



Nezávislost na dodavatelích tepla možnosti, příklady

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze



Volně dostupné zdroje tepla

- **sluneční energie**
 - základ v podstatě veškerého „přírodního“ tepla
 - přímé využití – solární kolektory, **solární tepelné soustavy**
 - ohřev zemského povrchu, ohřev vzduchu – **tepelná čerpadla**
 - vázaná fotosyntézou jako chemická energie organ. hmoty – **kotle na biopaliva**



zdroj: Buderus



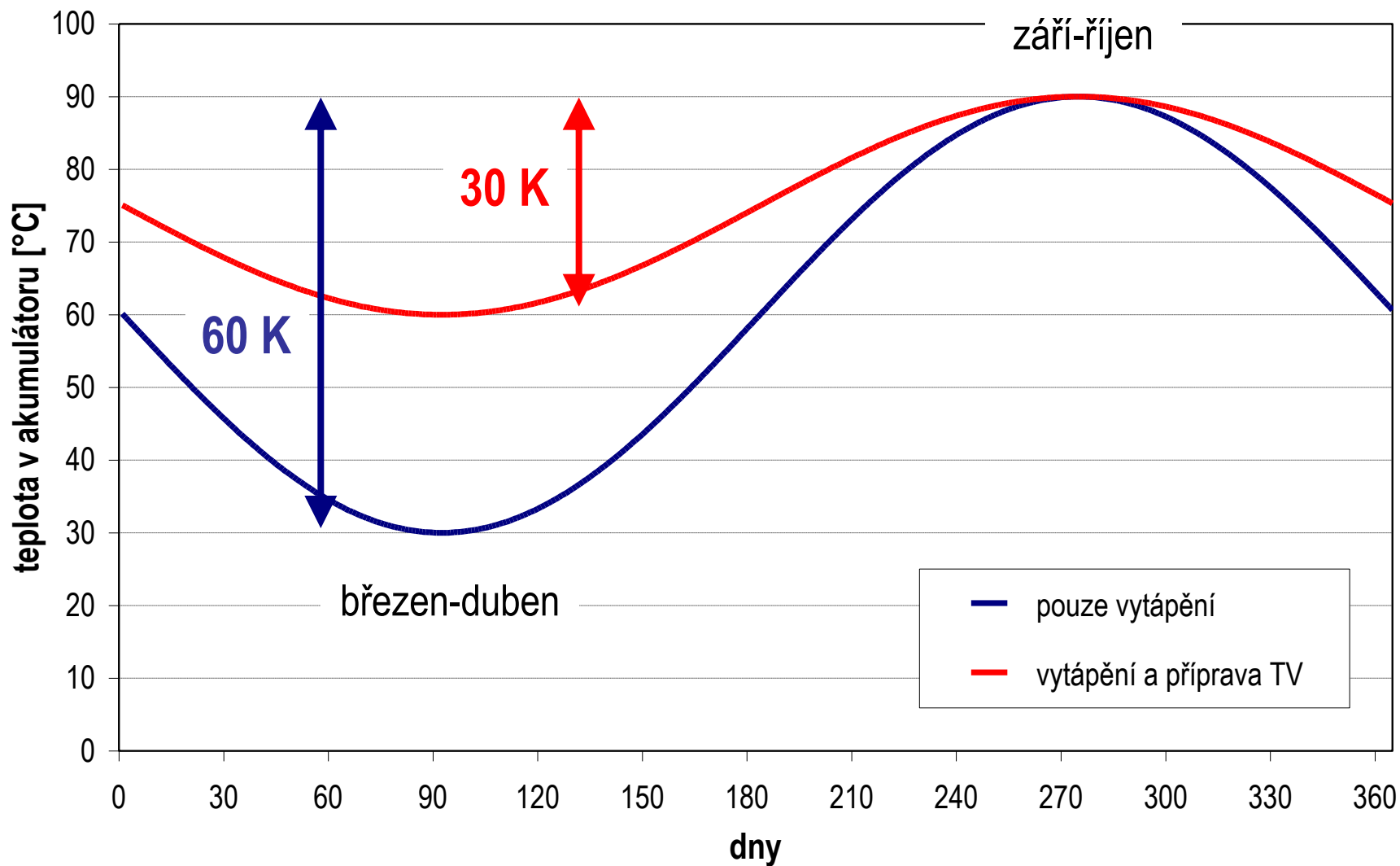
Solární tepelné soustavy

- **běžná konfigurace – spořič tepla**
 - úsporné opatření, částečné pokrytí potřeby tepla
 - snižuje energetickou náročnost přípravy teplé vody, případně vytápění

- **hlavní zdroj tepla – 100% pokrytí**
 - sezónní akumulace solárních zisků – přenesení z léta do zimy
 - výrazně předimenzovaná plocha kolektorů a objem zásobníku
 - ekonomicky problematické řešení
 - soustavy „pouze pro vytápění“
 - soustavy „vytápění a příprava teplé vody“



100 % pokrytí

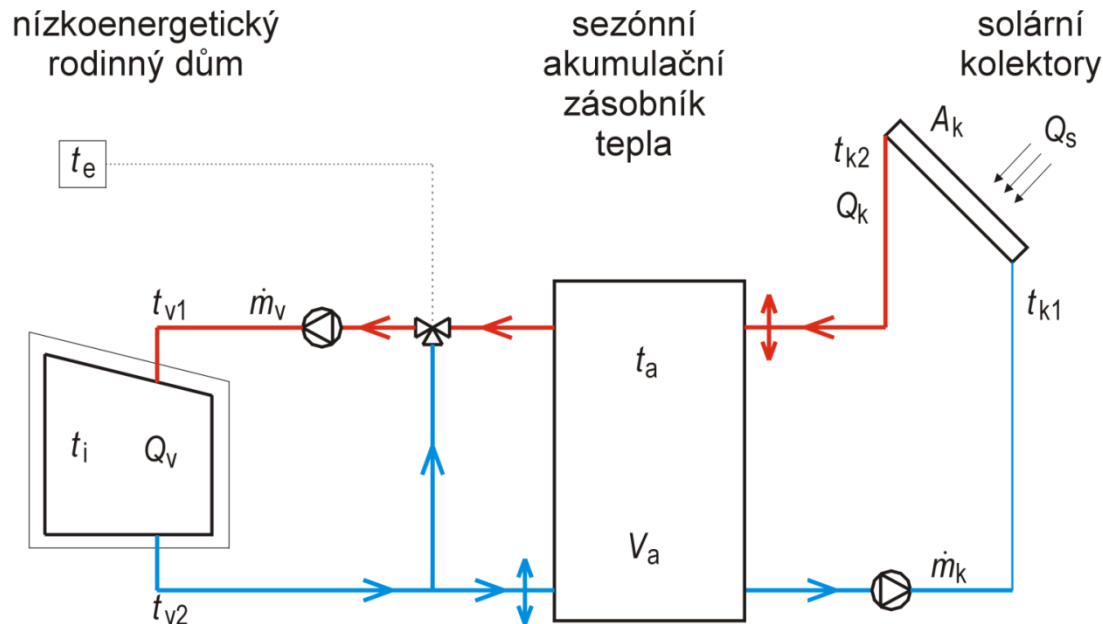




Sezónní akumulace pouze pro vytápění

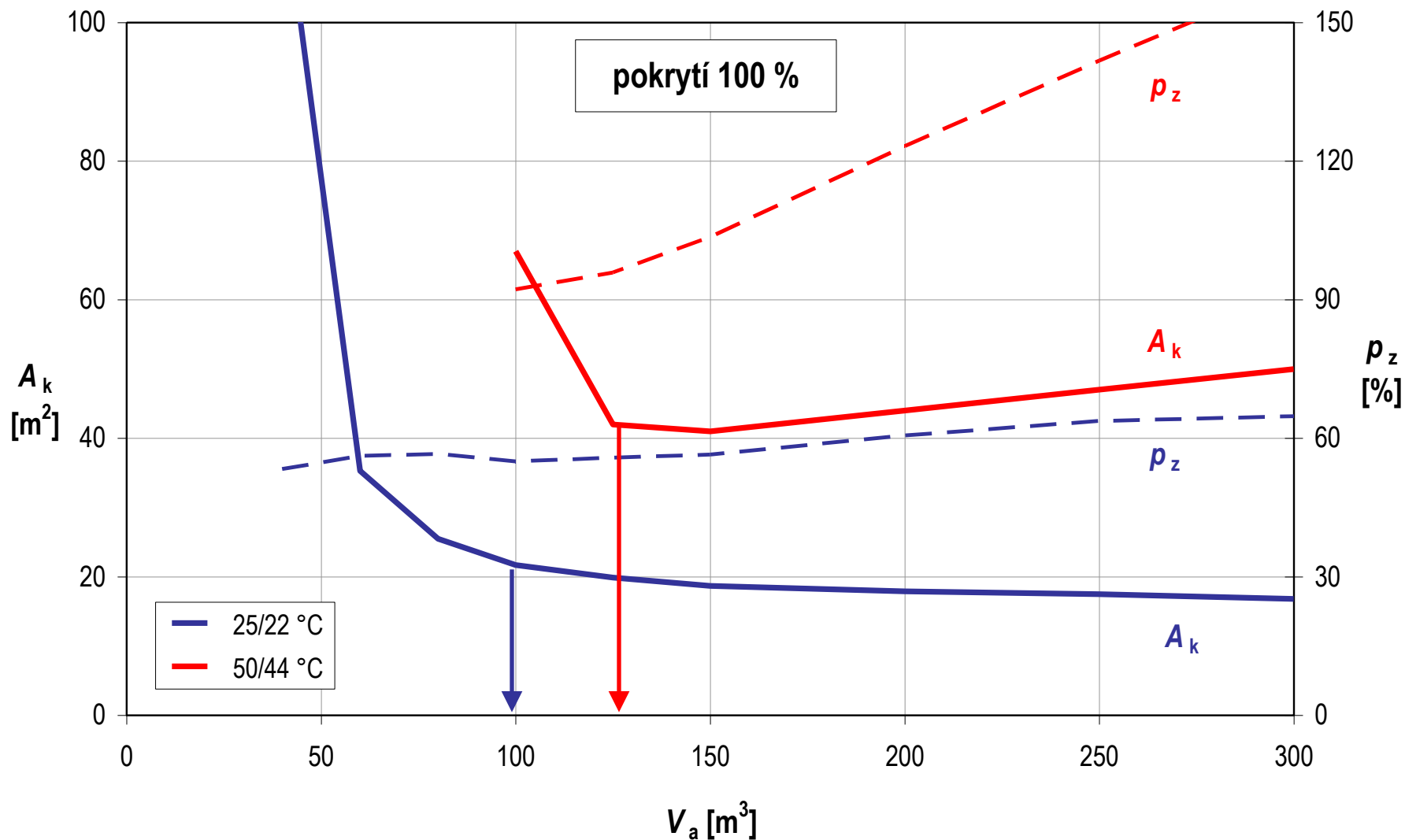
■ analýza

- nízkoenergetický dům 35, pasivní dům 15, objem 500 m³, plocha 150 m²
- otopná soustava 50/44 °C, 25/22 °C
- běžné ploché kolektory, zásobník vodní, uložený v zemi, izolace 50 cm



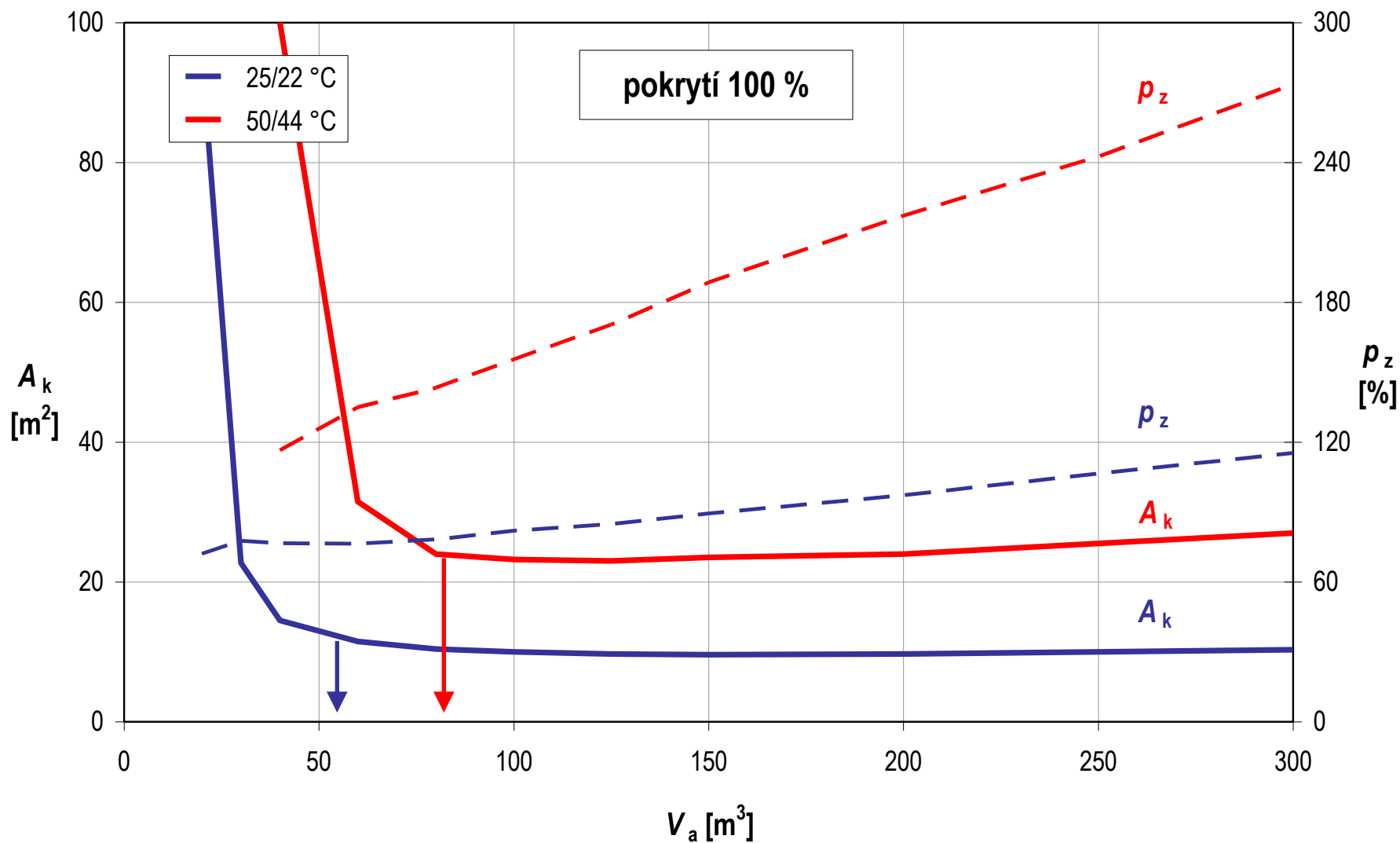


Nízkoenergetický dům (100 %)



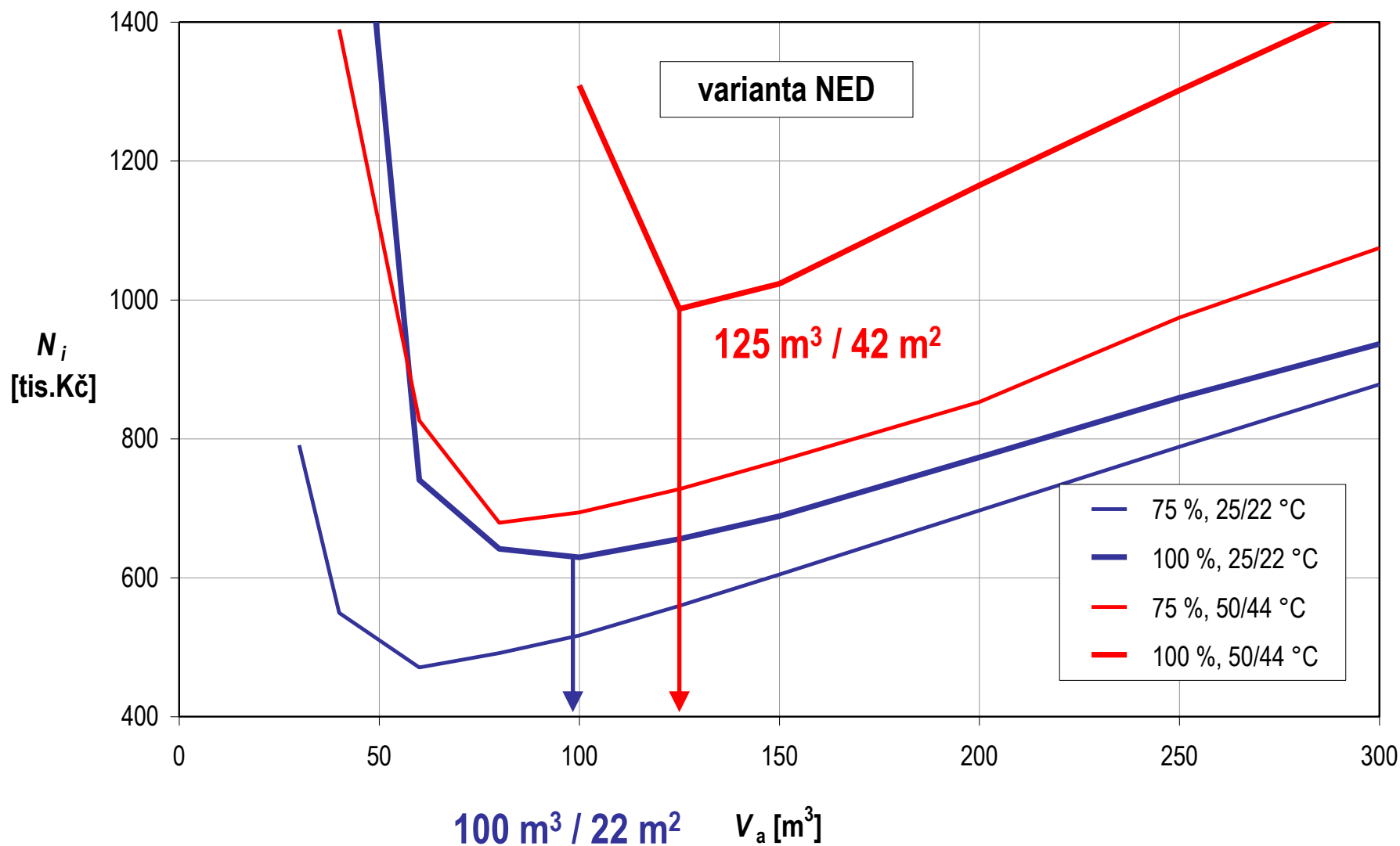


Pasivní dům (100 %)



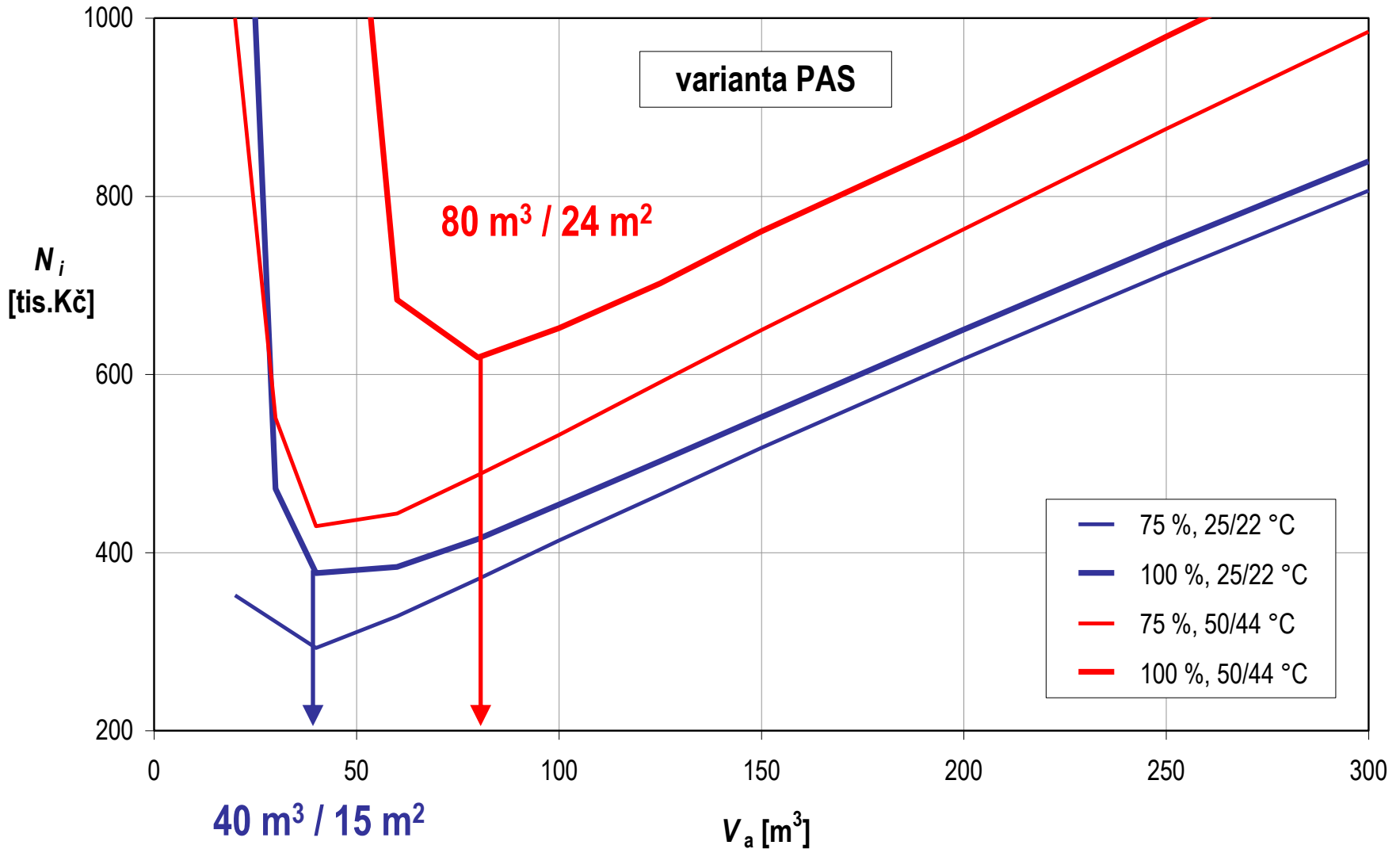


NED – nákladové optimum





PAS – nákladové optimum





Souhrnné výsledky

typ domu	Nízkoenergetický dům		Pasivní dům	
pokrytí	100 %	75 %	100 %	75 %
25/22 °C	100 m ³ /22 m ²	60 m ³ /17 m ²	40 m ³ /15 m ²	40 m ³ /9 m ²
	630 tis. Kč	470	380 tis. Kč	290
50/44 °C	125 m ³ /42 m ²	80 m ³ /28 m ²	80 m ³ /24 m ²	40 m ³ /18 m ²
	990 tis. Kč	680	620 tis. Kč	430

nízkoteplotní vytápění: snížení nákladů o 40 % (100% pokrytí)

pokrytí 100 %: zvýšení nákladů o 35 až 45 % oproti 75 %



Závěry analýzy „pouze vytápění“

Pro variantu pasivního domu **PAS** s nízkoteplotní otopnou soustavou:

- **40 m³** vodního objemu zásobníku
- **14 m²** pro **100%** pokrytí
- investiční náklady > **400 tis. Kč**
- solární soustava se sezónním zásobníkem pro krytí vytápění představuje pro pasivní variantu rodinného domu zhruba 5 až 10 % ceny rodinného domu.
- **návratnost** investice se pohybuje **v řádu** běžné **životnosti** solární soustavy.



100% vytápění a příprava teplé vody

předpoklady

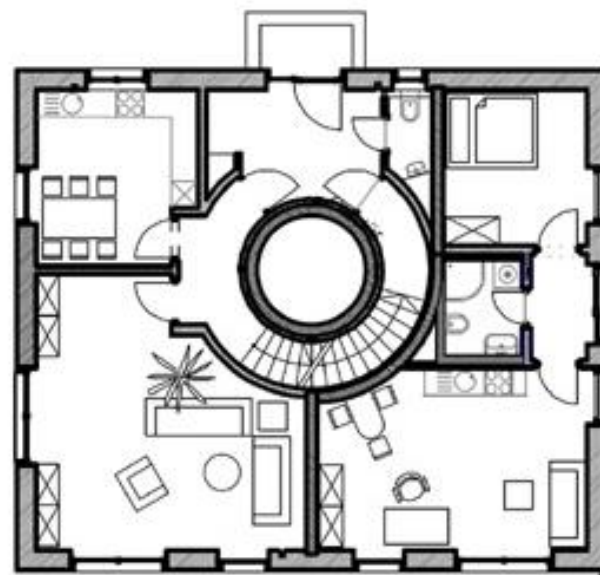
- **v každém okamžiku je k dispozici dostatek energie o požadované teplotní úrovni**
- nízká potřeba tepla na vytápění, nízkoteplotní otopná soustava, využití pasivních solárních zisků
- nízká potřeba tepla na přípravu TV, vysoce úsporné armatury, nízká požadovaná teplota (35-37 °C)
- velký objem akumulátoru, desítky m³
- výrazně předimenzovaná plocha solárních kolektorů (celá střecha)



Sonnenhaus Diergardt

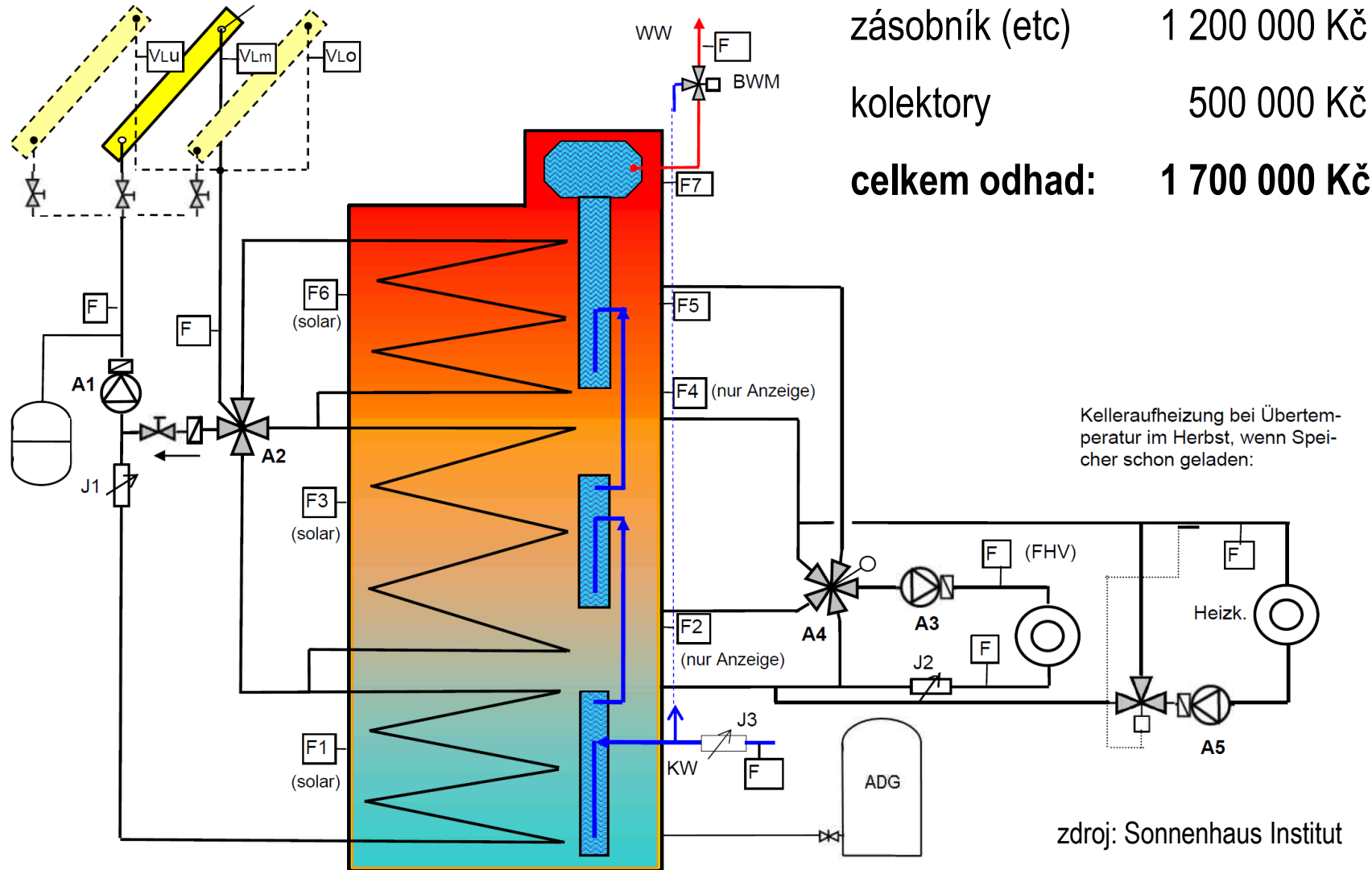


Rodinný dům Regensburg



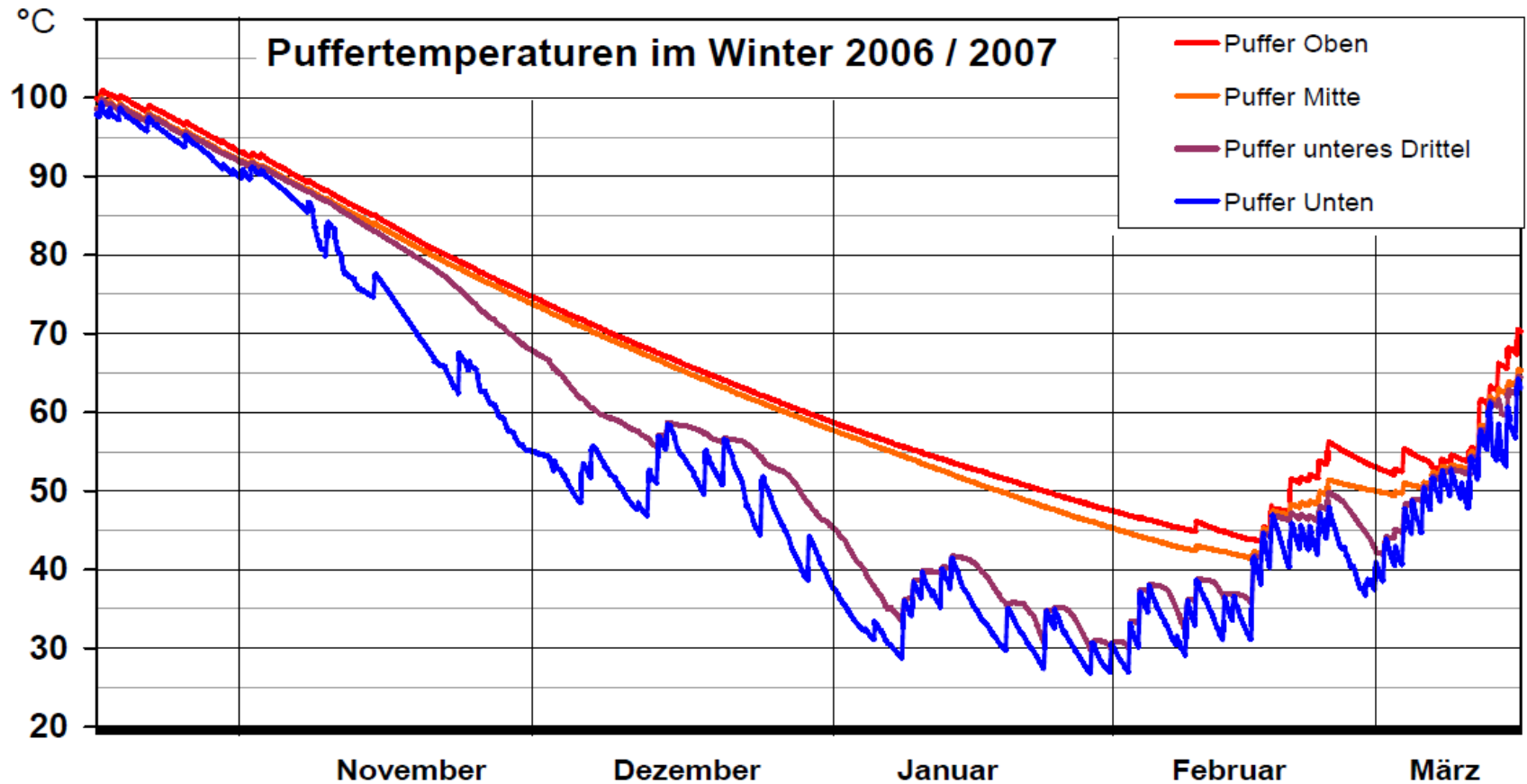


Rodinný dům Regensburg





Rodinný dům Regensburg

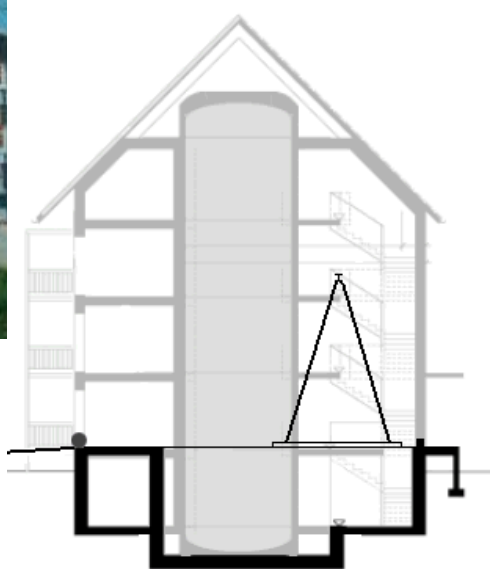
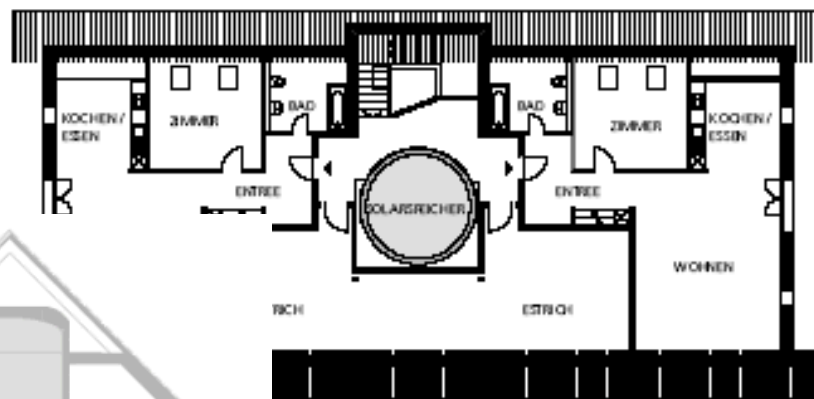


zdroj: Sonnenhaus Institut



Bytový dům Oberburg

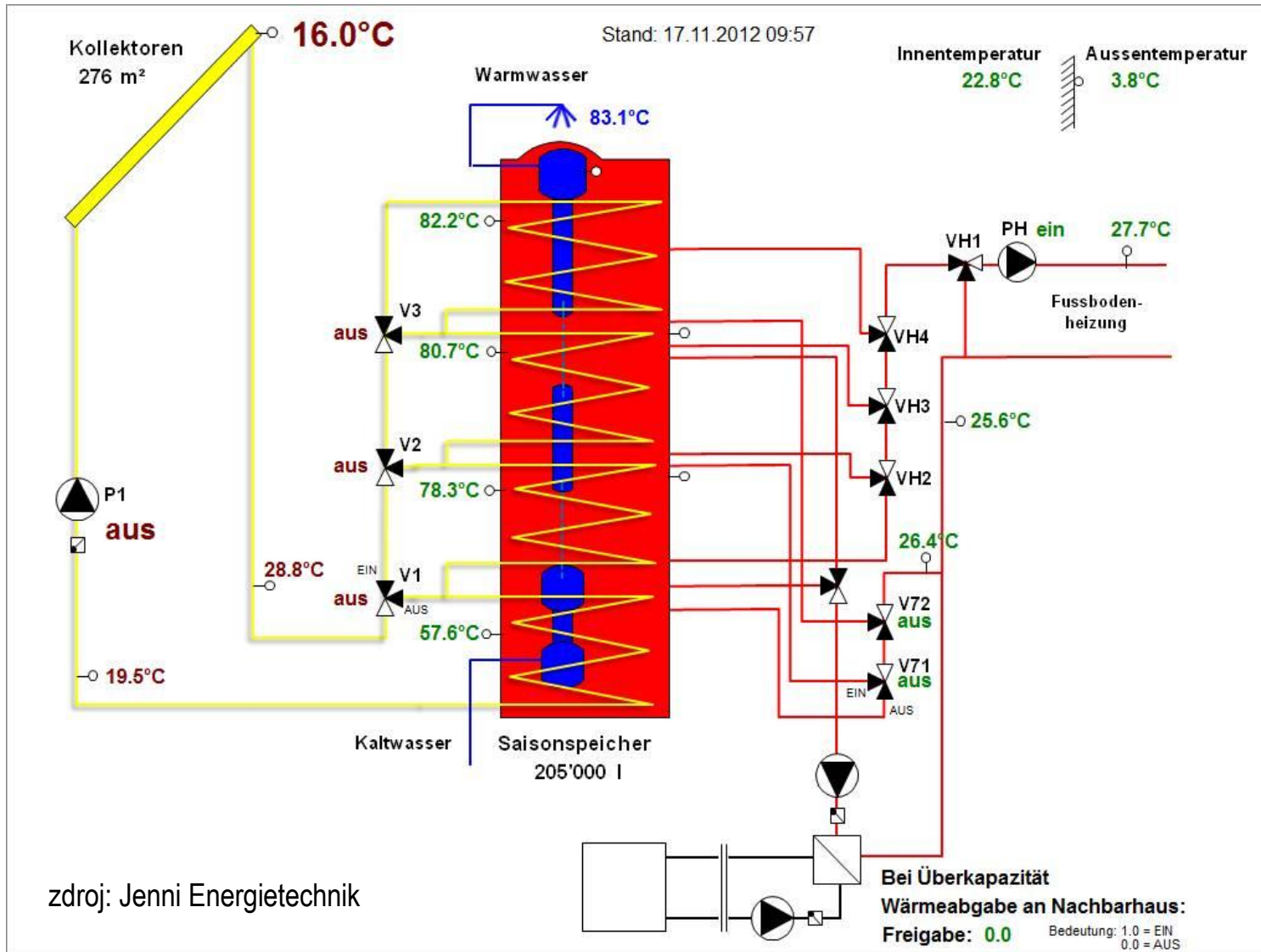
Oberburg Sonnenhaus, CH
8 bytových jednotek
205 m³, 276 m², 2005



zdroj: Jenni Energietechnik



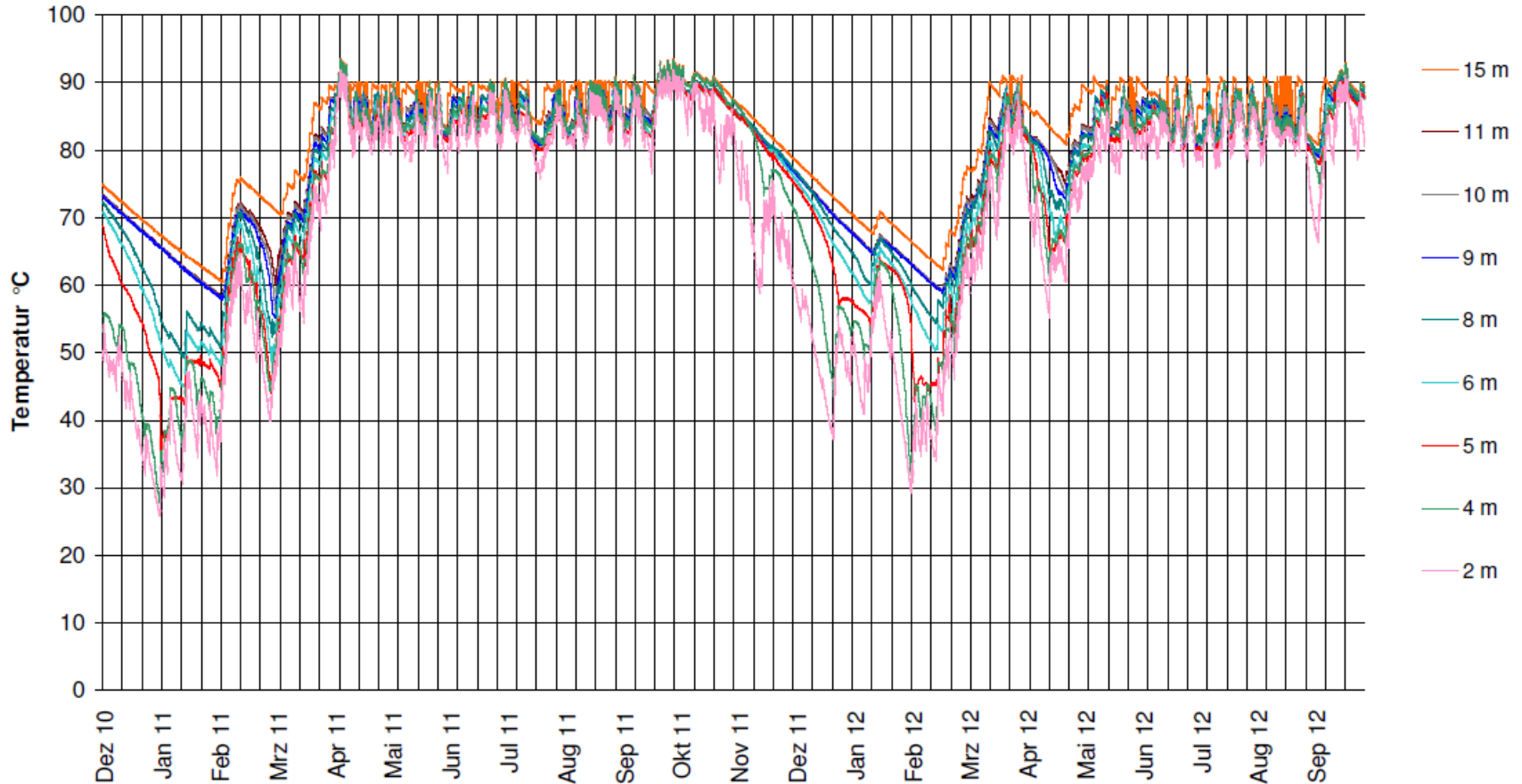
100% vytápění a příprava teplé vody





100% vytápění a příprava teplé vody

Temperaturen Speicher Solar-Mehrfamilienhaus 04.12.10 - 30.09.12



Bei genügend Wärme: Wärmelieferungen per Fernleitung an Nachbargebäude



Tepelná čerpadla

- **poháněné plynem**

- absorpční
- s plynovým motorem

z principu závislé na energetické síti

- **poháněné elektrickou energií**

- napojené na elektrickou síť
- lze ho pohánět fotovoltaikou? = energeticky zadarmo
- **teoreticky: ANO**
- **prakticky: obtížně**

analýza na pasivním domě





Analýza pro pasivní dům

- **vytápění**
 - tepelná ztráta 2,7 kW (-12 °C), 160 m²
 - potřeba tepla na vytápění 3 200 kWh/rok (20 kWh/m².rok), TMY Praha
 - **otopná soustava 35/25 °C (sálavé vytápění), ekvitermní regulace**

- **teplá voda**
 - 4 osoby, 40 l/os.den
 - **teplota teplé vody 55 °C, teplota studené vody 15 °C**
 - potřeba tepla na ohřev vody 3 500 kWh/rok, včetně ztrát



Tepelné čerpadlo vzduch-voda

vzduch-voda

výkon 6,7 kW

COP 3,2

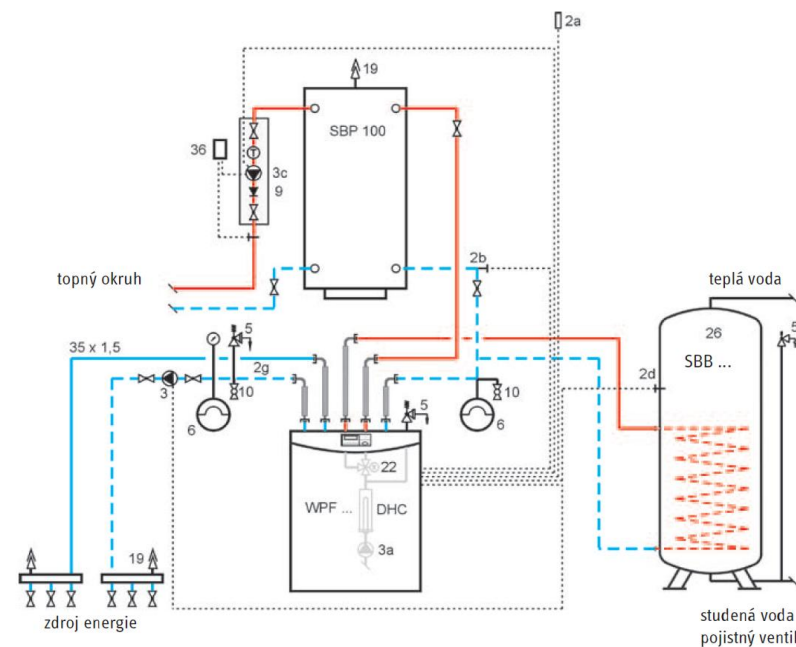
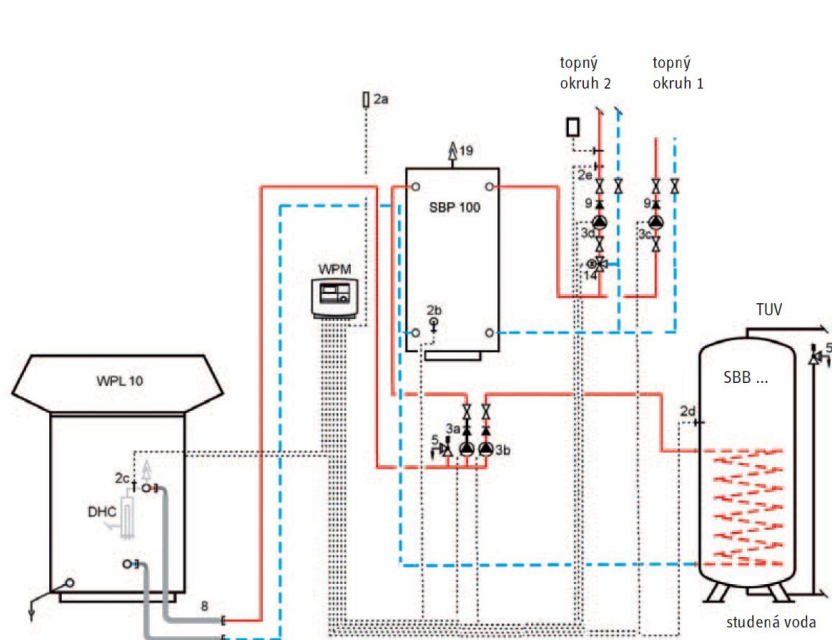
při A2 / W35

země-voda

výkon 5,8 kW

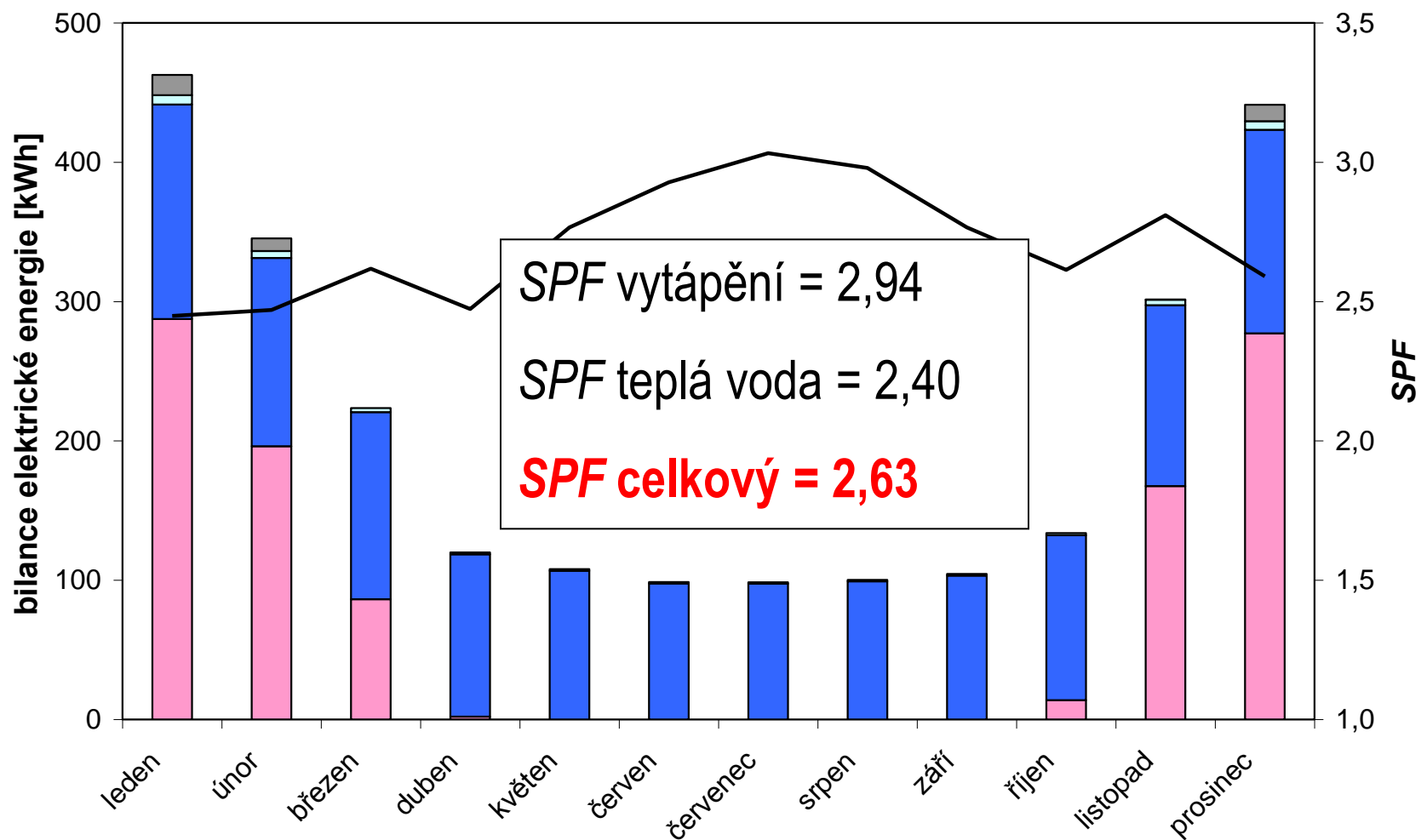
COP 4,3

při B0 / W35



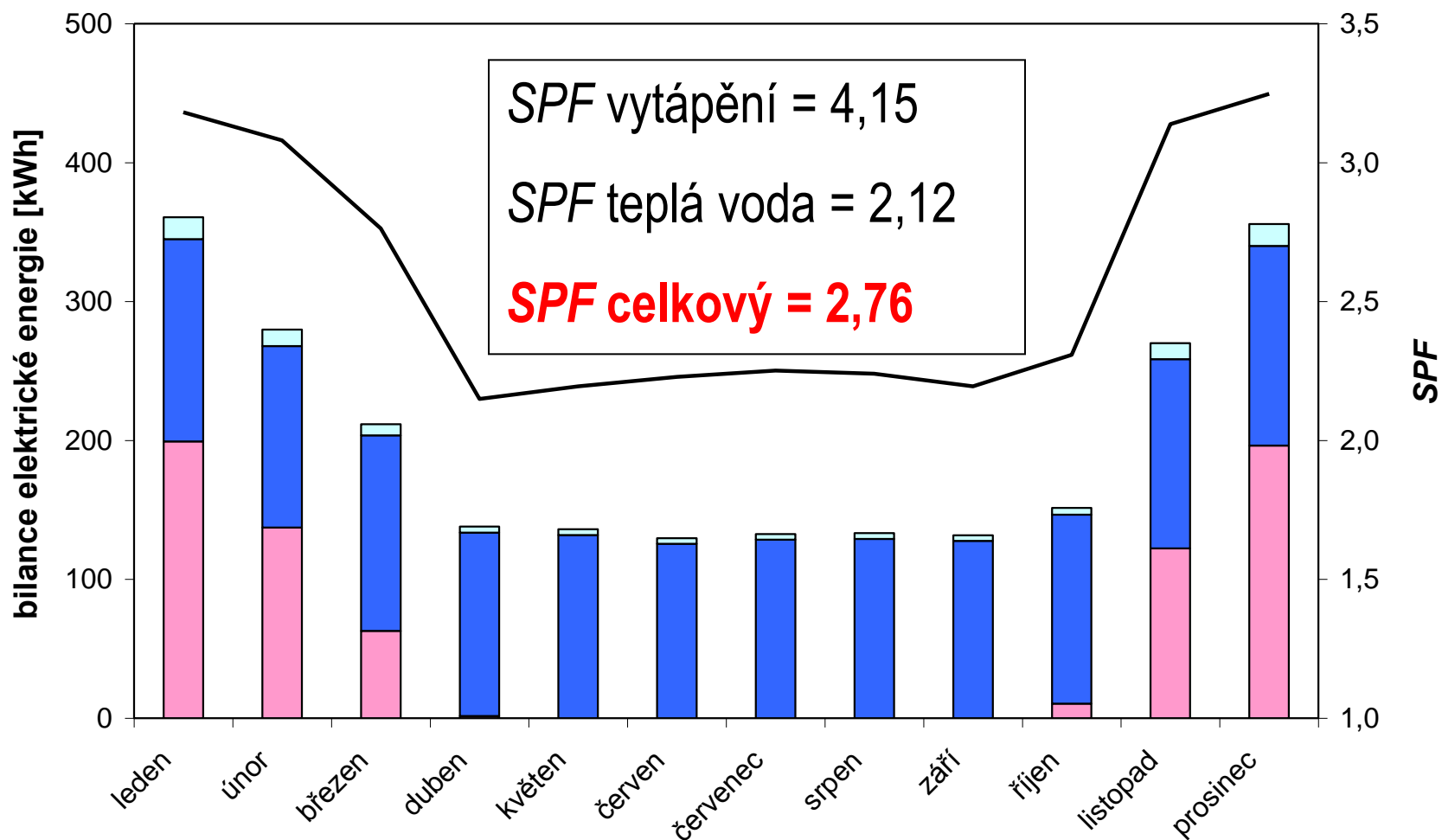


Tepelné čerpadlo vzduch-voda





Tepelné čerpadlo země-voda

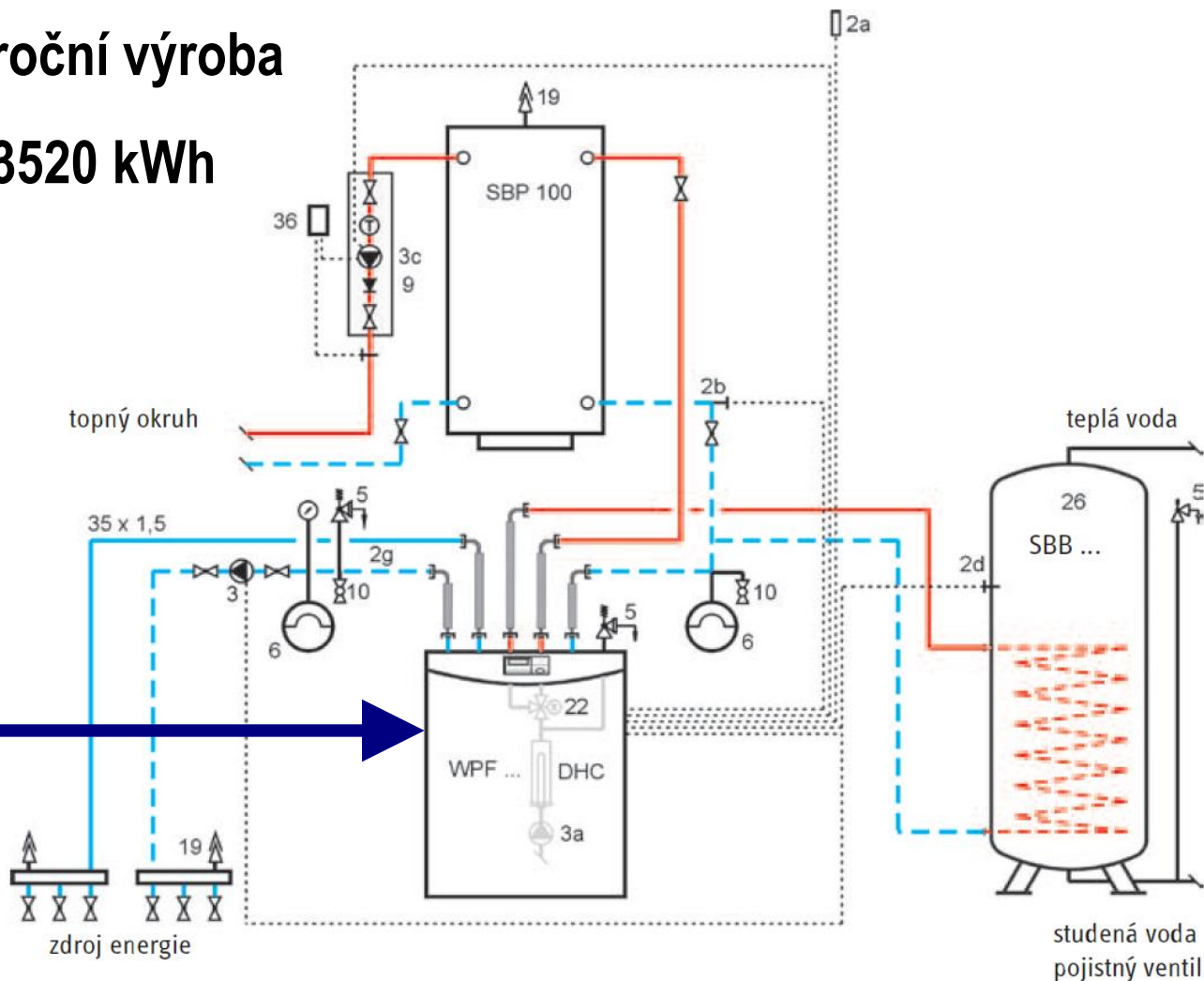




Kombinace TČ s fotovoltaickým systémem

4 kW_p
50 m²

roční výroba
3520 kWh





Kombinace s fotovoltaickým systémem

	vzduch – voda			země - voda		
	Vytápění	TV	Celkem	Vytápění	TV	Celkem
Využitá elektřina z FV	176	470	646	140	522	662
Teplo z tepelného čerpadla	3170	3511	6681	3201	3515	6716
Teplo z el						0
El. energi						1682
Pomocná el. energie (ze sítě)	14	14	28	13	15	28
Sezónní topný faktor <i>SPF</i>	3,51	3,55	3,53	5,29	3,18	3,93

z elektřiny vyprodukované FV systémem dokáže tepelné čerpadlo využít pouze **18 %** !



Proč tak nízké využití?

- **FV systém a provoz TČ se nepotkávají**
- **během roku**
 - maximum produkce FV elektřiny v létě
 - maximum potřeby tepla v zimě (listopad-březen)
- **během dne**
 - maximum produkce FV elektřiny během dne
 - maximum potřeby tepla pro TV ráno a večer (odběrové špičky)
 - maximum potřeby tepla pro vytápění v noci a ráno (nejnižší teploty)

řízené nabíjení zásobníku má malý přínos, ΔT pro přebíjení zásobníku = pouze 5 až 10 K

zvětšení akumulace (2 až 3x) pro využití nabíjení během dne



Kotle na biomasu vs. nezávislost

- **kotle na pelety**
 - průmyslově vyráběné palivo, nákup-dovoz
- **kotle na kusové dřevo**
 - těžba, sběr, výroba
- **hranice nezávislosti při pěstování biomasy**
 - hranice domu, pozemku, majetku (les, pole)... ?
 - energeticky soběstačná obec - hranice obce
 - obecní výtopna + CZT, obecní „pěstování energie“



Sezónní akumulace v biopalivu

- **biomasa jako sezónní akumulátor sluneční energie**
 - účinnost přeměny sluneční energie na chemickou energii biomasy je cca 1-2 %, účinnost spalování je cca 80 %
 - účinnost využití sluneční energie – biomasa – teplo je **0,8 – 1,6 %** (z pohledu potřebné plochy)
 - účinnost sezónní solární soustavy se 100% pokrytím je cca **20 %**
 - topol: $1 \text{ ha} * 15 \text{ t/ha} * 16 \text{ MJ/kg} = 53 \text{ MWh}$
 - solar: $1 \text{ ha} * 0.36 \text{ (redukce plochy vlivem sklonu)} * 200 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok} = 727 \text{ MWh}$
 - **solární soustava se 100% pokrytím získá 14 x více energie než biomasa**

cena !!!



- **nízkoenergetický-pasivní standard**
 - důraz na minimalizaci vstupů energie
 - na pozemku pouze elektřina
- **technologie**
 - fotovoltaická střecha nahrazuje střešní plášť (tenkovrstvé moduly, 7 %)
 - solární soustava pro letní eliminaci dohřevu vody (14 m²)
 - krbová kamna na kusové dřevo 18+2 kW (suterén)
 - velkoobjemový akumulátor tepla 8 m³ – vyřazená nerezová cisterna na mléko
 - aktivované betonové jádro (nizkoteplotní vytápění, vysokoteplotní chlazení)
 - zemní kapalinový výměník z levných Al-PEX trubek



RD Ondřejov

zdroj: www.accupassive.cz

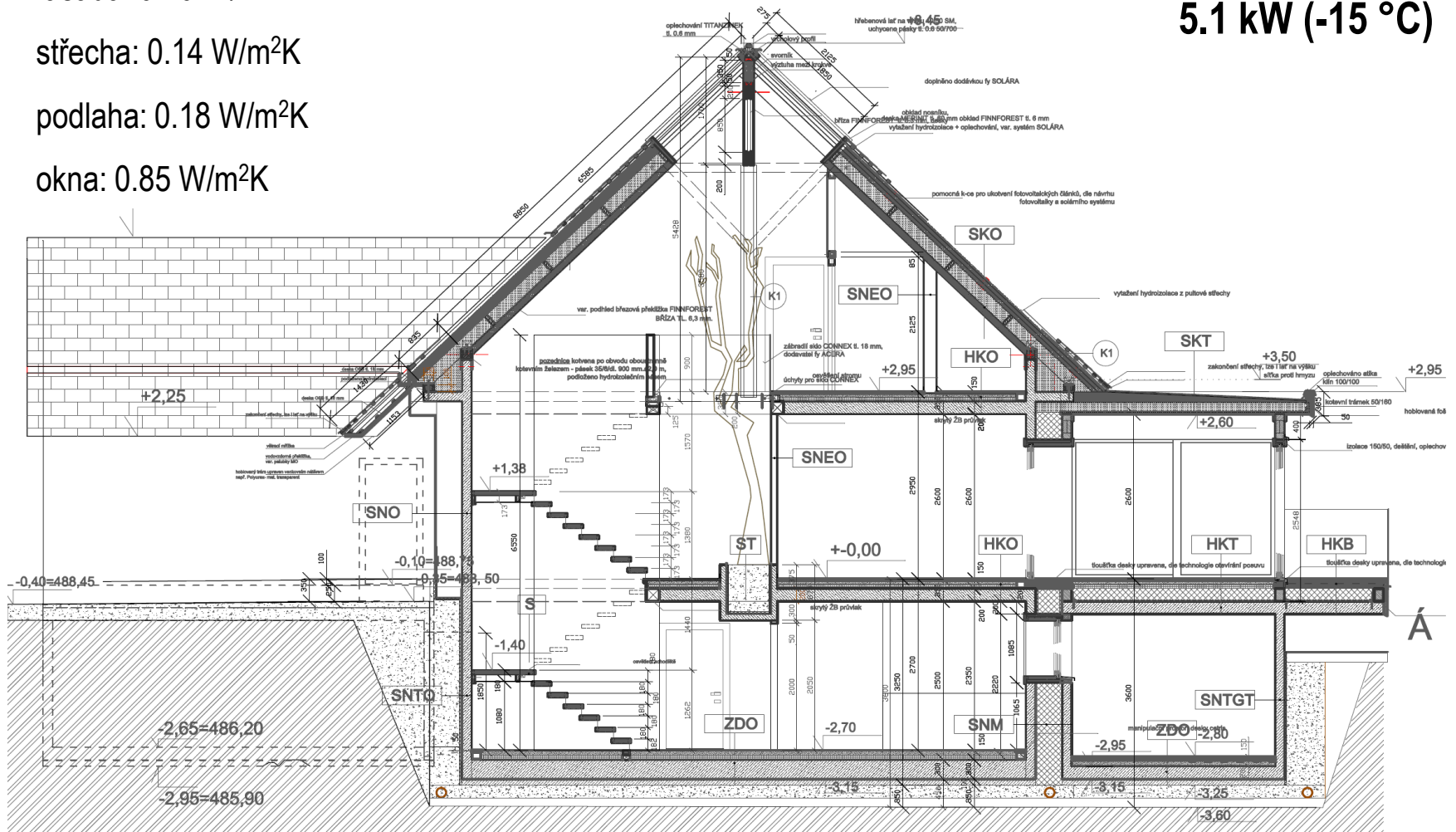
fasáda: $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

střecha: $0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$

podlaha: $0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$

okna: $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.1 kW (-15 °C)





RD Ondřejov

zdroj: www.accupassive.cz

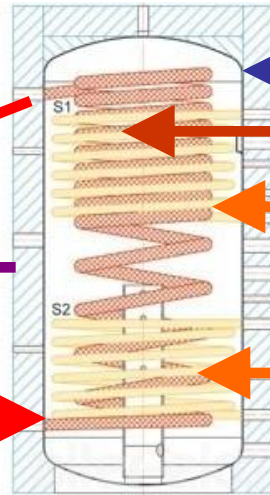


50 m²

20 kW



40 °C



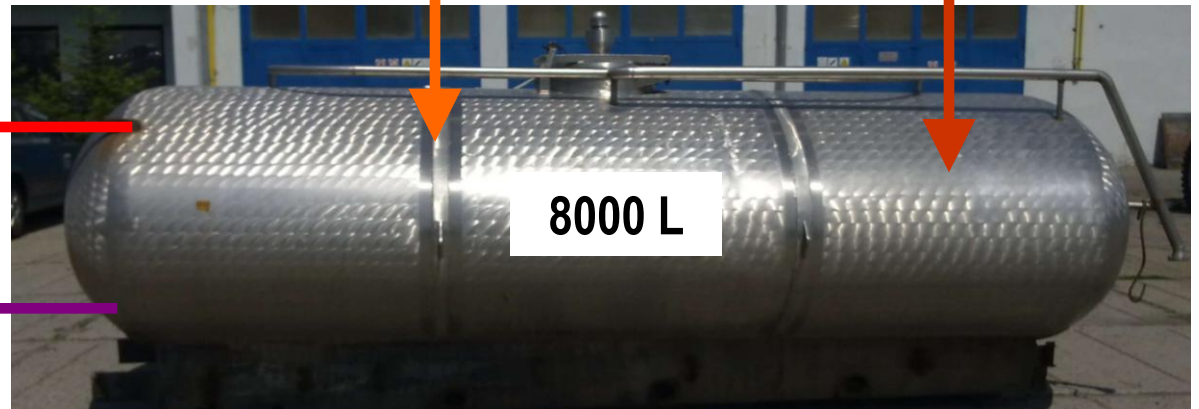
1000 L



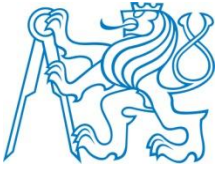
14 m²



27 / 22 °C



8000 L

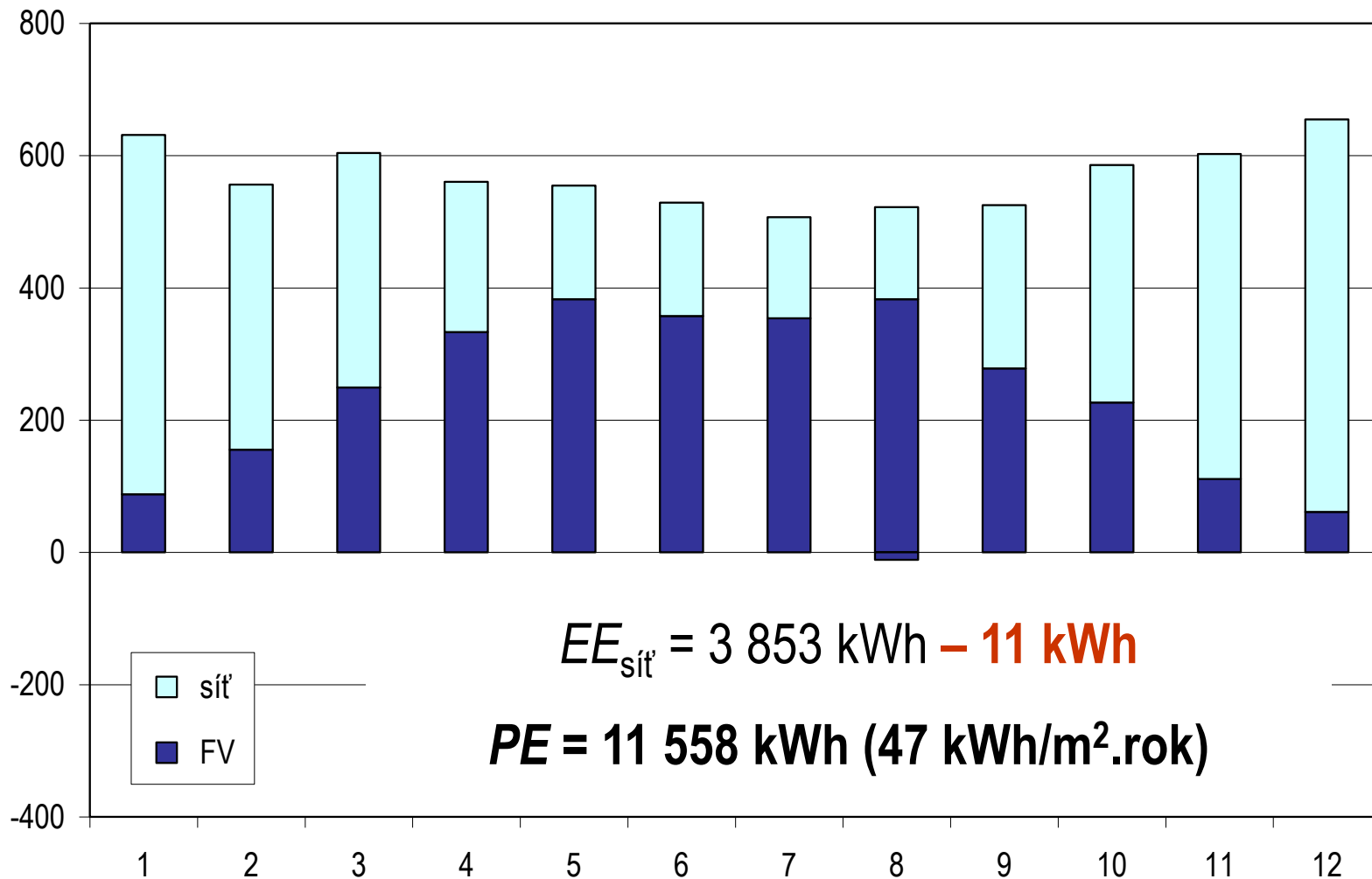


RD Ondřejov – solar vs. solar

- **FV střecha**
 - má ještě smysl instalovat solární tepelné kolektory pro ohřev vody?
- **varianta A: 50 m² FV** **varianta B: 50 m² FV + 6 m² FT**
- **analýza**
 - teplá voda: 4 osoby, 3800 kWh/rok, denní profil, roční profil
 - vytápění: 5000 kWh/rok, zcela dřevem
 - uživatelská energie: 3000 kWh/rok, denní profil, roční profil
 - výpočet v hodinovém kroku

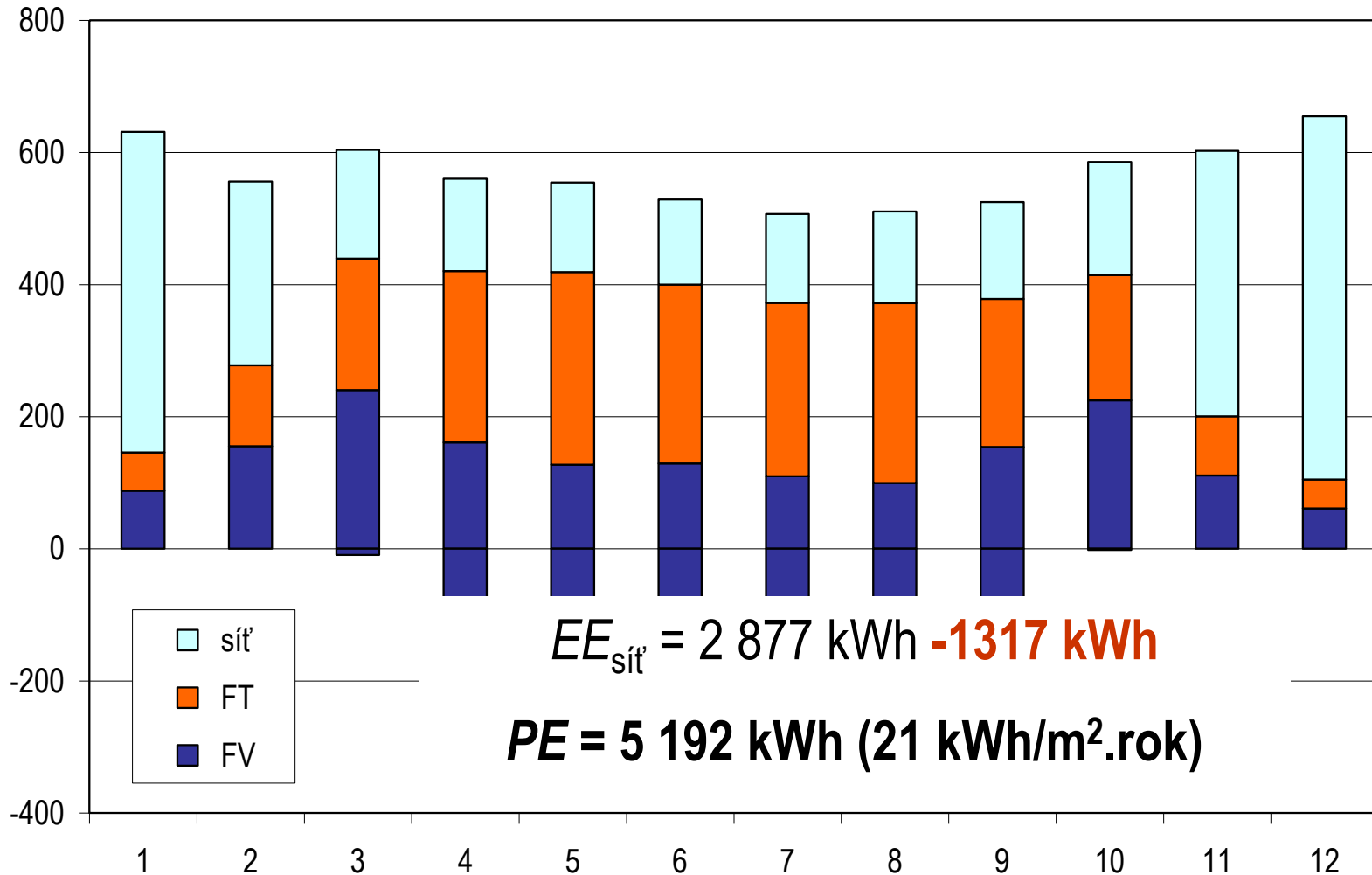


RD Ondřejov – varianta A: pouze FV





RD Ondřejov – varianta B: FV + FT





Děkuji za pozornost

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, 166 07 Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz



SOLAB

Solární laboratoř Ústavu techniky prostředí
Fakulty strojní ČVUT v Praze

