



04 – Příprava teplé vody

Roman Vavříčka

ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav techniky prostředí



Teplá voda vs. Vytápění

PŘÍKLAD: Rodinný dům – 4 osoby

VYTÁPĚNÍ – Celková tepelná ztráta – 8,5 kW

POTŘEBA TEPLA – ČSN EN ISO 13 790 – cca 18 900 kWh/a

TEPLÁ VODA – 40 l/osobu·den, z = 20 %

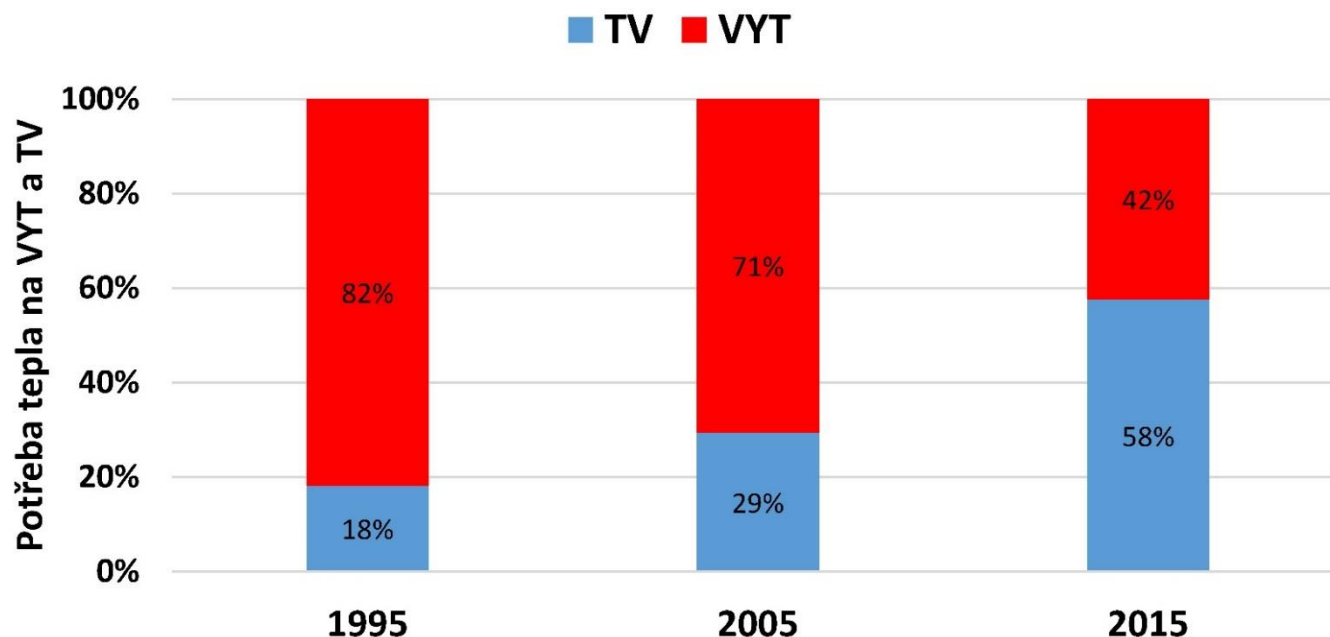
POTŘEBA TEPLA – cca 4 200 kWh/a

Celková potřeba tepla:

Rok 1995 – 23 100 kWh

Rok 2005 – 14 300 kWh

Rok 2015 – 7 300 kWh



Teplá voda je zdravotně nezávadná voda v kvalitě vody určené k lidské potřebě.

Teplá voda není určena k pití a vaření.

Teplá voda je určena k mytí, koupání, praní a umývání.

Přípravu teplé vody rozlišujeme:

- ✓ lokální
- ✓ centrální (nebo skupinová)
- ✓ ústřední

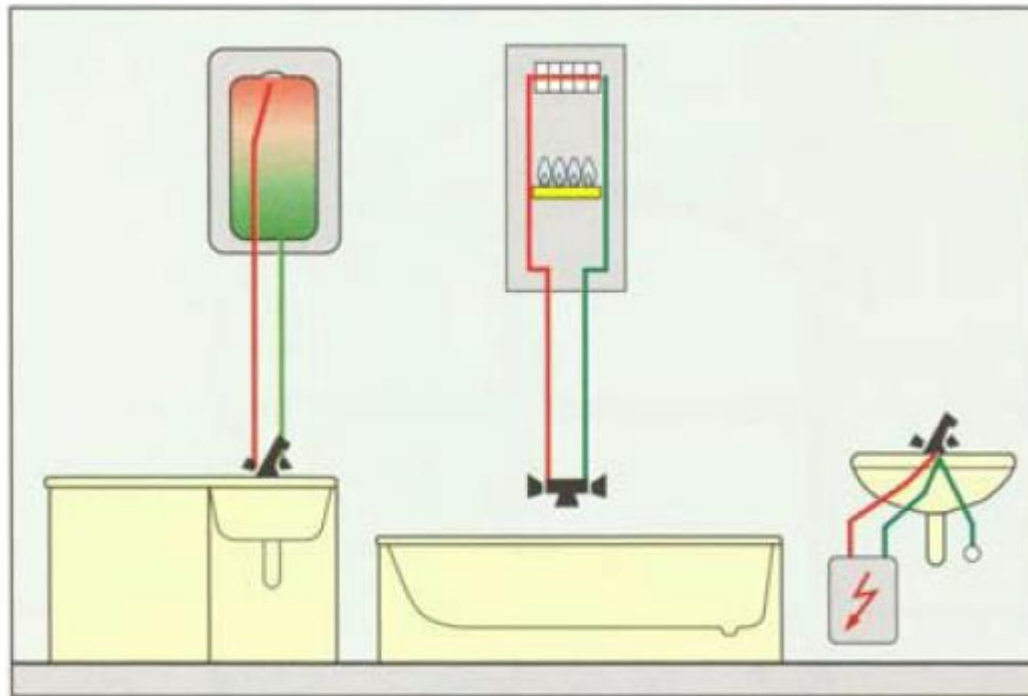
K hlavním ukazatelům jakosti vody pro ohřev patří:

- minimální KNK_{4,5} (kyselinová neutralizační kapacita), dána látkovým množstvím silné jednosytné kyseliny v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení hodnoty pH 4,5 (min. 0,8 mmol/l)
- hmotnostní koncentrace fosforečnanů (max. 6,7 mg/l PO₄)
- hodnota pH při teplotě 20 °C (max. 8,8)
- hmotnostní koncentrace chloridů (max. 150 mg/l pro litinu, měď a max. 100 mg/l pro pozinkovanou ocel)
- látková koncentrace vápníku a hořčíku a hmotnostní koncentrace CO₂

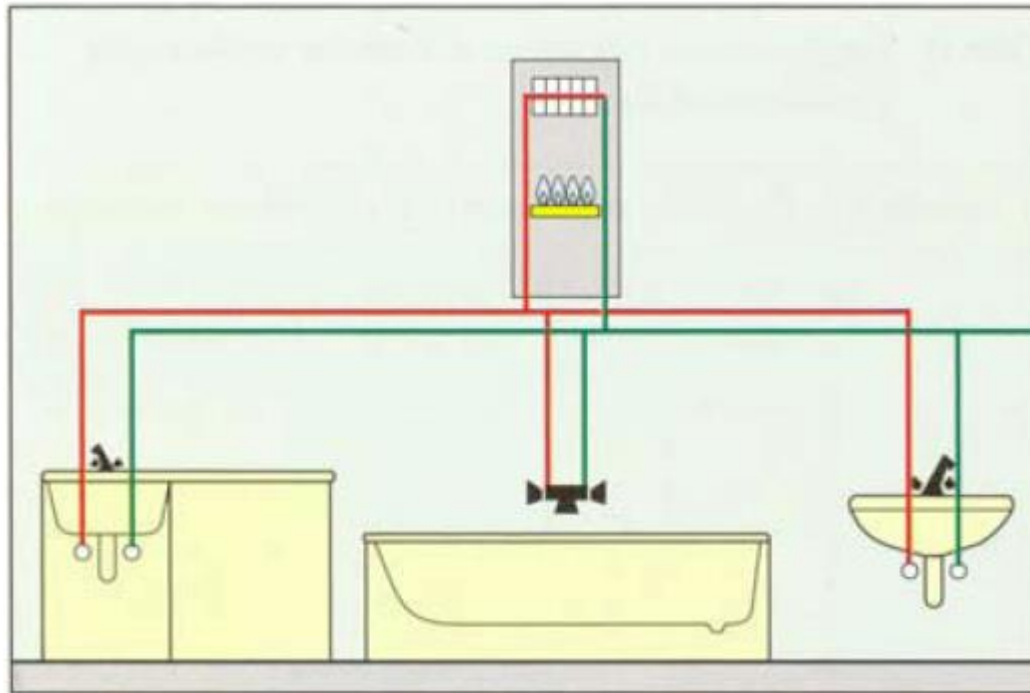
Bakterie Legionella pneumophila

- 1) Bakterie Legionella se v přírodě naprosto běžně vyskytují v povrchových vodách, jejich koncentrace jsou však zanedbatelné.
- 2) Podmínky pro množení těchto bakterií jsou kolem teplot od 35 do 42 °C, kde se koncentrace pohybují v miliónech bakterií na 1 litr vody.
- 3) Základním nástrojem pro boj s bakteriemi legionelly je v krátkodobém přehřívání teplé vody nad hranici 70 °C, kde dochází k úhynu bakterií během několika sekund (problém je, ale v návrhu zapojení rozvodů TV).
- 4) Dalšími způsoby jak odstranit bakterie legionelly jsou sterilizace UV zářením, chlorováním, filtrací a anodickou oxidací.

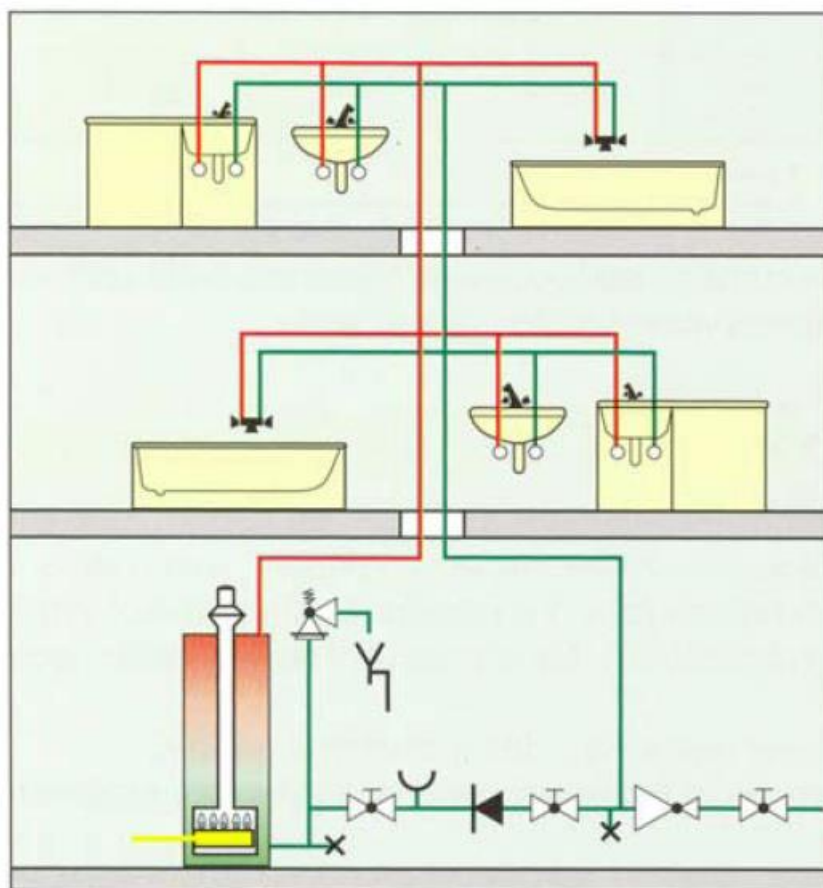
Každé odběrné místo je vybaveno vlastním ohříváčem.



Jeden zdroj tepla zásobuje několik odběrných míst.

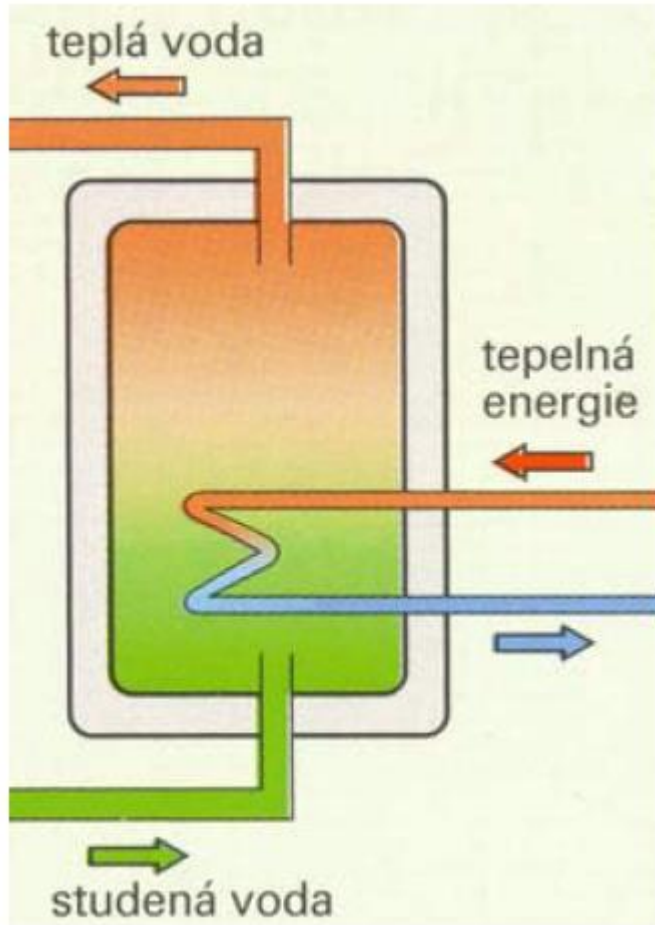


Zásobování všech odběrných míst v budově z jednoho ústředního ohřevu.

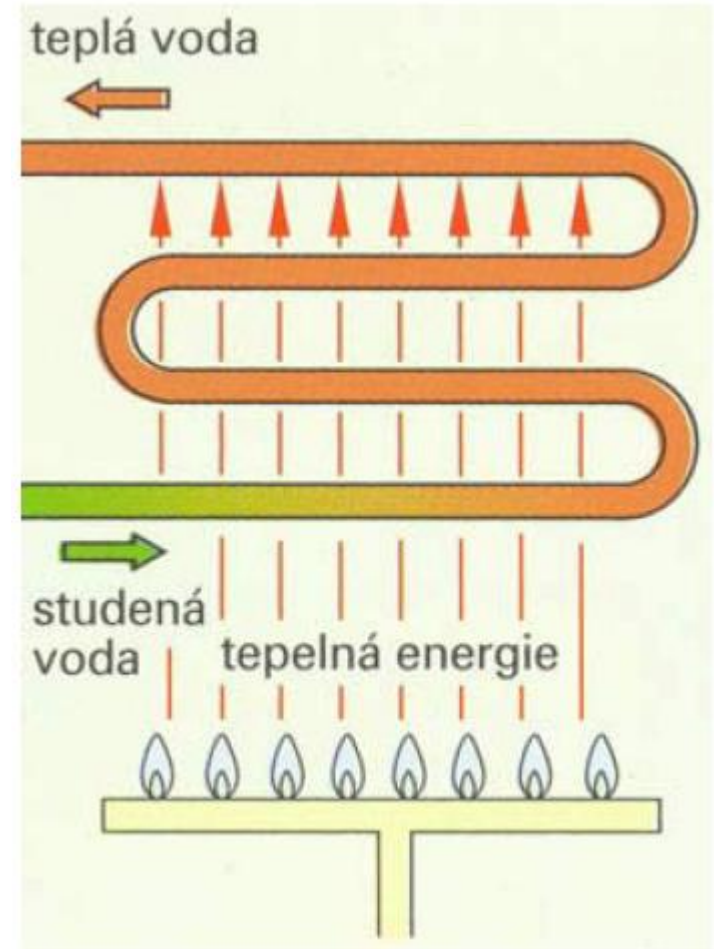


Způsoby ohřevu TV – typy ohřivačů

Zásobníkový

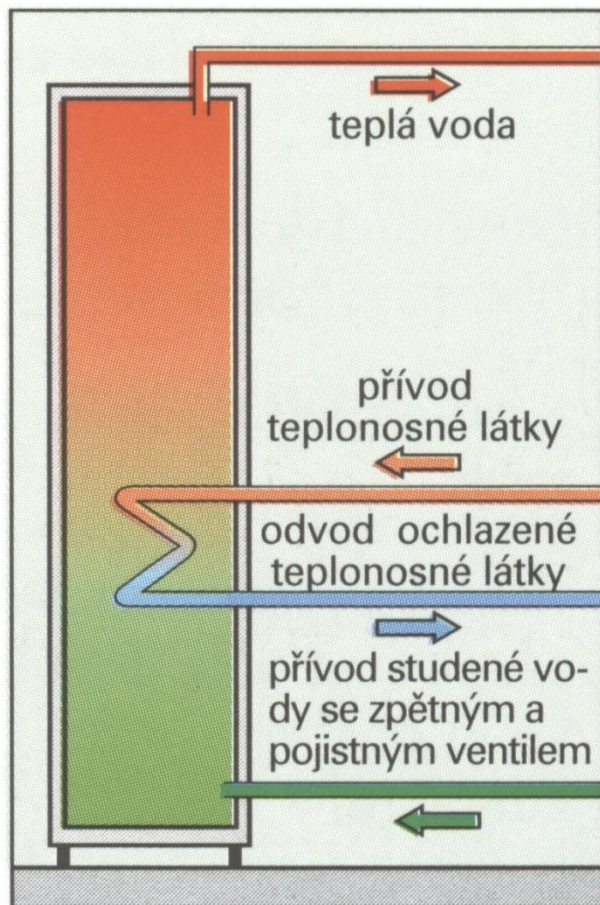


Průtokový

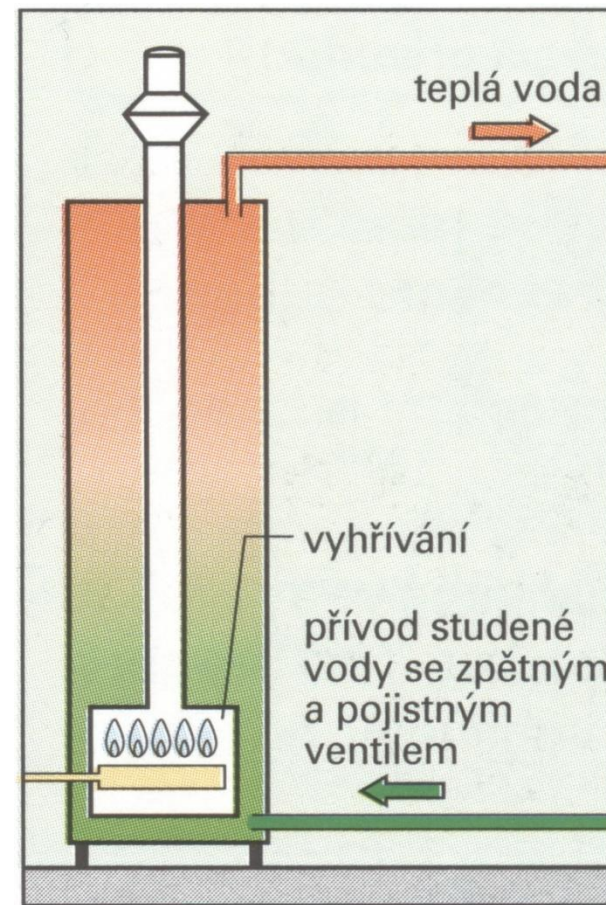


Způsoby ohřevu TV – typy ohřivačů

Nepřímý ohřev



Přímý ohřev



1. Potřeba teplé vody [$m^3/měrná\ jednotka \cdot perioda$]
2. Způsob odběru teplé vody [$V_{TV} = f(\tau) - profil\ odběru\ TV$]
3. Zdroj tepla [*teplotní úroveň, provoz*]
4. Způsob nabíjení zásobníku TV [*regulace, odběrová místa*]

Potřeba tepla dodaného ohřivačem TV

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) \cdot Q_{2t} = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000}$$

- Q_{2p} teplo dodané ohřivačem TV [kWh/den],
 Q_{2t} teplo pro ohřev vody [kWh/den],
 Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/den],
 z poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-],
 V_{2p} celková potřeba teplé vody [m³/den],
 ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],
 c měrná tepelná kapacita vody [J/(kg·K)],
 t_1 teplota studené vody [°C],
 t_2 teplota teplé vody [°C].

OBVYKLE !!!

1 Perioda = 24 hodin

Druh budovy	V_{2p} [m ³ /měrná jednotka·den]	Měrná jednotka
Rodinný dům	0,04 až 0,05	Osoba
Bytový dům	0,04	Osoba
Ubytovací zařízení	0,028	Lůžko
Restaurace	0,01 až 0,02	Jídlo
Administrativní budova	0,01 až 0,015	Osoba
Sportovní zařízení	0,1	Instalovaná sprcha
Průmyslový závod	0,03	Sprchová koupel

Potřeba tepla dodaného ohřivačem TV

Možnost A

$$Q_{2p,r} = Q_{2p} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{2p} \cdot \frac{(t_2 - t_{SV1})}{(t_2 - t_{SV2})} \cdot (N - d)$$

d počet dnů otopného období [den],

N počet pracovních dní soustavy TV (obvykle 365) [den]

t_{SV1} teplota studené vody v létě [°C],

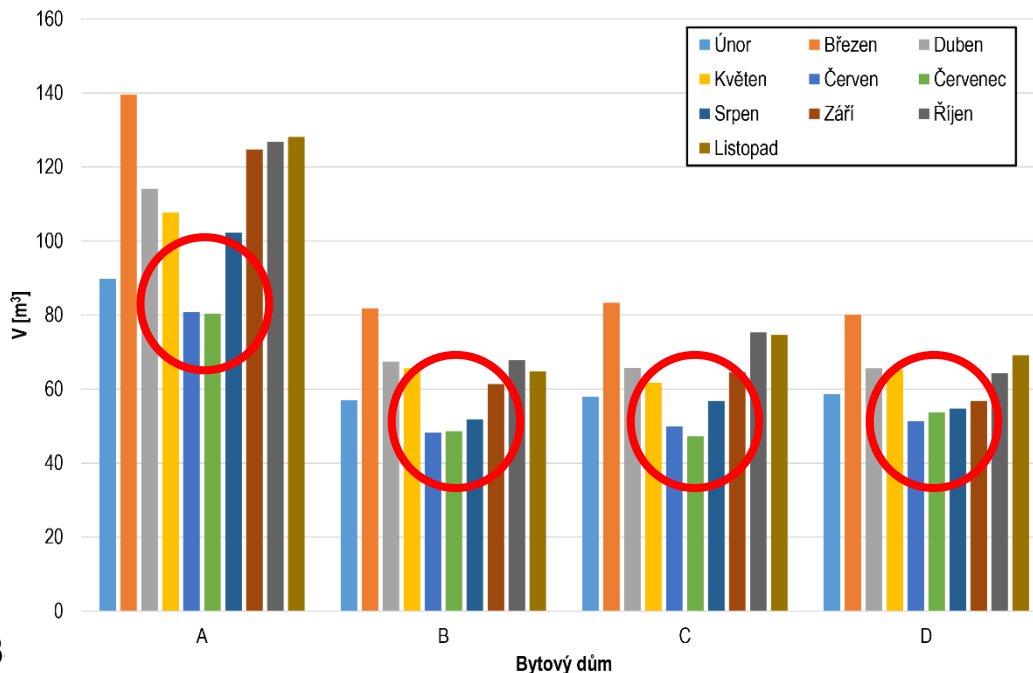
t_{SV2} teplota studené vody v zimě [°C],

Možnost B

$$Q_{2p,r} = Q_{2p} \cdot 349,5$$

349,5 dne ???

25 % snížení potřeby TV v Červenci a Srpnu (tj. 62 dní)

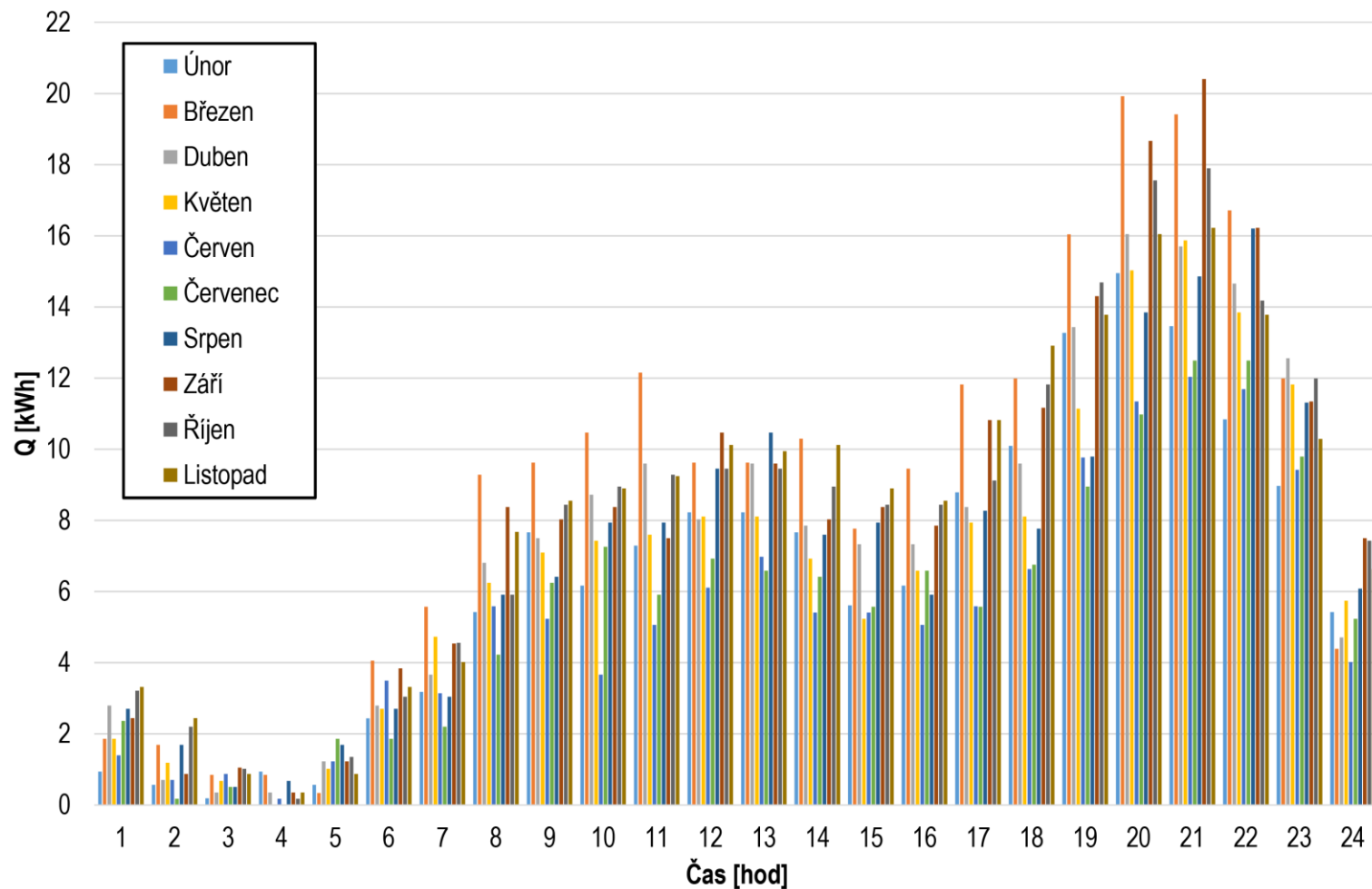


Př.: $V_{2p} = 120$ l/den

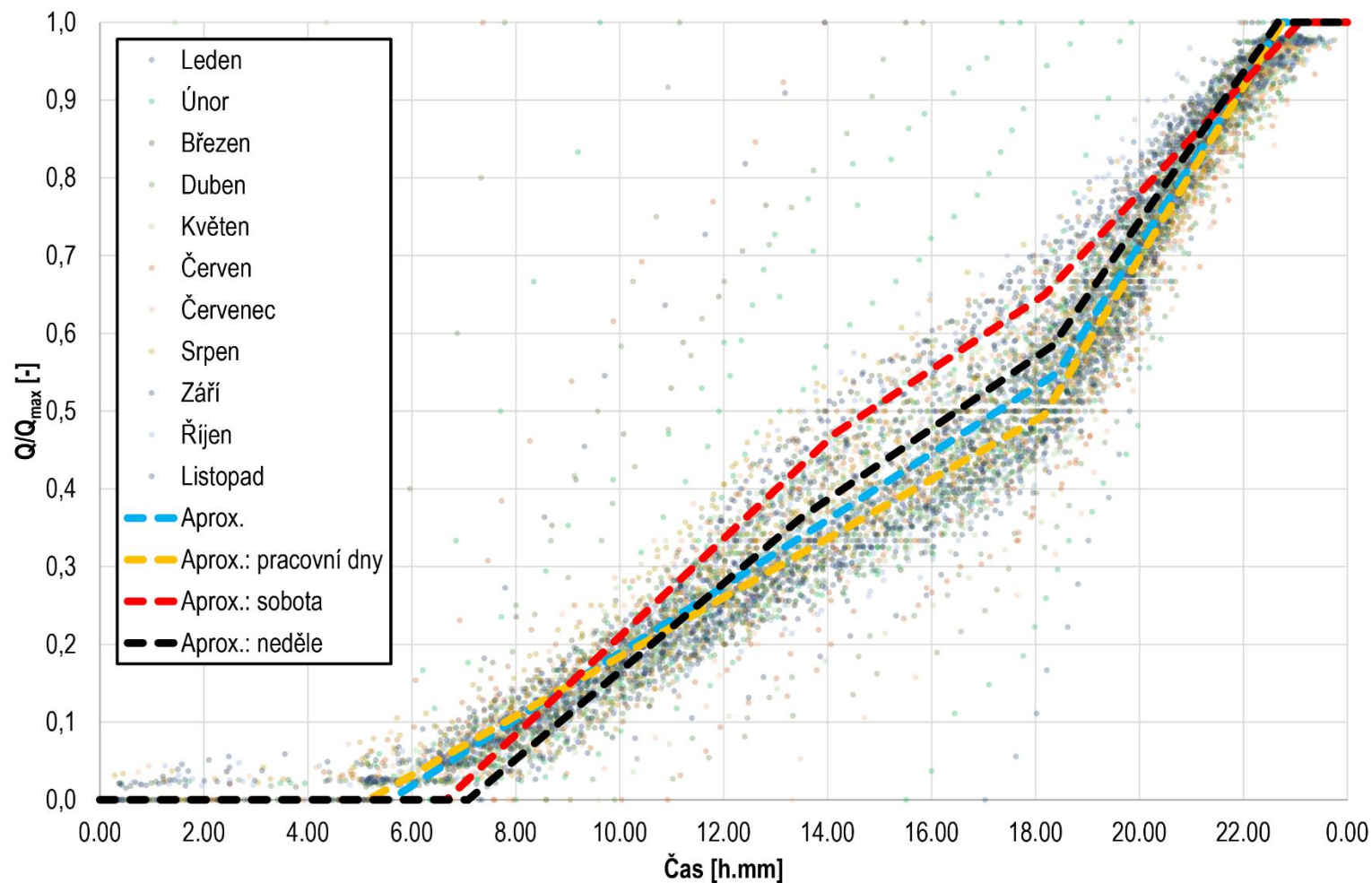
2 680 kWh/rok

2 930 kWh/rok





















Průměrný denní průběh odběru TV v bytovém domě



Kumulativní denní průběh odběru TV v bytovém domě

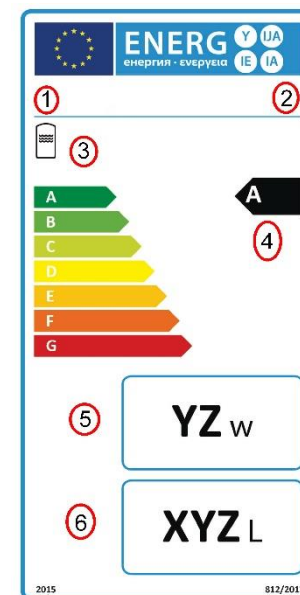


Profil odběru TV – Bytové domy

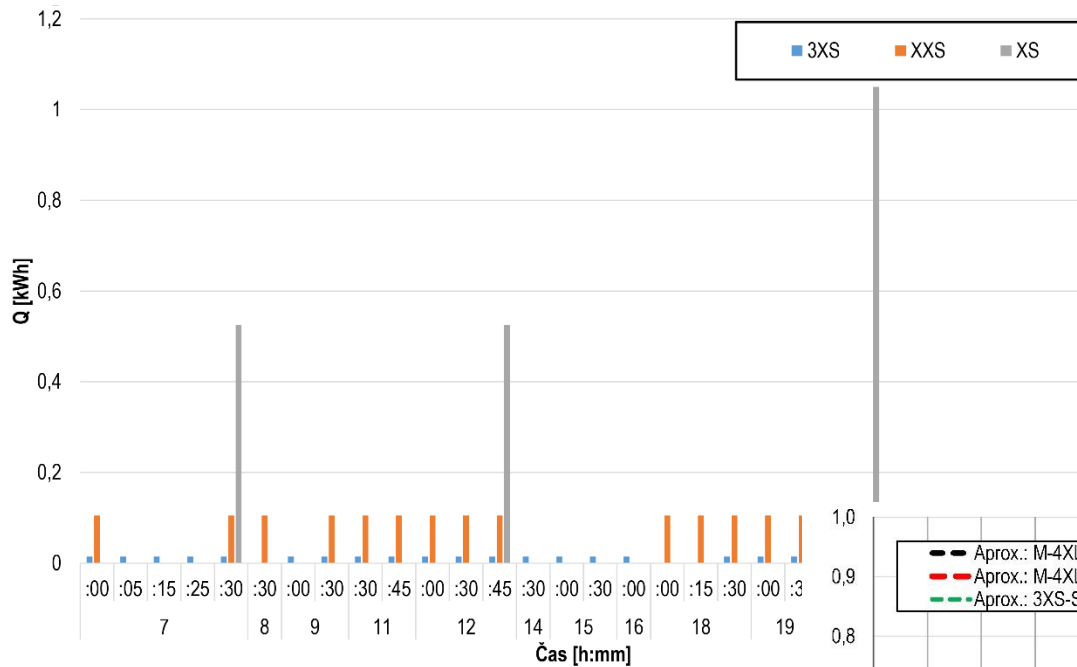
Deklarovaný zátěžový profil	Piktogram	Typické použití
3XS	 35°C	Umyvadlo s 35°C vodou (např. výlevka, umyvadla na toaletách)
XXS	 40°C	Umyvadlo se 40°C vodou (např. umyvadla na toaletách)
XS		Sprcha s elektrickým průtokovým ohřivačem
S	  35°C	Sprcha a umyvadlo s 35°C vodou (např. ubytovny)
M	2x   55°C	Sprcha a dřez (umyvadlo) s 55°C vodou (např. hotely, penzióny)
L	   55°C	Vana, sprcha a dřez s 55°C vodou (např. menší byty)
XL	3x    55°C	Vana, sprcha a dřez s 55°C vodou (např. větší byty, jednogenerační rodinné domy)
XXL	3x    55°C	Současné použití van a sprch (např. vícegenerační rodinné domy, apartmány)
3XL	8x   55°C	Krátkodobý špičkový odběr (např. sportovní areál)
4XL	16x   55°C	Krátkodobý špičkový odběr (např. průmyslový areál)

Methodology for the Assessment of the Hot Water Comfort of Factory Made Systems and Custom Built Systems
(University of Stuttgart)

**Přímá vazba na EN 13 203-2,
Zátěžové profily odběru TV -
Ekodesign**

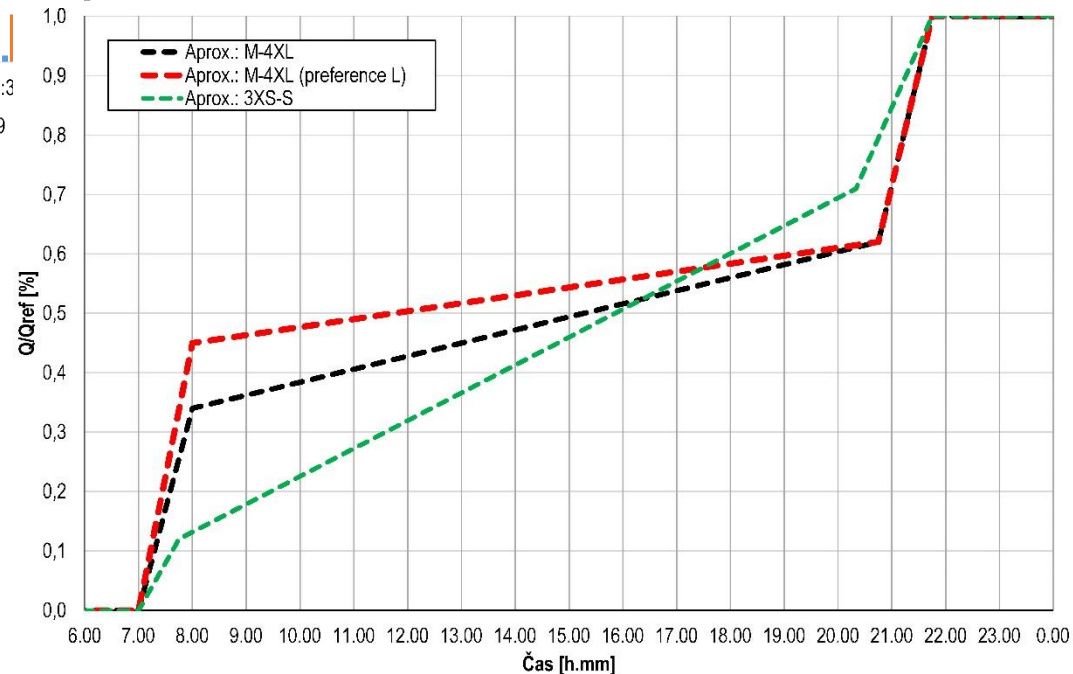


Profil odběru TV – Bytové domy

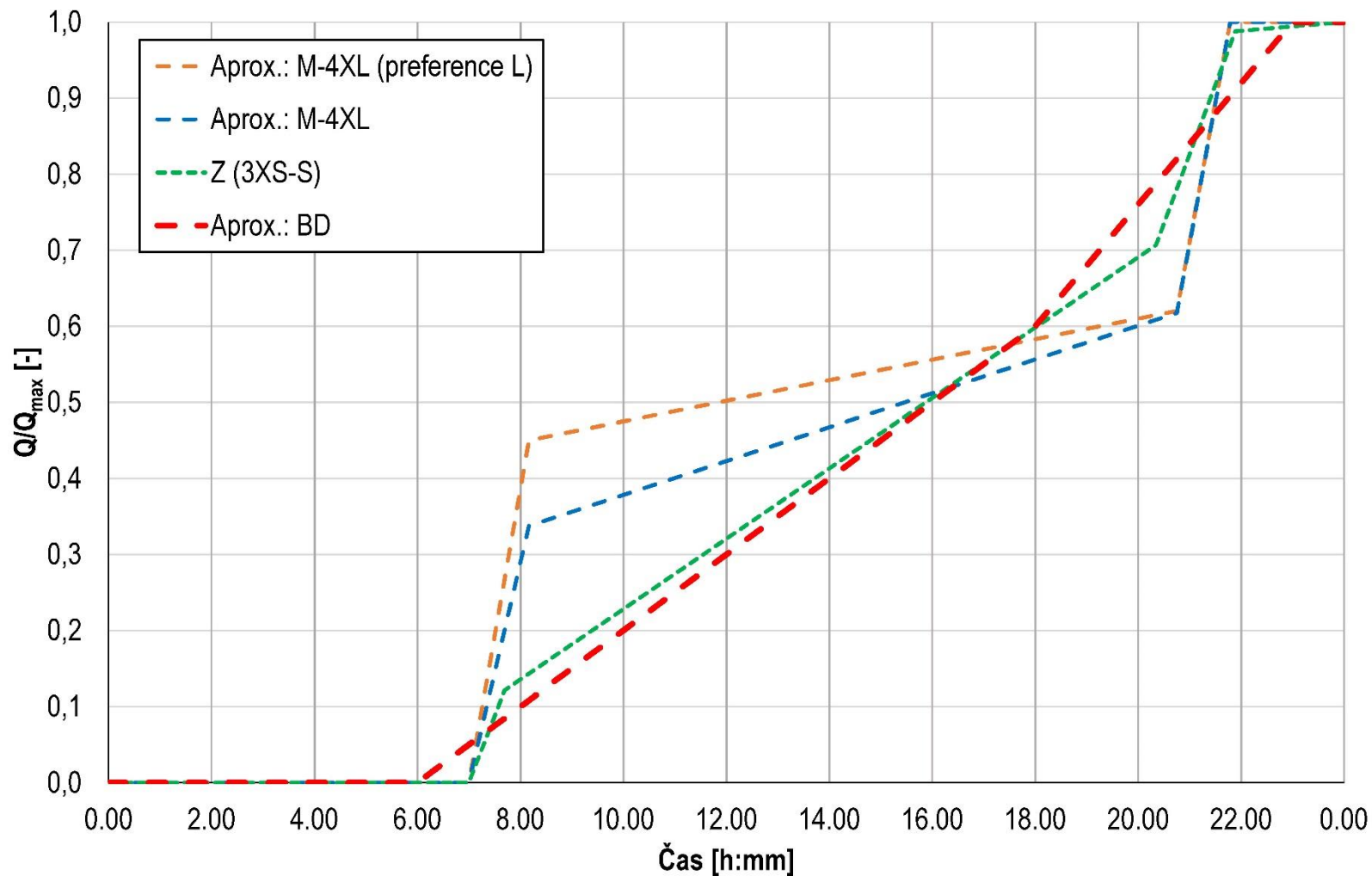


Denní průběh odběru TV profilů.
(výťah z Nařízení EU č. 811, 812, 813
a 814/2013)

Kumulativní denní průběh odběru TV.
(výťah z Nařízení EU č. 811, 812, 813
a 814/2013)

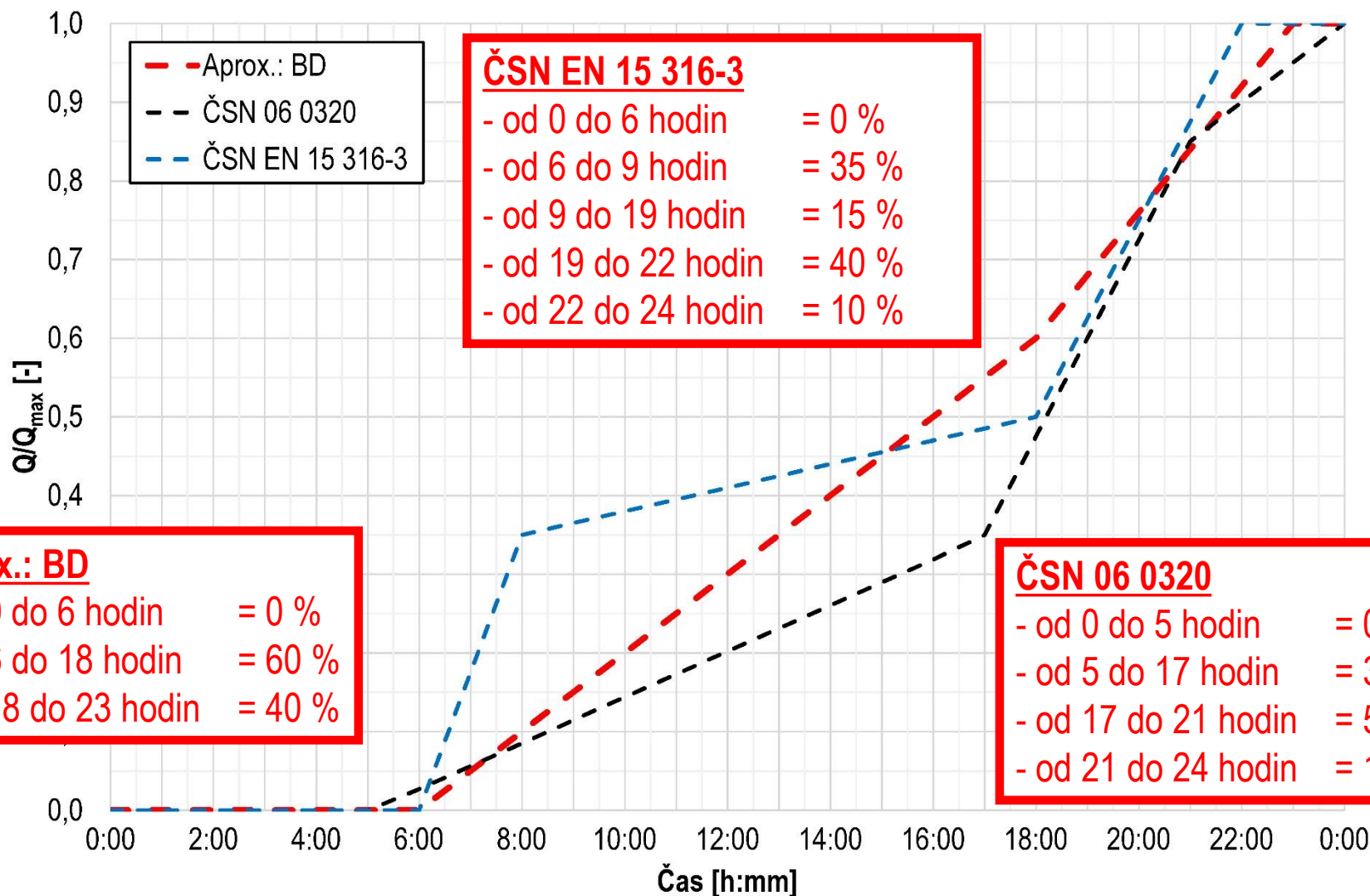


Srovnání – reálné měření vs. profily 3XS až 4XL



Profil odběru TV – Bytové domy

Srovnání – reálné měření vs. ČSN 06 0320 a ČSN EN 15 316-3



1) Potřeba teplé vody pro mytí osob:

$$V_o = n_i \cdot \sum_{i=1}^n V_d = n_i \cdot \sum_{i=1}^n (n_d \cdot U_3 \cdot \tau_d \cdot \rho_d)$$

- V_o - potřeba teplé vody pro mytí osob v dané periodě [m³]
 V_d - objem dávky [m³]
 n_i - počet uživatelů [-]
 n_d - počet dávek [-]
 U_3 - objemový průtok teplé vody při teplotě t_3 do výtoku [m³/hod]
 τ_d - doba dávky [hod]
 ρ_d - součinitel prodloužení doby dávky [-]
čistý provoz $\rho_d = 1$
špinavý provoz $\rho_d = 1,5$
značně špinavý provoz $\rho_d = 2$

2) Potřeba teplé vody na mytí nádobí a úklid:

$$V_j = n_j \cdot V_d$$

$$V_u = n_u \cdot V_d$$

- V_j - potřeba teplé vody pro mytí nádobí v dané periodě [m³]
 n_j - počet jídel [-]
 V_u - potřeba teplé vody pro úklid a pro mytí podlah v dané periodě [m³]
 n_u - počet (výměra) ploch [-]

Potřeba teplé vody dle ČSN 06 0320

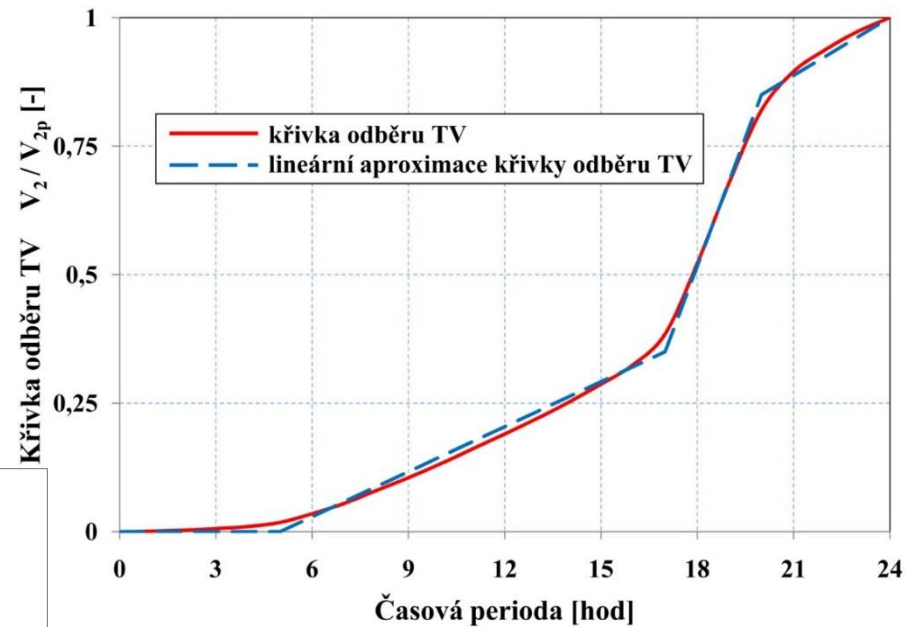
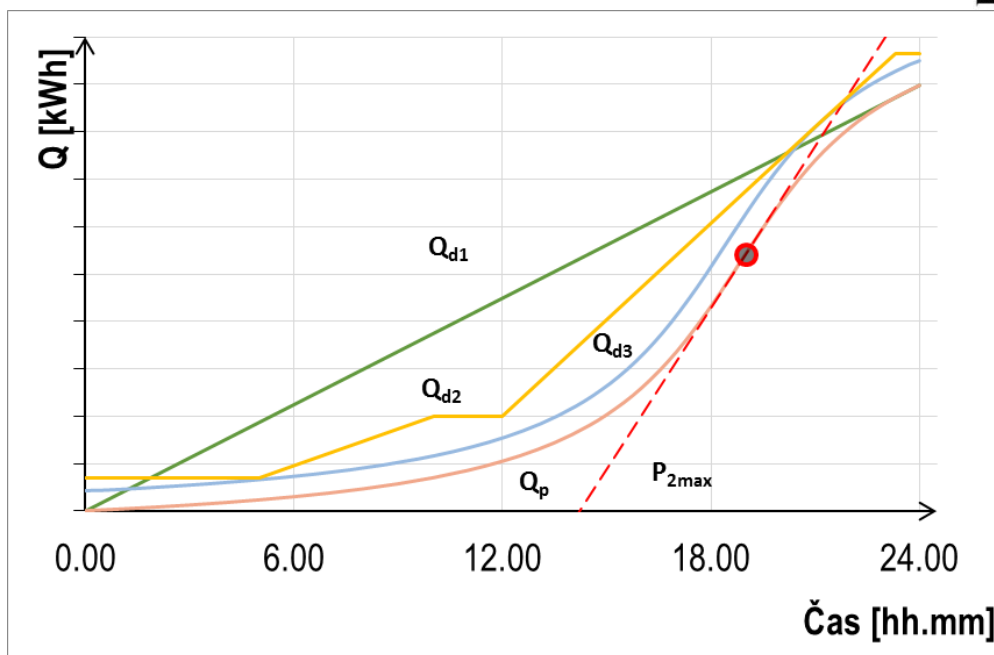
Činnost			Doba dávky τ_d		Objem dávky V_d		Teplo v dávce Q_2
			[s]	[hod]	[dm ³]	[m ³]	[kWh]
Mytí osob	Umyvadlo $U_3 = 0,14$ m ³ /hod	mytí rukou	50	0,014	2	0,002	0,10
		mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
	Sprcha $U_3 = 0,23$ m ³ /hod		400	0,110	25	0,025	1,32
	Vana $U_3 = 0,47$ m ³ /hod	Standardní délka	300	0,085	40	0,040	2,10
		délka vany 1600 mm	610	0,170	80	0,080	4,20
Mytí nádobí	Pouze výdej jídel		$U_3 = 0,30$ m ³ /hod o $t_4 = 55$		1	0,001	0,05
	Vaření + výdej		až 80 °C na jedno jídlo		2	0,002	0,10
Mytí podlahy + úklid			$U_3 = 0,30$ m ³ /hod o $t_4 = 55$ °C na 100 m ²		20	0,020	1,05

Potřeba teplé vody dle ČSN 06 0320

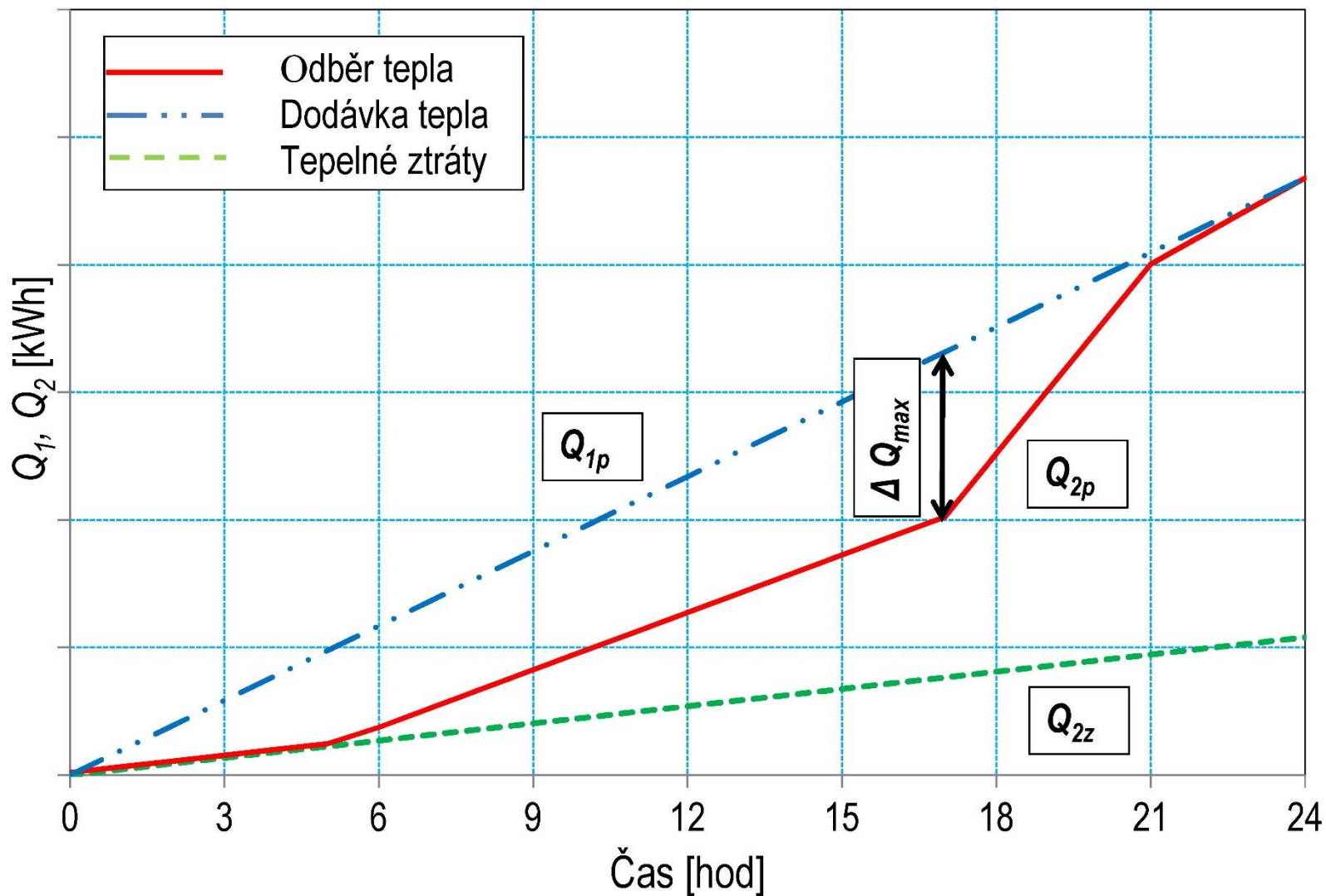
Parametr	Baterie			
	umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Počet dávek n_d [-]	3	0,8	1	0,3
Objem dávek V_d [m ³]	0,03	0,002	0,025	0,025
Potřebné teplo na dávku Q_d [kWh]	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet objemu dávek V_{2p} [m ³]	0,082			
Součet tepla v dávkách Q_{2t} [kWh]	4,3			

Reálná hodnota
potřeby teplé vody:
40 litrů/osobu·den

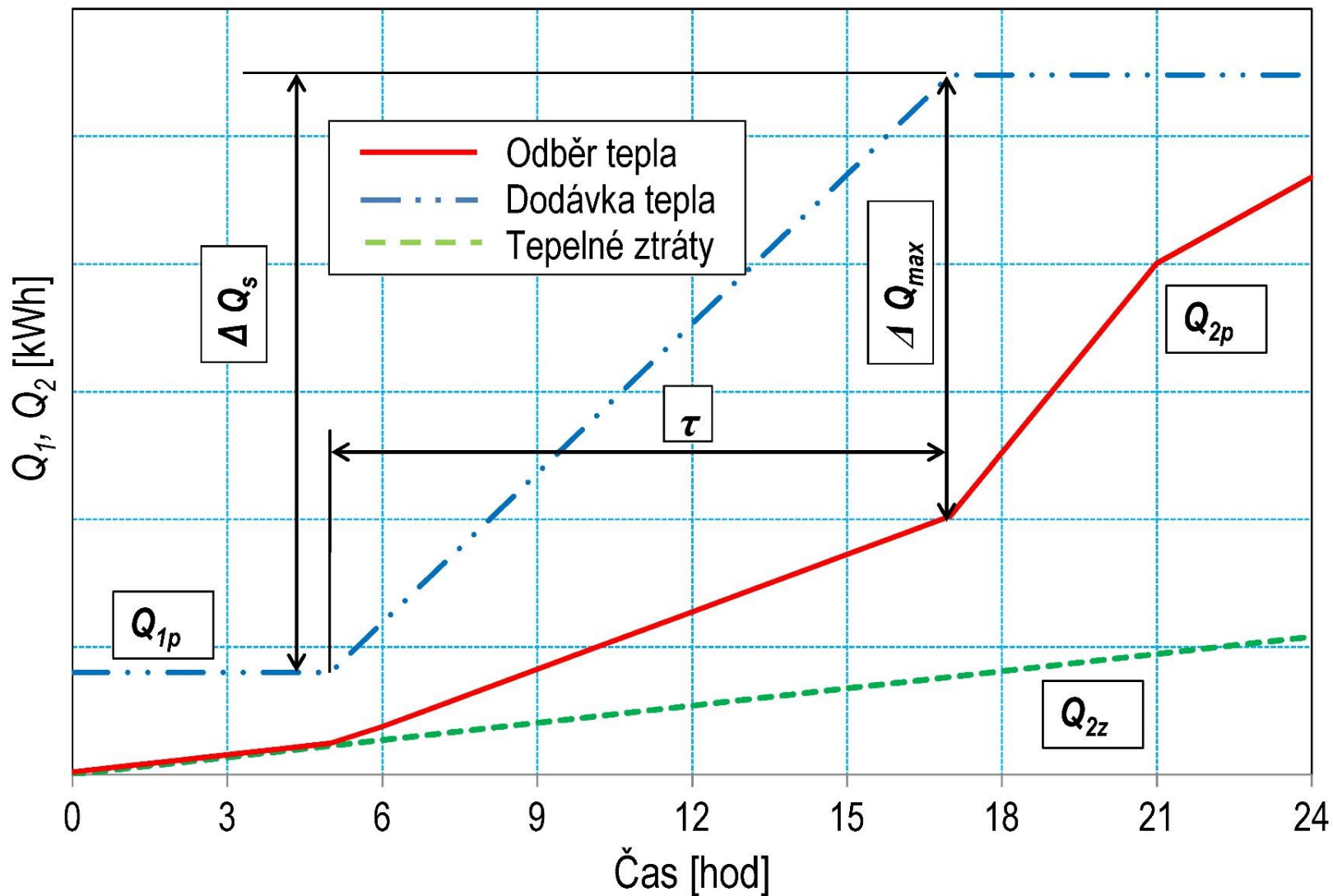
Křivka dodávky a odběru TV



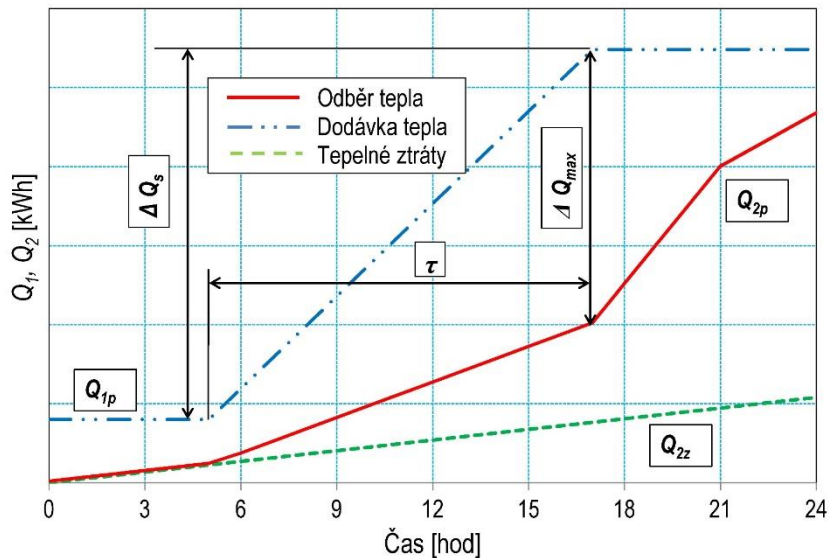
Křivka dodávky a odběru TV



Křivka dodávky a odběru TV



Křivka dodávky a odběru TV



Velikost zásobníku TV – V_z [m³]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c^* \cdot (t_2 - t_1)}$$

!!! c - měrná tepelná kapacita !!!

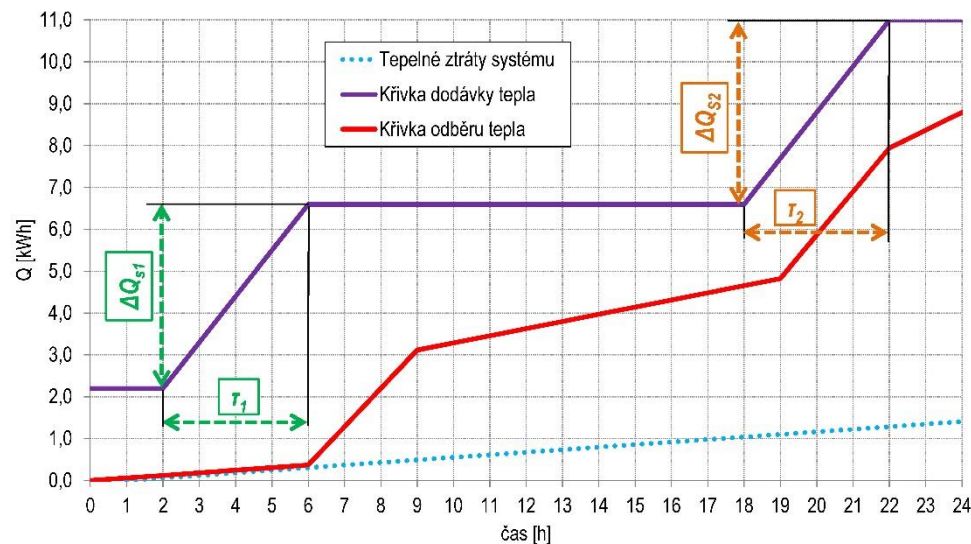
!!! $c = 4187$ J/kg·K (VYT)

vs.

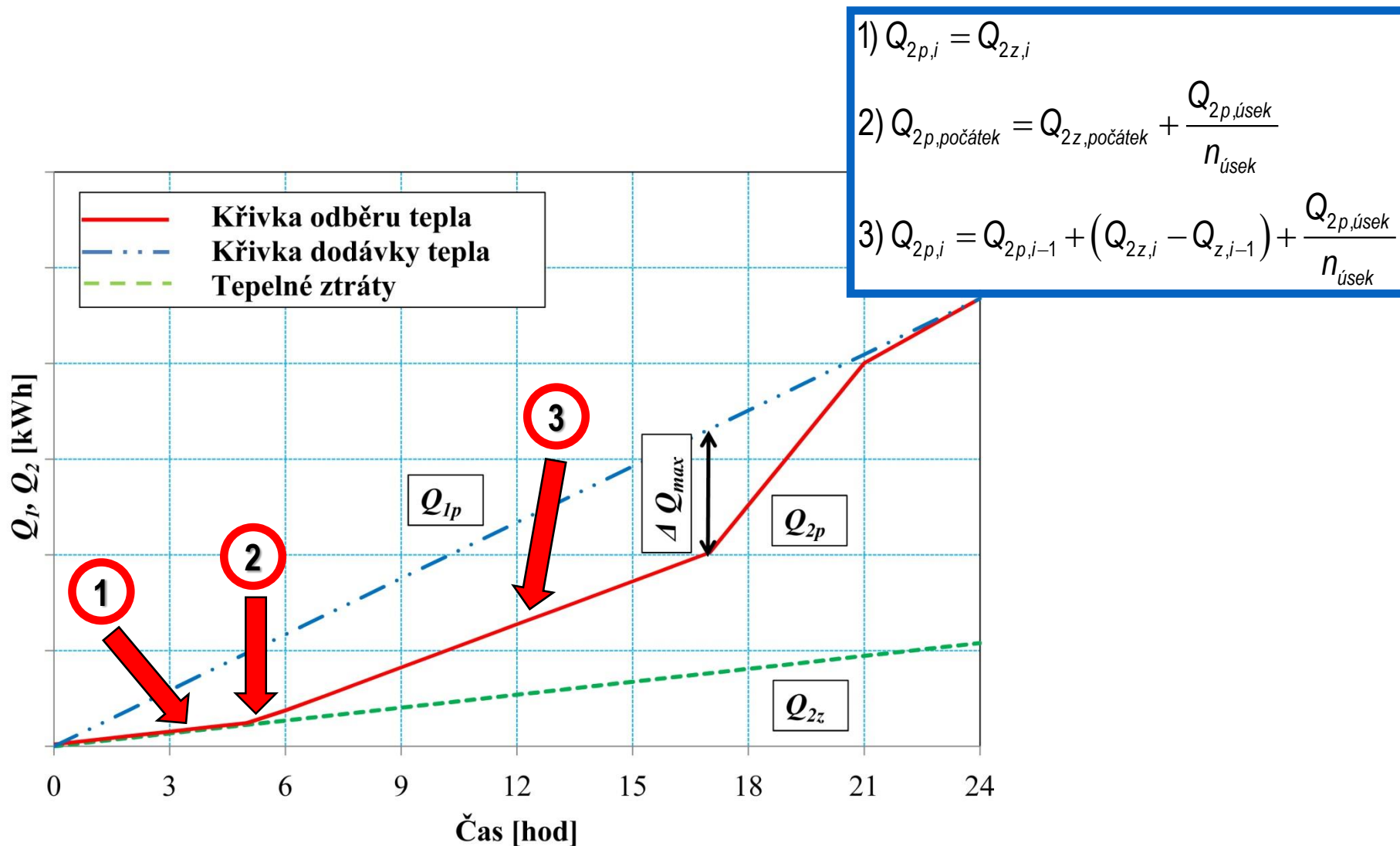
$c^* = 1,163$ kWh/m³·K (TV) !!!

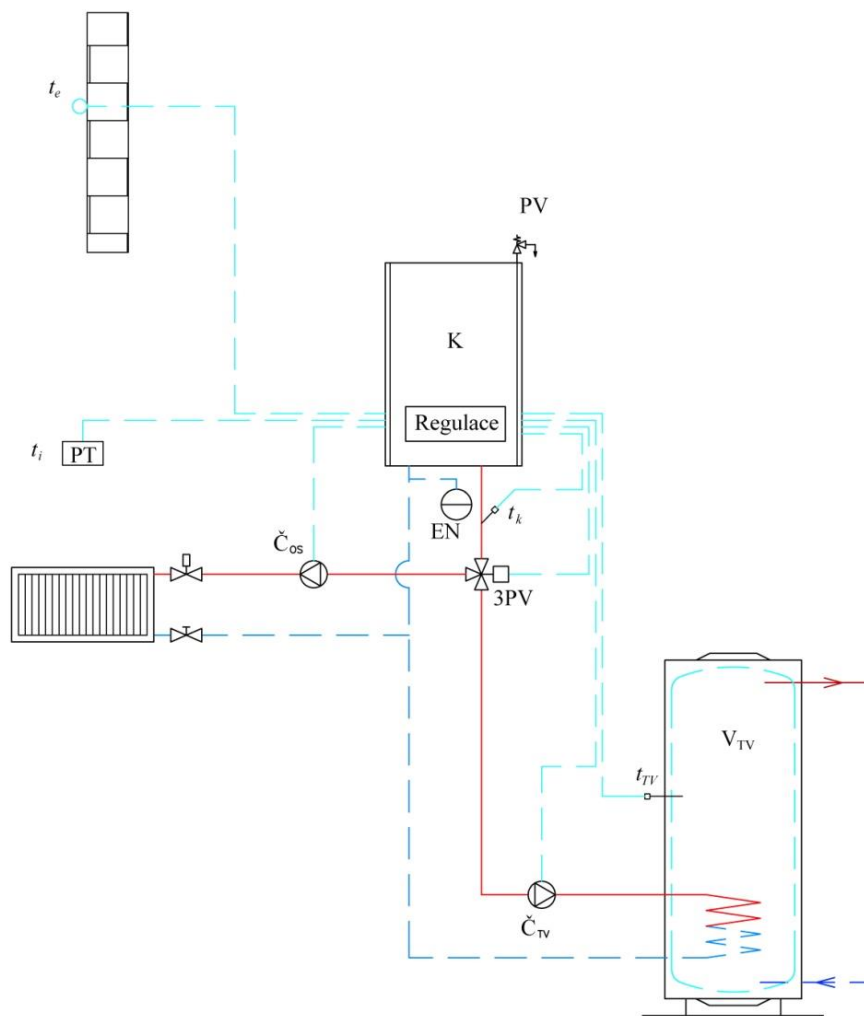
Tepelný výkon ohřivače TV – Q_{zdroj} [W]

$$Q_{zdroj} = \left(\frac{\Delta Q_{s,i}}{\tau_i} \right)_{\max}$$

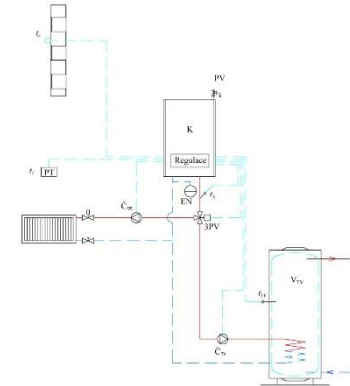


Křivka dodávky a odběru TV





$$Q_k = \frac{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\tau_a} \Rightarrow \tau_a = \frac{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{Q_k}$$



- Q_{TV} - tepelný výkon nutný k dohřevu TV [W],
 V_{TV} - objem zásobníku TV [m³],
 τ_a - doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev TV [s],
 ρ - hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],
 c - měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě zásobníku [J/kg·K],
 X_p - spínací diference pro dohřev TV (5 nebo 10 K) [K],
 y - korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV [-].

Zásobník TV	$y [-]$	
	$\tau_a < 20 \text{ minut}$	$\tau_a < 10 \text{ minut}$
Vertikální zásobník TV	0,94	0,89
Horizontální zásobník TV (do 400 l)	0,96	0,91
Horizontální zásobník TV (nad 400 l)	0,90	0,85

Sprcha – odběr TV:

Průtok ($t_{TV} = 55 \text{ °C}$) v potrubí TV – požadavek ČSN EN 806-3: 0,2 l/s (12 l/min).

Teplota vody pro sprchování \approx 38 až 43 °C.



MĚŘENÍ – REÁLNÝ STAV – BYTOVÝ DŮM:

Průměrná doba sprchování cca 5 až 6 minut.

$V_{MIX} = 40$ až 45 l/sprchu = $7,5$ až 9 l/min.

$Q_1 = 1,3$ až $1,84$ kWh/sprchu.

$T_{MIX} = 40 \text{ °C}$ a $V_{MIX} = 8$ l/min

$T_{TV} = 55 \text{ °C} \Rightarrow V_{TV} = 5,33$ l/min

$T_{SV} = 10 \text{ °C} \Rightarrow V_{TV} = 2,67$ l/min

Typ sprchy	Potřeba tepla [kWh/sprchu]	Potřeba tepla [kWh/rok]	Průtok sprchovou hlavicí V_{MIX} [l/min]	Doba sprchování τ_{sp} [min/sprcha]
Úsporná sprcha	1,47	2 150	6	7
Normální sprcha	3,56	5 200	12	8,5
Luxusní sprcha	7,33	10 700	20	10,5

Přednostní příprava teplé vody ve společném zdroji tepla

Jaký zásobník TV?

Počet odběrných míst např. rodinný dům:

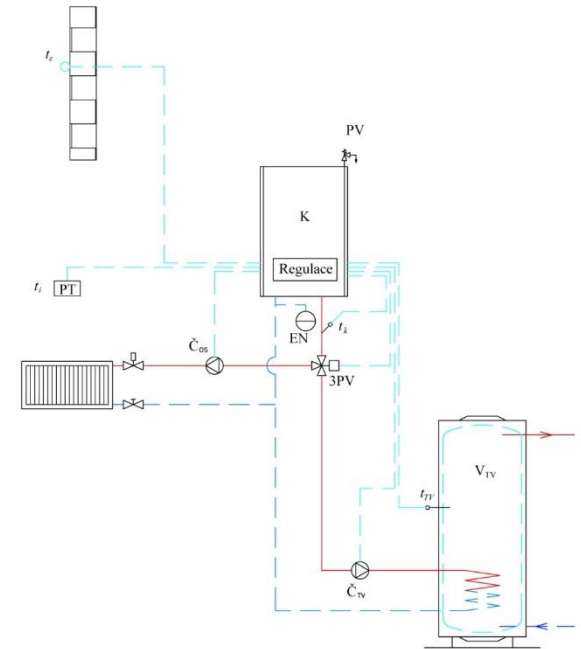
3 umyvadla – v reálu neuvažovat, odběr je příliš krátký

1 vana – OK \Rightarrow maximálně 6 [l/min]

1 sprcha – OK \Rightarrow maximálně 6 [l/min]

$V_{real} = 12 \text{ [l/min]} = \underline{720 \text{ [l/h]}} \Rightarrow \text{TRVALE !!!}$

Teplota vody **MIX \approx 38 až 43 °C**



Zásobník o objemu 65 l (H65W)

18 kW \Rightarrow 438 l/h ($t_{TV} = 45 \text{ °C}$)

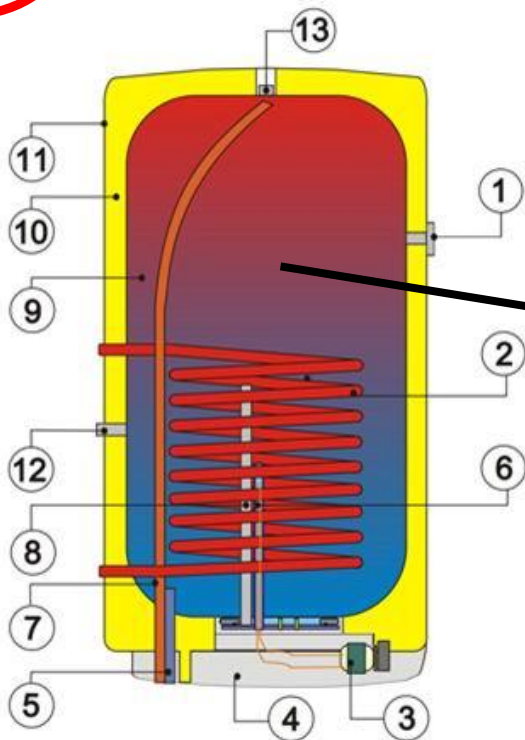
Zásobník o objemu 120 l (S 120/5)

34 kW \Rightarrow 834 l/h ($t_{TV} = 45 \text{ °C}$)

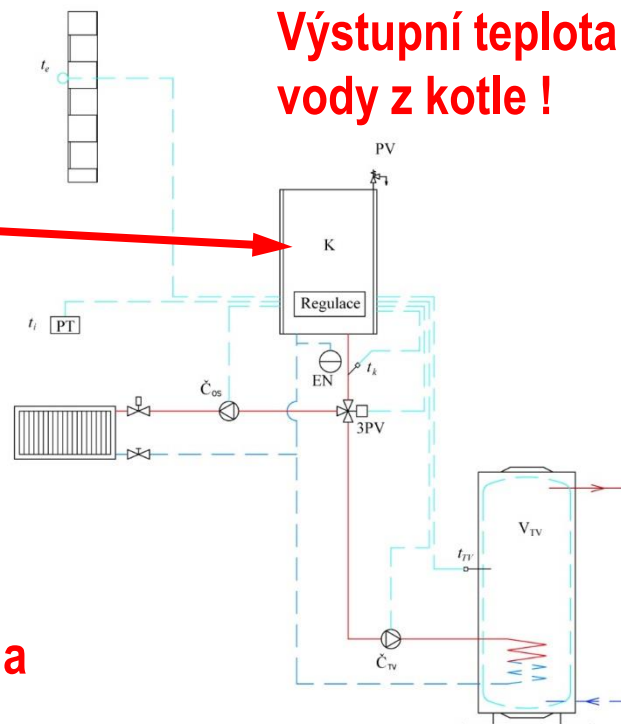
Přednostní příprava teplé vody ve společném zdroji tepla

Jaký zásobník TV?

34 kW \Rightarrow 834 l/h ($t_{TV} = 45\text{ °C}$)

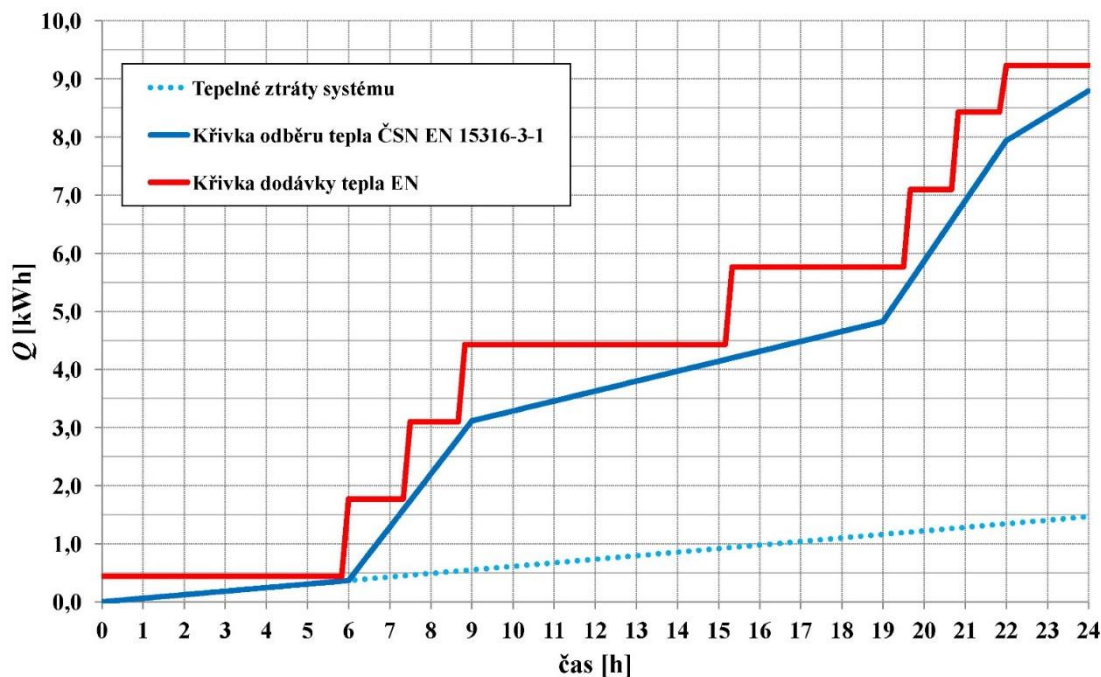


**Teplosměnná plocha
výměníku tepla !**



Příklad: RD – 4 osoby (35 l/osoba·den), z = 20 % => $Q_{2P} = 8,79$ kWh/den.

ZDROJ TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA



Nepřímo ohříváný zásobník TV (požadujeme co nejmenší objem)

TČ vzduch-voda: $Q_{TČ} = 8$ kW

Přednostní ohřev TV: $\Delta t_{TV} = 10$ K

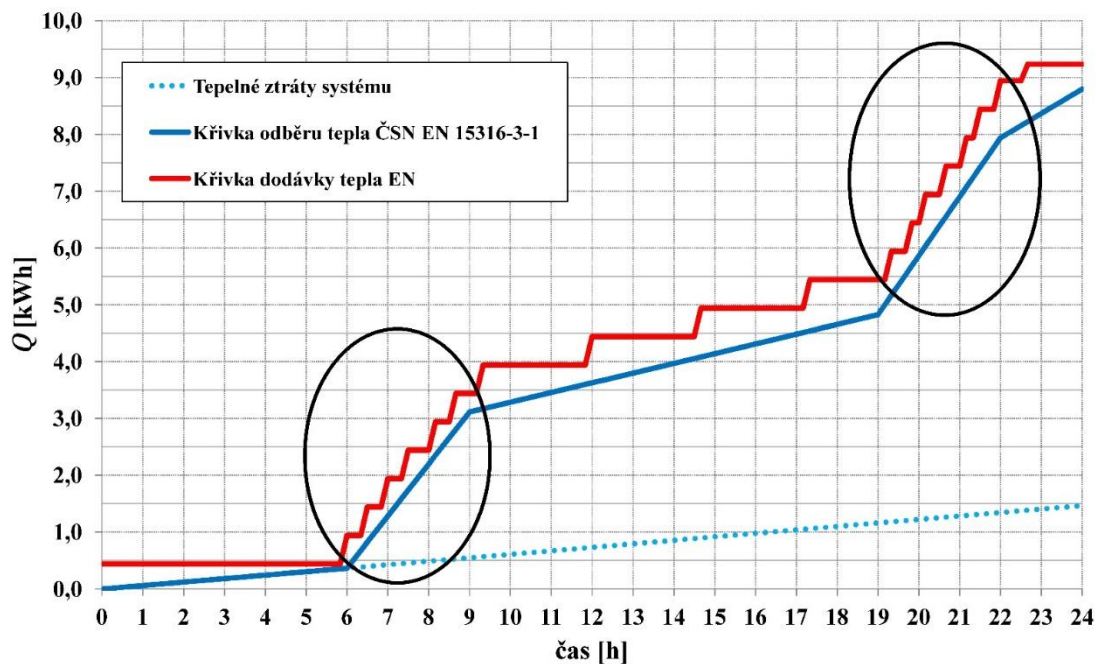
$$Q_{zb} = Q_{2p} \cdot 0,05$$

ČSN EN 15316-3

$$\underline{V_{TV} = 25 \text{ l} ???}$$

Příklad: RD – 4 osoby (35 l/osoba·den), z = 20 % => $Q_{2P} = 8,79$ kWh/den.

ZDROJ TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA



Nepřímo ohříváný zásobník TV

(požadujeme co nejmenší objem)

$Q_{TČ}$ – NENÍ KONSTANTNÍ

Přednostní ohřev TV: $\Delta t_{TV} = 10$ K

$$Q_{zb} = Q_{2p} \cdot 0,05$$

NEVHODNÉ ŘEŠENÍ:

1. Spínání TČ každých 8 až 17 minut!
2. Neschopnost TČ vyrobit TV!
3. Průběh potřeby TV např. pro 1 sprchu!

Příklad: RD – 4 osoby (35 l/osoba·den), z = 20 % => $Q_{2P} = 8,79$ kWh/den.

ZDROJ TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA

Nepřímo ohříváný zásobník TV

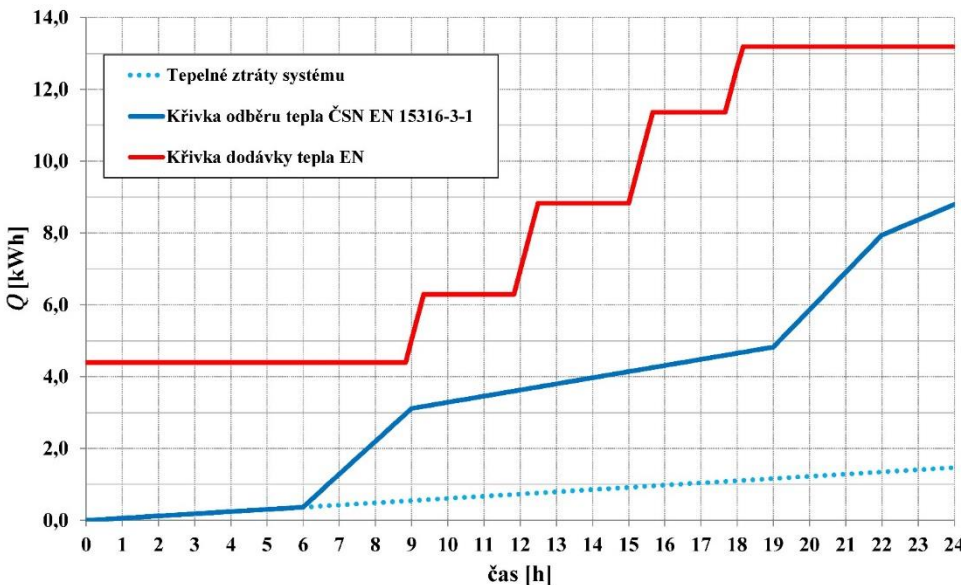
(„použitelný návrh“)

$Q_{TČ}$ – NENÍ KONSTANTNÍ

Přednostní ohřev TV: $\Delta t_{TV} = 10$ K

ŘEŠENÍ:

1. Příprava TV v době, kdy lze očekávat vyšších hodnot t_e .
2. Regulace TČ s vazbou na aktuální potřebu tepla pro VYT.
3. Znalost dynamického chování otopných ploch.



$$\underline{V_{TV} = 170 \text{ l}}$$

1. Potřeba teplé vody [$m^3/měrná\ jednotka \cdot perioda$]
2. Způsob odběru teplé vody [$V_{TV} = f(\tau) - profil\ odběru\ TV$]
3. Zdroj tepla [*teplotní úroveň, provoz*]
4. Způsob nabíjení zásobníku TV [*regulace, odběrová místa*]