

Projektantský pohľad na optimalizáciu tepelného výkonu OST a ich zapojenie do sústav CZT

Ing. Miroslav Havrlent

RACEN, spol. s r. o.

Mlynská 10

921 01 Piešťany

e-mail: racen@racen.sk

Abstrakt

Odovzdávacie stanice tepla (OST) v sústavách centralizovaného zásobovania teplom (CZT) sú technickým rozhraním medzi distribučnými potrubiami sústavy CZT a zásobovanými objektmi. Obvykle sú majetkom teplárenskej spoločnosti, avšak projektovaný tepelný výkon OST často stanovuje projektant odberateľa tepla (zásobovaného objektu či areálu). V praxi dochádza neraz k situáciám, keď projektované výkony OST sú nadhodnotené, čo spôsobuje problémy prevádzkovateľom sústav CZT (zvýšené prevádzkové prietoky, horšia regulácia a účinnosť OST) a zvyšuje obstarávacie náklady. Cieľom tohto príspevku je popísať odporúčané spôsoby stanovovania tepelných príkonov OST.

1. ÚVOD

Projektant pri návrhu optimálneho tepelného výkonu odovzdávacích staníc tepla (OST) v sústavách CZT musí nájsť rovnováhu medzi tromi dôležitými úlohami :

- a) rešpektovať technické normy a odborné predpisy
- b) navrhnuť OST optimálne jednak z pohľadu odberateľa tepla
- c) navrhnuť OST optimálne taktiež z pohľadu dodávateľa tepla

Technické normy a postupy jednoznačne definujú spôsob výpočtu potrebného tepelného príkonu objektov pre vykurovanie a ohrev teplej vody. V ďalšom si však ukážeme, že dôležité je nielen rutinne vypočítať technické hodnoty, ale taktiež rozumieť postupu, ktorý k ich stanoveniu vedie a rozumne využívať čiastkové vypočítané údaje.

Odberateľ tepla je konečným spotrebiteľom v reťazci sústav CZT. Aby bol spokojný, musí mať vhodne nadimenzovanú OST, ktorá mu zabezpečí spoľahlivú dodávku tepla v požadovanom množstve, kvalite a čase, s možnosťou autonómnej regulácie.

Dodávateľ tepla má záujem na tom, aby OST neboli zbytočne predimenzované, pretože to znamená jednak zvýšené náklady na ich obstaranie (tlak na cenu tepla), jednak riziko nedostatočnej hospodárnosti prevádzky. Parametre, na ktoré sú OST navrhnuté, sa následne prenášajú do účinnosti a spoľahlivosti prevádzky celej sústavy CZT.

2. POTREBNÝ TEPELNÝ PRÍKON PRE VYKUROVANIE

Ak budeme navrhovať potrebný tepelný príkon pre vykurovanie v jestvujúcom objekte resp. skupine objektov, ktoré už sú pripojené k sústave CZT, logicky využijeme údaje o skutočných spotrebách tepla, tzn. množstve dodaného tepla do zásobovaného objektu minimálne za posledné 3 roky. Takýto spôsob možno využiť pri rekonštrukcii jestv. OST, alebo pri budovaní nových objektových OST namiesto okrskovej či sídliskovej OST (podrobnejšie v ods. 2.1).

Ak chceme k sústave CZT pripojiť jestvujúce objekty, ktoré mali vlastný zdroj tepla, zvolíme podobný postup s tým rozdielom, že namiesto dodaného tepla zo sústavy CZT budeme ako so vstupnými hodnotami uvažovať s energiou dodanou v palive (napr. v zemnom plyne), pri citlivom zohľadnení účinnosti pôvodného tepelného zdroja.

V prípade, že riešime pripojenie nových objektov v rámci rozšírenia sústavy CZT, výkonové údaje OST musia byť vypočítané podľa príslušných technických noriem (STN EN 12831). Práve v takomto prípade je potrebné citlivo narábať s vypočítanými údajmi, aby inštalovaný výkon OST nebol zbytočne predimenzovaný (podrobnejšie v ods. 2.2).

2.1 Potrebný tepelný príkon pre vykurovanie – budovy už pripojené k sústave CZT

Základným podkladom pre stanovenie potrebného tepelného príkonu pre vykurovanie pri rekonštrukcii jestv. okrskovej či domovej OST, resp. pri vybudovaní novej domovej OST je prehľad skutočných odberov tepla za posledných 3 až 5 rokov, v členení na jednotlivé mesiace. Uvedené údaje vieme získať od odberateľa tepla pre konkrétne odberné miesto, alebo od dodávateľa tepla tak pre odberné miesto ako aj pre okrskovú (sídliskovú) OST.

V modelovom prípade budeme uvažovať ako odberné miesto bytový dom zásobovaný teplom zo sídliskového zdroja tepla, pre ktorý má byť vybudovaná nová domová OST. Jedná sa o 10 poschodový bytový dom, zateplený, v ktorom je spolu 40 bytov.

Údaje z merača tepla na vstupe do objektu :

Tab. 1 Prehľad spotreby tepla pre vykurovanie v bytovom dome

rok	2013	2014	2015	priemer
mesiac	kWh	kWh	kWh	kWh
január	35 813	28 887	35 628	33 442
február	31833	24760	29150	28581
marec	19896	15131	19433	18153
apríl	12733	11004	12956	12231
máj	3502	4127	3239	3622
september	3661	0	0	1220
október	11938	11692	13765	12465
november	15917	15819	17814	16516
december	23875	26135	29960	26657
spolu	159 167	137 555	161 945	152 889

Zo zistených ročných a mesačných odberov tepla pre posudzovaný objekt urobíme priemer za posledné roky, z neho následne dennostupňovou metódou vypočítame potrebný tepelný príkon dvoma spôsobmi (v zmysle STN 38 3350) :

Tab. 2.a

Výpočet maximálneho príkonu pre vykurovanie (Q_{VYK}) z ročnej spotreby tepla ($Q_{R,VYK}$) :			
Vstupné údaje podľa STN 12831 :		Vypočítané hodnoty :	
vnútorná výpočtová teplota	$t_i = 20\text{ °C}$	ročná potreba tepla	$Q_{R,VYK}$ (viď Tab. 1)
vonkajšia výpočtová teplota	$t_e = -13\text{ °C}$	koef. max. den. spotreby	$k_D = (t_i - t_e) / (t_i - t_{ep})$
priemerná teplota vo vyk. období	$t_{ep} = 3,7\text{ °C}$	max. denná potreba tepla	$Q_{D,VYK} = (Q_{R,VYK} / d) \times k_D$
dĺžka vykurovacieho obdobia	$d = 210$ dní	koef. max. hod. príkonu	$k_H = 1,3 \text{ až } 1,6^*$
denná prevádzka vykurovania	$h = 22$ hod	max. tepelný príkon	$Q_{VYK} = (Q_{D,VYK} / h) \times k_H$

* Koeficient max. príkonu odporúčam voliť interpoláciou v rozsahu :

$k_H = 1,3$ pre $t_e = -10\text{ °C}$ $k_H = 1,4$ pre $t_e = -13\text{ °C}$ až $k_H = 1,6$ pre $t_e = -18\text{ °C}$

Pri uvažovanej priemernej ročnej spotrebe tepla pre objekt $Q_{R,VYK} = 152\,889$ kWh/rok (viď Tab. 1) bude podľa uvedeného postupu max. tepelný príkon : **$Q_{VYK} = 93,85$ kW**

Tab. 2.b

Výpočet maximálneho príkonu pre vykurovanie (Q_{VYK}) zo spotreby tepla v najchladnejšom mesiaci ($Q_{R,JAN}$) :			
Vstupné údaje podľa STN 12831 :		Vypočítané hodnoty :	
vnútorná výpočtová teplota	$t_i = 20\text{ °C}$	ročná potreba tepla	Q_{JAN} (viď Tab. 1)
vonkajšia výpočtová teplota	$t_e = -13\text{ °C}$	koef. max. den. spotreby	$k_D = (t_i - t_e) / (t_i - t_{ep})$
priemerná teplota v januári	$t_{ep} = -2,2\text{ °C}$	max. denná potreba tepla	$Q_{D,VYK} = (Q_{JAN} / d) \times k_D$
počet vykurovacích dní	$d = 31$ dní	koef. max. hod. príkonu	$k_H = 1,3 \text{ až } 1,6^*$
denná prevádzka vykurovania	$h = 24$ hod	max. tepelný príkon	$Q_{VYK} = (Q_{D,VYK} / h) \times k_H$

Pri uvažovanej priemernej mesačnej spotrebe tepla v najchladnejšom mesiaci $Q_{JAN} = 33\,442$ kWh (viď Tab. 1) bude podľa uvedeného postupu max. tepelný príkon : **$Q_{VYK} = 93,54$ kW**

Na základe uvedených výpočtov navrhujeme max. tepelný príkon pre posudzovaný objekt po zaokrúhlení na hodnotu **$Q_{VYK} = 100$ kW**.

V prípade, že počas niektorého z posudzovaných rokov došlo ku zatepleniu objektu, je potrebné uvažovať iba nové hodnoty po zateplení, resp. projektované hodnoty uvedené v projekte zateplenia objektu.

2.2 Potrebný tepelný príkon pre vykurovanie – nové budovy

V prípade, že k sústave CZT budeme prostredníctvom OST pripájať novostavbu objektu či skupinu objektov, potrebný tepelný príkon pre vykurovanie vypočítame podľa STN EN 12831. Tu je však potrebné upozorniť na rozdiel medzi výpočtom tepelných strát objektu a výpočtom potrebného tepelného príkonu pre objekt.

a) Výpočet tepelných strát podľa STN EN 12831

Podľa čl. 8.1 – projektovaný tepelný príkon pre vykurovaný priestor

$$\Phi_{HL} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

$\Phi_{T,i}$ - tepelná strata prechodom tepla vykurovaného priestoru (W)

$\Phi_{V,i}$ - tepelná strata vetraním vykurovaného priestoru (W)

$\Phi_{RH,i}$ - tepelný príkon na zakúrenie (W), ktorý je potrebný na vyrovnanie vplyvu prerušovaného vykurovania (W)

Výpočet tepelných strát je určený pre návrh vykurovacej sústavy objektu (návrh vykurovacích telies v jednotlivých priestoroch budovy, dimenzovanie rozvodov potrubí).

Zvoľme si modelový prípad výsledku výpočtu tepelných strát pre objekt :

$$\Phi_{HLs} = \Sigma \Phi_{T,i} + \Sigma \Phi_{V,i} + \Sigma \Phi_{RH,i} \text{ [W]} = 70 + 50 + 15 = \mathbf{135 \text{ kW}}$$

b) Výpočet potrebného tepelného príkonu podľa STN EN 12831

Podľa čl. 8.2 – projektovaný tepelný príkon pre budovu

Tepelnú stratu prechodom $\Phi_{T,i}$ musíme uvažovať v plnom rozsahu. Pri tepelnej strate vetraním sa odporúča 50% hodnota $\Phi_{V,i}$, tzn. $\Sigma V_i = \max (0,5 \cdot \Sigma V_{inf,i}, \Sigma V_{min,i})$.

Tepelný príkon na zakúrenie $\Phi_{RH,i}$ dokáže sústava CZT a OST prevziať aspoň čiastočne na seba, a to navýšením tepelného príkonu pri prechode z tlmeného na plné vykurovanie.

Uvažujme, že výpočtový teplotný spád v sústave CZT, tzn. na primárnej strane OST je 90/50 °C. Potrebný tepelný príkon $Q_p = 100$ kW dosiahneme pri prietoku 2,15 m³/h. Zvýšením teplotného rozdielu o 5 K (90/45 °C, alebo 95 / 50 °C) pri nezmenenom prietoku (2,15 m³/h) zvýšime okamžitý tepelný príkon OST na 112,5 kW (o 12,5 %).

Podľa uvedeného môžeme pre zvolený modelový prípad uvažovať projektovaný tepelný príkon pre objekt (OST) :

$$\Phi_{HLp} = \Sigma \Phi_{T,i} + 0,5 \Sigma \Phi_{V,i} + 0,3 \Sigma \Phi_{RH,i} [W] = 70 + 25 + 5 = 100 \text{ kW}$$

Uvedený vzorec možno považovať za smerodajný pre výpočet potrebného tepelného príkonu pre vykurovanie objektu (OST).

Alebo inak môžeme povedať, že optimálny tepelný príkon OST pre vykurovanie zodpovedá približne hodnote 75 až 80 % vypočítaných celkových tepelných strát objektu :

$$\Phi_{HLp} = 0,75 \text{ až } 0,80 \Phi_{HLs} \text{ (kW)}$$

3. POTREBNÝ TEPELNÝ PRÍKON PRE OHREV TEPLEJ VODY

Pre správny návrh tepelného príkonu pre ohrev teplej vody (TV) je potrebné mať dostatočnú predstavu o časovom priebehu spotreby teplej vody (podrobnejšie v ods. 3.1).

Ak budeme navrhovať potrebný tepelný príkon pre ohrev TV v jestvujúcom objekte resp. skupine objektov, ktoré už sú pripojené k sústave CZT, znovu je vhodné využiť údaje o skutočných spotrebách tepla za posledné 3 roky. To možno využiť pri rekonštrukcii jestv. OST, alebo pri budovaní nových objektových OST namiesto okrskovej či sídliskovej OST (podrobnejšie v ods. 3.2).

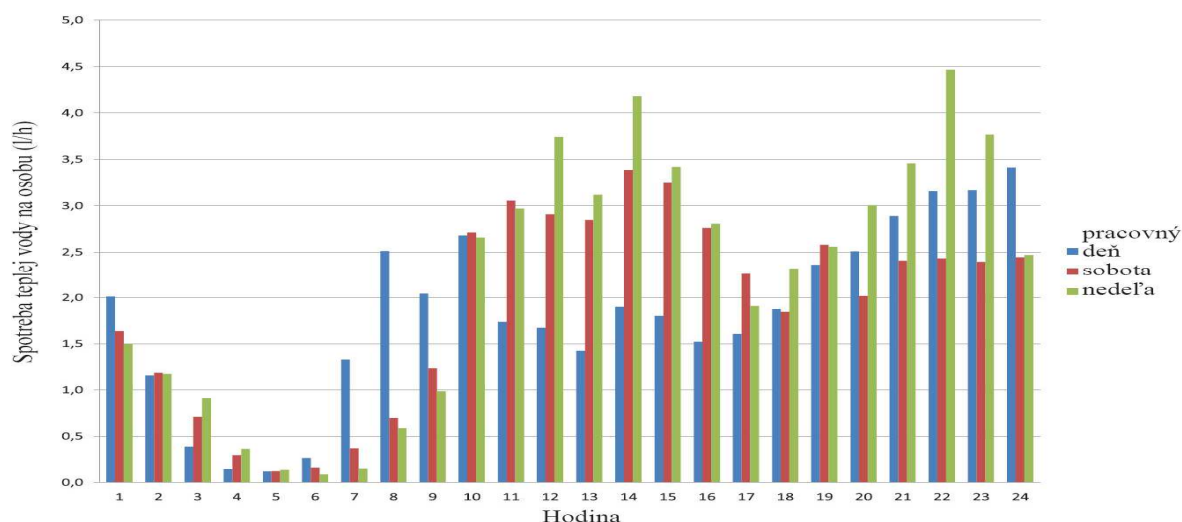
V prípade, že riešime pripojenie nových objektov v rámci rozšírenia sústavy CZT, výkonové údaje OST je potrebné vypočítať podľa príslušných technických noriem - STN EN 15316-3-1, (podrobnejšie v ods. 3.3).

3.1 Denný odber teplej vody v bytovom dome

Podstatnú časť odberných miest v sústavách CZT tvoria bytové domy, preto v modelovom prípade uvažujeme s návrhom tepelného príkonu pre bytový dom.

Na základe dostupných informácií z meraní spotreby TV v bytových domoch (zverejnené v odborných publikáciách) môžeme získať dostatočný prehľad o priebehu spotreby TV.

a) Denný odber teplej vody v bytovom dome počas dňa

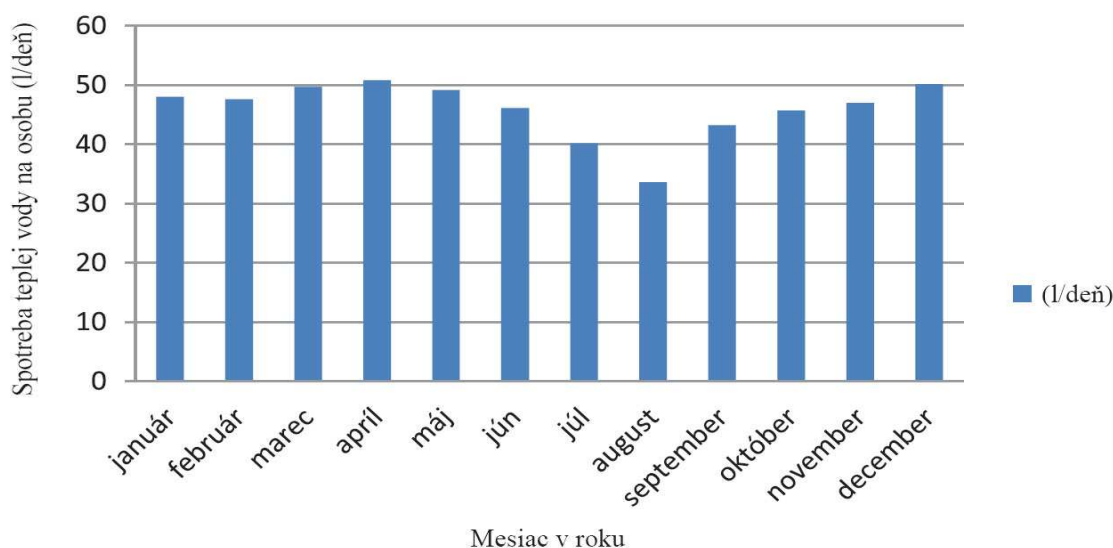


Graf 1 – denný odber TV v bytovom dome na obyvateľa počas dňa v týždni

Z grafu možno odčítať nasledujúce dôležité údaje o spotrebe vody :

- pracovný deň priemer cca 44 l/os.,deň (1,8 l/os.,hod); max. 3,5 l/os.,hod; tzn. $k_H = 1,94$
 - sobota priemer cca 46 l/os.,deň (1,9 l/os.,hod); max. 3,4 l/os.,hod; tzn. $k_H = 1,83$
 - nedeľa priemer cca 53 l/os.,deň (2,2 l/os.,hod); max. 4,5 l/os.,hod; tzn. $k_H = 2,08$
- pričom k_H sú súčinitele hodinovej nerovnomernosti, ktoré možno využiť pri stanovení max. tepelného príkonu pre ohrev TV.

b) Denná spotreba teplej vody počas roka



Graf 2 – spotreba teplej vody na osobu počas roka

Z grafu možno odčítať nasledujúce dôležité údaje o spotrebe vody :

- deň v roku priemer cca 45 l/os.,deň; max. 53 l/os.,deň; tzn. $k_D = 1,18$
- pričom k_D je súčiniteľ dennej nerovnomernosti, ktorý možno využiť pri stanovení max. tepelného príkonu pre ohrev TV.

3.2 Potrebny tepelny prikon pre ohrev TV – budovy už pripojené k sústave CZT

Základným podkladom pre stanovenie potrebného tepelného príkonu pre ohrev TV pri rekonštrukcii jestv. okrskovej či domovej OST, resp. pri vybudovaní novej domovej OST je prehľad skutočných odberov tepla a vody pre ohrev TV za posledných 3 až 5 rokov.

V modelovom prípade budeme uvažovať ako odberné miesto bytový dom zásobovaný teplom zo sídliskového zdroja tepla, pre ktorý má byť vybudovaná nová domová OST. Jedná sa o bytový dom, v ktorom je spolu 40 bytov.

Tab. 3 Spotreba tepla a studenej vody pre objekt

druh	2013	2014	2015	priemer
Teplo pre ohrev TV ($Q_{R,TV}$ v kWh)	92 726	98 957	91 335	94 340
SV pre ohrev TV ($M_{R,TV}$ v m3)	1 050	* 534	1 040	1 045

Údaj o spotrebe vody za rok 2014 sa javí ako nesprávny (pravdepodobne porucha vodomeru), preto ho do výpočtu priemernej hodnoty neuvažujeme.

Zo zistených ročných odberov tepla a teplej vody pre posudzovaný objekt urobíme priemer za posledné roky, z neho následne vypočítame potrebný tepelný príkon pre ohrev TV :

Tab. 4

Výpočet maximálneho príkonu pre ohrev teplej vody (Q_{TV}) z ročnej spotreby tepla ($Q_{R,TV}$) :			
Vstupné údaje :		Vypočítané hodnoty :	
počet prevádzkových dní v roku	d = 355 dní	ročná potreba tepla	$Q_{R,TV}$ (viď Obr. 4)
denná prevádzka ohrevu TV	h = 16 hod	max. denná potreba tepla	$Q_{D,TV} = (Q_{R,TV} / d) \times k_D$
koef. max. dennej spotreby	$k_D = 1,2$	priemerný tepelný príkon	$Q_{TV} = (Q_{D,TV} / h)$
koef. max. hodinovej spotreby	$k_H = 2,0$	max. tepelný príkon	$Q_{TV} = (Q_{D,TV} / h) \times k_H$
bezpečnostný koeficient	$k_B = 1,3$	$Q_{TV} = [(Q_{R,TV} / d) \times k_D] / h \times k_H \times k_B$	

* Koeficienty k_D a k_H sú zvolené podľa bodu 3.1, bezpečnostný koeficient k_B zohľadňuje zanesenie výmenníka tepla inkrustami a nečistotami počas prevádzkovania.

Pri uvažovanej priemernej ročnej spotrebe tepla pre ohrev TV v objekte $Q_{R,TV} = 94\,340$ kWh/rok (viď Obr. 4) bude podľa uvedeného postupu max. tepelný príkon : **$Q_{TV} = 51,8$ kW**

Ak rovnakým spôsobom vypočítame max. prietok studenej vody na vstupe do ohrevu teplej vody pre celý posudzovaný modelový objekt, tzn. namiesto $Q_{R,TV}$ dosadíme do výpočtu ročnú spotrebu vody $M_{R,TV}$ v m3, dopracujeme sa k údaju **$M_{TV} = 442$ l/hod.**

3.3 Potrebny tepelny prikon pre ohrev TV – nové budovy

V prípade, že k sústave CZT budeme prostredníctvom OST pripájať novostavbu objektu či skupinu objektov, potrebný tepelný príkon pre ohrev TV vypočítame podľa STN EN 15316, časť 3-3 Systémy prípravy teplej vody, výroba.

Norma opisuje štyri metódy výpočtu potreby energie dodanej na ohrev TV. V prípade bytových domov odporúčam využiť programy odberu teplej vody, pretože vieme využiť výsledky meraní uvedené v bode 3.1.

a) Výpočet pre modelový prípad podľa návodu STN EN 15316:

- počet obyvateľov v posudzovanom dome n = 120 osôb
(uvažujeme 3 osoby / byt, údaj treba voliť s ohľadom na veľkosť bytov)
- max. prietok TV na osobu $M_{os} = 4,5$ l/os.,hod (53 l/os.,deň)

(STN EN 15316-3-1 stanovuje 36 l os/deň pri teplote 60°C)

- max. prietok SV pre ohrev TV v objekte $M_{TV} = (n \times M_{os}) / 1000 = 0,54 \text{ m}^3/\text{hod}$
(o 22% viac, ako vychádza zo skutočnej spotreby vody pre daný objekt so 40 bytmi)
- max. prietok cirkulácie TV $M_{CTV} = 0,5 \times M_{TV} = 0,27 \text{ m}^3/\text{hod}$
- teplota studenej vody na vstupe do ohrevu TV $t_{SV} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota cirkulácie na vstupe do ohrevu TV $t_{CTV} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota teplej vody na výstupe z ohrevu TV $t_{TV} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- bezpečnostný koeficient $k_B = 1,3$

Potrebný tepelný príkon pre ohrev TV :

$Q_{TV} = [(M_{TV} \times (t_{TV} - t_{SV}) / 0,86) + (M_{CTV} \times (t_{TV} - t_{CTV}) / 0,86)] \times k_B = 53,5 \text{ kW}$; po zaokrúhlení uvažujeme 60 kW

Bezpečnostný koeficient k_B zohľadňuje zanesenie výmenníka tepla inkrustami rovnako ako pri výpočte v bode 3.2.

b) Výpočet pre modelový prípad podľa STN 06 0320:

- počet obyvateľov v posudzovanom dome $n = 120 \text{ osôb}$
- smerný tepelný príkon $q_n = 0,4 + (15 \times i - 2/3) = 1,017 \text{ kW/os}$
- príkon prietokového ohrevu TV $Q_{TV} = i \times q_n = 122 \text{ kW}$

Napriek tomu, že sme neuvažovali s koeficientom pre prietokový ohrev ($k_{PO} = 1,33$), výsledok je dvojnásobne vyšší ako pri predchádzajúcich výpočtoch.

4. PRÍPOJNÁ HODNOTA ODOVZDÁVACEJ STANICE TEPLA

Pred rozdelením primárnych potrubí OST na vetvu vykurovania a vetvu ohrevu TV sa nachádzajú hlavné primárne potrubia OST, napojené na prípojku tepla. Pri návrhu tejto časti OST odporúčam posúdiť predpokladané odberové špičky, ktoré počas prevádzky nastanú :

a) Ranná odberová špička (cca 5,00 až 8,00 hod)

$Q_{P-1} = 1,0 Q_{VYK} + 0,5 Q_{TV} \text{ (kW)}$

V čase cca medzi 5,00 až 6,00 hod uvažujeme so 100% tepelným príkonom pre vykurovanie, pretože dochádza k prechodu z nočného útlmu na plné vykurovanie. Ohrev TV dosahuje ranné najvyššie hodnoty cca o 8,00 hod na úrovni viac ako 50% denného maxima.

Pre modelový prípad bytového domu vychádza : $Q_{P-1} = 1,0 \times 100 + 0,5 \times 60 = 130 \text{ kW}$

b) Večerná odberová špička (cca 20,00 až 22,00 hod)

$Q_{P-2} = 0,7 Q_{VYK} + 0,9 Q_{TV} \text{ (kW)}$

V čase po 20,00 hod odporúčam uvažovať so 70% tepelným príkonom pre vykurovanie, táto hodnota sa po 22,00 hod ešte zníži kvôli prechodu z plného vykurovania do nočného útlmu.

Ohrev TV dosahuje v čase 21,00 až 23,00 hod denné maximum, preto je potrebné uvažovať so 100% tepelným príkonom.

Pre modelový prípad bytového domu vychádza : $Q_{P-2} = 0,7 \times 100 + 0,9 \times 60 = 124 \text{ kW}$

c) Teplárenská špička podľa STN 38 3350

$Q_{P-3} = 0,8 Q_{VYK} + 0,8 Q_{TV} \text{ (kW)}$

Pre modelový prípad bytového domu vychádza : $Q_{P-3} = 0,8 \times 100 + 0,8 \times 60 = 128 \text{ kW}$

OST má byť schopná pokryť každú z uvedených troch odberových špičiek, takže spoločné primárne potrubia a prípojku tepla pre modelový prípad navrhujeme na hodnotu :

$Q_P = 130 \text{ kW}$.

5. ZÁVER

Výpočet potrebného tepelného príkonu pre vykurovanie má jednoznačnú oporu v STN EN 12831 a STN 38 3350. Pri nesprávnom zadaní (tepelné straty namiesto tepelného príkonu) však dochádza k nadhodnoteniu tepelného príkonu OST pre vykurovanie o 20 až 30%.

Ohrev TV má byť navrhnutý podľa STN EN 15316, do určitej miery je však potrebný „projektantský cit“ pre skorigovanie exaktných normových hodnôt, alebo odhadnutie nejednoznačných vstupných údajov. Popísaný postup má oporu v množstve posudzovaných konkrétnych prípadov, kde spotreba tepla zistená z nameraných údajov bola často výrazne nižšia, ako hodnota vypočítaná podľa STN 06 0320. Niekde tu je príčina občas 50 až 100% nadhodnotenia inštalovaného tepelného príkonu OST pre ohrev TV rutinným výpočtom.

Napokon prípojnú hodnotu OST nie je správne stanoviť súčtom maximálnych tepelných príkonov pre vykurovanie a ohrev TV, pretože k takému prevádzkovému stavu nedochádza, resp. môže dôjsť iba ak výnimočne.

Literatúra:

- [1] Ing. Jiří Cikhart, CSc. A kolektív – Soustavy centralizovaného zásobování teplem
- [2] Ing. Zuzana Krippelová, doc. Ing. Jana Peráčková, PhD. – Spotreba teplej vody na obyvateľa v bytovom dome (článok v TZB Haustechnik)
- [3] Ing. Zuzana Krippelová, doc. Ing. Jana Peráčková, PhD. – Teplo na prípravu teplej vody (odborná prednáška)
- [4] Technické normy STN EN 12831, STN 38 3350, STN EN 15316, STN 06 0320