

# Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část



## Methods for Designing WSW Storage Tank – Part 1

Recenzent

Doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.

Autor popisuje způsoby výpočtu velikosti zásobníku při ústředním (centrálním) ohřevu teplé vody třemi rozdílnými metodami a přístupy k problematice. Vzhledem k tomu, že se jedná o komplexní problematiku, úzce souvisící s energetickou náročností budovy, která přesahuje rozsah jednoho článku, počítá autor s tím, že problematiku shrne do tří samostatných částí. Druhá část bude věnována dalším způsobům návrhu, zejména pak návrhu podle ČSN EN 15316–3. Ve třetí části autor vyhodnotí výsledky výpočtu uvedenými metodami a porovná vhodnost jejich užití při aplikaci na rodinný a bytový dům.

**Klíčová slova:** teplá voda, potřeba teplé vody, příprava teplé vody, akumulací zásobník, křivka odběru, přednostní příprava teplé vody.

The author describes methods of calculation for the size (volume) of storage tanks regarding the central heating of WSW (Warm Service Water) in three different methods and approaches to the said problem. The author counts to summarize the problem in three independent parts due to the fact that it relates to the complex problem closely connected with a building specific energy demand, which is exceeding the contents of one article. The second part is to be dedicated to other methods of the design, particularly to the design pursuant to the standard ČSN EN 15316–3. The author shall evaluate results of calculations with specified methods and shall compare the appropriateness of their use for the application as to the family house and the apartment dwelling house in the third part.

**Key words:** WSW (Warm Service Water), WSW demand, WSW preparation, accumulation storage tank, consumption curve, WSW priority preparation.

Návrh velikosti akumulacího zásobníku teplé vody (dále jen TV) je z hlediska hospodárného provozování přípravy TV rozhodující. Velmi často dochází k podcenění výpočtu velikosti akumulacího zásobníku projektanty a následkem toho k problémům během provozu.

Článek si klade za cíl porovnat metodiky výpočtu velikosti zásobníku TV. První postup výpočtu podává norma ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody. Druhý možný postup vychází z normy DIN 4708 – Centrální zařízení pro ohřev vody. Třetím způsobem návrhu je využití tzv. přednostní přípravy TV, kdy se jedná o řízené krátkodobé přesměrování celého výkonu zdroje tepla z otopné soustavy na přípravu TV v zásobníku.

### NÁVRH PODLE ČSN 06 0320

V ČR je platná norma ČSN 06 0320. Výpočet podle této normy je poměrně jednoduchý, nicméně výsledky jsou při srovnání se skutečným provozem velmi odlišné. Základní veličinou pro výpočet velikosti akumulacího zásobníku dle ČSN 06 0320 je stanovení potřeby TV za zvolenou periodu (obvykle 24 hodin). Výpočet potřeby teplé vody rozdělujeme podle využití TV v objektu na:

- mytí osob –  $V_o$
- mytí nádobí –  $V_j$
- úklid –  $V_u$

**Potřeba teplé vody pro mytí osob  $V_o$**  v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_o = n_1 \cdot \sum_{i=1}^n V_{di} = n_1 \cdot \sum_{i=1}^n (n_{di} \cdot U_{3i} \cdot \tau_{di} \cdot p_{di}), \quad (1)$$

kde

$V_o$  – potřeba teplé vody pro mytí osob [ $\text{m}^3/\text{perioda}$ , např.  $\text{m}^3/\text{den}$ ],

$V_{di}$  – objem dávky v dané periodě [ $\text{m}^3$ ],

$n_1$  – počet uživatelů [-],

$n_d$  – počet dávek [-],

$U_3$  – objemový průtok teplé vody při teplotě  $t_3$  do výtoku [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],

$\tau_d$  – doba dávky [h],

$p_d$  – součinitel prodloužení doby dávky [-].

**Potřeba teplé vody na mytí nádobí  $V_j$**  v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_j = n_j \cdot V_d, \quad (2)$$

kde

$V_j$  – potřeba teplé vody pro mytí nádobí [ $\text{m}^3/\text{perioda}$ , např.  $\text{m}^3/\text{den}$ ],

$n_j$  – počet jídel [-].

**Potřeba teplé vody pro úklid a pro mytí podlah  $V_u$**  v dané periodě se stanoví ze vztahu:

$$V_u = n_u \cdot V_d, \quad (3)$$

kde

$V_u$  – potřeba teplé vody pro úklid a pro mytí podlah [ $\text{m}^3/\text{perioda}$ , např.  $\text{m}^3/\text{den}$ ],

$n_u$  – počet (výměra) ploch [-].

**Celková potřeba teplé vody  $V_{2p}$**  v dané periodě [ $\text{m}^3/\text{perioda}$ , např.  $\text{m}^3/\text{den}$ ] se stanoví ze vztahu:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u, \quad (4)$$

Jak je patrné ze vztahu (1) největším problémem je určení objemu dávky TV na mytí osob  $V_d$ . Skutečné množství potřeby TV na mytí osob závisí na individuálním chování každého uživatele a hodnoty uváděné normou ČSN 06 0320 jsou značně nadsazené.

Pro praxi to znamená, že norma ČSN 06 0320 doporučuje pro bytové domy počítat s celkovou potřebou teplé vody  $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osoba den}$ . Dlouhodobá měření u bytových, ale i rodinných domů potvrzují, že **reálná**

průměrná hodnota potřeby teplé vody  $V_{2p}$  se pohybuje od 0,04 do 0,05 m<sup>3</sup>/osoba.den.

Dalším postupem výpočtu je stanovení potřeby tepla odebraného z ohřivače TV. Výpočet v sobě zahrnuje jednak teoretické teplo odebrané z ohřivače TV (kalorimetrická rovnice), ale také teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV, tj. tepelné ztráty.

**Potřeba tepla odebraného z ohřivače TV za danou periodu  $Q_{2p}$**  (obvykle 1 den = 24 hodin):

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) \cdot Q_{2t} = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000}, \quad (5)$$

kde

- $Q_{2p}$  – teplo odebrané z ohřivače TV [kWh/den],
- $Q_{2t}$  – teoretické teplo odebrané z ohřivače TV [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 [m<sup>3</sup>/den],
- $\rho$  – hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m<sup>3</sup>],
- $c$  – měrná tepelná kapacita [J/(kg.K)],
- $t_1$  – teplota studené vody (uvažuje se 10 °C) [°C],
- $t_2$  – teplota teplé vody (uvažuje se 55 °C) [°C].

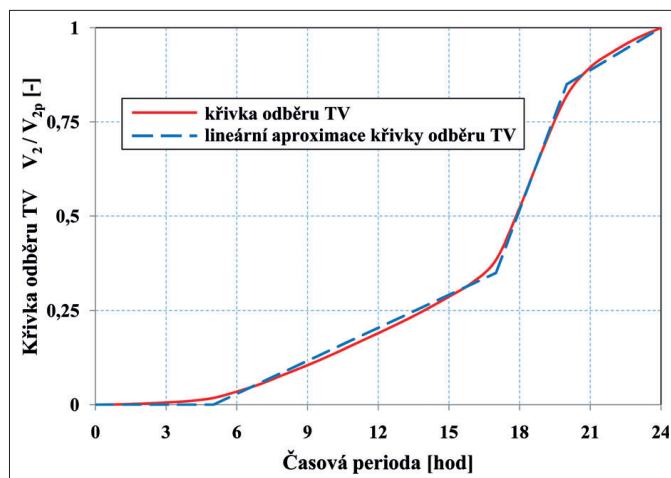
Hodnoty poměrné ztráty tepla při ohřevu a distribuci tepla  $z$  jsou závislé na kvalitě tepelné izolace rozvodů TV, tepelné izolace zásobníku tepla, tepelných ztrát ve zdroji tepla a v neposlední řadě také na tepelných ztrátách v cirkulačním potrubí. Pro bytové domy by hodnota tohoto součinitele pro novostavby neměla přesáhnout 0,5. Pro standardně navržené tloušťky tepelné izolace rozvodů TV podle vyhlášky č. 193/2007 Sb., lze pro výpočet uvažovat  $z = 0,3$ . V případě dálkového vedení potrubí rozvodů TV lze uvažovat  $z = 1,0$  a pro rozvody ve starších stavbách  $z = 1$  až 5.

Z hodnot tepla odebraného z ohřivače  $Q_{2t}$  a tepla ztraceného při ohřevu a distribuci  $Q_{2z}$  se následně sestaví křivky odběru a dodávky tepla v dané periodě. Pro sestavení křivek je ovšem nutné znát závislost odběru TV během periody. Pro zjednodušení výpočtu je možné uvažovat tzv. časový rozbor odběru TV, např. pro bytové domy norma ČSN 06 0320 uvádí následující časové rozložení:

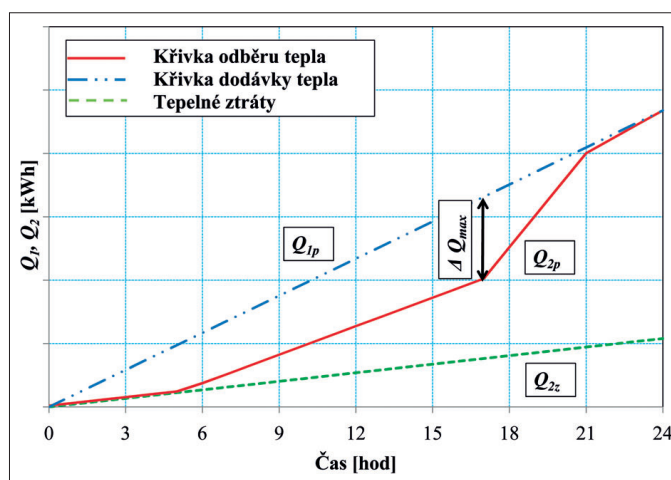
- od 5 do 17 hodin = 35 % z celkového množství TV
- od 17 do 20 hodin = 50 % z celkového množství TV
- od 20 do 24 hodin = 15 % z celkového množství TV

Časové rozdělení odběru TV se však může výrazně lišit. Podle druhu a typu budovy např. pro hotely, bude vhodné počítat se špičkovým odběrem TV ve večerních hodinách, naopak pro nemocnice a zdravotnická zařízení budou špičkové hodnoty dosahovány v dopoledních hodinách. U sportovních center nebo stadiónů, lze výpočet potřeby teplé vody omezit na skutečnou dobu provozu centra např. 6 až 8 hodin denně apod.

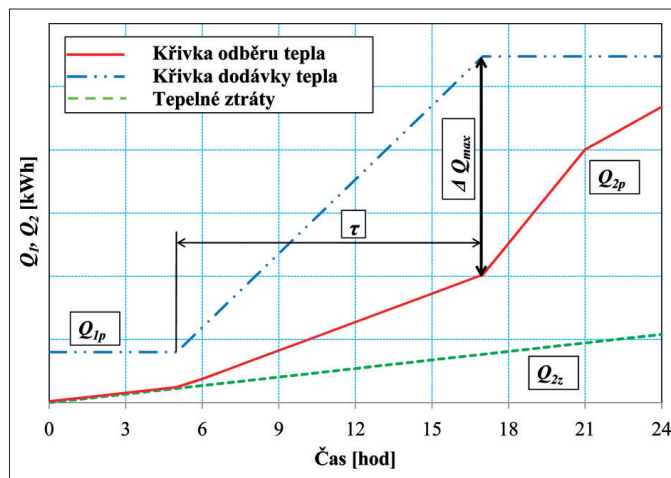
Obr. 1 představuje příklad tvaru křivky odběru TV ze zásobníku během časové periody (tj. 24 hodin) a její lineární aproximaci pro zjednodušení metodiky návrhu objemu zásobníku TV. Z křivky odběru TV se sestaví tzv. křivka odběru tepla. Křivka odběru tepla je stanovení odběru tepla ze zásobníku  $Q_{2p}$  z ohřivače pro určitou časovou jednotku (obr. 2 a 3). Pro výpočet potřebného objemu zásobníku TV je dále nutné sestavit tzv. křivku dodávky tepla. Křivka dodávky tepla  $Q_{1p}$  je sestavena na základě tepelného výkonu zdroje tepla a doby jeho provozu, neboli doby dodávky tepla ze zdroje. Z hlediska přístupu k sestavení křivek dodávky a odběru tepla je nutné rozlišit dva rozdílné případy. První případ nastává v okamžiku, kdy předpokládáme, že dodávka tepla do zásobníku TV je



Obr. 1 Příklad křivky odběru TV během periody s lineární aproximací [časové rozdělení podle ČSN 06 0320]



Obr. 2 Křivky odběru a dodávky tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV



Obr. 3 Křivky odběru a dodávky tepla s časově omezenou dodávkou tepla do zásobníku TV

během jedné časové periody trvalá (obr. 2). Druhý případ nastává, pokud bychom uvažovali, že využijeme teplo v zásobníku z předchozí časové periody ohřevu TV a dodávka tepla je časově kratší než délka periody odběru TV (obr. 3).

Křivka dodávky tepla musí být vždy nad křivkou odběru tepla, jinak by nastal nedostatek tepla pro ohřev vody na požadovanou teplotu. Křivky dodávky a odběru tepla s rostoucím časem neklesají. Sklon tečny k těmto křivkám k časové ose představuje velikost tepelného výkonu. Při nulovém výkonu je průběh křivky vodorovný, při největší strmosti křivky je výkon

maximální [3]. Objem zásobníku TV se stanoví z maximálního rozdílu mezi křivkami dodávky a odběru tepla. Matematicky lze objem zásobníku TV vypočítat jako

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000, \quad (6)$$

kde

$V_z$  – objem zásobníku TV [m<sup>3</sup>],

$\Delta Q_{max}$  – maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky  $Q_1$  a odběru tepla  $Q_2$  [kWh].

Výpočet tepelného výkonu zdroje tepla lze pak vyjádřit z dodávky tepla  $Q_1$  a uvažovaného času provozu zdroje tepla  $\tau$  jako

$$P_z = \left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}, \quad (7)$$

kde

$P_z$  – tepelný výkon zdroje tepla [W],

$\tau$  – čas [h],

$\left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}$  – maximální sklon křivky dodávky tepla během periody [W].

Poměr  $\left( \frac{Q_1}{\tau} \right)_{max}$  vyjadřuje maximální sklon tečny k časové ose. V případě

přerušovaného provozu v několika různých časových fázích jedné periody ohřevu TV se pro výpočet podle (7) uvažuje maximální hodnota. Z uvedeného postupu tak vyplývá, že pro časově kratší dodávku tepla ze zdroje do zásobníku TV je nutné navrhovat větší objem zásobníku TV (obr. 3 a vzorec 6), ale také zároveň požadovat vyšší tepelný výkon zdroje tepla (7) než při trvalé dodávce tepla do zásobníku během celé periody odběru TV (obr. 2).

Dále je z uvedeného postupu vidět (obr. 1), že pokud bychom měli dostatečně velký zdroj tepla se spojitou regulací tepelného výkonu, bylo by možné navrhnout ohřev TV bez zásobníku, tj. průtočným způsobem.

## NÁVRH PODLE DIN 4708

Druhou, u nás méně známou metodiku návrhu zásobníku TV nabízí DIN 4708. Výchozím parametrem pro návrh je definice tzv. „jednotkového bytu“, ve kterém je uvažován koeficient potřeby  $N = 1$ .

Koeficient potřeby porovnává násobek  $N$  jednotkového bytu k posuzované budově, matematicky můžeme tento poměr vyjádřit jako

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_v)}{Q_N} = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_v)}{(\rho \cdot w_v)_{nom}}, \quad (8)$$

kde

$N$  – koeficient potřeby [-],

$n$  – počet bytů [-],

$p$  – koeficient obsazenosti, nebo počet osob (tab. 1) [-],

$w_v$  – potřeba tepla odběrných míst [kWh].

Jednotkový byt je definován 4 místnostmi, ve kterém bydlí průměrně 3 až 4 osoby. Koeficient obsazenosti  $p$  (viz. tab.1) udává, kolik osob žije skutečně v bytě a jakou mají potřebu teplé vody.

Nejsou-li k dispozici skutečné údaje o obsazenosti bytu, použije se průměrná hodnota dle tab. 1. (pro jednotkový byt se 4 místnostmi =>  $p = 3,5$ ). Tabulka 1 je vztahována k obytným místnostem jednoho bytu. Vedlejší

místnosti, jako např. kuchyň (ne společný kuchyňský kout), komora, chodba, koupelna a vedlejší prostory se do výpočtu nezahrnují. Výjimku tvoří místnosti typu obytné předsíně nebo např. zimní zahrady, které se do výpočtu zahrnují jako 0,5 násobek obytné místnosti. V případě výpočtu bytů s převážně jednou nebo dvěma místnostmi se uvažuje koeficient obsazenosti  $p = 2,5$ .

Tab. 1 Koeficient obsazenosti bytu podle DIN 4708

Počet místností $r$ [-]	Koeficient obsazenosti $p$ [-]	Počet místností $r$ [-]	Koeficient obsazenosti $p$ [-]
1	2,0	4,5	3,9
1,5	2,0	5	4,3
2	2,0	5,5	4,6
2,5	2,3	6	5,0
3	2,7	6,5	5,4
3,5	3,1	7	5,6
4	3,5		

Dalším parametrem je definice místa odběru TV. Norma DIN 4708 předpokládá pro návrh zásobníku TV zohledňovat pouze největší spotřebič TV, který bude v daném bytě používán. Při sanitární vybavenosti bytu se v principu rozlišují dva druhy vybavenosti:

- normální vybavenost bytu (tab. 2)
- komfortní vybavenost bytu (tab. 3)

Normální vybavenost bytu je definována jednou sprchou (nebo vanou), jedním umyvadlem a jedním kuchyňským dřezem. V případě sprchové kabiny se uvažuje hodnota potřeby tepla odběrného místa  $w_v$  shodná pro vanu. Ostatní spotřebiče (tj. umyvadlo a dřez) se do výpočtu nezahrnují (viz. tab. 2).

Tab. 2 Odběrná místa teplé vody v bytech s normální výbavou

Prostor	Stávající vybavení	$w_v$ [kWh] pro výpočet podle tab. 4
Koupelna	Koupací vana (1600 mm × 700 mm) asi 140 l <b>nebo</b> Sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	Jako koupací vana (1600 mm × 700 mm) asi 140 l
	1 umyvadlo	Nezohledňuje se
Kuchyň	1 dřez pro kuchyň	Nezohledňuje se

Tab. 3 Odběrná místa teplé vody v bytech s komfortní výbavou

Prostor	Stávající vybavení	$w_v$ [kWh] pro výpočet podle tab. 4
Koupelna	Koupací vana (druh dle tab.4)	podle tab. 4
	Sprchová kabina (druh dle tab. 4)	podle tab. 4
	Umyvadlo	Nezohledňuje se
	Bidet	Nezohledňuje se
Kuchyň	Dřez pro kuchyň	Nezohledňuje se
Pokoj pro hosty	Koupací vana (druh dle tab. 4)	50 % $w_v$ podle tab. 4
	Sprchová kabina (druh dle tab. 4)	100 % $w_v$ podle tab. 4
	Umyvadlo	100 % $w_v$ podle tab. 4 *)
	Bidet	100 % $w_v$ podle tab. 4

\*) Pokud je u pokoje pro hosty osazena vana nebo sprchový kout, umyvadlo se do výpočtu neuvažuje!

Tab. 4 Potřeba tepla u různých odběrných zařízení podle DIN 4708

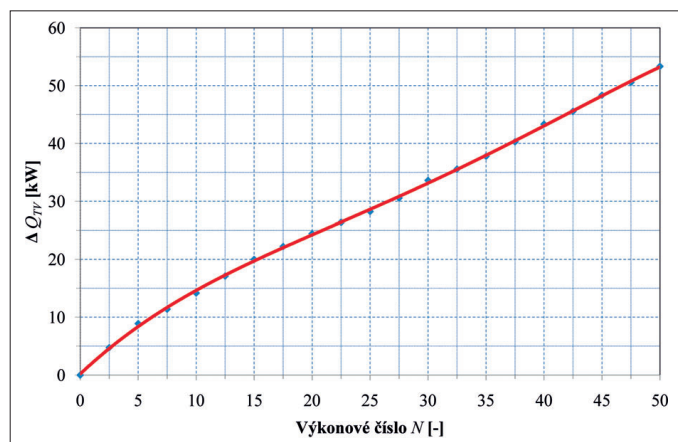
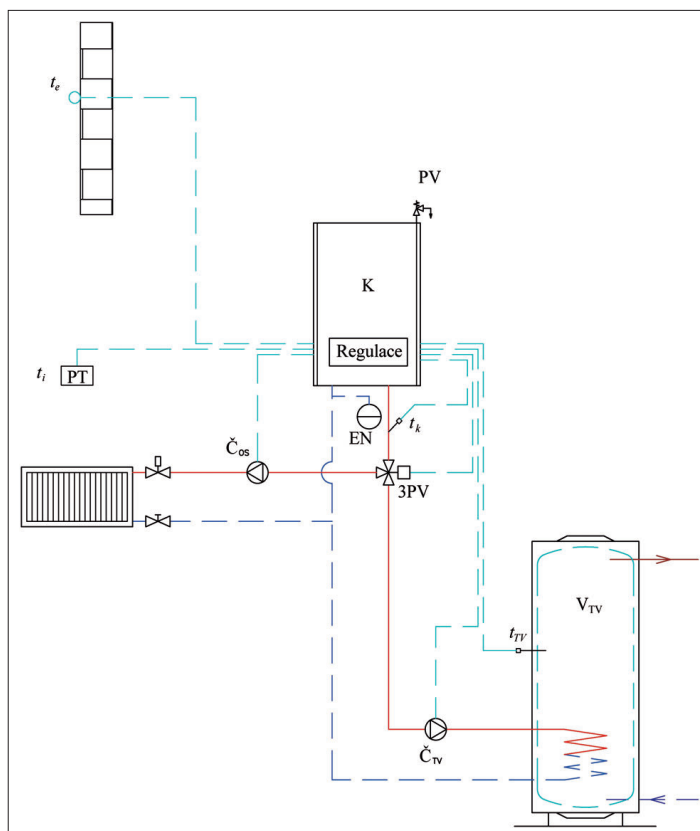
Odběrné místo	Zkratka podle DIN 4708	Odebírané množství V [l]	Potřeba tepla odběrného místa $w_V$ [kWh]
Koupací vana (1600 mm × 700 mm)	NB1	140	5,82
Koupací vana (1600 mm × 700 mm)	NB2	160	6,51
Vana do malého prostoru a vana se stupínky	KB	120	4,89
Velkoprostorová vana (1800 × 750 mm)	GB	200	8,72
Sprchová kabina se směšovací baterií a úspornou sprchou	BRS	40	1,63
Sprchová kabina se směšovací baterií a normální sprchou	BRN	90	3,66
Sprchová kabina se směšovací baterií a luxusní sprchou	BRL	180	7,32
Umyvadlo	WT	17	0,7
Bidet	BD	20	0,81
Umyvadlo na ruce	HT	9	0,35
Kuchyňský dřez	SP	30	1,16

Komfortní vybaveností je definován byt, který má ve větším množství jiná zařízení ve srovnání s normální vybaveností jednoho bytu. Rozdíl oproti bytu s normální vybaveností je v započítávání jednotlivých odběrných míst. Pokud není v bytu s komfortní vybaveností k dispozici žádná vana, ale pouze sprcha bude pro výpočet použit údaj  $w_V$  pro koupací vanu (1600 mm × 700 mm). Má-li byt k dispozici více rozdílných sprchových kabin (tab. 4) použije se pro výpočet místo sprchové kabiny s největším odběrem koupací vana.

Další odlišností je započítávání tzv. „malých spotřebičů“ (bidet, umyvadlo, dřez). V případě osazení bidetu a s tím spojené další instalace více jak dvou malých spotřebičů (tj. umyvadla a dřezu), je nutné do výpočtu bidet započítat.

Jednotkový byt má definovanou jednu normální koupelnovou vanu (1600 mm × 700 mm – NB1 – viz. tab. 4). Potřeba tepla pro ohřev TV pro jednotkový byt (4 místnosti =  $p = 3,5$  a vanu NB1) je  $Q_N = p \cdot w_V = 3,5 \times 5,82 = 20,37$  kWh. S touto hodnotou jsou pak další výpočty porovnávány a vzorec pro stanovení koeficientu potřeby  $N$  (8) přejde do tvaru

$$N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_V)}{20,37} \quad (9)$$


 Obr. 4 Zvýšený výkon kotle k ohřevu teplé vody podle výkonového čísla  $N$ 


Obr. 5 Zapojení zdroje tepla s přednostní přípravou TV

$\dot{C}_{os}$  – oběhové čerpadlo otopného systému,  $\dot{C}_{TV}$  – nabíjecí čerpadlo zásobníku TV, EN – expanzní nádoba, K – kotel, PT – dálkové ovládní s čidlem vnitřní teploty, PV – pojistný ventil, 3PV – trojcestný přepínací ventil,  $V_{TV}$  – zásobník TV,  $t_e$  – venkovní teplota,  $t_i$  – vnitřní teplota,  $t_k$  – teplota kotlové vody,  $t_{TV}$  – teplota vody v zásobníku TV

Při výběru velikosti zásobníku je nutné zohlednit následující požadavky:

- Koeficient potřeby vybraného typu zásobníku TV  $N_L$  musí být minimálně tak velký, jak je velký vypočtený koeficient potřeby  $N$ , (tj.  $N_L \geq N$ ).
- Teplný výkon kotle musí být minimálně tak velký, jako je trvalý tepelný výkon  $Q_D$  (údaj výrobce zásobníku TV pro teplotní rozdíl při ohřevu 10/45 °C), potřebný k dosažení koeficientu potřeby zásobníku  $N_L$ .
- Bude-li kotel uvažován jak pro otopnou soustavu tak i pro ohřev TV, je požadován zvýšený výkon kotle  $Q_D = Q_{budovy} + \Delta Q_{TV}$  (viz. obr. 4), kde  $Q_{budovy}$  představuje tepelný výkon pro pokrytí nároků tepla (vytápění, vzduchotechnika, apod.) pro budovu.

## NÁVRH ZOHLEDŇUJÍCÍ PŘEDNOSTNÍ PŘÍPRAVU TV

Na první pohled by se mohlo zdát, že tím by návrh velikosti zásobníku byl velmi jednoduchý. Nicméně postup dle normy DIN 4708 nebo ČSN 06 0320 předpokládá obecný průběh odběrné křivky TV. U normy ČSN 06 0320 se jedná o časové rozdělení odběru TV během periody s postupným navyšováním odběru TV. U normy DIN 4708 se jedná o periodu odběru, která na začátku pomalu stoupá, zhruba uprostřed dosahuje svého maxima a ke konci zase pomalu klesá (tj. Gaussova křivka). Postup je proto možný aplikovat u budov, u kterých spíše předpokládáme využití samostatného zdroje tepla pro přípravu TV. Bohužel ani norma ČSN ani DIN se blíže nezabývají případem, kdy je stejný zdroj tepla využíván jak pro otopnou soustavu tak pro přípravu TV. Norma DIN 4708 sice udává diagram pro navýšení tepelného výkonu zdroje tepla v případě současného využití zdroje tepla pro otopnou soustavu a přípravu TV (obr. 4), nicméně v tomto případě norma předpokládá nabití zásobníku TV pro odběrnou pe-



riodu a jeho následovný ohřev až po jeho částečném vybití spolu se současným provozem otopné soustavy.

V praxi se u rodinných a menších bytových domů velmi často využívá tzv. přednostní příprava TV (obr. 5). V principu jde o možnost přepnutí celého výkonu zdroje tepla pro přípravu TV, a následně jeho využití pro dohřev vody v zásobníku TV [L2].

Z hlediska bilance potřeby tepla budovy můžeme vycházet z předpokladu, že potřeba tepla pro otopnou soustavu je většinou vyšší než potřeba tepla pro ohřev TV. Výhodou přednostního ohřevu TV je tedy možnost využití maximálního tepelného výkonu zdroje tepla, který je primárně navržen pro otopnou soustavu. Pokud nastane odběr TV ze zásobníku, teplota vody v zásobníku  $t_{TV}$  začne klesat. Po dosažení spínací teploty vody  $t_{TVmin}$  v zásobníku, regulace zdroje tepla vypne oběhové čerpadlo otopné soustavy a přepne trojcestný přepínací ventil ve směru nabíjení zásobníku TV. Zároveň zdroj tepla navýší teplotu kotlové vody (obvykle na 80 °C nebo jinou) a regulace sepne nabíjecí čerpadlo zásobníku TV. V okamžiku, kdy je teplota vody v zásobníku dostačující, regulace celý systém přepne zpět do režimu vytápění. Je tedy zřejmé, že čím bude spínací diference ( $\Delta t_{\tau_s} = X_p = t_{TV} - t_{TVmin}$ ) větší, tím bude čas pro dobití zásobníku  $\tau_a$  delší. Spínací diference se obvykle volí 5 K nebo 10 K podle typu zásobníku TV. Doba potřebná k dohřátí zásobníku TV  $\tau_a$  by ale neměla být příliš dlouhá a to proto, aby během přerušování dodávky tepla do otopné soustavy nedošlo k ovlivnění tepelné pohody ve vytápěném prostoru. Pro lehké stavby s minimální akumulací tepla by doba potřebná k dohřátí vody v zásobníku TV  $\tau_a$  neměla překročit 10 minut. U středně těžkých a těžkých staveb s akumulací schopností zdvíha by doba dohřevu TV  $\tau_a$  neměla být delší jak 20 minut.

Postup návrhu objemu zásobníku TV by pak vycházel z předpokladu, že tepelný výkon kotle  $Q_k$ , je větší nebo roven požadovanému výkonu pro přípravu TV  $Q_{TV}$ .

$$Q_k \geq Q_{TV}, \quad (10)$$

Z hlediska potřeby teplé vody pro rodinné a obytné domy lze využít praxi ověřené hodnoty  $V_{2p}$  od 0,04 do 0,05 m<sup>3</sup>/osoba.den. Objem navrženého zásobníku by pak měl být

$$V_{TV} = V_{2p} \cdot n_i, \quad (11)$$

kde  
 $V_{2p}$  – potřeba teplé vody (0,04 až 0,05 m<sup>3</sup>/osoba.den) [m<sup>3</sup>/osoba.den],  
 $n_i$  – obsazenost domu [osoba/den].

Pro obytné budovy se nejčastěji používají nepřímohřevné zásobníky s integrovaným výměníkem. Ty pracují na principu přirozeného vztlačku, tj. obsah zásobníku je zahříván od spodní části nahoru. U těchto systémů je tedy velmi problematické zajistit dokonalý ohřev celého objemu zásobníku TV na žádanou teplotu. Abychom mohli vypočítat skutečný využitelný obsah zásobníku, je nutné zahrnout do výpočtu tzv. korekční faktor odběru  $y$  (tab. 5).

Tab.5 Korekční faktor odběru tepla ze zásobníku TV

Zásobník TV	$y$ [-]	
	$\tau_a < 20$ minut	$\tau_a < 10$ 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

Rovnicí pro výpočet potřebné doby dohřevu TV  $\tau_a$ , je bilance dodaného tepla určitému objemu kapaliny za časovou jednotku při známém rozdílu teplot, nebo-li kalorimetrická rovnice.

$$Q_k = \frac{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}{\tau_a} \Rightarrow \tau_a = \frac{Q_k}{V_{TV} \cdot y \cdot \rho \cdot c \cdot X_p}, \quad (12)$$

kde  
 $Q_{TV}$  – tepelný výkon nutný k dohřevu TV [W],  
 $V_{TV}$  – objem zásobníku TV [m<sup>3</sup>],  
 $\tau_a$  – doba ohřevu TV při teplotním rozdílu pro dohřev TV [s],  
 $\rho$  – hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m<sup>3</sup>],  
 $c$  – 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 (tab. 5) [-].

Pokud je vypočtená hodnota doby dohřevu TV  $\tau_a$  menší než 10 minut pro lehké stavby (resp. 20 minut pro středně těžké a těžké stavby) je výkon kotle  $Q_k$  pro navržený objem zásobníku TV dostatečný. Většina nepřímohřevných zásobníků má integrovaný spirální výměník tepla z hladkých trubek. U výměníků tepla je z hlediska dosahovaného tepelného výkonu rozhodující jeho teplosměnná plocha a střední rozdíl teplot. S ohledem na použitý jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla  $Q_k$  je nutné ověřit, zda výměník tepla v navrženém zásobníku TV je schopen tento tepelný výkon předat do zásobníku TV. Výrobci zásobníků TV většinou udávají tzv. jmenovitý tepelný výkon integrovaného výměníku tepla  $Q_{výměníkuTV}$  pro teplotu kotlové vody  $t_k$  a průtok nabíjecím čerpadlem.

## ZÁVĚR

Jak bylo ukázáno, možnosti stanovení velikosti zásobníku TV jsou různé. Článek popisuje tři rozdílné metody stanovení velikosti zásobníku TV.

Praktická měření prokázala, že pro výpočet potřeby teplé vody je vhodnější využití skutečných naměřených hodnot např. pro typologicky podobný dům. Z hlediska posouzení vhodnosti návrhu jsou výsledky, které poskytuje ČSN 06 0320 nadhodnocené, a to právě z důvodu předimenzování hodnot potřeby teplé vody na osobu a den, které norma uvádí. Návrh z hlediska DIN 4708 je vhodný pro bytové domy, u kterých je možné předpokládat rovnoměrně rozložený odběr TV během dne bez několika výrazných odběrových špiček. Poslední postup vychází z bilance času potřebného k dohřátí TV s využitím jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla. Tento návrh je vhodný pro rodinné domy a menší obytné domy, kde uvažujeme využít jeden zdroj tepla jak pro otopnou soustavu, tak i pro nabíjení zásobníku TV. Pro větší obytné domy s větším odběrem TV, je vhodnější navrhnout samostatný zdroj tepla pro soustavu TV s využitím metodik uváděných v některých z výše uvedených norem.

Příklady výpočtů budou následovat v dalším článku.

Kontakt na autora: Roman.Vavricka@fs.cvut.cz

## Použité zdroje:

- [1] Bystřický, V., Pokorný, A., Technická zařízení budov – A. Třetí vydání. Vydavatelství ČVUT, 2006. 205 s. ISBN 80–01–02716–3
- [2] Bašta, J., Hydraulika a řízení otopných soustav. Vydavatelství ČVUT, 2003. 252 s. ISBN 80–01–02808–9
- [3] ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování, ČNI, 2006
- [4] DIN 4708 – Zentrale Wassererwärmungsanlagen, 1994; part 1 – Begriffe und Berechnungsgrundlagen; part 2 – Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden; part 3 – Regeln zur Leistungsprüfung von Wassererwärmern für Wohngebäude.
- [5] Firemní podklady – Bosch Termotechnika s.r.o., obchodní divize Buderus.

Tento příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem MSM 6840770011. ■