



VYTÁPĚNÍ BIOMASOU

14. května 2009, Luhačovice

---

# Integrace solárních soustav a kotlů na biomasu do soustav pro vytápění budov

**Tomáš Matuška**

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze



# Solární energie a biomasa

---

- **neutrální bilance CO<sub>2</sub>**
  - produkovaný CO<sub>2</sub> byl v krátkodobém horizontu z atmosféry odebrán (globálně)
  - problematika lokálních emisí (tuhé částice, NO<sub>x</sub>), emise související s dopravou paliva
- **snížení potřeby primární energie pro vytápění budov**
  - energetická návratnost sol. soustav 1,5 roku, potřeba el. energie pro provoz (1 %)
  - potřeba energie na výrobu a dodávku biomasy (vzdálenost < 30 km) – pelety, brikety
- **komplementarita / synergetické vazby**
  - zdroje se vhodně doplňují z hlediska provozu, společný zásobník
  - využití sluneční energie: letní a přechodové období
  - využití spalování biomasy: zimní a přechodové období



# Integrace OZE do budov

---

- **snížení tepelných ztrát - prostupem**
  - zateplení budov, tloušťky tepelných izolací > 300 mm, okna s trojskly, omezení tepelných mostů
- **snížení tepelných ztrát - větráním**
  - těsná okna s minimální neřízenou infiltrací, těsnost budov (blower door test)
  - mechanické větrací systémy se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu
- **snížení spotřeby teplé vody**
  - úsporné výtokové armatury, zaregulování a zaizolování rozvodů, řízená cirkulace (doba běhu, teplota)
- **snížení spotřeby elektrické energie**
  - úsporné spotřebiče, osvětlení, regulace

**využití OZE pro zásobování teplem jako logický následný krok  
pro snížení spotřeby primární energie**



# Integrace OZE do budov

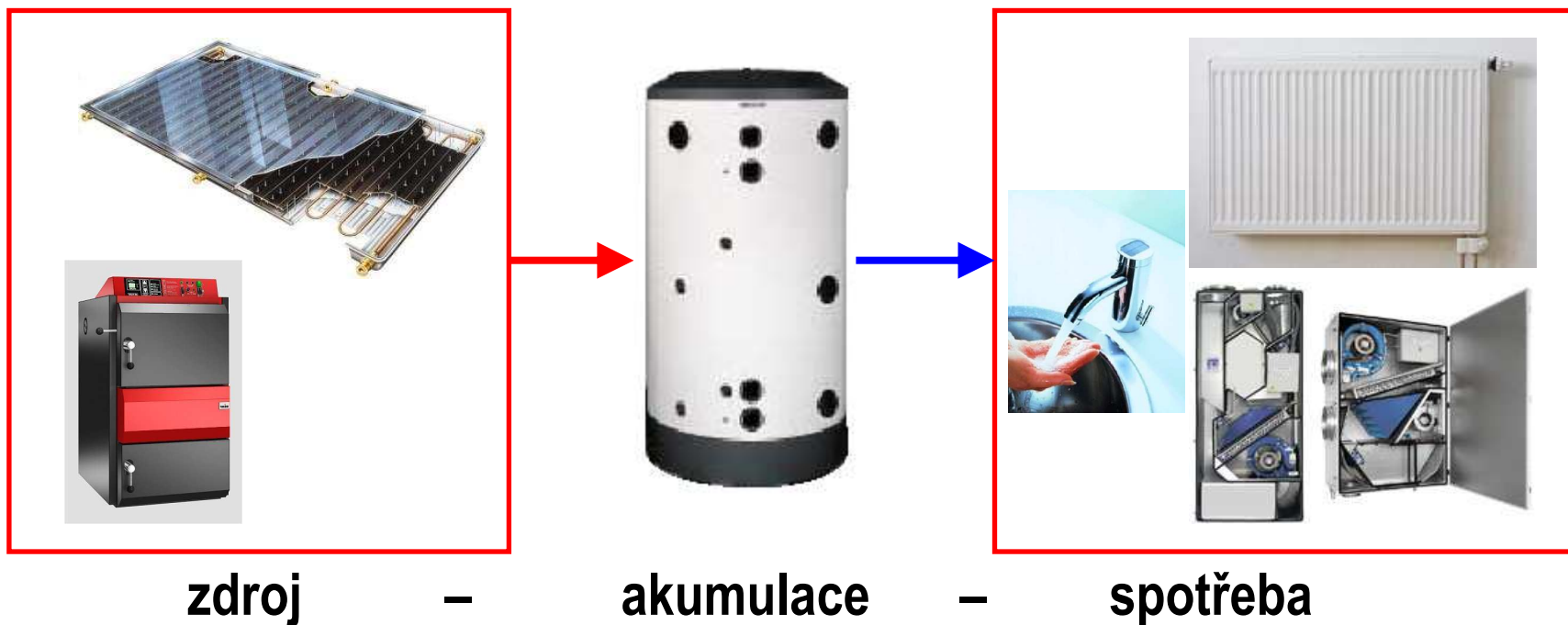
---

- **systemová**
  - zakomponování obnovitelného zdroje energie do systému energetického zásobování budovy
- **architektonická**
  - zohlednění estetického hlediska, obnovitelný zdroj jako architektonický prvek exteriéru nebo interiéru, vizuální dopad: **výrazný** x **potlačený** prvek
- **konstrukční**
  - obnovitelný zdroj energie nebo jeho část tvoří součást konstrukce budovy



# Systemová integrace

- vytvoření funkčních vazeb mezi OZE a energetickým systémem
  - hydraulické zapojení, parametry okruhu spotřeby tepla, regulace



- **solární soustavy** – nepravidelný zdroj x nepravidelná spotřeba
- **kotle na biomasu** – hydraulické oddělení, provoz při jmenovitých podmínkách



# Navrhování solárních soustav

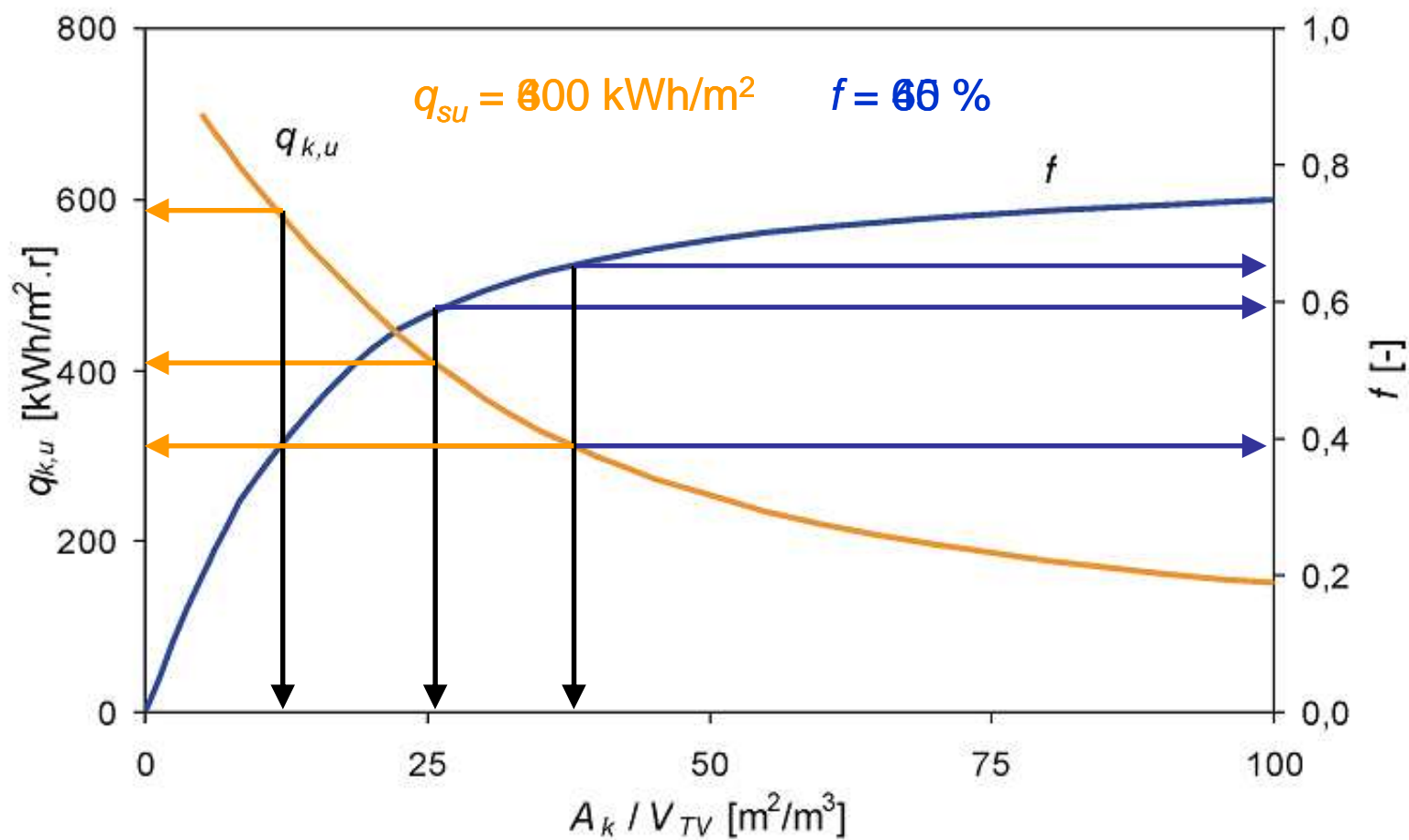
## ■ rozhodovací kritéria

- maximalizace měrných solárních zisků  $q_{k,u}$  [kWh/m<sup>2</sup>]
- maximalizace solárního pokrytí  $f$  [%] - maximální nahrazení primárních paliv
- požadovaný solární podíl (optimalizace návrhu)
- podmínky struktury budovy, limitující parametry (velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti)





# Navrhování solárních soustav



s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky z kolektorů



# Reálné zisky různých typů sol. soustav

- **příprava TV v rodinných domech (RD)**

pokrytí 50 až 60 %,  $q_{ss,u} = 350$  až  $450$  kWh/m<sup>2</sup>.rok

- **příprava TV v bytových domech (BD)**

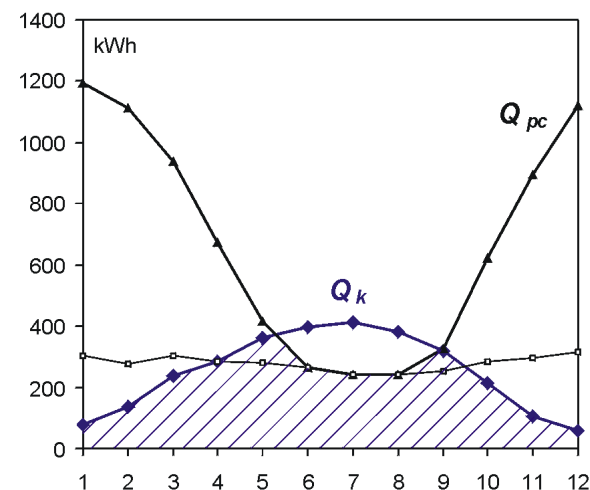
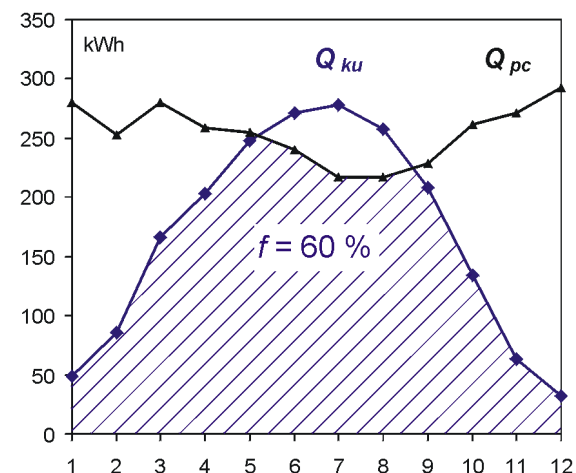
pokrytí 25 až 50 %,  $q_{ss,u} = 400$  až  $550$  kWh/m<sup>2</sup>.rok

- **kombi: příprava TV a vytápění v RD**

pokrytí 25 až 40 %,  $q_{ss,u} = 300$  až  $400$  kWh/m<sup>2</sup>.rok

- **kombi: příprava TV a vytápění v BD**

pokrytí 10 až 20 %,  $q_{ss,u} = 400$  až  $500$  kWh/m<sup>2</sup>.rok





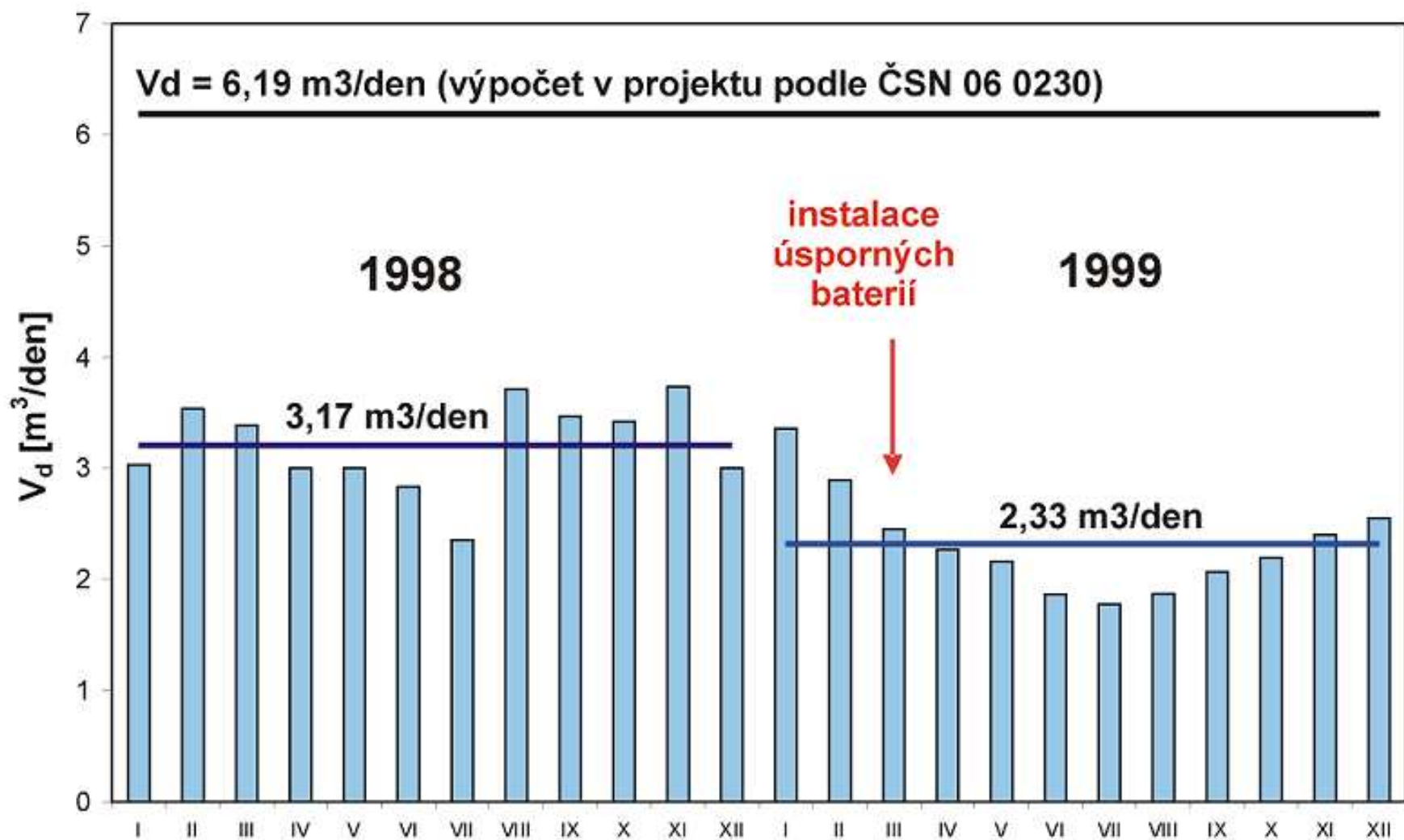
# Navrhování solárních soustav

---

- **snížení potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody**
  - úsporná opatření provádět jako první !
  - cíleně snížená spotřeba teplé vody (armatury, rozvody, cirkulace)
  - nízkoenergetické a energeticky pasivní domy
- **příklad: skutečná potřeba teplé vody**
  - dlouhodobé měření na patě objektu *(stávající budovy)*
  - krátkodobé měření (příložné průtokoměry)
  - směrné hodnoty: 20 až 40 l/os.den (60 °C) *(novostavby)*
  - **nepoužívat !!! hodnoty spotřeby TV uváděné v normě** pro návrh zařízení pro přípravu TV !

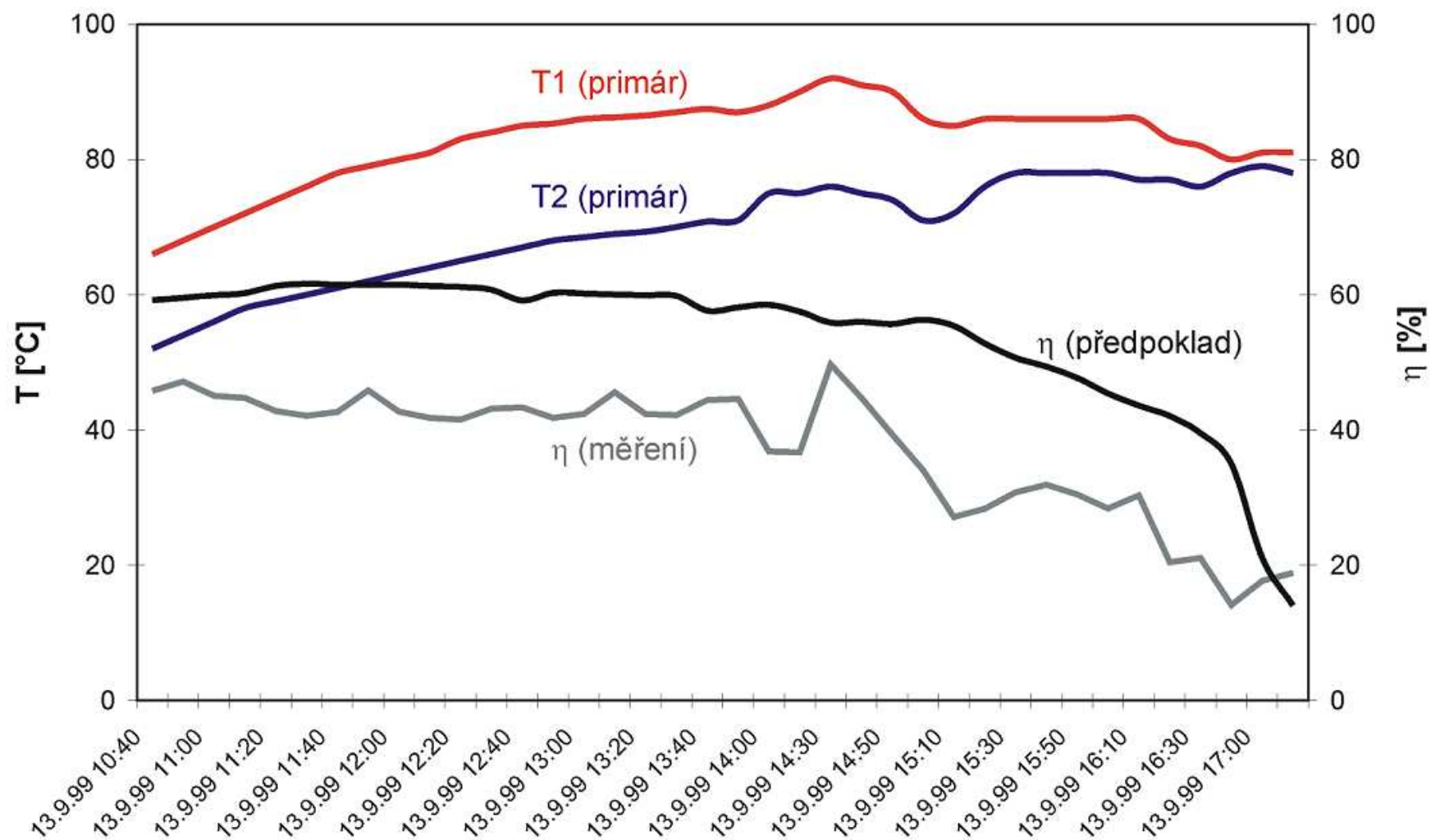


# Předimenzovaná soustava pro přípravu TV





# Předimenzovaná soustava pro přípravu TV





# Specifika navrhování solárních soustav

---

- **zohlednění extrémních stagnačních stavů**
  - **stagnace** – stav kolektorů bez odběru tepla (chod naprázdno, klidový stav), zastavení oběhového čerpadla - výpadkem el. proudu, regulací po dosažení max. teploty v zásobníku
  - tepelné ztráty se vyrovnají absorpčním pohlčením slunečnímu záření, teplota v kolektoru dosáhne maxima (130 °C až 200 °C)
  - var kapaliny, tvorba páry a její pronikání do rozvodů
  - **dimenzování potrubí** – nárazový objem proti pronikání páry
  - **expanzní nádoba** – pohlčení objemu kapaliny vytlačeného z kolektorů
  - **použité materiály** v solárním okruhu – vysoké teploty, vysoké tlaky
  - **ochrana prvků** soustavy před tepelnou degradací – vhodné umístění a řazení
  - **volba zapojení kolektoru** – snadné vyprázdnění kolektoru při varu kapaliny



# Specifika navrhování solárních soustav

---

## ■ použití nemrznoucích kapalin

- primární okruh solární soustavy s celoročním použitím (s výjimkou drain-back)
- propylenglykol-voda, změna vlastností kapaliny s poměrem ředění
- **hydraulika** - vyšší viskozita, vyšší třecí ztráty, mění se výrazně s teplotou během provozu, vliv na dimenzování potrubí, čerpadla (nižší účinnost)
- **expanzní nádoba** - odlišný průběh objemové roztažnosti propyleglykolu s teplotou oproti vodě, zvýšení objemu na odpar kapaliny v kolektorech při stagnaci
- **výměníky tepla** – odlišné výkonové parametry, nižší tepelná kapacita (než u vody), nižší přenos tepla (vyšší viskozita, laminární proudění), změna přenášeného výkonu s teplotní změnou viskozity (změna režimu proudění)
- **měření dodaného tepla** - nižší tepelná kapacita, problematika kalorimetrického měření (neexistují jednoduché kalorimetry, vliv ředění s vodou), problematika měření průtoku (nelze použít indukční průtokoměry)



# Architektonická integrace – solární kolektory

- solární kolektor je **viditelným** prvkem na budově
- umístění kolektoru by mělo **respektovat** architektonický výraz budovy
- optimální umístění ???





# Architektonická integrace – solární kolektory

- **nový architektonický prvek**

**funkční prvek** (stínění nad okny,  
výplň balkonových zábradlí,  
zastřešení vstupu do domu, aj.)



**čistě estetický prvek**





# Konstrukční integrace – solární kolektory

---

- **energeticky aktivní plášť budovy**
  - obálka budovy jako **zdroj energie** pro přípravu teplé vody, vytápění
  - pasivní zisky v zimním období (záleží na typu vazby kolektoru s budovou, stupni zateplení budovy)
  - **vyšší účinnost** solárního kolektoru (kontaktní integrace, vazba s budovou)
- **ochrana proti atmosférickým vlivům**
  - kolektor tvoří finální část obálky budovy
- **architektonicky přijatelné řešení**
  - kolektor vytváří souvislou rovinu s obálkou budovy, výrazně nepřesahuje
  - často **rozhodující faktor** o aplikaci solární soustavy
- **ekonomika instalace**
  - nahrazení části pláště budovy kolektorem



# Konstrukční integrace – solární kolektory

- solární kolektor vestavěný do střechy





# Konstrukční integrace – solární kolektory

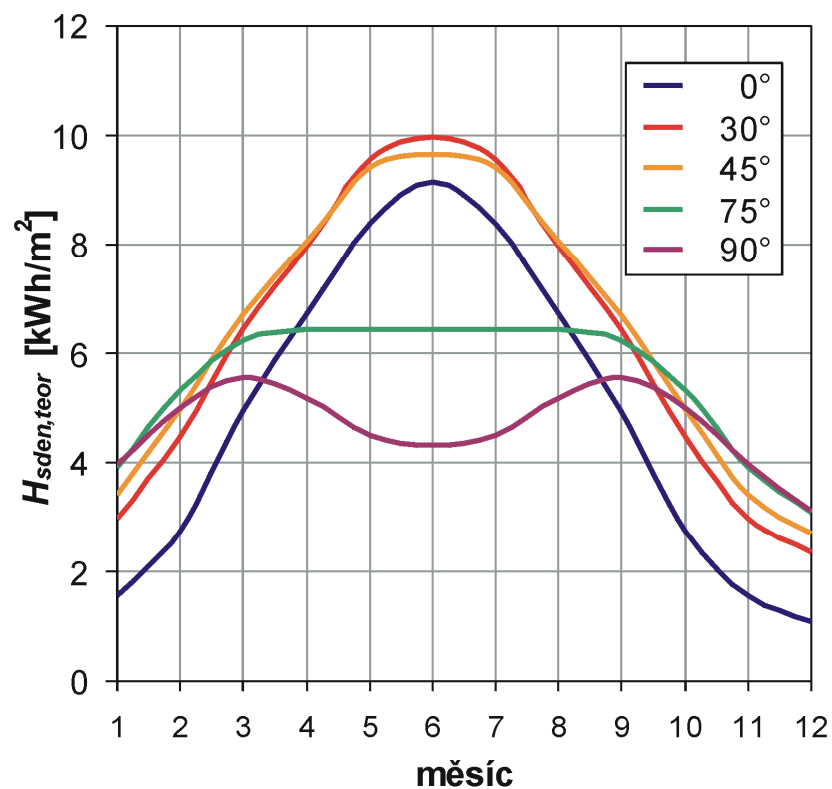
- solární kolektor vestavěný do fasády





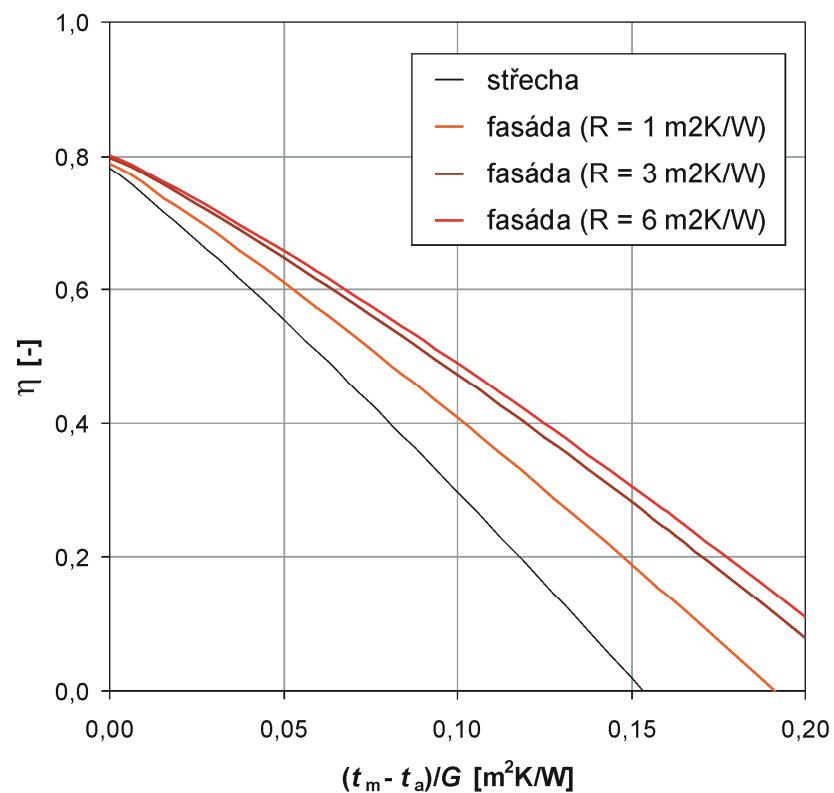
# Fasádní kolektory - výhody

**vyrovnaný** profil dopadlé energie během roku



**vyšší** účinnost solárního kolektoru

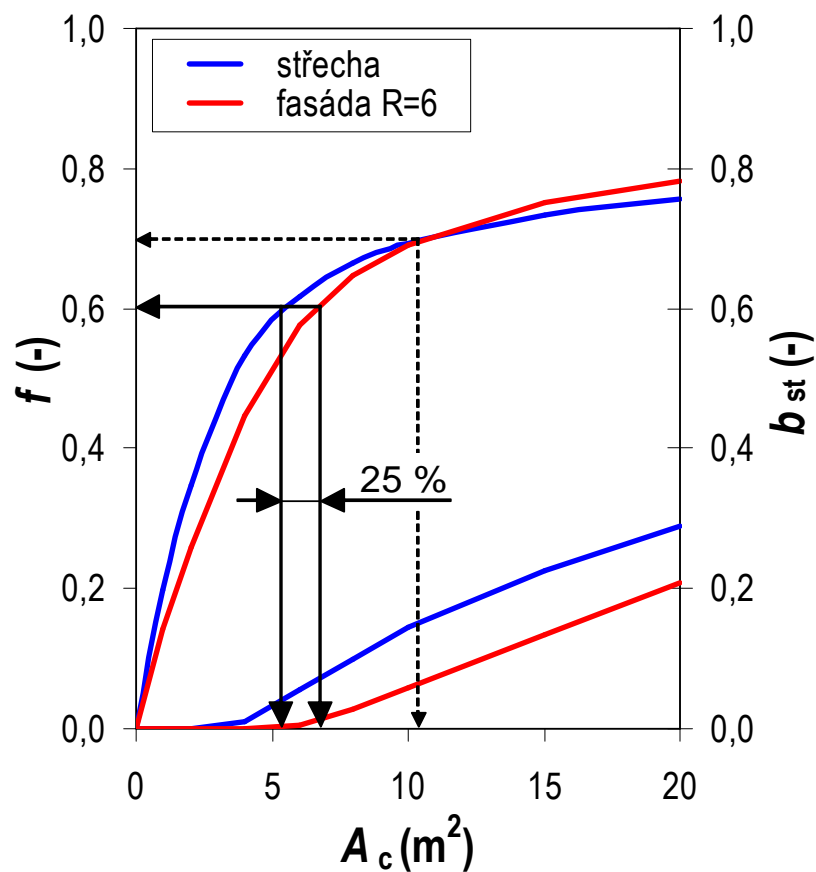
≠ vyšší zisky (!)



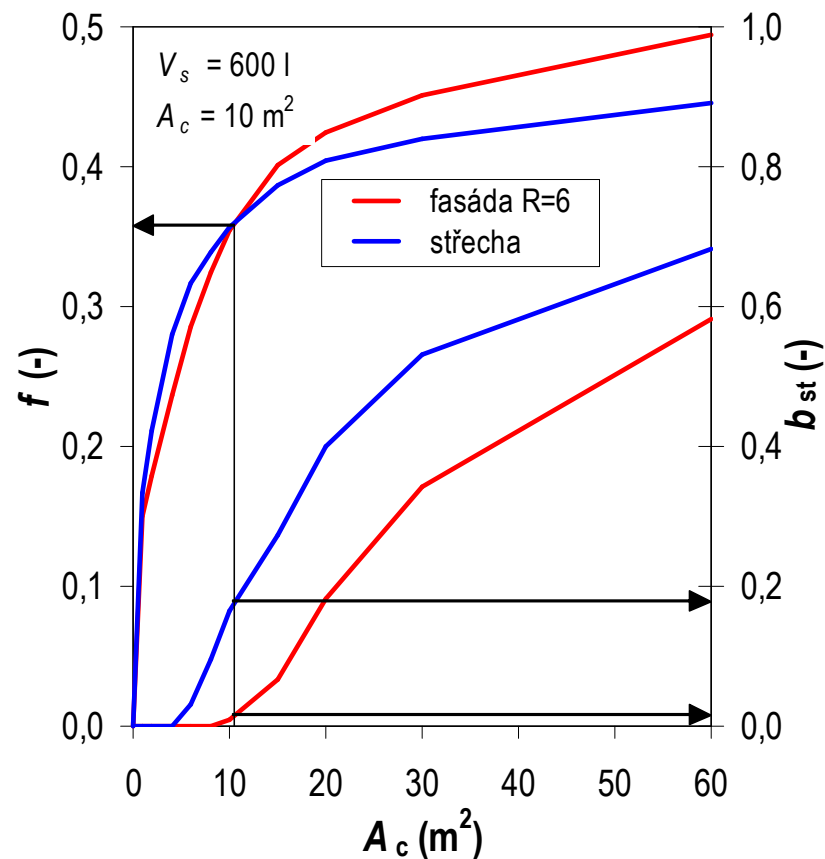


# Solární podíl při přípravě TV a vytápění

**příprava teplé vody**  
**zásobník 200 l**  
spotřeba TV: 200 l/den



**příprava teplé vody a vytápění**  
**nízkoenergetický dům**  
( $R = 6 m^2.K/W$ ;  $40 kWh/m^2.a$ )





# Systemová integrace – spalování dřeva

- **energetické využití biomasy - přímé spalování dřevní hmoty**

- kusové dřevo
- dřevní brikety
- pelety
- štěpka



- **zdroje tepla**

- kotle s ručním přikládáním
- automatické kotle s dopravníky
- interiérová topidla (krby, krbová kamna, krbové vložky)



# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

---

## ■ spalování dřeva

- 2-3 stupňové: zplyňování dřevní hmoty - spalování vzniklých plynů (dřevoplyn)
- **zplyňování** v topeništi, částečný přívod vzduchu (primární vzduch),  $> 200\text{ °C}$
- **spalování** v dohořivací komoře, přívod vzduchu (sekundární, příp. terciární)
- předání tepla pro další využití (výměník), teplota spalin  $150\text{ °C}$

## ■ požadavky na účinné spalování

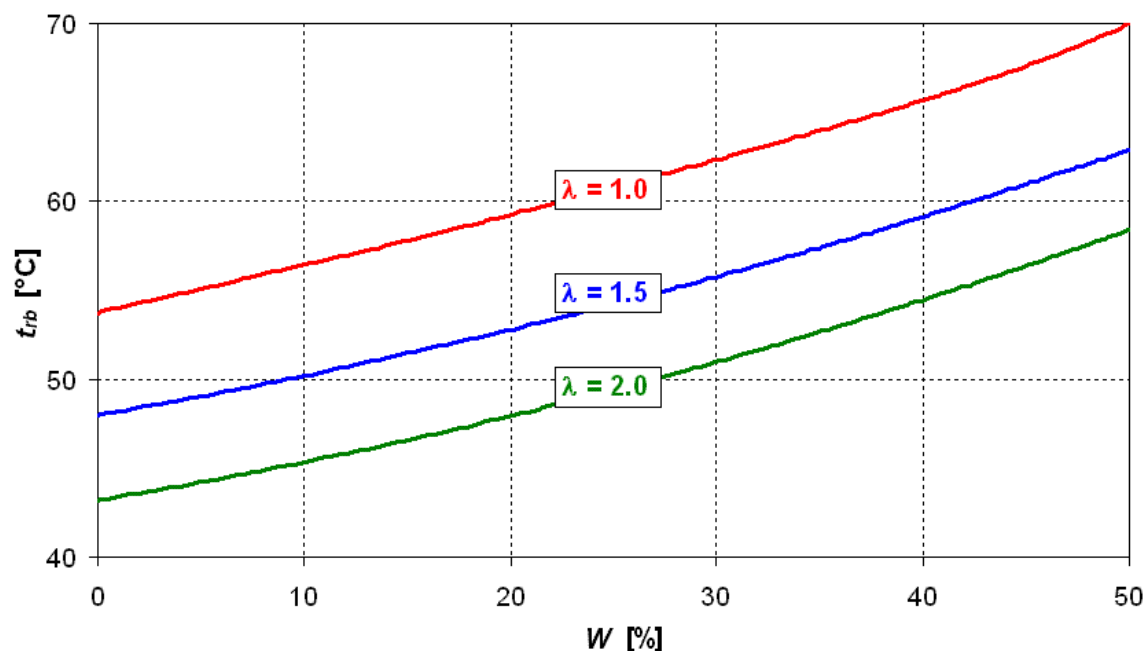
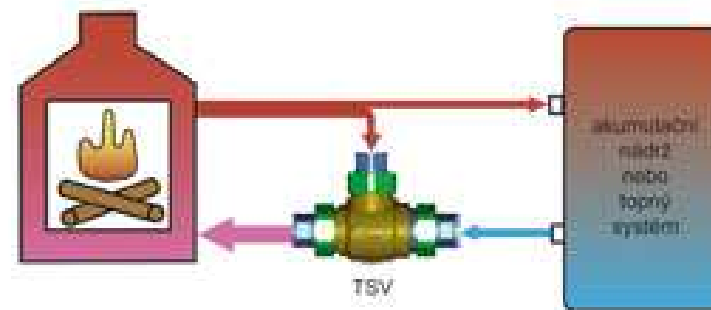
- dostatečný přívod vzduchu (přebytek vzduchu  $\lambda = 1,5$  až  $2$ )
- nízká vlhkost paliva (10 až 20 %)
- dostatečně vysoké teploty spalování (800 až 900 °C)
- stabilita teplotních poměrů v kotli (akumulační vyzdívka, nízké tepelné ztráty)
- stabilita tlakových poměrů v kotli (vhodné dimenzování spalinové cesty)
- konstantní provozní podmínky



# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

## ■ trojcestný termostatický směšovací ventil

- problematika kondenzace spalin, teplota rosného bodu spalin  $t_{rb} = 50$  až  $60$  °C
- agresivní kondenzát, **korozí**
- teplota vody na vstupu do kotle  $> 65$  °C
- předehřev vratné vody do kotle





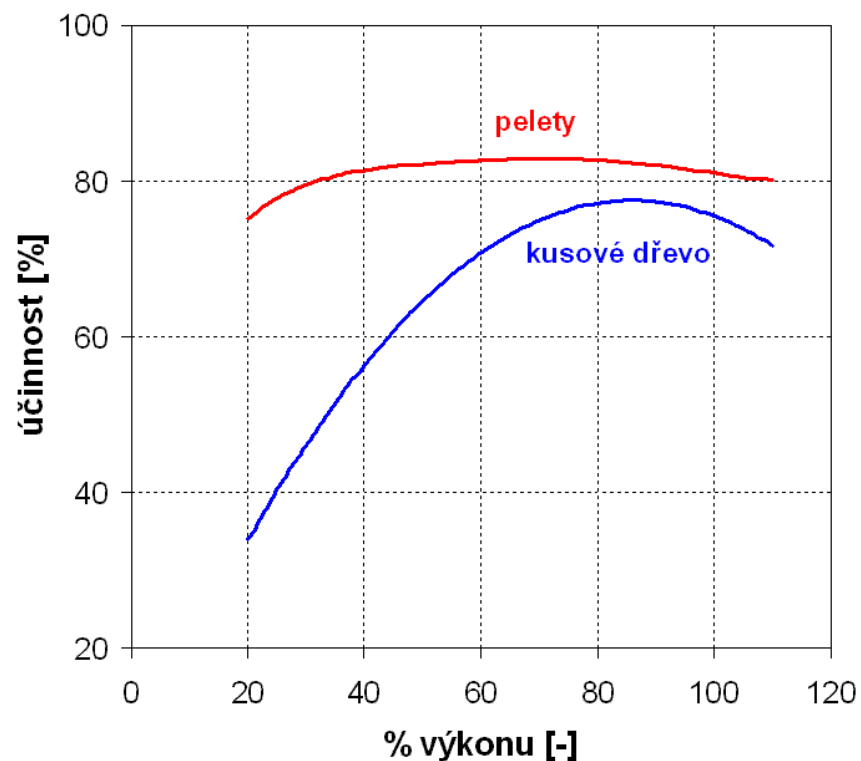
# Spalování dřeva – regulace výkonu

## ■ kotle na kusové dřevo

- snížení výkonu **omezením přívodu spalovacího vzduchu**
  - nedokonalé spalování
  - emise CO
  - snížení účinnosti

## ■ automatické kotle

- snížení výkonu **omezením paliva** (kotle na pelety, štěpku)





# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

---

## ■ akumulátor tepla

- provoz kotle (kusové dřevo) při **jmenovitých provozních podmínkách** (plný výkon, teploty 80 až 90 °C)
- zvýšení provozní účinnosti kotle (až o 20 %)
- úspora paliva, emisí
- vysoký výkon instalovaného zdroje (kotle na kusové dřevo > 15 kW)
- kusové dřevo: dimenzování objemu **50 až 70 l/kW**
- pelety: dimenzování objemu do **25 l/kW**, není nutný



# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

- akumulátor tepla / hydraulický zkrat

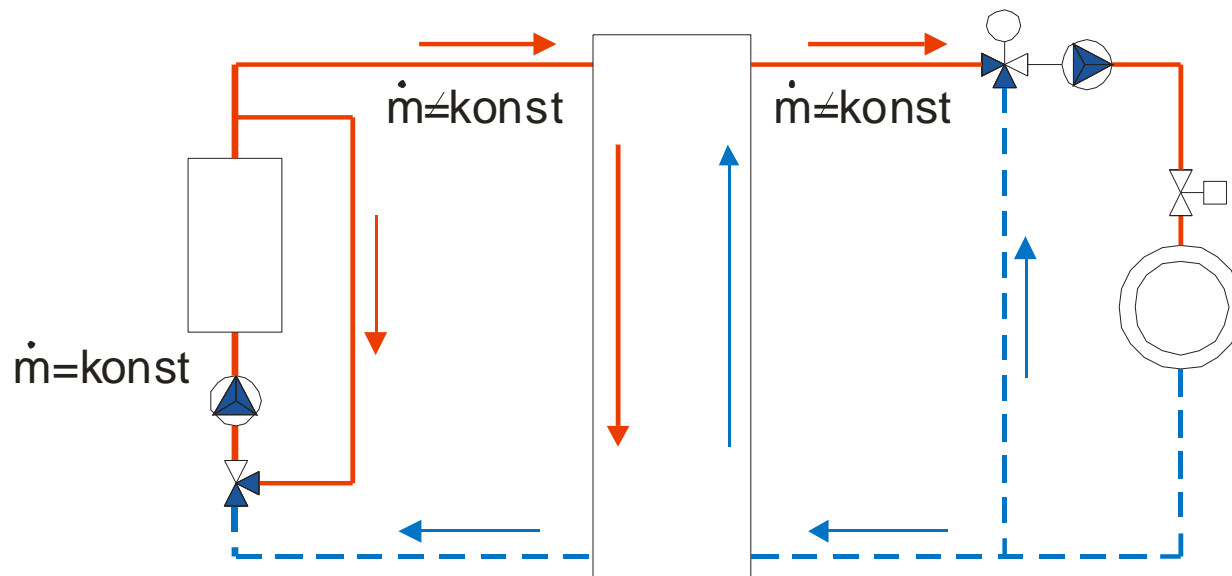
- hydraulické oddělení

okruh zdroje tepla s **ustálenými** provozními podmínkami

- konstantní průtok, konstantní teploty

otopná soustava s **proměnlivými** provozními podmínkami

- proměnlivý průtok (termostatické hlavice), proměnlivé teploty (ekvitermní regulace)





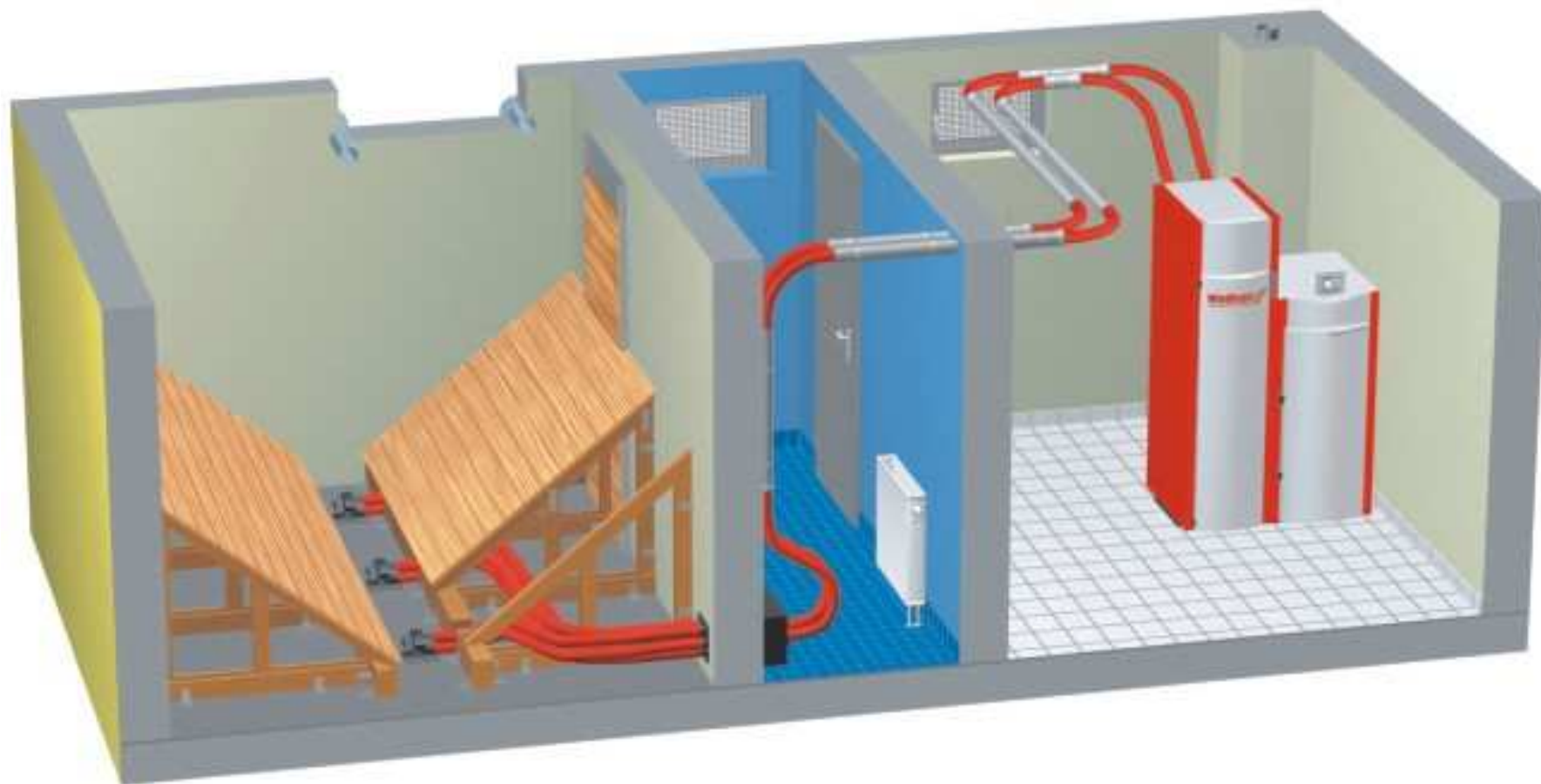
# Integrace zdroje na biomasu do budovy



šnekový podavač



# Integrace zdroje na biomasu do budovy

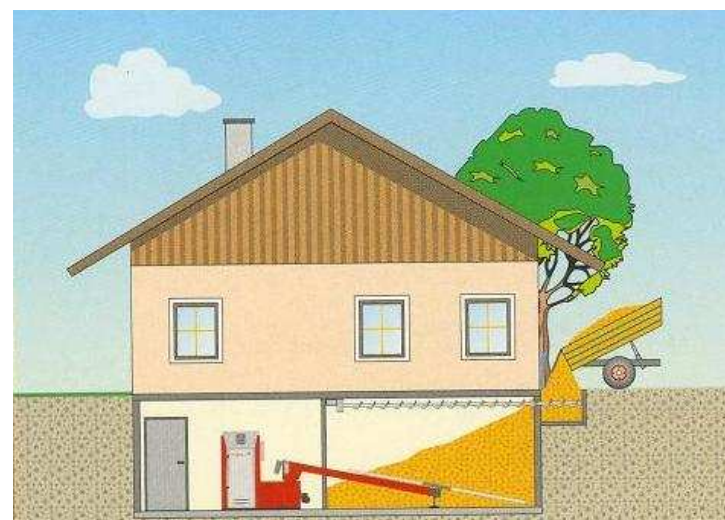
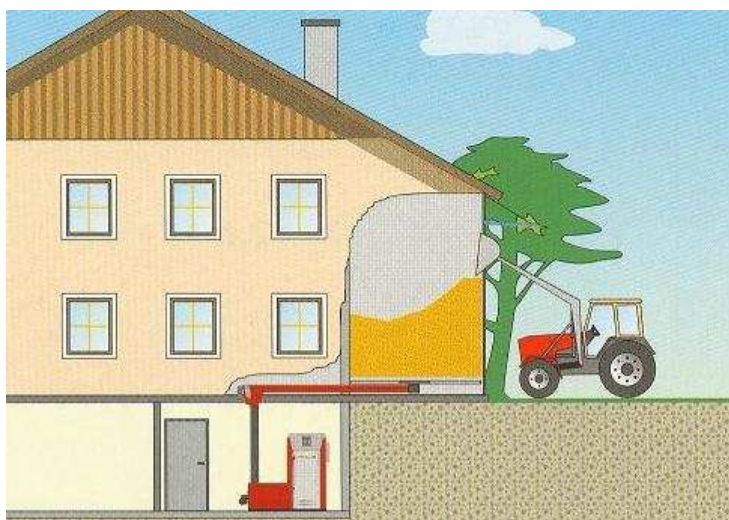
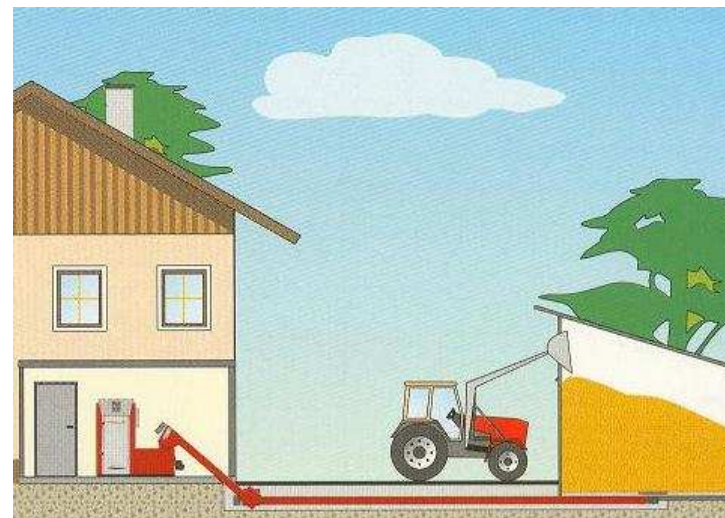


pneumatická doprava paliva, sací hlavice ve skladu,  
pohotovostní zásobník u kotle s čidlem naplnění



# Integrace zásobníku paliva (pelety)

- **zásobníky paliva (pelety)**
  - zásobník paliva – součást budovy
  - přívod paliva k spalovacímu zařízení
  - přístup zásobovacího vozu k zásobníku





# Konstrukční integrace – zásobník paliva

- **velikost zásobníku paliva** závisí na:
  - druhu biomasy, její vlhkosti
  - formě biomasy (rovnaná polena, sypký materiál – štěpka, pelety)
  - spotřebě tepla na vytápění, spotřebě paliva

palivo	rovnaný metr	sypný metr	rovnaný metr	sypný metr
	m <sup>3</sup> r/kW	m <sup>3</sup> s/kW	m <sup>3</sup> r/MWh	m <sup>3</sup> s/MWh
smrk	1,5 - 2,0	2,6 - 3,5	0,8	1,4
buk	1,1 - 1,4	1,8 - 2,4	0,6	1
<b>pelety</b>	-	<b>0,7 - 1,0</b>	-	<b>0,4</b>



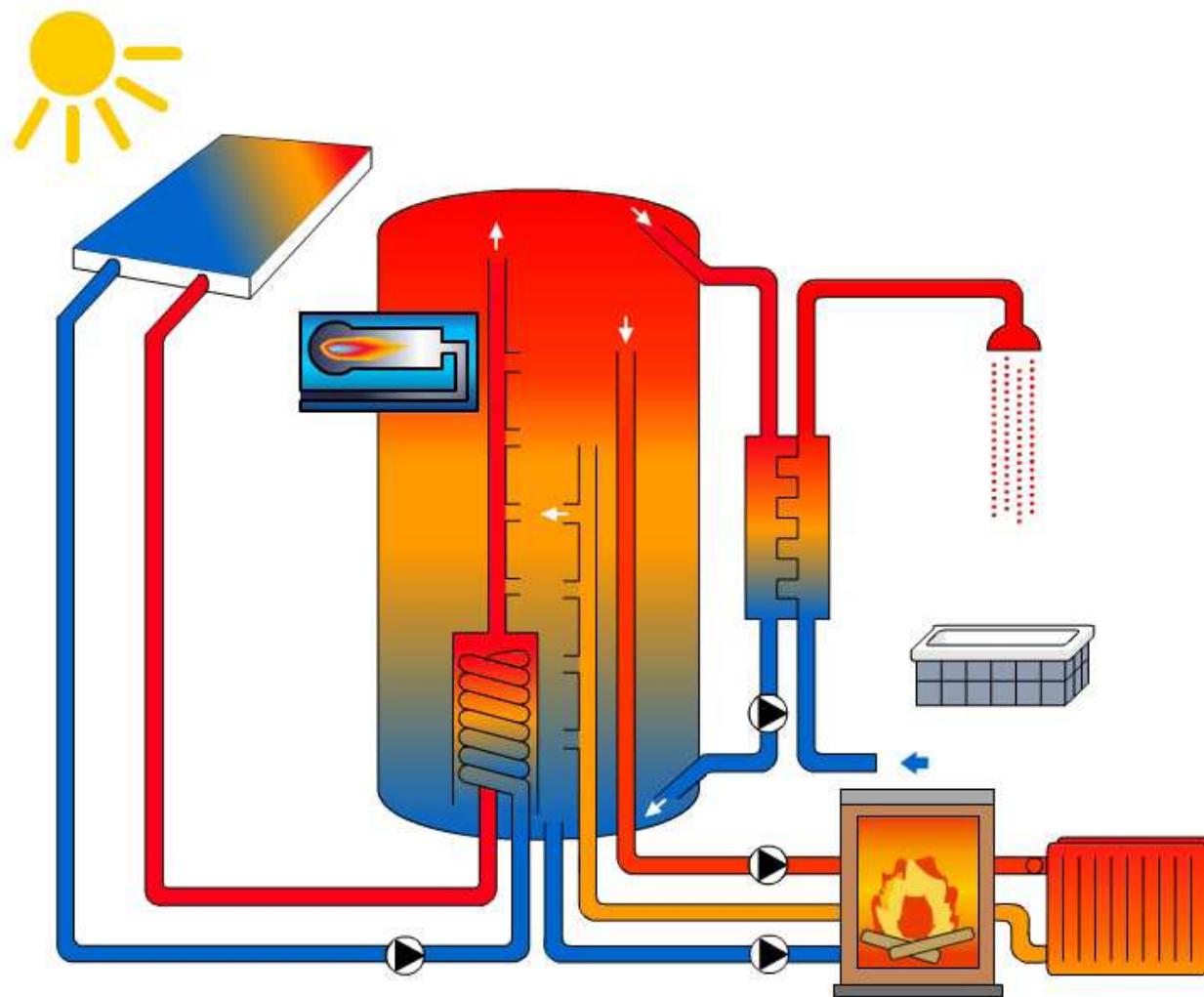
# Kombinace solární soustava + biomasa

---

- **provozní výhody**
  - kotel na biomasu: vytápění v zimním období
  - solární soustava: příprava teplé vody v letním období, náhrada elektrického ohřevu
  
- **společný zásobník (navržený podle kotle)**
  - kotel na biomasu: zlepšení provozních parametrů, překlenutí zátopy, povinné pro udělení dotací
  - solární soustava (kombinovaná): zlevnění instalace, zlepšení ekonomiky
  - **optimalizované** zásobníky – různé provozní podmínky obou zdrojů, stratifikace

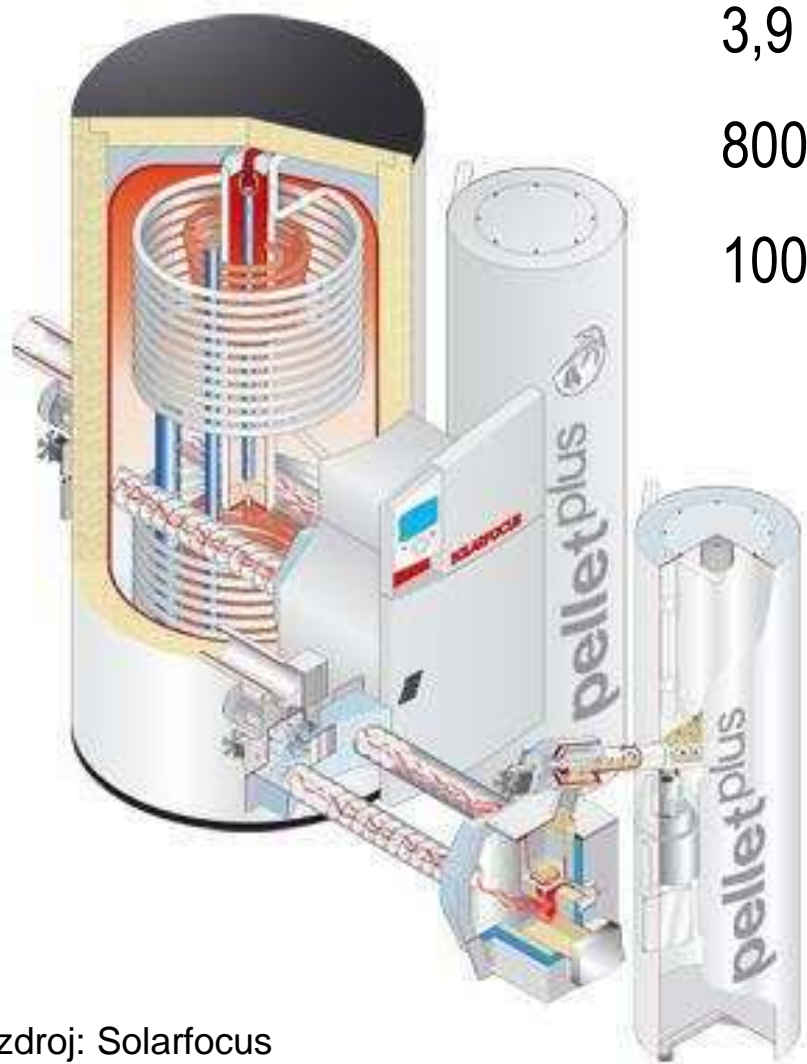


# Solar + biomasa + stratifikační zásobník





# Integrace peletového hořáku



3,9 – 14 kW

800 l zásobník

100 l pelet



zdroj: Solarfocus

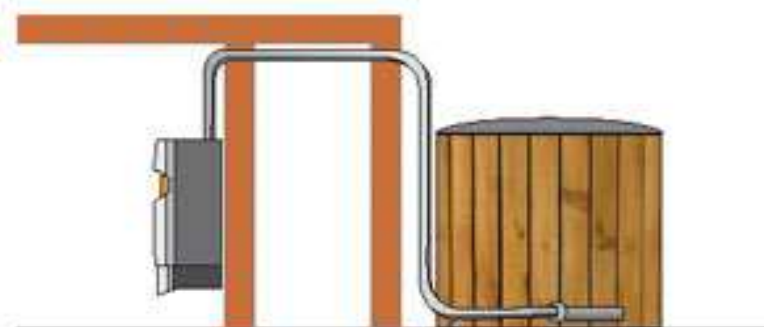
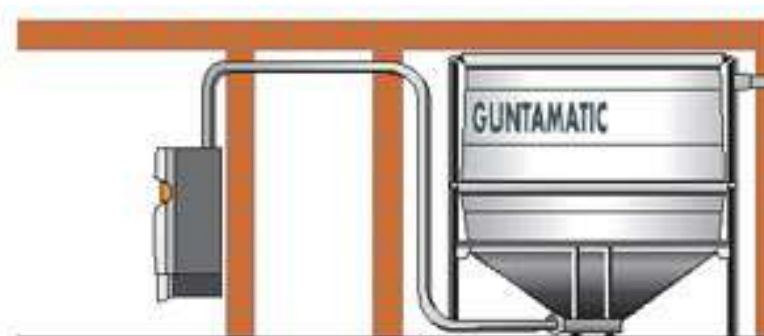


# Nástěnný kotel na pelety



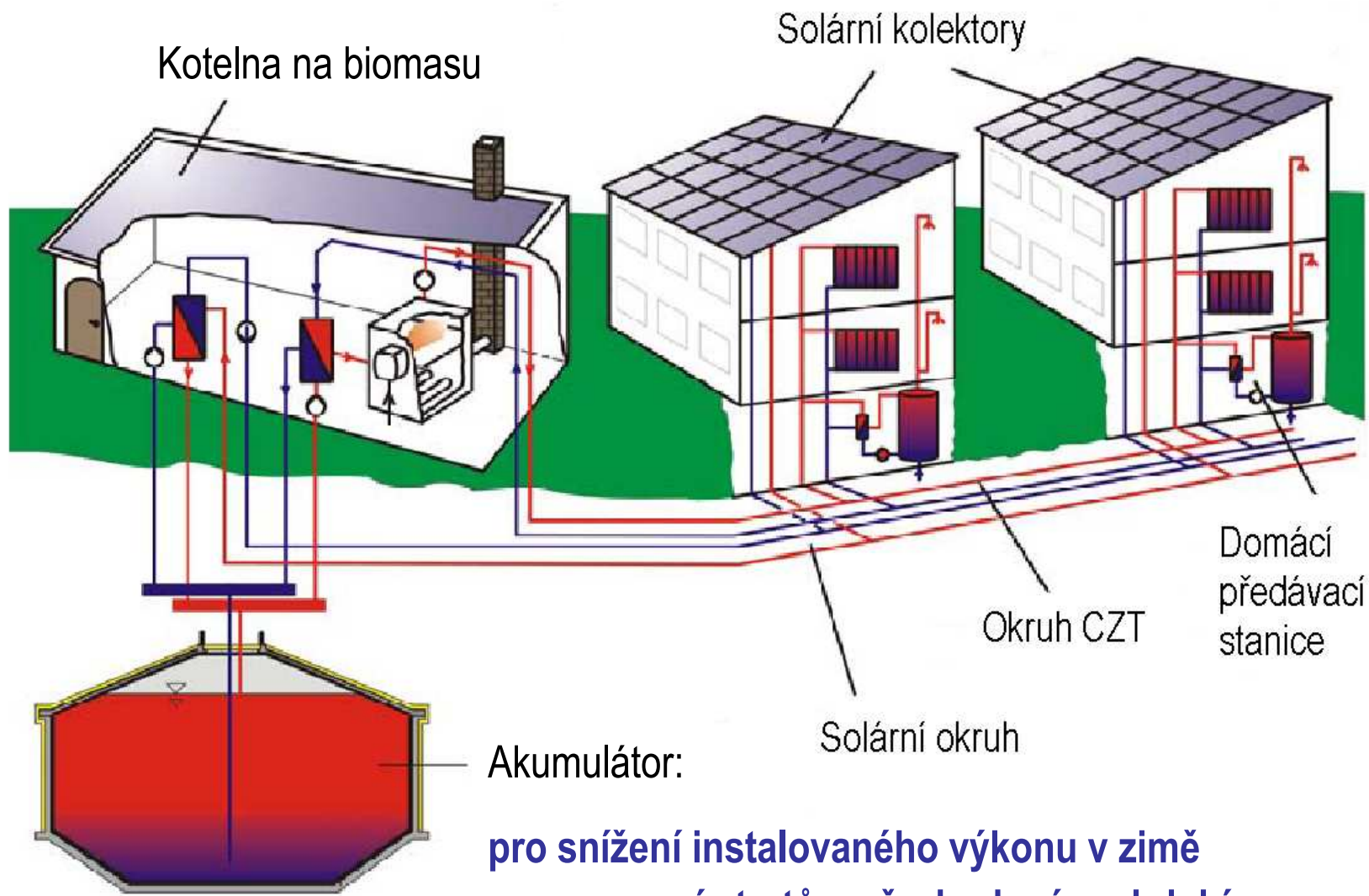
2 – 7 kW

(nízkoenergetické domy)





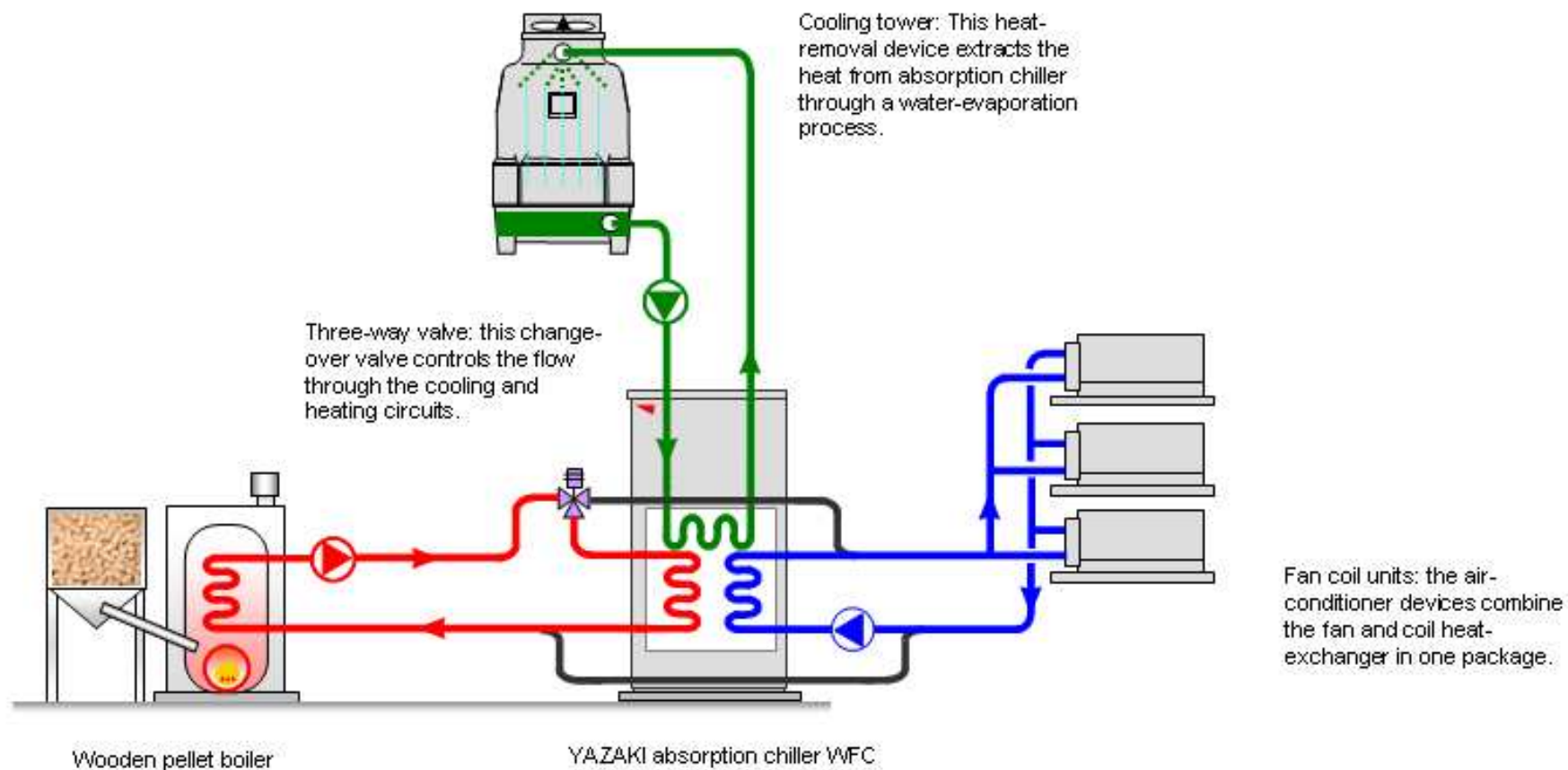
# Solar + biomasa v CZT



pro snížení instalovaného výkonu v zimě  
pro omezení startů v přechodovém období



# Vytápění a chlazení biomasou



zdroj: Yazaki



---

**Děkuji za pozornost**

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, 166 07 Praha 6

[tomas.matuska@fs.cvut.cz](mailto:tomas.matuska@fs.cvut.cz)