

# Možnosti řešení kombinovaného systému TEPELNÉ ČERPADLO – SOLÁRNÍ SOUSTAVA

**Bořivoj Šourek**

Československá společnost pro sluneční energii (ČSSE)

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Česká republika

[info@solarnispolecnost.cz](mailto:info@solarnispolecnost.cz)



# Proč **nekombinovat** SOLAR+TČ

- **ekonomika**
  - cena elektrické energie spotřebovávané tepelným čerpadlem ca 2,2 Kč/kWh
  - při topném faktoru 3 je cena dodaného tepla 0,73 Kč/kWh
  - návratnosti solárních soustav u RD pro ceny elektřiny 2,2 Kč/kWh se pohybují mezi 14 a 20 lety (bez dotace)
  - při kombinaci s TČ se výrazně prodlouží (až 3×)

# Proč kombinovat SOLAR+TČ?

- **solární soustavy**
  - (-) nejsou stabilním zdrojem tepla
  - (-) potřebují dodatekový zdroj – obnovitelný
  - (+) mají vysoké COP > 50
- **tepelná čerpadla**
  - (+) stabilní zdroj tepla
  - (-) spotřeba elektrické energie
  - (-) problematické z hlediska využití primární energie
    - **společná investice do zásobníku, montáže**

**kombinací lze dosáhnout vyšší efektivity využití primární energie při stabilní dodávce tepla**

# Proč kombinovat SOLAR+TČ?

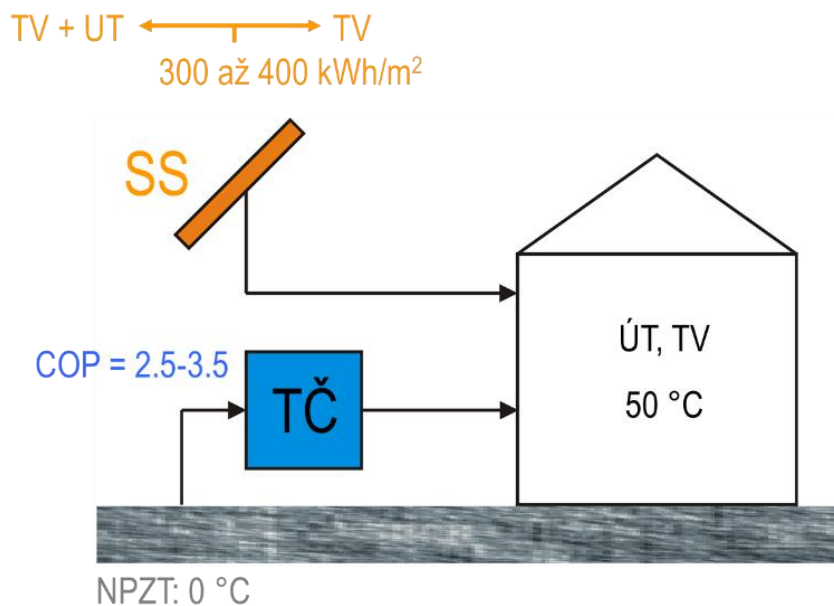
- Roste tlak na racionální využití el. energie
- Štítkování zařízení a soustav podle spotřeby primární energie
  - Nehospodárné soustavy by se v domech vůbec neměly objevit
- Prodloužení doby životnosti TČ
  - kratší doba běhu v letních měsících

# Možnosti kombinace SOLAR+TČ

- **paralelní**
  - solární soustava a tepelné čerpadlo dodávají teplo do stejného odběru
- **sériová**
  - solární soustava dodává teplo do primáru tepelného čerpadla
- **sérioparalelní kombinace**
  - priorita využití solárního tepla na sekundáru (odběru)
  - přebytky do primáru, příp. regenerace zemních vrtů

# Paralelní kombinace (oddělené řešení)

- dva vzájemně nezávislé zdroje tepla
- solární soustava prioritní pro dodávku tepla
  - menší spotřeba el. energie
- tepelné čerpadlo
  - ve funkci záložního zdroje tepla

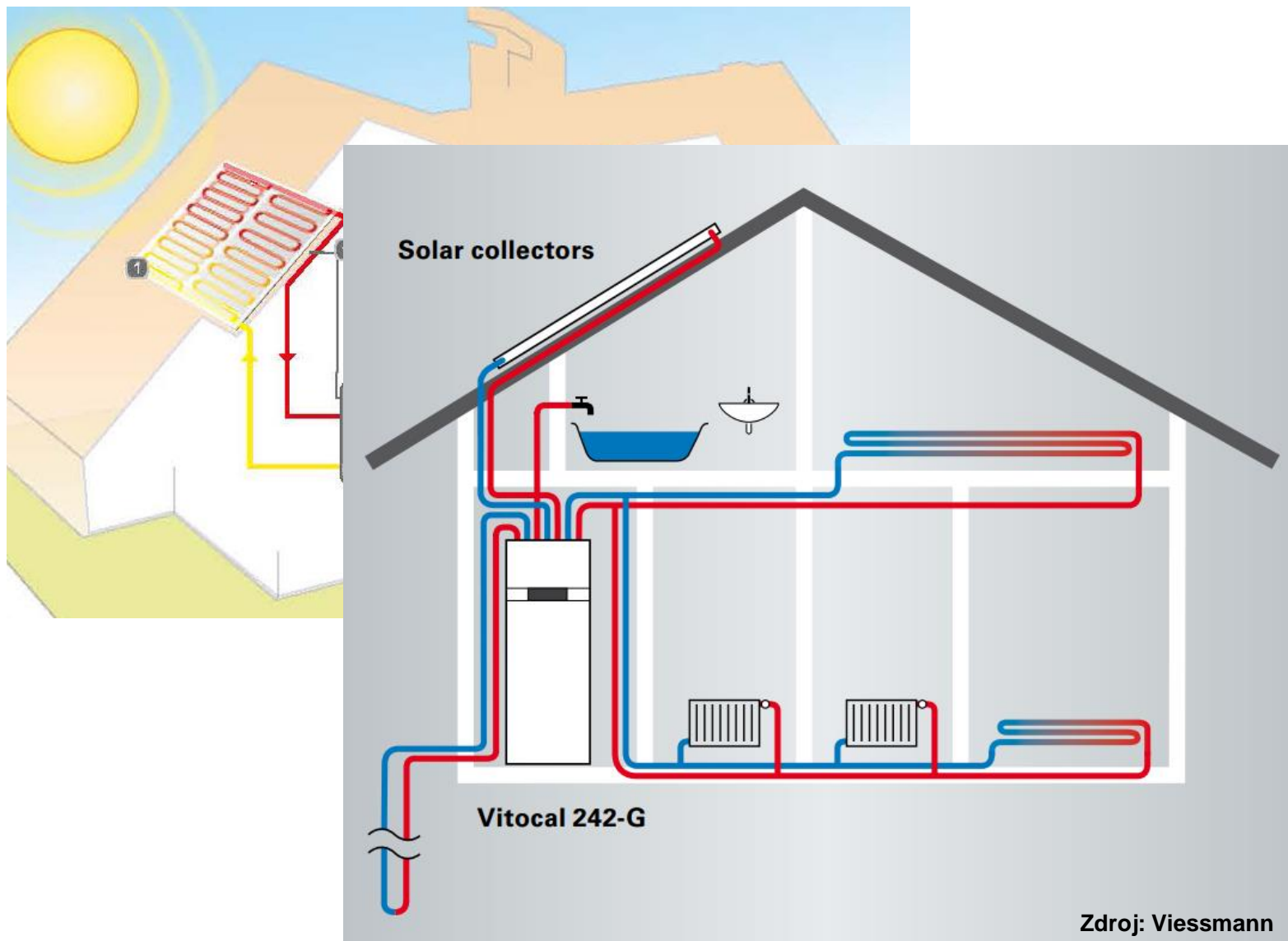


## Paralelní kombinace (oddělené řešení)

- (-) navzájem energeticky nespolupracují – kombinací nezvyšují svou účinnost (naopak)
- (-) navzájem si „kradou“ úspory (**konkurenční provoz**)
  - např. vzduch-voda × solár: oba maxima výkonu a účinnosti v létě  
oba minima výkonu a účinnosti v zimě
- (-) kombinace dvou úsporných opatření pro jeden účel
- (-) zhoršení návratnosti obou opatření

**Jsou běžně dostupné na trhu – většina firem co má v nabídce TČ i solární kolektory nabízí předpřipravená schémata zapojení**

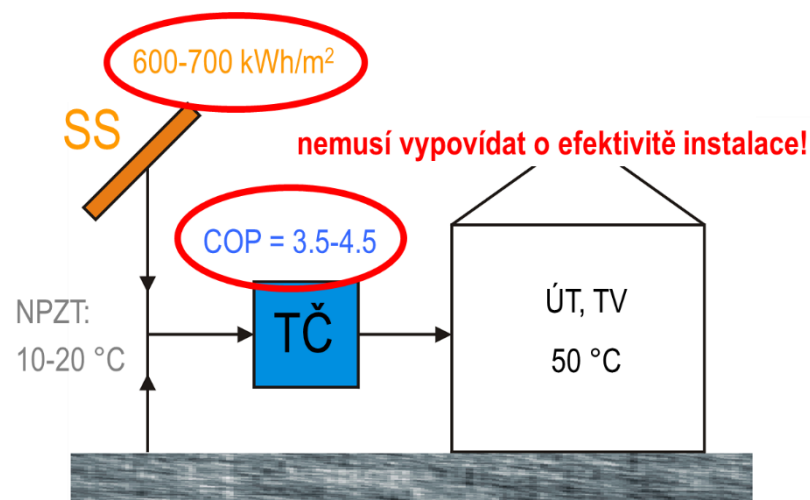
# Paralelní kombinace (oddělené řešení)





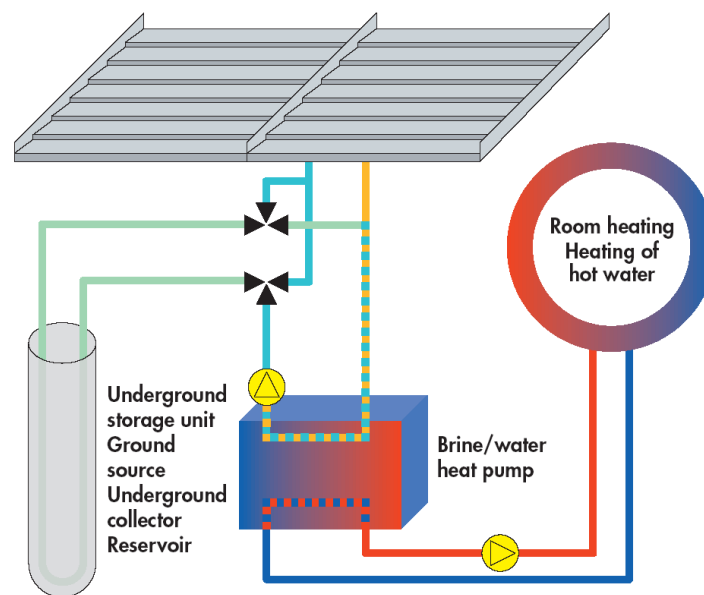
# Sériová kombinace (synergické řešení)

- solární soustava jako primární okruh tepelného čerpadla = **solárně podpořené tepelné čerpadlo**, přečerpávání solárních zisků (a energie venkovního prostředí)
- dva vzájemně se ovlivňující zdroje tepla za účelem dosažení vyšší účinnosti
- **solární soustava**: provoz za nízkých teplot = vysoké zisky i při nízké úrovni slunečního záření
- **tepelné čerpadlo**: provoz za vyšších teplot primárního zdroje tepla = vyšší topný faktor



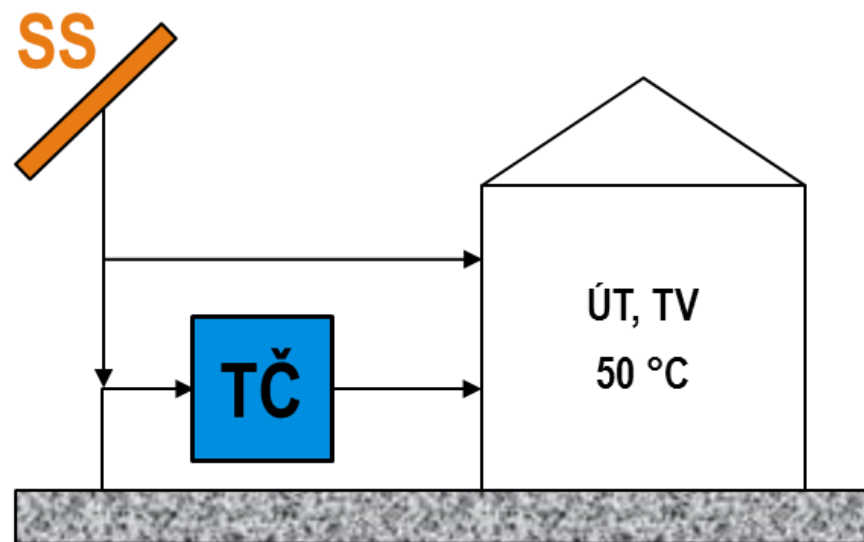
# Sériová kombinace (synergické řešení)

## TČ + absorpční stěna/střecha



- energetické stěny, střechy
- využití slunečního záření, energie vzduchu, kondenzace vlhkosti
- **Vyžaduje pečlivý návrh plochy kolektorového pole vs. výkon, resp. potřeba tepla TV + VYT**

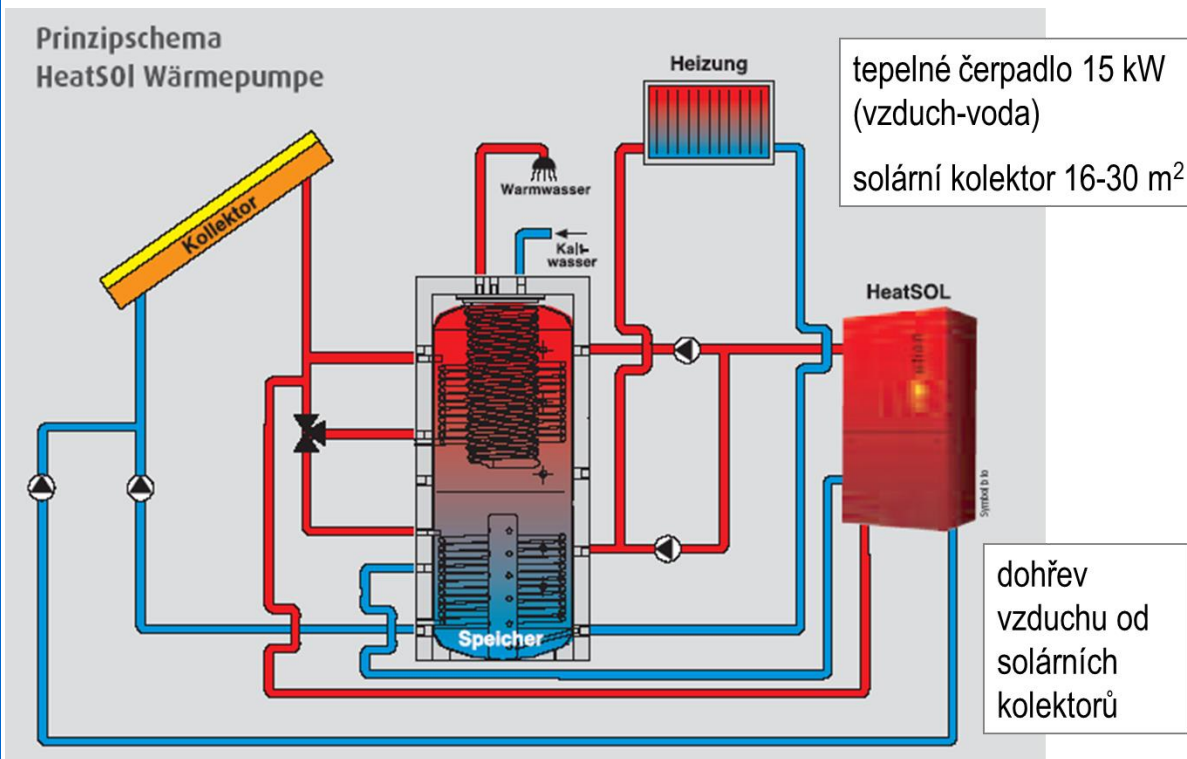
# Sérioparalelní kombinace



- priorita využití solárního tepla na sekundáru
- přebytky do primáru TČ, příp. regenerace zemních vrtů

# Sérioparalelní kombinace

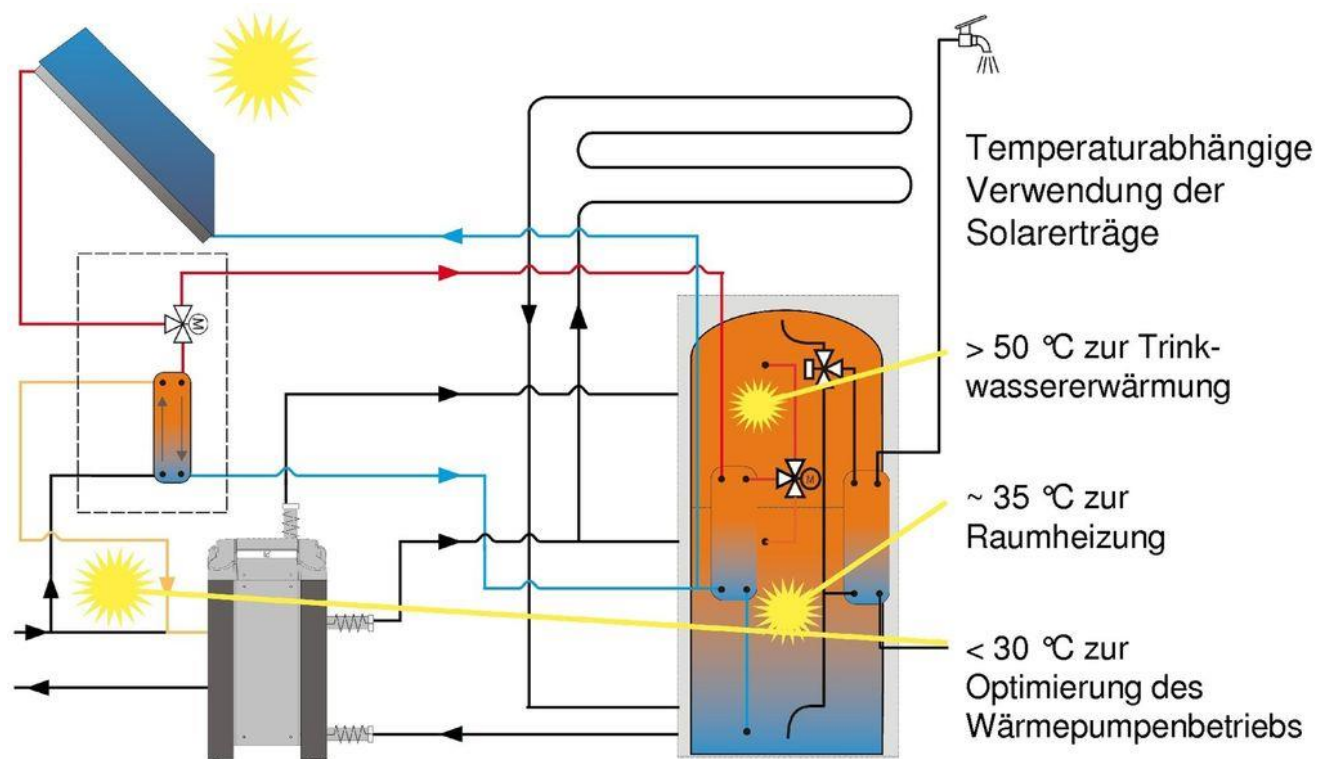
## Solární kolektor v primárním okruhu



- Vyžaduje pečlivý návrh plochy kolektorového pole vs. výkon, resp. potřeba tepla TV + VYT

# Sérioparalelní kombinace

## Solární kolektor v primárním okruhu

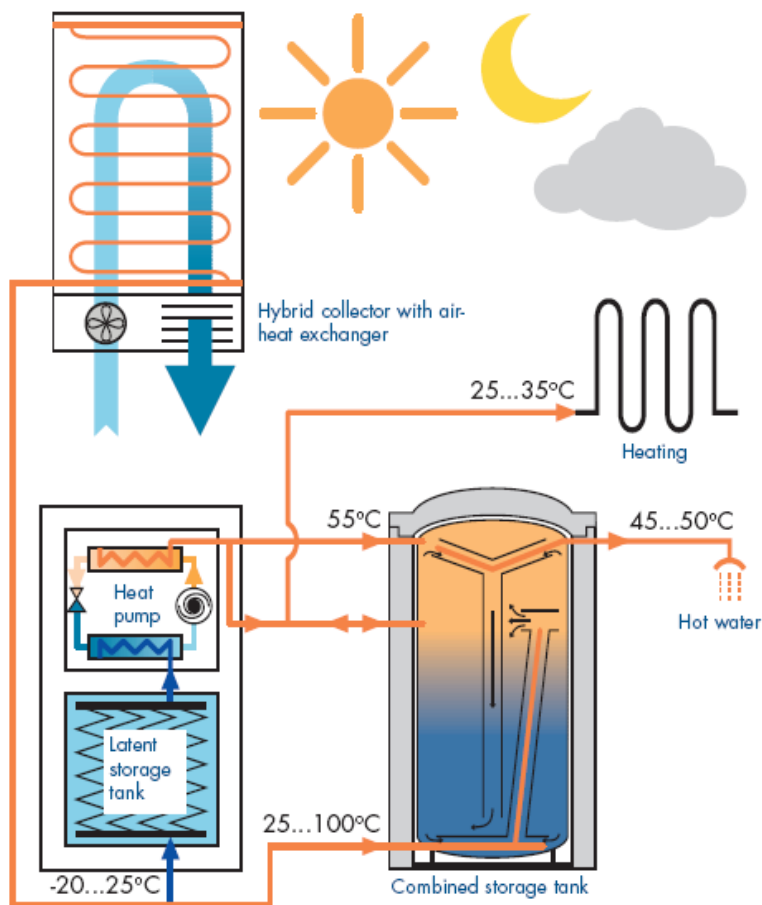


Zdroj: IDM-Energiesysteme

- Vyžaduje pečlivý návrh plochy kolektorového pole vs. výkon, resp. potřeba tepla TV + VYT

# Sérioparalelní kombinace

... v kombinaci s akumulací do ledu



- teplo z kolektoru podle teploty z kolektorů
  - do kombinovaného zásobníku pro přímé využití
  - do zásobníku skupenského tepla (led) pro nepřímé využití tepelným čerpadlem

tepelné čerpadlo 5-7 kW

hybridní kolektor 20-25 m<sup>2</sup>

# Sérioparalelní kombinace – ve velkém



Zdroj: Bösch

# Sérioparalelní kombinace – ve velkém



Zdroj: Bösch



# Sérioparalelní kombinace – ve velkém



Zdroj: Bösch

# Sérioparalelní kombinace – ve velkém

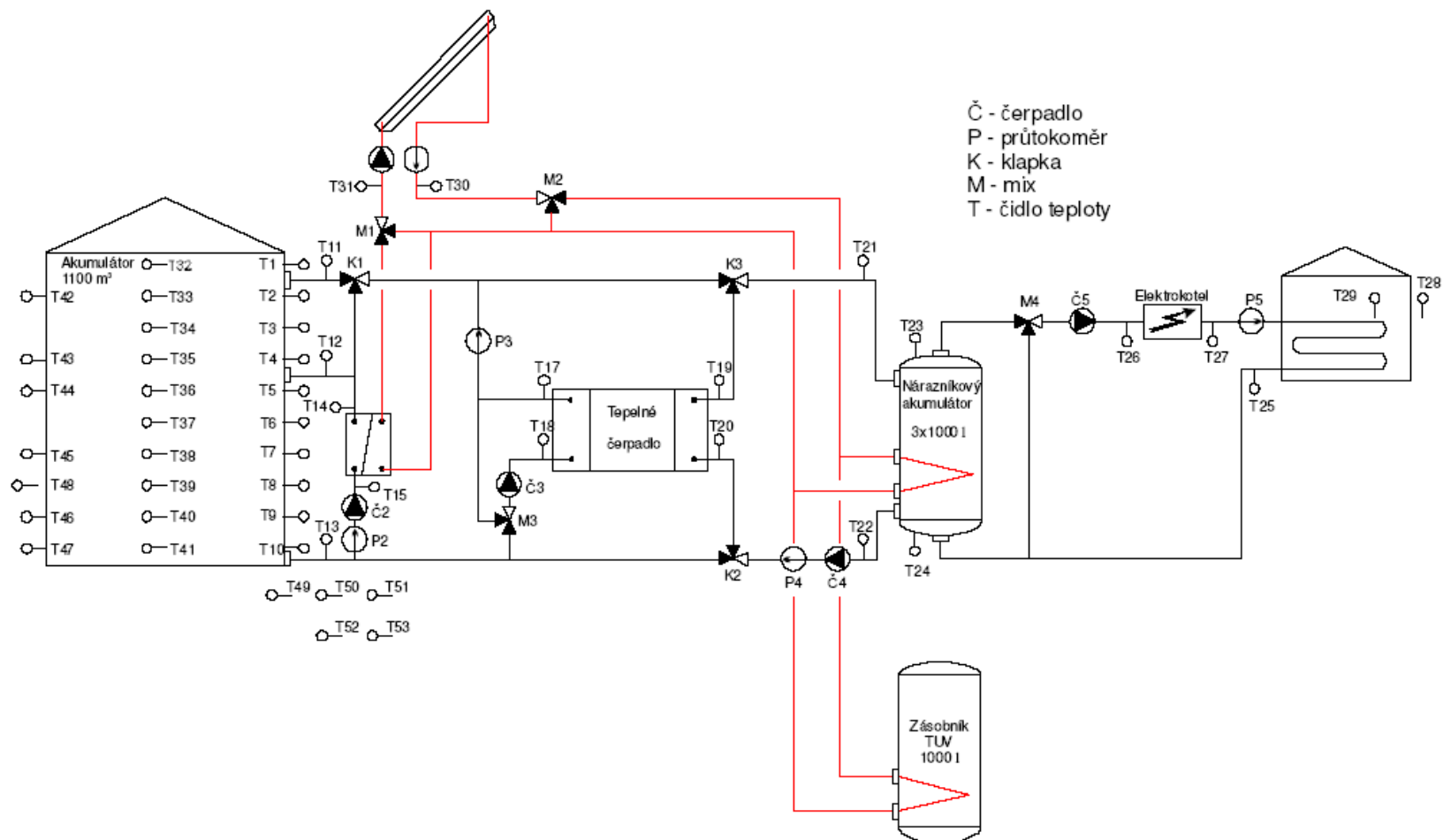
## DSP Slatiňany: TČ + solární soustava

- solární kolektory: **148 m<sup>2</sup>**
- sezónní zásobník: **1100 m<sup>3</sup>**
- tepelné čerpadlo **37 kW**, záloha **5 x 7,5 kW**



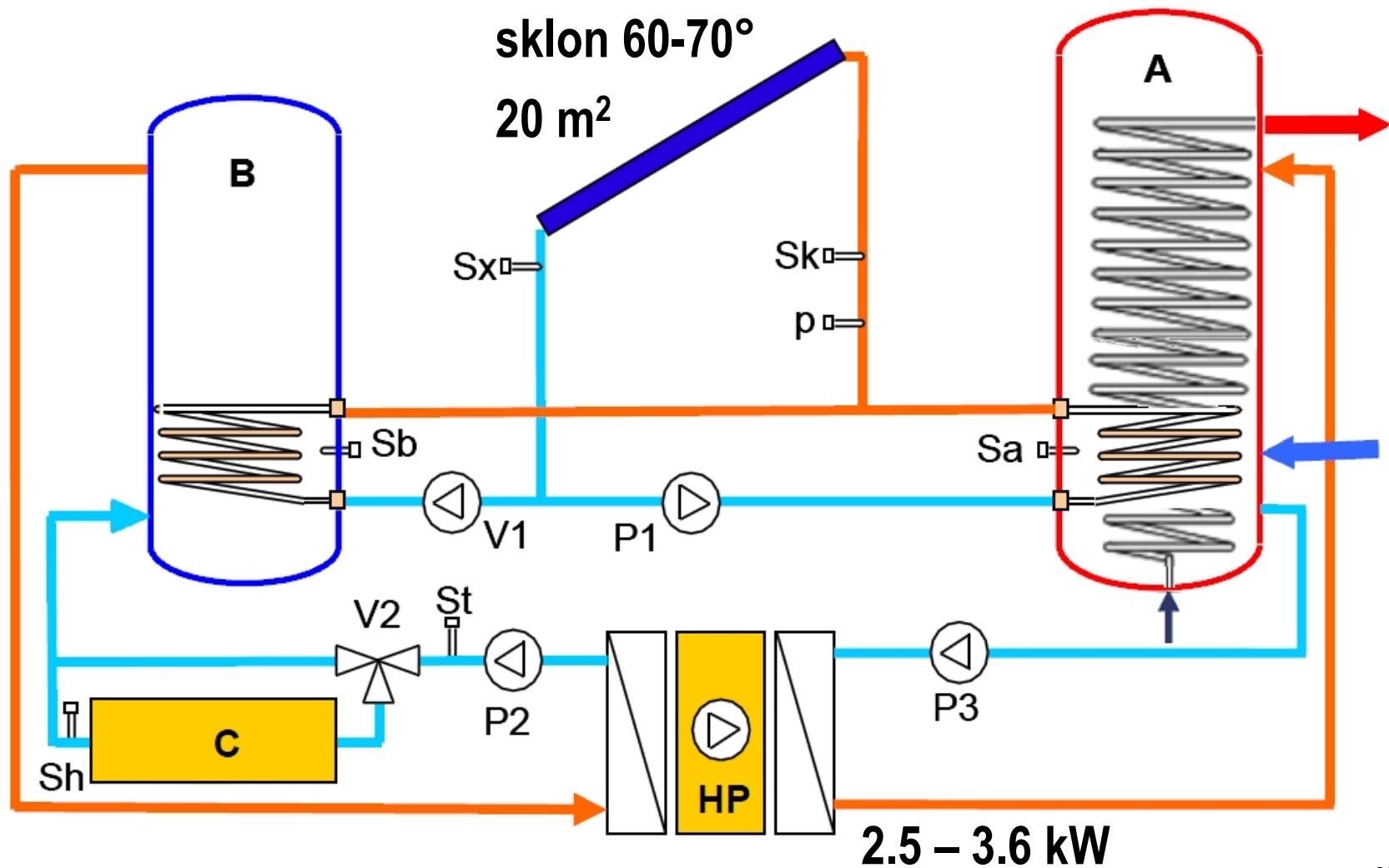
# Sérioparalelní kombinace – ve velkém

## DSP Slatiňany: schéma zapojení



# Sérioparalelní kombinace

## Solar DUO Plus (Thermosolar)



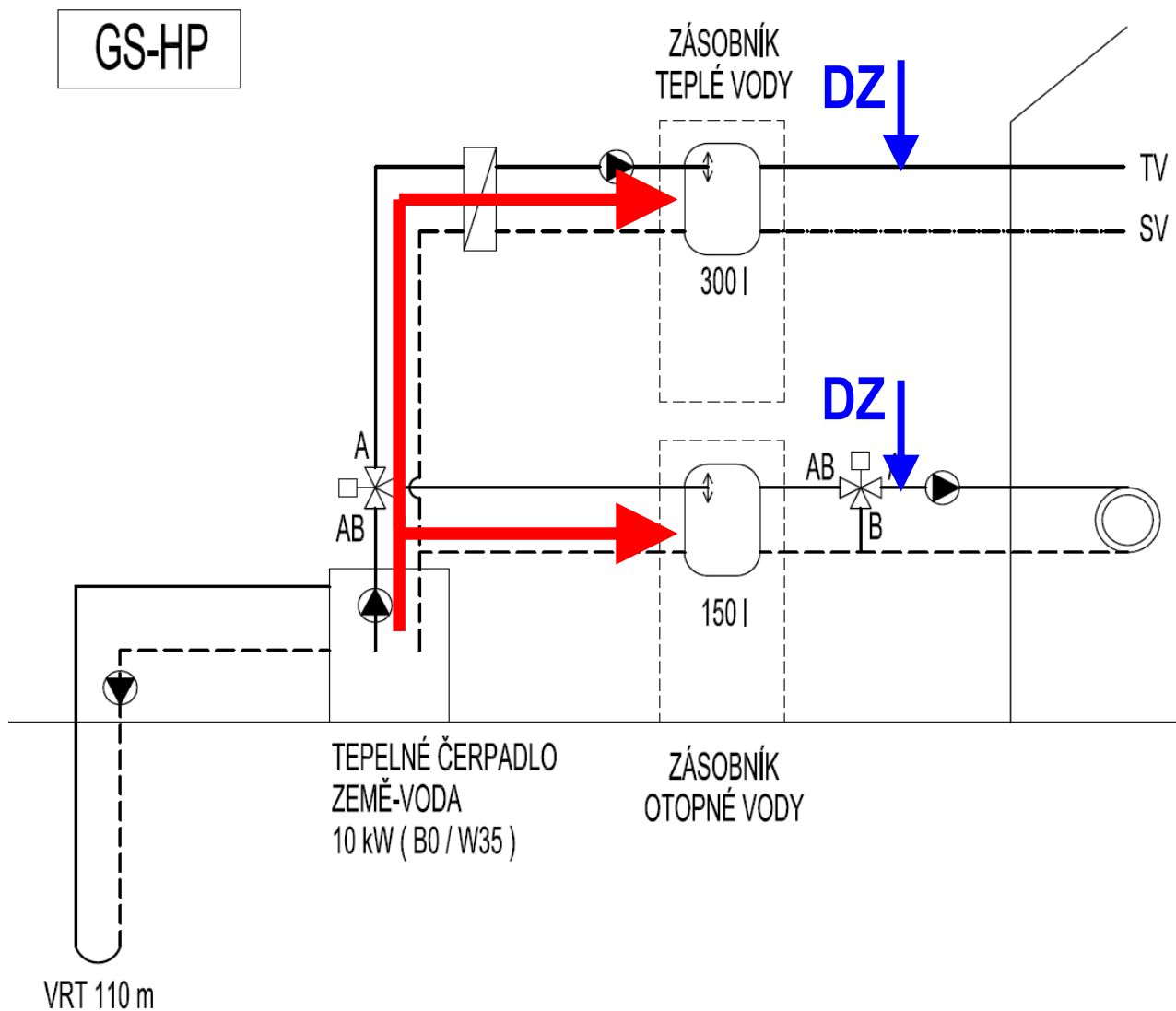
# Analýzy

- paralelní a sériové kombinace
- kombinace s FV
- kombinace s hybridními FVT kolektory

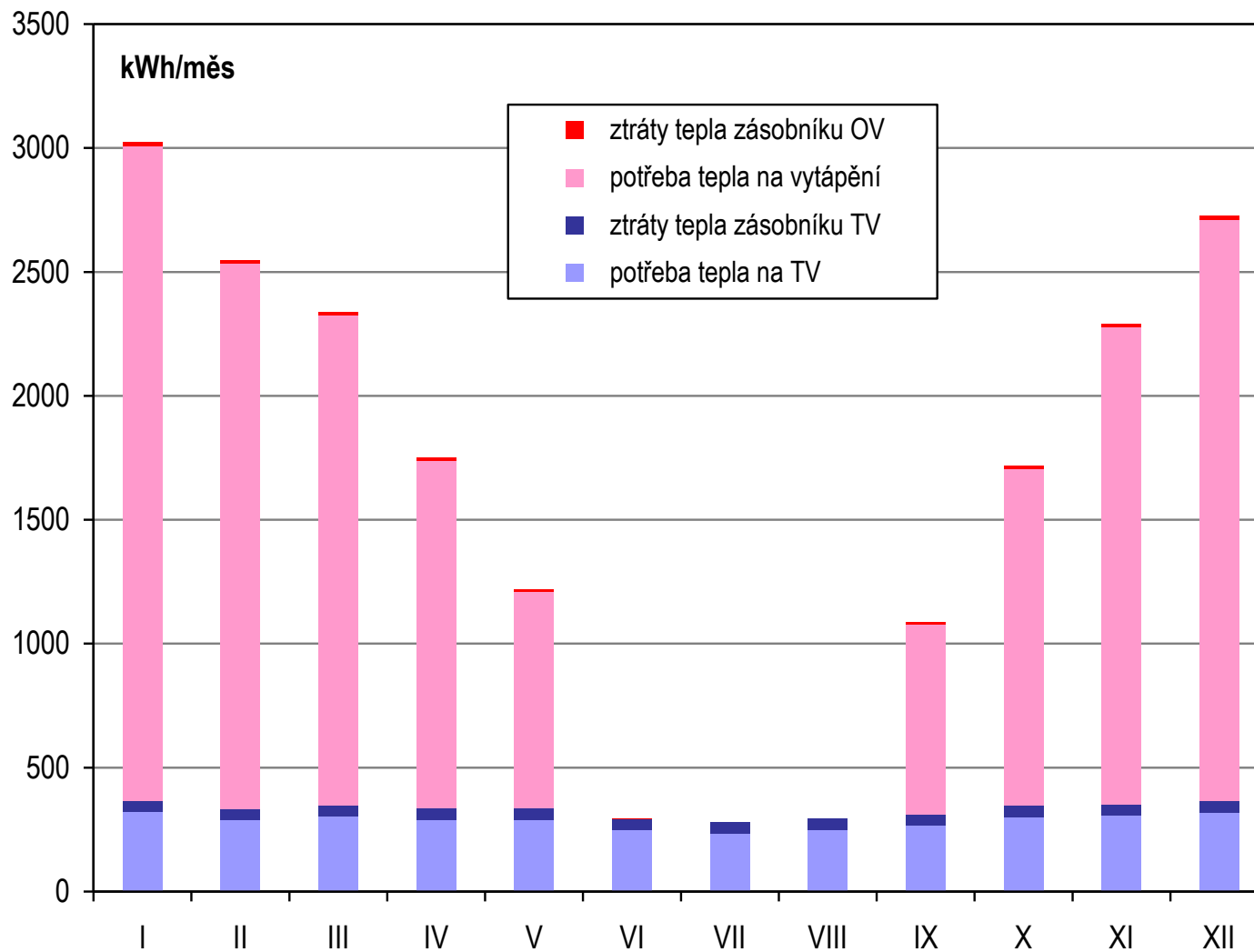
# Popis rodinného domu

- **vytápění**
  - tepelná ztráta 8,5 kW (-12 °C)
  - potřeba tepla na vytápění 15 550 kWh/rok (100 kWh/m<sup>2</sup>.rok), TMY Praha
  - otopná soustava 40/30 °C
- **teplá voda**
  - 4 osoby, 50 l/os.den
  - teplota teplé vody 55 °C, teplota studené vody 15 °C
  - potřeba tepla na ohřev vody 3 400 kWh/rok (**18 %** z celkové potřeby)
- **tepelné čerpadlo země-voda**
  - výkon 10 kW,  $COP = 4,5$  při B0/W35
  - vrt délky 110 m, návrh podle doby proběhu 2200 h

# Základní varianta soustavy – pouze TČ

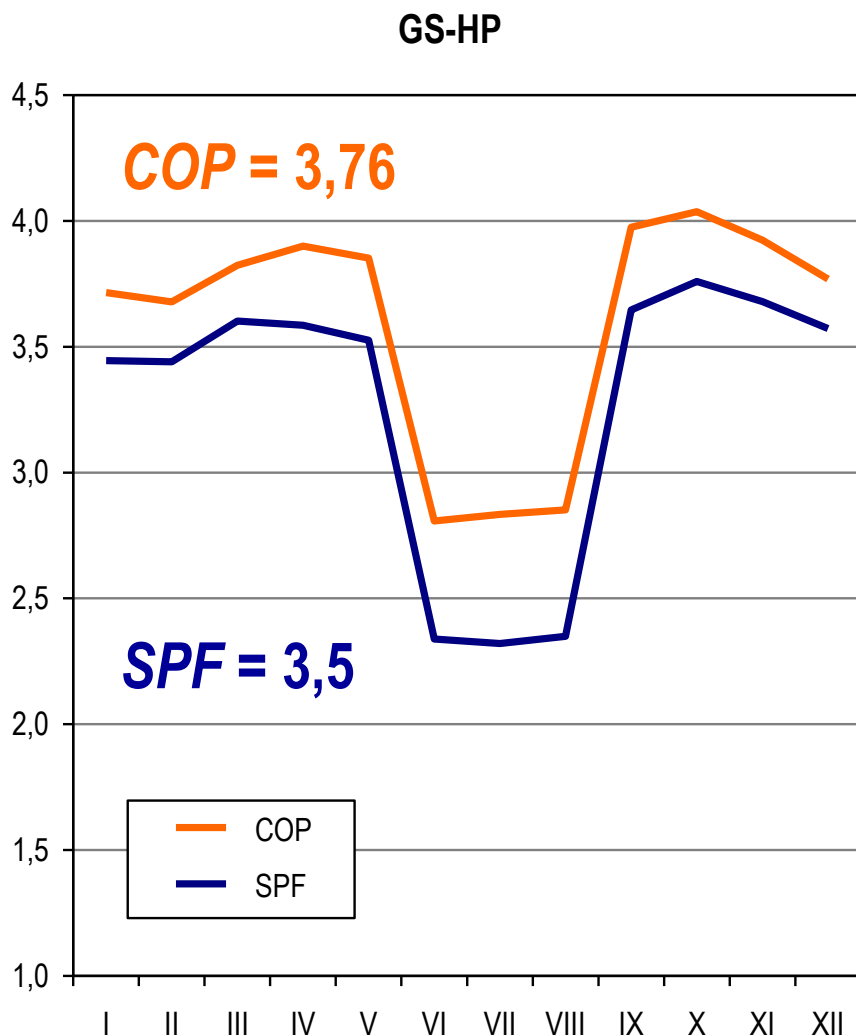


# Energetická bilance





# Výsledky pro základní variantu



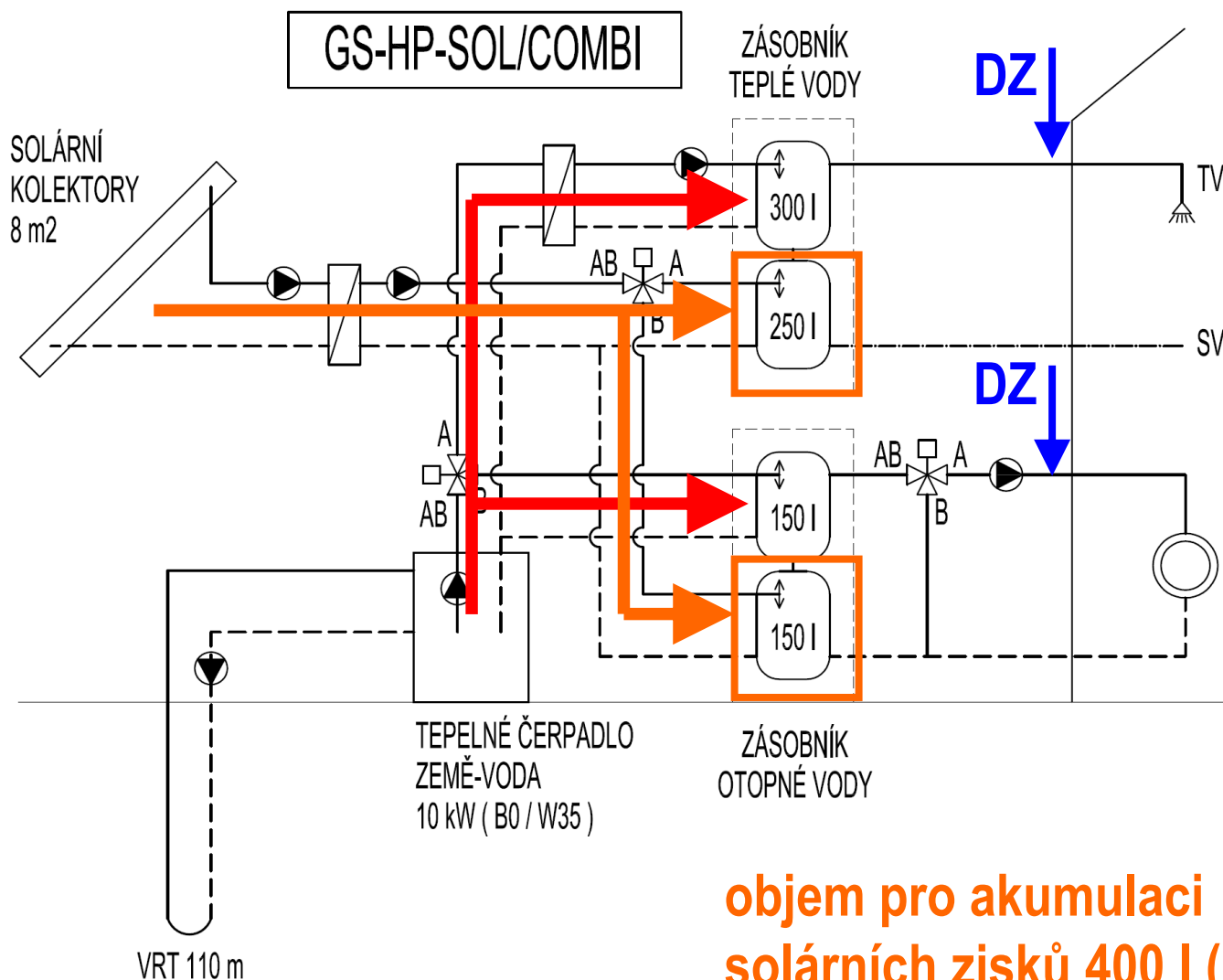
*COP* vytápění = 4,4

*COP* teplá voda = 2,7

soustava splňuje minimální  
*SPF* = 3,5 (EN 15450)

jak splnit cílovou hodnotu  
*SPF* = 4,0?

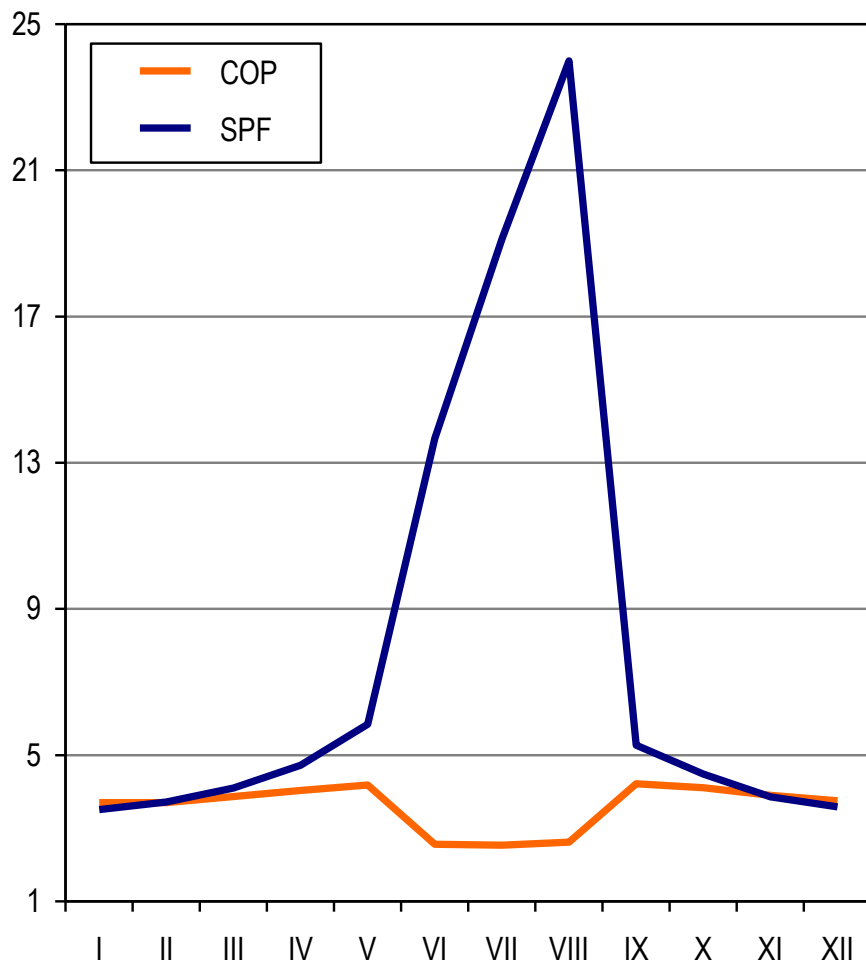
# Solární kombinovaná soustava s TČ – paralelní zapojení



**objem pro akumulaci  
solárních zisků 400 l (50 x 8 m<sup>2</sup>)**

# Výsledky

GS-HP-SOL/COMBI



**COP = 3,85**

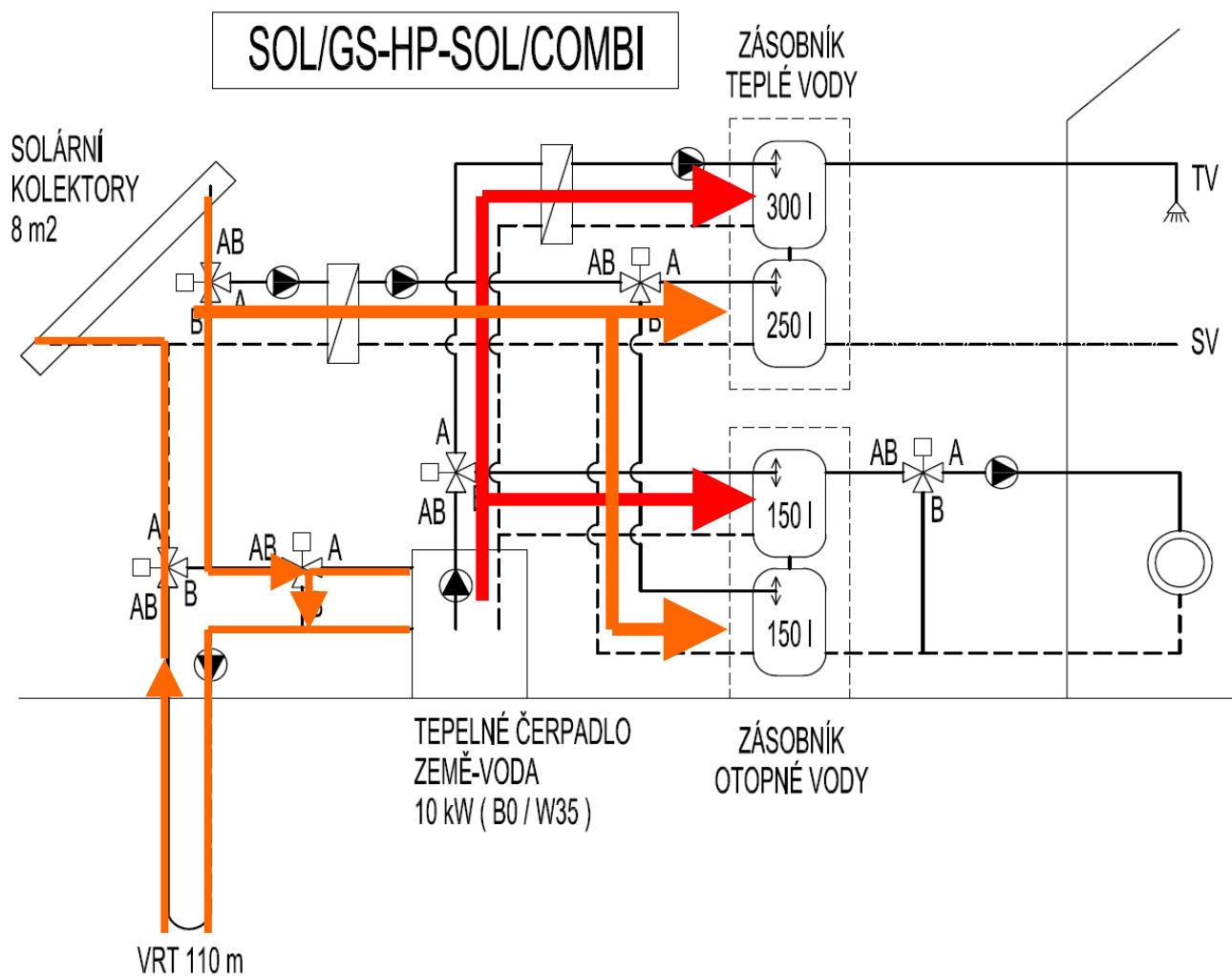
**SPF = 4,15**

solární soustava přebírá letní přípravu TV

minimalizace dodávky tepla tepelným čerpadlem v letním období

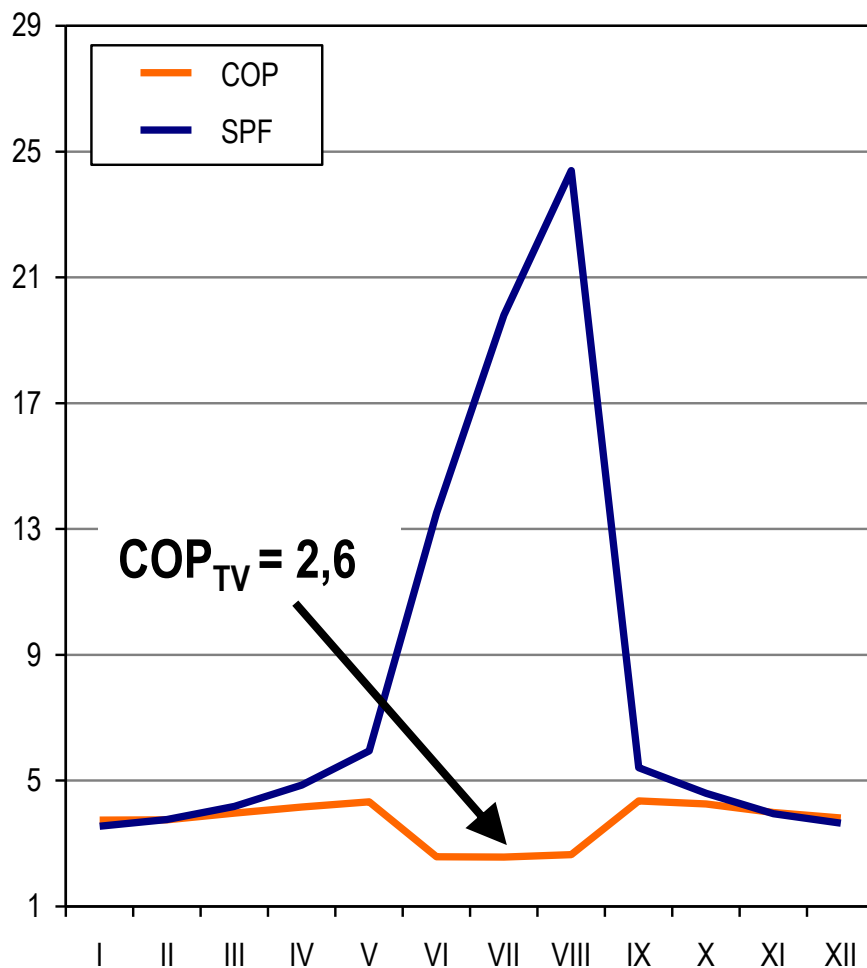
snížení spotřeby elektrické energie soustavy

# Přebytky pro regeneraci vrtu – sérioparalelní zapojení



# Přebytky pro regeneraci vrtu

SOL/GS-HP-SOL/COMBI



**COP = 3,93 (3,85)**

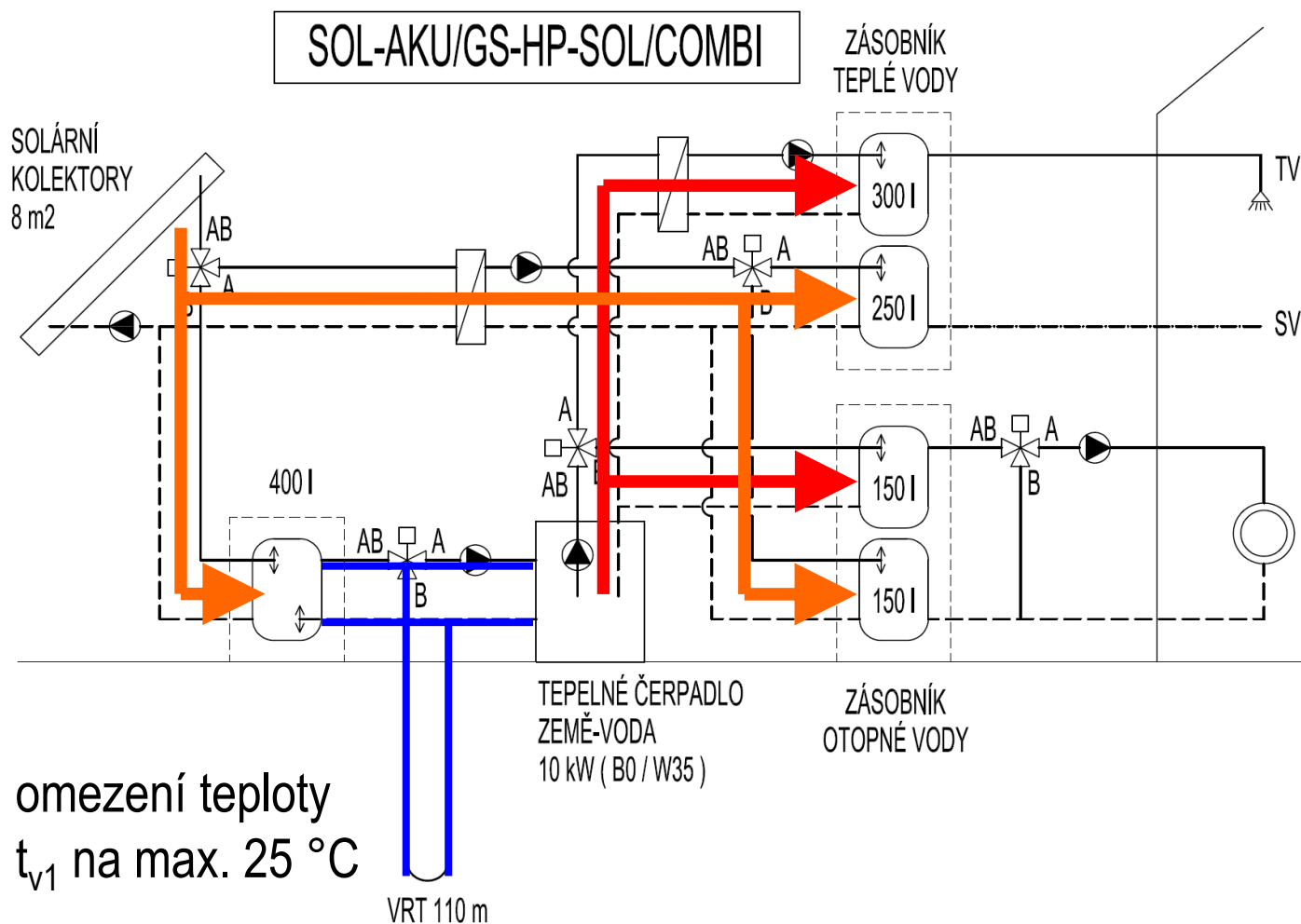
**SPF = 4,23 (4,15)**

regenerace vrtů nebo  
předehřev výstupu z vrtů  
solárním teplem pomáhá jen  
málo ...

# Proč?

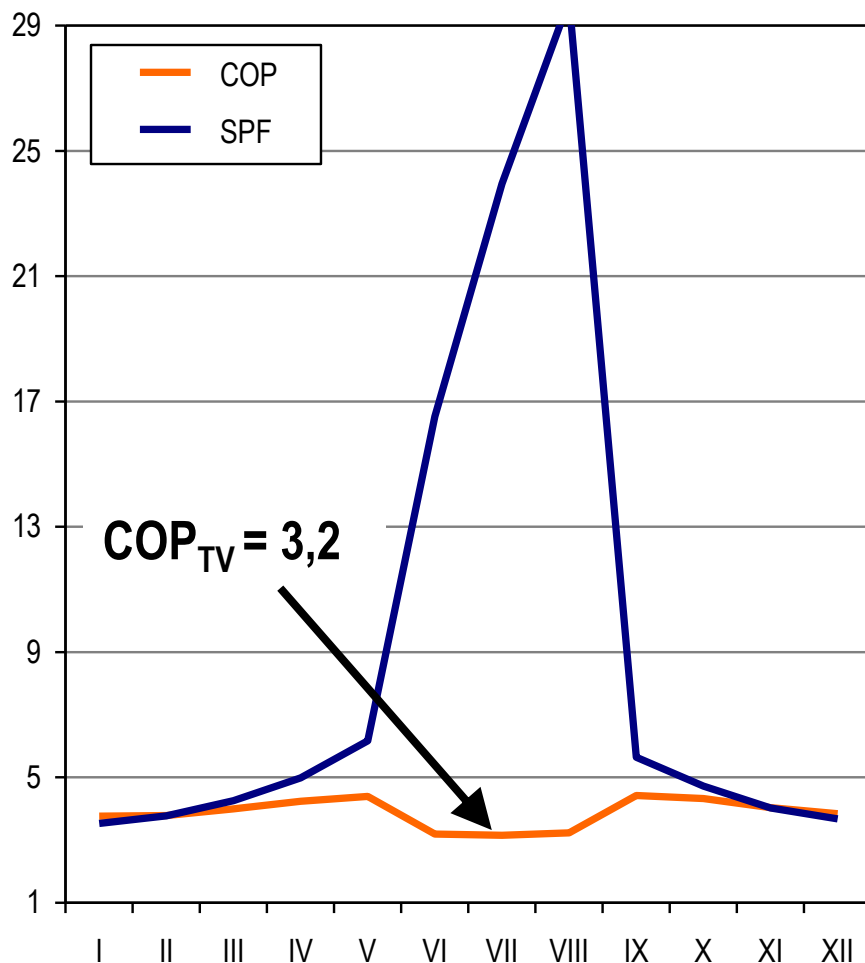
- 8 m<sup>2</sup> při 500 W/m<sup>2</sup> ~ 3 kW
- průtok na primární straně tepelného čerpadla 10 kW: 2.2 m<sup>3</sup>/h
- ohřátí kapaliny v primárním okruhu: 1.2 K
- změna COP pro  $t_{k2} = 35 \text{ °C}$ ?
  
- COP<sub>1</sub> = 4.11
- COP<sub>2</sub> = 4.28  
zvýšení COP o 1.5 desetiny
  
- ukládání tepla do vrtu
  - u solitérního vrtu nemá smysl, teplo se ztrácí
  - u pole vrtů je možná akumulace (účinnost ca 20 %)

# Akumulace na primární straně TČ – sérioparalelní zapojení



# Akumulace na primární straně TČ

SOL-AKU/GS-HP-SOL/COMBI



**COP = 3,98 (3,85)**

**SPF = 4,29 (4,15)**

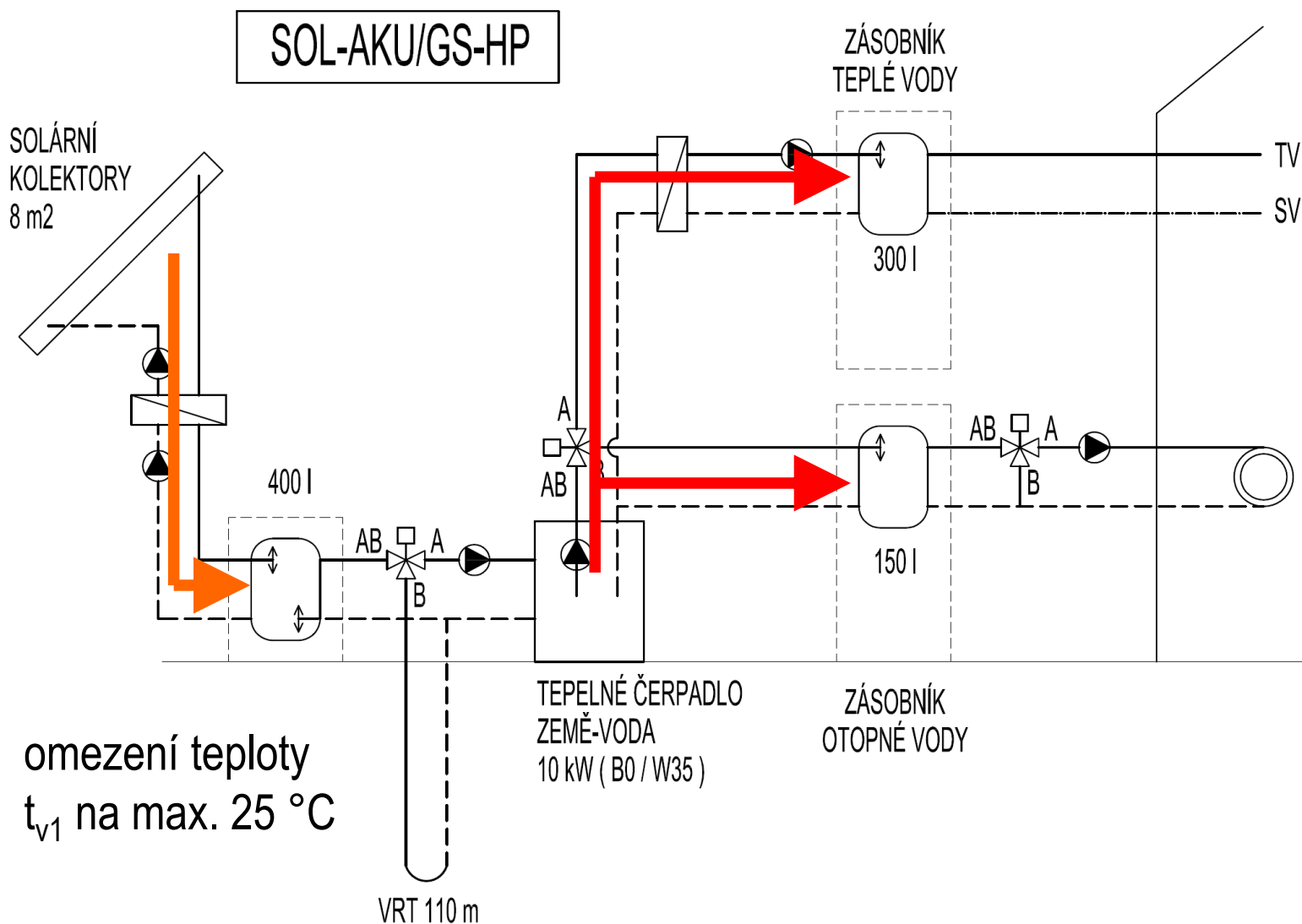
akumulace přináší lepší využití solárních zisků na primáru pro TČ

topný faktor TČ v létě vzroste

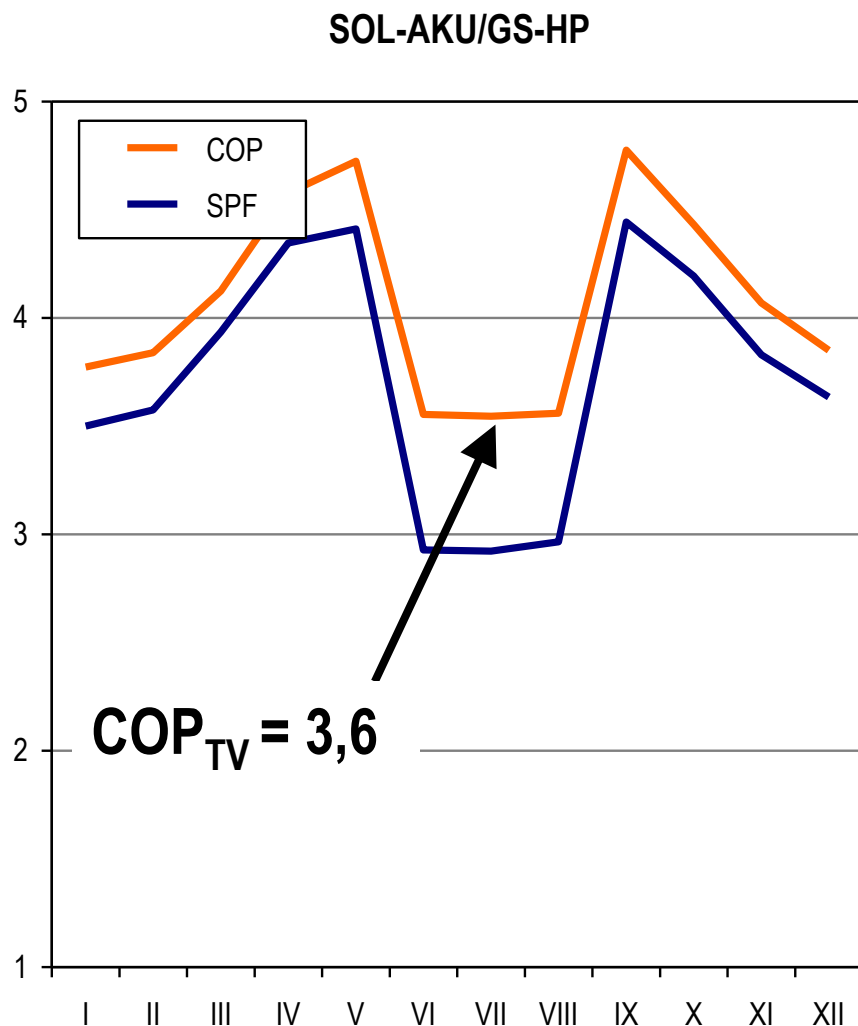
malý vliv zlepšení COP pro TV na celkový SPF



# Solární energie pouze pro primár TČ – sériové zapojení



# Akumulace na primární straně TČ



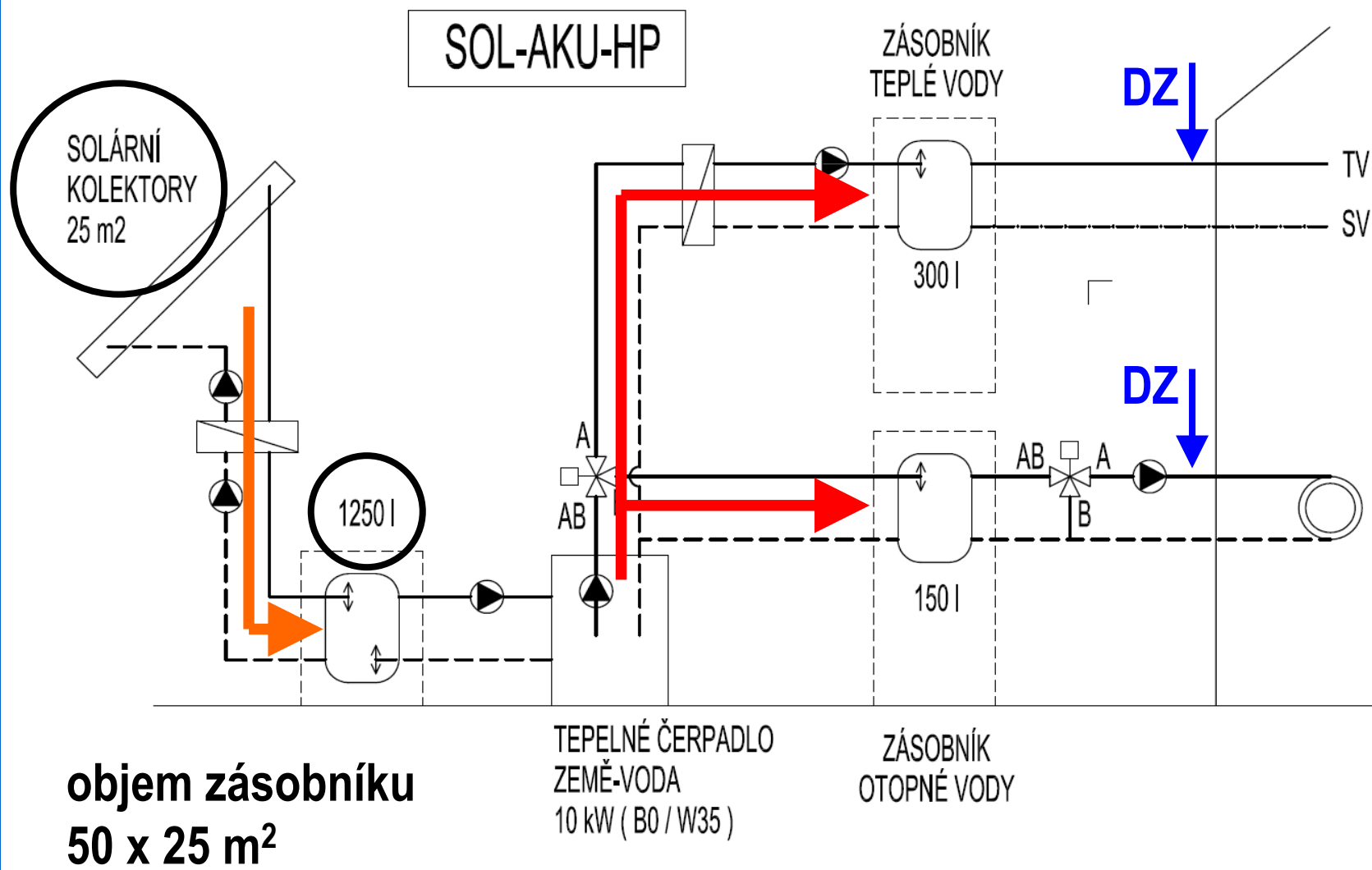
**COP = 4,07 (3,85)**

**SPF = 3,81 (4,15)**

zvýšení *COP*

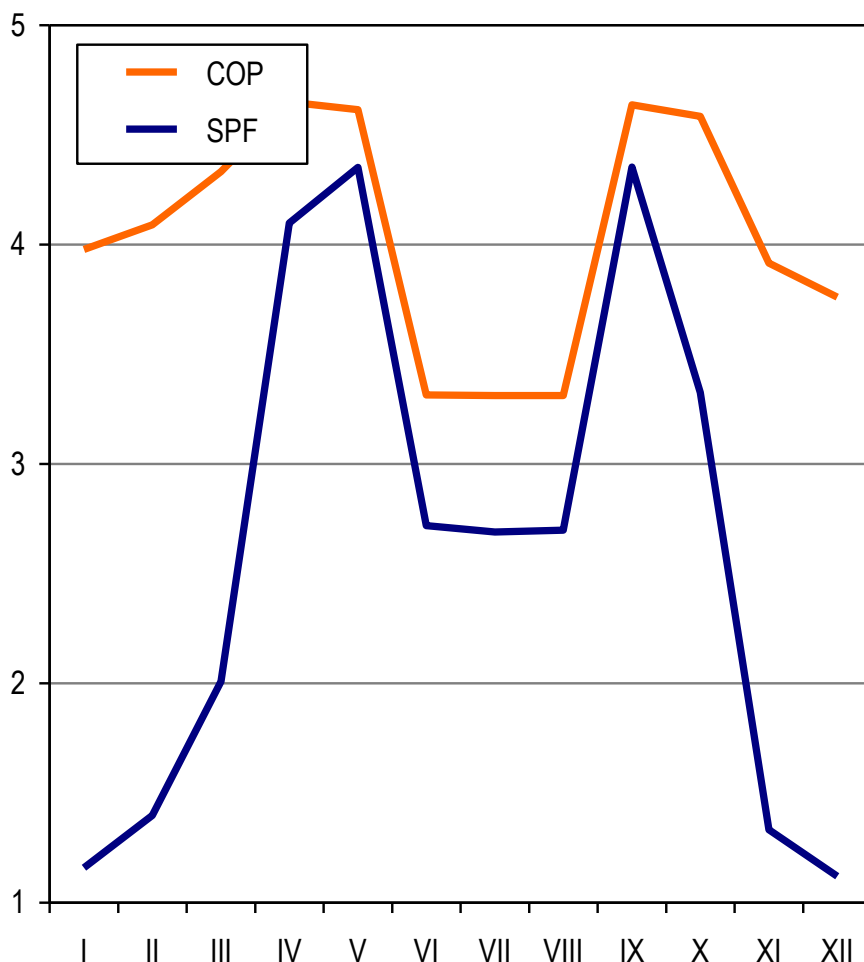
kvůli nepřímému využití  
solárních zisků je *SPF* nízký

# Extrémní případ! – TČ bez vrtu – sériové zapojení



# Akumulace na primární straně TČ

SOL-AKU-HP



**COP = 4,26 (3,85)**

**SPF = 1,69 (4,15)**

po většinu roku je nutný dohřev  
dodatkovým zdrojem tepla !  
**(elektrokotlem s COP = 1 )**

**soustava se chová jako  
neúčinná**

# Závěry

- provozní *COP* není z hlediska hodnocení nasazení TČ rozhodující
- **důležitý je *SPF* celé soustavy**
- paralelní soustava dosahuje vysokého *SPF* = 4,15 (oproti variantě bez solární soustavy *SPF* = 3,5)
- všechny ostatní varianty přináší pouze malé zlepšení *SPF* (max. 4,26) nebo i zhoršení (**pouze sériové zapojení nemá smysl**)
- přínosy solární soustavy na provozní *COP* tepelného čerpadla se neodrážejí v celkové bilanci
- **výsledky platí pro běžný dům**
- pro dům s výraznou potřebou TV (pasivní domy) lze předpokládat odlišné dopady

# Děkuji za pozornost

**Bořivoj Šourek**

Československá společnost pro  
sluneční energii

[borivoj.sourek@cvut.cz](mailto:borivoj.sourek@cvut.cz)

