

ZABEZPEČENIE DOSTATOČNEJ TEPLoty V SÚVISLOSTI S MERANÍM SPOTREBY TEPLEJ ÚŽITKOVEJ VODY.

Ing. Juraj Šmelík, THERMO-ECO-ENGINEERING Bratislava, juraj.smelik@gmail.com

Účelom tejto konferencie je odhaliť a riešiť problémy merania a rozúčtovania nákladov za dodávku tepla a teplej úžitkovej vody. V prednáškach prvého dňa sú prednášky z odboru metrológie a určených meradiel.

Odchýlky v presnosti určených meradiel používaných na meranie spotreby TÚV sa pohybujú v tolerancii rádovo 3 percentá. Napriek tomu s rozpočítaním nákladov podľa týchto nameraných hodnôt rozhodne nemôžeme byť spokojní. Príčinou je predovšetkým **rozdielna kvalita za rovnakú cenu** – rozdielna teplota TÚV v rôznych časoch a v rôznych častiach rozvodných sústav TÚV a **možnosti ovplyvnenia nameranej spotreby TÚV**.

Nepresnosť merania vzťahujúca sa na teplotu TÚV sa pohybuje rádovo v desiatkach percent, pričom

- bežne zanedbávaný **rozdiel medzi rôznou teplotou pocitovo „teplej vody“ v rozmedzí 55-40 °C je až 50 %**,
- v prípade pocitovo nedostatočnej teploty TÚV a nutného odpúšťania **prekračuje odchýlka merania úroveň 100 %**.

(podrobnejšie vysvetlené v ďalšej časti)

Ďalšie ovplyvňovanie presnosti merania (a aj teploty TÚV) je spôsobené možným prepúšťaním studenej vody do sústavy teplej vody, sprevádzané spätným otáčaním vodomerov. Ide o častú poruchu, či už neúmyselnú, alebo zámernú. Odchýlka merania je obrovská a percentuálne sa vyjadriť nedá, pretože **spätným otáčaním vodomeru TÚV (t.zn. veľmi presného určeného meradla) sa dá odrátať viac vody, ako je celá skutočná spotreba TÚV**.

Kľúčom k zabezpečeniu rovnomerného rozloženia teplôt TÚV a tým aj objektívnejšieho rozpočítania nákladov za dodávku TÚV sú nasledovné technické opatrenia:

1. HYDRONICKÉ VYVÁŽENIE CIRKULAČNÝCH SÚSTAV
2. POVINNÉ VYBAVENIE VODOMEROV (URČENÝCH MERADIEL) SPÄTNÝMI KLAPKAMI, RESP. BLOKOVANIE VODOMEROV PROTI SPÄTNÉMU CHODU

Aké sú rozdiely v cenách vzhľadom na rozdielnu teplotu TÚV?

Bežná rozvodná sústava teplej vody na sídlisku: v prvom byte - nad výmenníkovou stanicou je k dispozícii teplá voda s teplotou 55 °C, v druhom - vzdialenejšom byte má teplá voda teplotu 45 °C, v treťom 40 °C. Vo štvrtom byte je teplota teplej vody len 35 °C, aj to len po odpuštení niekoľkých desiatok litrov studenej vody z rozvodov. Všetci platia za 1 liter teplej (alebo „teplej“) vody rovnakú čiastku.

Predpokladajme, že vo všetkých štyroch bytoch potrebujú 100 litrov vody s teplotou 37 °C, ktorú si pripravia v miešacej batérii miešaním so studenou vodou s teplotou 10 °C:

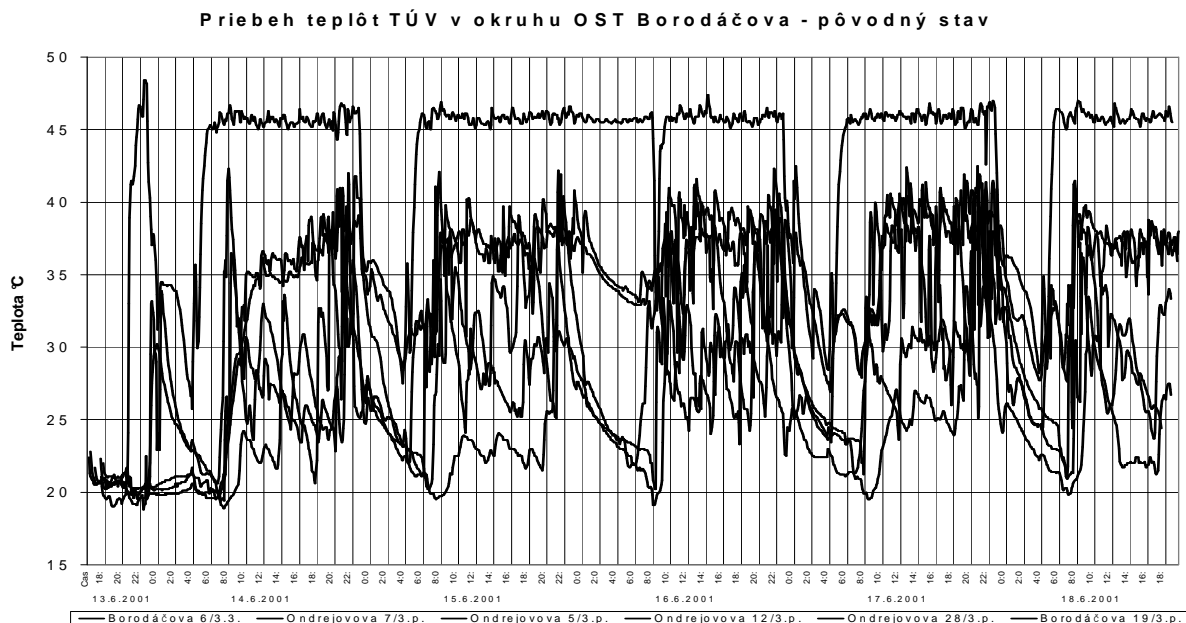
$$\begin{aligned}
 100 \text{ litrov } 37 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 60 \text{ litrov } 55 \text{ }^{\circ}\text{C} + 40 \text{ litrov } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 100 \text{ litrov } 37 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 77 \text{ litrov } 45 \text{ }^{\circ}\text{C} + 13 \text{ litrov } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 100 \text{ litrov } 37 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 90 \text{ litrov } 40 \text{ }^{\circ}\text{C} + 10 \text{ litrov } 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 100 \text{ litrov } 37 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 100 \text{ litrov } 35 \text{ }^{\circ}\text{C} + \text{odpúšťanie chladnejšej}
 \end{aligned}$$

vody

Na prípravu 100 litrov vody spotreboval prvý odberateľ 60 litrov vody s teplotou 55 °C. Druhý odberateľ o 17 litrov = **29 % viac**. Tretí odberateľ spotreboval o 30 litrov = **50 % viac**. Všetci títo odberatelia majú na výtoku pocitovo „horúcu vodu“ a sú teda s teplotou TÚV **spokojní, a to napriek tomu, že na dosiahnutie rovnakej kvality spotrebujú až do 50 % viac**, ako odberateľ v prvom byte.

Výraznejšiu nespokojnosť prejavuje až štvrtý odberateľ: nemá čo miešať a **ak nemusí odpúšťať vychladnutú vodu**, za 100 litrov 37 °C vody zaplatí **minimálne o 67 % viac** ako spotrebiteľ v prvom byte. Ak musí odpúšťať ďalšie

desiatky litrov chladnejšej vody – je to **odpad, ktorý tečie cez vodomer teplej vody!**



Teplá úžitková voda podlieha na trase medzi zdrojom a miestom spotreby chladnutiu. Rýchlosť chladnutia závisí od tepelných izolácií potrubných úsekov a od rýchlosti prúdenia vody v potrubí. Chladnutie je tým rýchlejšie, čím je rýchlosť prúdenia vody v potrubí nižšia.

Zariadením, ktorého cieľom je zabezpečiť dostatočnú teplotu TÚV počas doby dodávky TÚV je cirkulačná sústava. Cirkulačná sústava má odvádzať chladnúcu vodu z prívodného potrubia na opätovné dohriatie do zdroja TÚV a udržiavaním vody „v pohybe“ brániť nadmernému vychladnutiu. **Ak napriek dostatočnej teplote TÚV na výstupe zo zdroja v čase dodávky TÚV klesá v niektorých odberných miestach rozvodnej sústavy teplota TÚV pod stanovenú minimálnu hodnotu, cirkulačná sústava neplní svoju funkciu.**

Teplá úžitková voda dodávaná do vzdialenejších odberných miest rozvodnej sústavy je zaťažená väčšími tepelnými stratami, ako voda dodávaná bližšie k zdroju. To znamená, že aj cirkulačné prietoky by mali byť najvyššie v koncových častiach rozvodných sústav a najnižšie v blízkosti zdroja.

Príčinou nefunkčnosti cirkulačných sústav TÚV je nevyváženosť – cirkulačné prietoky v cirkulačných sústavách nie sú usmernené a cirkulujúca voda sa v potrubí pohybuje cestou menšieho odporu, z čoho vyplýva, že najväčšie cirkulačné prietoky sú v blízkosti zdroja najvyššie a so zväčšujúcou sa

vzdialenosťou od zdroja klesajú. To znamená, že v blízkosti zdroja sú cirkulačné prietoky nadmerné, na úkor koncových častí, kde je cirkulácia často len nepatrná alebo žiadna.

Dôsledkom nefunkčnosti cirkulačných sústav je nerovnomerné rozdelenie teplôt TÚV v rozvodných sústavách a nutnosť odpúšťania vychladnutej vody v koncových častiach rozvodných sústav. Vzhľadom na platný spôsob rozúčtovania nákladov za dodávku TÚV podľa odobratého množstva sú **pri nefunkčnosti cirkulačných sústav zvýhodnení odberateľa TÚV v blízkosti zdroja na úkor odberateľov vo vzdialenejších a koncových častiach rozvodných sústav.**

Problémy s nefunkčnosťou cirkulačných sústav nie sú nové. Nefunkčnosť bola daná už pri výstavbe absolútnou absenciou prvkov, ktorými by mohli byť cirkulačné prietoky usmernené.

V dobách nízkych cien energií a nemeranych spotrieb TÚV sa nefunkčnosti cirkulačných sústav nevenovala pozornosť, pretože jedinou nepríjemnosťou bola časová strata niekoľkých sekúnd pri občasnom odpúšťaní vychladnutej vody v koncových častiach sústav. Vysoká spotreba a plytvanie teplou úžitkovou vodou spôsobovalo dostatočný pohyb vody v potrubí.

Zavedením merania spotreby TÚV v miestach odberu sa spotreba TÚV zracionalizovala a odber TÚV sa podstatne znížil. Znížením spotreby sa podstatne znížil pohyb vody v potrubí, následkom čoho sa vypuklejšie prejavujú nedostatky cirkulačných sústav. Vzniká „začarovaný kruh“: **čím nižšia je spotreba TÚV, tým väčší je úbytok jej teploty a tým viac vychladnutej vody treba odpúšťať.**

Nezanedbateľný je aj **vplyv neskorého ranného nábehu teploty TÚV v koncových častiach.** Následkom nedostatočnej, resp. žiadnej cirkulácie v koncových častiach sa teplota TÚV zvyšuje len vplyvom odberu, a tak ten, kto skôr odoberá TÚV, odpúšťa vychladnutú vodu a tým zabezpečuje zvýšenie teploty TÚV aj pre tých susedov, ktorí budú TÚV odoberať neskôr. Dôsledok na meranú spotrebu TÚV je zřejmý.

Technické riešenie

Porucha vyváženosti spočíva v nadmernom prietoku cez objekty a stúpačky v blízkosti zdroja teplej vody. Z toho vyplýva nedostatočný prietok cez stúpačky vo

vzdialenejších častiach sústavy. **Problémy s chladnutím vody v rozvodoch teplej vody sa dajú odstrániť usmernením cirkulačných prietokov - hydronickým vyvážením cirkulačných sústav TÚV.**

Hydronické vyváženie spočíva vo výpočte tepelných strát všetkých potrubných úsekov rozvodnej sústavy, určení cirkulačných prietokov nutných pre udržanie požadovanej teploty a v nastavení týchto prietokov metódami hydraulického vyváženia.

Pri hydronickom vyvážení sa na pätách objektov a stúpačiek inštalujú vyvažovacie prvky a armatúry, ktorými sa priškrťí prietok v častiach, kde je postačujúci nižší prietok, čím sa zvýši prietok vo vzdialenejších častiach sústavy, teda tam, kde je potrebný.

Hydronické vyváženie je základnou podmienkou funkčnosti každej cirkulačnej sústavy, ak pod funkčnosťou rozumieme zabezpečenie rovnomernej teploty teplej vody.

Príčina porúch cirkulácie nie je len v koncových objektoch, kde je teplota TÚV nízka. **Príčinou sú nadmerné cirkulačné prietoky v objektoch a stúpačkách bližších k zdroju teplej vody, teda v tých častiach, v ktorých nie sú a nikdy neboli problémy s teplotou vody.** Bez obmedzenia cirkulačného prietoku cez tieto objekty a stúpačky nie je možné zvýšiť teplotu v koncových častiach sústav. **Podmienkou stabilnej vyváženosti je spoľahlivé obmedzenie maximálnych prietokov v stúpačkách. Na dosiahnutie kvalitnej dodávky TÚV je nutné správne usmerniť prietoky do všetkých objektov a v objektoch do všetkých stúpačiek.**

V rozvodných sústavách TÚV sú potrubia v rôznej miere zanesené, a preto sa nedá vychádzať z „tabuľkových“ vlastností potrubí. Preto v určitých bodoch sústavy (rozvetvenie, päty objektov), používame meracie vyvažovacie ventily s možnosťou merania prietoku a tlakov - napr. HONEYWELL, TOUR&ANDERSSON, HERZ alebo OVENTROP - ktoré umožňujú zohľadniť skutočné vlastnosti potrubí.

Na päťkách stúpačiek treba nastaviť pomerne malé cirkulačné prietoky, avšak často pri veľmi vysokom diferenčnom tlaku. Vyvažovacie prvky musia mať veľmi malé prietochné profily, avšak tie sú náchylné na upchatie nečistotami. Bežnými armatúrami, používanými napríklad vo vykurovacích sústavách nie je možné dosiahnuť požadovanú presnosť nastavenia.

V zle nadimenzovaných cirkulačných sústavách TÚV, v ktorých chceme dosiahnuť funkčnosť, sú extrémne podmienky. Základným problémom je vysoký diferenčný tlak. Cirkulačná sústava TÚV je hydraulicky otvorená, čo je spôsobené odberom TÚV a preto nie je možné eliminovať vysoký diferenčný tlak armatúrami a metódami rokmi odskúšanými vo vykurovacích sústavách. Ďalším problémom je kvalita vody - zatiaľ čo vo vykurovacích sústavách obieha upravená voda, v sústavách TÚV cirkuluje neupravená voda, ktorá jednak spôsobuje inkrustáciu na kovových potrubíach a armatúrach, jednak unáša mechanické nečistoty. Z týchto dôvodov je použitie vyvažovacích ventilov na stúpačkách problematické. Zatiaľ čo v oblasti vykurovania sa považuje používanie clon za historicky a technicky prekonané, **nutnosť škrtenia vysokých diferenčných tlakov pri nízkych prietokoch je dôvodom, prečo je pri vyvažovaní cirkulačných sústav použitie clon technickou nutnosťou.**

Pre vyváženie cirkulačných sústav TÚV s úspechom používame plastové clony, odolné voči inkrustácii, ktorými dosahujeme podstatne presnejšie a spoľahlivejšie nastavenie, ako pomocou akýchkoľvek ventilov. Ako príklad uvádzam: v porovnaní s clonou s otvorom \varnothing 4 mm má prietochný profil ventilu so sedlom \varnothing 10 mm tvar medzikružia so štrbinou širokou 0,4 mm. To znamená, že ventil zachytí 10x menšie zrnká nečistôt, ako clona. Ochrana pred upchatím clon je riešená našou vlastnou konštrukciou tzv. filtračných clon so zabudovaným ochranným filtrom, ktorých konštrukcia je patentovo chránená.

Nespornou výhodou clon je ich nízka cena a nenáročná montáž – vkladajú sa namiesto tesnenia do jestvujúcich šroubení. Nízka cena umožňuje, že **nie je nutné vyváženie odkladať a podmieňovať nákladnou rekonštrukciou rozvodov, ale je možné hneď vyvážiť aj sústavy so starými potrubiami a s krátkou zostávajúcou životnosťou.**

Diagnostika porúch a zabezpečenie trvalej vyváženosti

Pre hydronické vyváženie je dôležitá odolnosť voči znehodnoteniu svojvoľnou manipuláciou nepovolaných osôb a v prípade poškodenia - rýchlosť nájdenia poruchy. Vyvažovacie prvky zabezpečujeme pred neoprávnenou manipuláciou plombovacími krytmi s evidenčným číslom, ktorých neporušenosť sa dá skontrolovať jediným pohľadom.

Vďaka diagnostickým prvkom, ktorých inštalácia je súčasťou hydronického vyváženia, často **odhaľujeme rôzne skryté poruchy**, od privretých neotvoriteľných šupátok, až po prepúšťanie studenej vody do sústavy TÚV. Mnohé z týchto porúch boli **dlhodobé a bez diagnostických meraní nezistiteľné**. Keďže na základe projektu hydronického vyváženia vieme, ako sa sústava po vyvážení má správať a aké by mali byť merané parametre na vyvažovacích ventiloch, vieme na základe nameraných anomálií určiť príčinu poruchy a zistiť jej polohu. Diagnostika je rovnako dôležitá pre odhalenie porúch spôsobených neoprávnenou manipuláciou s vyvažovacími prvkami. **Výsledkom diagnostických meraní je aj presné stanovenie pracovného bodu cirkulačného čerpadla a jeho optimálne nadimenzovanie.**

Pri statickom vyvážení je sústava vyvážená a stabilná aj pri zmenách teploty TÚV. Výkyvy teploty na výstupe zo zdroja sa prejaví v odberných miestach, a to aj pri zvýšení, aj pri znížení teploty. Vďaka tomu je možné v priebehu dňa meniť výstupnú teplotu v záujme dosiahnutia lepšej hospodárnosti dodávky TÚV, alebo napríklad zvýšiť teplotu z dôvodu termickej dezinfekcie baktérií Legionella Pneumophila.

Súčasťou hydronického vyváženia je preukázanie funkčnosti 24-48 hodinovým meraním teplôt na výstupe zo zdroja TÚV a v kritických miestach cirkulačnej sústavy. Súčasťou odovzdávacieho protokolu je grafické spracovanie nameraných hodnôt.

Použitie termostatov

V západnom zahraničí sa pre vyvažovanie cirkulačných sústav TÚV často používajú termostatické ventily. Je však treba podotknúť, že tam nepoznajú tak veľké rozvodné sústavy TÚV ako u nás a na inej úrovni sú aj tepelné izolácie potrubí. V našich podmienkach pracujeme s **veľmi zanedbanými a zle nadimenzovanými sústavami, dôsledkom čoho sú extrémne požiadavky na vyvažovacie armatúry.**

V oblasti vykurovania prekonalí termostatické ventily vývoj, ktorým sa dospelo k súčasným systémom regulácie diferenčného tlaku a termostatickým radiátorovým ventilom s prednastavením. Oproti tomu sú termostatické ventily pre cirkulačné sústavy TÚV sú jednoduché a bez možnosti prednastavenia prietokovej charakteristiky. Ich konštrukcia vyplýva zo zvyklostí zaužívaných v krajinách ich pôvodu – sú určené pre malé sústavy s dostatočne nadimenzovanými potrubiami, kde sa pracuje s nízkymi diferenčnými tlakmi. V našich rozsiahlych sústavách TÚV sú zlým dimenzovaním cirkulačných sústav vyvolané podstatne náročnejšie tlakové pomery.

Termostatické ventily pre cirkulačné sústavy TÚV vyvinuté vo výrazne odlišných podmienkach nemôžu plnohodnotne zabezpečiť funkčnosť v rozsiahlych a zle nadimenzovaných cirkulačných sústavách. Vplyvom extrémneho preťaženia môže dôjsť k ich poškodeniu a strate tesnosti, čím stratia svoju základnú funkciu - zabrániť nadmernému cirkulačnému prietoku. Pre ilustráciu uvádzam príklad, s ktorým sa stretol snáď každý - stratu tesnosti na vodovodnej batérii: počiatočné kvapkanie sa eróziou tesniacich plôch rýchlo zmení na súvislý pramienok, a čím je pramienok väčší, tým rýchlejšie postupuje erózia a prúd pretekajúcej vody. Termostatický ventil, ktorý stratí funkčnosť, prepustí väčší prietok ako je žiadúce a to má neblahý vplyv na prietoky a teploty v koncových častiach sústavy.

Značnou nevýhodou nasadenia termostatických ventilov v rozsiahlych cirkulačných sústavách je vylúčenie možnosti diagnostiky porúch. Činnosťou termostatických ventilov sa cirkulačné prietoky neustále menia a nie je možné

stanoviť „normálny“ alebo „výpočtový“ stav. Na „vyváženost“ cirkulačných sústav majú vplyv výkyvy teploty TÚV - sústava sa javí stabilná len pri dostatočne vysokej teplote, zatiaľ čo pri znižovaní teploty sa stabilita vyváženia stráca. Nadimenzovanie cirkulačného čerpadla v takejto sústave je možné len metódou pokus – omyl.

Záver

V súčasnosti nejestvuje účinný právny predpis, ktorý by stanovoval pravidlá dodávky TÚV a zodpovednosť za jej kvalitu. Platný Zákon č.70/1998 o energetike stanovuje čas a požadovanú minimálnu teplotu TÚV. Nestanovuje však povinnosti jednotlivých účastníkov podieľajúcich sa na dodávke TÚV, počnúc od správcu zdroja TÚV (kotelňa, OST), pokračujúc správcom rozvodnej siete a končiac správcami jednotlivých objektov. Aj keď uvádza povinnosť udržiavať hydraulicky vyregulovanú sústavu tepelných zariadení (je takýmto zariadením sústava TÚV?) ako pre dodávateľa tepla (po odberné miesto), tak aj pre priameho odberateľa (za odberným miestom), pri dodávke TÚV nie je stanovené odberné miesto a hranica zodpovednosti. Bez spolupráce a spoluzodpovednosti jednotlivých účastníkov nie je možné zabezpečiť rovnomernú teplotu TÚV a objektívne rozúčtovanie nákladov na dodávku TÚV.