

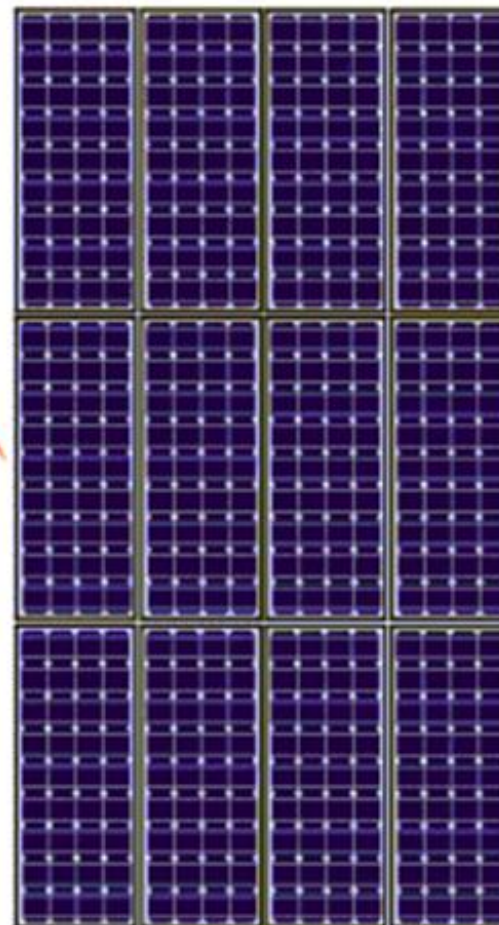
# **Fotovoltaické systémy pro výrobu elektrické energie**



PV článek



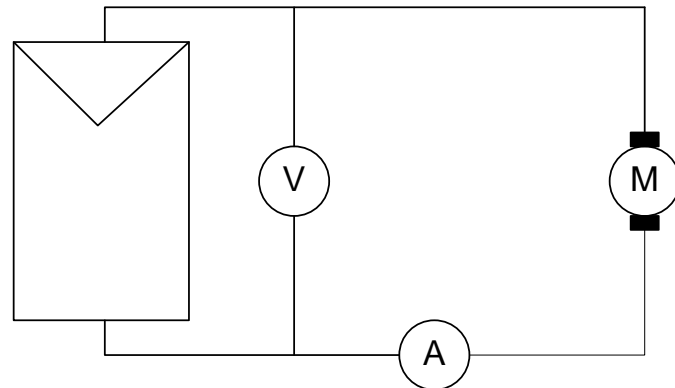
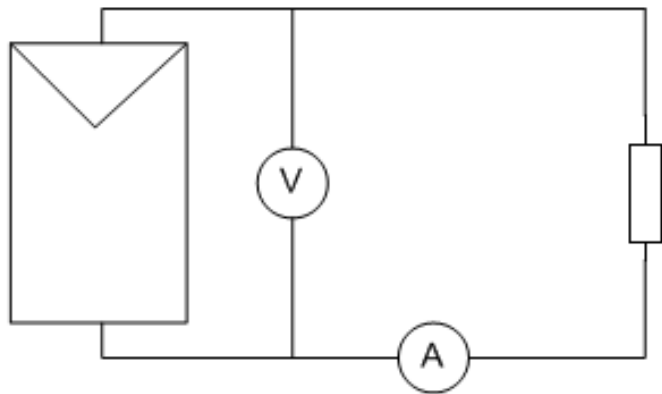
PV modul



fotovoltaické pole

PV (článek, modul, pole) je zdroj stejnosměrného napětí

Fotovoltaické pole při dopadu slunečního záření dodává stejnosměrný elektrický proud, úměrný ozáření. Změna ozáření (např. vlivem oblačnosti) se projeví ve změně výkonu.



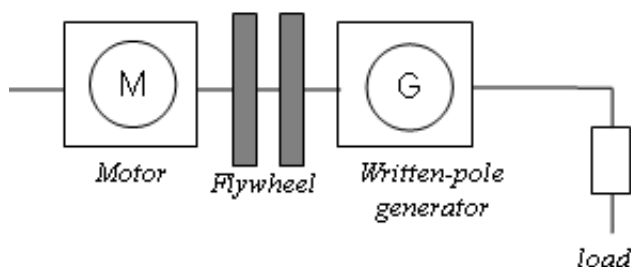
Fotovoltaické systémy nevyrábějí energii v noci a při velké oblačnosti. Systémy s přímým napájením spotřebiče z fotovoltaického pole jsou proto realizovány pouze tam, kde nevadí, že připojené elektrické zařízení je funkční jenom v případě dostatečné intenzity slunečního záření.

Pokud je žádoucí mít k dispozici elektrickou energii i v době s nízkou intenzitou slunečního záření, je nutné energii vyrobenou v době vysokého ozáření akumulovat, aby ji bylo možno využít v době, kdy systém energii nevyrábí.

Prostředky k akumulaci energie jsou následující:

## FORMY ENERGIE

Typ	Forma	Potenciál	Veličina	Skladovatelnost	Příklad
gravitační	výška	gravitační potenciál	hmota $m$	ano	přehrada
kinetická	rychlost		hmota $m$	ano	setrvačnick
objemová	tlak	tlak	objem	ano	stlačený plyn
tepelná	teplo	teplota	entropie	ano	horká voda
chemická	náboj	chemický potenciál	počet částic	ano	chemická baterie
elektrická	náboj	napětí	el. náboj	ano	kapacitor
elektromagnetická	náboj (pohyb)	$L di/dt$	el. proud	ano	magnetická cívka



Fotovoltaické systémy mohou vyrábět elektrickou energii nezávisle na elektrické síti

## **Autonomní fotovoltaické systémy**

Energii vyrobenou FV systémem je možno rovněž dodávat do el. sítě (pokud je k dispozici)

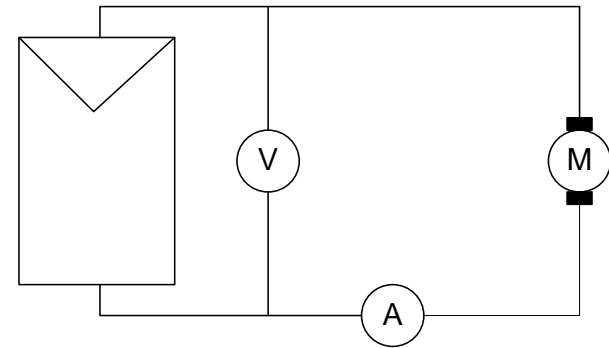
Fotovoltaické systémy připojené k rozvodné síti

Nepotřebují akumulaci energie => zjednodušení systému

# Autonomní systémy

a) Bez akumulace energie.

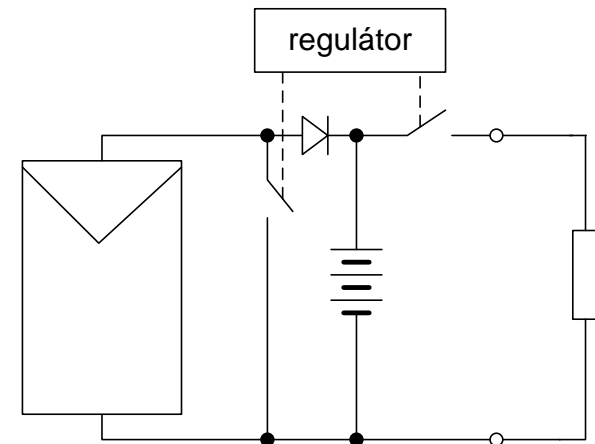
Slunce nesvítí – není energie



b) Systémy s akumulací energie

akumulátor

regulátor (DC/DC konvertor)



**Akumulace energie pro období bez slunečního záření – klíčový problém autonomních systémů**

# Autonomní FV systémy - aplikace

alpakot ranch 40kwhd multi solar sys.

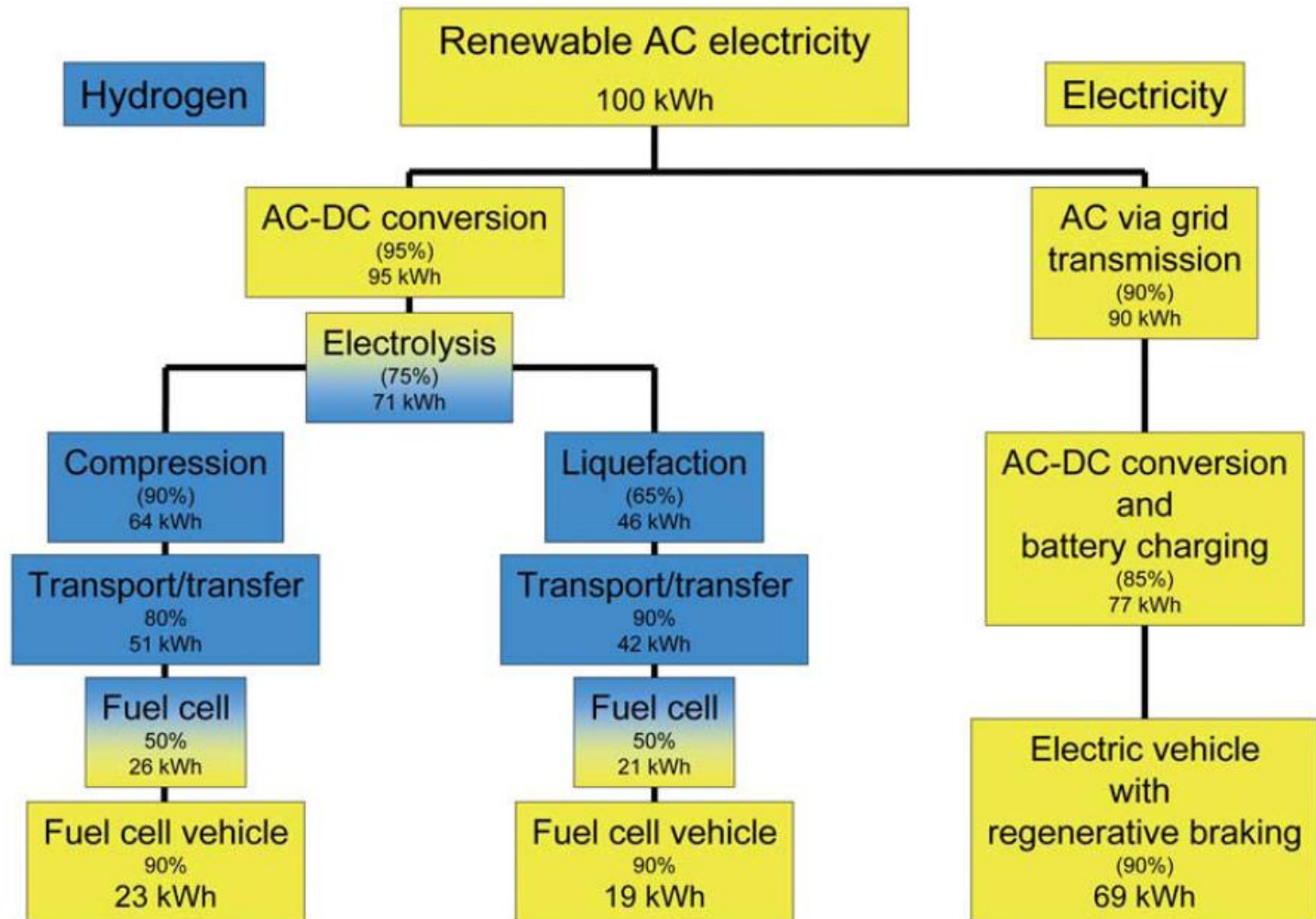


# Elektrochemické akumulátory používané ve FV autonomních systémech

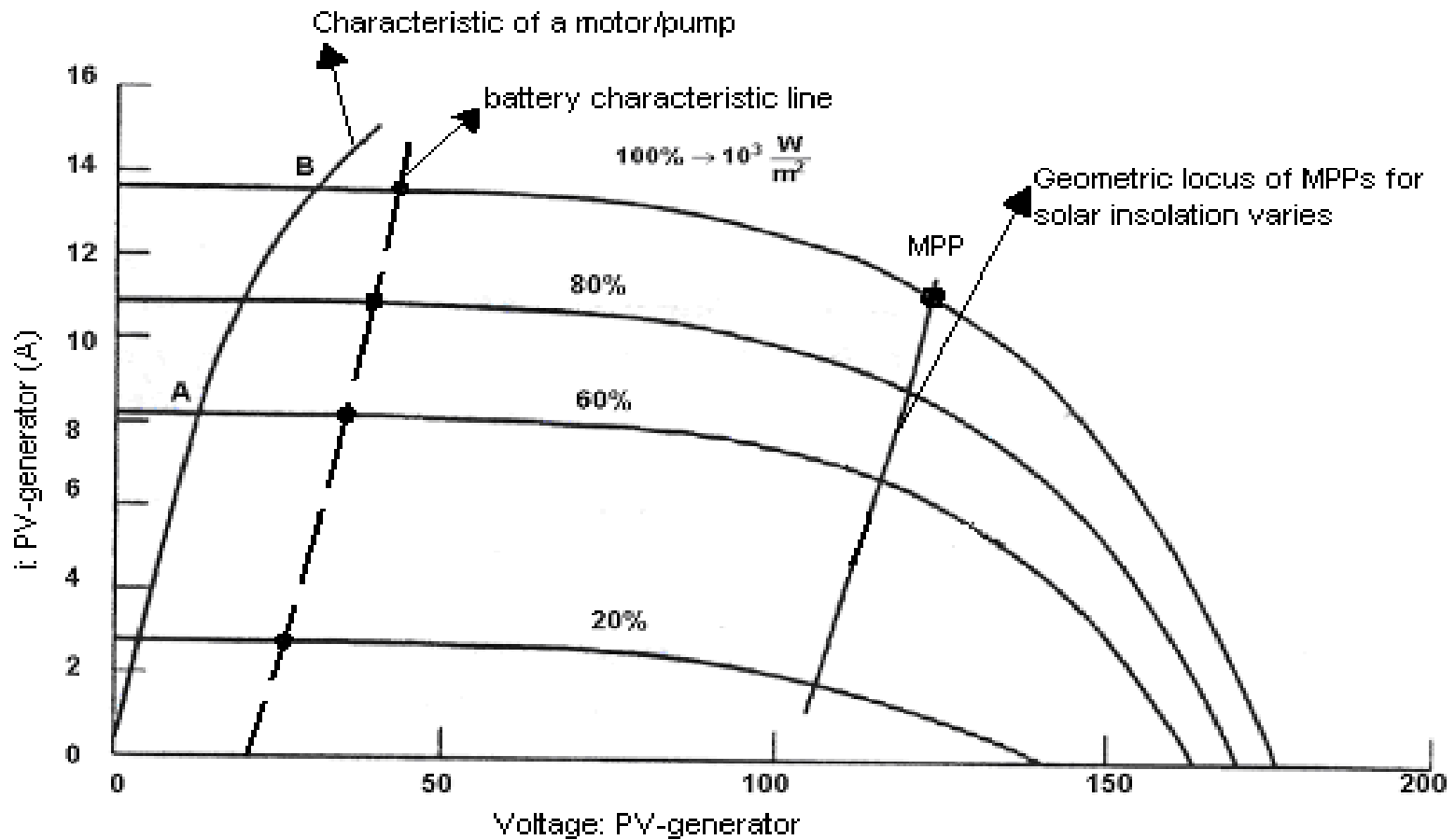
Typ	Napětí (V)	Hustota energie (Wh/litr)	Hustota energie (Wh/kilogram)	Životnost (cykly)
Pb akumulátor	2,1	70	30	300
NiMH	1,4	240	75	800
LiCoO <sub>2</sub>	3,7	400	150	1000
LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	4,0	265	120	1000
LiFePO <sub>4</sub>	3,3	220	100	3000



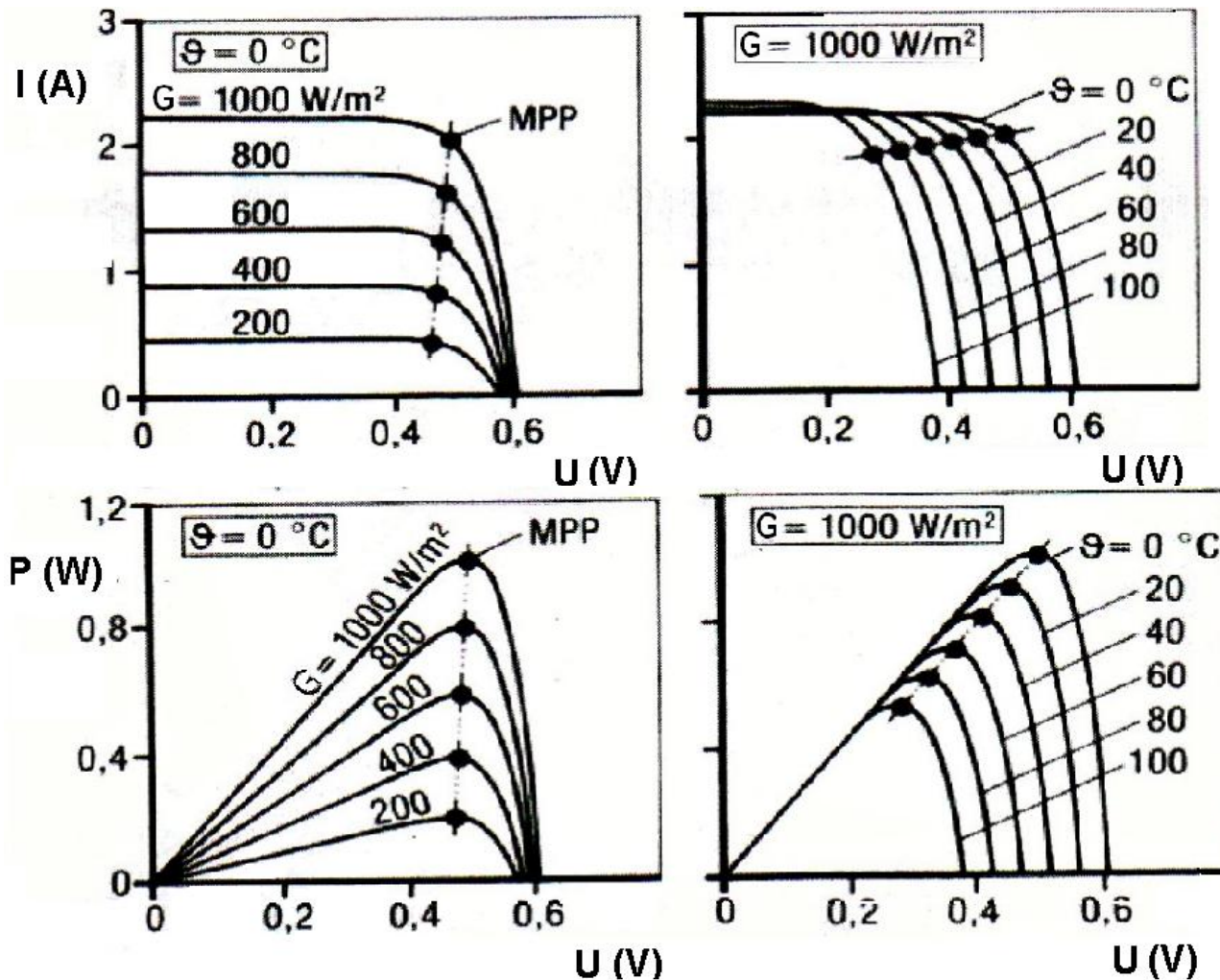
# Porovnání akumulace pomocí chemických akumulátorů s akumulací pomocí palivových článků



# Účinnost systému je vázána charakteristikou zátěže

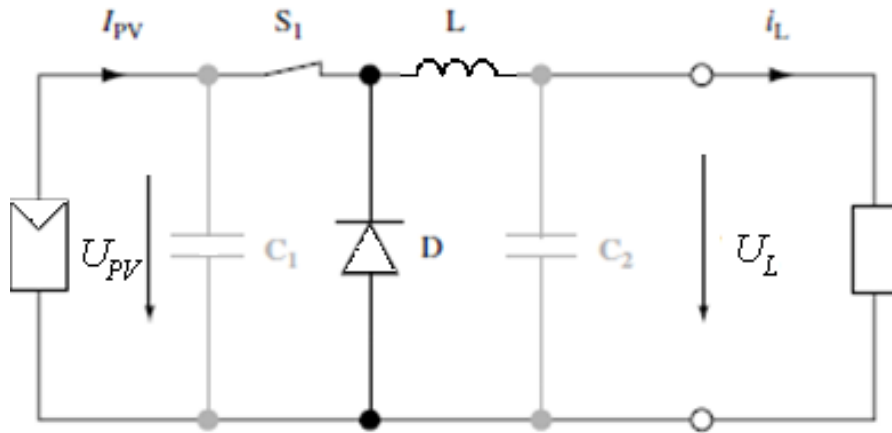


# Sledování bodu maximálního výkonu (Maximum Power Point Tracking – MPPT)

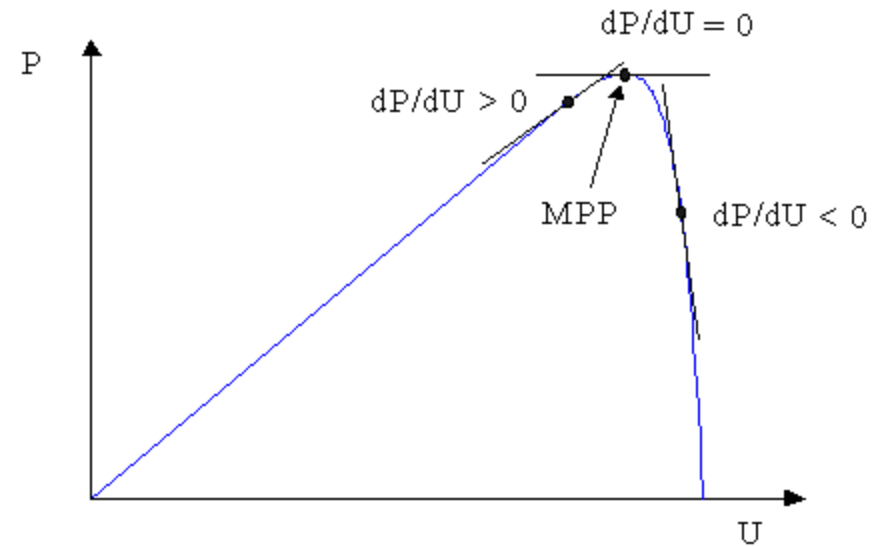
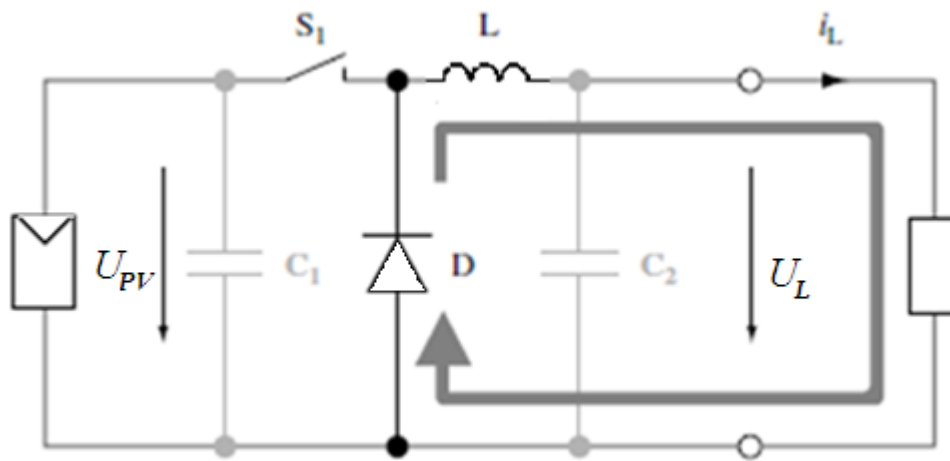


Účelem je udržovat systém v bodě maximálního výkonu bez ohledu na proměnné ozáření, teplotu, nebo změnu zátěže. Jedná se o nelineární systém.

# Sledování bodu maximálního výkonu

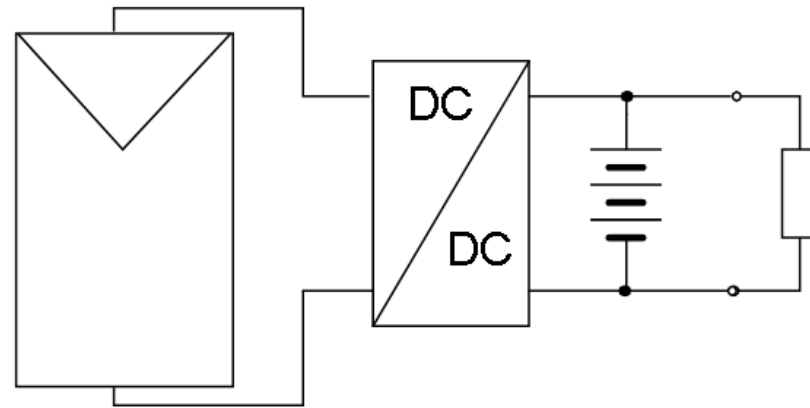


$$U_{PV} = U_L \frac{t_{on} + t_{off}}{t_{on}}$$

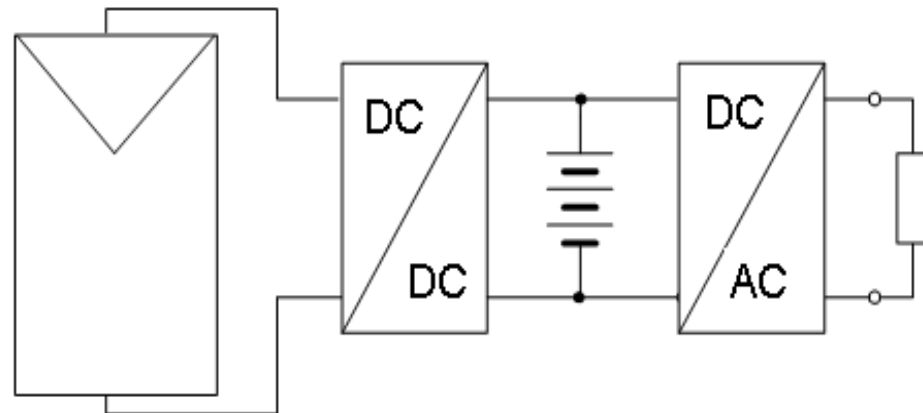


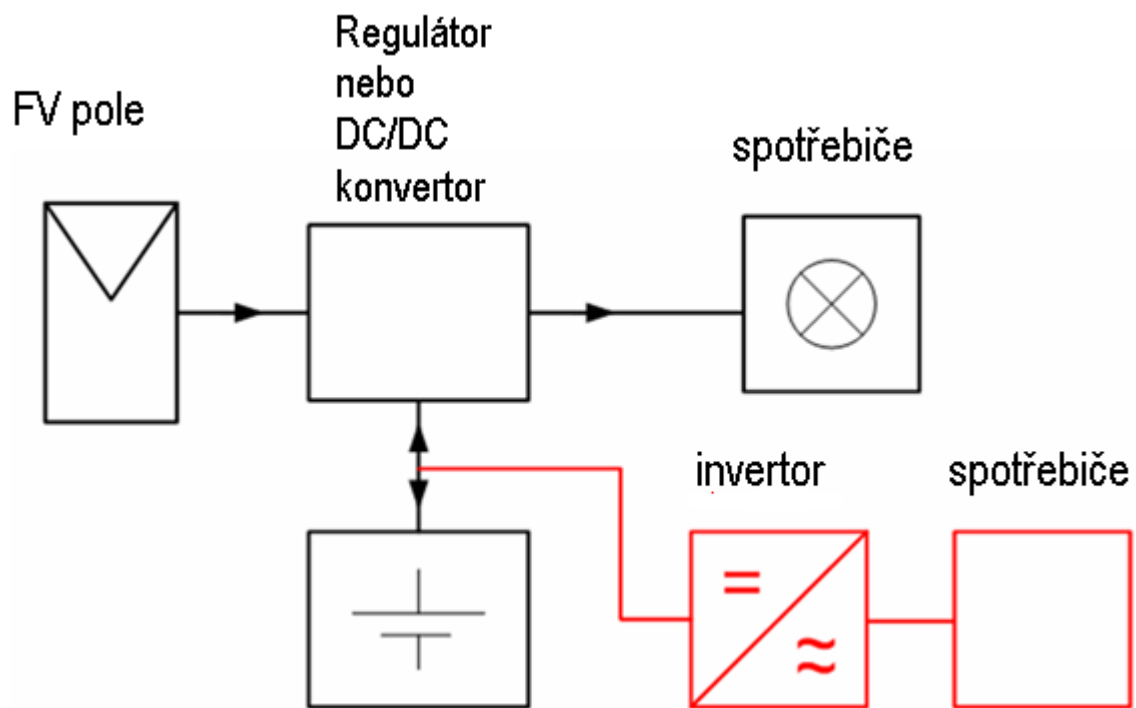
Stejnoseměrný zdroj:

- speciálních typů spotřebičů
- velký průřez vodičů (pro 12V nebo 24 V akumulátor)



Doplnění systému střídačem umožňuje používat běžné síťové spotřebiče





“Velikostí” PV systému se rozumí jak velikost generátoru (PV pole), tak akumulčního zařízení (chemický akumulátor nebo jiné zařízení pro akumulaci energie)



# Postup navrhování autonomních PV systémů

1. Určení velikosti energie potřebné na provoz spotřebičů včetně harmonogramu spotřeby (zatížení vedení)
2. Vývoj konceptu systému. Stanovení velikosti napětí a výkonu PV pole typ a parametry systému (DC, AC, kombinovaný DC a AC, připojení záskokového zdroje)
3. Výběr a dimenzování částí systému (PV pole – měniče – spotřebiče)
4. Návrh velikosti PV pole a velikosti akumulátorové baterie
5. Dimenzování regulátoru nabíjení (DC-DC měniče)
6. Dimenzování rozvodu (kabely)



Velikost PV pole závisí na středním denním ozáření ( $G_{do}$ )  
a na průměrné denní spotřebě energie  $W_L$

**Kapacitu generátoru  $C_A$**  můžeme vyjádřit 
$$C_A = \frac{\eta_G A_G G_{do}}{W_L}$$

$A_G$  je plocha PV pole

$\eta_G$  je konverzní účinnost PV generátoru

$G_{do}$  je střední hodnota denního ozáření povrchu PV pole

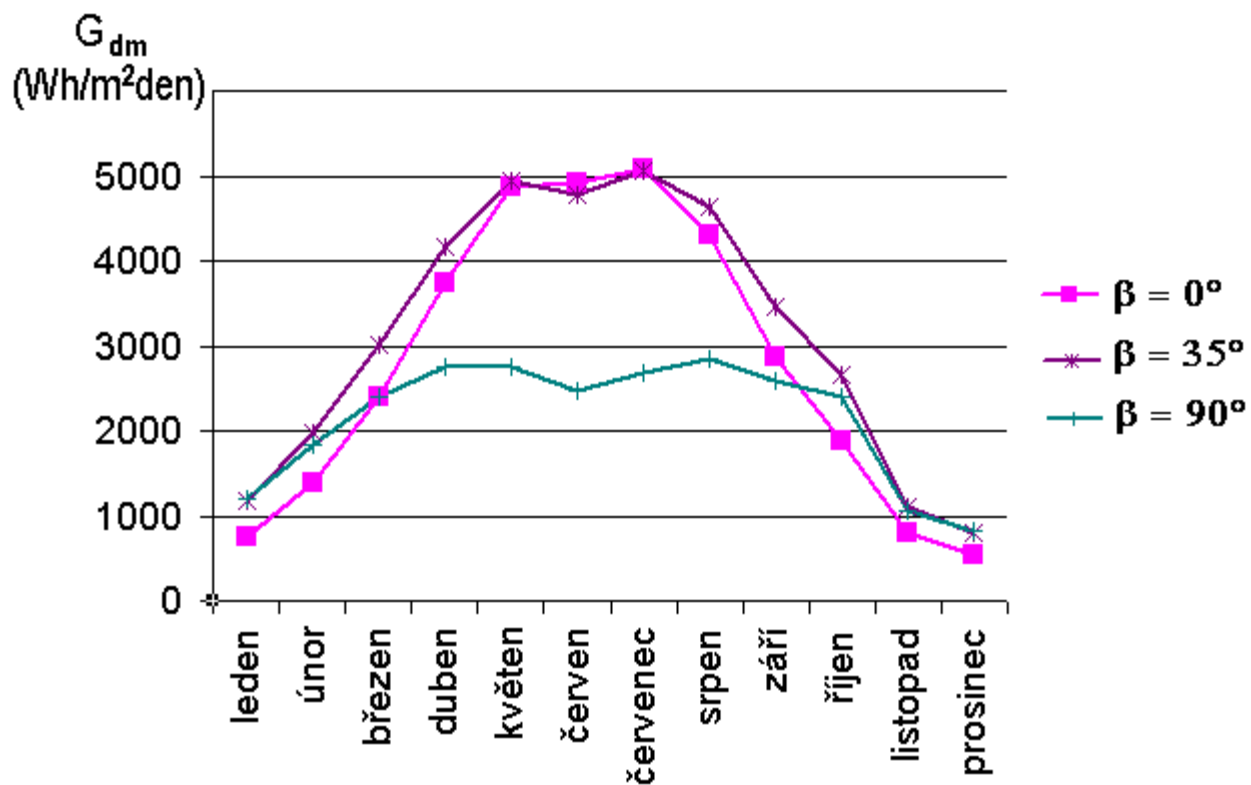
$W_L$  je průměrná denní spotřeba energie

$C_A$  závisí na lokálních klimatických podmínkách

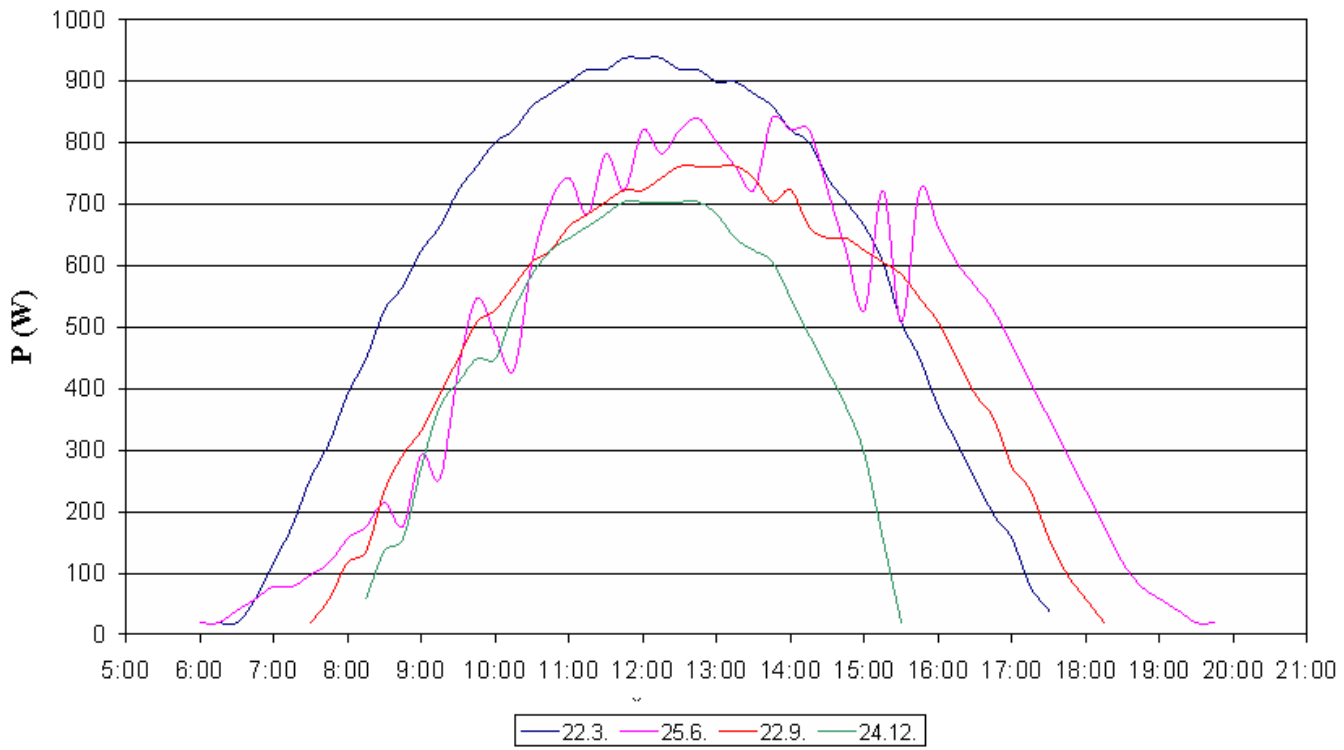
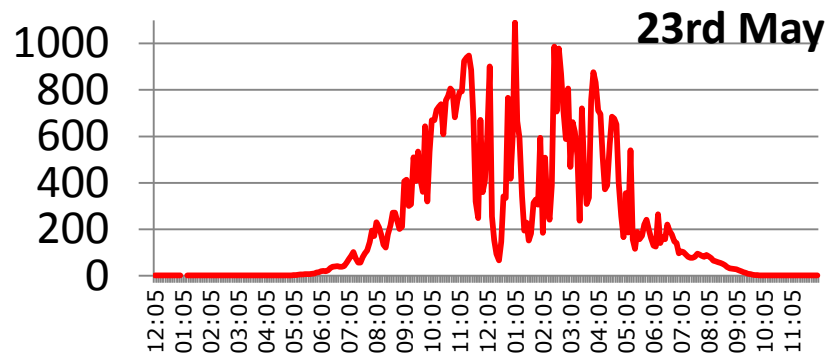
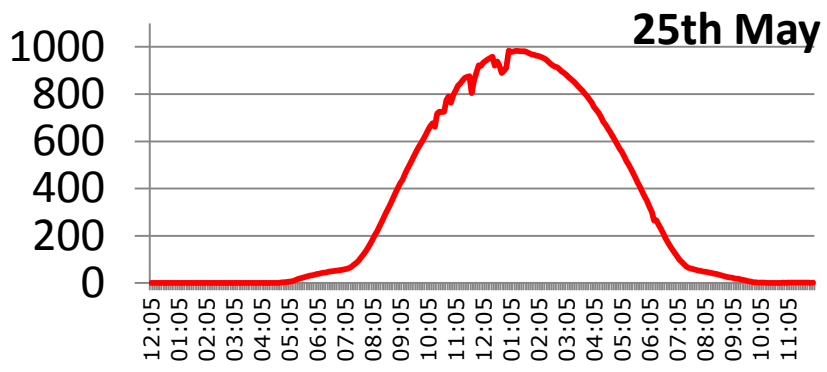
**Kapacita akumulátoru** je definována vztahem 
$$C_S = \frac{C_u}{W_L}$$

$C_u$  je užitná kapacita akumulátoru

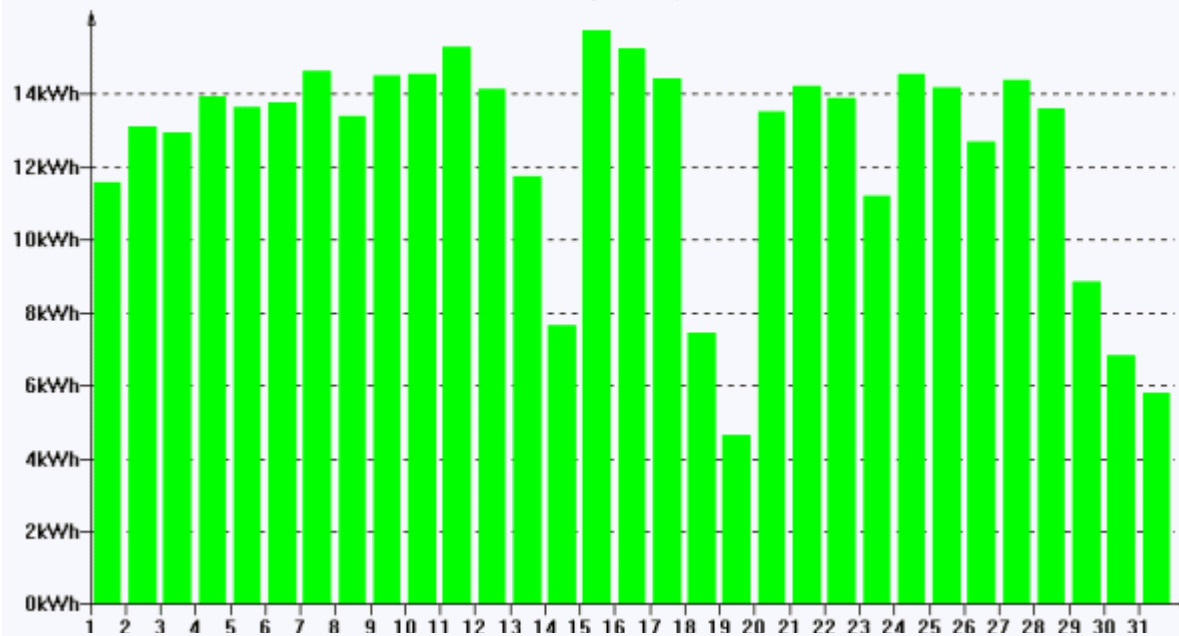
Sklon fotovoltaického pole se volí s ohledem na periodu s nejnižší ozářeností; obvykle  $\beta = \Phi$



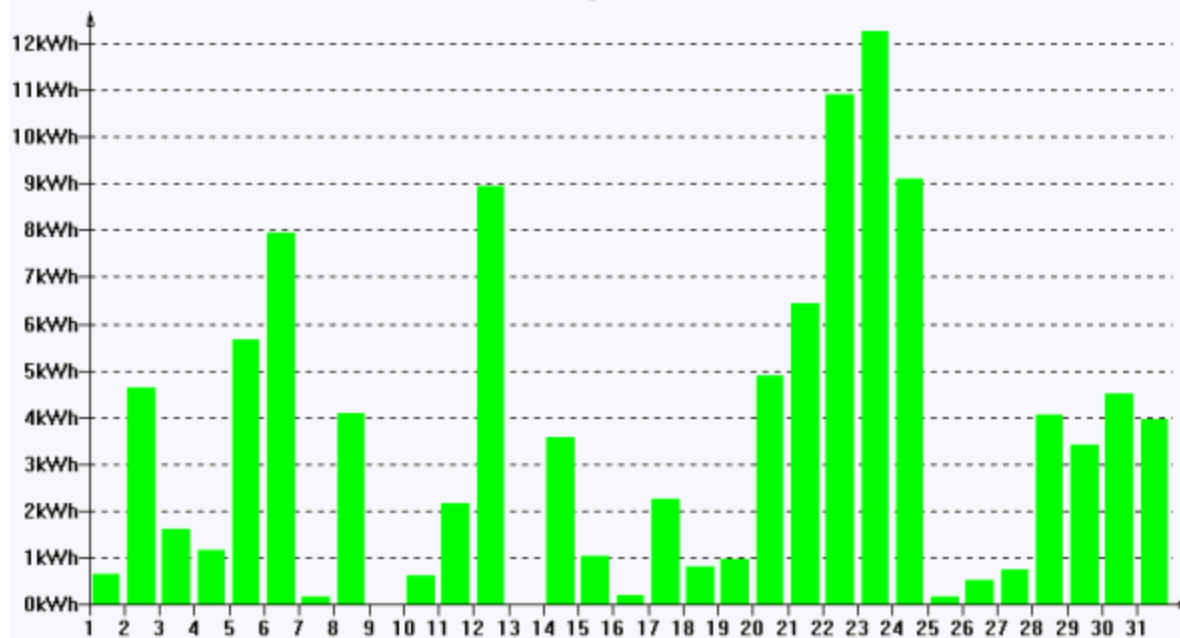
Celoroční provoz vyžaduje velké fotovoltaické pole.

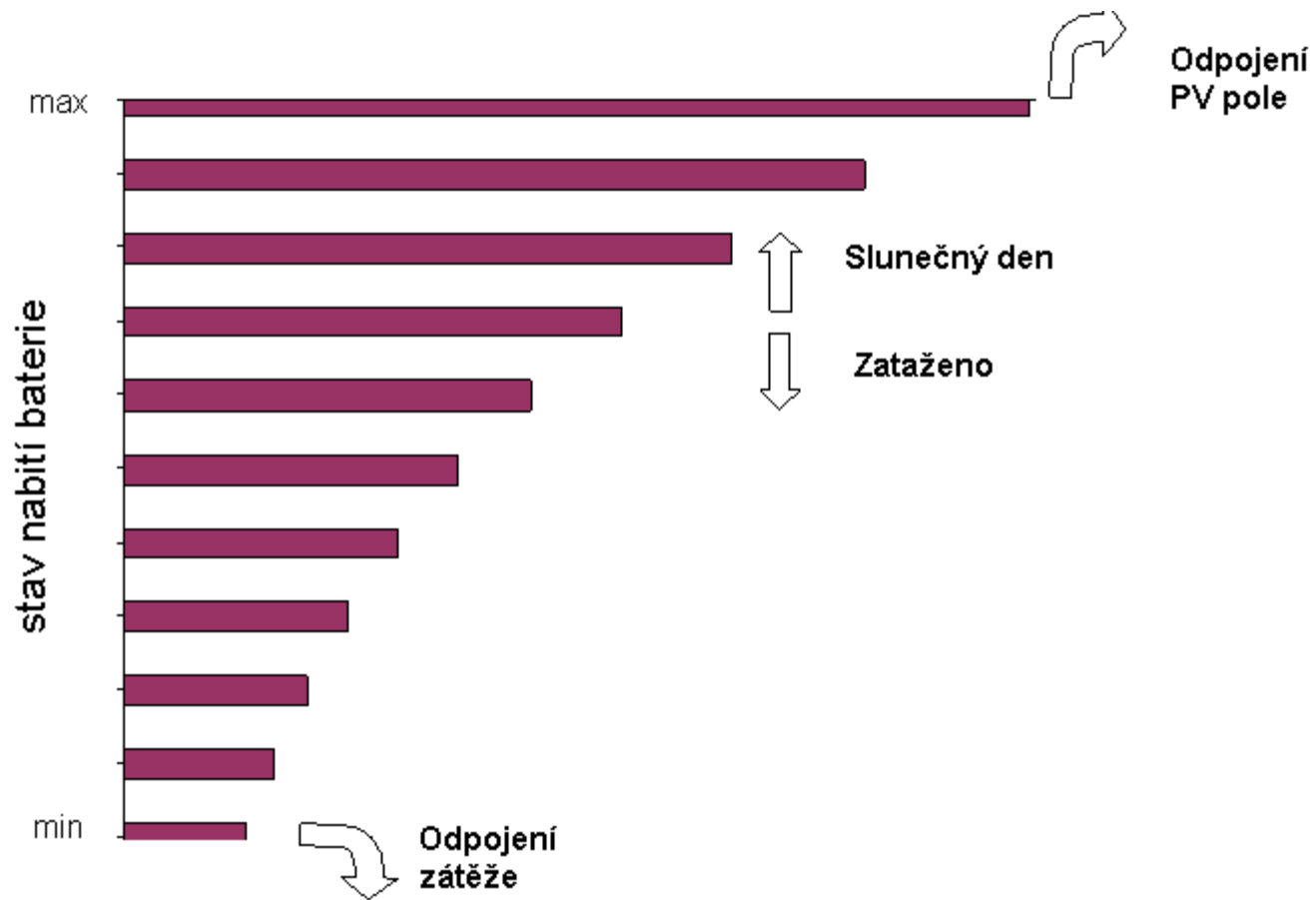


Elektrická energie za srpen 2003



Elektrická energie za leden 2004





Pokud po dobu  $n_c$  dnů je denní ozáření  $G_d < G_{do}$ , baterie se během této doby napájí spotřebiče a vybíjí se..

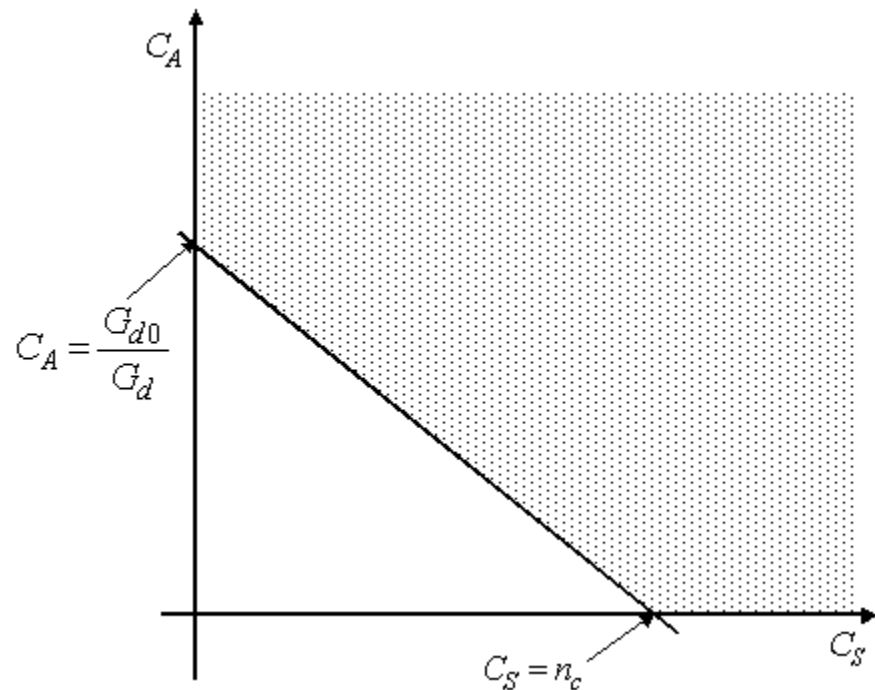
Pro zajištění dostatečné energie (výkonu) pro provoz spotřebičů, požadovaná kapacita baterie (v jednotkách energie)  $C_u$  je možno vyjádřit

$$C_u \geq n_c (W_L - C_A \frac{W_L}{G_{do}} G_d)$$

Pokud kapacita baterie  $C_u$  je nahrazen počtem dnů akumulace

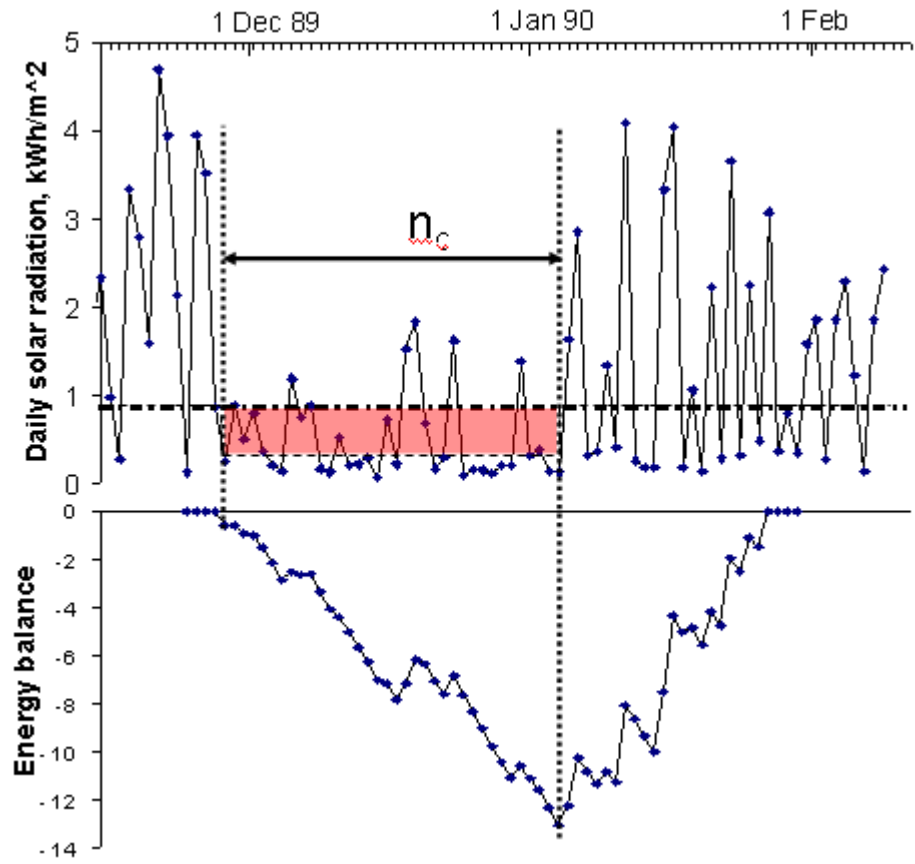
$$C_S = C_u / W_L$$

$$\frac{1}{n_c} C_S + \frac{G_d}{G_{do}} C_A \geq 1$$



$C_A = 1.1$  a  $3 \leq C_S \leq 5$  běžné hodnoty pro venkovské objekty

$1.2 \leq C_A \leq 1.3$  a  $5 \leq C_S \leq 8$  používány pro tzv. náročné aplikace

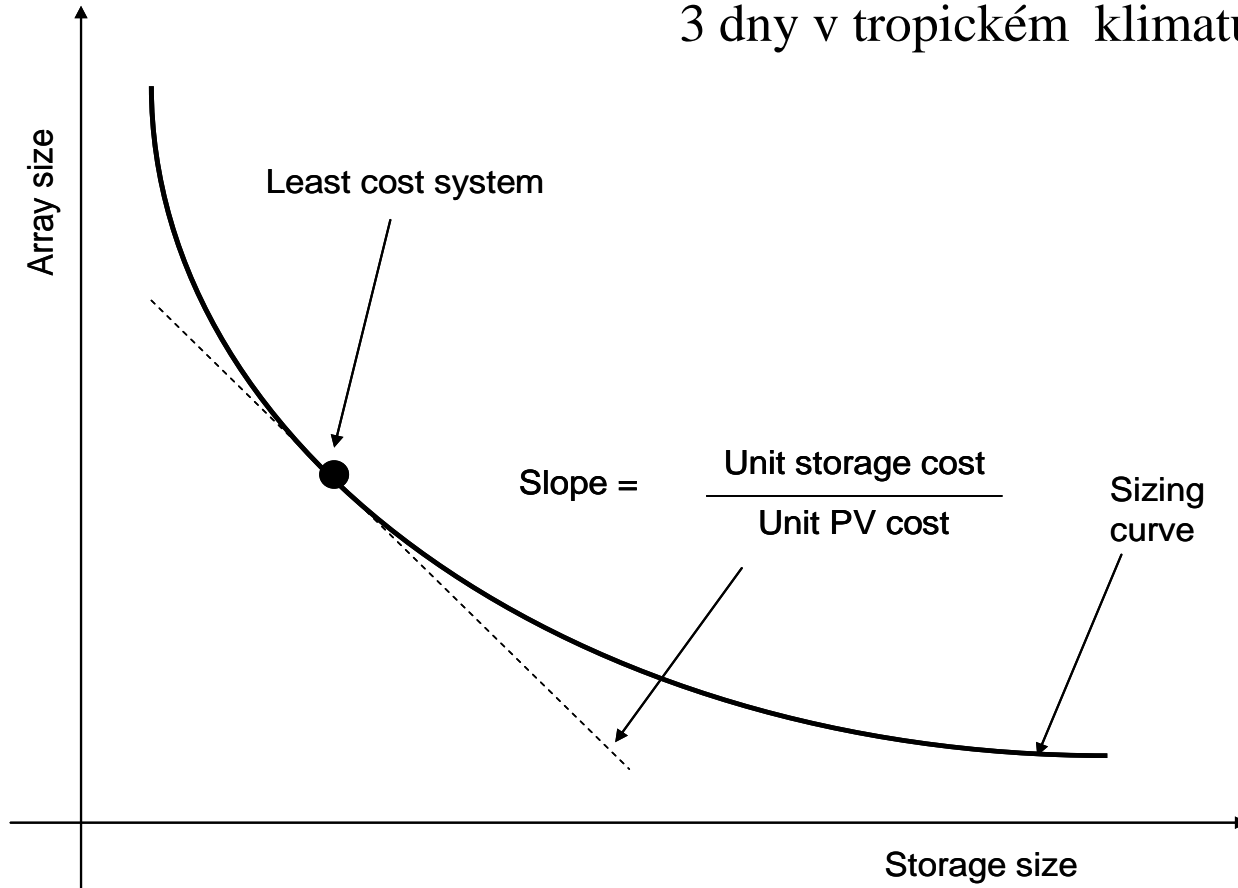


Velikost baterie závisí ne době bez dostatečného slunečního svitu

15-20 dnů v Severní Evropě

5 dnů ve střední Evropě

3 dny v tropickém klimatu

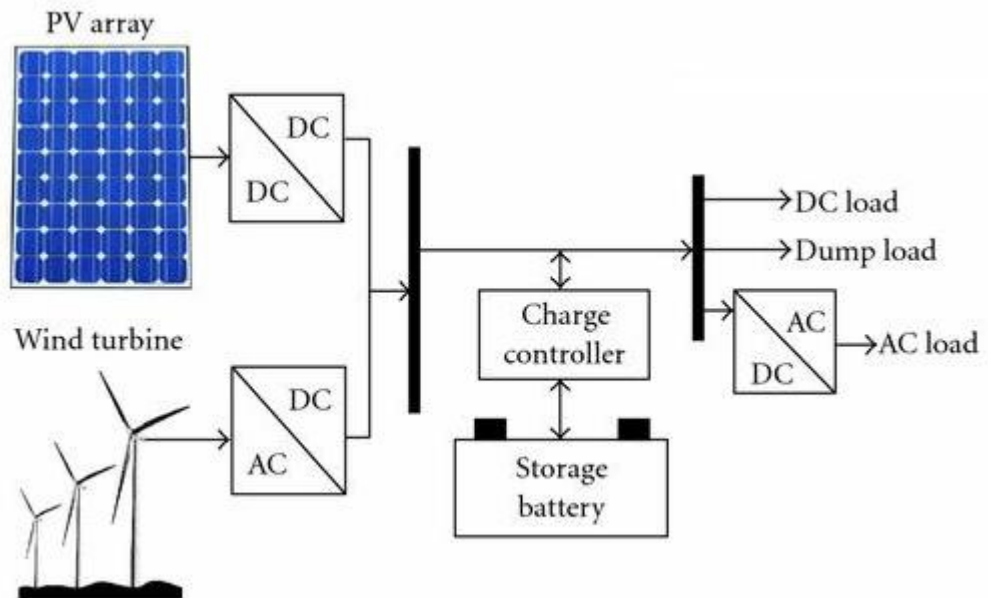




## Hybridní systémy

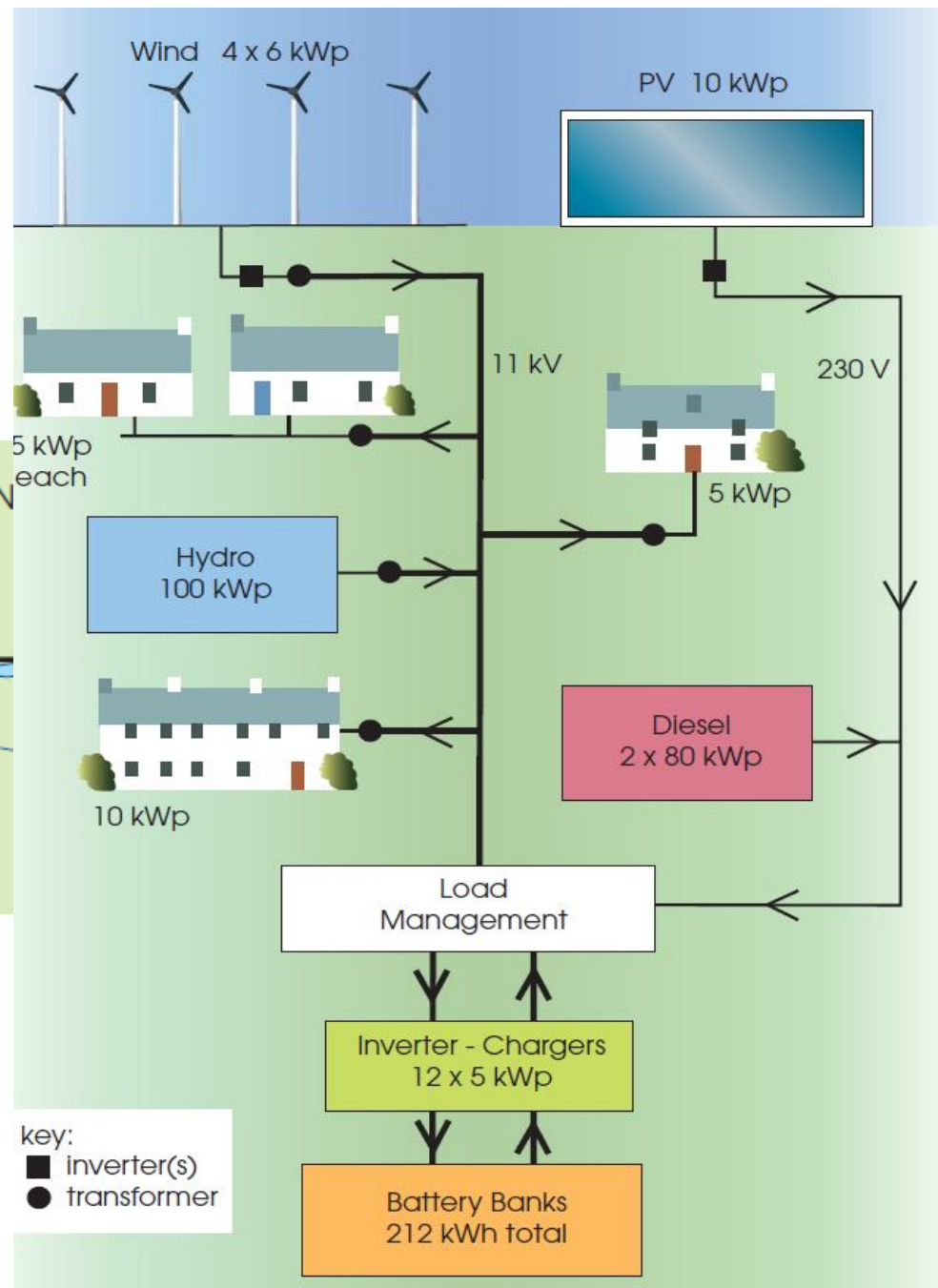
- Doplnění FV autonomního systému dalším na síti  
nezávislým zdrojem energie

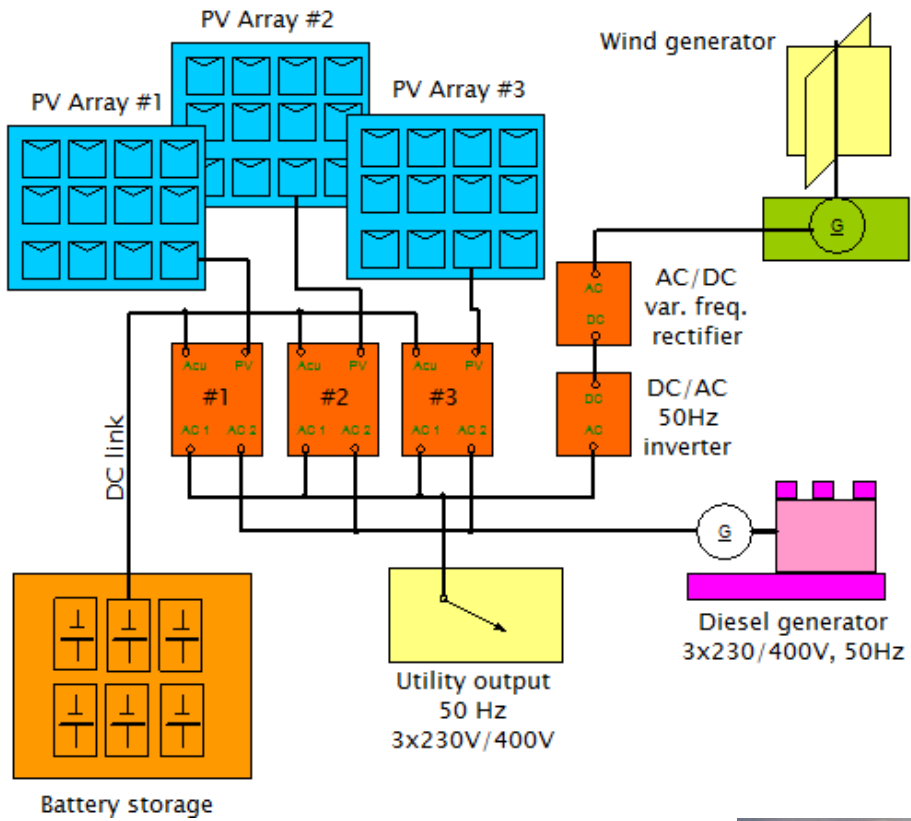
- motor- generátor
- větrný generátor
- malá vodní elektrárna



Obvykle všechny systémy slouží k nabíjení akumulátorů,  
z akumulátoru se čerpá energie

# Isolovaná rozvodná síť – ostrovní systém





## System Alfons

