

Solární termické systémy pro bytové domy

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

Energetické systémy budov, UCEEB

ČVUT v Praze

- **sčítání lidu 2001**

- 195 270 bytových domů ~ 2 160 730 bytů
- 38 % dálkové vytápění, 6 % blokové kotelny, 17 % vlastní kotelna, 39 % nemá ústřední vytápění

- **ENERGO 2004**

- spotřeba tepla na vytápění bytů 59,4 GJ/byt (Ø 74 m²)
- spotřeba tepla na přípravu TV 8,4 GJ/byt (Ø 2,8 os/byt)

- **spotřeba tepla v bytových domech**

- vytápění 63 PJ + teplá voda 16 PJ
- roční spotřeba tepla v ČR 380 PJ
- bytové domy se podílejí **21 %**, domácnosti celkem 44 %

- **omezení tepelných ztrát prostupem**
 - zateplení obvodového pláště, zateplení střechy, výměna oken, ošetření tepelných mostů (napojení balkonů, oken, ...)
- **omezení tepelných ztrát větráním**
 - těsná okna (obálka budovy)
 - využití mechanického větrání se zpětným získáváním tepla
- **využití pasivních solárních zisků**
 - zasklení lodžii, „zimní zahrada“



- **rekonstrukce otopné soustavy**
 - instalace termoregulačních ventilů, hydraulické vyvážení rozvodů, ekvitermní regulace, snížení teploty otopné vody
- **omezení spotřeby teplé vody**
 - úsporné armatury, individuální měření
- **omezení tepelných ztrát rozvodů**
 - tepelná izolace, omezení běhu cirkulace
- **rekonstrukce zdroje tepla**
 - přizpůsobení výkonu, instalace energeticky a emisně úsporného zdroje



) PROČ INSTALOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY DO BYTOVÝCH DOMŮ?

- **úspory energie**

- zdroj tepla v místě, místní produkce a spotřeba energie
- decentralizace zásobování energií
- snížení závislosti na vnějším dodavateli tepla

- **ekologie**

- bezemisní zdroj
- nízká spotřeba pomocné el. energie (do 1 %)
- problémy s napojením na zdroje CZT v **teplárenském** režimu
- solární soustava nemá snižovat účinnost KVVET
- prioritou je výroba elektrické energie
- **nedochází k úspoře paliva a emisí**

) PROČ INSTALOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY DO BYTOVÝCH DOMŮ?

- **společenské důvody**

- dostupnost zdroje pro všechny
- zdroj nemá vlastníka

- **nové pracovní příležitosti**

- solární soustavy jako doplňkový zdroj – spořič energie – vždy je potřeba záloha tradičním zdrojem
- nenahrazuje konvenční výrobky – přidává další
- zvyšování zaměstnanosti

solární tepelná technika nahrazuje dovážená primární paliva místní prací

) PROČ INSTALOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY DO BYTOVÝCH DOMŮ?

- **ekonomika**

- nižší měrné investiční náklady cca 15 tis. Kč/m²
- nižší provozní náklady, spotřeba el. energie do 1 %
- vyšší měrné zisky 400 - 500 kWh/(m².rok)

- ceny fosilních paliv, dálkového tepla i biopaliv **porostou**
- tempo růstu za posledních 10 let min. **5 %**

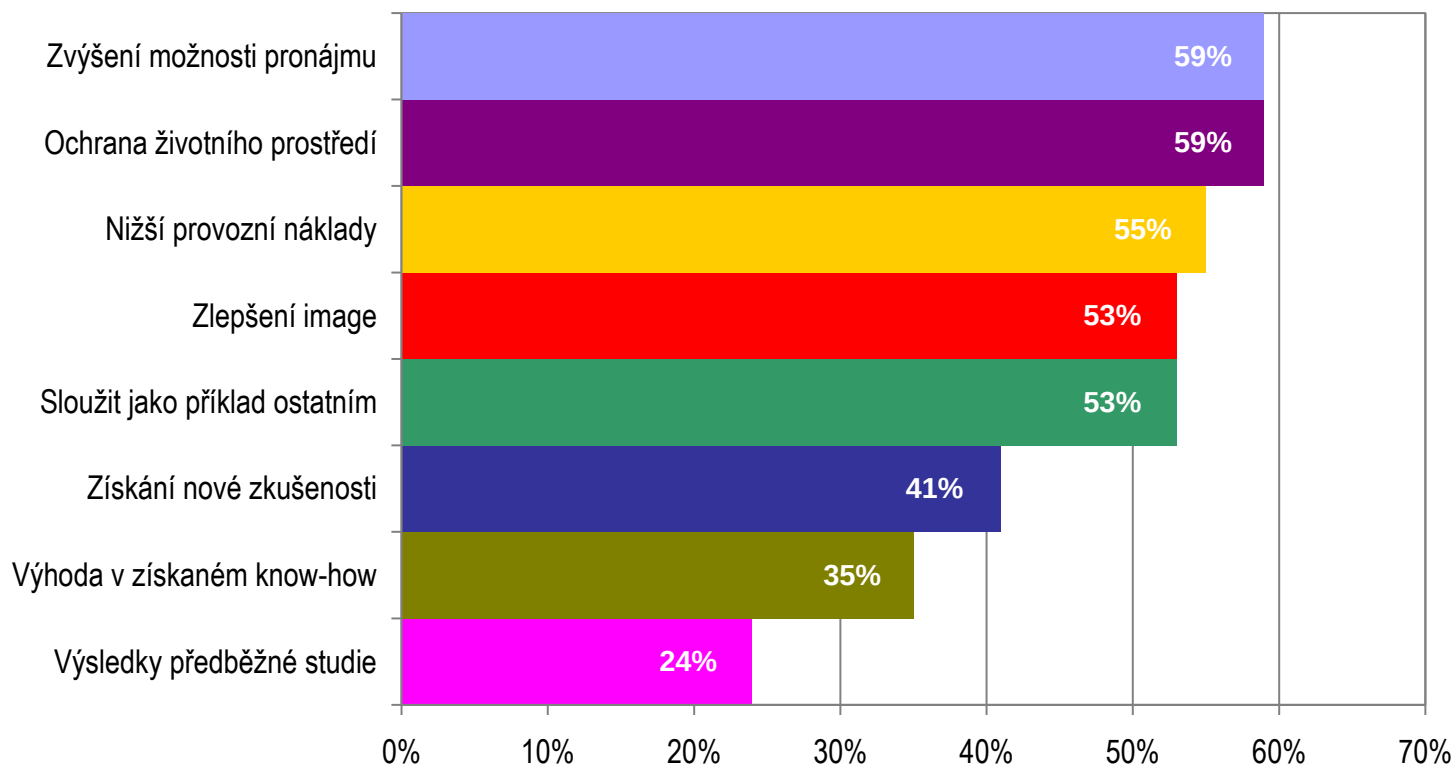
- návratnost solárních soustav pro BD **10 let**
bez dotace

- **dotační politika**, významné snížení investičních nákladů

) PROČ INSTALOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY DO BYTOVÝCH DOMŮ?

- **marketingový nástroj na trhu nemovitostí**

- zvýšení hodnoty domu, snáze pronajímatelný byt v domě

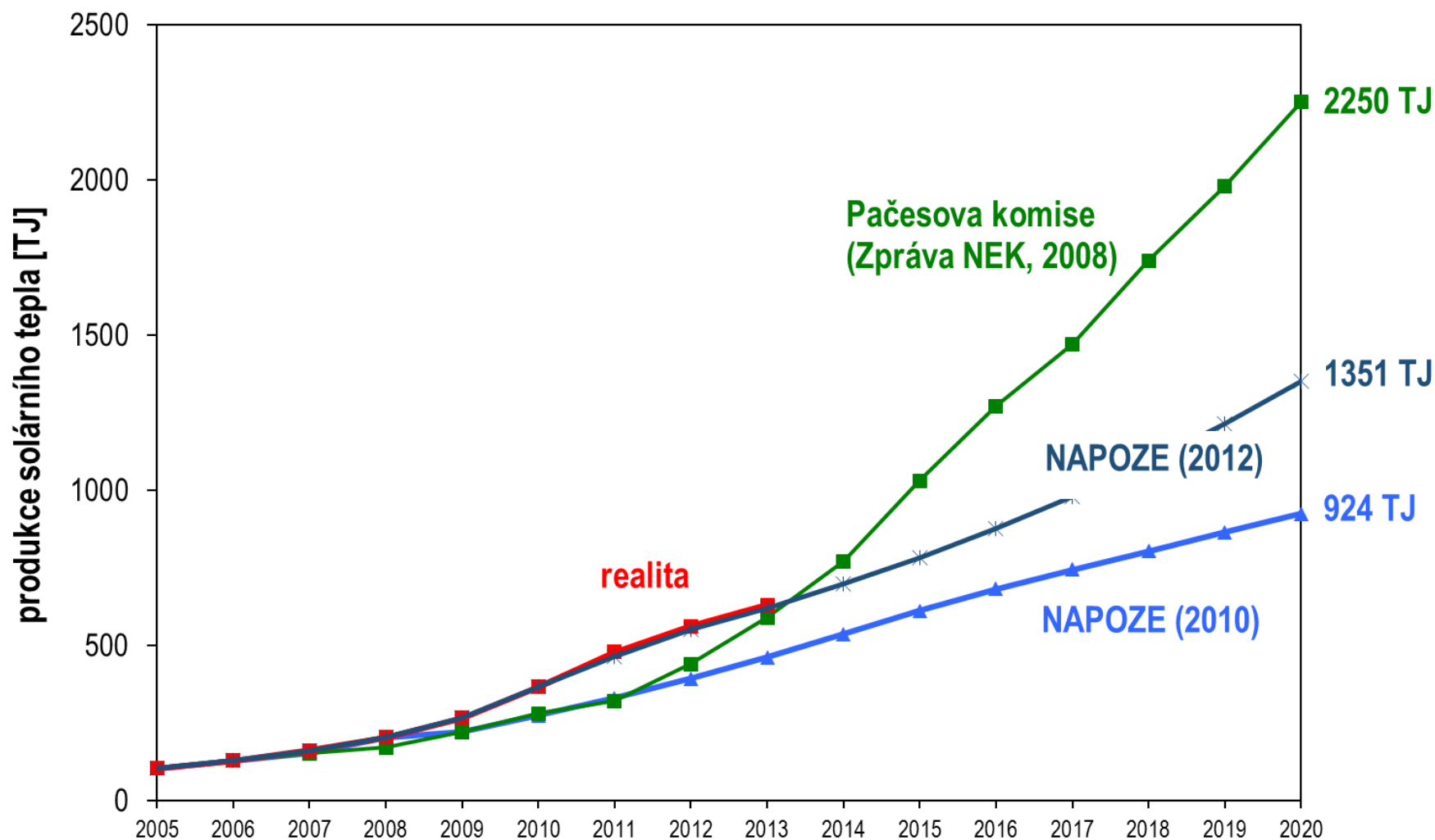


Studie motivace investorů pro instalaci solární soustavy
zdroj: Německá asociace pro bydlení

) PROČ INSTALOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY DO BYTOVÝCH DOMŮ?

- **politické důvody, legislativa**

- *novela evropské směrnice EPBD (recast 2010)*
- povinnost do konce 2020 u nových budov dosáhnout „téměř nulové“ spotřeby energie a z „velké části“ dodávky energie z OZE „poblíž“
- **Německo, Španělsko: minimální kvóty na OZE ve stavebním zákoně**
- *novela vyhlášky o energetické náročnosti budov 78/2013 Sb.*
- energetický štítek bytového domu – použití solární soustavy pro přípravu teplé vody = posun z kategorie C **do kategorie B** (v neobnovitelné primární energii)
- národní akční plán pro OZE – počítá s podporou solárního tepla investičními dotacemi (národní, evropské)



- **technická složitost**

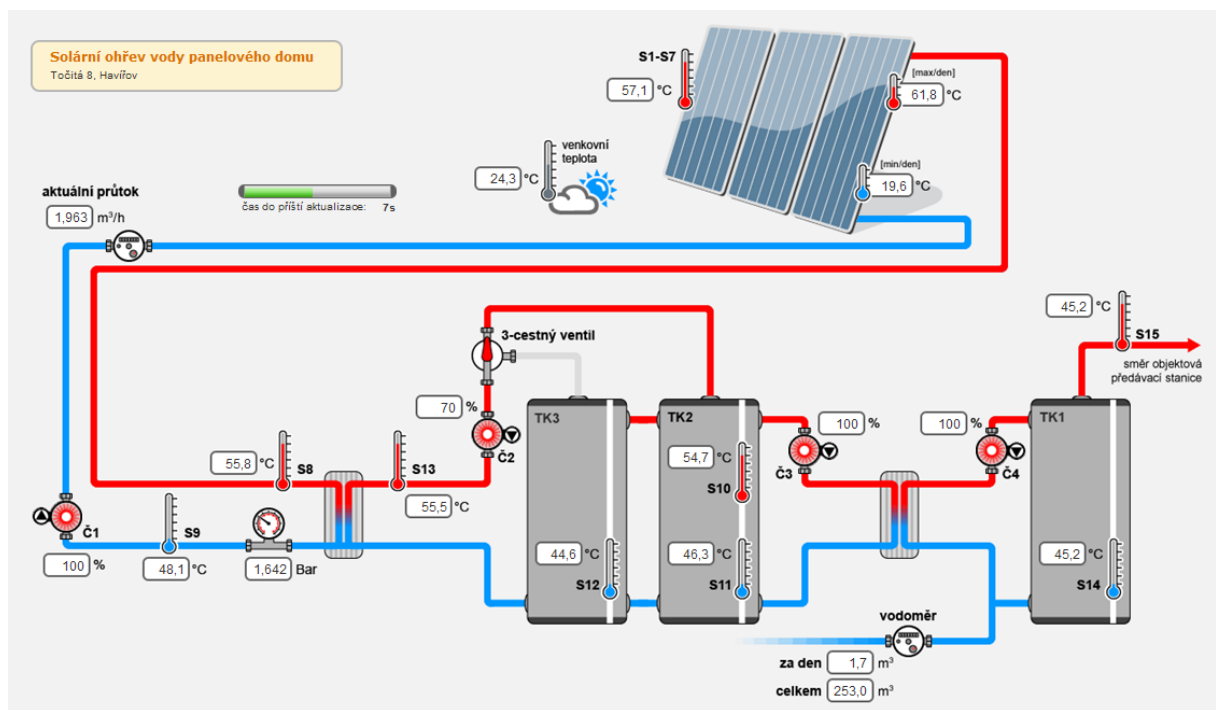
- velkoplošné soustavy: nezbytná větší zkušenost, jak pro projekční návrh tak pro realizaci
- individuální řešení
- nelze projektovat jako RD, součinnost profesí, ...
- statika nosných konstrukcí
- minimum předpřipravených kompaktních jednotek oproti RD
- náročnější zprovoznění a následná optimalizace provozu



- **kvalita návrhu a provedení**
 - chybí kontrola kvality
 - kurzy pro projektanty (ČSSE)
 - před ZÚ 2010 desítky „solárních instalatérů“, dnes s 20letou zkušeností
 - SOD: 4000 subjektů, které „umí“ instalovat?
 - novela zákona 406 – oprávnění instalatérů OZE jako **povinnost (!)**
 - existuje systém zkoušení v rámci NSK, **ale ...**



- **absence záruk za dodané zisky (garantované přínosy)**
 - smluvní nástroj, který motivuje dodavatele navrhnout a provést co nejlépe funkční realizaci
 - kontrola přínosů = nutnost osazení měření, vyhodnocení a kontrola přínosů



- **nízké povědomí / nedůvěra**
 - propagace využití solárního tepla mířená na vlastníky RD
 - málo vyhodnocených instalací = publikovaných příkladů bytových domů
 - kritickým článkem jsou architekti, developeři, projektanti, montážníci
 - zásadní role v rozhodnutí koncového investora

- **vlastnická struktura / motivace pro rozhodování**

- **vlastník domu / nájemníci**

- instalace nemá přínos pro vlastníka domu

- jak zahrnout investici do zvýšení nájmu?

- **společenství vlastníků**

- nutná shoda příliš velkého počtu individualit

- netechnické argumenty, vliv sociálních vazeb mezi obyvateli

- **bytové družstvo**

- rozhodnutí představenstva

- motivace, povědomí a preference členů představenstva

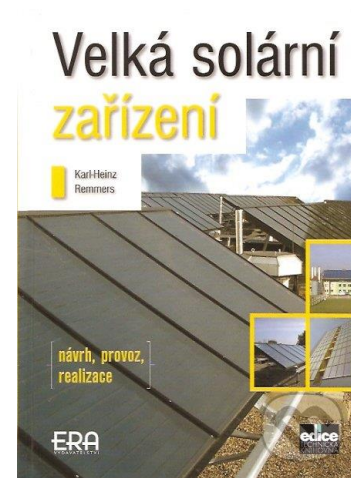
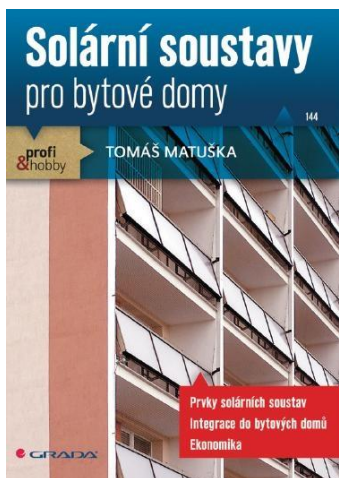
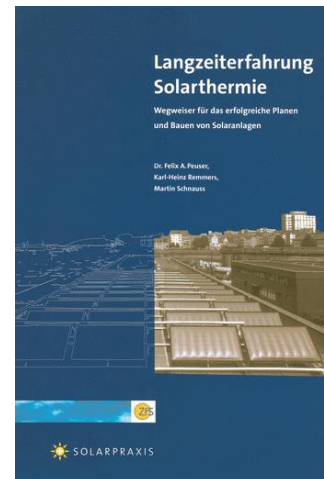
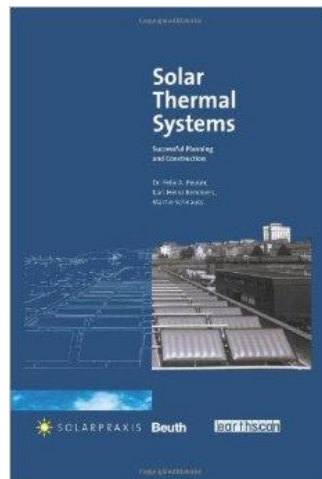
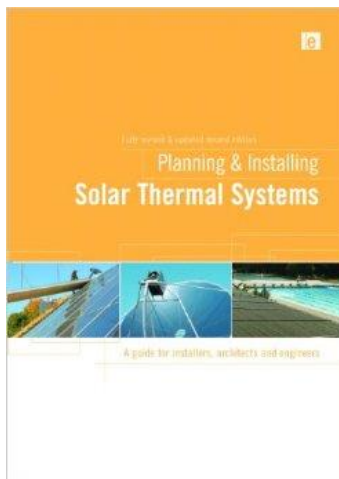
Navrhování a hodnocení solárních termických systémů pro bytové domy

- **druhy**

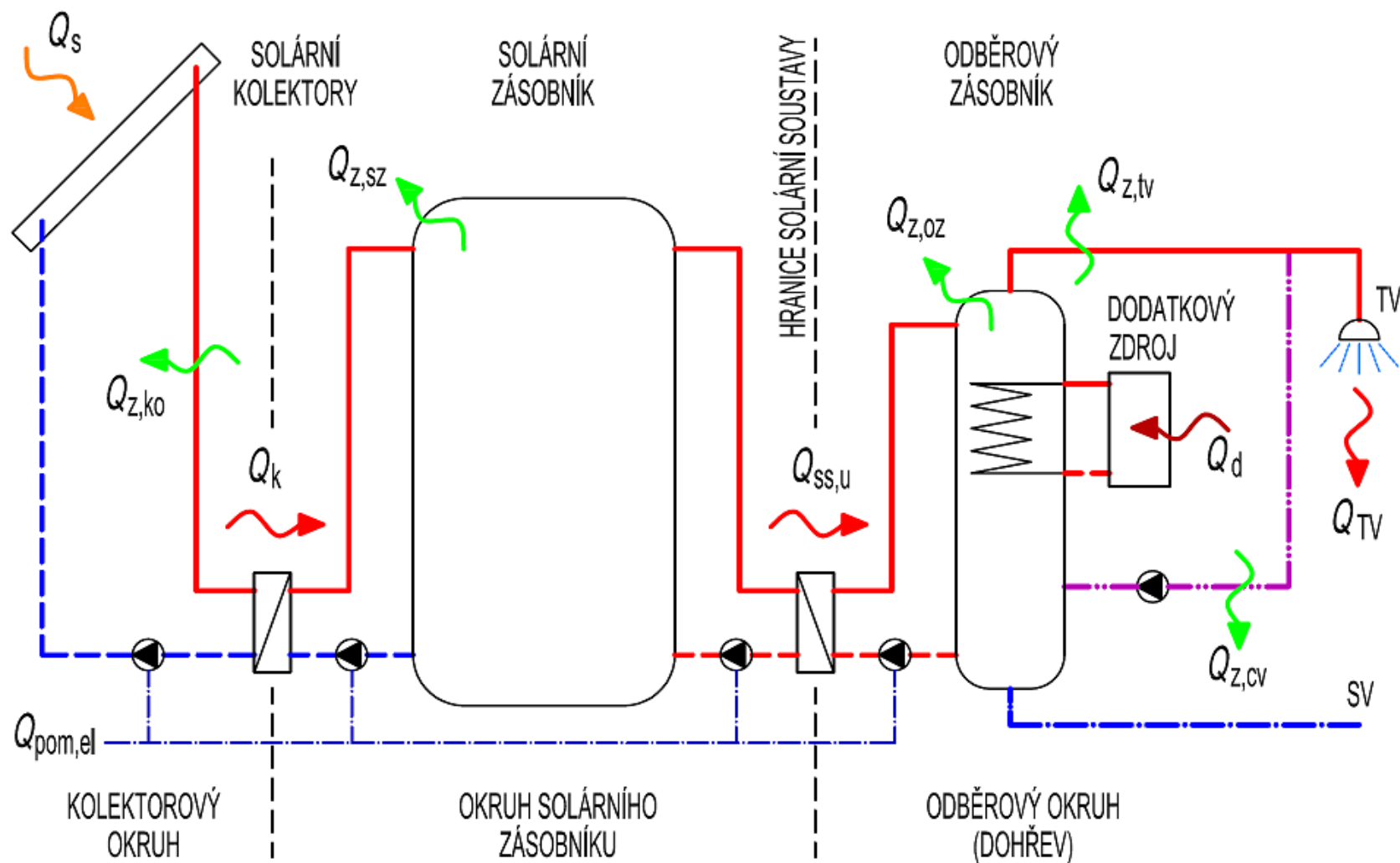
- příprava teplé vody
- příprava teplé vody a vytápění (kombinované)
- předehřev vzduchu pro větrání
- CZT + sezónní akumulace



JAK NAVRHOVAT SOLÁRNÍ SOUSTAVY – NÁVODY MÁME !!!



BILANCE SOLÁRNÍ TEPELNÉ SOUSTAVY

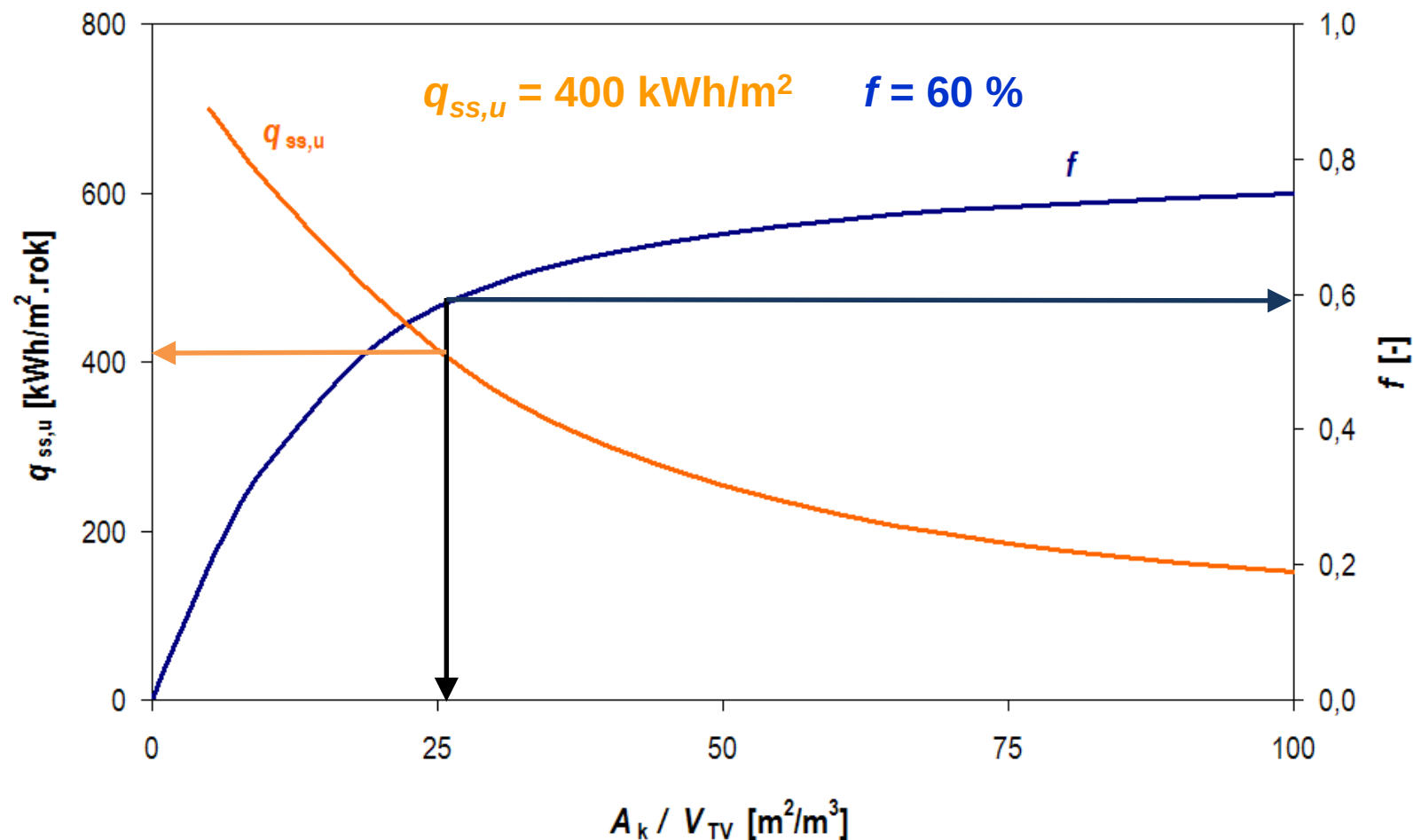


- **roční solární zisk [kWh/rok]**
 - dodaný do solárního zásobníku Q_k
 - dodaný do odběru (spotřebiče) – využitý zisk soustavy $Q_{ss,u}$

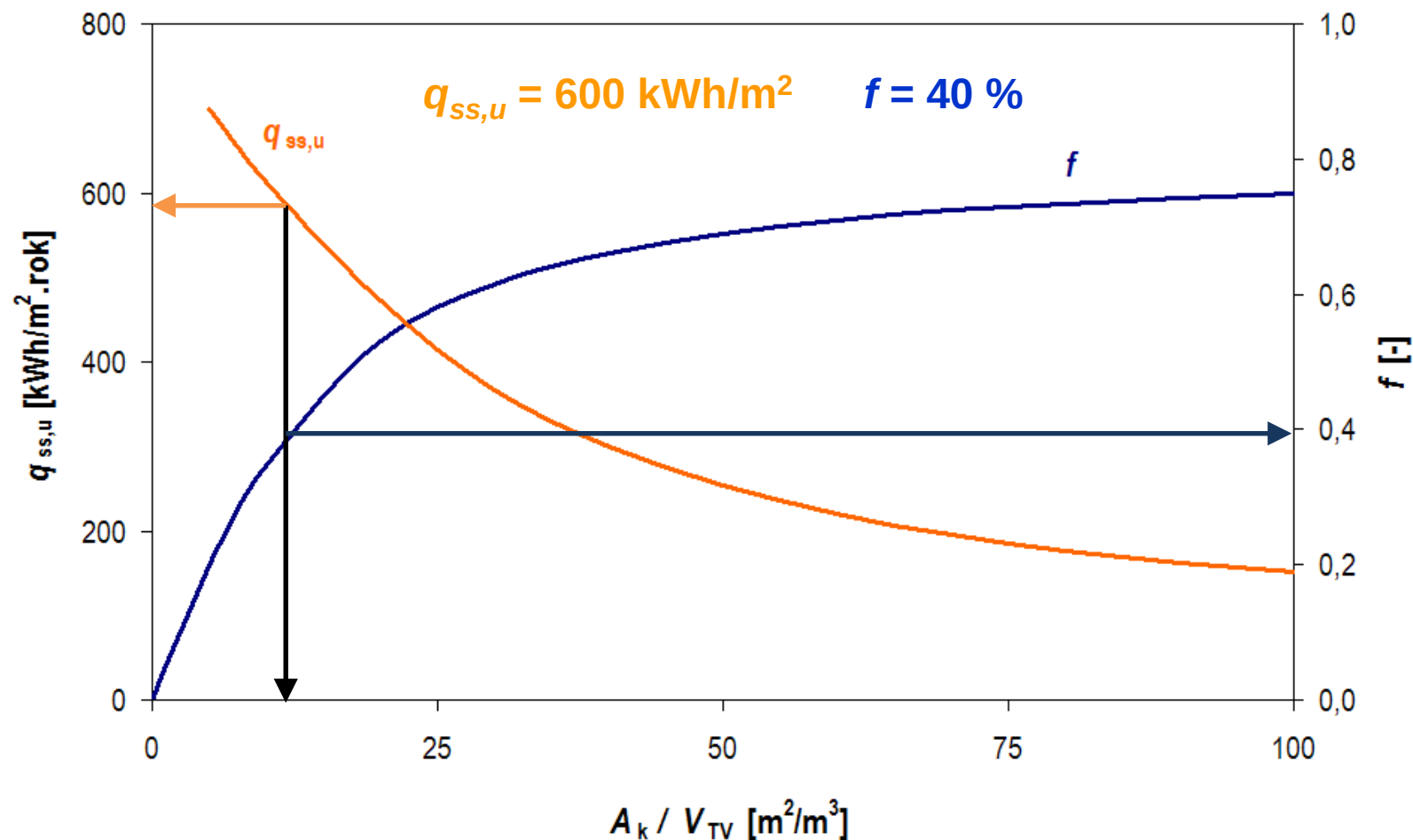
- **roční úspora energie Q_u [kWh/rok]**
 - závisí na skutečné provozní účinnosti nahrazovaného zdroje tepla η_{nz}
jak ji určit ? je známa?
 - spotřeba provozní el. energie pro pohon solární soustavy
 - podklad pro výpočet úspory primární energie, úspory emisí

- **měrný roční solární zisk $q_{ss,u}$ [kWh/(m².rok)]**
 - vztažený k ploše apertury kolektoru A_a
 - měrná roční úspora nahrazované energie
 - ekonomické kritérium: úspora / m² x investice / m²
- **solární pokrytí, solární podíl f [%]**
 - $f = 100 * \text{využitý zisk} / \text{potřeba tepla}$ (procentní krytí potřeby tepla)
- **spotřeba pomocné elektrické energie $Q_{pom,el}$ [kWh/rok]**
 - odhad: provoz 2000 h x příkon el. zařízení (čerpadla, pohony, reg.)
 - běžně pod 1 % ze zisků ~ **COP solární soustavy > 100**

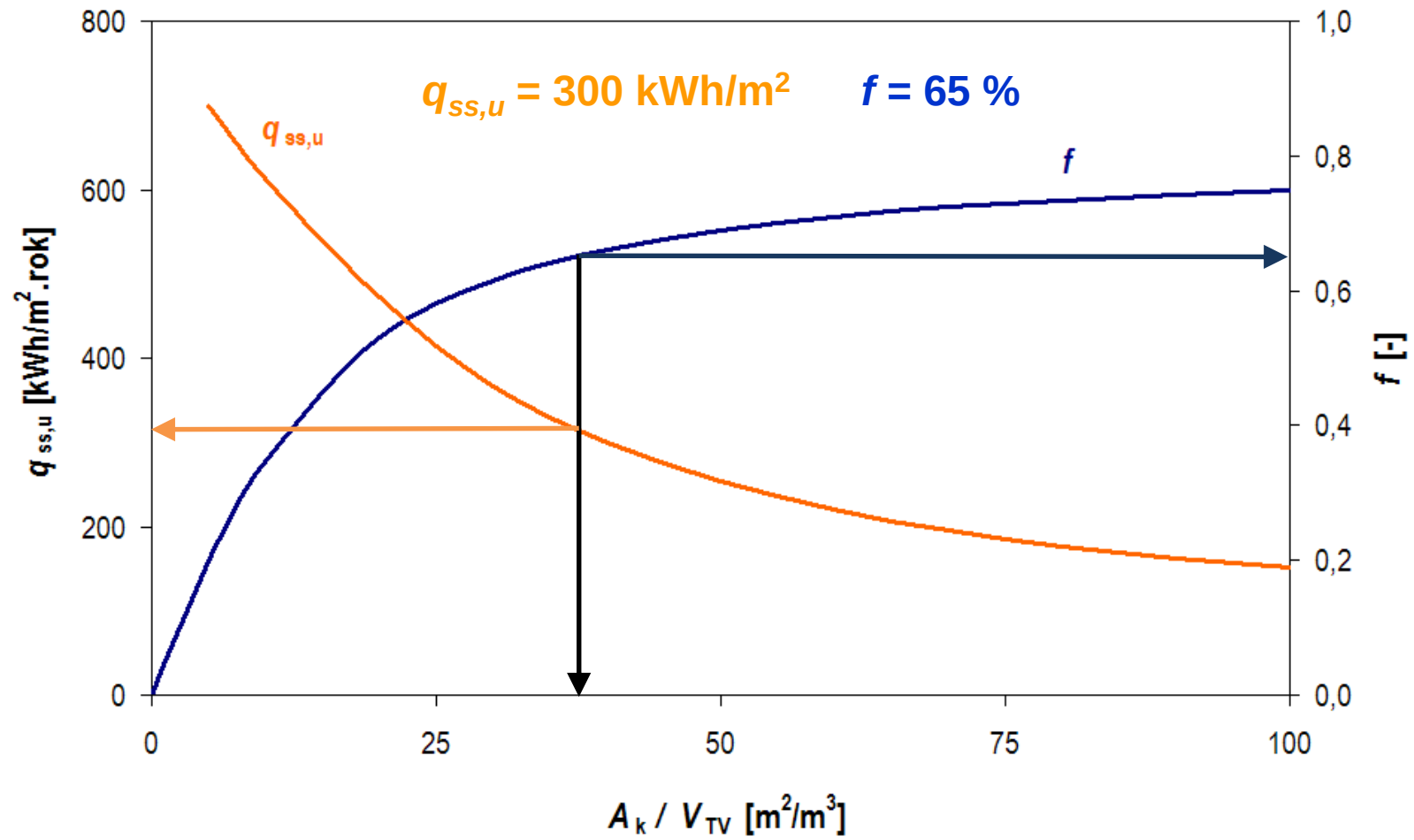
NAVROVÁNÍ SOLÁRNÍCH TEPELNÝCH SOUSTAV

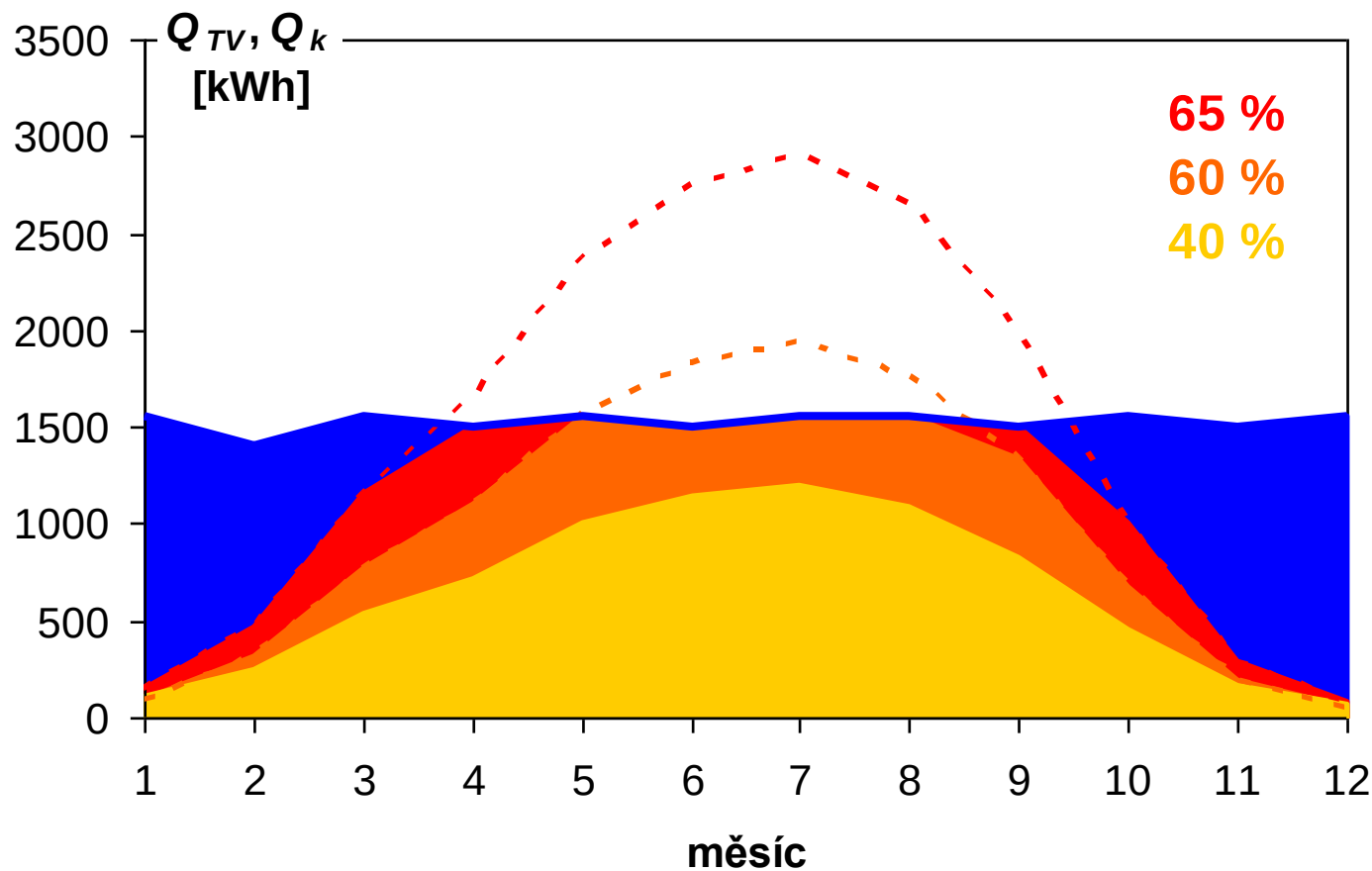


) NAVRHOVÁNÍ SOLÁRNÍCH TEPELNÝCH SOUSTAV



s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky soustavy





- **ekonomický návrh**

- maximalizace měrných tepelných zisků [kWh/m².rok]
- nízké pokrytí potřeby tepla

- **ekologický návrh**

- maximalizace pokrytí potřeby tepla [%]
- nízké měrné tepelné zisky [kWh/m².rok]

- **optimalizovaný návrh**

- požadované pokrytí potřeby tepla [%]

- **omezený návrh**

- návrh omezený strukturou, geometrií budovy

správně navržená soustava splňuje očekávání investora

- **závisí na návrhu a provedení solární soustavy:**
- **solární kolektory**
 - typu solárního kolektoru, typu zásobníku (teplotní vrstvení)
 - orientaci a sklonu kolektorů
 - **návrhu plochy solárních kolektorů vůči potřebě tepla (!)**
- **tepelné ztráty**
 - úrovní tepelné izolace solární soustavy: **potrubí (!)**, zásobník
 - délce rozvodů, povrchu zásobníku (kompaktní x rozdělení objemu)

- **snížení spotřeby tepla na přípravu teplé vody, resp. vytápění**
 - úsporná opatření provádět jako první !
 - omezit spotřebu teplé vody a tepelné ztráty (rozvody, zásobníky, doba běhu cirkulace)
 - nízkoenergetické a energeticky pasivní domy = nízkoteplotní vytápění
- **věrohodné informace o spotřebě tepla (výpočet, měření)**
 - reálné hodnoty spotřeby teplé vody, průběh léto/zima
 - bilance cirkulace teplé vody, stanovení tepelných ztrát přípravy TV
 - potřeba tepla na vytápění, účinnost otopné soustavy

- **provedení měsíční bilance**

- pro zvolenou plochu kolektorů
- pro všechny měsíce roku
- stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé vody, vč. tepelných ztrát
- stanovení využitelných zisků ze solárních kolektorů
- z porovnání vyplývá využitelnost zisků z kolektorů pro krytí potřeby tepla, **nevyužité přebytky nelze započítat (!)**
- bilančních výpočtů je možné výhodně **využít pro návrh plochy** (optimalizace návrhu z hlediska ekonomických parametrů)

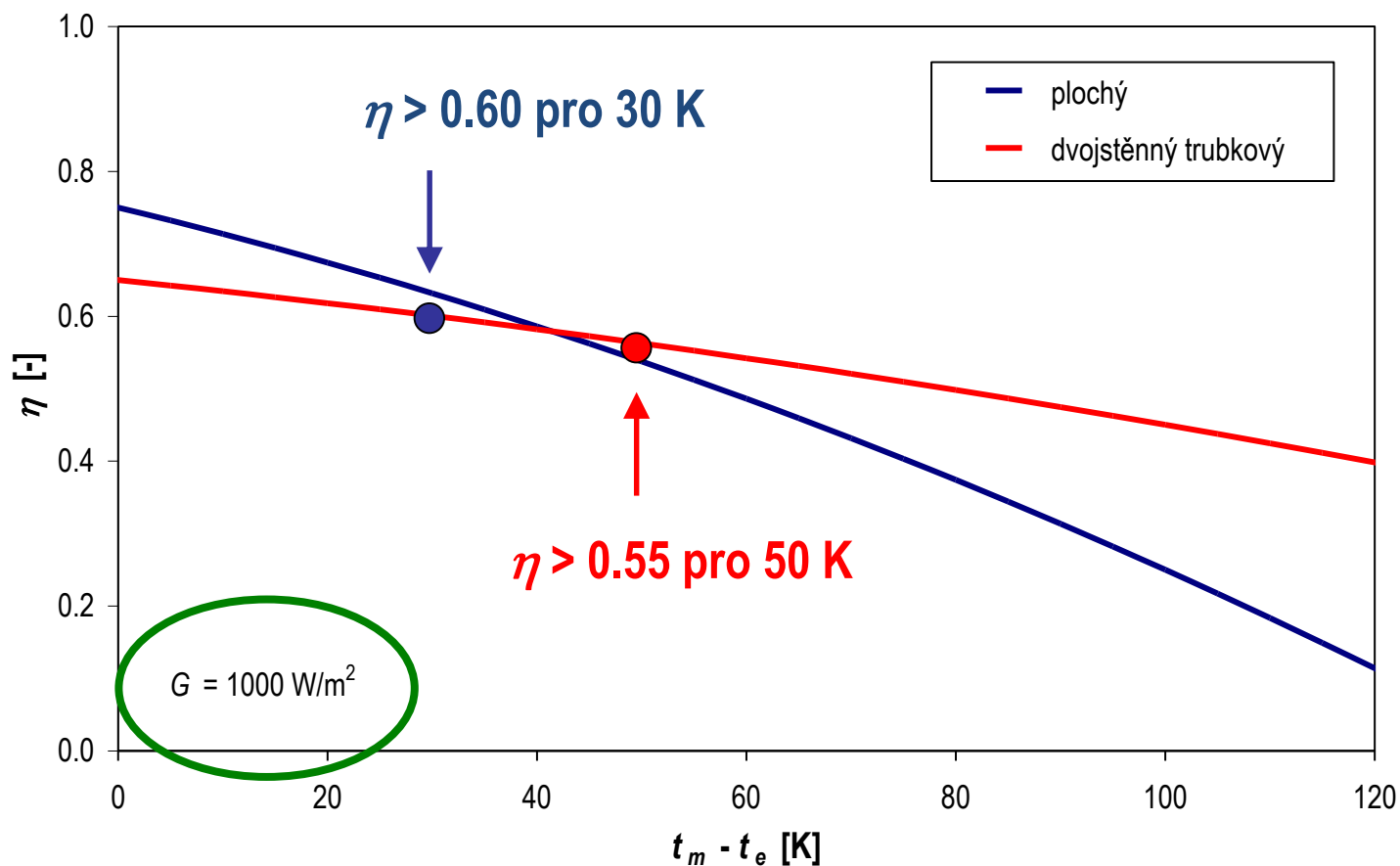
) JAK POZNAT KVALITNÍ SOLÁRNÍ KOLEKTOR?



- **protokol o zkoušce** v souladu s ČSN EN 12975 (nebo s novou ČSN EN ISO 9806)
 - splnění požadavků normy, **žádný jiný certifikát není potřeba**
 - **výkonová zkouška** – jak je kolektor výkonný, poklady pro projektanty pro navrhování, koeficienty křivky účinnosti η_0 , a_1 , a_2
 - **spolehlivostní zkoušky** – kolik toho kolektor „vydrží“
- norma není harmonizovaná, **není možné používat CE**
- **Solar Keymark** – značka CEN o splnění požadavků, inspekce výroby, řízení kvality výroby (ISO 9001)



- **minimální účinnost** - vyhláška 441/2012 Sb. požaduje pro nové instalace s investiční podporou tepla z OZE (podle zákona o podporovaných zdrojích energie)



- **Polysun (Professional, Designer)**
- **T-Sol (Professional, Expert)**
 - simulace s hodinovým krokem a menším, dynamické modely prvků (zásobník, kolektor), hodinové klimatické údaje pro různé oblasti
 - náročné na vstupní údaje, které často nejsou k dispozici (optická charakteristika kolektoru, rozměry potrubí, tloušťky izolací, profily spotřeby, atd.)
 - nutná zkušenost
 - cena (x0.000 Kč)

doporučuje se – relativně spolehlivý výpočet s hodinovým krokem

- **ČSN EN 15316-4-3 Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení energetické potřeby a účinností soustavy – Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné soustavy**
 - f -chart metoda (korelační metoda)
 - zjednodušeně vliv optické charakteristiky (modifikátor úhlu dopadu IAM)
 - vliv návrhu potrubí solárního okruhu (tepelné ztráty)
 - vliv velikosti zásobníku, vliv velikosti výměníku
- **nevýhody**
 - příliš detailní a složitá pro praktické použití
 - nutná znalost teorie pro pochopení „co se počítá“
 - chybí klimatické údaje pro ČR

- **TNI 73 0302 - zjednodušení**

- bilanční metoda
- porovnávání využitelných zisků solární soustavy a potřeby tepla v jednotlivých měsících
- uvažování celoročně paušálních hodnot

teploty v kolektoru

srážky vlivem tepelných ztrát

optické charakteristiky

VÝPOČTOVÝ NÁSTROJ BILANCE SS (PODLE TNI 73 0302)

Microsoft Excel - BILANCE_SS_5_0.xls

Soubor Úpravy Zobrazit Vložit Formát Nástroje Data Okno Nápověda

Arial CE 10 B I U

plocha 1,9

Typ budovy	Typ spotřeby	$V_{TV, den, OS}$ [l/os.den]
Obytné budovy	Nízký standard	10 - 20
	Střední standard	20 - 40
	Vysoký standard	40 - 80
	Nízké (letní) vytížení	$0.75 \times V_{TV}$
Nemocnice, domovy důchodců	Nízké (letní) vytížení	25 - 30
	Zbýlá část roku	30 - 60
Studentské domovy, koleje	Nízké (letní) vytížení	20 - 25
	Zbýlá část roku	25 - 50
Školy	Nízké (letní) vytížení	0
	Zbýlá část roku	5 - 10
Hostince, restaurace*	Nízký standard	5
	Střední standard	15
	Vysoký standard	30
Ubytovací zařízení**	Nízký standard	20
	Střední standard	35
Sportovní zařízení***	Vysoký standard	70
	Nízký standard	30
	Střední standard	60
	Vysoký standard	100

* na jedno místo, ** na jedno lůžko, *** na jednu sprchu

Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.): 49 jednotek

Spotřeba na jednotku: 40 l/jedn.den

Adresa:

Je snižena spotřeba tepla v letních měsících u obytných budov NE

Příprava teplé vody a vytápění

Denní spotřeba teplé vody $V_{TV, den}$ (15°C / 60°C) 1960 l/den

Studená voda t_{SV} 15 °C

Teplá voda t_{TV} 60 °C

Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p 0,1 Příprava teplé vody, od 10 do 50 m2

Přirážka na tep. ztráty při přípravě teplé vody z 0,15 Zásobníkový ohřev bez cirkulace

Vytápění objektu - použít data z výpočtu podle ČSN EN 13790 NE

Tepečná ztráta domu Q_z 4,5 kW

Vnitřní výpočtová teplota t_{iv} 20 °C

Venkovní výpočtová teplota t_{ev} -12 °C

Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění) nízkenergetický standard, vyhláškou doporučené tepelné vlastnosti konstrukcí

Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v 5 %

bazény

Plocha vodní hladiny bazénu A_b m²

Typ bazénu Vnitřní - mimo doby provozu zakrývaný

Teplota bazénové vody v době provozu $t_{w,p}$ 28 °C

Teplota bazénové vody mimo dobu provozu $t_{w,n}$ 24 °C

Teplota vzduchu v prostorech bazénu v době provozu $t_{v,p}$ 30 °C

Teplota vzduchu v prostorech bazénu mimo provoz $t_{v,n}$ 20 °C

Denní provozní doba bazénu t_p 12 h

Počet návštěvníků za měsíc 100 osob/měs

Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost η_0 0,78 -

Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 4,5 W/m².K

Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 0,008 W/m².K²

Počet kolektorů 20 ks

Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1} 1,9 m²

Celková plocha apertury kolektorů 38 m²

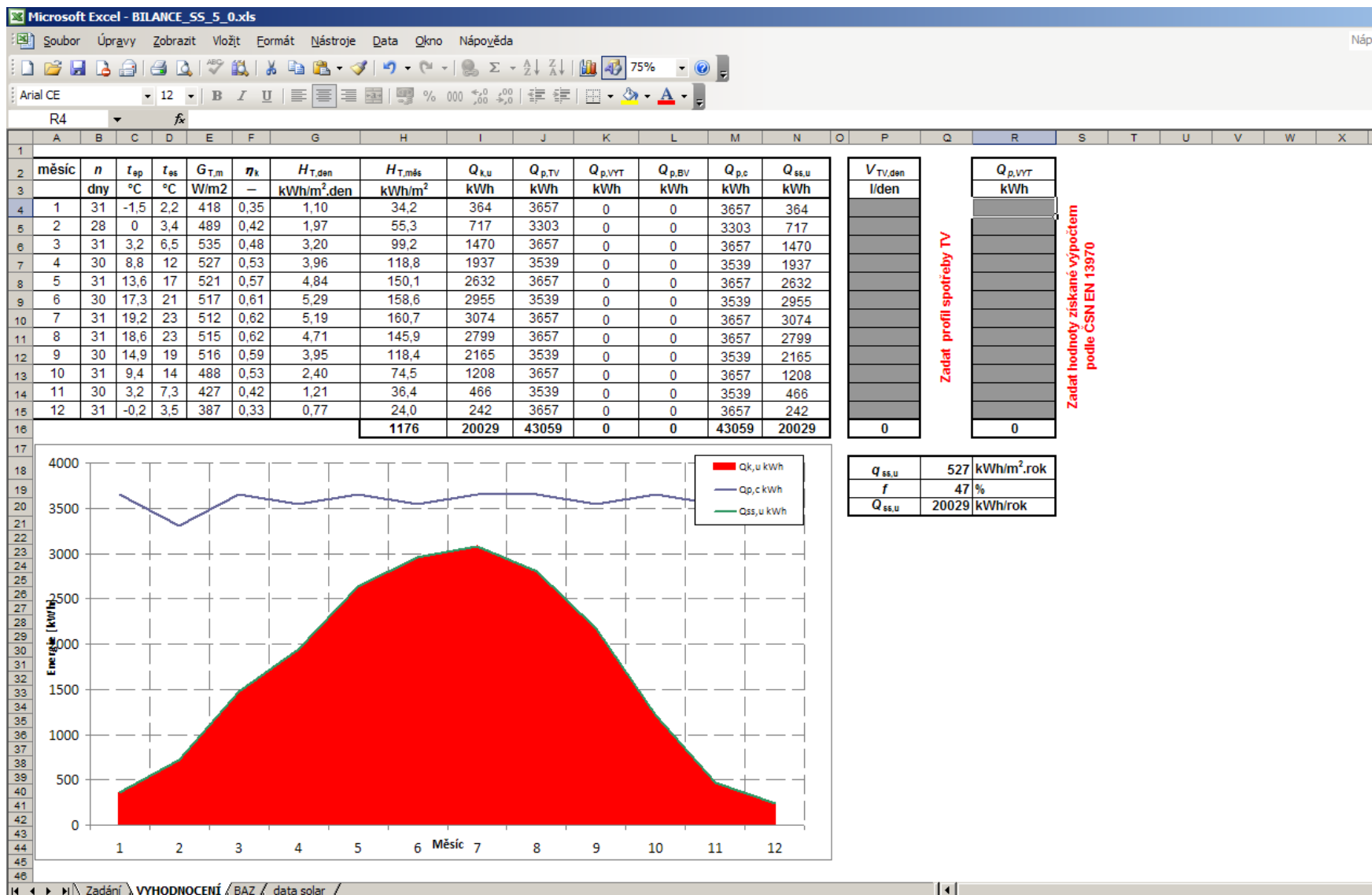
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$ 40 °C Příprava teplé vody, 35 % < pokrytí < 70 %

Sklon kolektoru β 45 °

Azimut kolektoru γ (jih = 0°) 0 °

Zadání VYHODNOCENÍ BAZ data solar

VÝPOČTOVÝ NÁSTROJ BILANCE SS (PODLE TNI 73 0302)



- **klimatické údaje sjednocené s TNI 73 0331**

- **tabulky pro**

- střední denní teplotu v kolektorech
- srážku vlivem tepelných ztrát

zrušeny a nahrazeny

- **výpočtovými vztahy** na základě

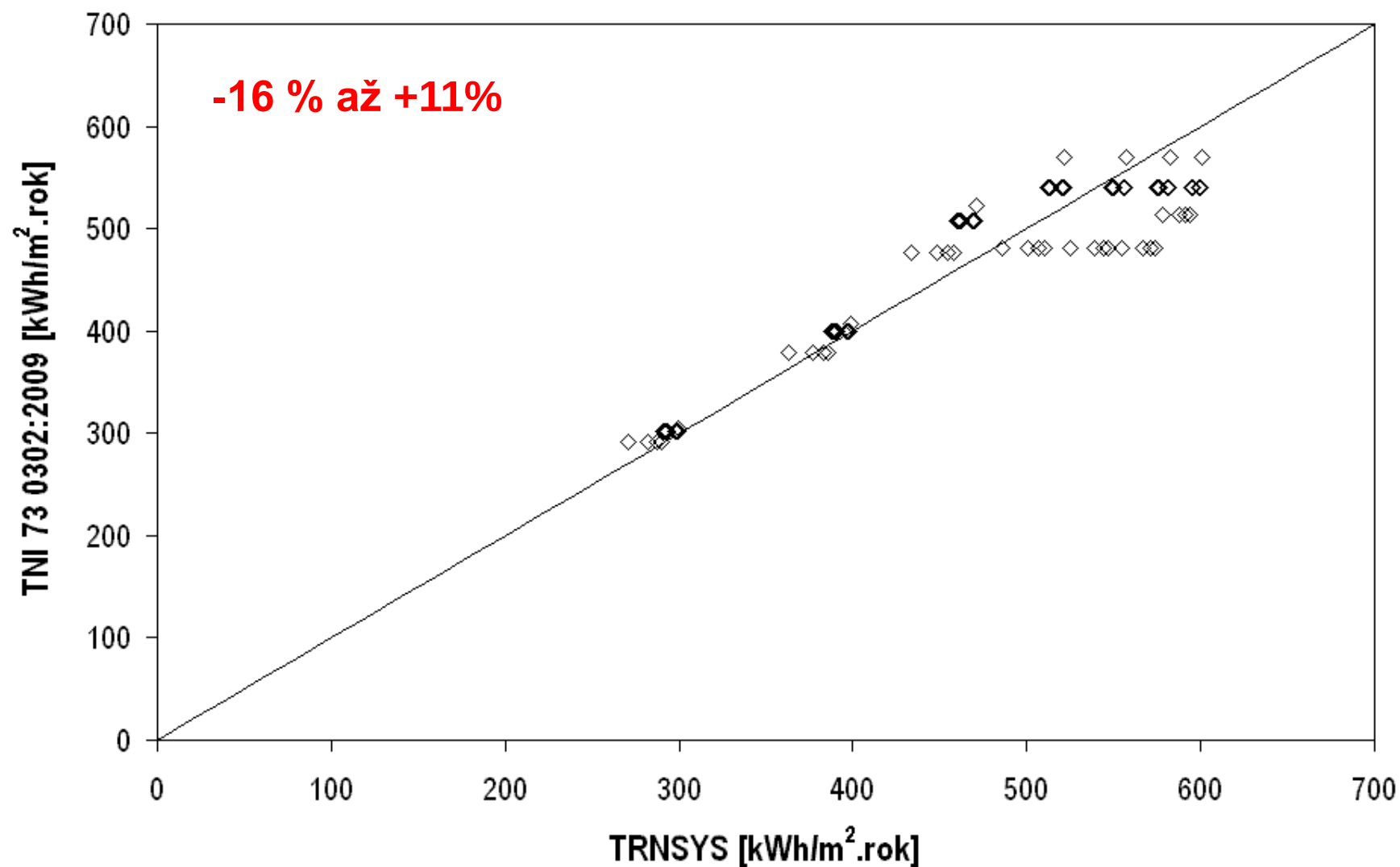
- plochy kolektorů A_k
- poměru $A_k / Q_{p,c}$
- (teploty otopné vody t_{w1})

$$t_{k,m} = 25 + 11000 \cdot \frac{A_k}{Q_{p,c}}$$

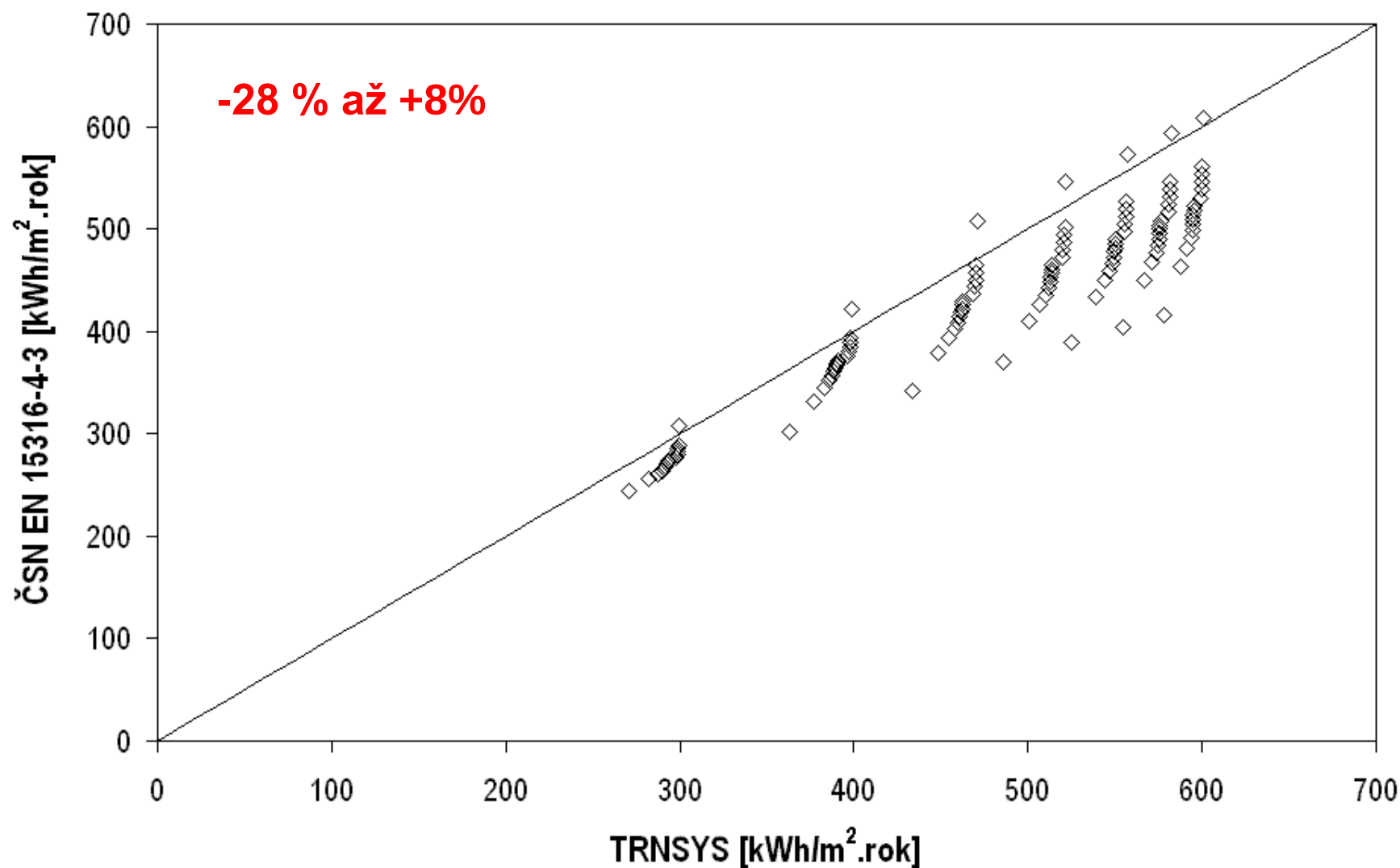
$$p = \frac{0.26}{A_k} + 100 \frac{A_k}{Q_{p,c}}$$

- **porovnání TNI 73 0302 s jinými metodami výpočtu**
 - se stejnými klimatickými údaji, solárními kolektory, potřebou tepla
 - definovanými potrubími solárního okruhu, zásobníků tepla, výměníky, atd.
- **s počítačovou simulací solárních soustav**
- **s metodou podle ČSN EN 15316-4-3**
 - cca 200 variant pro přípravu TV
 - systémy od 2 do 75 m²
 - poměr A_k / Q_p od 0.1 do 2.6 m²/MWh

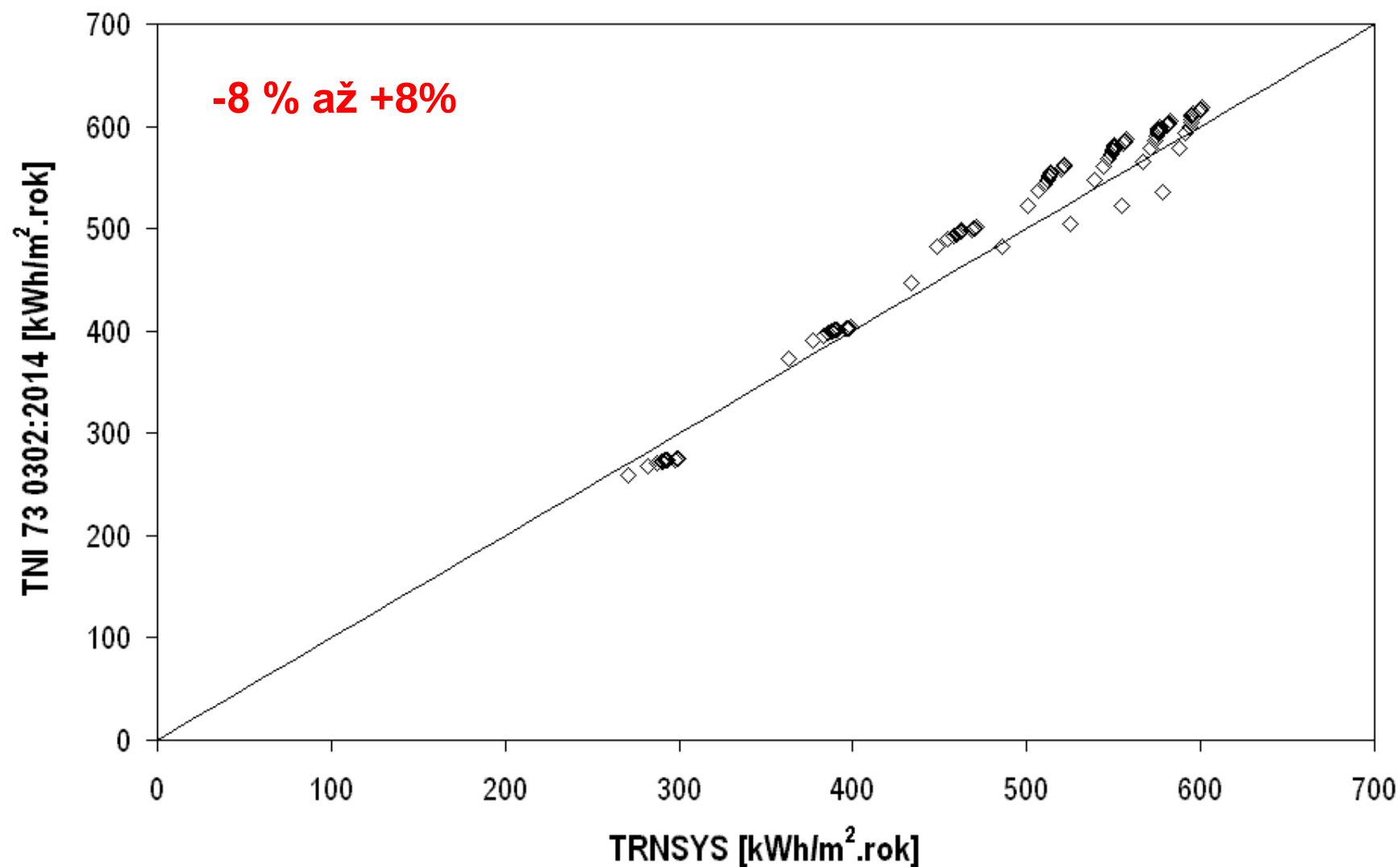
) TNI 73 0302:2009 vs POČÍTAČOVÁ SIMULACE



) ČSN EN 15316-4-3 vs POČÍTAČOVÁ SIMULACE



) TNI 73 0302:2014 vs POČÍTAČOVÁ SIMULACE



Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy verze 2015/02

Akce: Vypracoval:
 Adresa: Datum:
 Kontakt:

Příprava teplé vody Vypočítat ze zadanych údajů

Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]
Led	422
Úno	381
Bře	422
Dub	408
Kvě	422
Čer	408
Čvc	316
Srp	316
Zář	408
Říj	422
Lis	408
Pro	422

Počet osob: 5 os
 Potřeba teplé vody: 40 l/os.d
 Teplota SV: 10 °C
 Teplota TV: 55 °C
 Letní snížení potřeby: 25 %
 Přirážka na ztráty: 30 %
 Centrální zásobníkový ohřev: ☐

Vytápění Vypočítat ze zadanych údajů

Měsíc	$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs]
Led	
Úno	
Bře	
Dub	
Kvě	
Čer	
Čvc	
Srp	
Zář	
Říj	
Lis	
Pro	

Tepelná ztráta: 10 kW
 Návrhová vnitřní teplota: 20 °C
 Návrhová venk. teplota: -12 °C
 Teplota přírodní vody: 35 °C
 Přirážka na ztráty: 5 %
 Korekční součinitel: 0.75
 Běžný standard: ☐

Bazén Vypočítat ze zadanych údajů

Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]
Led	
Úno	
Bře	
Dub	
Kvě	
Čer	
Čvc	
Srp	
Zář	
Říj	
Lis	
Pro	

Vnější zakrývaný: ☐
 Plocha bazénu: 12.5 m²
 Provozní doba: 12 h/den
 Teplota vody (den): 28 °C
 Teplota vzduchu (den): 28 °C
 Teplota vody (noc): 24 °C
 Teplota vzduchu (noc): 20 °C
 Počet návštěvníků: 120 os/m

Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy

Druh: Typ:

Optická účinnost η_0 : 0.78
 Koeficient ztráty a_1 : 3.25 W/m²K
 Koeficient ztráty a_2 : 0.016 W/m²K²
 Vztázná plocha kolektoru: 2.35 m²
 Počet kolektorů: 2 ks
 Plocha kolektorového pole: 4.7 m²

Příprava teplé vody: ☐
 Střední denní teplota v solárních kolektorech: 36 °C
 Srážka z tepelných zisků vlivem tepelných ztrát: 15 %
 Plocha apertury kolektoru: 2.30 m²
 Sklon kolektorů: 45°
 Azimut kolektorů: 0°

Výsledky výpočtu PŘEPÓČET HODNOT A KONTROLA

Měsíc	t_{es} °C	G_m W/m²	H_T kWh/m²	η_k -	Q_p MWh	$Q_{k,sv}$ MWh	Q_{ssu} MWh
Led	1.8	418	36	0.47	0.42	0.06	0.06
Úno	2.7	489	57	0.52	0.38	0.11	0.11
Bře	6.3	535	93	0.57	0.42	0.19	0.19
Dub	10.7	527	127	0.61	0.41	0.28	0.28
Kvě	16.0	521	147	0.64	0.42	0.34	0.34
Čer	18.6	517	136	0.66	0.41	0.32	0.32
Čvc	20.5	512	137	0.68	0.32	0.33	0.32
Srp	21.1	515	148	0.68	0.32	0.36	0.32
Zář	17.1	516	105	0.65	0.41	0.24	0.24
Říj	11.7	488	86	0.60	0.42	0.18	0.18
Lis	6.4	427	46	0.52	0.41	0.09	0.09
Pro	3.6	387	29	0.47	0.42	0.05	0.05
Celkem			1147		4.76		2.49

Souhrnné výsledky

Energetický zisk soustavy: 2.49 MWh/rok
 Měrný solární zisk: 542 kWh/m².rok
 Solární pokrytí: 52.4 %

Výpočetní nástroj v souladu s TNI 73 0302:2014 Autoři: T. Matuska, B. Sourek, 2015

• nová verze BILANCESS

- v souladu s TNI 73 0302:2014
- pouze 1 A4 k tisku
- omezený rozsah zadání poměru A_k/Q_p
- omezený rozsah azimutu kolektoru
- makro pro výpočet
- návod (!)

http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158

Zjednodušená měsíční bilance solární tepelné soustavy

verze 2015/02

Akce:

Adresa:

Kontakt:

Vypracoval:

Datum:

Příprava teplé vody

Vypočítat ze zadaných údajů ▼

Měsíc	$Q_{p,TV}$ [kWh/měs]
Led	422
Úno	381
Bře	422
Dub	408
Kvě	422
Čer	408
Čvc	316
Srp	316
Zář	408
Říj	422
Lis	408
Pro	422

Počet osob os

Potřeba teplé vody l/os.d

Teplota SV °C

Teplota TV °C

Letní snížení potřeby %

Přirážka na ztráty %

Centrální zásobníkový ohřev ▼

Vytápění

Vypočítat ze zadaných údajů ▼

Měsíc	$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs]
Led	
Úno	
Bře	
Dub	
Kvě	
Čer	
Čvc	
Srp	
Zář	
Říj	
Lis	
Pro	

Tepelná ztráta kW

Návrhová vnitřní teplota °C

Návrhová venk. teplota °C

Teplota přívodní vody °C

Přirážka na ztráty %

Korekční součinitel

Běžný standard ▼

Bazén

Vypočítat ze zadaných údajů ▼

Měsíc	$Q_{p,BAZ}$ [kWh/měs]
Led	
Úno	
Bře	
Dub	
Kvě	
Čer	
Čvc	
Srp	
Zář	
Říj	
Lis	
Pro	

Vnější zakrývaný ▼

Plocha bazénu m²

Provozní doba h/den

Teplota vody (den) °C

Teplota vzduchu (den) °C

Teplota vody (noc) °C

Teplota vzduchu (noc) °C

Počet návštěvníků os/m

Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy

Druh: Typ:

Optická účinnost η_0 -

Koeficient ztráty a_1 W/m²K Střední denní teplota v solárních kolektorech °C

Koeficient ztráty a_2 W/m²K² Srážka z tepelných zisků vlivem tepelných ztrát %

Vztažná plocha kolektoru m² Plocha apertury kolektoru m²

Počet kolektorů ks Sklon kolektorů

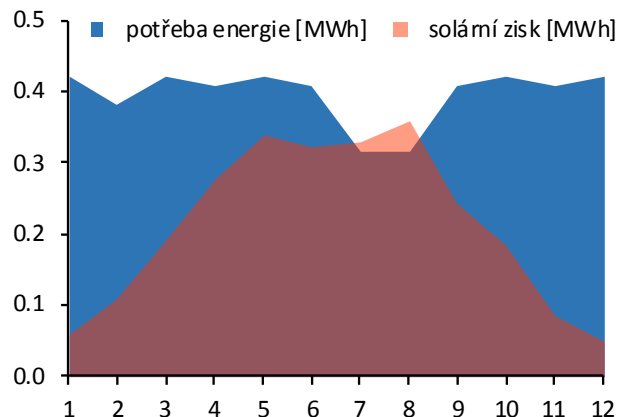
Plocha kolektorového pole m² Azimut kolektorů

Výsledky výpočtu PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA

Souhrnné výsledky

Měsíc	t_{es} °C	G_m W/m ²	H_T kWh/m ²	η_k -	Q_p MWh	$Q_{k,u}$ MWh	Q_{ssu} MWh
Led	1.8	418	36	0.47	0.42	0.06	0.06
Úno	2.7	489	57	0.52	0.38	0.11	0.11
Bře	6.3	535	93	0.57	0.42	0.19	0.19
Dub	10.7	527	127	0.61	0.41	0.28	0.28
Kvě	16.0	521	147	0.64	0.42	0.34	0.34
Čer	18.6	517	136	0.66	0.41	0.32	0.32
Čvc	20.5	512	137	0.68	0.32	0.33	0.32
Srp	21.1	515	148	0.68	0.32	0.36	0.32
Zář	17.1	516	105	0.65	0.41	0.24	0.24
Říj	11.7	488	86	0.60	0.42	0.18	0.18
Lis	6.4	427	46	0.52	0.41	0.09	0.09
Pro	3.6	387	29	0.47	0.42	0.05	0.05
Celkem			1147		4.76		2.49

Energetický zisk soustavy	2.49 MWh/rok
Měrný solární zisk	542 kWh/m ² .rok
Solární pokrytí	52.4 %



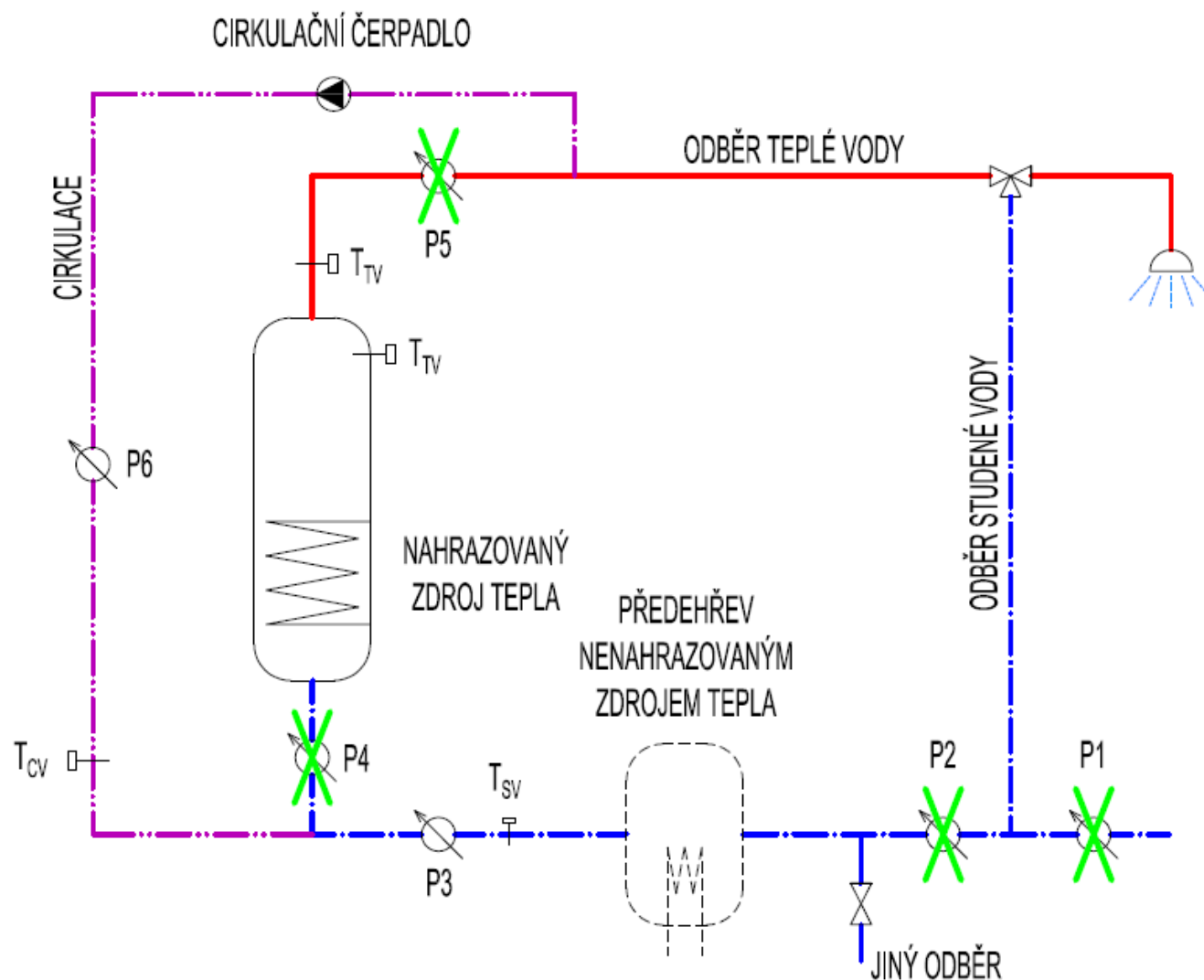
- **zjednodušená metodika TNI 73 0302:2014 je nástrojem**
 - spolehlivým pro návrh plochy kolektorů vzhledem k potřebě tepla
 - vhodným pro projektanty, energetické specialisty pro stanovení přibližných přínosů solární soustavy
 - **nic víc ...**
- **porovnávání s realizací**
 - je nutný podrobnější model, simulace s krokem max. 1 hodina
 - máme stejné podmínky? klimatické údaje?
 - máme spolehlivé informace o prvcích soustavy (izolace, výměníky, **kolektory**)?

- **nejčastější**
 - není vázána na stavební řešení
- **předehřev nebo ohřev studené vody**
 - snadno integrovatelná do systému před stávající přípravu teplé vody
- **nutné vycházet z reálné spotřeby TV v objektu**
- **návrh plochy kolektorů na letní období**

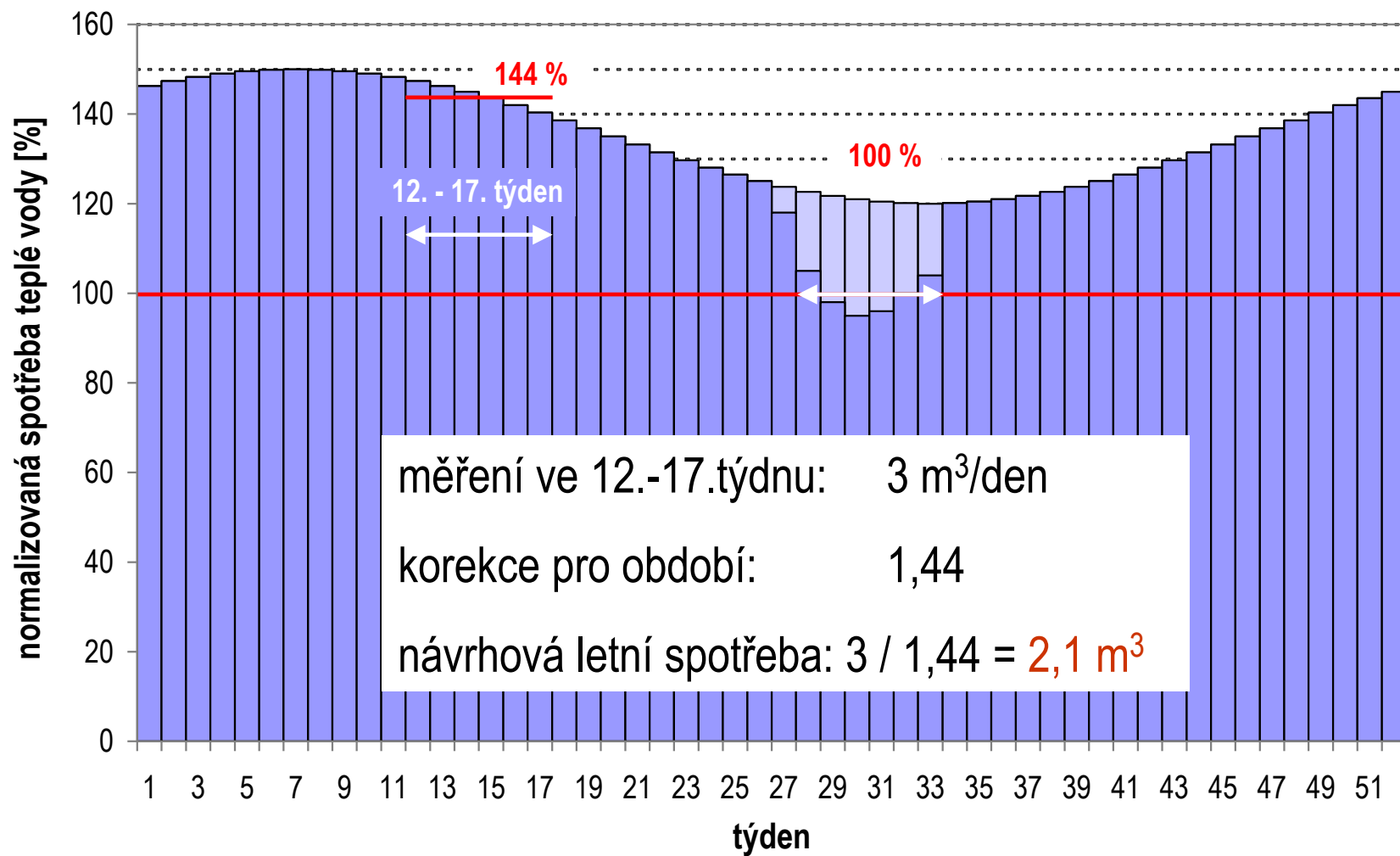


- **stávající budovy - dlouhodobé a věrohodné měření:**
 - dodané teplo na patě objektu, nebo zásobníku, včetně cirkulace
 - celoroční údaje o spotřebovaném množství TV se zohledněním teploty SV a TV, ztráty odhadem
 - alespoň **týdenní měření** průběhu spotřeby teplé vody
 - měření energie zdroje pro přípravu TV, např. spotřeba plynu, odhad provozní účinnosti zdroje tepla (!)
- **nové, příp. stávající budovy – směrná čísla:**
 - střední standard 20 až **40 l/os.den** (při teplotní úrovni 60 °C)
 - **nepoužívat ČSN 06 0320: 82 l/os.den**

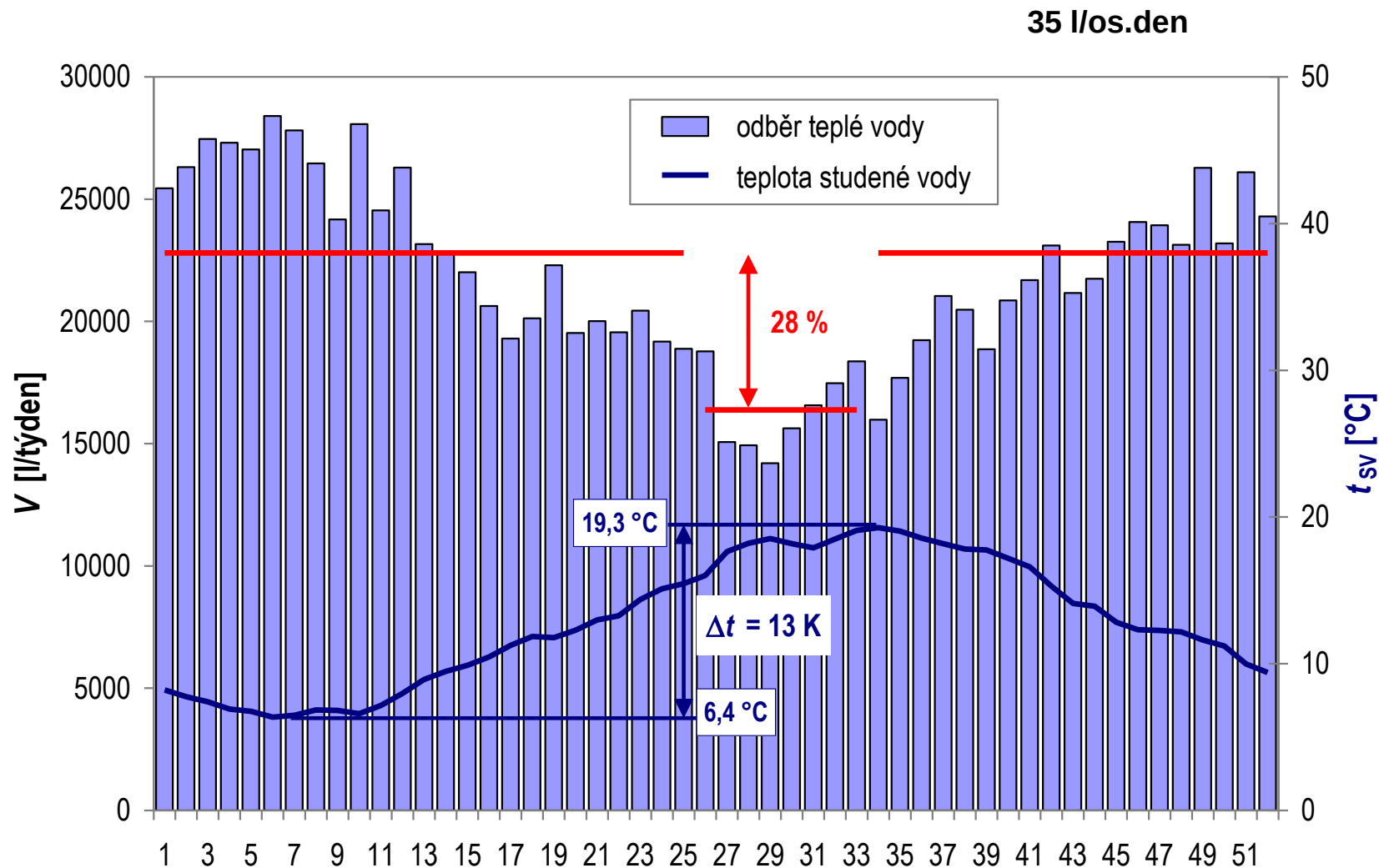
MĚŘENÍ SPOTŘEBY TEPLA NA PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY



VYHODNOCENÍ KRÁTKODOBÉHO MĚŘENÍ



) MĚŘENÍ V BYTOVÉM DOMĚ STODŮLKY



- **denní tepelná ztráta $Q_{z,TV}$**
 - vlastní přípravy TV (zásobníky, ohřívač)
 - rozvod teplé vody (TV, CV)
- **výpočet podle norem (precizní, ale komplikovaný, náročný na vstupní údaje, součinitele U , délky rozvodů)**
 - ČSN EN 15316-3-2: rozvody TV a CV (využití denních profilů odběru, běhu CV)
 - ČSN EN 15316-3-3: příprava, zásobníky (využití denních profilů odběru, využití denních profilů nabíjení)
- **simulační výpočet (náročný na vstupní údaje, součinitele U , délky rozvodů)**
 - pouze některé simulační programy, hydraulické schéma rozvodů teplé vody

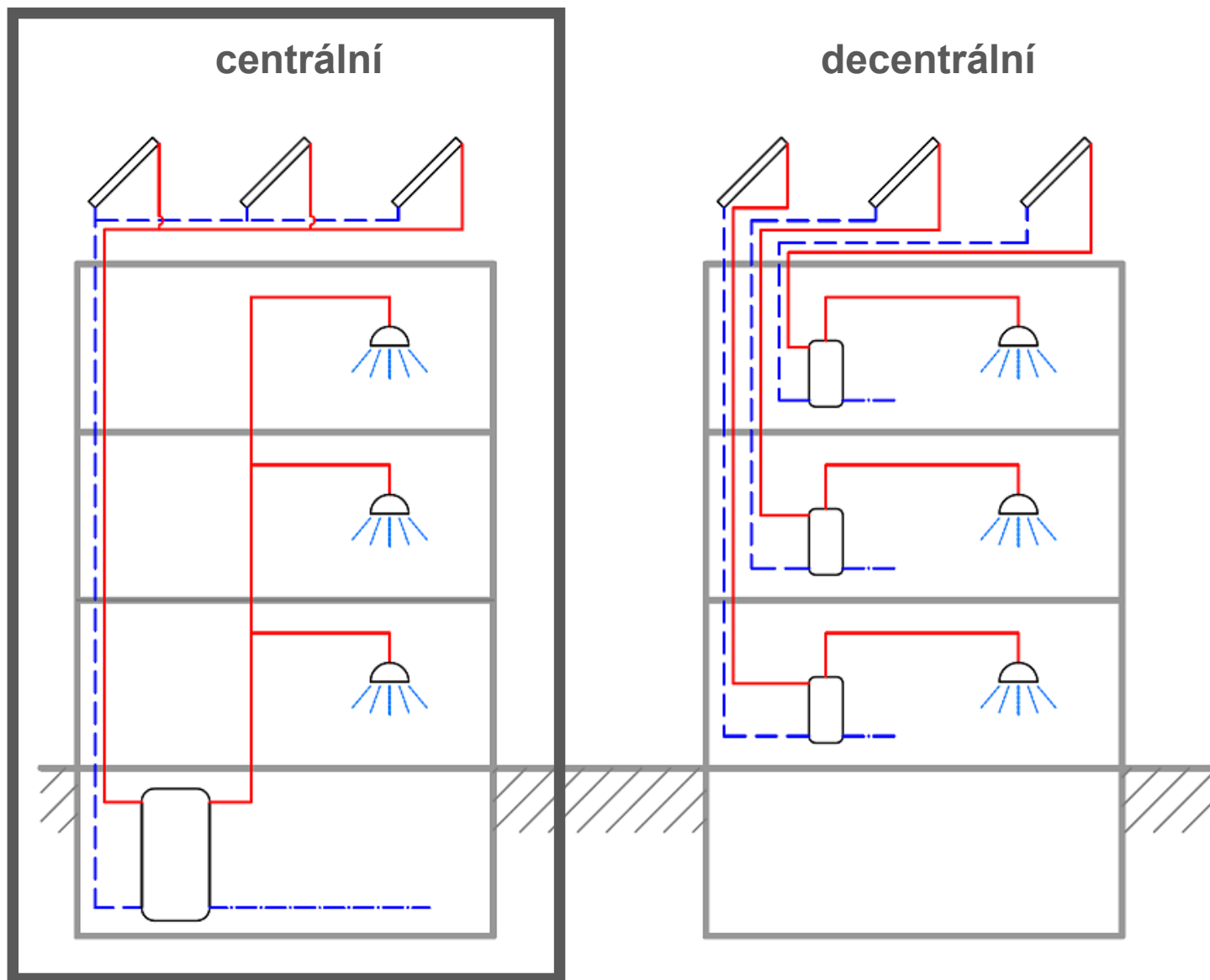
- paušální přírážka

$$Q_{p,c} = Q_{p,TV} = Q_{TV} + Q_{z,TV} = (1 + z) \cdot Q_{TV}$$

Typ přípravy TV	z
Lokální průtokový ohřev	0,00
Centrální zásobníkový ohřev bez cirkulace	0,15
Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací	0,30
Centrální zásobníkový ohřev s neřízenou cirkulací	1,00
CZT, příprava TV s meziobjektovými přípojkami, TV, CV	> 2,00

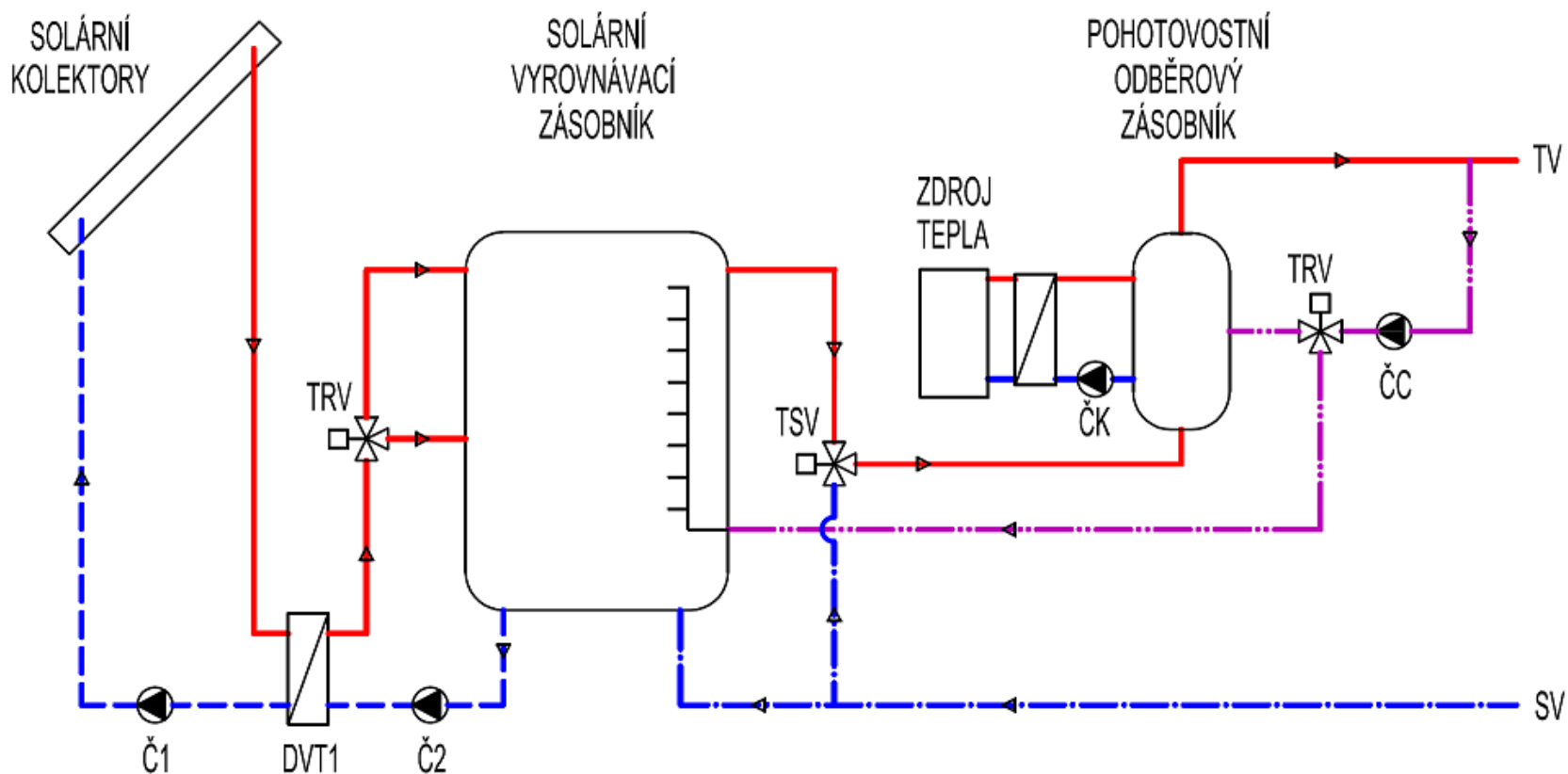
zdroj: TNI 73 0302 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup

) HYDRAULICKÁ ZAPOJENÍ – ZÁKLADNÍ KONCEPCE



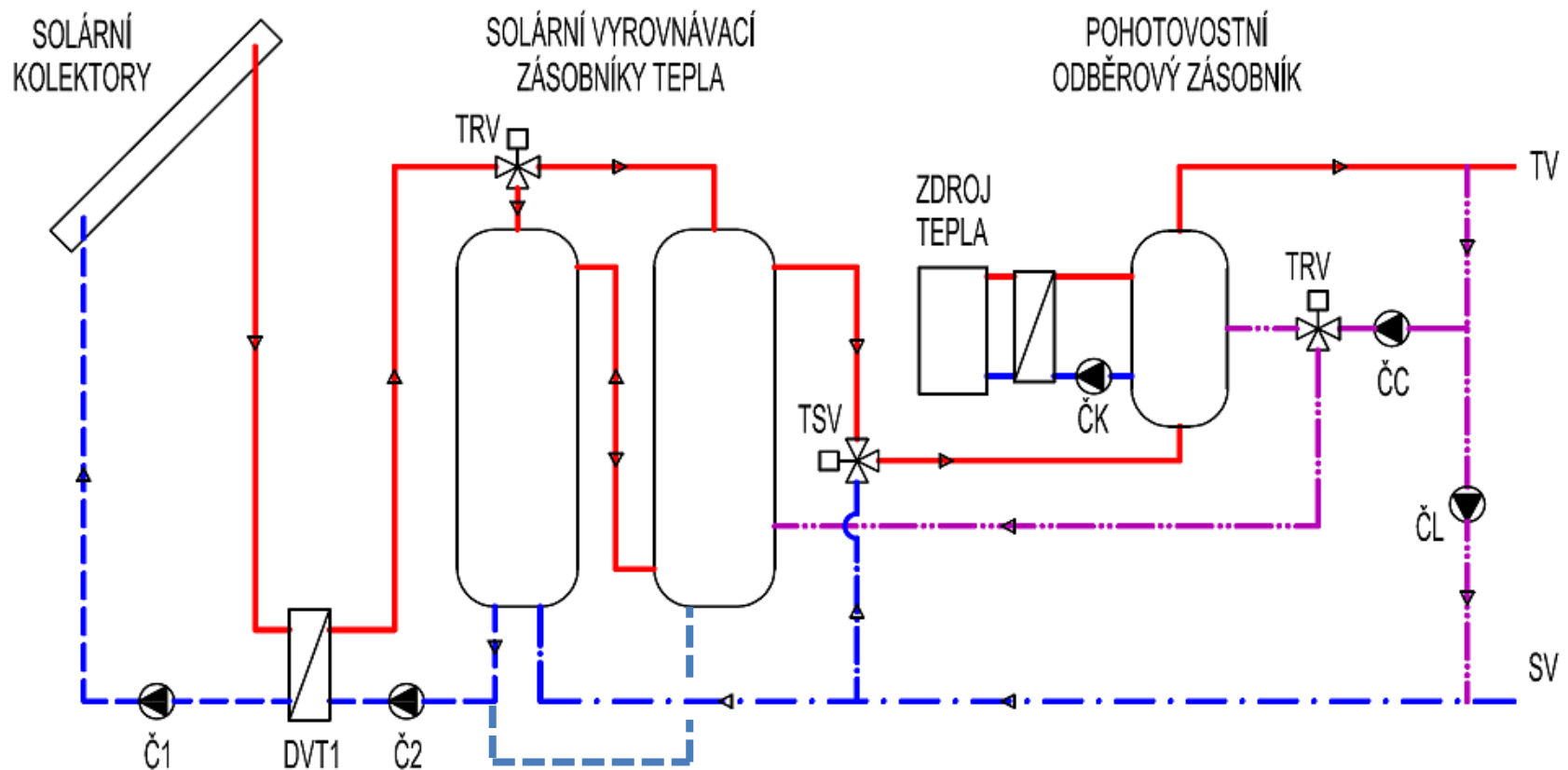
) SOLÁRNÍ OHŘEV VODY SE ZÁSOBNÍKY TV

- **velkoobjemový tlakový vyrovnávací zásobník teplé vody**
 - netermická ochrana proti legionele
 - stratifikace: přívod z výměníku, vstup cirkulace



) SOLÁRNÍ OHŘEV VODY SE ZÁSOBNÍKY TV

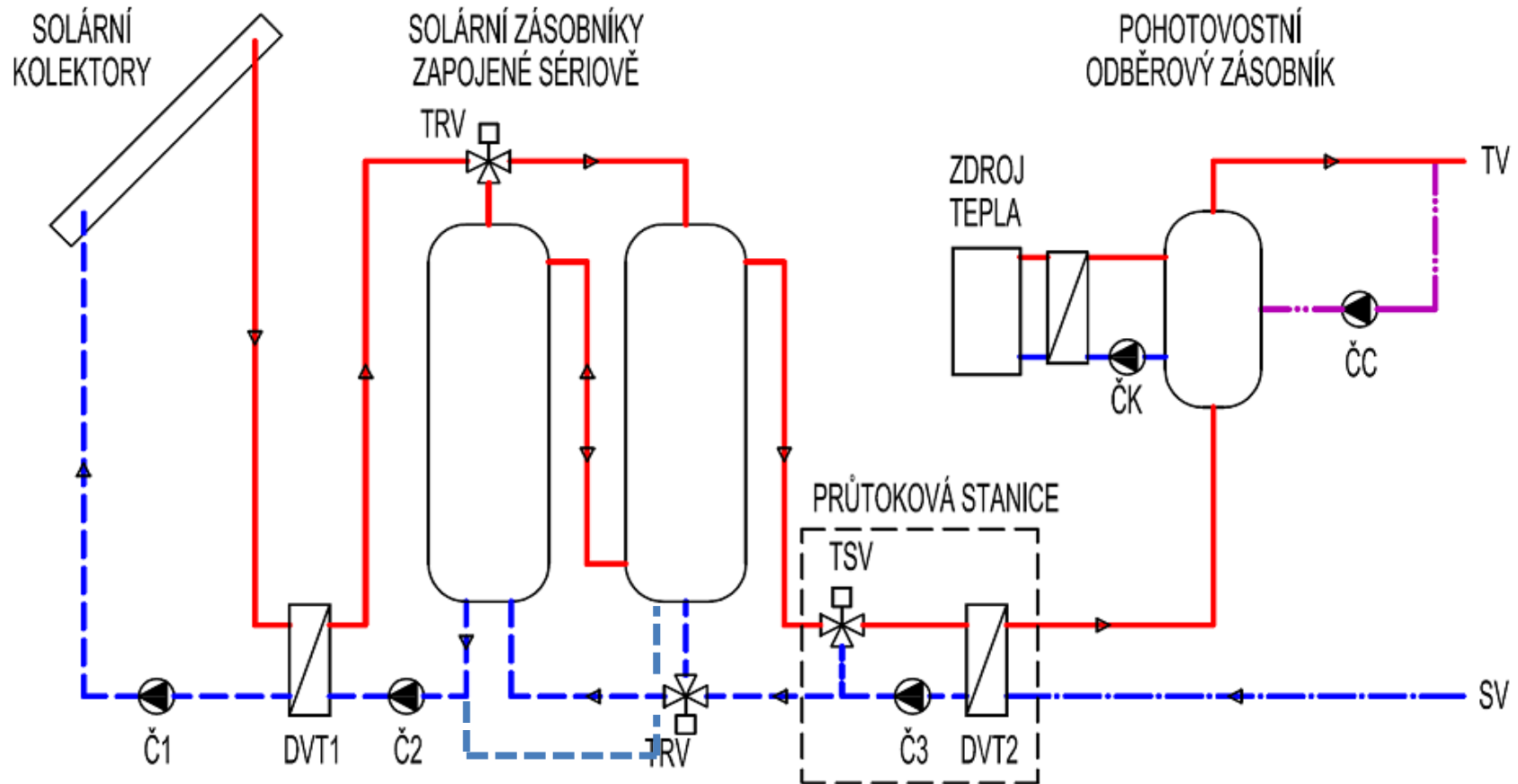
- **objem rozdělený do více zásobníků**
 - ochrana proti legionelle termickou desinfekcí (čerpadlo ČL)
 - přívod z výměníku podle teploty, cirkulace do nejteplejšího zásobníku



SOLÁRNÍ OHŘEV VODY SE ZÁSOBNÍKY TEPLA (OTOPNÁ VODA)

- objem rozdělený do více zásobníků**

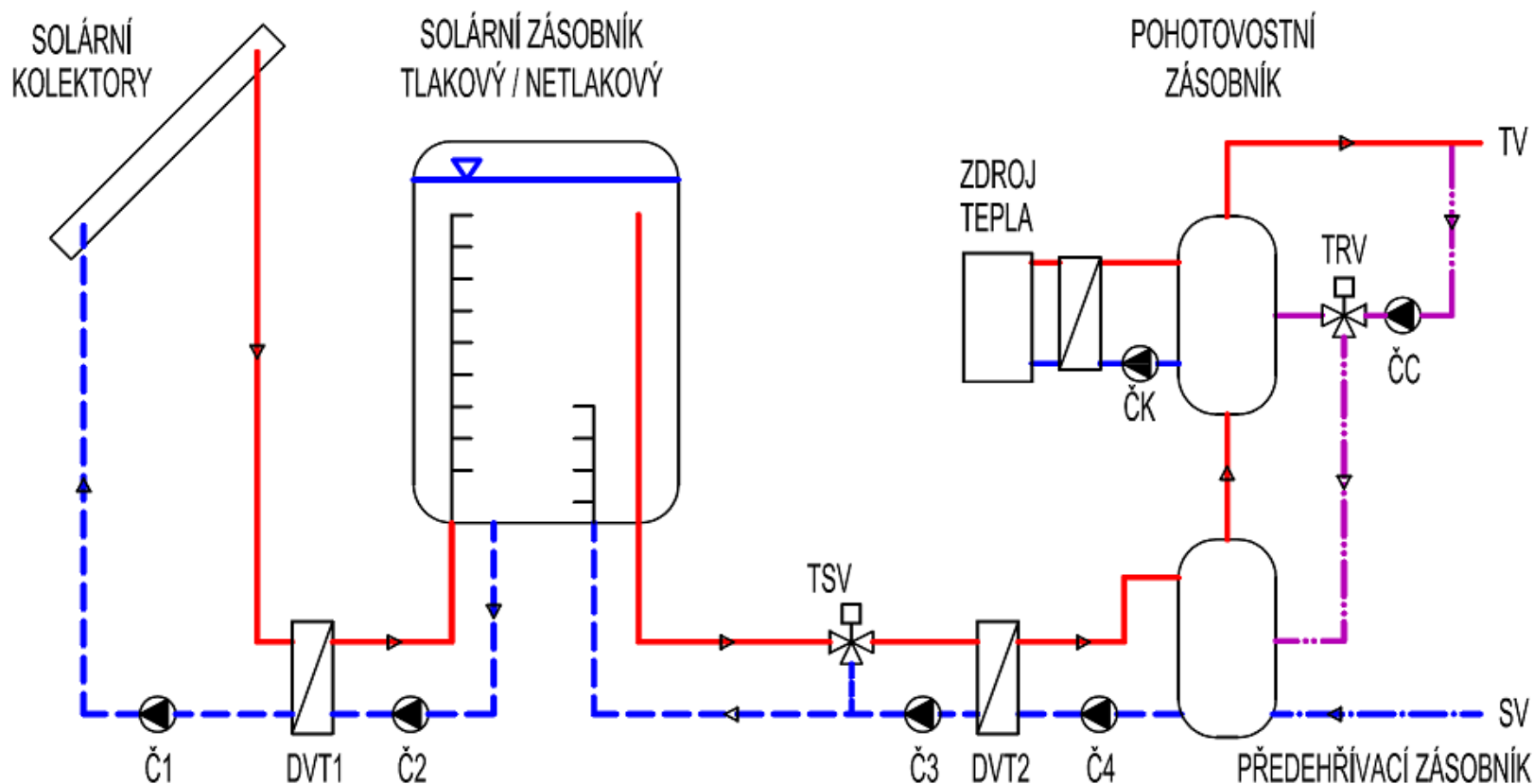
- ochrana proti legionelle není nutná: průtokový ohřev od otopné vody
- přívod z výměníku podle teploty, cirkulace do pohotovostního zásobníku



SOLÁRNÍ OHŘEV VODY SE ZÁSOBNÍKY TEPLA (OTOPNÁ VODA)

- **velkoobjemový beztlaký zásobník**

- ochrana proti legionelle není nutná: malé objemy pohotovostních zás.
- stratifikace na přívodu z výměníku, stratifikace zpátečky z TV výměníku



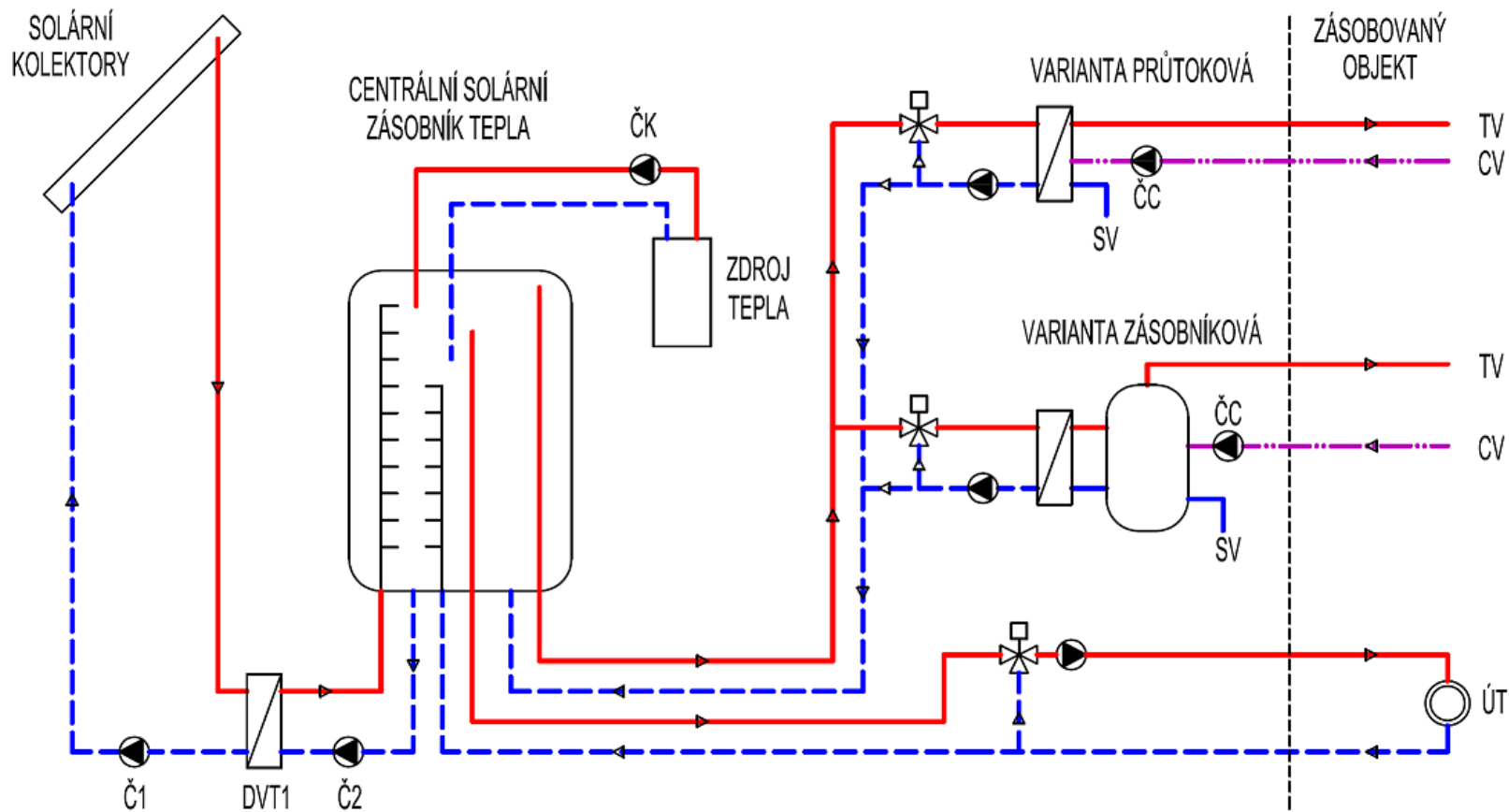
) SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ V BYTOVÉM DOMĚ

- není časté
- ohřev otopné vody
 - složitější integrace do stávajícího systému, regulace
- nutné vycházet především z reálné **spotřeby TV** v objektu
- **návrh plochy kolektorů na letní období**



SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ – CENTRÁLNÍ PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

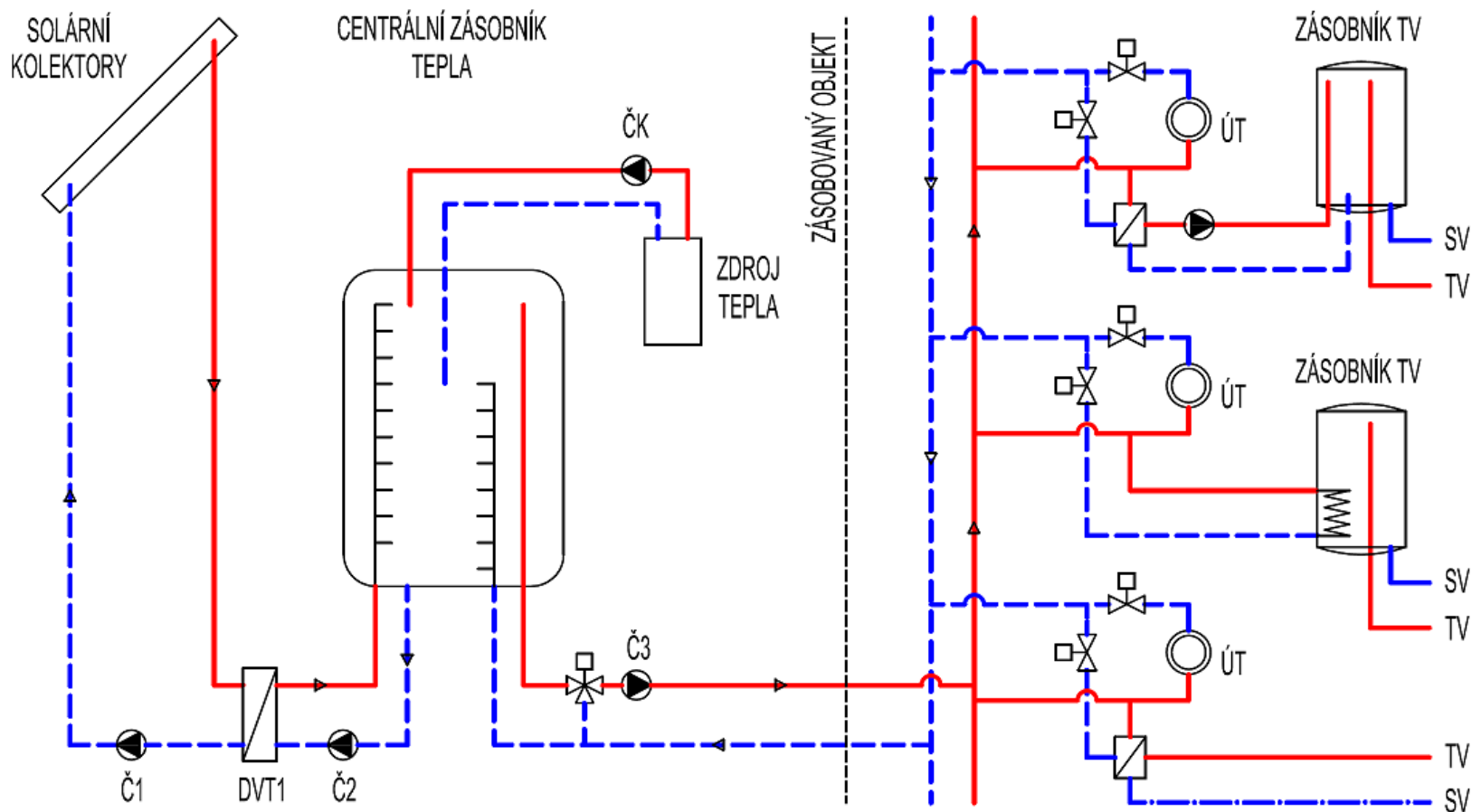
- **čtyřtrubkový rozvod**
 - menší bytové domy, kratší rozvody



SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ – MÍSTNÍ PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

- dvojtrubkový rozvod**

- tlakově závislé bytové předávací stanice, regulace OS a příprava TV v bytech



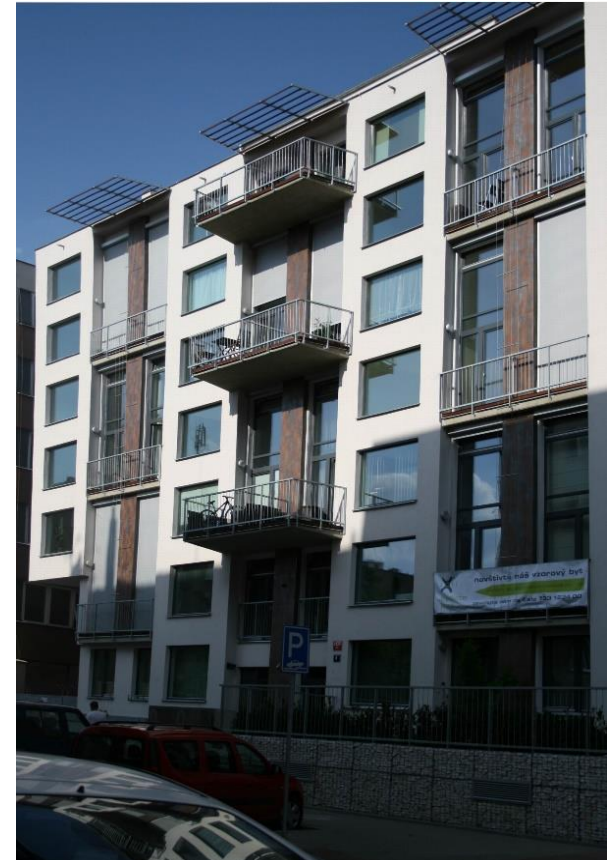
- **průtok solární soustavou**
 - návrh světlosti potrubí, návrh tloušťky izolace
- **tlakové ztráty solárního okruhu, členění a hydraulika kolektorového pole**
 - oběhové čerpadlo
- **objem solární soustavy**
 - velikost expanzní nádoby, případně nárazníkové
- **výkon kolektorového pole**
 - výměník tepla, pojistný ventil
- **nosné konstrukce**

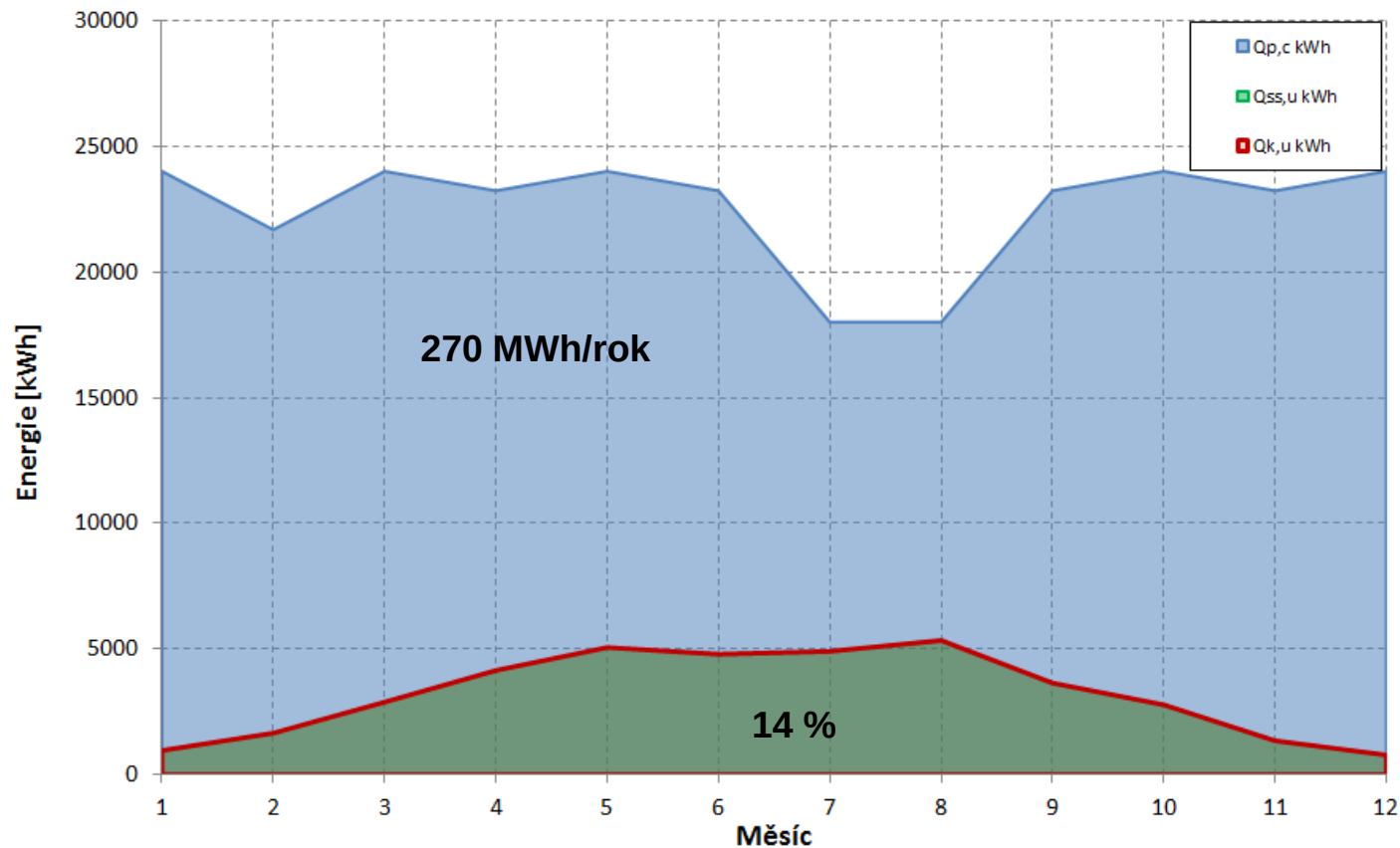
viz Sešit projektanta – Solární tepelné soustavy

)

Nejlépe se učíme na chybách druhých aneb příklad jednoho bytového domu

- **tři sekce A+B+C, každá sekce vlastní systém**
 - prostřední sekce B
 - 74 bytů, 185 obyvatel
 - 23 kolektorů, 55 m² apertury
 - solární zásobník 1500 l
 - dohřívací zásobník 1590 l
(zdroj: plynové kotle)
 - expanzní nádoba 50 l
+ 12 l předřazená
 - **dům certifikován jako úsporný
v systému SBtoolCZ**





výsledkem by měla být extrémně vysoká efektivita **> 600 kWh/m².rok**

- **nedocílené úspory**
- **soustava často stagnuje**
- **vysoké kolísání tlaků v soustavě**
- **silně degradovaná nemrznoucí kapalina (hnědá, pH < 7)**



) KOLEKTOROVÉ (SPÍNACÍ) ČIDLO

- příložené na trubce (pod izolací)
- 20 cm od kolektoru!



- hydraulicky: přerušný lyrový registr
- nevhodné pro častou stagnaci



- **návrhový objem 40 až 50 l/m²**
 - měrné objemy pod 40 l/m² vedou ke sníženým ziskům
- **skutečnost na bytovém domě**
 - objem 1500 l (27 l/m²)
 - namísto požadavku **2800 l**

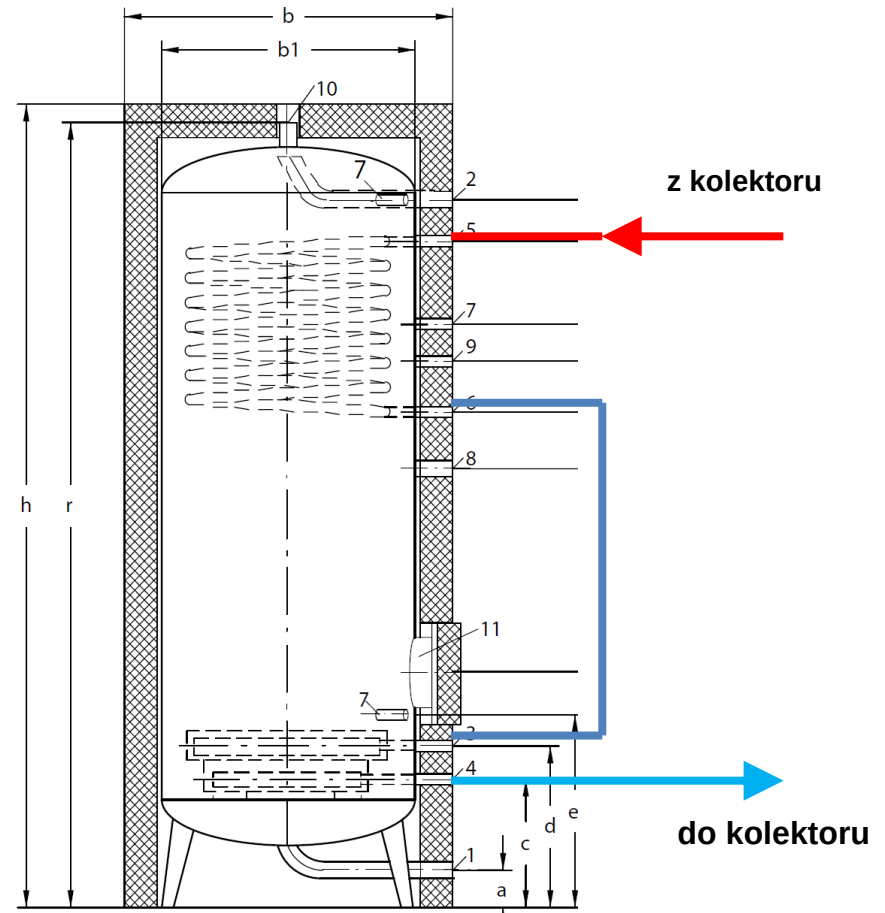
) ZÁSOBNÍK TEPLÉ VODY

- **vnitřní výměník tepla !**

- plocha horního 1.7 m²
- plocha spodního 3.5 m²

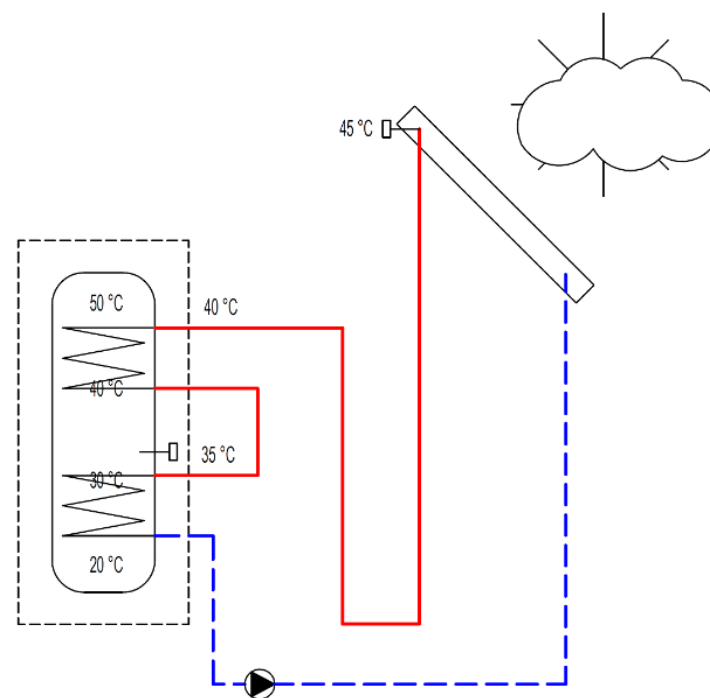
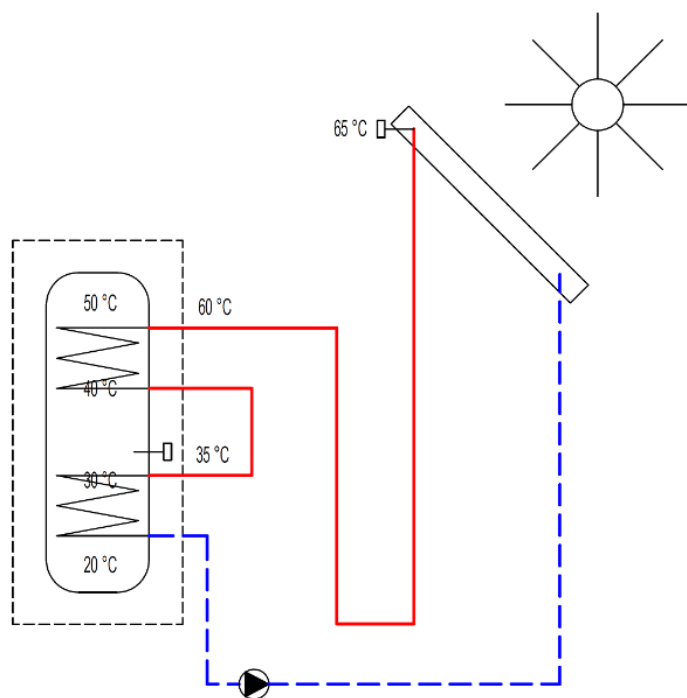
- **provozní podmínky**

- zásobník 20 °C
- kapalina kolektor 40 °C
- klimatické 20 °C, 800 W/m²
- výkon kolektorů **31 kW**
- výměníky **16 kW**



) DEGRADACE TEPLOTNÍHO VRSTVENÍ V ZÁSOBNÍKU

- **pevné napojení přívodu od solární soustavy**
 - bez zohlednění proměnlivosti provozních podmínek



) BEZPEČNOST PŘEDEVŠÍM ???

Hoval		Hovalwerk AG FL-9490 Vaduz	
Výrobce:	Hovalwerk AG	Typ:	MultiVal CRR (1500)
Výrobní číslo:	HOV8918	Rok výroby:	2012
TĚLESO OHŘÍVAČE		TOPNÁ VLOŽKA	
Vodní objem se spodní vložkou:	1590 [dm ³]	Teplosměnná plocha spodní:	3,50 [m ²]
Vodní objem s horní vložkou:	650 [dm ³]	Teplosměnná plocha horní:	1,70 [m ²]
Maximální teplota užitkové vody:	95 [°C]	Maximální teplota topné vody:	95 [°C]
Maximální pracovní přetlak:	6 [bar]	Maximální pracovní přetlak:	10 [bar]

Upozornění:
Před instalací a spuštěním prostudujte návod.

max. pracovní přetlak
6 bar

otevírací přetlak PV
8 bar (!)

provozní přetlak
7 bar !!!



- **návrh podle objemu soustavy**

- 23 kolektorů x 1.5 l/kol.
- potrubí 2 x 50 m Cu22x1
- pojistný ventil
- hydrostatický tlak
- zohlednění stagnace (celý objem kolektoru na páru)

35 l

31 l

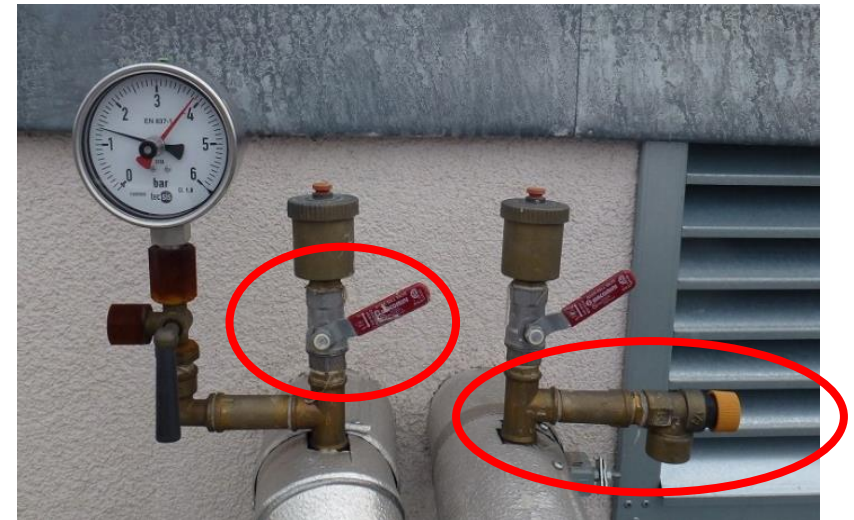
6 bar

4 bar



145 l

- **instalováno 50 l**
- vysoký nárůst tlaku při stagnaci



) PROTÉKAJÍCÍ ODVZDUŠŇOVACÍ VENTILY

- po dvou letech provozu netěsní
- nejsou odolné stagnačním teplotám



- **umístování čidel**
 - kolektor, zásobníky
- **objem solárních zásobníků**
 - správný objem = očekávané přínosy
 - nevhodné hydraulické přečerpávání mezi zásobníky a jeho regulace snižuje akumulaci kapacitu zásobníků
- **výměníky tepla**
 - zásadně deskové výměníky
 - **vyplatí se nešetřit s velikostí!**
 - vyhnout se zapojení výměníků tepla degradující teplotní vrstvení

- **expanzní nádoba**
 - poddimenzovaný objem = vysoké kolísání tlaku a provozní problémy
- **pojistné ventily**
 - chrání prvky proti nedovolenému přetlaku ... max. provozní přetlak prvků uvedený výrobcem **musí být respektován**
- **odolnost prvků**
 - prvky solárních soustav musí odpovídat tlakům a teplotám

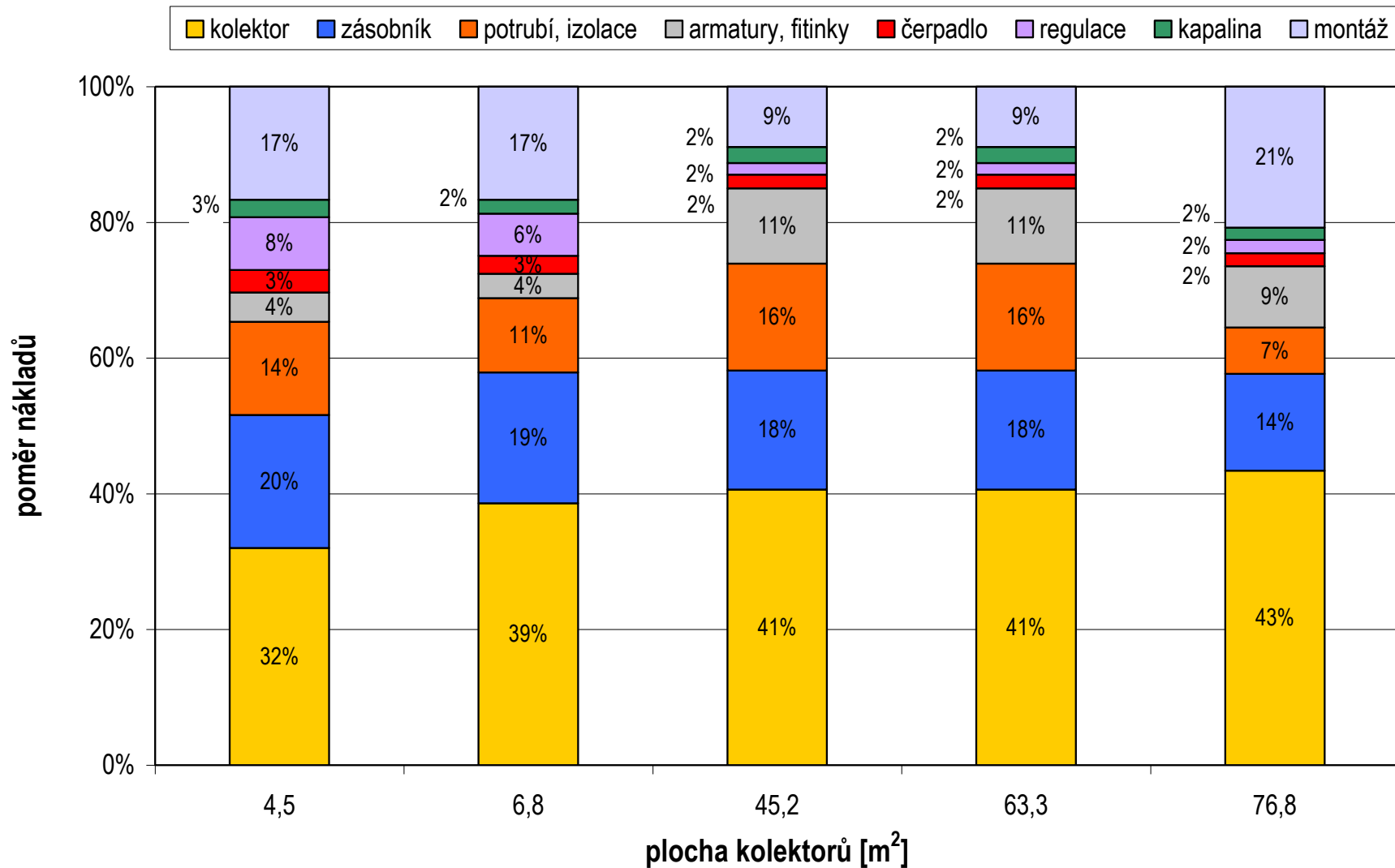
Ekonomika solárních soustav pro bytové domy

- **co ovlivňuje ekonomiku solární soustavy?**
 - investiční náklady solární soustavy
 - provozní náklady
 - energetické zisky solární soustavy
 - úspora energie instalací solární soustavy
 - diskontní sazba (míra ceny investovaného kapitálu)
 - místní cena energie a její předpokládaný růst

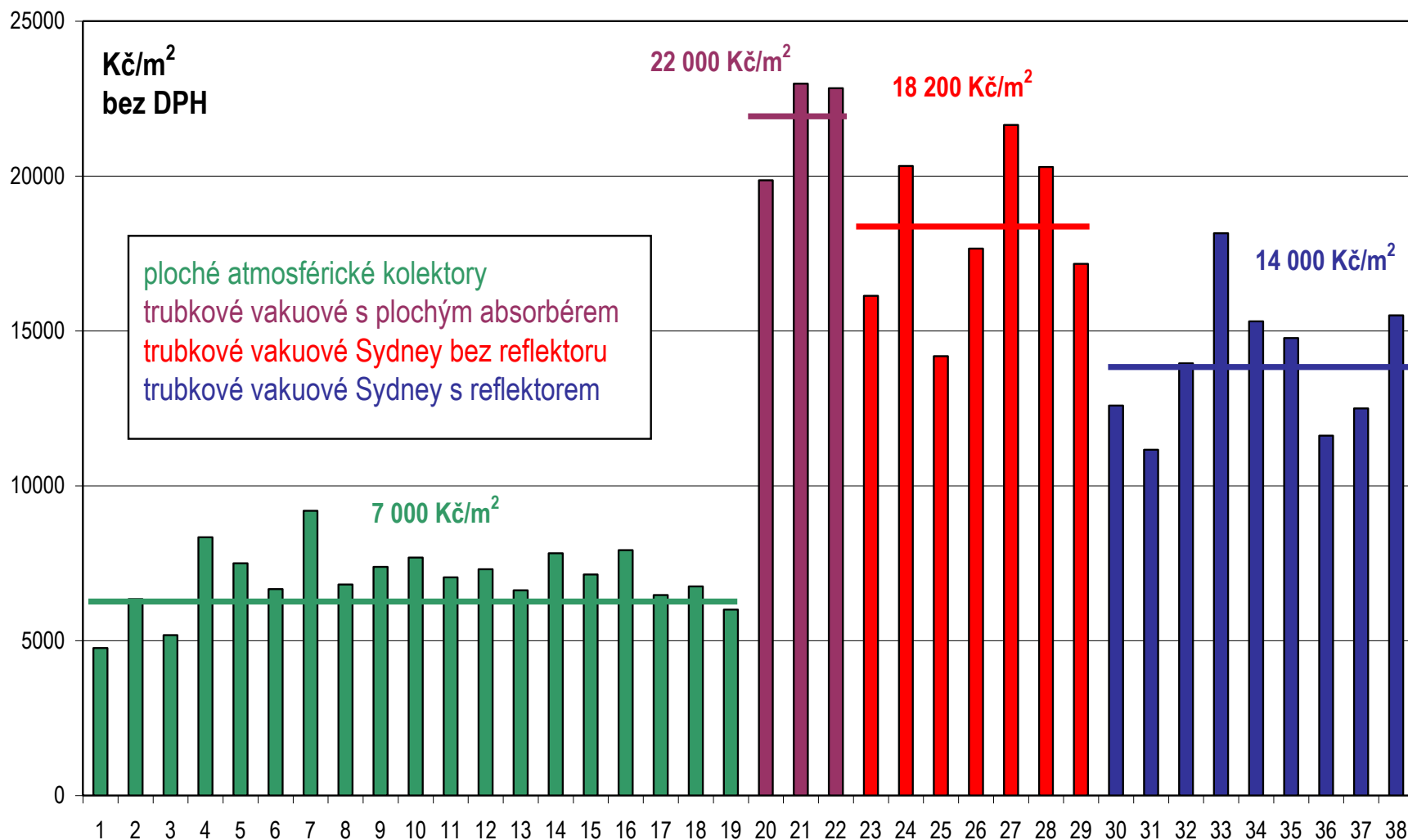
- **příprava**
 - studie, projektová dokumentace a příprava
- **materiál**
 - kolektory, konstrukce, zásobníky, potrubí/izolace, prvky, ...
- **doprava a montáž**
 - instalace, jeřáb, ...
- **vyvolané stavební úpravy**
 - kotvení konstrukce, obnova hydroizolace, bourání a zdění příček, ...

- **silně závislé na instalované ploše a typu solárních kolektorů**
 - velikost prvků (potrubí, izolace, konstrukce, objem zásobníků, výměníky, čerpadla, expanzní nádoby) souvisí s plochou kolektorů
 - čím větší solární soustava, tím nižší měrné náklady v Kč/m²
 - čím větší solární soustava, tím více se odvíjejí od ceny solárních kolektorů
 - pro **velké** soustavy nad 100 m²: **kolektory 50 % investice**
- maloplošné solární soustavy 25 až 30 tisíc Kč/m²
- velkoplošné solární soustavy 15 až 20 tisíc Kč/m²
- použití trubkových vakuových kolektorů: **+25 až 50 %**

ROZLOŽENÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ

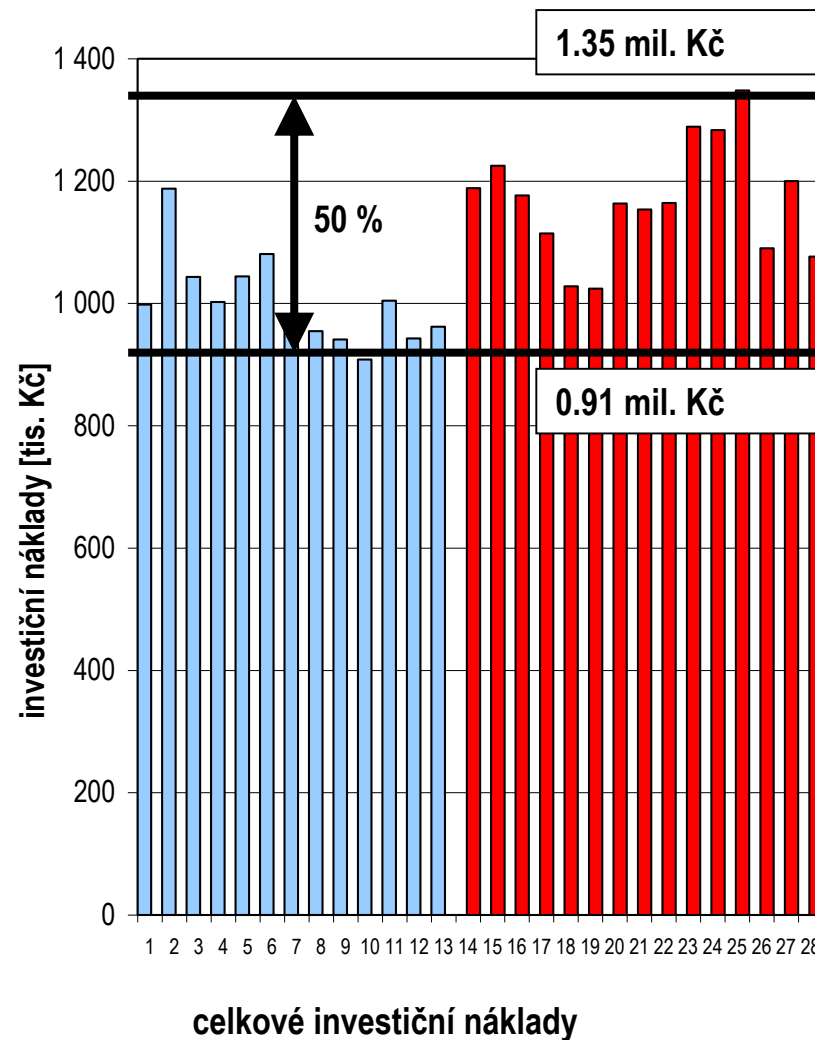


) INVESTIČNÍ NÁKLADY – SOLÁRNÍ KOLEKTORY

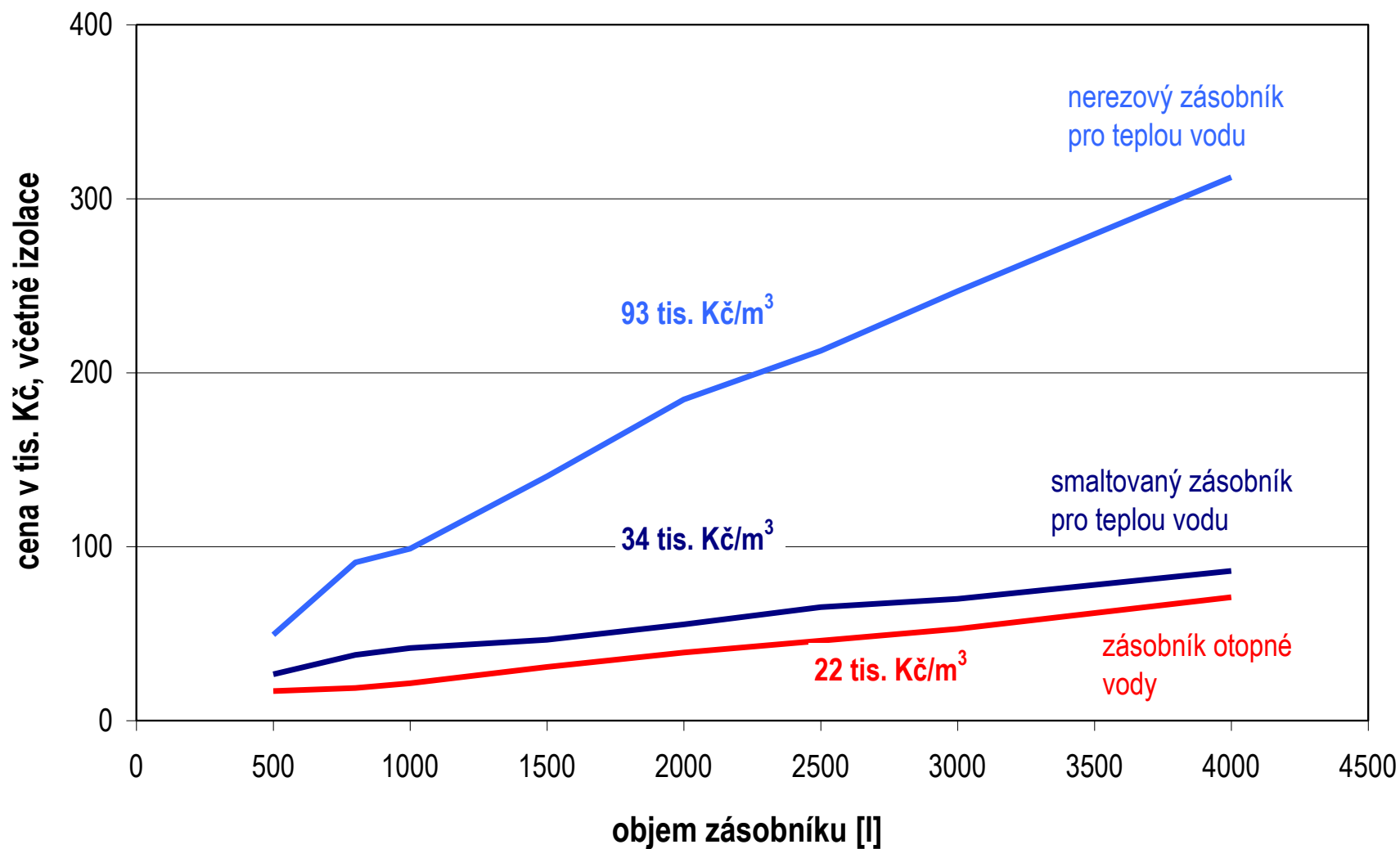


POROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ

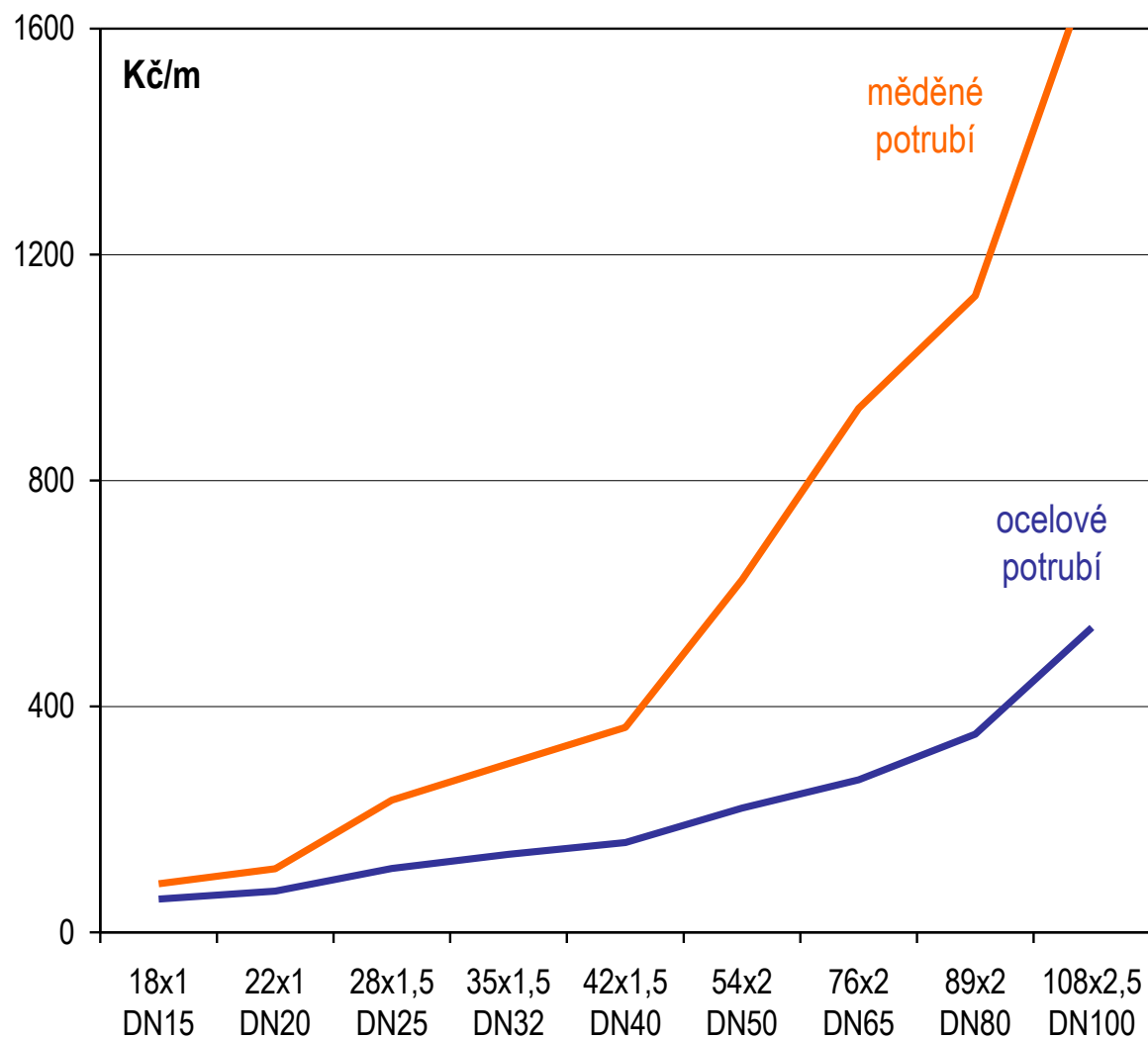
- investice pro BD, pokrytí 40 %
- záleží vždy na konkrétním kolektoru a jeho
- výkonnosti
 - navržené velikosti plochy
 - souvisejících systémových nákladech
- ceně
 - konkrétní cenová nabídka



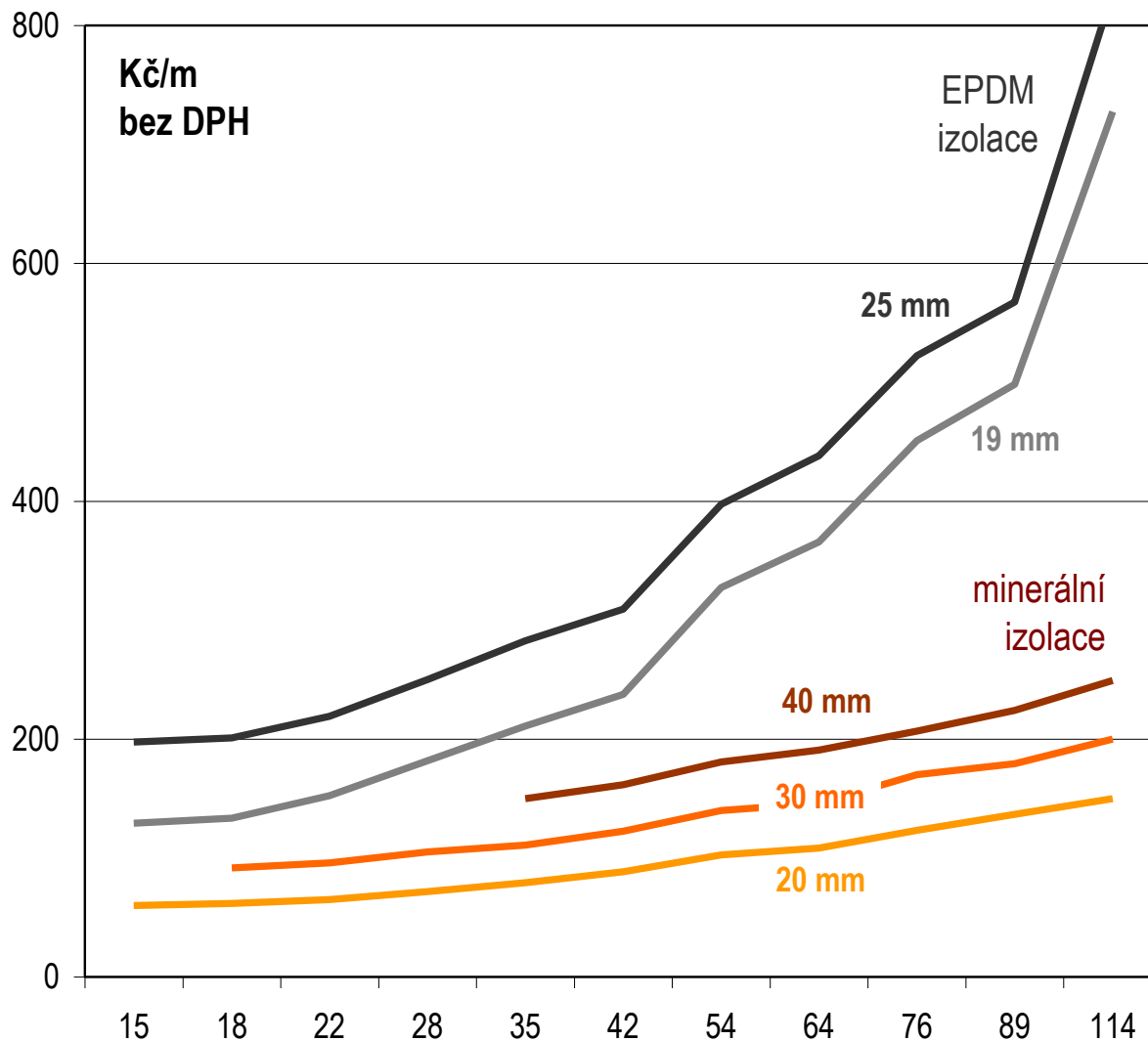
INVESTIČNÍ NÁKLADY - ZÁSOBNÍKY



INVESTIČNÍ NÁKLADY - POTRUBÍ



) INVESTIČNÍ NÁKLADY – TEPELNÁ IZOLACE

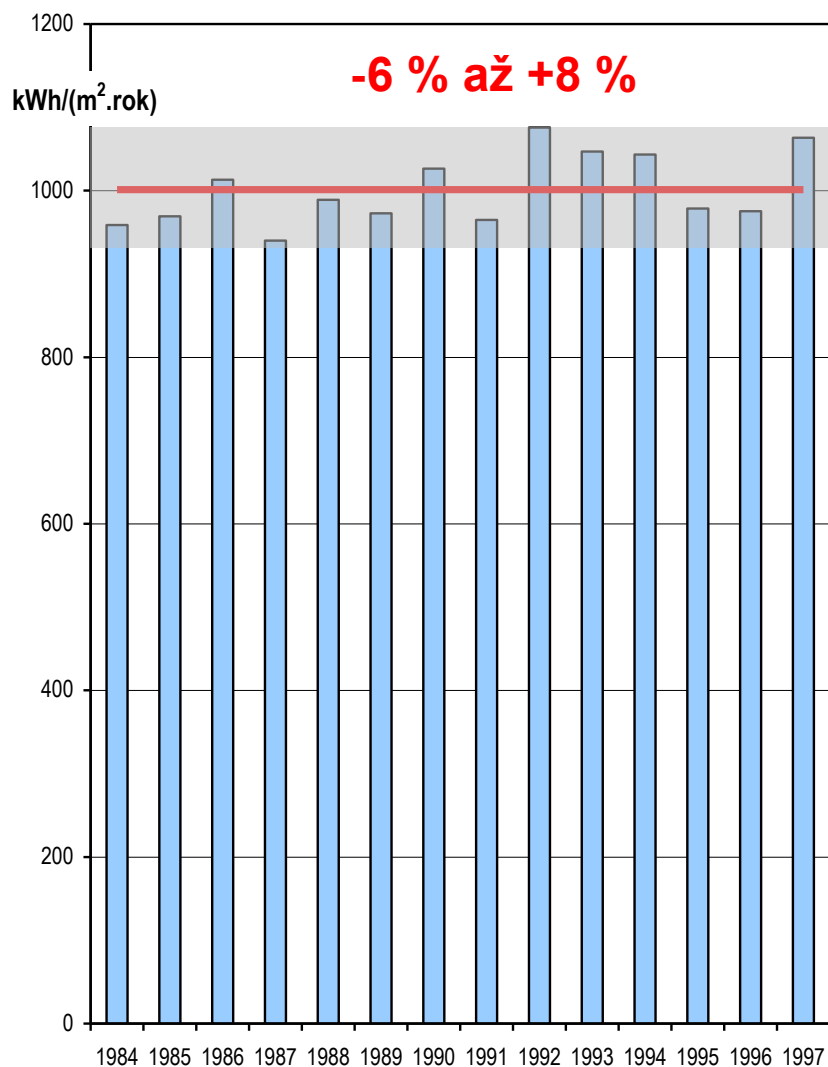


- **náklady na provoz solární soustavy**
- **spotřeba elektrické energie**
 - do 1 % z tepelných zisků
- **roční servisní náklady na údržbu**
 - 0.3 % z celkové investice (bez dotace)
- **servisní náklady na opravy**
 - výměna prvků: kapalina (5 let), čerpadla (10 let), zásobníky (15 let)

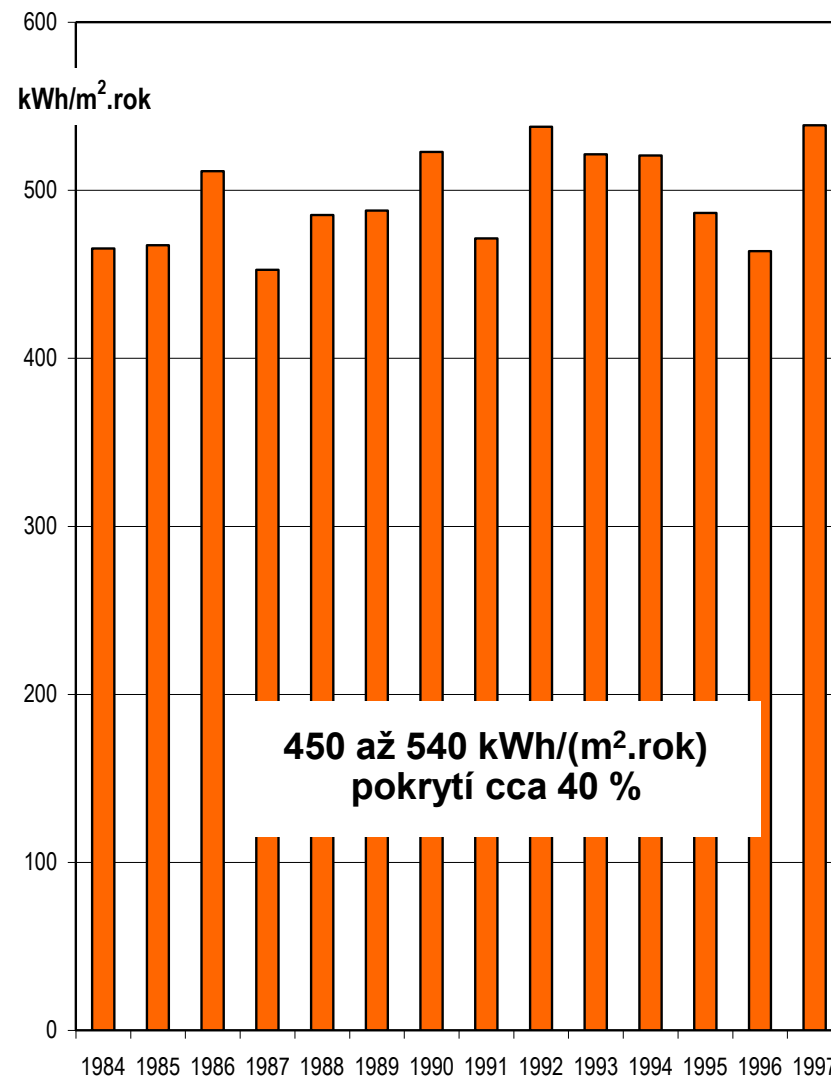
- **ovlivněny návrhem plochy kolektorů, prvků (izolace, ...)**
 - čím větší plocha pro pokrytí potřeby tepla, tím horší zisky
 - vyšší provozní teploty, přebytky tepla ... nutná optimalizace
- **naměřené hodnoty**
 - měření na rozhraní mezi solární soustavou a aplikací
- **výsledky počítačových simulací**
 - Polysun, T-Sol, GetSolar, ...
- **zjednodušené výpočty**
 - TNI 73 0302 (Nová Zelená úsporám, OPŽP), ČSN EN 15316-4-3

ROČNÍ ENERGETICKÉ PŘÍNOSY V ČASE

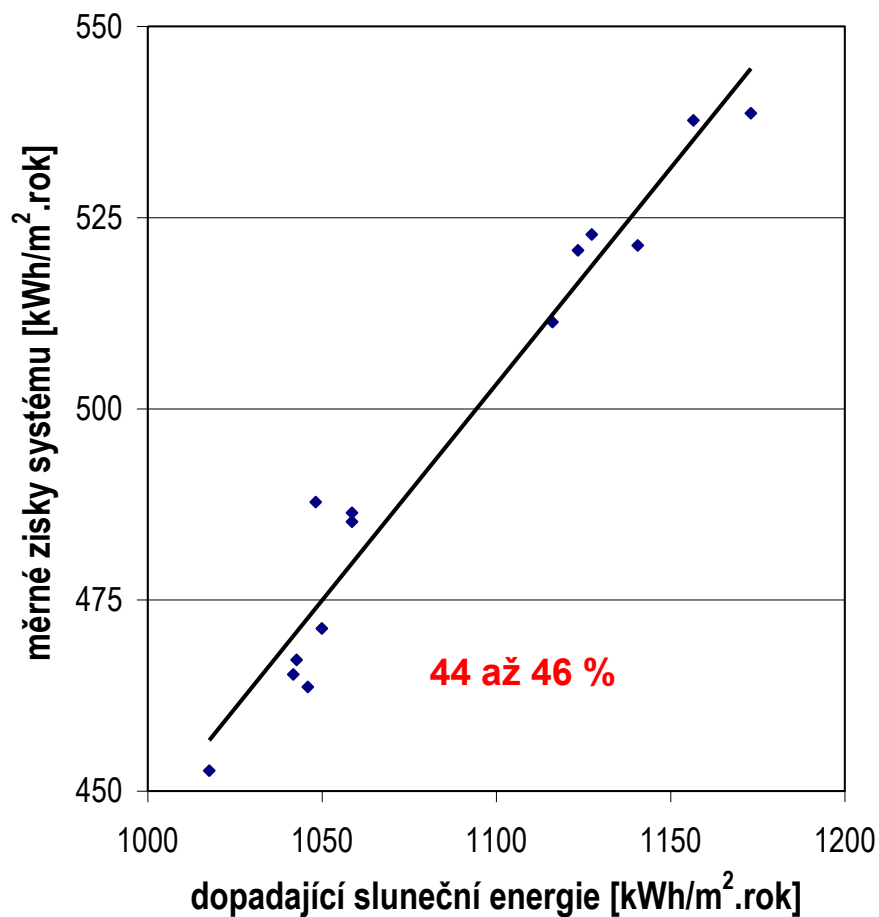
reálné klimatické údaje Praha



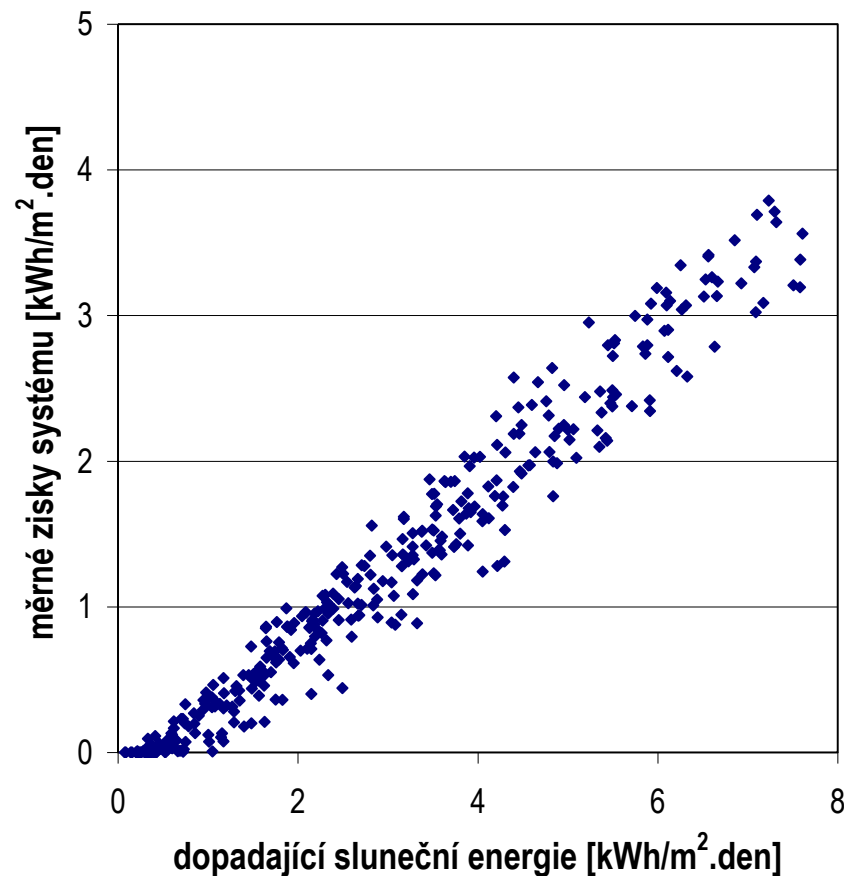
měrné roční zisky



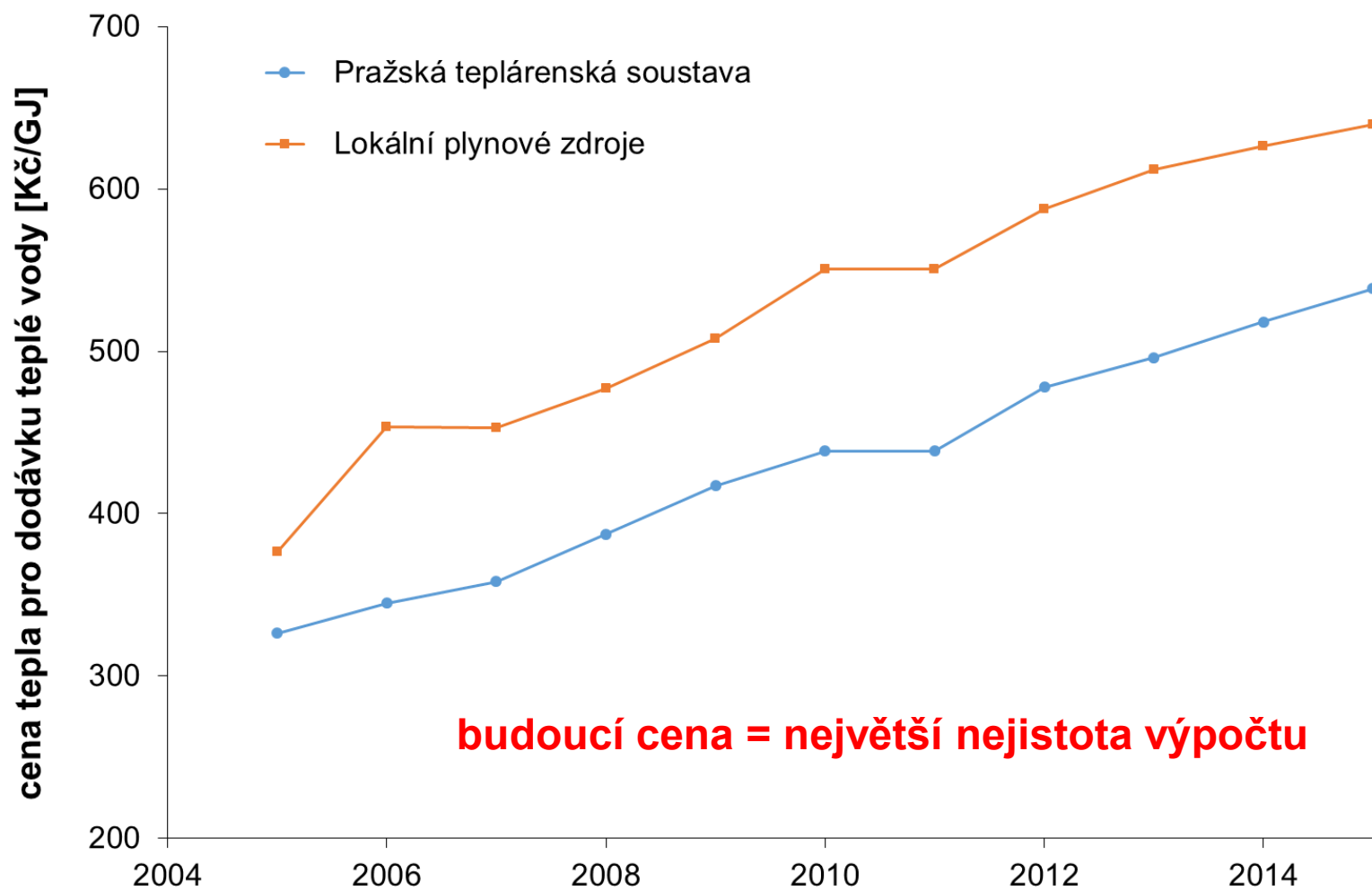
roční účinnost



denní účinnost



- **tepelná účinnost nahrazovaného zdroje tepla**
 - roční úspora = roční zisky / účinnost nahrazovaného zdroje
- **elektrická vložka v zásobníku**
 - elektrická energie zcela převedena na teplo, účinnost **100 %**
- **plynový kotel běžný**
 - bez regulace výkonu, účinnost **60 až 70 %**
(vztaženo ke spalnému teplu)
- **plynový kotel kondenzační**
 - modulovaný výkon, regulace 25 až 100 %, účinnost **90 až 95 %**



- **diskontní míra**

- výnosová míra rizikově srovnatelných investičních alternativ
- investice do solární soustavy: jistá investice, každoročně zaručená úspora

- **vlastní peníze uložené v bance**

- diskontní míra = spořicí úrok v bance (často méně než 1 %)

- **půjčka, úvěr od banky**

- diskontní míra = úrok úvěru (? %) = RSPN (roční procentní sazba nákladů)

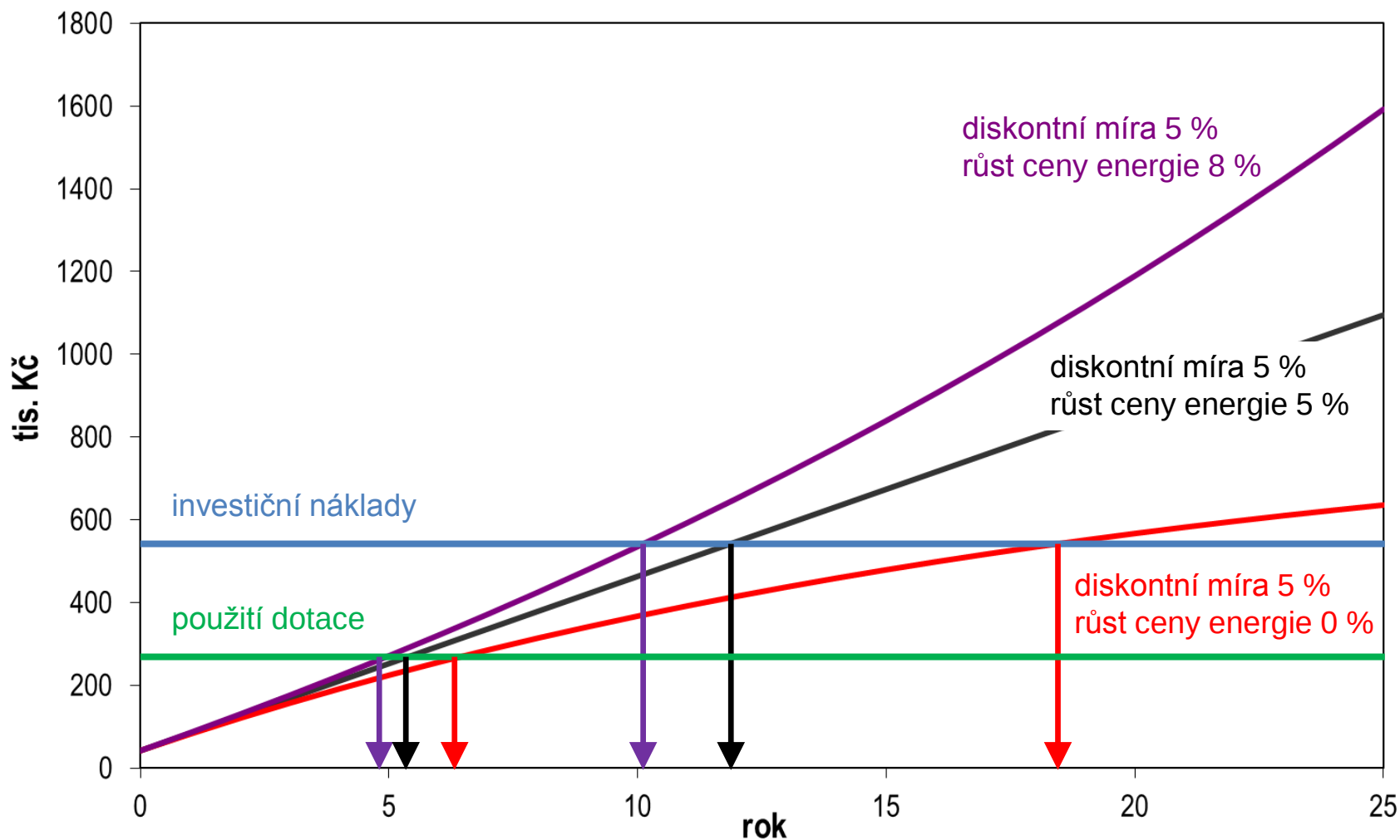
- **prostá návratnost**

$$\tau_p = \frac{IN}{RU}$$

- **reálná (diskontovaná) návratnost**

$$\sum_{t=1}^{\tau_d} RU \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN$$

- tempo růstu ceny energie ***p***
- diskontní míra ***r***
- doba ***t***



- **podcenění investičních nákladů**
 - stavební úpravy, nezahrnutí všech nákladů
- **přecenění energetických přínosů (zisků solární soustavy)**
- **nadhodnocení skutečné provozní účinnosti nahrazovaného zdroje**
 - nemodulované plynové kotle s deklarovanou účinností 90 %
- **náklady na externality ???**
 - otázka hodnocení vlivu konvenčních zdrojů na zdraví obyvatel, na životní prostředí
- **ceny energie v budoucnosti ???**
 - nelze seriózně předpovídat cenovou úroveň, příliš vysoká nejistota

Návratnost solární tepelné soustavy

Celkový využitý zisk soustavy	1600 kWh/rok ???
Investiční náklady na soustavu	85000 Kč ???
Dotace	50000 Kč ???
Investice s dotací	35000 Kč ???
Diskontní míra	0 % ???
Tempo růstu cen energie	8 % ???
Cena energie	2.94 Kč/kWh ▼
Účinnost zdroje	100 % ???
Roční úspora (1. rok)	4704 Kč
Prostá doba návratnosti	
7.4 let	
Diskontovaná doba návratnosti	
5.6 let	

NÁVRATNOST SOLÁRNÍ TEPELNÉ SOUSTAVY - NÁPOVĚDA

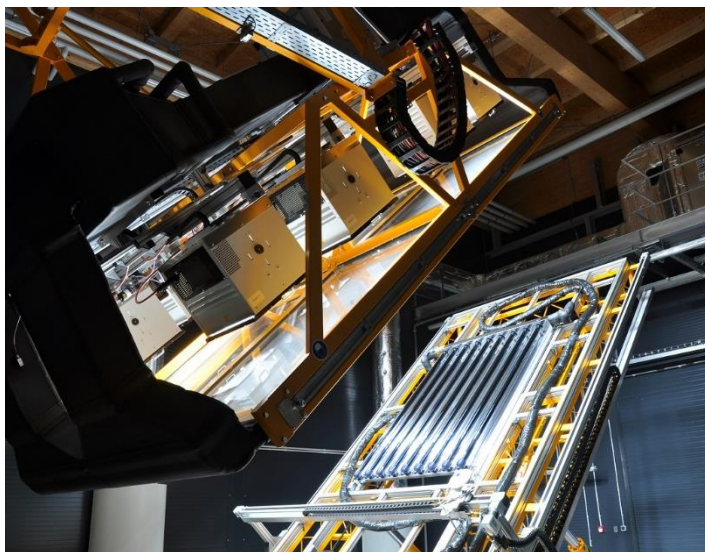
Položka v zadání	Komentář
Celkový využitý zisk soustavy	Hodnota tepelného zisku solární soustavy využitého pro krytí potřeby tepla v aplikaci stanoví se výpočtem v některém z hodnotících softwarů nebo celoročním měřením na realizované soustavě.
Investiční náklady na soustavu	Celkové investiční náklady na realizaci solární soustavy, od projektové dokumentace přes materiálové náklady, montáž, dopravu, včetně nebytných stavebních úprav.
Dotace	Příspěvek z podpůrného dotačního programu, pokud je k dispozici.
Diskontní míra	Zohledňuje cenu investovaných peněz, např. pokud jsou investovány peníze, které má investor na účtu v bance, diskontní mírou je úroková sazba (zpravidla pod 1 %); podobně pokud jsou investovány peníze, které si investor musel od banky půjčit, je diskontní mírou roční procentní sazba nákladů (RPSN) zohledňující všechny náklady spojené s půjčkou.
Tempo růstu cen energie	Roční průměrný procentní nárůst ceny energie (bez paušálních poplatků), jde o hodnotu obtížně odhadnutelnou směrem do budoucnosti, proto je vhodné použít vypovídající průměrnou hodnotu nárůstu v posledních 5 letech.
Účinnost nahrazovaného zdroje	Průměrná provozní účinnost původního zdroje tepla pro uvažovaný účel, která závisí na typu a dimenzování zdroje tepla vůči potřebě tepla; nejedná se o účinnost zdroje při jmenovitých podmínkách. Například u nových rodinných domů s běžnými kotle se roční provozní účinnost může pohybovat na úrovni 60 až 70 % vlivem značného předimenzování kotle vůči odběru, u kondenzačních kotlů 90 až 95 %, u elektrokotlů 95 až 100 %.

<http://energie.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/134-navratnost-solarni-tepelne-soustavy>

- **solární příprava teplé vody**

- plynová kotelna (CZT): **600 Kč/GJ**
- 80 m² kolektorů, investice 1,2 mil. Kč (15 tis. Kč/m²)
- měrné využitelné zisky **450 kWh/m².rok**
- úspora 36 MWh/rok = 78 tis. Kč/rok (1. rok)
- úroková sazba = diskont 1 %
- růst cen 5 %
- diskontovaná návratnost **12 let**

- **solární přehřev teplé vody**
 - plynová kotelna (CZT): **600 Kč/GJ**
 - 40 m² kolektorů, investice 0.6 mil. Kč (15 tis. Kč/m²)
 - měrné využitelné zisky **600 kWh/m².rok**
 - úspora 24 MWh/rok = 52 tis. Kč/rok (1. rok)
 - úroková sazba = diskont 1 %
 - růst cen 5 %
 - diskontovaná návratnost **9 let**



tomas.matuska@fs.cvut.cz