



Solární kolektory a solární soustavy pro obytné budovy

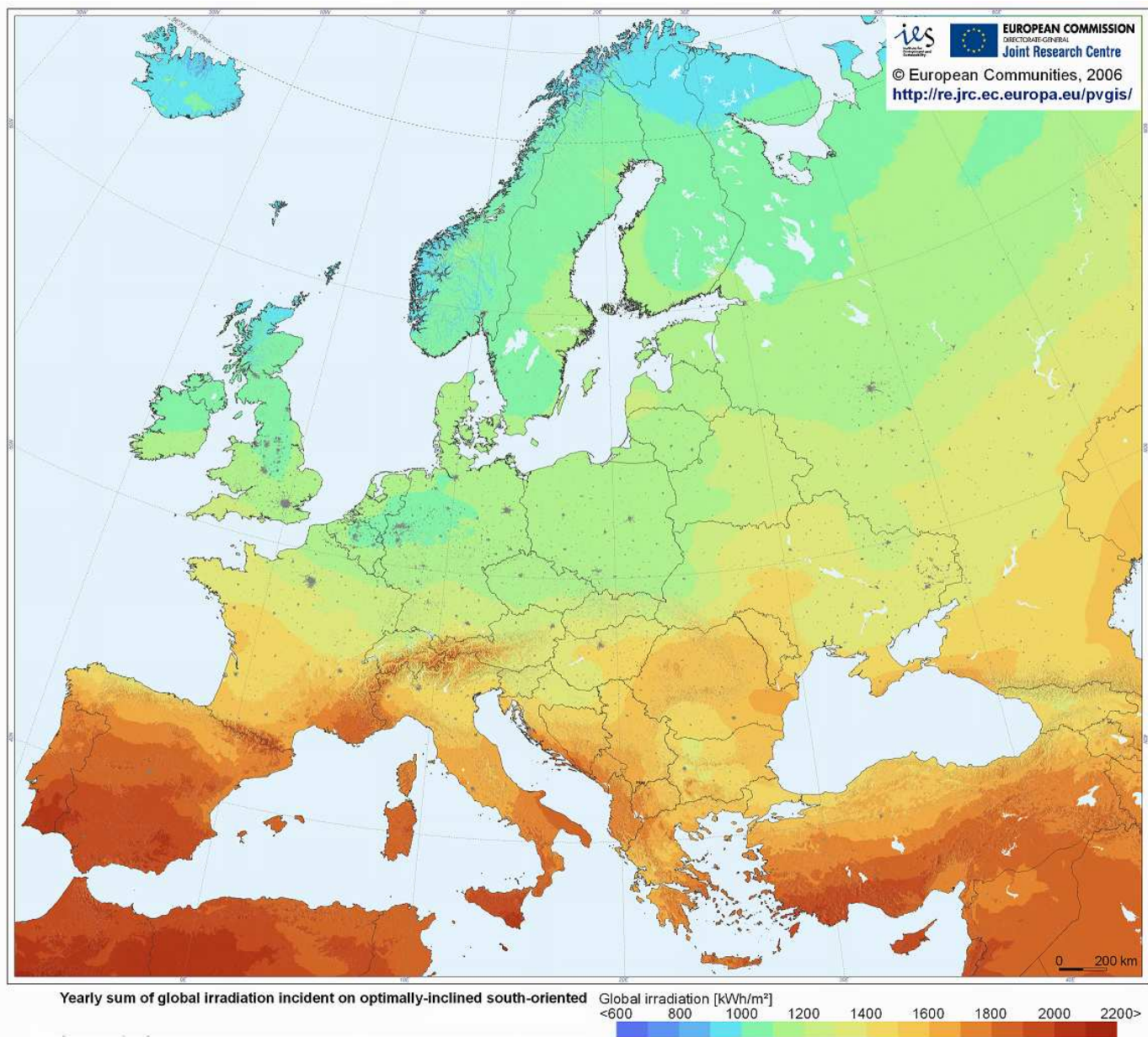
Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze



Sluneční energie v Evropě

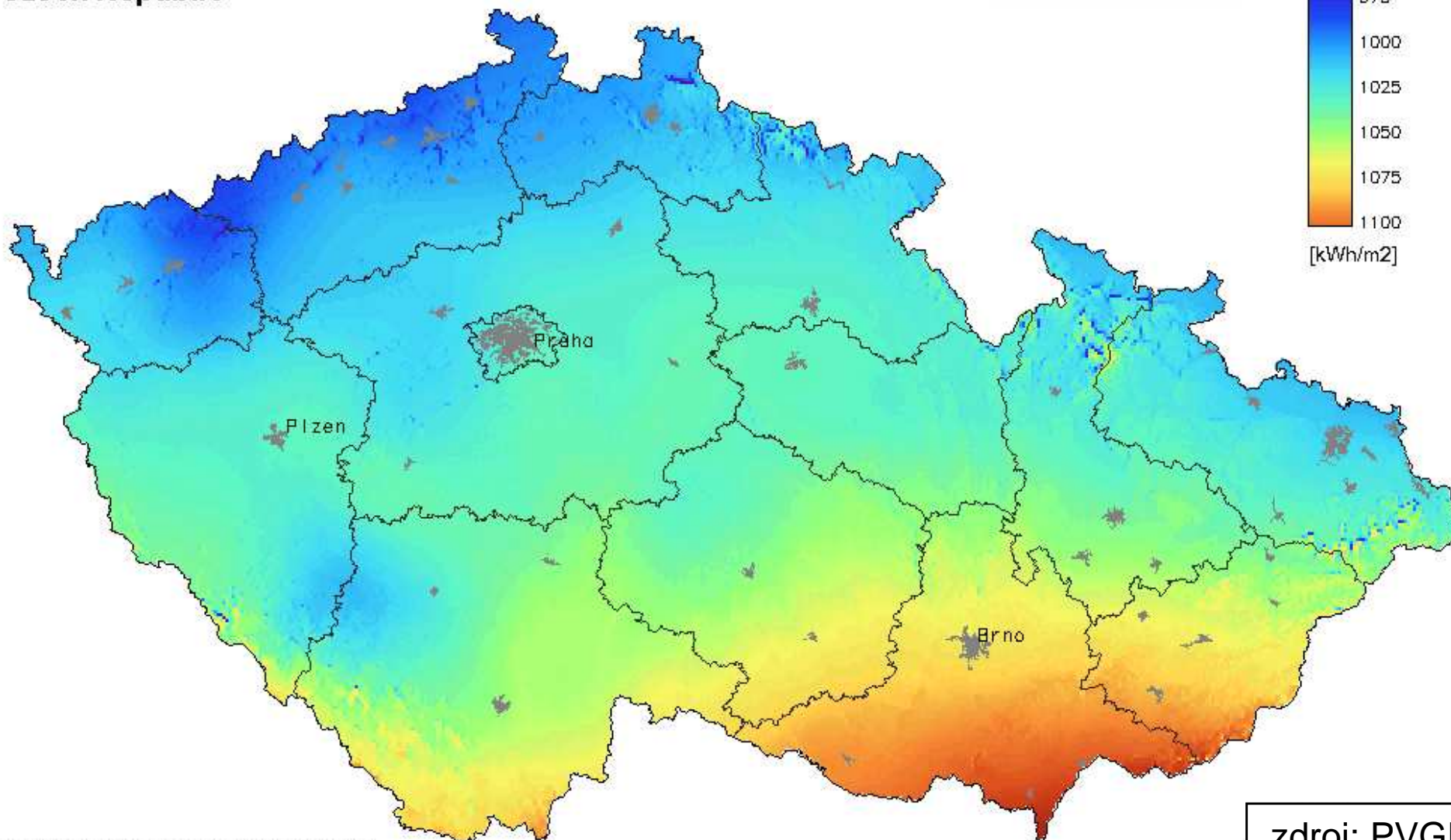


zdroj: PVGIS



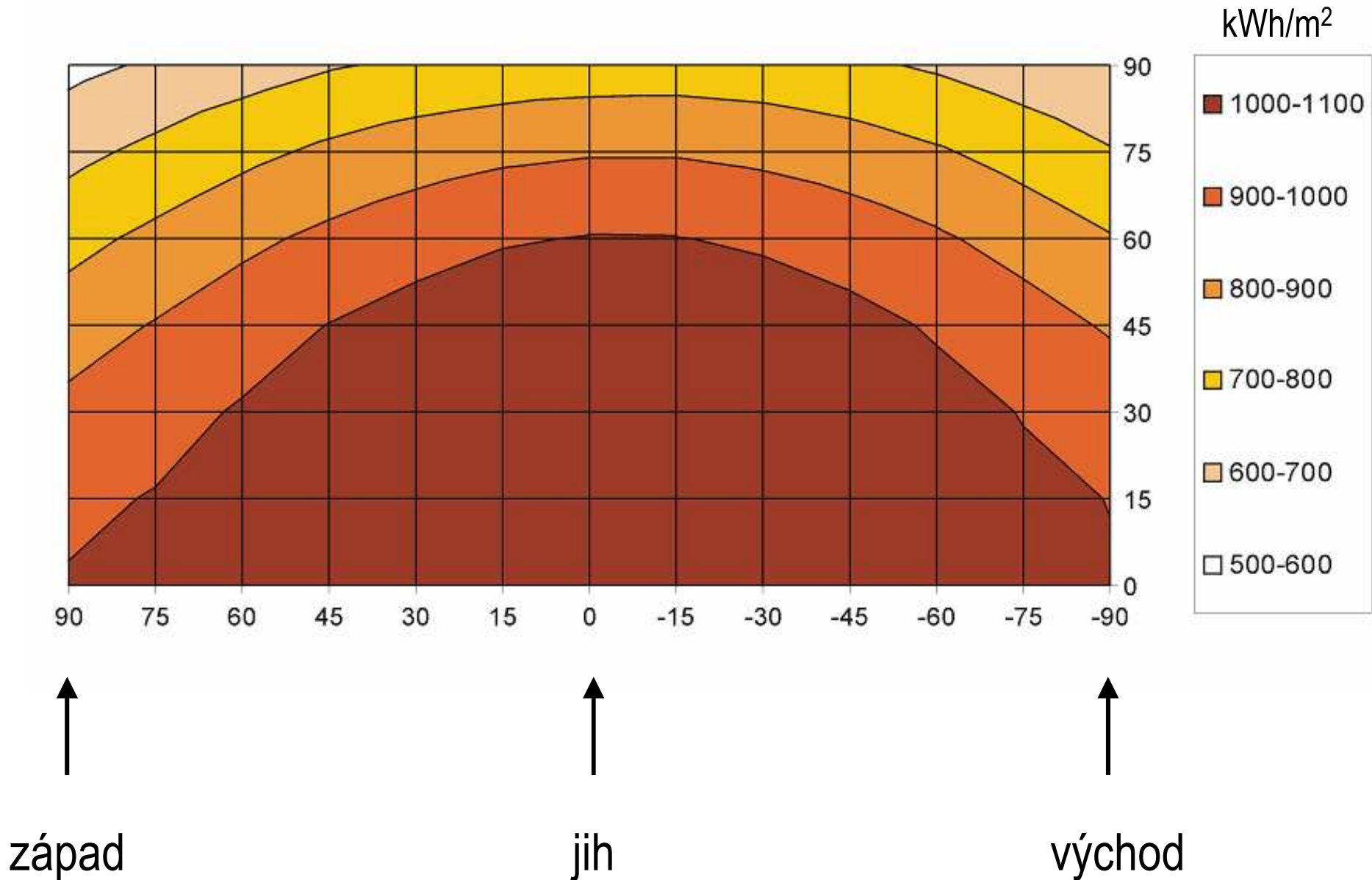
Sluneční energie v České republice

Yearly sum of global irradiation on horizontal surface
Czech Republic



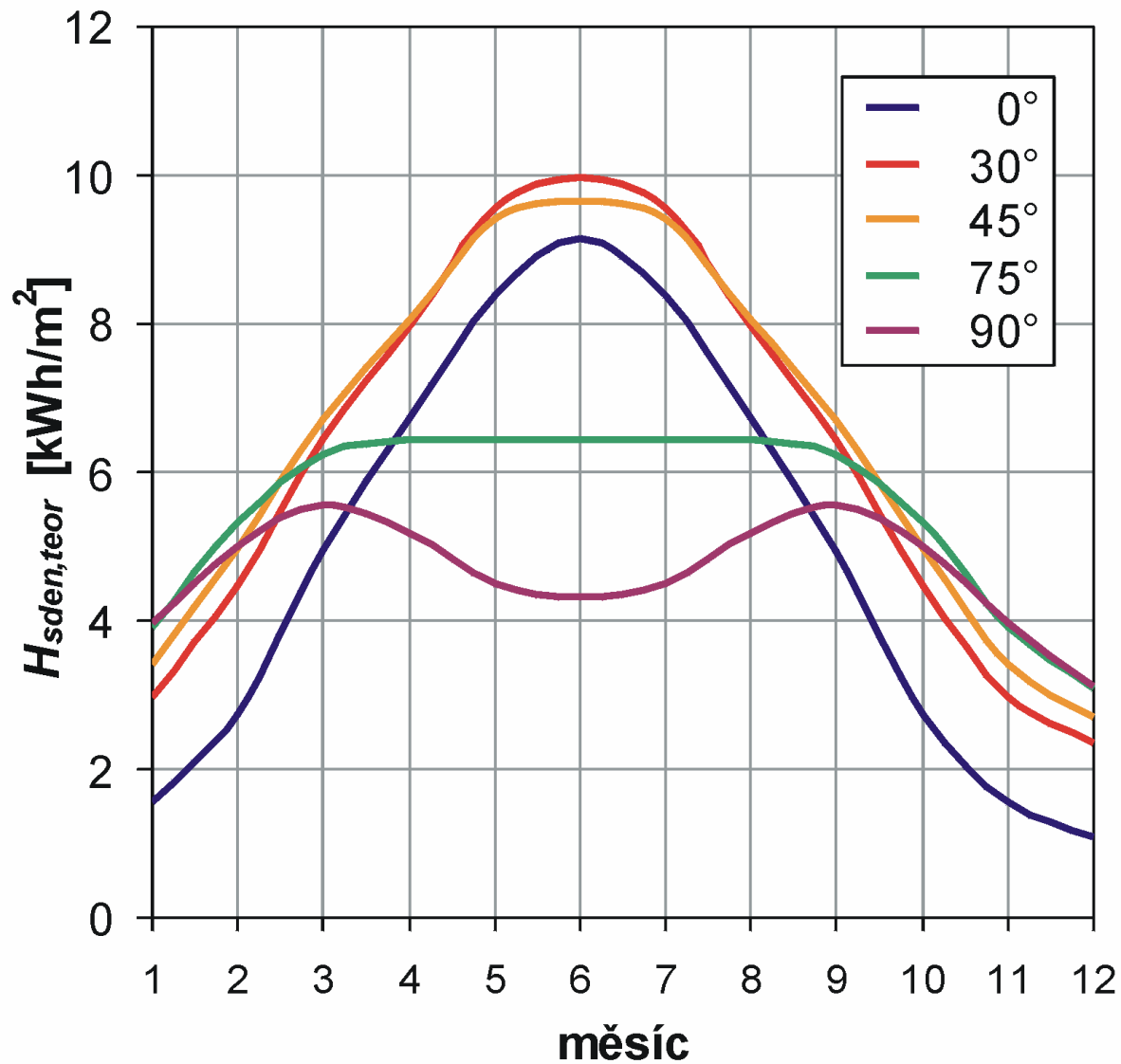


Vliv azimutu a sklonu plochy





Vliv sklonu plochy (azimut jih)



optimální sklon:

- léto 20-30°
- zima 75-90°
- celoročně 35-45°



Solární kapalinové kolektory

ploché deskové kolektory:

- atmosférické
- evakuované (tlak okolo 10 kPa)



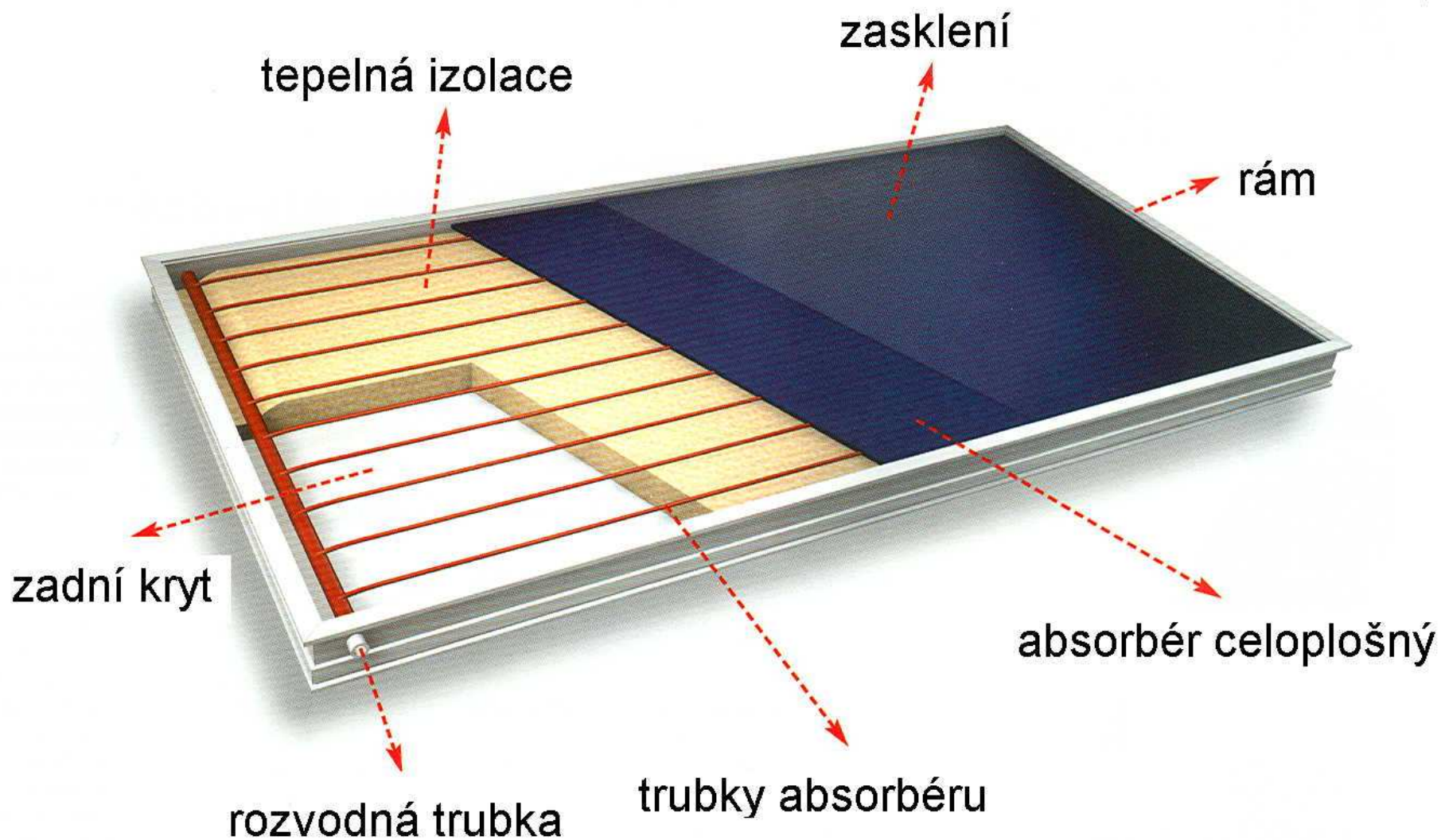
trubkové vakuové kolektory:

- jednotěnná skleněná trubka
- dvojitěnná skleněná trubka





Ploché solární kolektory





Ploché solární kolektory



maloplošné kolektory

plocha cca 2 m²



velkoplošné kolektory

plocha cca 8-12 m²



Ploché solární kolektory

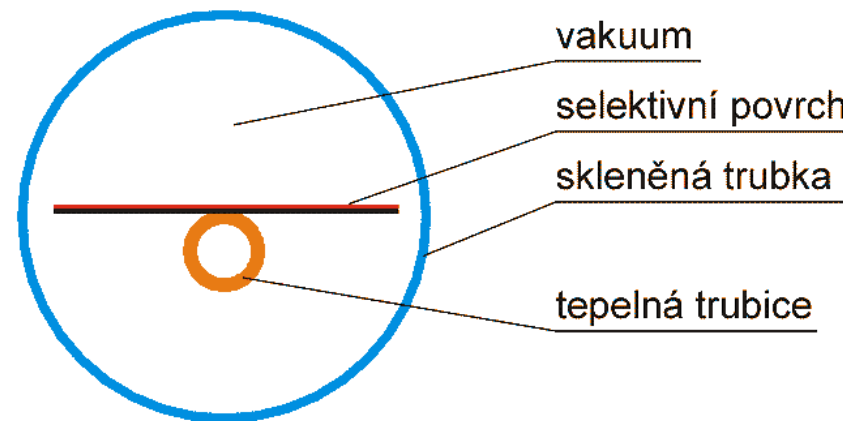
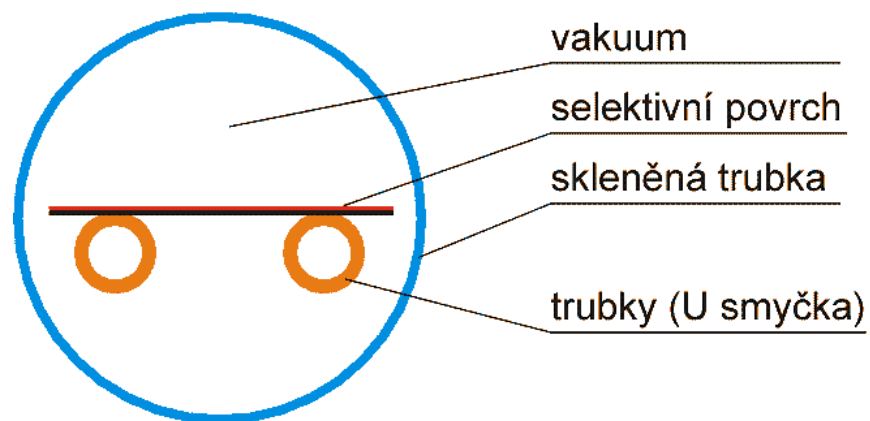
- výhodné z hlediska integrace do obálky budovy



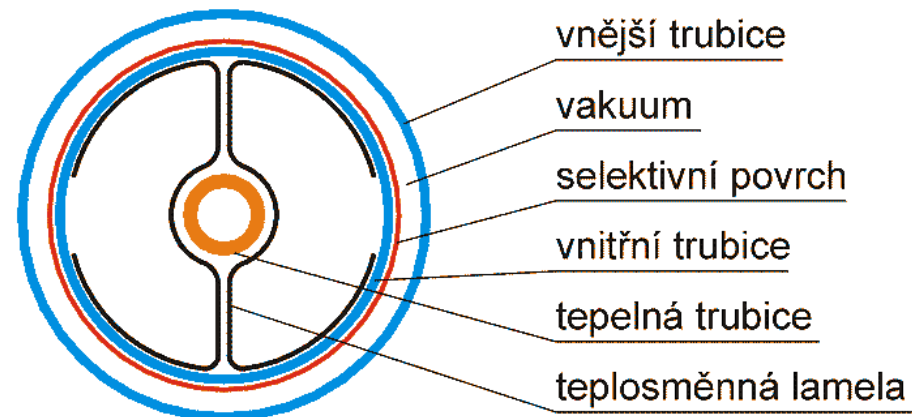
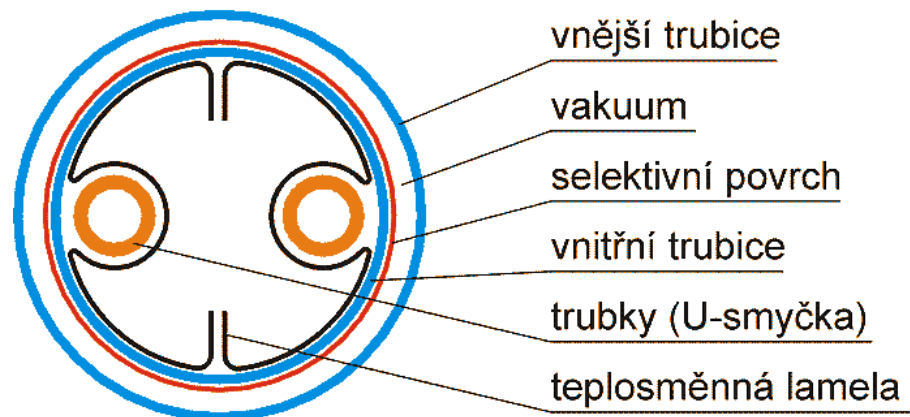


Vakuové trubkové solární kolektory

jednostěnná vakuová trubka (Dornier)

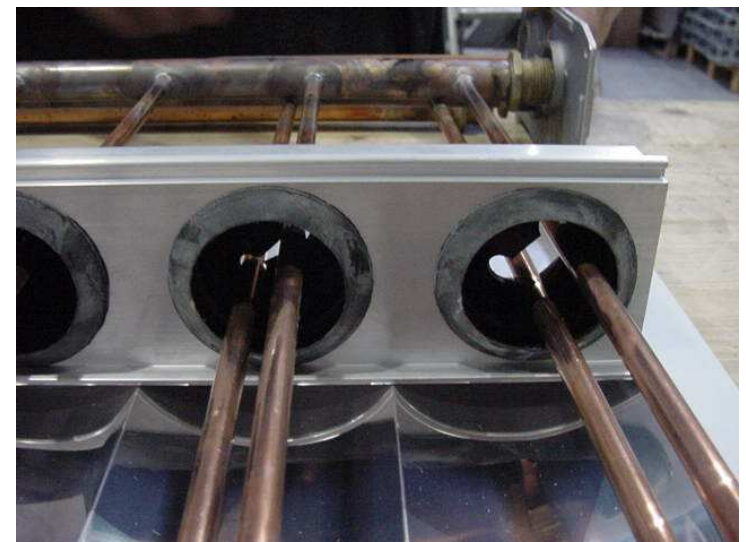
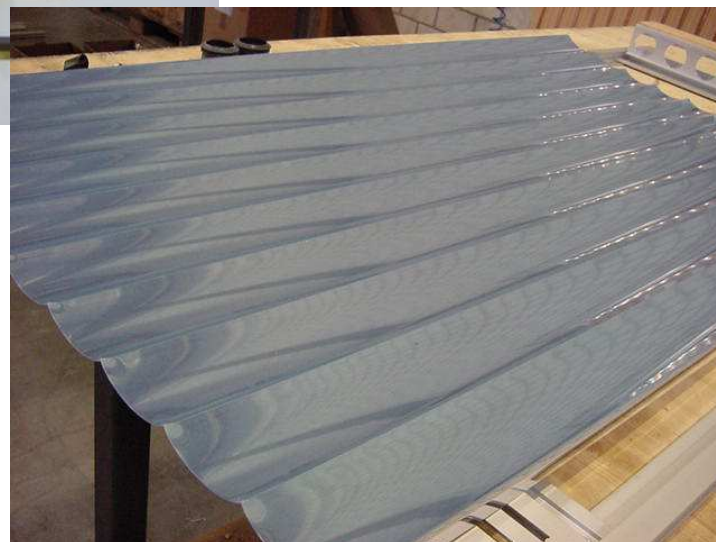


dvojstěnná vakuová trubka (termoska, Sydney)



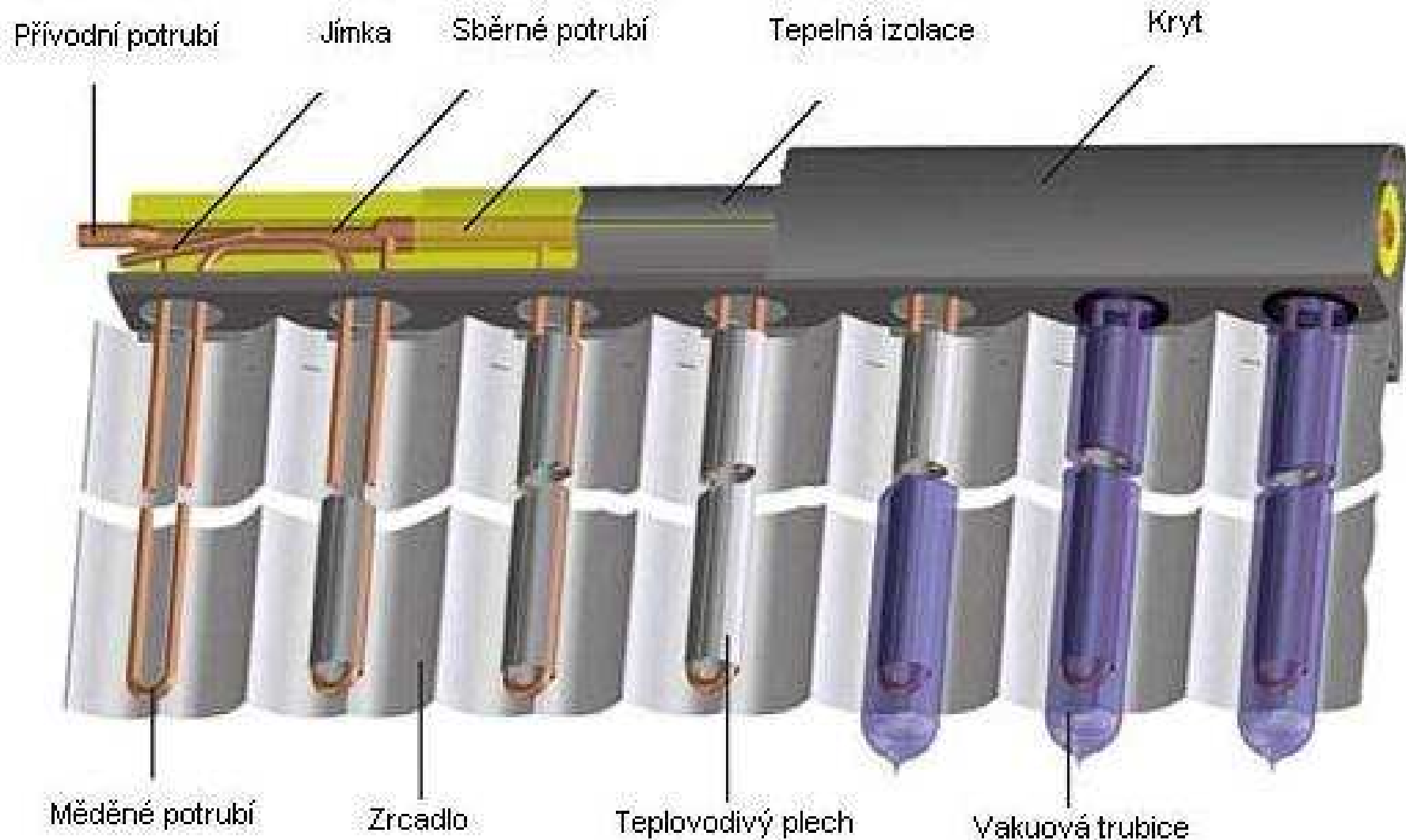


Vakuové trubkové Sydney kolektory





Trubkové s přímým průtokem (PP)



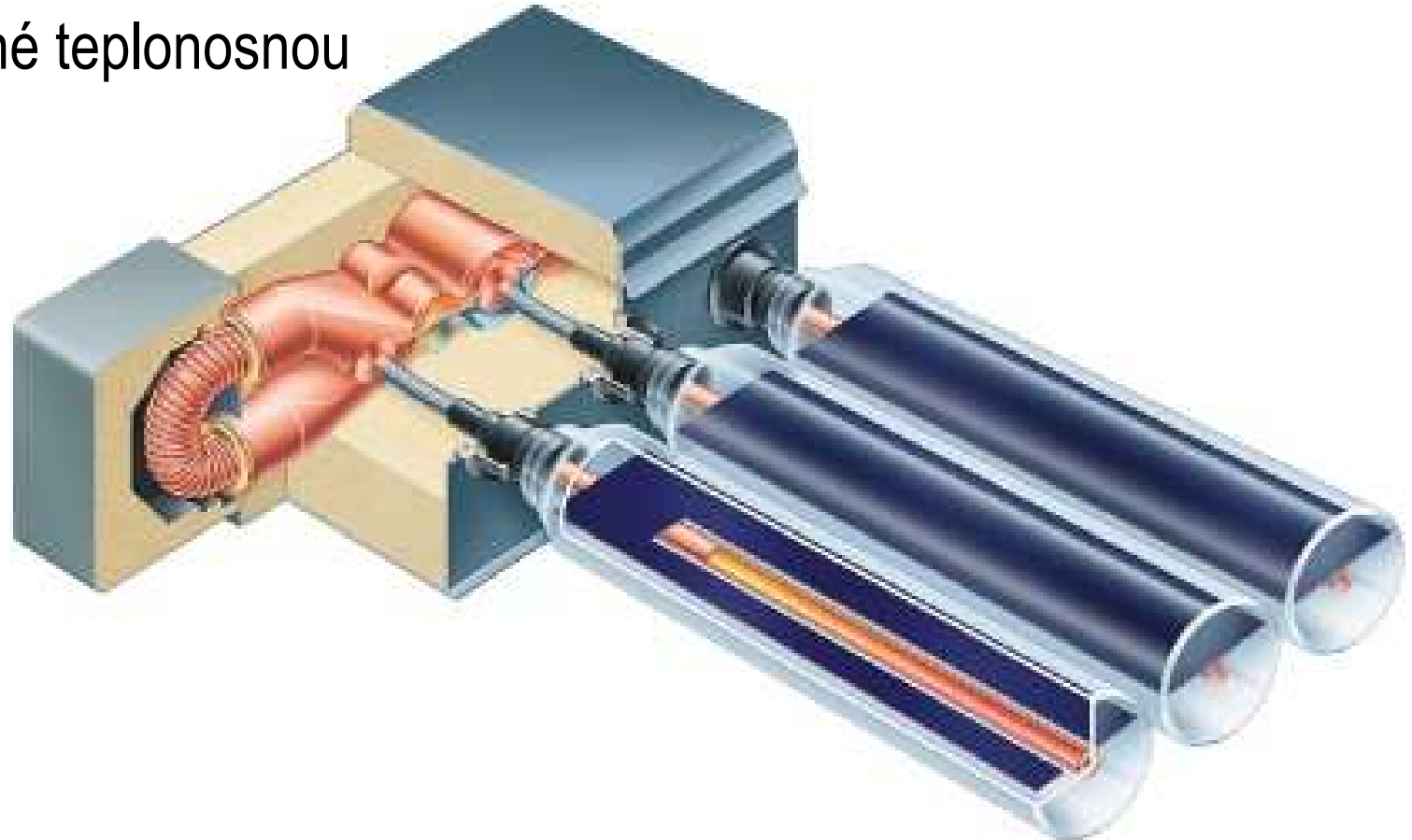


Trubkové s tepelnou trubicí (TT)

suché napojení tepelné trubice

kondenzátor uložen v pouzdru

pouzdro omývané teplotnosnou
látkou





Trubkové s tepelnou trubicí (TT)

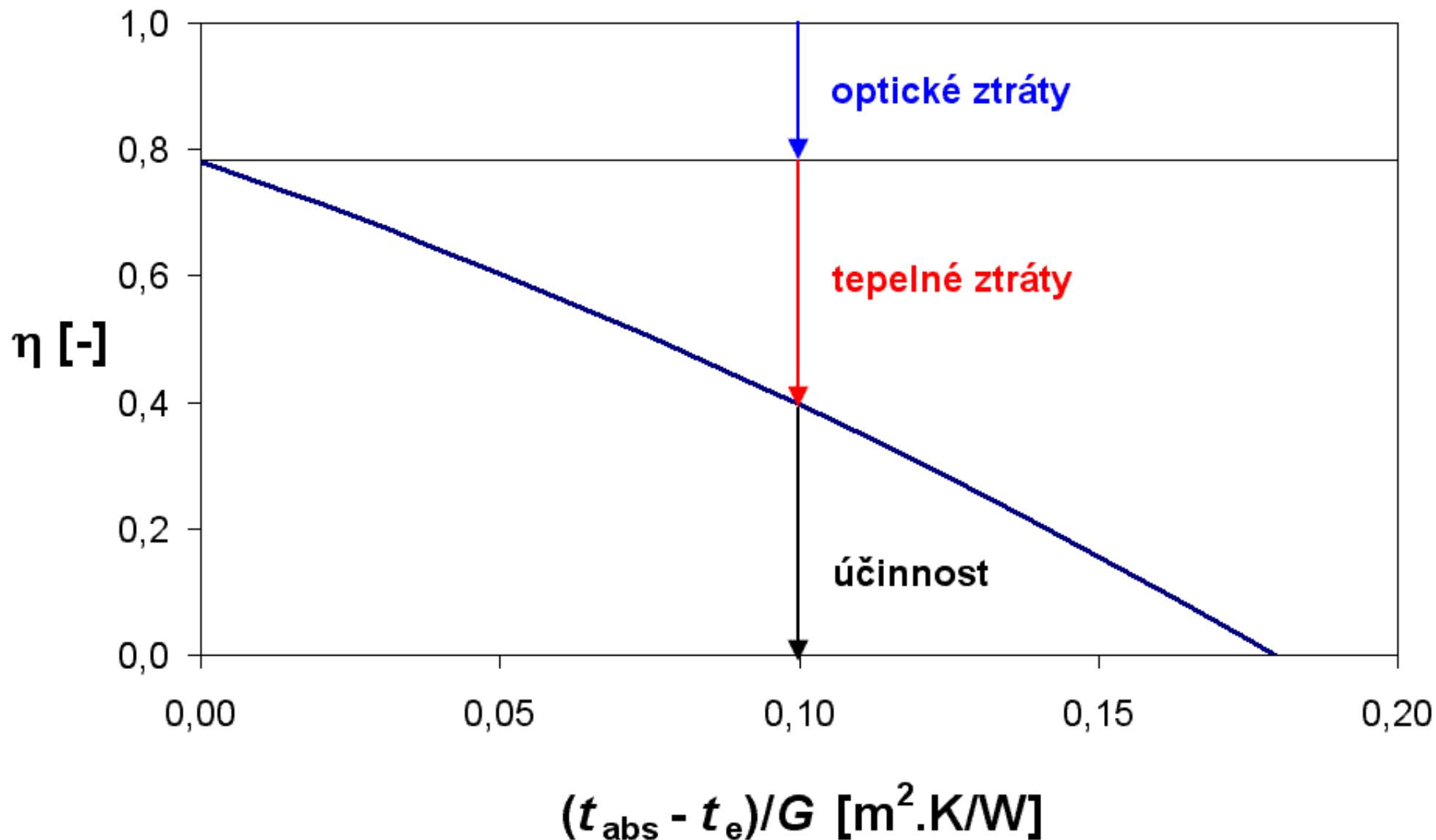
mokrý napojení tepelné trubice

kondenzátor tepelné trubice
přímo omývaný teplotonosnou
látkou





Účinnost solárního kolektoru





Účinnost solárního kolektoru

$$\eta = F' \left[\tau \cdot \alpha - U \cdot \frac{(t_m - t_e)}{G} \right]$$

τ ... propustnost slunečního záření zasklení [-]

α ... pohltivost slunečního záření absorberu [-]

U ... součinitel prostupu tepla kolektoru [W/m².K]

**F' ... účinnostní součinitel kolektoru
závisí na geometrii a tepelných vlastnostech absorberu**

t_m ... střední teplota teplotonosné látky v kolektoru $t_m = (t_{k1} + t_{k2})/2$ [°C]

t_e ... teplota okolí [°C]



Účinnost solárního kolektoru

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \cdot G \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)^2$$

η_0 ... „optická účinnost“, průsečík křivky s osou účinnosti [-]

a_1 ... součinitel tepelné ztráty (lineární) [W/m².K]

a_2 ... součinitel tepelné ztráty (kvadratický) [W/m².K²]

hodnoty η_0 , a_1 , a_2 udává výrobce, dodavatel kolektoru, případně zkušebna
proložení naměřených hodnot (*) parabolickou křivkou

(*) ČSN EN 12975-2:2006 Tepelné solární soustavy a součásti – Solární kolektory – Část 2: Zkušební metody



Účinnost solárního kolektoru

podle EN 12975-2

stanovena pro:

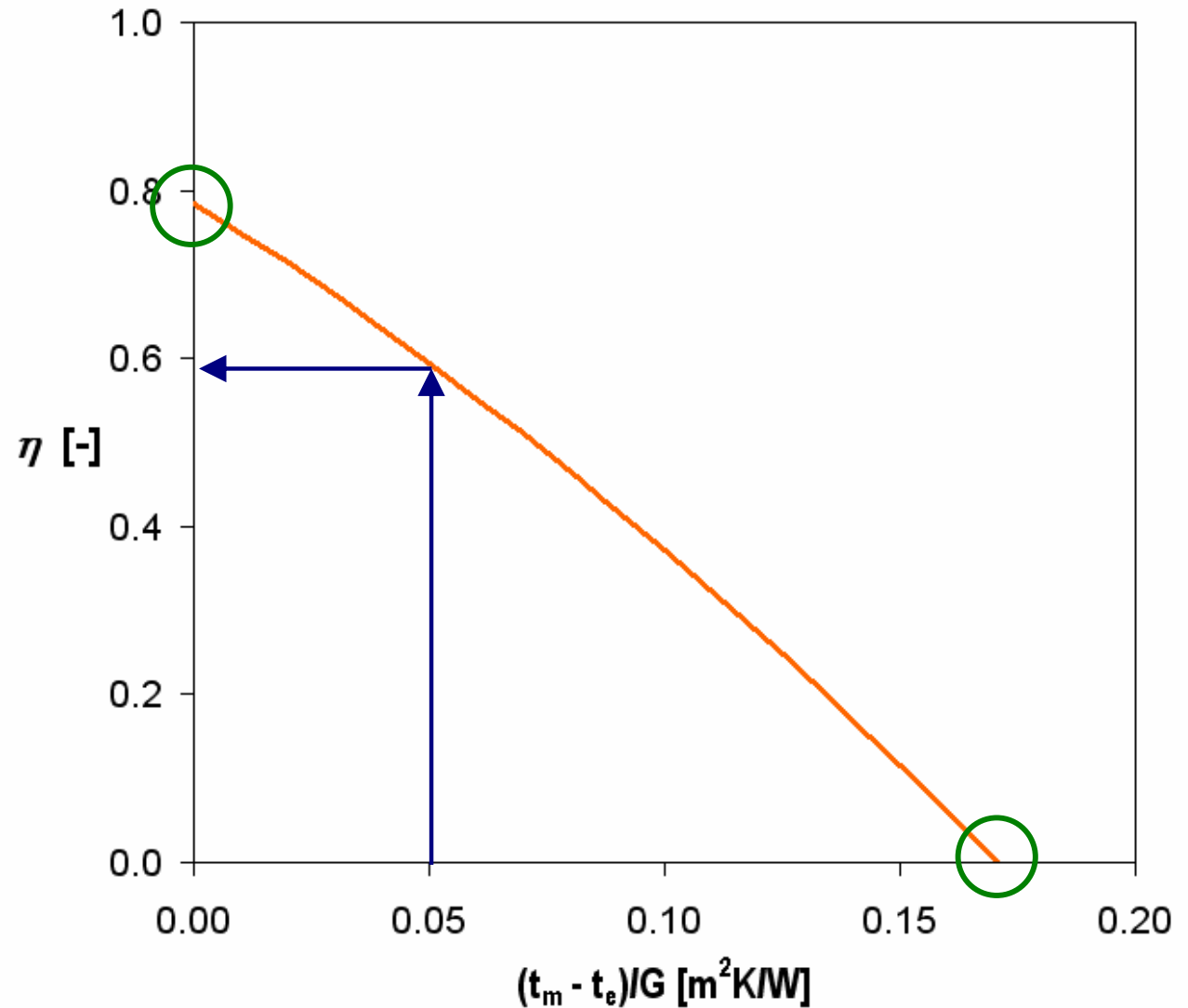
$G > 700 \text{ W/m}^2$

$w > 3 \text{ m/s}$

η_0

$[(t_m - t_e)/G]_{\eta=0}$

$\eta_{0.05}$

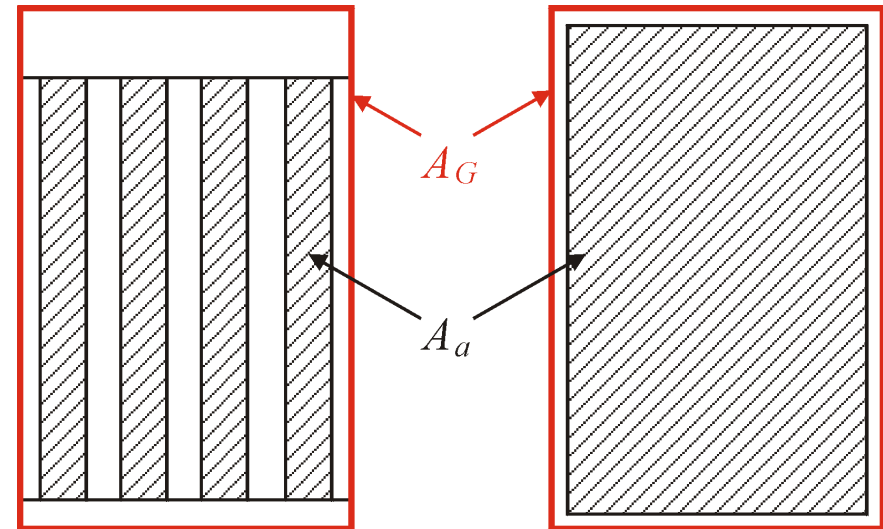




Vztažná plocha solárních kolektorů

Norma pro zkoušení kolektorů (*) vztahuje účinnost kolektoru k:

- ploše apertury A_a
- ploše absorbéru A_A
- ~~ploše obrysové (hrubé) A_G~~

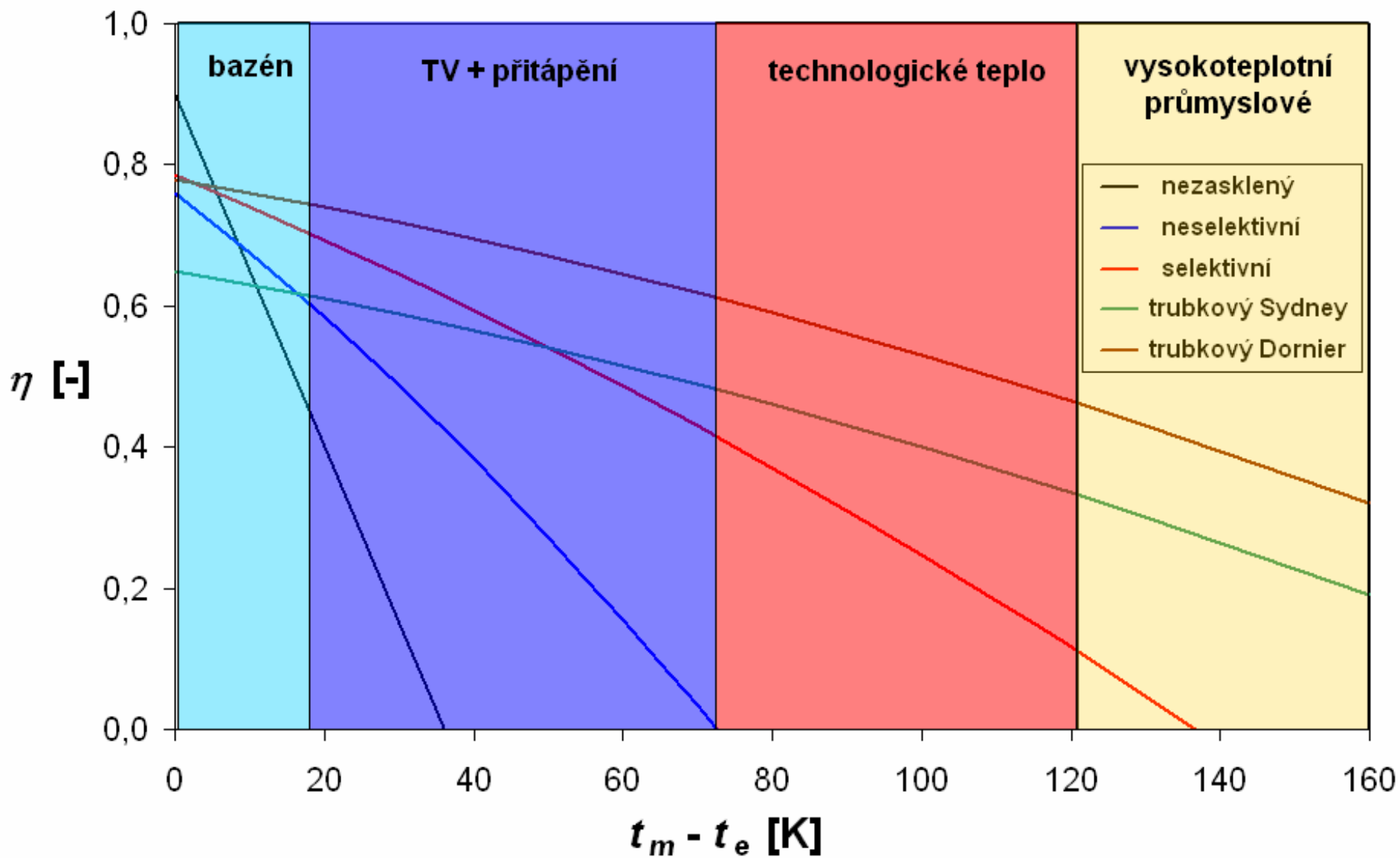


- vhodné: z hlediska porovnání vlastností kolektoru, konstrukce, provedení
- nevhodné: z hlediska rozhodování o potenciálu kolektoru pro danou aplikaci nebo pro porovnání kolektorů s různými **účinnými** plochami (trubkové x ploché)

(*) ČSN EN 12975-2:2006 Tepelné solární soustavy a součásti – Solární kolektory – Část 2: Zkušební metody



Solární kolektory - aplikace





Solární soustavy

Typy aplikací:

- **příprava teplé vody**
- **příprava teplé vody a vytápění**
- ohřev bazénové vody
- průmyslové aplikace (technologické teplo)
- solární chlazení a klimatizace
- sezónní akumulace tepla



Solární soustavy – základní parametry

- **využitelné** energetické zisky solárních kolektorů $Q_{k,u}$ [kWh/r]
- roční měrné využitelné solární zisky $q_{k,u}$ [kWh/m²r]

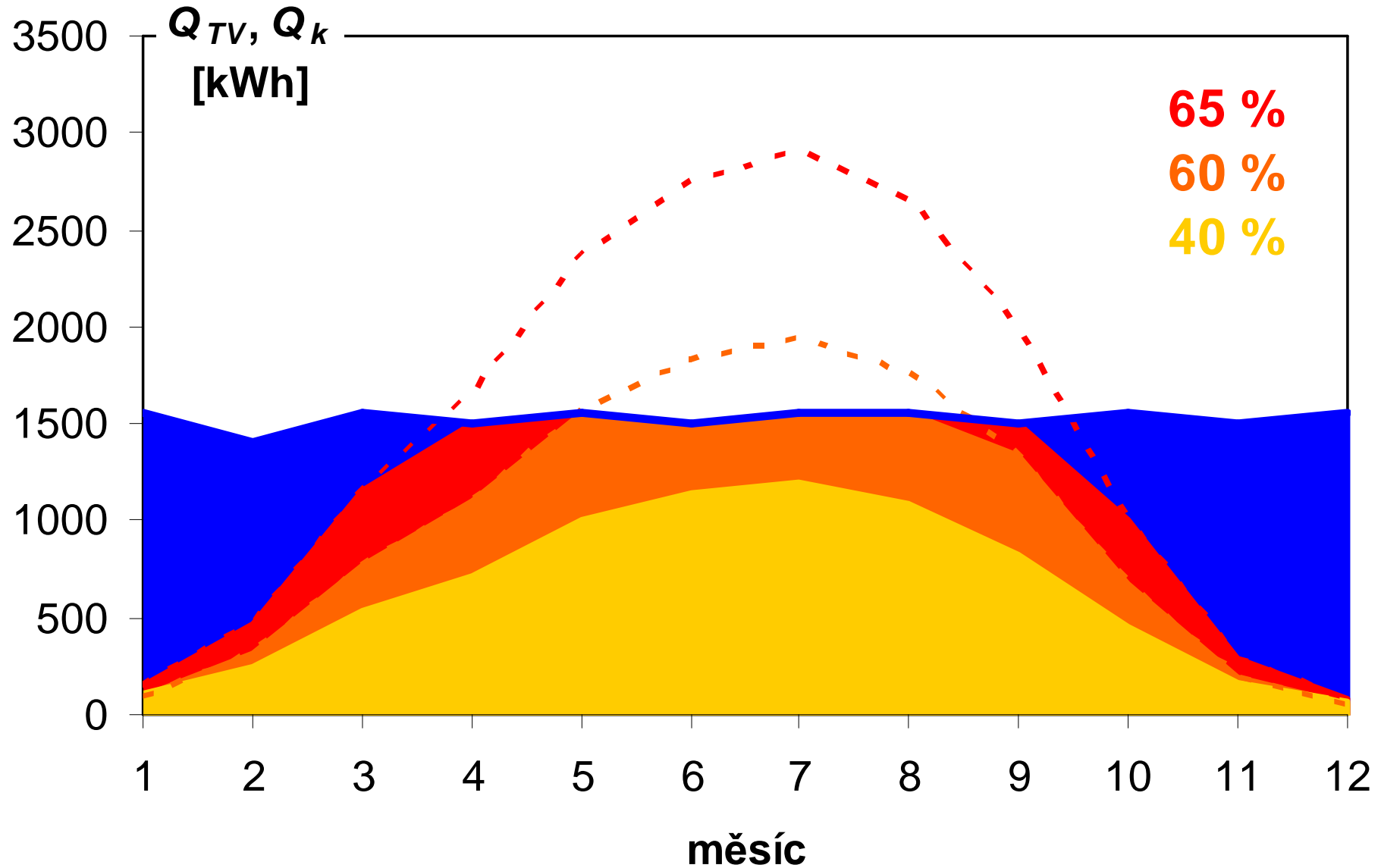
$$q_{k,u} = \frac{Q_{k,u}}{A_k}$$

- solární podíl f [%] = procentní **pokrytí potřeby** tepla Q_p

$$f = \frac{Q_{k,u}}{Q_p} = 1 - \frac{Q_d}{Q_p}$$

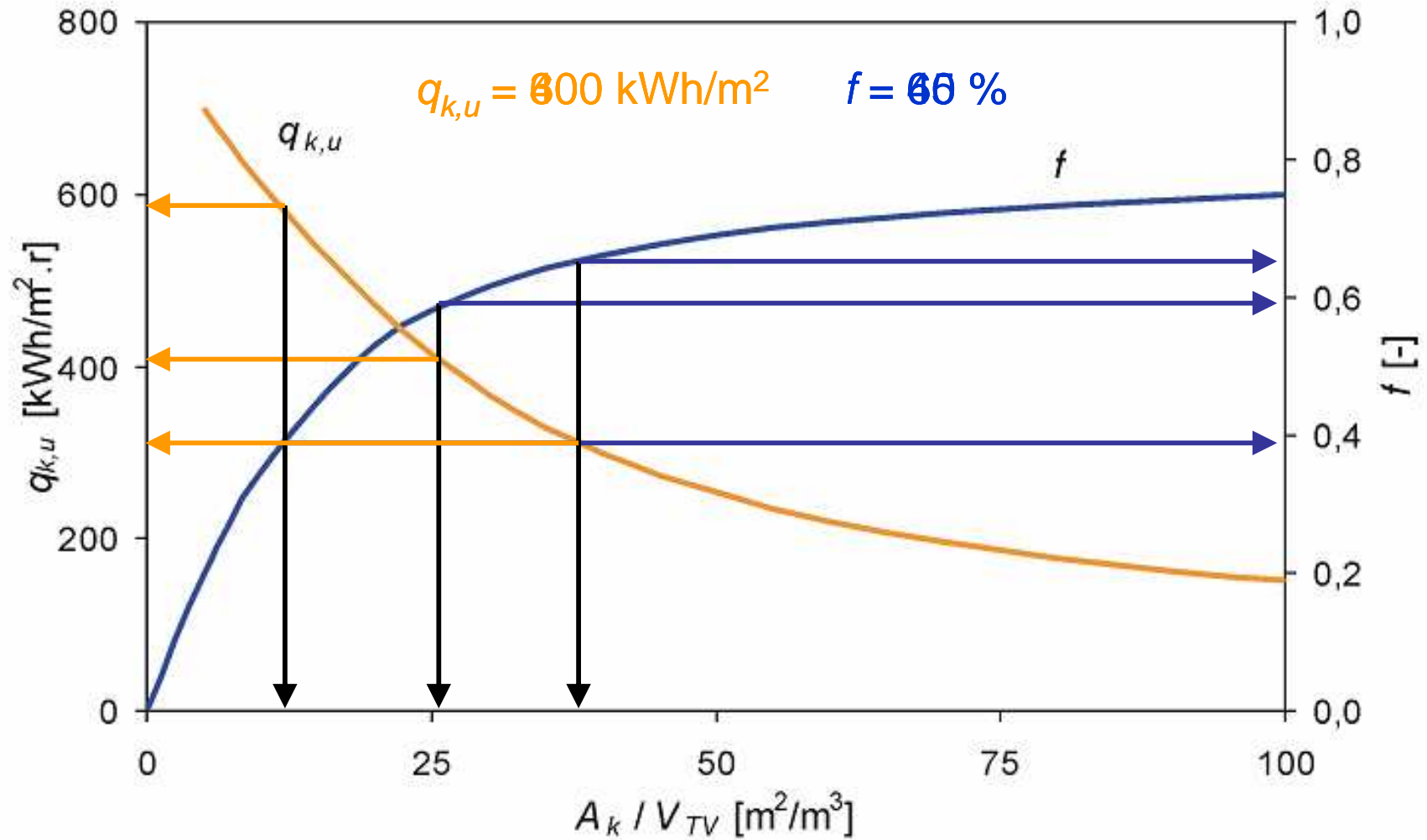


Využitelné a nevyužitelné zisky





Vzájemná souvislost f a $q_{k,u}$



s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky z kolektorů



Příprava teplé vody

- **zásadně:** úsporná opatření provést před návrhem solární soustavy
 - úsporné výtokové armatury
 - individuální měření spotřeby teplé vody
 - omezení tepelných ztrát rozvodů TV a CV (délka, izolace)
 - omezení běhu cirkulace teplé vody na nezbytné minimum časové spínání, spínání podle teploty
- **návrh:** vycházet ze skutečné spotřeby teplé vody
 - dlouhodobé měření tepla na přípravu TV (stávající budovy)
 - směrné hodnoty z literatury: průměr 40 l/os.den

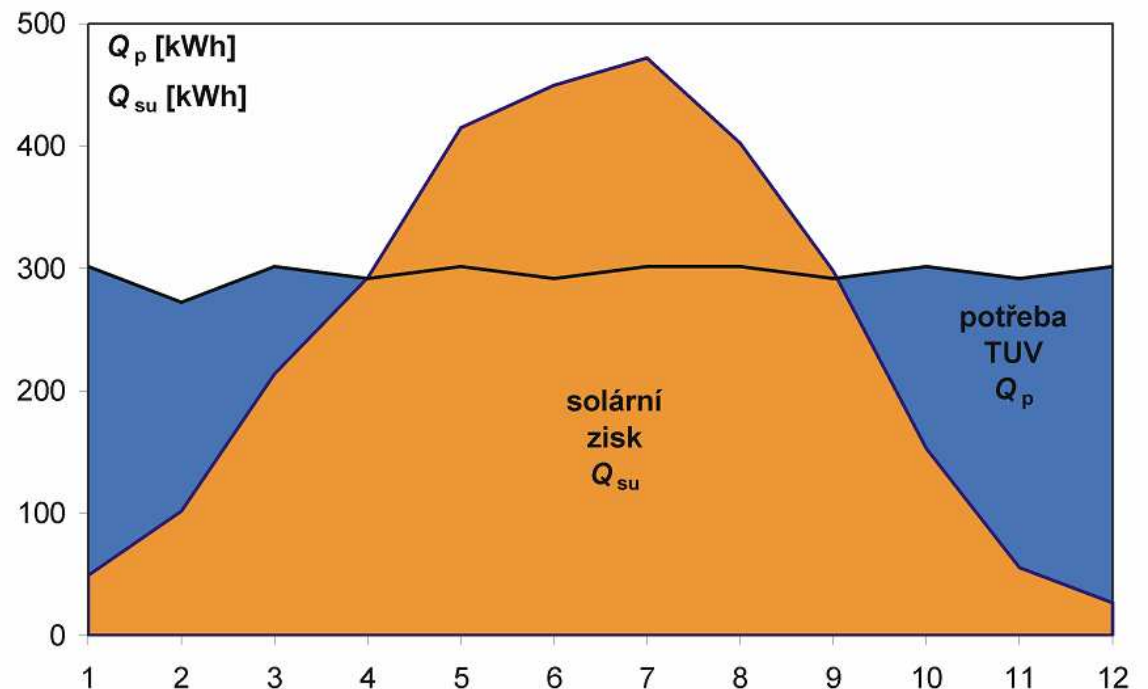


Solární soustavy pro přípravu TV

- rozšířené v aplikacích pro rodinné domy
 - (3 až 6 m²; 250 až 400 l), solární podíl 50 až 70 %
- aplikace pro bytové domy
 - (50 až 200 m²; 3 až 20 m³), solární podíl 20 až 50 %

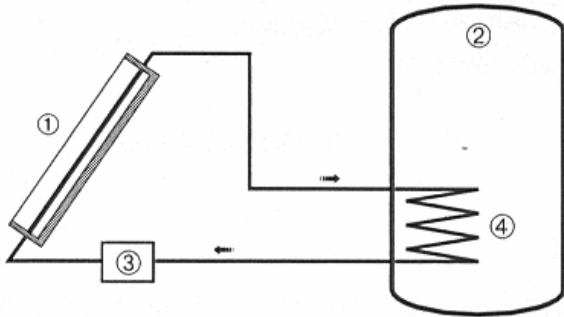
- solární zisky

400 až 600 kWh/m².r

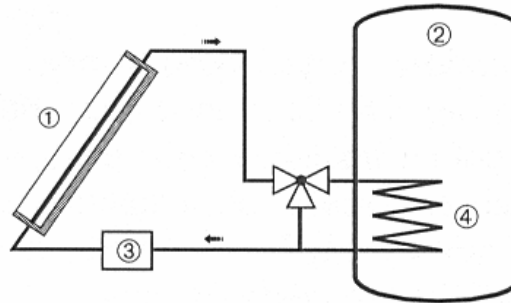




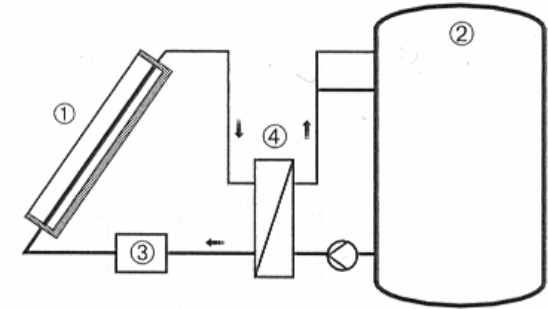
Solární soustavy pro přípravu TV (RD)



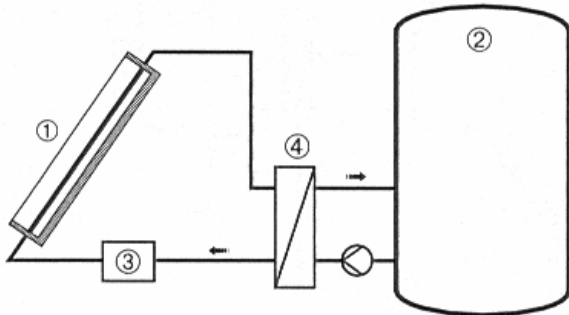
„standardní provedení“ (viz obr. 3.1) – vnitřní tepelný výměník



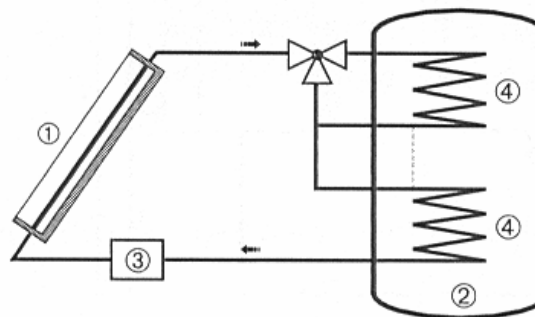
„standardní provedení“ s bypasem pro předehřátí solárního okruhu pro větší soustavy



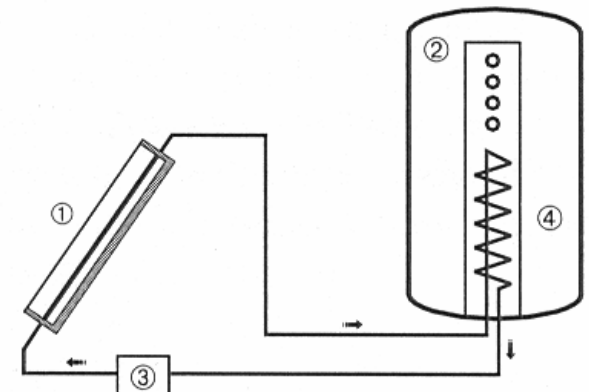
nabíjení ve vrstvách přes venkovní tepelný výměník



venkovní tepelný výměník pro větší soustavy



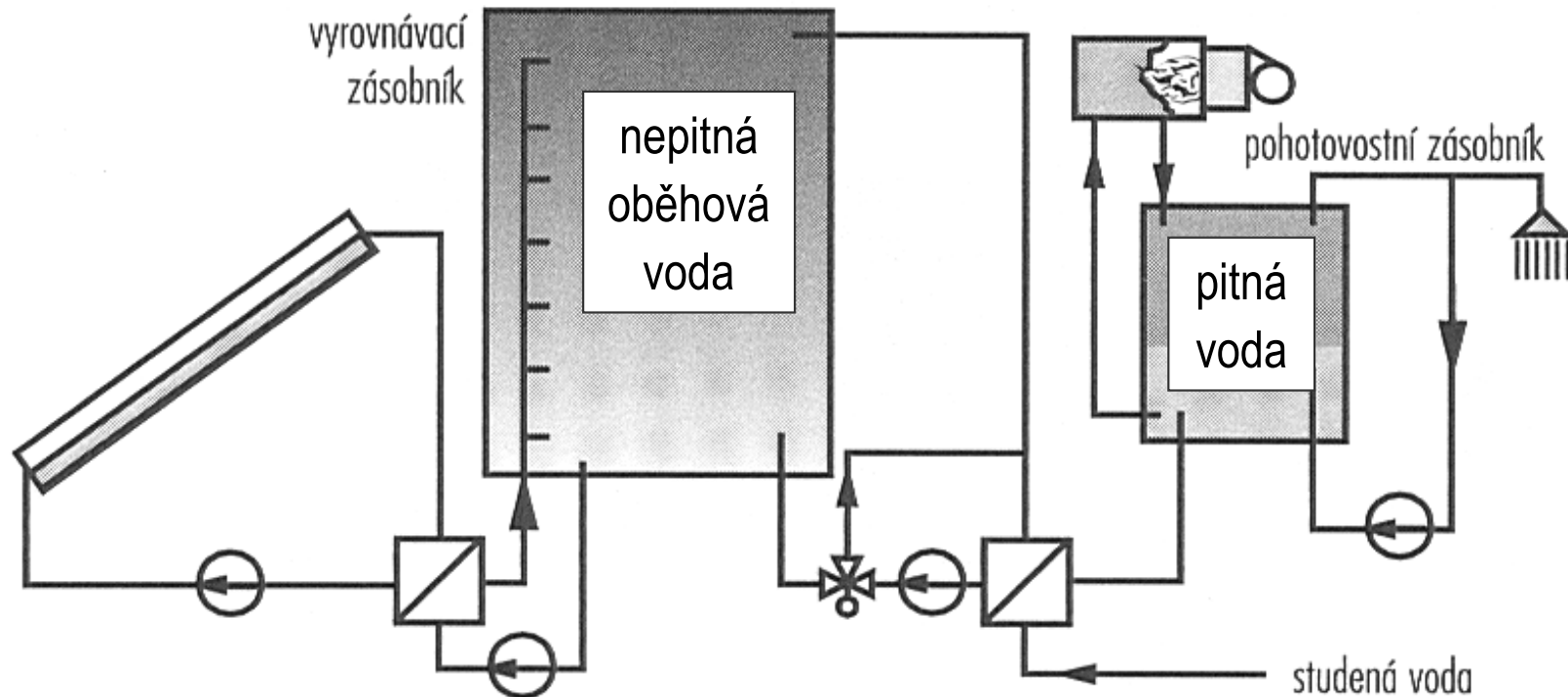
nabíjení ve vrstvách přes vnitřní tepelný výměník v různých výškách zásobníku



nabíjení ve vrstvách přes vnitřní tepelný výměník se samotížným efektem



Solární soustavy pro přípravu TV (BD)



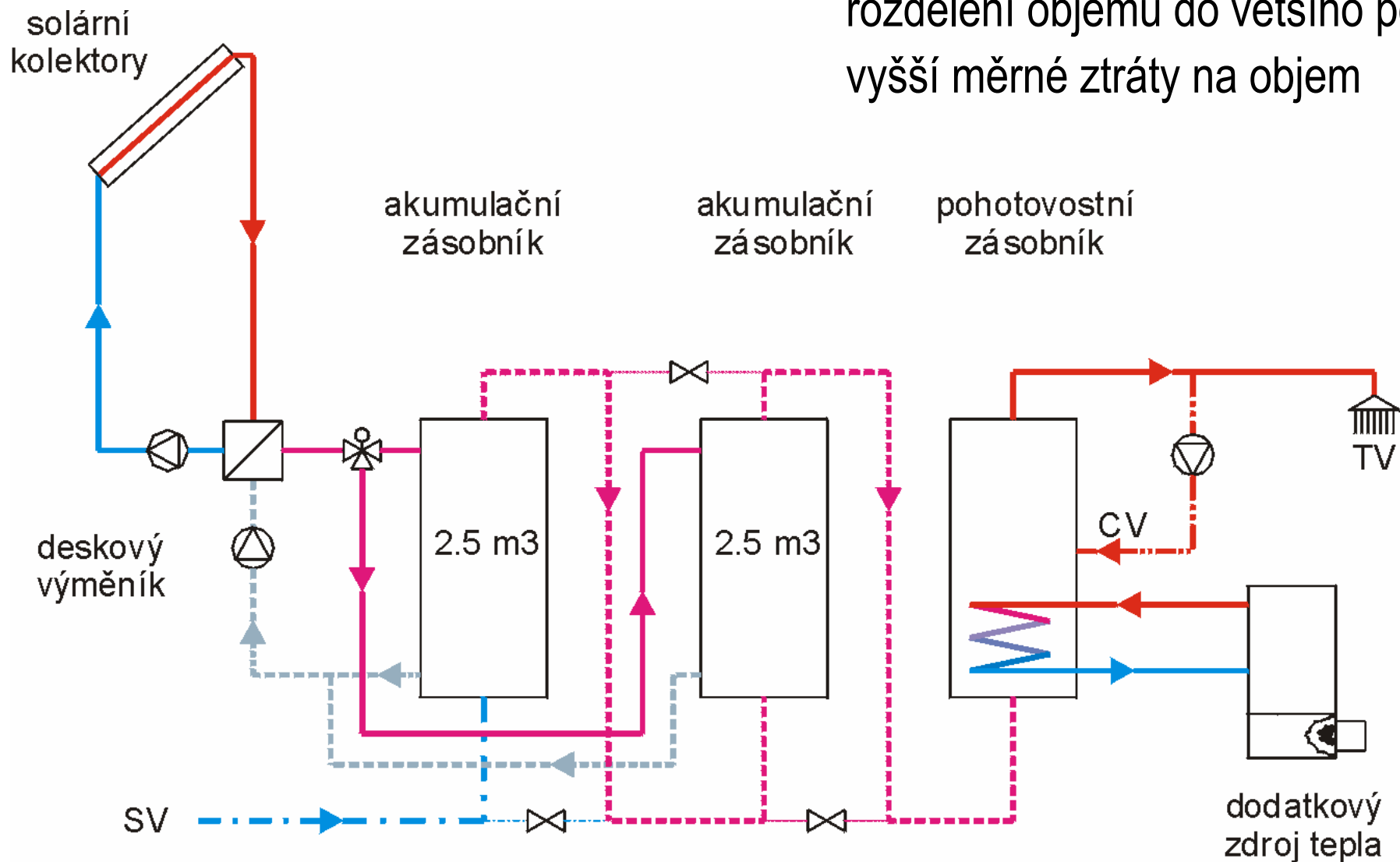
netlakové zásobníky – výroba na místě (**rekonstrukce**)

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





Příprava TV a vytápění

- **kombinované** soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění
 - snížení spotřeby tepla na přípravu TV
 - snížení spotřeby tepla na vytápění:
nízkoenergetické a energeticky pasivní domy
 - nízkoteplotní otopné plochy (teplotní spád 45/35 °C):
podlahové a stěnové vytápění, teplovzdušné vytápění
 - vhodná návaznost na ostatní zdroje tepla a technologie v budově včetně regulace
 - možnost využití letních přebytků tepla z kolektorů
 - vhodná orientace a sklon (70 - 90°)



Kombinované solární soustavy (TV+VYT)

- rozšířené v aplikacích pro rodinné domy

- (8 až 20 m²; 600 až 2 000 l)

- solární podíl: standardní domy 10 až 20 %
 nízkoenergetické, pasivní domy 20 až 40 %

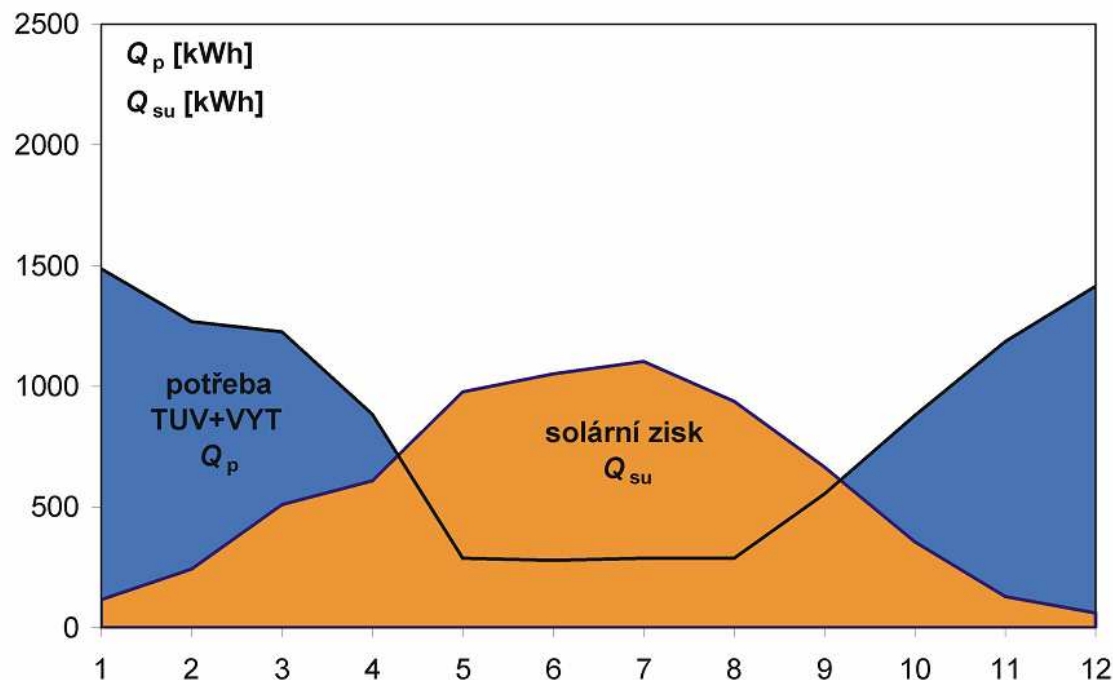
- aplikace pro bytové domy

- (80 až 200 m²; 4 až 16 m³)

- solární podíl 10 až 20 %

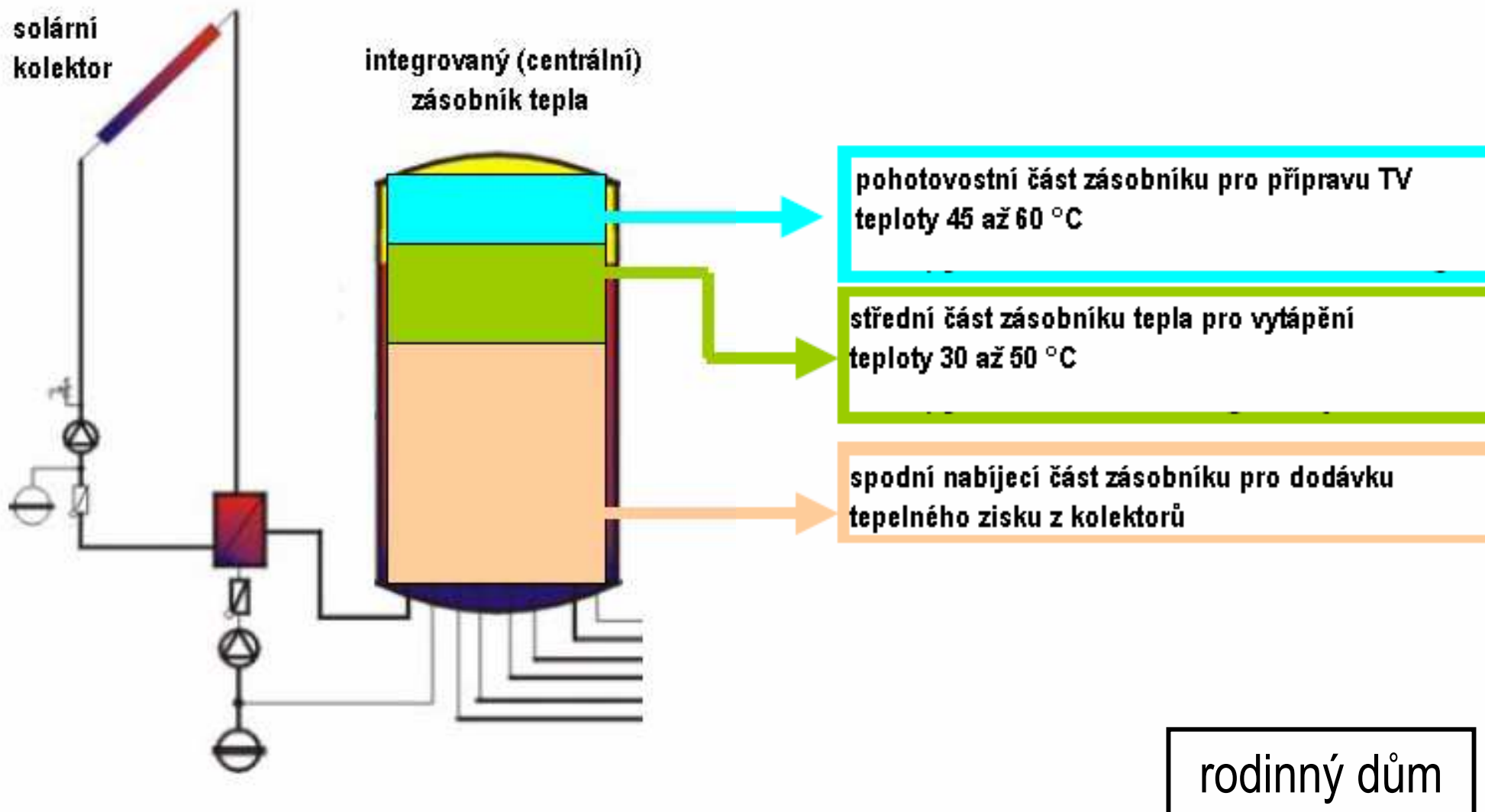
- solární zisky

250 až 400 kWh/m².r



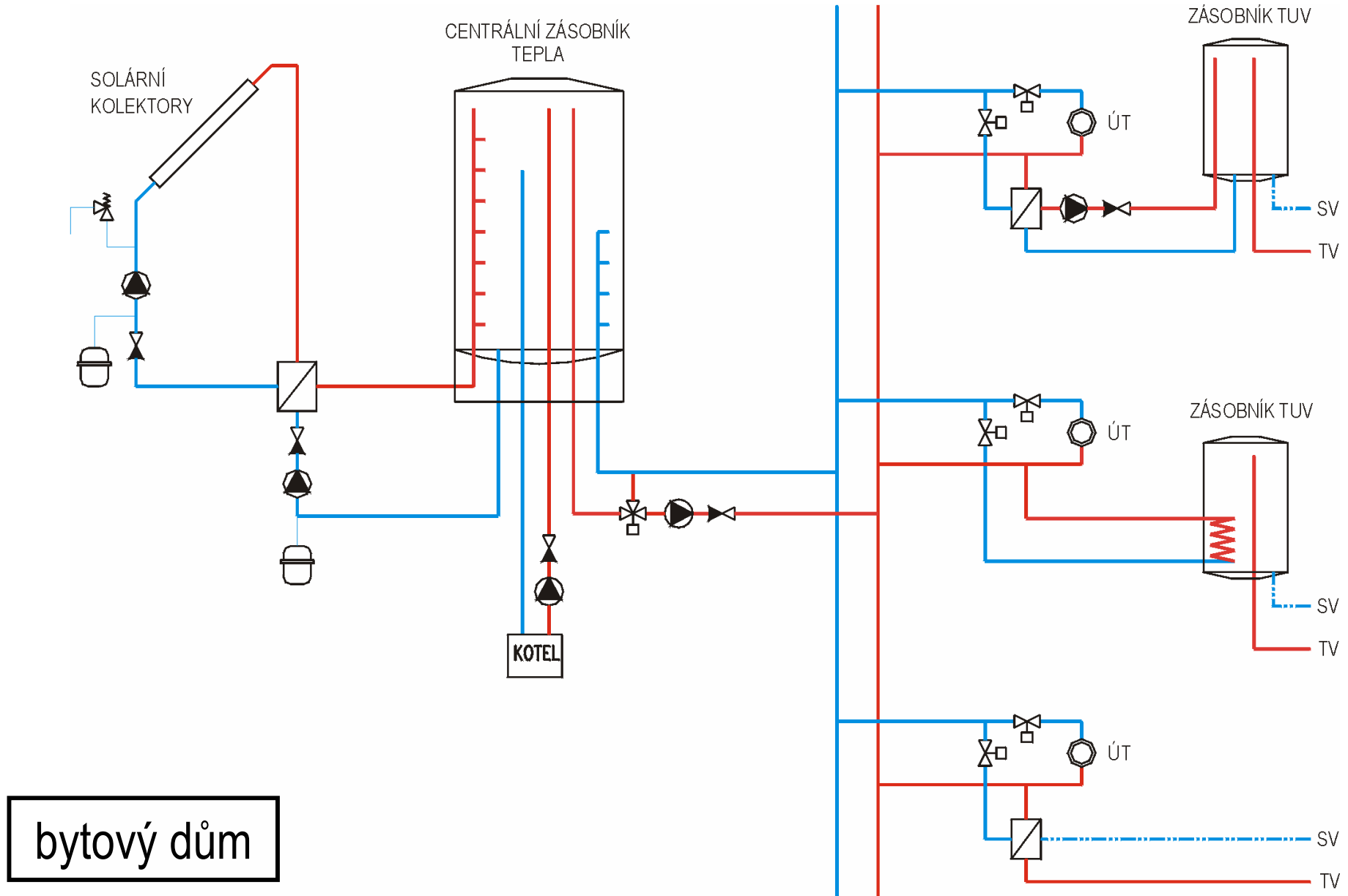


Kombinované solární soustavy (TV+VYT)



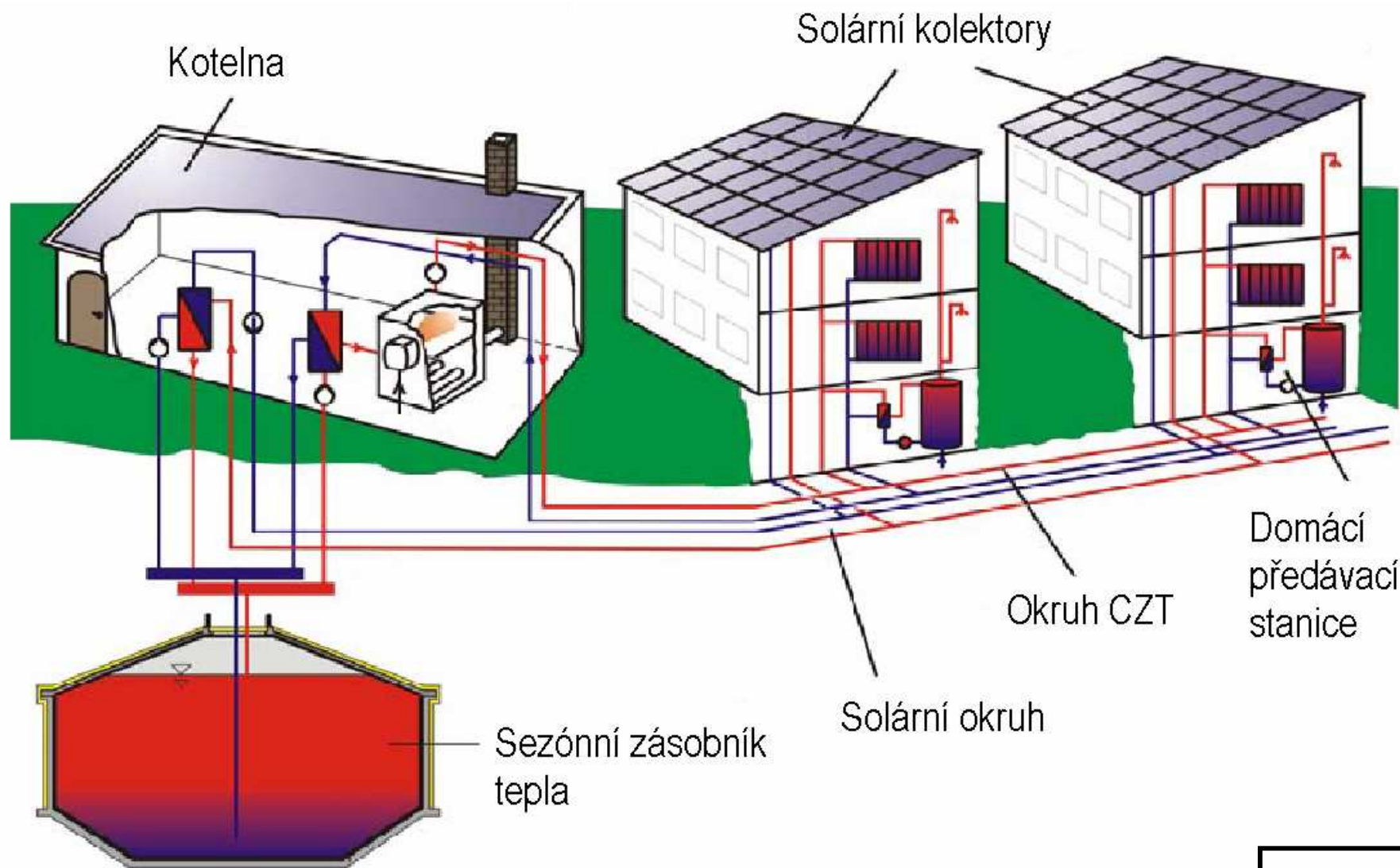


Kombinované solární soustavy (TV+VYT)





Solární soustavy se sezónní akumulací



sídliště



Děkuji za pozornost

Tomáš Matuška
Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní, ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07, Praha 6
Tel.: +420 224 352 433
tomas.matuska@fs.cvut.cz