



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ИНФОРМАТИВЕН СЕМИНАР: СОЛАРЕН ПОКРИВ

ЕНЕРГИЈА НА СОНЧЕВОТО ЗРАЧЕЊЕ



вонр. проф. д-р Димитар Димитров, УКИМ-ФЕИТ - Скопје

Гевгелија, 30 август 2017 год.

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020



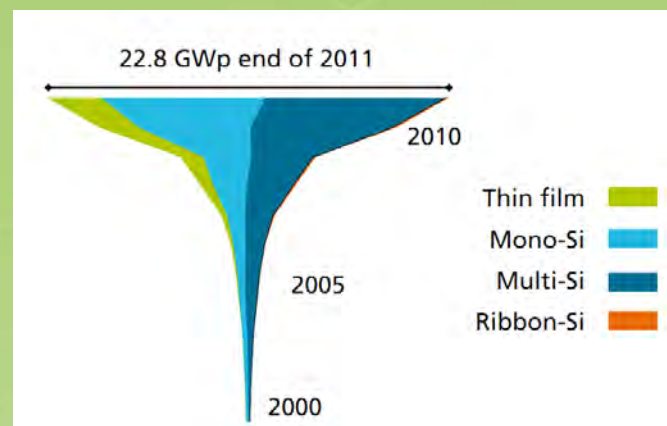
EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

СОНЧЕВИ ЌЕЛИИ

- Сончевите (соларните, фотоволтаичните) ќелии се електрични елементи што служат за директна конверзија на енергијата на сончевото зрачење во електрична
- Се изработуваат полупроводен материјал:
 - Кристален (моно- и поли-) силициум c-Si
 - Аморфен силициум a-Si
 - Галиум арсенид GaAs
 - Кадмиум телурид CdTe
 - Бакар индиум диселенид CuInSe₂
- Најзастапени се монокристалните и поликристалните ќелии





EnerGAIN

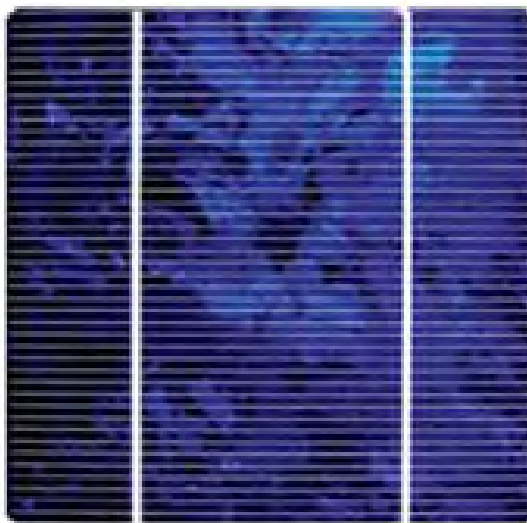
Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ИЗГЛЕД НА ФВ ЌЕЛИИ ОД СИЛИЦИУМ



Монокристален
силициум



Поликристален
силициум



Аморфен
силициум

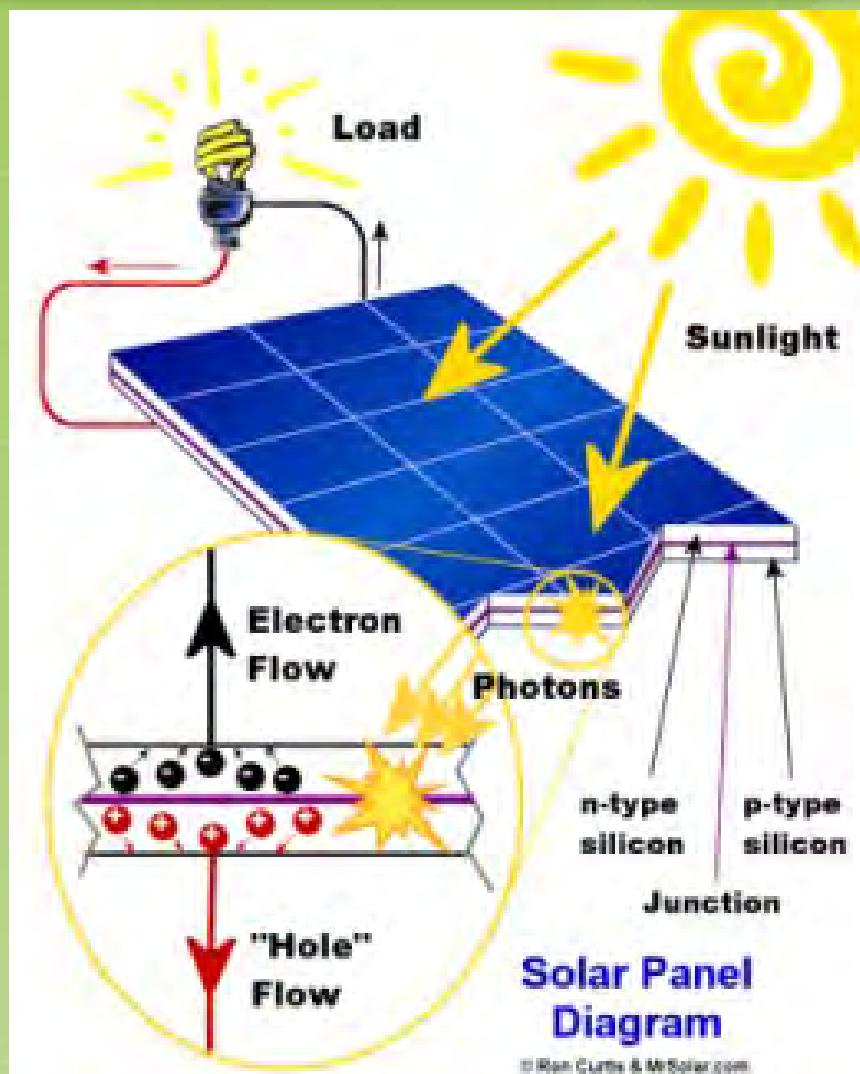


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ФОТОВОЛТАИЧНА ЌЕЛИЈА



- Во ФВ ќелиите се претвора енергијата на фотоните на светлината во електрична енергија
- Претворбата се одвива преку сложени квантно-динамички процеси
- На краевите на ќелијата се добива напон, а ако краевите се поврзат со потршувач, ќе протече електрична струја

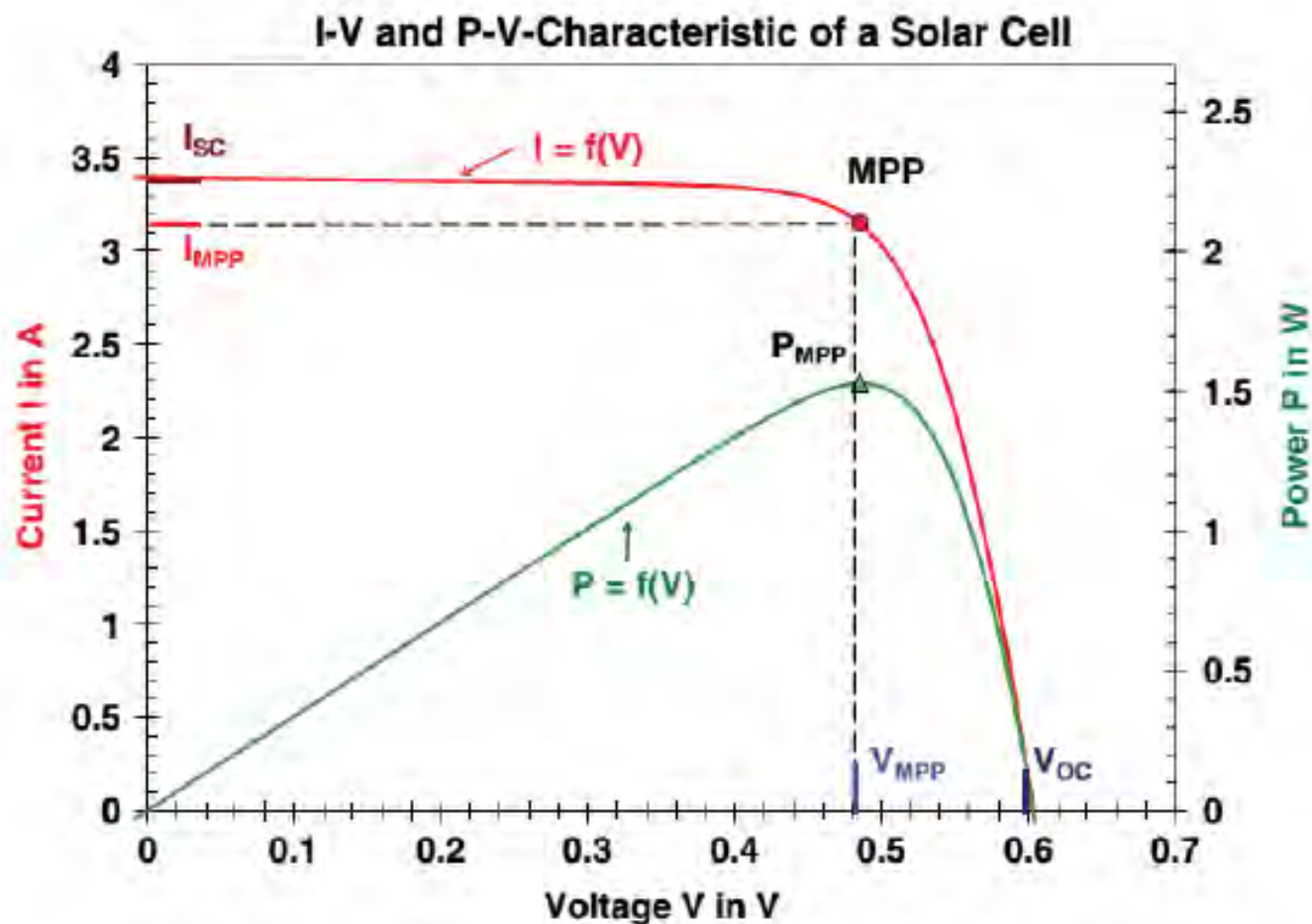


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

СТРУЈНО-НАПОНСКА (I-V) КАРАКТЕРИСТИКА НА ФВ КЕЛИЈА





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ВЛИЈАНИЈА ВРЗ ФВ ЌЕЛИИТЕ



**Врз I-V карактеристиката,
а и врз моќноста на ФВ
ќелиите влијаат:**

- Осветленоста (сончевото зрачење)
- Температурата на ќелијата
- Спектарот на зрачењето (на пр. бојата)





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

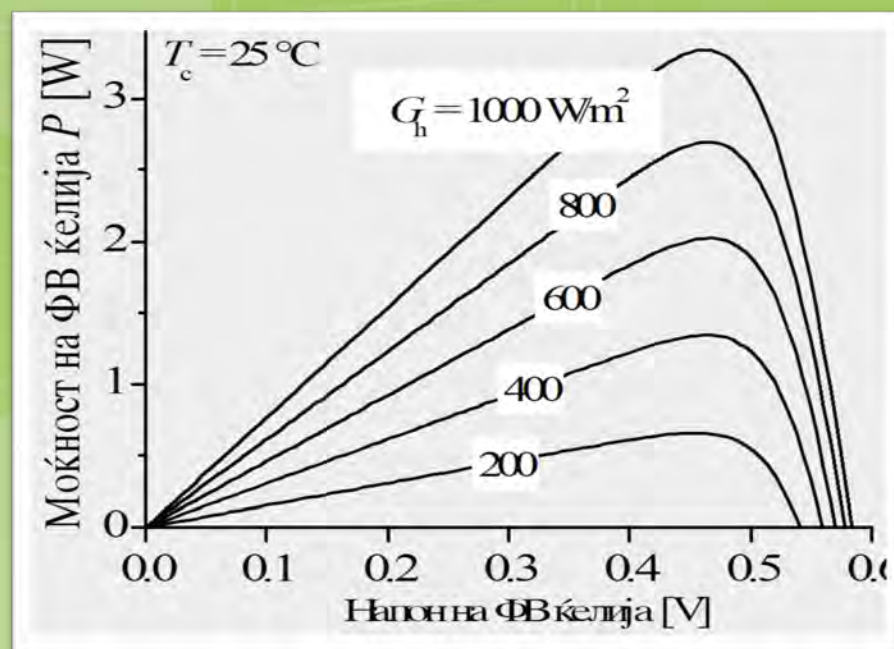
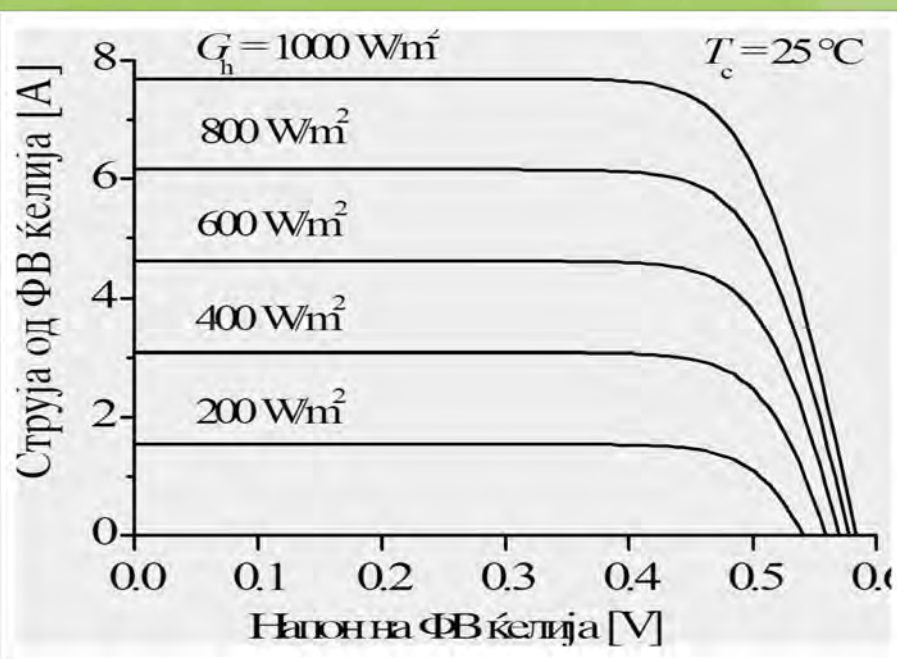
Interreg - IPA CBC



CCI 2014TC16I5CB006



ВЛИЈАНИЕ НА СОНЧЕВОТО ЗРАЧЕЊЕ



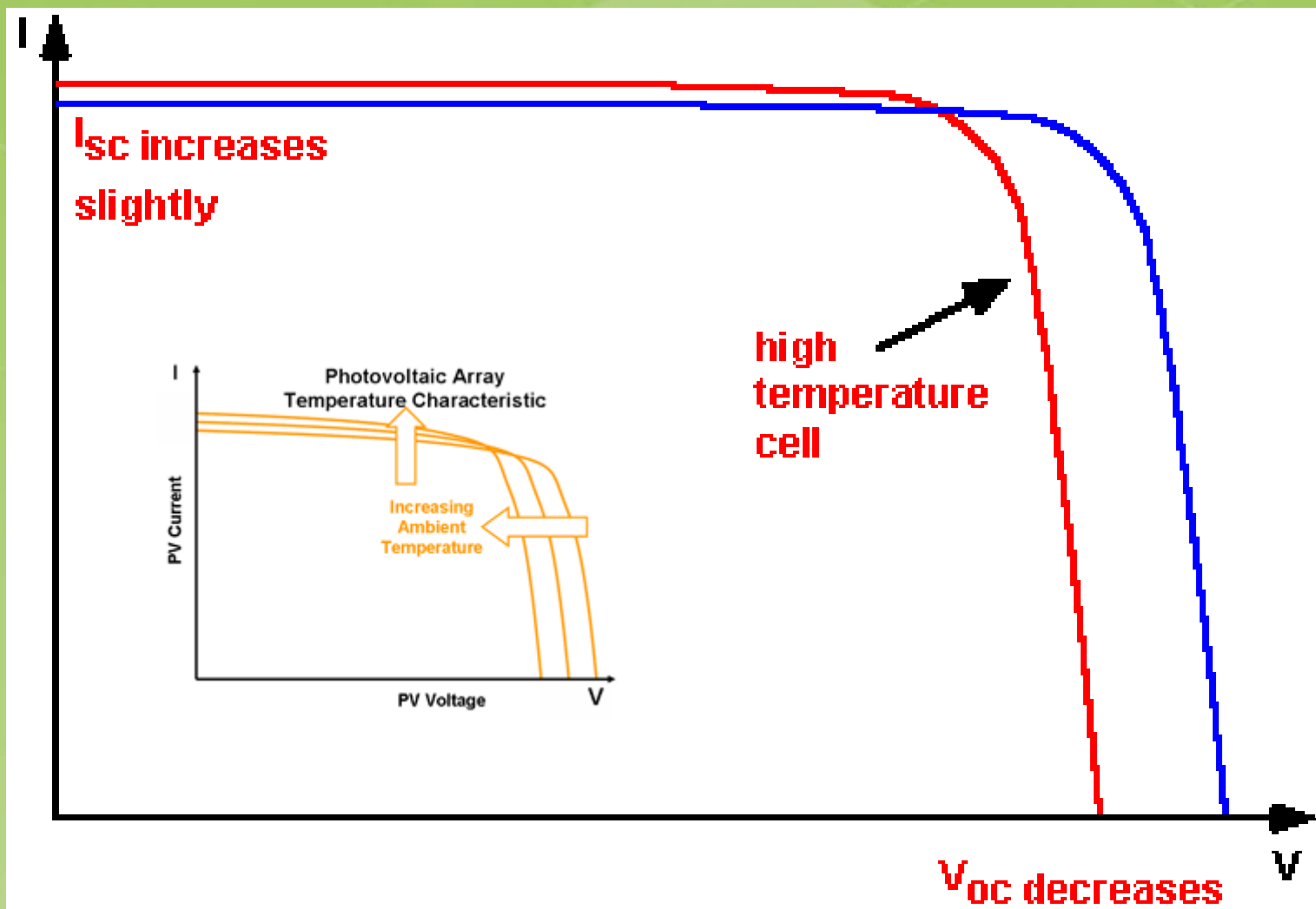


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ВЛИЈАНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА





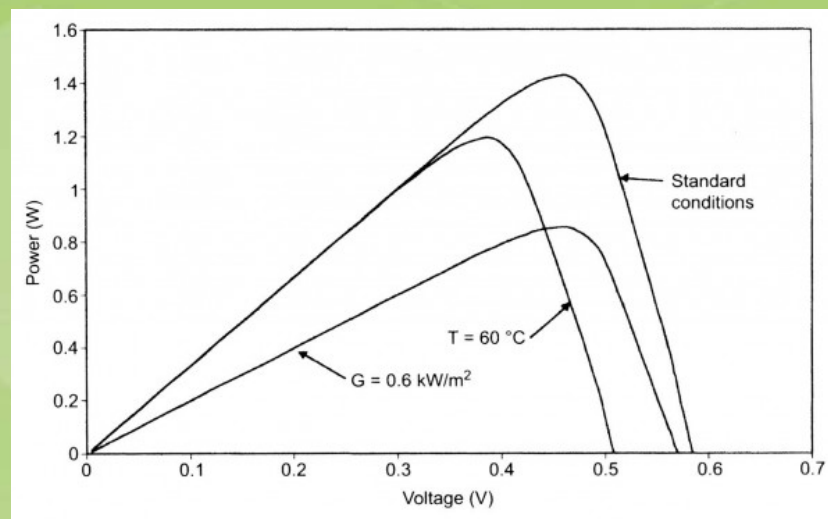
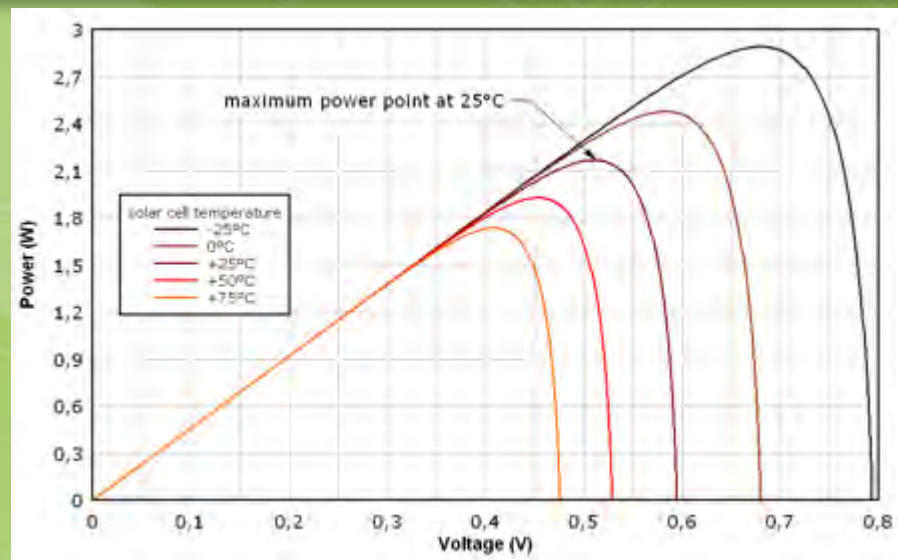
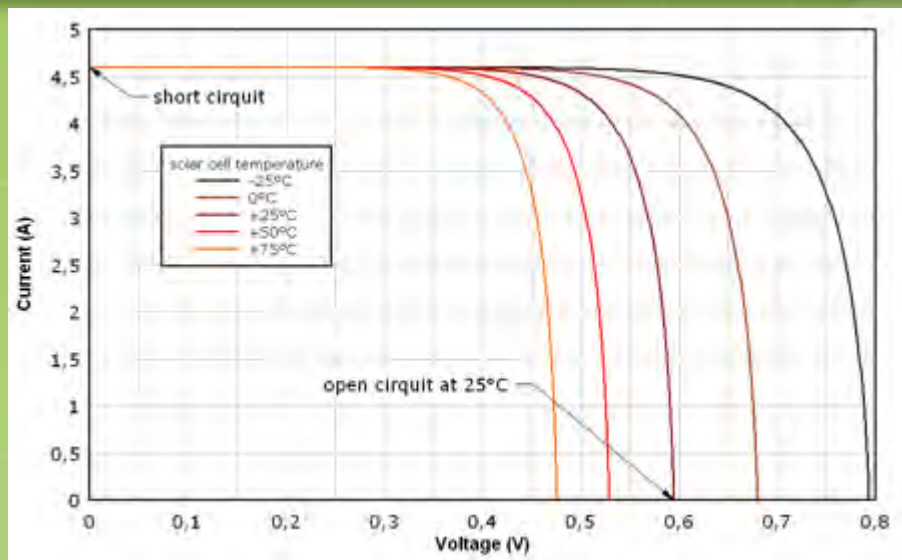
EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

Interreg - IPA CBC
CCI 2014TC16I5CB006



ВЛИЈАНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА



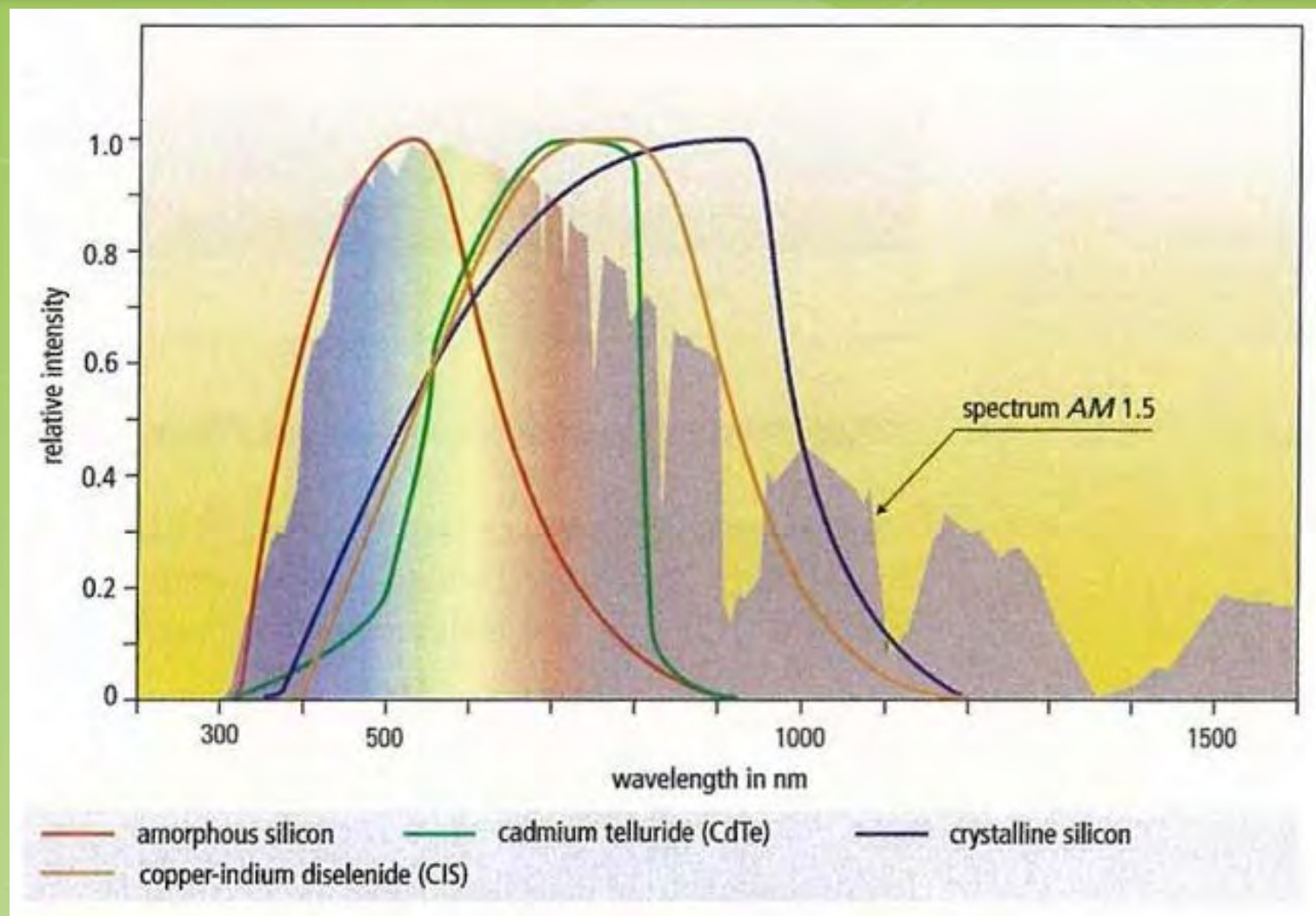


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

СПЕКТРАЛНА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

- ❖ Моќноста на ФВ ќелиите изнесува 1- 4 W
- ❖ За добивање на поголема моќност, електрично се поврзуваат повеќе ФВ ќелии
- ❖ Покрај тоа, заради заштита од надворешни влијанија, ќелиите се поставуваат во заедничка механичка конструкција со алуминиумска рамка – **ФОТОВОЛТАИЧЕН МОДУЛ**





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ЕЛЕКТРИЧНО ПОВРЗУВАЊЕ НА ФВ ЌЕЛИИТЕ ВО МОДУЛ





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

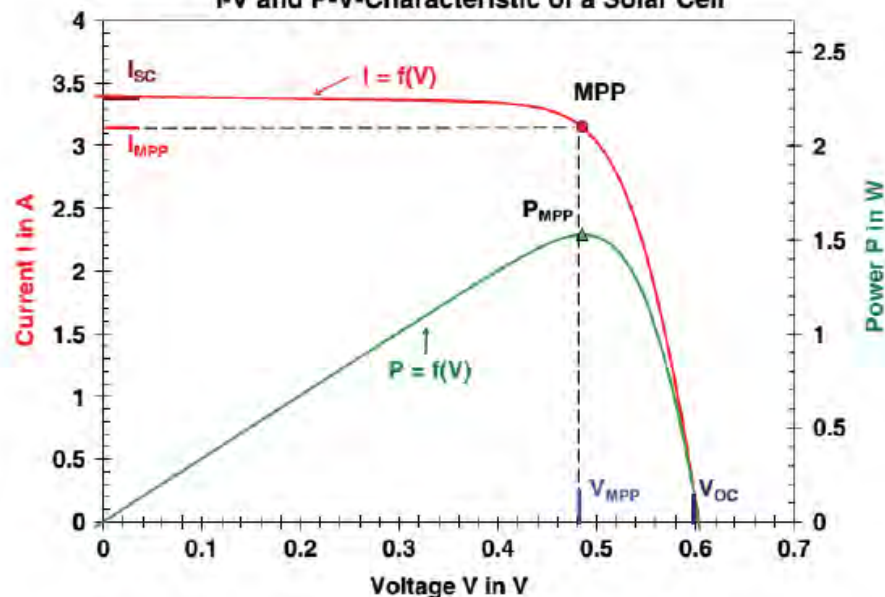
Interreg - IPA CBC



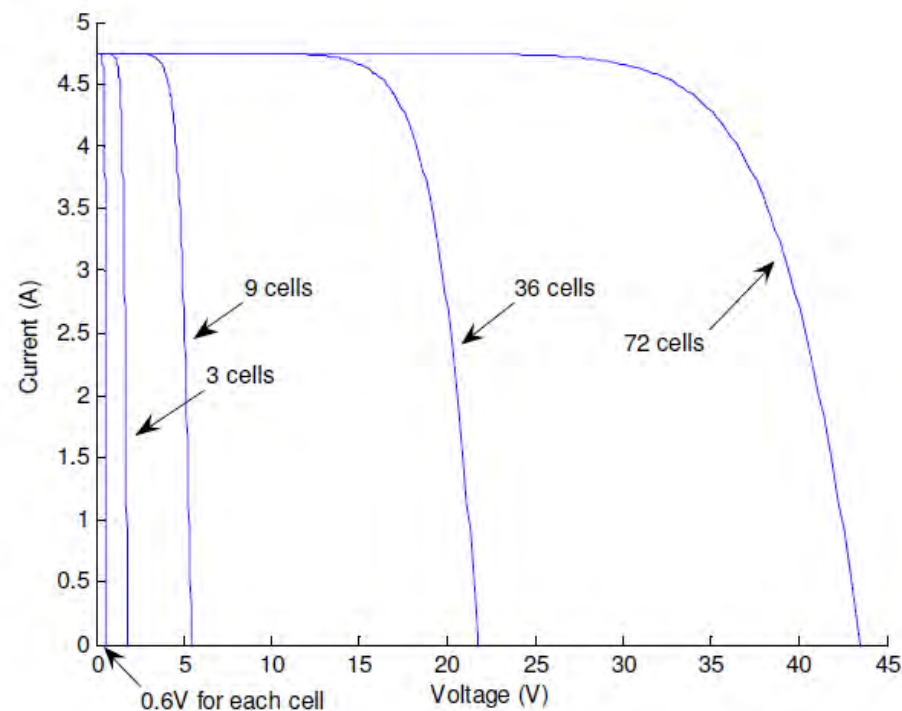
CCI 2014TC16I5CB006



I-V and P-V-Characteristic of a Solar Cell



СТРУНО-НАПОНСКА КАРАКТЕРИСТИКА НА ФВ МОДУЛ





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

БРОЈ НА ЌЕЛИИ ВО ФВ МОДУЛ

- Во системите за автономно снабдување се користат батерии.
- Обично напонот на една батерија е 12 V.
- За батерија да може да се полни, напонот на ФВ модулот треба во сите работни услови да е поголем.
- Модулите наменети за автономни системи имаат **36 сериски врзани ќелии**.
- Напонот на празен од им е $\sim 0,6 \times 36 = 21,6 \text{ V}$, при максимална моќност околу 17 V
- ФВ системите врзани на мрежа, работат со повисоки еднонасочни напони (пр. 350 V – 850 V)
- ФВ модулите наменети за овие системи имаат **54, 60 или 72 ќелии**.
- Струјата на модулот зависи од незините димензии (3", 4", 5" или 6" " = inch = 2,54 cm).



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

УСЛОВИ ЗА ТЕСТИРАЊЕ НА ФВ МОДУЛИТЕ

Standard Test Conditions – STC (Стандардни тест услови)

Сончево зрачење	1000 W/m ²
Температура на ќелиите	25 °C
Спектар на сончево зрачење	AM1.5



$P_{mp,STC}$ – **максимална
моќност [Wp]**

$I_{mp,STC}$ – **струја при
максимална моќност**

$V_{mp,STC}$ – **напон при
максимална моќност**

$I_{sc,STC}$ – **струја на куса врска**

$V_{oc,STC}$ – **напон на празен од**

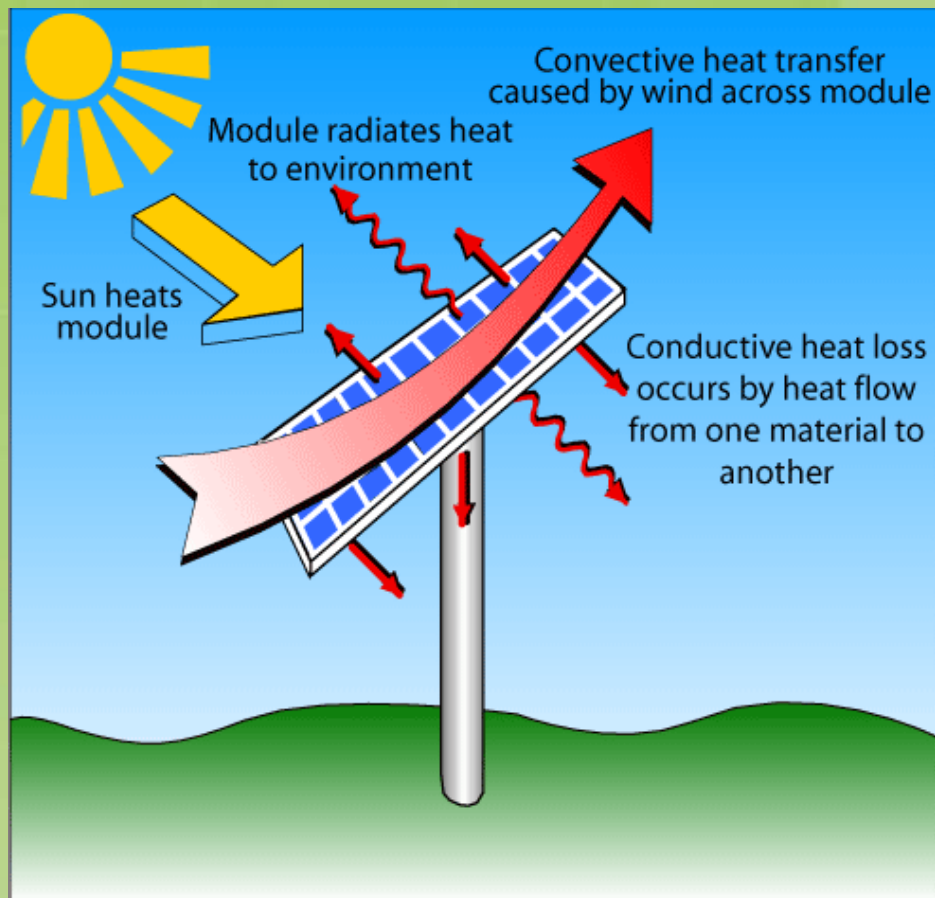


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

УСЛОВИ ЗА ТЕСТИРАЊЕ НА ФВ МОДУЛИТЕ



Normal operation cell temperature

- NOCT

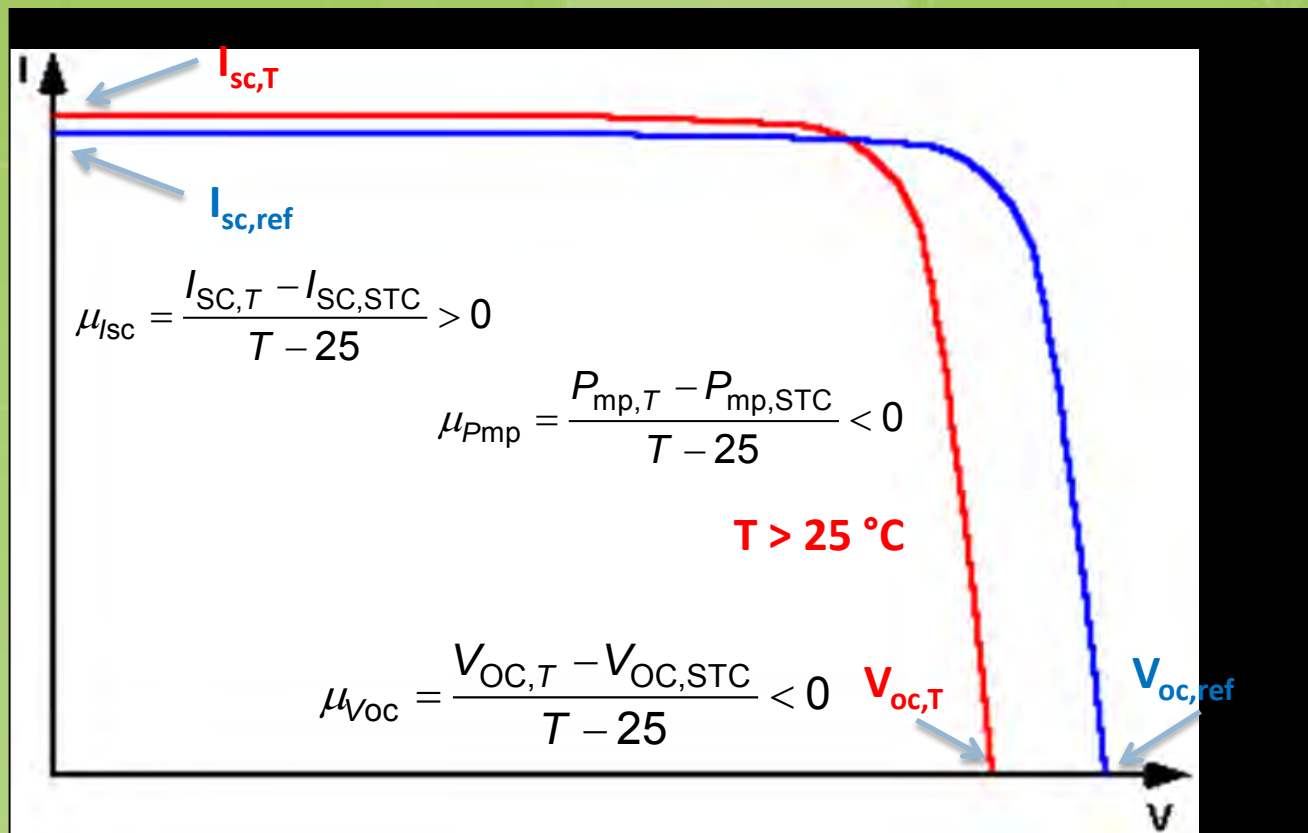
**Температура при
нормални работни услови**

Сончево зрачење	800 W/m ²
Температура на воздухот	20 °C
Брзина на ветер	1 m/s
Спектар на сончево зрачење	AM1.5

$T_{c,NOCT}$ – температура на ќелиите при нормални работни услови



ТЕМПЕРАТУРНИ КОЕФИЦИЕНТИ



- $\mu_{I_{sc}}$ – температурен коефициент на струјата на куса врска
- $\mu_{V_{oc}}$ – температурен коефициент на напон на празен од
- $\mu_{P_{mp}}$ – температурен коефициент на максималната моќност



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори

TOTAL ENERGIE

TE 1200

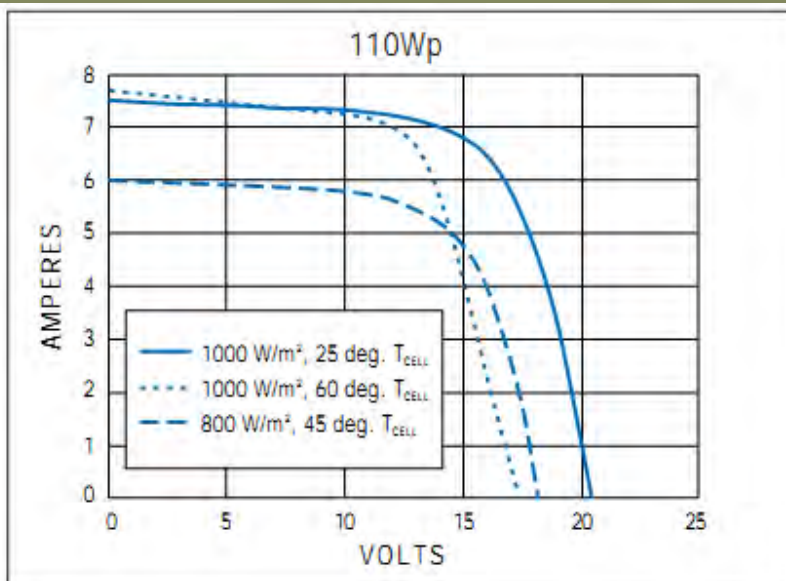
Interreg - IPA CBC



CCI 2014TC16I5CB006

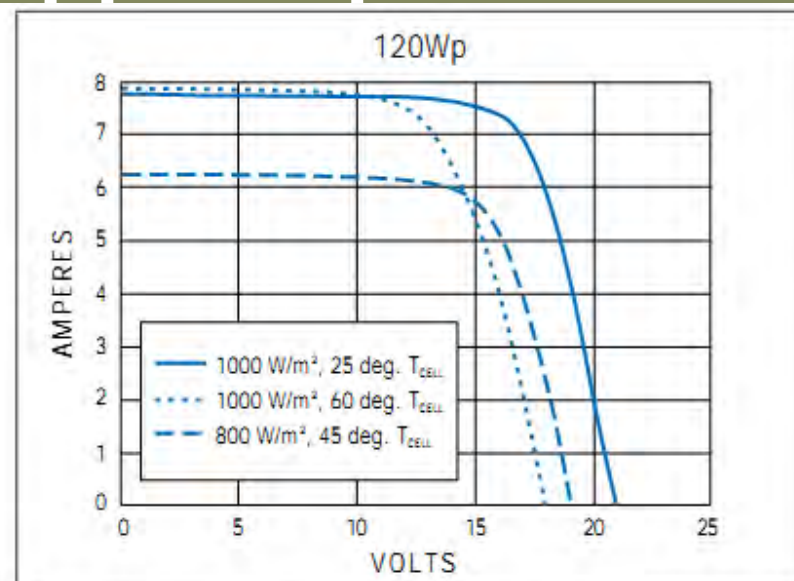


КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ



TYPICAL ELECTRICAL/MECHANICAL PARAMETERS

Nominal Operating Cell Temp. (NOCT)	45°C (Determined under: Irradiance = 800 W/m²; ambient temperature = 20°C; wind speed = 1m/s)
Short Circuit Temp. Coefficient	+0.6mA/°C
Open Circuit Voltage Coefficient	-0.08 V/°C
Typical Fill Factor	71% (AP-1106) 74% (AP-1206)
High Voltage Standoff Potential	2200 Volts
Ground Continuity of Frame	< 1 ohm
Weight (Wind) Bearing Potential	50 lbs/ft² (125 mph equiv.) (2400 N/m² (200 kph equiv.))
Hailstone Impact Resistance	1" @ 50 mph (24 mm @ 80 kph)



TYPICAL OUTPUT SPECIFICATIONS

@ Standard Test Conditions (defined as: Irradiance = 1000 W/m²; cell temperature = 25°C;
solar spectral irradiance per ASTM E892 (air Mass = 1.5))

Peak Power * (W_p)	110 Watts	120 Watts
Open Circuit Voltage (V_{oc})	20.7 Volts	21.0 Volts
Max. Power Voltage (V_{mp})	16.7 Volts	16.9 Volts
Short Circuit Current (I_{sc})	7.5 Amps	7.7 Amps
Max. Power Current (I_{mp})	6.6 Amps	7.1 Amps
Weight	26.1 lbs. (11.9 kg)	
Dimensions	58.1 x 26.0 x 1.4 in. (1476.0 x 660.0 x 35.0 mm)	

*rated power tolerance ±10%



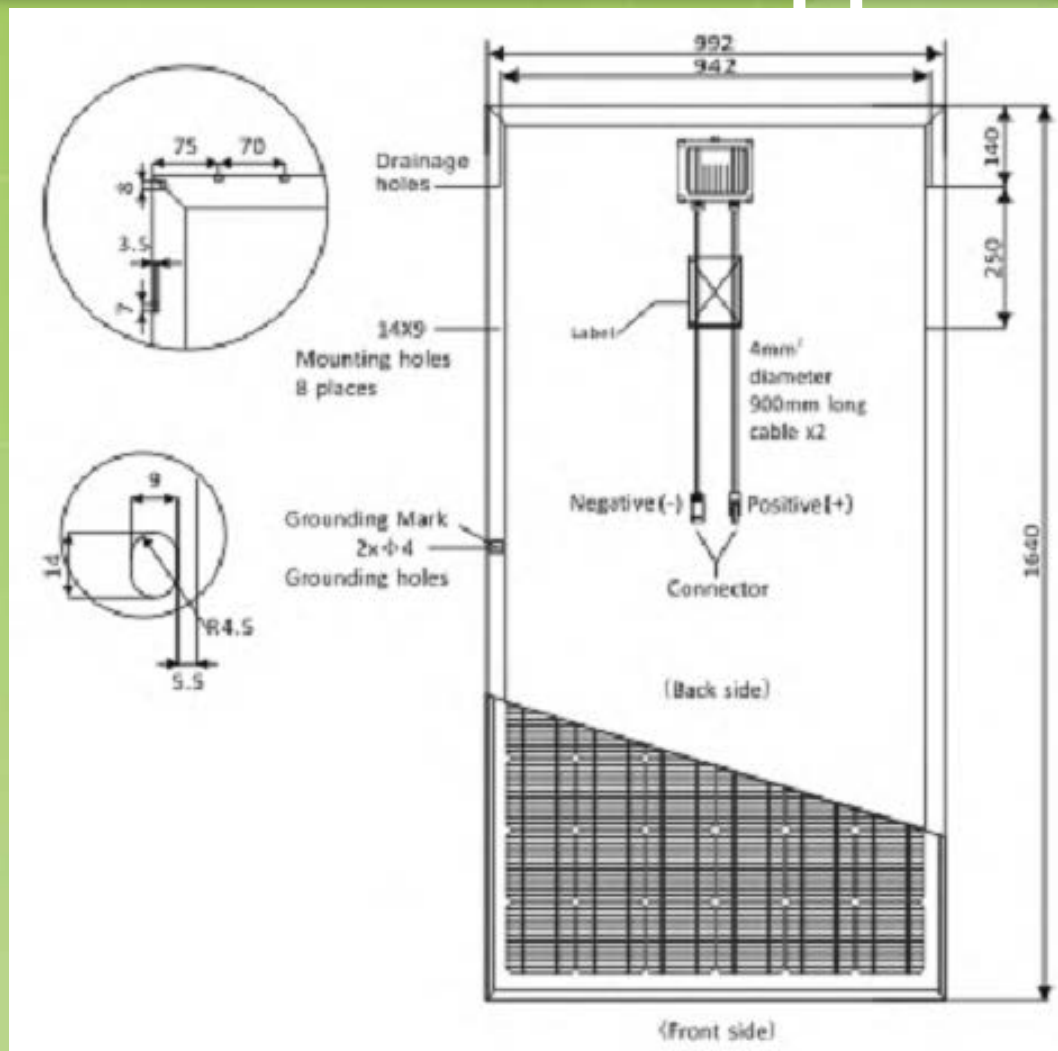
EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006



КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ



MONO CRYSTALLINE MODULE
60x6"/210-260W

vs.

POLY CRYSTALLINE MODULE
60x6"/200-245W

**EnerGAIN**

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија



Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ

mono

Model	Pm(Wp)	Tolerance	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)	η
SYP210M	210W	0~+3%	29.00	7.24	36.50	7.88	>12.91%
SYP220M	220W	0~+3%	29.50	7.45	37.00	8.10	>13.52%
SYP230M	230W	0~+3%	29.80	7.73	37.00	8.22	>14.14%
SYP240M	240W	0~+3%	30.20	7.95	37.20	8.33	>14.75%
SYP245M	245W	0~+3%	30.30	8.09	37.40	8.48	>15.03%
SYP250M	250W	0~+3%	30.40	8.25	37.50	8.59	>15.36%
SYP255M	255W	0~+3%	30.50	8.39	37.50	8.64	>15.64%
SYP260M	260W	0~+3%	30.50	8.53	37.50	8.77	>15.96%

poly

Model	Pm(Wp)	Tolerance	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)	η
SYP200S	200W	0~+3%	28.60	7.00	36.50	7.65	>12.30%
SYP210S	210W	0~+3%	29.00	7.25	36.50	7.88	>12.93%
SYP215S	215W	0~+3%	29.20	7.37	36.70	7.92	>13.23%
SYP220S	220W	0~+3%	29.50	7.46	37.00	8.10	>13.53%
SYP225S	225W	0~+3%	29.60	7.61	37.00	8.14	>13.85%
SYP230S	230W	0~+3%	29.80	7.73	37.00	8.22	>14.16%
SYP235S	235W	0~+3%	30.00	7.84	37.10	8.28	>14.46%
SYP240S	240W	0~+3%	30.20	7.96	37.20	8.33	>14.78%
SYP245S	245W	0~+3%	30.30	8.09	37.30	8.34	>15.07%



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006



КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ

Temperature Coefficients

Temperature Coefficient of VOC(β)	-0.33%/°C
Temperature Coefficient of ISC(α)	+0.03%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C

mono

Temperature Coefficients

Temperature Coefficient of VOC(β)	-0.33%/°C
Temperature Coefficient of ISC(α)	+0.033%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C

poly



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

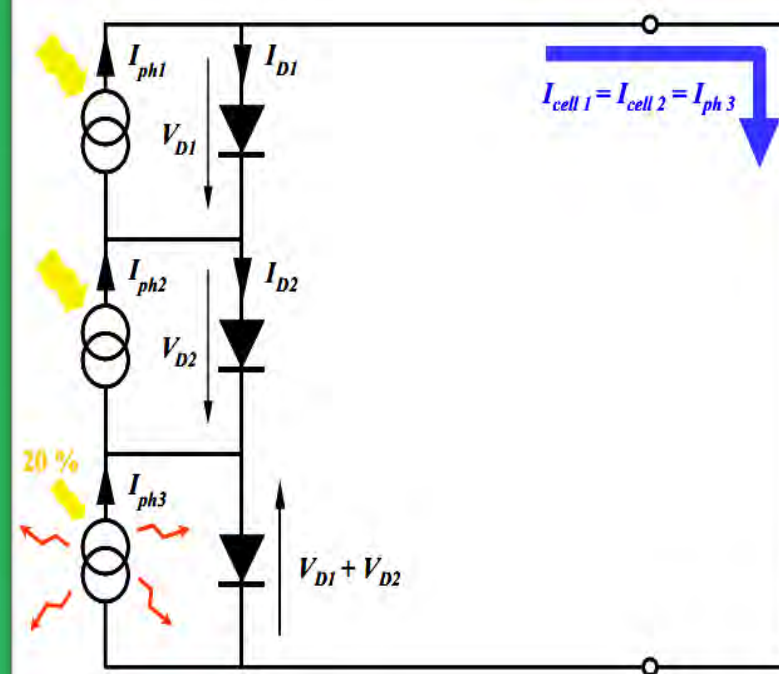


CCI 2014TC16I5CB006



HOT-SPOT ЕФЕКТ

- Ако третата ќелија е делумно засенета струјата од осветлувањето ќе биде сразмерно помала
- Иако другите две ќелии можат да создадат поголеми струи, струјата во колото е ограничена со струјата од делумно засенетата ќелија
- Преостанатиот дел од струјата на незасенетите ќелии протекува низ сопствените диоди
- Диодата во засенетата ќелија е непропусно поларизирана со вкупниот напон на другите две ќелии
- Поради тоа засенетата ќелија ќе делува како потрошувач и во неа ќе се дисипира моќност
- Ќелијата ќе се загрева и во некои случаи може да се оштети



Загревањето на засенетата ќелија поради дисипацијата на моќност се нарекува **hot-spot ефект!!!**



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

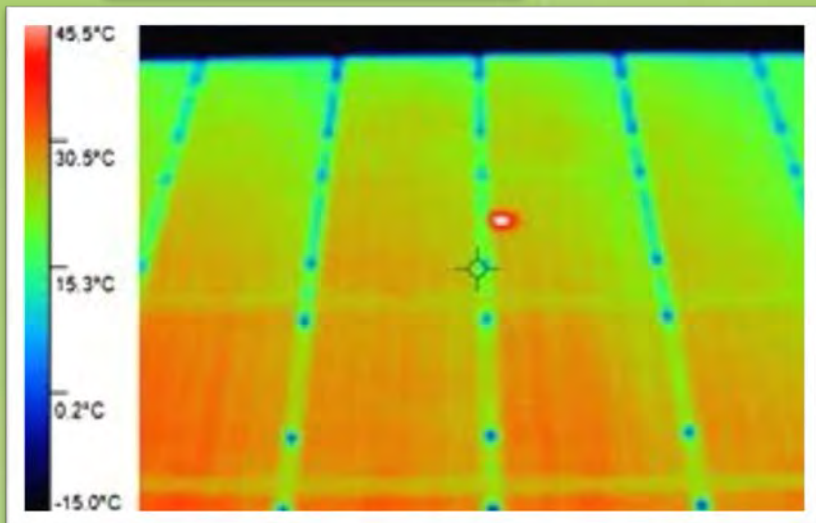
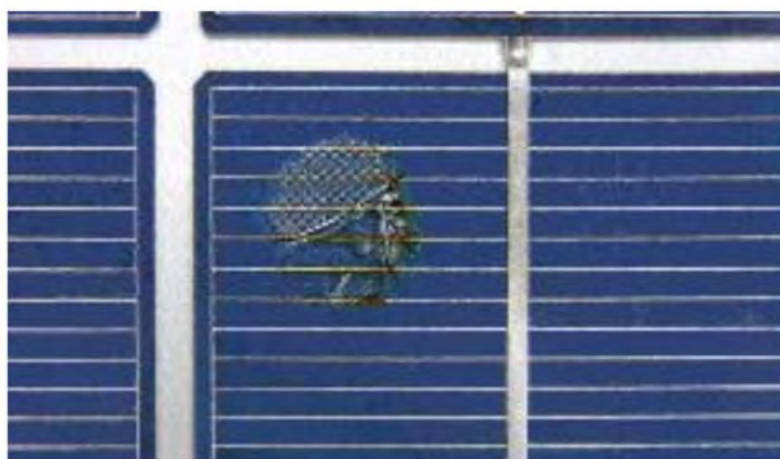
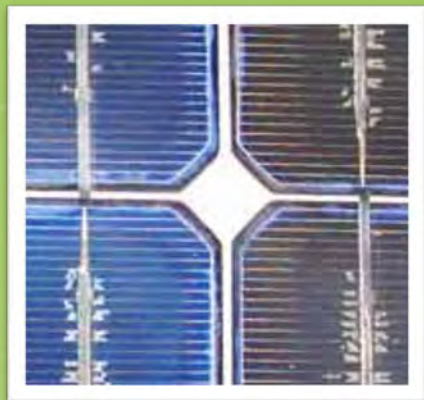
Interreg - IPA CBC



CCI 2014TC16I5CB006



HOT-SPOT ЕФЕКТ



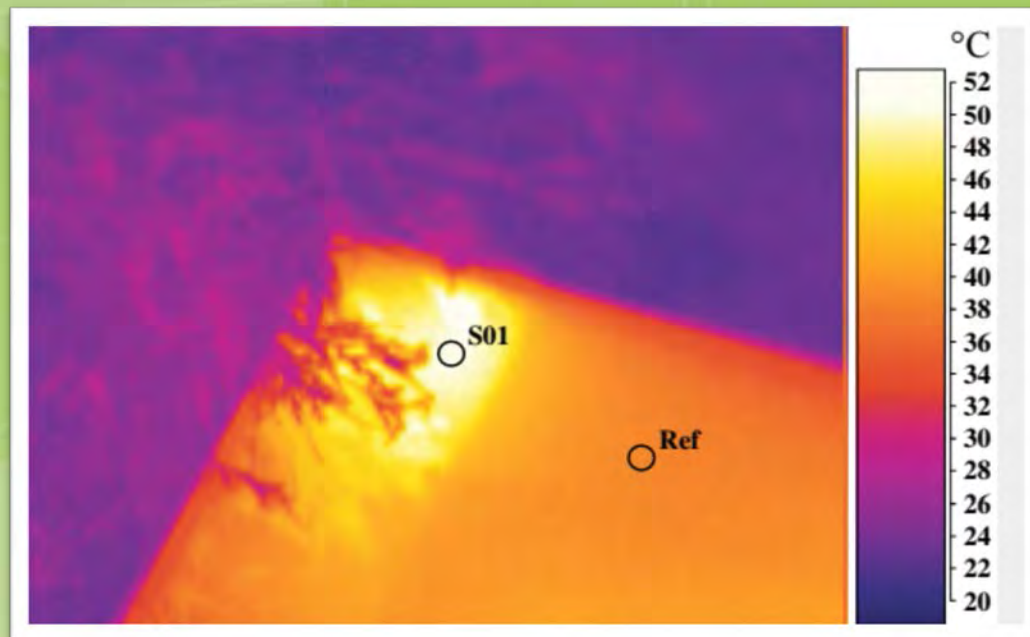


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

HOT-SPOT ЕФЕКТ





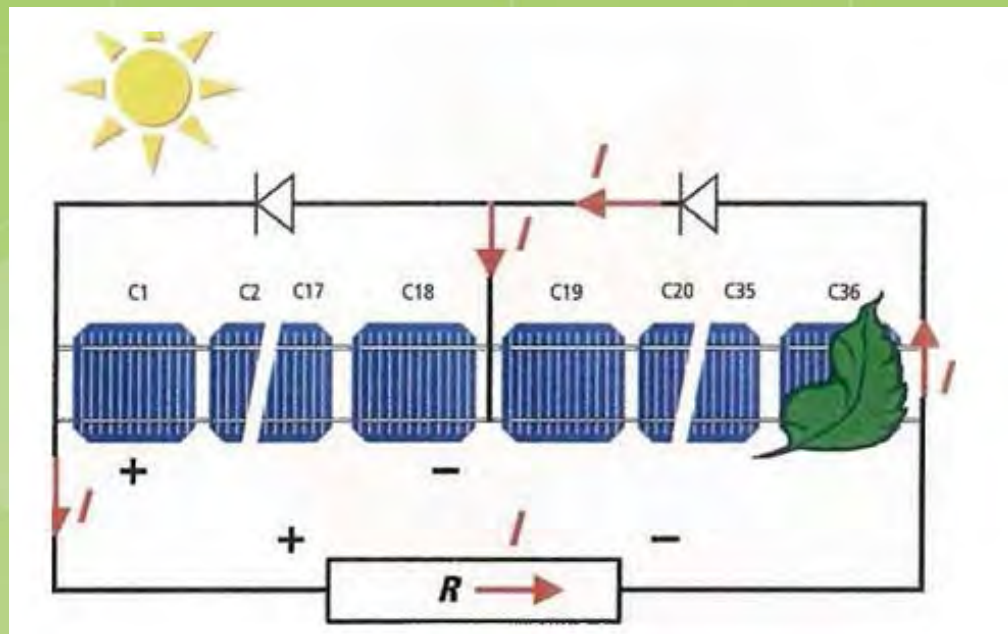
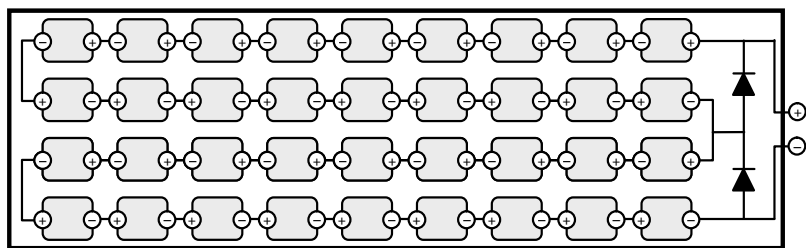
EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

БYPASS-ДИОДИ

- Поставувањето на bypass диодите на краевите на секоја ќелија е неекономично
- Создава континуирани (но мали) загуби моќност
- Во практиката, по една bypass диода се поставува на секои 15-20 ќелии



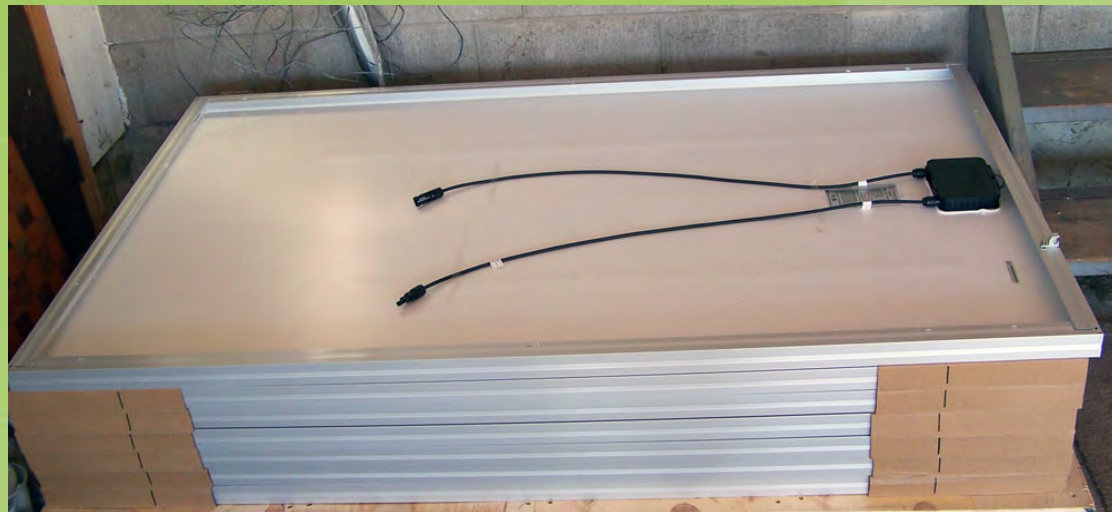


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДЛЧИ



Типови на конектори:

- MC4
- TYCO и др.



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ



CN25-CT Male



CN25-CT Female



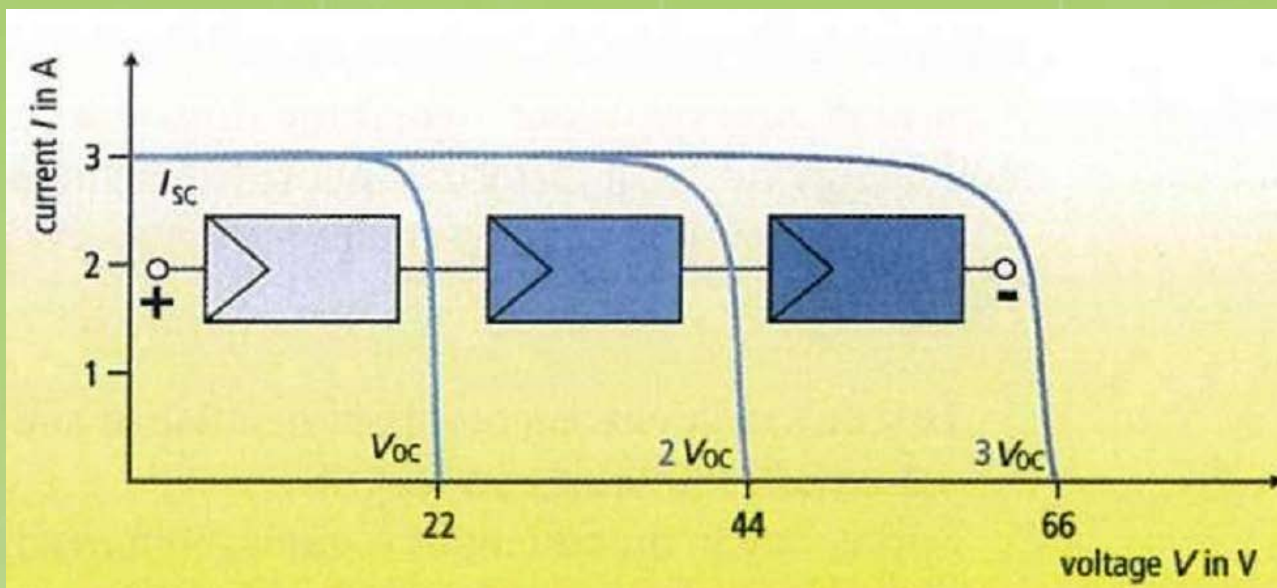


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

- ❖ ФВ генератор се состои од повеќе модули врзани во серија и паралелно
- ❖ Повеќе модули, врзани во серија формираат низа (string)
- ❖ Со сериско врзување на модулите се добива потребниот работен напон



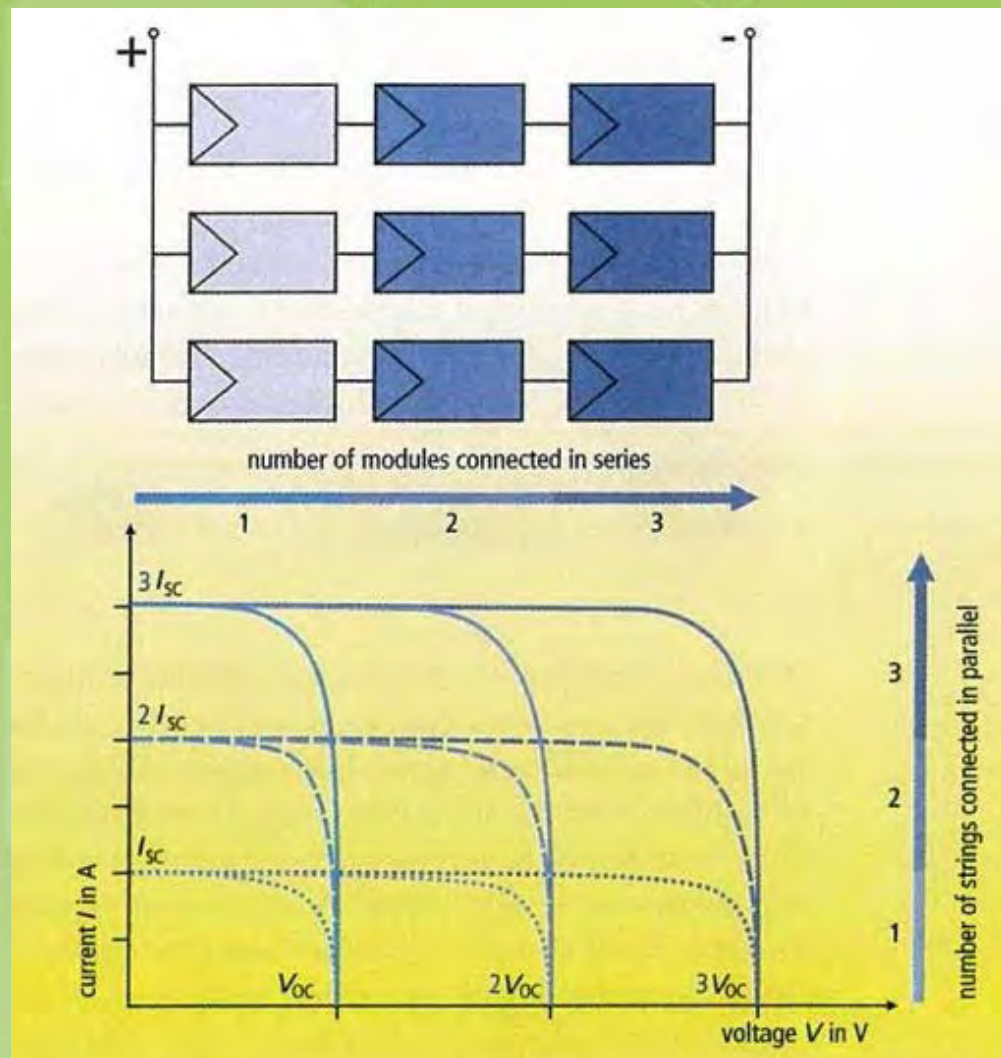


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

За добивање на поголема струја, повеќе стрингови се врзуваат паралелно



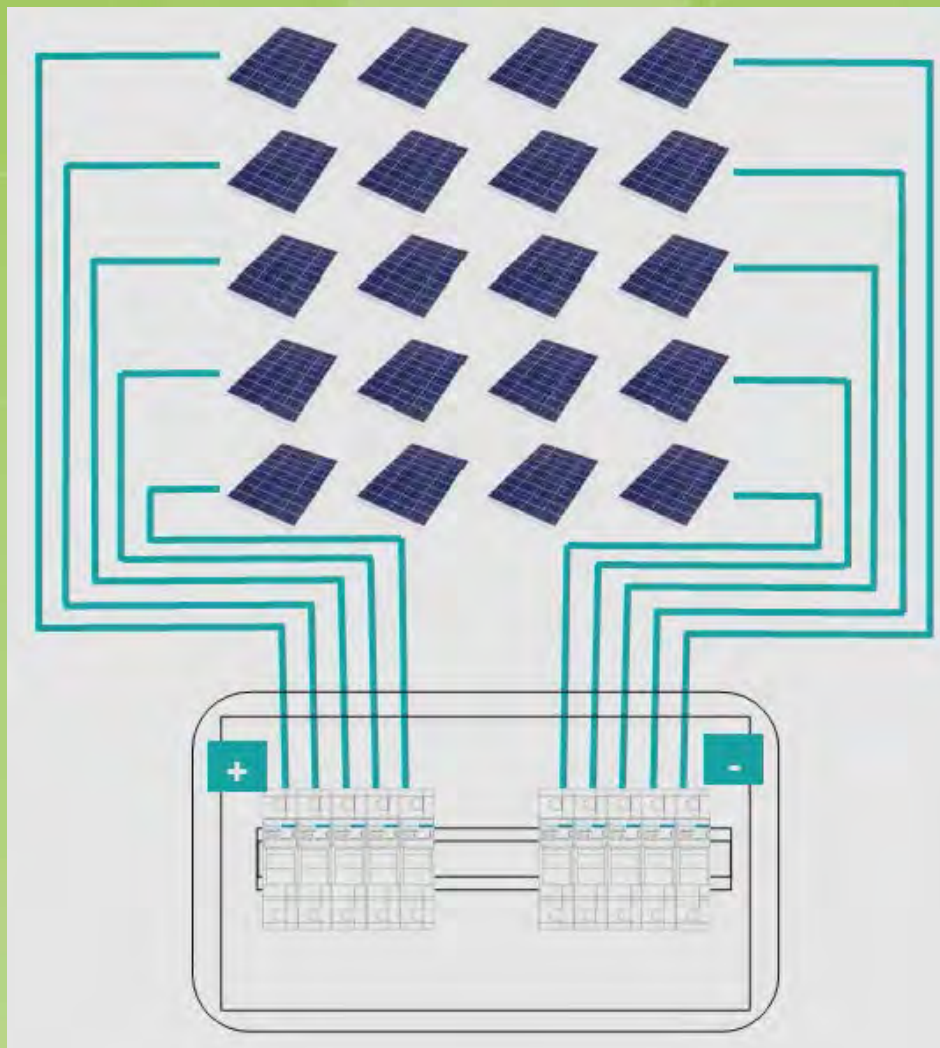


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ



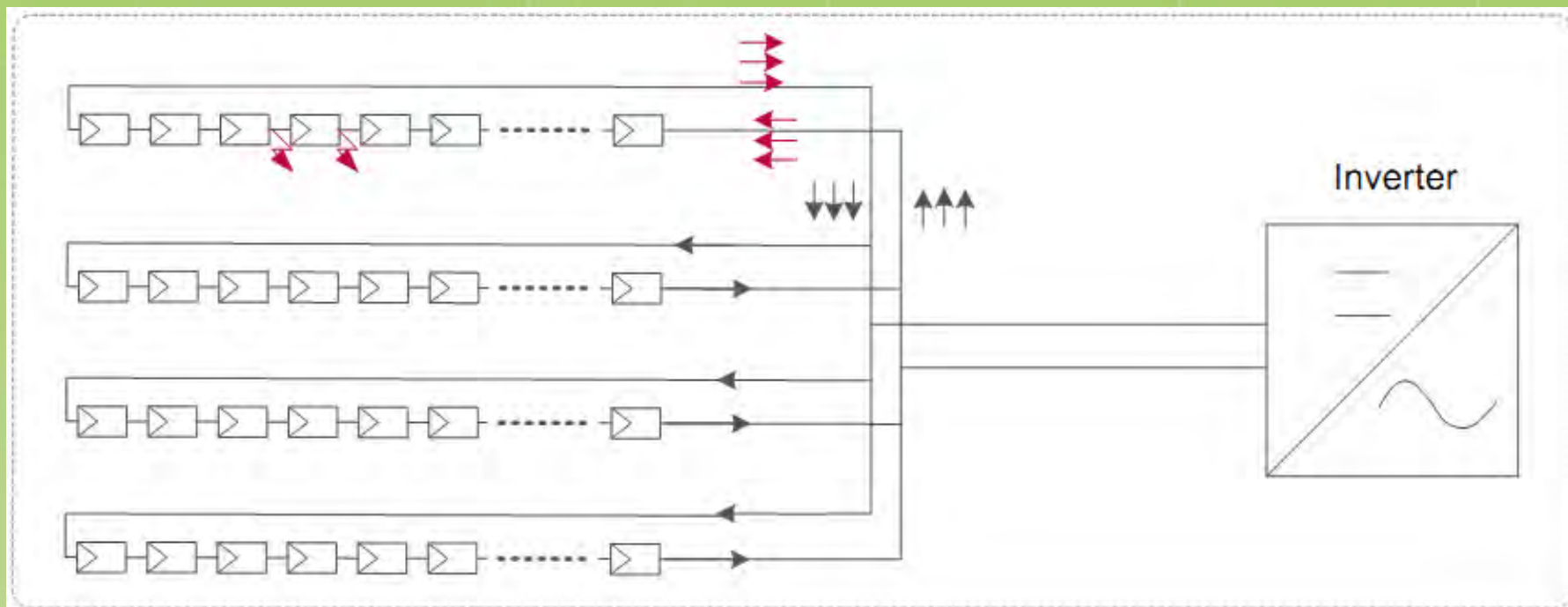


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

ОПАСНОСТ ОД РЕВЕРЗНА СТРУЈА

- Напонот на некој стринг може да се намали од повеќе причини (оштетување на ќелија, куса врска на модул и сл.)
- Струите од преостанатите стрингови ќе протекуваат низ стрингот со помал напон





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

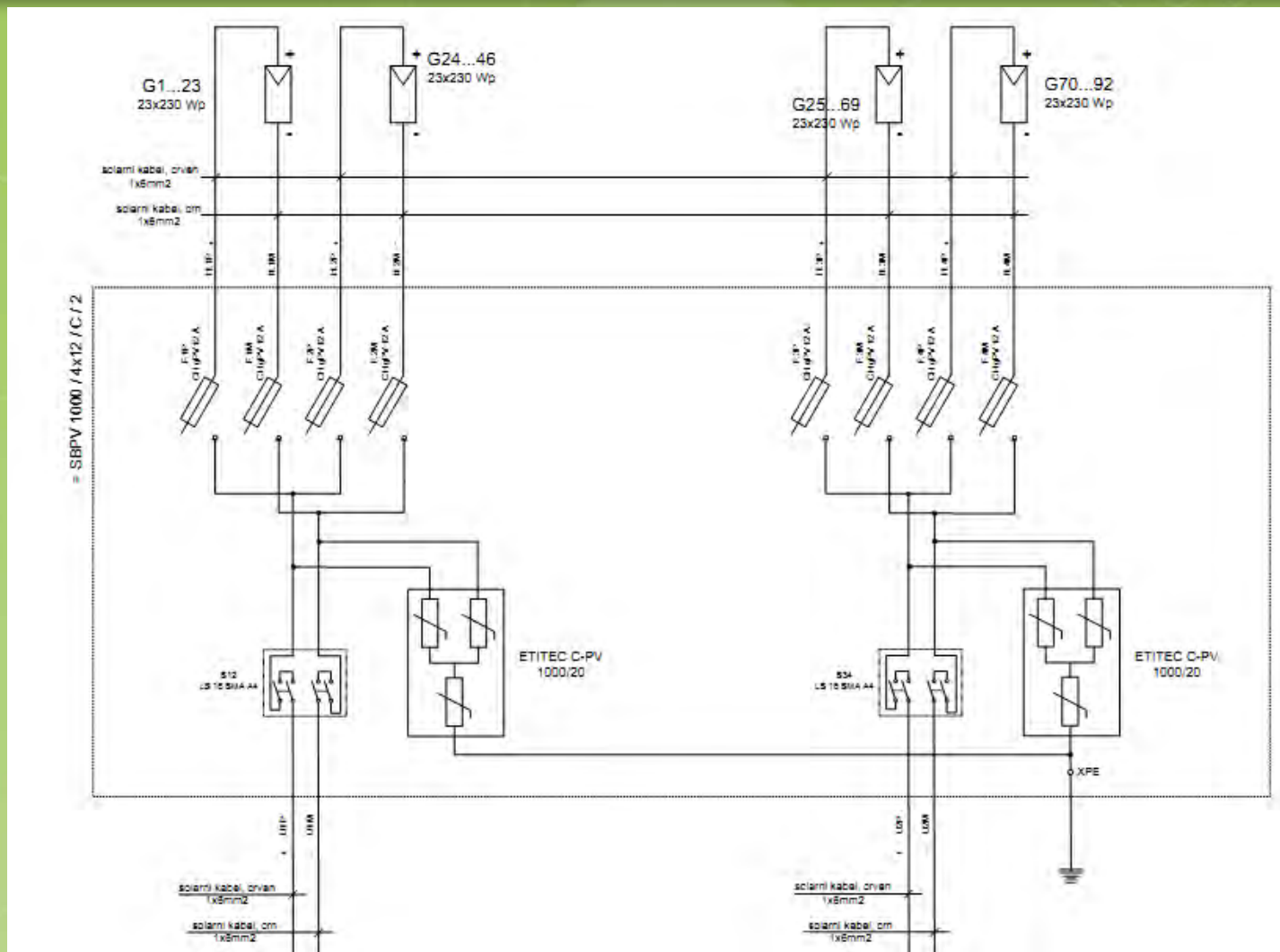
Interreg - IPA CBC



CCI 2014TC16I5CB006



JUNCTION BOX (СПОЈНА КУТИЈА)



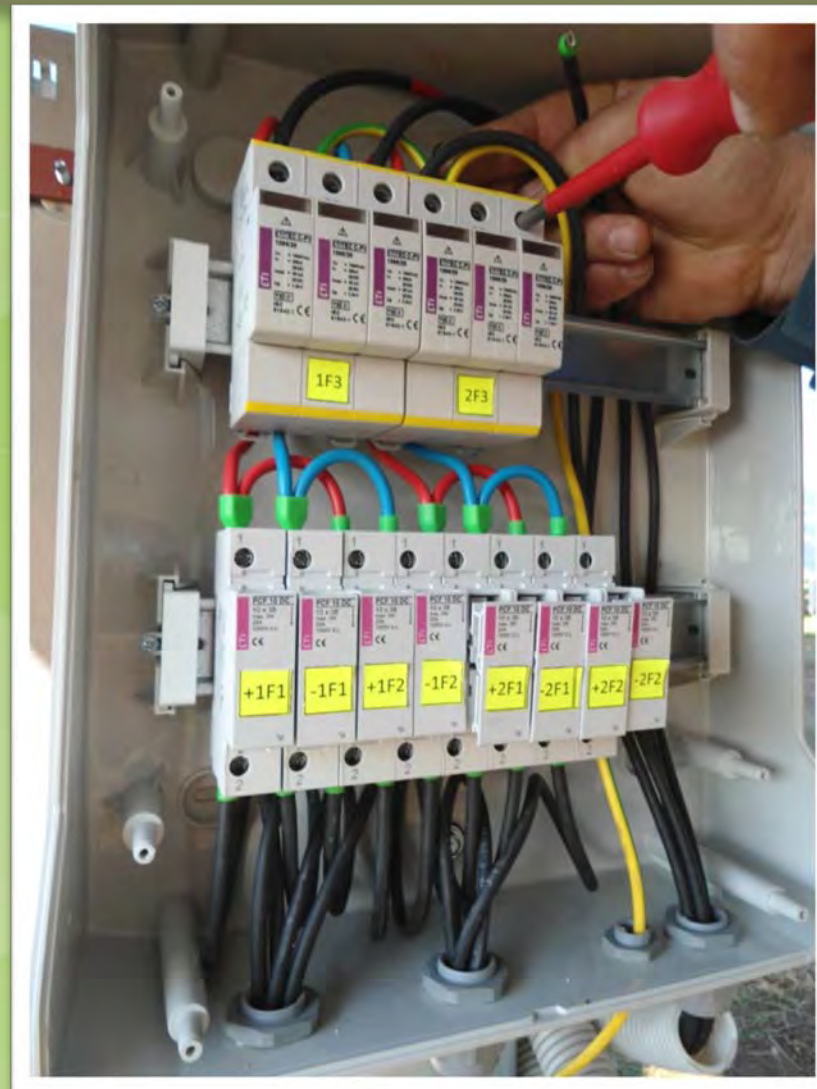


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

JUNCTION BOX (СПОЈНА КУТИЈА)



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

НОСЕЧКА КОНСТРУКЦИЈА (со набивање во земја)



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

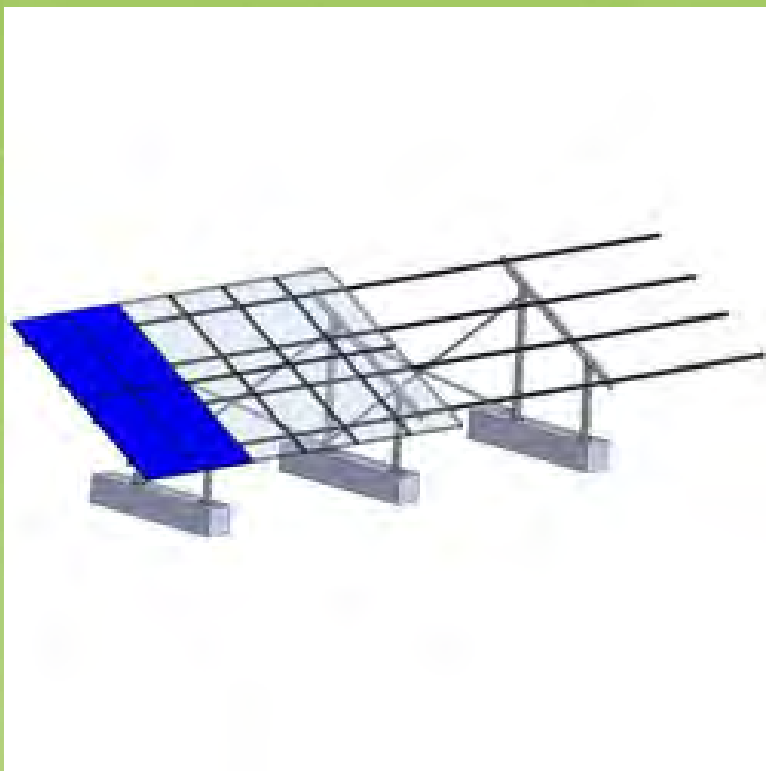


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

НОСЕЧКА КОНСТРУКЦИЈА (со бетонска подлога)





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

СЛЕДЕЊЕ ПО ЕДНА ОСКА





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

СЛЕДЕЊЕ ПО ДВЕ ОСКИ (TWO AXES TRACKING)



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

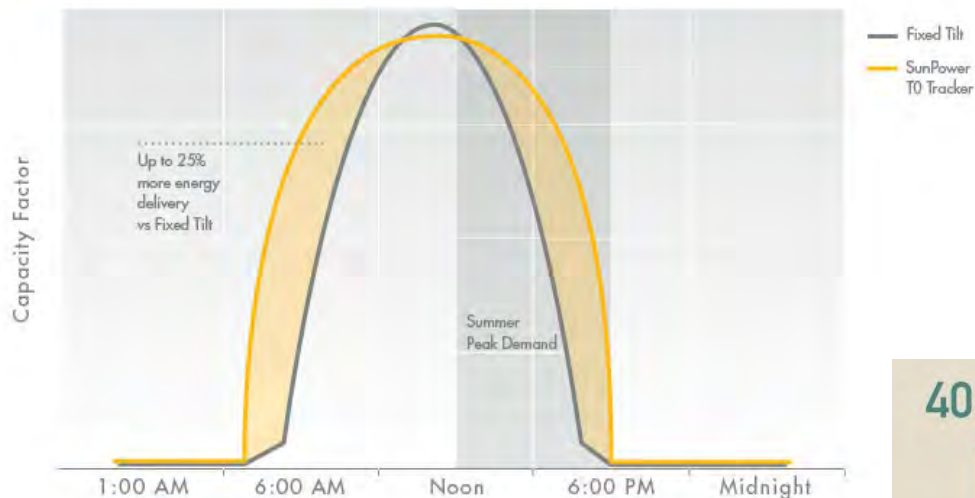


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

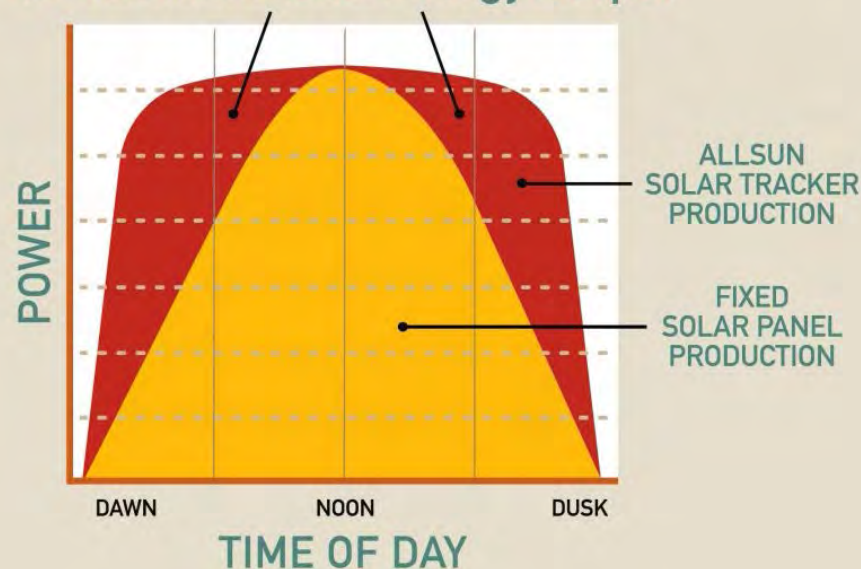
Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

SunPower Single Axis Tracker vs Fixed Tilt System



TRACKING VS. FIXED

40-45% Increased Energy Output



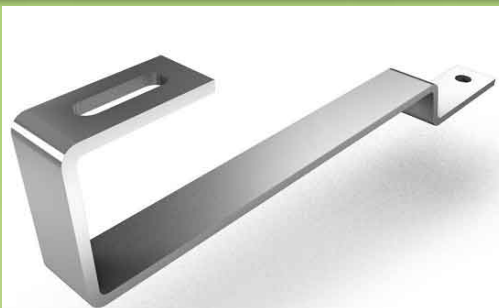


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОСТАВУВАЊЕ НА ПОКРИВ



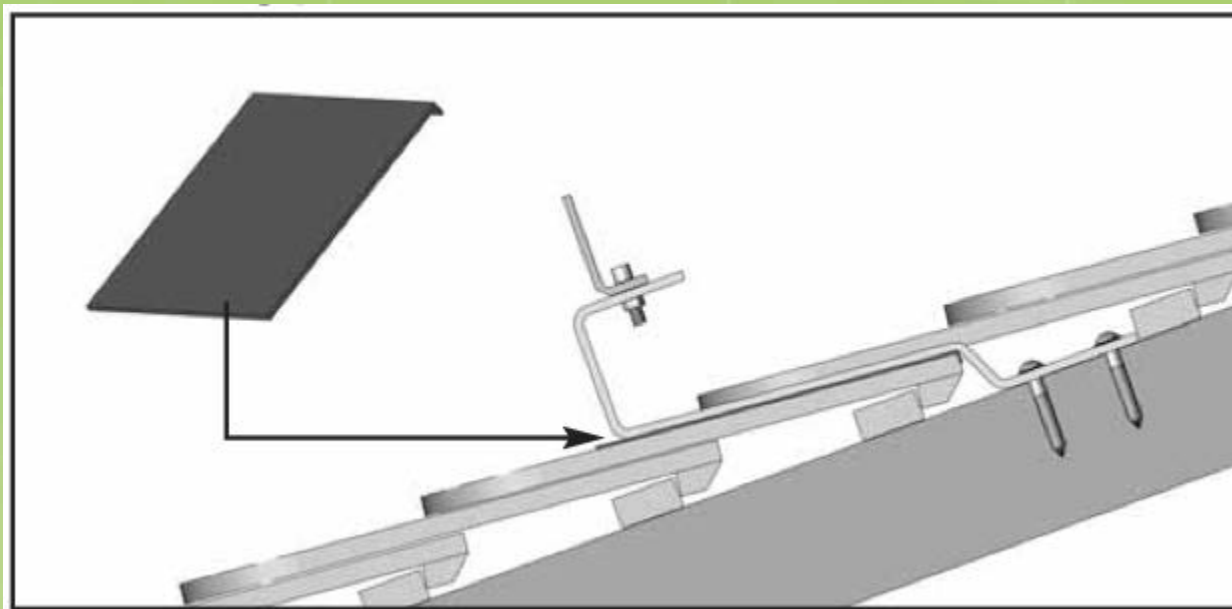
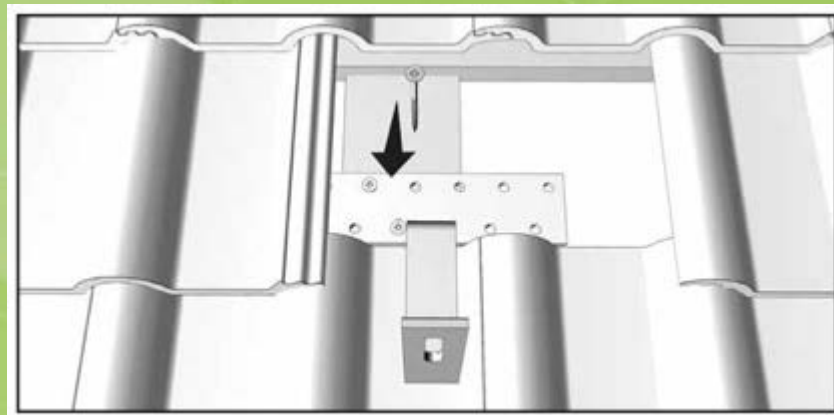


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОСТАВУВАЊЕ НА ПОКРИВ





EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОСТАВУВАЊЕ НА ПОКРИВ



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

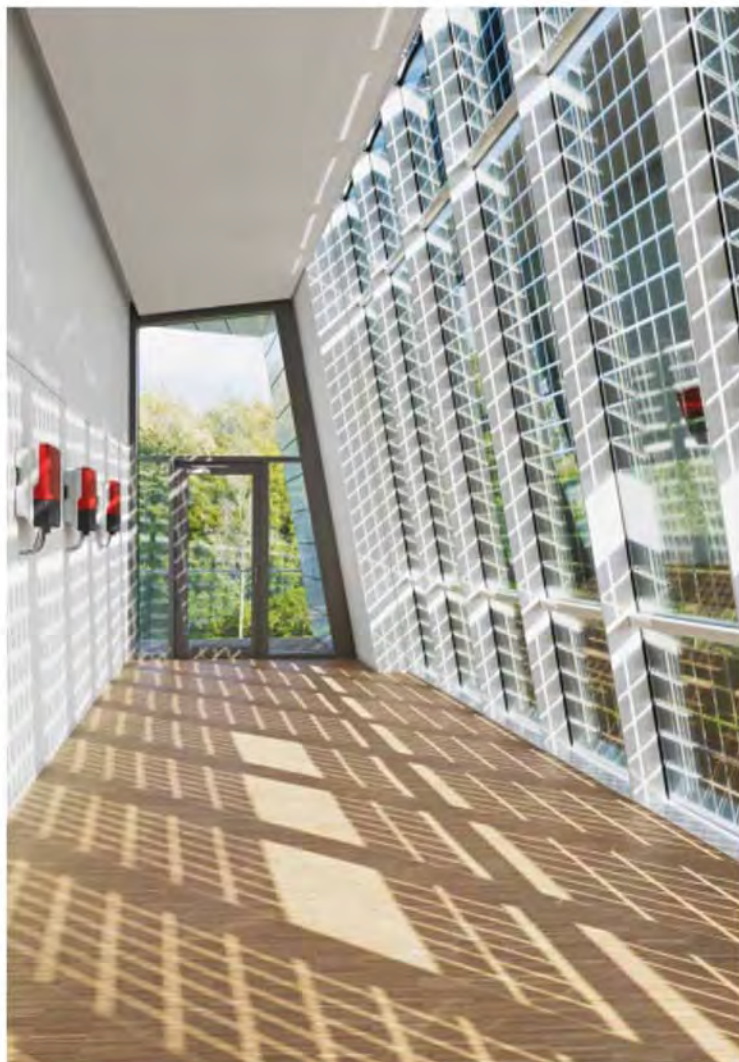


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ПОСТАВУВАЊЕ НА ФАСАДА





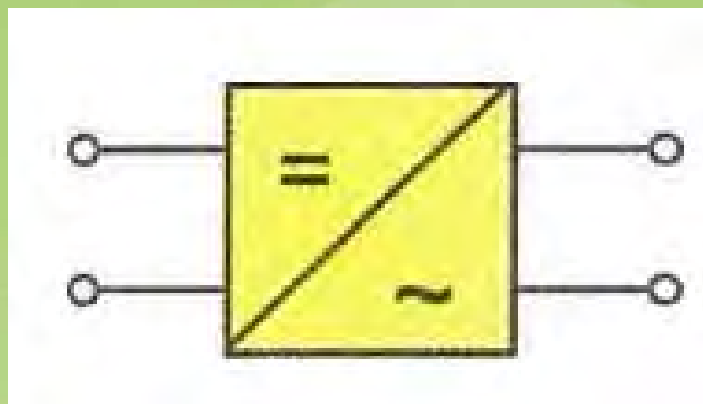
EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ИНВЕРТОРИ

- Напонот и струјата од ФВ генератор се еднонасочни
- За да може да се поврзуваат со електродистрибутивната мрежа или да снабдуваат наизменични потрошувачи се користат инвертори
- Инверторите вршат претворба на еднонасочните напони и струи во наизменични



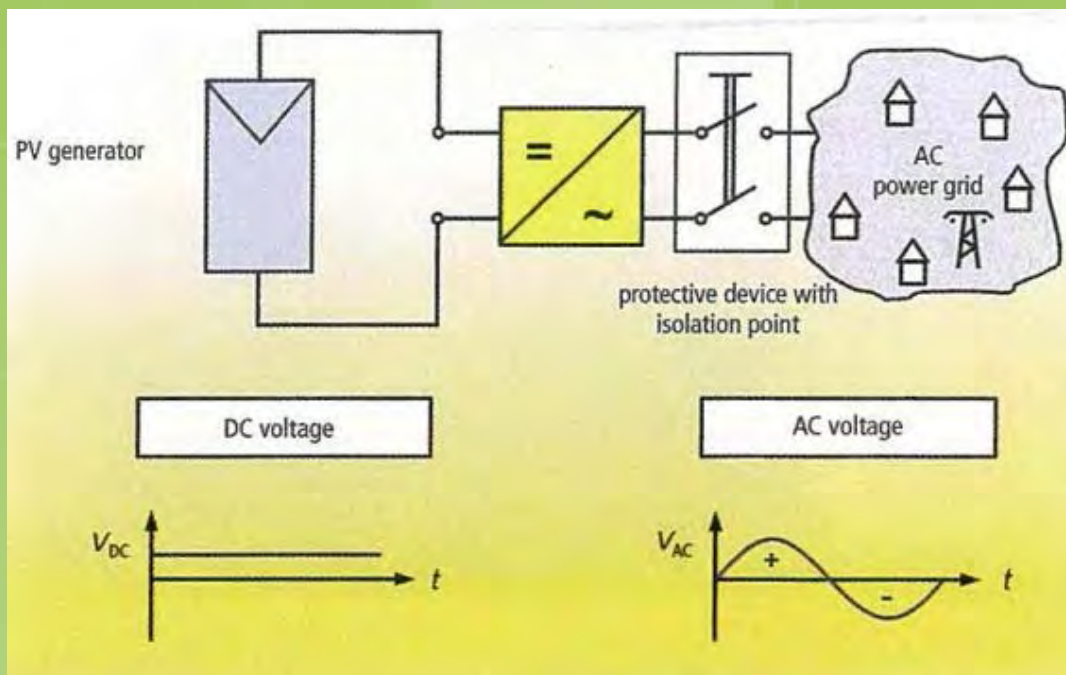


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ИНВЕРТОРИ ВРЗАНИ НА МРЕЖА



Современите инвертори покрај DC/AC конверзијата вршат и:

- ❖ Прилагодување на работната точка на ФВ генераторот за да работи во режим на максимална моќност (MPPT)
- ❖ Контрола на реактивната енергија, заштита, мониторинг, ...

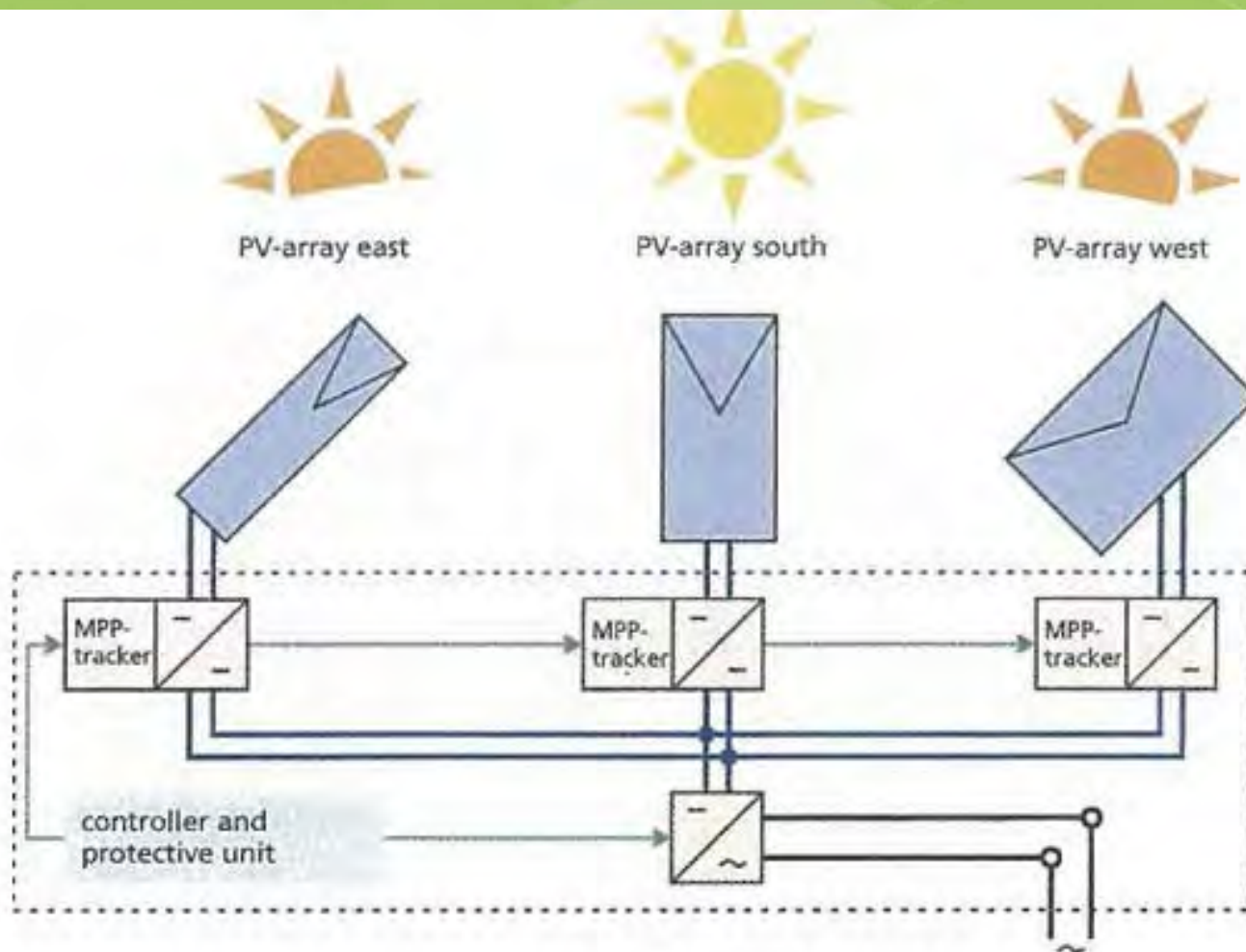


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ИНВЕРТОРИ СО ПОВЕЌЕ MPPT-а



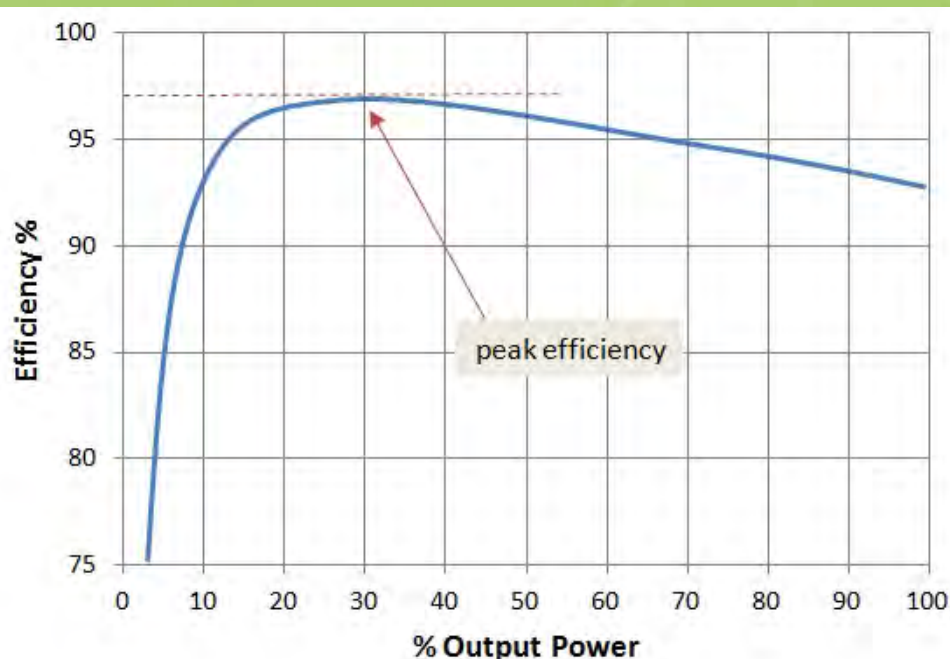


EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006

ЕФИКАСНОСТ НА ИНВЕРТОРИТЕ (peak, CEC, EURO)



$$\eta_{inv} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

California Energy Commission (CEC) weighted efficiency

$$\eta_{CEC} = 0.04 \cdot \eta_{10\%} + 0.05 \cdot \eta_{20\%} + 0.12 \cdot \eta_{30\%} \\ + 0.21 \cdot \eta_{50\%} + 0.53 \cdot \eta_{75\%} + 0.05 \cdot \eta_{100\%}$$

European weighted efficiency

$$\eta_{EU} = 0.03 \cdot \eta_{5\%} + 0.06 \cdot \eta_{10\%} + 0.13 \cdot \eta_{20\%} \\ + 0.10 \cdot \eta_{30\%} + 0.48 \cdot \eta_{50\%} + 0.20 \cdot \eta_{100\%}$$



EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија

Interreg - IPA CBC 
  CCI 2014TC16I5CB006



ddimitar@feit.ukim.edu.mk