



Solární soustavy pro bytové domy

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní
ČVUT v Praze



Bytové domy v ČR

- **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 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 %

2/40



Logický krok po úsporách

- **omezení tepelných ztrát prostupem** – zateplení, výměna oken, ošetření tepelných mostů
- **omezení tepelných ztrát větráním** – využití mechanického větrání se zpětným získáváním tepla
- **využití pasivních solárních zisků** – zasklení lodžii
- **rekonstrukce otopné soustavy** – instalace termoregulačních ventilů, hydraulické vyvážení rozvodů otopných soustav, 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

3/40



Proč instalovat solární soustavy do BD ?

- **úspory energie** – zdroj tepla v místě, místní produkce a spotřeba energie (decentralizace zásobování energií)
- **ekonomika** - ve srovnání s RD nižší měrné náklady (15 tis. Kč/m²) a vyšší měrné zisky (400 - 500 kWh/m².rok), dotační politika (**Zelená úsporám**)
- **ekologie** – bezemisní zdroj, nízká spotřeba pomocné el. energie (do 1 %), pozn: problémy se zdroji CZT v teplotě režimu – úspora emisí ???
- **společenské důvody** – vizitka vlastníků, nové pracovní příležitosti, zvyšování zaměstnanosti (nenahrazuje konvenční výroby)
solární tepelná technika nahrazuje primární paliva místní prací
- **politické důvody** – novela EPBD, povinnost do konce 2020 u nových budov dosáhnout „**téměř nulové**“ spotřeby energie a z „**velké části**“ dodávky energie z OZE „**poblíž**“ (Německo, Španělsko – povinné kvóty)

4/40



Bariéry rozvoje solárních soustav v BD

- **technická složitost** – nezbytná větší zkušenost, jak pro návrh tak realizaci, optimalizace provozu, minimum předpřipravených kompaktních jednotek
- **kvalita provedení** – chybí kontrola kvality, neexistence certifikačního systému (např. Qualisol ve Francii od 1999), **kurzy pro projektanty a montážníky**
- **nízké povědomí / nedůvěra** – propagace mířená na vlastníky RD, málo publikovaných příkladů, kritickým článkem jsou **architekti, developeři, projektanti, montážníci** – zásadní role v rozhodnutí koncového investora
- **ekonomika** – vysoké počáteční investiční náklady (půjčka), návratnost 10 let nepřesvědčí komerčního vlastníka (3 – 5 let)
- **vlastnická struktura / rozhodování** – vlastník domu, společenství vlastníků (velmi problematické), bytové družstvo (představenstvo)

5/40



Solární tepelné soustavy pro BD

Typy solárních soustav

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

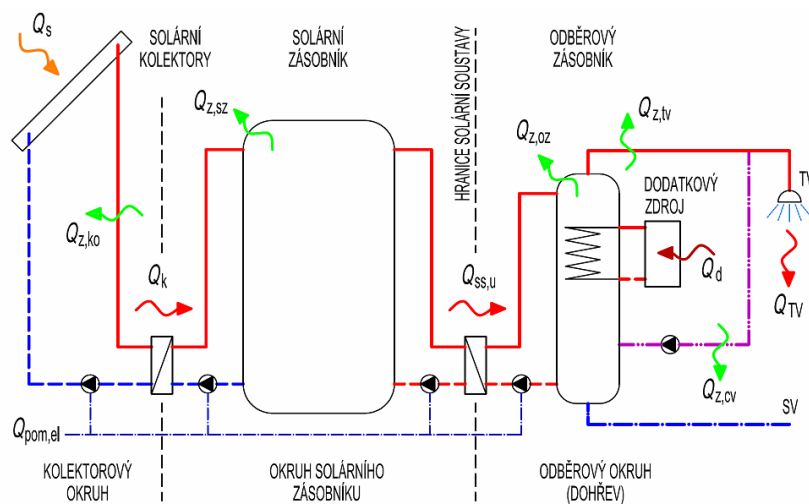


archiv BD Orlová

6/40



Bilance solární soustavy



7/40



Parametry solární 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

8/40



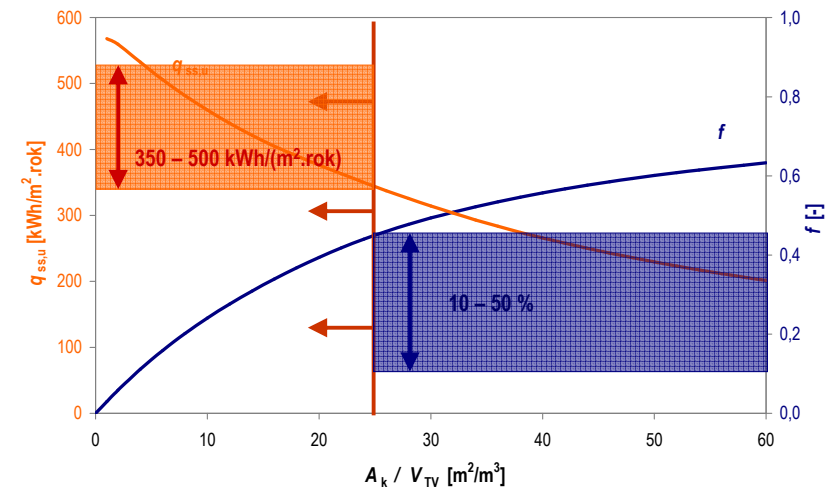
Parametry solární soustavy

- **Měrný roční solární zisk $q_{ss,u}$ [kWh/(m².rok)]**
 - vztahený k ploše apertury kolektoru A_a
 - měrná roční úspora nahrazované energie
 - ekonomické kritérium: úspora / m² x investice / m²
- **Solární pokrytí, solární podíl f [%]**
 $f = 100 \cdot \text{využitý zisk} / \text{potřeba tepla}$ (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 do 1 % ze zisků ~ COP solární soustavy > 100

9/40



Bilance solární přípravy teplé vody

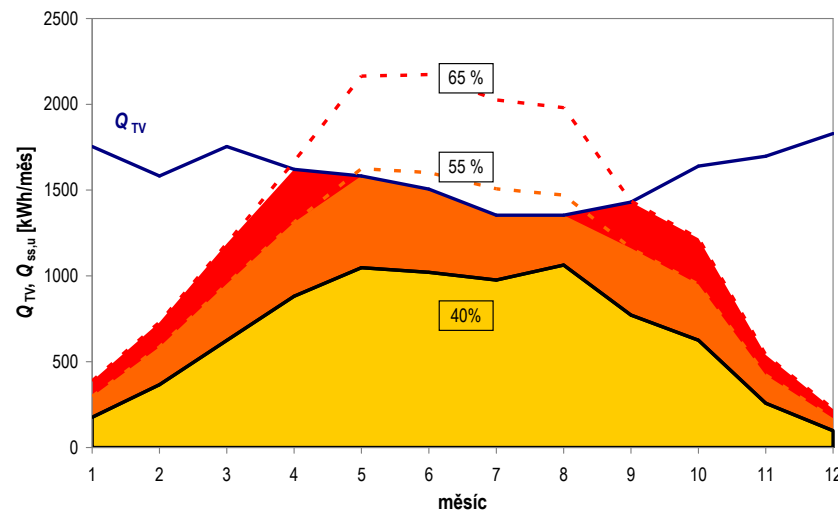


s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky z kolektorů

10/40



Bilance solární přípravy teplé vody



11/40



Zisky solárních soustav

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**
 - úrovni tepelné izolace solární soustavy: potrubí (!), zásobník
 - délce rozvodů, povrchu zásobníku (kompaktní x rozdělení objemu)

12/40



Předpoklady návrhu solárních kolektorů

- 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
- věrohodné informace o spotřebě tepla (výpočet, měření)
 - reálné hodnoty spotřeby teplé vody: **40 l/(os.den)**, průběh léto/zima
 - bilance cirkulace teplé vody, stanovení tepelných ztrát přípravy TV
 - potřeba tepla na vytápění, účinnost otopné soustavy

13/40



Kritéria návrhu plochy kolektorů

- **ekonomické řešení** - maximalizace měrných zisků solární soustavy $q_{ss,u}$ [kWh/m²rok]
- **ekologické řešení** - maximalizace solárního pokrytí f [%] - maximální nahrazení primárních paliv
- **optimalizované řešení** - požadovaný solární podíl f (optimalizace návrhu)
- **omezené řešení** - podmínky struktury budovy, omezující parametry (velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti)



14/40



Návrh plochy solárních kolektorů

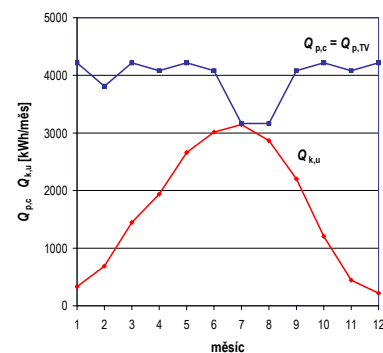
- pro zajištění určitého stupně pokrytí f potřeby tepla
- pro daný **návrhový den** / návrhový měsíc (provozní a klimatické okrajové podmínky) – **pro bytové domy: červenec**
- stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé vody, vč. tepelných ztrát
- stanovení využitelných zisků ze solárních kolektorů
- z porovnání vyplývá potřebná plocha kolektorů A_k pro zvolené pokrytí potřeby tepla (nejčastěji 100 % v návrhovém měsíci)

15/40

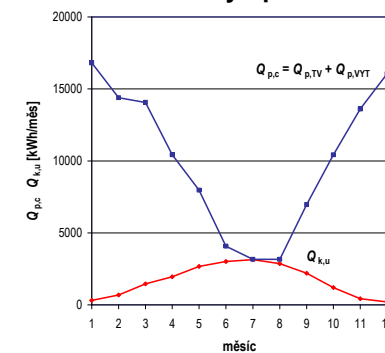


Návrh plochy solárních kolektorů

příprava teplé vody



příprava teplé vody a vytápění



f [%]	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
A_k [m ² /os]	0,10 – 0,15	0,25 – 0,30	0,40 – 0,60	0,60 – 0,90	0,90 – 1,30
$q_{ss,u}$ [kWh/m ² .rok]	470 – 600	400 – 550	350 – 490	300 – 430	260 – 350

16/40



Bilancování zisků solární soustavy

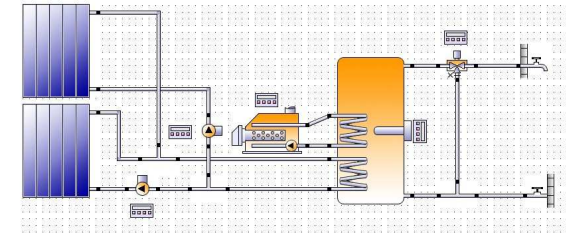
- pro danou plochu solárních kolektorů A_k
- pro **všechny měsíce roku**
- stanovení potřeby tepla pro přípravu teplé vody, vč. tepelných ztrát
- stanovení využitelných zisků ze solárních kolektorů
- z porovnání vyplývá využitelnost zisků z kolektorů pro krytí potřeby tepla, **přebytky nelze započítat**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

17/40



Simulační nástroje (návrh, bilance)

- 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 (modifikátor úhlu dopadu, rozměry potrubí, tloušťky izolací, profily spotřeby, atd.)
 - nutná zkušenost
 - cena (x0.000 Kč)



18/40



Zjednodušené metody (návrh, bilance)

- TNI 73 0302 - Energetické hodnocení solárních tepelných soustav**
 - vydal ÚNMZ, 2009, 210 Kč
 - program Balance SS 5.42, Excel podle TNI 73 0302
 - zdarma ke stažení na <http://solab.fs.cvut.cz>, **Zelená úsporám (06/2010)**
- ČSN EN 15316-4-3 – Tepelné soustavy v budovách Výroba tepla na vytápění, tepelné sluneční soustavy (v angl. jazyce)**
 - f-chart metoda = korelační výpočet na základě x1000 simulací ze 70. let
 - solární pokrytí v jednotlivých měsících = f (X, Y)
 - vstupní údaje: průměrná teplota, průměrná intenzita záření (včetně noci)
 - referenční teplota: pro přípravu TV: 90 až 140 °C (???)
 - fyzikálně nejasné parametry, pro pochopení nutné hlubší znalosti**

19/40



Zjednodušený postup TNI 73 0302

- původně vytvořen pro Operační program Životní prostředí (jako pomoc auditorům), nyní i **Zelená úsporám (metodika výpočtu zisků)**
- jednoduchý výpočet s použitím Excel, **minimalizace vstupů** (oproti simulacím)
- započtení tepelných ztrát dané aplikace paušální přírážkou k potřebě tepla
- uvažování konstantní střední teploty v kolektorech v celém roce, nezohlední velikost zásobníku a změnu teploty s navrženou plochou (předimenzování – nárůst teploty, poddimenzování – pokles teploty)
- započtení tepelných ztrát solární soustavy paušální srážkou ze zisků
- v měsíční bilanci nelze přesně zahrnout vliv optické charakteristiky kolektoru, aj.
- platná v rozsahu pokrytí 30 až 75 %, udává **mírně optimistické výsledky**

20/40



Solární příprava teplé vody v BD

- **nejčastější** – není vázána na stavební řešení
- **Zelená úsporám 101 / 115 žádostí**
- **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



archiv BD Orlová

21/40



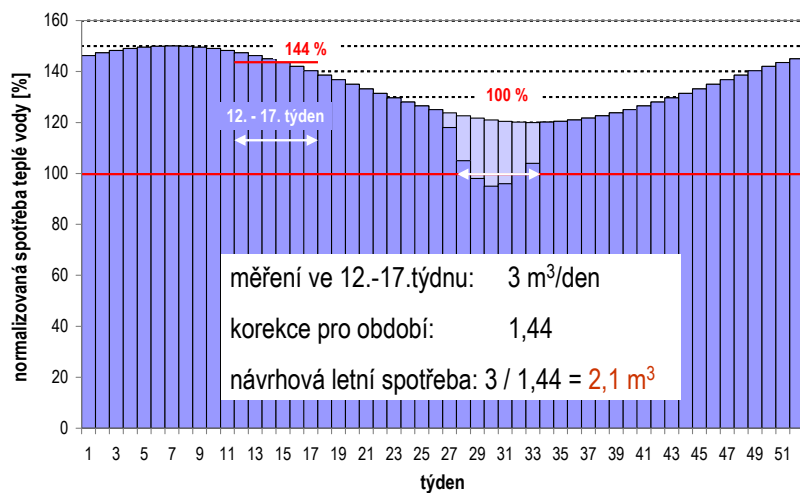
Stanovení spotřeby tepla na TV

- **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**

22/40



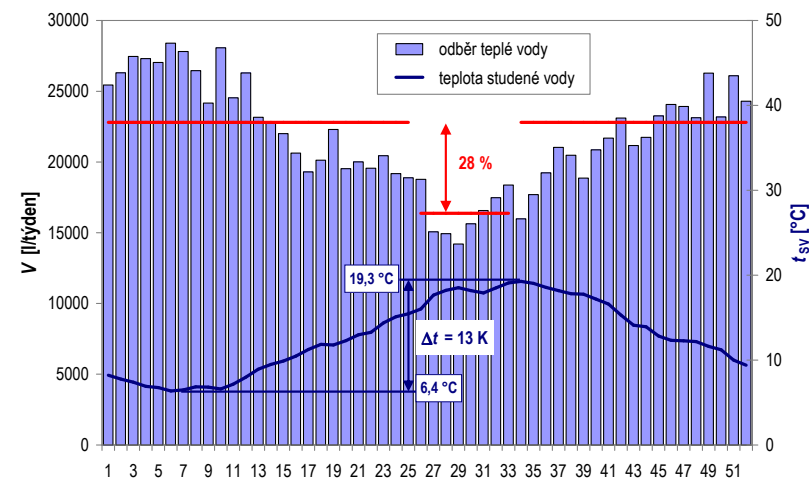
Vyhodnocení krátkodobého měření



23/40



Měření v BD Stodůlky



24/40



Tepelné ztráty přípravy TV

zjednodušený výpočet

- přirážka na základě typu přípravy TV (lokální, centrální, s cirkulací, ... meziobjektové CZT)
- přirážka podle TNI 73 0302

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

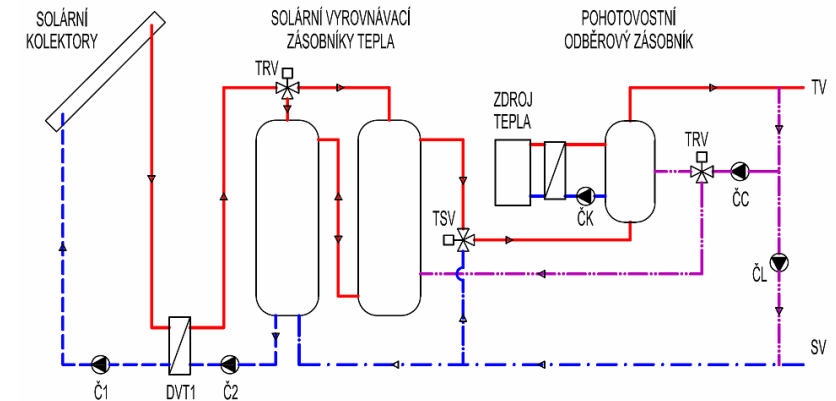
25/40



Solární příprava se zásobníky TV

objem rozdělený do více zásobníků

přívod z výměníku rozdělen podle teploty, cirkulace do nejteplejšího zásobníku
ochrana proti legionelle termickou desinfekcí (čerpadlo ČL)



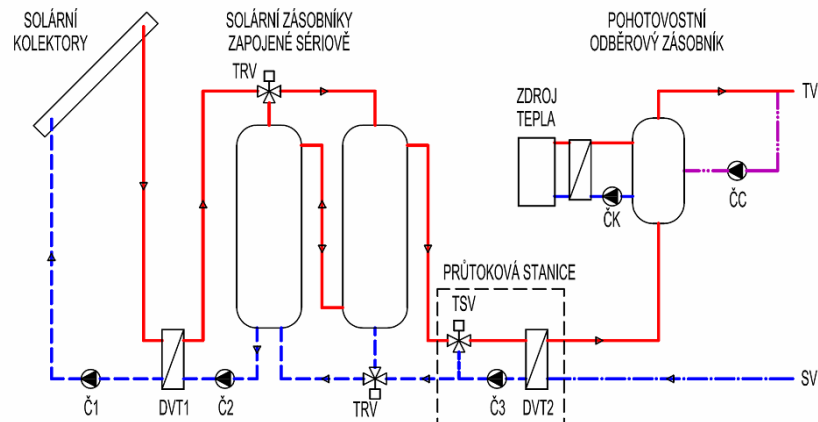
26/40



Solární příprava se zásobníky tepla

objem rozdělený do více zásobníků

přívod z výměníku rozdělen podle teploty, cirkulace do pohotovostního zás.
ochrana proti legionelle není nutná: průtokový ohřev



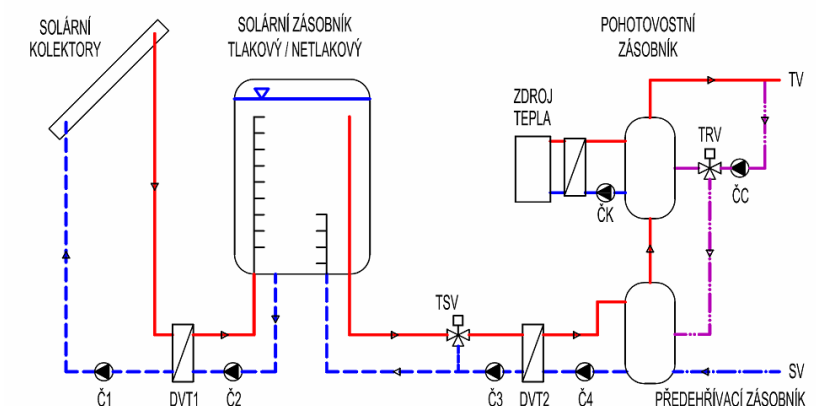
27/40



Solární příprava se zásobníky tepla

velkoobjemový beztlaký zásobník

stratifikace na přívodu ze sol. výměníku, stratifikace zpátečky z TV výměníku
ochrana proti legionelle není nutná: malé objemy pohotovostních zásobníků



28/40



Solární vytápění v BD

- není časté
Zelená úsporám 14 / 115 žádostí
- ohřev otopné vody – složitější integrace do stávajícího systému, regulace
- nutné vycházet především z reálné spotřeby TV v objektu
- návrh plochy kolektorů na letní období

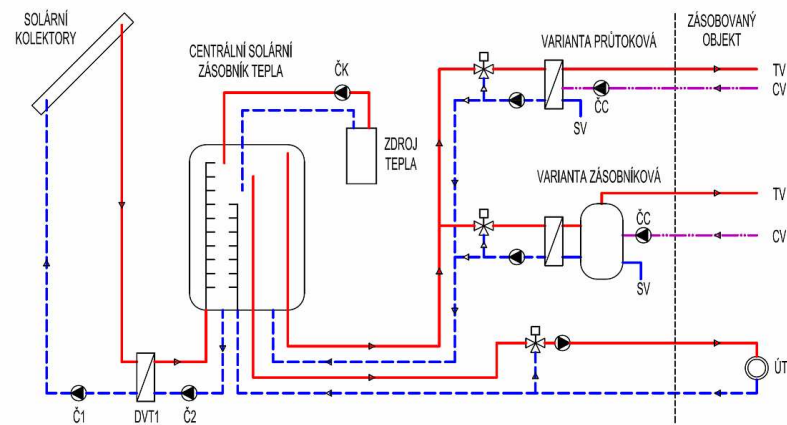


29/40



Solární vytápění – centrální příprava TV

čtyřtrubkový rozvod (přivodní + zpětné, teplá + cirkulace)
menší bytové domy, kratší rozvody

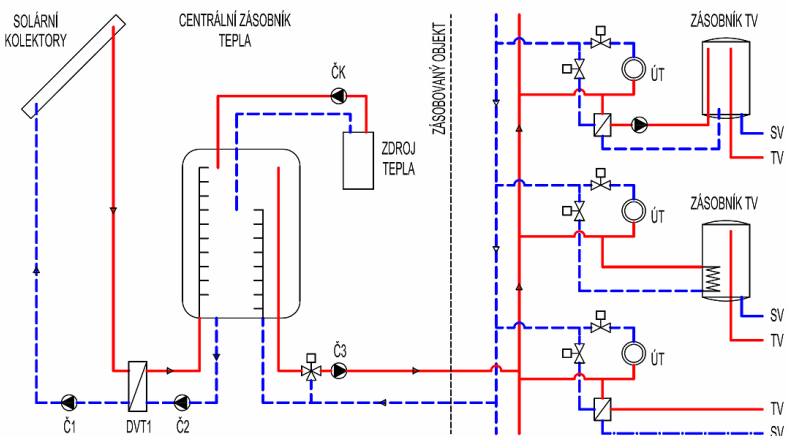


30/40



Solární vytápění – místní příprava TV

dvojtrubkový rozvod (přivodní + zpětné)
tlakově závislé bytové předávací stanice, regulace OS a příprava TV v bytech

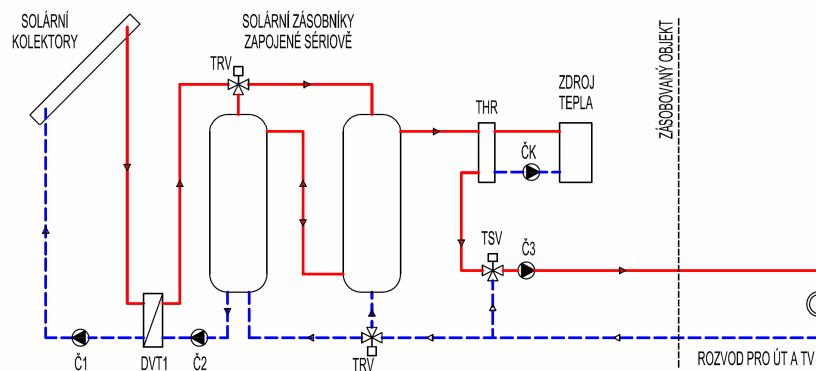


31/40



Solární vytápění – místní příprava TV

dvojtrubkový rozvod (přivodní + zpětné)
tlakově závislé bytové předávací stanice, regulace OS a příprava TV v bytech



32/40



Vliv návrhu plochy na dimenzování prvků

- **průtok solární soustavou**
 - návrh světlosti potrubí
 - návrh tloušťky izolace
- **tlakové ztráty solární soustavy, členění a hydraulika okruhů**
 - oběhové čerpadlo
- **objem solární soustavy**
 - velikost expanzní nádoby, případně nárazníkové nádoby
- **výměník tepla (výkon)**
- **nosné konstrukce**

nízký průtok ~ 10 až 20 l/(h.m²), vyšší ohřátí, nutnost stratifikačních zásobníků
menší světlosti, menší tloušťky izolace, nižší náklady na rozvod

zásadně externí deskový výměník (> 20 m²)

33/40



Navrhování prvků solárních soustav

Návrh prvků

- plocha a počet solárních kolektorů, umístění
- nosné konstrukce pro kolektory
- objem a konstrukce solárních zásobníků
- architektonická a systémová integrace
- hydraulická zapojení solárních soustav
- světlost potrubí a tloušťka izolací
- výměníky tepla (optimalizace cena x zisk)
- oběhová čerpadla (výpočet tlakových ztrát)
- pojistná a zabezpečovací zařízení



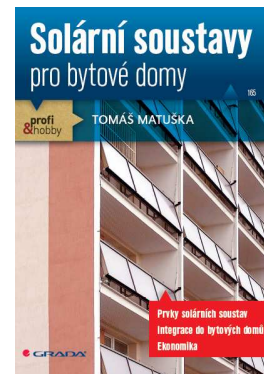
34/40



Solární soustavy pro bytové domy

Obsah

- **Sluneční energie pro bytové domy** (obecně o bytových domech, důvodech a bariérách rozvoje)
- **Solární tepelné soustavy** (typy, parametry, příprava TV, vytápění)
- **Prvky solárních soustav, navrhování a instalace**
- **Integrace solárních kolektorů do bytových domů** (orientace, stínění, umístění a integrace kolektorů)
- **Energetické přínosy** (výpočty, simulace a měření zisků)
- **Ekonomika** (investiční a provozní náklady, cena solárního tepla)



35/40



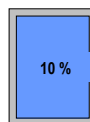
Velikost zásobníku

2000 l	zisky 400 kWh/(m ² .rok) doba stagnace 6 h/rok	pokrytí 42 % tepelné ztráty 7 %	
4000 l	zisky 404 kWh/(m ² .rok) doba stagnace 0 h/rok	pokrytí 42 % tepelné ztráty 8 %	+ 1 %
1000 l	zisky 380 kWh/(m ² .rok) doba stagnace 77 h/rok	pokrytí 40 % tepelné ztráty 6 %	- 5 %

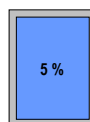
36/40



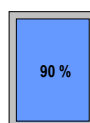
Kvalita solárního kolektoru



zisky 400 kWh/(m².rok) pokrytí 42 %
cena 5.000 Kč/m²



zisky 419 kWh/(m².rok) pokrytí 44 % + 5 %
cena 8.000 Kč/m²

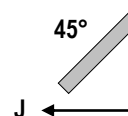


zisky 305 kWh/(m².rok) pokrytí 36 % - 24 %
cena 4.000 Kč/m²

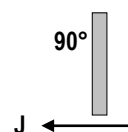
37/40



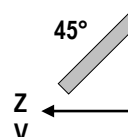
Orientace a sklon



zisky 400 kWh/(m².rok) pokrytí 42 %



zisky 280 kWh/(m².rok) pokrytí 31 % - 26 %



Z: zisky 332 kWh/(m².rok) pokrytí 35 % - 17 %

V: zisky 305 kWh/(m².rok) pokrytí 32 % - 24 %

38/40



Kurz Solární tepelné soustavy 2010

Čtyřdenní kurz pro projektanty a techniky

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

4.11.2010 Základy využití sluneční energie, exkurze
do Solární laboratoře

5.11.2010 Navrhování a bilancování solárních soustav,
ekonomika, dotace

Třeboňské inovační centrum, Třeboň

11.11.2010 Projektování prvků solárních soustav
exkurze do experimentálního skleníku

12.11.2010 Realizace a provoz solárních soustav

Přihlašování: www.stpcr.cz www.tzb-info.cz



39/40



Děkuji za pozornost

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní, ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07 Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz

Československá společnost pro
sluneční energii (národní sekce
ISES)

<http://www.solarnispolecnost.cz>

<http://www.solar-info.cz>



Solární laboratoř ÚTP FS ČVUT v Praze

<http://solab.fs.cvut.cz>



40/40