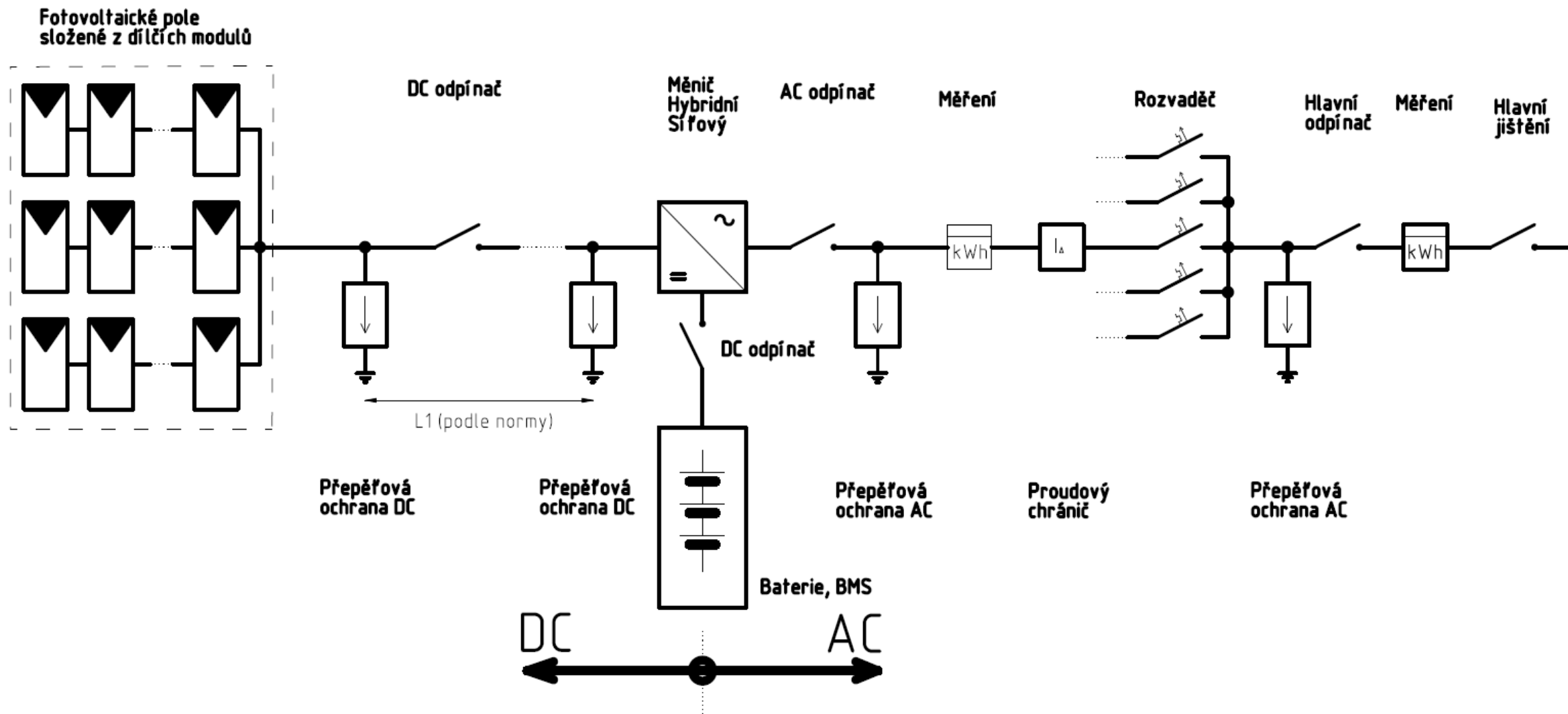


Základní schéma FVS a jeho součásti

Petr Maule, Jiří Vaněk



Základní blokové schéma akumulčního FVS



Výčet ochranných, jistících a měřicích prvků není kompletní!

Součásti FVS připojených k síti

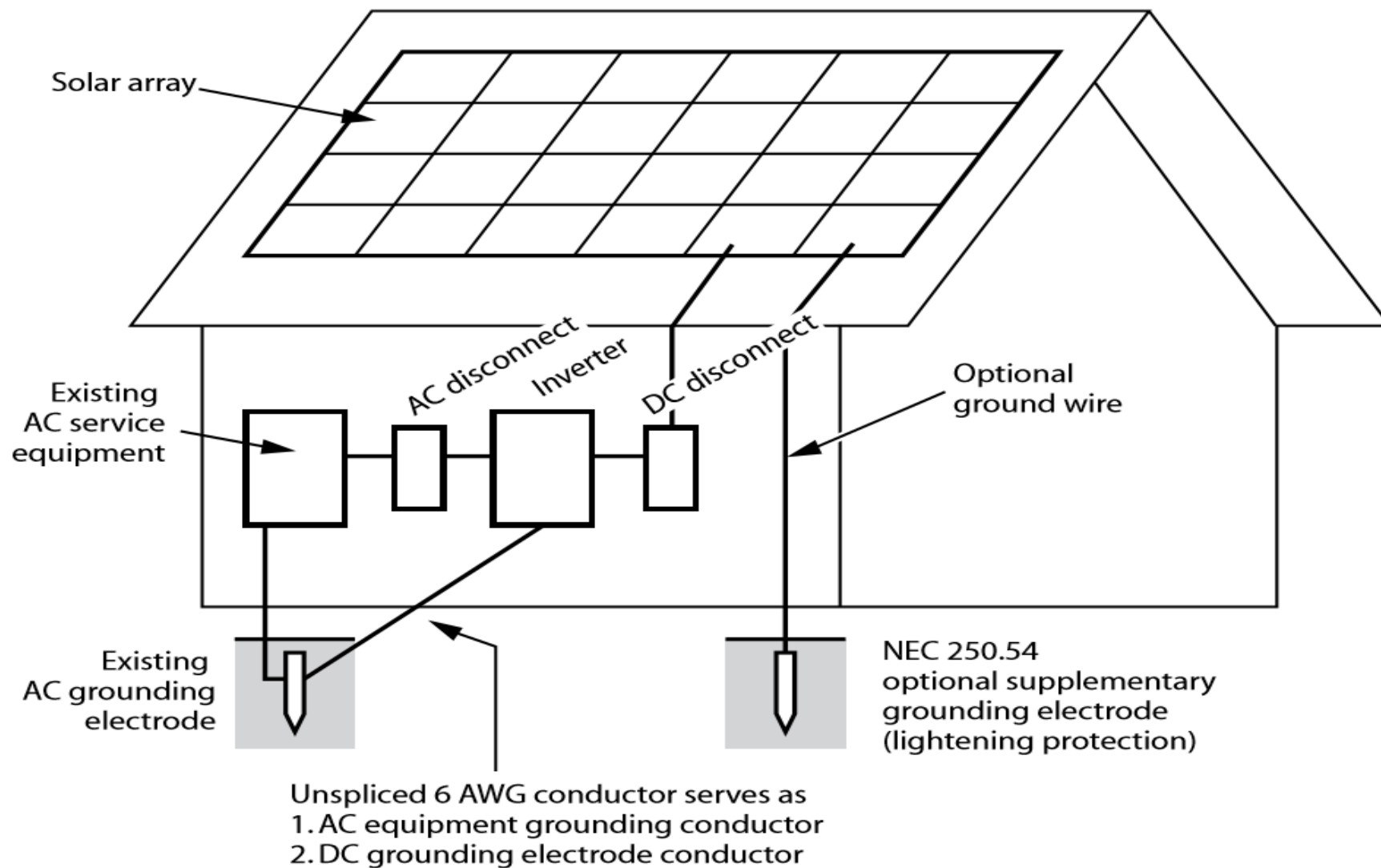
- Fotovoltaické moduly (panely)
- Fotovoltaický střídač
- Rozvaděče DC a AC
- Odpojovač DC FVS (odpínač)
- Přepětové ochrany na straně DC a AC
- Uzemnění (pospojení systému)
- Elektroměr
- Montážní systém

BEZ AKUMULACE

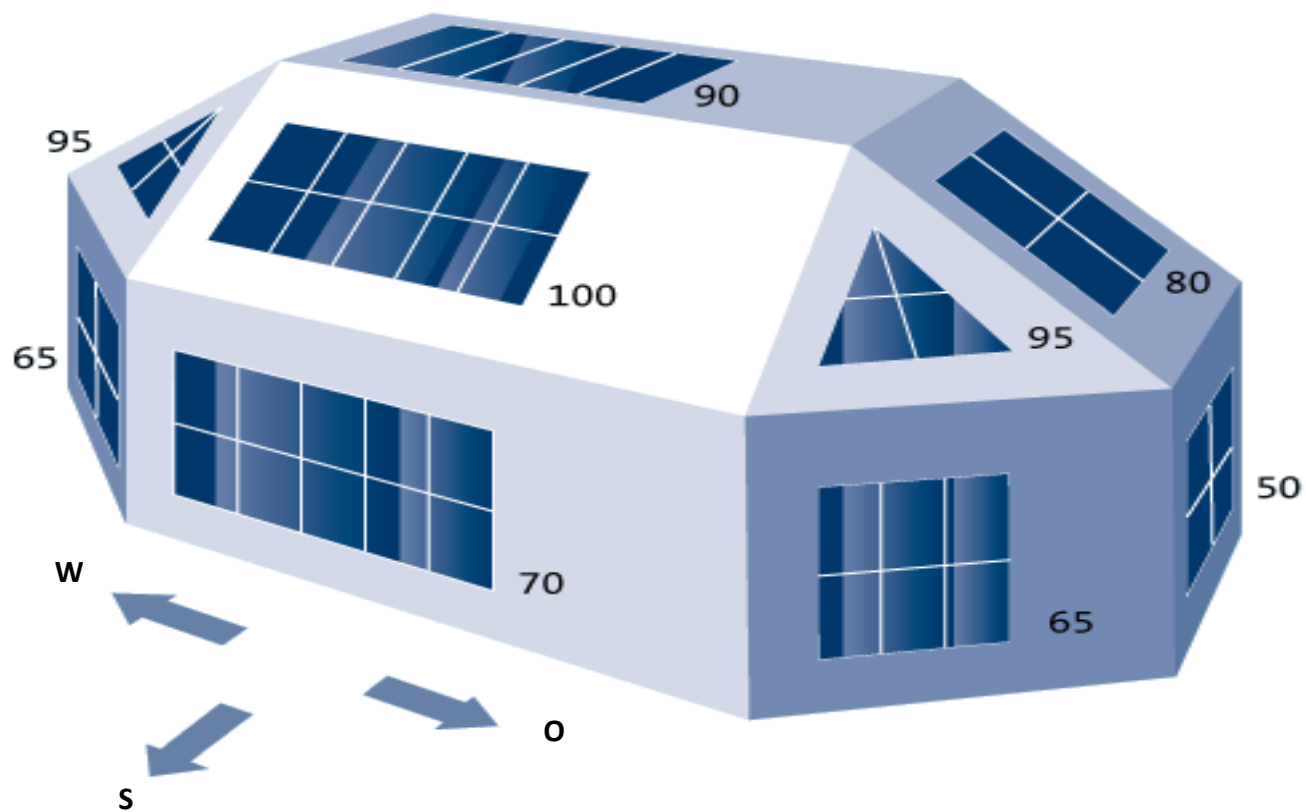
- Baterie (akumulátor), BMS
- Odpojovač baterie

S AKUMULACÍ

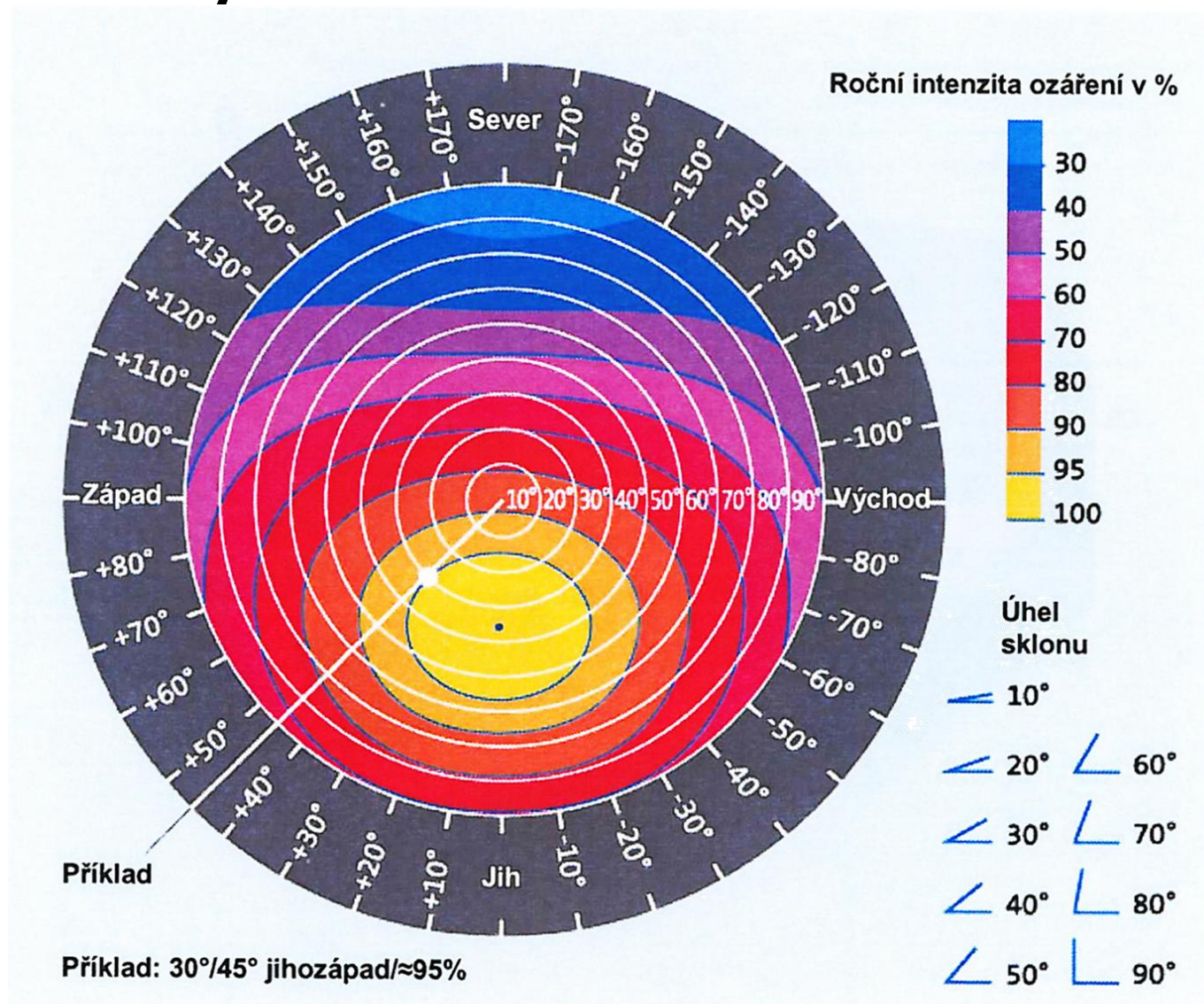
Blokové schéma FVS s umístěním



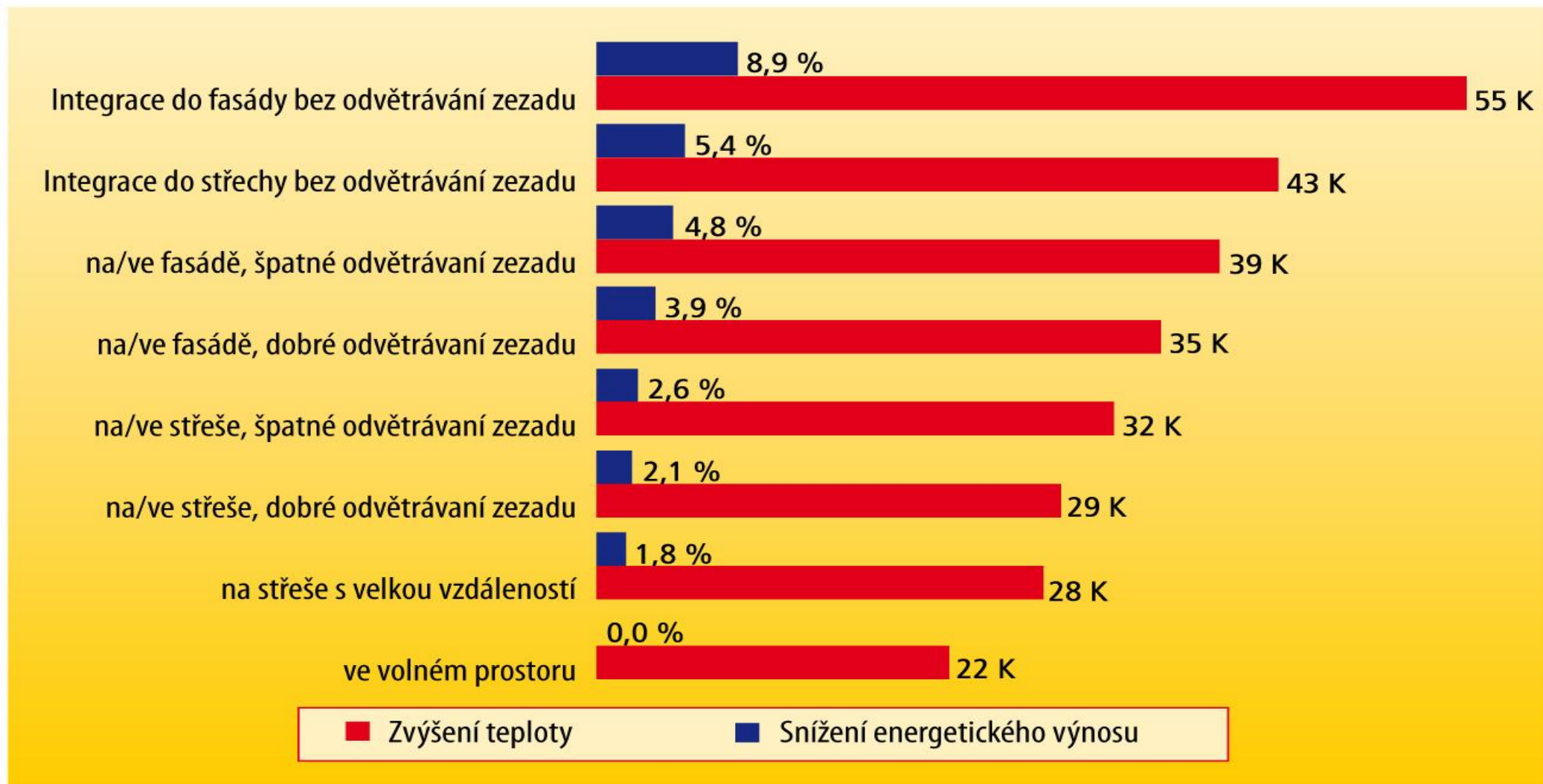
Závislost výnosnosti na orientaci a sklonu



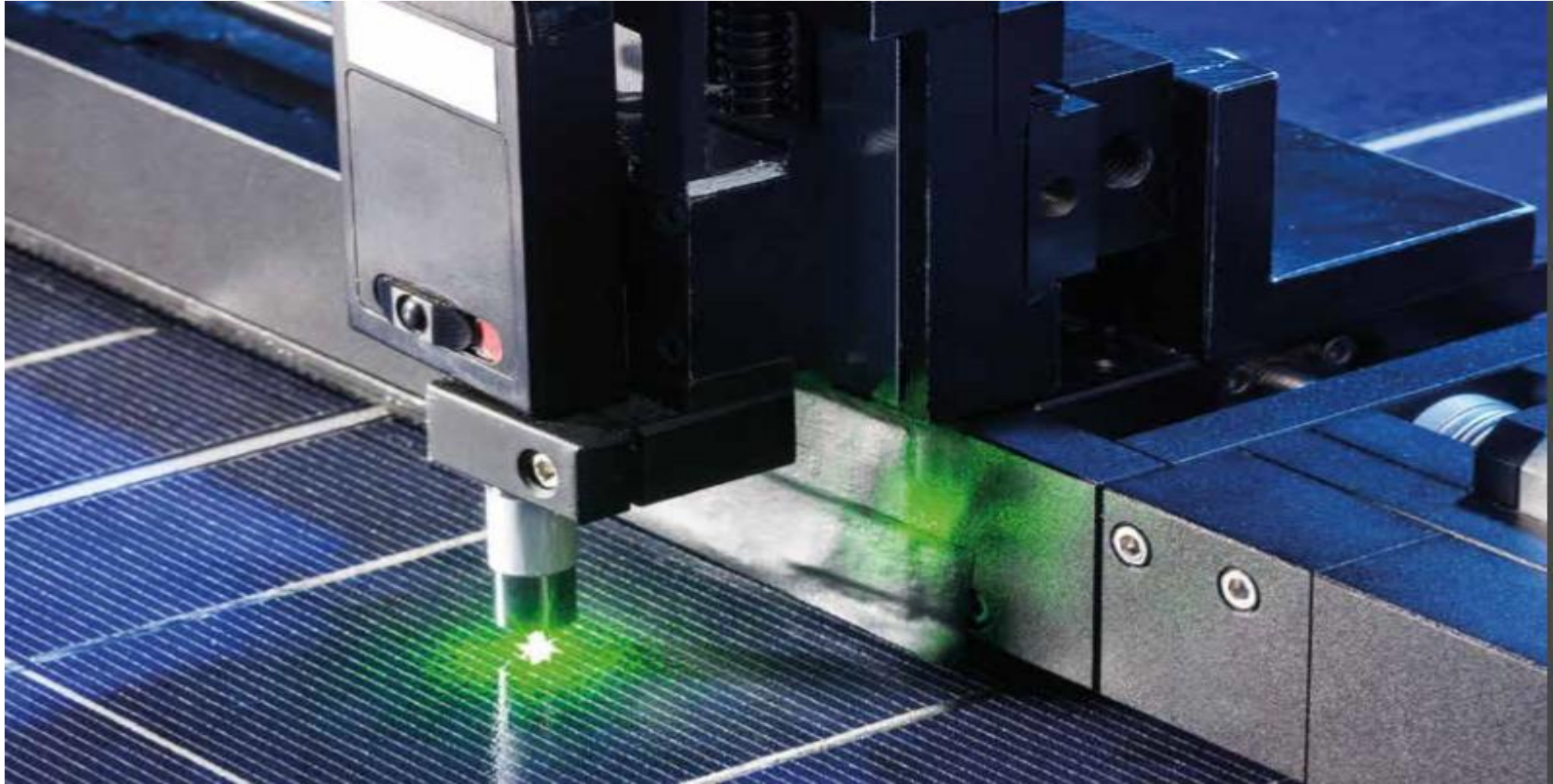
Závislost výnosnosti na orientaci a sklonu



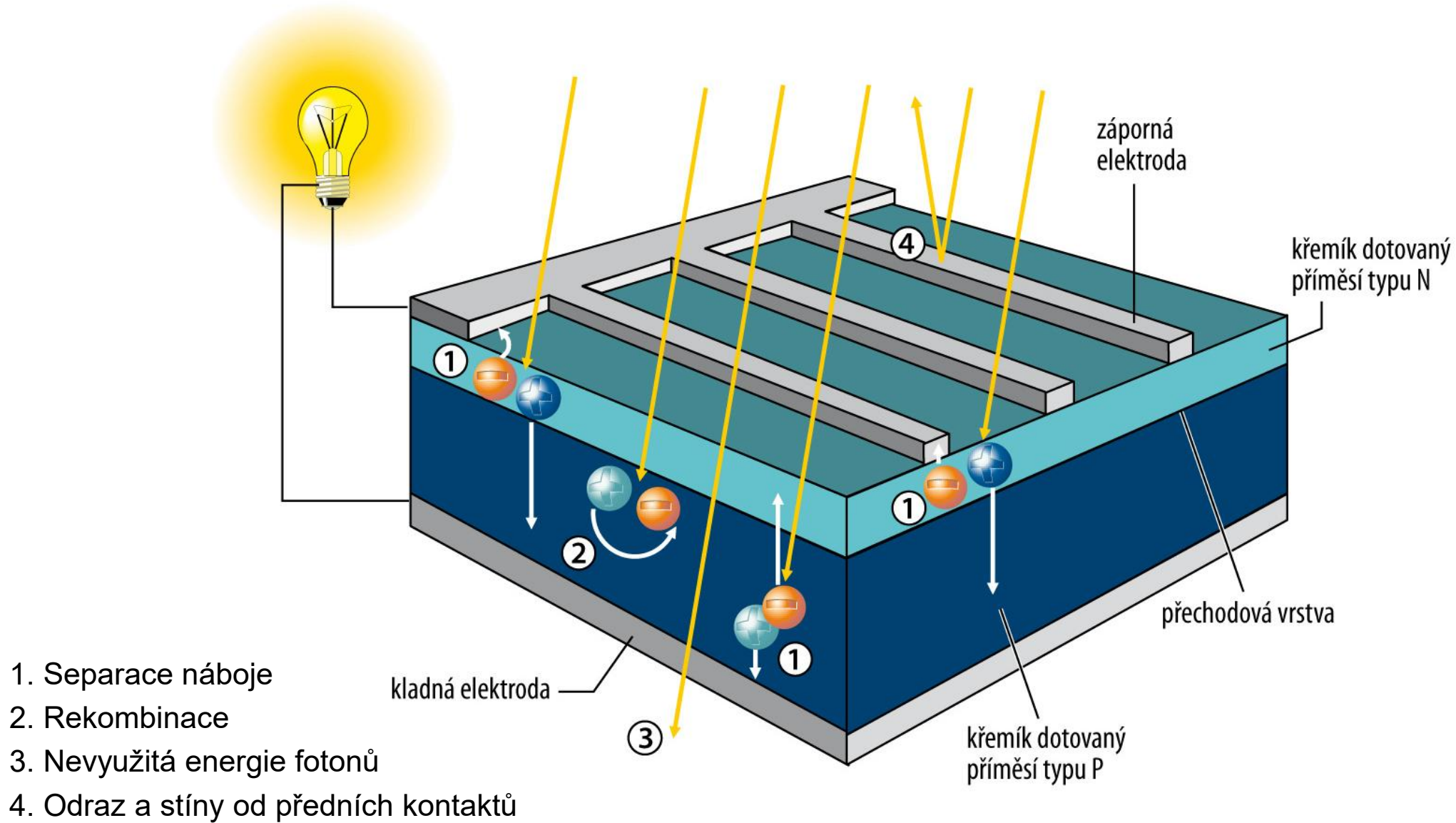
Vliv různého umístění panelů na výši ročního výnosu



FOTOVOLTAICKÉ MODULY

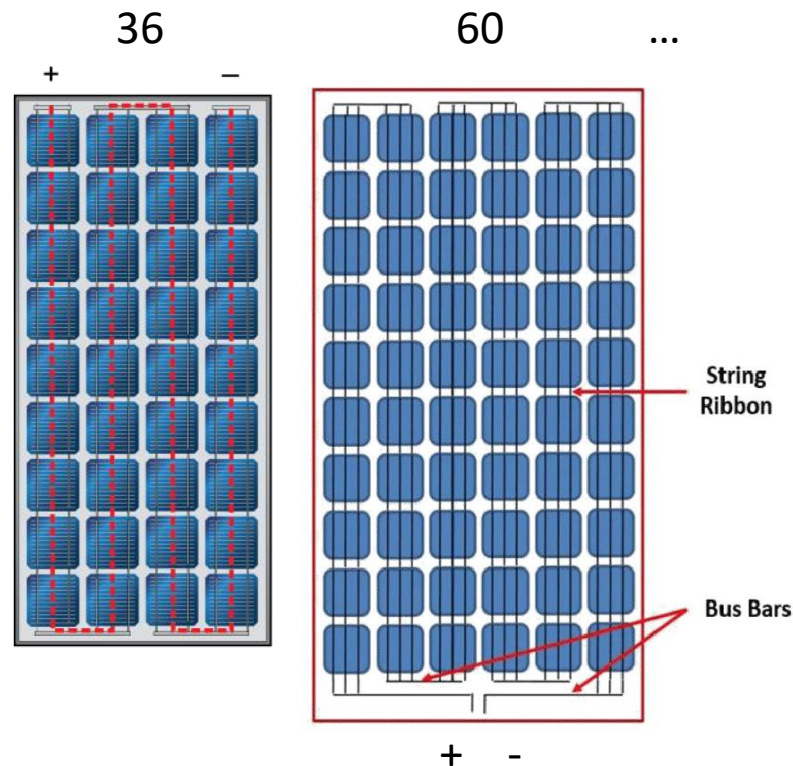
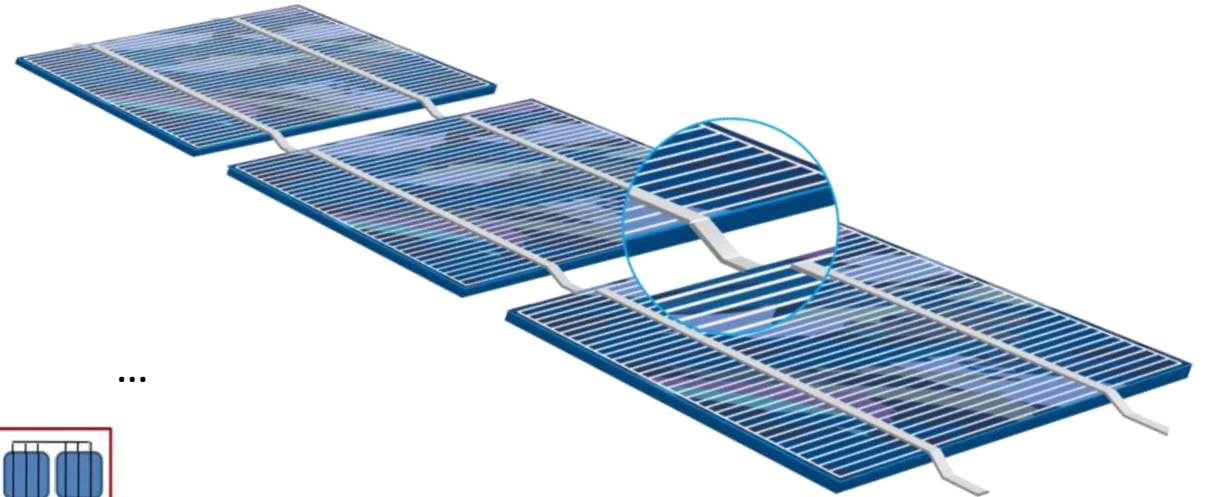


Fotovoltaický článek



Spojování článků do série

Prostringování: Pospájení článků do stringů (= stringy článků) často 36 až 72 článků zapojených do série příp. více stringů paralelně



Laminace a rámování

2. Laminace (nebo zapouzdření)

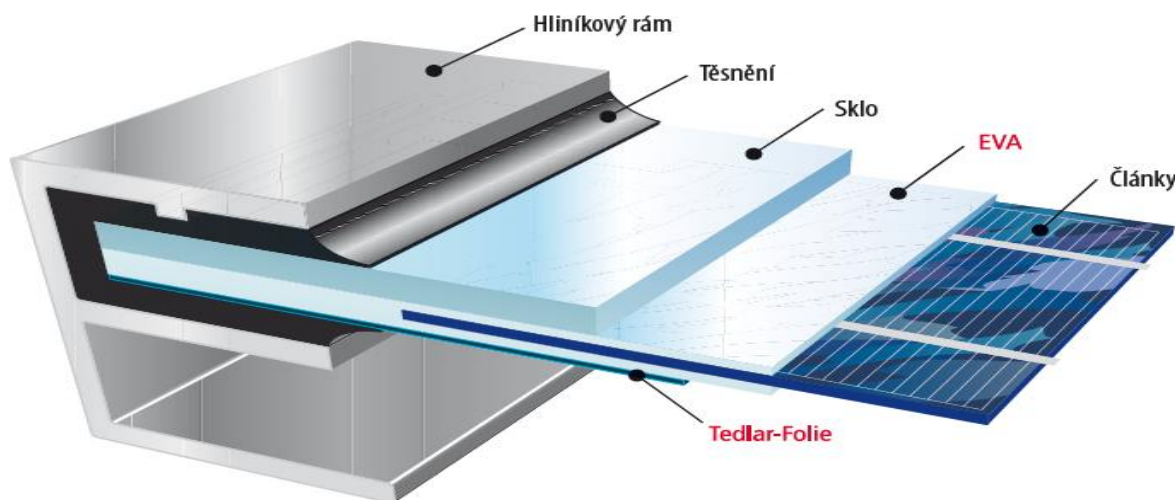
stringů mezi čelním sklem a fólií, příp. sklem na zadní straně

Kompozitní materiál:

u standardního modulu EVA = etylen-vinyl-acetát
další zapouzdřovací materiály:

PVB (zejména tenkovrstvé moduly), odlévací
pryskyřice, ionomery, PTFE (teflon), silikony

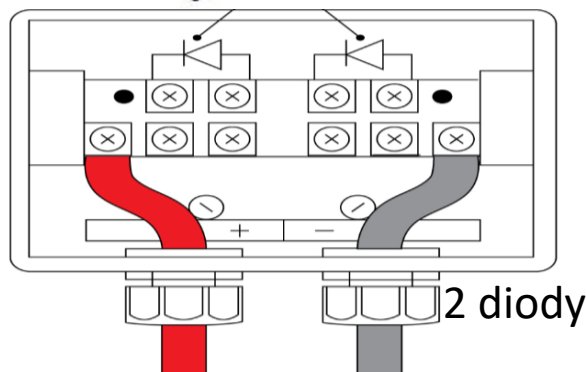
3. Rámování: volitelně



Elektrické připojení a zkouška

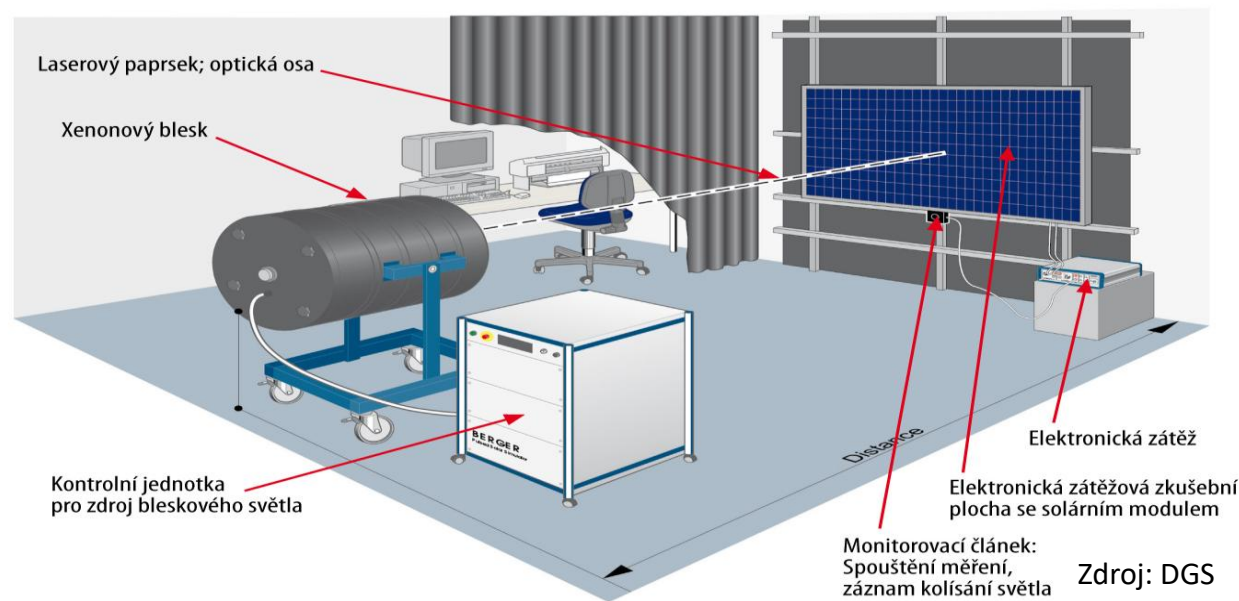
4. Elektrické připojení

přípojná krabice modulu s bypass diodami na zadní straně,
většinou připojovací kabely s konektorem

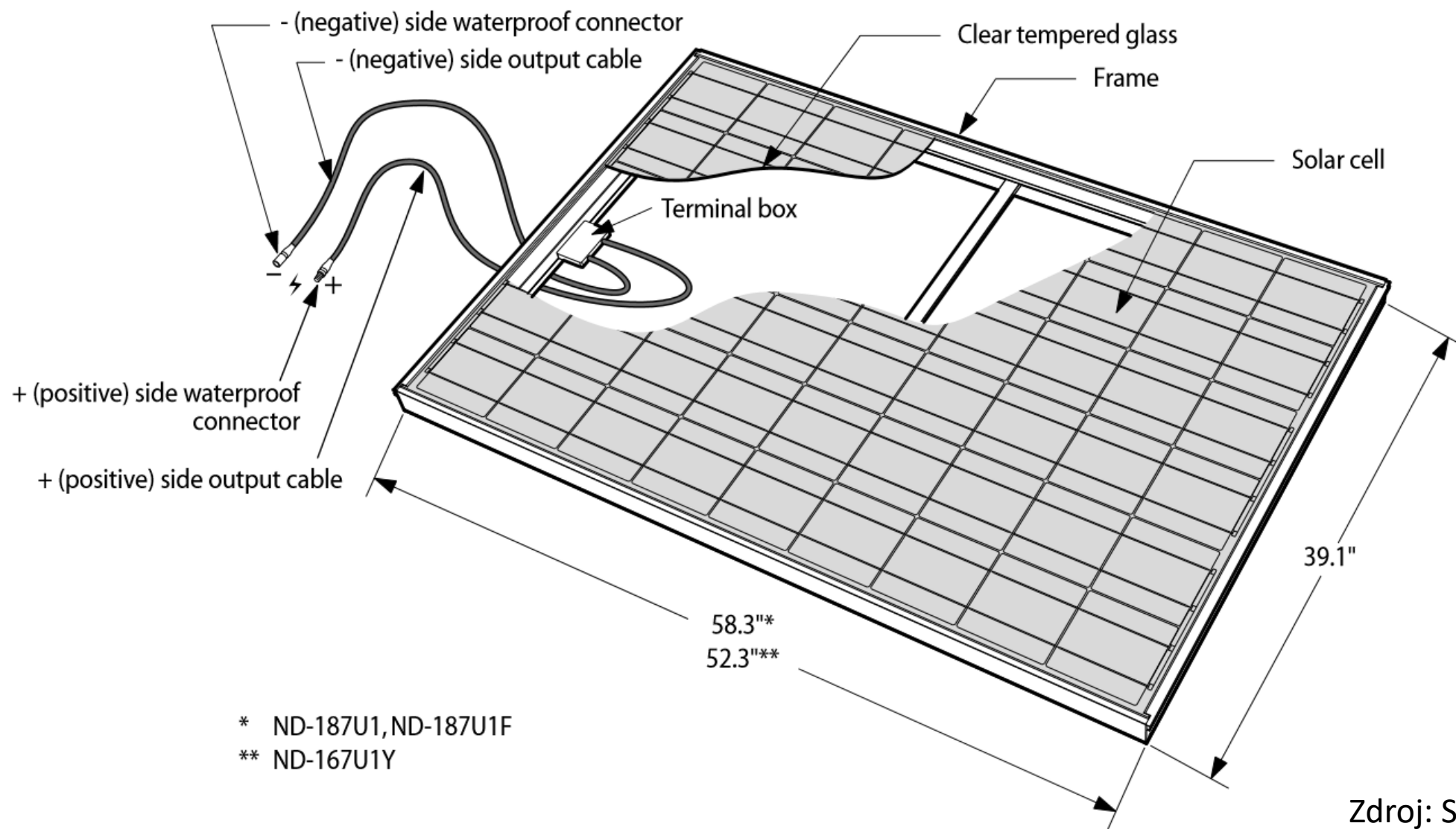


5. Kontrola, proměření pomocí zábleskového světla (Flasher)

Měření elektrických
charakteristických
hodnot každého modulu

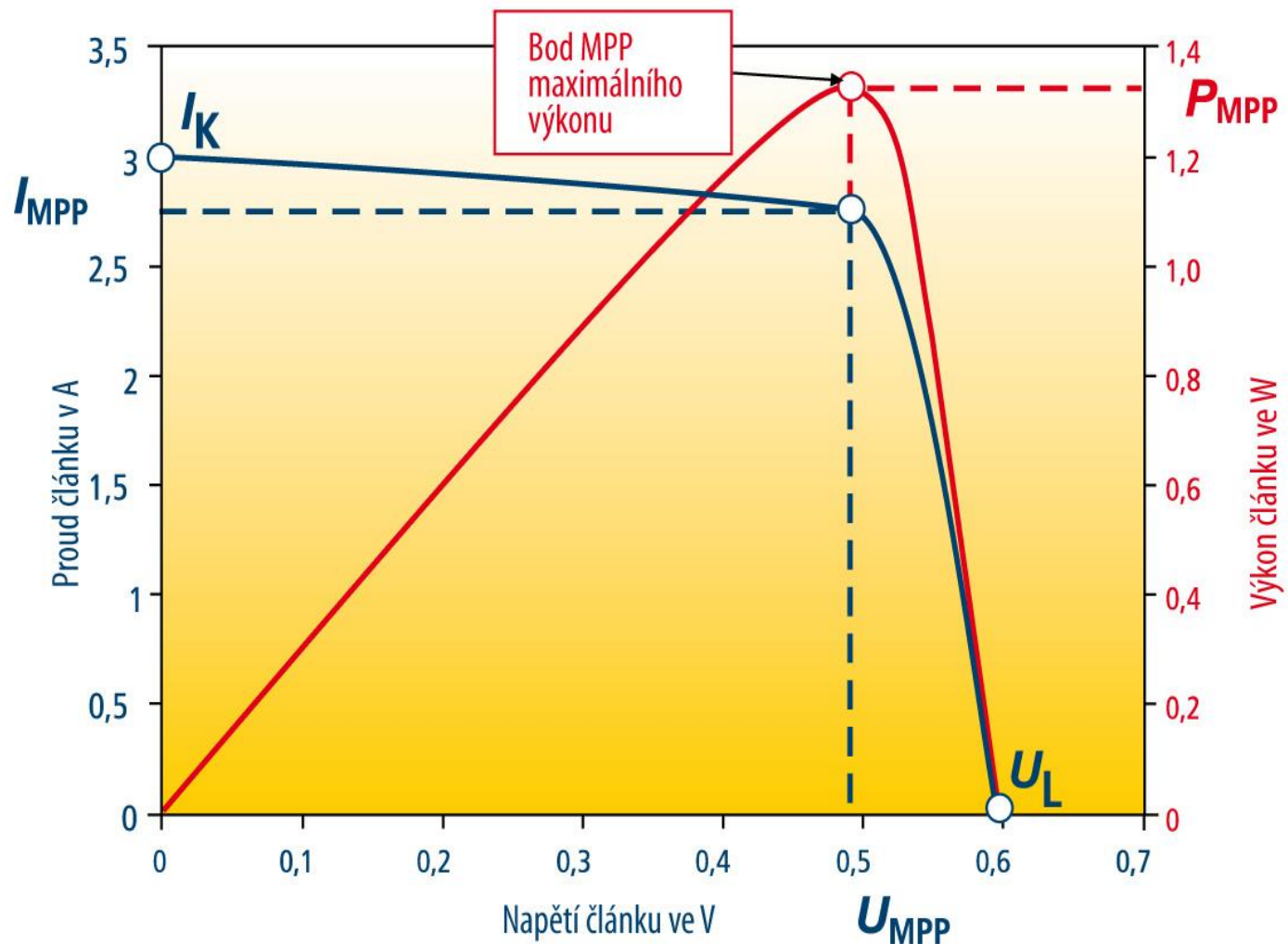
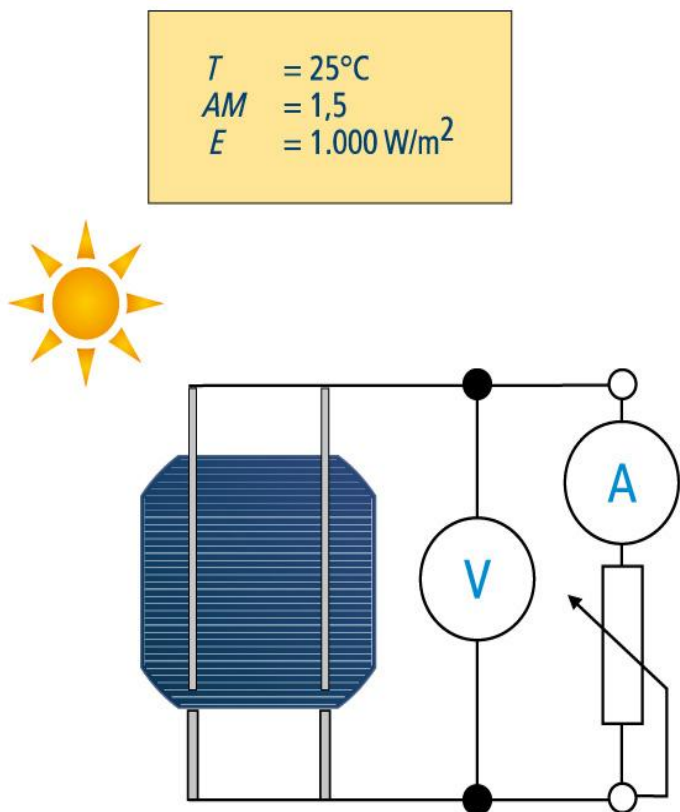


Fotovoltaický modul

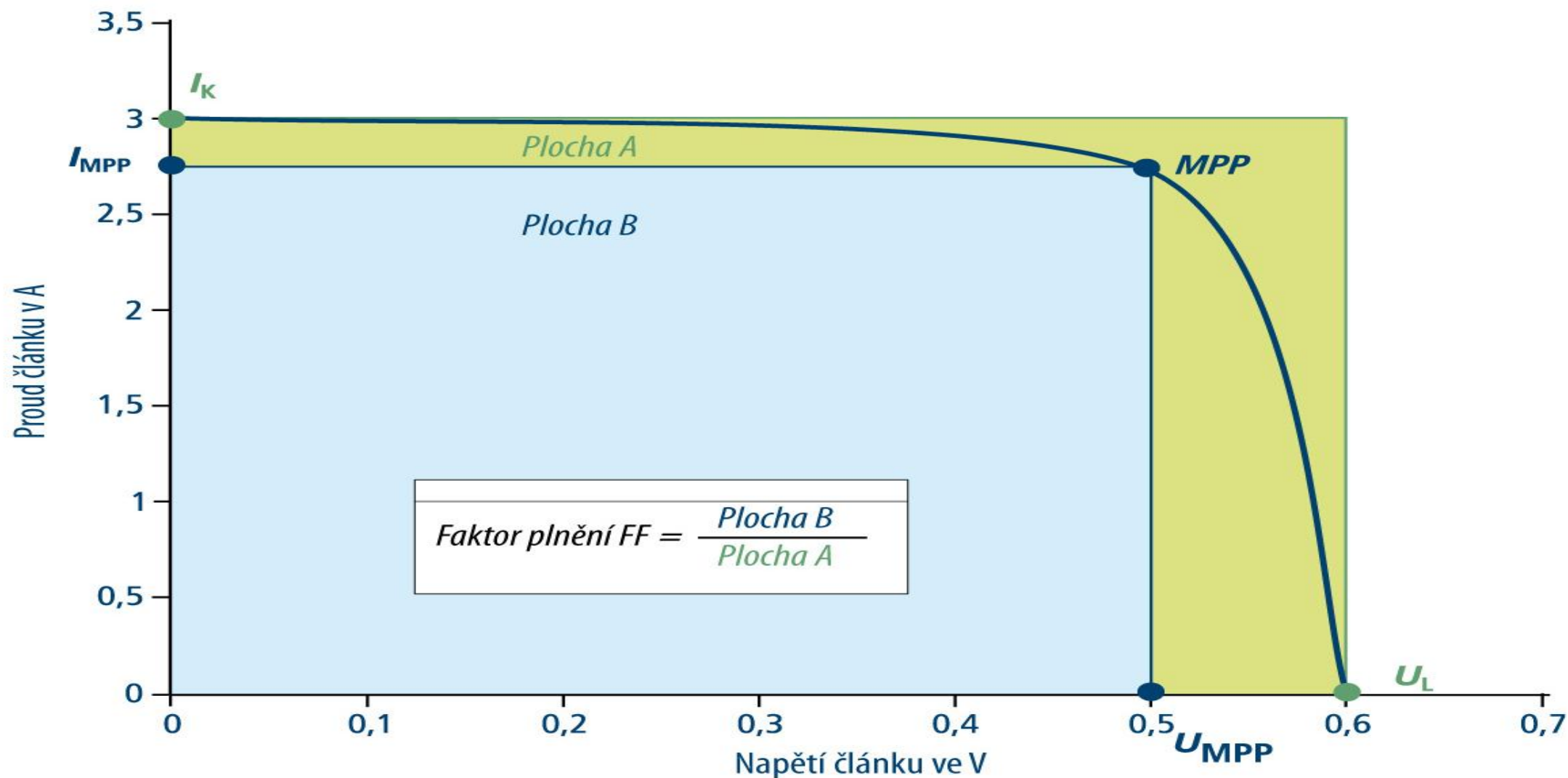


Zdroj: SHARP

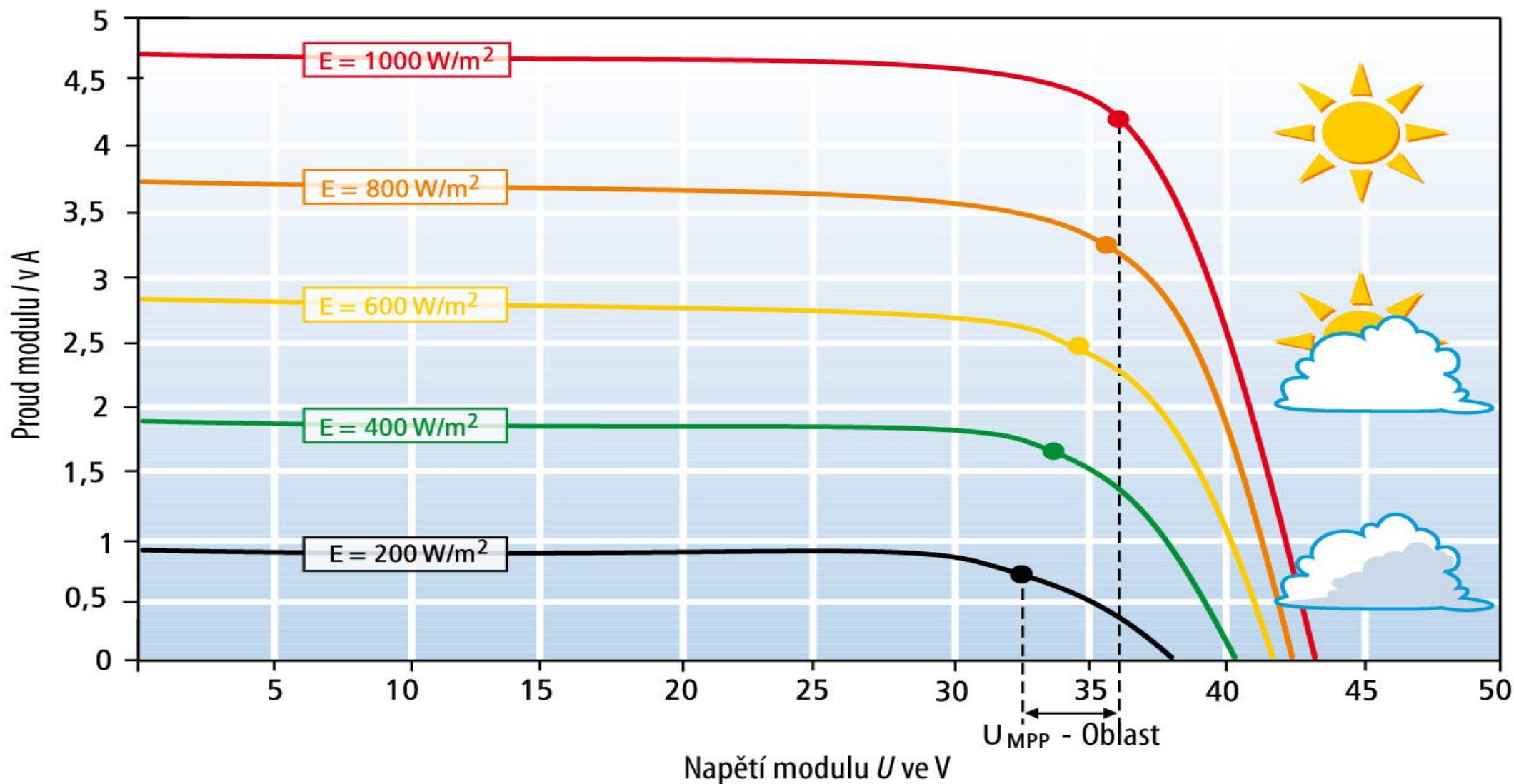
Základní voltampérová charakteristika fotovoltaického článku



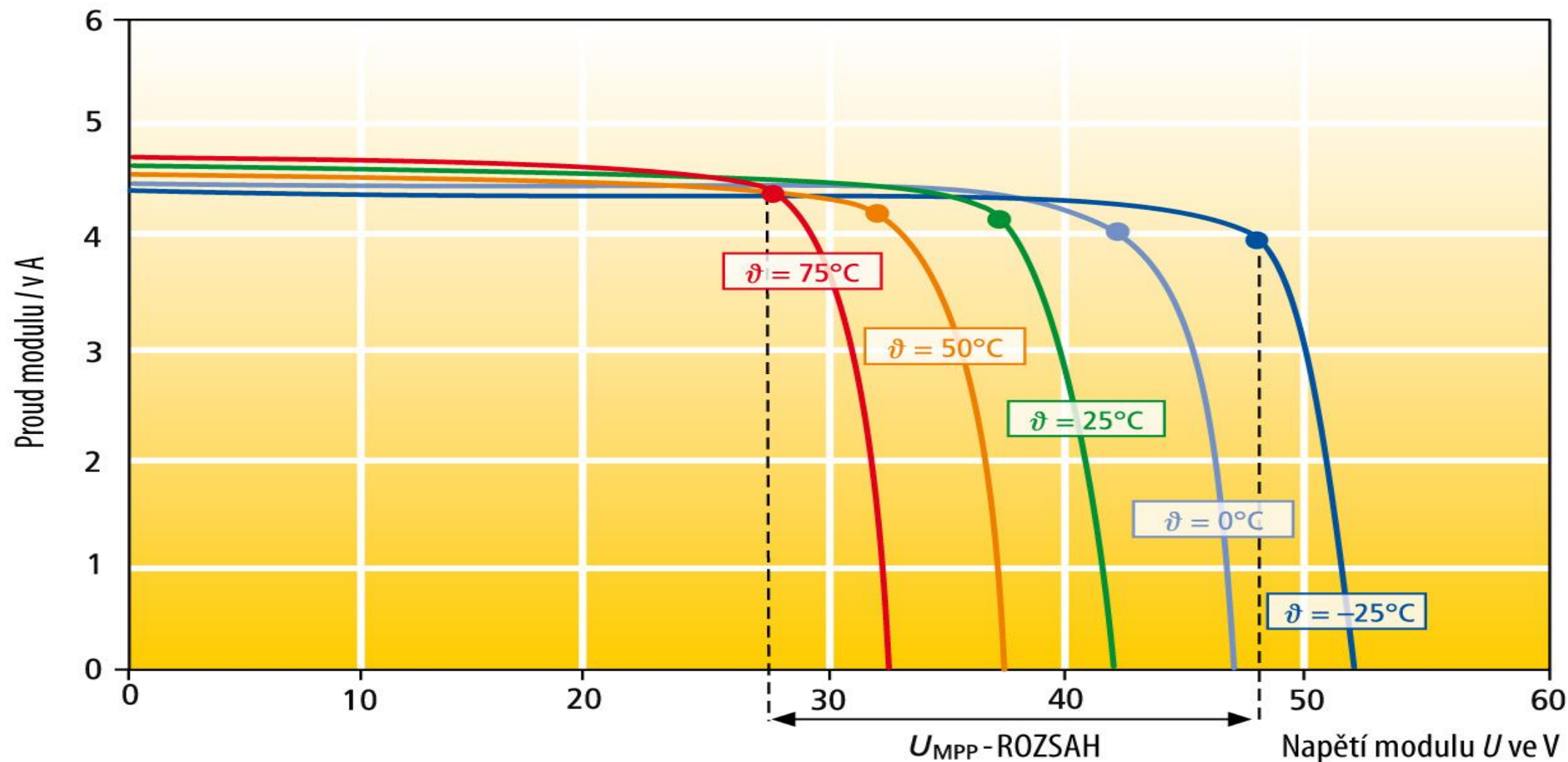
Základní voltampérová charakteristika fotovoltaického článku



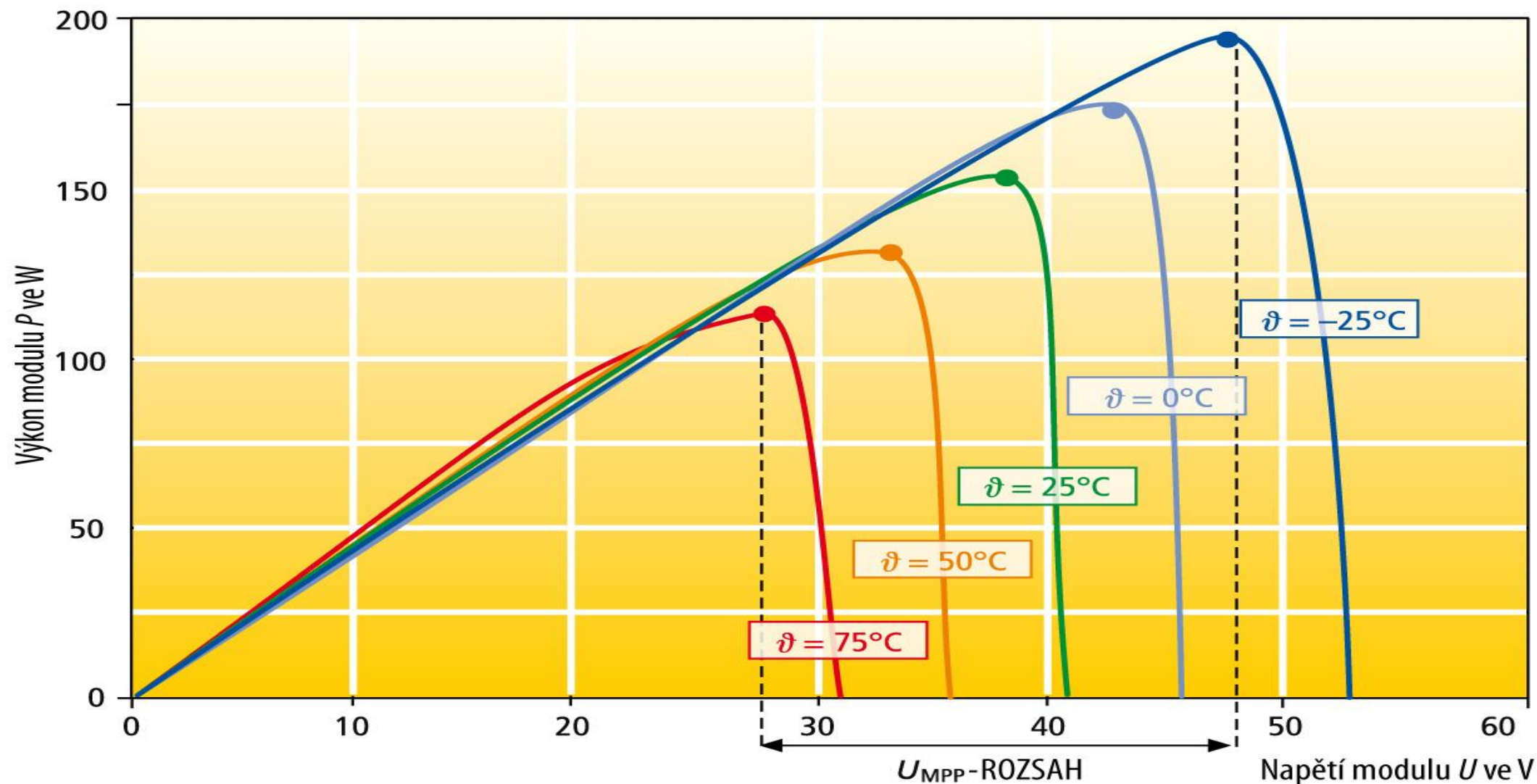
Výkon FV modulů v závislosti na osvětlení



Výkon FV modulů v závislosti na venkovní teplotě



Výkonové ch-ky při různých teplotách



Základní vlastnosti krystalických struktur

- Proud modulu I_k (a také $\sim I_{mp}$) má přímý proporcionální vztah k ozáření
- Napětí modulu U_0 (a také U_{mpp}) klesá spolu s rostoucí teplotou modulu
- Výkon modulu klesá se stoupající teplotou modulu (0,2 – 0,5 % / °K ... v závislosti na typu modulu)

Charakteristiky FV modulu Canadian Solar Inc.

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	285P	290P	295P
Nominal Max. Power (Pmax)	285 W	290 W	295 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	31.4 V	31.6 V	31.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.06 A	9.18 A	9.28 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3 V	38.5 V	38.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.64 A	9.72 A	9.81 A
Module Efficiency	17.41%	17.72%	18.02%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6K	285P	290P	295P
Nominal Max. Power (Pmax)	210 W	214 W	218 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	28.9 V	29.1 V	29.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.28 A	7.36 A	7.44 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.8 V	36.0 V	36.1 V
Short Circuit Current (Isc)	7.78 A	7.85 A	7.92 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 series
Per Pallet	27 pieces, 538 kg (1186.1 lbs)
Per Container (40' HQ)	756 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 2 °C

Charakteristiky FV modulu SOLAR FRONTIER

Electrical Performance at Standard Test Conditions (STC)*¹

		SF165-S
Nominal Power	P _{max}	165 W
Power tolerance		+5 W / 0 W
Open circuit voltage	V _{oc}	110.0 V
Short circuit current	I _{sc}	2.20 A
Voltage at nominal power	V _{mpp}	85.5 V
Current at nominal power	I _{mpp}	1.93 A

Electrical Performance at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) Conditions*²

		SF165-S
Nominal Power	P _{max}	123 W
Open circuit voltage	V _{oc}	100 V
Short circuit current	I _{sc}	1.76 A
Voltage at nominal power	V _{mpp}	80.2 V
Current at nominal power	I _{mpp}	1.53 A

Thermal Characteristics

NOCT	47 °C
Temperature coefficient of I _{sc}	+0.01 %/K
Temperature coefficient of V _{oc}	-0.30 %/K
Temperature coefficient of P _{max}	-0.31 %/K

These thermal characteristics are typical data.

Vlastnosti krystalických struktur v závislosti na teplotě

Porovnání koeficientů teploty:

Sanyo: $-0,33 \text{ } \%/^{\circ}\text{K}$

Evergreen: $-0,49 \text{ } \%/^{\circ}\text{K}$

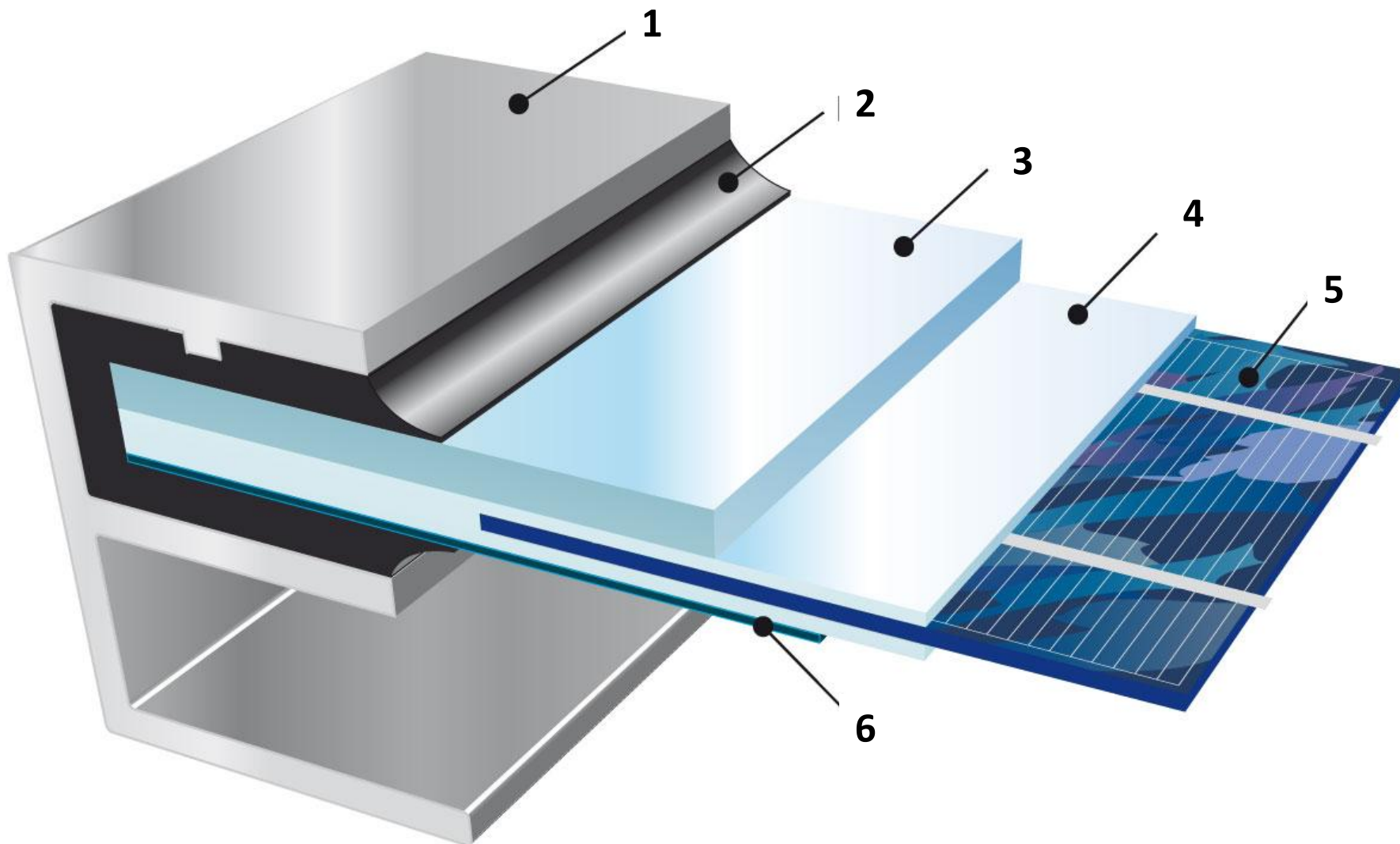
Při teplotě modulu 65 °C (oproti 25 °C STC)

Úbytek výkonu Sanyo: $40^{\circ}\text{K} * -0,33 \text{ } \%/^{\circ}\text{K} = - 13,2 \text{ } \%$

Úbytek výkonu Evergreen: $40^{\circ}\text{K} * -0,49 \text{ } \%/^{\circ}\text{K} = - 19.6 \text{ } \%$

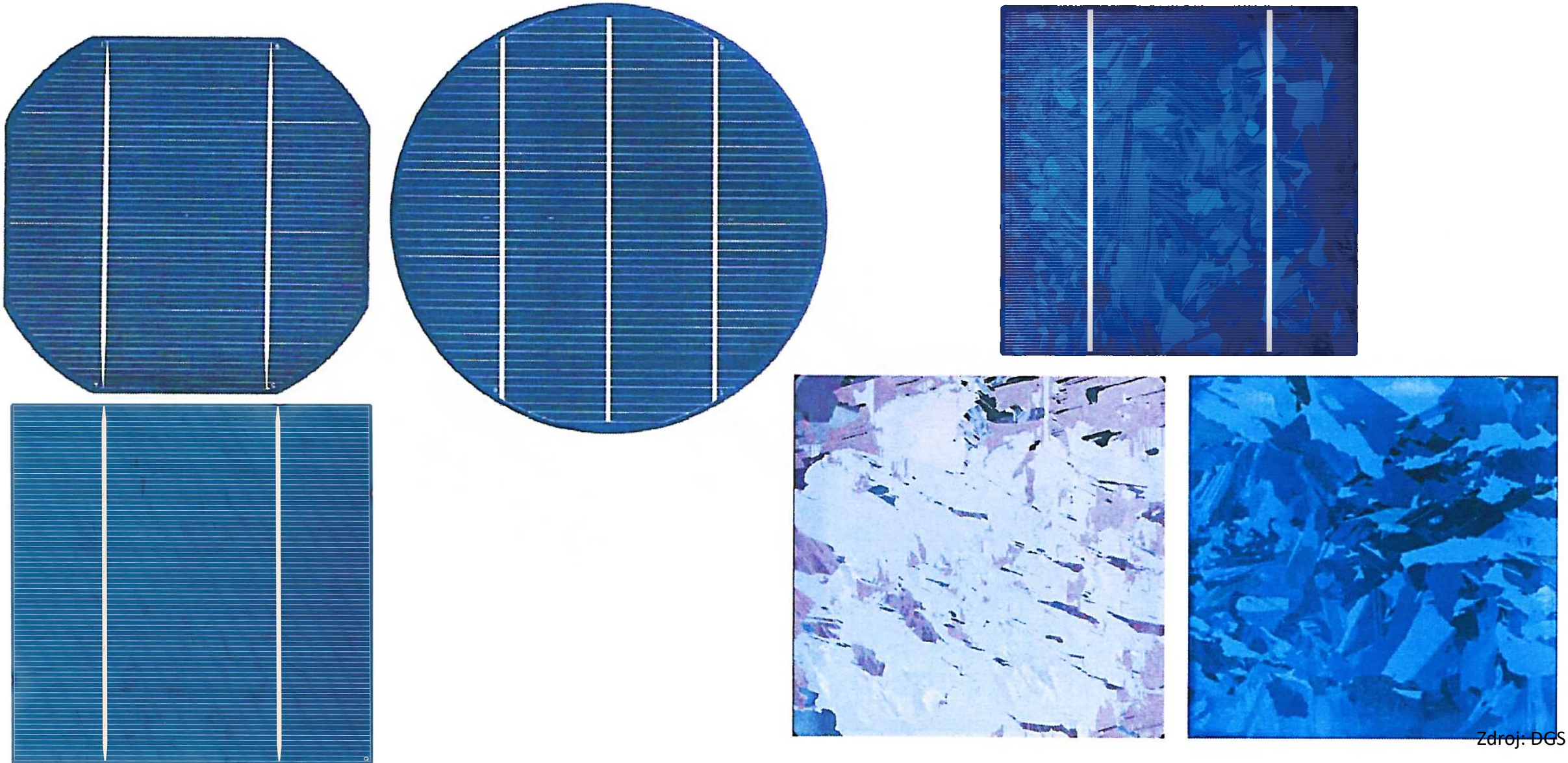
**Úbytek výkonu v létě (při 65 °C) při srovnání v zimě (oproti -35 °C)
je až - 49 %!**

Struktura rámu FV modulu



1. Hliníkový rám
2. Těsnění
3. Sklo (bezpečnostní sklo)
4. Transpárntní umělohmotná fólie (EVA fólie [Ethylenvinylacetat](#) nebo silikonová fólie)
5. Solární články
6. Umělohmotná fólie odolná povětrnostním podmínkám ([Polyvinylfluorid](#) nebo polyester)

Monokrystalické a polykrystalické články

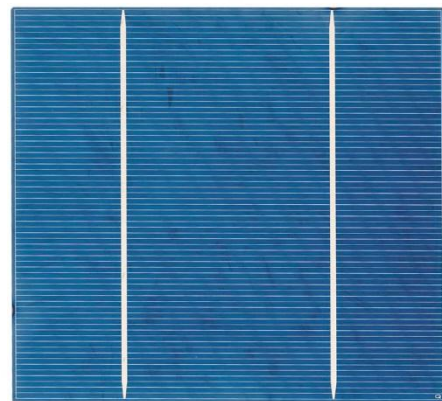


Struktura modulů s rámem/bez rámu



Solární panel

Dříve $\eta = 11 - 15 \%$
Dnes $\eta = 19 - 25 \%$



Si - Tloušťka

Dříve $300 \mu\text{m}$
Dnes $< 180 \mu\text{m}$

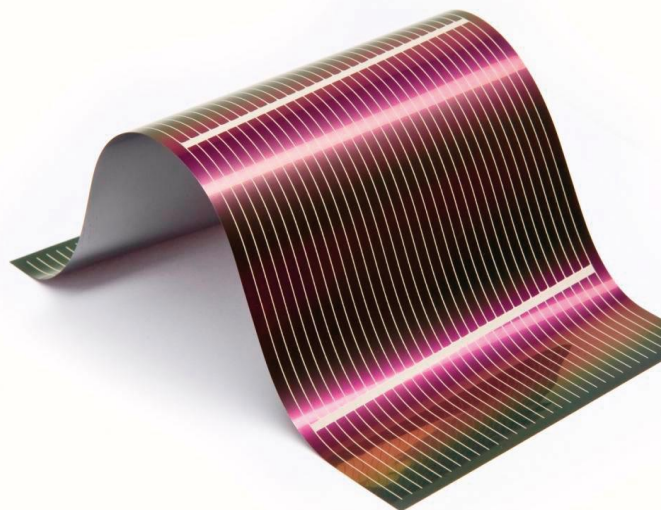
Solární článek

Si - Tloušťka
 $0.3-0.5 \mu\text{m}$

CIGS, CdTe tenkovrstvé

Dříve $\eta = 5 - 7 \%$

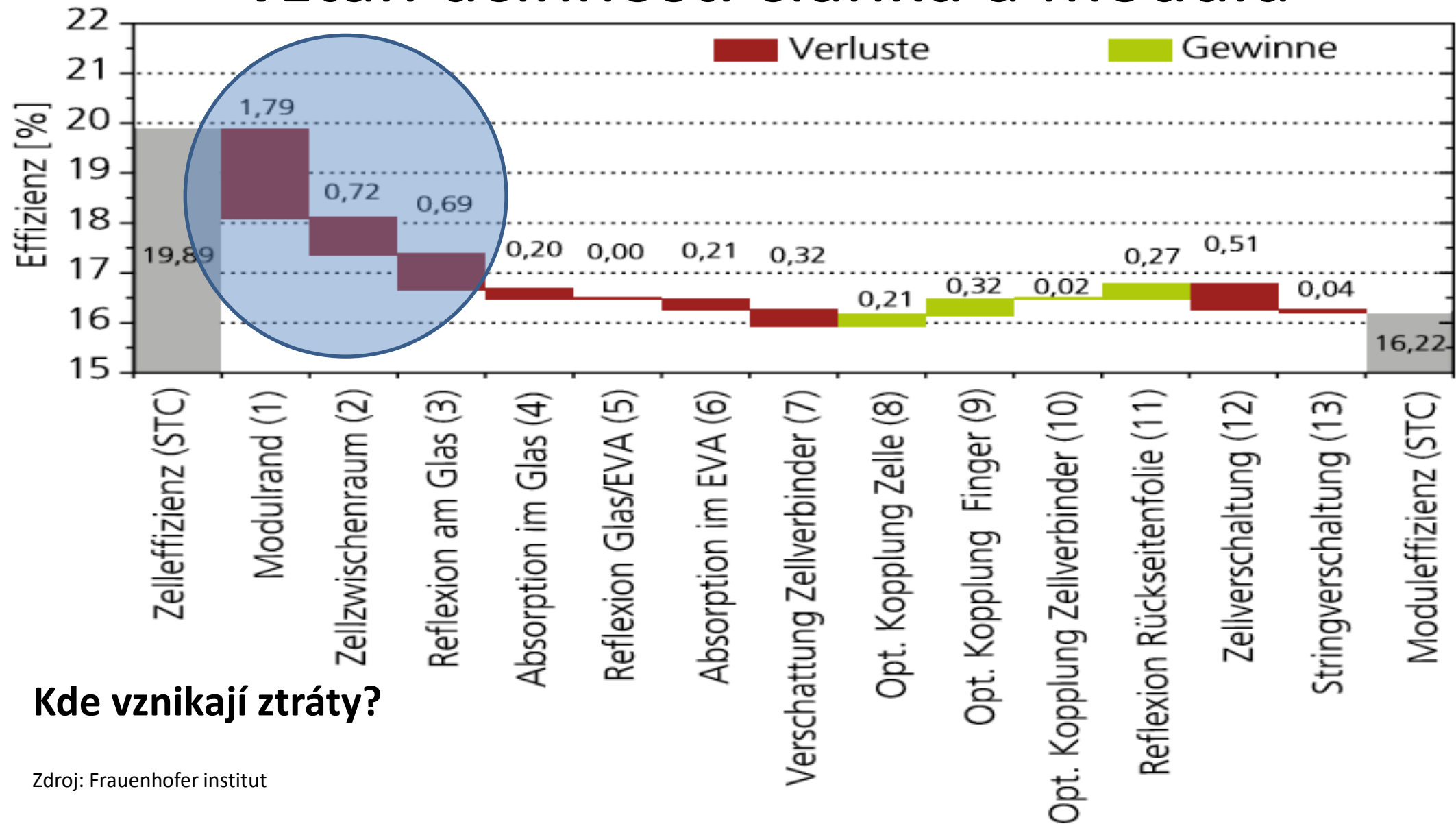
Dnes $\eta = 19 - 21 \%$



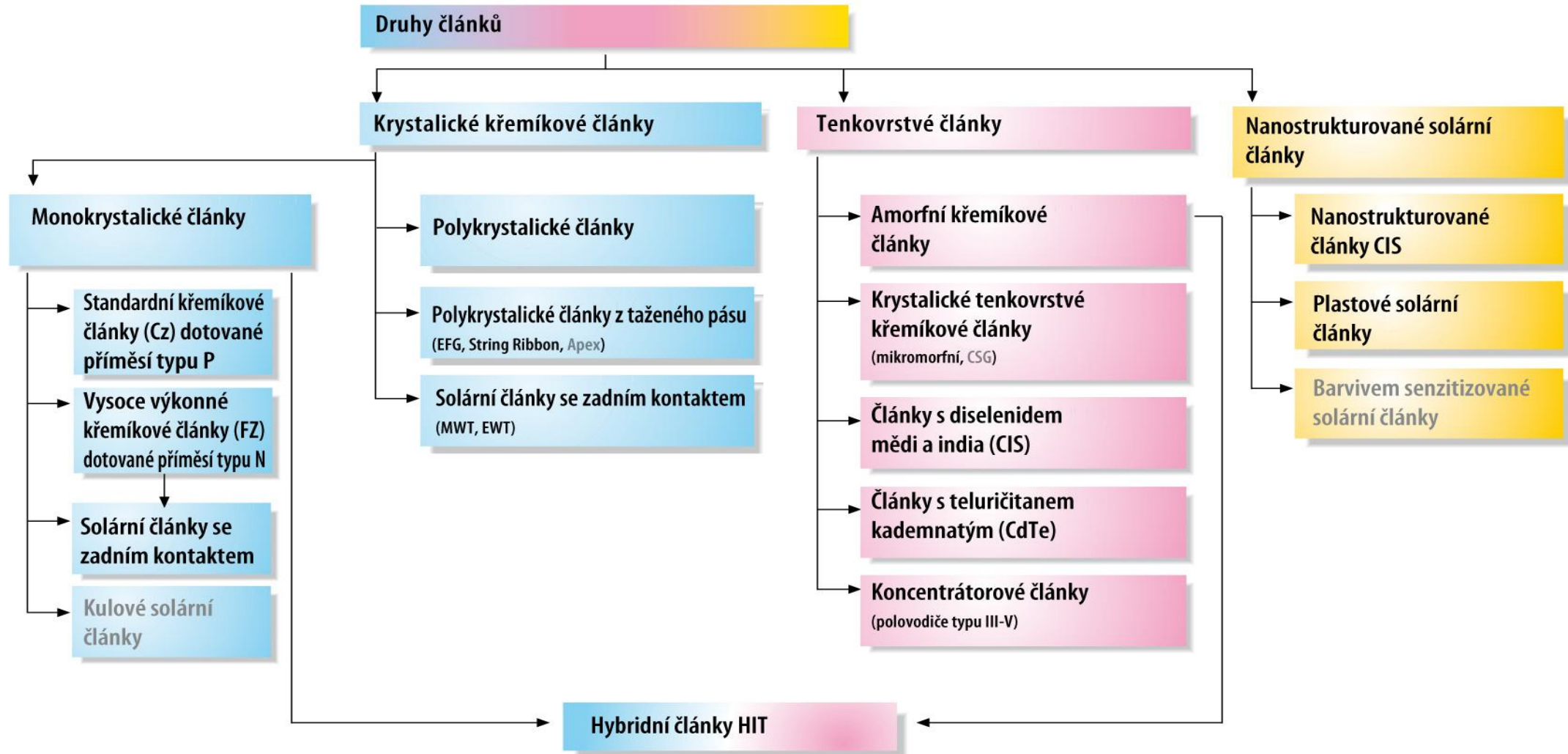
a-Si tenkovrstvý panel



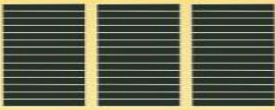
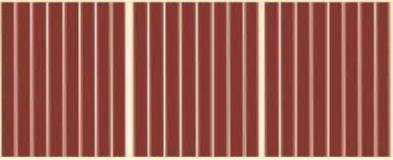
Vztah účinnosti článku a modulu



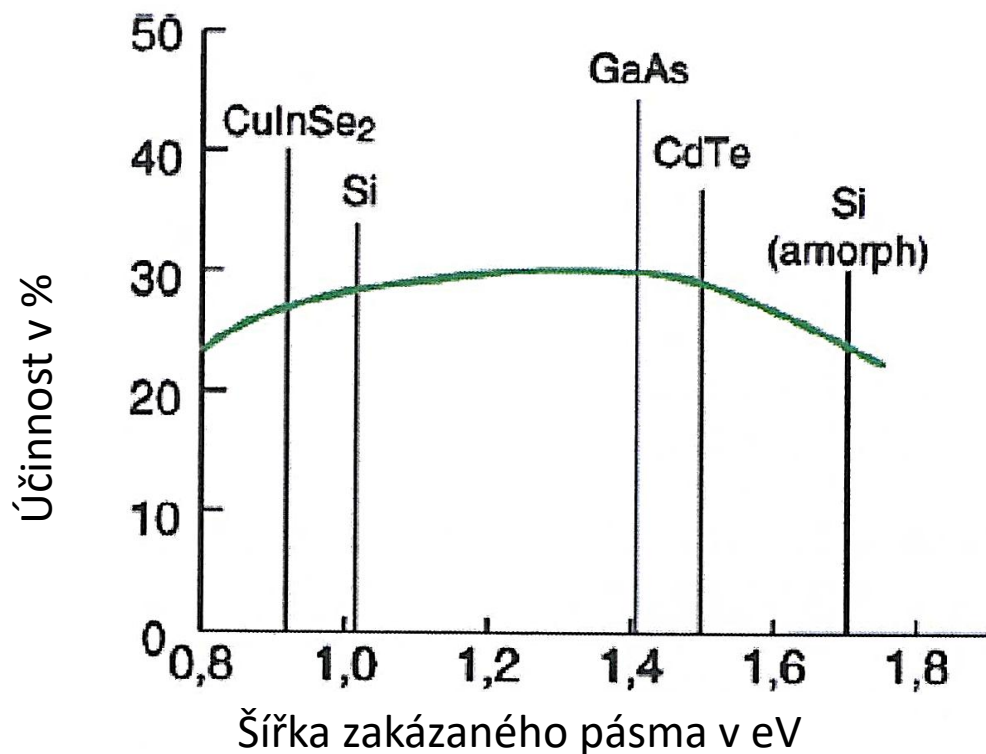
Druhy FV článků



Potřebná plocha pro různé typy FV modulů cca 5 až 7 m² /1kW_p u nejlepších 4 m²/1kW_p

Materiál článku	Účinnost modulu	Potřebná plocha na 1 kWp
Křemíkové vysokovýkonové články (spojené na zadní straně, HIT) Monokrystalický křemík	18–21 %	5–6 m ² 
	14–19 %	5–7 m ² 
Polykrystalický křemík	12–18 %	6–8 m ² 
Tenkovrstvé: Měď-Indium-Diselenid (CIS)	9–16 %	7–12 m ² 
Cadmiumtellurid (CdTe)	8–18 %	6–13 m ² 
Mikromorfní křemík	7–12 %	8,5–15 m ² 
Amorfní křemík	4–7 %	15–26 m ² 

Meze teoretické účinnosti FV článků

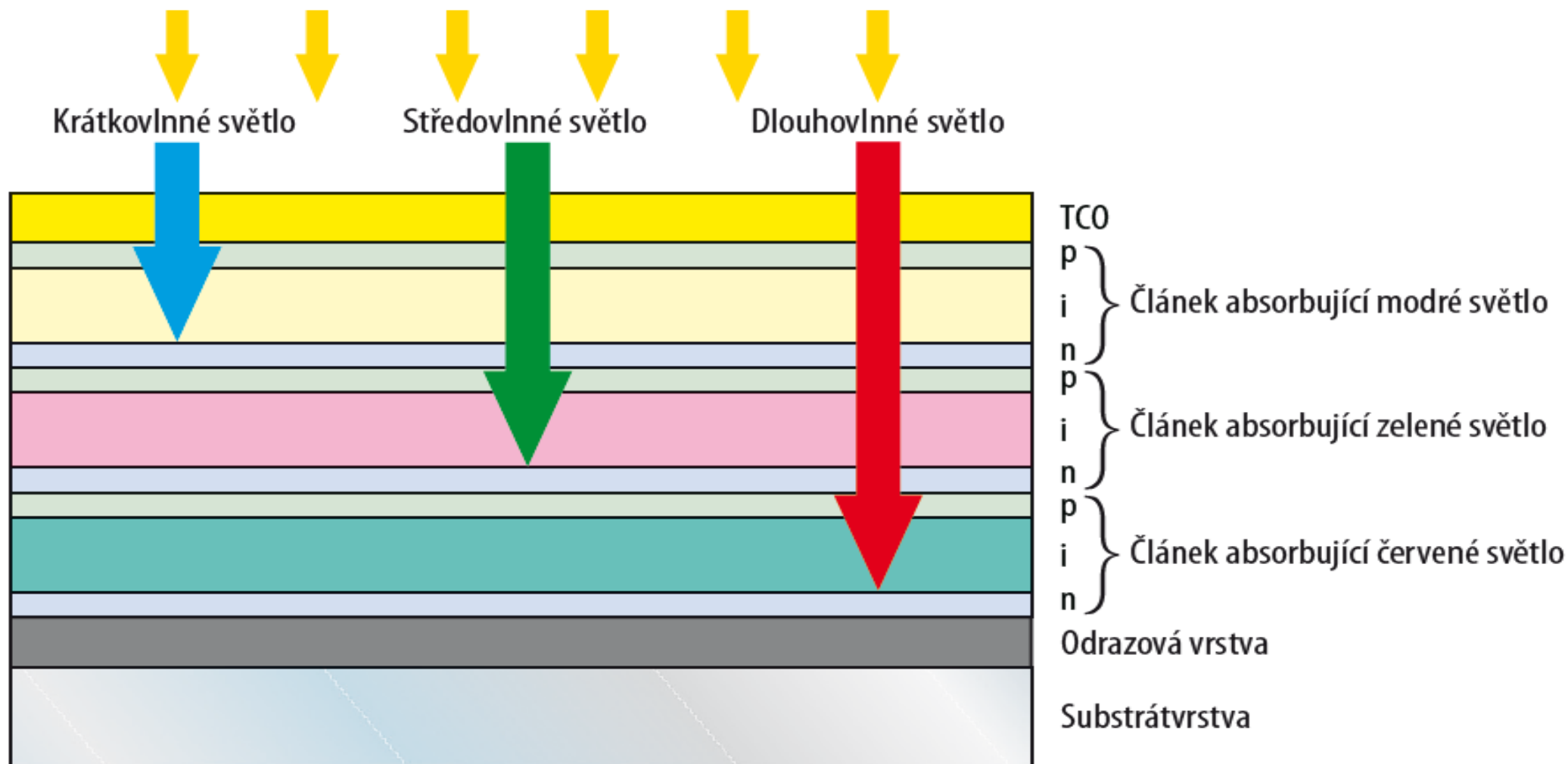


Maximální teoretická účinnost solárních článků při standardních testovacích podmínkách

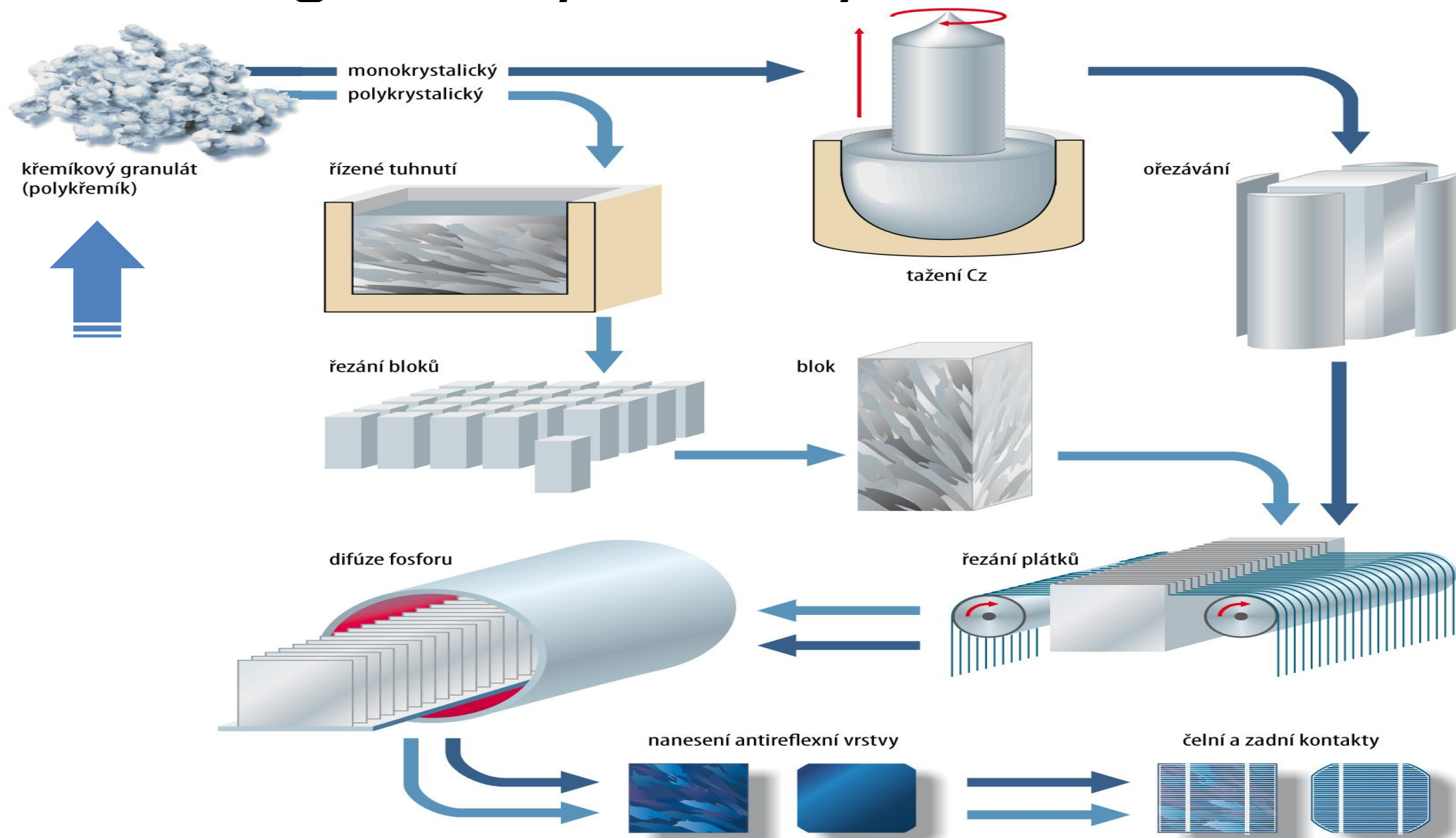
Omezení teoretické účinnosti:

- jednotlivé polovodiče jsou vhodné pouze pro určité spektrální oblasti
- podíl přebytku energie fotonů se mění na teplo
- optické ztráty, jako je zastínění kontaktů
- odrazy na povrchu
- znečištění materiálu

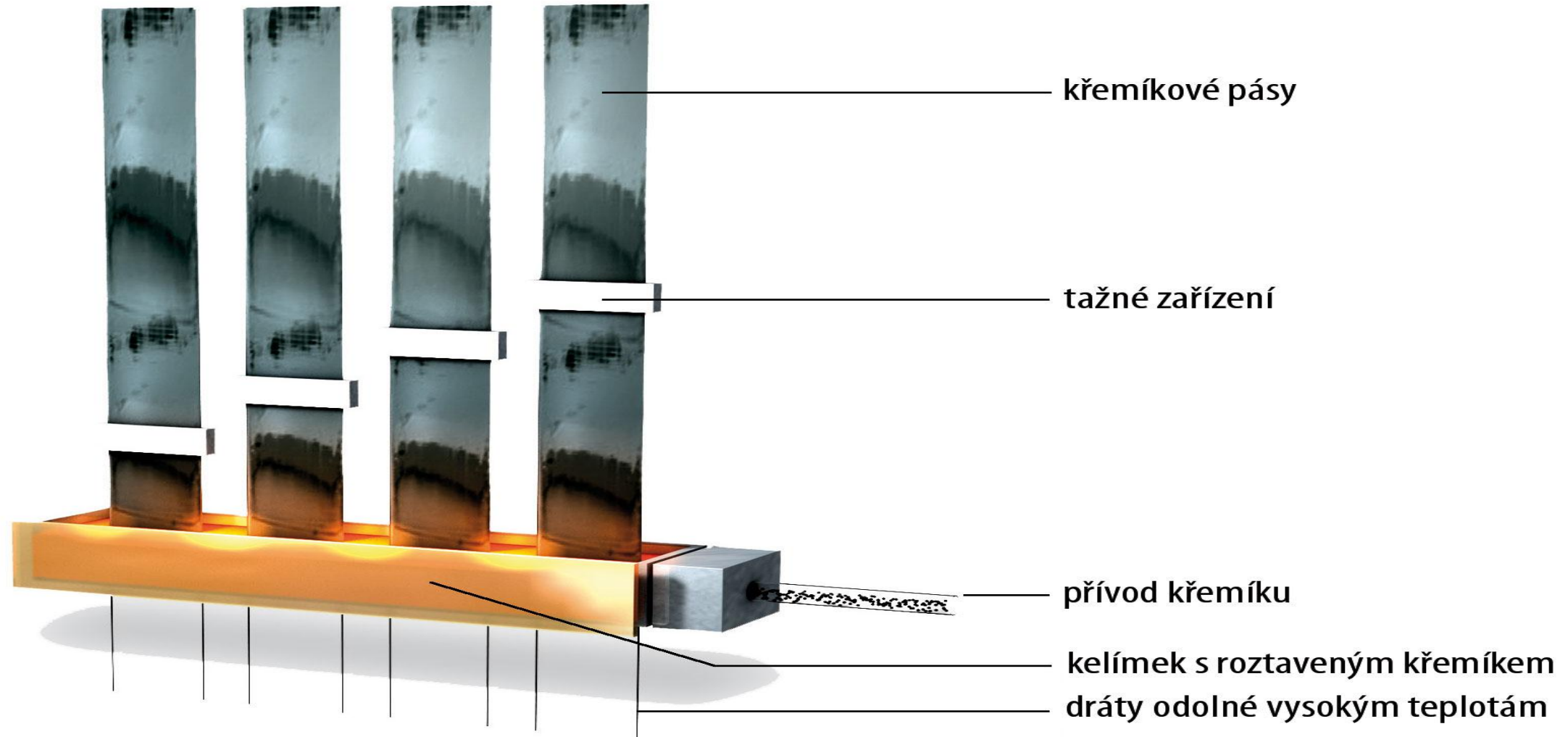
Jak lze dále zvýšit účinnost článků?



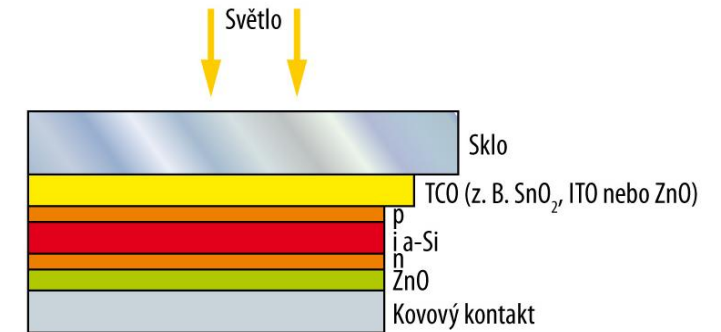
Technologie na výrobu krystalického materiálu



Technologie na výrobu polykrystalického materiálu STRING-RIBBON



Technologie tenkovrstvých článků amorfni křemík a-Si



Hlavní výhody

- technologie s výhodným poměrem ceny a výkonu
- mikroelektronická technologie
- zásoby suroviny (Si) jsou prakticky neomezené
- povrchová vrstva není citlivá na působení vody (flexibilní moduly)

Hlavní nevýhody

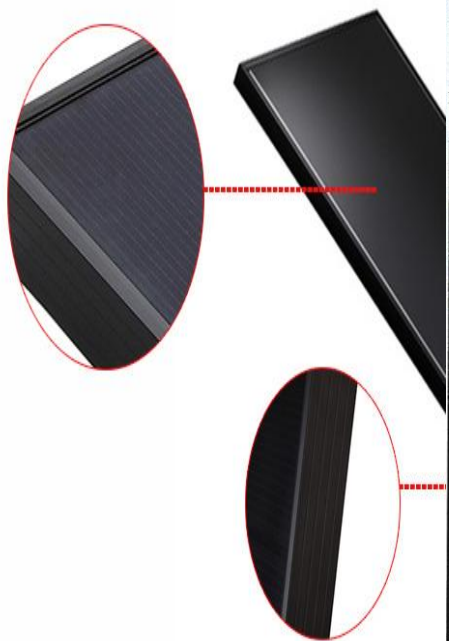
- Dříve nízká účinnost 6 %, dnes 12 – 15 %
- degradace během prvních měsíců až o 20 %

Výhled

- Technologie se nejvíce prosazuje u fasádních instalací, ale ekonomicky je to nejvhodnější u novostaveb
- Zvyšování účinnosti CIS/CIGS vytlačují a-Si z trhu

Technologie tenkovrstvých článků CIS / CIGS

měď-indium-diselenid/měď-indium-galium-selen



Hlavní výhody

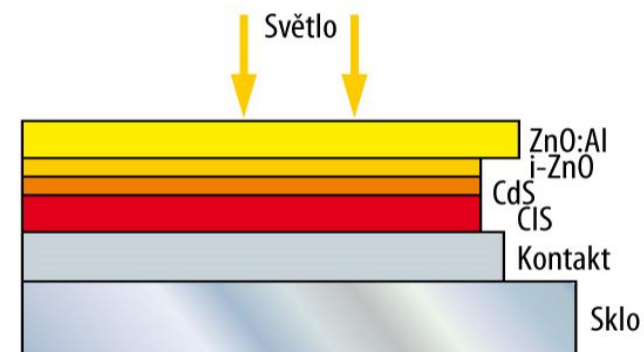
- vysoká účinnost **17–19 %**
- žádná degradace

Hlavní nevýhody

- vyšší výrobní náklady
- povrchová vrstva je citlivá na působení vody (flexibilní moduly)
-

Výhled

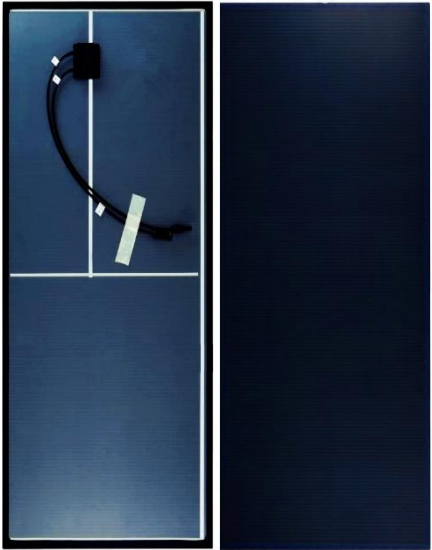
- probíhá prvotní průmyslová výroba
- výrobní náklady mohou poklesnout na 1,25 amerických dolarů



Technologie tenkovrstvých článků

CdTe

cadmium - telurid



Hlavní výhody

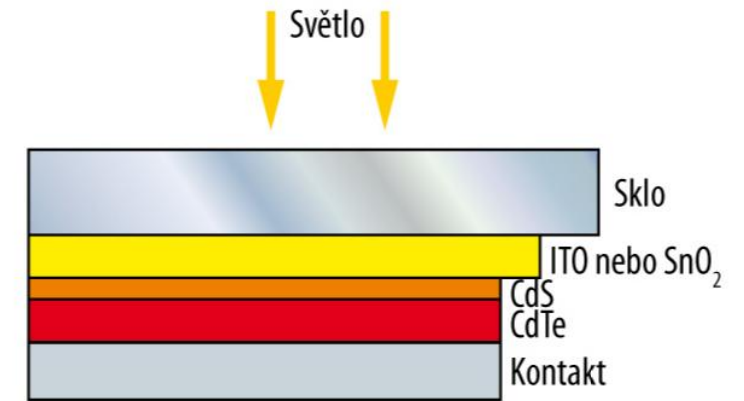
- vysoká účinnost 17–19 %
- cenově výhodná technologie

Hlavní nevýhody

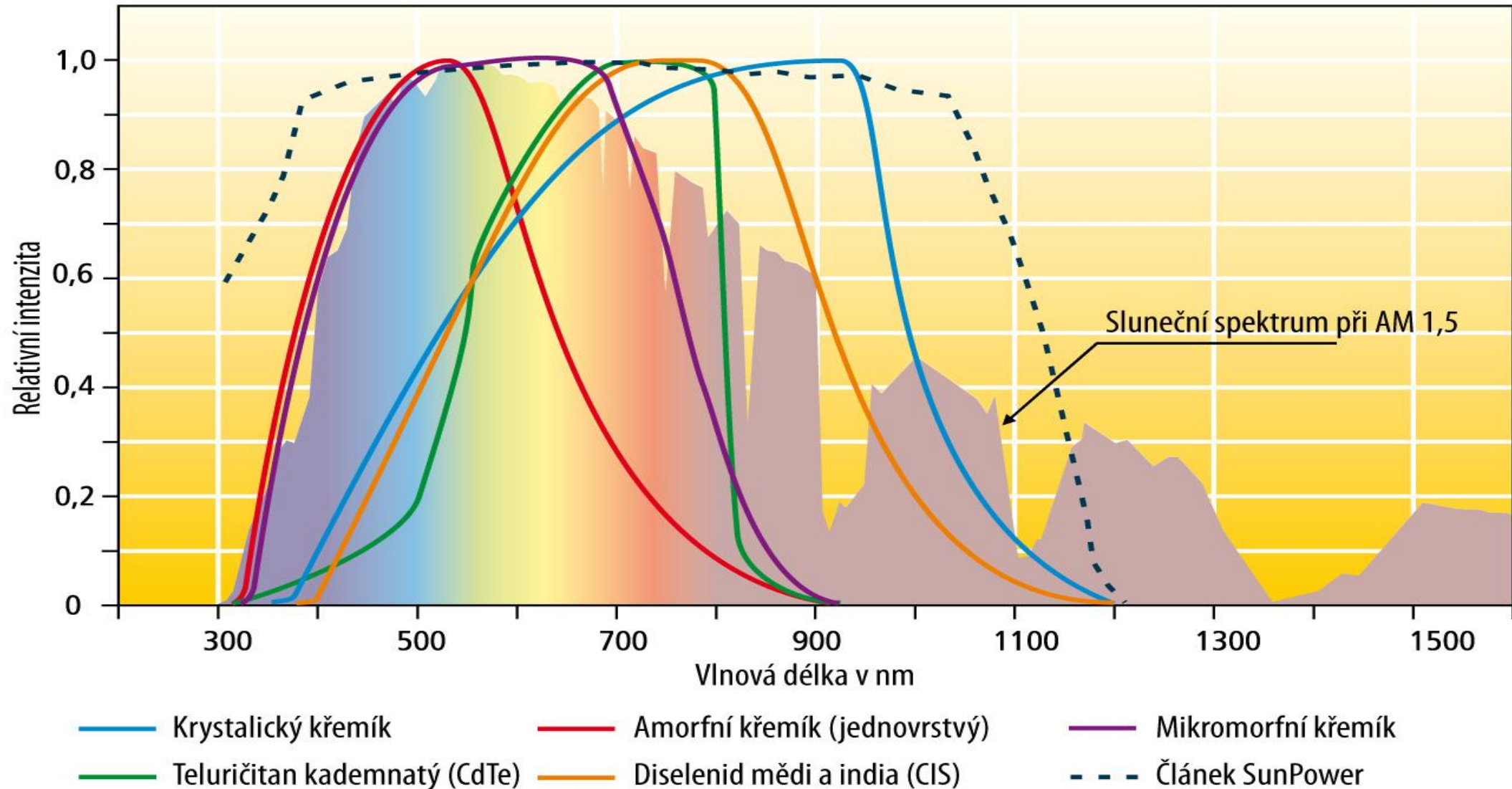
- kadmium je toxický těžký kov
- moduly musí být recyklovány -> zařízení větší než 30 kW

Výhled

- kromě společnosti First Solar se začínají na trhu objevovat další dodavatelé (Q-Cell, dcera Calyxo)



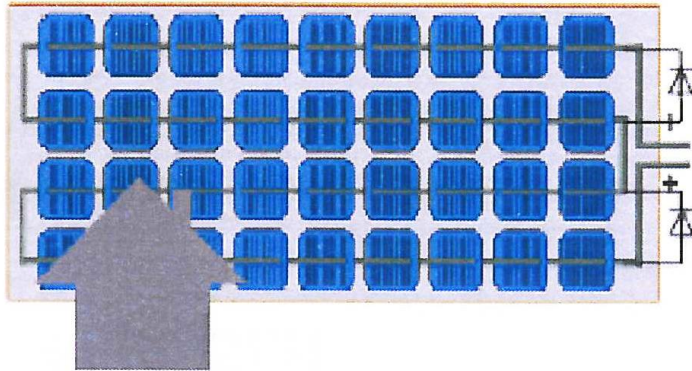
Spektrální citlivost různých druhů FV článků



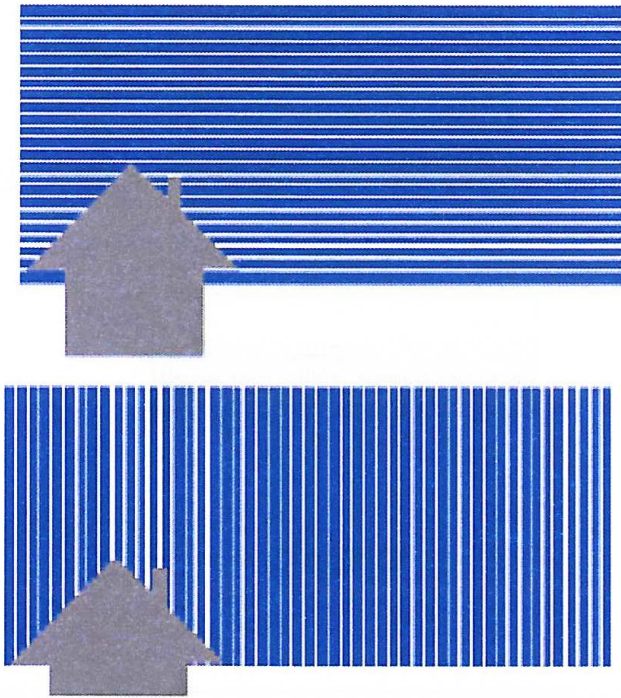
Chování při zastínění

Standardní křemíkový modul:
cca 50% ztráta

36 článkový modul (9 x 4)



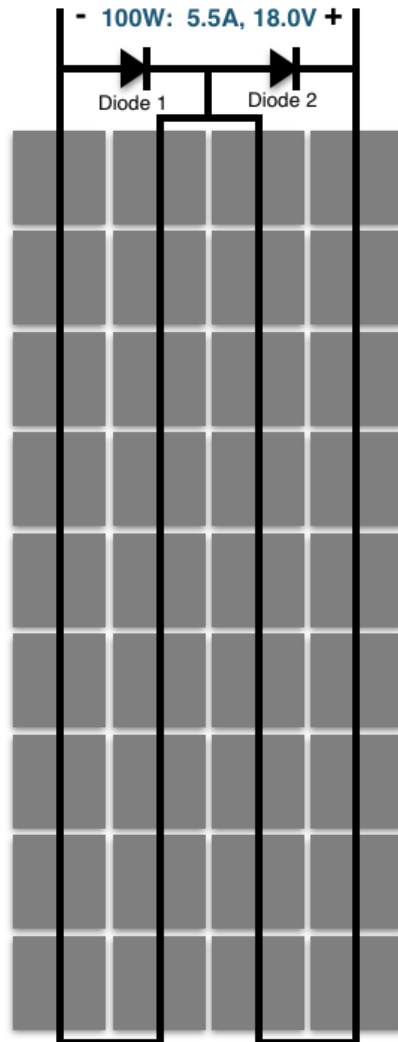
Tenkovrstvý modul:
cca 10% ztráta



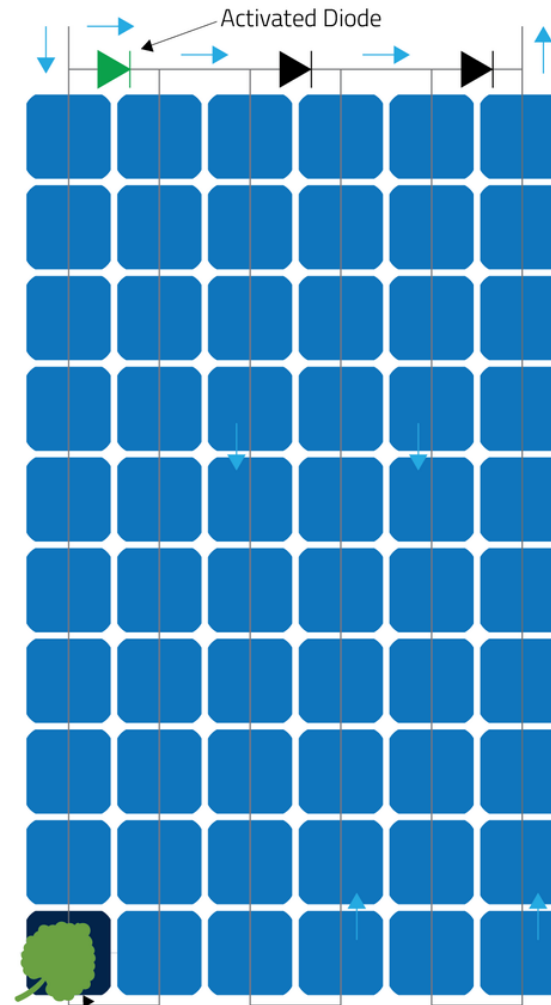
Rozdíl v chování při zastínění krystalických a tenkovrstvých struktur.

Druhy krystalických modulů

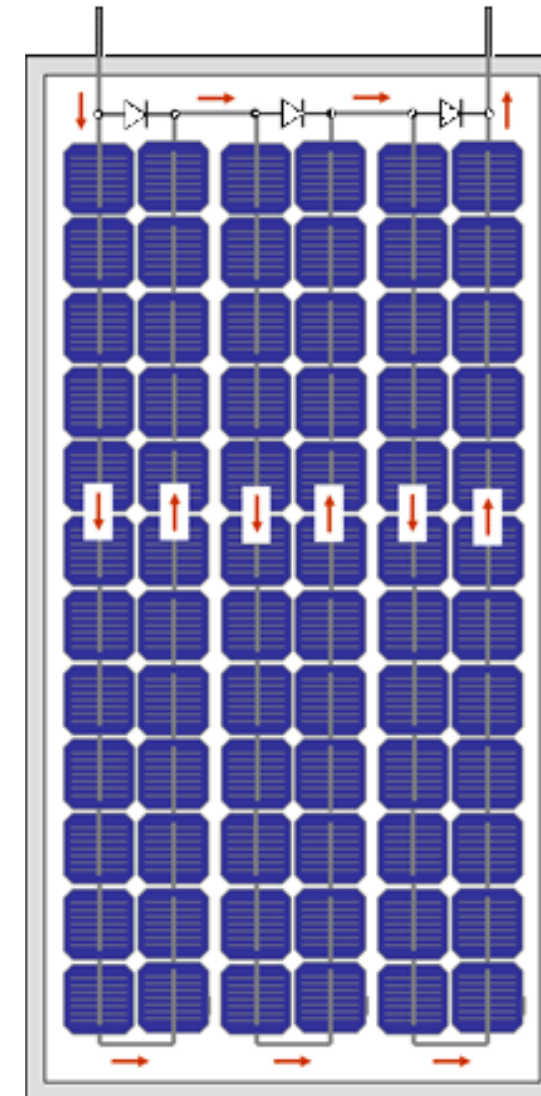
36 článků



60 článků



72 článků

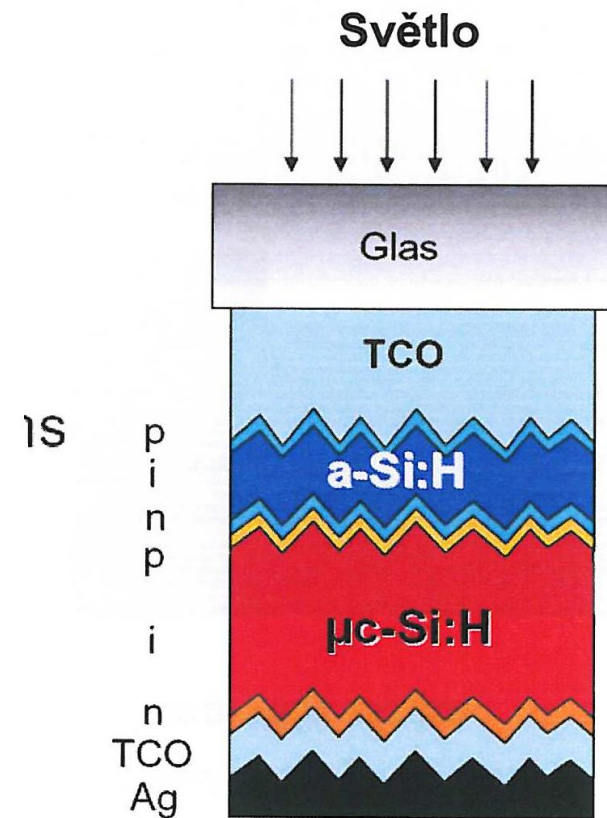


Tandemové články

Tandemové články

a-Si:H / μ c-Si:H

- Menší pokles výkonu při stárnutí
- Lepší využití slunečního spektra



Méně známé moduly a technologie fotovoltaiky



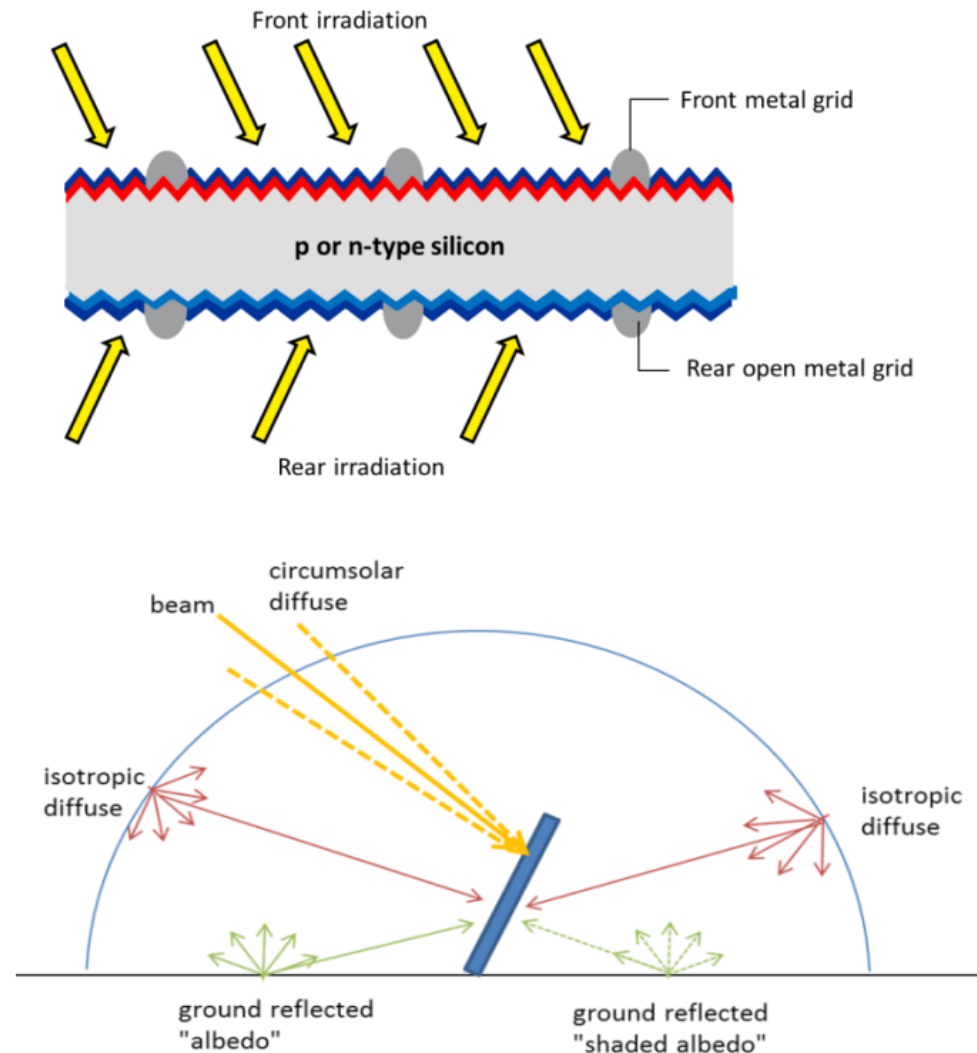
**Co je nového na trhu a ve výzkumu
fotovoltaických modulů?**

Novější technologie - Bifaciální články

Simultaneous and efficient conversion of light that illuminates the solar cell from the **front side** as well as from the **rear side** into electricity

A reflecting back sheet results in **increased monofacial module efficiency**

A transparent rear **generates additional energy**, between 5% and 90% of the energy generated by only the front side.

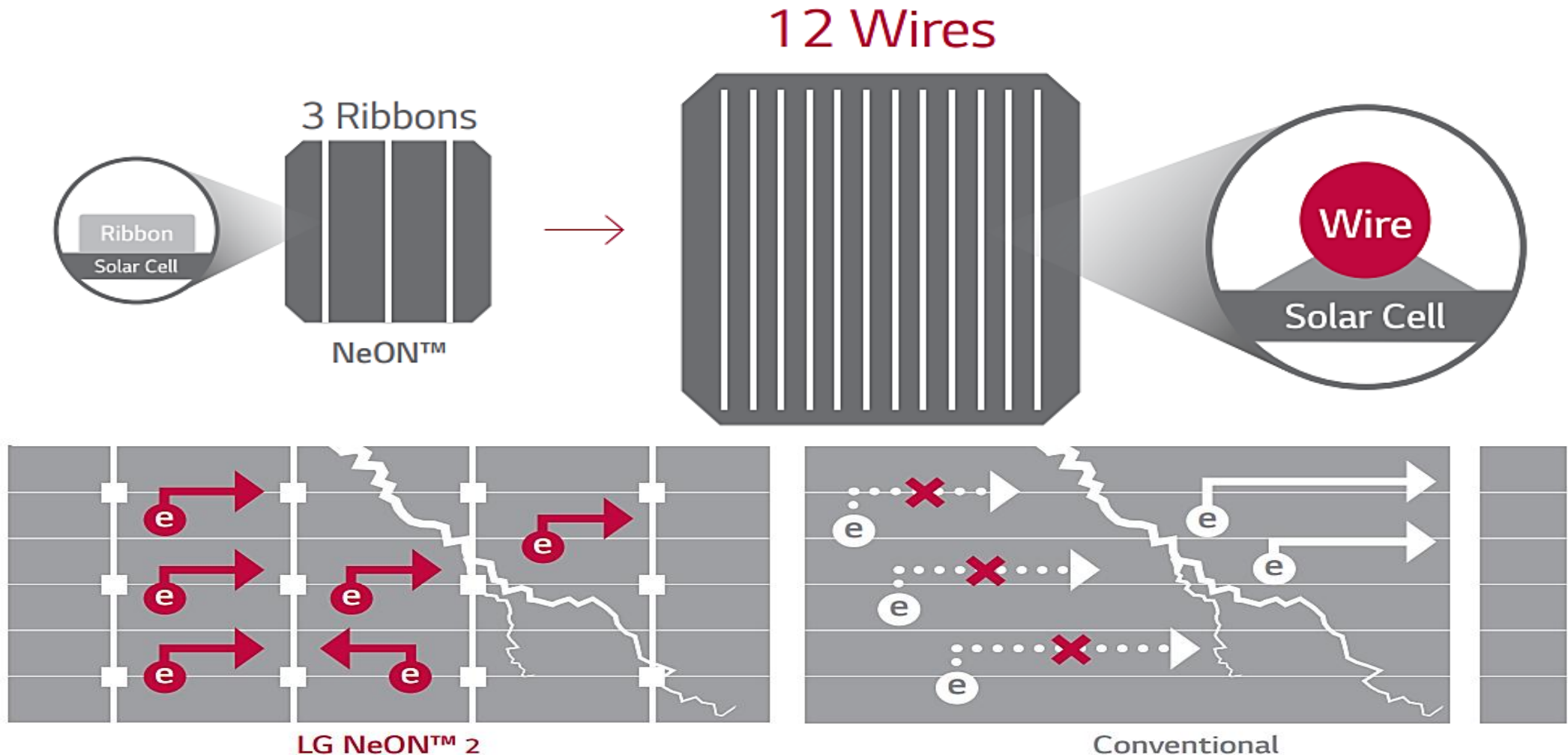


Uplatnění - Bifaciální články

agrofotovoltaika, fotovoltaické ploty, ostrovní systémy na moři, lodích, ostrovní systémy v horách, okna a okenní plochy, hlukové stěny ...



CELLO technologie

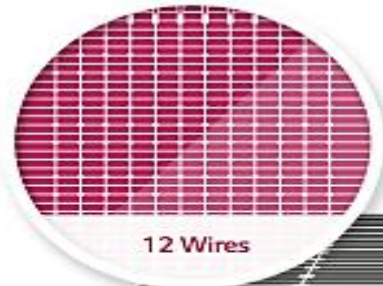


Cello Technology™ increases long-term performance. Even if micro-cracks naturally occur, Cello Technology™ will mitigate the degradation of performance with more electrical paths.

CELLO technologie

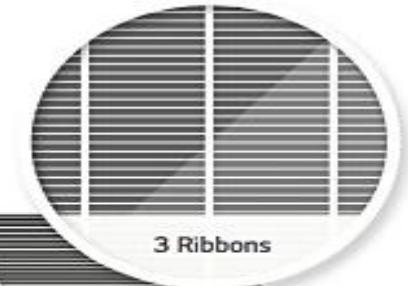
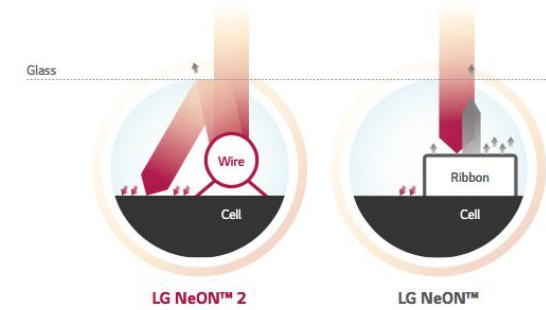
Space-efficient Connection

LG NeON™ 2 has 12 wires instead of 3 ribbons. In addition, distance between wires has been shortened.



Reduced Electrical Loss

Cello Technology™ reduces electrical loss by increasing the number of electrical paths in the cell.



LG NeON™ 2

LG NeON™

Maximize Light Absorption

Charakteristiky FV modulu LG NeON₂

Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	161.7 x 161.7 mm / 6 inches
# of Busbar	12 (Multi Wire Busbar)
Dimensions (L x W x H)	1,686 x 1,016 x 40 mm
	66.38 x 40 x 1.57 in
Front Load	6,000Pa / 125 psf
Rear Load	5,400Pa / 113 psf
Weight	18 kg / 39.68 lb
Connector Type	MC4 (MC)
Junction Box	IP68 with 3 Bypass Diodes
Cables	1,000 mm x 2 ea / 39.37 in x 2 ea
Glass	High Transmission Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium

Certifications and Warranty

Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2
	UL 1703
	IEC 61701 (Salt mist corrosion test)
	IEC 62716 (Ammonia corrosion test)
	ISO 9001
Module Fire Performance	Type 1 (UL 1703)
Fire Rating	Class C (ULC/ORD C 1703, IEC 61730)
Product Warranty	12 Years
Output Warranty of Pmax	Linear Warranty*

* 1) 1st year: 98%, 2) After 1st year: 0.55% annual degradation 3) 84.8% for 25 years

Electrical Properties (STC*)

Model		LG335N1C-A5	LG330N1C-A5	LG325N1C-A5
Maximum Power (Pmax)	[W]	335	330	325
MPP Voltage (Vmpp)	[V]	34.1	33.7	33.3
MPP Current (Impp)	[A]	9.83	9.80	9.77
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	41.0	40.9	40.8
Short Circuit Current (Isc)	[A]	10.49	10.45	10.41
Module Efficiency	[%]	19.6	19.3	19.0
Operating Temperature	[°C]	-40 ~ +90		
Maximum System Voltage	[V]	1000 (UL / IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	[A]	20		
Power Tolerance	[%]	0 ~ +3		

* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m², cell temperature 25 °C, AM 1.5
The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.
The Typical change in module efficiency at 200 W/m² in relation to 1000 W/m² is -2.0%.

Electrical Properties (NOCT*)

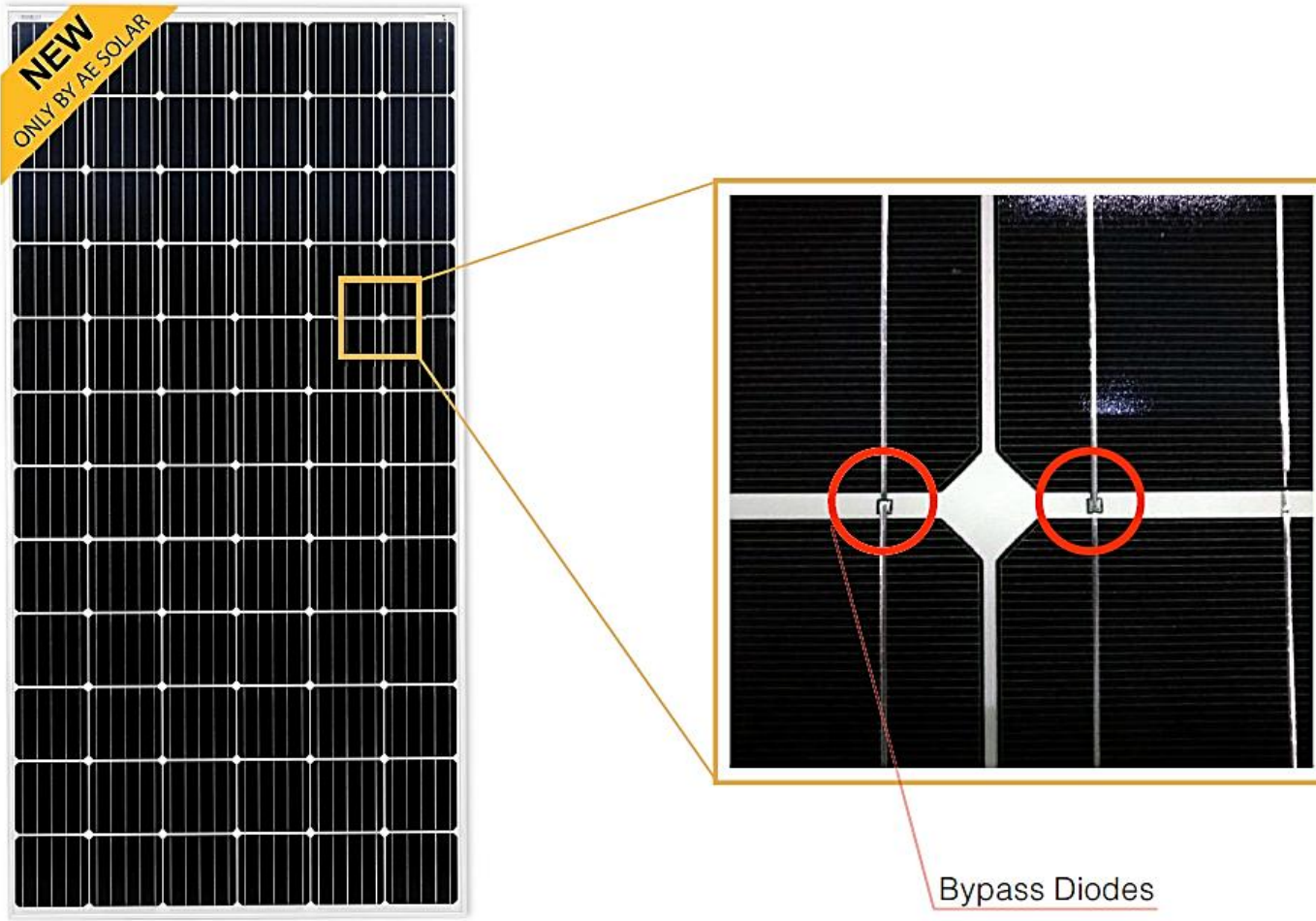
Model		LG335N1C-A5	LG330N1C-A5	LG325N1C-A5
Maximum Power (Pmax)	[W]	247	243	240
MPP Voltage (Vmpp)	[V]	31.5	31.2	30.8
MPP Current (Impp)	[A]	7.83	7.81	7.78
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	38.2	38.1	38.0
Short Circuit Current (Isc)	[A]	8.44	8.41	8.38

* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Temperature Characteristics

NOCT	[°C]	45 ± 3
Pmax	[%/°C]	-0.37
Voc	[%/°C]	-0.27
Isc	[%/°C]	0.03

AE smart hot-spot free module



The Hot-Spot Free Modules developed by AE Solar use *bypass diodes* to eliminate the development of hot-spots and thus the damages and risks associated.

The temperature of Hot-Spot cells within AE Smart Hot-Spot Free Modules does not exceed 85°C. This temperature management eliminates material hazard, the safety of the module and its surroundings.

Available from 350W to 385W range, the AE Smart Hot-Spot Free Modules offer up to 30% more power output compared to standard PV Modules thanks to their improved efficiency.

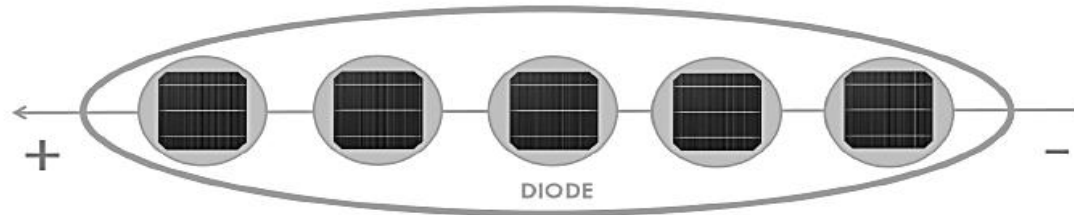
This added efficiency translates into less modules needed and less space required for installation.

Space Saving for PV plants by using Smart Modules compared to standard "non-smart" modules
Temperature of cells does not exceed operating temperature of PV modules
No reduction of PV module stability and no fire risk from hot-spots.

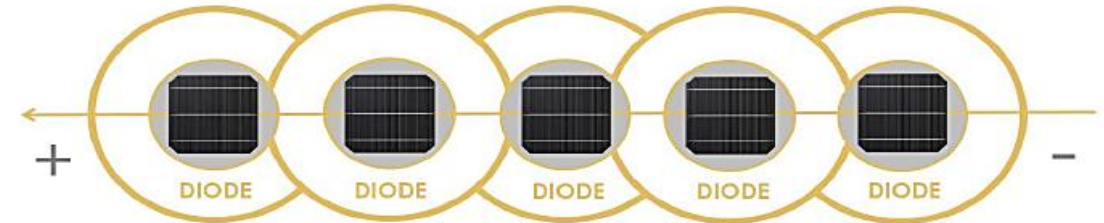
AE smart hot-spot free module



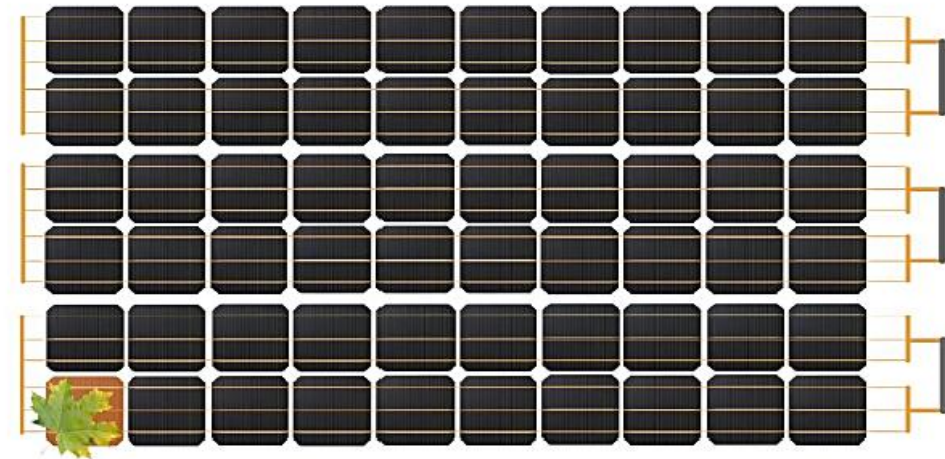
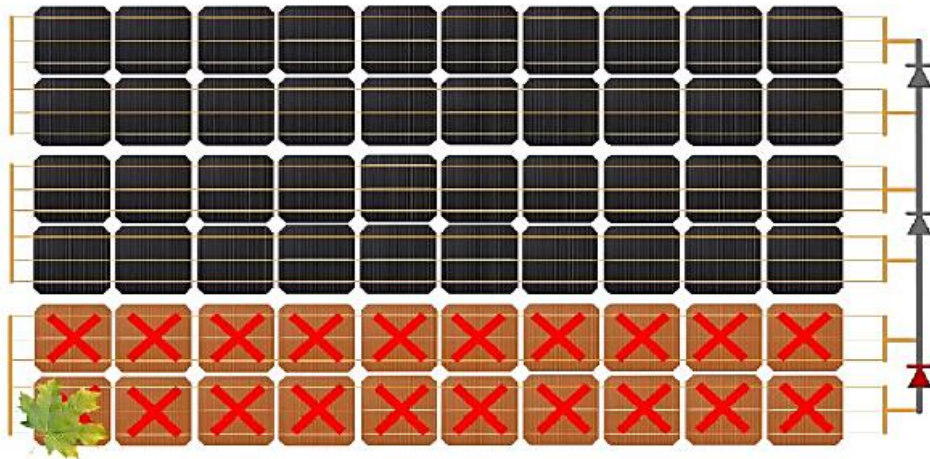
Standard Module



AE Smart Hot-Spot Free Module

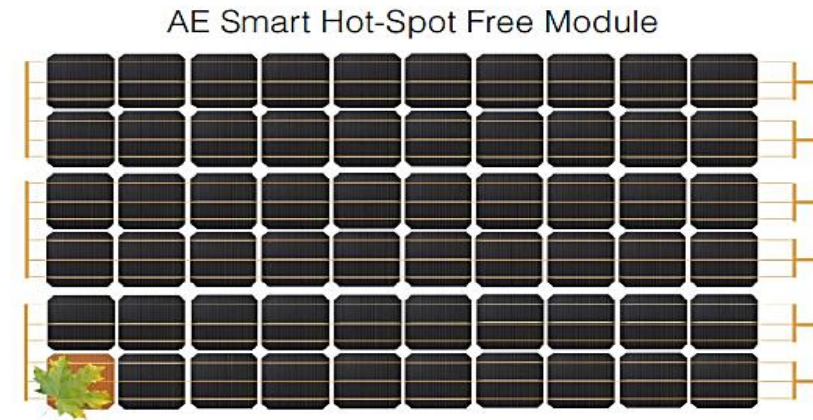
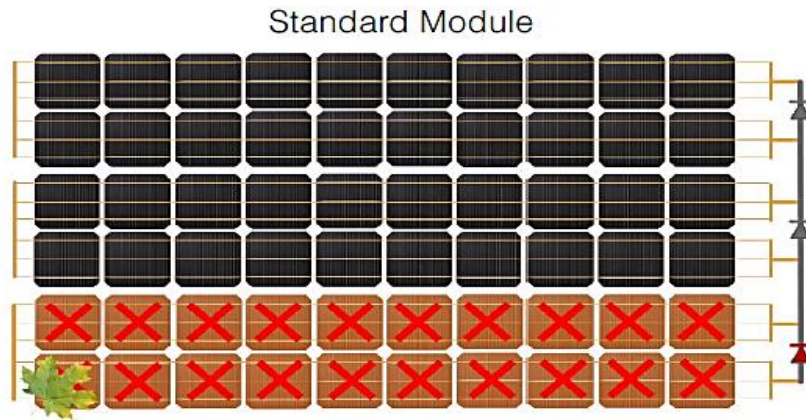


HOT-SPOT FREE technology protects each cell by an *individual bypass diode*.



In a standard module, the impact of shading on a single cell affects a whole string, while an AE SOLAR SMART MODULE with HOT-SPOT FREE technology loses the output of only one single cell during the shading.

AE smart hot-spot free module



Shading In % of a single cell

0 % 10 % 20 % 30 % 40 % 50 % 100 %

Output from AE Smart Hot-Spot Free Module

100 % 98 % 96 % 96 % 96 % 96 % 96 %

Output from Standard Module

100 % 98 % 91 % 83 % 73 % 65 % 65 %

Additional efficiency in Power Generation

0 0 5 % 13 % 23 % **31 %** **31 %**

AE smart hot-spot free module



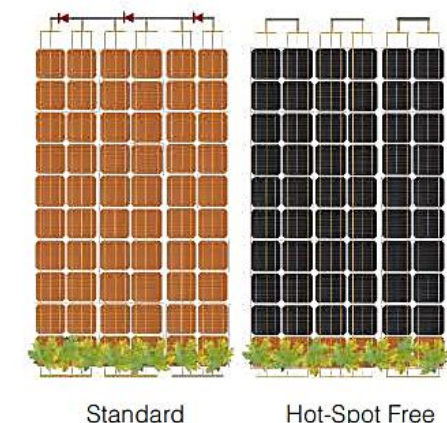
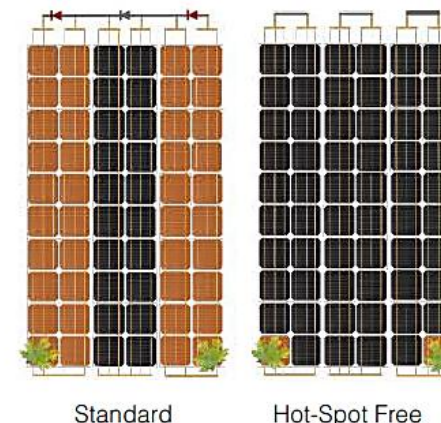
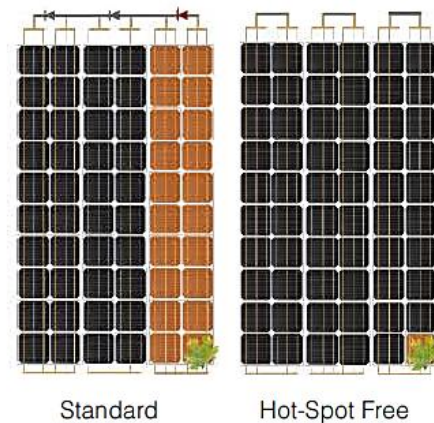
Shades

One Cell in One String

One Cell in Two Different Strings

Row of Cells Across Different Strings

Illustration



Output from AE Smart Hot-Spot Free Module

95 %

93 %

83 %

Output from Standard Module

64 %

38 %

1 %

Additional efficiency in Power Generation

31 %

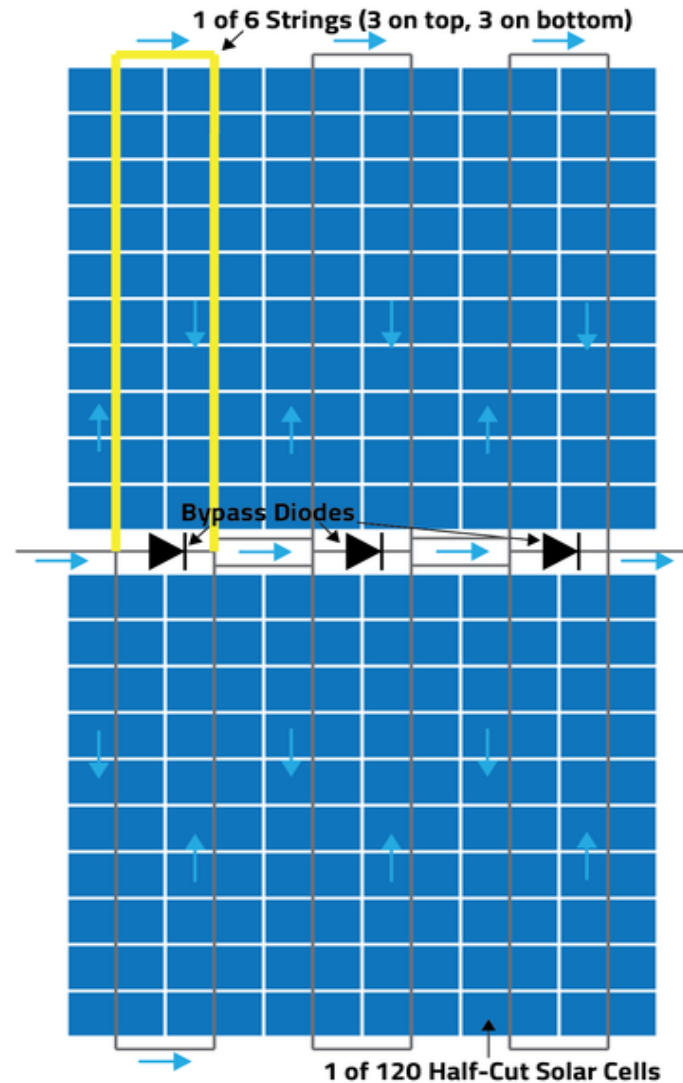
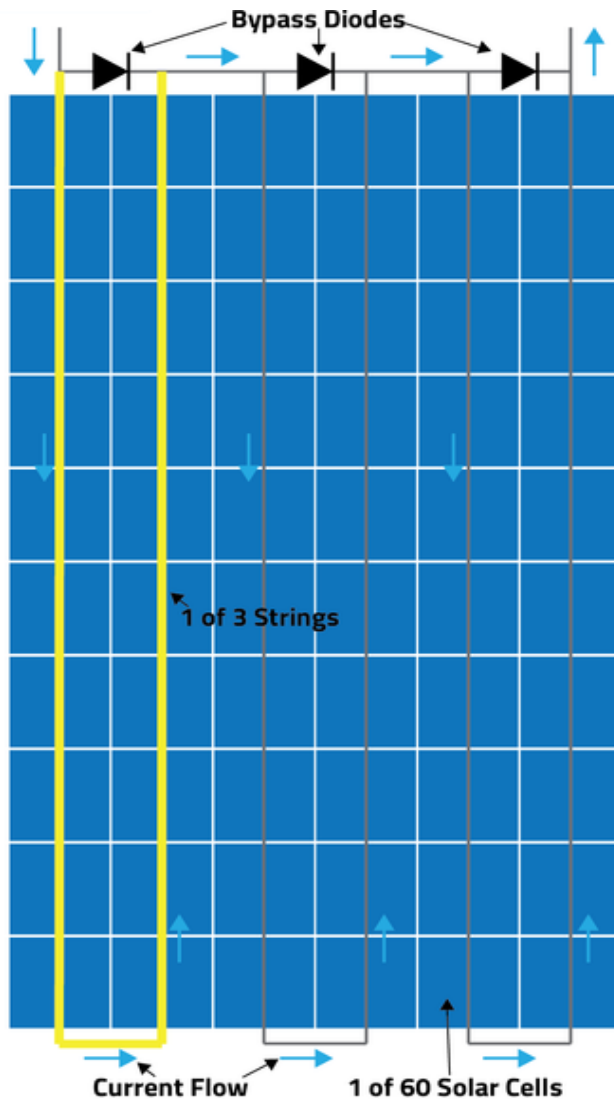
55 %

82 %

AE SOLAR SMART MODULE with HOT-SPOT FREE technology has a lower operating temperature, which not only eliminates a potential cause for back sheet degradation, but also prevents damage to silicon-based cells.

Enhanced lifetime of AE SOLAR SMART MODULES with HOT-SPOT FREE technology is up to 25 years over standard warranty term.

Half-cut modules



- Není zapotřebí plochy celého článku, dají se tím omezit krystalické poruchy a zvýšit účinnost modulu
- Stejný počet bypass diod
- Srovnatelná cena
- Dvakrát větší počet článků

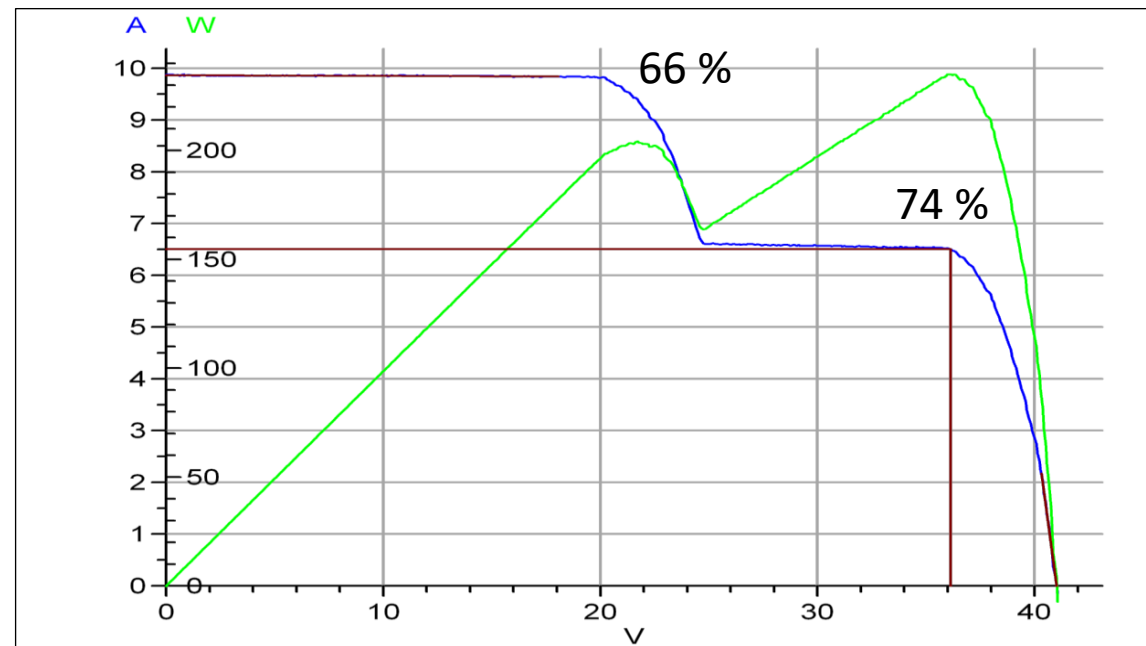
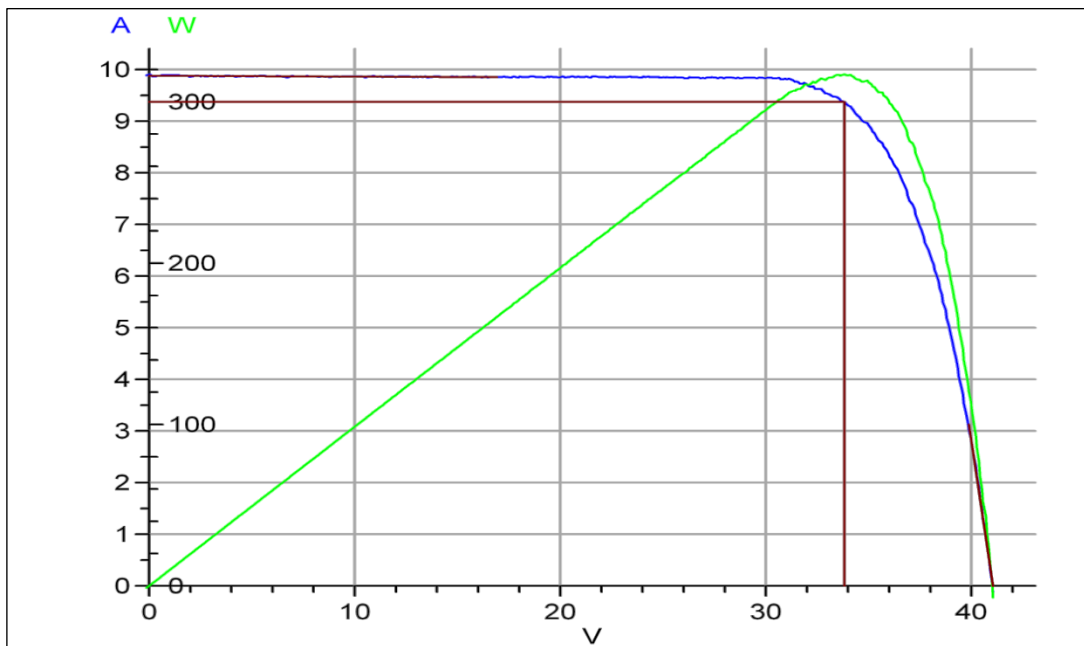


Úkol:
Jaký bude celkový proud Half-cut modulu ve srovnání s normálním?

Half-cut moduly

I_{sc}	9.882	A
U_{oc}	41.039	V
Eff.	18.46	%
FF	78.17	%
P_{mpp}	317.014	W
U_{mpp}	33.818	V
I_{mpp}	9.374	A
R_{ser}	0.4	Ohm
R_{sh}	613.2	Ohm

I_{sc}	9.864	A
U_{oc}	41.020	V
Eff.	13.68	%
FF	58.06	%
P_{mpp}	234.935	W
U_{mpp}	36.132	V
I_{mpp}	6.502	A
R_{ser}	0.3	Ohm
R_{sh}	884.0	Ohm



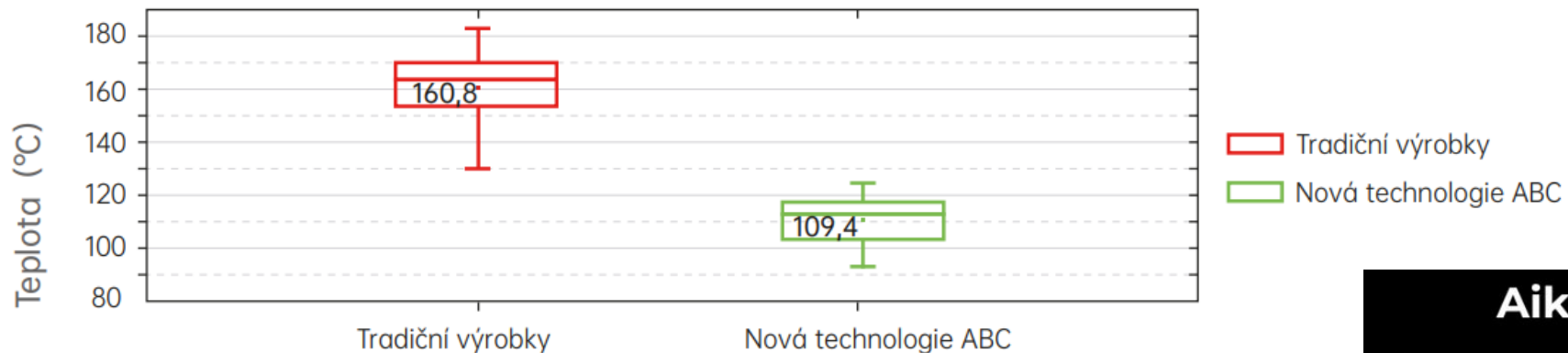
Nejnovější technologie – ABC AIKO

All Back Contact (ABC)



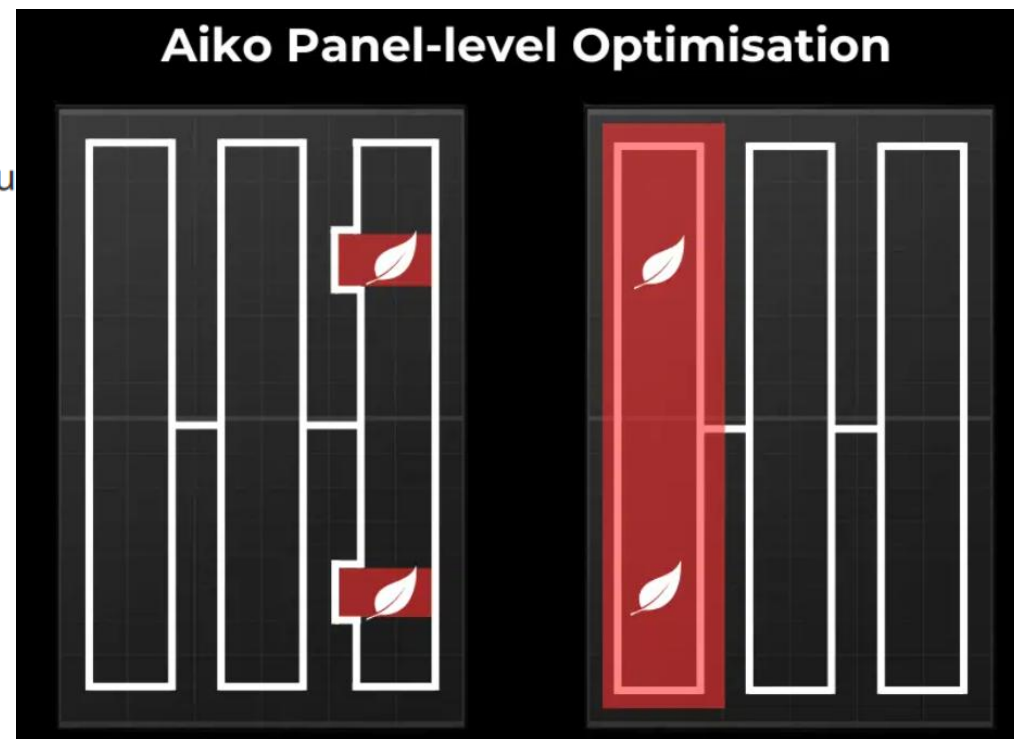
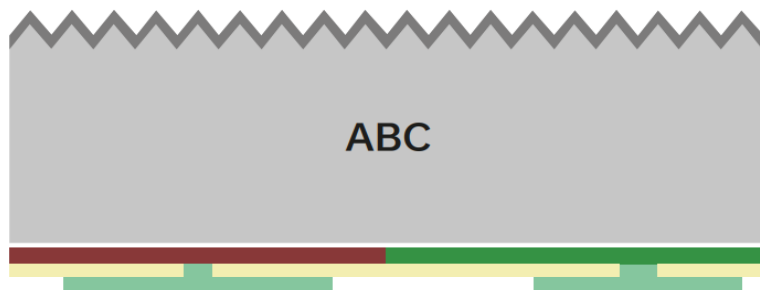
Nejnovější technologie – ABC AIKO

All Back Contact (ABC)



Výsledky zkoušky teploty horkého bodu po 1 hodině stabilního zastínění jednoho článku

Odráživost Ag elektrody v pásmu viditelného světla pro ABC < 0,6 %



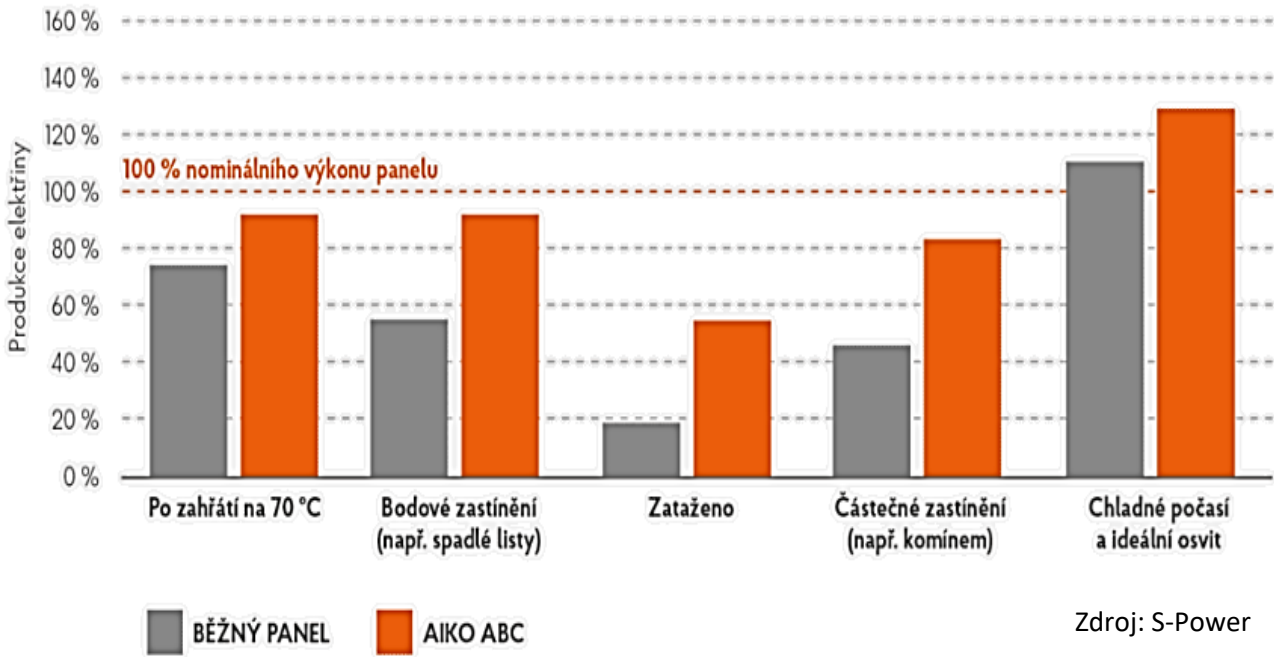
Nejnovější technologie – ABC AIKO

All Back Contact (ABC)

AIKO moduly mají **ověřenou účinnost 23,6 %**. Oproti modulům u jiných výrobců, které mívají účinnost cca 21 %, **jsou tedy o 10 až 15 % účinnější a mohou tedy vyrobit podstatně více energie při stejné ploše**.

Výhodou je rovněž nižší tepelný výkonový koeficient, což **v létě zvyšuje výrobu**.

Větší výkon článku, resp. modulu při zastínění. Důvodem je použití nové technologie článků, které mají v závěrném směru velice nízké napětí, a díky tomu i mnohem **nižší vznik hot-spotů**, díky nižší teplotě při zastínění článku.



Sledované parametry	TECHNOLOGIE VÝROBY FV PANELU			
	PERC	TOPCON	HJT	ABC
Účinnost	21,5 %	22,5 %	22,5 %	23,6 %
Pokles výkonu po prvním roce provozu	2,0 %	1,5 %	1,0 %	< 1,0 %
Meziroční pokles výkonu	0,5 %	0,4 %	0,4 %	< 0,4 %
Pokles výkonu na každých 10 °C nad 25 °C	3,6 %	3,2 %	2,6 %	2,6 %

Hledáte „zaručenou“ značku výrobce modulů?

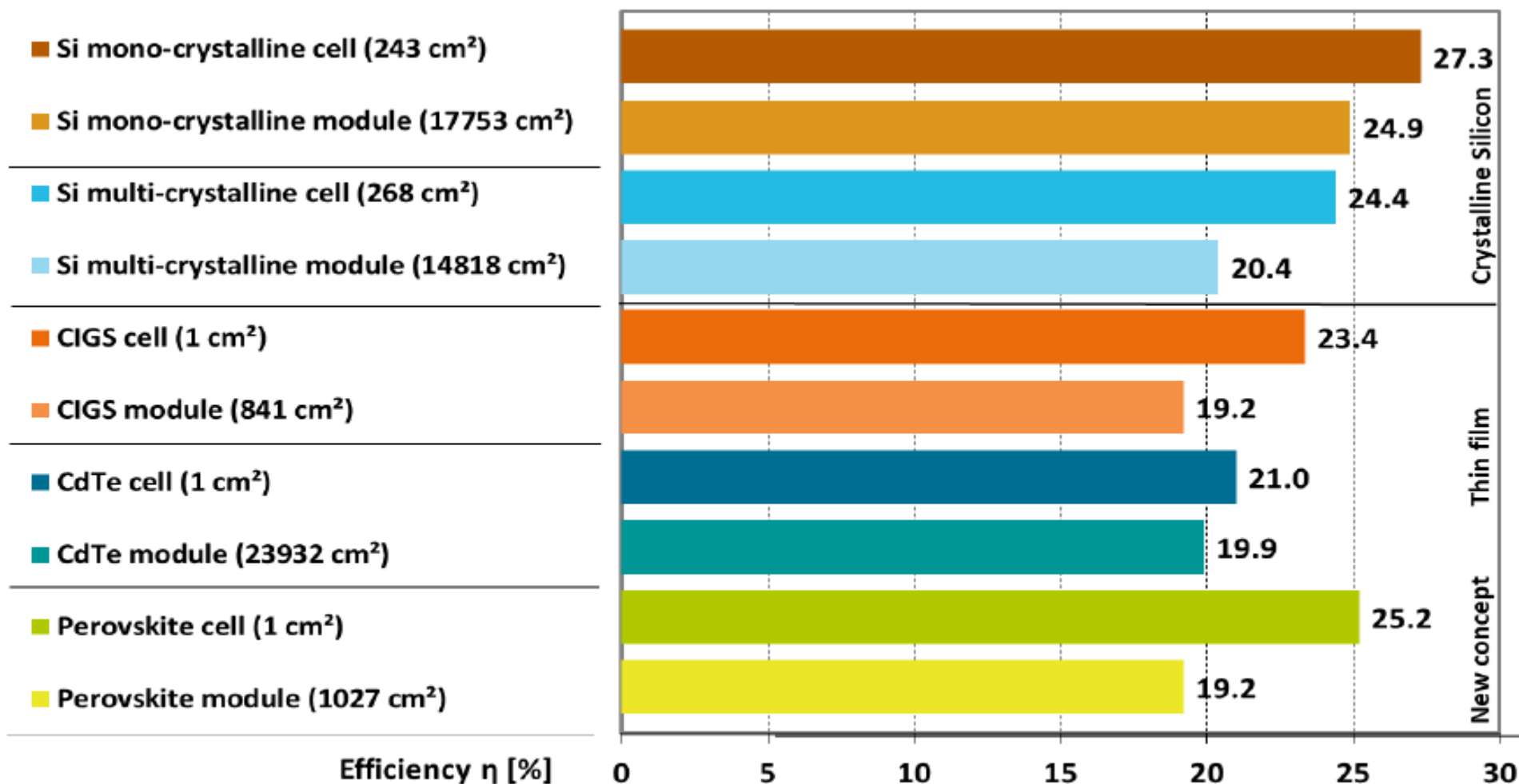
Ran k	Brand Name	Estimated Shipment Volume 2025 (GW) ¹
1	LONGi	45+
2	JinkoSolar	43-45
3	Trina Solar	38-40
4	JA Solar	38-40
5	Tongwei Solar	30-32
6	Canadian Solar	25-27
7	Astronergy	23-25
8	TCL Zhonghuan	20-25
9	First Solar	12-13
10	Hanwha Q CELLS (Hanwha, South Korea)	11-12

TOP 10: 2025

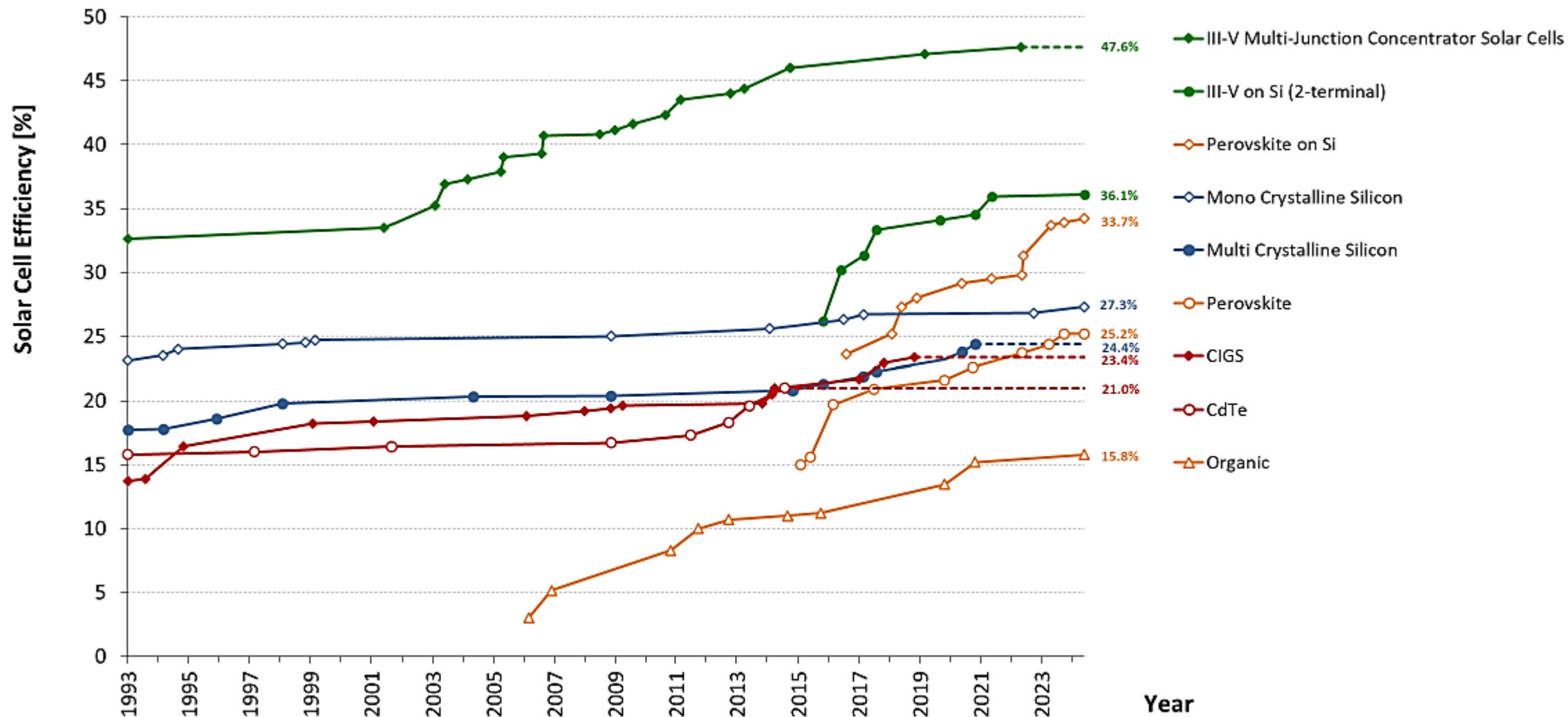
Zdroj: Maysun Solar

- Výrobce by měl existovat déle než 5 let
- Výrobce minimálně 3 a více let vyrábí velkosériovým způsobem
- Produkty výrobce obsahují nejen čínské certifikáty kvality, ale i evropské (CE, TUV)
- Výrobce se roční produkcí dostal do prvních TOP10 světa
- Výrobce má zastoupení v EU
- V garančních podmínkách platí, že produktovou i výkonovou reklamaci lze uplatnit v EU
- Výrobce poskytuje produktovou záruku min. 10 let a výkonovou 30 let

Současné hranice technologie

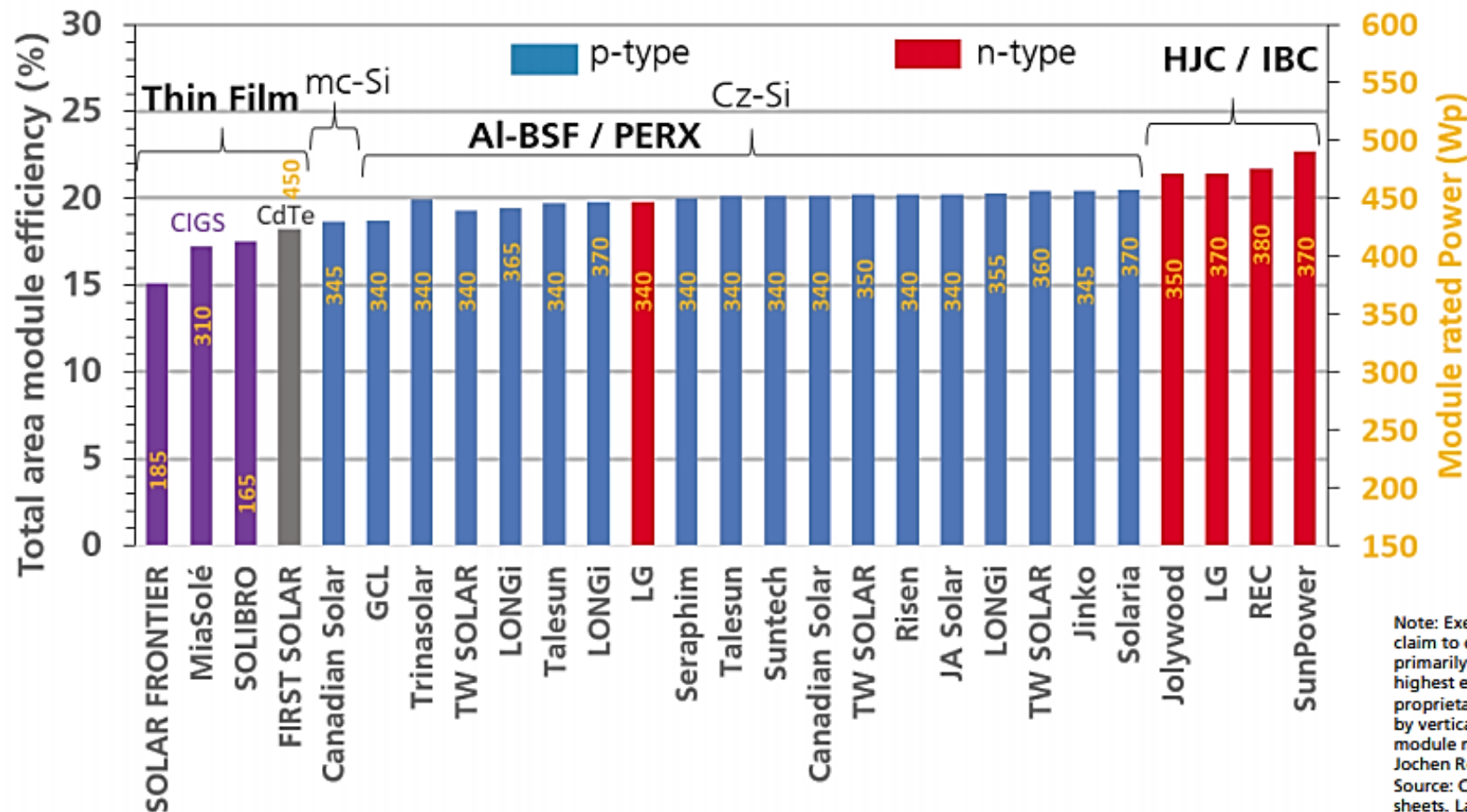


Současné hranice technologie



Současné hranice technologie

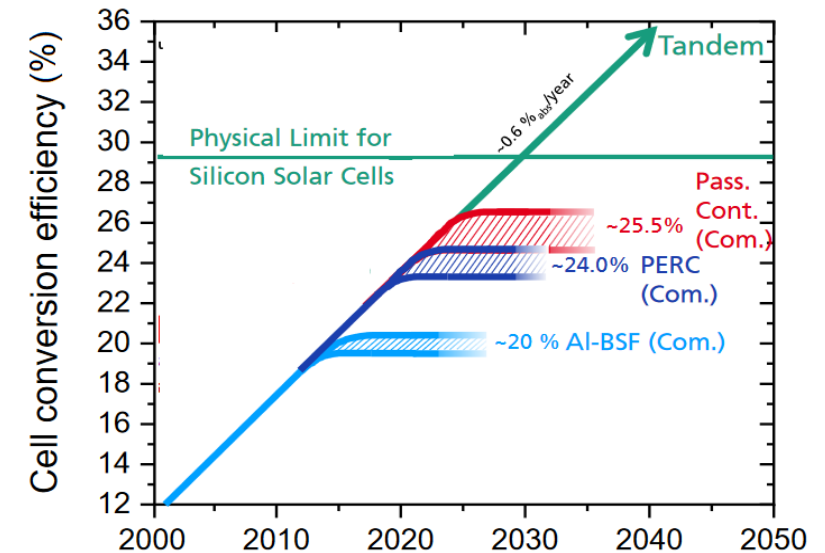
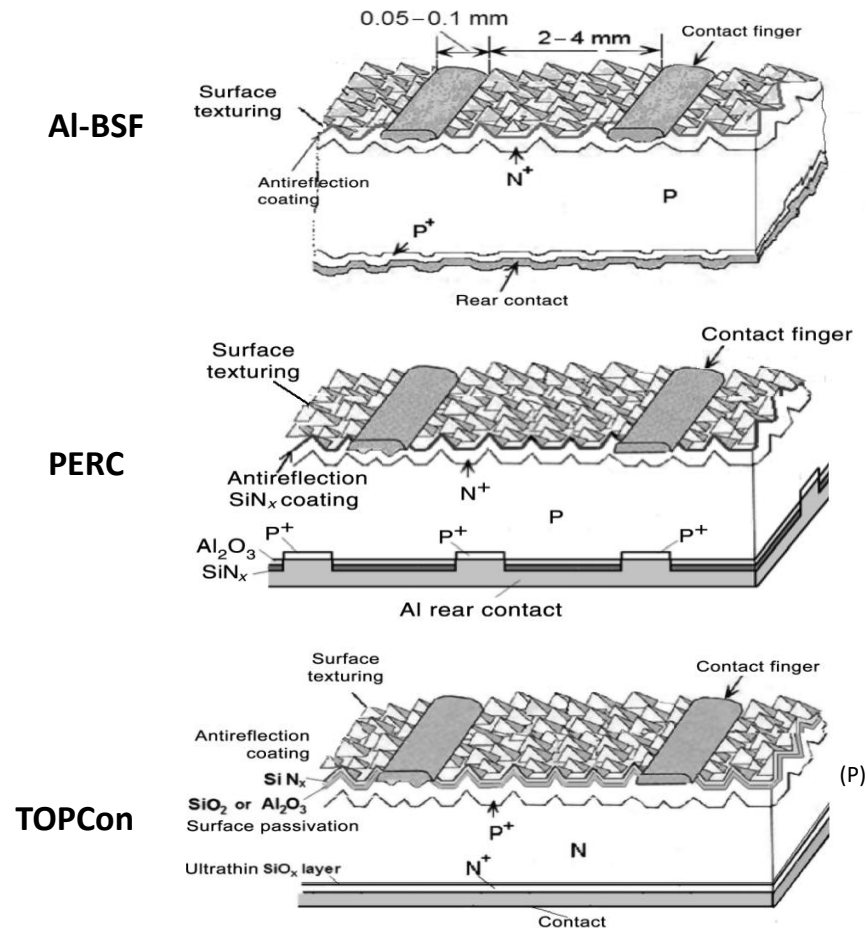
Current Efficiencies and Power of Selected Commercial PV Modules Sorted by Bulk Material, Cell Concept and Efficiency



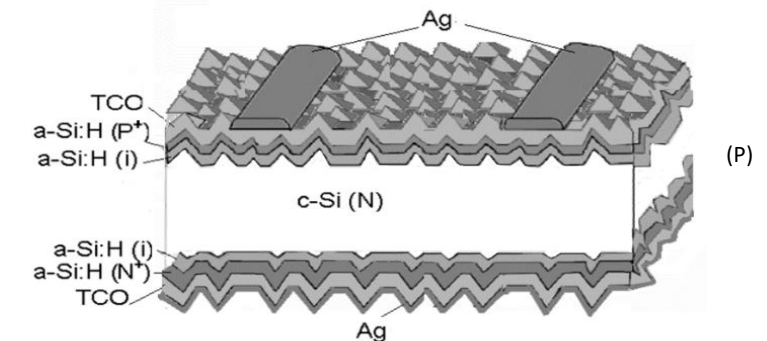
Současné hranice technologie

Vývoj technologií křemíkových FV článků

Zlepšení povrchových rekombinačních ztrát



HJT

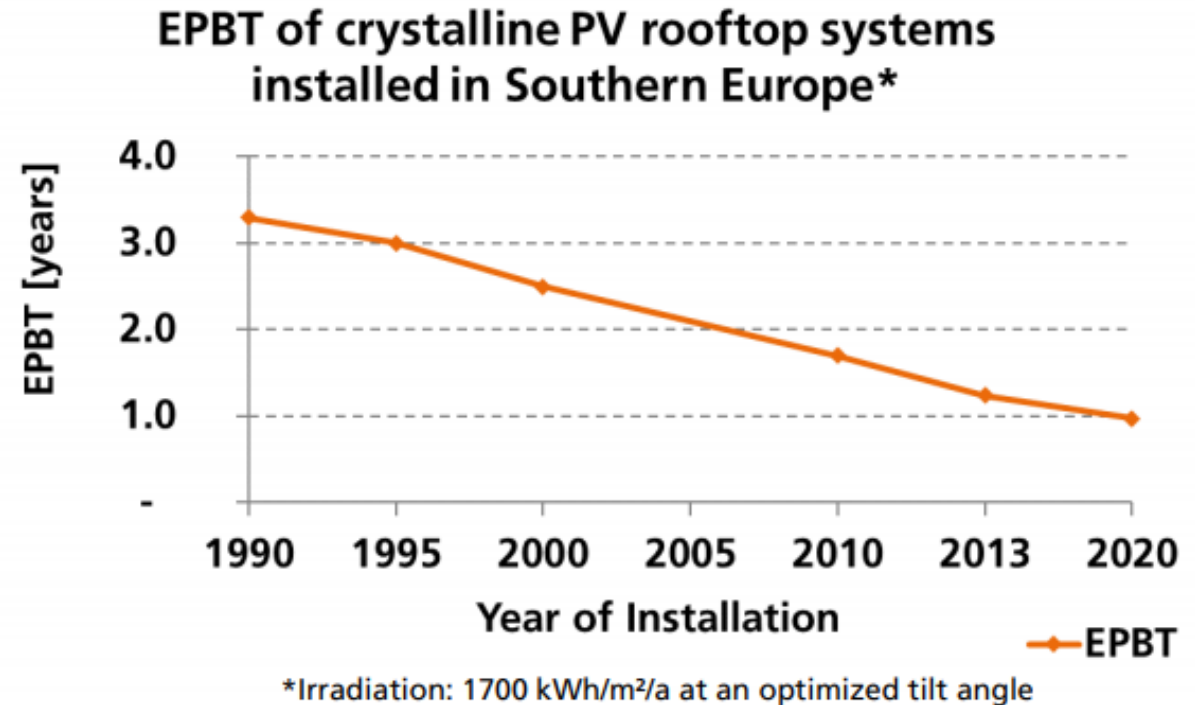


Doba energetické návratnosti výroby

Energy Payback Time - EPBT

Krystalické (křemíkové) technologie

- Depending on the technology and location of the PV system, the EPBT today ranges from 0.4 to 1.5 years.
- Rooftop PV systems produce net clean electricity for approx. 97 % of their lifetime, assuming a life span of 30 years or more.

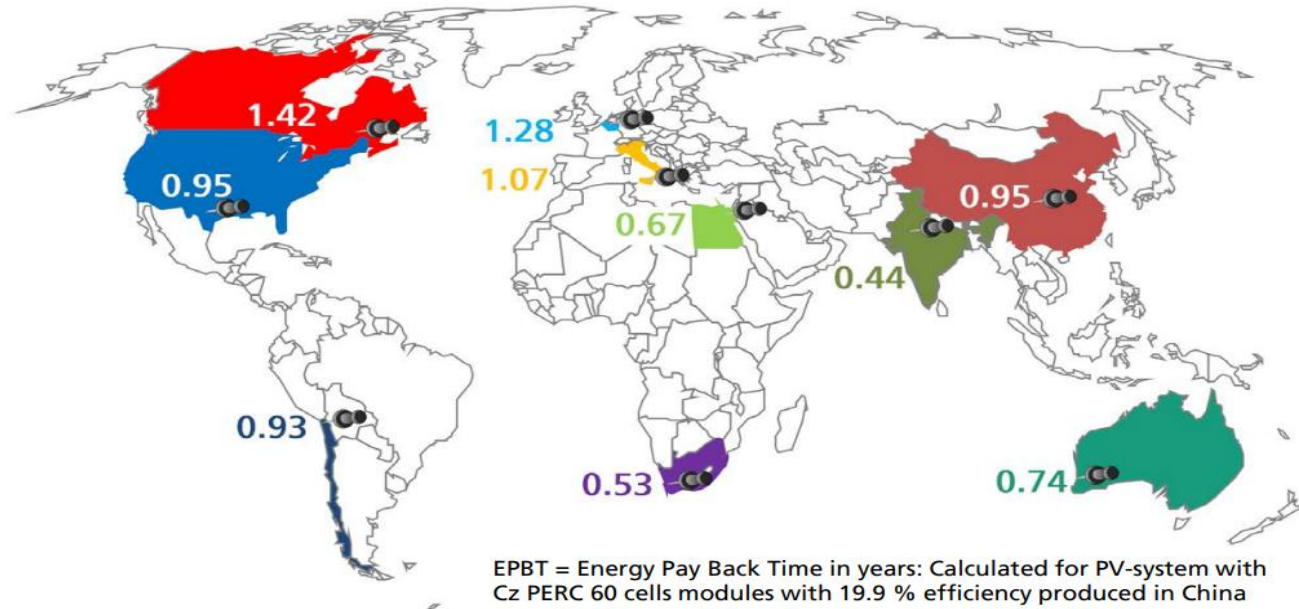


Doba energetické návratnosti výroby

Energy Payback Time - EPBT

Influencing factors and interpretation:

- EPBT: The lower, the better
- Irradiation: The higher, the better
- Grid efficiency: The higher, the better in countries where upstream production is located; (better energy mix to generate electrical power; less losses in the electrical transmission network). At downstream (where PV is installed) a low grid efficiency reduces the EPBT.



Data: Lorenz Friedrich, Fraunhofer ISE. Graph: PSE 2020

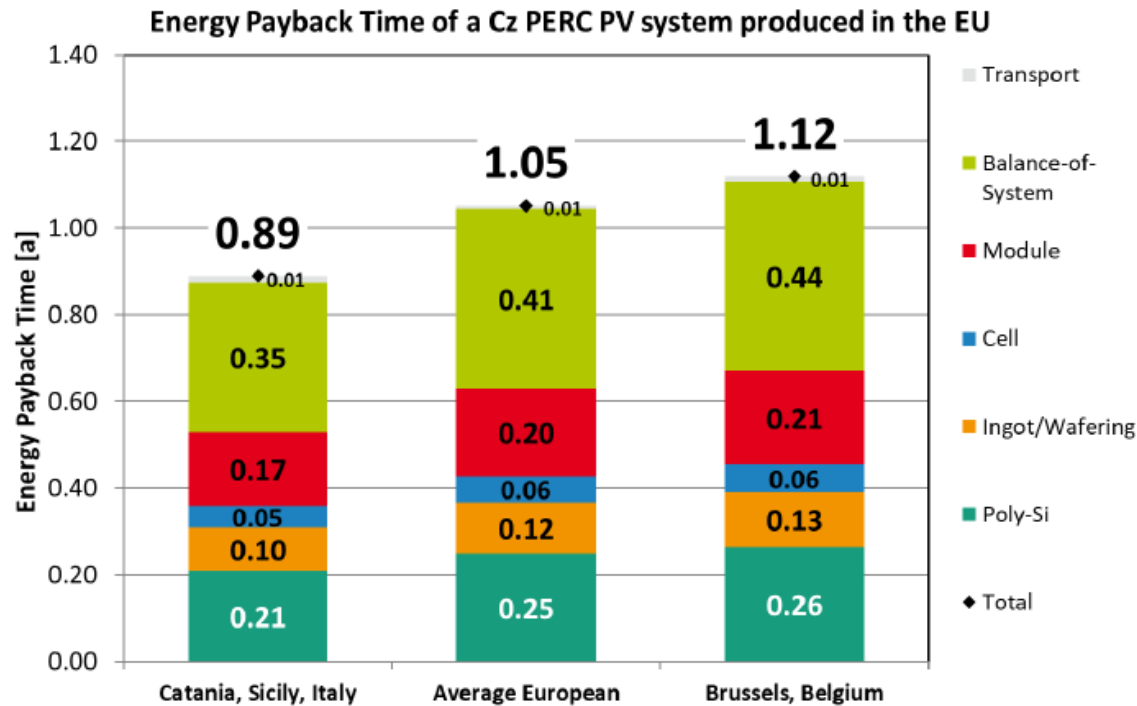
Location	Houston, TX	Arica, Arica y Parinacota	Ottawa	Brussels	Catania, Sicily	Cape Town	Cairo	Jaipur, Rajasthan	Lanzhou, Gansu	Perth, Western Australia
Country	USA	Chile	Canada	Belgium	Italy	South Africa	Egypt	India	China	Australia
Grid	US American	Canadian	Canadian					Indian	Chinese	
EPBT EU (a)	0.86	0.86	1.28	1.15	0.97	0.48	0.61	0.40	0.89	0.69
EPBT CN (a)	0.95	0.93	1.46	1.26	1.05	0.52	0.66	0.44	0.94	0.74
Irradiation	1913	2279	1566	1249	2048	2163	2416	2242	1799	2166
Grid Efficiency	9.2%	11.0%	11.9%	8.5%	11.2%	6.1%	8.2%	4.9%	8.9%	8.4%

Data: Lorenz Friedrich, Fraunhofer ISE. Design: PSE 2020

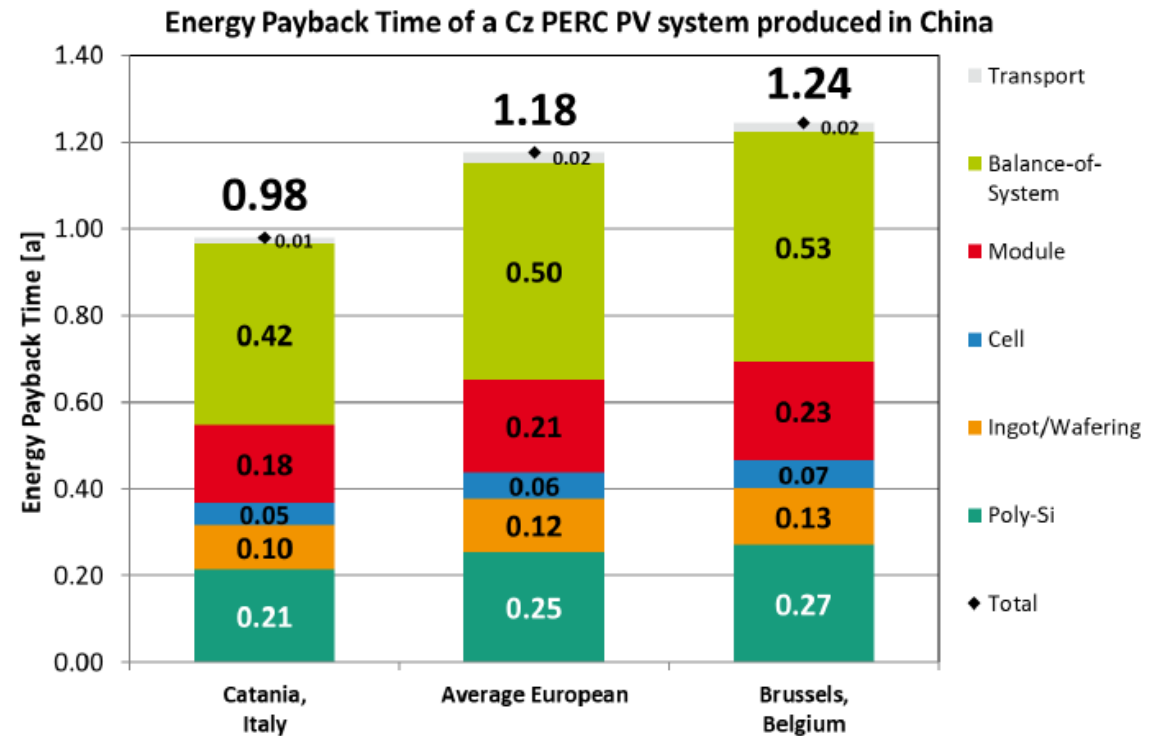
Doba energetické návratnosti výroby

Energy Payback Time - EPBT

EPBT vyráběné v Evropě

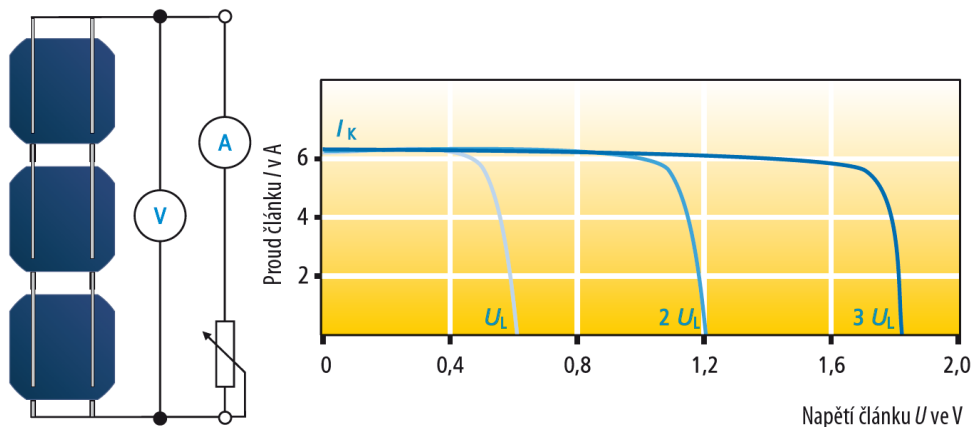


EPBT vyráběné v Číně



EPBT for PV systems produced in Europe is shorter than for those produced in China because of better grid efficiency in Europe.

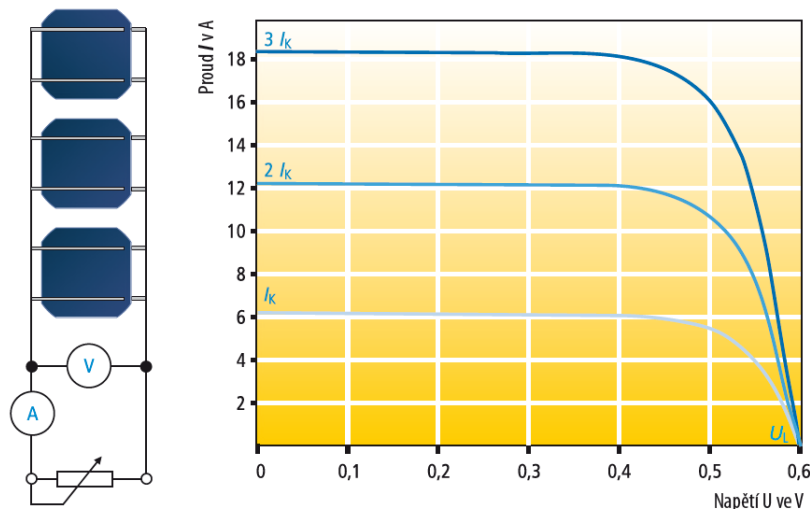
Sériové a paralelní zapojení modulů



Sériové zapojení

$$U_{\text{celkové}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$I_{\text{celkový}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n = \text{konstantní}$$

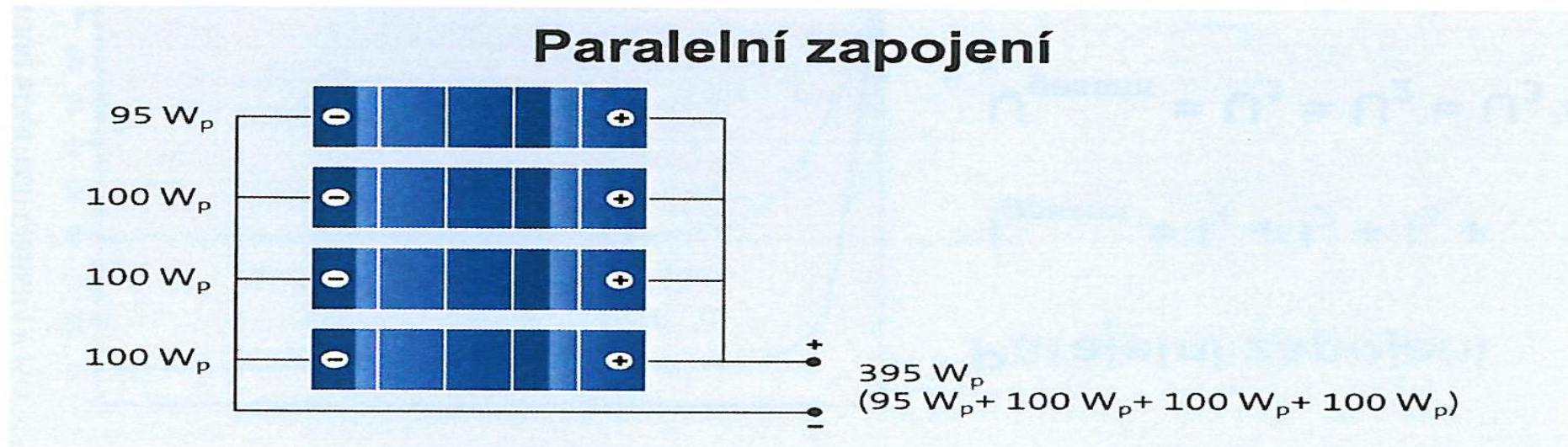
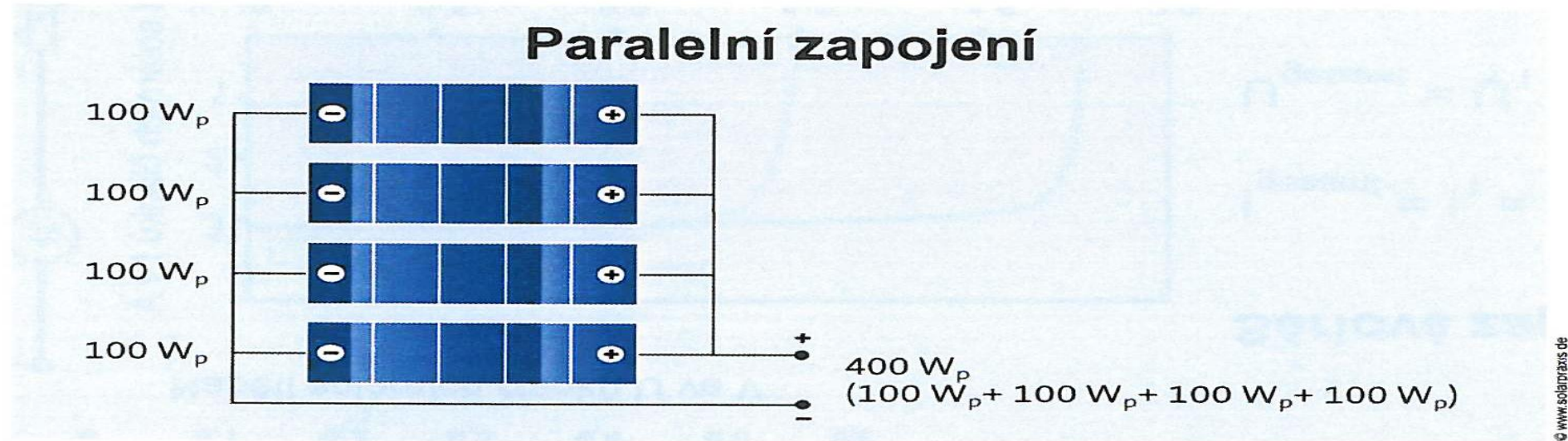


Paralelní zapojení

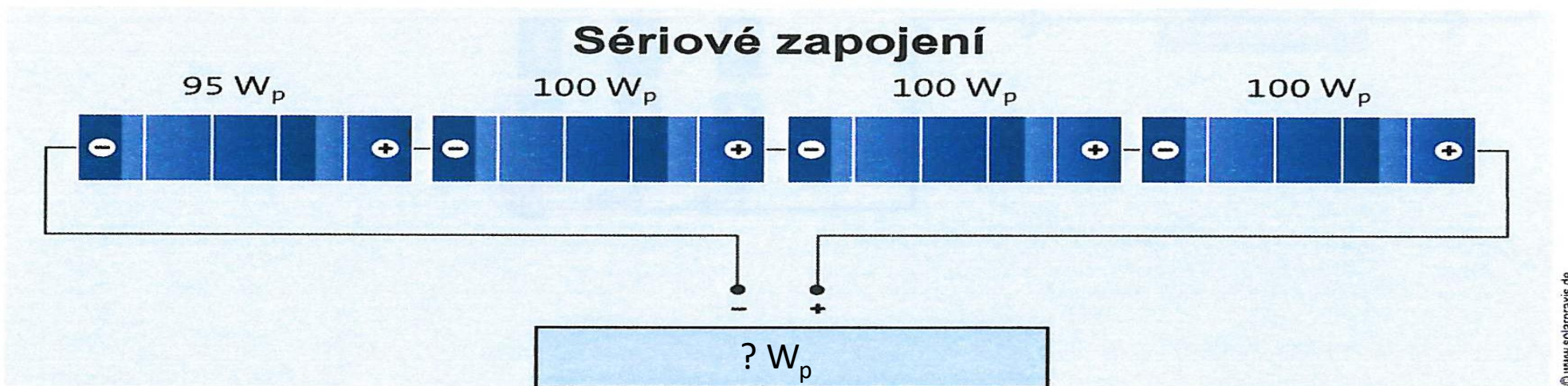
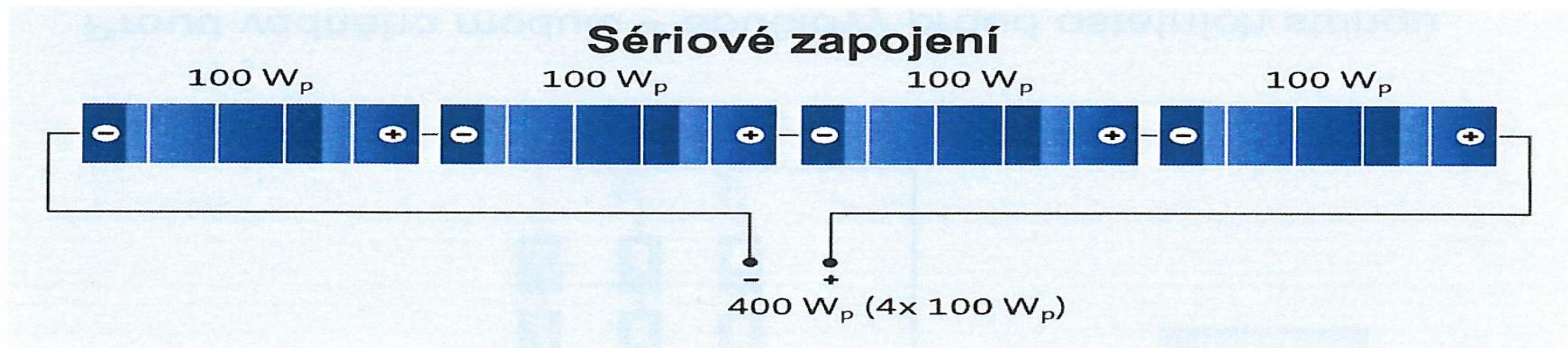
$$U_{\text{celkové}} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n = \text{konstantní}$$

$$I_{\text{celkový}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

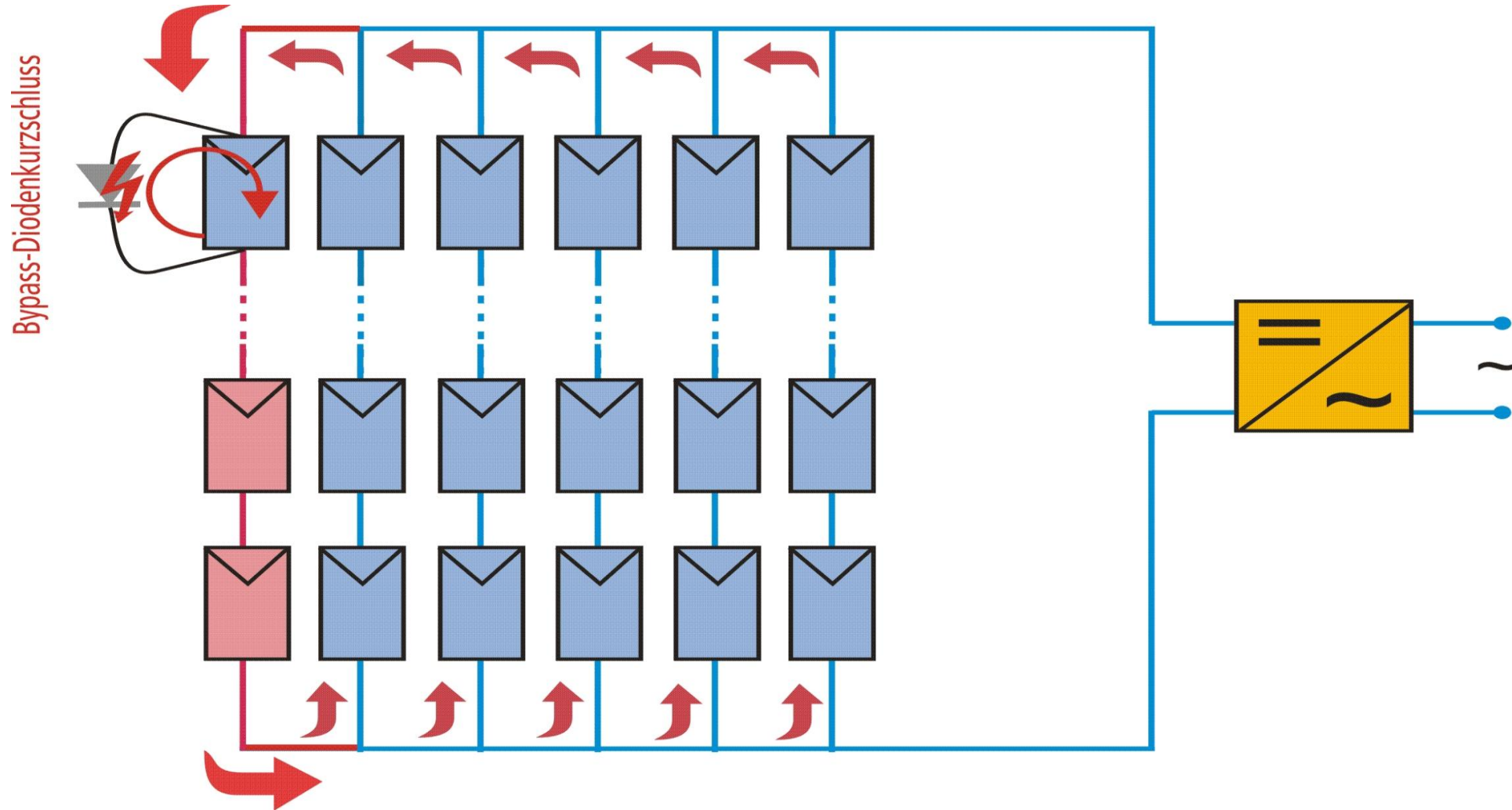
Paralelní zapojení modulů



Sériové zapojení modulů



Zpětný proud FV modulů



Proud vadného modulu = součtový proud ostatních stringů

Zpětný proud FV modulů

Jak může dojít ke vzniku zpětného proudu?

- Zkrat jednoho nebo několika modulů
- Zkrat jednoho nebo několika článků v modulu
- Dvojitý zemní zkrat některého modulu nebo kabeláže

Poznámka:

Zpětný proud může protékat pouze za předpokladu, kdy je napětí naprázdno vadného stringu výrazně nižší než napětí naprázdno ostatních stringů (nižší než napětí MPP funkčního stringu)

Zdroj: SMA

Zpětný proud FV modulů

Prevence vzniku zpětných proudů:

- Použití stringových diod (vysoké trvalé ztráty!)
- Použití pojistek k jištění stringu (nízké ztráty; lze kontrolovat výpadek jedné pojistky)

Dimenzování pojistek: cca $1,7 * I_{mpp}$ (STC)

- Dimenzování všech stringů tak, aby byly odolné proti zpětnému proudu

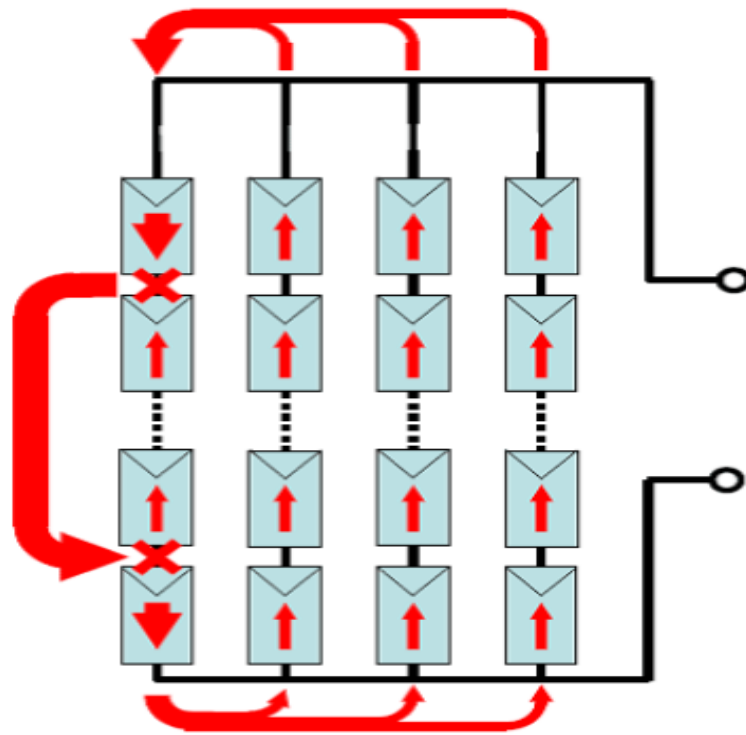
Zpětný proud FV modulů

Pokyny k dimenzování!

- Maximální zpětný proud: $I_{Rmax} = (\text{počet stringů} - 1) * I_{sc}$
- Kontrola: Je modul vhodný pro tento zpětný proud?
- Kontrola: Je konektorový spoj modulu vhodný pro tento zpětný proud?
- Kontrola: Je kabeláž stringů vhodná pro tento zpětný proud?

Zpětný proud FV modulů

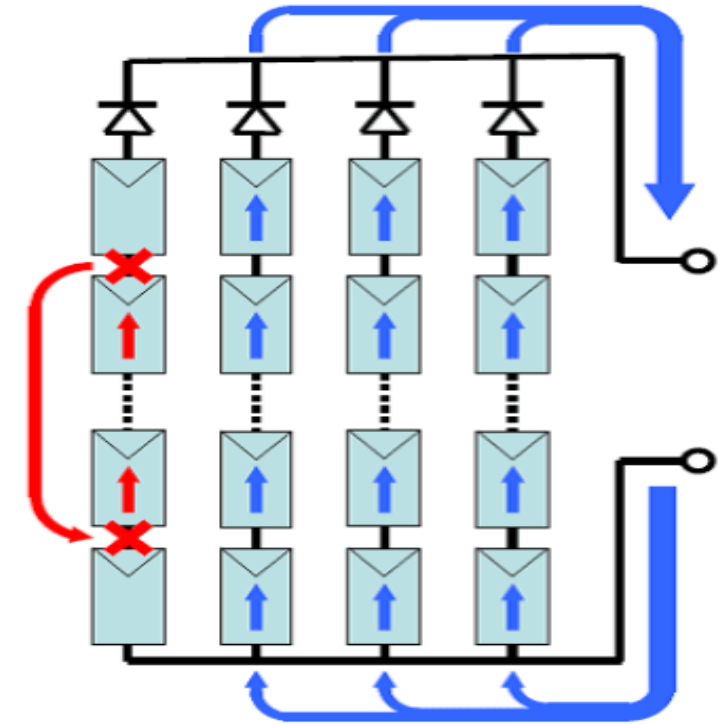
Eliminace zpětného FV proudu při poruše



✗ Parallel arcing point

IEC

bez blokovacích diod



✗ Parallel arcing point

IEC

s blokovacími diodami na každém stringu

Zdroj: IEC 60364-7-712

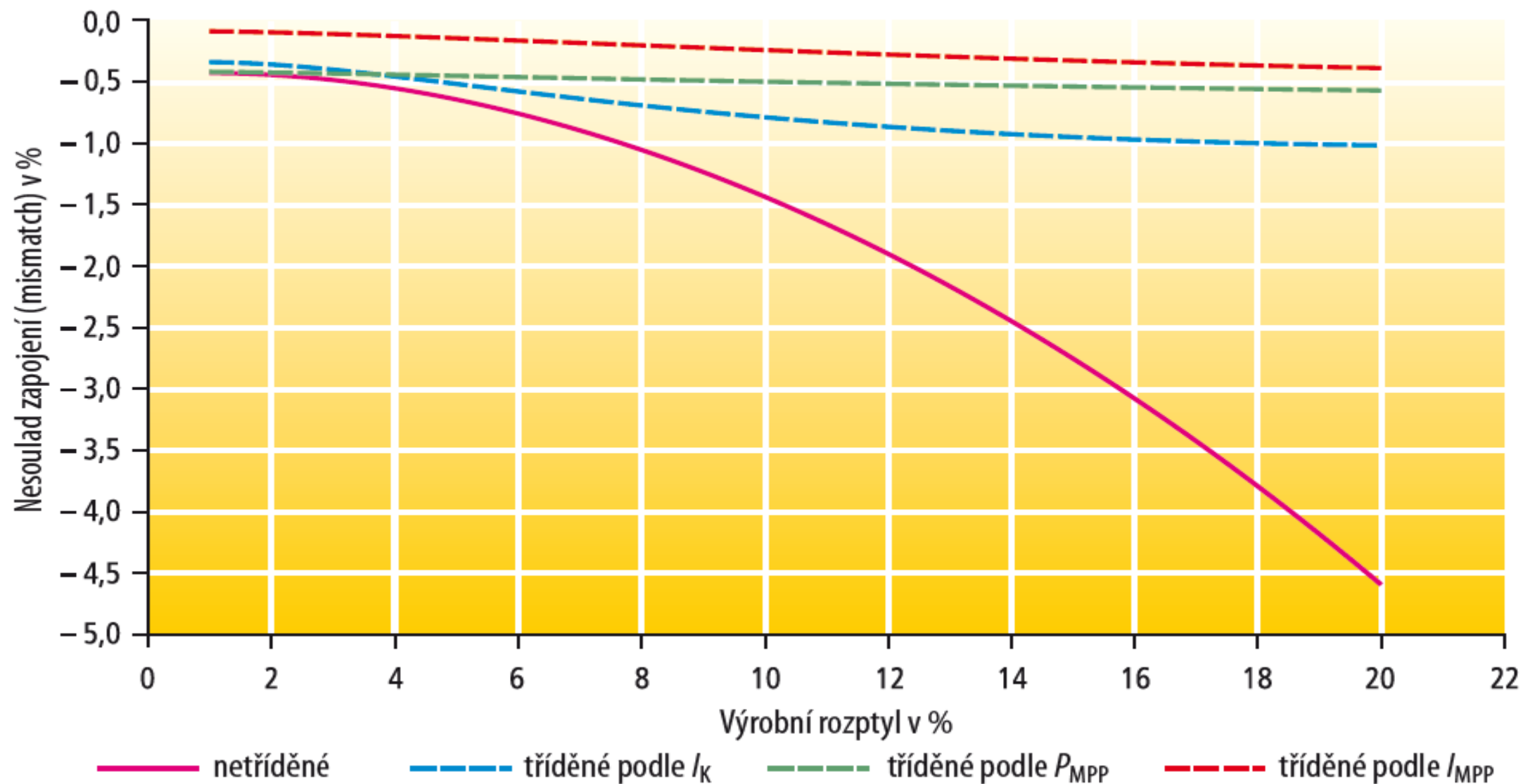
Třídění - párování modulů

Dismatching (třídění)

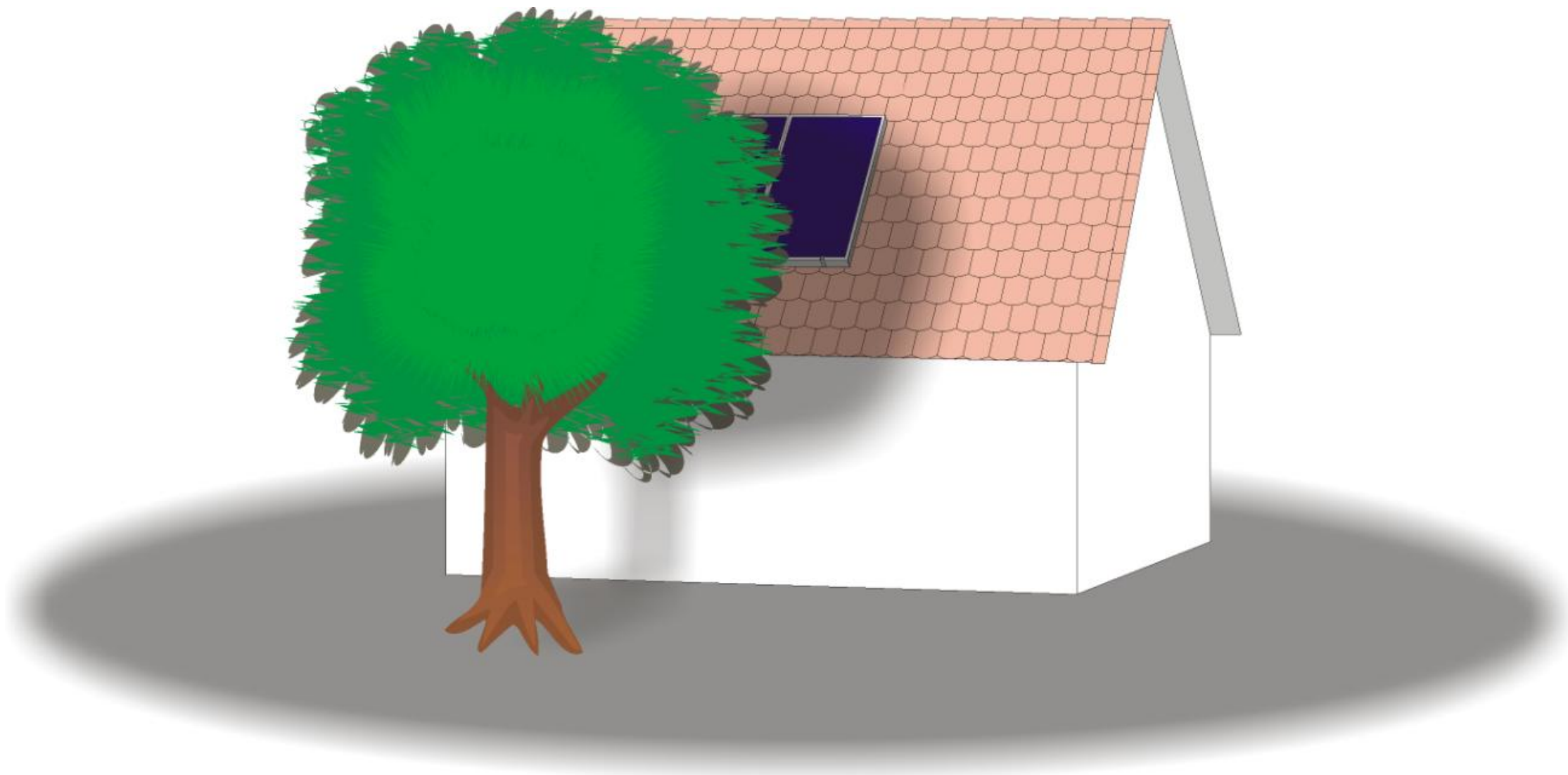
Párování modulů stejných elektrických vlastností pro paralelní chod, díky kterému je proudové rozložení v jednotlivých stringách rovnoměrnější, páruje se podle I_{mpp} .

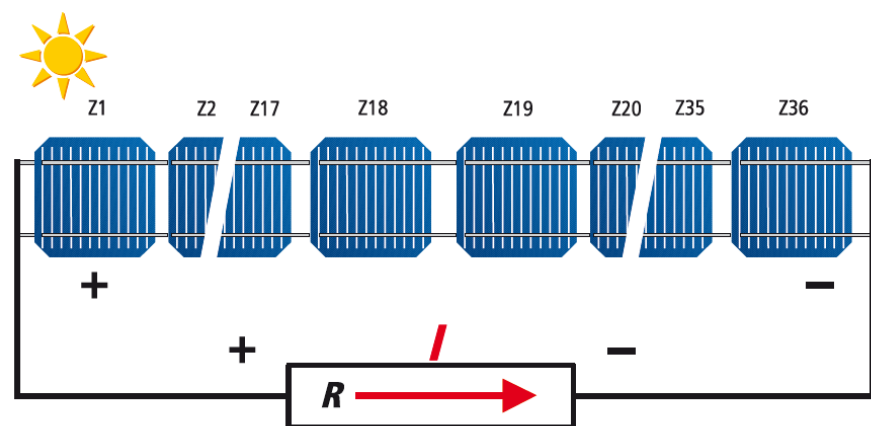
Dá se přirovnat k „párování tranzistorů“ výkonových stupňů zesilovačů, pro lepší nastavení pracovního bodu, zkreslení, atp., kde parametrem byl h_{21e} (zesilovací činitel tranzistoru)

Třídění – výsledky párování modulů



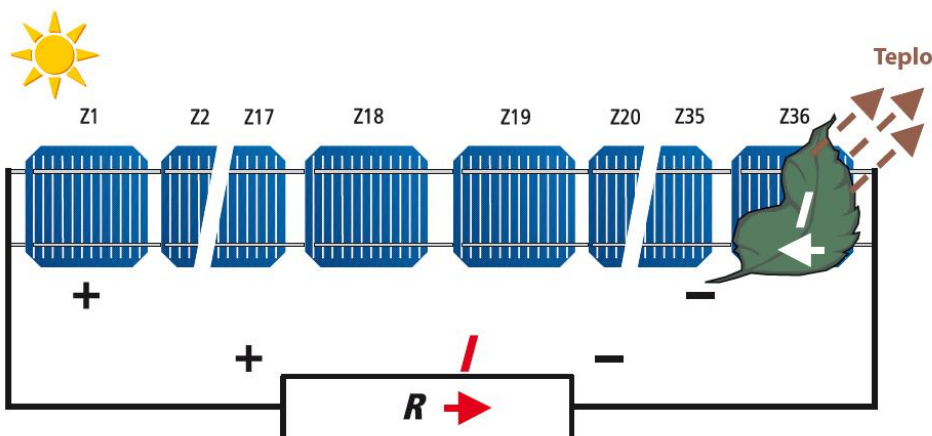
Částečné stínění





Přehřívání článků a obtokové (bypass) diody u modulů

Normální stav: Proud vyrobený v solárních článcích napájí spotřebiče (R)

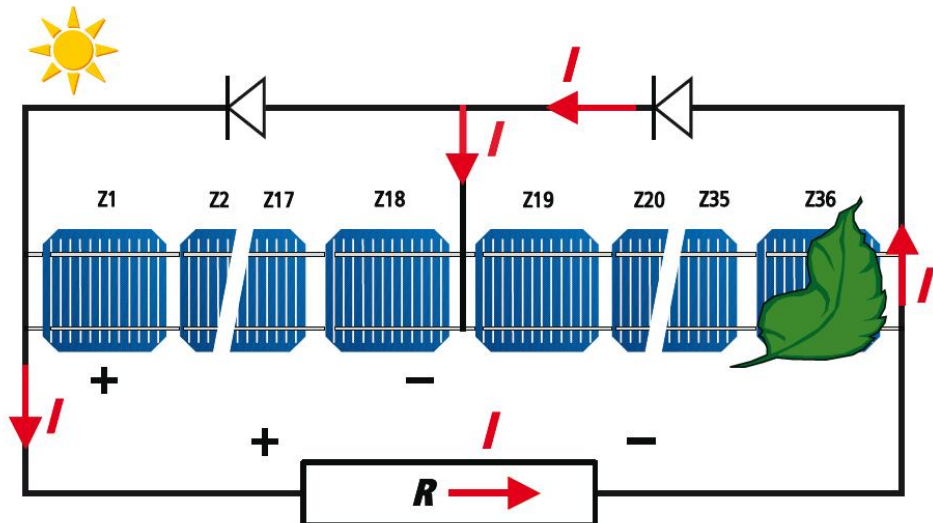


Solární článek je zastíněn - bez obtokových diod

V článku Z36 je proud $I=0$.

Ostatní články Z1 až Z35 dále produkují proud, t.zn. že zastíněný článek se stává spotřebičem.

Solární článek Z36 se přehřívá!



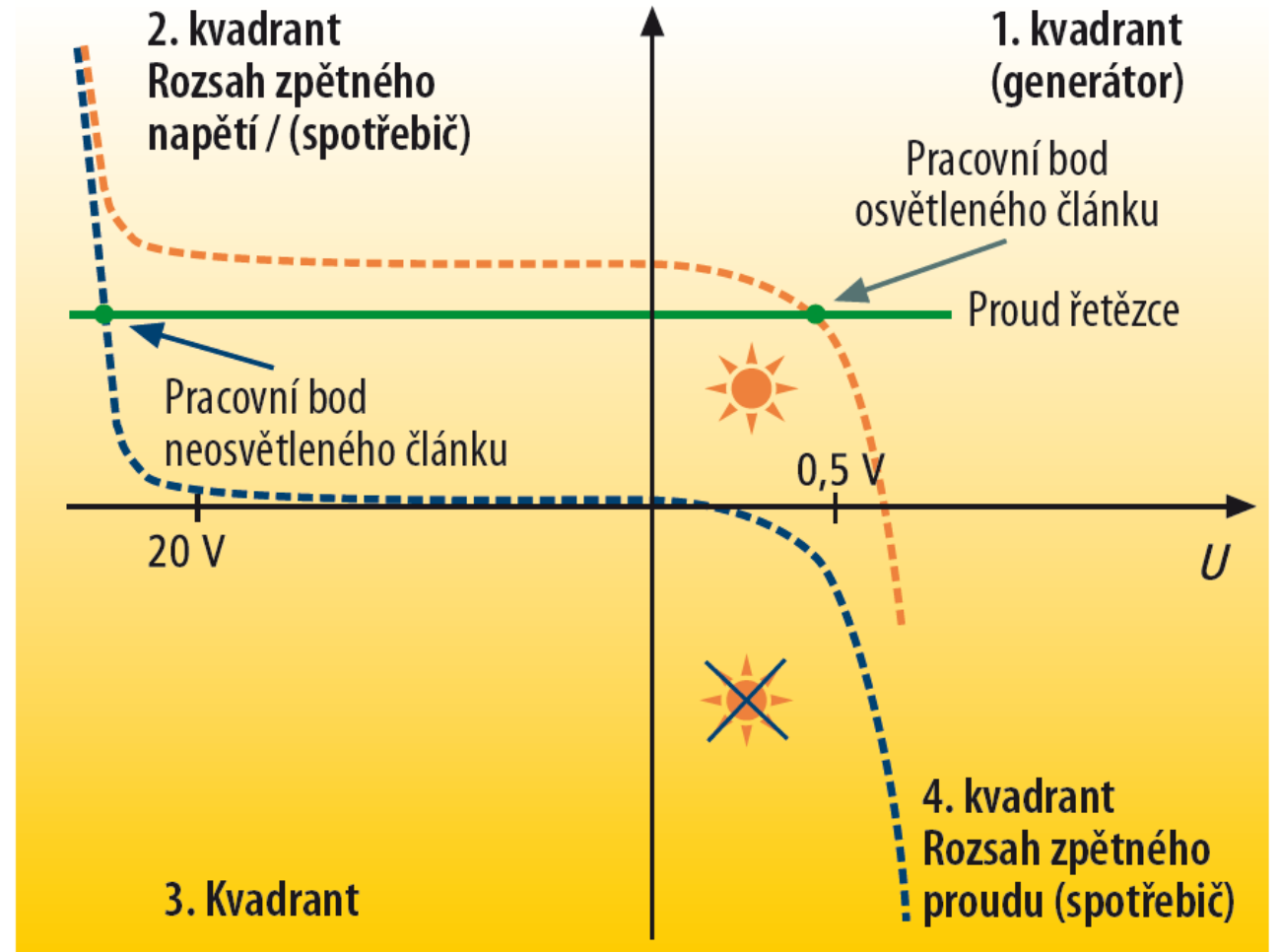
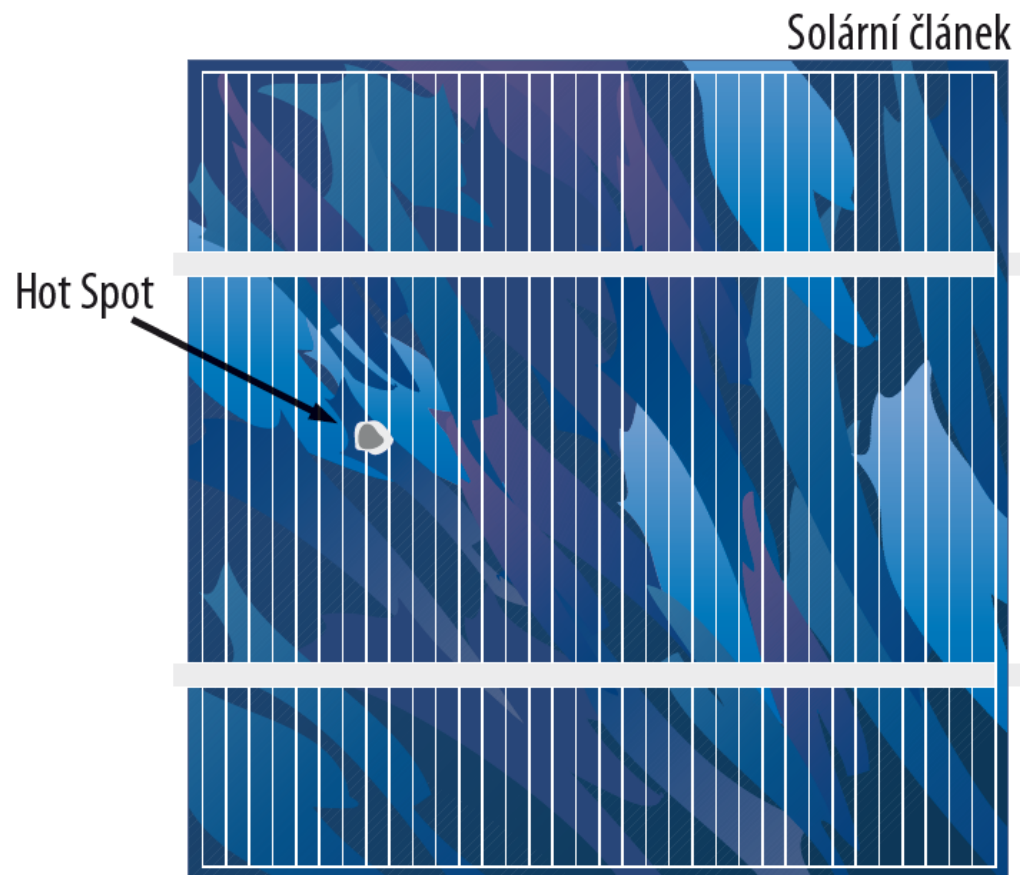
Solární článek je zastíněn – s obtokovými diodami

Pokud se solární článek Z36 stane spotřebičem, je odpor přes bypass (obtakovou) diodu menší.

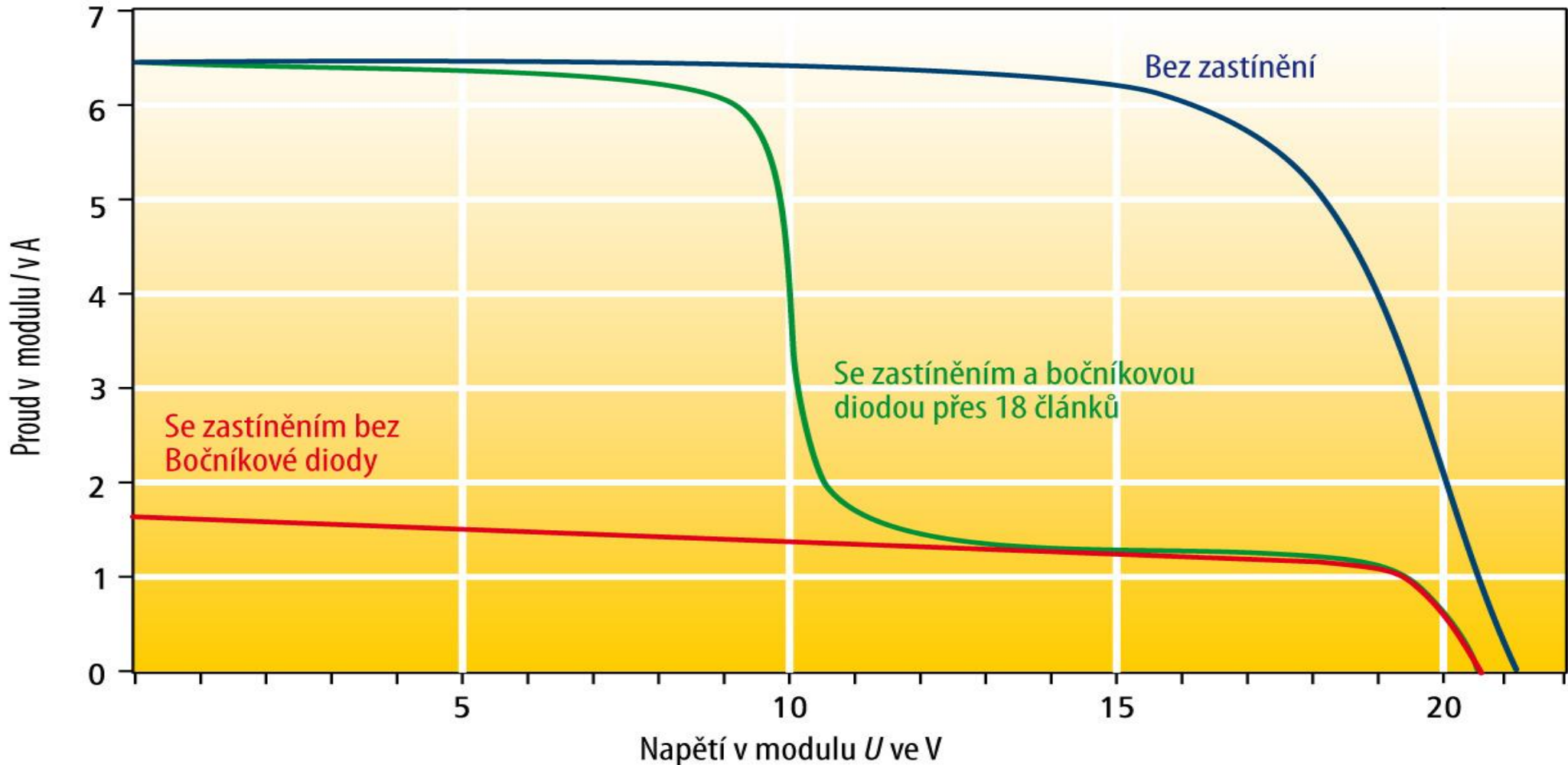
A proud je tak veden mimo zastíněnou část (mimo Z19-Z36).

Napětí na spotřebiči R se sice zmenší, ale proud zůstává původní!

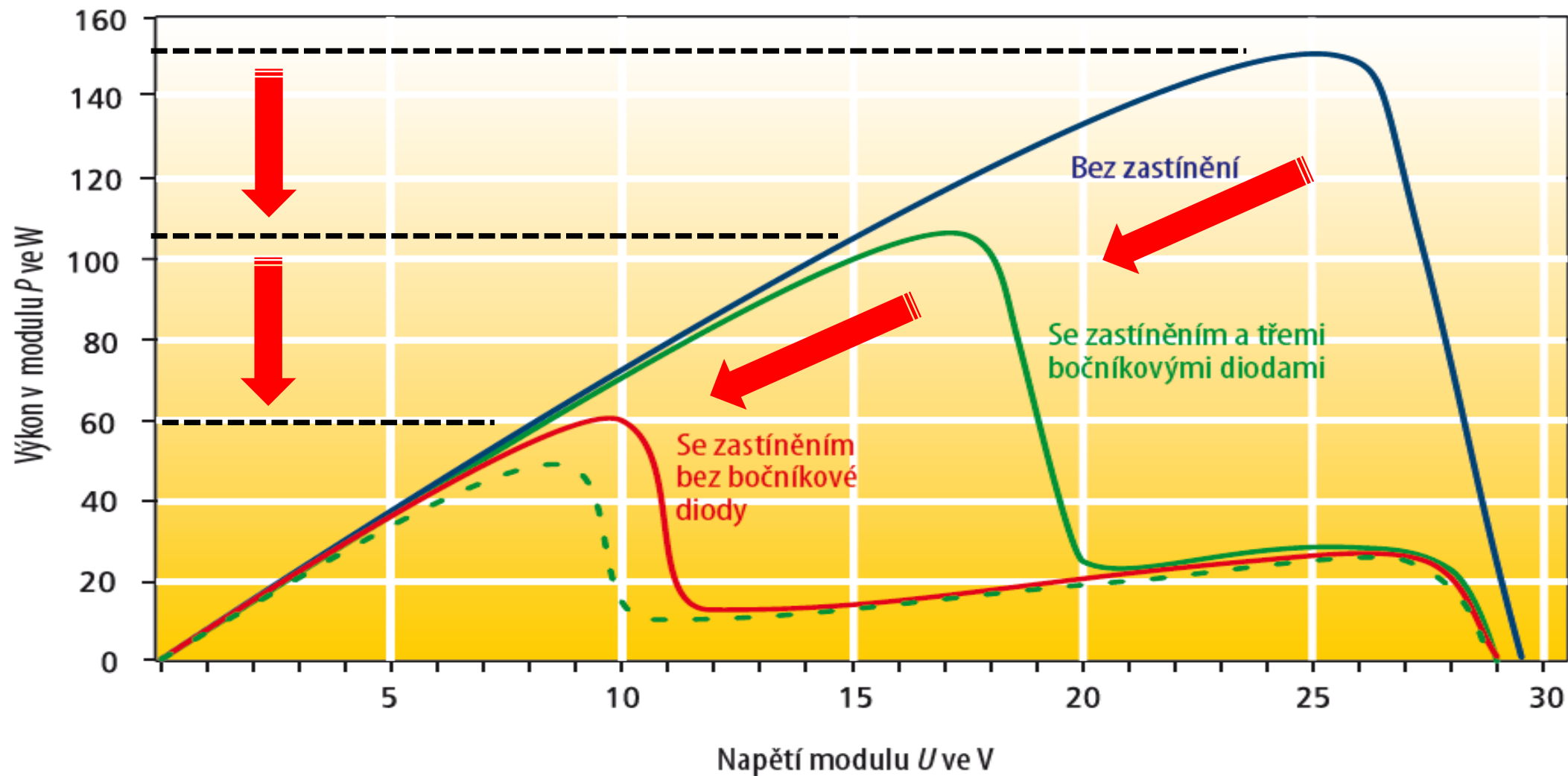
Přesun pracovního bodu a vznik Hot Spotů



Částečné zastínění a jeho voltampérová charakteristika



Částečné zastínění a jeho výkonová charakteristika



Pohyb stínů během dne

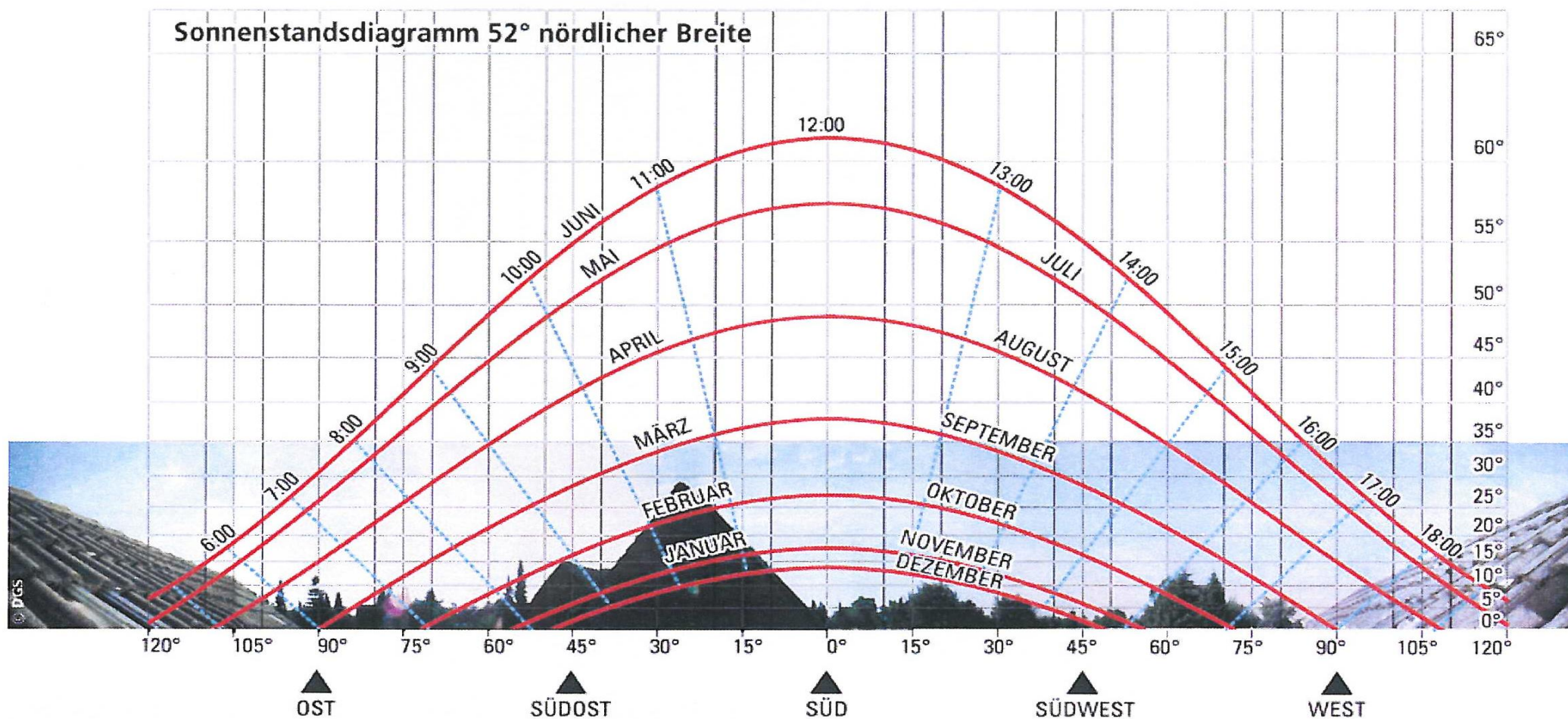
Jak na ně? Vadí – nevadí?



© www.solarpraxis.de / Dürschner

© www.solarpraxis.de

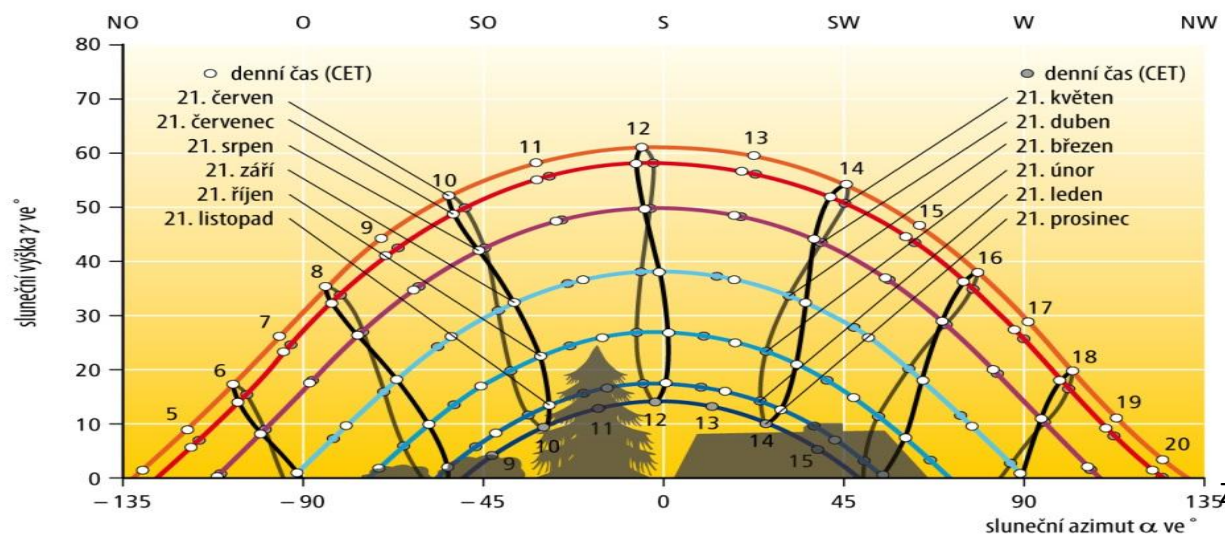
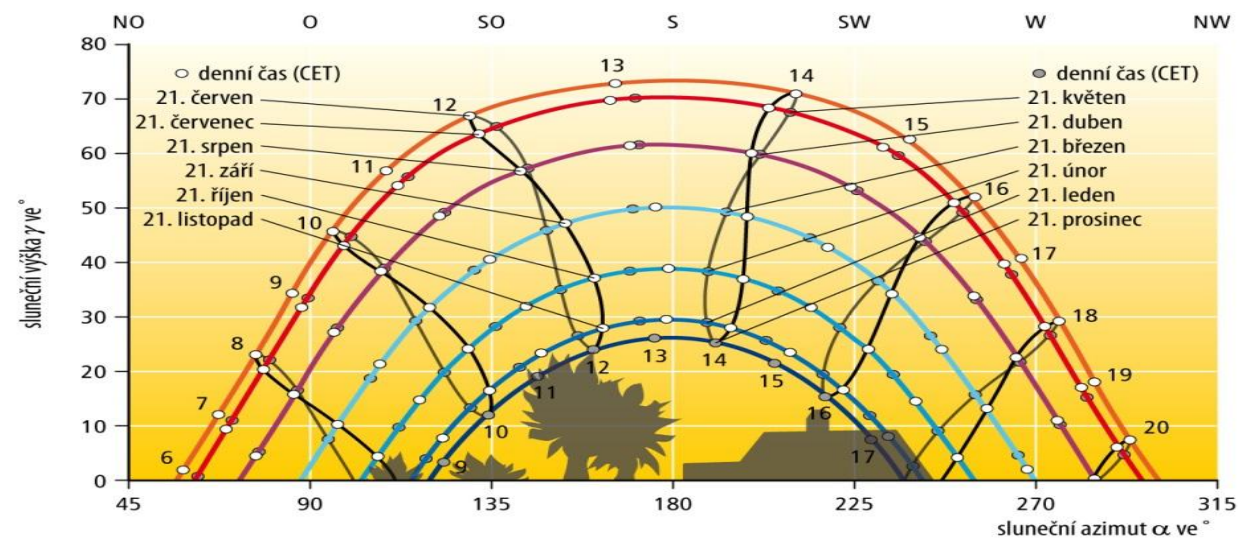
Panoramatické měření s diagramem polohy Slunce



Panoramatické měření s diagramem polohy Slunce

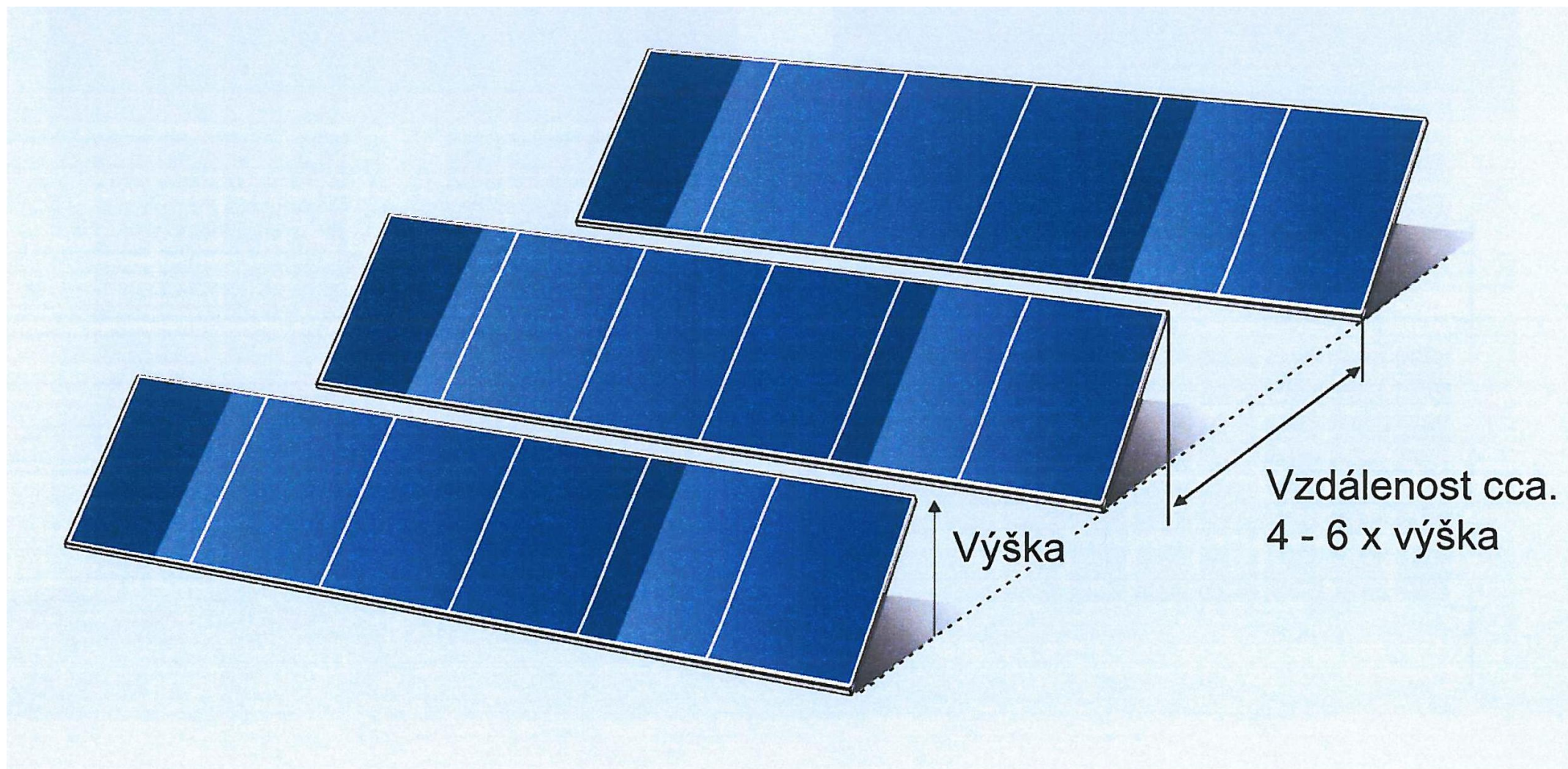


© www.solarpraxis.de / Seltmann

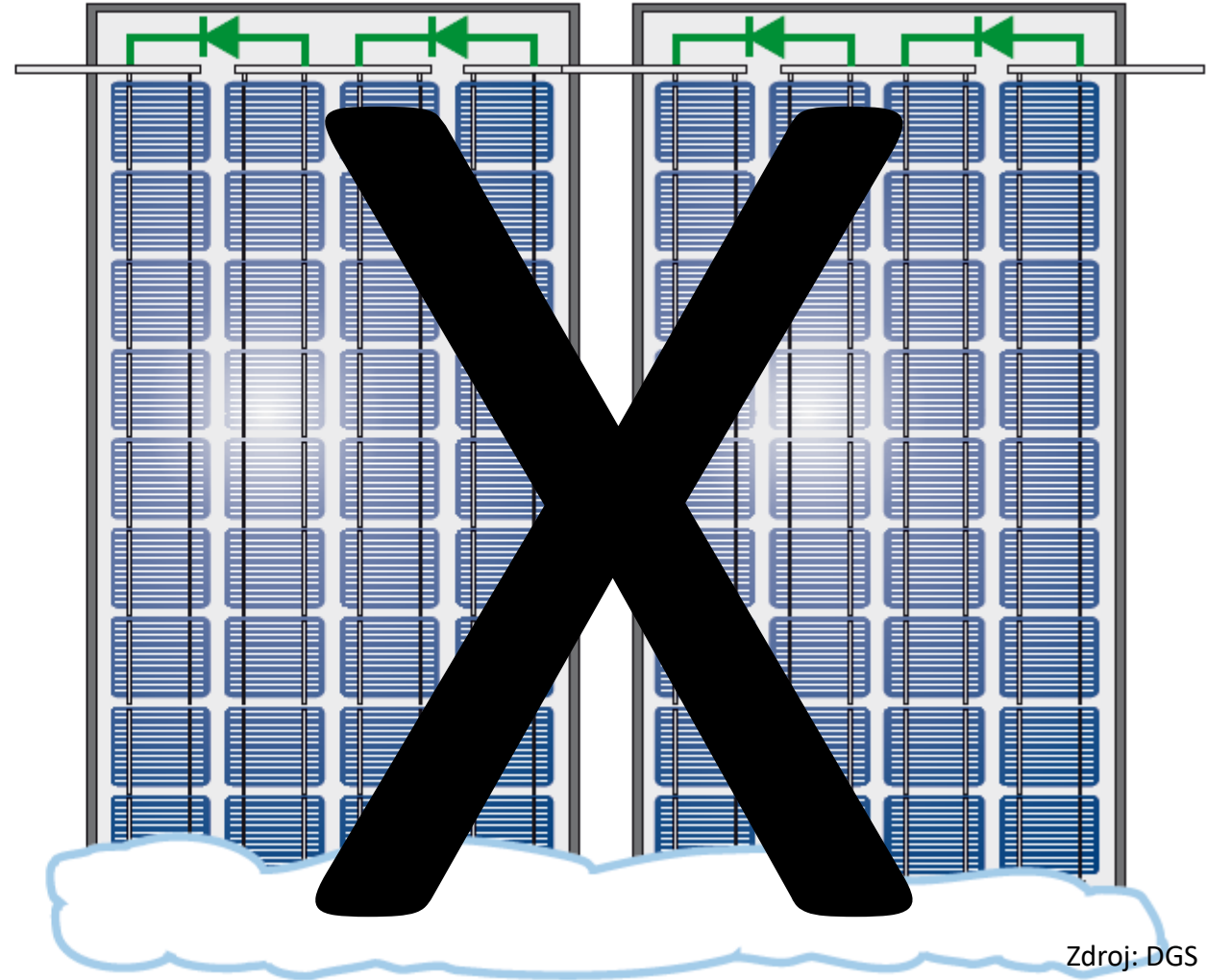
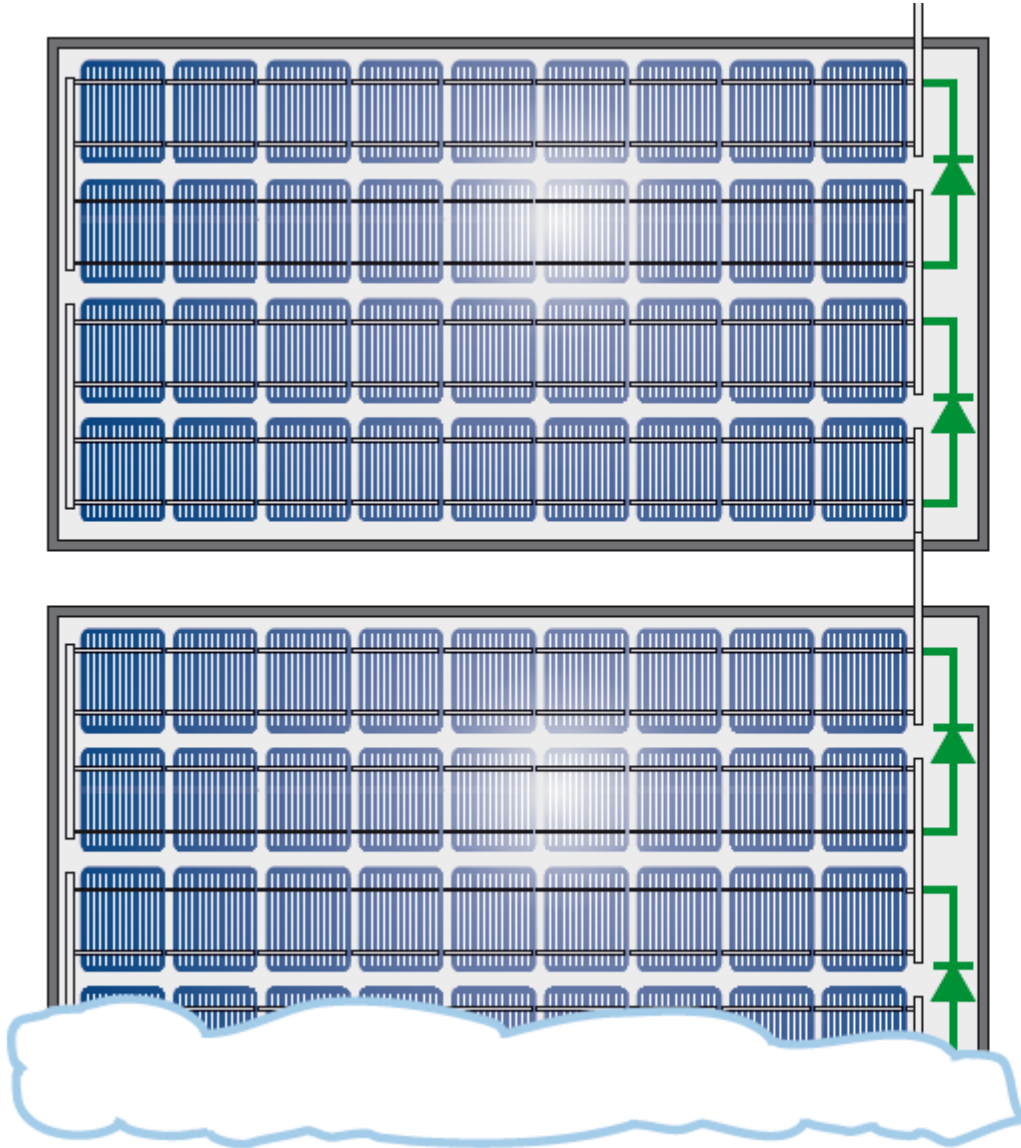


Zdroj: DGS

Vzdálenost řad modulů při instalaci na plochých střechách



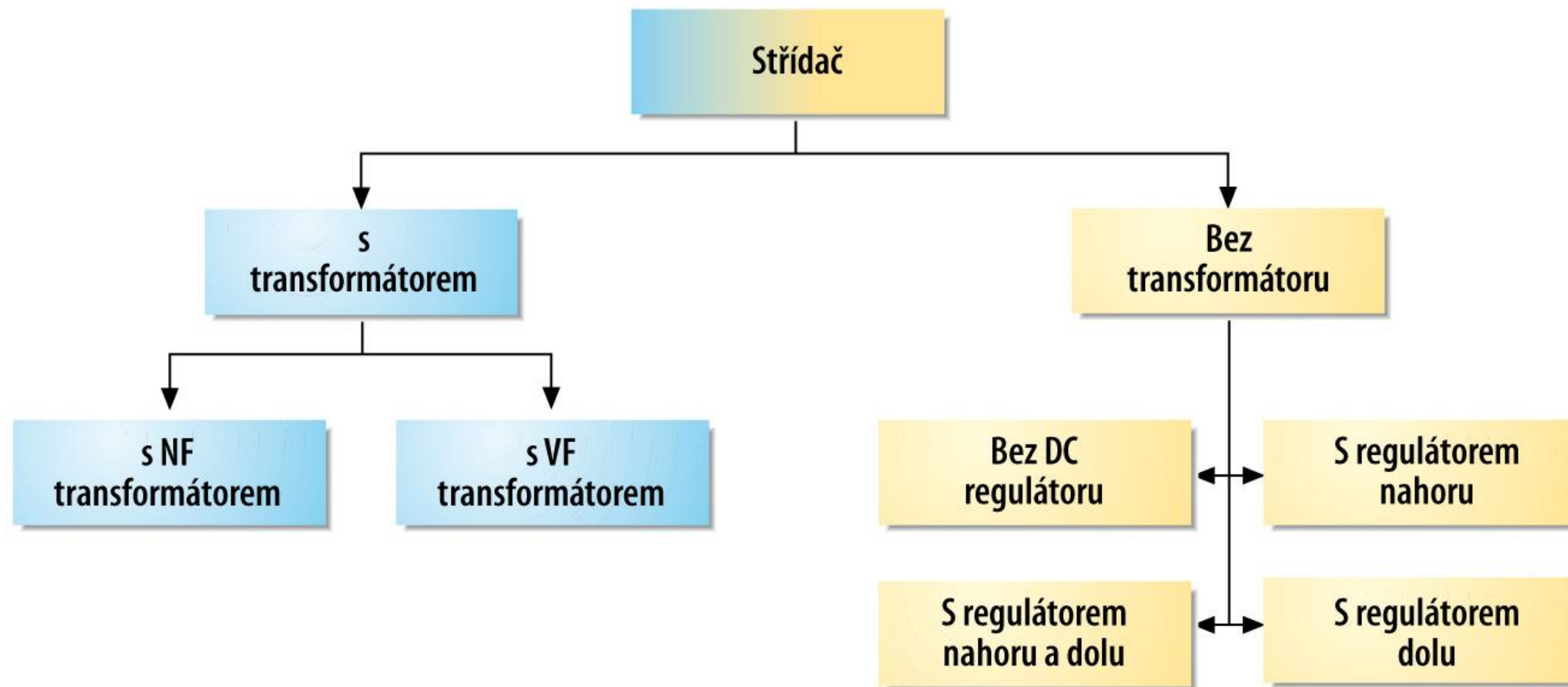
Částečné zastínění



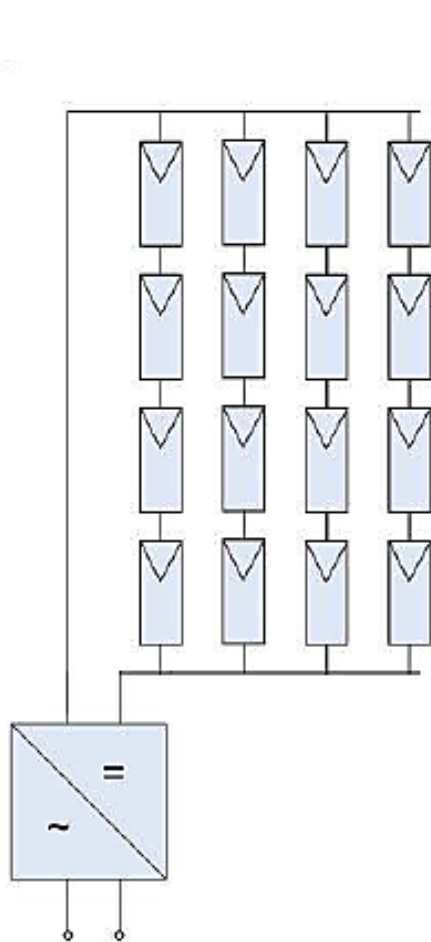
STŘÍDAČE



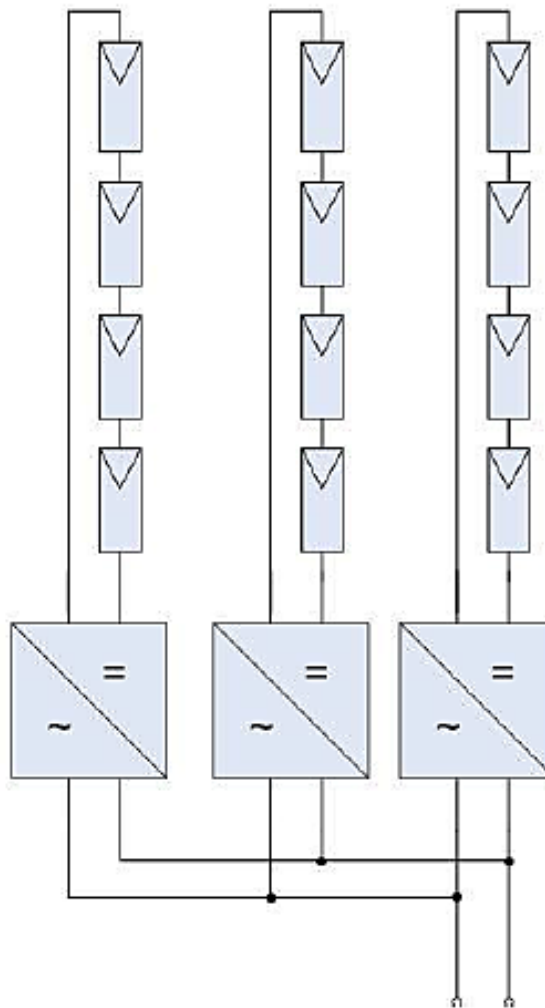
Druhy střídačů podle technologie



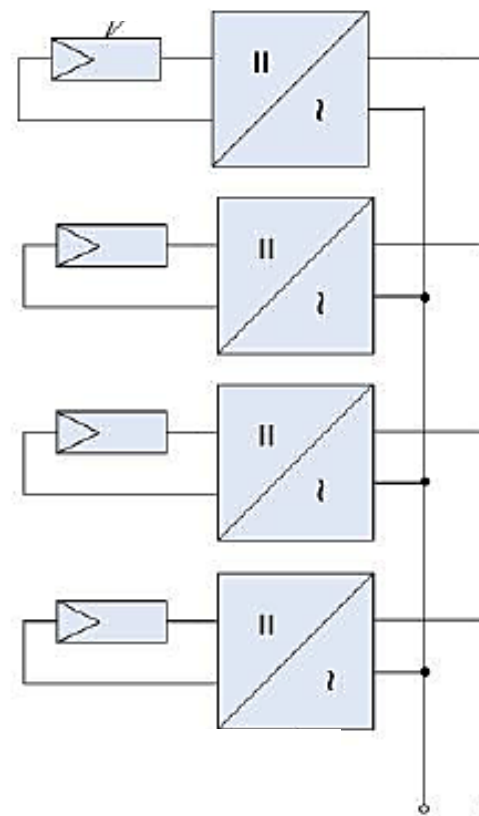
Druhy střídačů podle výkonu



Centrální střídač

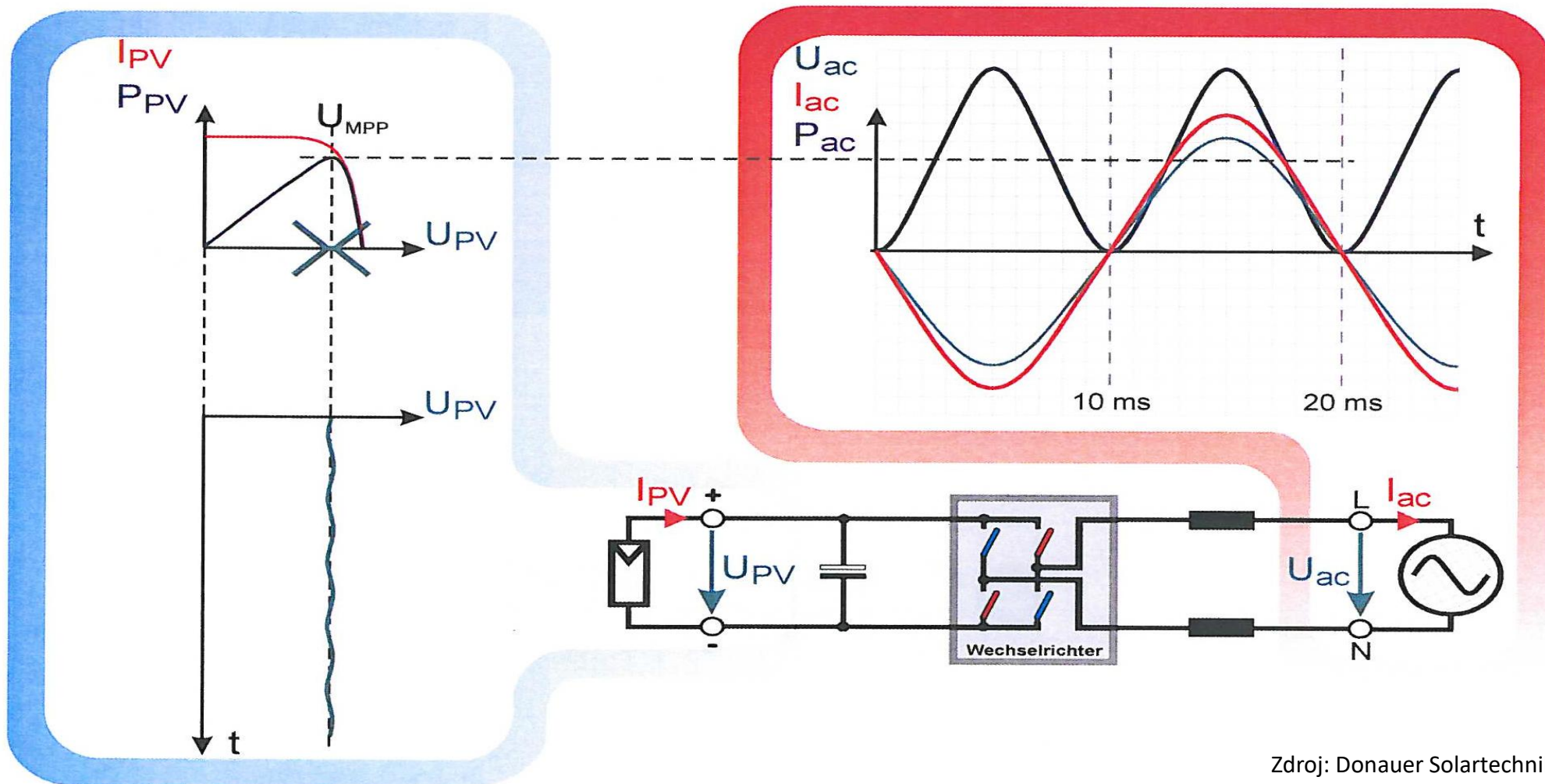


Stringové střídače



Modulové střídače

Základní funkce střídače



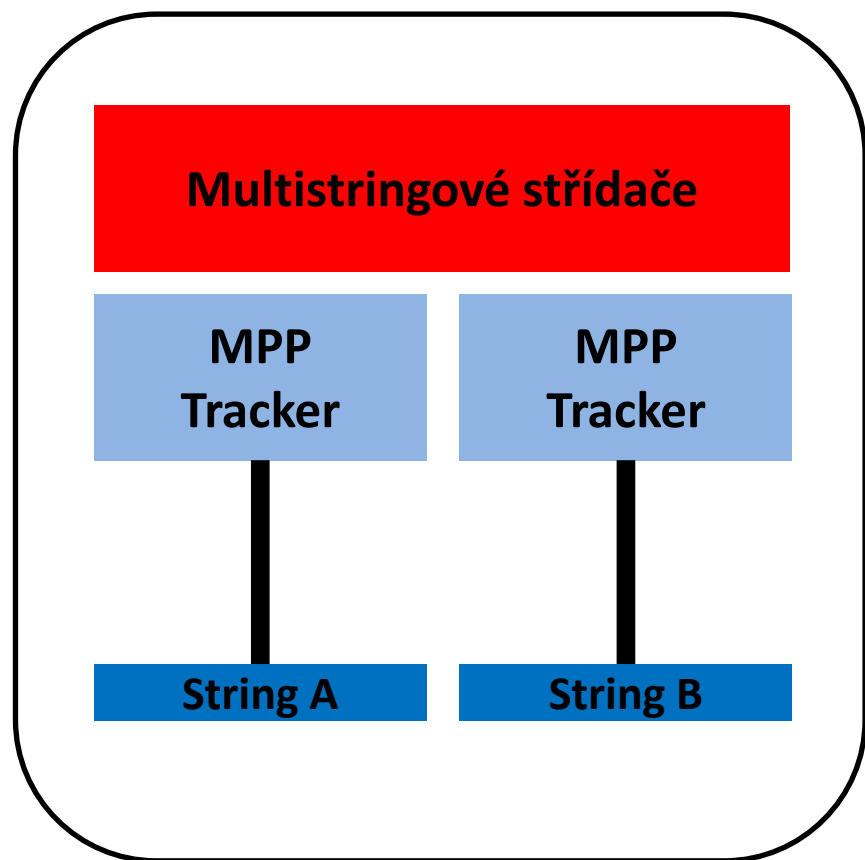
Zdroj: Donauer Solartechnik

Požadavky kladené na střídač

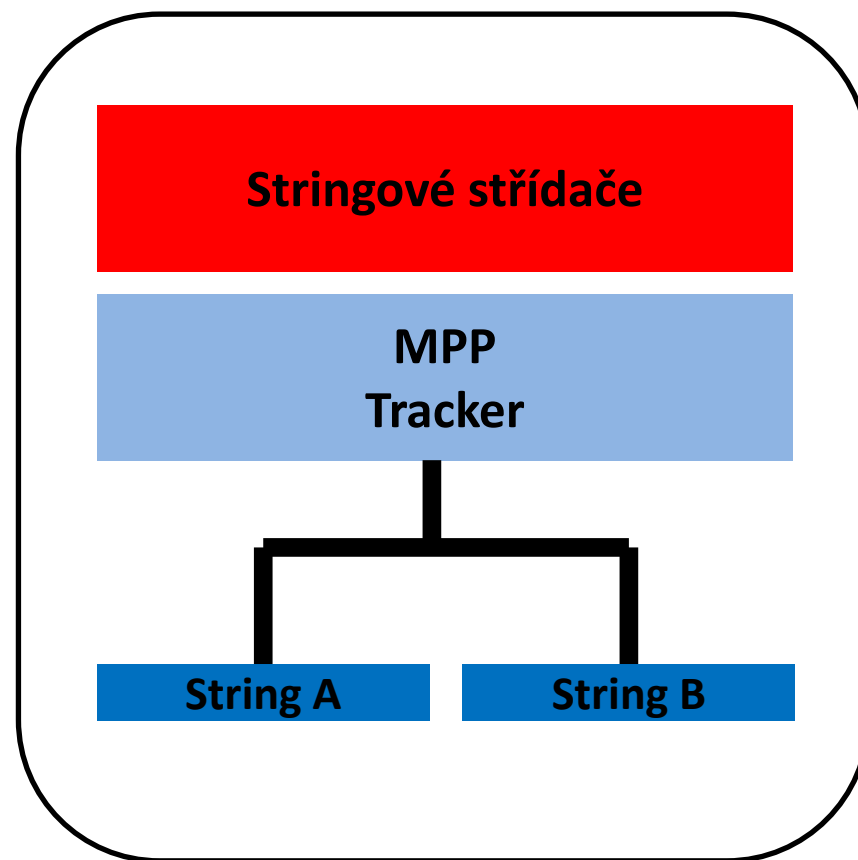


- Konverze z DC na AC
- Přizpůsobení frekvenci a velikosti napětí domácí sítě
- Monitorování elektrické sítě
 - ENS (zařízení k monitorování sítě se spínacím systémem)
 - Kontrola oscilací
 - Kontrola 3fázového napětí a frekvence

Jednostringové a multistringové střídače



Různý počet modulů každého stringu
Různý typ modulů každého stringu

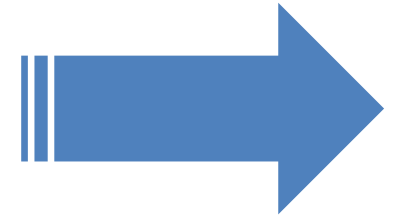
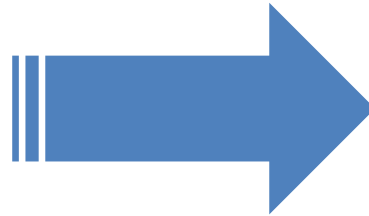


Vždy stejný počet a stejný typ modulů
v každém stringu

Dimenzování střídače

Výkon generátoru

$P_{DC\ gen}$ [Watt, W_p]



Výkon DC

P_{DC} [Watt, W]

Max. výkon DC

$P_{DC\ max}$ [Watt, W]

Maximální

účinnost [%]

Evropský stupeň

účinnosti [%]

Výkon AC

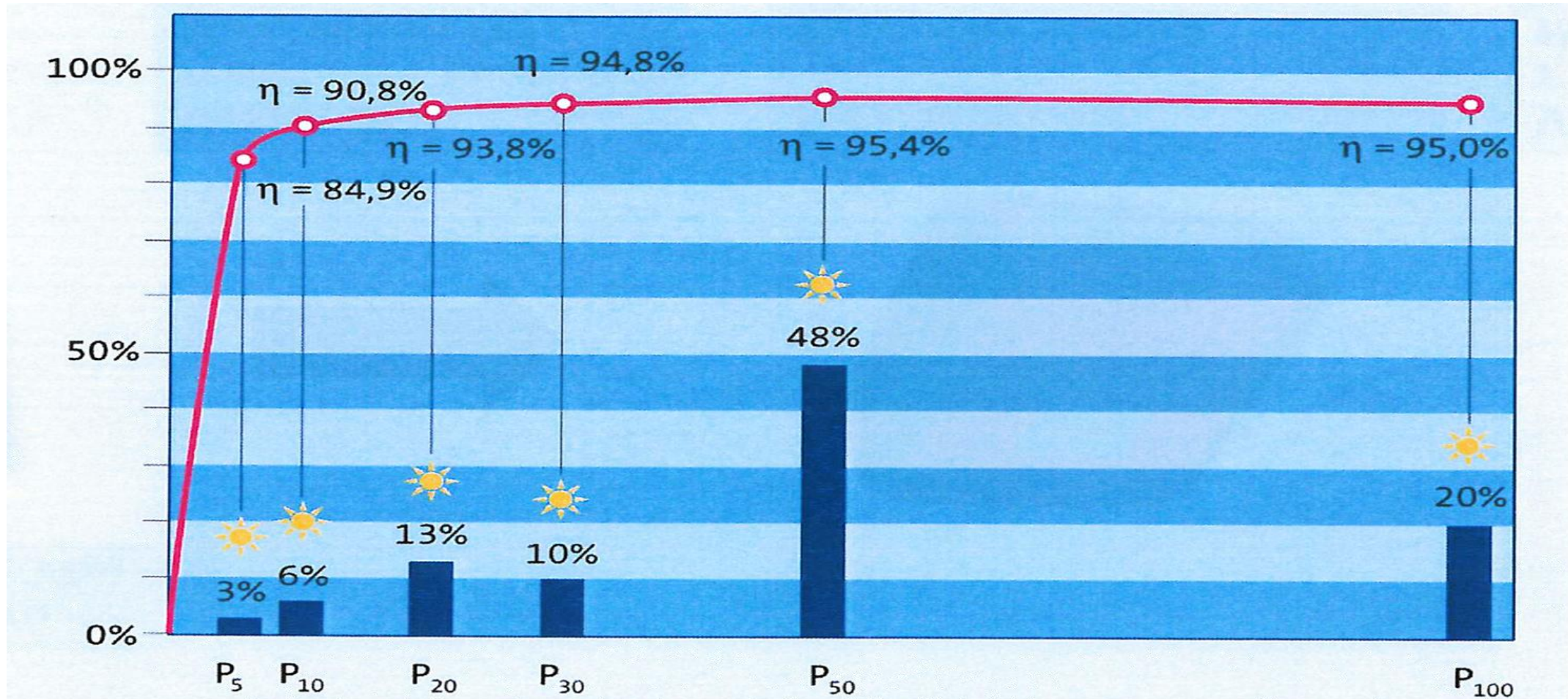
P_{AC} [Watt, W]

Max. výkon AC

$P_{AC\ max}$ [Watt, W]

Stupeň účinnosti střídače

EURO účinnost střídače



$$\eta_{\text{euro}} = (0,03 \eta_{5\%P_n}) + (0,06 \eta_{10\%P_n}) + (0,13 \eta_{20\%P_n}) + (0,1 \eta_{30\%P_n}) + (0,48 \eta_{50\%P_n}) + (0,2 \eta_{100\%P_n})$$

Charakteristiky střídače

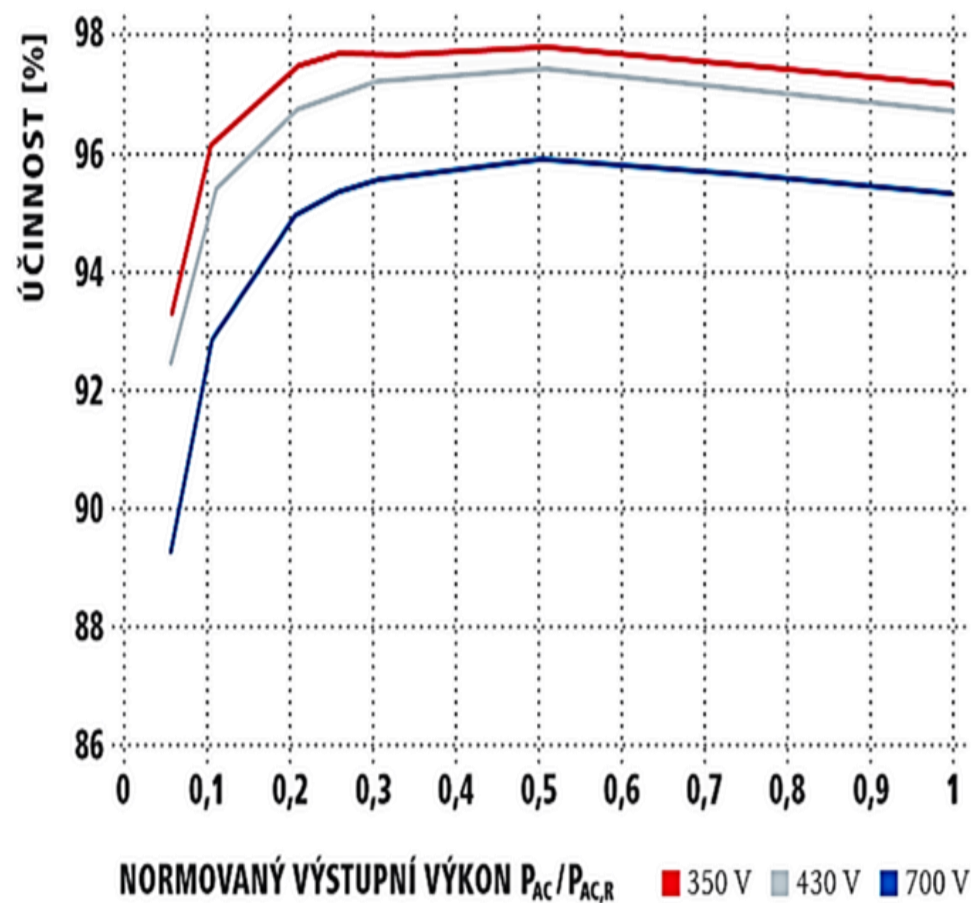
TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

INPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Max. input current (I _{dc max})	13.3 A	17.8 A	16.6 A	19.8 A	20.7 A
Max. array short circuit current	20.0 A	26.8 A	24.8 A	29.6 A	31.0 A
Min. input voltage (U _{dc min})	120 V		165 V		
Feed-in start voltage (U _{dc start})	140 V		185 V		
Nominal input voltage (U _{dc,r})	260 V		330 V		
Max. input voltage (U _{dc max})	420 V		550 V		
MPP voltage range (U _{mpp min} – U _{mpp max})	120 - 335 V		165 - 440 V		
Number of MPP trackers	1				
Number of DC connections	3				

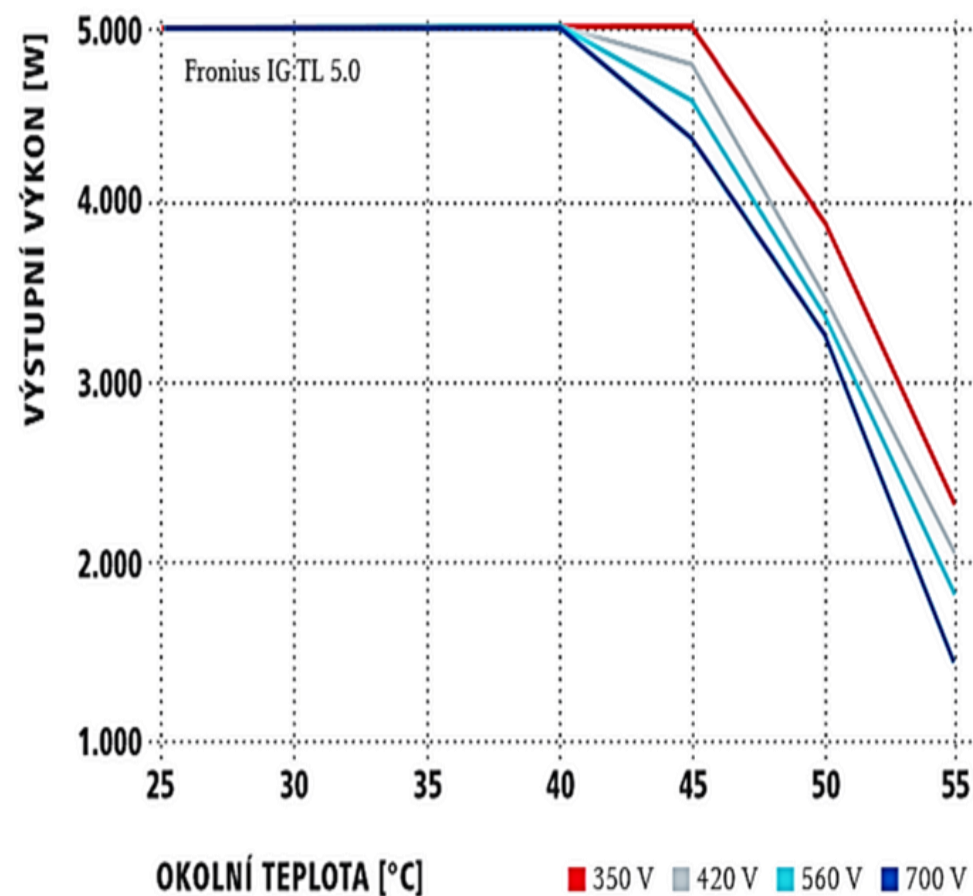
OUTPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	1,500 W	2,000 W	2,500 W	3,000 W	3,100 W
Max. output power	1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,000 VA	3,100 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	6.5 A	8.7 A	10.9 A	13.0 A	13.5 A
Grid connection (voltage range)	1~NPE 230 V (+17 % / -20 %)				
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	< 4 %				
Power factor ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0.85 - 1 ind. / cap.				

Charakteristiky střídače

KŘIVKA ÚČINNOSTI PRO FRONIUS IG TL 5.0



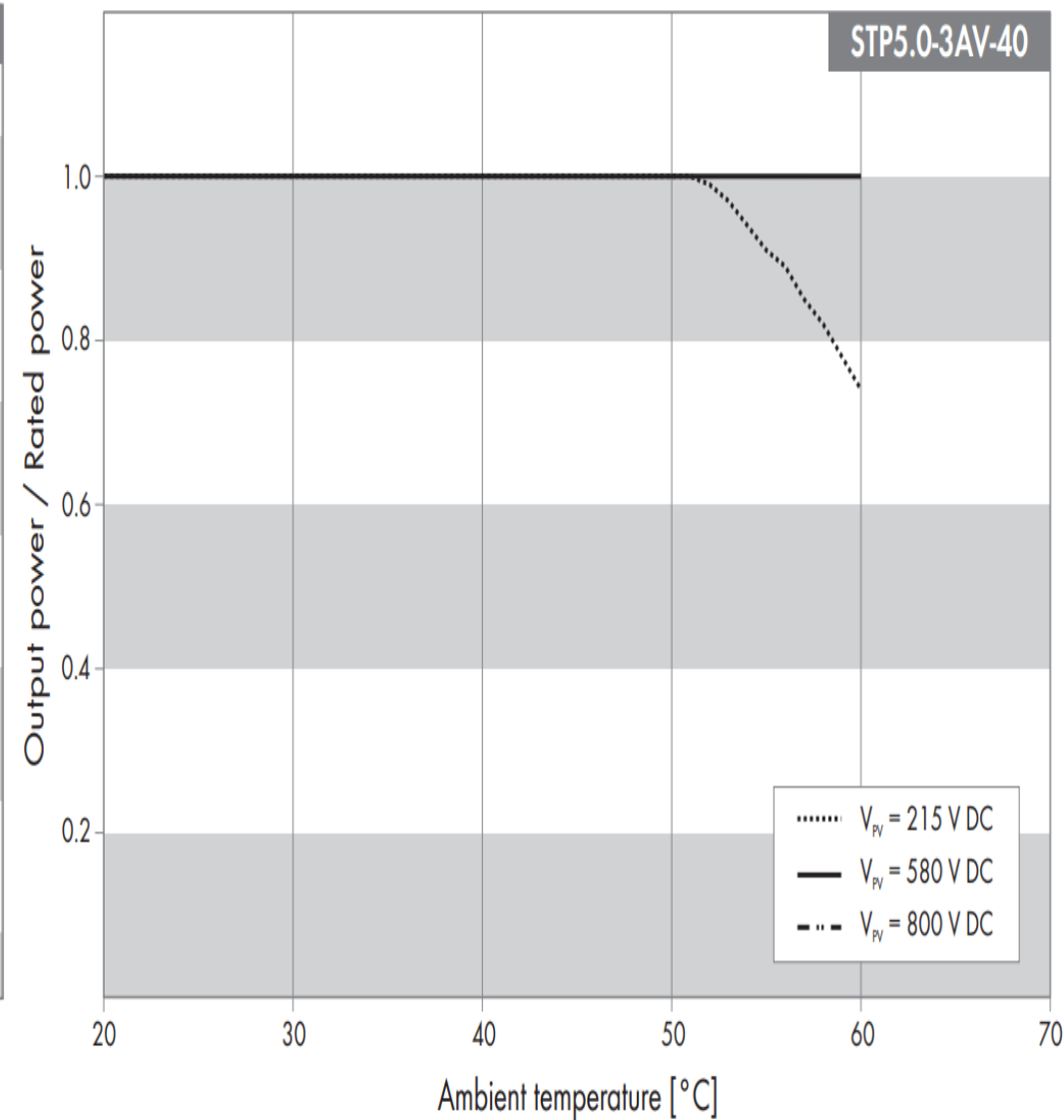
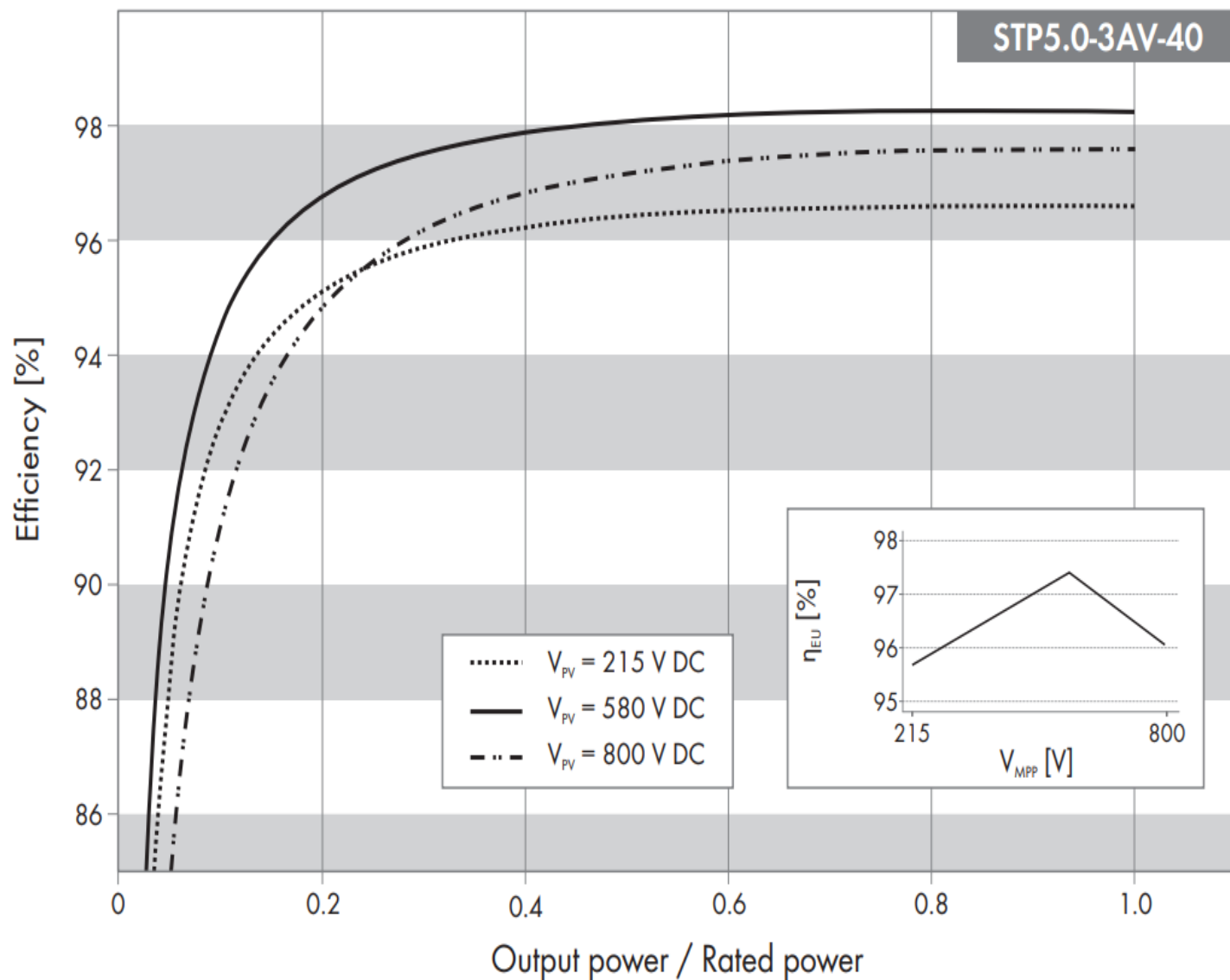
ZMĚNA VÝKONU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ U FRONIUS IG TL



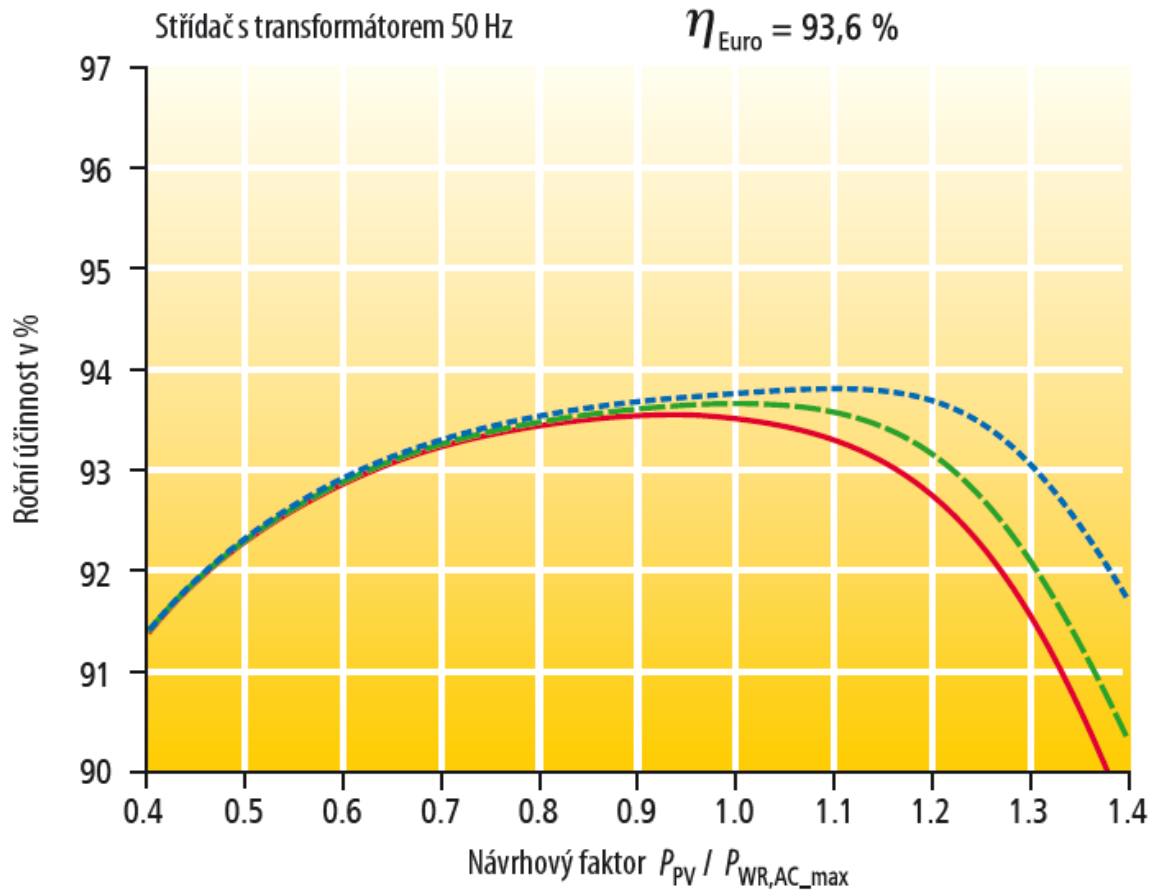
Charakteristiky střídače

Technical data	Sunny Tripower 5.0 Smart Energy	Sunny Tripower 6.0 Smart Energy	Sunny Tripower 8.0 Smart Energy	Sunny Tripower 10.0 Smart Energy
Input (PV DC)				
Max. PV array power	7500 Wp	9000 Wp	12000 Wp	15000 Wp
Max. input voltage	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
MPP voltage range	210 V to 800 V	250 V to 800 V	330 V to 800 V	280 V to 800 V
Rated input voltage	600 V			
Min. input voltage / initial input voltage	150 V / 180 V			
Max. input current input A / input B	12.5 A / 12.5 A			12.5 A / 25 A
Max. DC short-circuit current input A / input B	20 A / 20 A			20 A / 40 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2/A: 1; B: 1			2/A: 1; B: 2
Battery connection				
Battery type	Lithium-ion ¹⁾			
Voltage range	150 V to 600 V			
Max. charging current / max. discharging current	30 A ²⁾ / 30 A ²⁾			
Number of connectable batteries	1			
Max. charging power / max. discharging power ³⁾	7500 W / 6000 W	9000 W / 7200 W	10600 W / 10600 W	
AC connection				
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	5000 W	6000 W	8000 W	10000 W
Max. apparent AC power	5000 VA	6000 VA	8000 VA	10000 VA
Nominal AC voltage	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V			
AC voltage range	156 V to 277 V			
AC power frequency/range	50 Hz / 45 Hz to 55 Hz			
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz/230 V			
Rated output current	3 x 7.3 A	3 x 8.7 A	3 x 11.6 A	3 x 14.5 A
Max. output current	3 x 7.6 A	3 x 9.1 A	3 x 12.1 A	3 x 15.2 A
Power factor at rated power / adjustable displacement power factor	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited			
Feed-in phases/connection phases	3/3			
Efficiency				
Max. efficiency / European Efficiency	98.2% / 97.3%	98.2% / 97.5%	98.2% / 97.8%	98.1% / 97.5%

Charakteristiky střídače



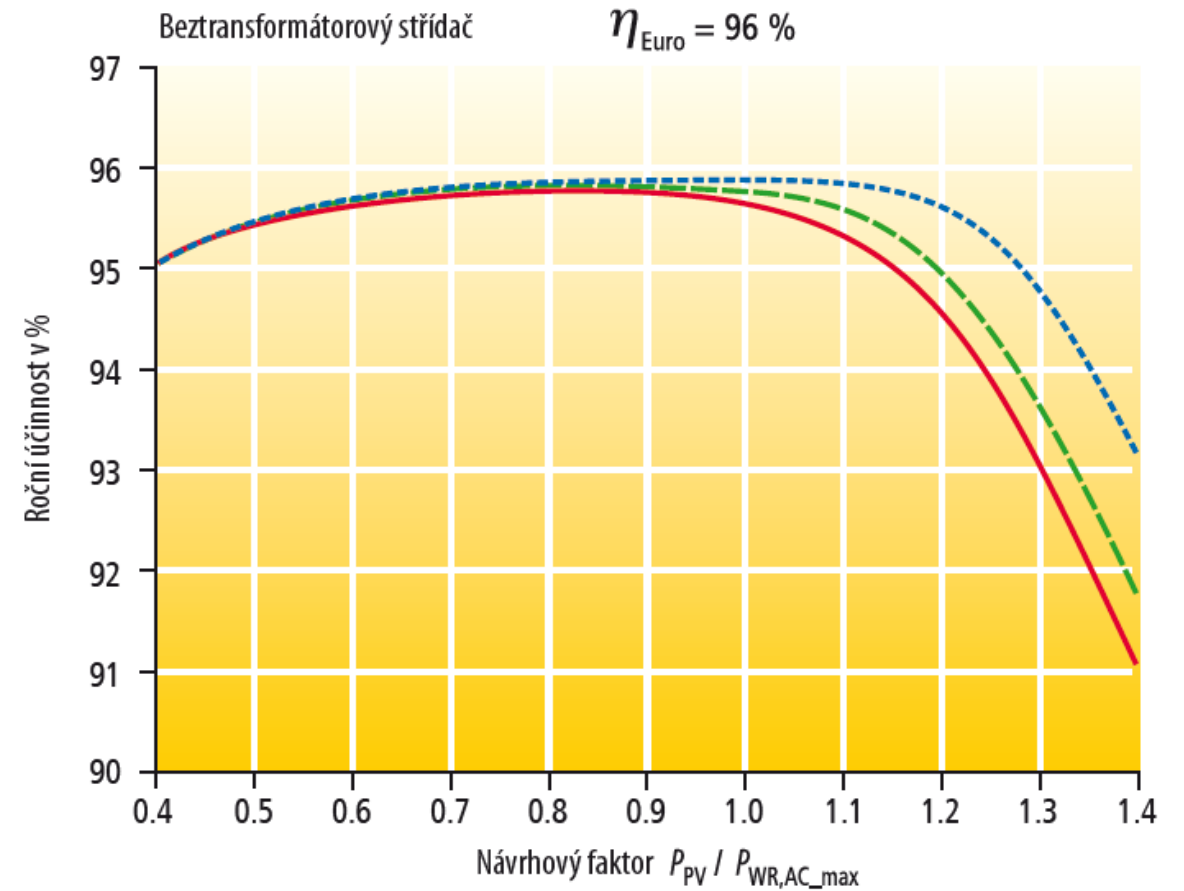
Účinnost střídače v závislosti na návrhovém faktoru



— Momentální hodnoty

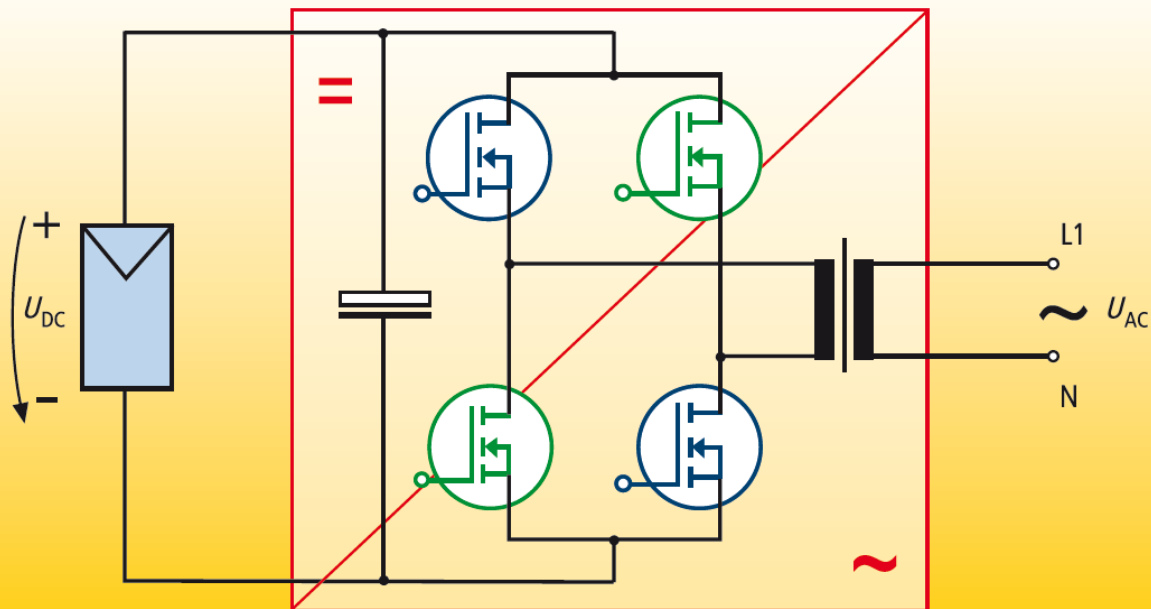
- - - Průměrné minutové hodnoty

- - - Průměrné hodinové hodnoty



Princip autonomních střídačů

Princip



- Tranzistory řízené polem MOSFET
- Bipolární tranzistory
- JFET (junction field-effect transistor)
- GTO (gate turn off thyristor)
- IGBT (isolated gate bipolar transistor)

Polovodičové prvky v můstkovém zapojení
Typy prvků se volí podle napěťové úrovně a velikosti výkonu střídače

Charakteristika

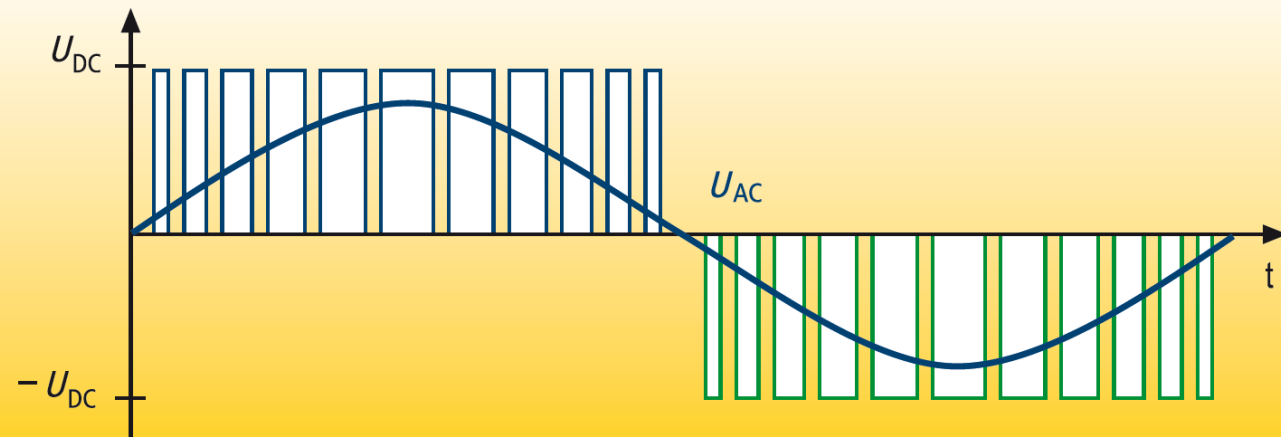


Schéma střídače s transformátorem 50Hz

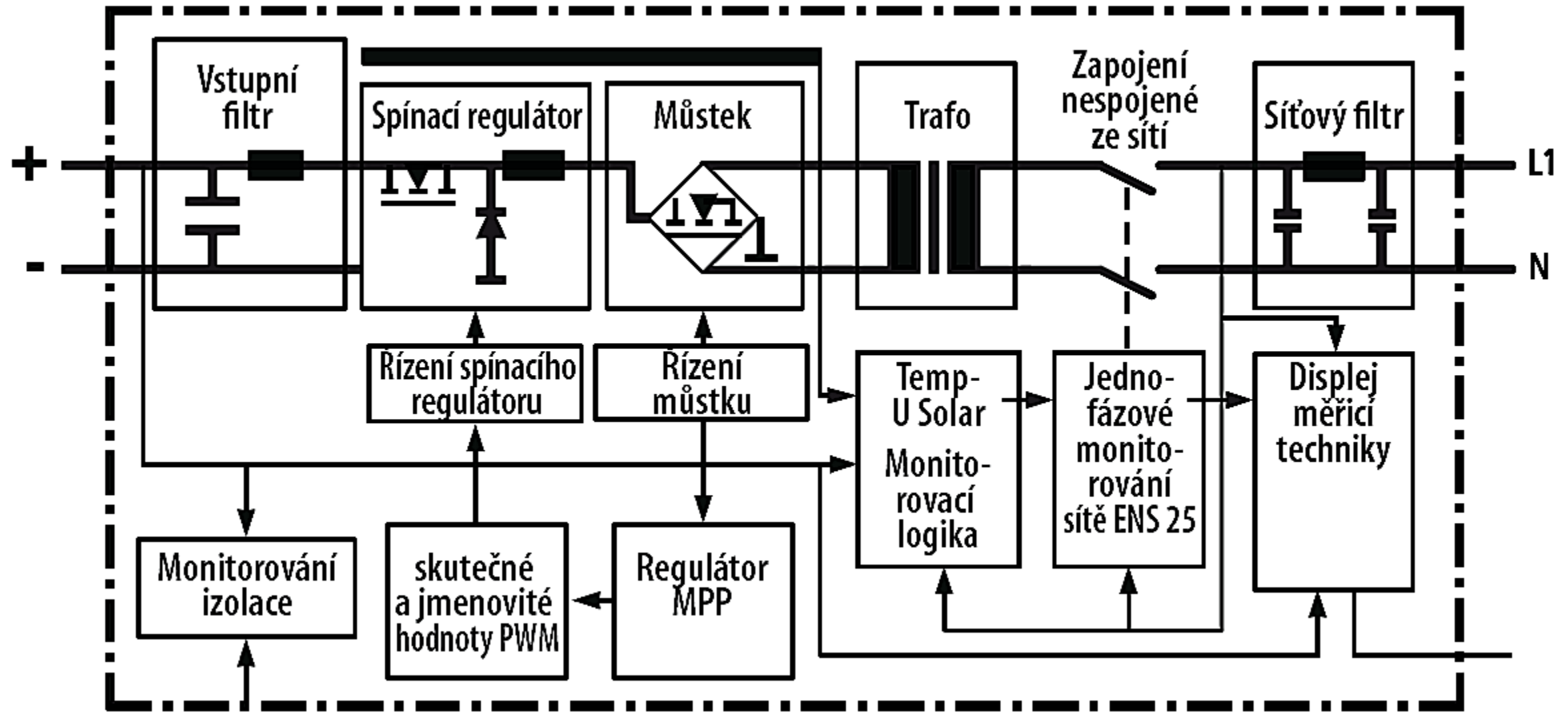
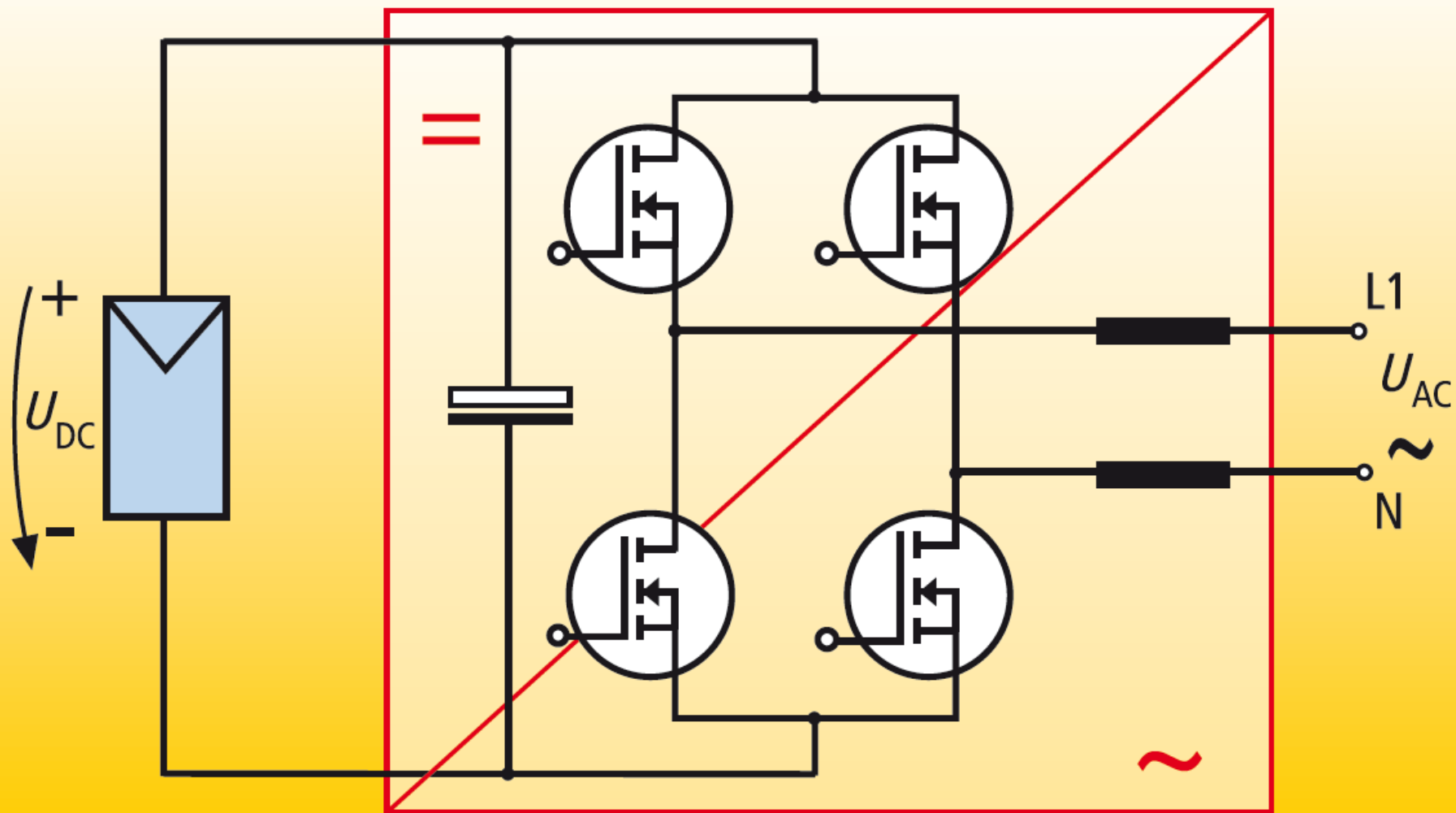


Schéma střídače bez transformátoru



VÝHODY

- Velmi lehký, kompaktní střídač
- Vysoká účinnost

NEVÝHODY

- Velký vložený kondenzátor

Schéma střídače s VF transformátorem

Princip

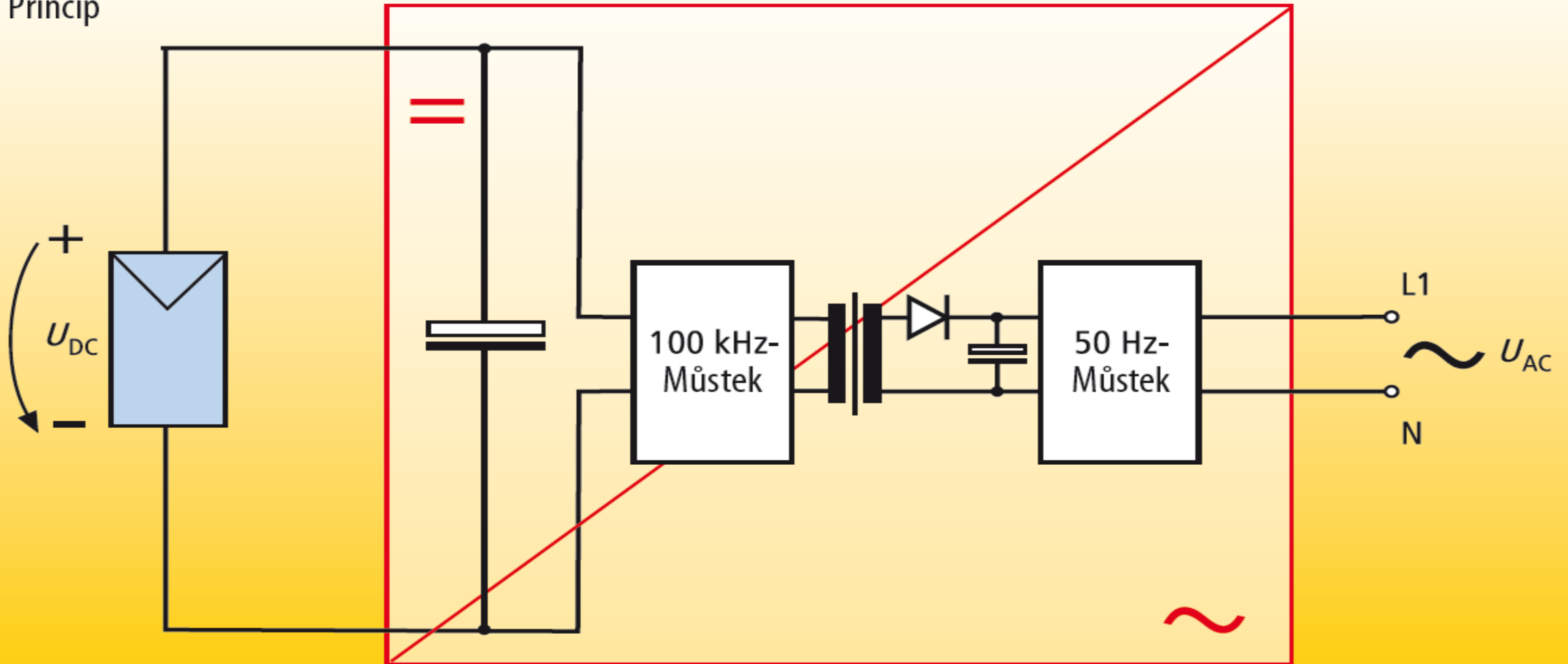
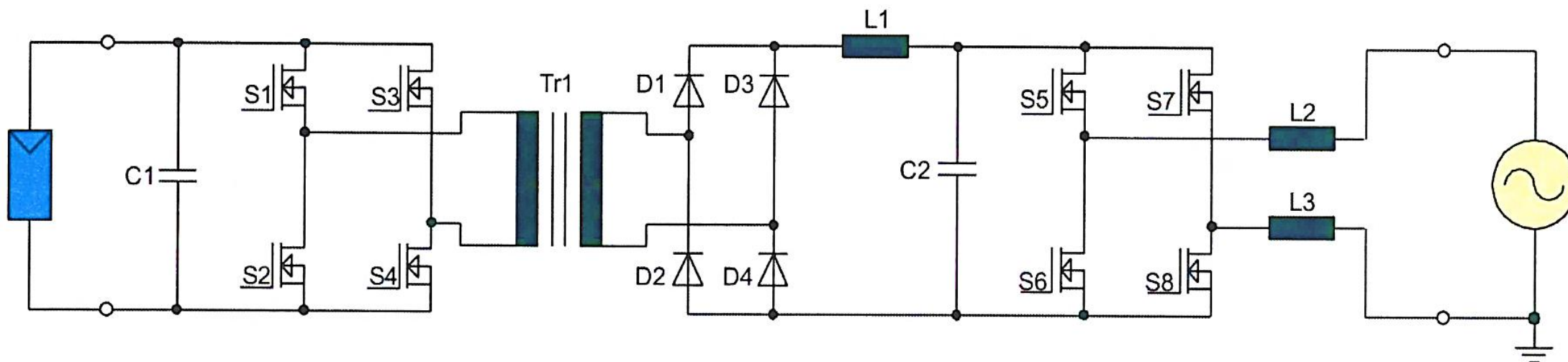


Schéma střídače s VF transformátorem



+ lehčí než transformátor 50 Hz

+ o něco vyšší účinnost než u transformátoru 50 Hz

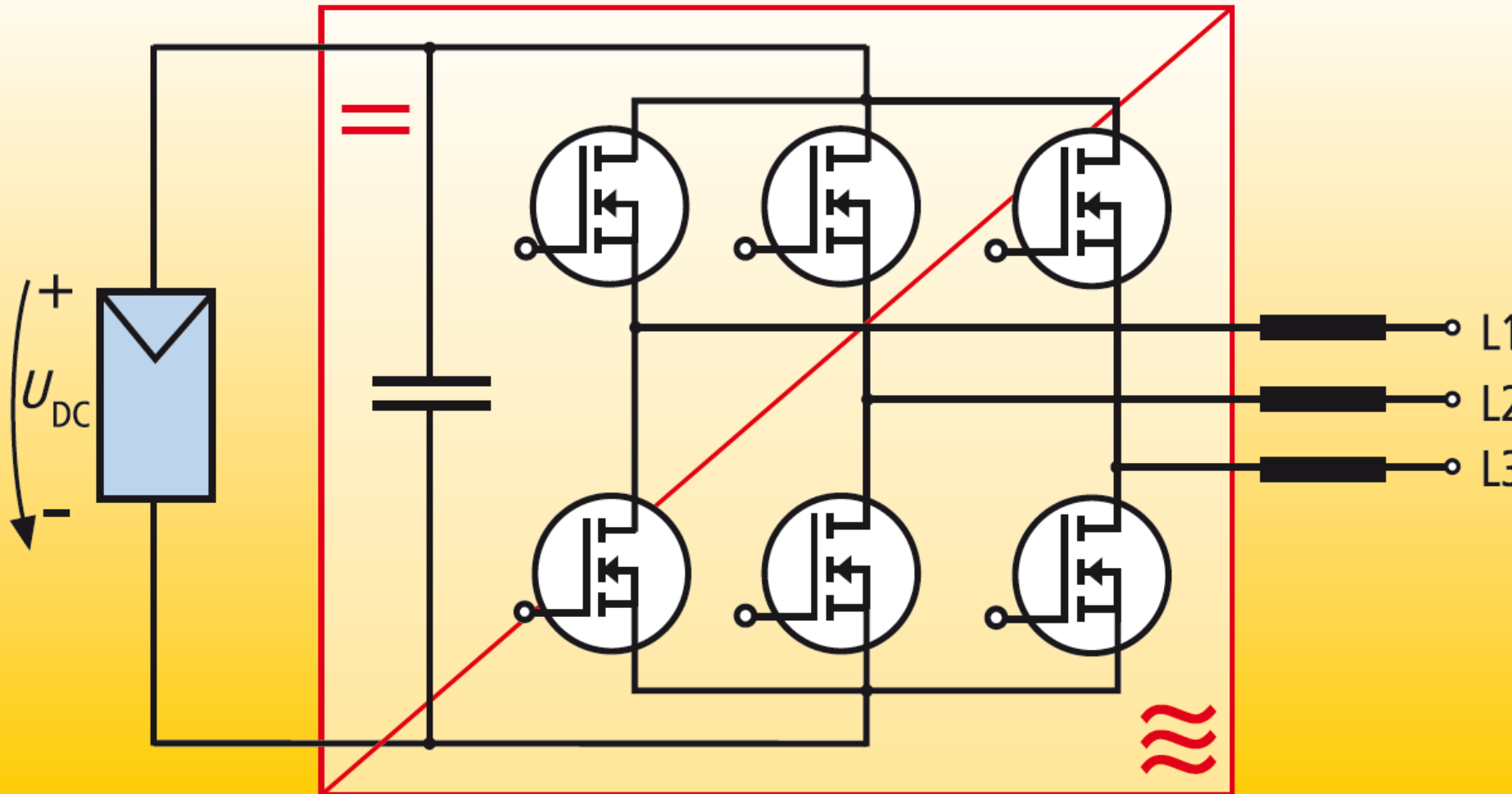
- velké množství součástí

- velký vložený akumulátor (ELKO)

- problémy s elektromagnetickou kompatibilitou

- vysoká komplexnost

Schéma 3-fázového střídače



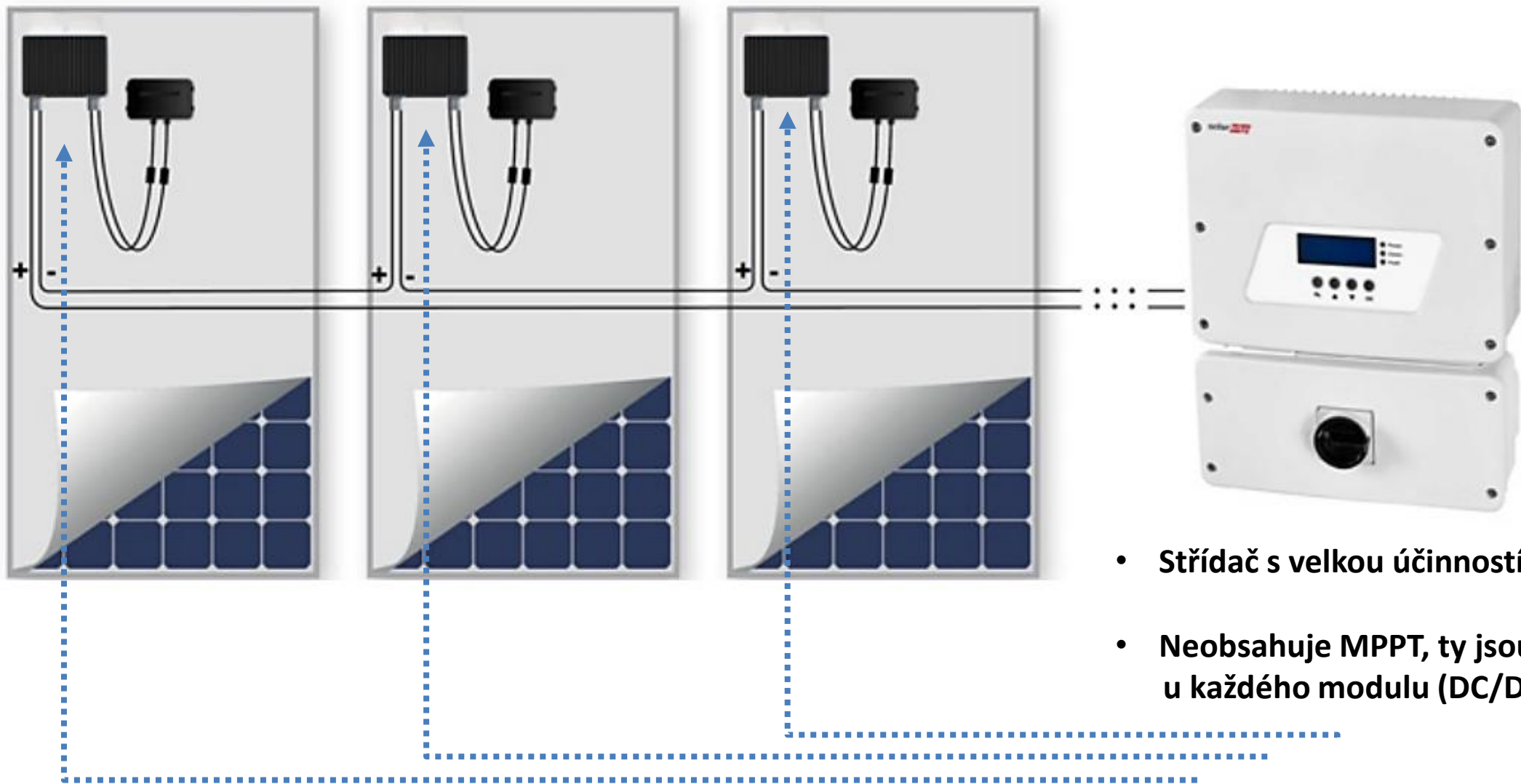
KLADY

- Třífázové napájení
- Větší rozsah vstupního napětí
- Menší kondenzátory

ZÁPORY

- náročnější regulace
- účinnost 95 % - 98 %

Princip střídače Solaredge



Nejčastěji používané značky

dříve

KOSTAL •stringový měnič bez transformátoru 3fázový 	FRONIUS •Stringový střídač s transformátorem •Centrální střídač 	KACO •Stringový střídač S/bez transformátoru •Centrální střídač 	SMA •Stringový střídač S/bez transformátoru •Centrální střídač 	Power One - Stringový střídač bez transformátoru •Centrální střídač 
---	---	--	--	--

dnes



Hledáte „zaručenou“ značku výrobce střídačů?

- Trend je zvyšování podílu asijských výrobců na světovém trhu střídačů
- Asijští výrobci nebyly zatíženy evropským kolísáním odběrů ve výstavbě
- Zatímní výhoda nízkých osobních nákladů
- Vysoká účinnost střídače v celém výkonovém rozsahu
- Certifikace střídače CE
- Norma EN 50439
- Nastavení podmínek PPDS pro ČR
- Záruka střídače 5 až 10 let
- Možnost prodloužení záruky 20 let
- Reklamace střídače v ČR
- Pro malé výkony asymetrický provoz

Rank	Brand	Founded	Core Focus	Primary Applications
1	Huawei	1987	AI-powered string inverters, integrated ESS	Residential, Commercial, Utility-scale
2	Sungrow	1997	Hybrid inverters, central inverters, floating PV	C&I rooftops, Utility plants, Floating systems
3	SMA	1981	Grid-tied and off-grid inverters	Residential, Commercial, Remote Microgrids
4	SolarEdge	2006	Power optimizers, smart inverters, monitoring	Residential rooftops, Small C&I systems
5	Growatt	2011	Hybrid inverters, residential storage systems	Residential, Small C&I, Off-grid homes
6	GoodWe	2010	Hybrid inverters, cloud-based energy platforms	Residential, Energy Storage Systems (ESS)
7	SRNE	2009	Off-grid & hybrid solar systems	Rural Homes, Backup Systems, Telecom, Clinics
8	Tigo Energy	2007	Module-level optimizers, rapid shutdown	Residential, Shaded rooftops, Retrofits
9	Delta Electronics	1971	Industrial-grade inverters, power electronics	Commercial, Industrial Plants, Microgrids
10	Sineng Electric	2012	Utility-scale inverters, PV+ESS integration	Solar Farms, Grid-scale Storage, Utilities

TOP 10 2025

Zdroj: SRNESOLAR

Hledáte „zaručenou“ značku výrobce střídačů?

PVBL Top 20 Global Photovoltaic Inverter Brands 2025

(Released on 10 June 2025 by PVBL and Century New Energy Network)

Data Sources: CNE, NETT and PVBL

No.	Company	Score	Country
1	Sungrow	996.20	China
2	Huawei	970.02	China
3	TBEA	868.79	China
4	Sineng Electric	817.42	China
5	Enphase	793.74	America
6	SMA	642.50	Germany
7	Deye Technology	580.23	China
8	GoodWe	541.49	China
9	Growatt	482.71	China
10	Ginlong (Solis)	477.26	China

- Existuje spousta „TOP žebříčků“, některé z nich se omezují na kontinent, území nebo jen zemi
- Důležitější je technologické rozhodnutí:

AC-coupling

DC-coupling

	AC-coupled	DC-coupled hybrid
Front of the meter	     	    
Behind the meter	              	                  

Upozornění - jednofázové připojení

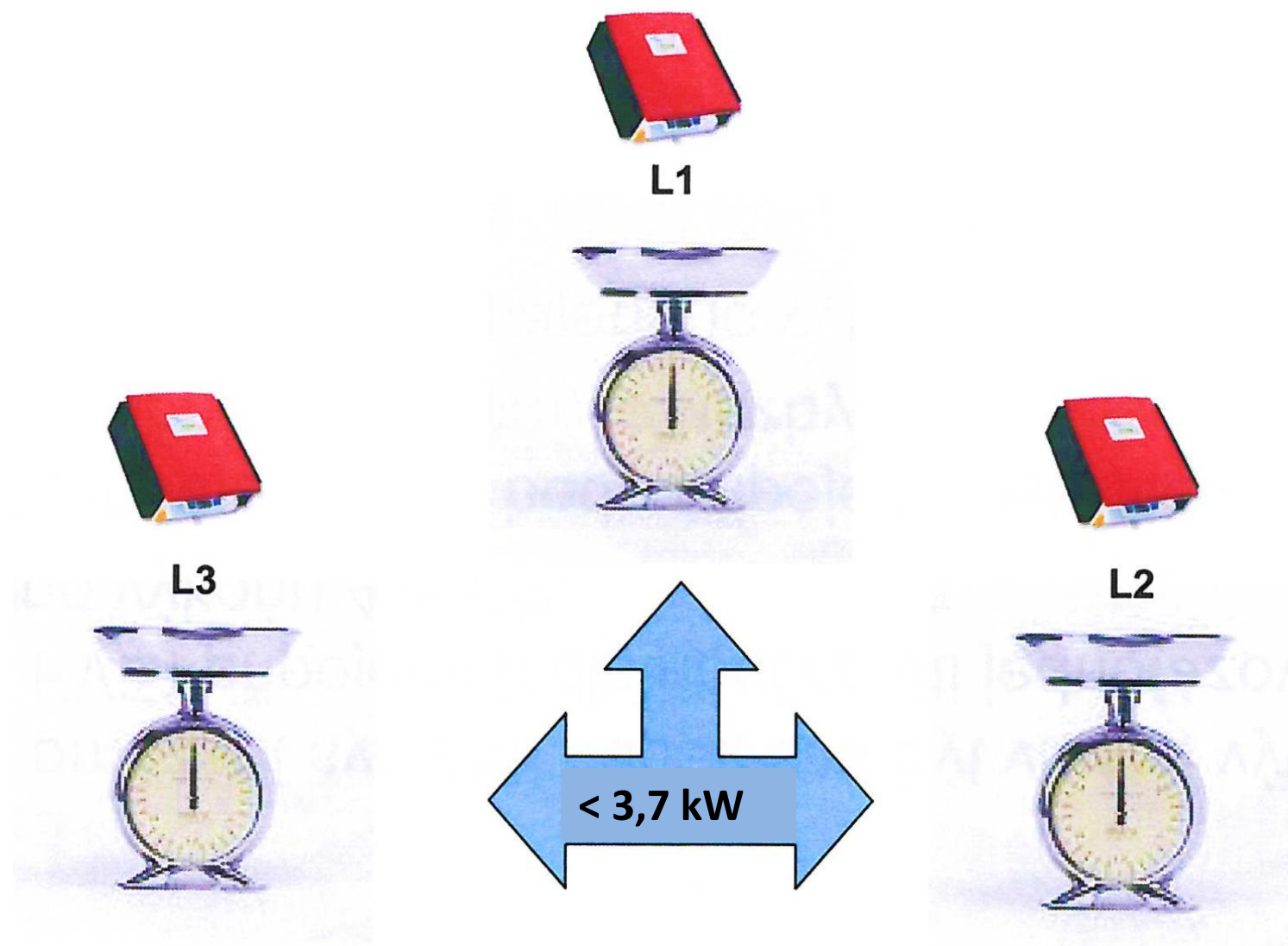
Z důvodu omezení symetrií napětí smí být vlastní výrobní zařízení (FVE) připojena k distribuční síti jednofázově pouze do jmenovitého výkonu 3,7 kW (z výpočtu $230 \times 16 = 3\,680 \text{ W}$)
Pokud je k připojovacímu bodu připojeno několik jednofázových vlastních výrobních zařízení, je nezbytné pokusit se zajistit rovnoměrné rozdělení napájeného výkonu na tři vnější vodiče.

U fotočládkových zařízení připojovaných do sítí NN je omezen výkon při jednofázovém připojení v jednom přípojném bodě na 3,7 kVA/fázi, nesymetrie u fázových vodičů nesmí za normálního provozního stavu překročit 3,7 kVA.

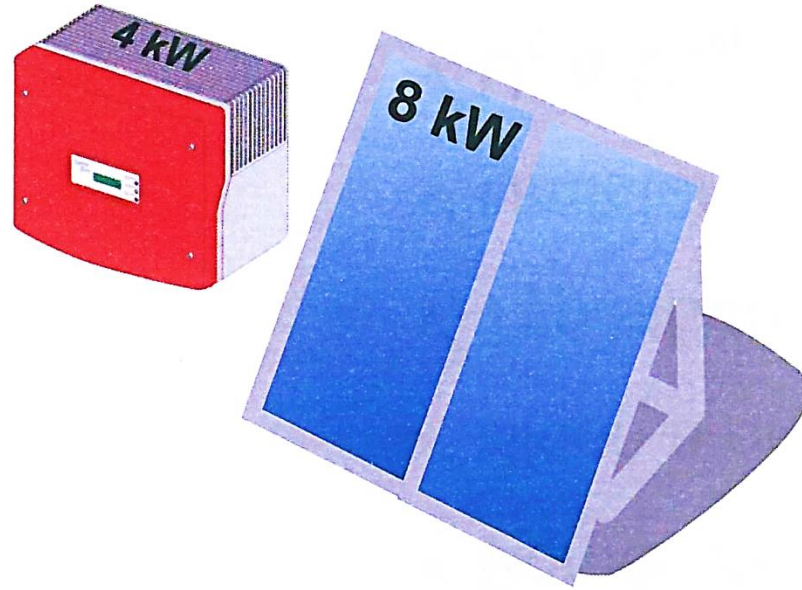


Při překročení výkonu $> 3,7 \text{ kW}$ je nutné aplikovat dvoufázový nebo třífázový střídač, nebo alternativně více jednofázových střídačů, každý připojený do jiné fáze

Třífázový provoz jednofázových střídačů



Dimenzování střídačů SMA



Určující faktory:

- ✓ Poměr výkonů
- ✓ Sklon a orientace
- ✓ Typ střídače
- ✓ Umístění
- ✓ U_0 a U_{mpp}

OK?

Poměr výkonů:

$$V_p = \frac{\text{Jmenovitý výstupní výkon střídače}}{\text{Instalovaný výkon FV generátoru}} = \frac{4000 \text{ W}}{8000 \text{ Wp}} = 50 \%$$

Výkonový poměr V_p

Je nezbytná jednotná definice:

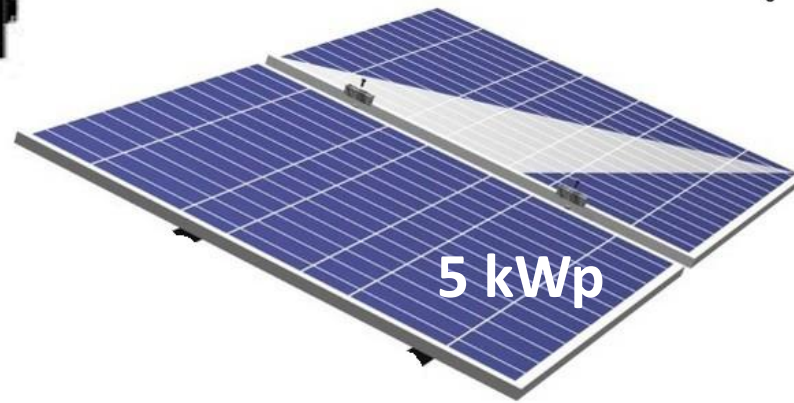
SMA :	$V_p = P_{(WR-DCmax)} / P_{Gen}$;	(0,8..... 1,0) při ztrátách 1 %
Kostal:	$V_P = P_{Gen} / P_{(WR-AC jmen)}$	(1,0 ... 1,15 ... 1,6) při 0,5 %
Kaco	$V_P = P_{Gen} / P_{(WR-AC jmen)}$	(1,0... 1,20 ... 1,6)
Fronius	$V_p = P_{Gen} / P_{(WR-DCmax)}$	(1.0... 1,10 ... 1,6)
Frauenhofer:	$VP = P_{Gen} / P_{(WR-AC jmen)}$	(1,0 ... 1,15 ... 1,6) při 0,5 %

Výkonový poměr dimenzování V_p definují výrobci rozdílně. SMA přesně naopak!

Dimenzování střídačů



OK?



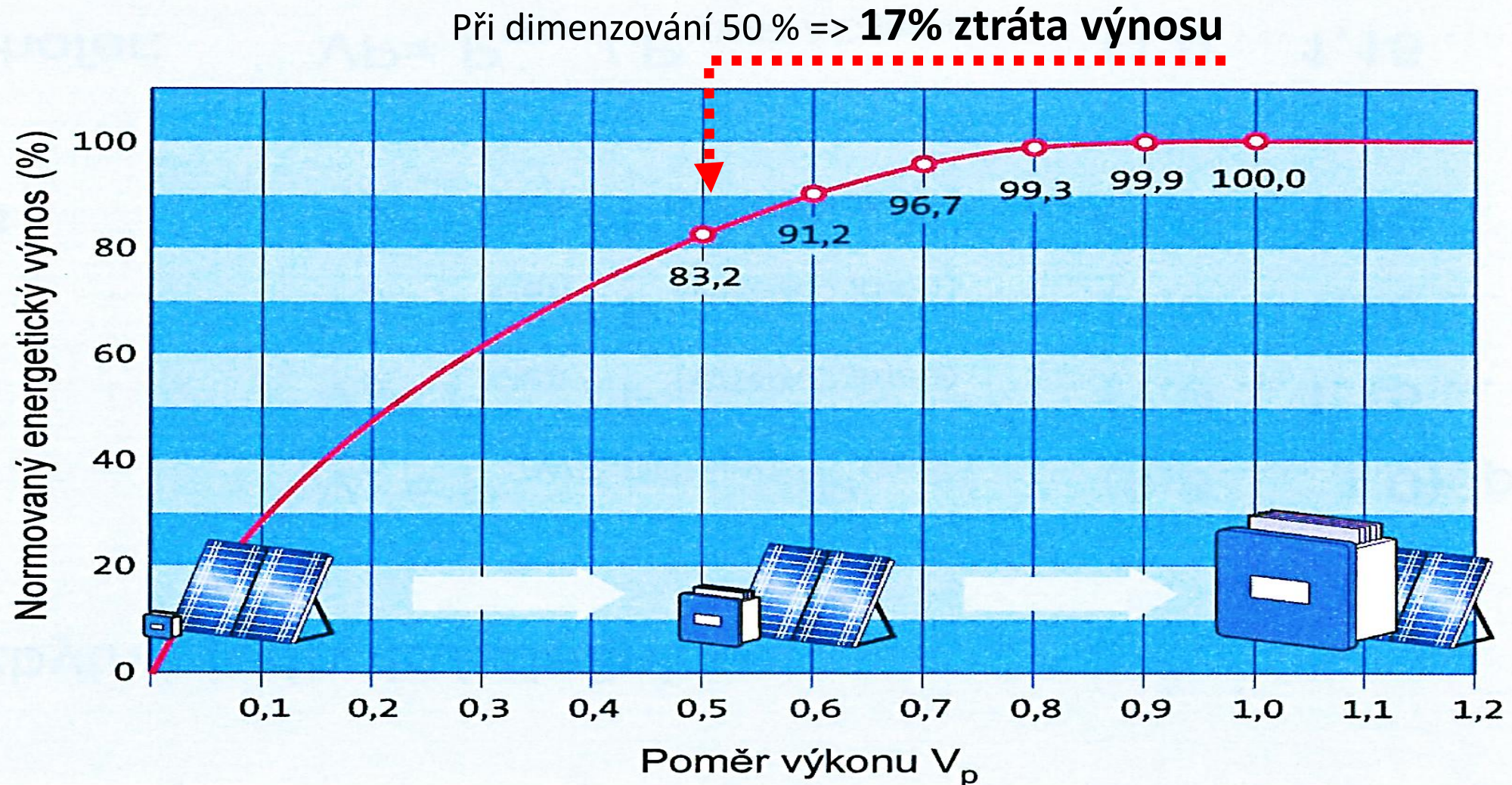
Určující faktory:

- ✓ Poměr výkonů
- ✓ Sklon a orientace
- ✓ Typ střídače
- ✓ Umístění
- ✓ U_0 a U_{mpp}

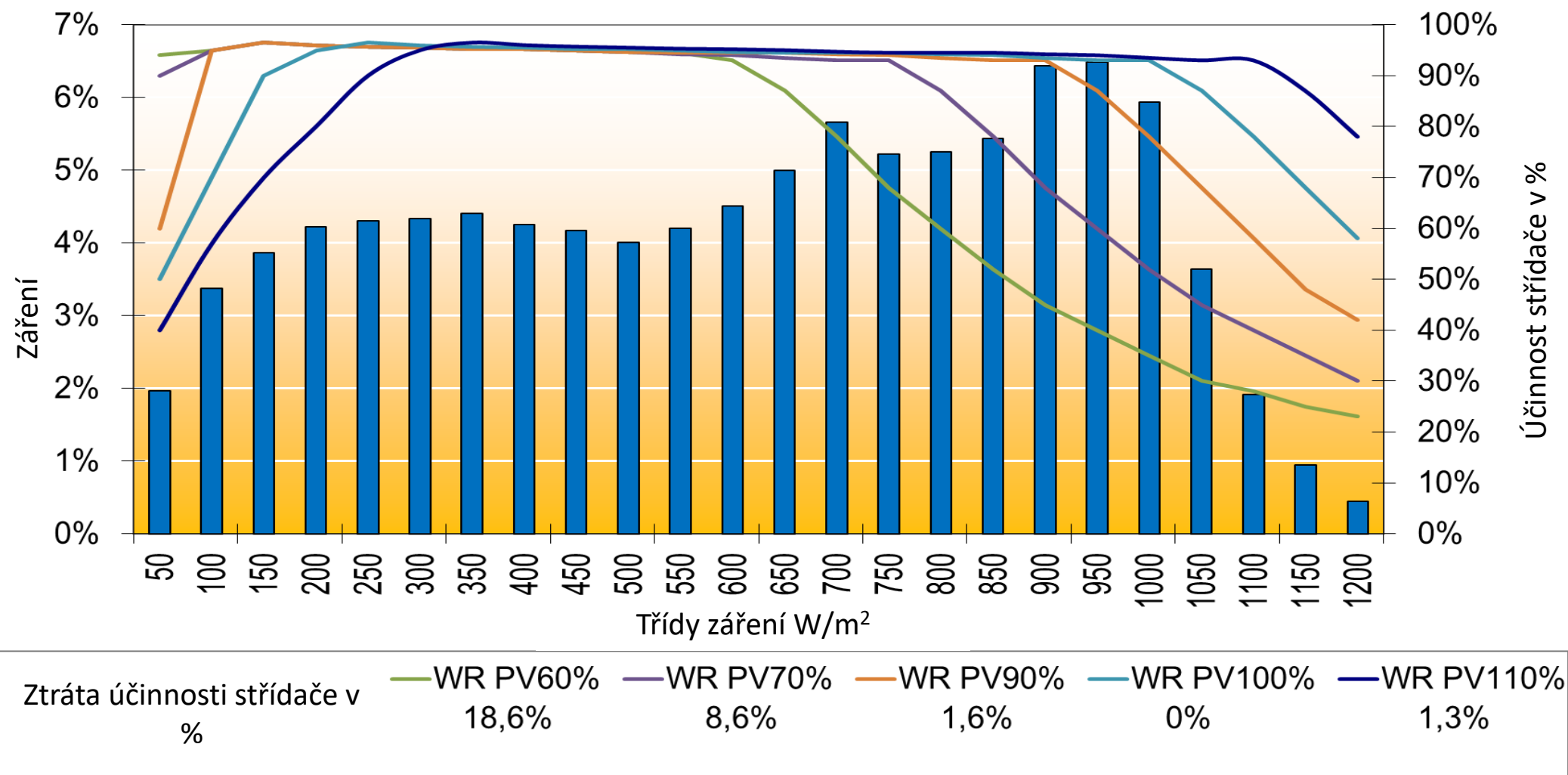
$$SR = \frac{\text{Instalovaný výkon FV generátoru}}{\text{Jmenovitý výkon střídače}} = \frac{5\,000\text{ Wp}}{10\,000\text{ W}} = 50\%$$

SR – sizing ratio (návrhový koeficient, návrhový faktor)

Správné dimenzování střídače ovlivňuje výnosnost systému

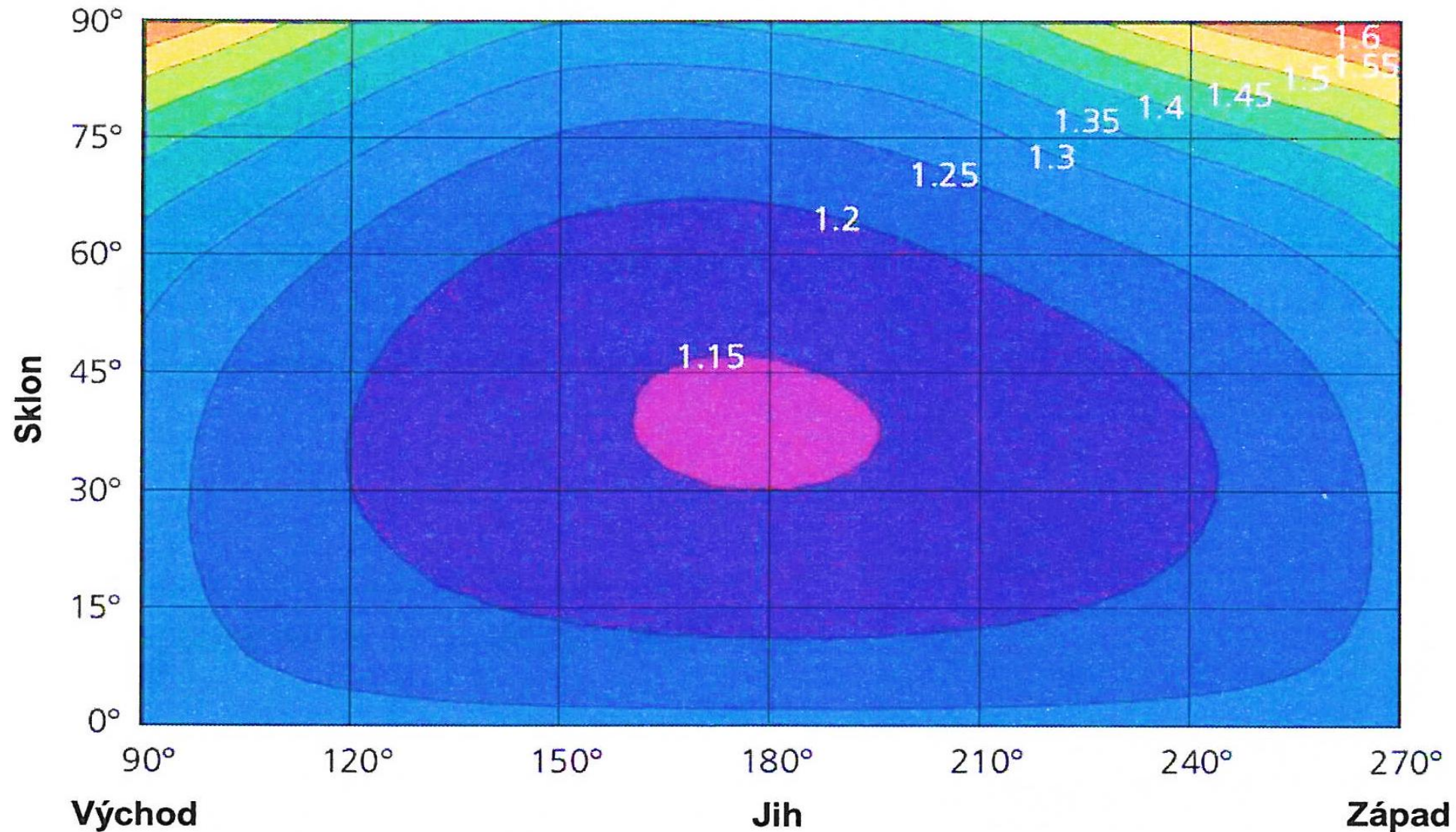


Správné dimenzování střídače ovlivňuje výnosnost systému

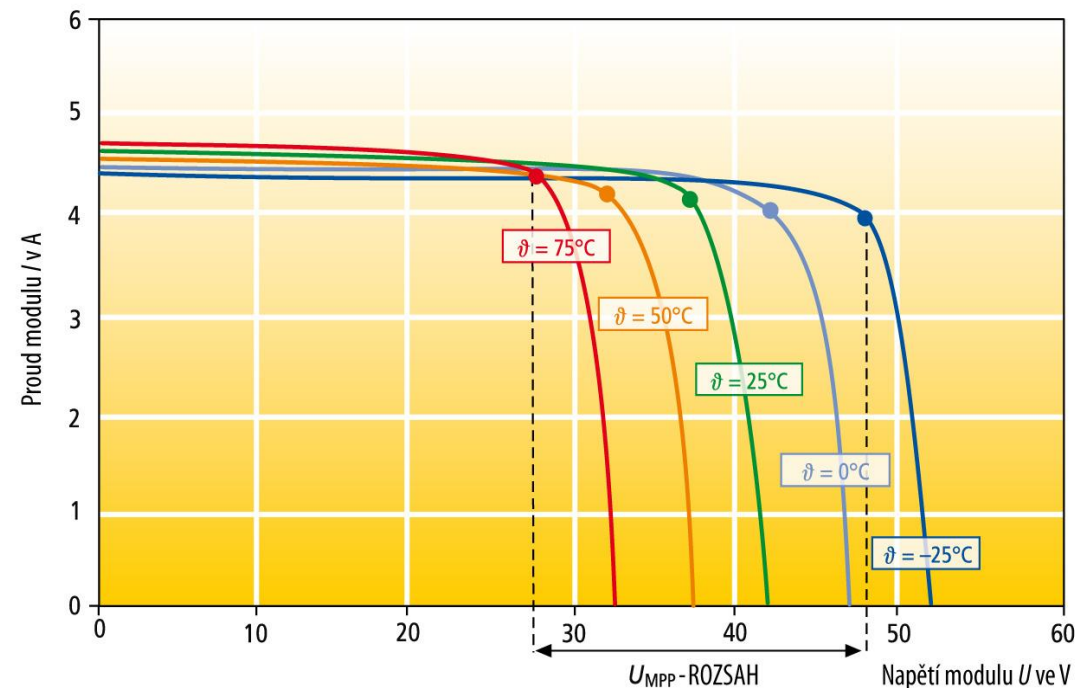
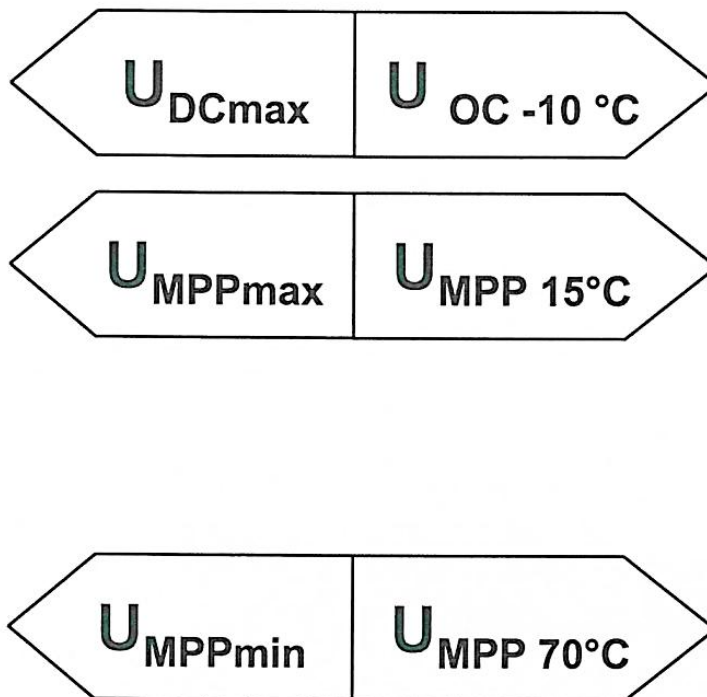


Dimenzování střídače

podle Fraunhoferova institutu

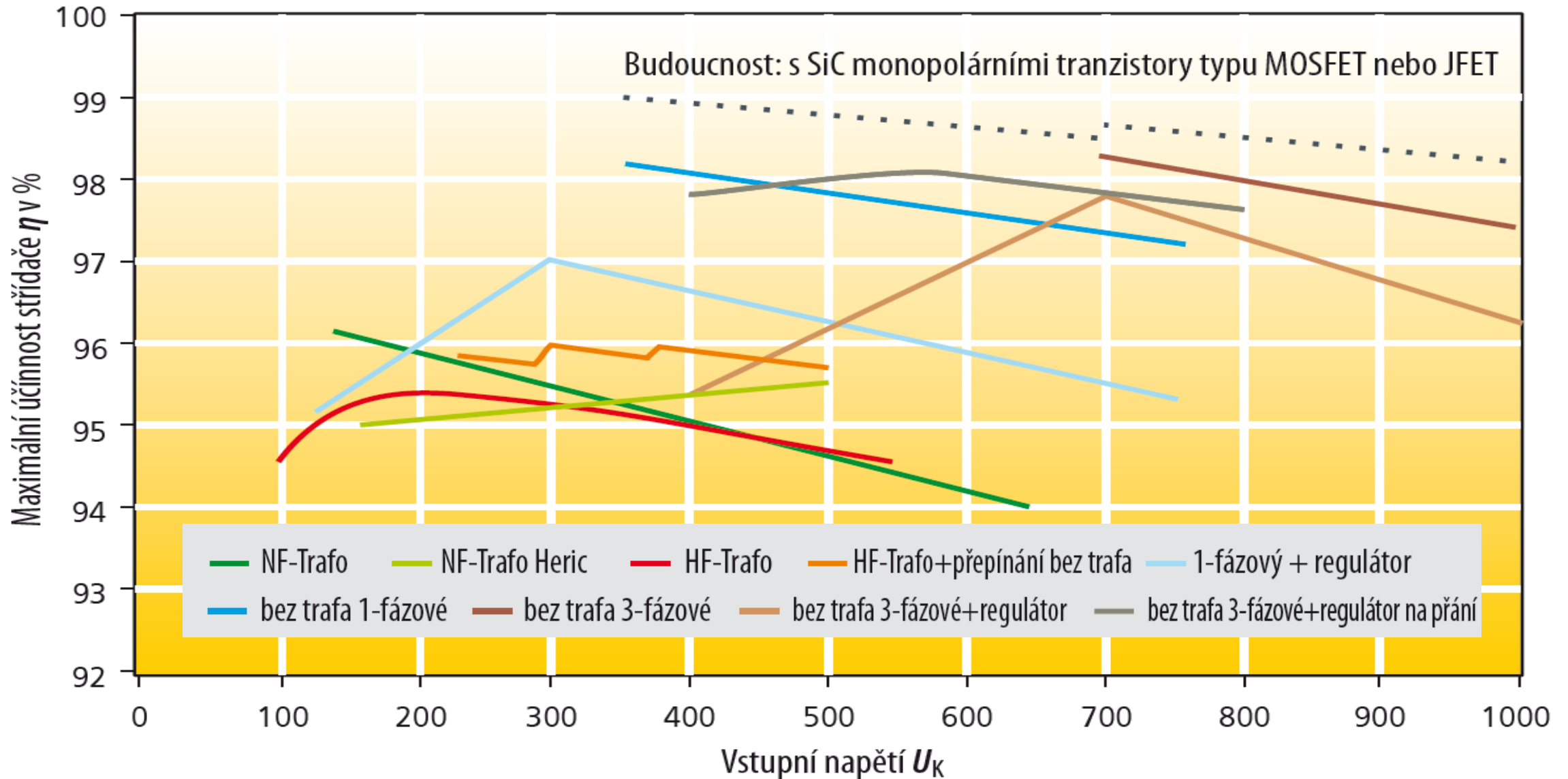


Pracovní rozsah střídačů



V horských oblastech se FVS doporučuje dimenzovat na **U_{DCmax} při - 35 °C !**

Účinnost střídače jako funkce vstupního napětí



Rozdíly střídačů s nebo bez transformátoru

- **Optimální rozsah vstupního napětí:**

Střídače s transformátorem:

Minimalizace vstupního napětí; co nejkratší stringy

Střídače bez transformátoru (označované jako TL):

Rozsah vstupního napětí cca 400 – 800 V;

Kromě multistringu (U_{PVmax} !) by napětí generátoru U_{MPP} by nemělo klesnout pod hodnotu 240 V! (aby se střídač udržel v synchronizaci)

Rozdíly střídačů s nebo bez transformátoru

- Střídač **bez transformátoru** má zpravidla **vyšší účinnost**, nevýhodou může být:
 - DC generátor **je potenciálově propojen s elektrizační soustavou**
- Střídač **s transformátorem** má oproti beztransformátorovému střídači **nižší účinnost**, výhodou je:
 - DC generátor je **galvanicky izolován od elektrizační soustavy**
 - Střídač umožňuje uzemnění DC strany generátoru (což podporuje připojování tenkovrstvých modulů)

Trendem jsou vysokonapěťové střídače. Ty mají obvykle maximální povolené vstupní napětí $U_{MAX} > 1000 \text{ V}$ (do 1500 V)

Současné parametry střídačů

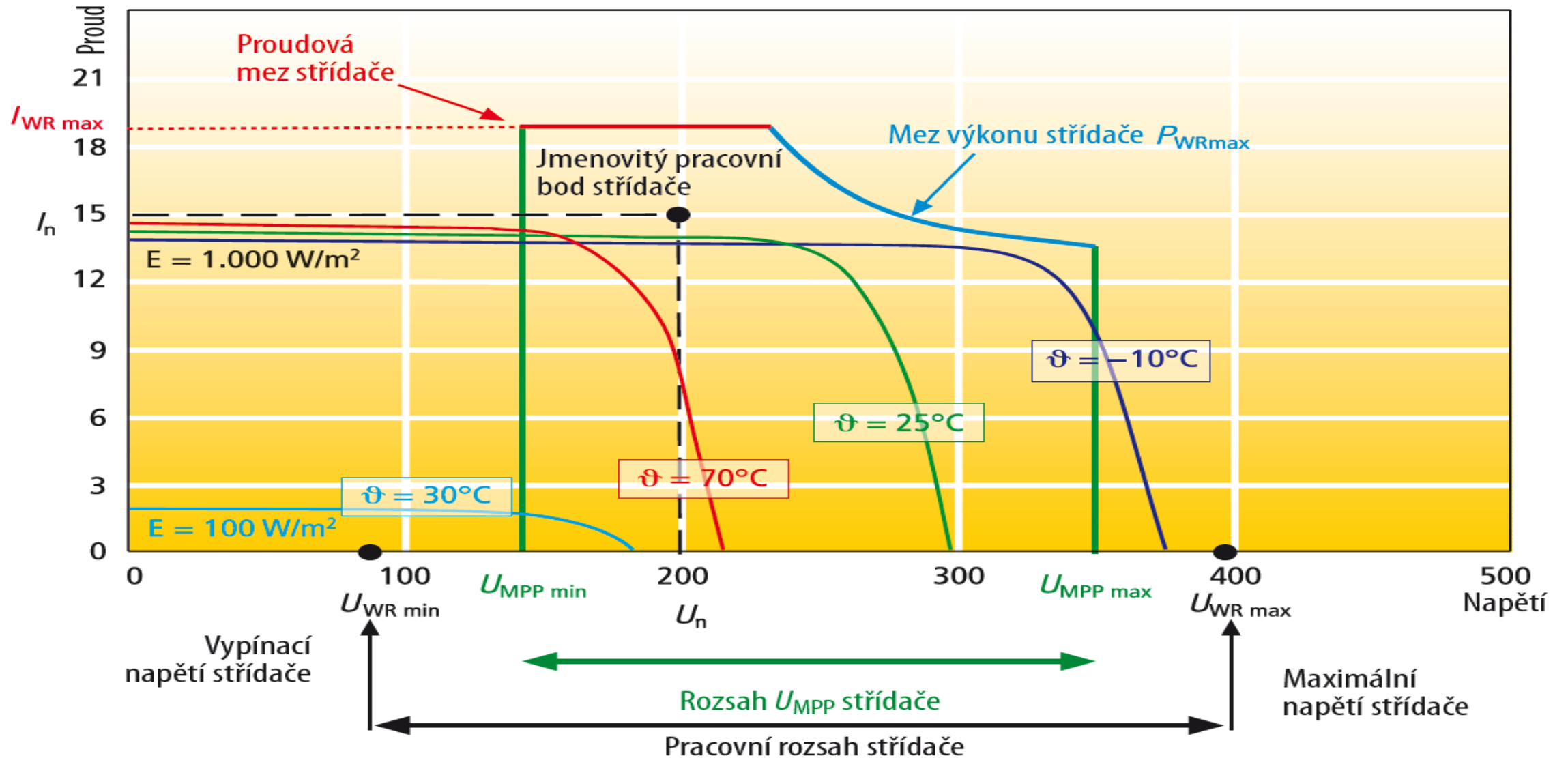
Střídač / Měnič	Výkon	Účinnost	Podíl na trhu (Odhad)*	Poznámka
Stringové střídače	do 150 kW _p	do 98% (DC/AC)	64.4%	• 3 - 17 €-centů/W_p snadná výměna
Centrální střídače	více než 80 kW _p	do 98.5% (DC/AC)	33.7%	• 3 - 5 €-centů/W_p • Vysoká spolehlivost • Často se prodává pouze se servisní smlouvou
Modulové střídače	v hodnotách rozsahu výkonu FV modulů	90%-97% (DC/AC)	1.4%	• ~ 25 €-centů/W_p • Obavy o snadnou výměnu
Výkonový optimizér	v hodnotách rozsahu výkonu FV modulů	do 99.5% (DC/DC)	5.1%	• ~ 8 €-centů/W_p • Obavy o snadnou výměnu • Výstup je stejnosměrný s optimalizovaným proudem • Stále je zapotřebí DC/AC střídače

Důležité hodnoty pro dimenzování a plánování střídače

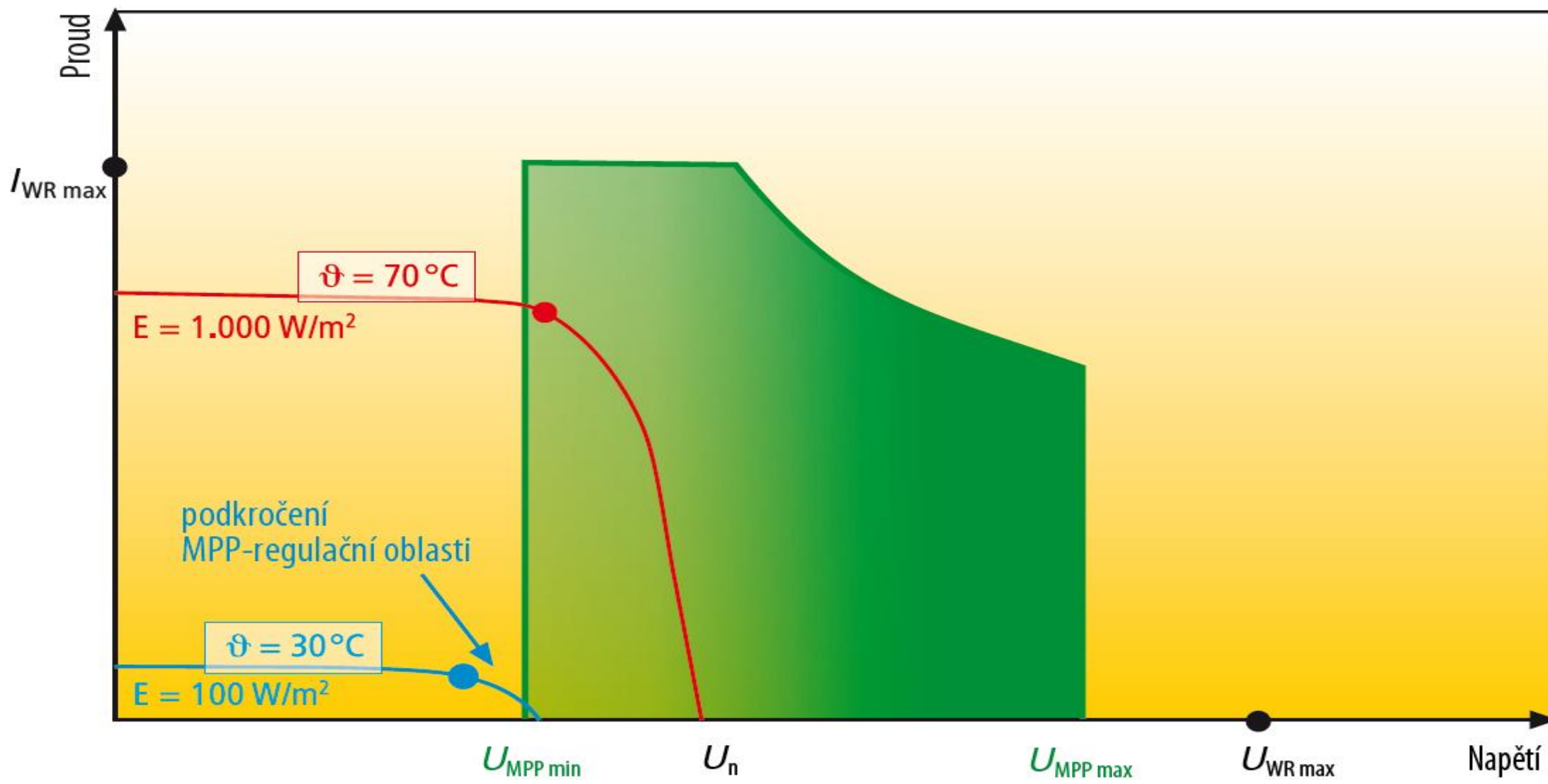
- Napětí modulů naprázdno U_0 za teplot $-10^{\circ}\text{C} \dots -35^{\circ}\text{C}$ je maximální napětí, které může na generátoru vzniknout
- Maximální dovolené izolační napětí střídače musí být proto vždy vyšší! (než maximální napětí na generátoru)
- Napětí modulu U_{mpp} v rozsahu $15^{\circ}\text{C} \dots 70^{\circ}\text{C}$ musí být v povoleném a zaručovaném rozsahu střídače

Dimenzování střídače

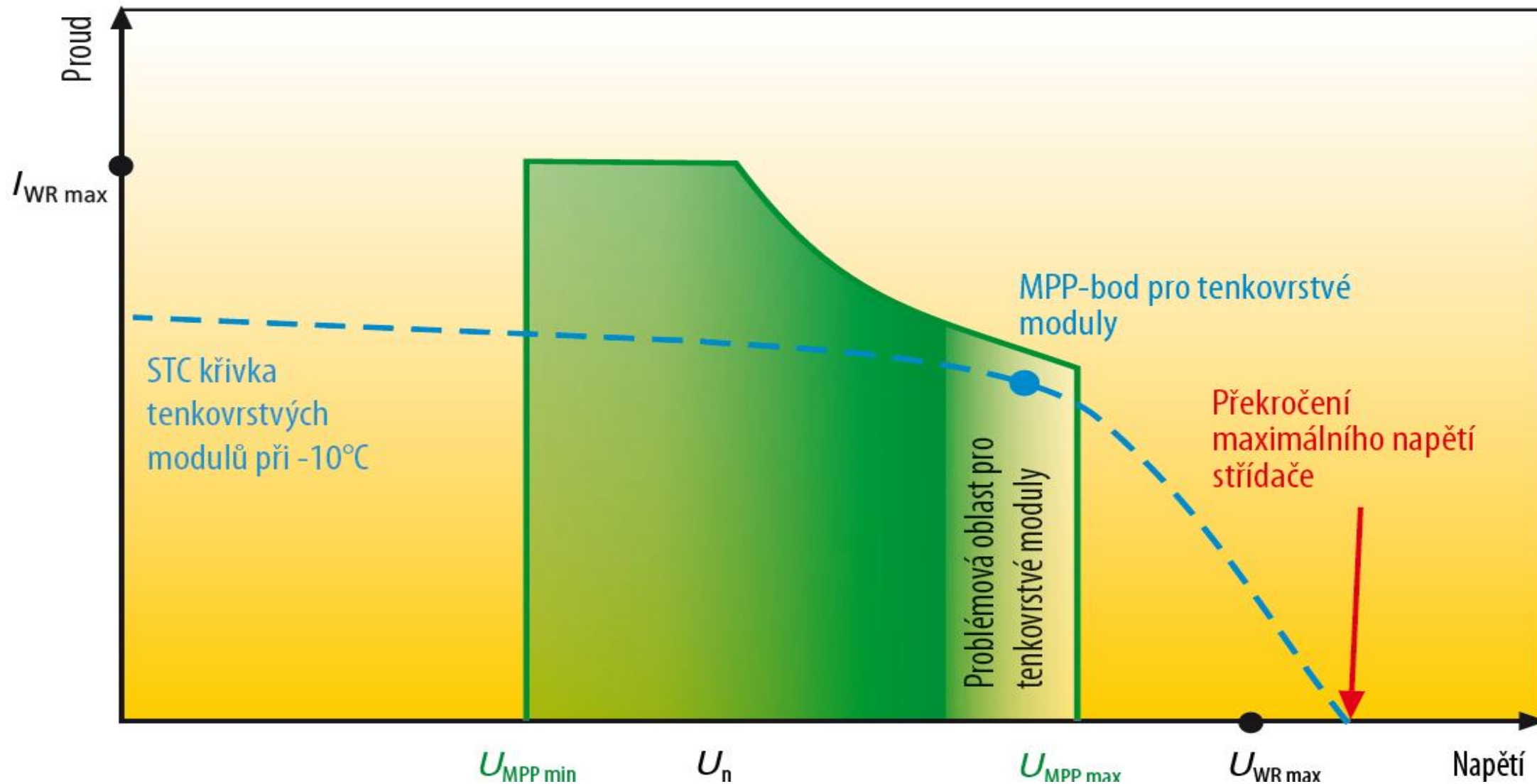
FV generátor x střídač



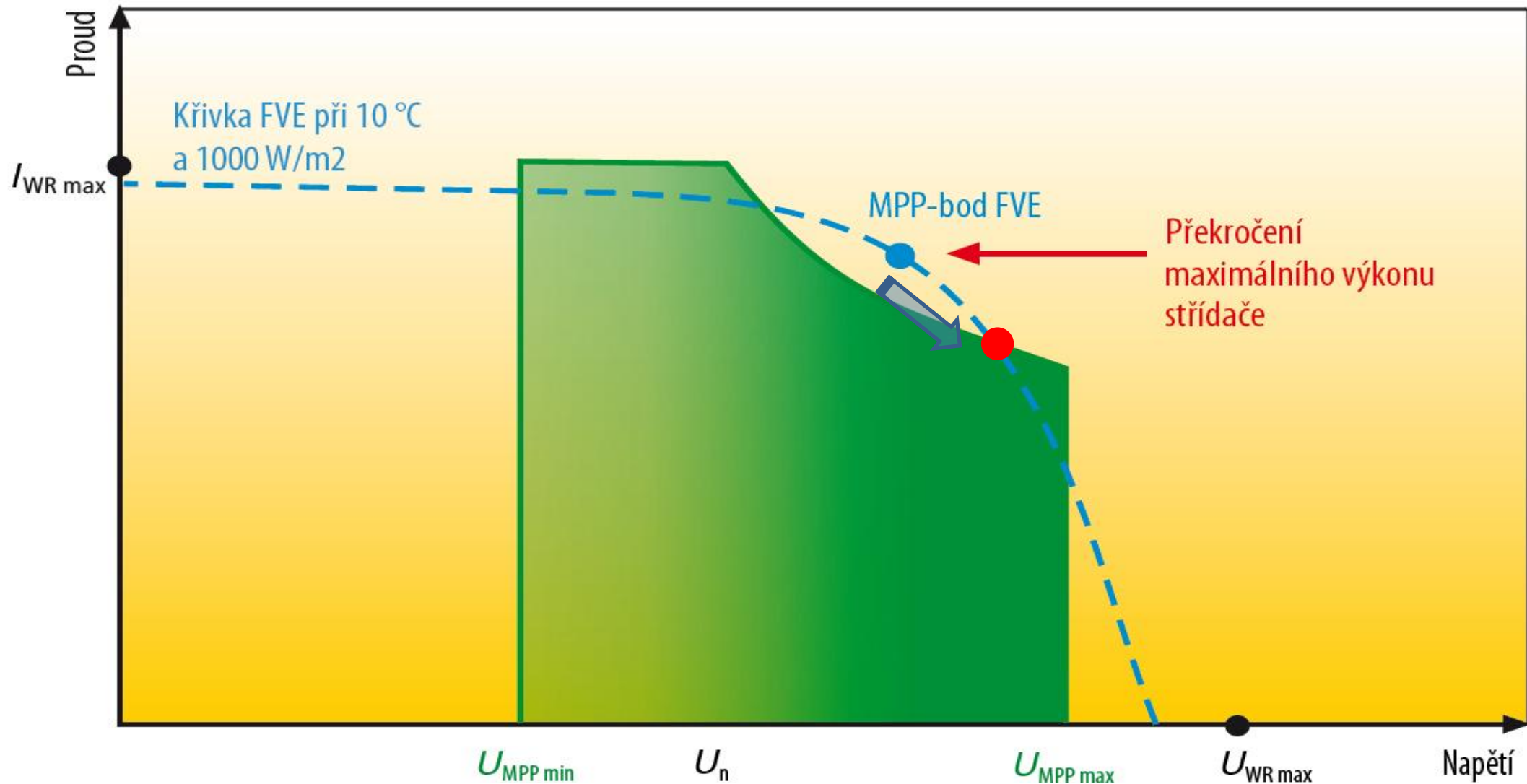
Pokles pod regulační rozsah MPP střídače nejnižší napětí MPP



Překročení maximálního napětí střídače x nejvyšší napětí naprázdno generátoru



Překročení maximálního výkonu střídače x omezení výkonu



Optimální dimenzování střídačů

Fronius Solar.configurator

Nastavení samostatného střídače Výpočet pole modulu Soubor Databáze Jazyk Informace

1 Konfigurace 2 Výpočet kabelů 3 Souhrn

Informace o místě

Země: Czech Republic
Místo: Prague
Typ instalace: střešní
Odchylka od ideální orientace: 0°
Úhel sklonu: 25°
Uvědomte si prosím, že u přístroje Fronius IG TL, RL a Symo není možné uzemnění modulu!

Výběr střídače

Střídač: Fronius Symo Hybrid 3.0-3-S (3000)
[Specifikace střídače](#)
[výběr normy](#)

Výběr modulu

☒ Dimenzovat akumulátor
Výrobce modulů: WINAICO Deutschland
Typ modulu: WSP-280M6
Oblíbené moduly:
[Specifikace modulu](#)
[Přidat k oblíbeným](#)
[Vymazat z oblíbených](#)
[Plně zaměstnaný](#)

Roční spotřeba [kWh]: 12000

Nápověda

12345 W
65%
Výkon
Celkový výkon FV / max. DC-
výkon Střídač

15 16 17 18 ...
6 → Větve
7
8 ↓ Počet modulů na větev

- zelená = optimální
- zlutá = optimální z hlediska výnosů
Střídač není plně využit!
- oranžová = optimální z hlediska nakladu
Může dojít ke ztrátě výnosů
- fialová = výstupní výkon je omezen

Dbejte prosím Vašich místních norem a nařízení

Využití softwaru jednotlivých výrobců (jsou zdarma)

	1	2
6		3362 W 107%
7	1961 W 63%	3922 W 125%
8	2241 W 72%	4482 W 143%
9	2521 W 81%	5042 W 161%
10	2801 W 89%	
11	3081 W 98%	

Akumulátor

Zadejte roční spotřebu a vyberte konfiguraci FV systému.

Prosím vyberte konfiguraci!

[Další](#)

Fronius Solar.configurator V.3.3 © 2008 Fronius International GmbH. All rights reserved.

Optimální dimenzování střídačů



Využití nezávislého softwaru (placený SW)

Krytí IP ...

Krytí uvádí na jedné straně vhodnost elektrických provozních prostředků /například strojů, osvětlení a instalačního materiálu) do různých okolních podmínek, na druhé straně míru ochrany člověka proti potenciálnímu ohrožení při používání těchto přístrojů. S ohledem na vhodnost systémů do různých okolních podmínek jsou tyto systémy rozděleny podle různých druhů krytí, tzv. kódů IP.

IP je zkratkou pro *International Protection* podle DIN, EN, ČSN a byla převzata z IEC, v anglicky mluvícím světě je ovšem používána pro pojem *Ingress Protection* (Ochrana proti vniknutí). Kódy jsou uvedeny v normě **ČSN EN 60529 (330330)** pod názvem **Stupně ochrany krytem (krytí – IP kód)**.

IP (0...6k) X Ochrana proti dotyku / ochrana proti vniknutí cizích těles

IP X (0...9k) Ochrana proti vodě

Druhy ochran

Stupeň ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles

IP 0x – Nechráněno.

IP 1x – Chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 50 mm a větších (např. před náhodným dotykem ruky).

IP 2x – Chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 12,5 mm a větších (např. prsty).

IP 3x – Chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 2,5 mm a větších (nářadí a dráty).

IP 4x – Chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 1 mm a větších (nástroje a drátky).

IP 5x – Chráněno před dotykem drátem a částečně před prachem.

IP 6x – Úplně chráněno před prachem.

Druhy ochran

Stupeň ochrany proti vniknutí vody

IP x0 – Nechráněno.

IP x1 – Ochrana proti svisle padajícím kapkám vody.

IP x2 – Ochrana před přímým dopadem vody do 15° od svislice.

IP x3 – Ochrana před přímým dopadem vody až 60° od svislice.

IP x4 – Ochrana proti vodě stříkající ze všech směrů.

IP x5 – Ochrana proti proudu vody nízkého tlaku ze všech směrů.

IP x6 – Ochrana proti dočasnému zaplavení vodou.

IP x7 – Ochrana proti dočasnému ponoření do vody (15 cm až 1 m hloubky).

IP x8 – Ochrana proti potopení do vody. Zařízení je schopné nepřetržitého potopení do vody.

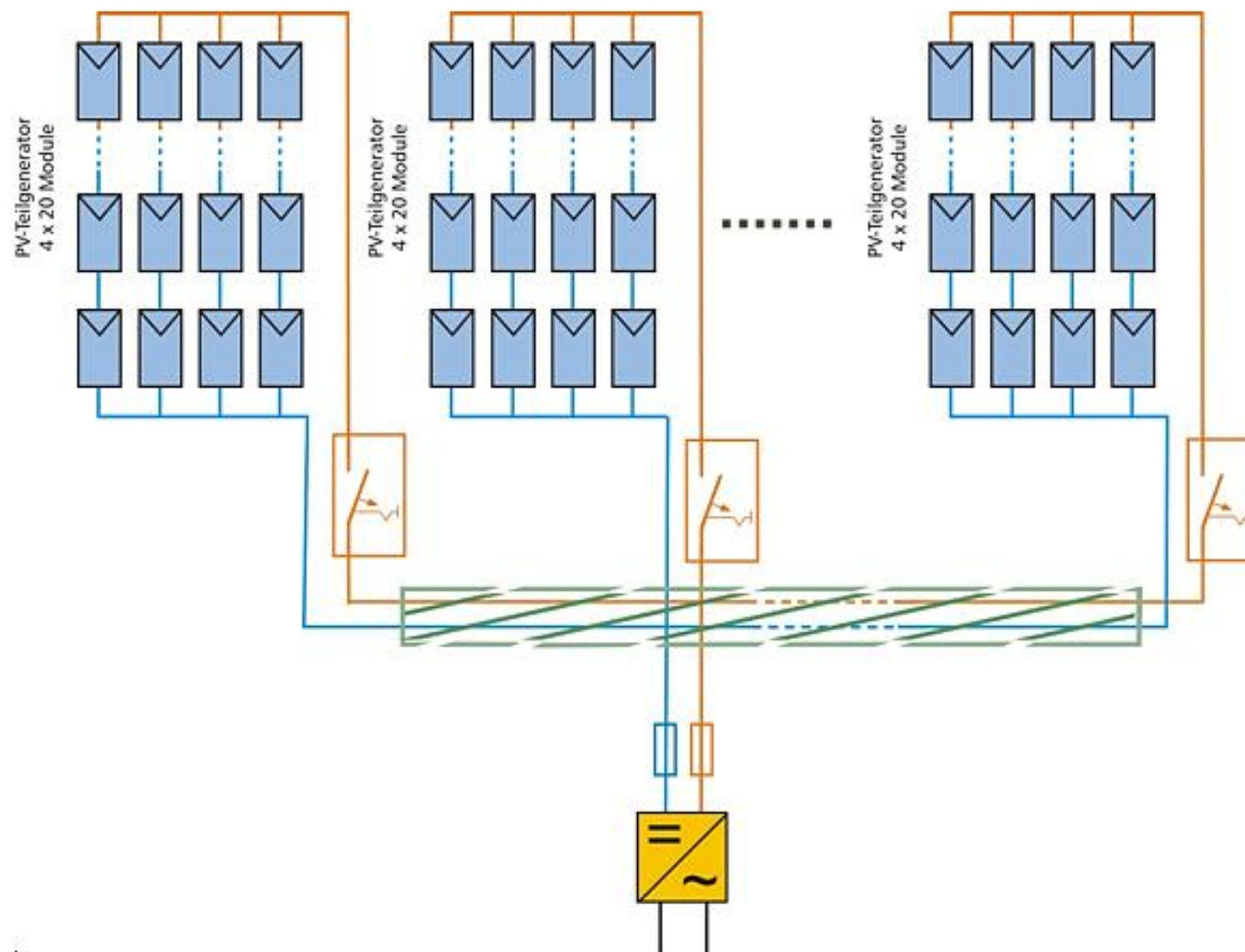
IP x9 – Ochrana proti tryskající vysokotlaké horké vodě.

Odpojení FV stringů externím mechanickým odpojovačem



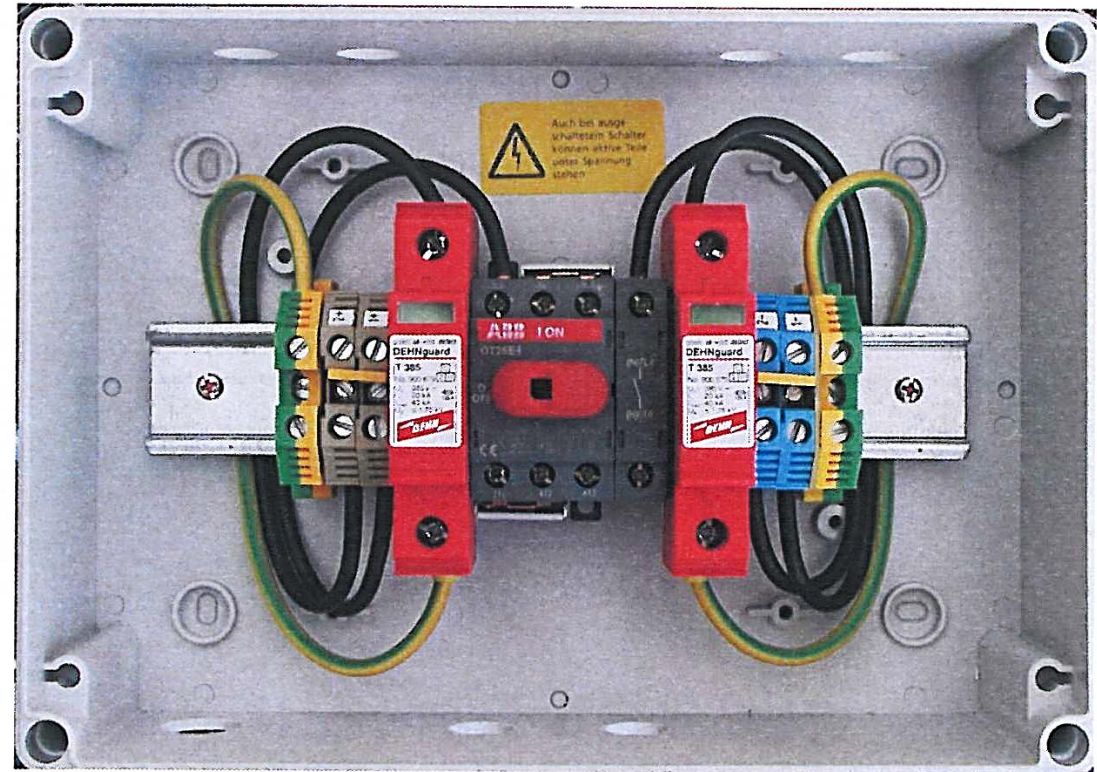
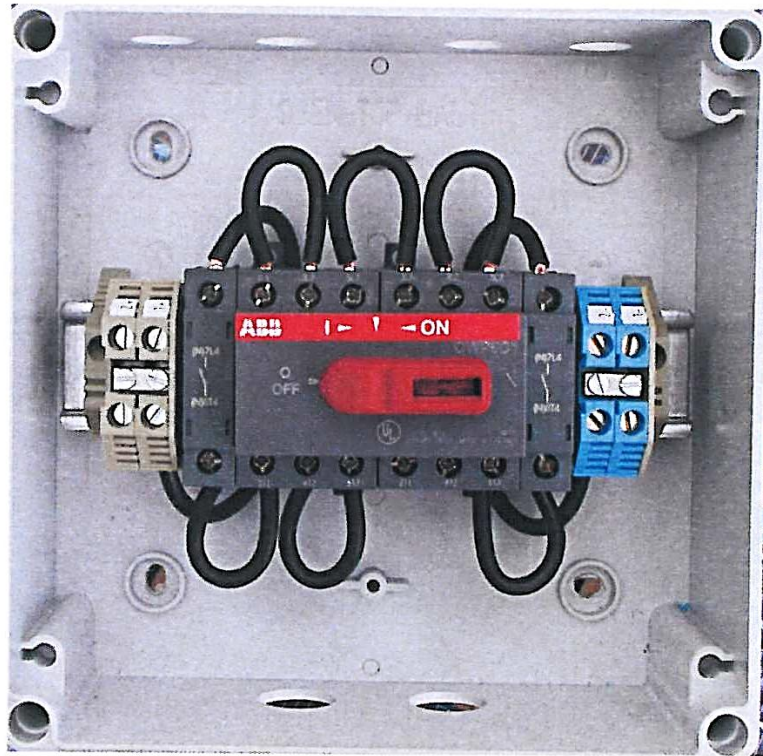
- využívalo se dříve, než byl vytvořen odpojovač ve střídači - jako standard
- dnes, z důvodu změny požárních pravidel a projektovacích předpisů, se k externím odpojovačům vracíme

Odpojení FV stringů odpojovačem



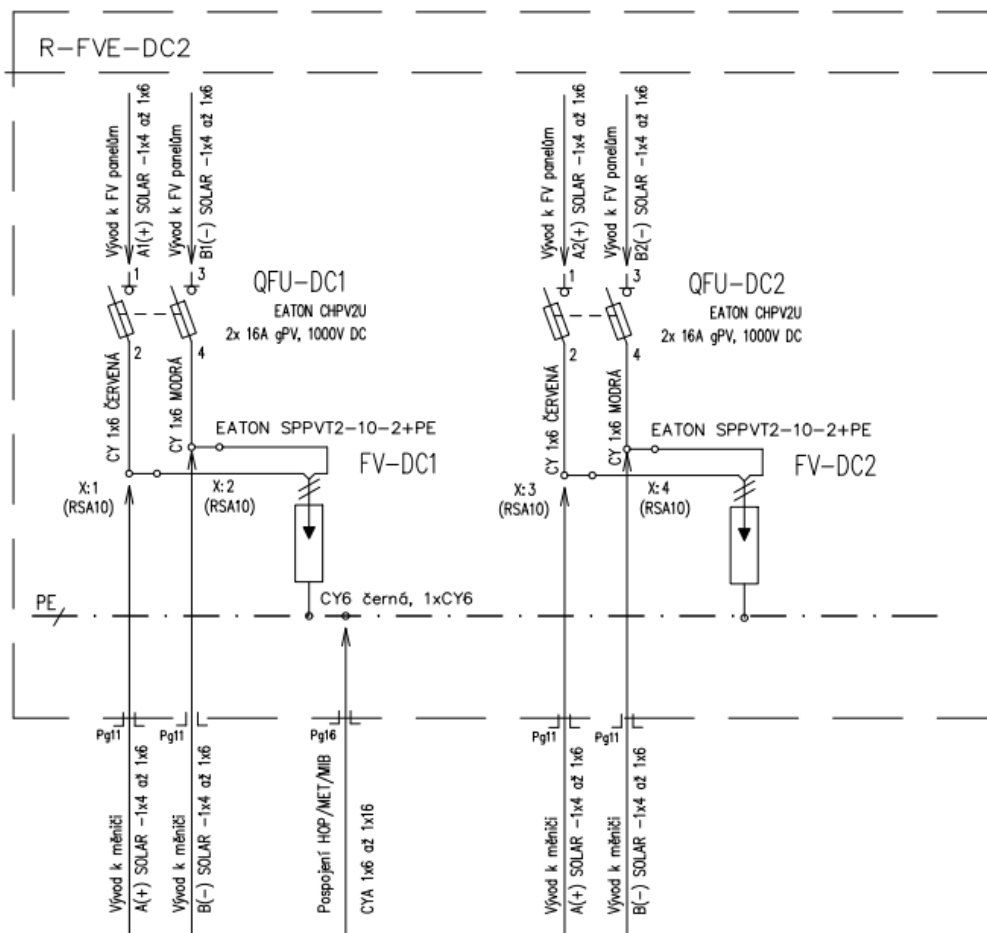
Zdroj: DGS

Odpojovač DC bez a s přepětovou ochranou



- nejčastější případ provedení DC rozvaděče : DC jistič + přepětová ochrana

Odpojovač DC s přepětovou ochranou

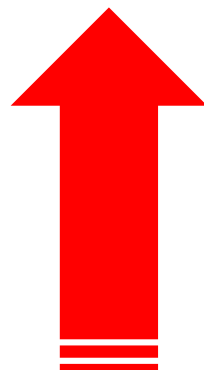
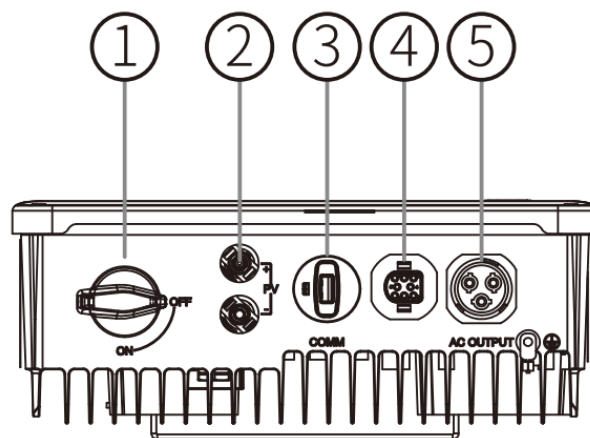


- nejčastější případ provedení DC rozvaděče : DC jistič (pojistkový odpojovač) + přepětová ochrana
- odpojovač u střídače je dnes využíván jako „požární odpojovač“ – tahem, otočný

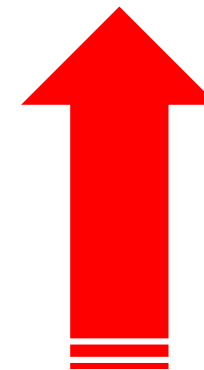
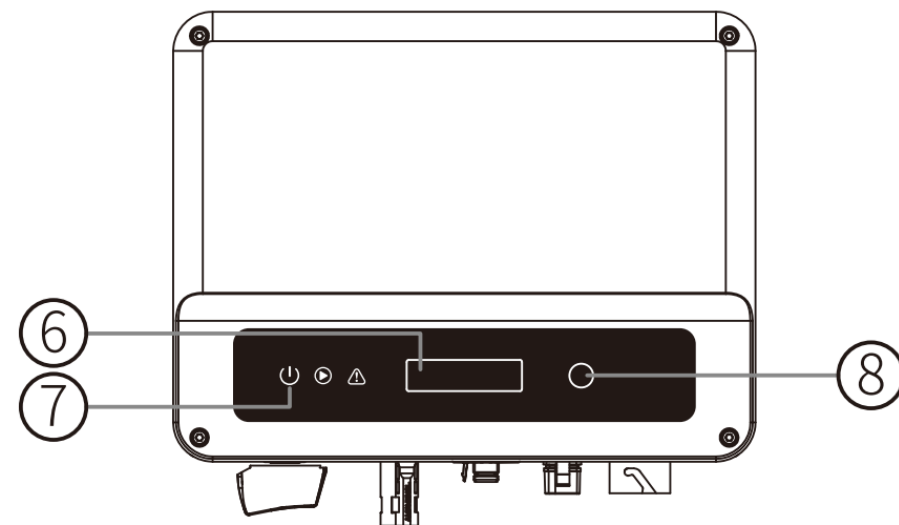
Integrovaný odpojovač DC ve střídači



Z důvodu ceny bývá integrovaný odpojovač zpravidla jako zvláštní výbava střídače (na objednávku)



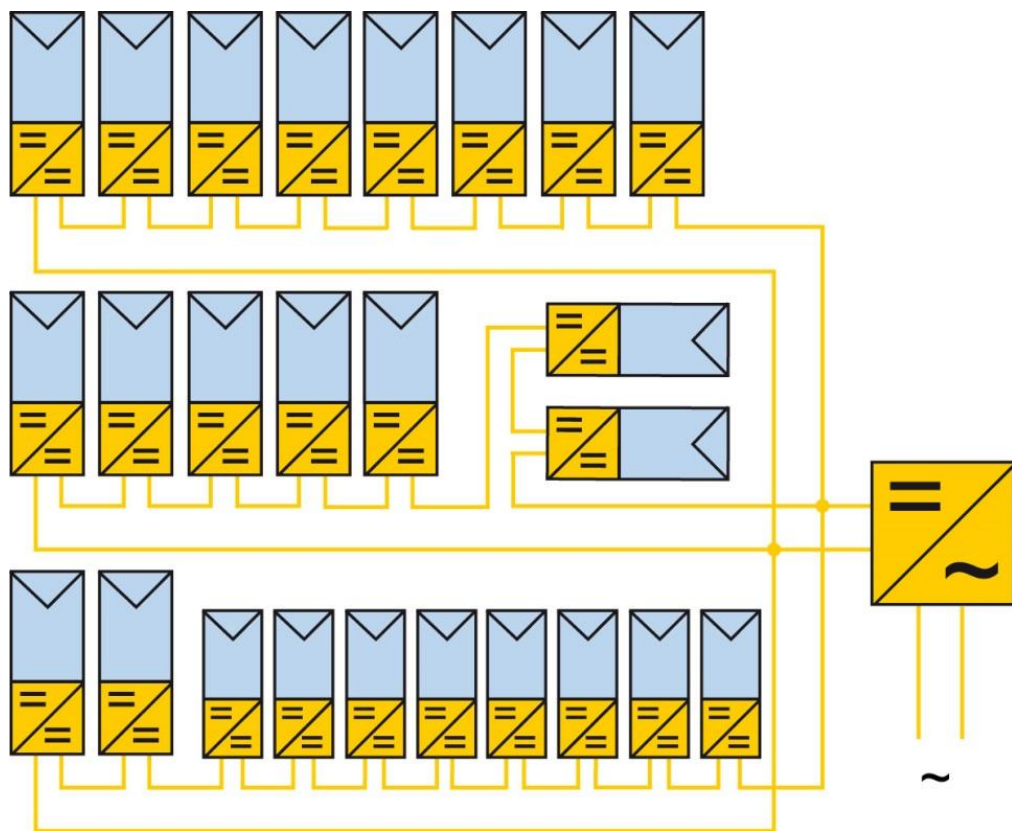
- 1. DC Switch (Optional)
- 2. PV Input Terminals
- 3. WiFi/LAN Module Port (Optional)
- 4. CT & DRED/Remote Shutdown Port (Optional)
- 5. AC Output Terminal



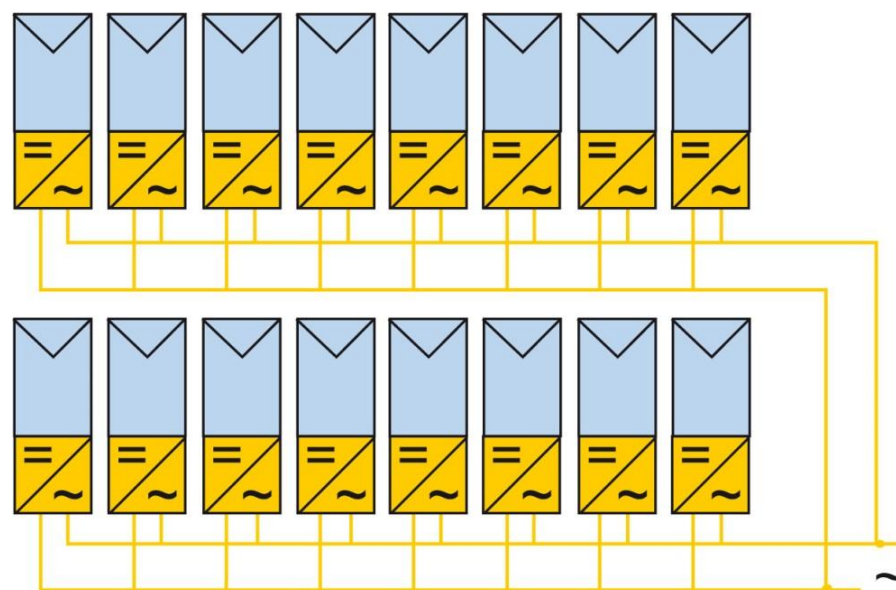
Výkonové optimizéry x Modulové střídače

Položme si základní otázku:

„Proč a kdy používat výkonové optimizéry a kdy instalovat modulové střídače?“



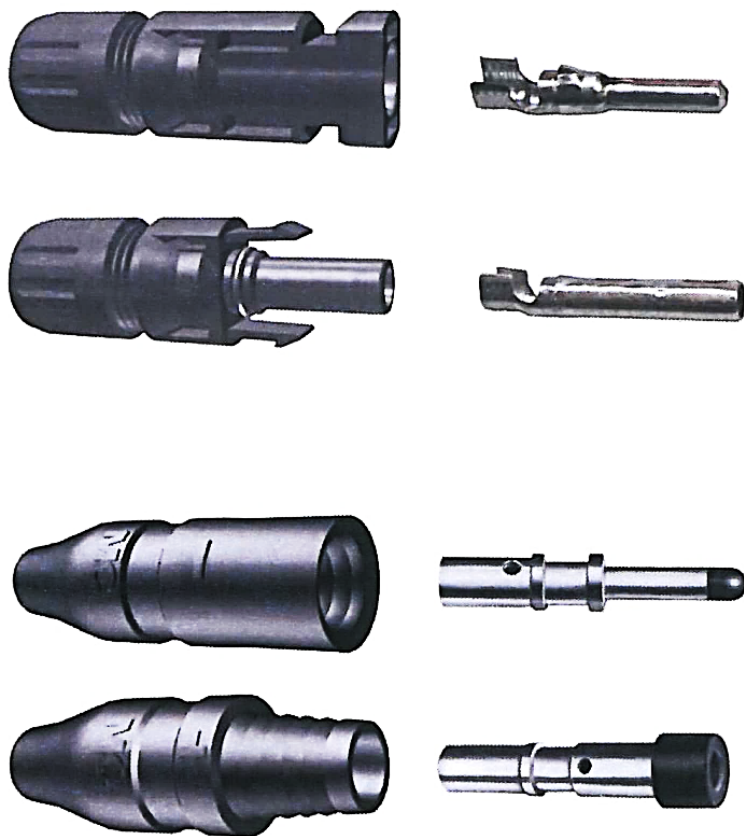
DC/DC



Odpověď: „Pokud to jde, vyhněme se stínu a zkusme to bez dodatečné elektroniky...“

DC/AC

Konektory, konektorové spojky



Vlastnosti MC typ 4:

- Rozsah teplot: -40 °C až +90 °C
- Systémové napětí: Až 1000 V
- Dimenzovaný proud DC: Až 30 A
- Zesílená izolace, třída ochrany II
- Krytí IP67 po zapojení
- Ochrana proti dotyku v nezapojeném stavu
- Odolnost proti záření UV a povětrnostním vlivům

Vlastnosti MC typ 3

(dnes se s nimi setkáme jen u starších FV instalací a opravách)

- Rozsah teplot: -40 °C až +90 °C
- Systémové napětí: Až 1000 V
- Dimenzovaný proud DC: Až 20 A
- Zesílená izolace, třída ochrany II
- Krytí IP67 po zapojení
- Ochrana proti dotyku v nezapojeném stavu
- Odolnost proti záření UV a povětrnostním

Konektory, konektorové spojky



Slučovací vidličky MC4

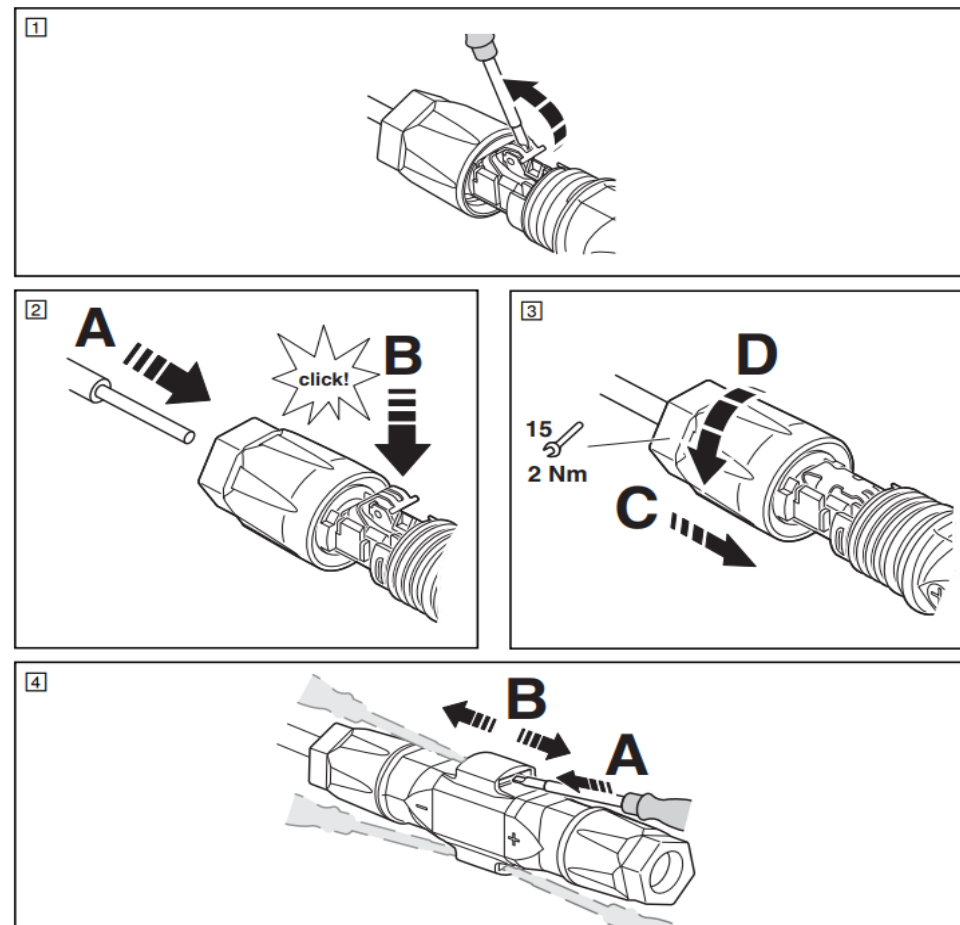
Konektory, konektorové spojky



- jednoduché DC konektory
- pružinové technika (rychle a snadno) **Technika zářezového spoje zaručuje trvale bezpečné a spolehlivé kontakty vodiče.**

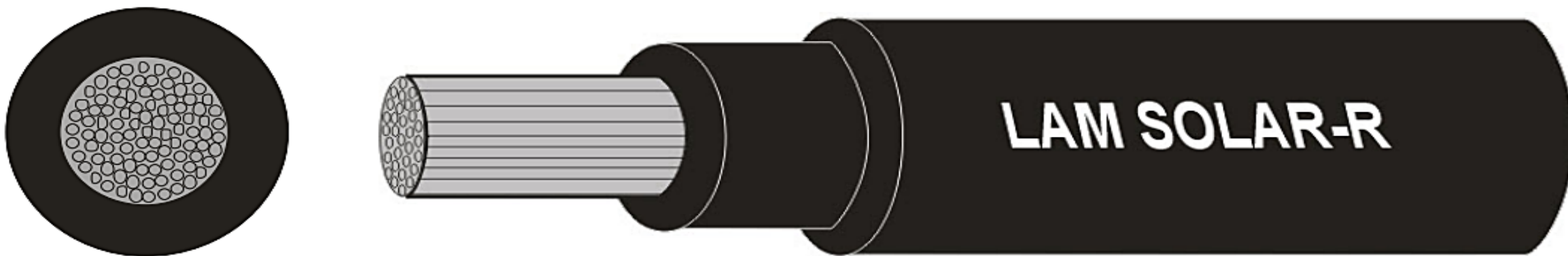


- Proudý do 65 A
- Napětí do 1500 V
- Pouze dvě varianty pro průřezy vodiče od 2,5 mm² do 16 mm²
- Krytí IP66/68



Fotovoltaické vodiče a kabely

SILOVÝ KABEL PRO FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY



Konstrukce

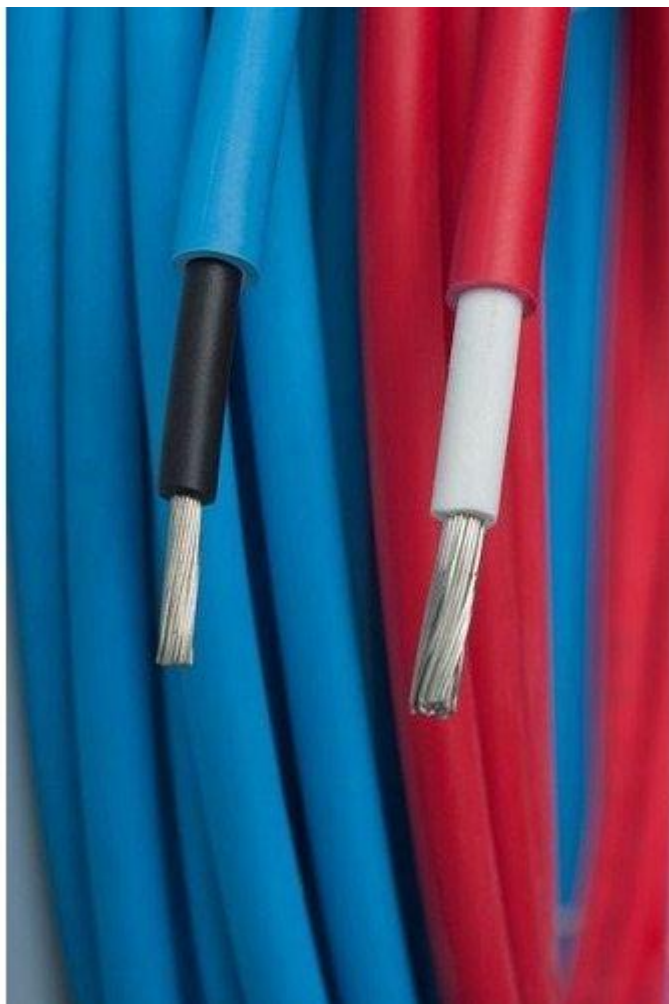
1. CuSn, Cu vodič tř.5
2. Izolace z flexibilní zesítené směsi EPR se zvýšenou teplotní odolností
3. LAM SOLAR - R - plášť ze speciální bezhalogenové flexibilní zesítené směsi s vysokou termomechanickou odolností FRNC
4. LAM SOLAR - H - plášť ze speciální teplotně odolné PVC směsi
5. Alternativně opletení kabelu FeZn drátky ke zvýšení mechanické odolnosti

Použití

Kabel je vhodný k propojování solárních panelů a pro fotovoltaické systémy. Kabely jsou odolné vůči negativním vlivům UV záření, ozónu a především vůči teplotním vlivům venkovního prostředí.

Upozornění: Každá z výše uvedených variant může být opatřena ochranným opletem FeZn drátky.

Fotovoltaické vodiče a kabely



- Při větším počtu stringů doporučujeme používání barevně značených vodičů, z důvodu:
 - rychlejší identifikace dílčích stringů
 - nutnosti většího přeznačování vodičů
- Nakupujte vždy balení nejméně 500 metrů a více, méně zbytků, lepší nákupní cena

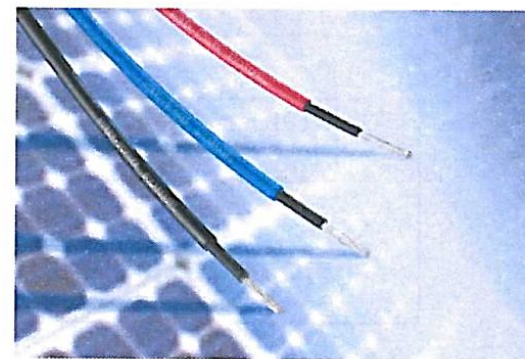
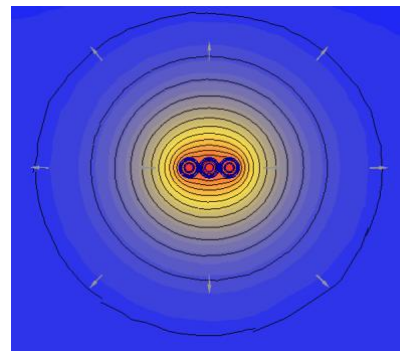
Zatížitelnost vodičů proudem

mm ²	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3
1,5	15	18	24
2,5	20	26	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	135	158
50	132	168	198
70	165	207	245

Skupina 1: Jeden nebo několik jednožilových vodičů, položených v trubce;

Skupina 2: Vícežilové vodiče;

Skupina 3: Jednožilové, volně vzduchem vedené vodiče a kabely, přičemž jsou položeny s meziprostorem, který odpovídá minimálně jejich průměru.

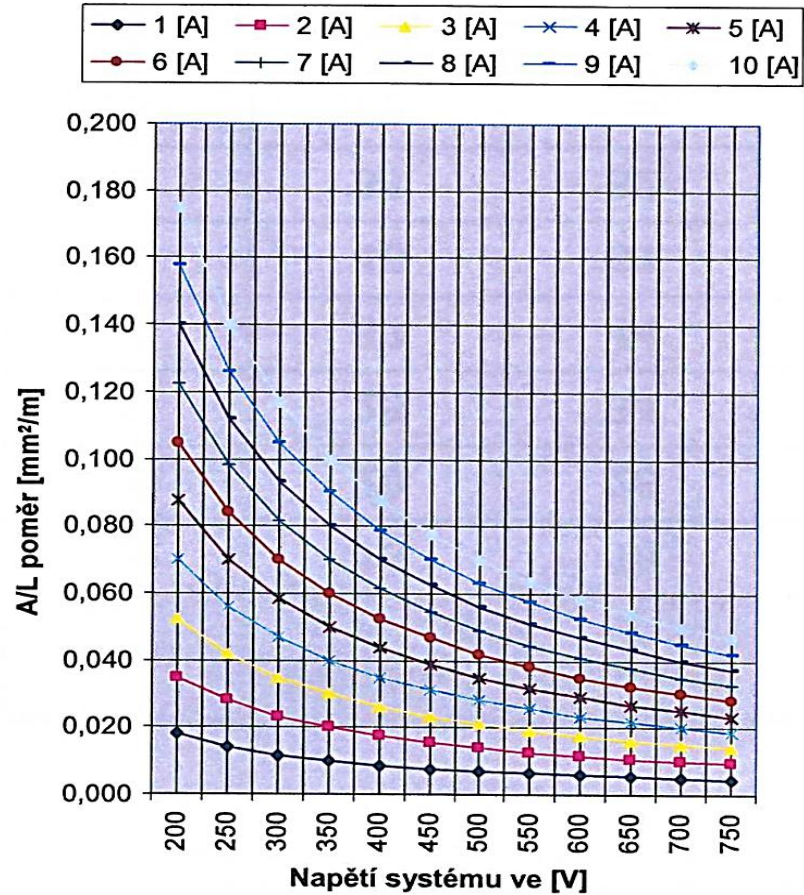


- Přenos tepla v chráničkách nebo trubkách je umožněn pouze na ležících místech a z toho důvodu je podstatně sníženo max. tepelné namáhání kabelů, obdobná situace je u vícežilových kabelů

Dimenzování průřezu vodičů

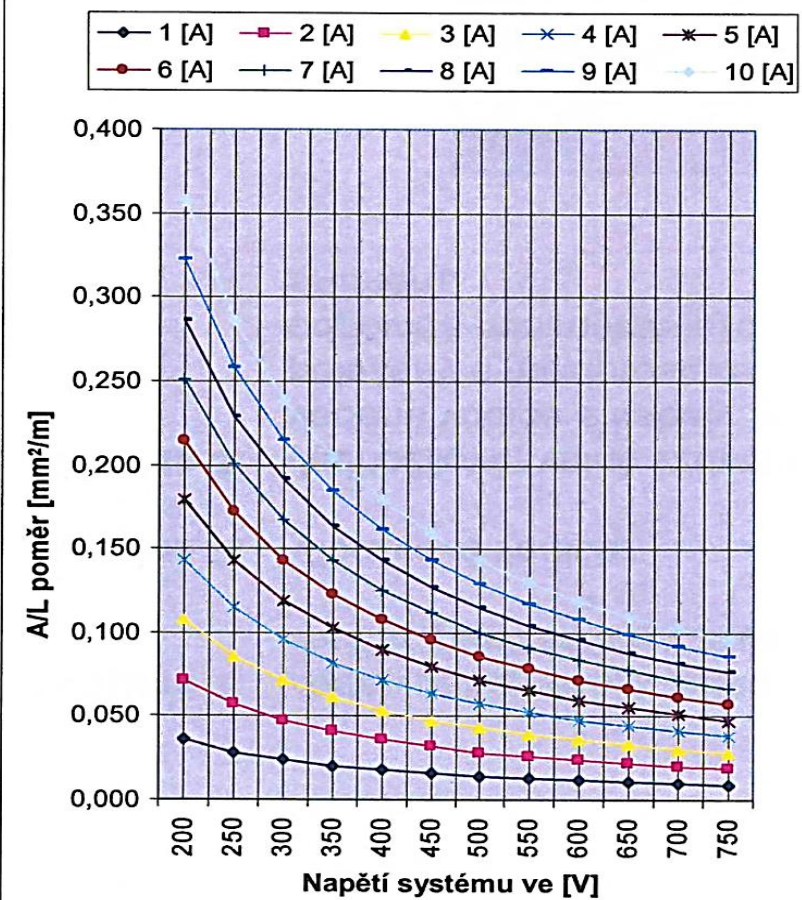
Poměr mezi průřezem a délkou vodičů

Max. ztráta 1 %



Poměr mezi průřezem a délkou vodičů

Max. ztráta 0,5 %



Dimenzování průřezu vodičů



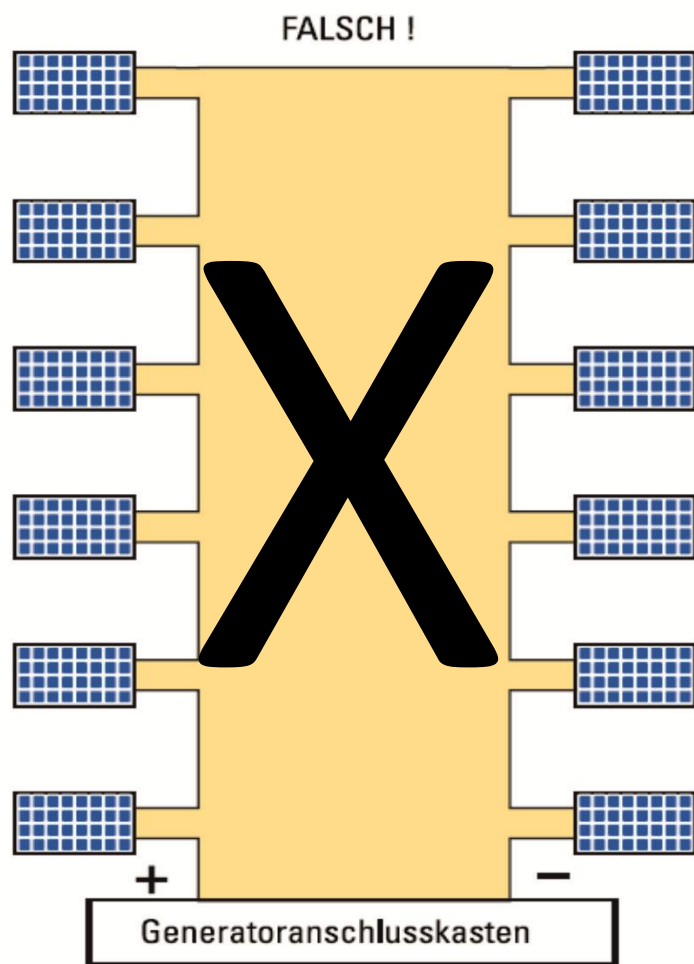
Dimenzování průřezu FV vodičů - shrnutí

- FV DC kabeláž **nelze dimenzovat** podle stávajících **ČSN 33 2000** protože:
 - Jde o jiný charakter zatížení na kabelu (není spotřebič, ale zdroj – pracuje mnohem více hodin denně!)
 - Má vyšší základní pracovní teplotu provozování (70° C na střeše je někdy základní teplota + ohřev vznikající průchodem proudu, často nad 95° C)
 - Praktické vzdálenosti jsou větší než u vnitřních rozvodů (střecha – přízemí), 2 x délka tam i zpět
 - Jiný charakter proudu (stejnosměrný x střídavý)

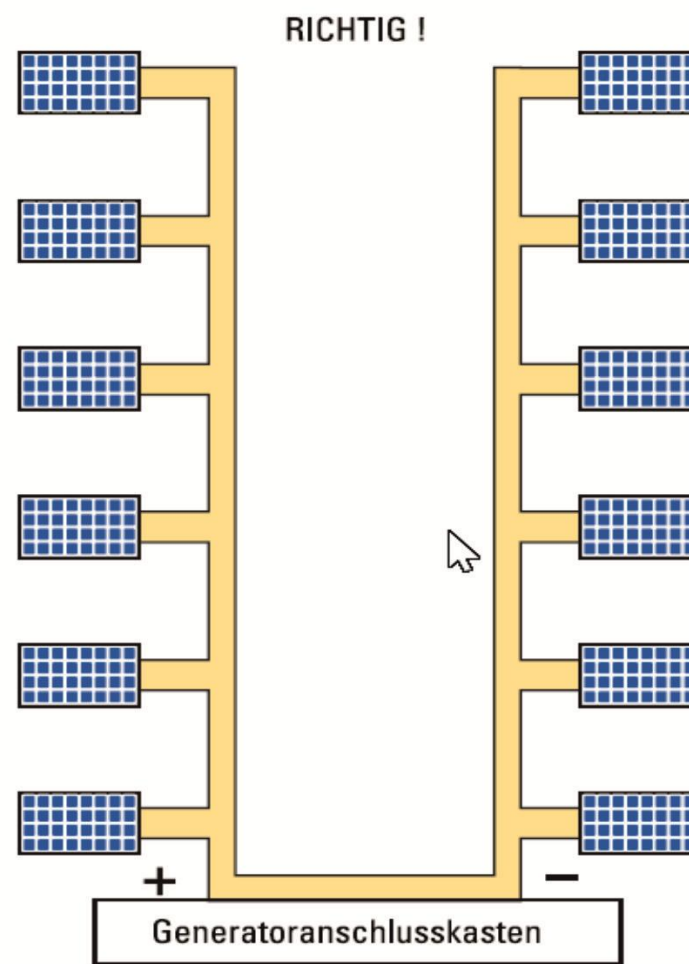
- Doporučení

Požadavek na max. úbytek napětí < 1 %

Správné propojení panelů

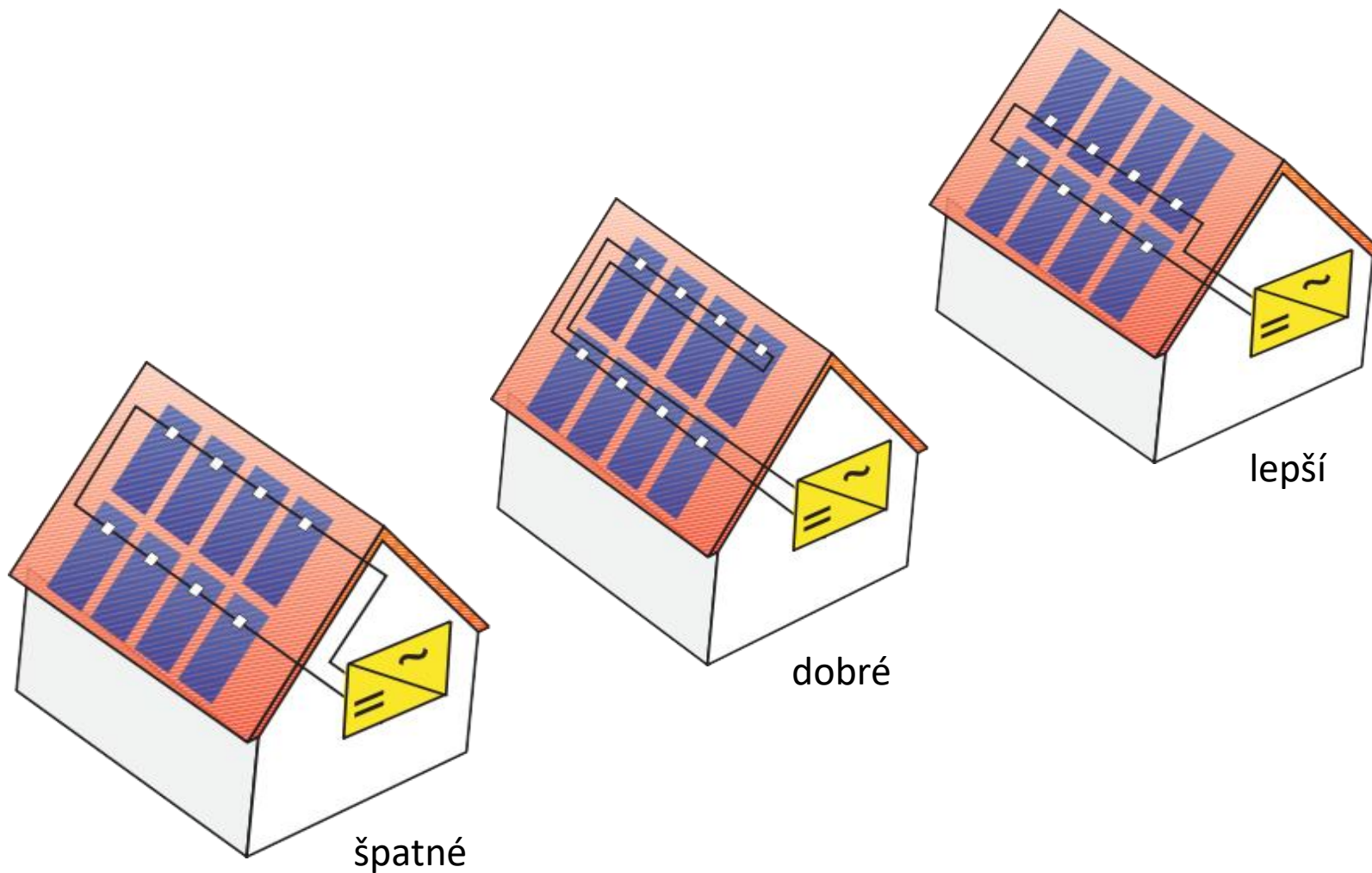


GAK
Připojovací rozvaděč FV generátoru

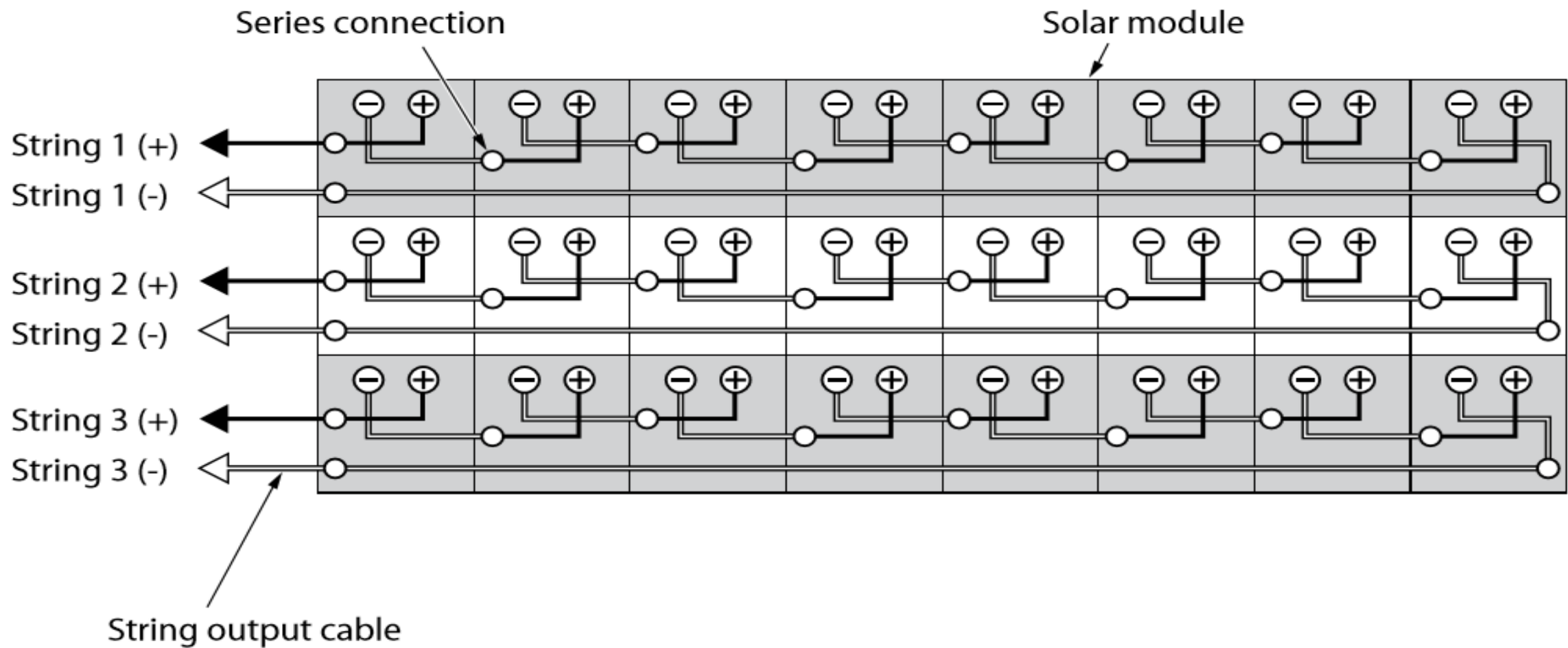


GAK
Připojovací rozvaděč FV generátoru

Správné propojení panelů

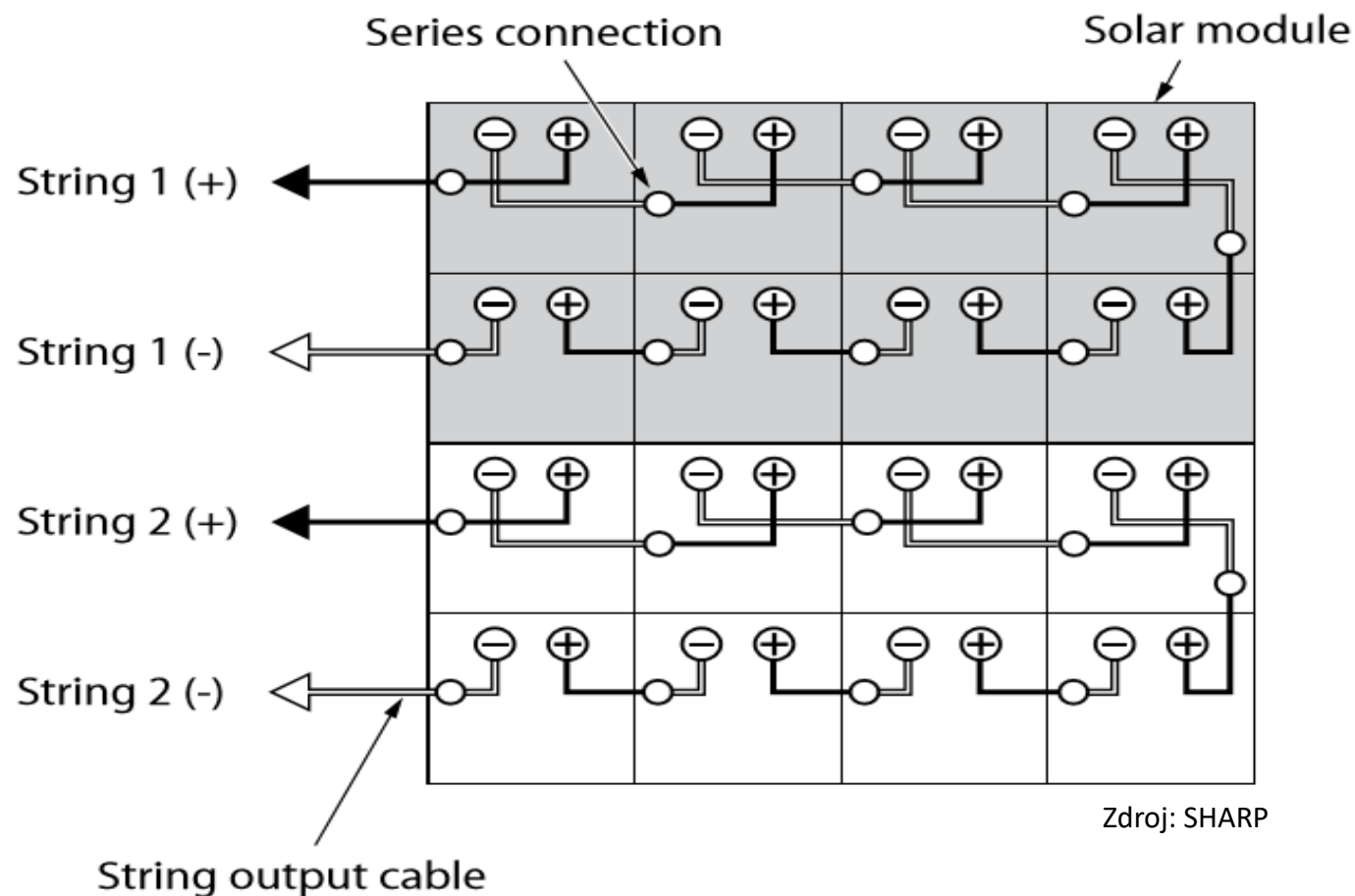


Správné propojení kabelů



Solar module connections example, 3 rows, 8 columns

Správné propojení kabelů



- S chybami se lze setkat i u některých starších manuálů, navrhli byste zapojení FV panelů jinak? Proč? Jaké požadavky jdou proti sobě?