



Komplexní vzdělávací program pro podporu environmentálně šetrných technologií ve výstavbě a provozování budov



Evropský sociální fond
Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti



Vytápění a příprava teplé vody v šetrných budovách

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze



Bilance energie v domech s nízkou potřebou energie

- potřeba tepla na vytápění
- potřeba tepla na přípravu TV
- pomocná energie



Kritéria pasivního domu (ČR)

- **měrná potřeba tepla na vytápění < 20 (15) kWh/m².rok**

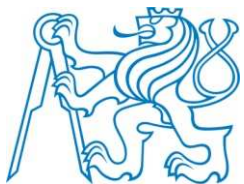
minimalizace tepelných ztrát, maximalizace tepelných zisků

běžné domy **100 kWh/m².rok**, starší zástavba **200 kWh/m².rok**

- **měrná spotřeba primární energie < 60 kWh/m².rok**

vytápění, příprava teplé vody, pomocná elektrická energie

běžné domy **> 150 kWh/m².rok**



Kritéria pasivního domu (ČR)

	Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m²·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²·a)]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/(m²·a)]	Měrná potřeba primární energie [kWh/(m²·a)]
Obytná budova: rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 ²⁾	≤ 60
Obytná budova: bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²⁾	≤ 60
Neobytná budova s převažující teplotou 18–22 °C	≤ 0,35 ¹⁾	≤ 15	≤ 15	≤ 120
Ostatní budovy	Požadavky stanoveny individuálně s využitím aktuálních poznatků odborné literatury			≤ 120

ČSN 73 0540-2



Kritéria nulového domu (ČR)

- **měrná potřeba tepla na vytápění < 20 (RD) < 15 (BD) kWh/m².rok**

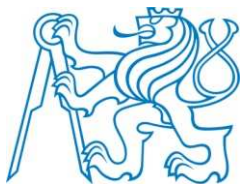
pasivní dům jako základ

- **měrná spotřeba primární energie 0 (blízký < 30) kWh/m².rok**

vytápění, příprava teplé vody, pomocná elektrická energie,
(uživatelská spotřeba elektrické energie)

nulový dům není dům bez potřeby vytápět! (existuje takový?)

**nulový dům je „nulový“ z hlediska bilance spotřeby
primární energie BĚHEM ROKU**



Kritéria nulového domu (ČR)

Závaznost kritéria	Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
	Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m²·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²·a)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů [kWh/(m²·a)]	
			Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy				
Nulový	Rodinné domy ≤ 0,25 Bytové domy ≤ 0,35	Rodinné domy ≤ 0,20 Bytové domy ≤ 0,15	0	0
Blízký nulovému			80	30
Neobytné budovy ²⁾				
Nulový	≤ 0,35 ¹⁾	≤ 0,30	0	0
Blízký nulovému			120	90

A: vytápění, teplá voda, pomocná energie, uživatelská energie

B: vytápění, teplá voda, pomocná energie



Primární energie

- **definice termínu není jasně definována**
 - u fosilních paliv je to jasné, energie skrytá v palivu + energie na těžbu, dopravu, vložená do procesů zpracování
 - obnovitelné zdroje už méně
 - problém se statistikami, není jednotné posuzování

- směrnice EPBD: **primární energie = energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů, která neprošla žádným procesem přeměny nebo transformace**
- důsledek definice: pro snižování spotřeby primární energie by neměly obnovitelné zdroje žádný význam!



Primární energie

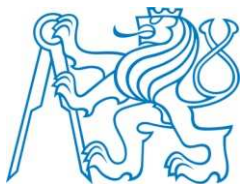
- **logická snaha zaměřit se na „primární energii z neobnovitelných zdrojů“**
 - primární paliva: v přírodě těžená paliva, následně zušlechtěná
 - uhlí, zemní plyn, ropa, přírodní uran = neobnovitelná paliva, vyčerpateľná paliva
 - procesem zušlechtování, třídění a dopravy na místo konečné spotřeby vznikají ztráty
 - přeměna na využitelnou energii
- dopad zdroje na životní prostředí, vyčerpávání zásob paliv, apod.



Primární energie

- **konverzní faktor přeměny F**
 - náročnost přeměny primární energie na energonositele (paliva, teplotonosné látky, jiné formy energie)
 - nejistota v údajích – lokální odlišnosti
 - pro některá paliva uvedeno v ČSN 73 0540-2, tab. A.3.
 - podrobné analýzy software GEMIS

- **i obnovitelné zdroje energie spotřebovávají primární energii!**



Konverzní faktor přeměny F

Zdroj	F [kWh/kWh]
Zemní plyn a další fosilní paliva	1,1
Elektrická energie	3,0
Dřevo, ostatní biomasa	0,05
Dřevěné peletky	0,15
Soustava zásobování teplem - fosilní paliva	1,5
Soustava zásobování teplem - kombinovaná výroba elektřiny (35 %) a tepla	1,1
Soustava zásobování teplem - kombinovaná výroba elektřiny (70 %) a tepla	0,8
Soustava zásobování teplem - biomasa	0,3
Solární tepelné soustavy	0,05
Solární fotovoltaické systémy - pro vlastní potřebu	0,05
Solární fotovoltaické systémy - zapojené do sítě	0,2
Solární fotovoltaické systémy – nahrazující konvenční výrobu el. energie	-2,8



Využití primární energie

■ faktor využití primární energie *PER*

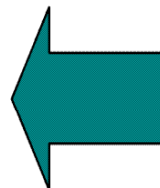
- poměr mezi potřebou primární energie *PE* a energií dodanou pro krytí potřeb *Q*

$$PER = \frac{PE}{Q}$$

energetická potřeba
budovy

vytápění
chlazení
větrání
příprava teplé vody
osvětlení, atd.

potřeba energie *Q*



technické soustavy budov

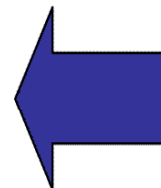
zdroje energie

teplo, chlad, elektrina

*soustavy pro rozvod
a sdílení energie*

klimatizační soustavy
příprava teplé vody

provozní účinnost η



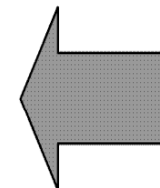
budova

těžba, zpracování,
výroba, doprava

energonositelé

zemní plyn, kapalná
paliva, tuhá paliva,
elektrická energie,
dálkové teplo a chlad

konverzní faktor *F*

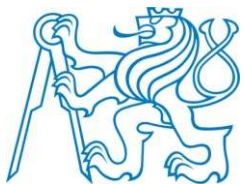


primární energie *PE*
(neobnovitelná)

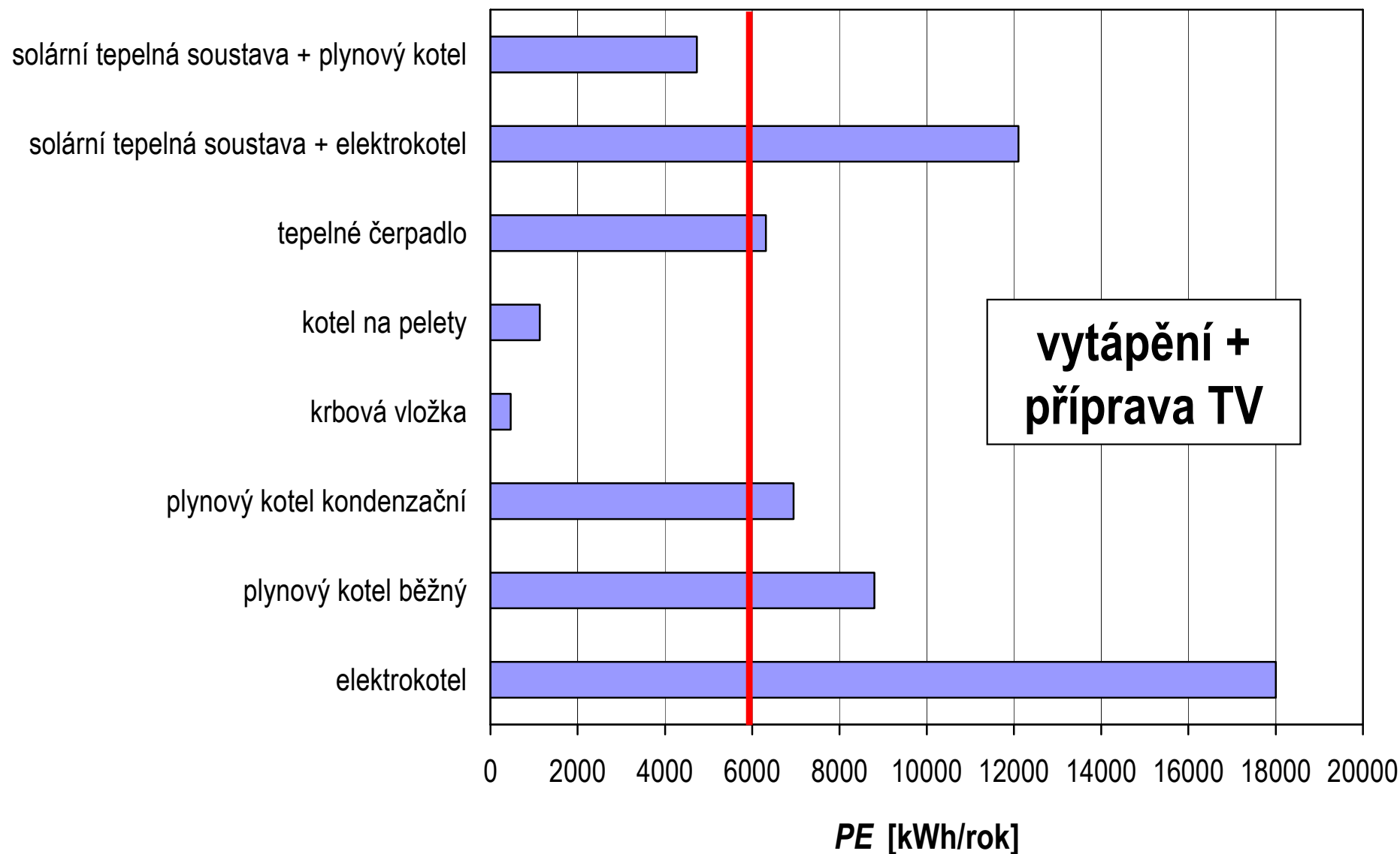


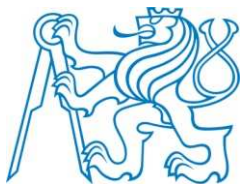
Potřeba primární energie

- **pasivní rodinný dům 150 m²**
potřeba tepla na vytápění 3000 kWh/rok
potřeba tepla na přípravu TV 3000 kWh/rok
- elektrokotel s provozní účinností 100 %;
- plynový kotel běžný bez plynulé modulace výkonu s provozní účinností 75 %;
- plynový kotel kondenzační s plynulou modulací výkonu s provozní účinností 95 %;
- krbová vložka na kusové dřevo s provozní účinností 65 %;
- kotel na pelety se zásobníkem tepla s provozní účinností 80 %;
- tepelné čerpadlo s ročním topným faktorem 3,0;
- solární kombinovaná soustava s tepelnými zisky 2000 kWh/m².rok (8 m² x 250 kWh/m²) a elektrokotel s provozní účinností 100 %;
- solární kombinovaná soustava s tepelnými zisky 2000 kWh/m².rok (8 m² x 250 kWh/m²) a plynový kotel s provozní účinností 95 %.

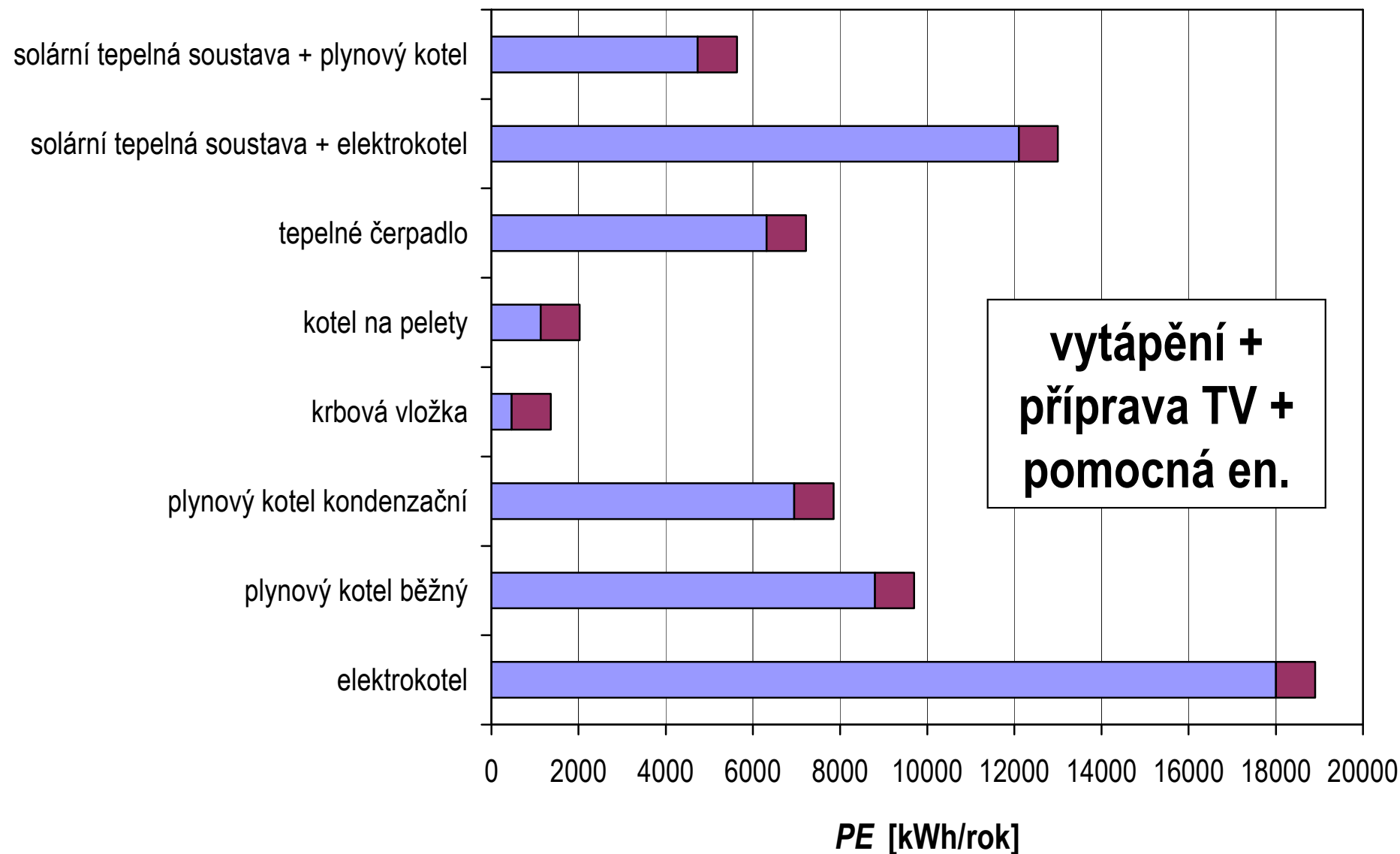


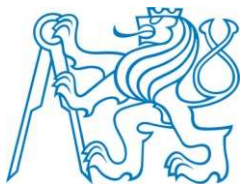
Potřeba primární energie



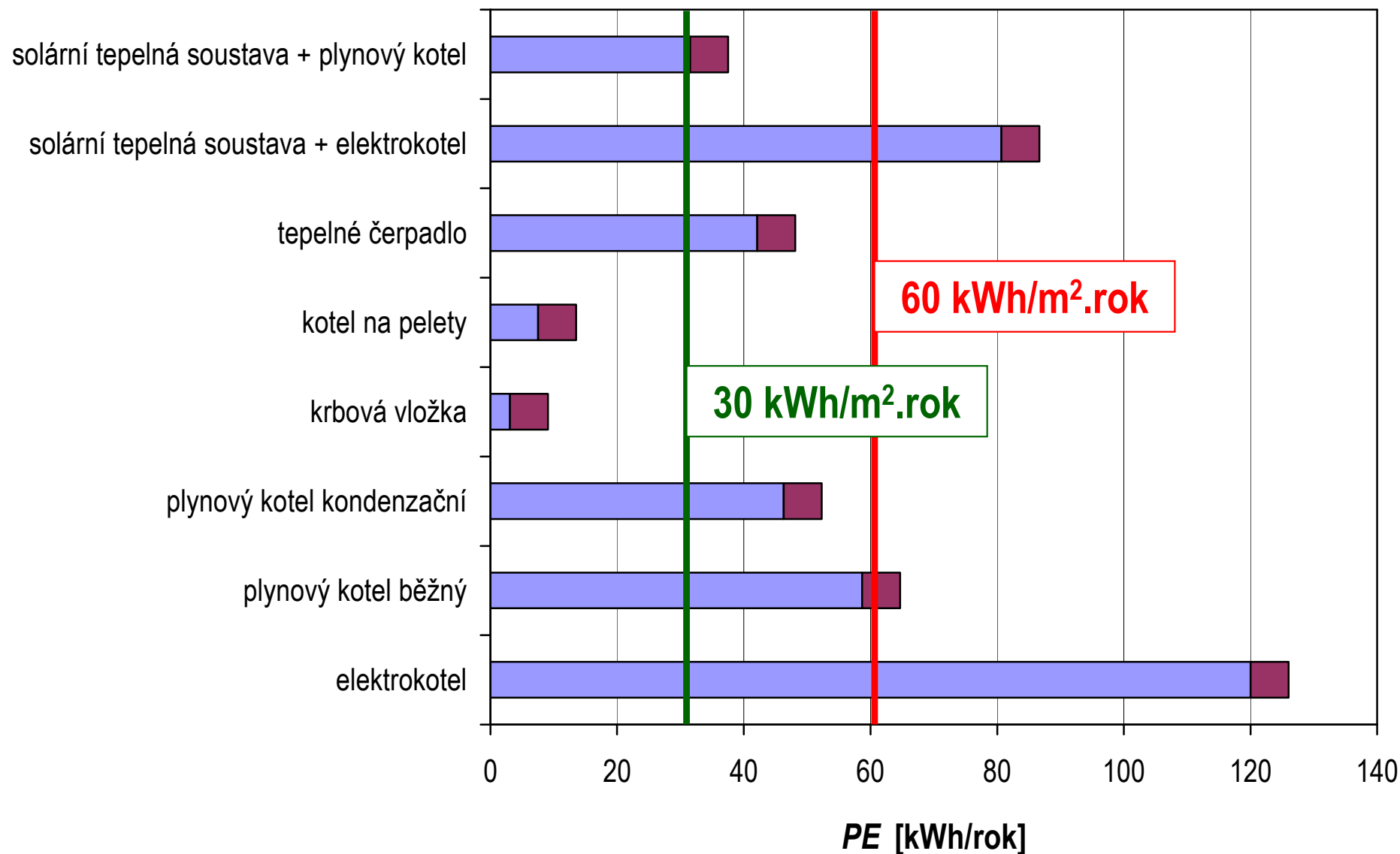


Potřeba primární energie





Potřeba primární energie





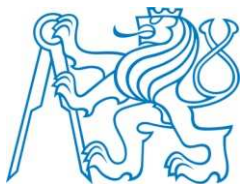
Potřeba tepla na vytápění

- **ČSN EN ISO 13 790** – Energetická náročnost budov – Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení

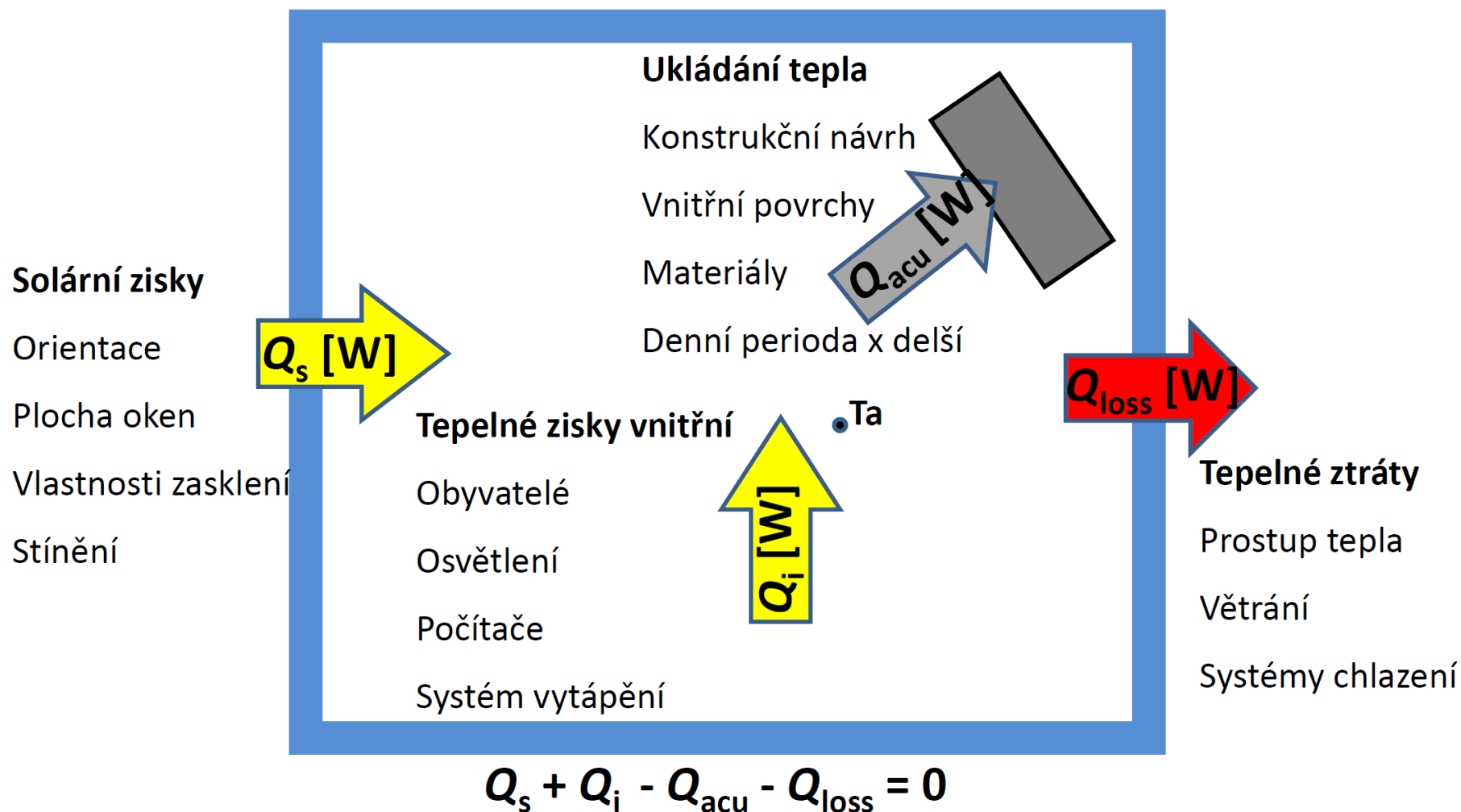
měsíční bilance, hodinová bilance, bilance za otopnou sezónu

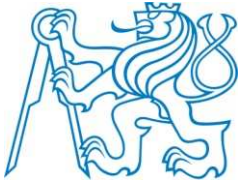
- tepelná ztráta prostupem a větráním
- vnitřní tepelné zisky (osoby, spotřebiče)
- solární zisky s ohledem na světové strany průsvitných konstrukcí
- stupeň využití tepelných zisků na základě akumulační schopnosti objektu (výpočet tepelné kapacity, časové konstanty)
- zohlednění speciálních konstrukcí (stínění oken, Trombeho stěna, aj.)

náročné na vstupní data – výsledky v dobré shodě s poč. simulacemi



Tepelná bilance budovy





Potřeba tepla na vytápění

využitelnost zisků

potřeba tepla na vytápění $Q_H = Q_l - \eta_g Q_g$

↑

ztráty tepla

↑

tepelné zisky
(vnitřní Q_i , solární Q_s , ...)

faktor využitelnosti tepelných zisků $\eta_g = f(\tau, Q_g/Q_l, C_m, H)$

τ časová konstanta

Q_g/Q_l poměr mezi zisky a ztrátami

C_m tepelná kapacita J/K

H měrná ztráta W/K

$$\tau = \frac{C_m}{H}$$



Potřeba tepla na vytápění

- Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění
 - **TNI 73 0329 (rodinné domy)**
 - **TNI 73 0330 (bytové domy)**

definice okrajových podmínek výpočtu

- vnitřní zisky, přítomnost osob, max. uvažovaný počet osob
- výměna vzduchu (úroveň větrání), přítomnost osob
- klimatické údaje (venkovní teplota, sluneční záření)
- způsob výpočtu (měsíční)



Potřeba tepla na vytápění

■ denostupňová metoda

potřeba tepla za otopné období

$$Q_H = 24 \cdot d \cdot \varepsilon \cdot \dot{Q}_z \cdot \frac{(t_{i,s} - t_{e,s})}{(t_{i,v} - t_{e,v})}$$

Q_z [kW] výpočtová tepelná ztráta

$t_{i,v}$ [°C] výpočtová vnitřní teplota

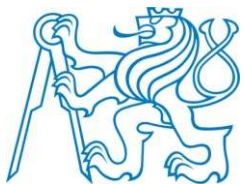
$t_{e,v}$ [°C] výpočtová venkovní teplota

$t_{i,s}$ [°C] střední vnitřní teplota během daného dne

$t_{e,s}$ [°C] střední venkovní teplota během daného dne

ε [-] korekční součinitel

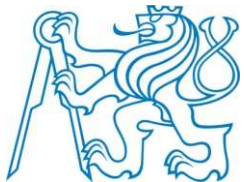
d [dny] počet dnů otopného období (vytápění)



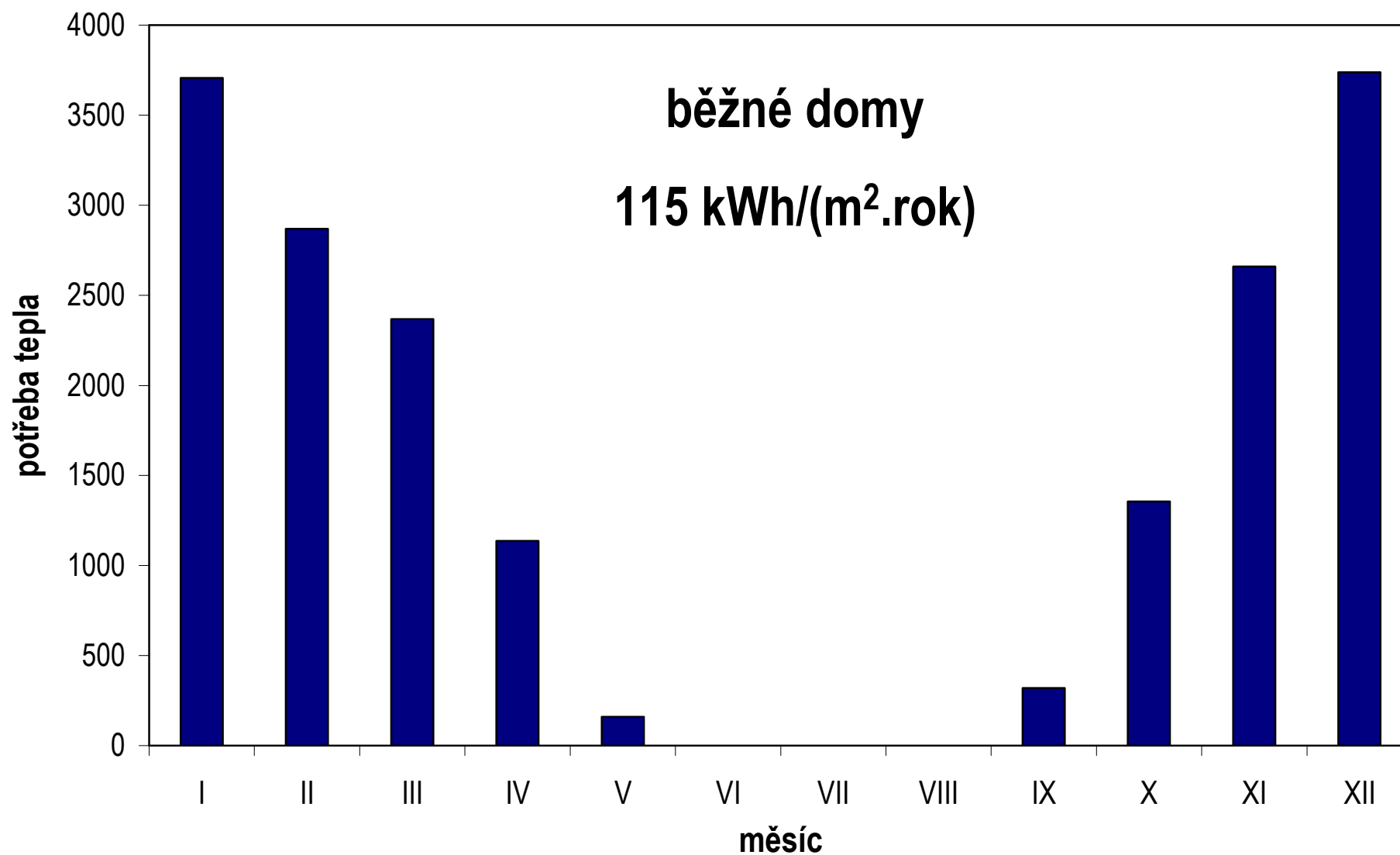
Potřeba tepla na vytápění

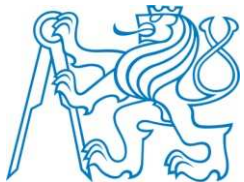
- korekční součinitel denostupňové metody

Energetická náročnost budovy (vytápění)	ϵ
<i>běžný standard</i> tepelné vlastnosti konstrukcí vyhláškou požadované	0,75
<i>nízkoenergetický standard,</i> vyhláškou doporučené tepelné vlastnosti konstrukcí	0,60
<i>pasivní standard</i> tepelné vlastnosti konstrukcí nad rámec vyhláškou doporučených hodnot	0,50

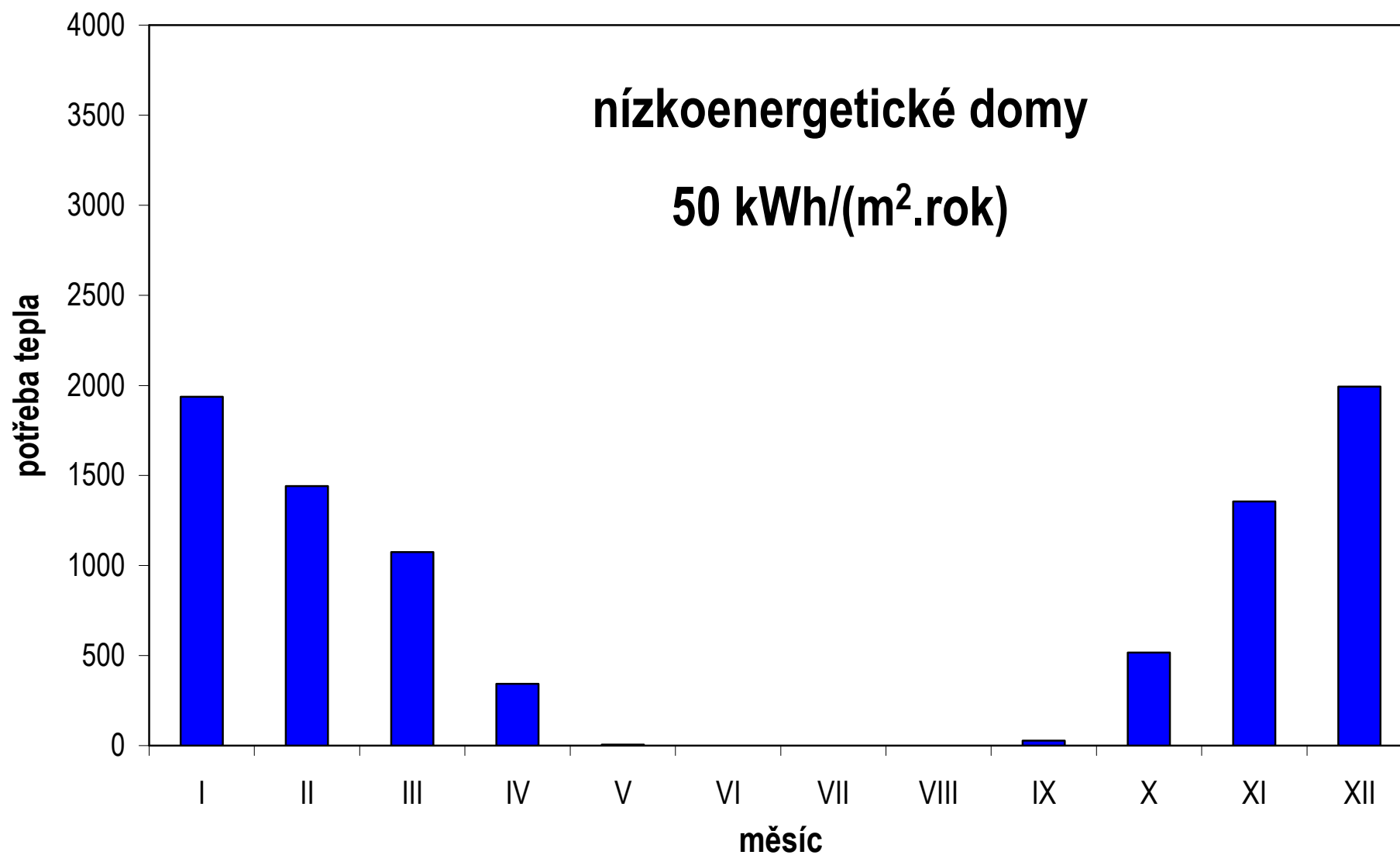


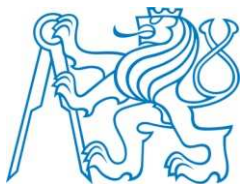
Potřeba tepla na vytápění



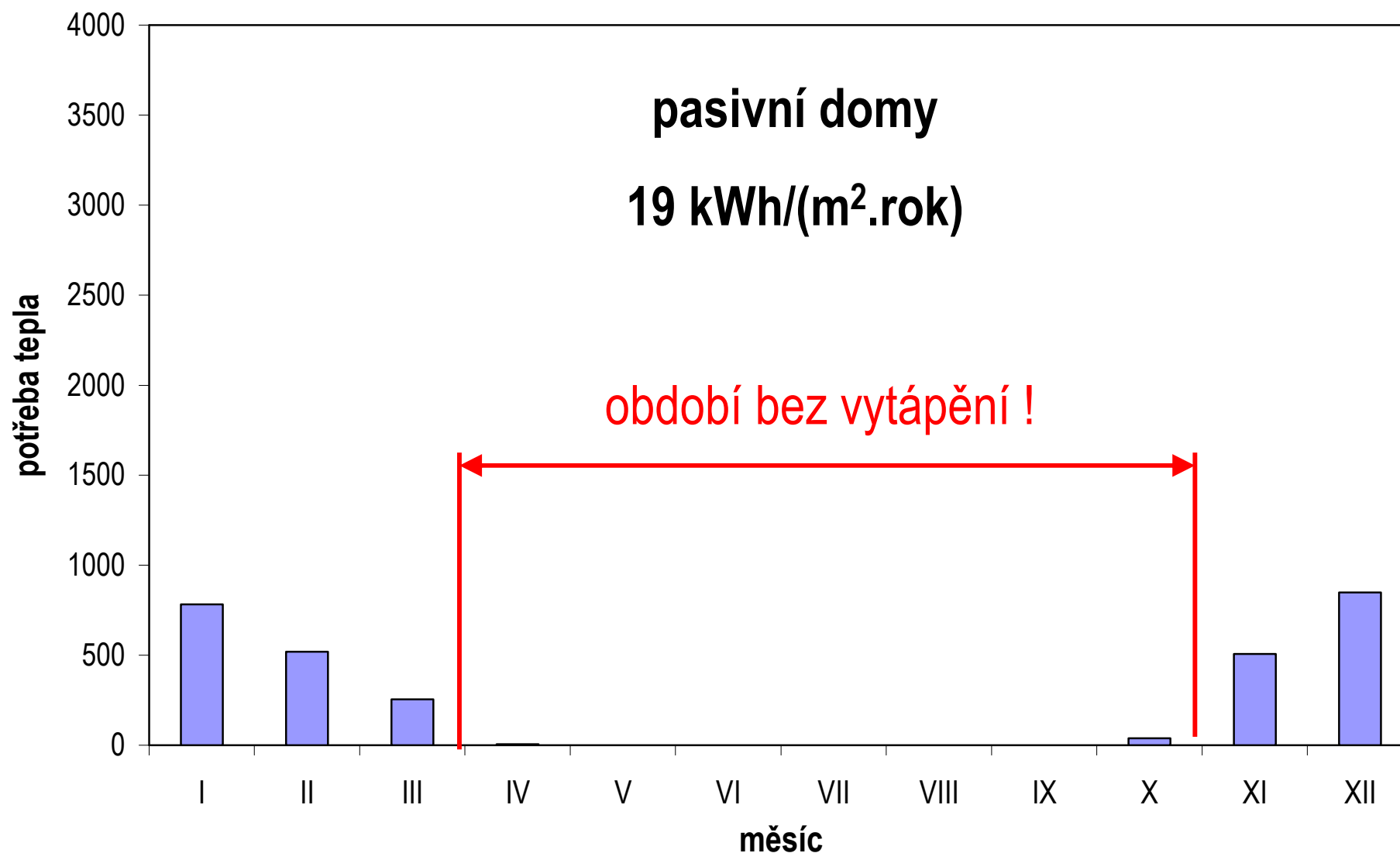


Potřeba tepla na vytápění





Potřeba tepla na vytápění

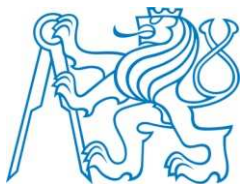




Denní potřeba tepla na ohřev TV

$$Q_W = \frac{V_{TV,den} \cdot 365 \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \times 10^6} \quad [\text{kWh/rok}]$$

$V_{TV,den}$	průměrná denní potřeba teplé vody	$[\text{m}^3/\text{den}]$
ρ	hustota vody	998 kg/m^3
c	měrná tepelná kapacita vody	4187 J/kg.K
t_{SV}	teplota studené vody	$15 \text{ }^\circ\text{C}$
t_{TV}	teplota teplé vody	$60 \text{ }^\circ\text{C}$



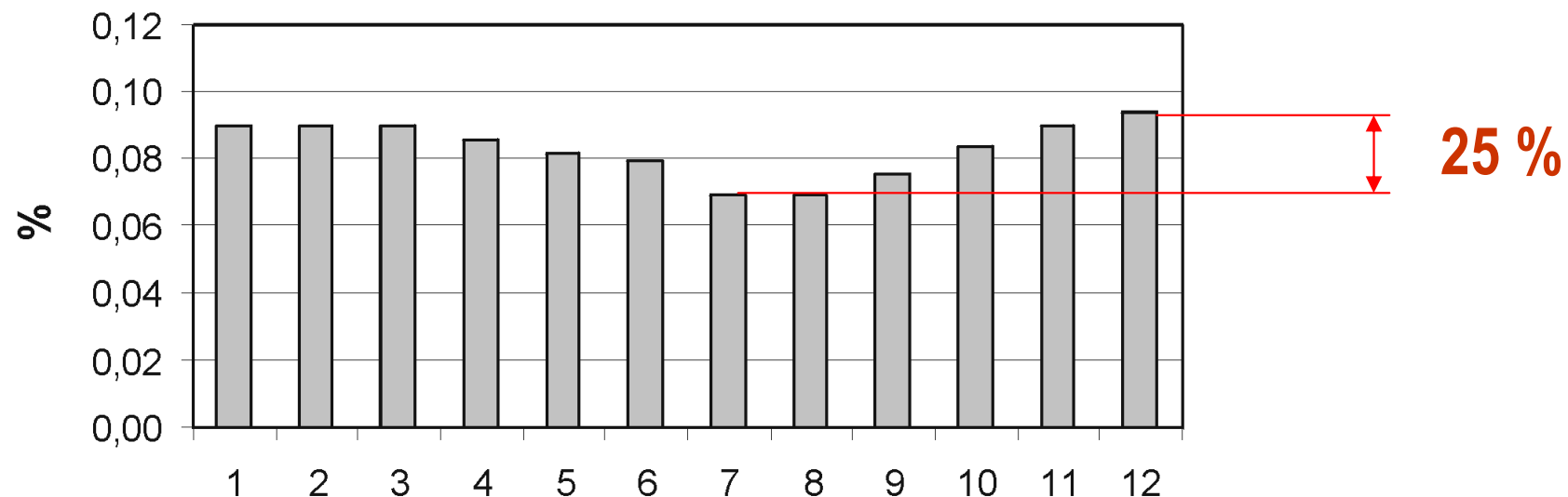
Reálné potřeby teplé vody

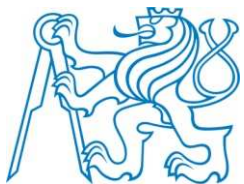
Typ spotřeby	60 °C	45 °C	Tepelná energie
Nízký standard	10 až 20 l/os.den	15 až 30 l/os.den	0,5 až 1,1 kWh/os.den
Střední standard	20 až 40 l/os.den	30 až 60 l/os.den	1,1 až 2,1 kWh/os.den
Vysoký standard	40 až 80 l/os.den	60 až 120 l/os.den	2,1 až 4,2 kWh/os.den



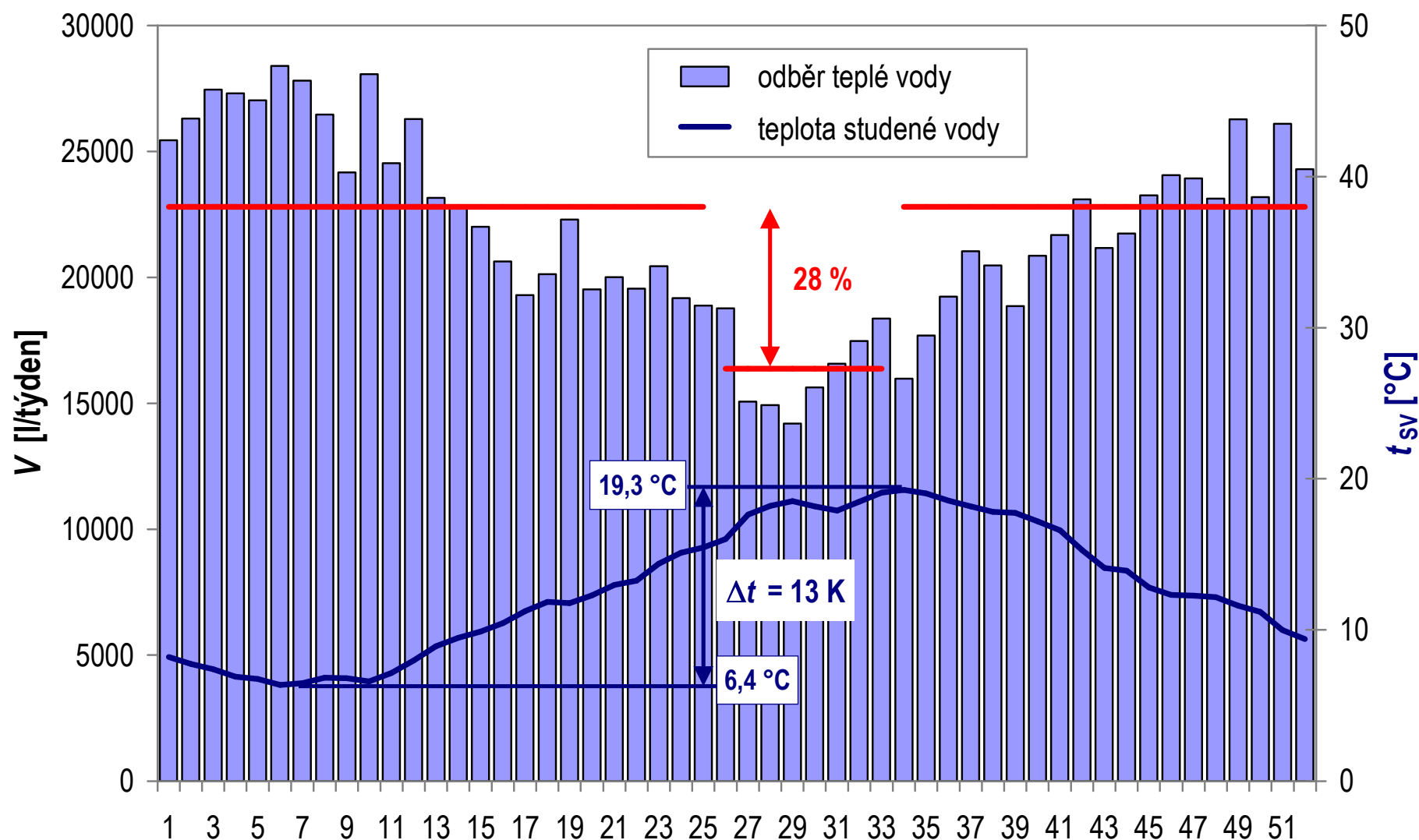
Profil potřeby tepla na přípravu TV

- **letní pokles (bytové domy) oproti zimnímu období:**
 - školní prázdniny, dovolená
 - vyšší teplota studené vody
 - chování uživatelů (letní sprcha, zimní vana)





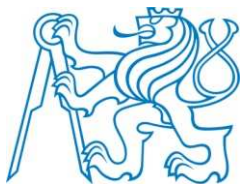
Měření v BD Stodůlky





Tepelné ztráty přípravy TV

- **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

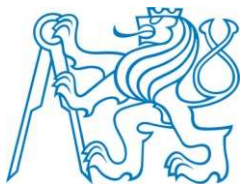


Tepelné ztráty přípravy TV

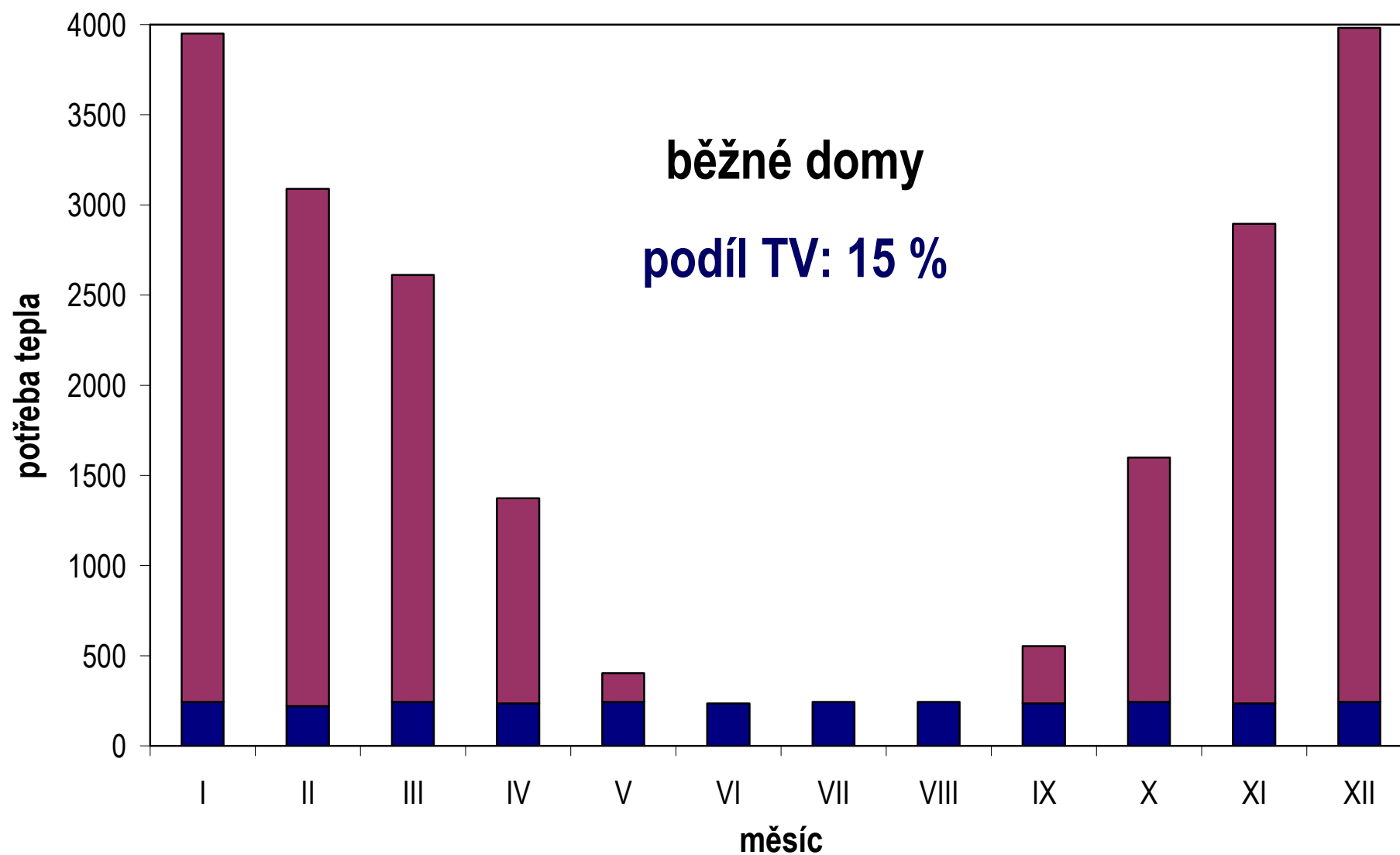
- paušální přirážka

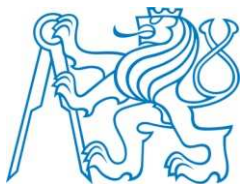
$$Q_{p,W} = Q_W + Q_{z,W} = (1 + z) Q_W$$

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

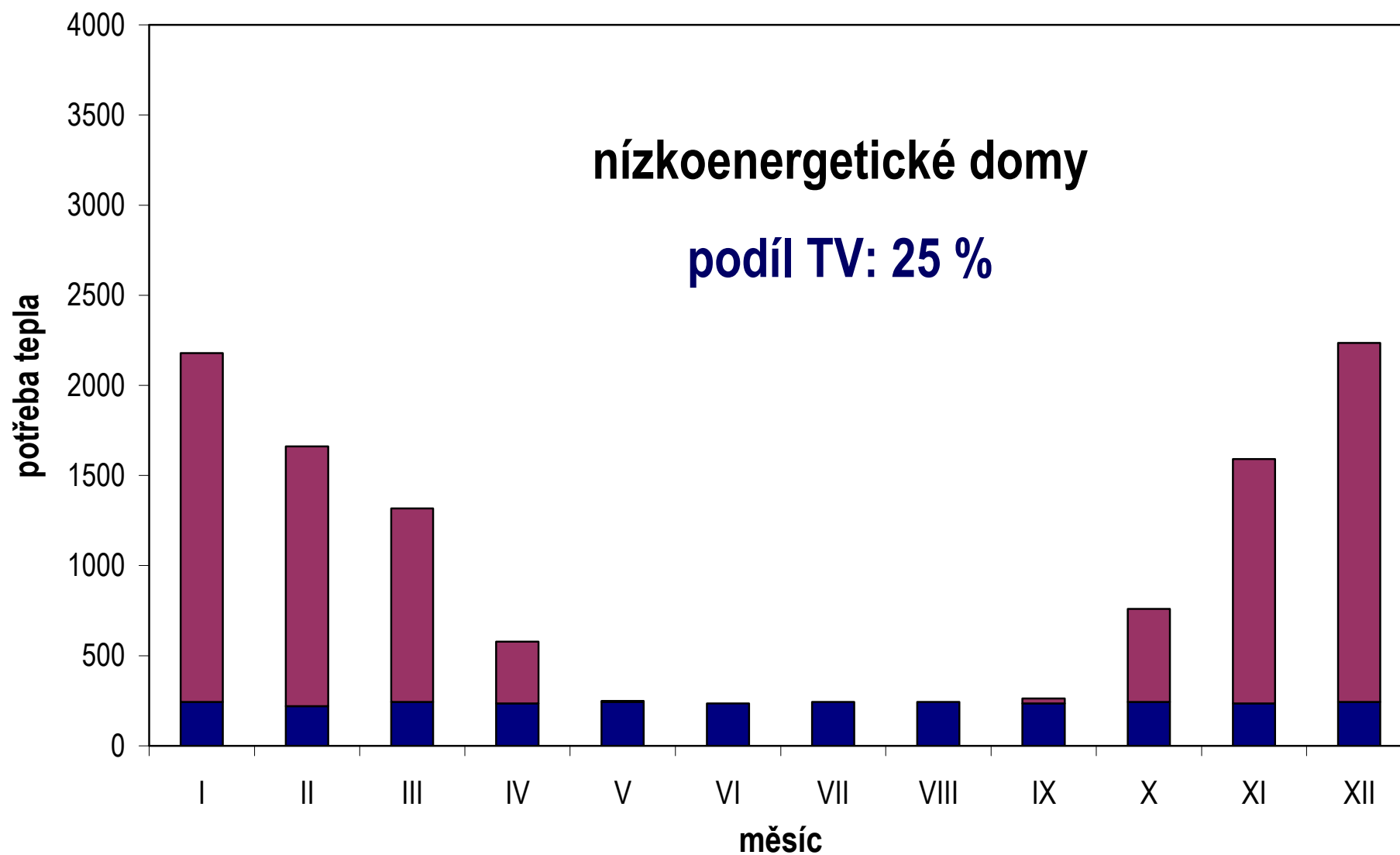


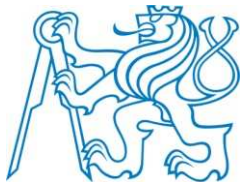
Celková potřeba tepla



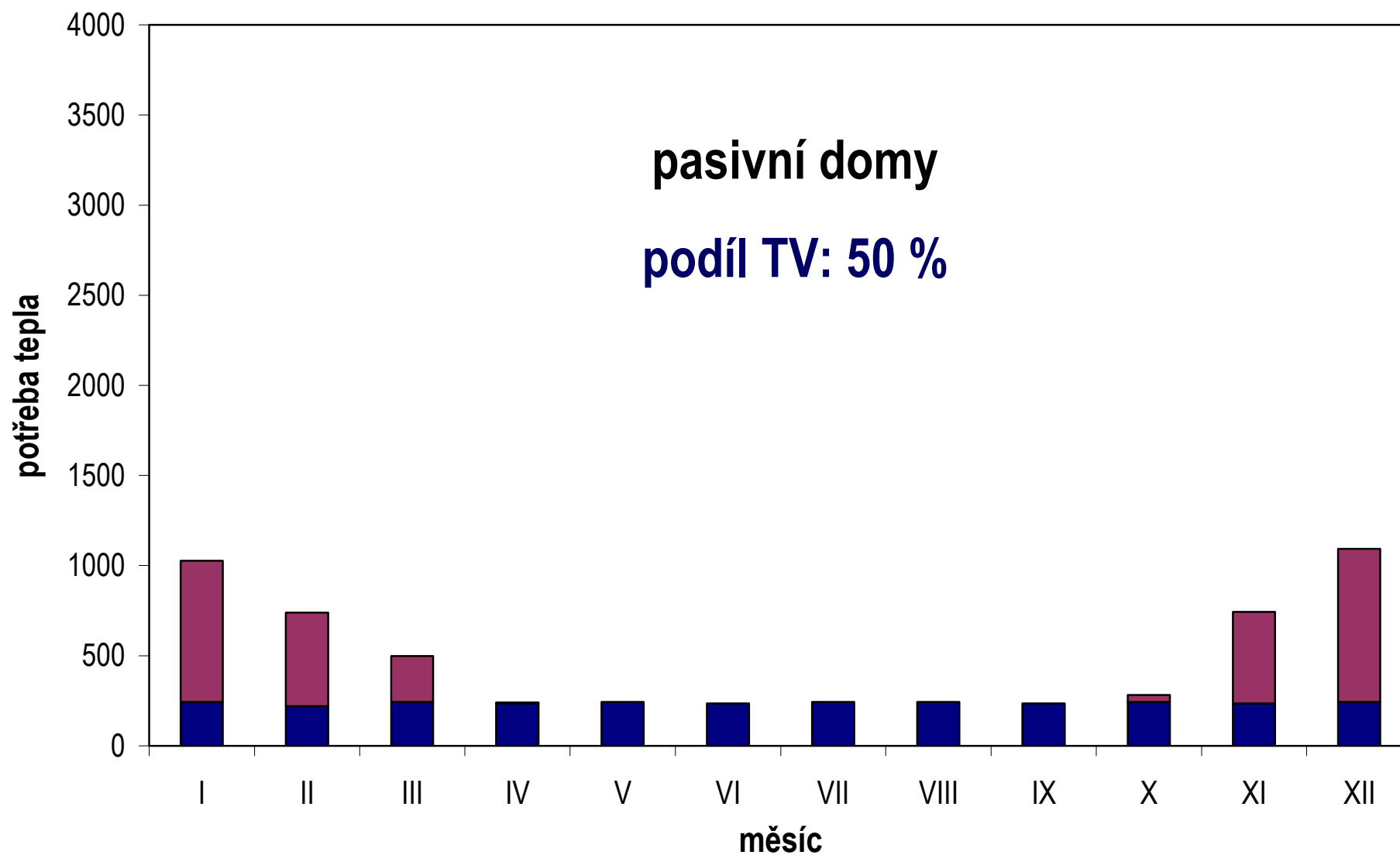


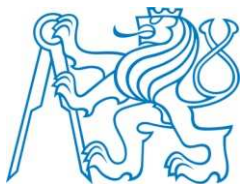
Celková potřeba tepla





Celková potřeba tepla

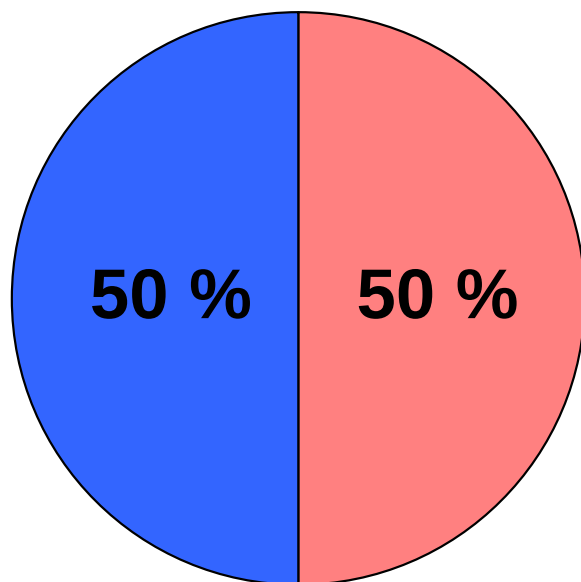




Celková potřeba tepla

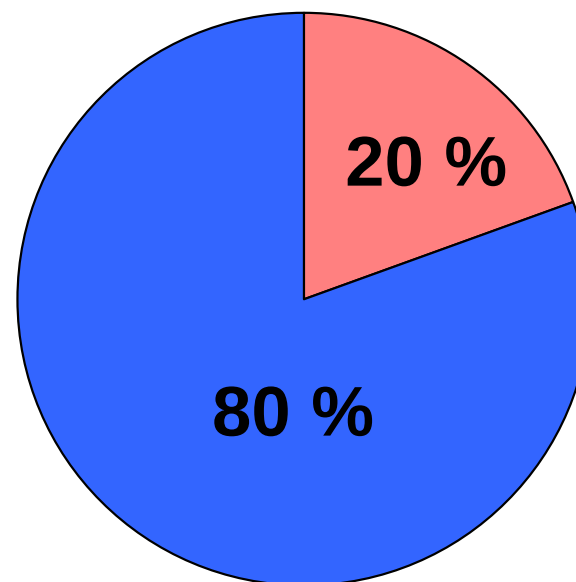
**pasivní rodinný
dům**

20 kWh/m².rok



**pasivní bytový
dům**

15 kWh/m².rok





Systemy vytápění

- tepelná pohoda
- otopné plochy
- teplovzdušné vytápění
- otopná tělesa
- podlahové konvektory
- podlahové / stěnové / stropní vytápění



Energeticky pasivní domy

- **energeticky významně úsporné (min. faktor 4)**
tepelná izolace, zpětné získávání tepla, využití pasivních zisků
- **ekonomicky úsporné**
provozně a investičně levné, především levná technologie (TZB)
- **kvalitní vnitřní prostředí**
tepelná pohoda – eliminace chladných konstrukcí, omezení průvanu (infiltrace)
čerstvý vzduch – řízené větrání

zvýšení: ekonomické a energetické soběstačnosti, kvality bydlení, hodnoty nemovitosti, ...



Energeticky pasivní domy

- **stavební část**

optimalizace tvaru a orientace budovy, skladby stěn, výplní otvorů, minimalizace tepelných mostů, vzduchotěsnost domu, ...

- **technologická část**

větrání - přívod čerstvého vzduchu, zpětné získávání tepla z odpadního

vytápění - přívod tepla, volba otopných ploch

aktivní využití tepelných zisků (redistribuce, přenesení zisků)

příprava teplé vody

zdroje tepla (energie), případně chladu



Vnitřní prostředí - mikroklima

- **teplota vzduchu t_i [°C]**
nezohledňuje sálání okolních ploch, rozsah **20 až 24 °C**
- **výsledná teplota (kulového teploměru) t_g [°C]**
zohlednění sálavé složky, rozsah **18 až 24 °C**
- **relativní vlhkost φ_i [%]**
stupeň nasycení vzduchu vodní parou, rozsah **30 až 70 %**
- **rychlost proudění vzduchu v [m/s]**
< 0,2 m/s

zajištění tepelné rovnováhy člověka (odvod tepla z organismu)



Vnitřní prostředí - mikroklima

- **asymetrie radiační teploty**

vliv chladných povrchů stěn (oken) **< 10 K**

vliv teplých povrchů stěn **< 23 K**

- **rozdíl teplot vzduchu mezi hlavou a kotníky**

vertikální teplotní profil **< 3 K**



Vnitřní prostředí – odérové klima

- **odéry = plynné složky vnímané jako pachy**

organické a anorganické látky, z člověka, vybavení, konstrukcí, ...

větrání = odstraňování odérů

- **koncentrace CO₂**

postačující kritérium pro hodnocení odérové složky

měřitelné, narozdíl od ketonů, aldehydů, terpenů, ... (pachů)

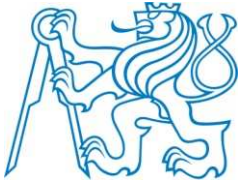
průměrná hodnota CO₂ (24 h) < **1000 ppm** **(30 m³/h.os)**

maximální hodnota CO₂ < **1200 ppm** **(25 m³/h.os)**



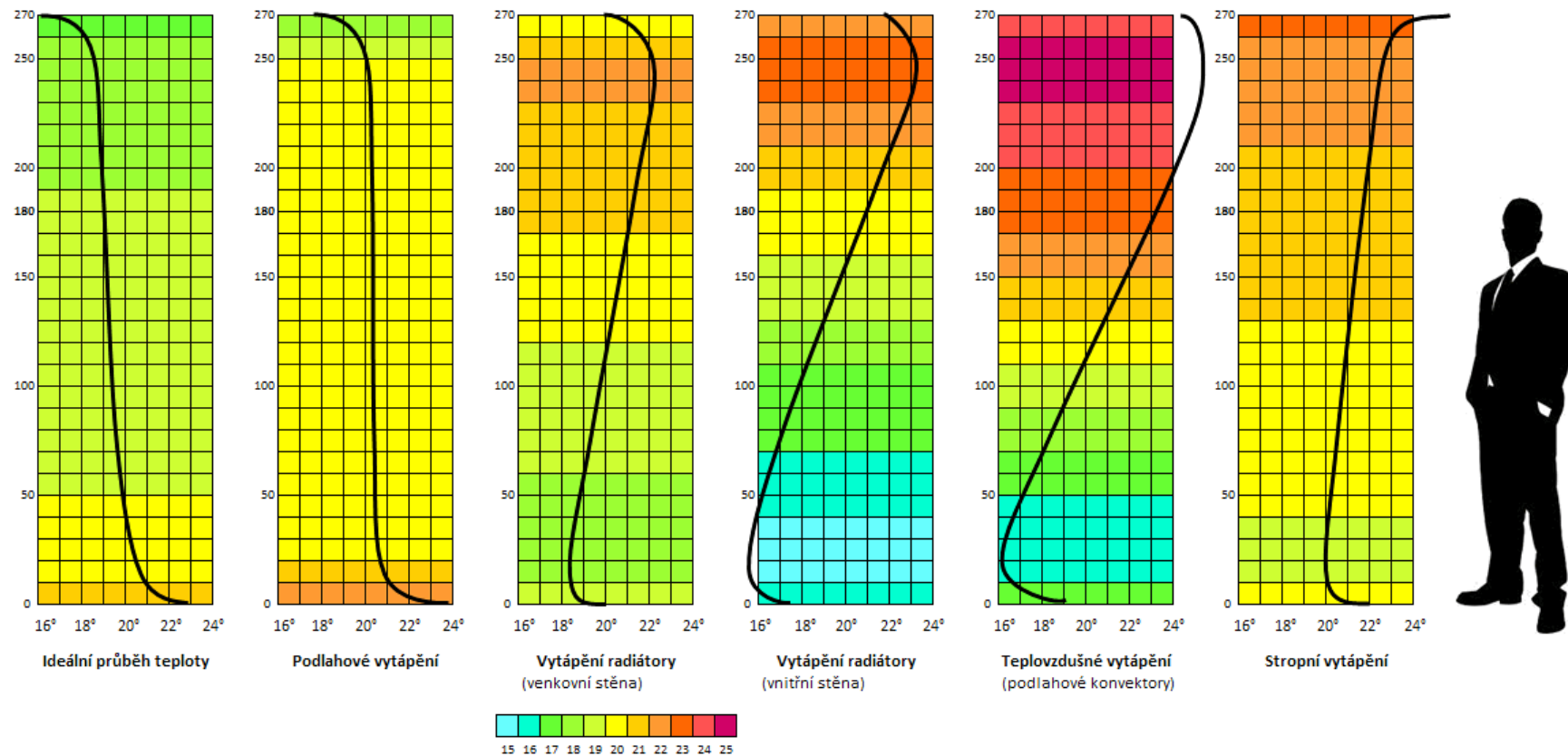
Otopné plochy pro vytápění

- **dodat do vytápěného prostoru takové množství tepla a takovým způsobem, aby byla vytvořena tepelná pohoda**
 - směr a rychlost proudění vzduchu v prostoru
 - rozložení teplot v prostoru (vertikální profil)
 - povrchové teploty okolních ploch



Otopné plochy pro vytápění

- konvekční
- konvekční / sálavé
- sálavé





Druhy otopných ploch

- **konvekční**

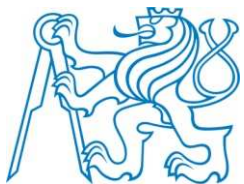
podlahové konvektory (bez ventilátoru, s ventilátorem)
teplovzdušné vytápění (VZT)

- **konvekční / sálavé**

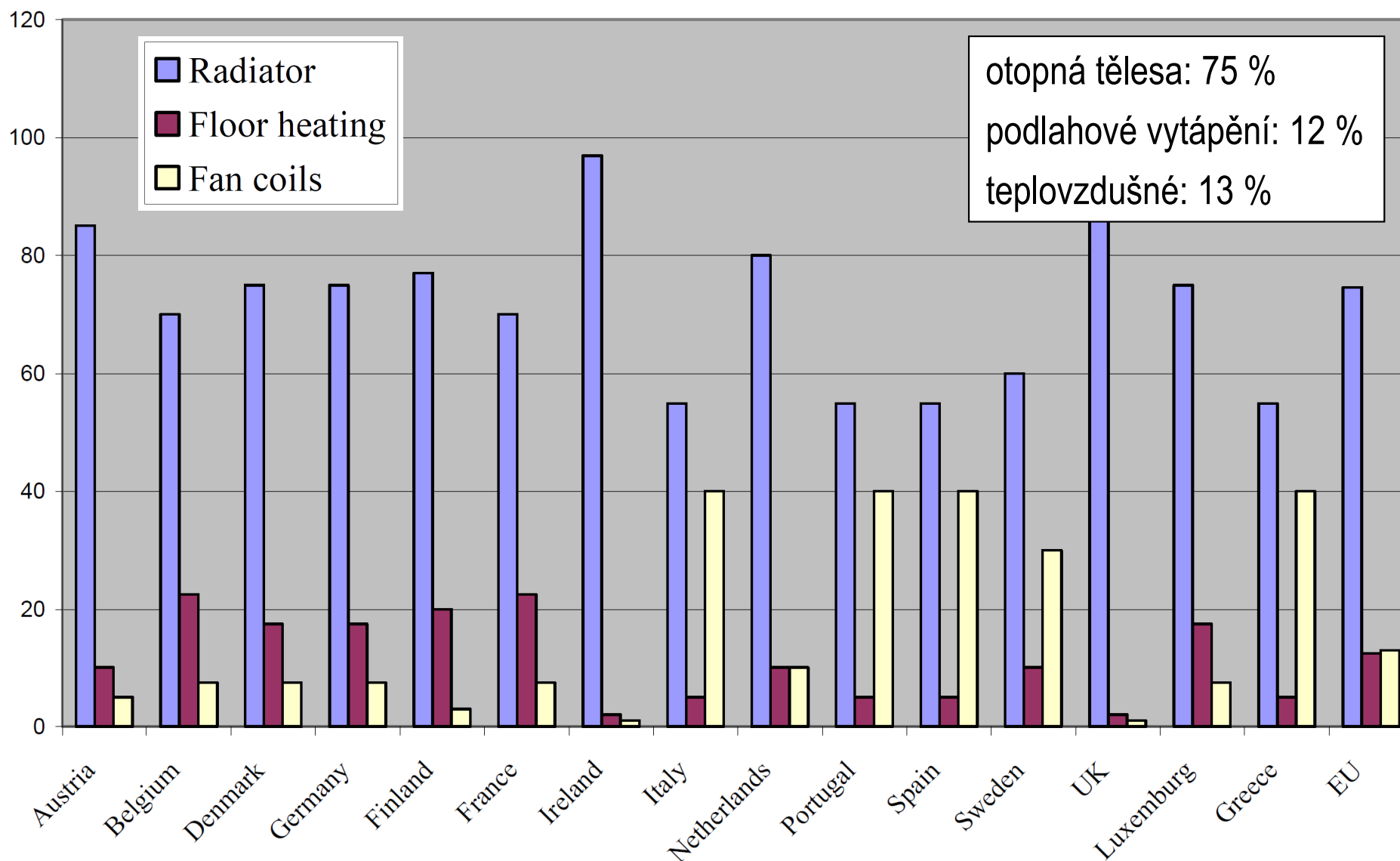
otopná tělesa

- **sálavé**

podlahové vytápění
stěnové vytápění
stropní vytápění

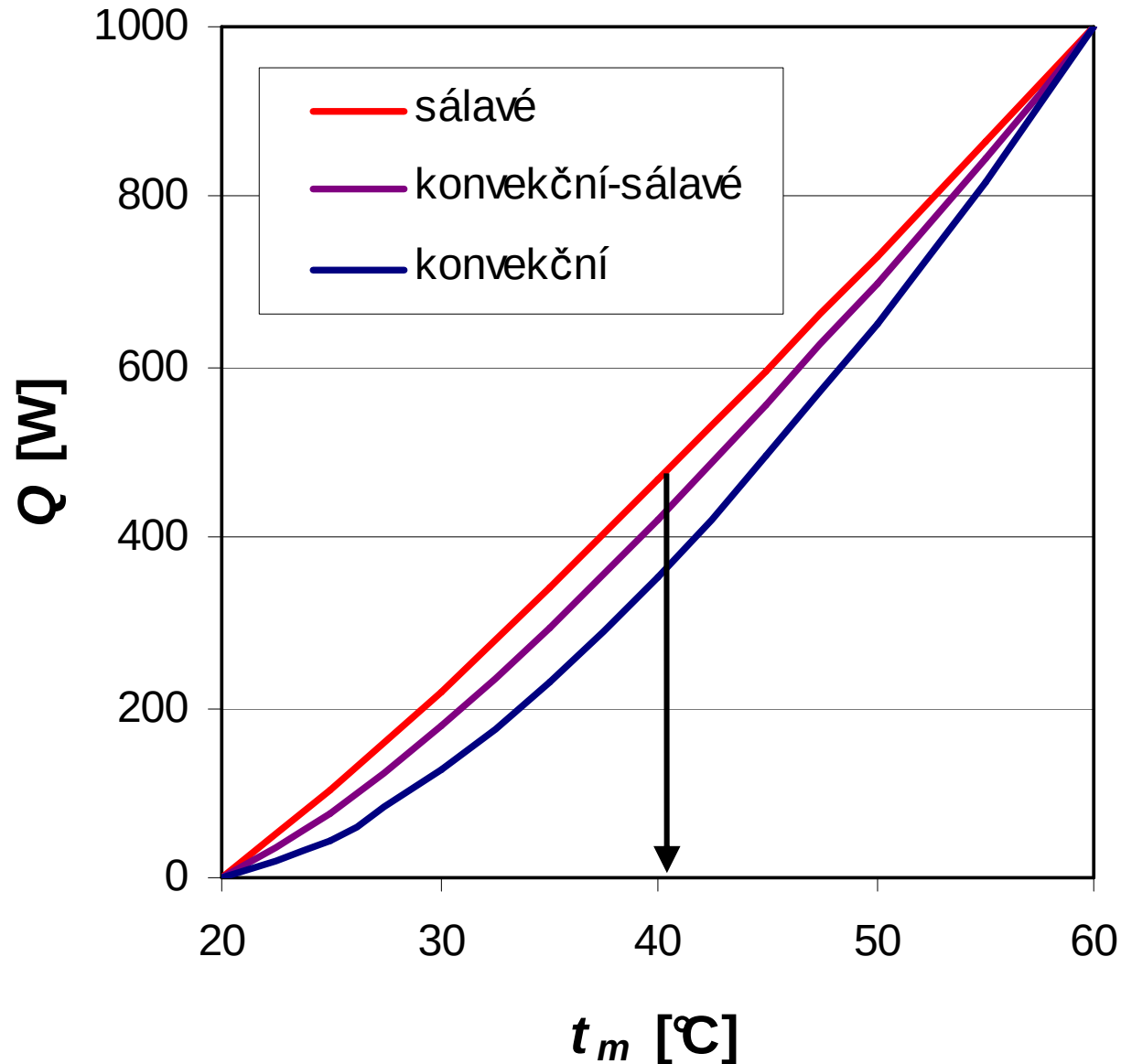


Druhy otopných ploch





Druhy otopných ploch



otopná plocha
s výkonem

$$1000 \text{ W} / t_m = 60 \text{ °C}$$

teplotní exponent plochy

podlahové vytápění $n = 1,1$

otopná tělesa $n = 1,3$

konvektory $n > 1,4$



Pasivní „ideál“ (Feist, PHI)

- **ohřev větracího vzduchu**

čerstvý vzduch použit k distribuci tepla

podmínka: domy se ztrátou do 10 W/m^2

100 až $150 \text{ m}^3/\text{h}$ ~ 1,0 až 1,5 kW (při $\Delta T = 30 \text{ K}$)

- **výhody (+)**

odpadá klasická otopná soustava

zlevnění technologie

k dispozici rozsáhlá řada výrobků (větrací jednotky + příslušenství)
od zavedených firem



Pasivní „ideál“ (Feist, PHI)

- **nevýhody (-)**

výkon omezen množstvím přiváděného čerstvého vzduchu

zvýšený přívod vzduchu v zimním období, intenzita větrání v období s nízkým obsahem vlhkosti $0,3$ až $0,5 \text{ h}^{-1}$ (**problematika vlhkosti**)

vzduch je nutné ohřát na **$50 \text{ }^{\circ}\text{C}$** ($\Delta T = 30 \text{ K}$)

velmi citlivé na nesplnění požadavků na pasivní domy

nerovnoměrný vertikální teplotní profil



Teplovzdušné vytápění

- **ohřev cirkulačního + větracího vzduchu**

zpočátku instalováno v 99 % pasivních domů v ČR, přestože v zahraničí se neseťkáváme

USA, Kanada – tradiční systém vytápění

vzduch: nízká hustota / nízká tepelná kapacita proudu ... vysoké průtoky vzduchu pro přívod tepla

průtok cca 500 m³/h ~ 2,5 kW (při $\Delta T = 15$ K)

pro dosažení nižších teplot přiváděného vzduchu (komfort),
extrémní zvýšení průtoků



Teplovzdušné vytápění

- **výhody (+)**

sloučený systém větrání a vytápění, společná + **rychlá regulace**

nižší teploty přiváděného vzduchu (32 až 35 °C)

udržování vlhkosti (regulace přívodu čerstvého vzduchu bez závislosti na vytápění)

redistribuce tepelných zisků (z místa produkce po celém domě)

vizuálně bez otopných ploch (podlahové nebo stěnové vyústky)



Teplovzdušné vytápění

- **nevýhody (-)**

vysoké průtoky vzduchu 500 m³/h

velké dimenze potrubí (nutná integrace do konstrukcí, podhledy)

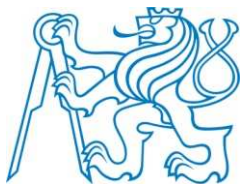
problematika hlučnosti

vysoké teploty otopné vody (40 - 45 °C) z hlediska použití OZE

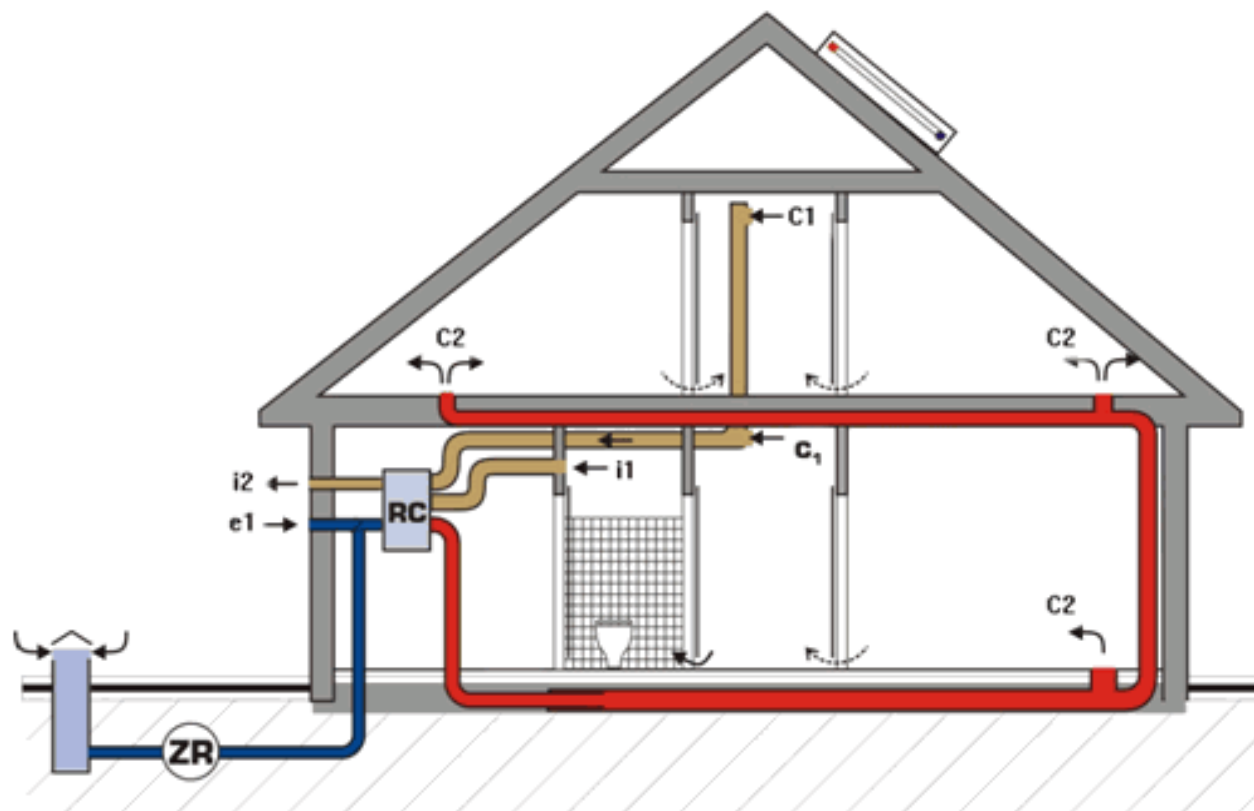
nerovnoměrný vertikální teplotní profil

potřeba pomocné energie cca 5 vyšší než u teplovodních soustav

jediný dodavatel systému na trhu v ČR (absence konkurence)



Teplovzdušné vytápění - funkce



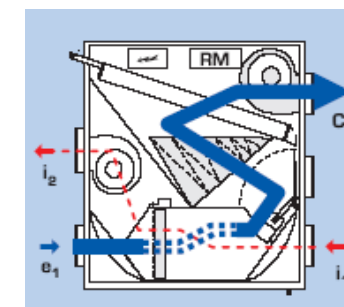
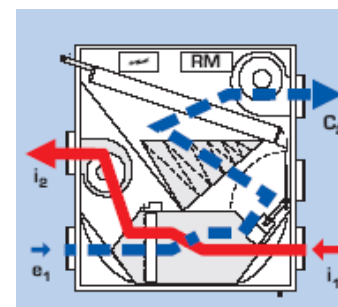
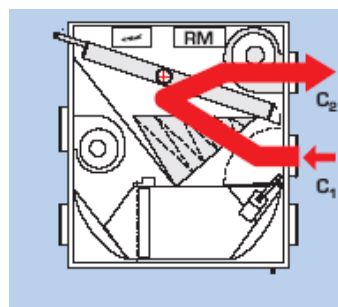
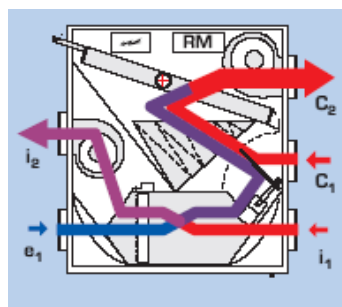
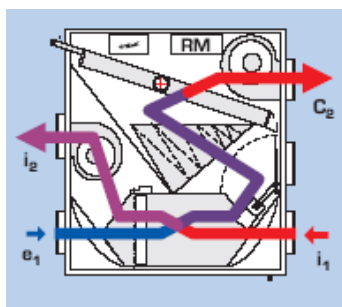
rovnotlaké větrání

cirkulační vytápění
+ větrání

cirkulační vytápění

podtlakové větrání

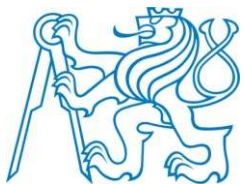
přetlakové větrání



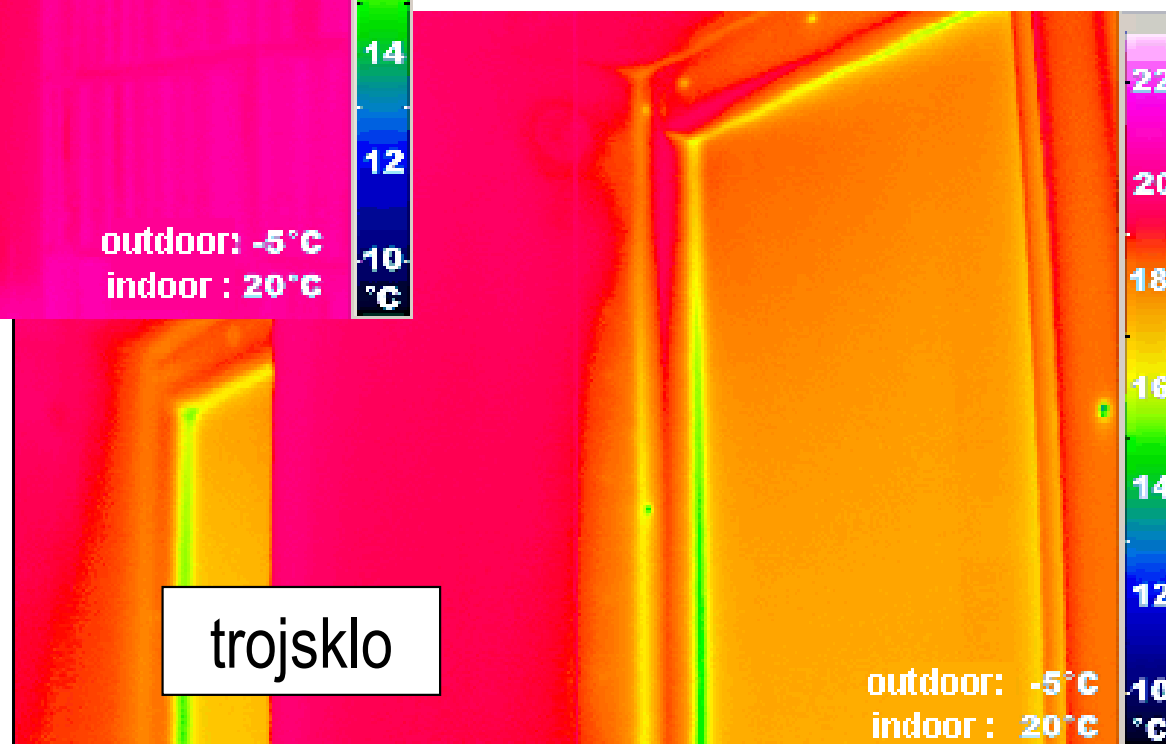


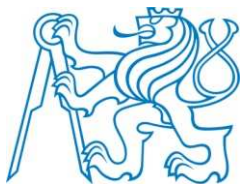
Teplovodní nízkoteplotní vytápění

- **podlahové, stěnové, stropní vytápění**
velkoplošné vytápění (suchý, mokrá způsob)
- **výhody (+)**
rovnoměrný vertikální teplotní profil
nízké teploty otopné vody (25 – 30 °C) = **použití OZE**
rozvody vytápění snadno integrované do podlah a stěn
vizuálně bez otopných ploch
nízká spotřeba provozní el. energie
- **nevýhody (-)**
dva systémy, dva regulátory: větrání + vytápění
v ČR začíná být běžné i v PD, spíše v AT, DE, CH

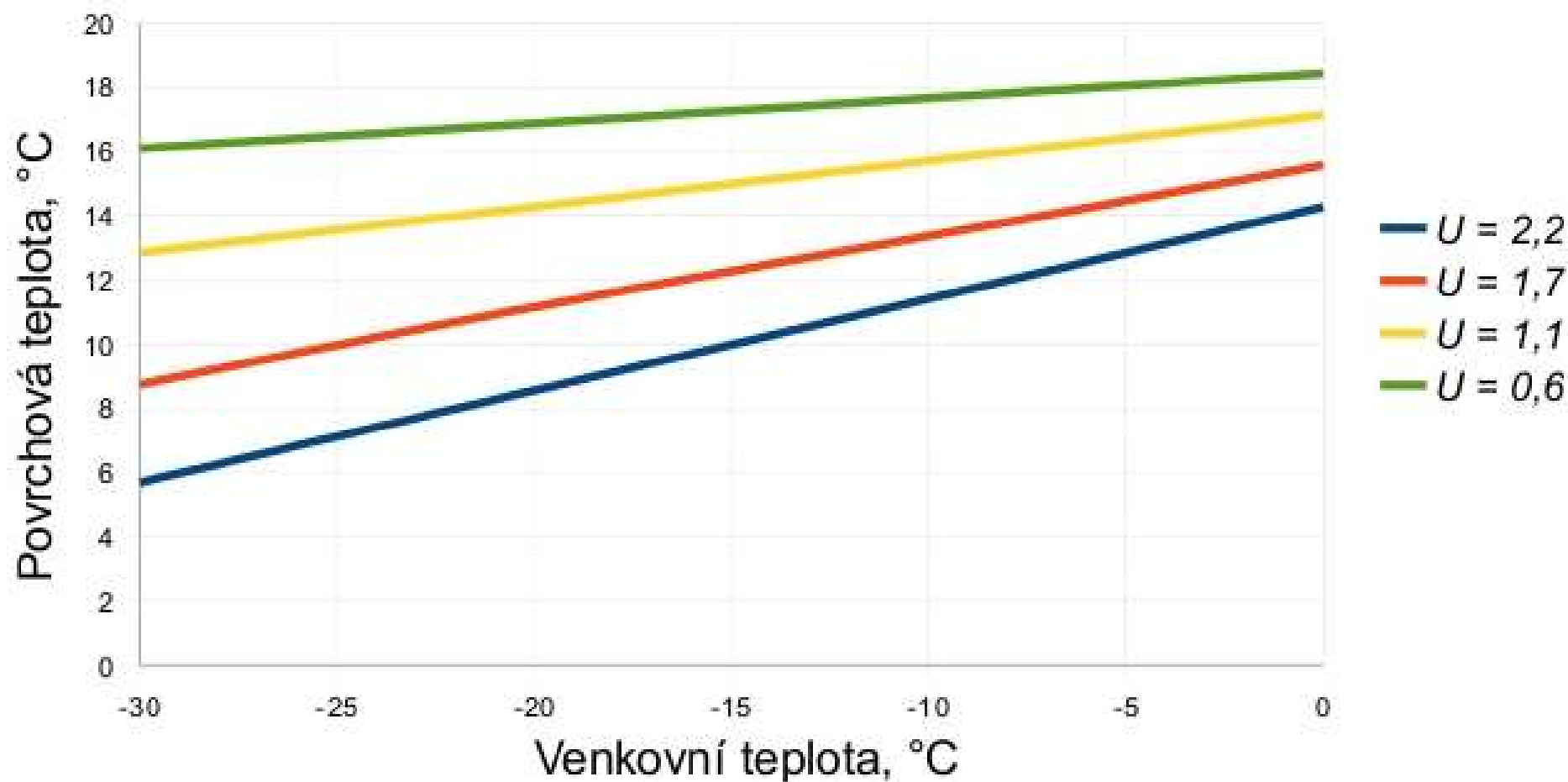


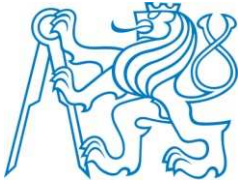
Povrchová teplota oken





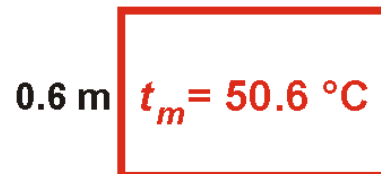
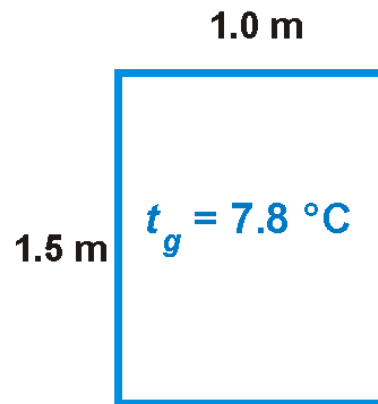
Povrchová teplota oken





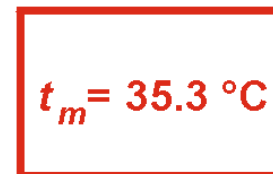
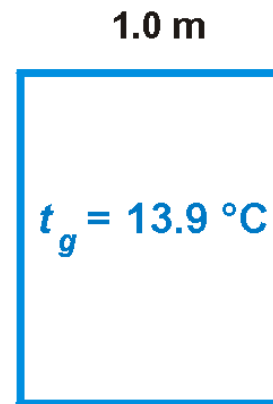
Eliminace vlivu chladných ploch (oken)

$$U = 2.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$



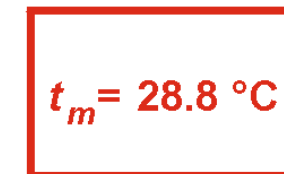
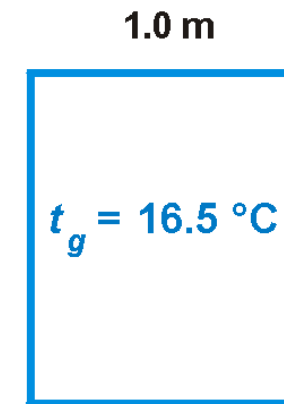
1.0 m

$$U = 1.4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

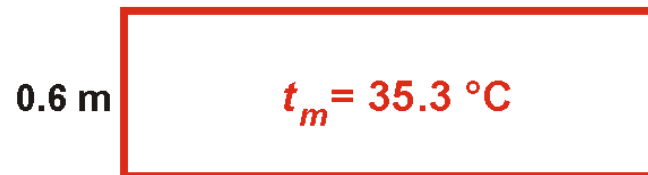


1.0 m

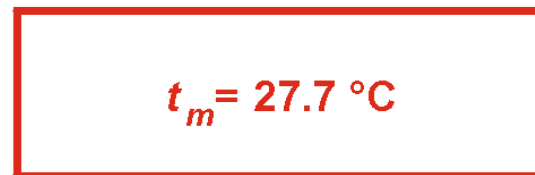
$$U = 0.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$



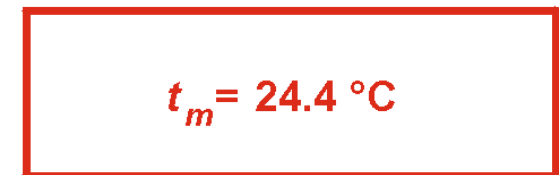
1.0 m



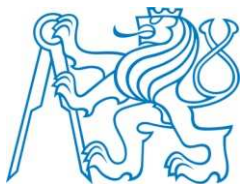
2.0 m



2.0 m

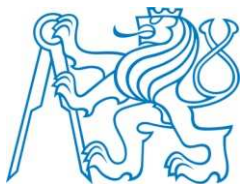


2.0 m



Otopná tělesa

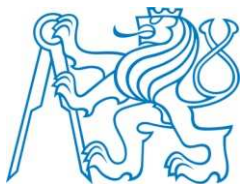




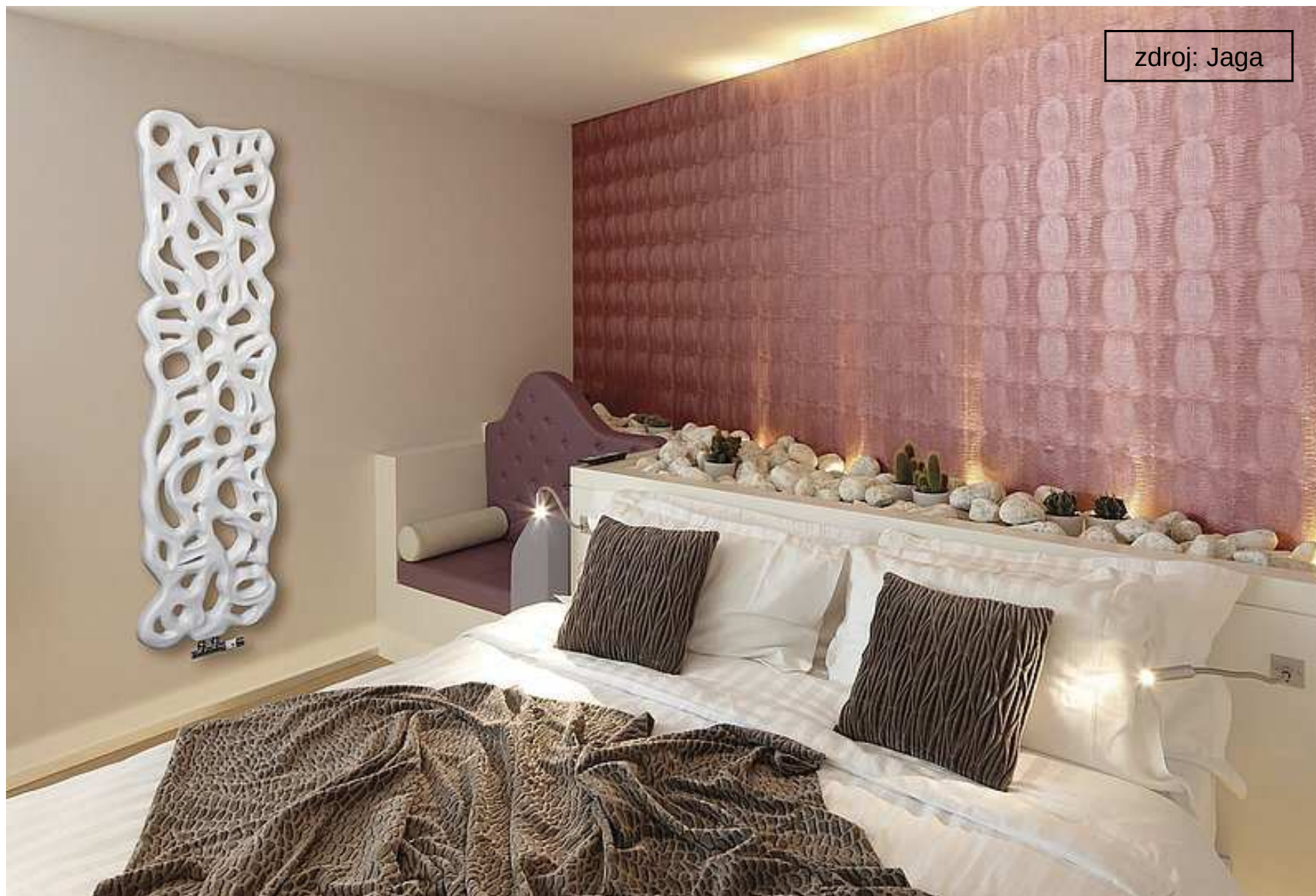
Otopná tělesa

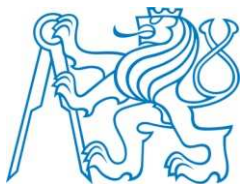


zdroj: Jaga



Otopná tělesa

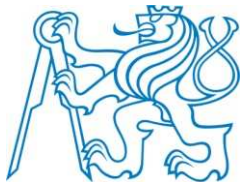




Otopná tělesa - koupelny

zdroj: Jaga



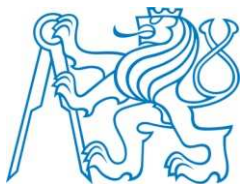


Podlahové konvektory bez ventilátoru

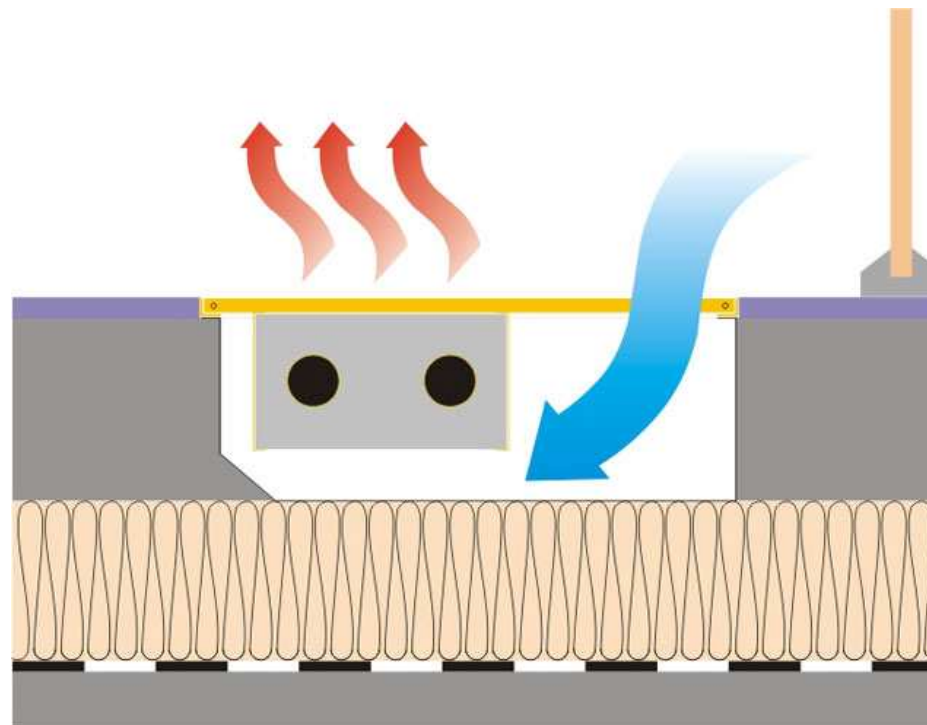


nízký výkon při nízkých teplotách
vysoký poměr cena/výkon

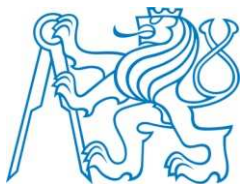




Podlahové konvektory s ventilátorem



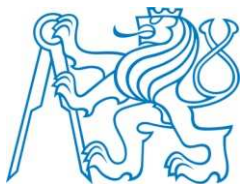
vysoký výkon / regulace otáček ventilátoru
ohřev vzduchu - nerovnoměrný teplotní profil
riziko hlučnosti



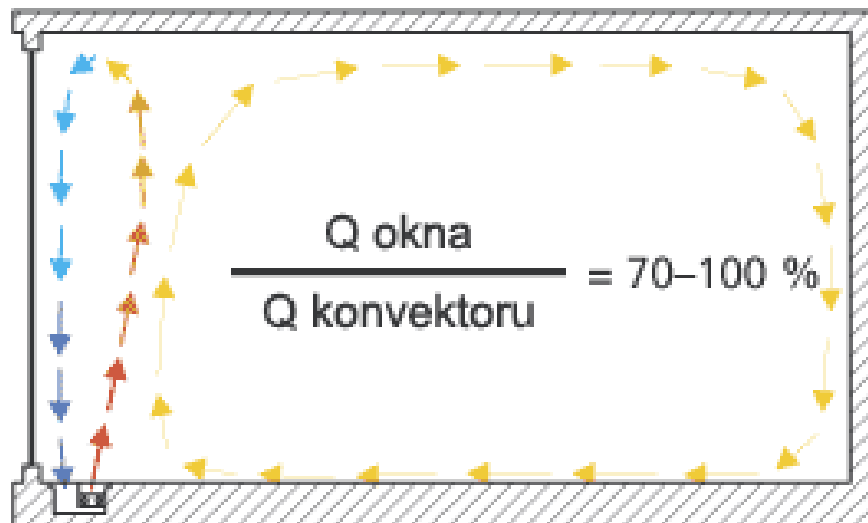
Podlahové konvektory



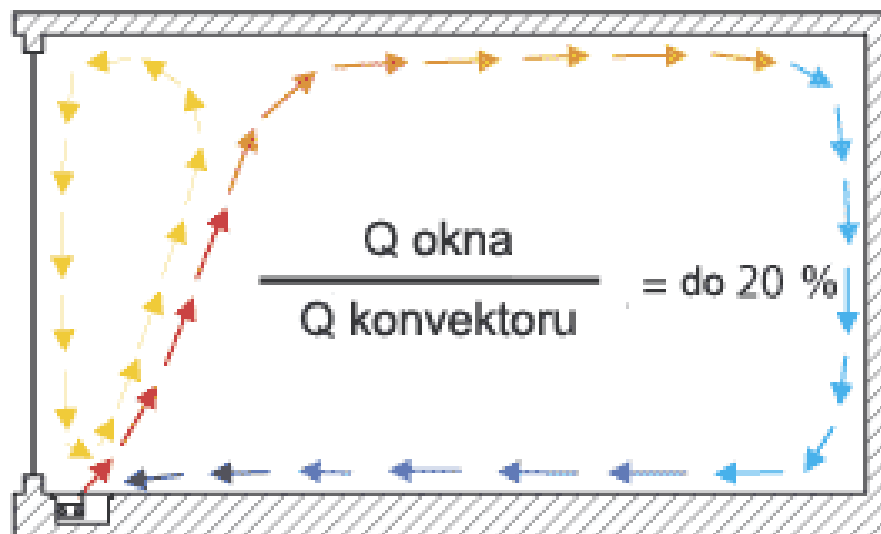
umístění:
podlahy
parapety



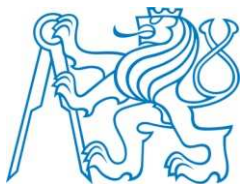
Podlahové konvektory - umístění



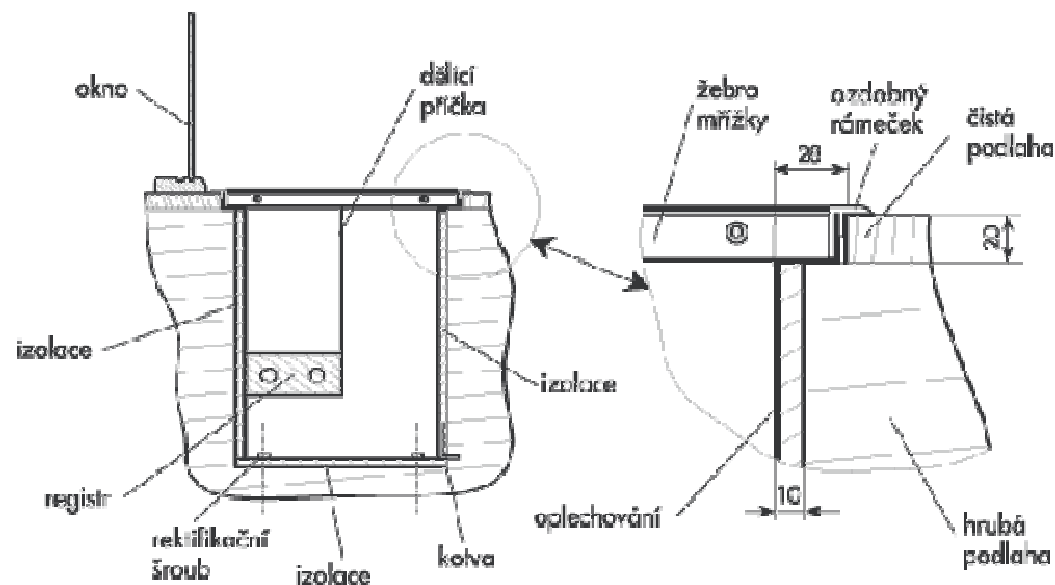
velké prosklené plochy



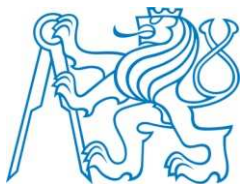
malé okno s nízkou tepelnou ztrátou



Podlahové konvektory bez ventilátoru



izolovat konvektor od základové desky případně od okolní betonové podlahy

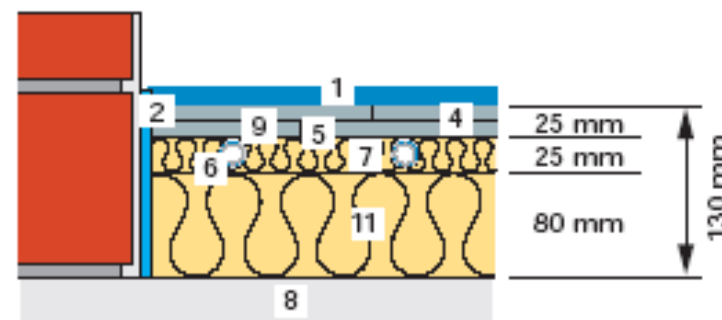
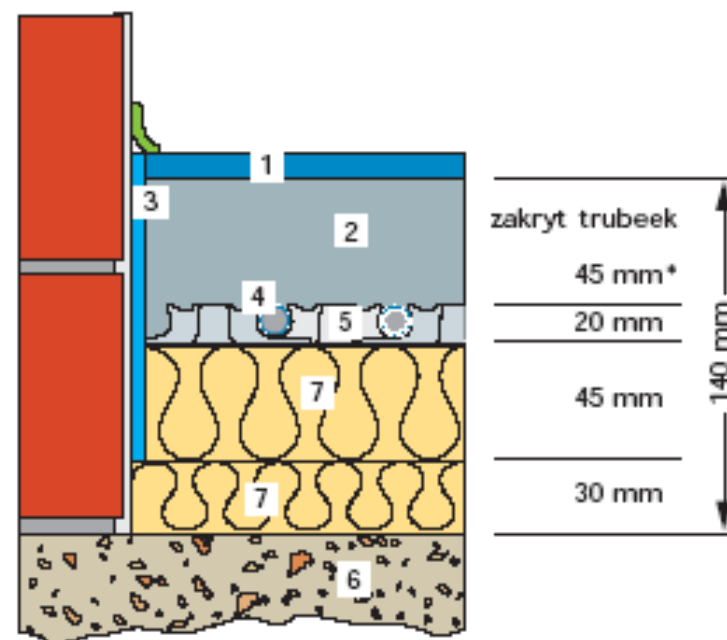


Velkoplošné sálavé vytápění

- podlahové vytápění
- stěnové vytápění
- stropní vytápění

- potrubní systémy
- kapilární rohože

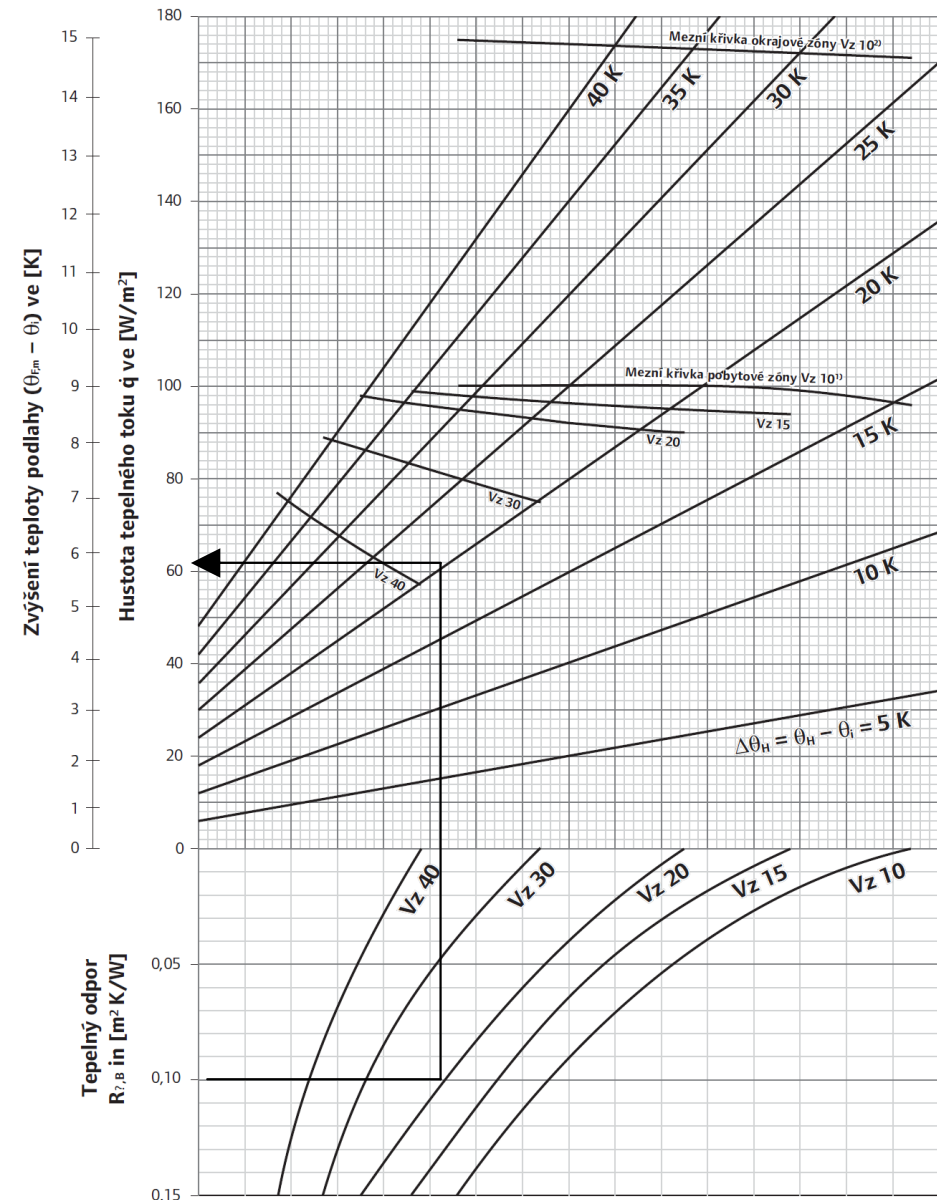
- **mokrý způsob** - betonová zálivka
- **suchý způsob** - desky

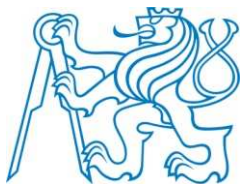




Velkoplošné sálavé vytápění

- měrný výkon závisí:
 - teplotě teplotonosné látky
 - rozteči trubek
 - tloušťce (odporu) mazaniny
 - tepelném odporu krytiny
 - (průměru trubek)
- omezení u podlahového vytápění
 - teplota podlahy $< 29\text{ °C}$
($> 19\text{ °C}$)
 - regulační odezva – setrvačnost
otopné plochy





Reflexní fólie

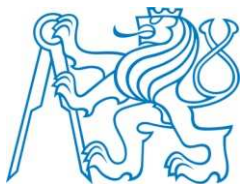
„Hybridní reflexní fólie 3 cm izoluje lépe než 25 cm minerální vlny“ (!?!)



reflexní fólie **nemá smysl** v kontaktní skladbě jakékoli konstrukce

nízká emisivita povrchů omezuje přestup sáláním mezi dvěma povrchy, pokud se povrchy dotýkají, vliv na snížení tepelného toku je eliminován

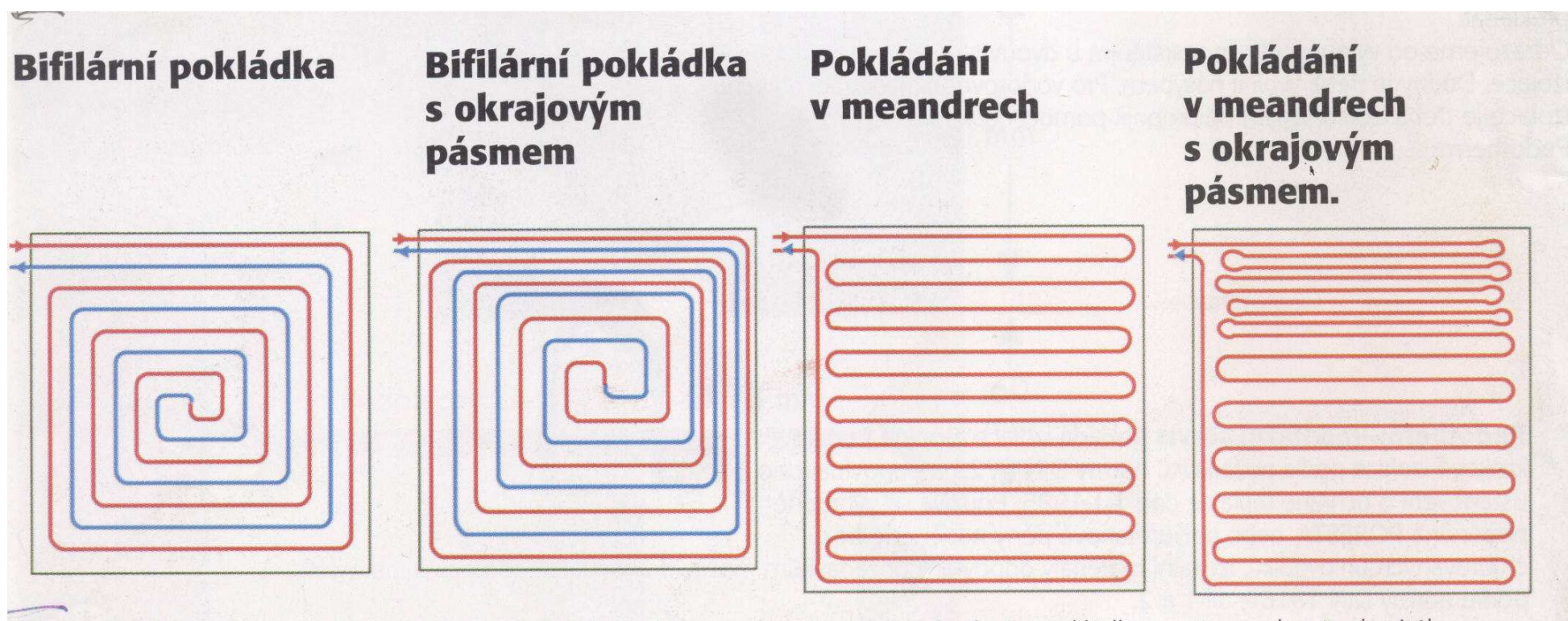
prokázala měření ČVUT, viz Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění, GRADA 2010

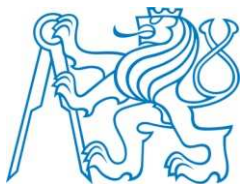


Velkoplošné sálavé vytápění

Podlahové vytápění

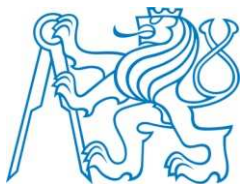
Stěnové vytápění



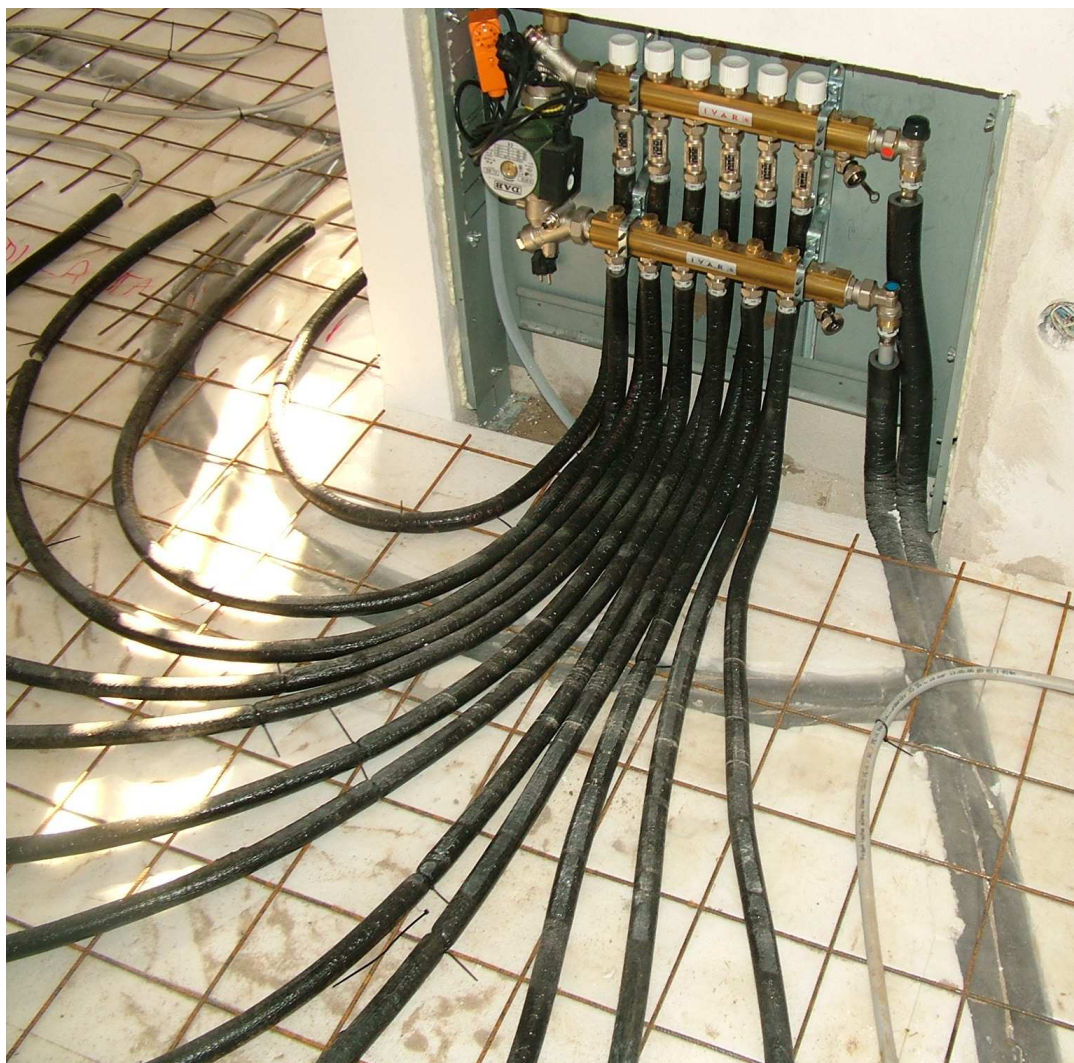


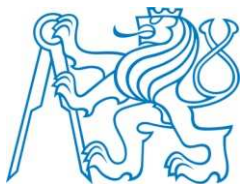
Velkoplošné sálavé vytápění





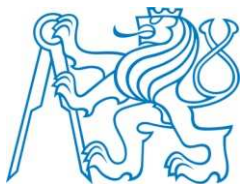
Připojení na rozdělovač



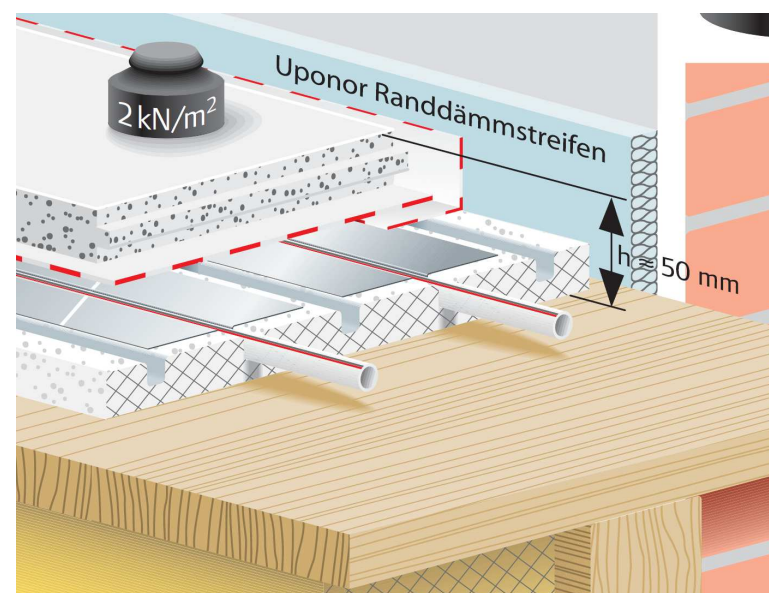
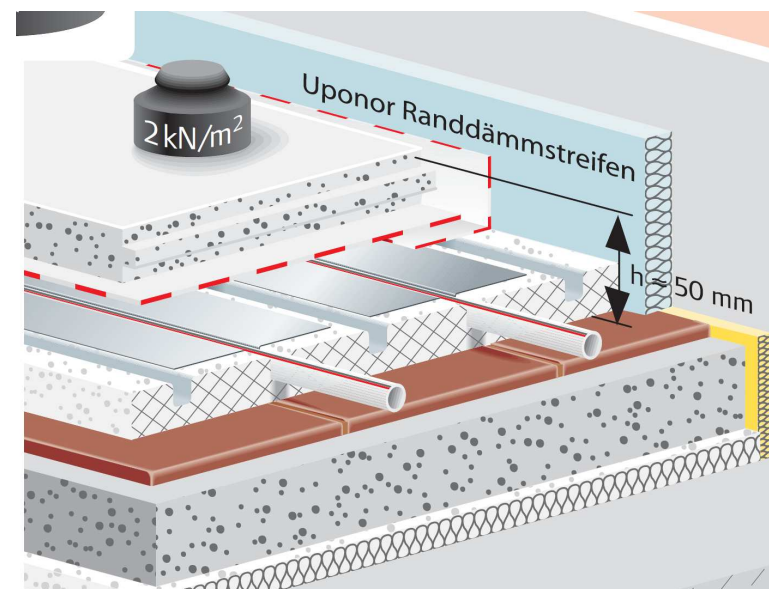


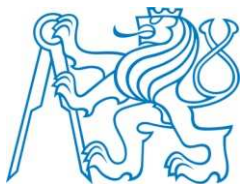
Teplovodní nízkoteplotní vytápění



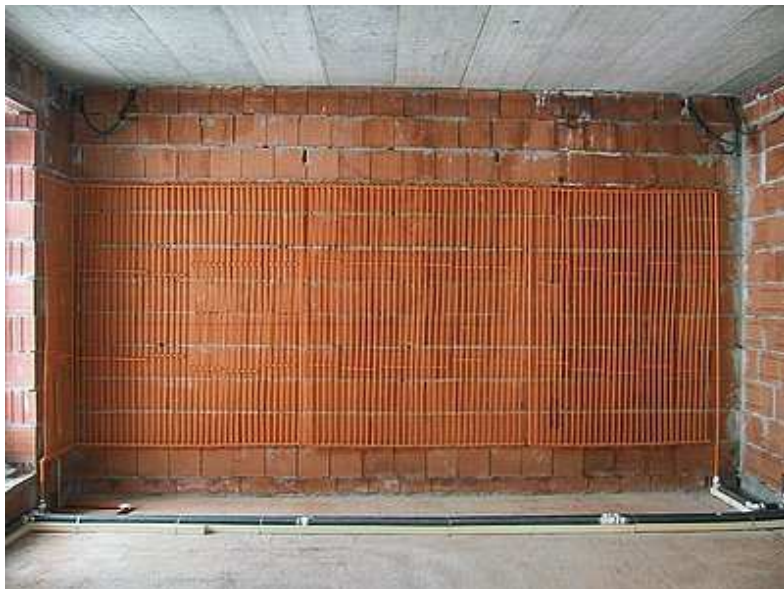


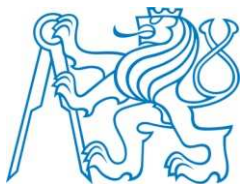
Podlahové vytápění - suchý systém





Stěnové vytápění – mokrý systém

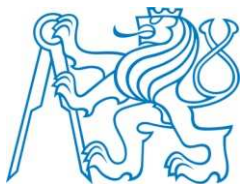




Stěnové vytápění - suchý systém



teplosměná kovová lamela – zvýšení (zrovnoměrnění) tepelného toku
finální vrstva: sádkartón



Kapilární rohože

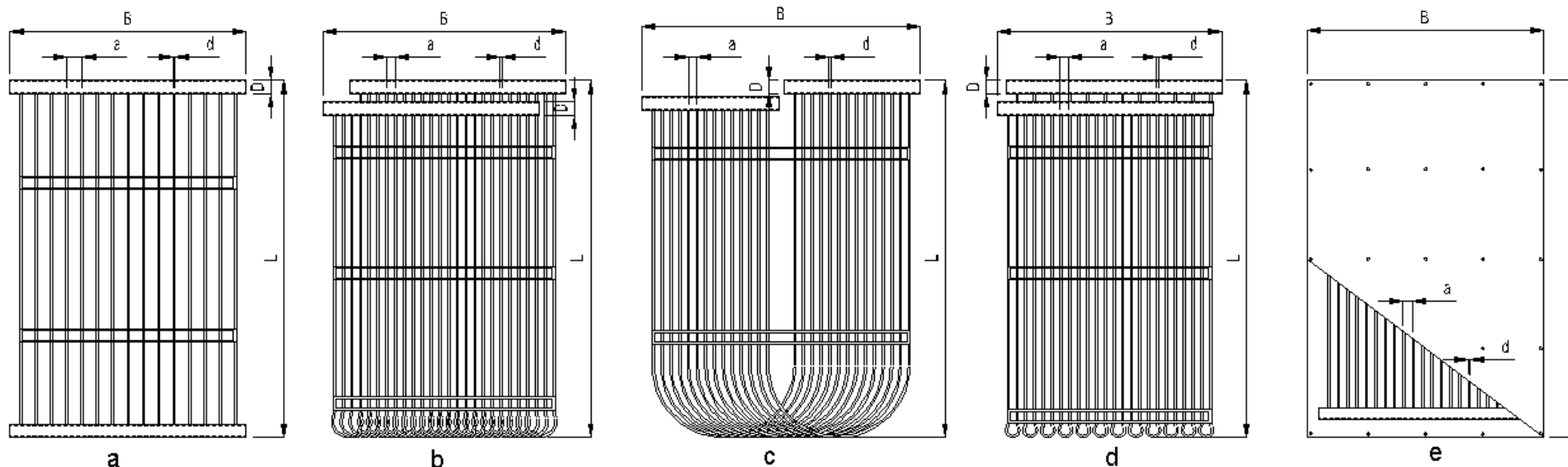


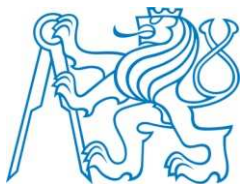
materiál PP-R (random polypropylen)

průměr kapilár 3,5 mm

tloušťka omítek 10 až 15 mm, rychlá regulační odezva

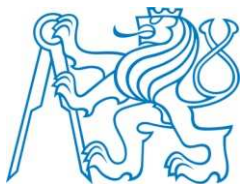
rozteče 10 až 30 mm, délky až 6 m





Kapilární rohože

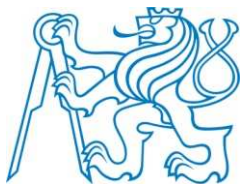




Stropní panely



stropní segmenty
tepelně izolované

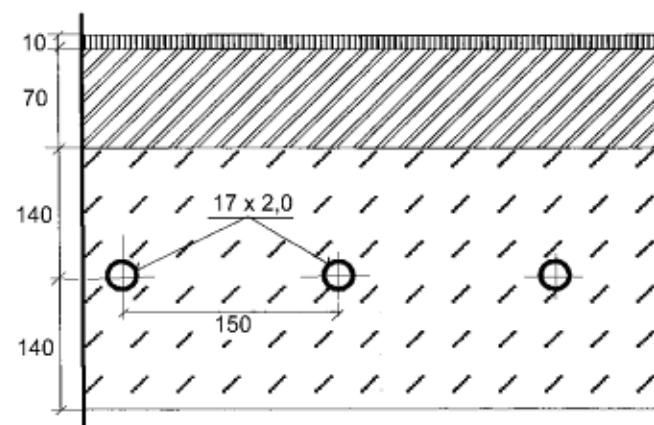
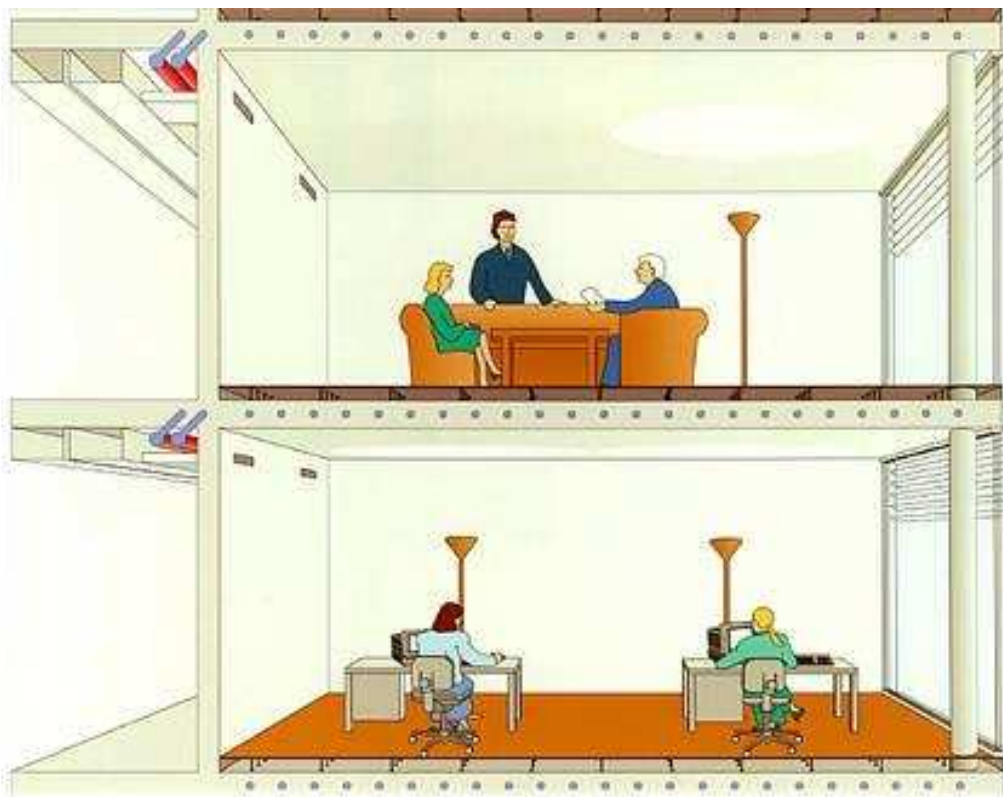


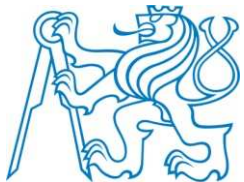
Aktivace betonového jádra

využití akumulační schopnosti betonového jádra

nízkoteplotní vytápění/ vysokoteplotní chlazení

pokládka trubek v průběhu **hrubé** stavby





Aktivace betonového jádra (NTK)



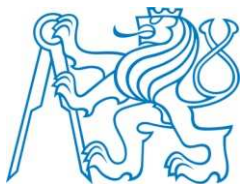
velkoplošné vytápění a chlazení

využití akumulace „nočního“ chladu



Systémy přípravy teplé vody

- požadavky
- legionella
- systémy (zásobníkový, průtočný)
- zpětné získávání tepla

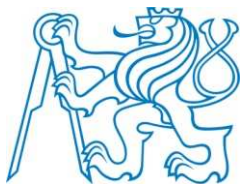


Požadavky na teplou vodu

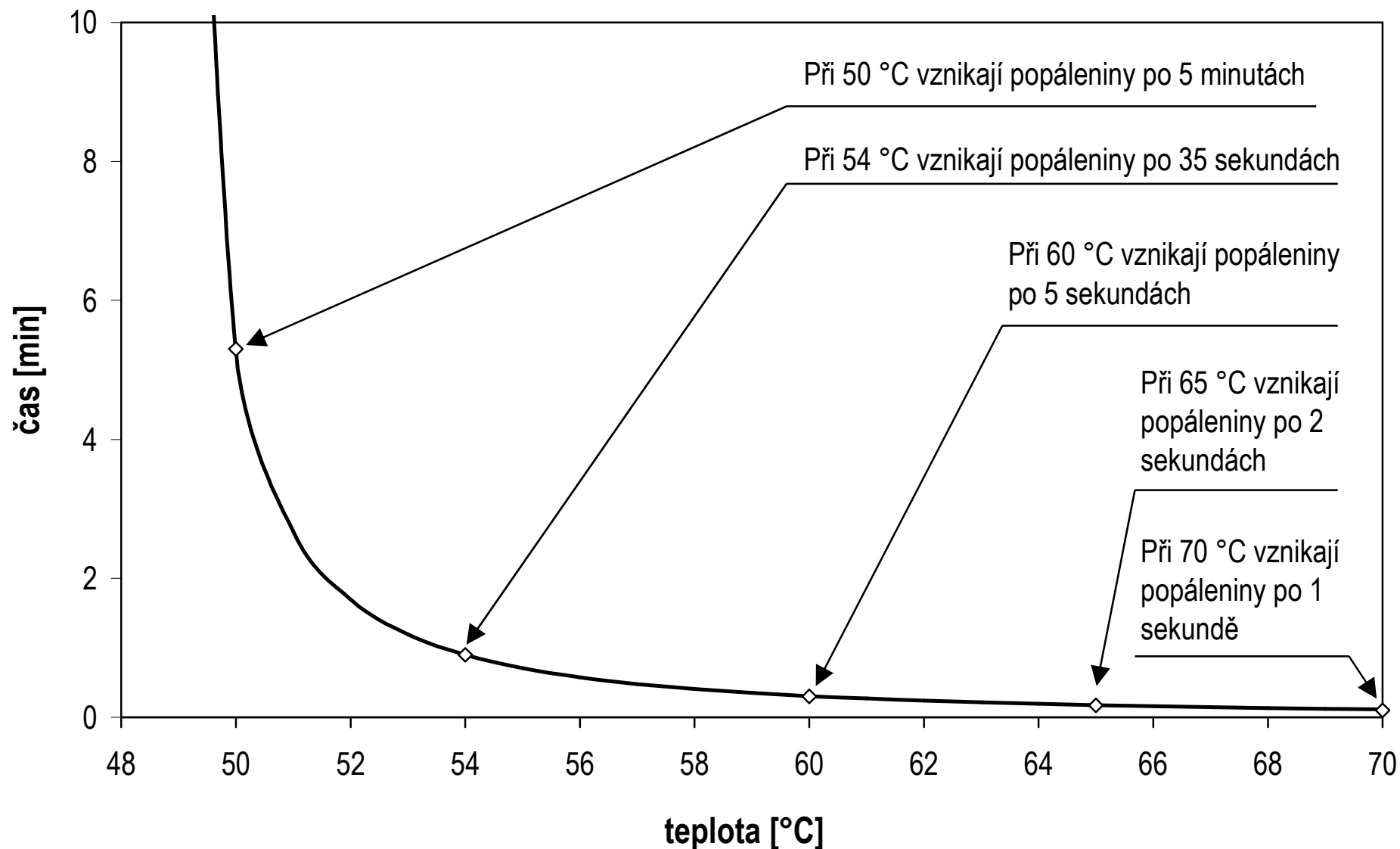
■ teplota

- vyhláška č. 194/2007 Sb.
- teplota na výtoku 45 až 60 °C, ve špičce je možné snížit

Odběrové místo	Spotřeba TV	Požadovaná teplota	Spotřeba TV při 60 °C
Dřez	10 až 20 l	50 °C	8 až 16 l
Vana	130 až 180 l	40 °C	80 až 108 l
Sprcha	30 až 50 l	37 °C	16 až 27 l
Umyvadlo	10 až 15 l	37 °C	5 až 8 l
Mytí rukou	2 až 5 l	37 °C	1 až 3 l



Požadavky na teplou vodu





Požadavky na teplou vodu

- **hygienické požadavky**
 - vyhláška 252/2004 Sb.
 - příprava z pitné vody
 - hygienická nezávadnost
 - hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti



Požadavky na teplou vodu

- **Legionella pneumophila - rizika**
 - teploty 30 až 45 °C
 - hydraulicky nevyvážený systém rozvodu (podprůtoky)
 - dlouhodobá stagnace vody (zásobníky, velké průměry potrubí)
 - tvorba aerosolů (sprchy)
 - nevhodné materiály podporující růst biofilmu
 - korozivní usazeniny, inkrusty, sedimenty v zásobnících





Požadavky na teplou vodu

- **Legionella pneumophila - desinfekce**
 - **termická** - nárazové nebo kontinuální přehřívání objemu celého rozvodu od zdroje přípravy teplé vody po koncové prvky
 - teploty nad 60 °C, např. při 70 °C postačuje 5 min zdržení.

- **netermická** - použití ozónu, chlórdioxidu, UV záření
- vysoká účinnost bez vlivu na kvalitu vody
- starší rozsáhlé sítě rozvodu TV s často neznámými zaslepenými větvemi - chemická desinfekce neúčinná



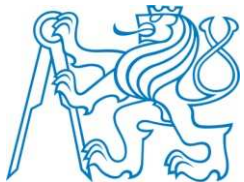
Teplá voda

- **průtoková příprava**

- hygienické řešení
- potřeba vysokého výkonu, předimenzovaný zdroj pouze kvůli přípravě teplé vody

- **zásobníkový ohřev**

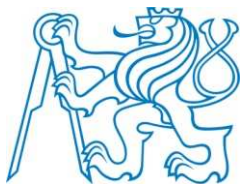
- nízký výkon, souvislost s velikostí zásobníku
- riziko: kaly, legionella, tvorba plynů



Teplá voda

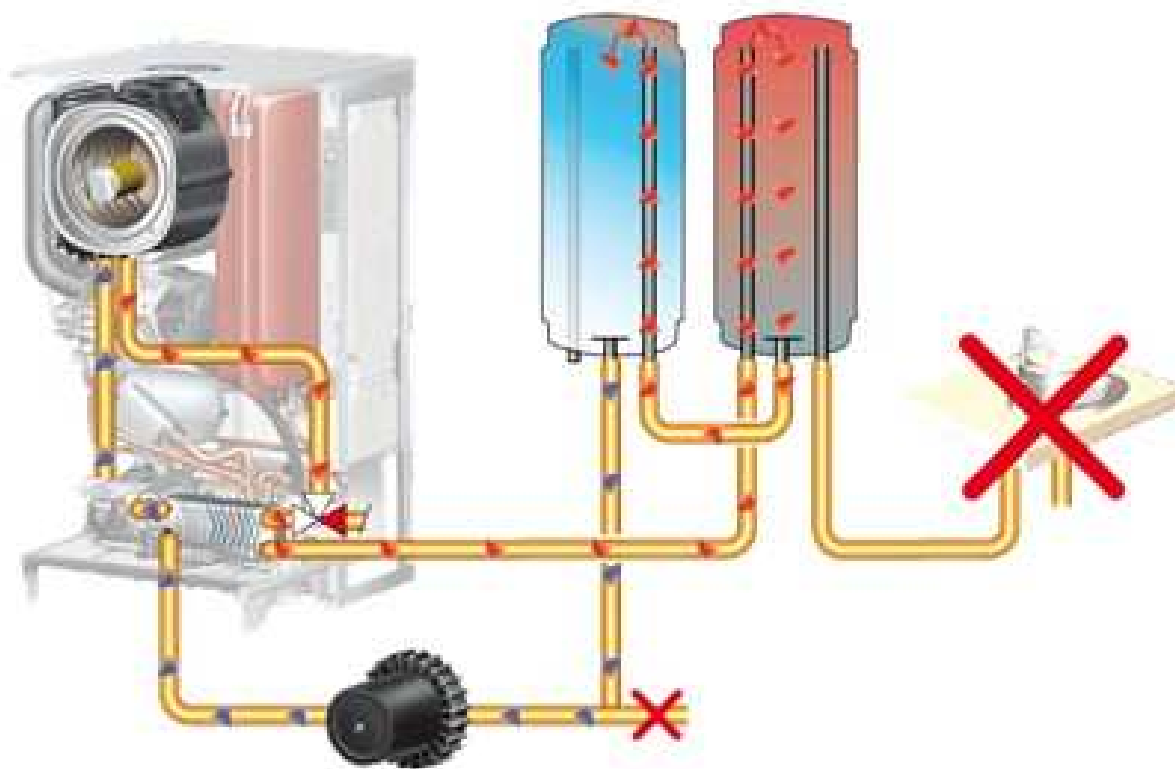
- **průtokový ohřev na výtoku**
 - lokální průtokový ohříváč (elektrický, plynový)
- **akumulační decentrální ohřev v bytech**
 - elektrické ohříváče 1,5 kW / 160 l, plynový kotel 10 kW se zásobníkem 40 l





Teplá voda

dělený zásobník TV



Doba dohřevu je méně než 5 minut !

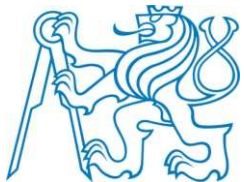


**TIGER CONDENS
25 KKZ 42**



**Kotel 25 kW a
zásobník 150 l**

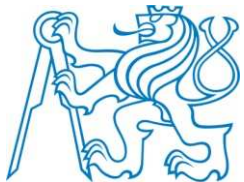




Teplá voda

- **průtokový ohřev domě**
 - výměníková stanice
- **akumulační centrální ohřev v domě**
 - kotelna se zásobníkem

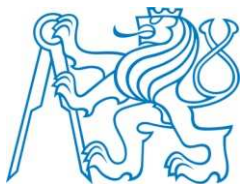




Teplá voda

- **centrální příprava v blokové výměňkové stanici nebo blokové kotelně**
 - čtyřtrubkový rozvod
 - vysoké tepelné ztráty





Tepelné ztráty přípravy 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

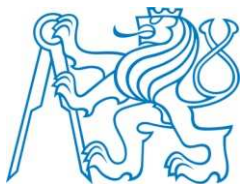


Tepelné ztráty zásobníků

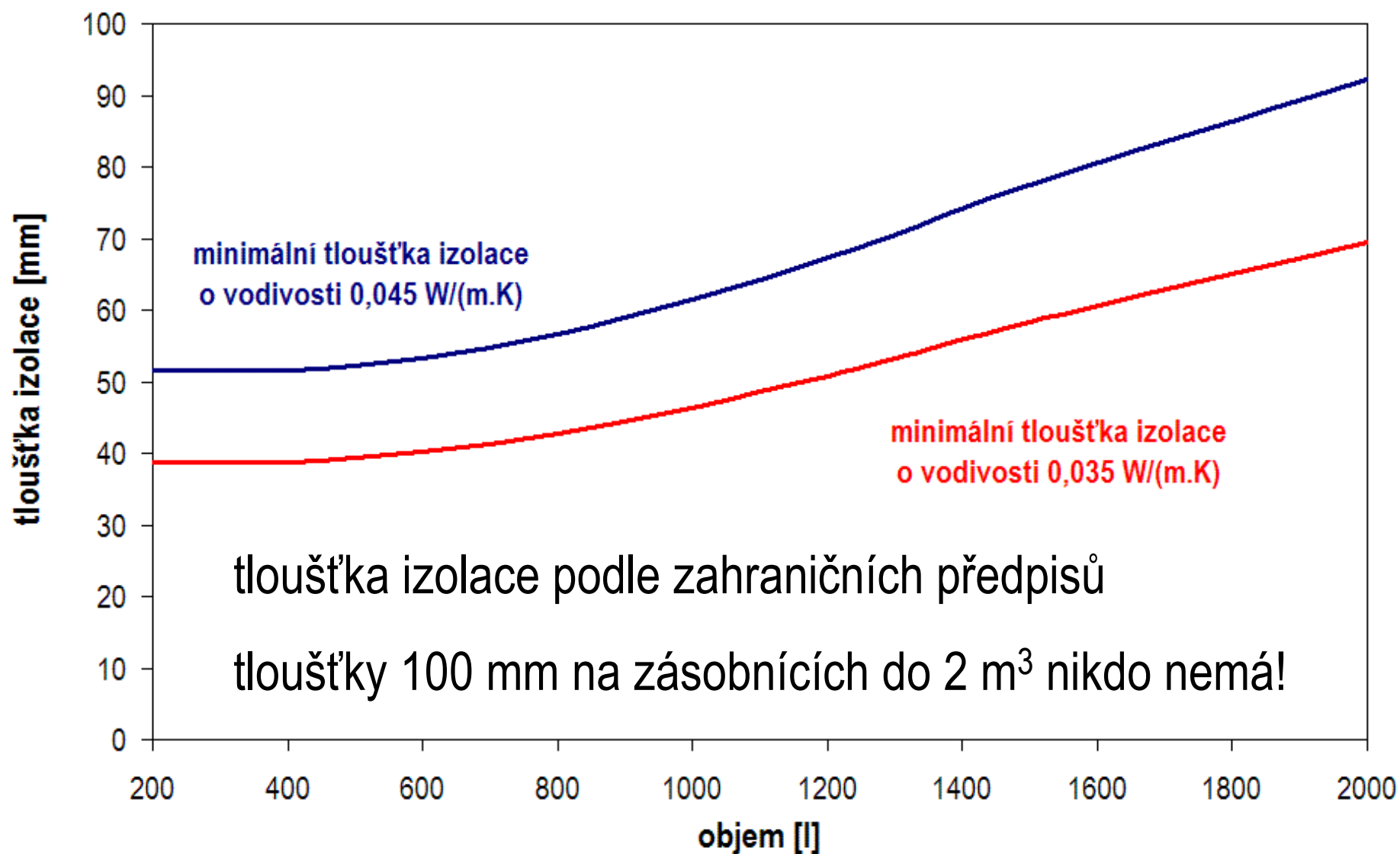
- **vyhláška 193/2007 Sb**

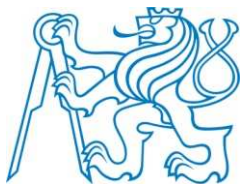
- zásobníky teplé vody – požadovaná tloušťka 100 mm při $\lambda_{iz} = 0,045$ W/(m.K) nebo adekvátní tepelné vodivosti použitého izolačního materiálu;
- zásobníky tepla – požadovaná tloušťka 100 mm při $\lambda_{iz} = 0,04$ W/(m.K) nebo $U \leq 0,3$ W/(m².K);
- dlouhodobé zásobníky tepla – požadavek na provedení optimalizačního výpočtu.

velmi přísné !



Tepelné ztráty zásobníků



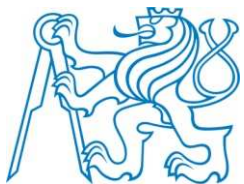


Tepelné ztráty zásobníků

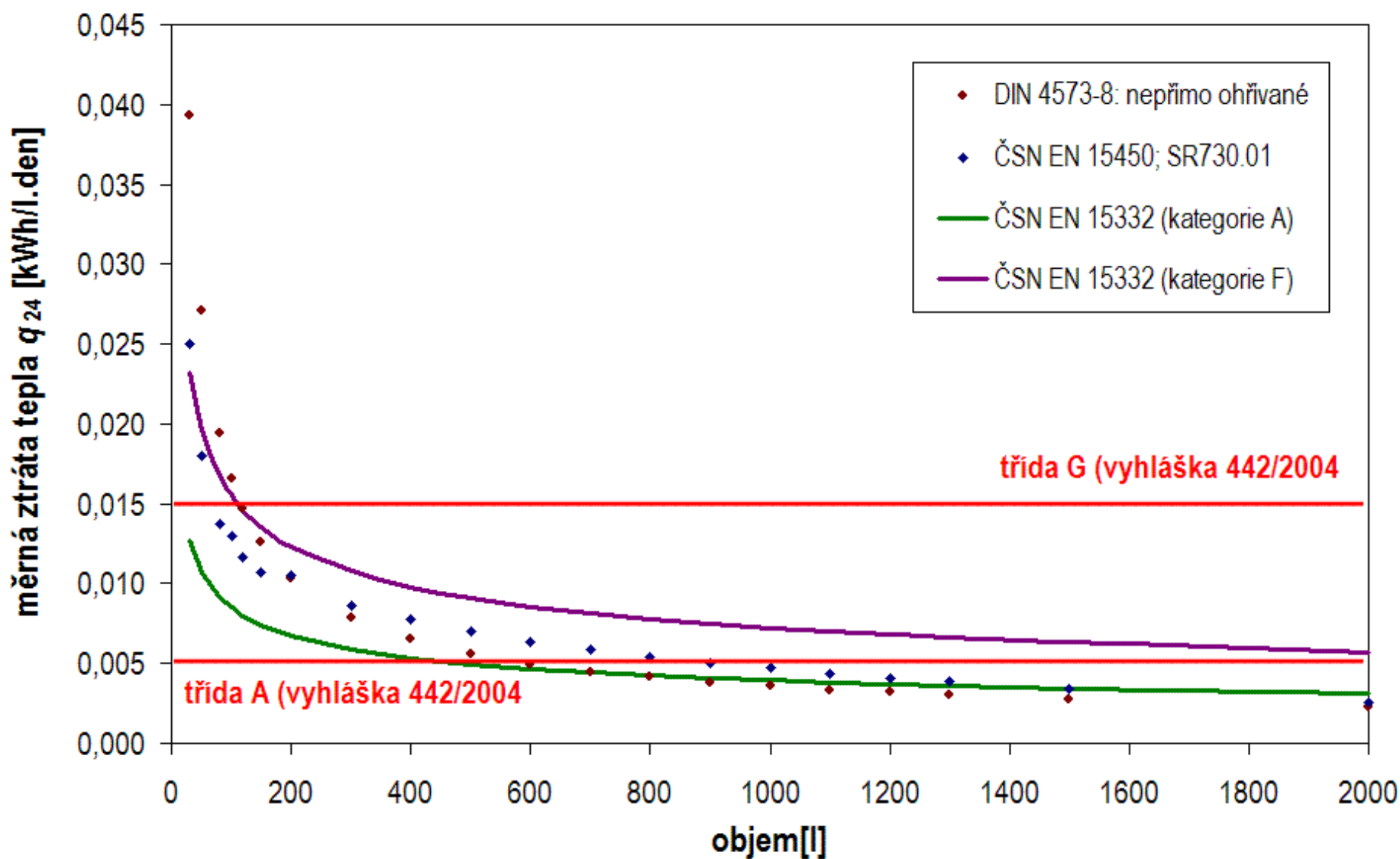
- vyhláška 442/2004 Sb
 - Příloha č. 7 - Elektrické ohřívače vody
 - q_{24} : denní ztráta tepla (65-20 °C) vztažená k objemu
 - používá se pro zásobníky obecně

Třída energetické účinnosti	A	B	C	D	E	F	G
Denní měrná ztráta tepla q_{24} [Wh/(l.den)]	< 5	5 – 7	7 – 9	9 – 11	11 – 13	13 – 15	>15

velmi přísné !



Tepelné ztráty zásobníků





Zpětné získávání tepla

- **centrální**

- před vstupem studené vody do centrální přípravy teplé vody (např. zásobníku) a zvyšuje její teplotu;

- **decentrální**

- umístěno přímo u zařizovacího předmětu (sprcha, umyvadlo)
- provoz pouze v případě aktivního použití teplé vody pro průdehřev studené do zařizovacího předmětu



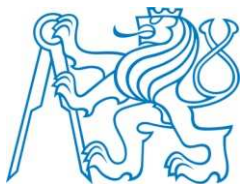
Zpětné získávání tepla

■ průtočný

- odtékající odpadní vodou je přes teplosměnnou plochu přímo ohřívána přiváděná studená voda vstupující do baterie nebo do přípravy teplé vody
- výměník pod sprchou, trubkový měděný výměník obtočený kolem svodného kanalizačního potrubí

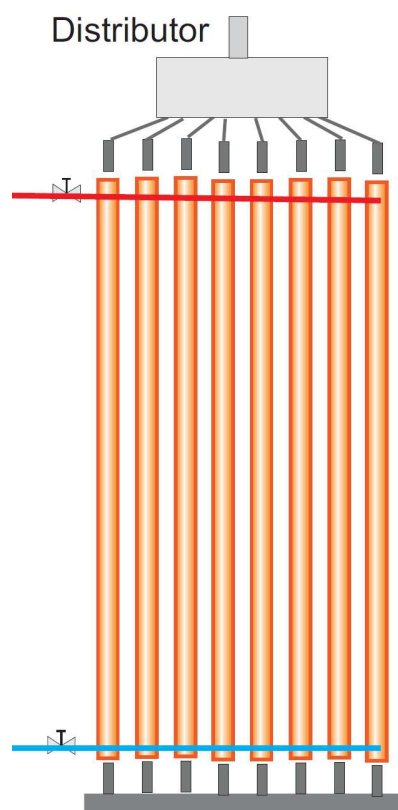
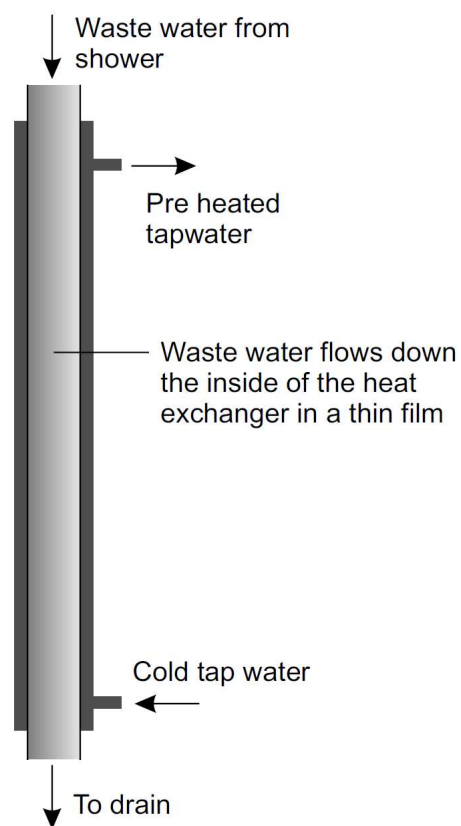
■ akumulční

- centrální zásobník, ve kterém se odpadní voda zdrží po dobu, kdy dochází k odčerpání tepla
- rekuperačním výměníkem, tepelné čerpadlo
- pro větší budovy s dostatečným množstvím odpadní vody

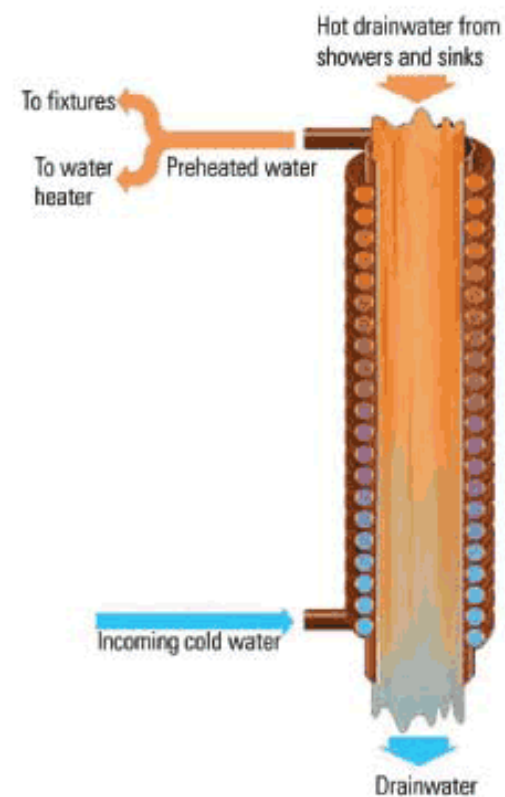


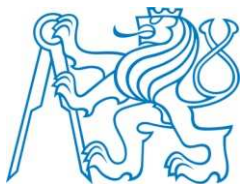
Zpětné získávání tepla

trubka v trubce

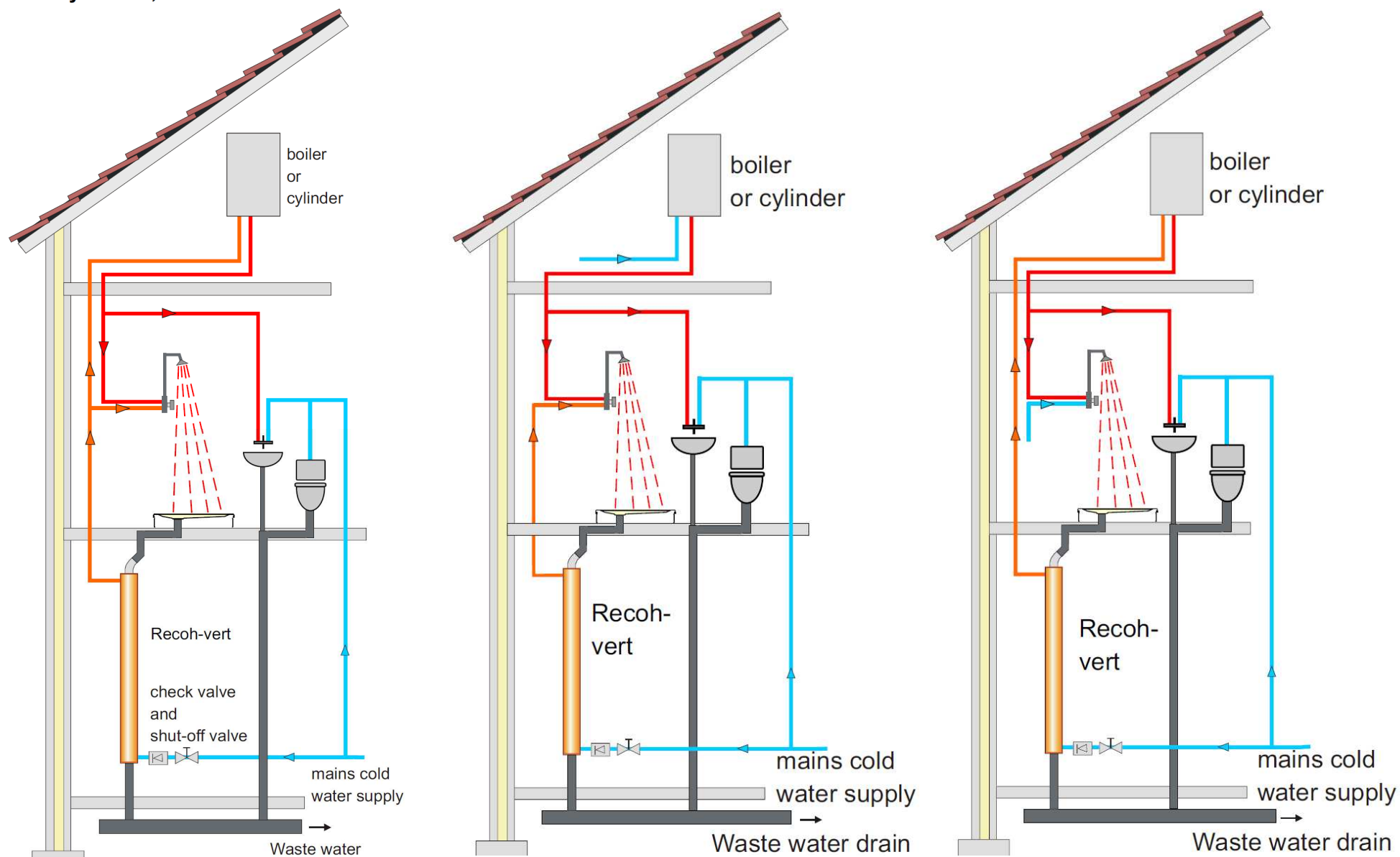


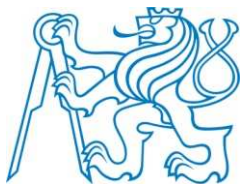
spirála okolo odpadního potrubí



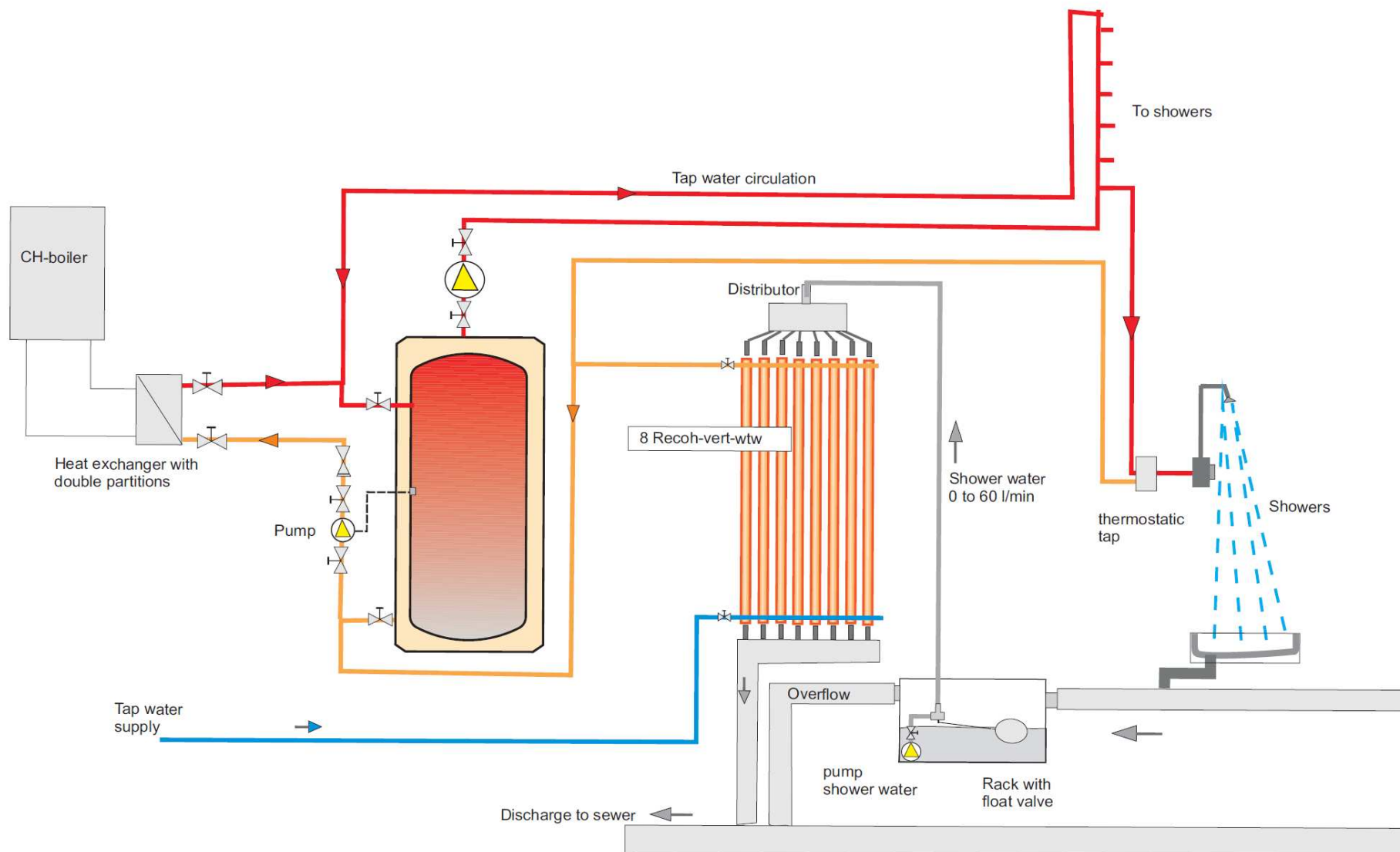


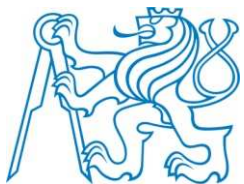
Zpětné získávání tepla





Zpětné získávání tepla

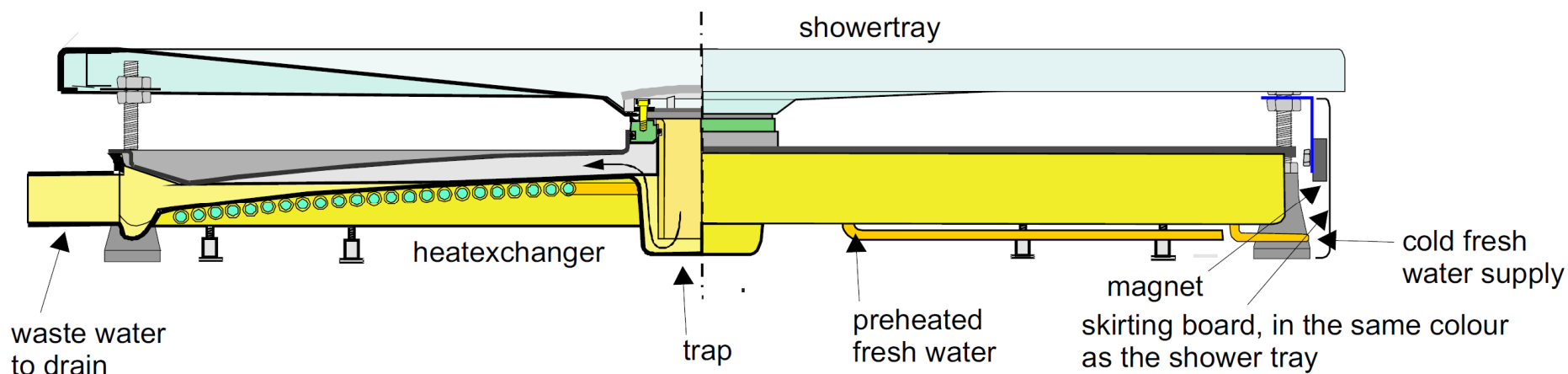


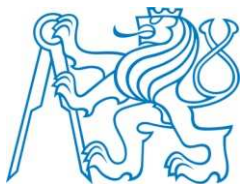


Zpětné získávání tepla

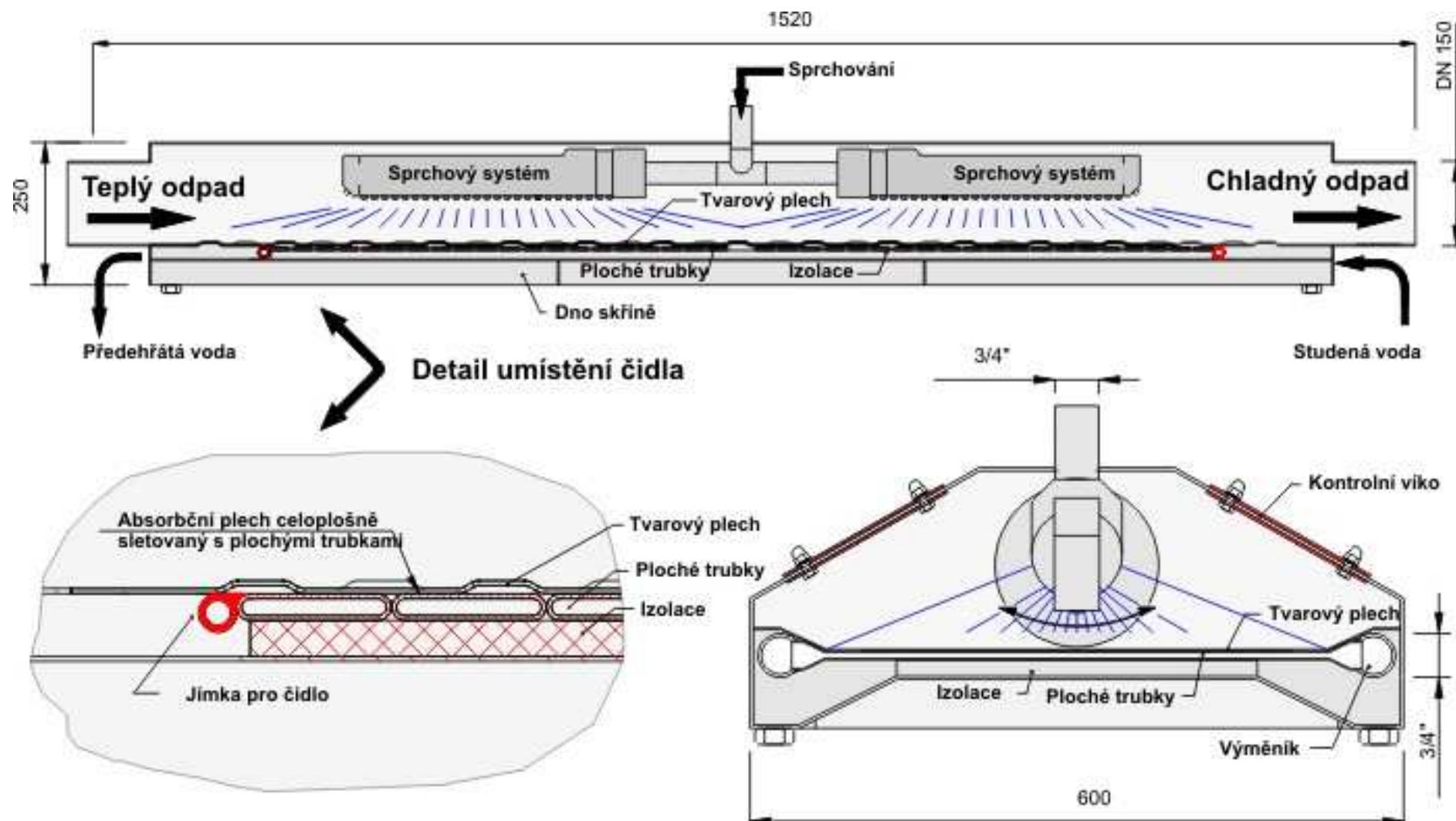
výměník pod sprchový kout

odpadní voda teče po kovovém
plátu tepelně spojeném s
výměníkem protékaném
studenou vodou



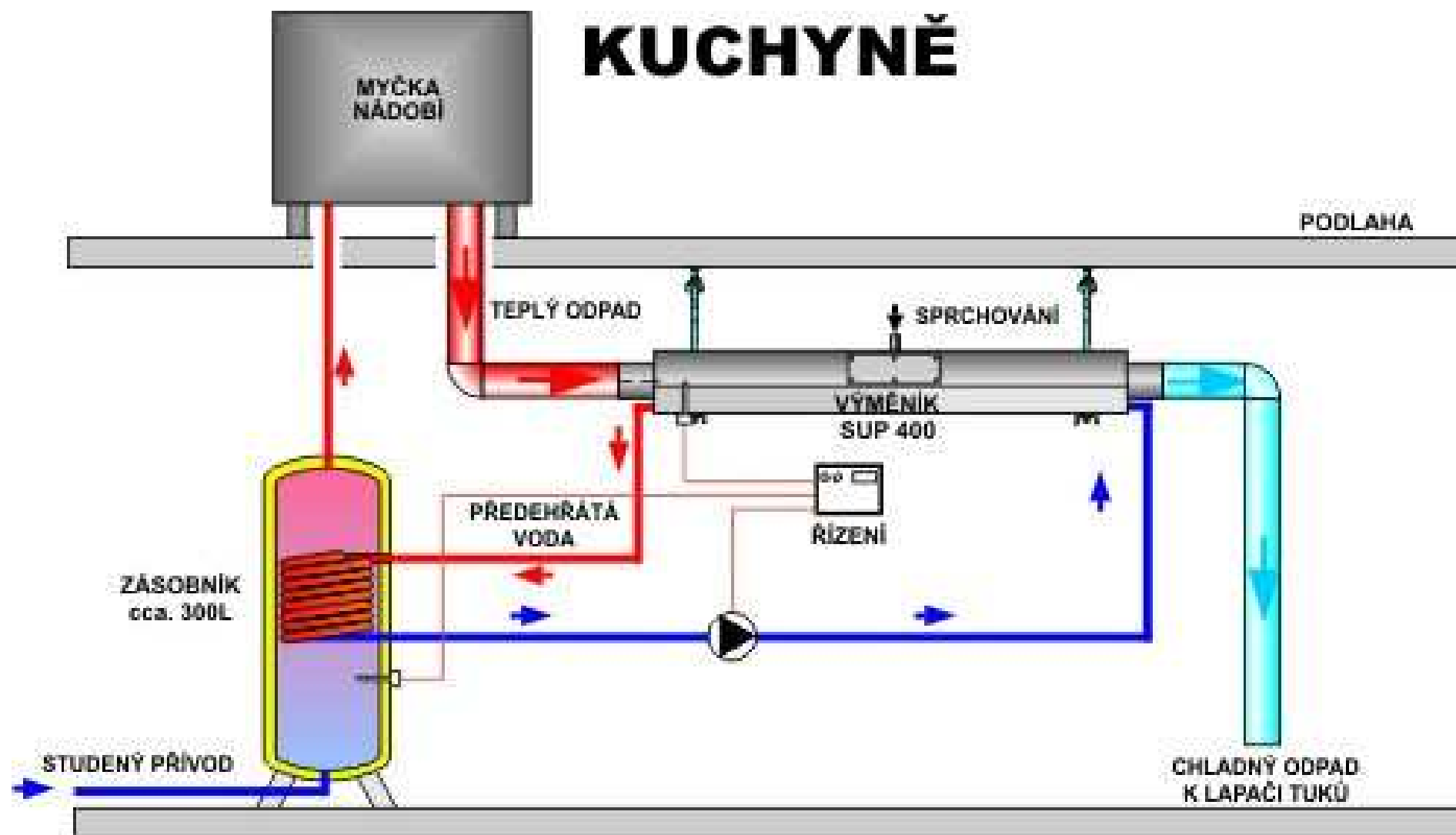


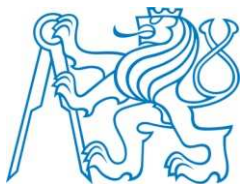
Zpětné získávání tepla





Zpětné získávání tepla





Zpětné získávání tepla



3,4 l/min

1,67 kW

29 %

1,6 l/min

1,52 kW

54 %

0,8 l/min

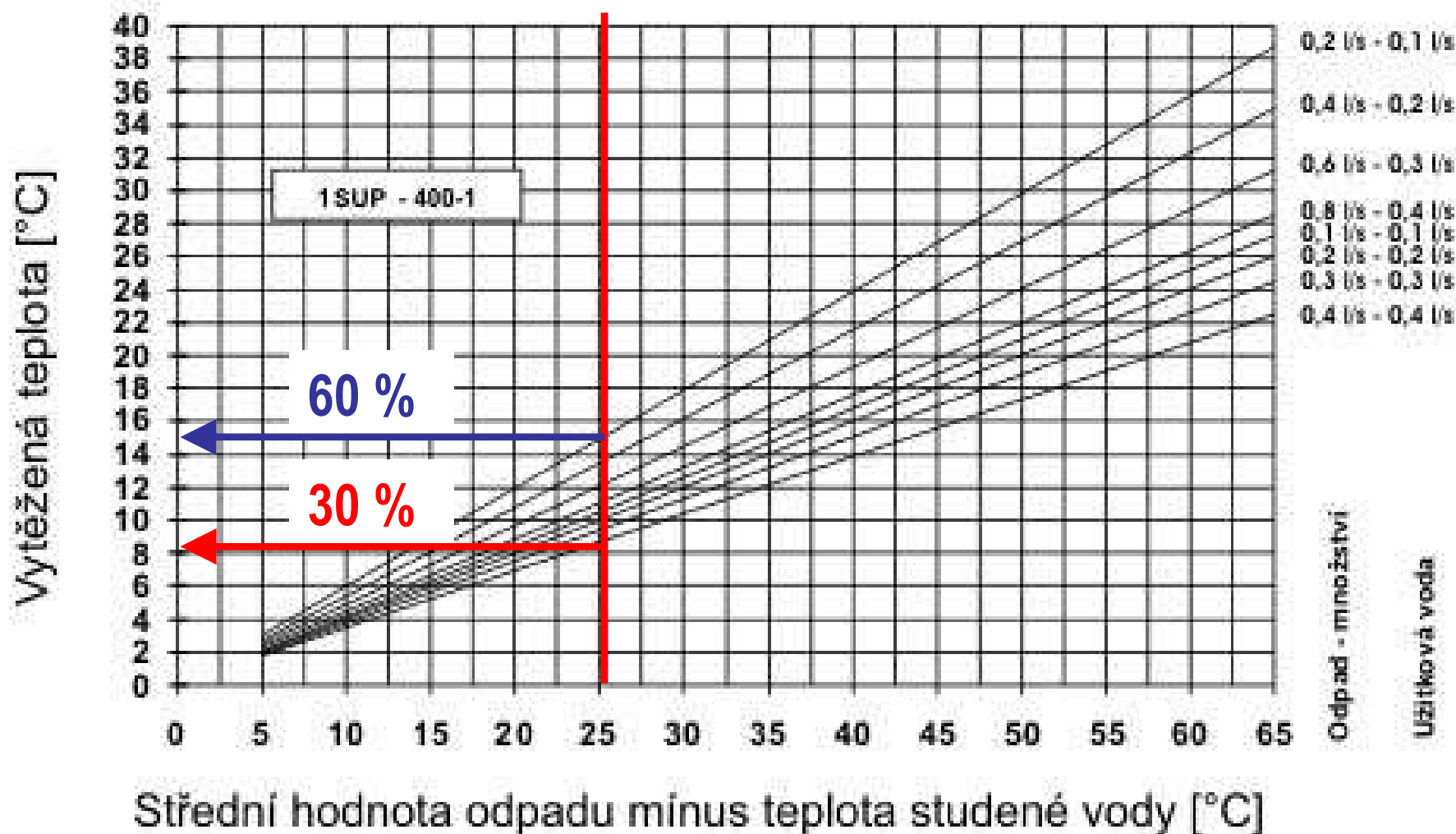
1,03 kW

74 %

M. Kabrhel, 2012



Zpětné získávání tepla



odpadní voda 35 °C



Pomocná energie

- pohon technických soustav
- analýza
- roční potřeby pro RD



Pomocná elektrická energie

- **pohon technických soustav**

- oběhová čerpadla
- ventilátory
- dopravníky (paliva – pelety)
- pohony regulačních prvků



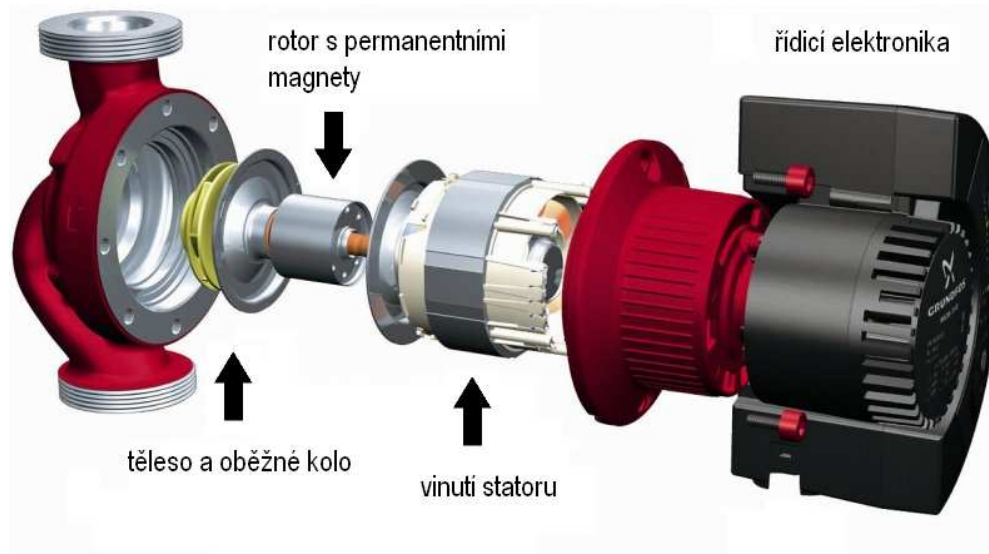
- **proč se tím zabývat?**

- studie v rámci programu SAVE II: malá oběhová čerpadla (do 250 W) v systémech vytápění spotřebují ročně 40 TWh
- regulace průtoku převážně škrcením
- použití čerpadel s řízenými otáčkami: 25 až 80 % úspor



Pomocná elektrická energie

- **správný návrh**
 - adekvátní prvek z hlediska dopravovaného průtoku a tlakové ztráty
 - pracovní bod v oblasti maximální účinnosti
 - účinná konstrukce pohonů (EC motory, permanentní magnety)
 - účinnost běžných oběhových čerpadel do 50 W: ~ 10-15 %
 - vhodná regulace průtoku (zásadní vliv na příkon): proměnné otáčky



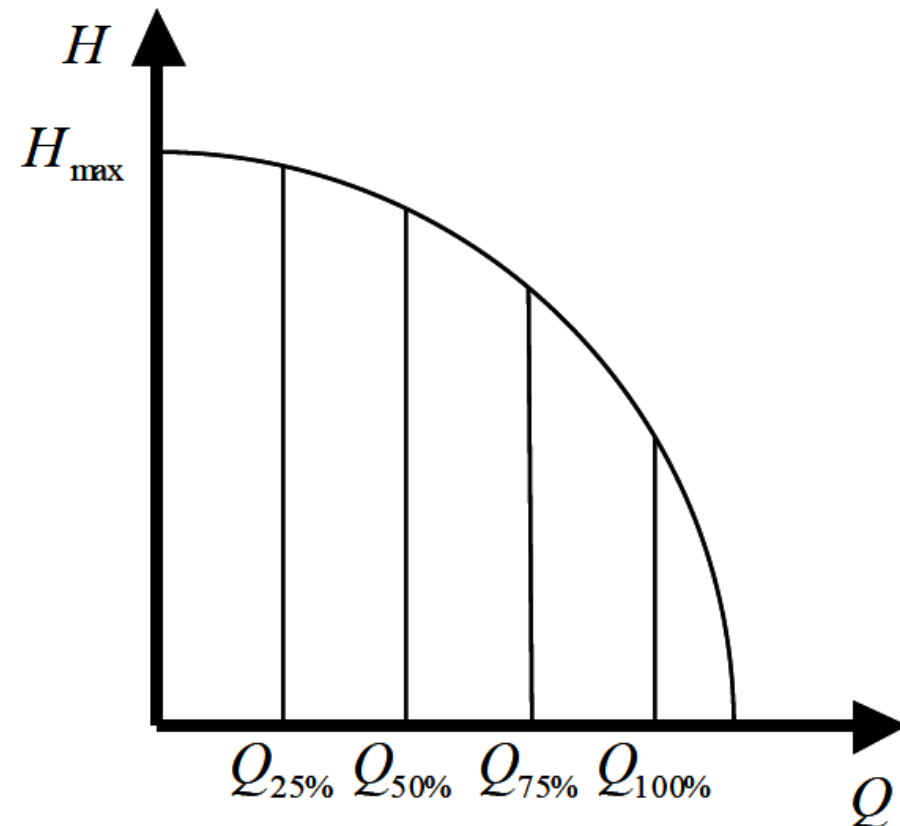


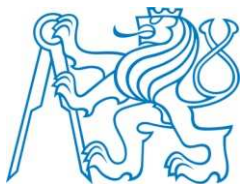
Pomocná elektrická energie

EEI = Energy efficiency index

$$EEI = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}}$$

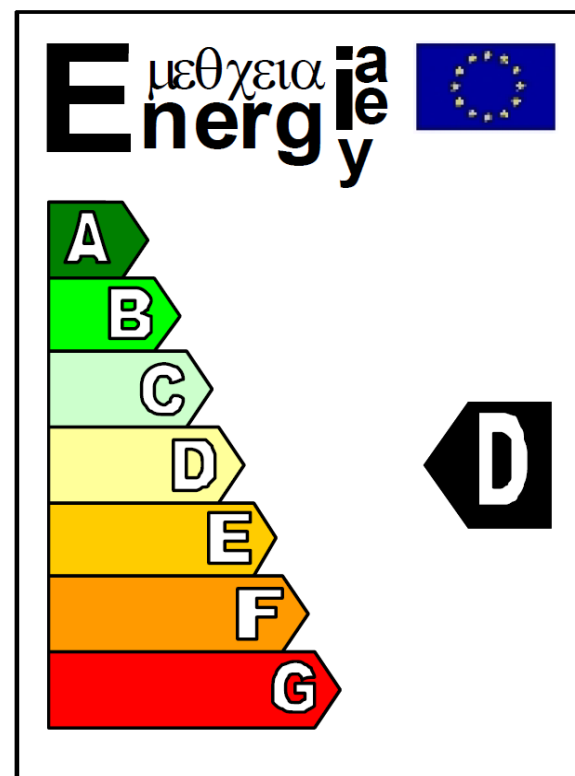
Flow [%]	Time [%]
100	6
75	15
50	35
25	44





Pomocná elektrická energie

Class	Energy Efficiency Index (EEI)
A	$EEI < 0.40$
B	$0.40 \leq EEI < 0.60$
C	$0.60 \leq EEI < 0.80$
D	$0.80 \leq EEI < 1.00$
E	$1.00 \leq EEI < 1.20$
F	$1.20 \leq EEI < 1.40$
G	$1.40 \leq EEI$



Nařízení o ekodesignu EC 641/2009:

od 1.1.2003 všechna oběhová čerpadla $EEI < 0,27$

od 1.1.2005 všechna oběhová čerpadla $EEI < 0,23$



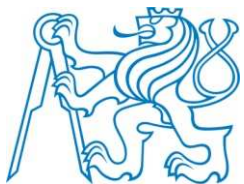
Analýza pro rodinný dům

■ pasivní dům

- objem 460 m³, vytápěná podlahová plocha 176 m²
- tepelná ztráta 2,8 kW (-12 °C), 19,4 kWh/(m².rok)
- nucené větrání
- vytápění: teplovzdušné x teplovodní

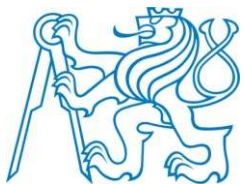
■ analýza různých možností návrhu

- teplotní spád teplonosné vody (5 K, 15 K)
- provozní intenzita větrání: 25 m³/(h.os), 45 m³/(h.os)
- běžné prvky / úsporné prvky (čerpadla, ventilátory)

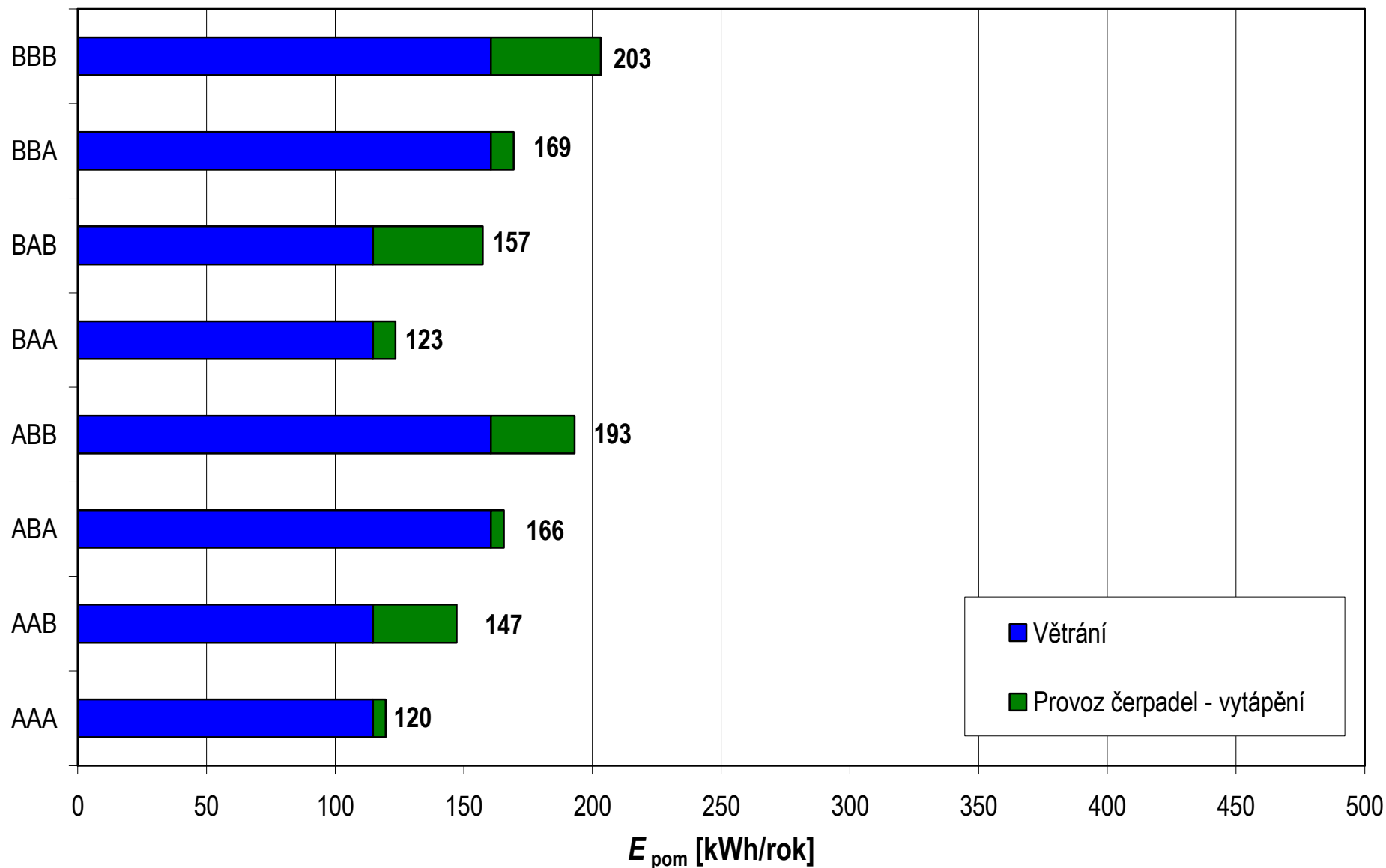


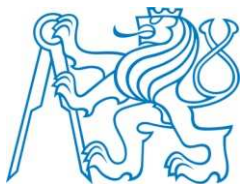
Teplovodní vytápění + větrání se ZZT

Varianta	teplotní spád vytápění °C	průtok vytápění l/h	příkon čerpadel W	průtok větrání m ³ /h	příkon VZT W
AAA	45 / 30	160	4	100	25
AAB	45 / 30	160	26	100	25
ABA	45 / 30	160	4	180	63
ABB	45 / 30	160	26	180	63
BAA	45 / 40	480	7	100	25
BAB	45 / 40	480	34	100	25
BBA	45 / 40	480	7	180	63
BBB	45 / 40	480	34	180	63



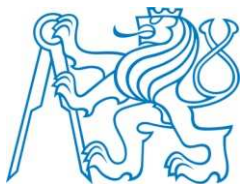
Teplovodní vytápění + větrání se ZZT



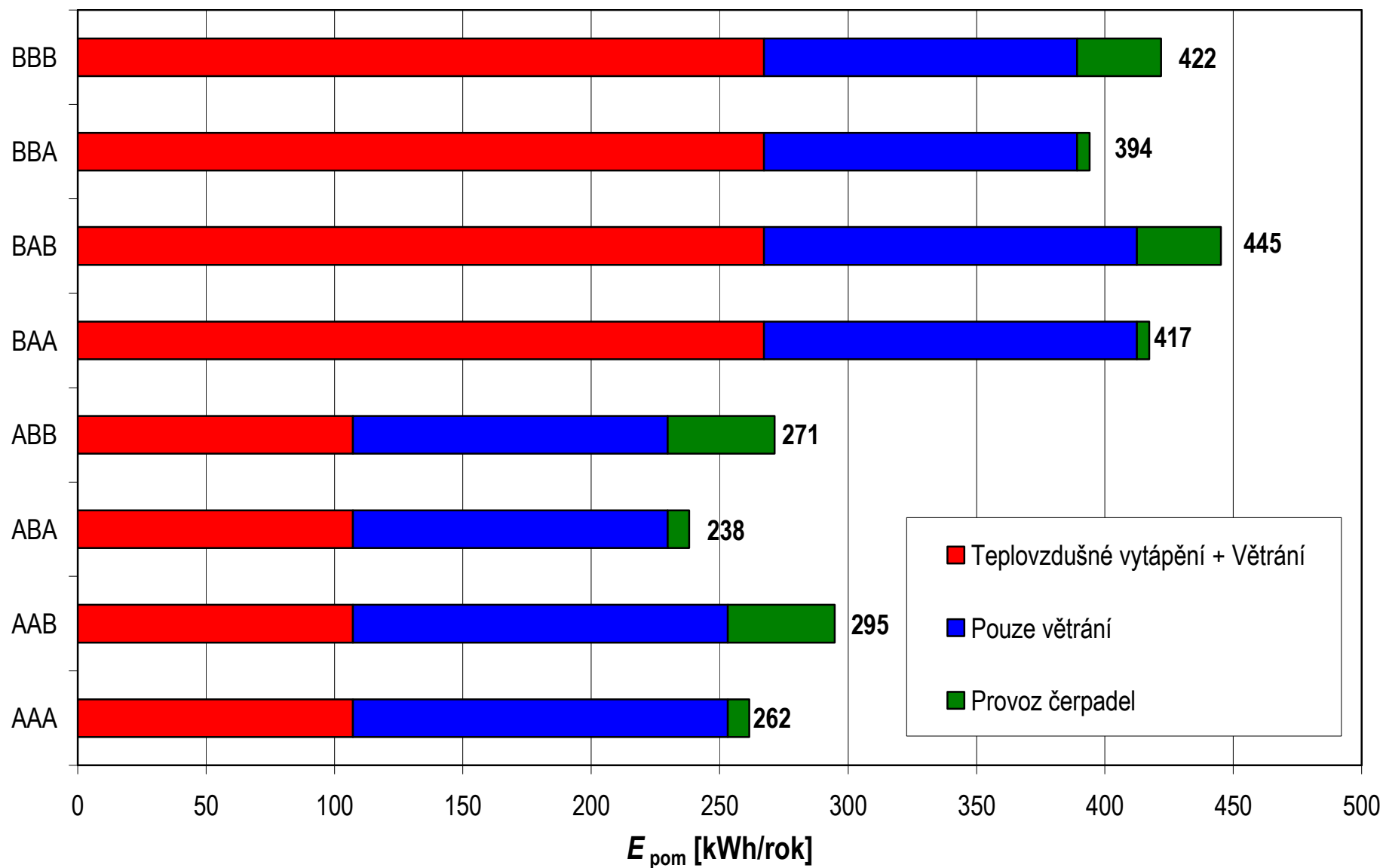


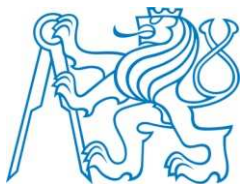
Teplovzdušné vytápění + větrání se ZZT

Varianta	teplotní spád VZT °C	průtok vzduch vytápění m³/h	průtok větrání m³/h	příkon VZT vytápění/větrá ní W	příkon VZT větrání W	teplotní spád OV °C	příkon čerpací el W
AAA	43 / 20	315	100	90	43	48 / 44	7
AAB	43 / 20	315	100	90	43	48 / 44	35
ABA	43 / 20	315	180	90	65	48 / 44	7
ABB	43 / 20	315	180	90	65	48 / 44	35
BAA	33 / 20	540	100	221	43	48 / 36	4
BAB	33 / 20	540	100	221	43	48 / 36	27
BBA	33 / 20	540	180	221	65	48 / 36	4
BBB	33 / 20	540	180	221	65	48 / 36	27



Teplovzdušné vytápění + větrání se ZZT





Pomocná elektrická energie

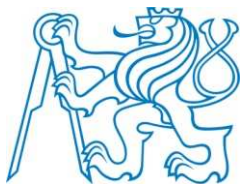
	TNI 73 0329 [kWh/rok]	Vypočtené hodnoty [kWh/rok]
Teplovodní vytápění, přirozené větrání	100	5 – 43
Teplovodní vytápění, nucené větrání s rekuperací	400	120 – 200
Teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla	800	240 – 450



**penaltové
hodnoty**



**úsporné
pohony**



Konference Alternativní zdroje energie

Úvod
 Porvání
 Obecné informace
 Hlavní témata
 Registrace účastníků
 Registrace abstraktů
 Zaslání příspěvků
 Přihláškové příspěvky
 Partneři konference
 Organizační výbor
 Sekretariát

Generální sponzor:

Sponzor

Konference Alternativní zdroje energie 2012
 s podtitulem
 Obnovitelné zdroje tepla a chladu pro budovy



10. až 12. července 2012, Kroměříž



Společnost pro techniku prostředí

Člen REHVA Člen ASHRAE
 Člen ČSVTS



10. – 12.7.2012

Solární a nulové domy

Solární vytápění a chlazení

Tepelná čerpadla a využití energie prostředí

Nízkoenergetické chlazení

Mikrokogenerace

Spalování biomasy ve zdrojích tepla pro budovy

Akumulace energie (teplo, chlad)

Kombinované systémy (teplo, chlad)

Počítačové simulace pro systémy AZE

<http://www.azecr.cz>



Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz

<http://www.fsid.cvut.cz/~matustom>