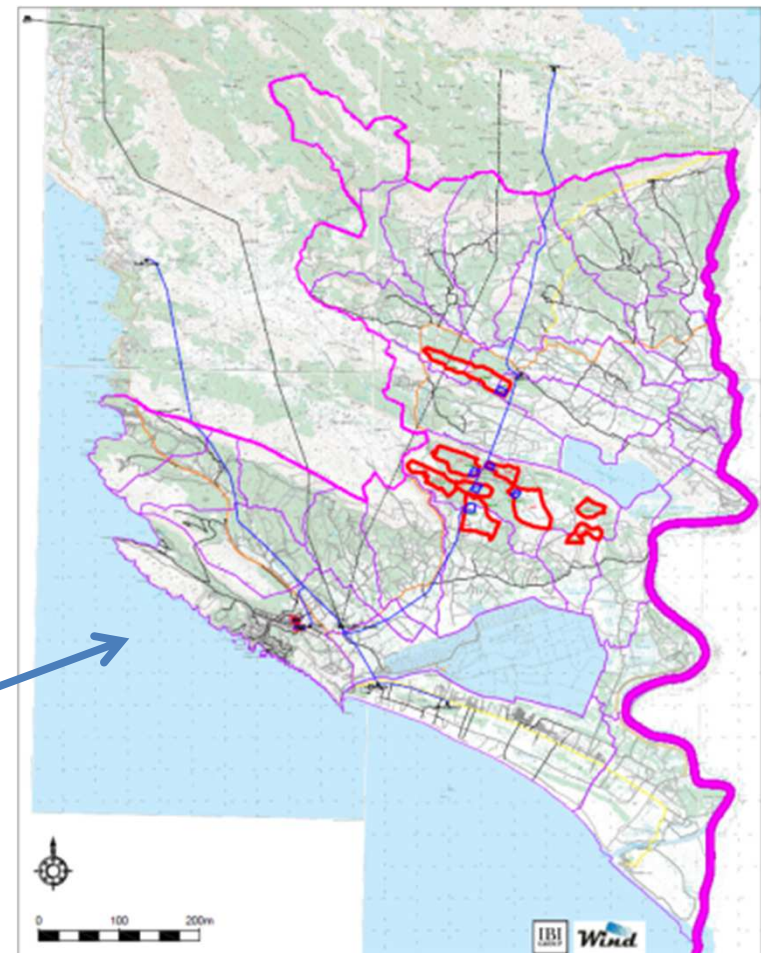
Faza 2 – 200 MW/ 360 GWh

Ukupna investicija oko 200 miliona €

250 MW – 280GWh

1866 kWh/kW

Prodaja električne energije po tržišnoj cijeni



**OFF-GRID SISTEMI**



**Hvala na pažnji!**

**Pitanja?**