

Porovnání solárního fototermického a fotovoltaického ohřevu vody

Tomáš Matuška, Bořivoj Šourek

RP2 – Energetické systémy budov

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov

ČVUT v Praze

**ÚPRAVA OPROTI PŘEDNÁŠCE:
V ANALÝZE ZPŘESNĚN VLIV TEPLoty PANELŮ**

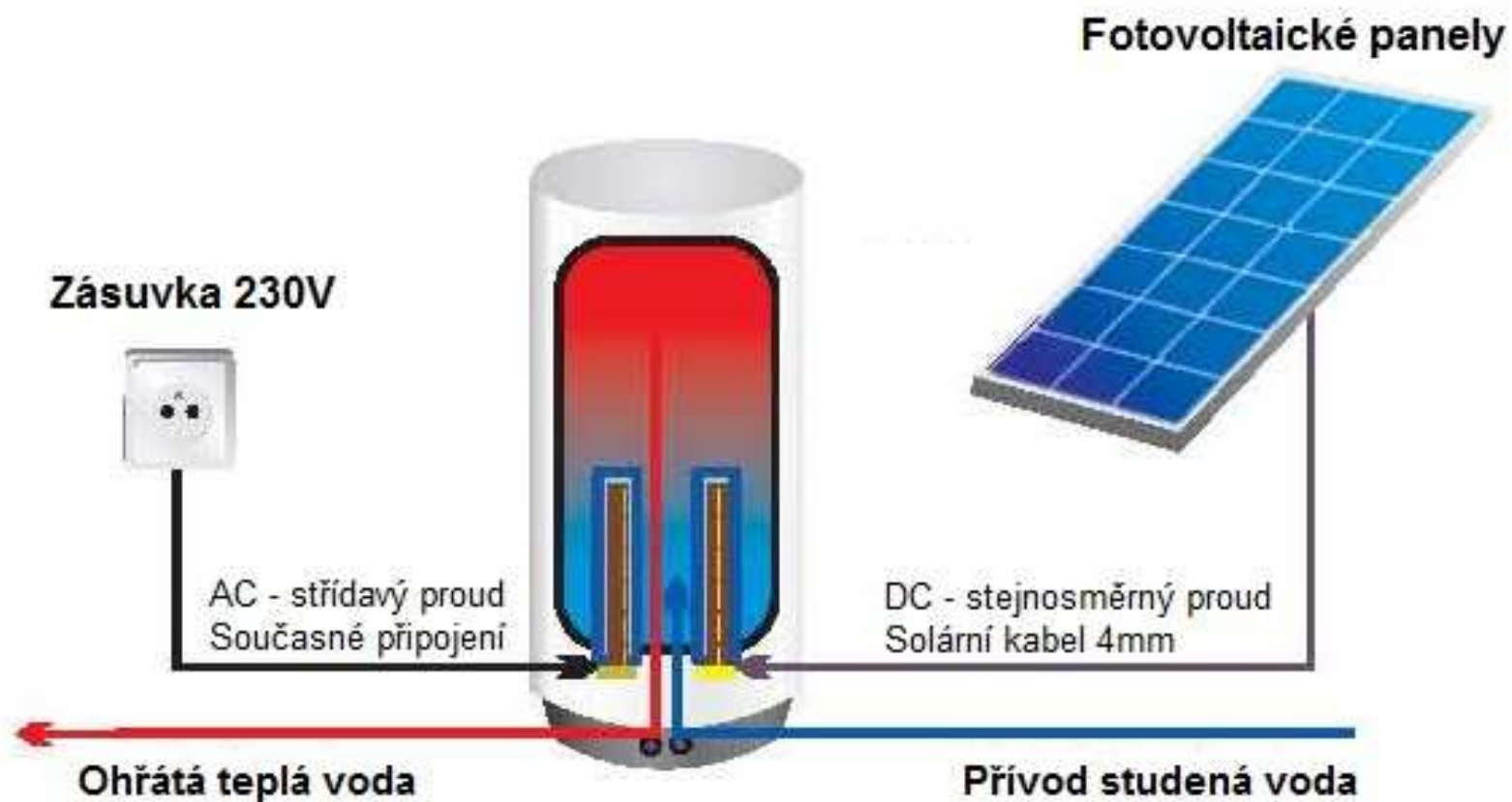
- **CITÁTY z internetu:**
- ... díky klesající ceně fotovoltaických panelů se klasické termické solární systémy pro ohřev teplé vody přestávají vyplácet ...
- ... termické solární systémy jsou odsouzeny k zániku ...
- ... **slepá vývojová větev** ...
- ... výhodou fotovoltaiky za popsaných podmínek je výrazně vyšší produkce energie v zimním období ve srovnání se solárním termálním kolektorem ...
- ... vakuové trubice mají roční zisk 730 kWh/m² ...
- ... trubice mají účinnost 91 % i při -20 °C když je pod mrakem ...

- **srovnávací analýza ohřevu vody sluneční energií**
 - za srovnatelných podmínek (odběru tepla, klimatické podmínky)
 - stejným výpočtovým nástrojem (TRNSYS) za použití stejného modelu zásobníku
- **určit**
 - energetické přínosy
 - ekonomické parametry
- **fotovoltaický systém bez sledovače**
- **fotovoltaický systém se sledovačem (MPPT)**
- **fototermický systém**

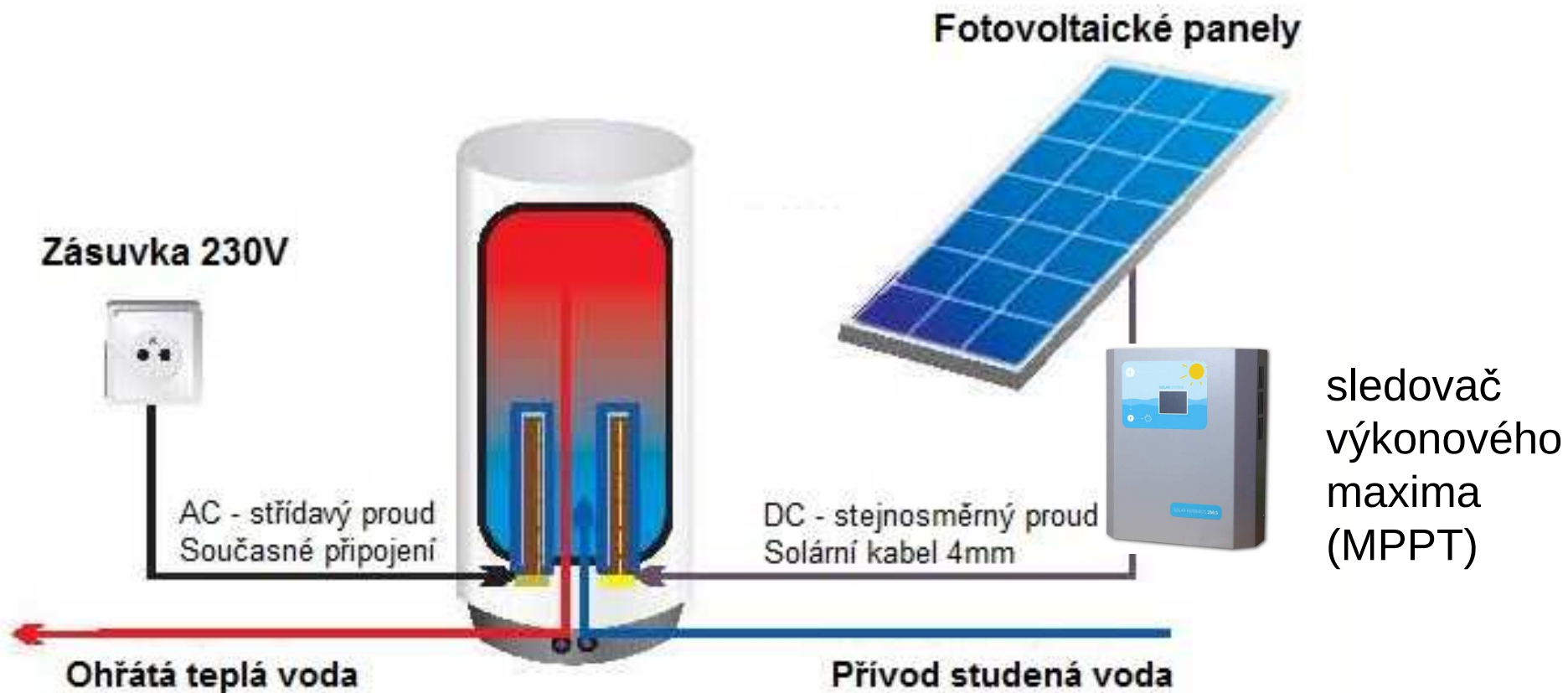
**samostatné
systémy ohřevu**

- u **FOTOTERMICKÝCH KOLEKTORŮ** jsou závislé na:
 - výkonové hustotě slunečního záření, úhlu dopadu záření
 - rozdílu teplot kapalina – okolí
 - technologii: ploché, trubkové vakuové, koncentrační, ...
- u **FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ** jsou závislé na:
 - výkonové hustotě slunečního záření, úhlu dopadu záření
 - teplotě okolí, proudění vzduchu okolo panelu ... teplotě panelu
 - technologii: monokrystalické, polykrystalické, amorfní, ...

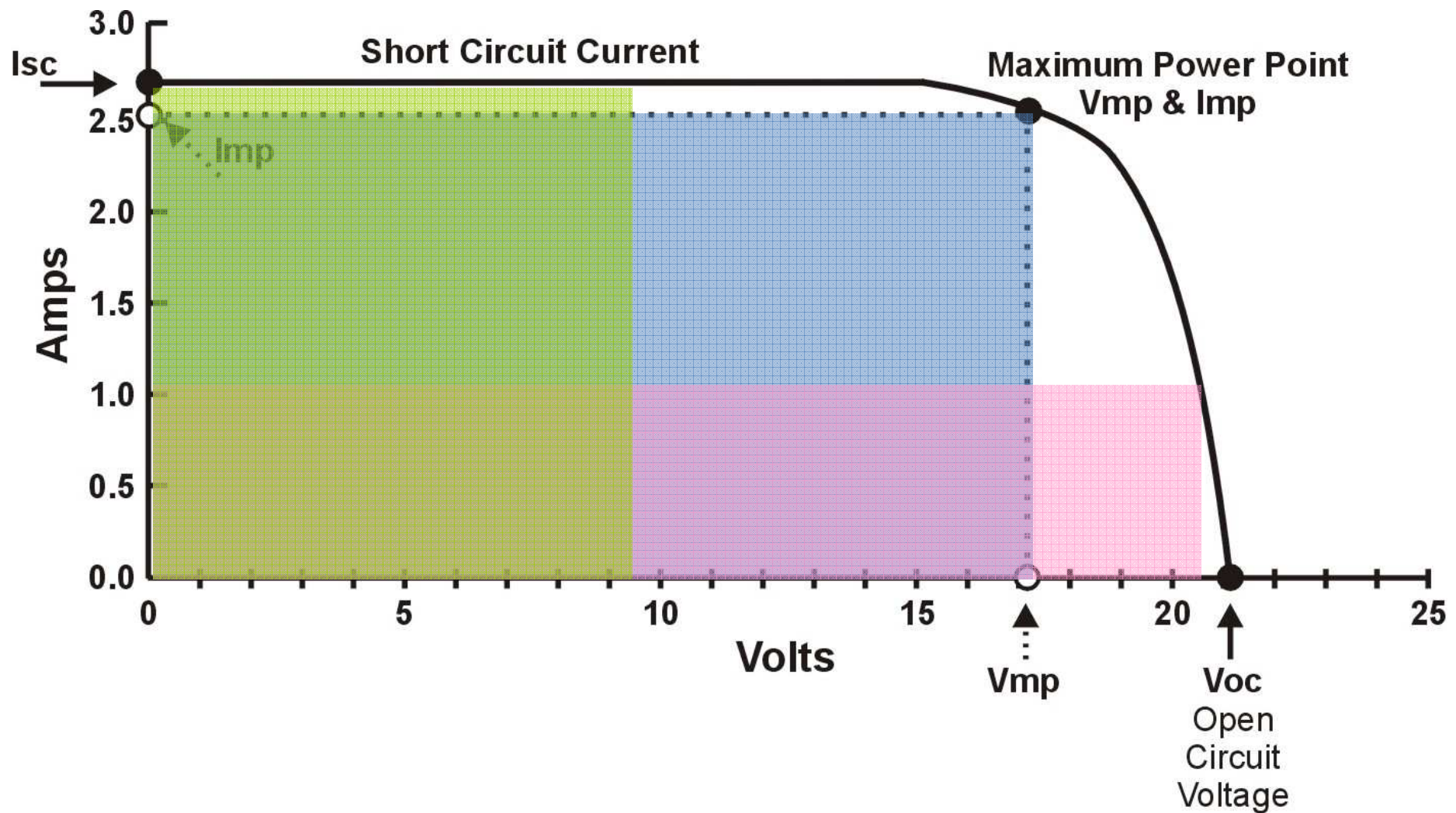
) FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY BEZ SLEDOVAČE MAXIMA



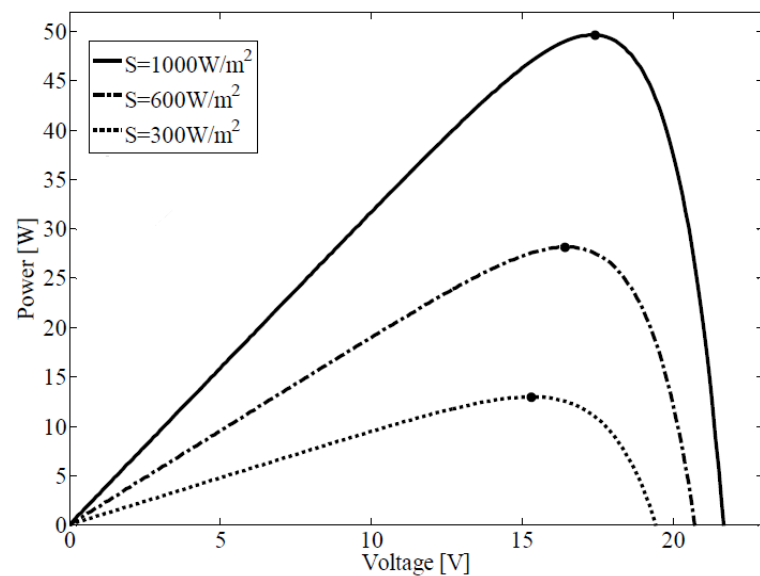
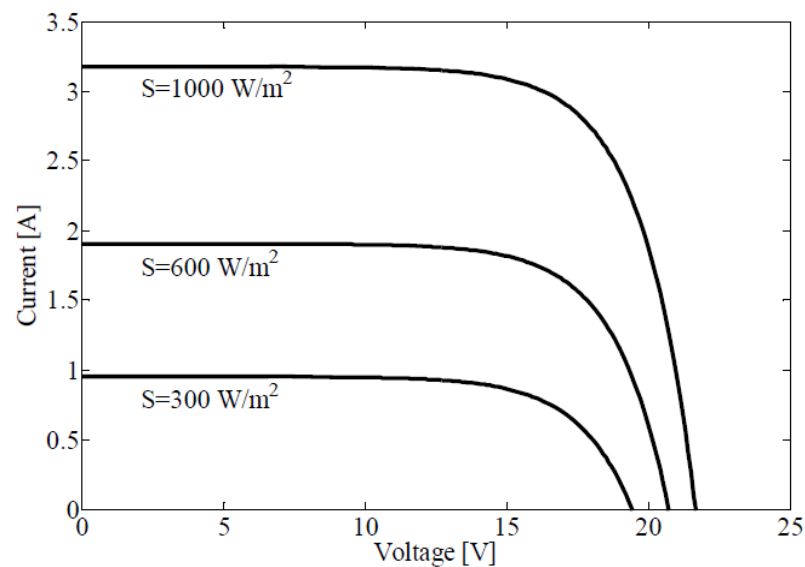
) FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY SE SLEDOVAČEM MAXIMA



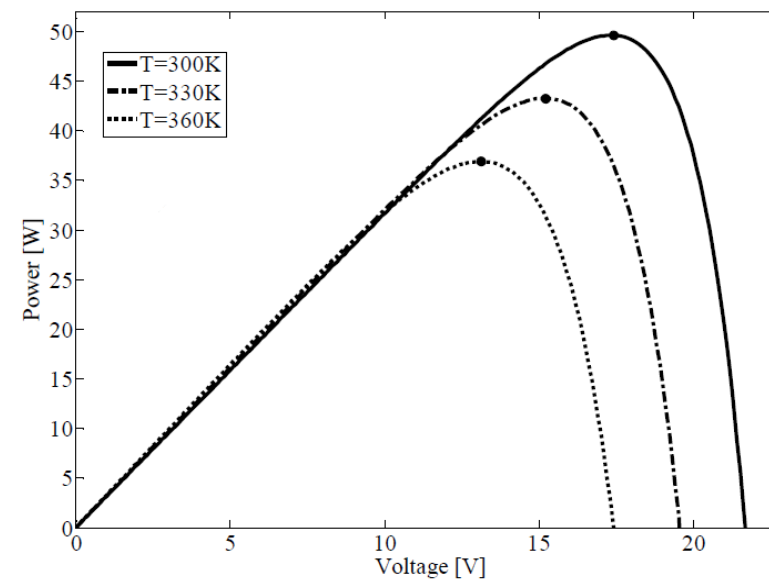
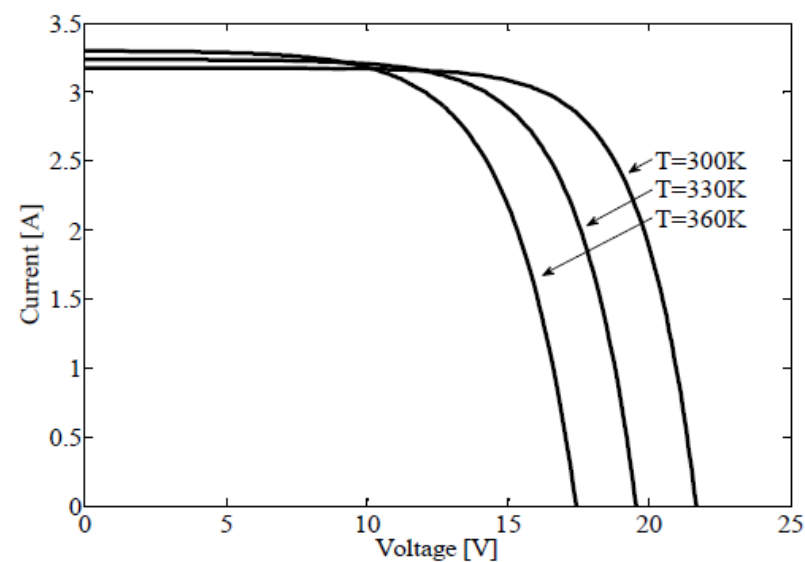
Voltampérová charakteristika FV článku



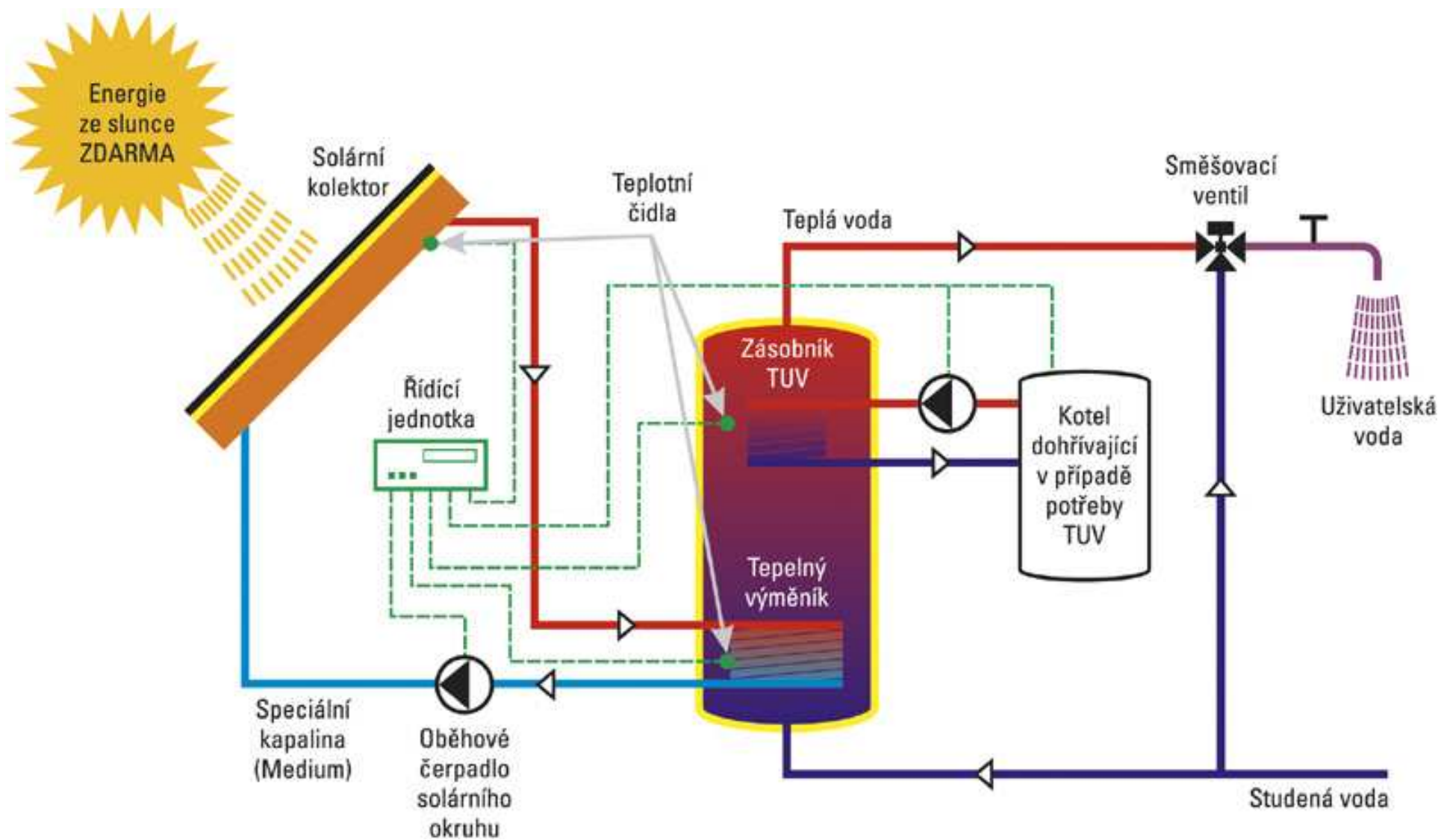
sluneční ozáření



teplota panelu



FOTOTERMICKÝ OHŘEV VODY



- **metoda – simulace v TRNSYS**

simulační prostředí určené pro výzkum a vývoj aplikací
původně vyvinuté pro solární systémy

- **klimatické údaje**

typický meteorologický rok pro Prahu (TMY)

konzervativní údaje o slunečním záření

roční úhrn na vodorovnou rovinu **998 kWh/m².rok**

- **odběr teplé vody**

160 l/den teplé vody **55 °C** , studená voda **10 °C**

denní profil pro domácnost podle ČSN EN 15450, přepočítaný na 160 l/den
potřeba tepla **2767 kWh/rok**

PARAMETRY FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

8 panelů x 1.645 m² = 13.16 m²

8 panelů x 250 W = 2 kW_p

ELECTRICAL PERFORMANCE Y-SER

PV Module Type

KD250GH-4YB2

At 1000 W/m² (STC)⁽¹⁾

Maximum Power	[W]	250
Maximum System Voltage	[V]	1000
Maximum Power Voltage	[V]	29.8
Maximum Power Current	[A]	8.39
Open Circuit Voltage (V _{oc})	[V]	36.9
Short Circuit Current (I _{sc})	[A]	9.09
Efficiency	[%]	15.1

At 800 W/m² (NOCT)⁽²⁾

Maximum Power	[W]	180
Maximum Power Voltage	[V]	26.8
Maximum Power Current	[A]	6.72
Open Circuit Voltage (V _{oc})	[V]	33.7
Short Circuit Current (I _{sc})	[A]	7.36
NOCT	[°C]	45

Power Tolerance	[%]	+5/-3
Maximum Reverse Current I _g	[A]	15
Series Fuse Rating	[A]	15
Temperature Coefficient of V _{oc}	[%/K]	-0.36
Temperature Coefficient of I _{sc}	[%/K]	0.06
Temperature Coefficient of Max. Power	[%/K]	-0.46
Reduction of Efficiency (from 1000 W/m ² to 800 W/m ²)	[%]	6.7

PARAMETRY SOLÁRNÍHO ZÁSOBNÍKU TEPLÉ VODY

- Zásobníkový ohřivač**

vodní objem **195 l**

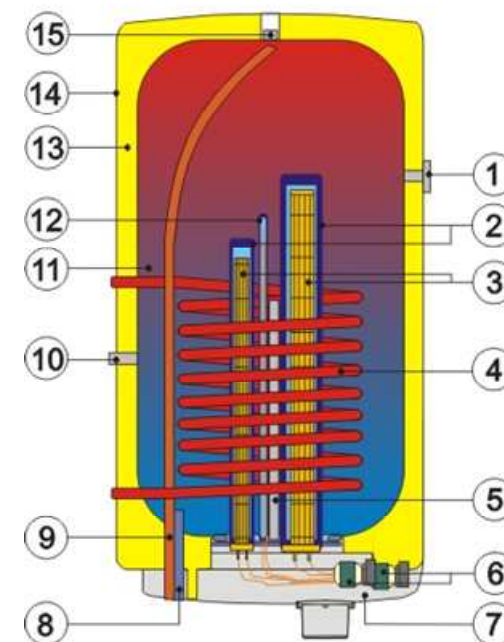
DC topné těleso **2,0 kW** v dolní části

AC topné těleso 2,0 kW v dolní části

denní tepelná ztráta **1,4 kWh/den** (pro 45 K)

rozměry

doporučená max. teplota v zásobníku **75 °C**

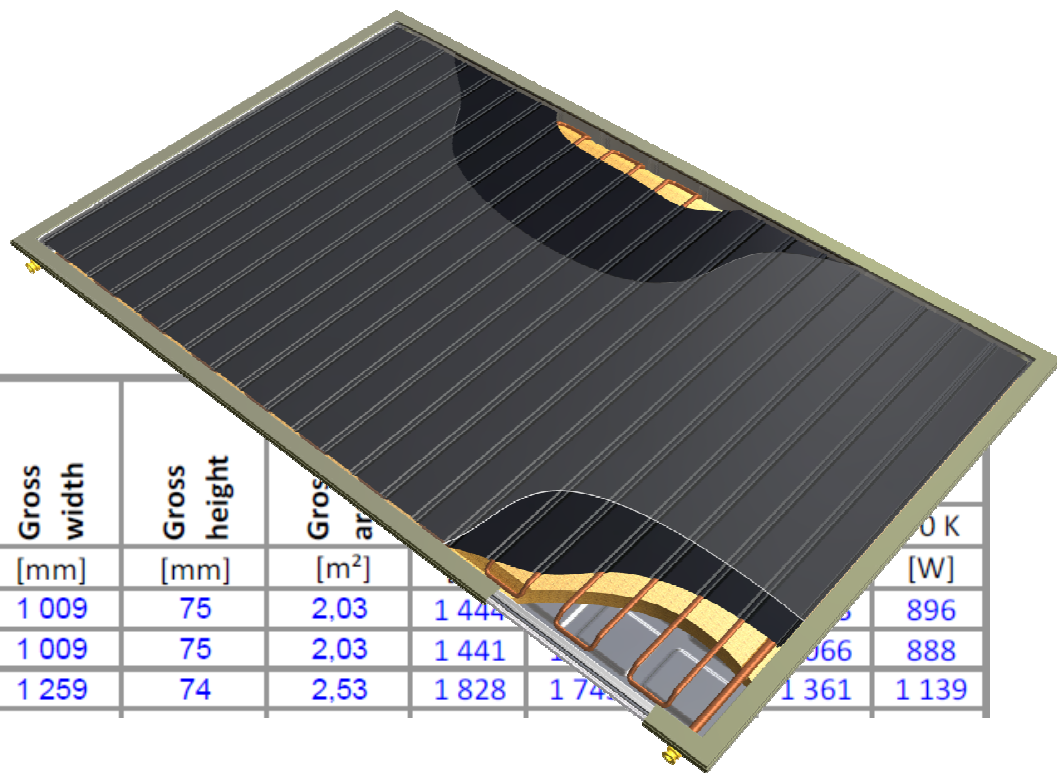


Typ ohřivače	Elektrický proud pro ohřev	Tepelné ztráty [kWh/24h]	Objem [l]	Hmotnost [kg]	Výška x průměr [mm]	Příkon AC spirály [kW]	Teplostěnná plocha výměníku [m²]	Jmenovitý tepelný výkon výměníku při teplotě topné vody 80°C a průtoku 720l/h [kW]
LX ACDC/M+K 100 A,B,C	AC+DC	0,88	95	58	881 x 524	2	1	24
LX ACDC/M+K 125 A,B,C	AC+DC	1,09	120	64	1046 x 524	2	1	24
LX ACDC/M+K 160 A,B,C	AC+DC	1,39	147	72	1235 x 524	2	1	24
LX ACDC/M+K 200 A,B,C	AC+DC	1,40	195	88	1287x584	2	1	24
LX ACDC/M + KW 200 A,B,C	AC+DC	1,40	195	88	1287x584	2	1	24*

- detailní model FV panelu
- uvažována optická charakteristika panelu (IAM)
- **není uvažováno s degradací** účinnosti FV panelu během let provozu
- uvažovány elektrické ztráty **2 %**
- uvažovány tepelné ztráty / zisky zásobníku TV
- max. teplota v zásobníku **85 °C** (doporučená 75 °C)
- AC těleso není zapojeno
- varianty:
 - MPPT on (se sledováním výkonového maxima)
 - MPPT off (bez sledování výkonového maxima, $R = 25 \Omega$)

PARAMETRY SOLÁRNÍCH TERMICKÝCH KOLEKTORŮ

2 kolektory x 2.26 m² = 4.52 m²



Collector name	Aperture area (Aa)	Gross length	Gross width	Gross height	Gross area	Gross volume	Gross weight	Gross power
	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ²]	[m ³]	[kg]	[W]
TS 300	1,78	2 009	1 009	75	2,03	1 444	1 444	896
TS 250	1,78	2 009	1 009	75	2,03	1 441	1 441	888
TS 500	2,26	2 009	1 259	74	2,53	1 828	1 742	1 139

Collector efficiency parameters related to <u>aperture area (Aa)</u> Type of fluid and flow rate see note 1		η_{0a}	0,809	-						
		a_{1a}	3,59	W/(m²K)						
		a_{2a}	0,011	W/(m²K²)						
Stagnation temperature - Weather conditions see note 2		tstg	196	°C						
Effective thermal capacity		Ceff = C/Aa	6,02	kJ/(m²K)						
Max. operation pressure - see note 3		pmax	600	kPa						
Incidence angle modifiers $K_{\theta}(\theta)$	G_{DIF}/G_{TOT}		θ_T / θ_L	50°	10°	20°	30°	40°	60°	70°
	min	max	$K_{\theta}(\theta_T)$	0,95	1,00	0,99	0,99	0,97	0,91	0,83
	0,12	0,12	$K_{\theta}(\theta_L)$	0,95	1,00	0,99	0,99	0,97	0,91	0,83

- **Zásobníkový ohřivač**

vodní objem **200 l**

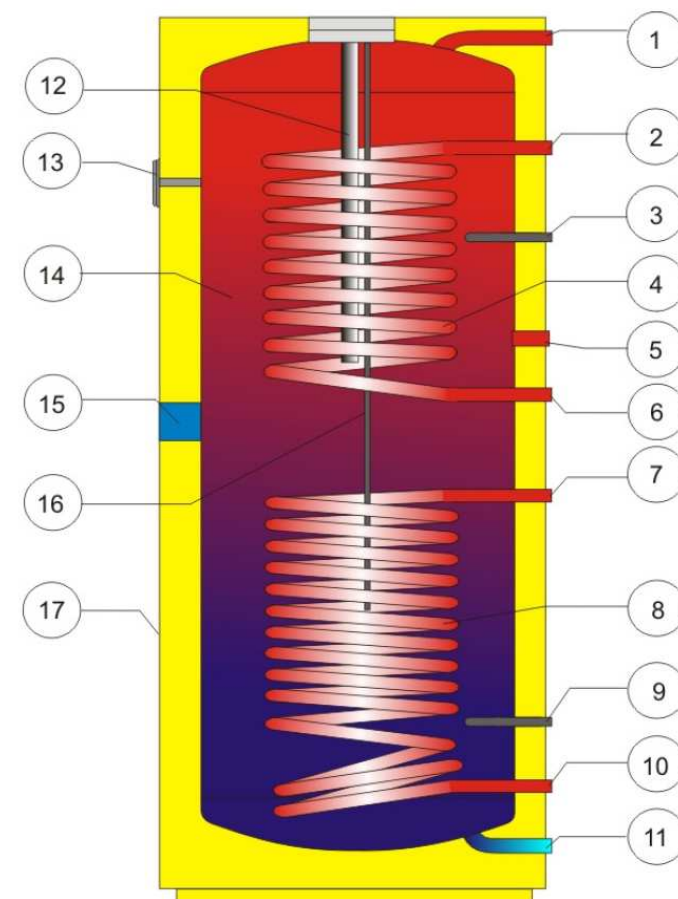
AC topné těleso 2,0 kW v horní části

denní tepelná ztráta **1,4 kWh/den** (pro 45 K)

rozměry

doporučená max. teplota v zásobníku **95 °C**

výměník tepla plocha **1 m²**



- detailní model solárního kolektoru, křivka účinnosti
- uvažována optická charakteristika panelu (IAM)
- uvažovány ztráty potrubí kolektorového okruhu (18x1 mm), délka 40 m
- uvažovány tepelné ztráty / zisky zásobníku TV
- max. teplota v zásobníku **85 °C**
- AC topné těleso není zapojeno
- uvažována spotřeba elektrické energie na pohon čerpadla 25 W

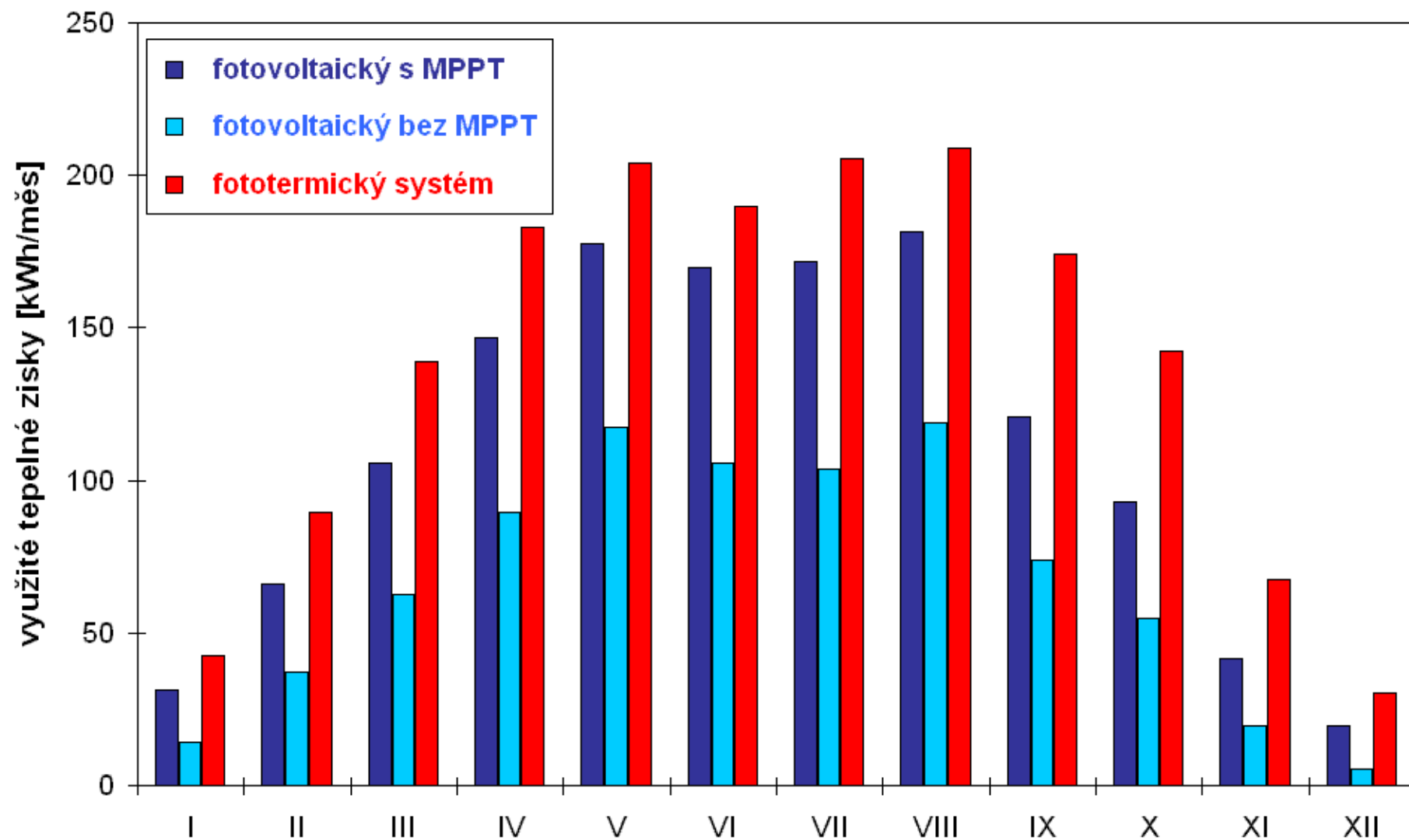
System	dohřev kWh/rok	využité zisky kWh/rok	solární podíl %
FV MPPT off	1964	803	29
FV MPPT on	1442	1325	48
FT	1090	1677	61

FV systém bez sledování výkonu

výrazně horší provoz oproti ideálnímu MPPT
(cca o 40 % nižší produkce)

FT systém s měrnými zisky **nad 370 kWh/m².rok**

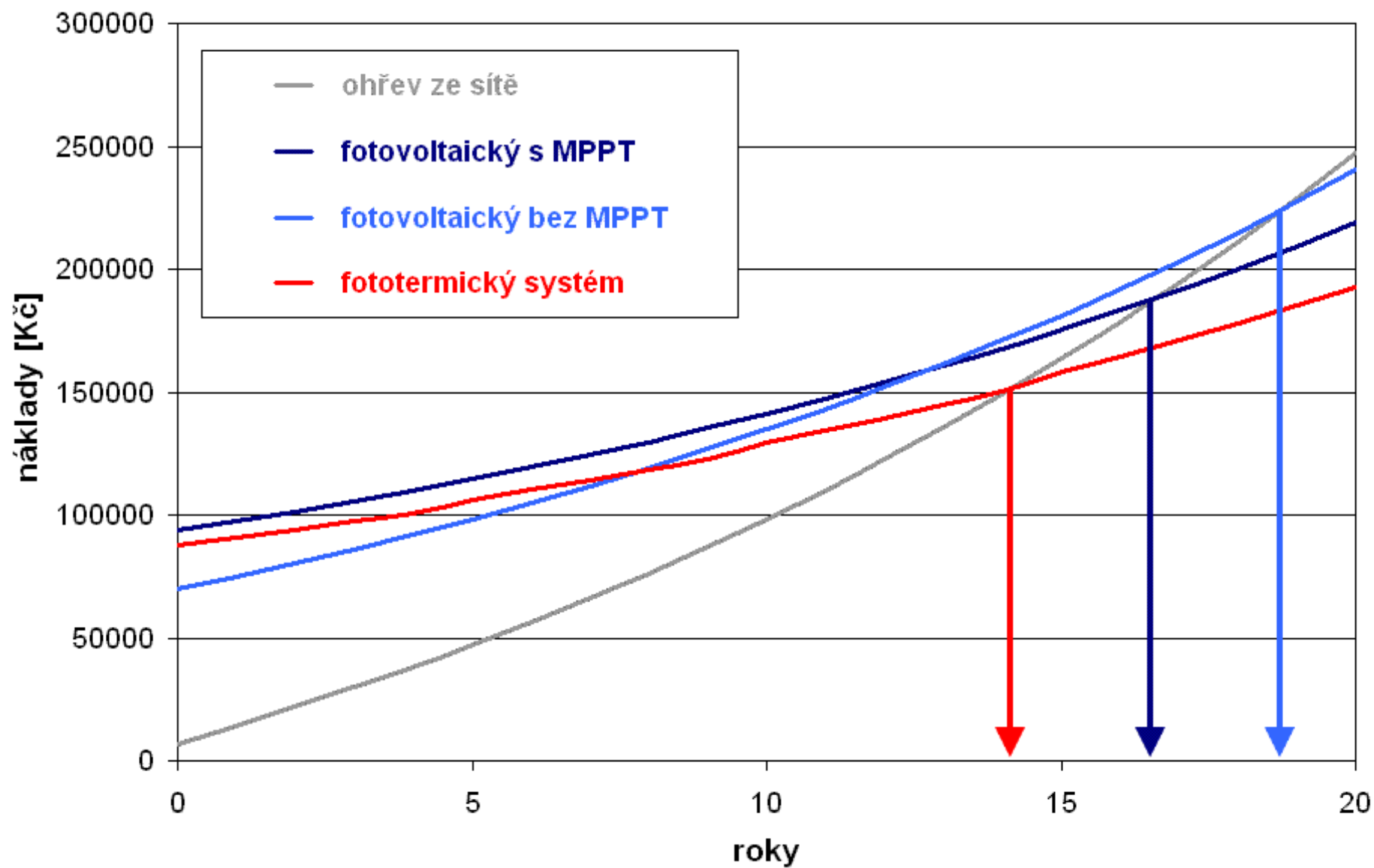
) PRŮBĚH ZISKŮ BĚHEM ROKU



- **FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY BEZ SLEDOVAČE** **65 tis. Kč**
 - FV panely, zásobník TV s DC tělesem, konstrukce na střechu, rozvaděč s ochranami, kabeláž 20 m 60 000 Kč
 - montáž 5 000 Kč (?)
- **FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY SE SLEDOVAČEM** **90 tis. Kč**
 - navíc regulátor s MPPT +25 000 Kč
- **FOTOTERMICKÝ OHŘEV VODY** **85 tis. Kč**
 - FT kolektory + příslušenství, nosná konstrukce, zásobník TV, čerpadlová skupina, regulátor, kapalina, potrubí, izolace 70 000 Kč
 - práce (elektro, instalace, doprava) 15 000 Kč

- **cena energie**
 - cena elektřiny uvažována 2.5 Kč/kWh
 - roční růst ceny 5 %
- **cena vložených prostředků**
 - vlastní finance v bance s úrokem 0.1 %
- **ostatní**
 - FT systém: po 5 letech výměna kapaliny
 - FT systém: započtení spotřeby elektřiny na pohon čerpadla

Ekonomické porovnání

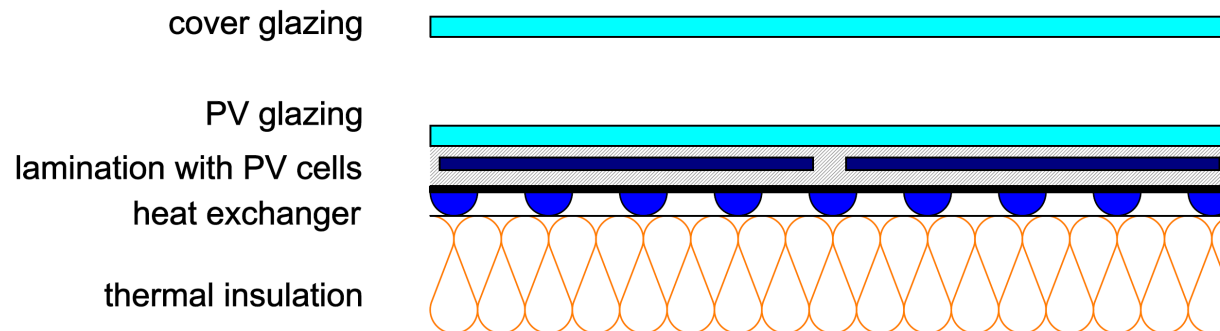


- **provoz při současném provozu AC topného tělesa (v obou systémech)**
 - v provozu pod 45 °C
 - snížení využitelnosti zásobníků
- **vylepšení modelů**
 - zahrnutí degradace u FV
 - optimální zátěž (odpor) pro zvýšení využití u MPPT off
 - ještě podrobnější model pro FT kolektor (kapacita, náběh na teplotu)
- **statistické zpřesnění nákladů, více nabídek**
 - FV systém: montáž FV (střecha, elektro, doprava) za 5000 Kč?

A co kombinovaný kolektor?
HYBRIDNÍ FOTOVOLTAICKO-TEPELNÝ
SOLÁRNÍ KOLEKTOR

- **produkce tepla a elektřiny z jedné plochy**

zvýšení energetického potenciálu střech a fasád



- **silikonová laminace**

- teplotní odolnost, UV odolnost
- vysoká propustnost
- trvale pružná (gel), nízký modul pružnosti
- tepelně vodivá

vysoké teploty v kolektoru

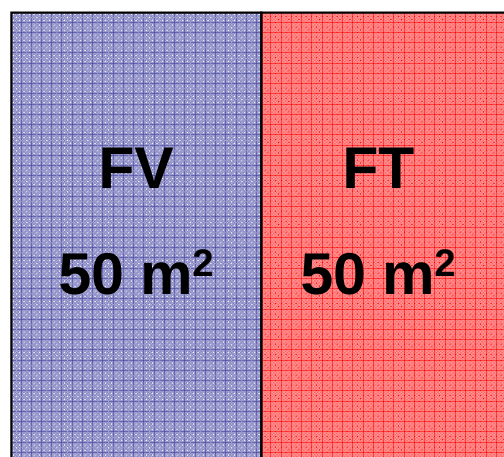


aplikovaný vývoj UCEEB pro komerční využití

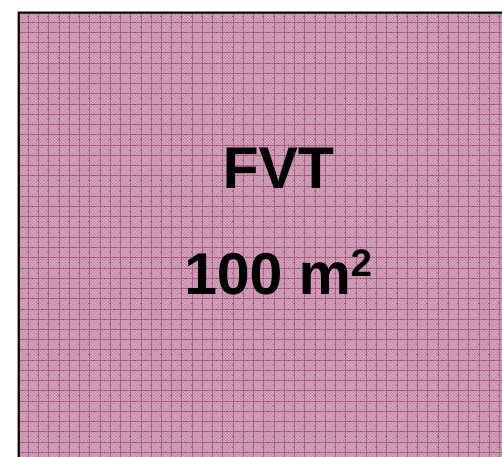
zařízení pro silikonovou laminaci FV článků pro FVT kolektory (UCEEB)

patentované řešení levného plochého solárního tepelného kolektoru

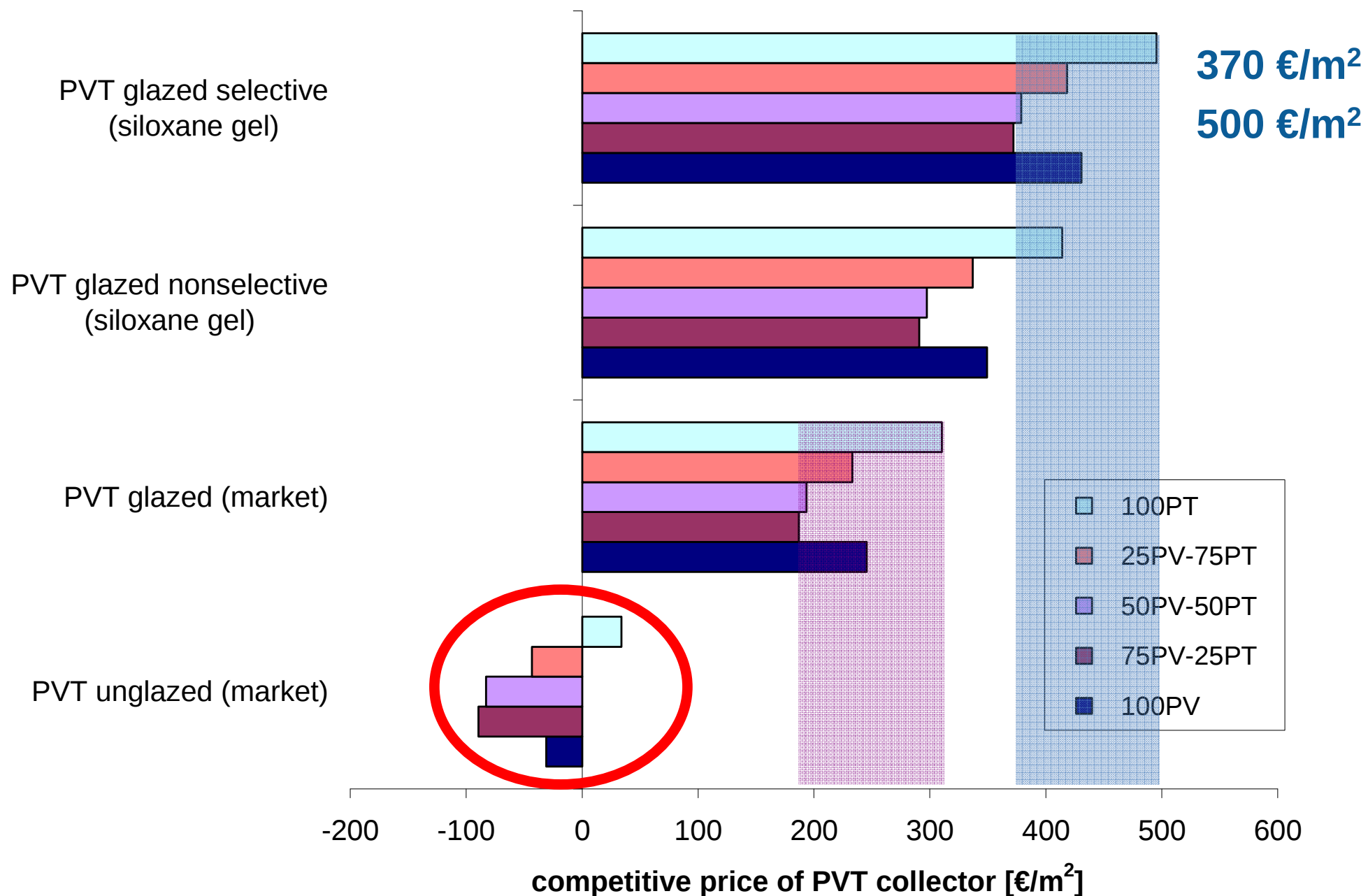
- případová studie pro bytový dům
- cíl: určení **konkurenceschopné ceny**
- porovnání s oddělenou instalací FV a FT kolektorů
- různé poměry mezi FV a FT technologií
- současné ceny technologií, současné ceny tepla a elektřiny



7.5 MWh_e
31.1 MWh_t



12.4 MWh_e
46.3 MWh_t





Úvod

Pozvání

Obecné informace

Hlavní témata

Program konference

Doprovodný program

Registrace účastníka

Registrace abstraktu

Zaslání příspěvků

Přihlášené příspěvky

Partneři konference

Organizační výbor

Sekretariát

Konference Alternativní zdroje energie 2014

s podtitulem

Obnovitelné zdroje energie pro budovy zítřka



1. až 3. července 2014, Kroměříž



Konferenci pořádá odborná sekce Alternativní zdroje energie Společnosti pro techniku prostředí ve spolupráci s Československou společností pro sluneční energii (ČSSE), členem ISES.



tomas.matuska@uceeb.cz