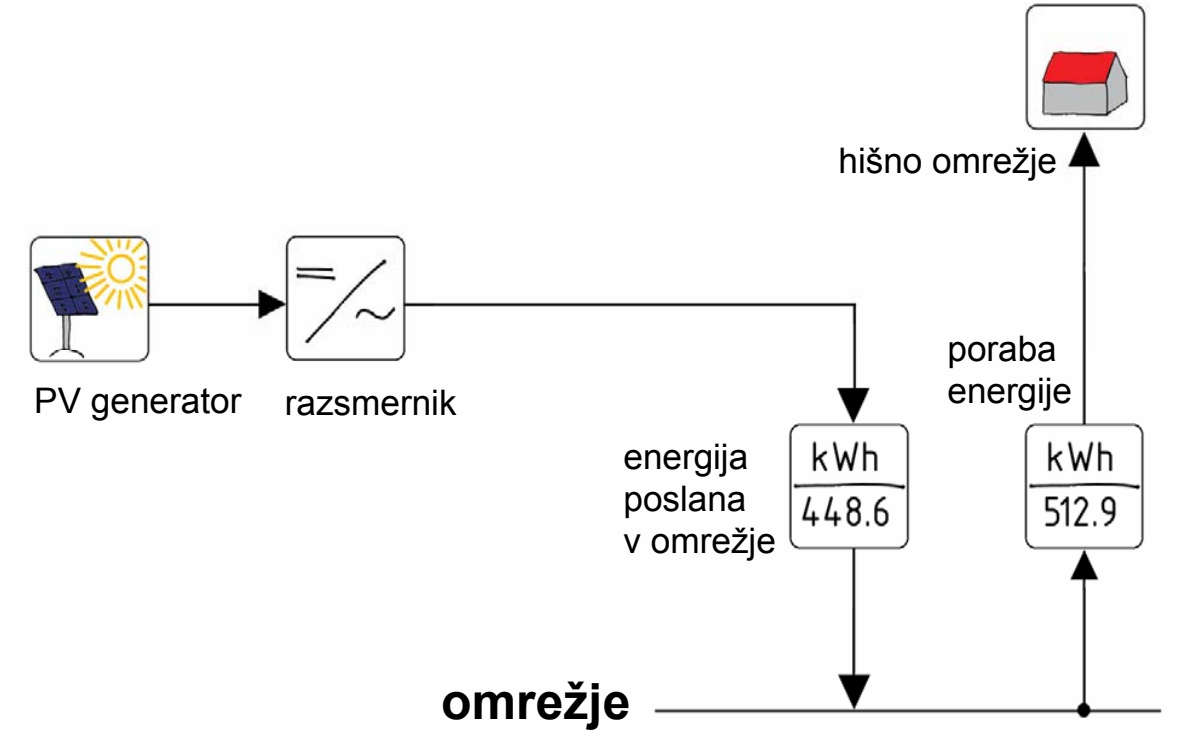


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Načrtovanje omrežnih sistemov

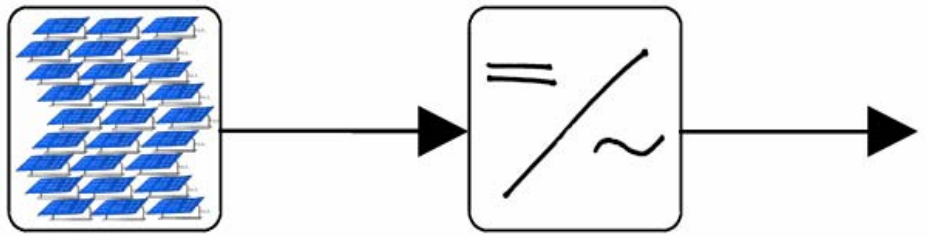
Kristijan Brecl

Osnovna shema omrežnega sistema





Osnovna shema centralnega omrežnega PV sistema





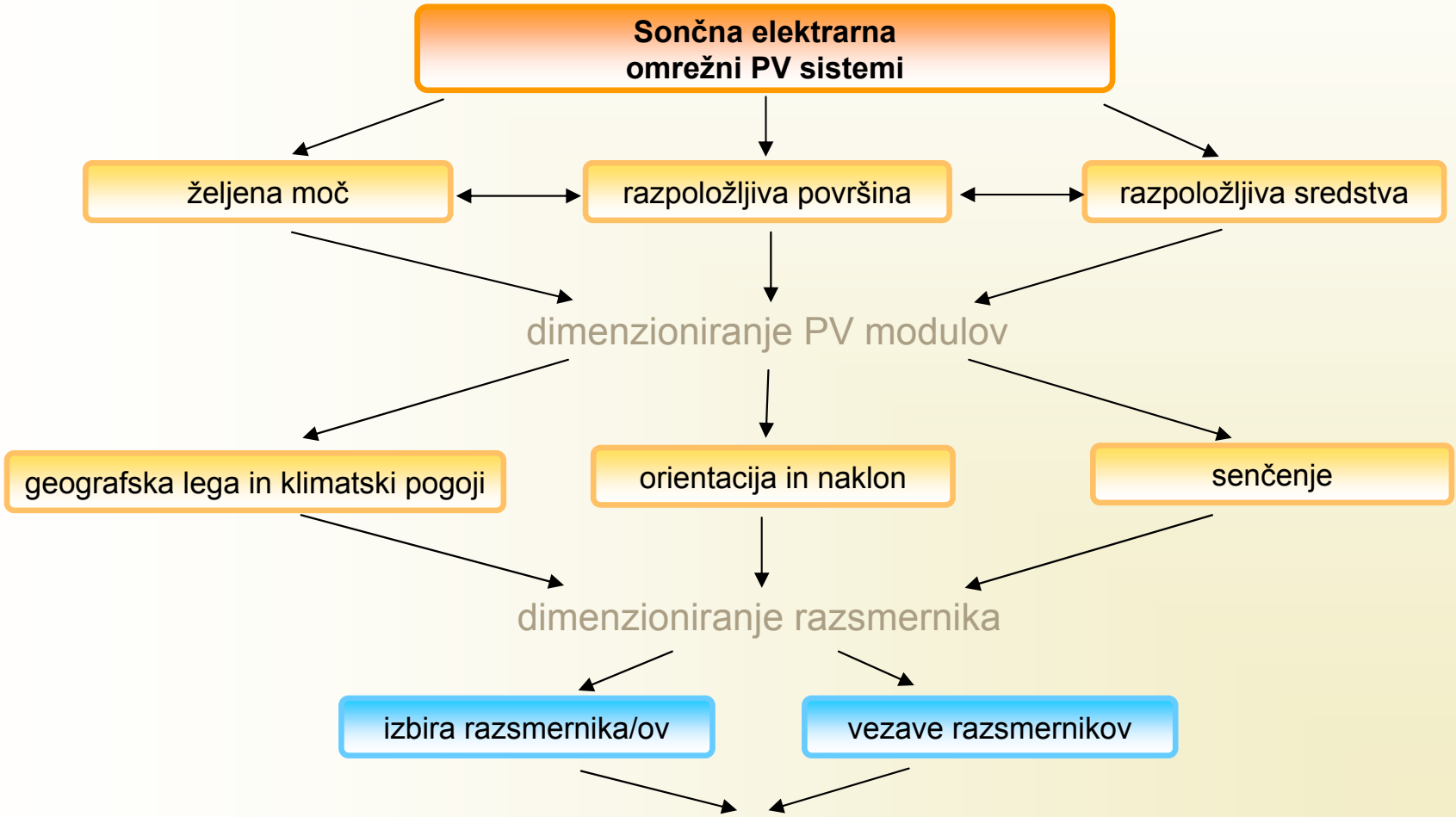
Nogometni stadion v Freiburgu: 100 kWp



Sejmišče v Münchenu: 2MWp

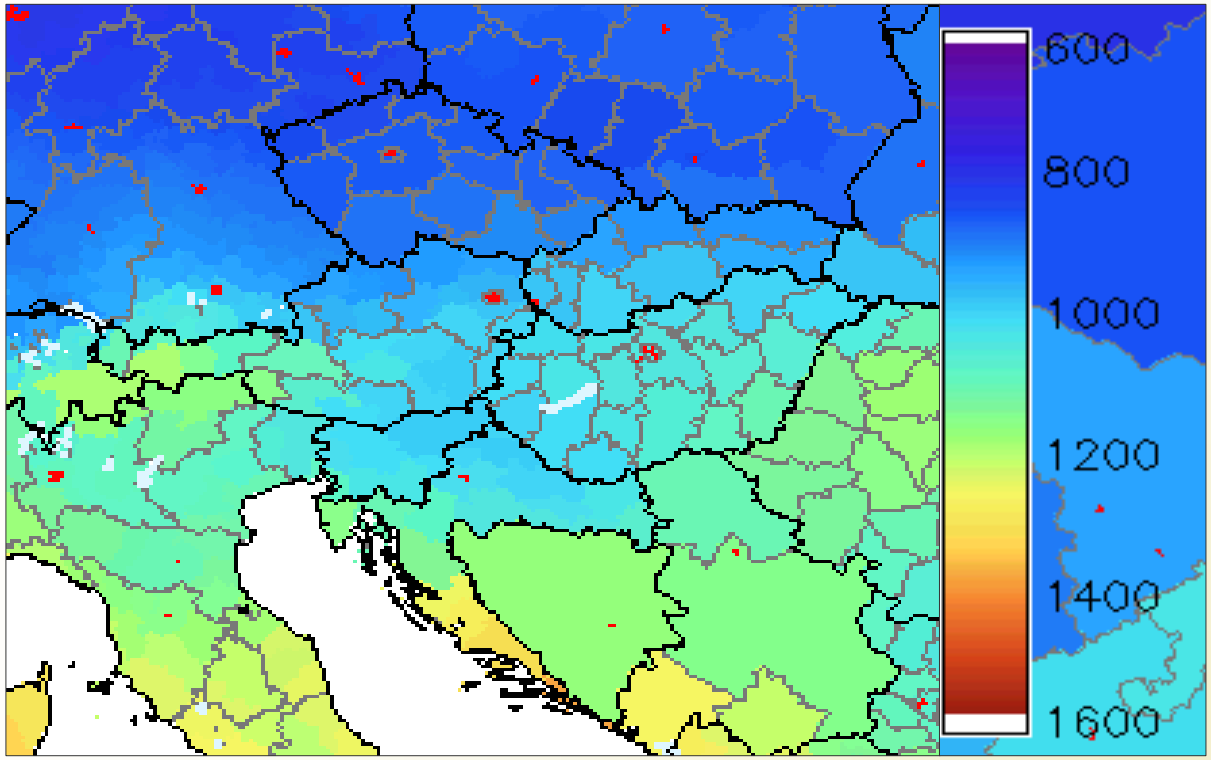
Dimenzioniranje sončne elektrarne

Dimenzioniranje sončne elektrarne poteka po kriteriju največje proizvodnje električne energije



Dimenzioniranje PV generatorja
Vpliv geografske lege

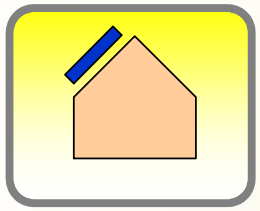
Letna proizvodnja el. energije (kWh) iz 1 kWp PVS
z idealno lego in naklonom ter brez senčenja



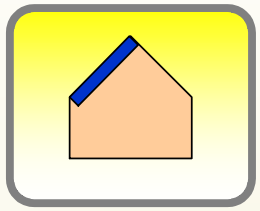
Vir:Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies, Ispra, Italy

Dimenzioniranje PV generatorja

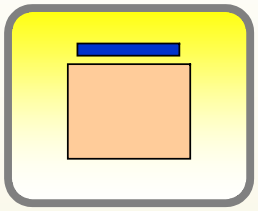
Načini postavitve PV generatorja v zgradbah



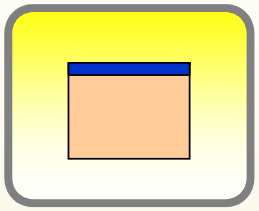
Nad poševno streho



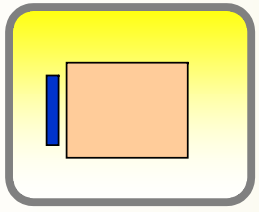
V poševno streho



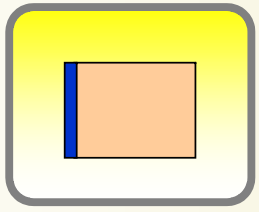
Nad ravno streho



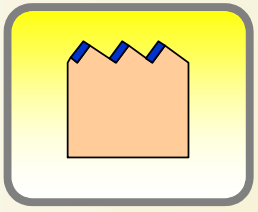
V ravni strehi



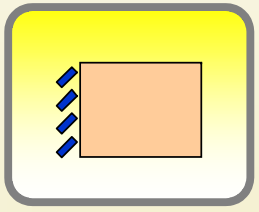
Pred fasado



V fasado



„Žagasta" streha

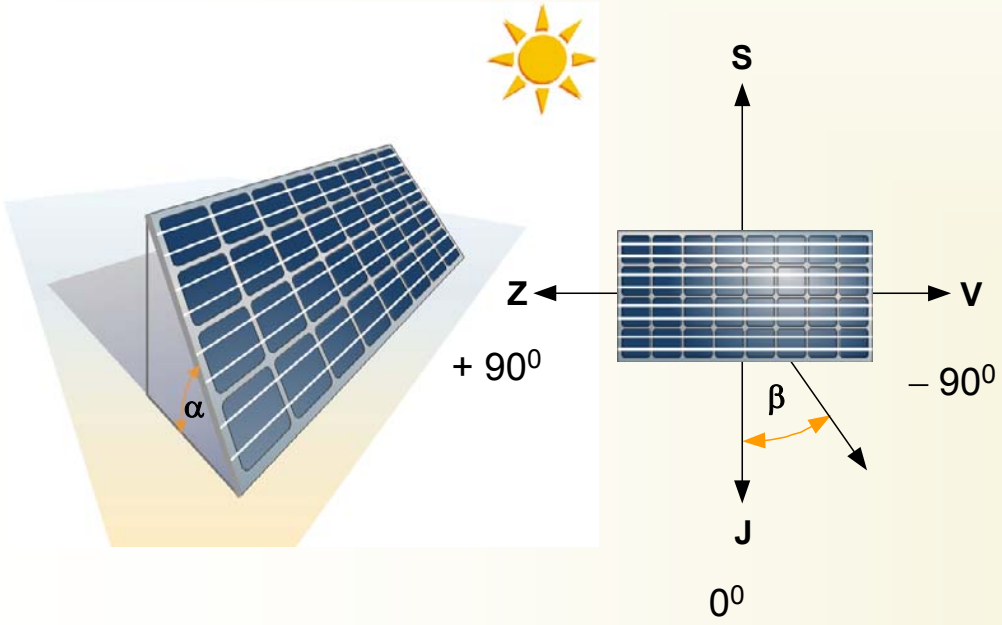


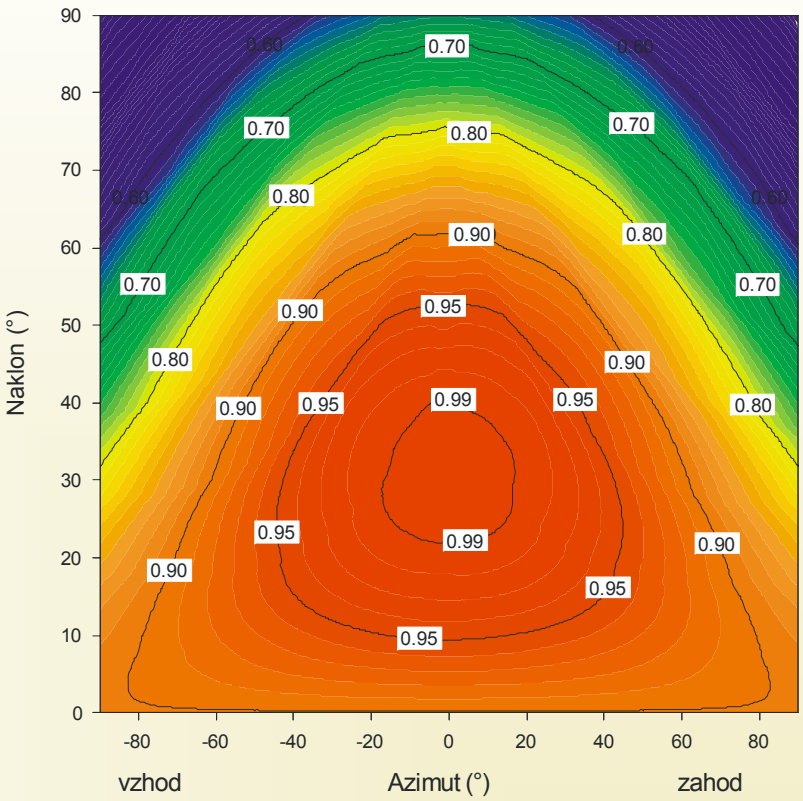
Senčila

Dimenzioniranje PV generatorja
Vpliv naklona in orientacije PV modulov

naklon

orientacija





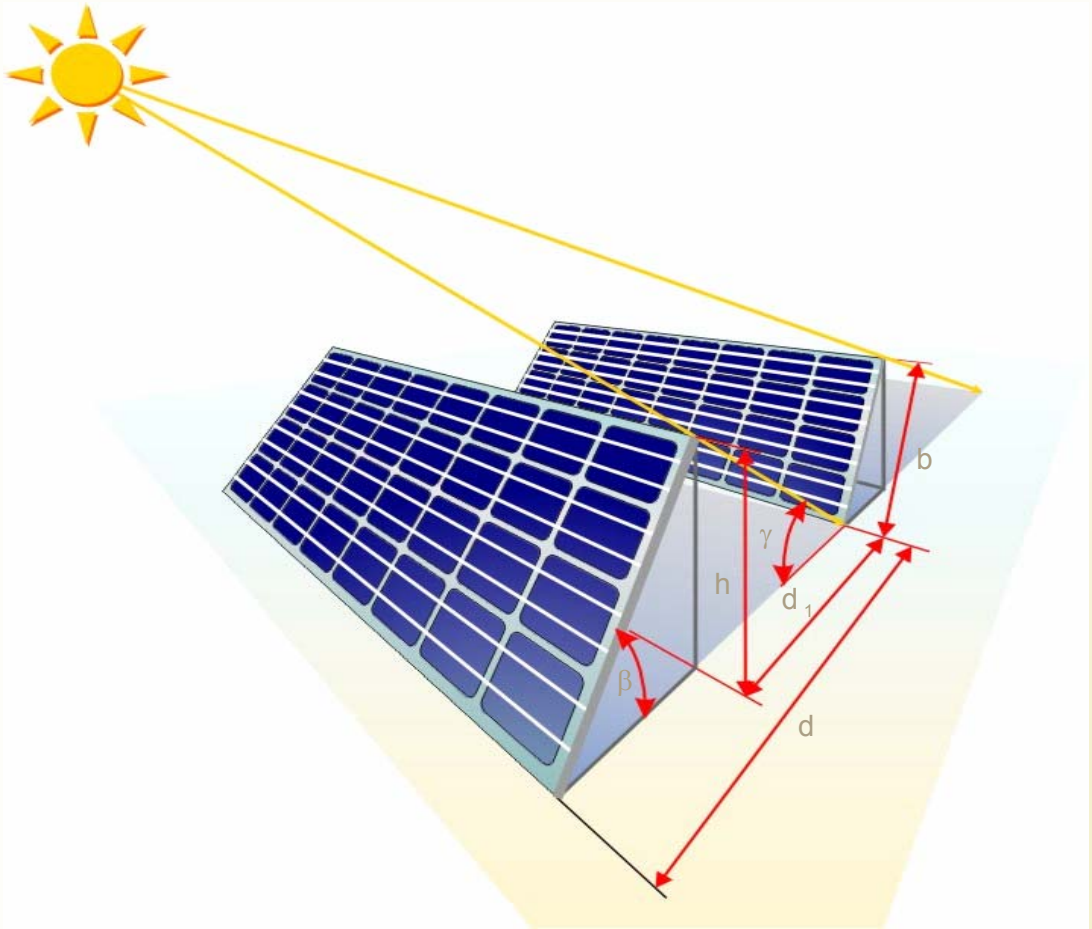
naklonski kot

azimutni kot

sončno obsevanje

Dimenzioniranje PV generatorja

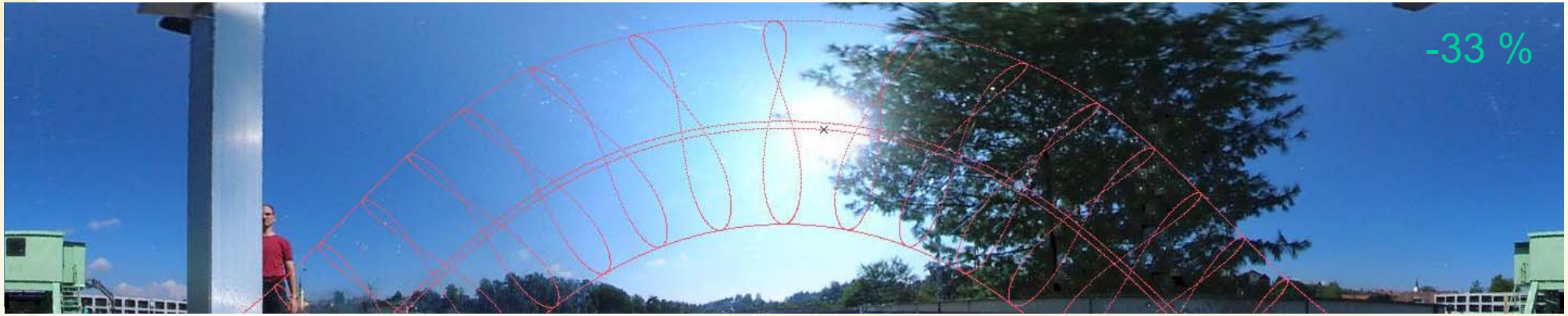
Vpliv lastnega senčenja



Lastnemu senčenju se izognemo s primerno izbranim razmikom med vrstami.

Dimenzioniranje PV generatorja

Vpliv senčenja okolice



Analizo vpliva senčenja izvedemo po vrisu poti Sonca v 360° dig. fotografijo

Dimenzioniranje PV generatorja
Vpliv senčenja okolice

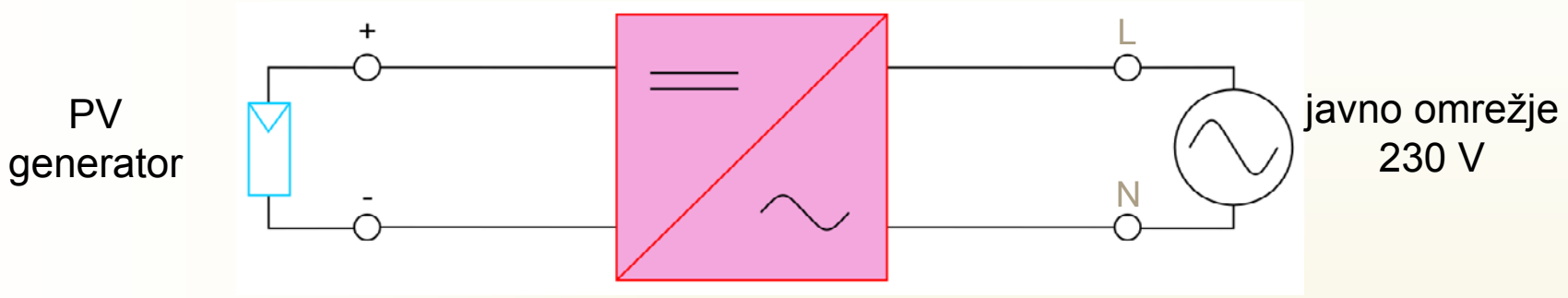




Slika: Frauenhofer ISE, Nemčija

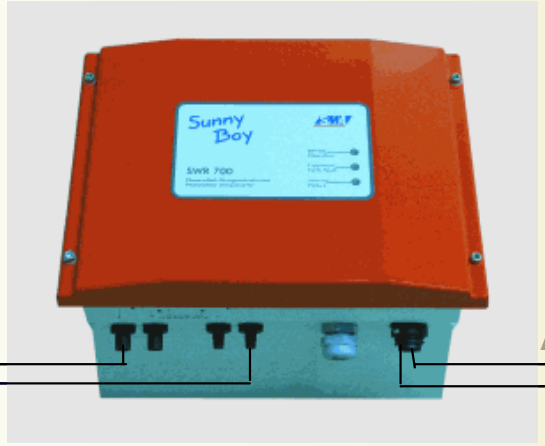
Dimenzioniranje razsmernika

Vloga razsmernika



enosmerna napetost
= DC → razsmernik → **izmenična napetost**
~ AC 230V

SMA Sunny Boy razsmernik



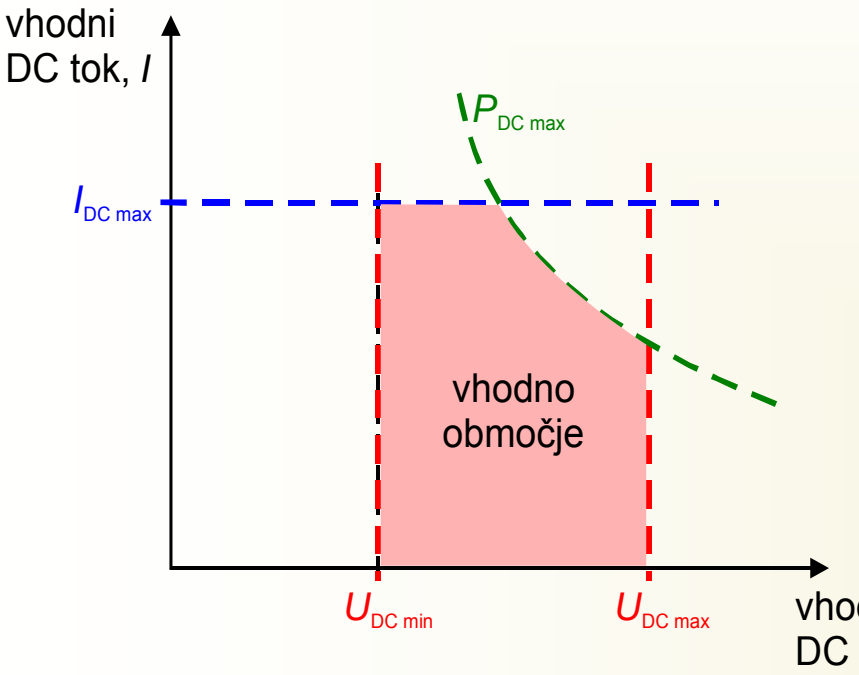
- enofazni (manjši PV sistemi)
- trofazni (večji PV sistemi)

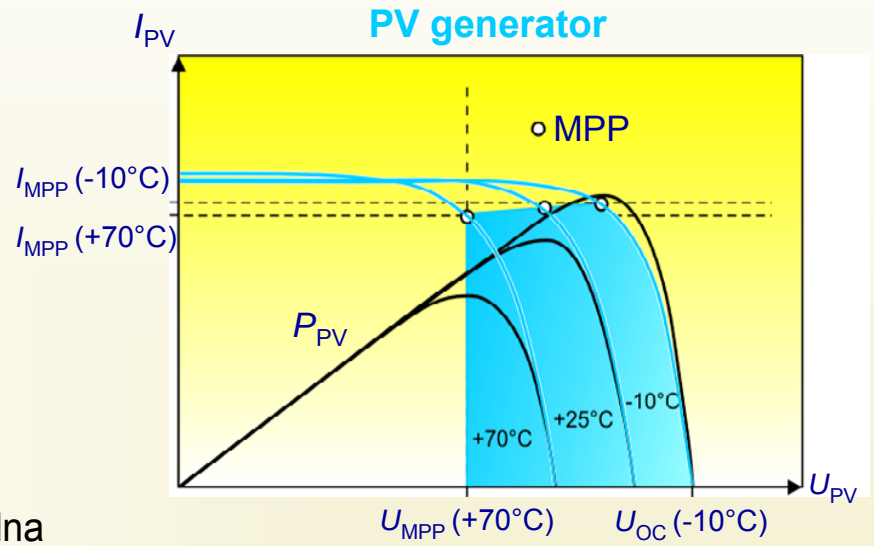
DC **AC 230 V**

Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Dimenzioniranje razsmernika

Parametri razsmernika – vhodno območje





- $U_{DC\ max} > U_{OC}$ (–10⁰C)
- $U_{DC\ min} < U_{MPP}$ (+70⁰C)
- $I_{DC\ max} > I_{MPP\ nazivna\ (STC)}$
- $P_{DC\ max} = 0.8 – 1.0 * P_{PV\ nazivna\ (STC)}$ (optimum cena&izkoristek)

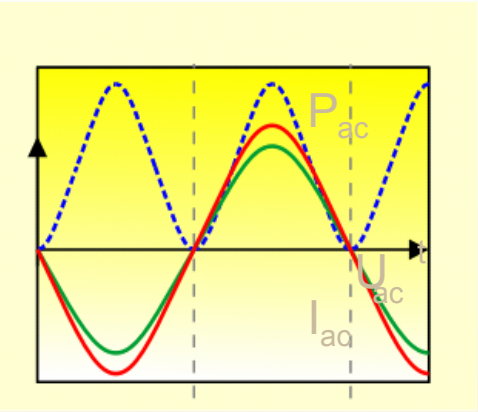
Slika: Fakulteta za elektrotehniko Univ. Lj.

Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Dimenzioniranje razsmernika

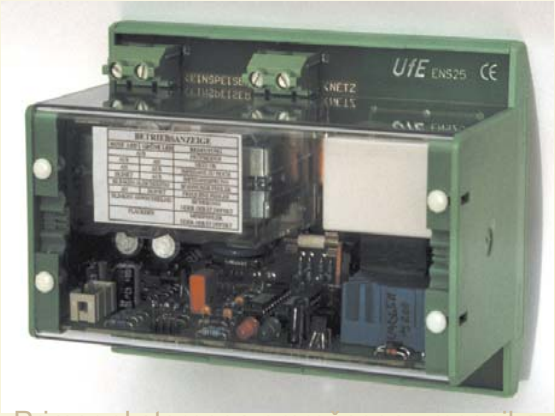
Parametri razsmernika – izhodne razmere

Harmonični signal (sinusna oblika)
230 V s čim manjšim popačenjem
Sinhronizacija z omrežjem!



Omrežni vmesnik (ponavadi vgrajen)

izpad omrežja –> izklop razsmernika
kontrola izpada - napetost
- frekvenca
- impedanca



Primer eksternega omrežnega vmesnika

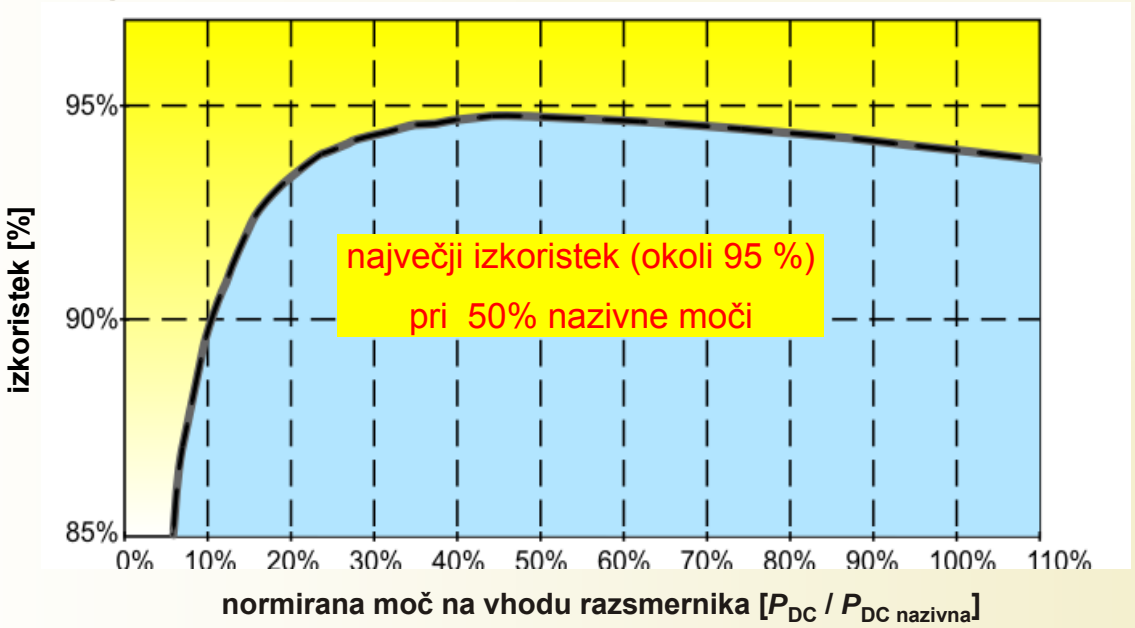
Foto: Seltmann, Fotovoltaik: Strom ohne Ende, Solarpraxis AG, Berlin, Nemčija, 2000

Dimenzioniranje razsmernika

Izkoristek razsmernika

$$\eta = \frac{\text{izhodna moč}}{\text{vhodna moč}} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Izkoristek je odvisen od vhodne moči in napetosti.



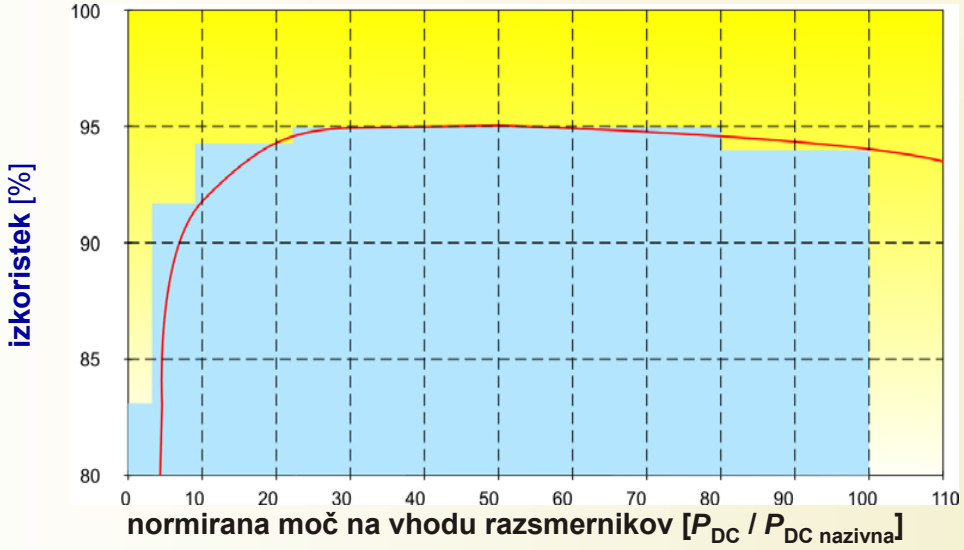
Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Dimenzioniranje razsmernika

Evropski uteženi izkoristek razsmernika

$$\eta_{euro} = 0.03\times\eta_{5\%P_n} + 0.06\times\eta_{10\%P_n} + 0.13\times\eta_{20\%P_n} + 0.1\times\eta_{30\%P_n} + 0.48\times\eta_{50\%P_n} + 0.2\times\eta_{100\%P_n}$$

Vključuje tudi razmere pri delnih obremenitvah v osrednji Evropi.
(pomemben parameter za primerjavo razsmernikov)



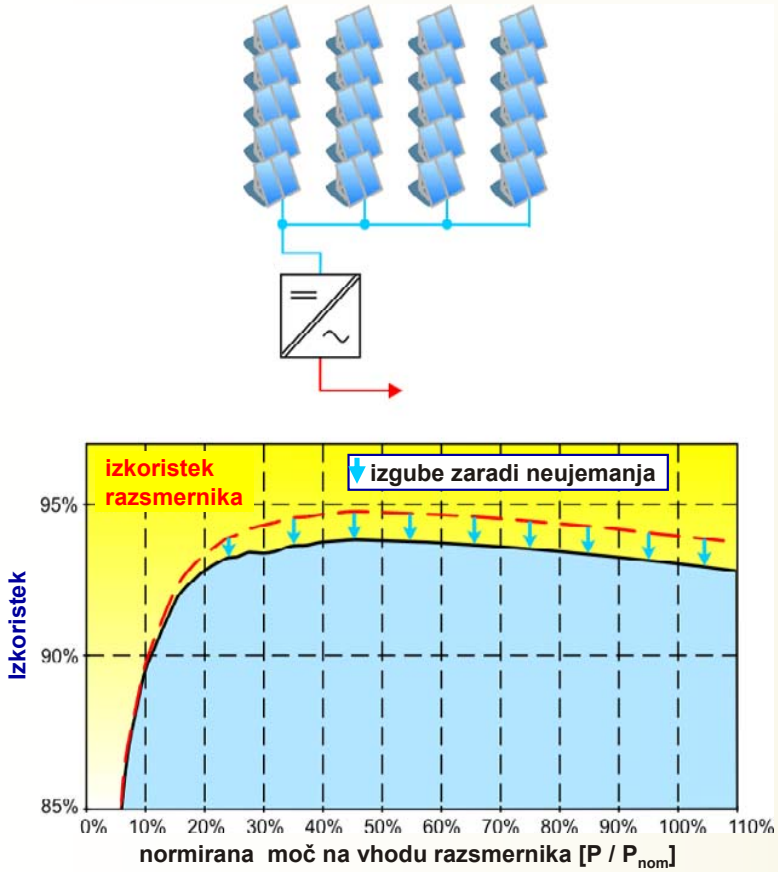
Razsmernik Sunny Boy 3000:

η_{max} = 95 %

η_{euro} = 93 %

Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Vezave razsmernikov
Osrednji razsmernik



Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

+ velika nazivna moč ⇒ velik izkoristek

- možne rel. velike izgube zaradi neujemanja med verigami (1...3%)

Vzroki za izgube:

napetostni padci v kablih

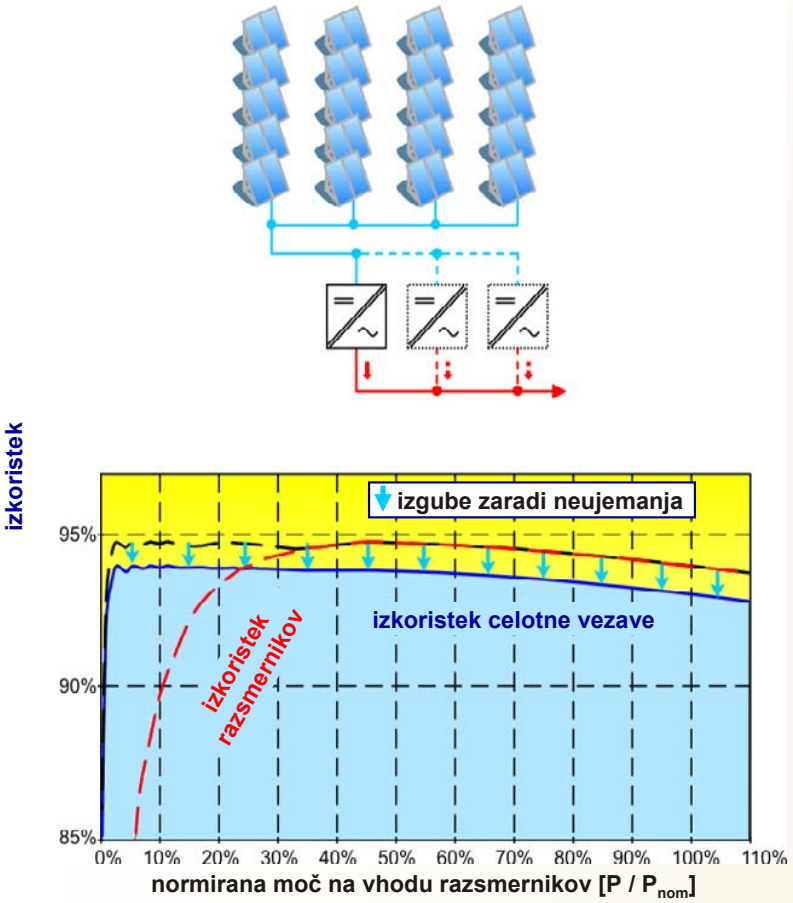
različne temperature celic

različne orientacije modulov

senčenje

prah,...

Vezave razsmernikov
"Master-Slave" izvedba



\+ izkoristek blizu maksimalnega tudi pri majhnih močeh

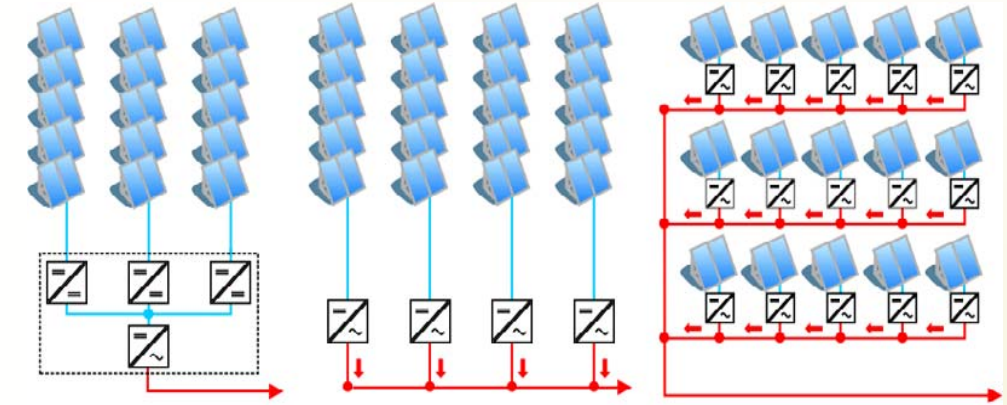
\- velike izgube zaradi neujemanja (še vedno eno samo polje modulov)

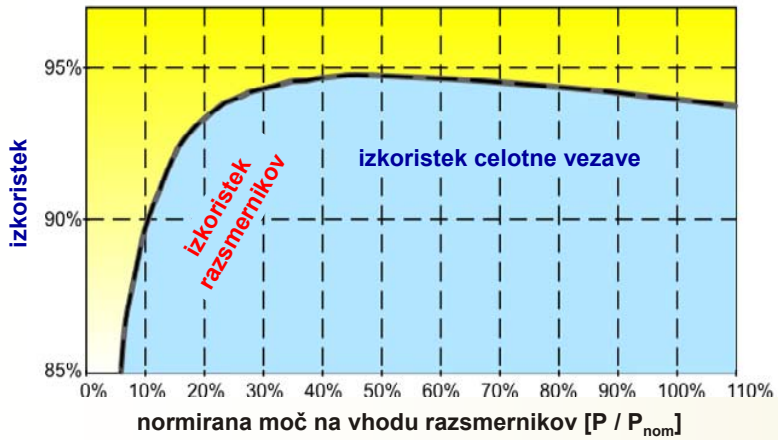
\- potrebna je izmenjava podatkov med razsmerniki

Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Vezave razsmernikov

AC moduli in (multi-) verižni razsmerniki





\+ manjše izgube zaradi neujemanja (~ 0,1%)

\+ manjše izgube DC povezav

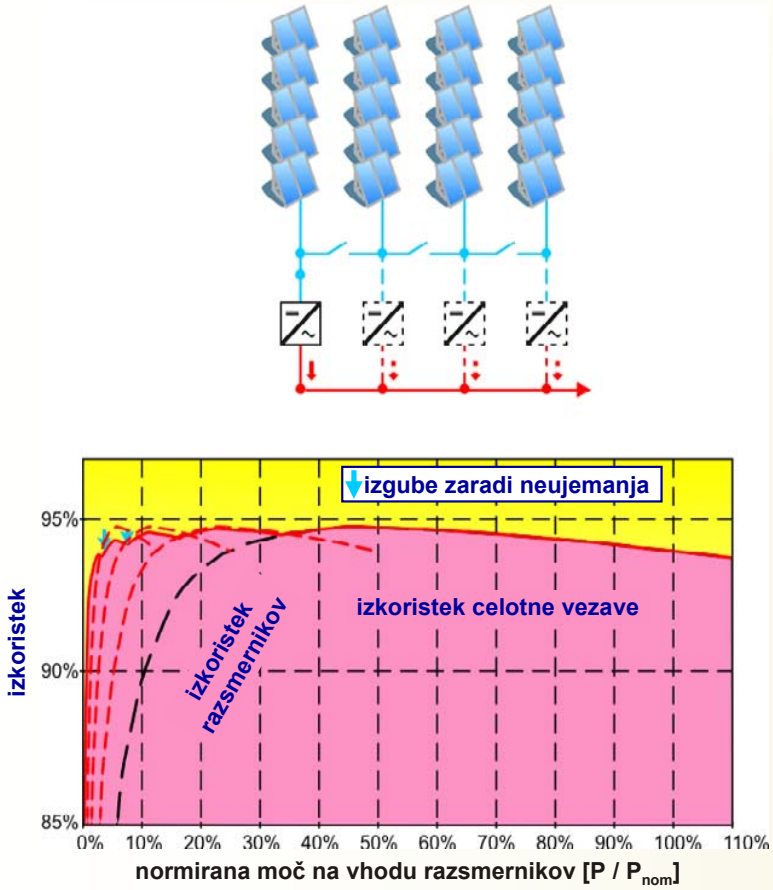
\- manjši izkoristek pri majhnih močeh

\- cena AC modulov

Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Vezave razsmernikov

“Sunny Team” skupinska izvedba



\+ manjše izgube zaradi neujemanja (~0,1%)

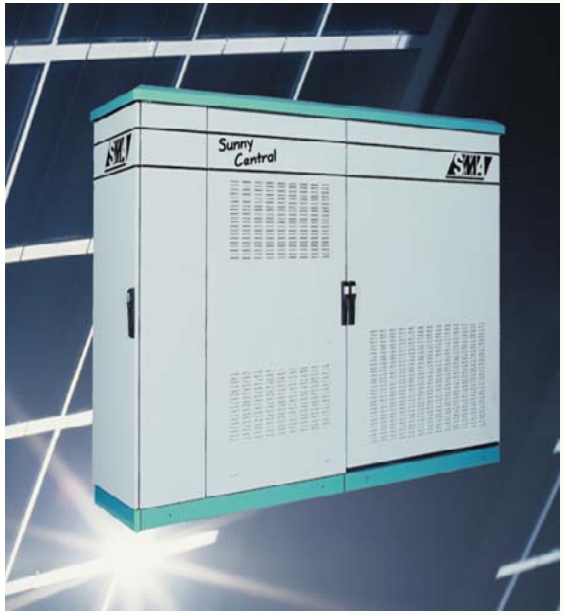
\+ izkoristek blizu maksimalnemu (neodvisno od obremenitve)

\- potrebna je izmenja podatkov med razsmerniki

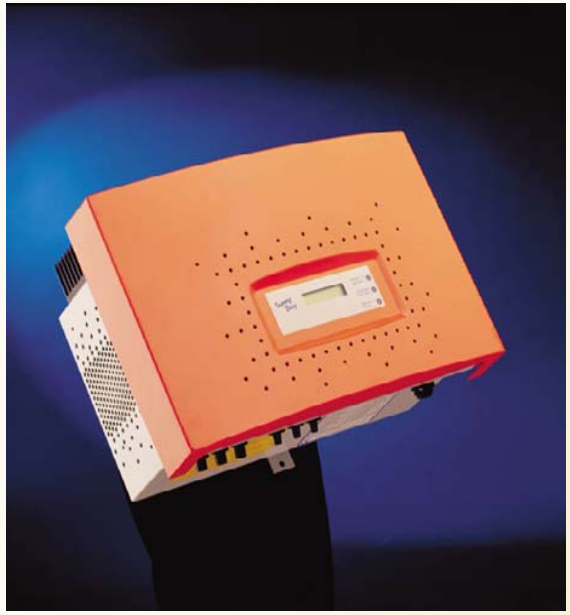
Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Vezave razsmernikov

Primeri razsmernikov



1.) osrednji razsmernik



2.) verižni razsmernik

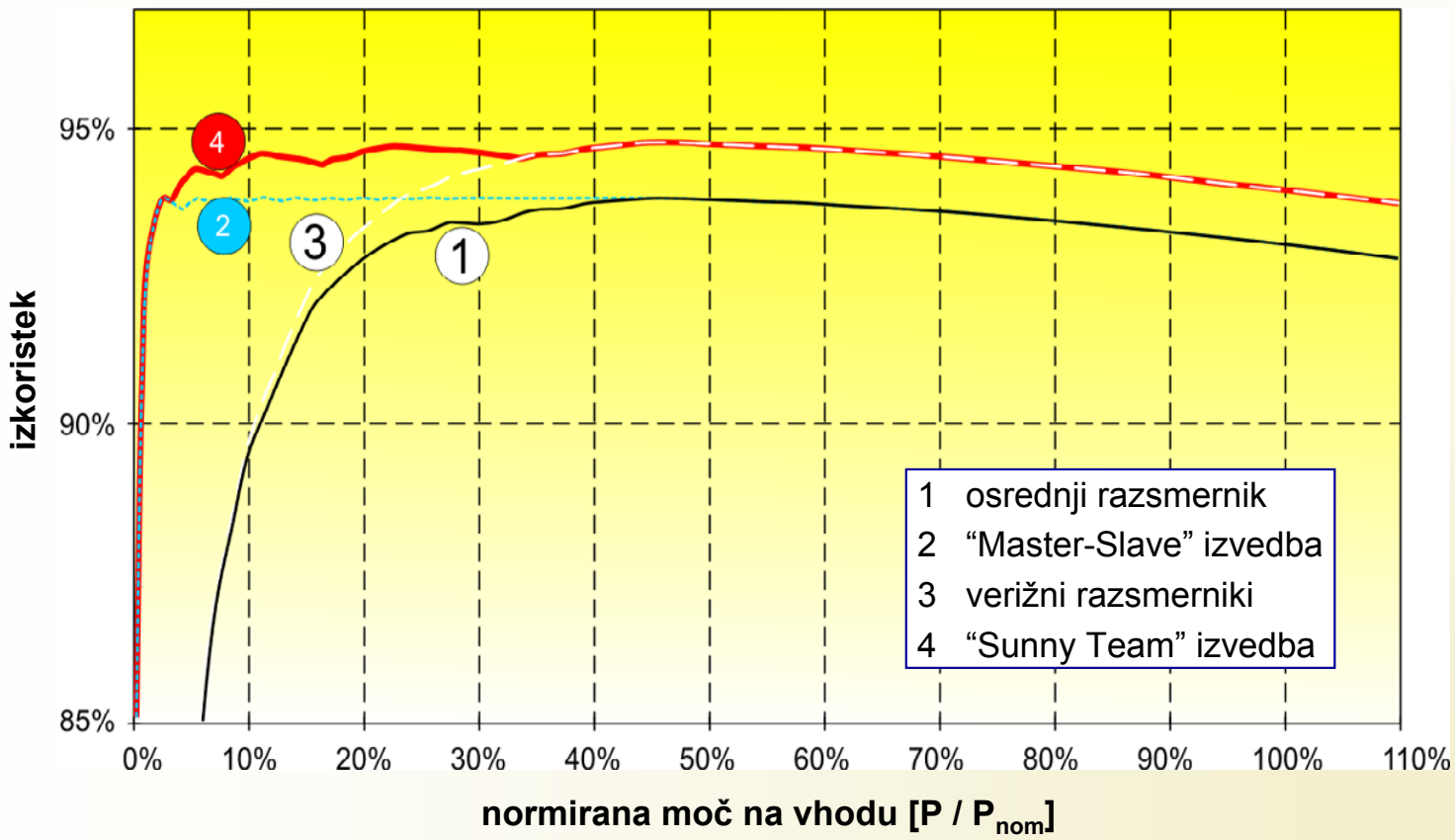


3.) “master-slave” vezava razsmernikov

Foto: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Vezave razsmernikov

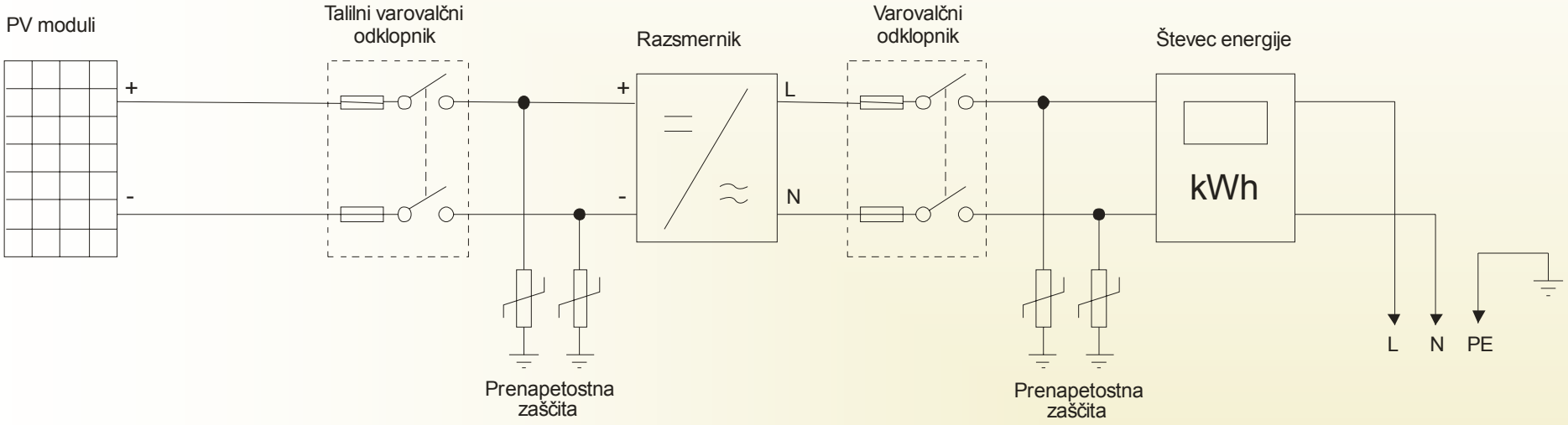
Primerjava izkoristkov različnih vezav



Slika: SMA Regelsysteme GmbH, Niestetal, Nemčija

Dimenzioniranje ostalih elementov

Električna shema sončne elektrarne



Donos sončne elektrarne

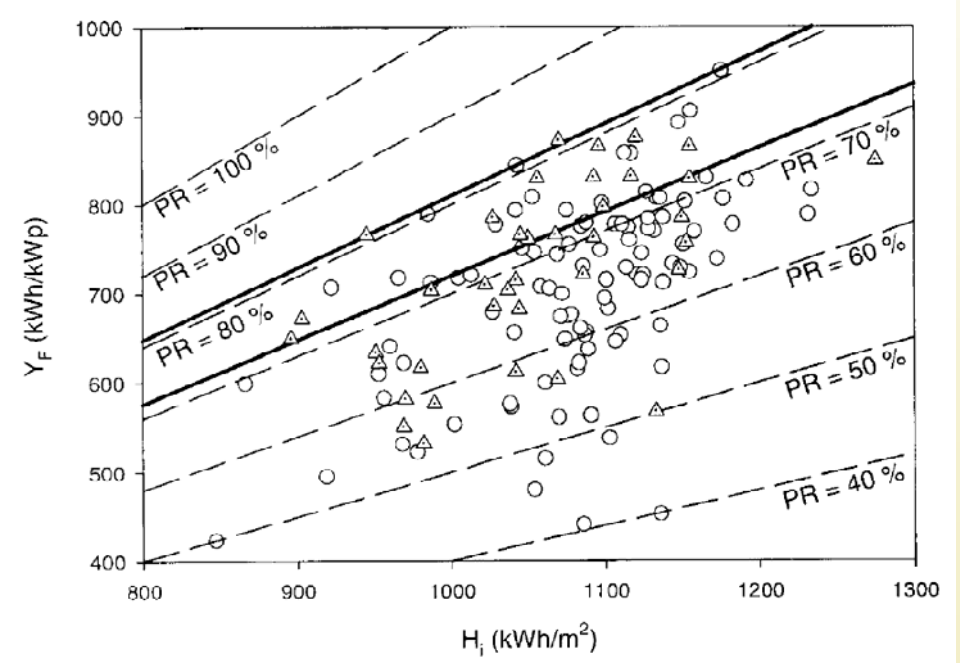
Praktičen primer:

- lokacija: Ljubljana
- vršna moč: 100 kWp
- orientacija: 20º zahodno
- naklon: 35º (optimalen)
- senčenje: 2%

$$PR = \frac{\text{Izplen sistema [kWh/kWp/leto]}}{\text{Obsevanje sonca [kWh/kWp/leto]}} = \frac{Y_F}{H_i}$$

$$PR = \frac{1040\ \text{kWh/kWp/leto}}{1283\ \text{kWh/kWp/leto}} = 0.81$$

Sončna elektrarna 100 kWp	
obsevanje 1283 kWh/m2	**128 MWh**
izgube zaradi orientacije	**2.5 MWh**
izgube zaradi senčenja	**2.5 MWh**
izgube v sistemu	**19.3 MWh**
Donos sončne elektrarne 104 MWh/leto	



Vir: Reinders et al., PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS 7, 71-82 (1999).

Kakšno SE potrebuje povprečno SLO gospodinjstvo?

- Povprečna poraba gospodinjstva 3.517 kWh/leto (l. 2002)
- Povprečna proizvodnja SE 1.010 kWh/leto za 1 kWp SE
- Torej, potrebna nazivna moč SE bi bila 3,5 kWp

  oz. cca 23 m2 za module s 15% učinkovitostjo
  oz. cca 35 m2 za module s 10% učinkovitostjo
  oz. cca 70 m2 za module s 5% učinkovitostjo

- Tržni potencial SE v SLO gospodinjstvih: 2,6 GWp

Omrežni PV sistemi v Sloveniji



Ljubljana, 1.1 kWp



Maribor, 5 kWp



Lesce, 16.5 kWp

Maribor, 35.9 kWp



Ptuj, 12.3 kWp



Omrežni PV sistemi v Sloveniji



Radovljica, 16.3 kWp



Labore pri Kranju, 30.9 kWp



Jarše, 35.6 kWp

Nova Gorica, 12 kWp



Mavčiče, 35.7 kWp

