



Optoelektronické systémy

# Fotočlánky a fotovoltaika

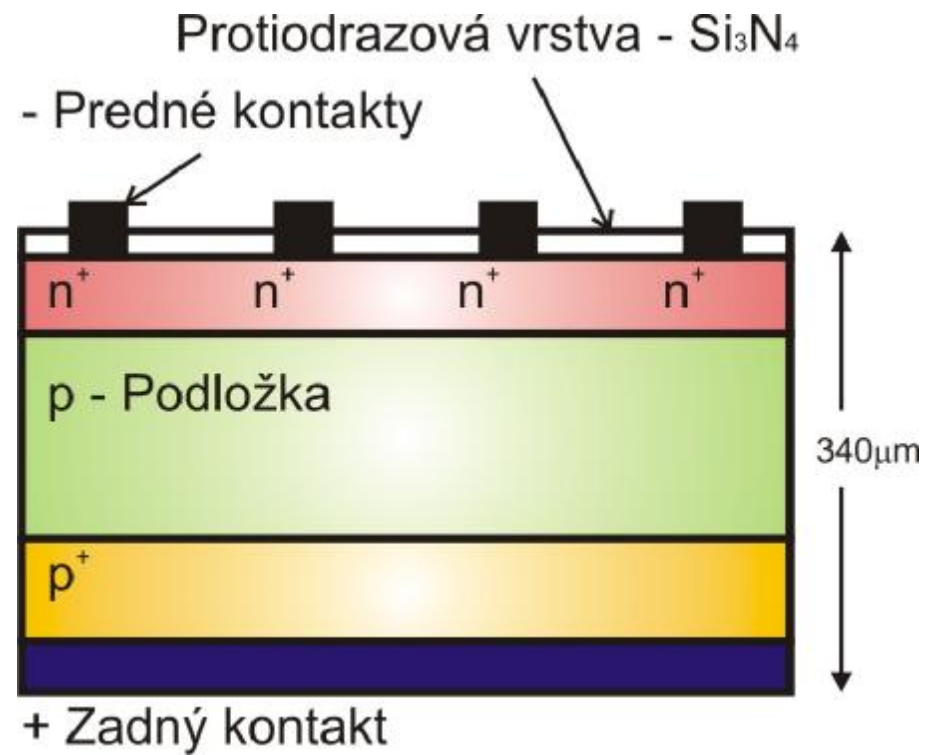
Prof. RNDr. Ing. Ján Turán, DrSc., KEMT FEI TU Košice

## Fotočlánky (Solar Cells)

**Fotovoltaika** – PV (Photovoltaics) – súbor technológií, ktoré na báze polovodičových materiálov premieňajú slnečné žiarenie na elektrickú energiu

- .. Fotočlánky
  - n Tvar tenkej dosky
  - n Rozmery 20 x 20 cm
  - n Hrúbka okolo 400  $\mu\text{m}$
  - n Antireflexná vrstva

## Konštrukcia fotočlánku



## Parametre

- .. Napätie na prázdno -  $V_{OC}$
- .. Prúd na krátko –  $I_{SC}$
- .. Bod maximálneho výkonu –  
MPP (Maximum Power Point)
- .. Faktor zaplnenia – FF (Fill Factor)

$$n \quad FF = \frac{P_m}{V_{OC} \times I_{SC}}$$

- .. Účinnosť - EFF (Effectivity)

$$n \quad EFF = FF \times V_{OC} \times I_{SC}$$

- .. Cena na 1W elektrického výkonu

n Cena fotočlánku – približne 68% celkovej ceny fotomodulu

## Štandardné podmienky pre meranie parametrov

.. Intenzita žiarenia  $1000 \text{ Wm}^{-2}$

.. AM 1,5

n AM (Air Mass) je koeficient

$$n \text{ AM} = \frac{1}{\sin(g_s)}$$

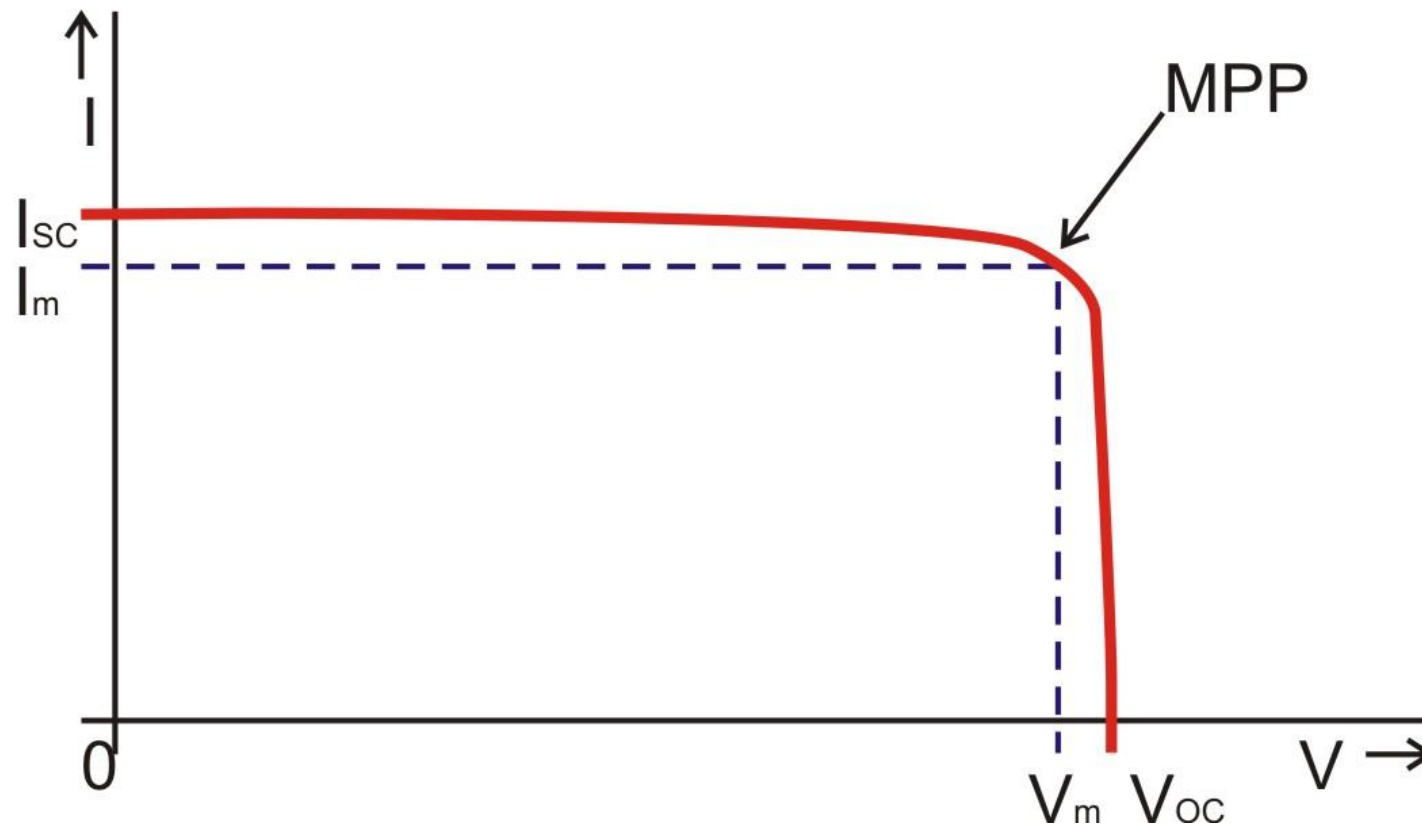
$\gamma_s$  je uhol dopadu slnečného lúča na fotočlánok

n AM pre naše územie: od 1,15 (začiatok leta)  
do 4,12 (začiatok zimy)

.. Teplota  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

n **Dôležitý parameter** – stabilita elektrických parametrov

## AV charakteristika fotočlánku



## Materiály na výrobu fotočlánkov

### · Objemové kryštalické materiály

#### n Kryštalický kremík

- Výroba až 90% **fotočlánkov**
- **Nevýhoda** – vysoká cena

#### n Monokryštalický kremík

- Tenké plátky s hrúbkou 200 až 360  $\mu\text{m}$
- Nevýhoda – náročnosť, veľké straty cenného materiálu
- Účinnosť v laboratórnych až 24%
- **Fotočlánok** s rozmerom 102,5 x 102,5 mm, pri intenzite slnečného žiarenia 1000  $\text{Wm}^{-2}$  – parametre:

$$\S V_{\text{OC}} = 610\text{mV}, I_{\text{SC}} = 3,45\text{A}, \text{FF} = 76\% \text{ a } \text{EFF} = 15\%$$

#### n Polykryštalický kremík

- Účinnosť v laboratóriu 18%, v sériovej výrobe 14%

#### n Hranou definovaný film EFG (Edge-defined Film Growth)

- Technológia **HEXAGON**

#### n Monokryštalický GaAs

- Účinnosť v laboratóriu 25%, pre koncentrované slnečné žiarenie až 28%, technológiou niekoľkých priechodov možno dosiahnuť až 30%

# Materiály na výrobu fotočlánkov

## · Tenkovrstvové materiály

### n Amorfný kremík

- Účinnosť 5 až 10%

### n Kadmium telurid (CdTe)

- Účinnosť 9 až 16%

### n Kadmium sulfid (CdS)

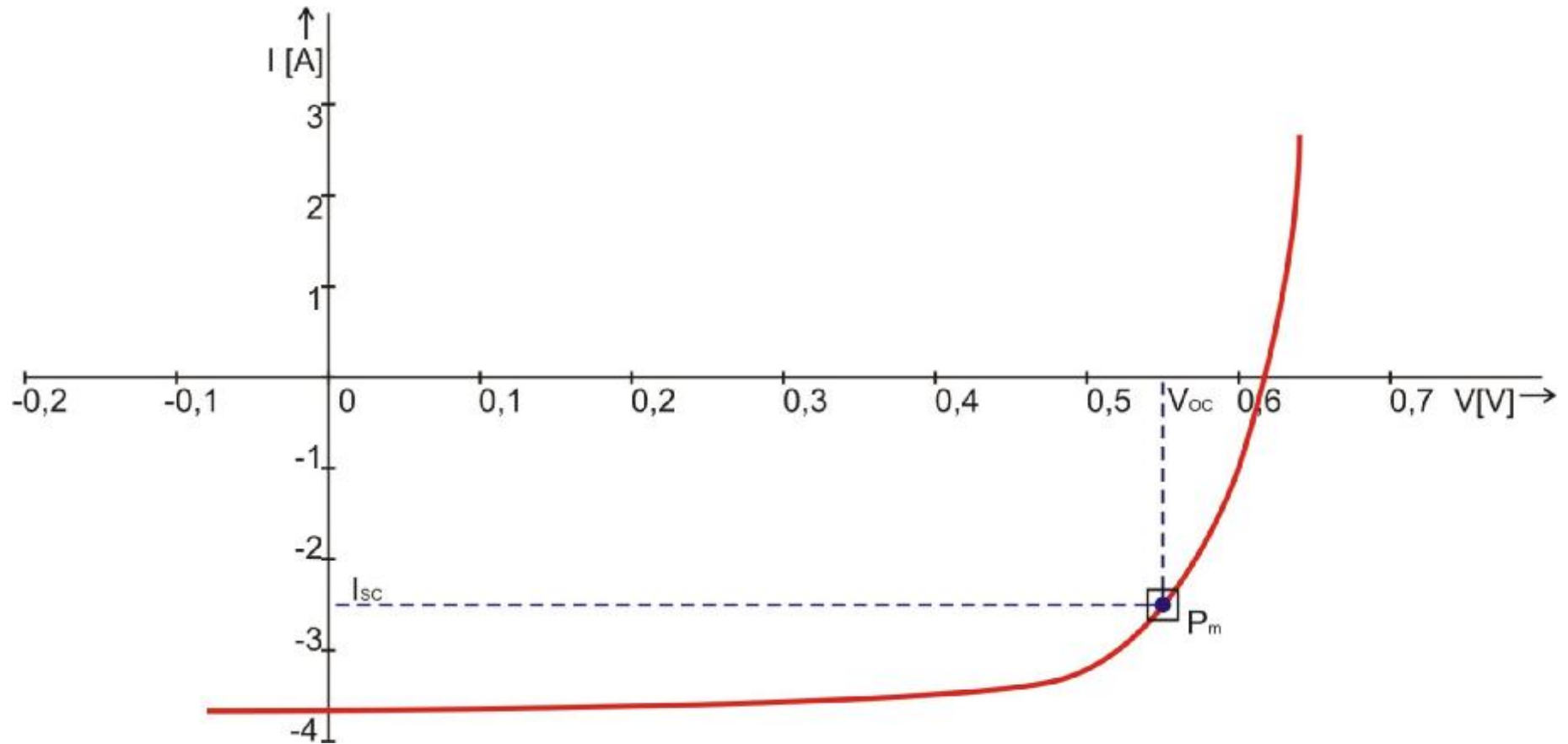
- Účinnosť 10%
- Kombinácia s CdTe

### n CIS (Copper Indium Diselenide – CuInSe<sub>2</sub>)

- Účinnosť až 18%



## VA charakteristika monokryštalického Si fotočlánku



## ***Fotovoltaické moduly***

### **v Zapojenie fotočlánkov**

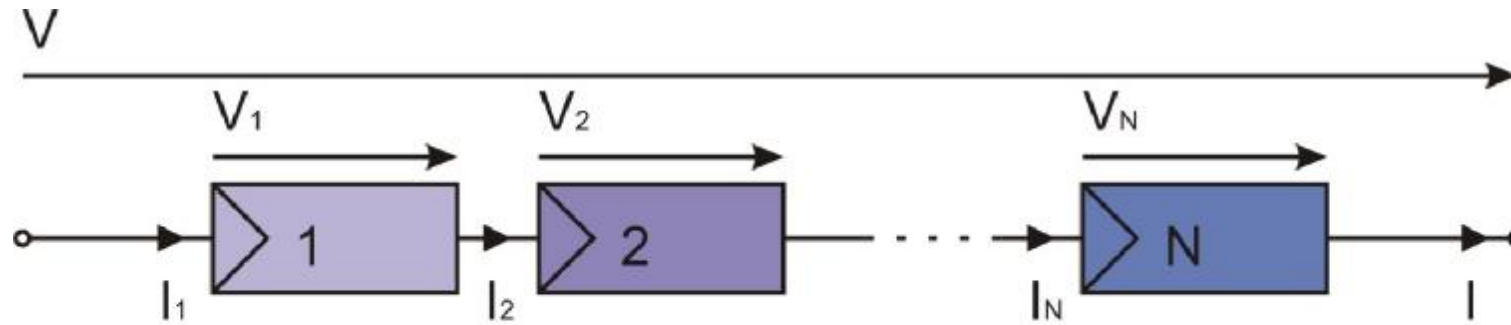
- .. Sériové
- .. Paralelné

### **n Fotovoltaické (PV) moduly, panely**

### **n Koncentrátorové PV moduly**

- .. Šošovky
- .. Zrkadlové plochy

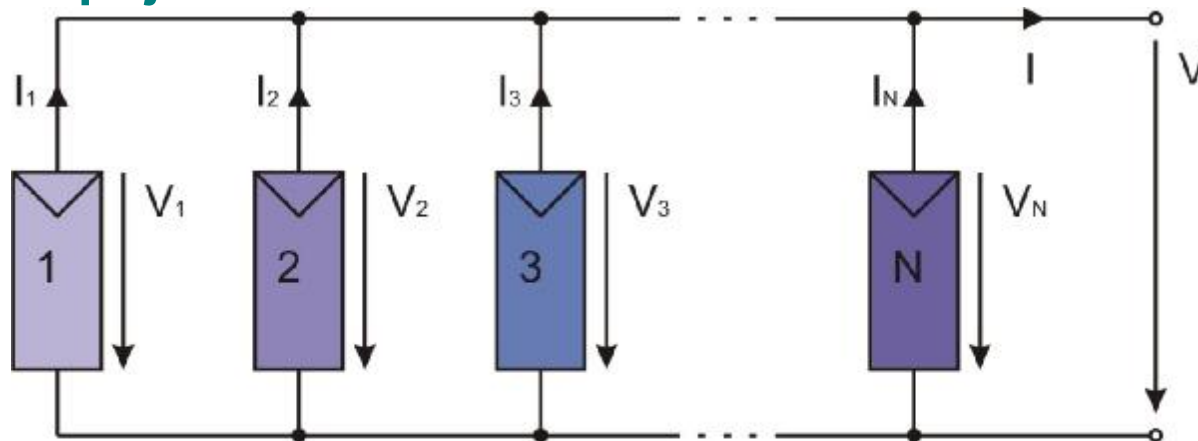
## Sériové zapojenie fotočlánkov



$$V = \sum_{i=1}^N V_i$$

$$I_1 = I_2 = \dots = I_N = I$$

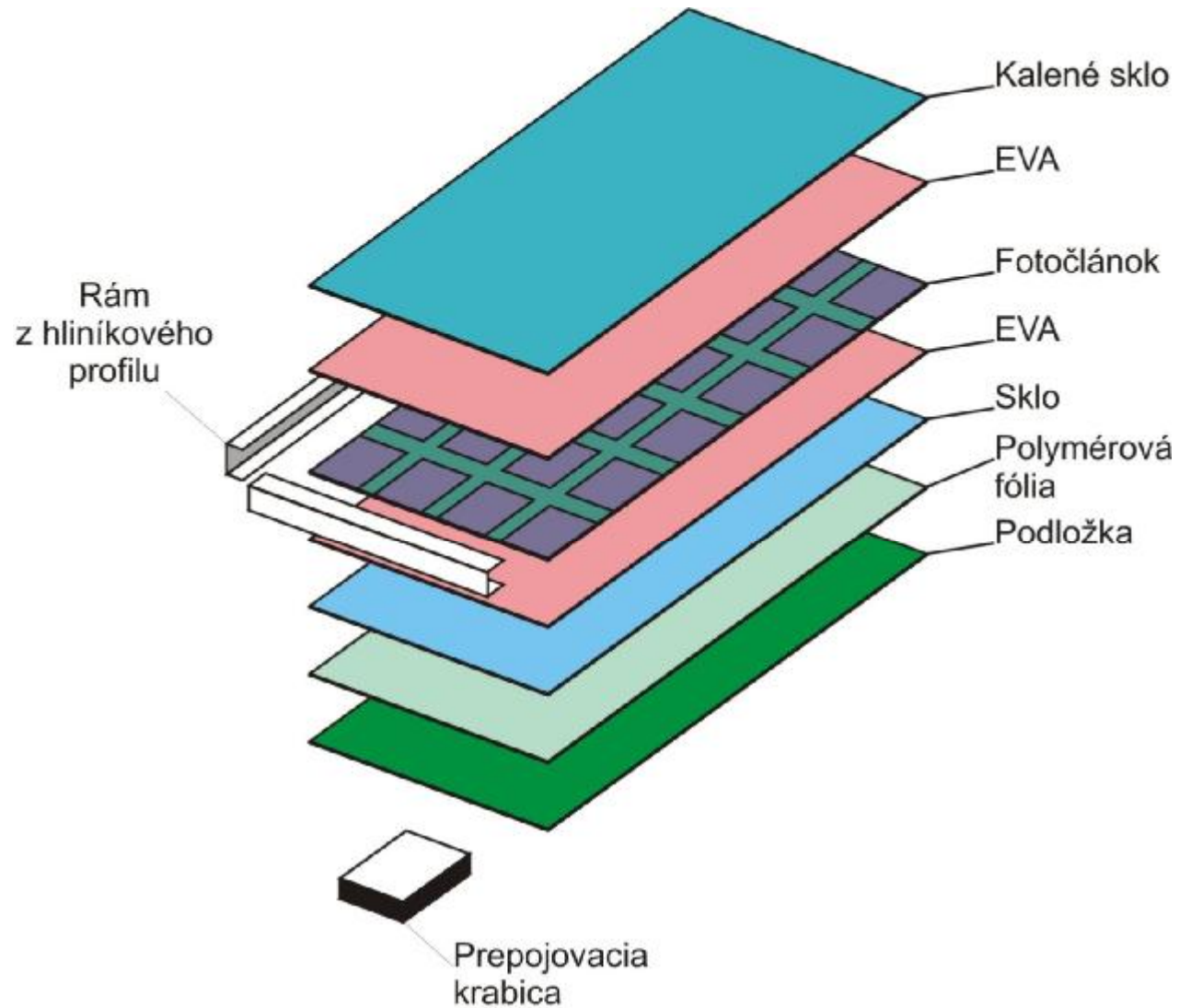
## Paralelné zapojenie fotočlánkov



$$I = \sum_{i=1}^N I_i$$

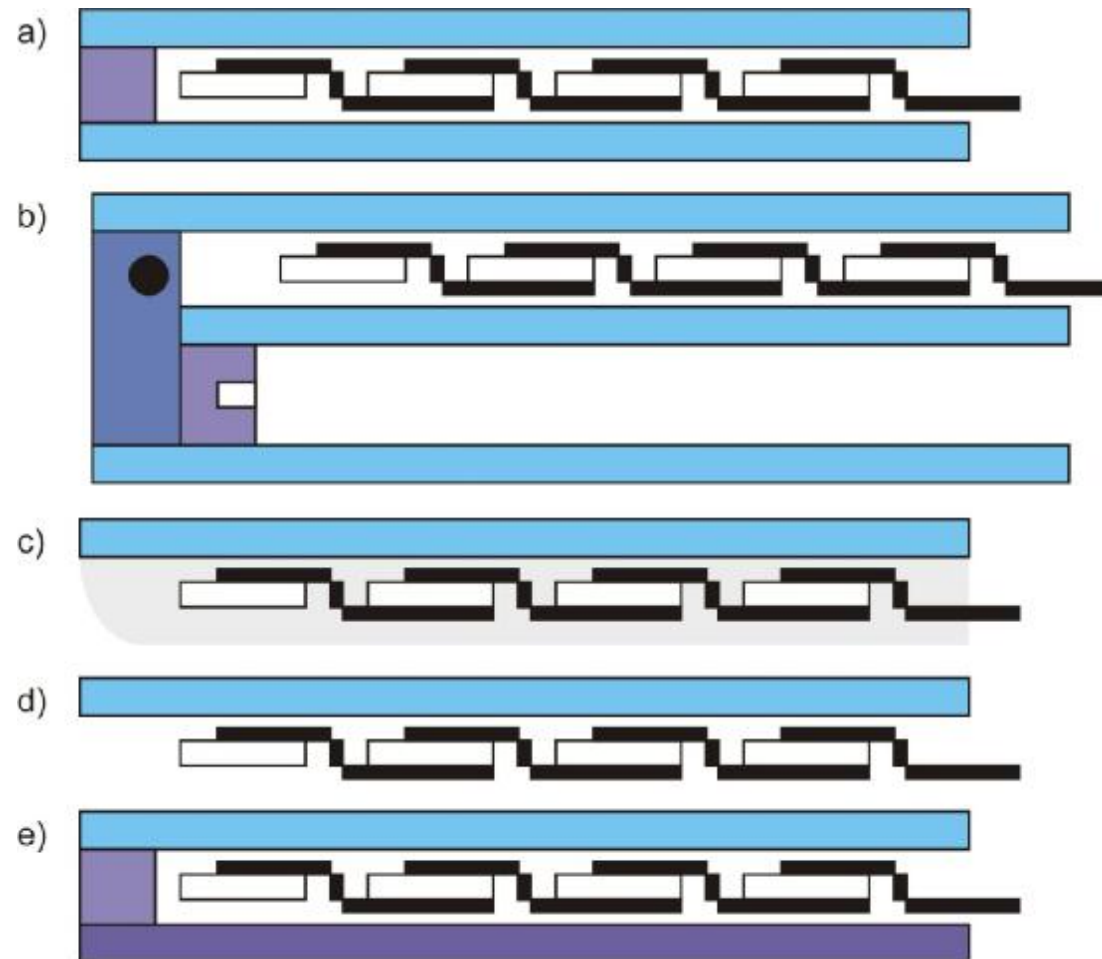
$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_N = V$$

## Konštrukcia PV modulu



EVA - Etylen - Vinil - Acetát

**Základné typy PV modulov:** (a) s obojstranným zasklením, (b) v izolačnom dvojskle, (c) so zadnou stranou zaliatou laminátom, (d) so zadnou stranou tvorenou laminátovou fóliou, (e) so zadnou stranou tvorenou nepriehľadným materiálom (plech, ethernit)



# Fotovoltaické systémy

## Rozdelenie

- Autonomné systémy (Grid off)
- Hybridné autonómne systémy (Hybrid Grid off)
- Systémy pripojené na verejnú sieť (Grid on)

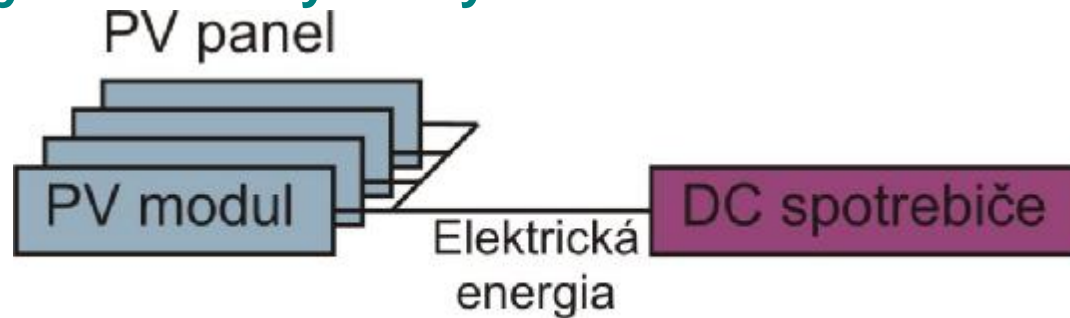
Priemerné hodnoty elektrickej energie PV systému 110 W<sub>p</sub>  
v určitom mesiaci

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Energia (Wh/deň)	80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60

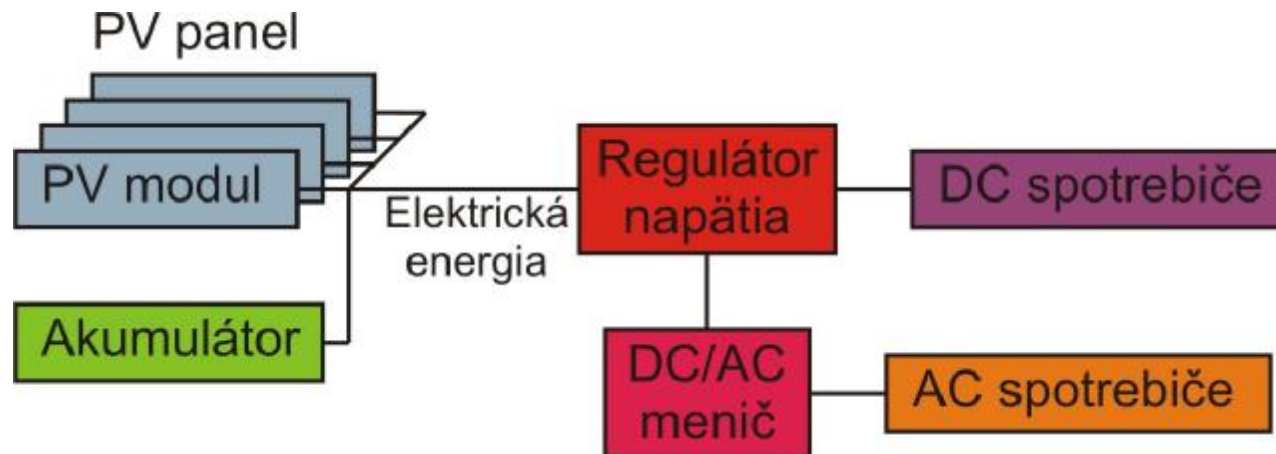
Závislosť  $G_{SO}$  (kWh.m<sup>-2</sup>) a  $E_{PV}$  (kWh) od montáže PV modulov

Montáž PV modulu							
Horizontálna		Vertikálna		Optimálny sklon		Sledovanie	
$G_{SO}$	$E_{PV}$	$G_{SO}$	$E_{PV}$	$G_{SO}$	$E_{PV}$	$G_{SO}$	$E_{PV}$
1120	840	880	660	1280	960	1615	1210

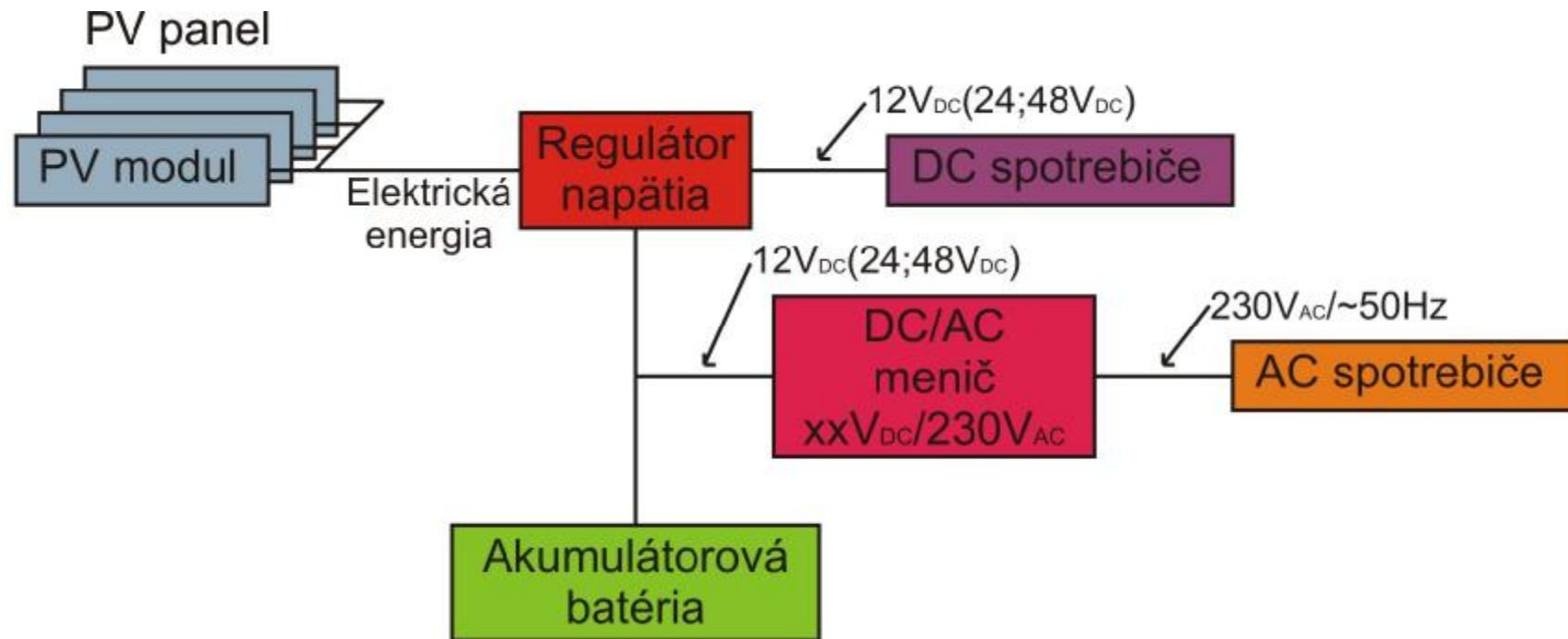
## Jednoduchý autonómny PV systém



## Autonómny PV systém s akumulátorom a regulátorom

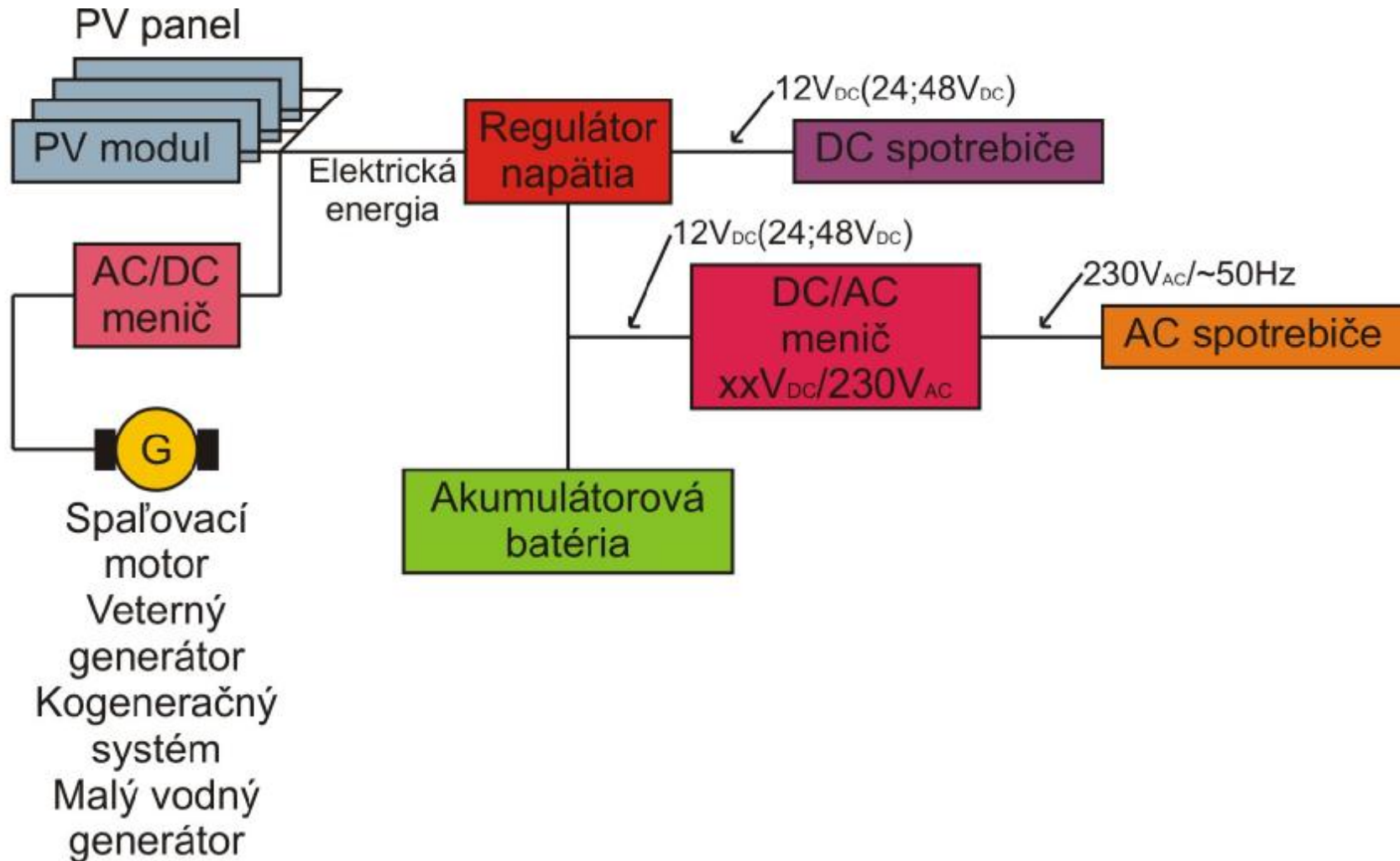


## Autonómny PV systém s regulátorom -štandardný výstup





## Hybridný PV systém s regulátorom - štandardný výstup



## PV systém s pripojením na verejnú sieť

