



# Obnovitelné zdroje energie ve vztahu k výstavbě budov

**Tomáš Matuška**

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze



# Alternativní a obnovitelné zdroje energie

---

## Druhy:

- úspory
- sluneční energie
- energie prostředí (tepelná čerpadla)
- biomasa (fytomasa) – akumulace SE – fotosyntéza, vázání CO<sub>2</sub>
- vodní energie – odpar z moří, srážky, zásoba vody
- větrná energie – ohřev zemského povrchu, pohyb hmoty vzduch
  
- geotermální energie (zemské jádro), přílivová energie (přitažlivost M)



# Vazba na energetickou náročnost budov

---

## úspory jako první !

hospodárnost provozu (nejen) OZE je citlivá na předimenzování

- **vytápění**

nízkoenergetický a pasivní standard – tepelné izolace, okna, těsnost budovy, cílené využití slunečních a vnitřních zisků pro vytápění

- **chlazení**

protisluneční ochrana, úsporné technologie, minimalizace tepelných zisků z el. spotřebičů

- **příprava teplé vody**

úsporné armatury, izolace rozvodů, inteligentní řízení cirkulace, měření spotřeby



# Vazba na otopné a chladicí soustavy

---

## teplota **otopné** / **chladicí** vody

zásadní parametr pro hospodárnost zdroje obnovitelného tepla a chladu

- **konvekční soustavy**

vzduchotechnika – vytápění, chlazení, klimatizace (vlhkost)

vysoké teploty pro vytápění (**80/60 °C**), nízké pro chlazení (**6/12 °C**)

nízká úroveň tepelné pohody (vertikální rozdíl teplot, pohyb vzduchu)

- **sálavé soustavy**

velkoplošné soustavy – podlahové, stěnové, stropní

nízké teploty pro vytápění (**40/30 °C**), vysoké pro chlazení (**16/20 °C**)

- **kombinované soustavy**

otopná tělesa, otevřené stropy, podíl konvekčního/sálavého

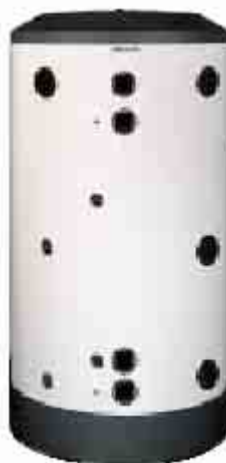


# Systemová integrace OZE do budov

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



zdroj tepla



akumulace



spotřeba

- **solární soustava** – nepravidelný zdroj x nepravidelná spotřeba
- **tepelné čerpadlo** – hydraulické oddělení, překlenutí tarifového výpadku
- **kotel na biomasu** – hydraulické oddělení, provoz za jmenovitých podmínek



# Solární kolektory a soustavy - aplikace

- **nízkoteplotní (< 40 °C)**  
ohřev bazénové vody (nezasklené rohože, neselektivní kolektory)  
sušení plodin (vzduchové)
- **středněteplotní (< 80 °C)**  
příprava teplé vody + přítápění (ploché kolektory s jedním zasklením a selektivním absorberem)
- **vysokoteplotní (> 80 °C)**  
technologické teplo (trubicové vakuové kolektory, vícenásobná zasklení, koncentrační kolektory)

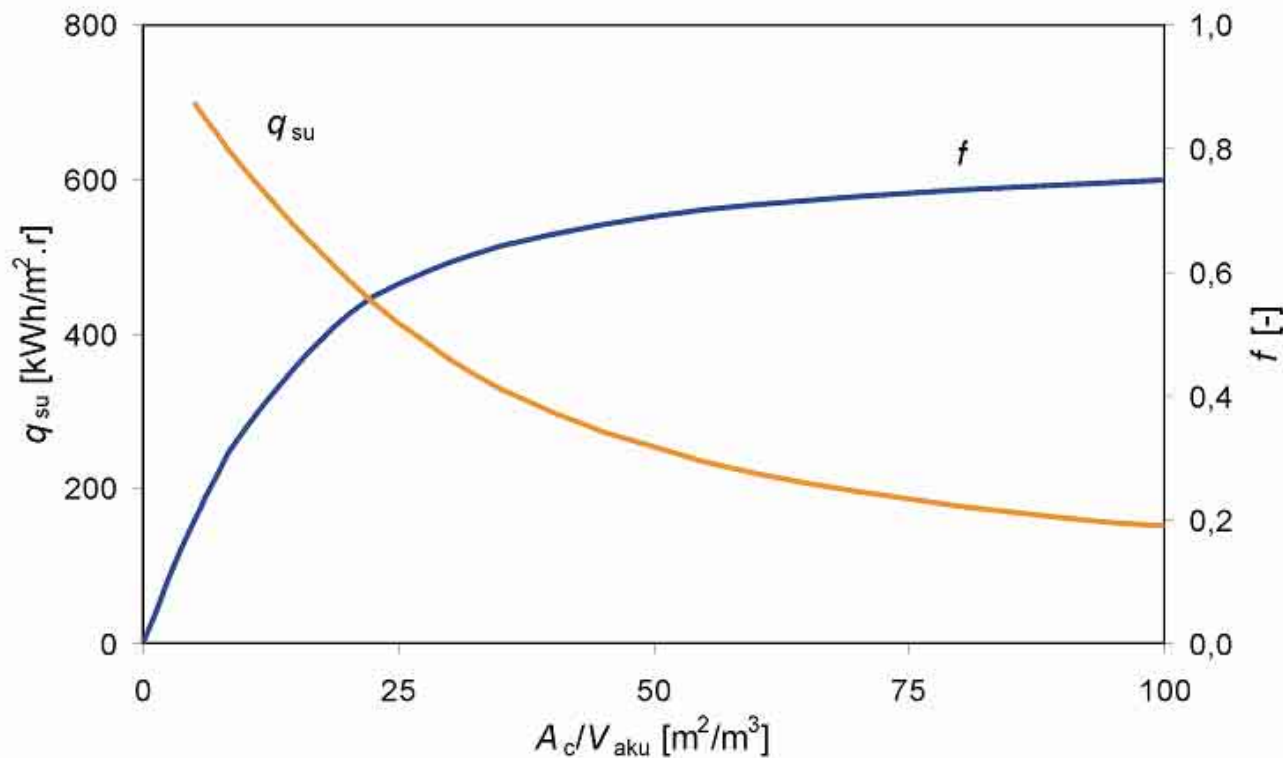




# Solární soustavy – základní parametry

- měrné využitelné solární zisky  $q_{su}$  [kWh/m<sup>2</sup>.r]

- solární podíl  $f = \frac{Q_{su}}{Q_p} = 1 - \frac{Q_d}{Q_p}$  [-]



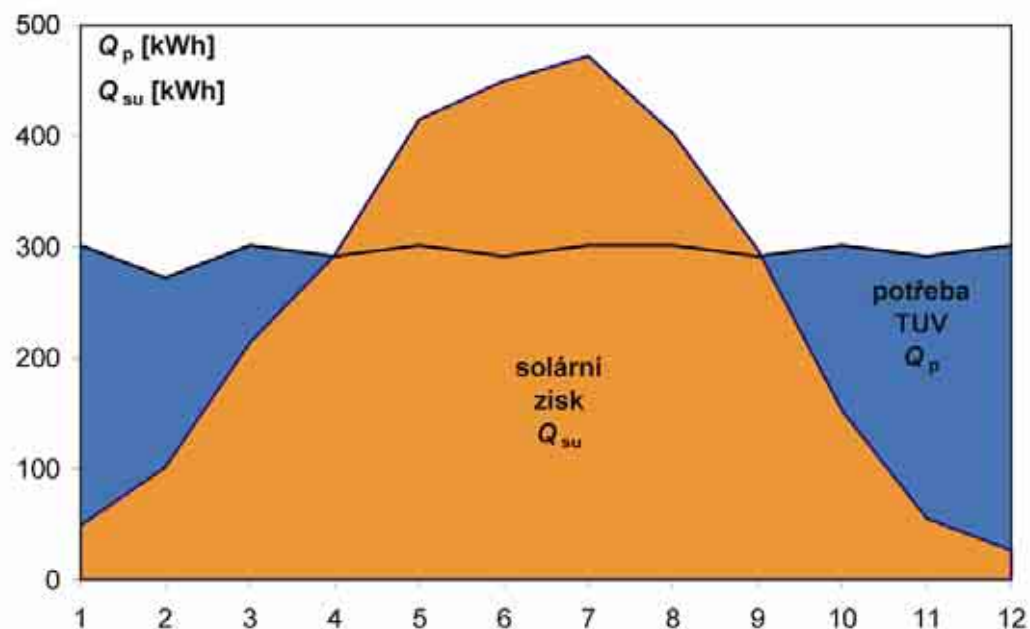


# Solární soustavy pro přípravu TV

- rozšířené v aplikacích pro rodinné domy
  - (3 až 6 m<sup>2</sup>; 250 až 400 l), solární podíl 50 až 70 %
- aplikace pro bytové domy
  - (50 až 200 m<sup>2</sup>; 3 až 20 m<sup>3</sup>), solární podíl 20 až 50 %

- solární zisky

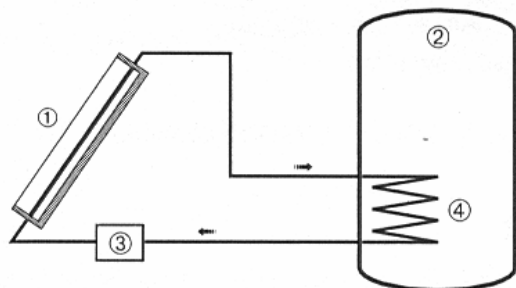
**400 až 600 kWh/m<sup>2</sup>.r**



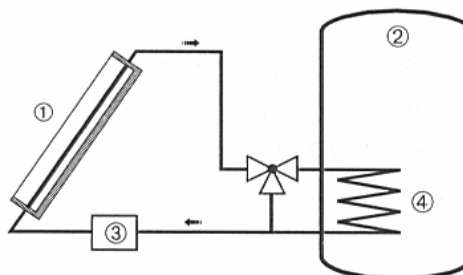




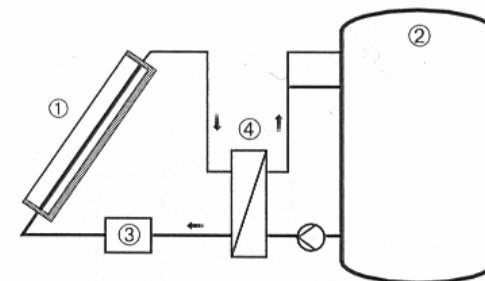
# Solární soustavy pro přípravu TV (RD)



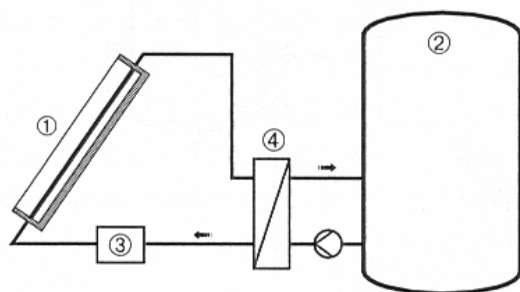
„standardní provedení“ (viz obr. 3.1) – vnitřní tepelný výměník



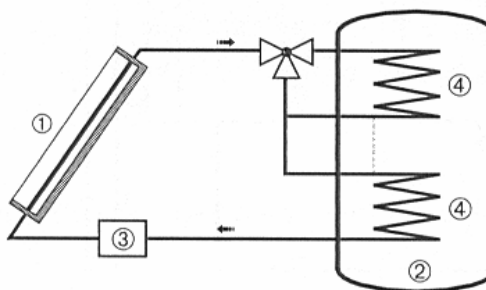
„standardní provedení“ s bypasem pro předejití solárního okruhu pro větší soustavy



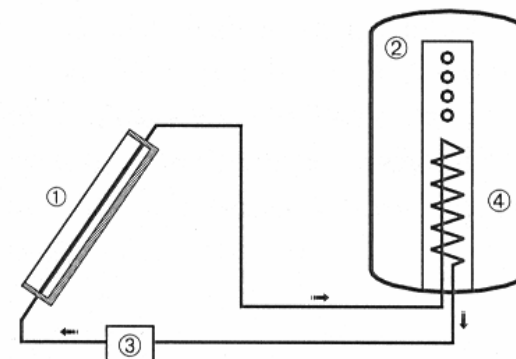
nabíjení ve vrstvách přes venkovní tepelný výměník



venkovní tepelný výměník pro větší soustavy



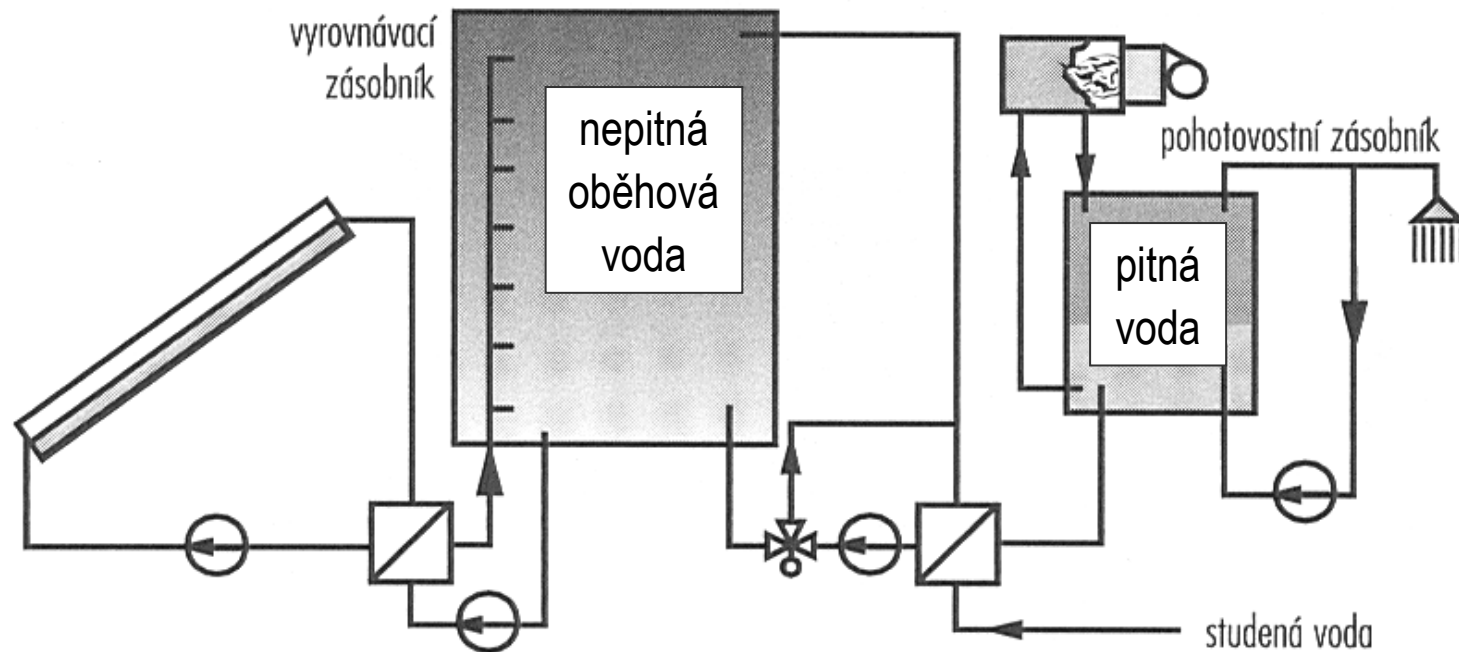
nabíjení ve vrstvách přes vnitřní tepelný výměník v různých výškách zásobníku



nabíjení ve vrstvách přes vnitřní tepelný výměník se samotížným efektem



# Solární soustavy pro přípravu TV (BD)



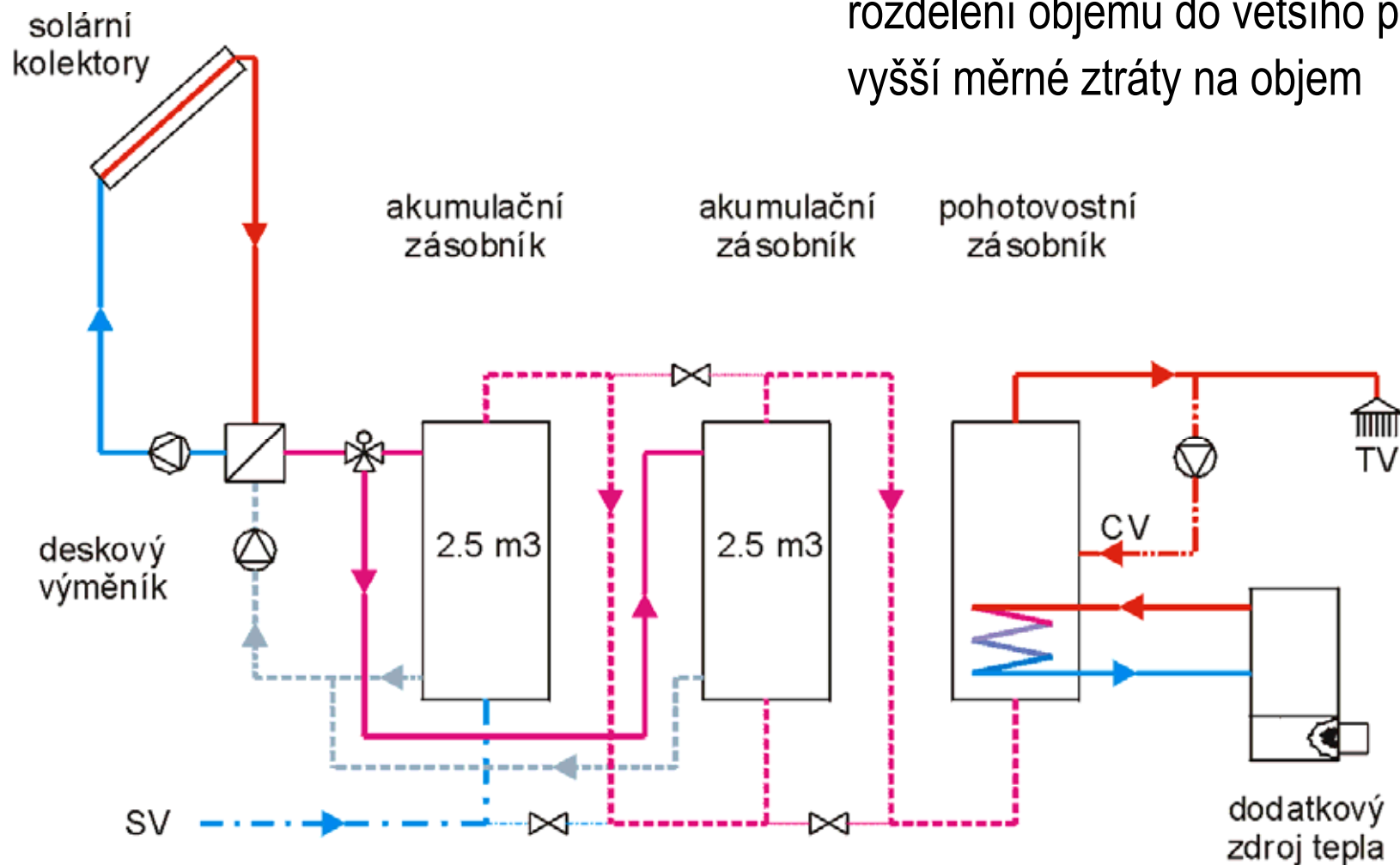
**netlakové zásobníky** – výroba na místě (**rekonstrukce**)

stratifikační vestavby – teplotní vrstvení zvyšuje využitelnost akumulované energie (exergie), kompenzace ztráty teploty na výměníku



# Solární soustavy pro přípravu TV (BD)

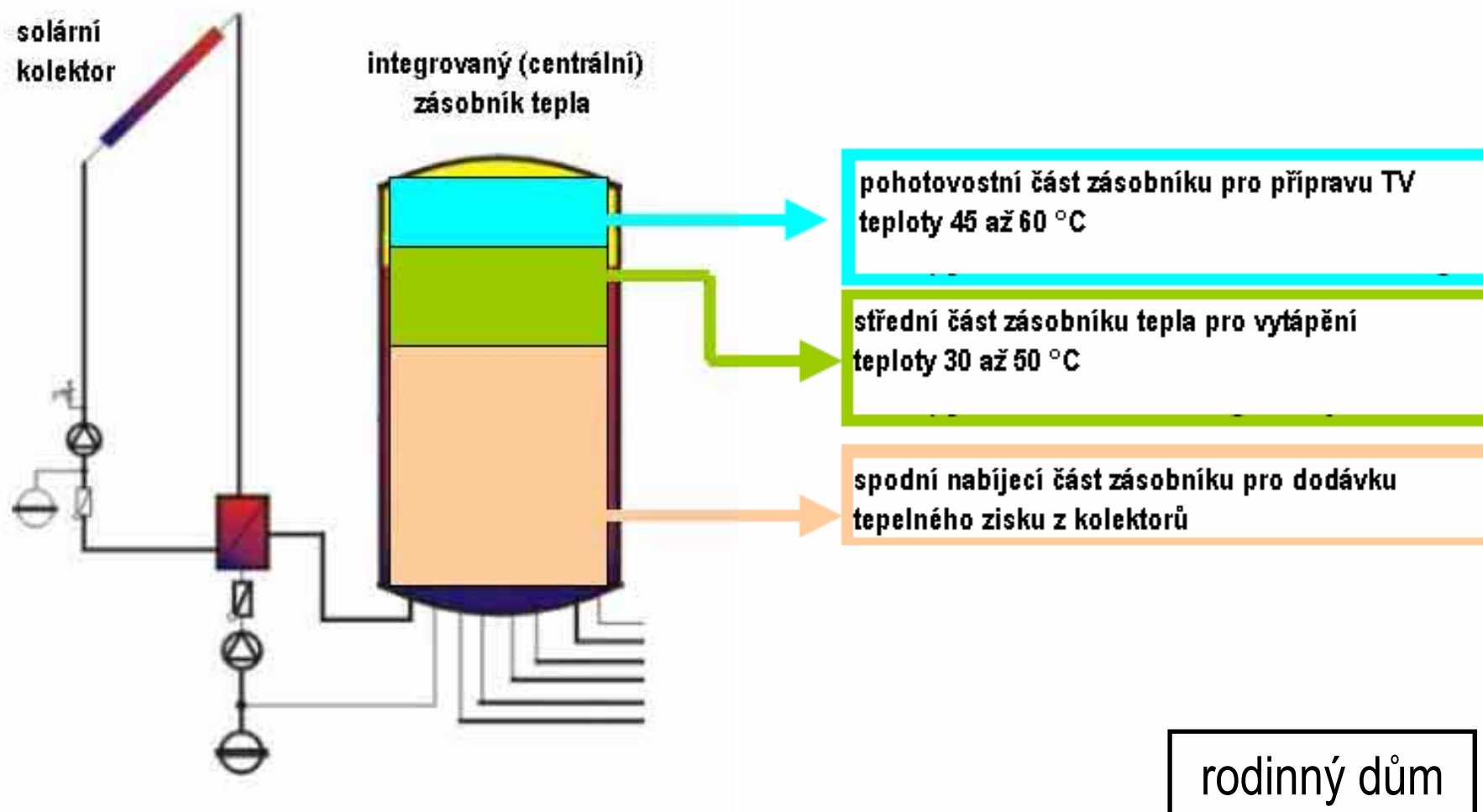
tlakové zásobníky (**novostavby**)  
rozdělení objemu do většího počtu  
vyšší měrné ztráty na objem





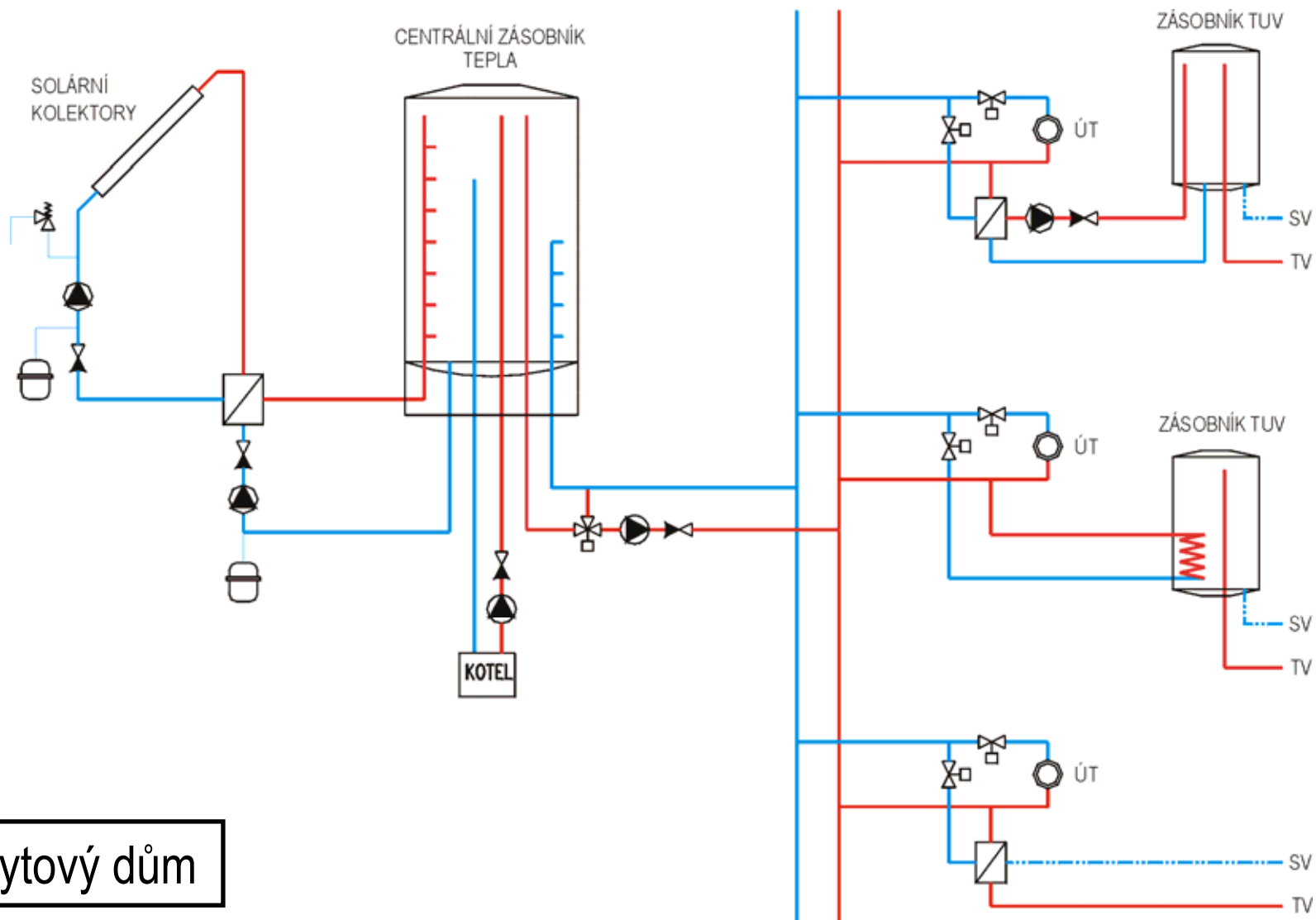


# Kombinované solární soustavy (TV+VYT)





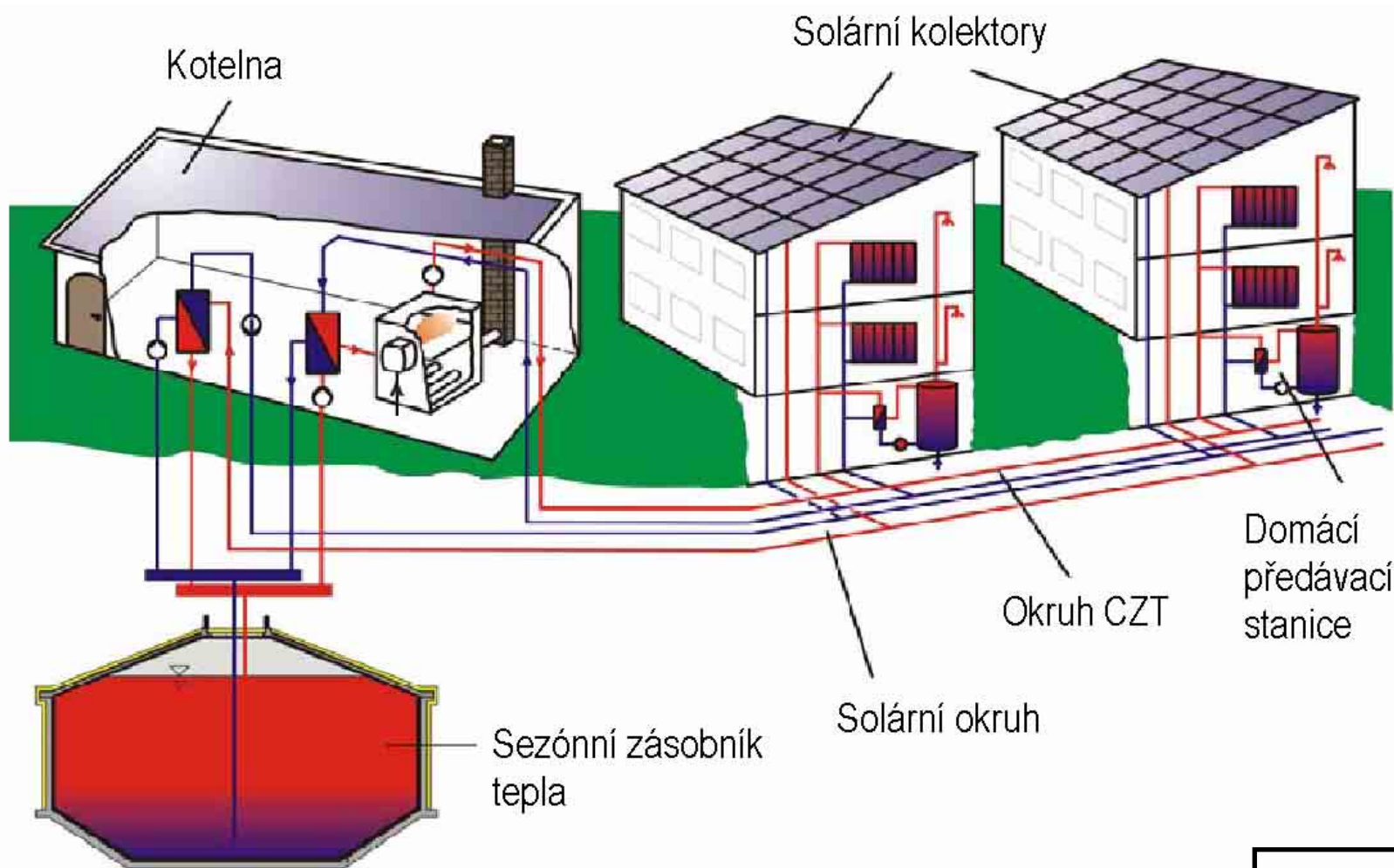
# Kombinované solární soustavy (TV+VYT)



bytový dům



# Solární soustavy se sezónní akumulací



sídliště



# Solární chlazení a klimatizace

---

- **špičky potřeby chlazení se překrývají se špičkami solárních zisků**  
v době, kdy je nadbytek slunečního záření potřebujeme chladit
- **celoroční využití solární energie v budovách**
  - vyšší využitelnost zisků, solárních kolektorů (**vytápění** / **chlazení**)
  - možnost zvýšení plochy kolektorů pro vyšší pokrytí vytápění v zimním období bez problémů s nárůstem stagnace v letním období
- **chladicí a klimatizační jednotky poháněné tepelnou energií**  
výkony < 100 kW komerčně **dostupné** již před 20 lety  
postupně začínají být **dostupné** výkony 5 – 20 kW
- **eliminace letních energetických špiček (black-outs)**  
výroba chladu bez výrazné potřeby elektrické energie, bez produkce emisí





# Absorpční chladicí jednotky

- **absorpční uzavřený cyklus**

roztok/chladivo: LiBr/H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub>

jednostupňové ACHJ: COP = **0,6 až 0,7** při **80 až 100 °C**

dvojstupňové ACHJ: COP = **1,0 až 1,4** při **120 až 170 °C**





# Tepelná čerpadla a primární zdroje tepla

- **tepelné čerpadlo** – chladicí zařízení, které na své primární straně ochlazuje prostředí (země, voda, vzduch,...) a na sekundární straně ohřívá prostředí (otopná voda, vzduch)

- **topný faktor**

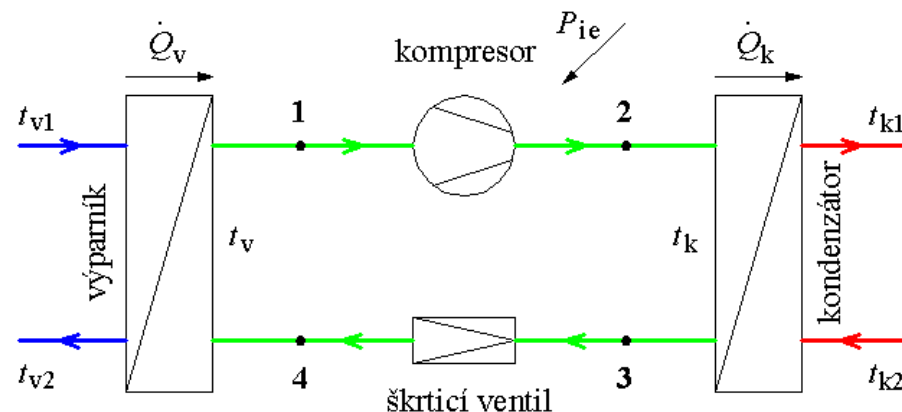
$$\varepsilon_{skut} = \frac{\dot{Q}_k}{P_{TČ}}$$

- **primární zdroje tepla**

*energie okolního prostředí* (sluneční záření, vzduch, srážky, povrchová voda, země)

*geotermální voda* v několika oblastech (KV, Teplice, jižní Morava)

*odpadní energie* z technologických procesů, větrání budov





# Zemní vrty



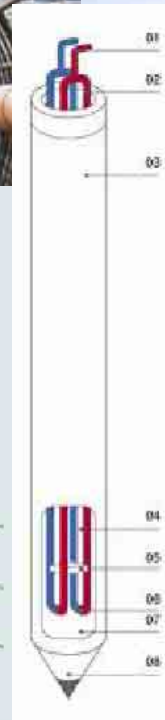
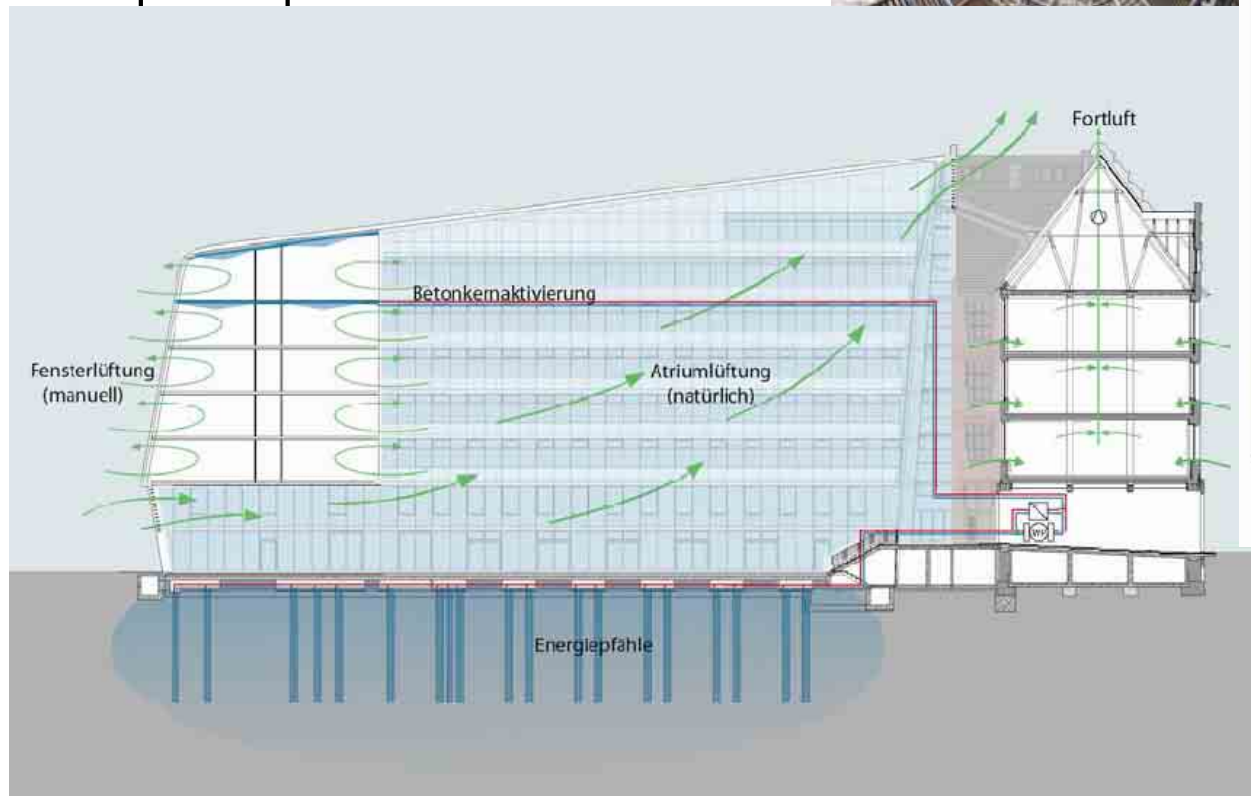
- čerpání tepla ze zemského masivu suchými vrty
- **není náročné na prostor**
- vrtání až do 100 m  
běžně 30 až 70 m
- 1-2 smyčky PE hadic
- teploty primárního okruhu:  
od -4 °C do +4 °C

běžné dimenzování, topný faktor  $\varepsilon = 3$ , průměrné podloží  
pro  $Q_k = 1 \text{ kW} \sim 12 \text{ m}$  vrtu



# Energetické piloty (vytápění, chlazení)

- zemského masivu pro akumulaci
- ukládání tepelné zátěže v létě
- čerpání tepla v zimě





# Zemní podpovrchové kolektory



- čerpání tepla z podpovrchové vrstvy (do 2 m hloubky)
- možnost ovlivnění vegetace
- rozsáhlé výkopové práce
- nutná velká plocha pozemku
- teploty v kolektoru okolo 0°C

běžné dimenzování, topný faktor  $\varepsilon = 3$ , průměrné podloží, rozteč 1 m  
pro  $Q_k = 1 \text{ kW} \sim 25 \text{ m}^2$  pozemku



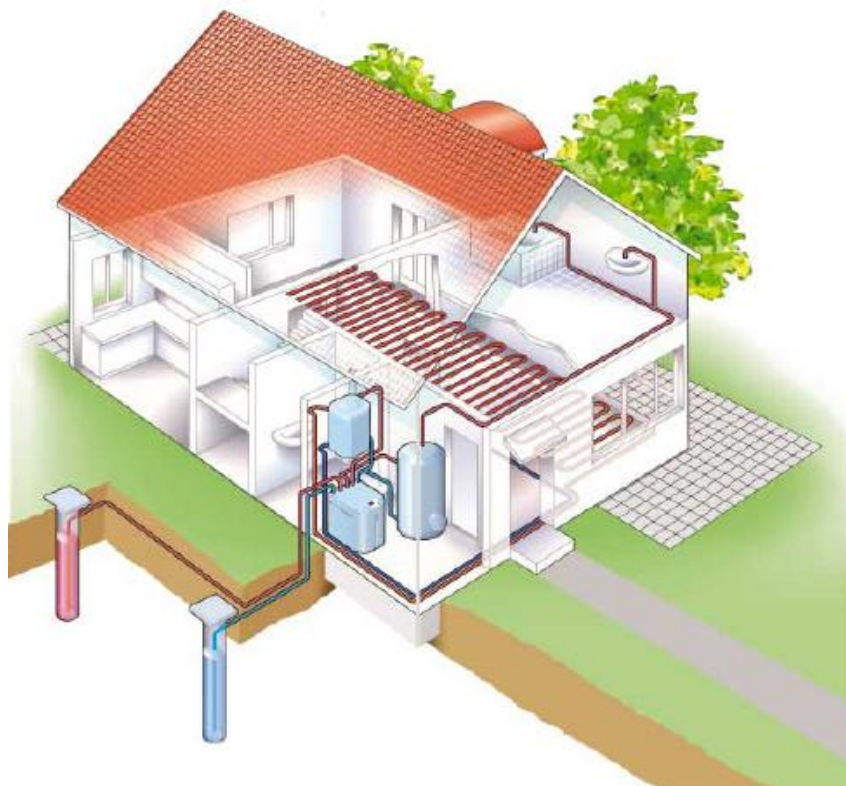
# Voda

---

- **teplá odpadní voda**: čističky odpadních vod, chladicí procesy,  
 **$t = 20$  až  $25$  °C**
- **povrchová voda**: říční toky, rybníky, jezera, nádrže  
 **$t = 0$  až  $18$  °C**, teplota ovlivněna venkovními klimatickými podmínkami
- **podpovrchová voda**: studny, zvodněné vrty  
 **$t = 7$  až  $10$  °C**, tzv. spodní voda, celoročně rovnoměrná teplota
- **hlubinná voda**: vrty, geotermální voda  
 **$t = 10$  až  $13$  °C**, teplotní gradient 3 K/100 m



# Spodní voda



- kvalita vody (test)
- vydatnost čerpací studny (test 28 dní)
- stálá teplota vody okolo 10 °C  
vychlazení max. 4 K
- podléhá povolení  
vodohospodářského úřadu  
(tepelné znečištění)

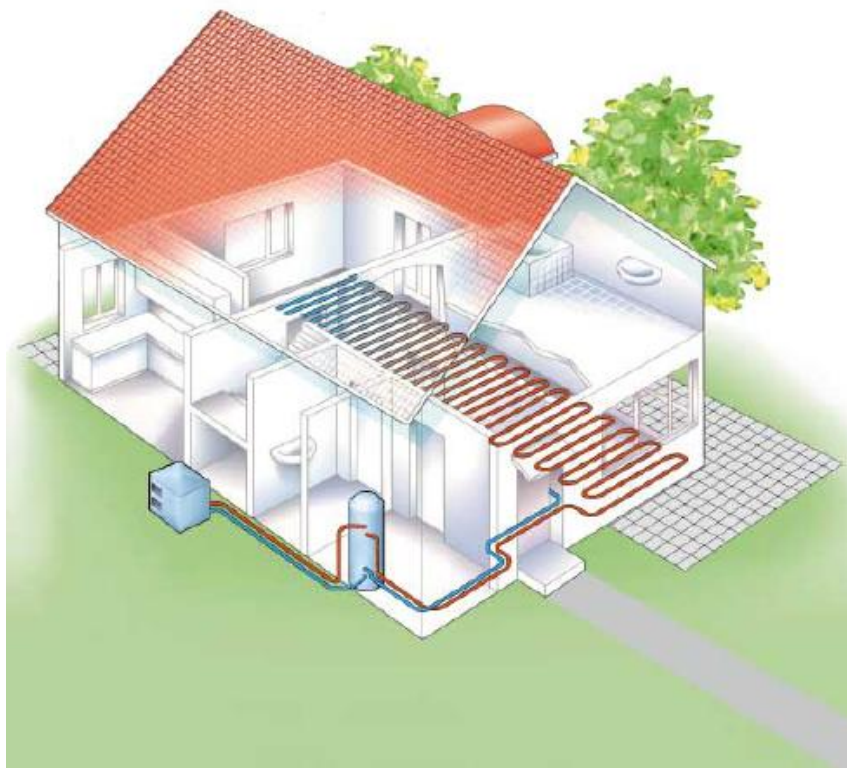
**čerpací** studna (max. 15 m hluboká: příkon čerpadla)

**vsakovací** studna (15 m od sebe)

potřebná vydatnost studně: pro  $Q_k = 1 \text{ kW} \sim 150 \text{ l/h}$  (0,04 kg/s)



# Venkovní vzduch



- využití tepla okolního vzduchu
- topný výkon závislý na vnějších klimatických podmínkách

**zima:** topné faktory  $\varepsilon < 3$

**léto:** topné faktory  $\varepsilon > 4$

- zásadně bivalentní provoz
- odvod kondenzátu
- odtávání námrazy
- hlučnost (velké průtoky)





# Odpadní vzduch

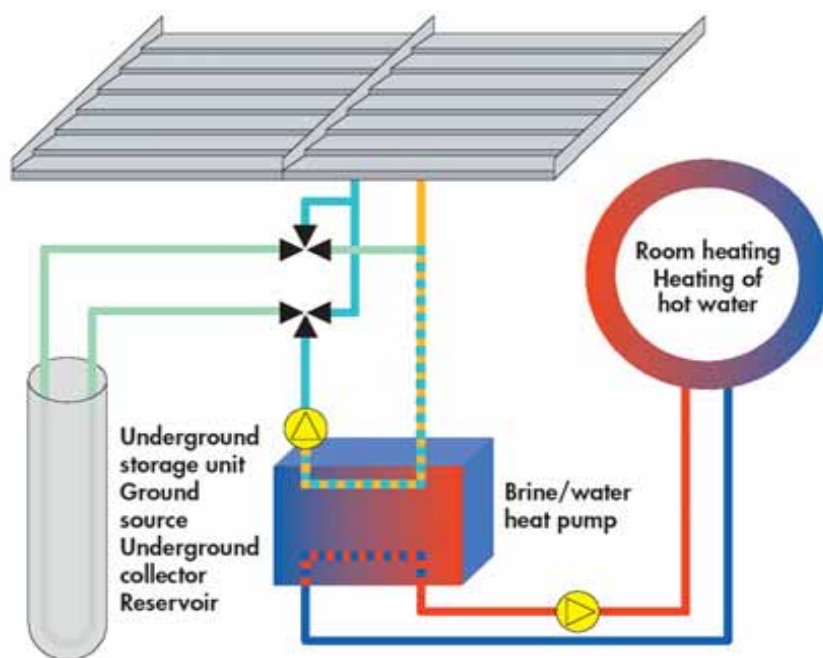


- čerpání tepla z odpadního vzduchu z:  
technologických procesů  
větrání RD  
20-25 °C
- ohřev čerstvého vzduchu
- ohřev vody
- rekuperace tepla přes chladičí cyklus
- topný faktor  $\varepsilon > 4$



# Absorpční stěny – energie prostředí

- energetické stěny, střechy  
využití energie prostředí, vzduch,  
sluneční energie, kondenzace  
vlhkosti





# Biomasa

- **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 provozu

---

- **dostatečný přívod vzduchu** (přebytek vzduchu  $\lambda = 1,7$  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 (kolísání odběru tepla - akumulace tepla)
- teplosměnné plochy **nad rosným bodem** spalin (předehřev vratné vody)
- regulace výkonu přívodem paliva, ne přívodem vzduchu



# Kotle na kusové dřevo

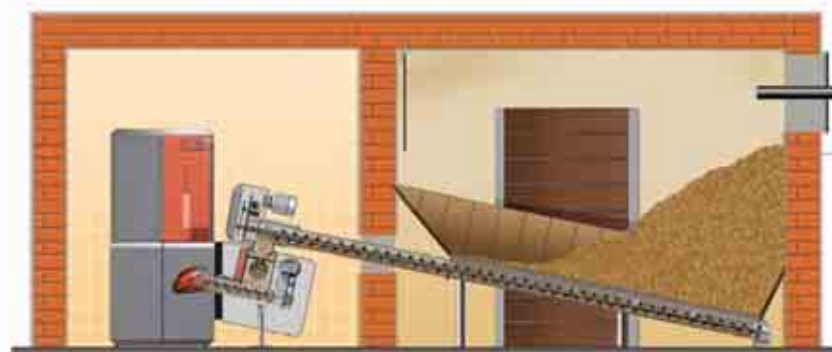
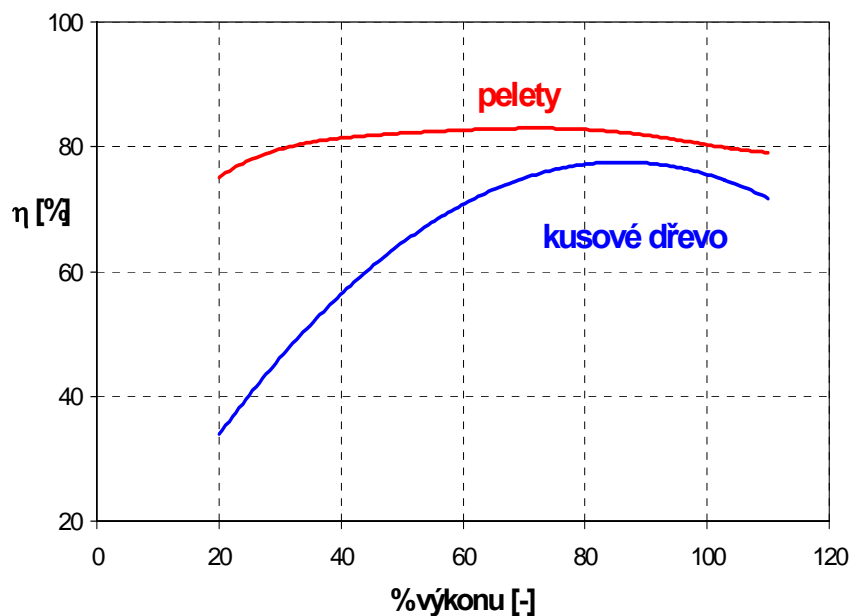
- ruční přikládání, ruční zapalování (rodinné domy)
  - nízká míra komfortu
- snížení výkonu **omezením přívodu spalovacího vzduchu**
  - nedokonalé spalování
  - emise CO
  - snížení účinnosti
  - pokles výkonu max. 50 %
- ochrana proti přehřátí
  - samočinně ovládaná vychlazovací smyčka
  - záložní zdroj el. energie





# Automatické kotle na pelety a štepku

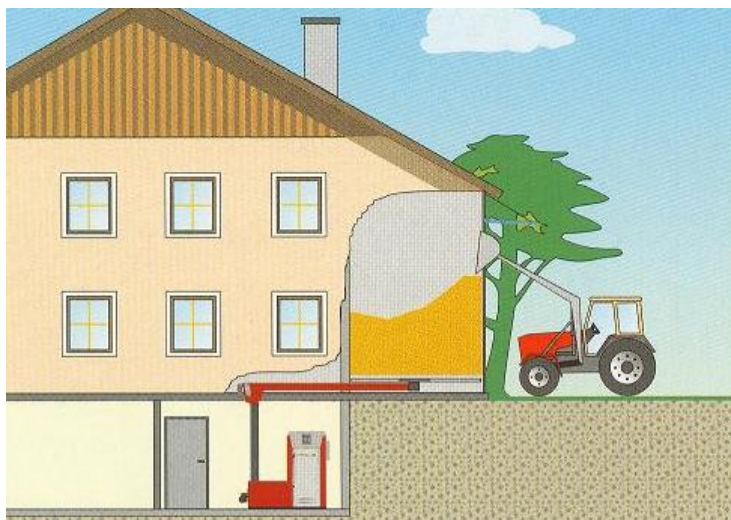
- **automatický start a zapálení paliva**  
komfort plynového kotle
- **snížení výkonu omezením paliva**  
regulace výkonu 20 – 100 %  
vysoká účinnost spalování





# Zásobník paliva

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





# Zásobník paliva

- **zásobníky paliva - velikost**
  - typ biomasy, vlhkost
  - forma biomasy (rovnaná polena, sypaný materiál – štěpka, pelety)
  - spotřeba tepla na vytápění, spotřeba paliva

palivo	rovnaný metr	sypaný metr	rovnaný metr	sypaný metr
	$\text{m}^3\text{r}/\text{kW}$	$\text{m}^3\text{s}/\text{kW}$	$\text{m}^3\text{r}/\text{MWh}$	$\text{m}^3\text{s}/\text{MWh}$
smrk	1,5 - 2,0	2,6 - 3,5	0,8	<b>1,4</b>
buk	1,1 - 1,4	1,8 - 2,4	0,6	<b>1</b>
pelety	-	0,7 - 1,0	-	<b>0,4</b>