10 NÁVRH KOMPLEXNÍHO MĚŘÍCÍHO SYSTÉMU CZTV

10.1 PRINCIP MĚŘENÍ TV

Při přípravě TV v ústředním nebo dálkovém zdroji je trubní síť mezi zdrojem a odběrem TV opatřena cirkulačním potrubím, které zajišťuje, nejčastěji trvale, průtok v potrubí TV. Z toho důvodu je měření TV (množství vody a množství tepla v TV) v distribuční síti vždy rozděleno na měření na přívodu TV a na měření v cirkulaci.
U odběratele se měří odebrané množství TV jednoduše průtokoměrem (vodoměrem) přímo v místě odběru, tedy bez průtoku vody v cirkulačním potrubí. Zanedbáme-li při dodávce TV tepelné ztráty v rozvodech, lze z naměřeného množství odebrané vody stanovit, při znalosti teploty studené a teplé vody, i množství tepla, které je v odebrané TV.
V trubní síti rozvodu TV a cirkulaci dochází k tepelným ztrátám, jejichž velikost závisí na délce rozvodu a tepelném odporu stěny potrubí, tedy na tepelné izolaci potrubí. Podle rychlosti proudění vody v potrubí může být pak i rozdílné ochlazení vody v různých úsecích rozvodu a tím i odlišná teplota vody v místě odběru.
Tím, jak silně nerovnoměrný je odběr vody a proměnný tlak v trubní síti, je třeba velmi přesně navrhovat cirkulační čerpadla tak, aby rychlost vody protékající potrubím se pohybovala v přípustných mezích mezi hodnotou minimální a maximální.
Pro dosažení energeticky úsporného řešení rozvodů TV je, vedle optimální volby tepelné izolace potrubí, nutná správná volba průřezu potrubí. Až pak následně se mají navrhovat regulátory průtoku pro tlakové vyrovnání.
U delších a složitějších rozvodů trubních sítí, např. při centralizovaném zásobování TV, je registrované měřící zařízení nutné nejen pro spravedlivé rozpočítání nákladů za odběr TV, ale také pro návrh a úpravy bezporuchového racionálního provozu trubních sítí z hlediska výše popsané tepelně hydraulické trubní soustavy.

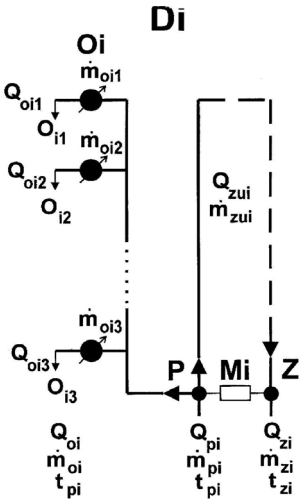
10.2 POUŽÍVANÁ MĚŘIDLA PŘI CENTRALIZOVANÉM ZÁSOBOVÁNÍ TV

Pro vysvětlení principu a funkce měřidel dálkového zásobování TV jsou uvedeny varianty konstrukcí měřidel dodávaných firmou KKS – SMS, s.r.o. Chomutov.
Při umístění měřidel na patě objektů je možno měřit, zaznamenávat a počítačově vyhodnocovat měřené hodnoty v těchto variantách:

- ***varianta 1*** – měření spotřebovaného množství TV, množství tepla obsaženého v TV a měření tepelné ztráty v trubních rozvodech v objektu,
- ***varianta 2*** – měření spotřebovaného množství TV a množství tepla obsaženého v TV,
- ***varianta 3*** – měření spotřebovaného množství TV.

Princip měření TV na patě i–tého objektu Di, s dálkovou dodávkou TV, je naznačen na obr. 10.1.
V místě měření (Mi), v patě objektu, jsou umístěny průtokoměry, případně teploměry, na potrubí TV a na potrubí cirkulace s integrací a registrací pro průběžné vyhodnocení.
V jednotlivých odběrných místech (O_{ii}) (např. v bytech) jsou umístěny průtokoměry pro měření odebraného množství TV ($\dot{m}_{oii}$) pro rozečtení nákladů za odběr vody.

Na přívodním potrubí TV do objektu (v místě P) je měřen průtok vody ($\dot{m}_{pi}$), případně teplota vody (t_{pi}). Z těchto hodnot lze stanovit, při znalosti teploty studené vody (t_s), teplo v přiváděné TV (Q_{pi}).
Na cirkulačním potrubí TV v místě (Z) je měřený průtok vody ($\dot{m}_{zi}$), který protéká cirkulační částí trubních rozvodů a případně je měřena teplota vody odcházející z budovy (t_{zi}), Z těchto hodnot se jednoduše stanoví obsah tepla ve vodě, která vystupuje z budovy v cirkulačním potrubí.
Z rozdílu mezi teplem v přívodní TV (Q_{pi}) a teplem v cirkulačním potrubí odváděné TV (Q_{zi}), získáme množství ztrátového tepla (Q_{zu}), jinak též tepelnou ztrátu v trubních rozvodech v budově.
Velikost tepelné ztráty v rozvodech v budově Di (Q_{zui}) určuje, jak energeticky úsporně je navržen trubní rozvod objektu a kolik tepla bylo ztraceno v rozvodech ve vztahu k odebranému teplu.
Pro hydraulické posouzení trubní sítě rozvodů TV v budově je důležitým parametrem registrovaný průtok v cirkulačním potrubí rozvodu ($\dot{m}_{zui}$) v budově. Získá se z rozdílu měřených průtoků ($\dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}$). Registrace průtoku ($\dot{m}_{zui}$), během opakující se periody, je velmi důležitým parametrem pro volbu regulačních prvků průtoku i parametrů oběhových čerpadel.



Obr. 10.1 – Schéma měření TV v bytovém domě Di s odběrnými místy O_{ii}
Legenda: Mi – měřidlo v patě objektu

Měření průtoku: $\dot{m}_{oii}$ - v odběrném místě; $\dot{m}_{pi}$ - na přívodu TV do objektu; $\dot{m}_{zi}$ - na cirkulačním potrubí u výstupu TV z objektu
Měření teploty: t_{pi} – teplota TV na vstupu do objektu; t_{zi} – teplota na výstupu TV z objektu
Množství tepla: Q_{pi} – přiváděné v TV do objektu; Q_{zi} – odváděné v cirkulaci TV z objektu

10.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH VERZÍ MĚŘENÍ TV V BUDOVĚ

Podle výše uvedeného rozdělení v odst. 10.2 lze jednoduše charakterizovat jednotlivé varianty měření, uvedené na obr. 10.2 až 10.4 (upravená schémata měřidel firmy KKS – SMS, s.r.o. Chomutov).

10.3.1 Varianta 1 - měření spotřebovaného množství TV, množství tepla obsaženého v TV a tepelné ztráty v rozvodech TV v budově (obr. 10.2)

Jako registry jsou zde použity kalorimetrická měřidla, tj. průtokoměry, v kombinaci se dvěma páry snímačů teploty.
Tato základní verze splňuje všechny požadavky kladené na měření a vyhodnocování systémů rozvodů TV. Měření ztrát v rozvodech TV je potřebnou informací pro odběratele i dodavatele.
Odebrané teplo obsažené v TV se u i – té budovy stanoví ze vztahu:

$$Q_{oi} = \left(\dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}\right) \cdot \left(t_{pi} - t_s\right) \cdot c_v$$

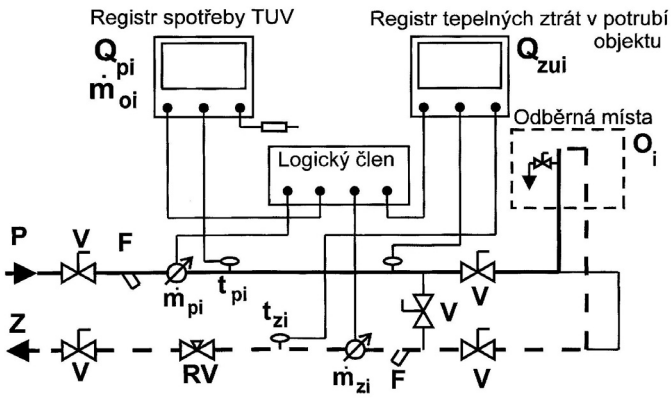
Odebrané množství TV u i – té budovy se stanoví ze vztahu:

$$\dot{m}_{oi} = \dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}$$

Ztráta tepla v rozvodném potrubí TV v i – té budově se stanoví ze vztahu:

$$Q_{zui} = \dot{m}_{zi}\left(t_{pi} - t_{zi}\right) \cdot c_v$$

Pozn.: Legenda veličin u vztahů je uvedena na obr. 10.1
a dále je t_s teplota studené vody
c_v měrná tepelná kapacita.



Obr. 10.2 – Měření TV v budově - varianta 1
Měření množství TV, množství tepla obsaženého v TV a tepelné ztráty v rozvodech v budově
Legenda: $\dot{m}_p$ – měření průtoku na přívodu; $\dot{m}_z$ – měření průtoku na cirkulaci; t_p – měření teploty na přívodu; t_z – měření teploty na cirkulaci

10.3.2 Varianta 2 – měření spotřebovaného množství TV a množství tepla obsaženého v TV (obr. 10.3)

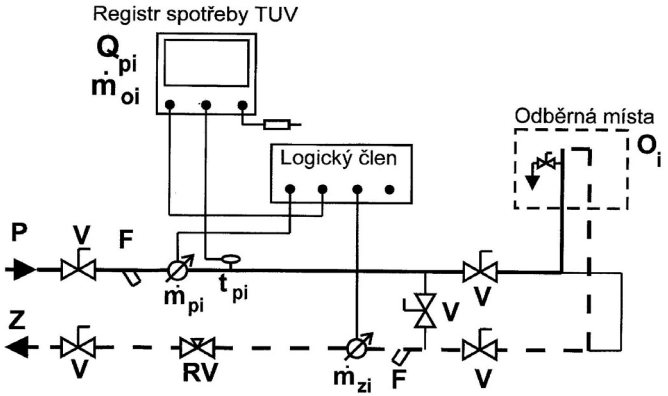
Jako registr je zde použit průtokoměr s párem snímačů teploty, přičemž jeden snímač měří teplotu přívodu TV do objektu (t_p) a druhý snímač je instalován do přívodního potrubí studené vody v objektu. Tím je stanovena teplota studené vody (t_s) pro ohřev TV ve zdroji TV. V případech, kdy je složité propojit snímač teploty pro měření teploty studené vody s místem měření, je dodáván místo tohoto snímače stálý odpor, kterým se simuluje teplota studené vody. Odpor je nastaven na hodnotu 10 °C (výpočtová teplota studené vody).
Odebrané teplo obsažené v TV se u i – té budovy stanoví ze vztahu:

$$Q_{oi} = \left(\dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}\right) \cdot \left(t_{pi} - t_s\right) \cdot c_v$$

Odebrané množství TV u i – té budovy se stanoví ze vztahu:

$$\dot{m}_{oi} = \dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}$$

Pozn.: Legenda veličin u vztahů je uvedena na obr. 10.1
a dále je t_s teplota studené vody
c_v měrná tepelná kapacita.



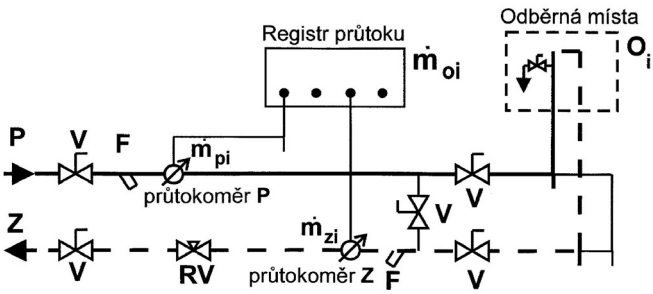
Obr. 10.3 – Měření TV v budově – varianta 2
Měření množství TV, množství tepla obsaženého v TV
Legenda: $\dot{m}_p$ – měření průtoku na přívodu; $\dot{m}_z$ – měření průtoku na cirkulaci; t_p – měření teploty na přívodu

10.3.3 Varianta 3 - měření spotřebovaného množství TV (obr. 10.4)

Jako registr je zde použit čítač se zabudovaným logickým členem. V této variantě je měřena pouze spotřebovaná TV v budově. Není zde možnost stanovit teplotu dodávané vody, ani ztráty tepla v rozvodech TV v budově.

Odebrané množství TV u i – té budovy se stanoví ze vztahu:

$\dot{m}_{oi} = \dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}$



Obr. 10.4 – Měření TV v budově – varianta 3

Měření množství TV: $\dot{m}_p$ – měření průtoku na přívodu; $\dot{m}_z$ – měření průtoku na cirkulaci

10.4 NÁVRH KOMPLEXNÍHO MĚŘÍCÍHO SYSTÉMU TV (OBR. 10.5)

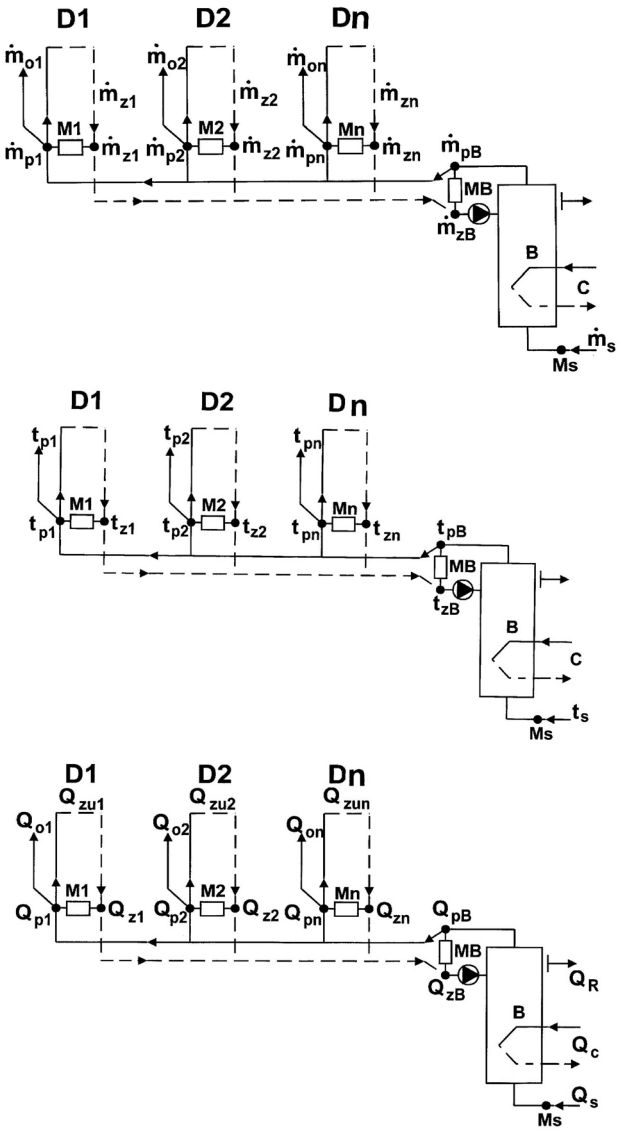
Komplexní měřící systém TV je vytvořen z kalorimetrických měřidel (M1 až Mn) u odběratelů v budovách (v zúčtovací jednotce) a v místě napojení zdroje na trubní síť (u dodavatele TV).

Zaznamenané intervaly měření jsou u všech měřících míst shodné a jsou napojeny na vyhodnocovací jednotku, nejlépe s dálkovým odběrem dat a centrálním vyhodnocováním pro rozúčtování tepla a pro posouzení parametrů veškeré trubní sítě.

Základem pro rozúčtování nákladů za odběr a přípravu TV je:

- odebrané množství vody zjištěné na měřidle Mi $\left(\dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}\right)$ (obr. 10.5A),
- naměřené teploty na měřidle Mi (t_{pi} a t_{zi}) (obr. 10.5B),
- odebrané množství tepla – označené jako užitné teplo Q_{oi}, zjištěné na měřidle Mi (obr. 10.5C),
- ztrátové teplo v trubní síti vnitřních rozvodů v budově (Q_{zui}), zjištěné na měřidle Mi.

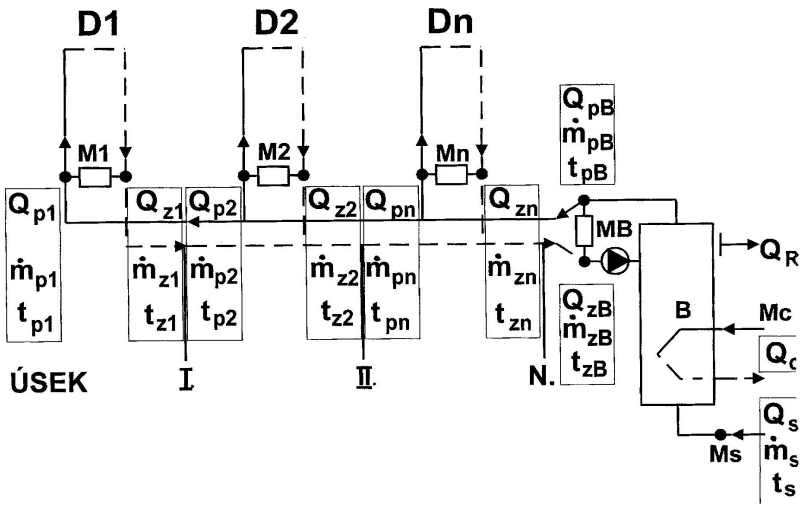
Veškeré tepelné ztráty na rozvodech mezi měřidly Mi a měřidlem MB, ztráty při výrobě tepla, chyby měřidel apod. jsou adekvátně rozúčtovány k odebranému užitnému teplu.

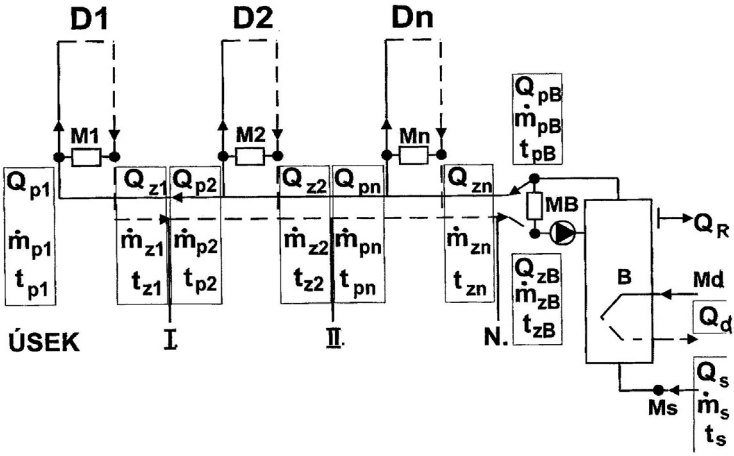


Obr. 10.5 – Schéma komplexního měřícího systému centralizovaného zásobování teplou užitkovou vodou pro budovy D1 až Dn
Legenda: A - Měření průtoku vody; B - Měření teploty vody; C - Stanovení množství tepla, obsaženého: v TV na přívodu Q_p; v TV v cirkulačním potrubí Q_z; ve ztrátách v budově Q_{zu}; ve studené vodě Q_s; ve ztrátách při výrobě Q_R; v ohřevu TV ve výměníku Q_c

10.4.1 Schéma měřícího a vyhodnocovacího zařízení pro trubní síť(obr. 10.6)

Dodavatel připravuje TV v centrálním místě a odtud je k odběratelům dodávána téměř výhradně větevnou trubní sítí.
Schéma výroby a rozvodů s osazením kalorimetrických měřidel komplexního systému TV je na obr. 10.6.
Do místa centralizovaného ohřevu je přiváděna studená vody přes měřidlo Ms s parametry (Q_s, $\dot{m}_s$, t_s) a teplo pro její ohřev (Q_d) je dodáváno ze zdroje teplonosnou látkou (voda nebo pára) nebo je voda ohřívána přímo energií (plynná, kapalná paliva) s měřením této energie měřidlem Md.
Tepelné ztráty při přípravě TV jsou označeny symbolem Q_R.
Do trubní sítě je voda rozváděna se zajištěním cirkulace oběhovým čerpadlem a kalorimetricky je měřena měřidlem MB (s parametry Q_B, $\dot{m}_B$, t_B).
Odběrná místa (budovy D1 až Dn) jsou připojeny na větevnou síť s osazenými kalorimetrickými měřidly M1 až Mn, kde jsou stanoveny parametry (Q_i, $\dot{m}_i$, t_i).
Měřidla Mi stanovují tedy nejen spotřebu teplé vody ($\dot{m}_{oi}$), ale také užitné teplo (teplo v odebírané TV), označené jako Q_{oi} ($Q_{pi} - Q_{zi}$).
Pro vyhodnocení účinnosti trubních rozvodů je z podílu užitného tepla protékajícího sítí (i v jednotlivých úsecích) Q_{Koi}, ke ztrátovému teplu Q_{Kzi}, možno stanovit optimální podmínky vhodnou volbou regulace průtoku, tepelnou izolaci trubní sítě i pro zajištění efektivnosti provozu jednotlivých úseků trubní sítě.





Obr.10. 6 – Schéma komplexního měření CZTV z hlediska posuzování rozvodné sítě
Měřidla M1 až Mn – měřidla mezi jednotlivými úseky I, II až N
Legenda: MB – měřidlo komplexního vyhodnocení trubní sítě; Ms – měřidlo studené vody; Md – měřidlo dodaného tepla do zdroje PTV; Úsek I, II až N – jednotlivé úseky větevného rozvodu trubní sítě CZTV
Indexy: s – studené vody; p – přívodní; z – zpětné; o – užitného tepla; B – zdroje přípravy TV; c – dodávaného tepla na přípravu TV; Ki – úseků trubní sítě; i – jednotlivých odběratelů; R – ztrát při výrobě

Veličiny: Q – množství tepla (v bilanci zjednodušeně výkon)(Wh, W); $\dot{m}$ – hmotnostní (zjednodušeně i objemový) průtok vody (kg nebo dm^3 v čase h); t – teplota vody (°C)
Objekty: D1 až Dn – budovy 1 až n s připojením na odběrnou síť TV; O1 až On – odběr TV v budově D1 až Dn; M1 až Mn – kalorimetrická měřidla u odběratelů v patě budov D1 až Dn; MB – kalorimetrické měřidlo rozvodu TV u zdroje; B – zdroj TV
Množství tepla obsažené v teplé užitkové vodě stanovené v proměnném čase τ:

a) teplo u zdroje přípravy TV: Q_d – dodávané teplo do zdroje přípravy TV; Q_R - ztrátové teplo vzniklé při výrobě TV; Q_s – teplo obsažené ve studené vodě přiváděné do ohřívače
b) teplo stanovené měřením v Mi: Q_{pi} – teplo přiváděné do i-té budovy (stanovené měřením na přívodu do měřidla Mi); Q_{Zi} – teplo odváděné z i-té budovy (stanovené měřením na výstupu z měřidla Mi); Q_{pB} – teplo odváděné do trubní sítě ze zdroje B (stanovené měřením v měřidle MB); Q_{zB} – teplo vracející se z trubní sítě do zdroje B (stanovené měřením v měřidle MB)
c) teplo stanovené vyhodnocením měřených hodnot: Q_{oi} – užitné teplo v budově Di – obsažené v odebírané TV v budově Di (s parametry stanovenými v měřidle Mi); Q_{zui} – ztrátové teplo vzniklé v rozvodech v budově Di (z parametrů stanovených v měřidle Mi); Q_{Ki} – celkové ztrátové teplo v i-tém úseku rozvodné sítě TV; Q_{Koi} – část celkového ztrátového tepla Q_{Ki} vztažená na užitné teplo přepravované v i-tém úseku rozvodné sítě TV; Q_{Kzi} – část celkového ztrátového tepla po odečtu Q_{Koi} v potrubí i tého úseku rozvodné sítě TV

10.4.2 Měření odběru tepla TV v budově Di

V každém místě odběru u budovy Di bude odebírané množství tepla dáno rozdílem naměřeného tepla přiváděného do budovy Q_{pi} a odváděného tepla z budovy Q_{zi} cirku-

lačním potrubím. Tyto hodnoty získáme v intervalovém měření τ_1 ve vyhodnocovaném období τ.
Celkové množství odebraného tepla v budově Di se podle naměřených parametrů teplot a průtočných množství stanoví ze vztahů:

$$Q_{Di} = \left[\dot{m}_{pi}\left(t_{pi} - t_s\right) - \dot{m}_{zi}\left(t_{zi} - t_s\right)\right] \cdot c_v \qquad (10.1)$$

Část tohoto tepla, tzv. užitečné teplo Q_{oi}, je při parametrech TV v měřícím místě Mi tzv. využité v odebírané TV v i-té budově. Zbytek tepla představuje ztrátové teplo v rozvodu TV po budově Q_{zui}.

Podle zvolené symboliky na obr. 10.5C bude tedy platit:

$$Q_{Di} = Q_{oi} + Q_{zui} \qquad (10.2)$$

10.4.3 Stanovení užitečného tepla v budově Di

Užitečné teplo, obsažené v odebírané TV v budově Di, je teplo v průtočném množství $\dot{m}_{oi}$, které se odebere u odběratelů v odběrném místě O_{oi}. Průtočné množství $\dot{m}_{oi}$ se získá jednoduchým odečtem průtoků v měřeném místě Mi ze vztahu:

$$\dot{m}_{oi} = \dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}$$

Velikost užitečného tepla v budově Di se pak stanoví ze vztahu:

$$Q_{oi} = \left(\dot{m}_{pi} - \dot{m}_{zi}\right) \cdot \left(t_{pi} - t_s\right) \cdot c_v \qquad (10.3)$$

Velikost užitečného tepla Q_{oi} v budově Di je rozhodujícím parametrem pro spravedlivé rozúčtování nákladů (fakturaci) za odběr TV.

10.4.4 Stanovení ztrátového tepla v budově Di

Proudící voda v rozvodné síti budovy Di, v závislosti na kvalitě tepelné izolace potrubí se ochlazuje a podle míry ochlazování se vytváří větší nebo menší tepelná ztráta. Velikost je dána, kromě tepelně izolačních schopností stěny potrubí, také průtokem $\dot{m}$, který se dá ovlivnit pouze na cirkulační části potrubí správným nastavením hydraulických parametrů oběhového čerpadla, eventuálně osazením regulačních prvků.
Ztrátové teplo v budově Di stanovíme podle naměřených hodnot v měřidle Mi ze vztahu:

$$Q_{zui} = \dot{m}_{zi}\left(t_{pi} - t_{zi}\right) \cdot c_v \qquad (10.4)$$

Velikost ztrátového tepla v budově se rovnoměrně rozpočítá na jednotlivé odběratele v budově.

10.5 DODANÉ TEPLO A TEPELNÉ ZTRÁTY V ROZVODNÉ SÍTI PTV (OBR. 10.6)

10.5.1 Dodané teplo zdrojem PTV

Ve zdroji se ohřívá voda dodaným teplem Q_c, při ohřevu vzniknou ztráty tepla Q_R. Do rozvodné sítě je dodávané teplo měřené zařízením MB. Dodávané teplo do sítě je rozdílem změřených hodnot na přívodu a zpátečce: Q_{pB} - Q_{zB}
Základní bilanční rovnice přípravy TV centrálního zdroje je:

$$Q_c = Q_R + \left(Q_{pB} - Q_{zB}\right) \qquad (10.5)$$

10.5.2 Tepelné ztráty v rozvodné síti

Známe-li dodané teplo výrobcem Q_c na PTV a známe-li ztrátové teplo při výrobě Q_R, pak celkové teplo dodané do sítě měřené v měřidle MB je:

$$Q_{MB} = Q_{pB} - Q_{zB} \qquad (10.6)$$

Bude-li na všech odběrných místech v patách budovy Di osazeno měřidlo Mi a v nich bude kalorimetricky měřen odběr tepla, bude velmi přesně splněna podmínka:

dodávka tepla = odběr tepla

což vyjadřuje rovnice:

$$Q_{MB} = \sum_{1}^{n} Q_{Di} + \sum_{1}^{N} Q_{Ki} \qquad (10.7)$$

kde $\sum_{1}^{n} Q_{Di}$ je součet všech měřených odběrů tepla v TV v n - objektech

$\sum_{1}^{N} Q_{Ki}$ součet všech tepelných ztrát potrubí u venkovních rozvodů v N – úsecích

Tepelné ztráty v rozvodné síti jsou tedy vyjádřeny vztahem:

$$Q_K = \sum_{1}^{N} Q_{Ki} = Q_{MB} - \sum_{1}^{n} Q_{Di} \qquad (10.8)$$

10.5.3 Dodané množství tepla na PTV bez odebraného tepla v budovách

Při přípravě TV se ohřeje studená voda ve výměníku množstvím tepla Q_c, které zjednodušeně považujeme za množství energie z používaného paliva. Odečteme-li odebírané teplo ve všech budovách Di od dodaného tepla ve zdroji TV, získáme množství tepla pro společné vyúčtování nákladů za odběr tepla ze vztahu:

$$Q_v = Q_c - \sum_{1}^{n} Q_{Di} \qquad (10.9)$$

kde Q_c je teplo na ohřev TV ve zdroji

$\sum_{1}^{n} Q_{Di}$ součet všech měřených odběrů tepla v n - objektech

10.6 NÁVRH NA ROZÚČTOVÁNÍ TEPLA Z ODBĚRŮ TV V JEDNOTLIVÝCH BUDOVÁCH

Každé budově Di bude příslušet náklad za teplo na PTV složené z:

- využitého tepla v budově Q_{oi},
- ztrátového tepla v budově Q_{zui},
- příslušného podílu na ztrátách při výrobě tepla, přípravě TV a ve venkovních rozvodech podle odebíraného využitého tepla.

Účtované teplo v budově Di se může stanovit ze vztahu:

$$Q_{Ni} = Q_{oi} + Q_{zui} + \frac{Q_v}{\sum_{1}^{n} Q_{oi}} \cdot Q_{oi} \qquad (10.10)$$

10.7 VYHODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI ROZVODNÉ SÍTĚ CZTV

Firma provozující měření a zajišťující fakturaci za odběr vody může z měřených údajů od měřidel Mi a MB provést i vyhodnocení účinnosti přenosové venkovní sítě a účinnosti vnitřních trubních rozvodů v jednotlivých budovách Di.
Vyhodnocení teplot a průtoků v měřidlech Mi je podkladem pro znalost o tepelně technického stavu trubní sítě (stavu tepelné izolace) i hydraulické vyváženosti (rovnoměrné rozložení teplot u odběratelů, optimalizace průtoků vody v jednotlivých úsecích trubní sítě).

10.7.1 Tepelné ztráty v trubních rozvodech

Nejlepším kritériem pro návrh tepelné izolace trubních rozvodů je měrná tepelná ztráta, vztažená na jednotku délky potrubí u hydraulicky vyvážené soustavy. Měrnou tepelnou ztrátou je míněn poměr přenášeného užitečného tepla (z odebrané TV) ke ztrátovému teplu (z tepelných ztrát, vzniklých z proudění teplé vody v potrubí).
Bez ukazatele tepelně technického využití trubní sítě, který lze získat pouze na základě měřených parametrů v Mi a MB, nelze však racionálně posoudit oprávněnost a míru účinku rekonstruovaných tepelných izolací potrubí.

a) Efektivnost trubních rozvodů v budově

V budově D_i opatřené měřidlem Mi lze stanovit podle odst. 10.3:

- celkové množství užitečného tepla Q_{oi} v odebrané TV podle vztahu (10.3),
- celkové množství ztrátového tepla ve vnitřních rozvodech budovy Di podle vztahu (10.4).

Měrná ztráta tepla v budově Di, stanovená za srovnatelné období, je poměrem ztrát tepla v rozvodech k užitečnému teplu v TV podle vztahu:

$$Q_{mi} = \frac{Q_{Zui}}{Q_{oi}} \qquad (10.11)$$

Tento ukazatel může být pro investora kriteriální nebo porovnávací.
Vztah vyjadřuje to, že na jednotku užitečného tepla vychází dané množství tepla na ztráty v trubních rozvodech. Ze vztahu plyne, že příznivě menší hodnota Q_{mi} bude u objektů s dobrou tepelnou izolací potrubí, s relativně malými délkami rozvodů a s vysokým odběrem TV (vysokou hodnotou Q_{oi}).
Pro porovnání tohoto ukazatele efektivnosti s ostatními budovami je třeba porovnávat současně srovnatelné hodnoty protékajícího užitečného tepla, a to vše vztaženo na jednotku délky souběžného potrubí (TV, cirkulace) celého vnitřního rozvodu $\sum L$.
Potom ukazatel měrné ztráty tepla na jednotku délky potrubí v budově Di se stanoví ze vztahu:

$$Q_{m1i} = \frac{Q_{mi}}{\sum L} \qquad (10.12)$$

Z takto stanoveného ukazatele efektivnosti trubní sítě vnitřního rozvodu v budově Di může pak projektant rekonstrukce tepelné izolace vycházet. Projektant nabídne, o jakou hodnotu sníží izolováním potrubí měrnou ztrátu tepla v budově.
Efektivnost vnitřních trubních rozvodů lze však vztáhnout z měřených hodnot i na jednotlivé byty. Majitelé jednotlivých bytů při návrhu rekonstrukce teplých izolací trubních rozvodů většinou bude zajímat, jak se snížením tepelné ztráty v rozvodech sníží fakturovaná cena za PTV.
Tím, že ztrátové teplo vnitřních rozvodů se rozpočítává úměrně na užitné teplo v jednotlivých bytech, promítne se míra úspory tepla na vnitřních rozvodech odpovídajícím způsobem do nákladů pro jednotlivé byty.
Užitečné teplo v jednotlivých bytech budovy Di se jednoduše získá na základě měření průtoků a teplot v měřidle Mi a průtoků v bytech $\dot{m}_{oii}$ ze vztahů pro:

Byt 1: $Q_{oi1} = \dot{m}_{oi1} \cdot (t_{pi} - t_s) \cdot c_v$

Byt 2: $Q_{oi2} = \dot{m}_{oi2} \cdot (t_{pi} - t_s) \cdot c_v$

Byt n: $Q_{oi3} = \dot{m}_{oi3} \cdot (t_{pi} - t_s) \cdot c_v$

Velikost rozdílu ztrátového tepla na byt Q_{mii} před rekonstrukcí a po rekonstrukci je vyjádřením úspory tepla na vnitřních rozvodech při fakturaci u jednotlivého bytu. Rozhodnutí o rekonstrukci tepelných izolací vnitřních rozvodů je tedy v efektivnosti a návratnosti investice za prováděnou tepelnou izolaci.
Současná výpočetní technika, využívající obecně známé tepelně technické a hydraulické teorie při proudění teplé vody potrubím, dokáže z naměřených hodnot, po dokončení rekonstrukce, objektivně posoudit případný kvalitativní rozpor mezi projektem a realizací.

b) Efektivnost venkovní trubní sítě

Vztah mezi užitečným teplem a ztrátovým teplem v rozvodné síti lze jednoduše vyčíslit pro celou síť včetně vnitřních rozvodů na základě centrálního měřícího zařízení MB. Z naměřených hodnot v MB je užitečné teplo v celé soustavě dáno vztahem:

$$Q_{oB} = \left(\dot{m}_{pB} - \dot{m}_{zB}\right) \cdot \left(t_{pB} - t_s\right) \cdot c_v \qquad (10.13)$$

Velikost ztrátového tepla celé soustavy se pak stanoví ze vztahu:

$$Q_{zuB} = \dot{m}_{zB} \cdot \left(t_{pB} - t_{zB}\right) \cdot c_v \qquad (10.14)$$

Celková měrná ztráta v rozvodech, vztažená na jednotku užitného tepla, plyne potom logicky ze vztahu:

$$Q_{mB} = \frac{Q_{zuB}}{Q_{oB}} \qquad (10.15)$$

Pro venkovní rozvody je však daleko instruktivnější údaj o celkové tepelné ztrátě pouze ve venkovních rozvodech, označený podle dohodnuté symboliky Q_K, který je rozdílem mezi celkovou dodávkou tepla do sítě, jak je měřeno v měřícím zařízení MB a součtem všech měřených odběrů tepla v n – objektech.

Pro zjištění tepelných ztrát na rozvodech v jednotlivých úsecích se vychází z měřeného rozdílu teplot na počátku a konci jednotlivých měřených úseků od I. do II. až n.

V úseku I $\quad Q_{K1} = \dot{m}_{K1}\left[\left(t_{p2} - t_{p1}\right) - \left(t_{z2} - t_{z1}\right)\right] \cdot c_v - Q_{D1}$

V úseku II $\quad Q_{K2} = \dot{m}_{K2}\left[\left(t_{p3} - t_{p2}\right) - \left(t_{z3} - t_{z2}\right)\right] \cdot c_v - \left(Q_{D1} + Q_{D2}\right)$

V úseku n $\quad Q_{Kn} = \dot{m}_{Kn}\left[\left(t_{pn+1} - t_{pn}\right) - \left(t_{zn+1} - t_{zn}\right)\right] \cdot c_v - \sum_{1}^{n} Q_{Di}$

10.8 VÝHODNOST POUŽITÍ KM CZTV (KOMPLEXNÍHO MĚŘENÍ CENTRALIZOVANÉHO ZÁSOBOVÁNÍ TEPLOU UŽITKOVOU VODOU)

Systém kalorimetrického měření TV, jak bylo uvedeno, slouží nejen k průhlednému a spravedlivému měření TV, ale vytváří podklady pro řešení úsporného provozu sítí, vyregulování a vyrovnání teplot v místech odběru.

Nasazení KM CZTV je tedy v zájmu jak odběratelů TV, tak v zájmu dodavatele, případně provozovatele sítí a následně i organizací státních, pečujících o energetickou koncepci, energetické úspory i ekologii.

Počítačové zpracování naměřených hodnot je neovlivnitelný způsob vyjádření výsledků, jak pro fakturaci, tak pro tepelné i teplotní vyhodnocení trubní sítě, které odpovídá stupni současné technické úrovně.

V záznamu je proveditelná kontrola objektivnosti firmy spravující a provozující měřící zařízení.

10.8.1 Prospěšnost měřícího zařízení pro dodavatele

Dodavatel má kontrolu o:

- odebraném množství TV,
- odebraném teple v TV,

- tepelných ztrátách rozvodné sítě,
- průběhu teplot v jednotlivých odběrných místech,
- průběhu a kolísání odběrů v časovém intervalu,
- průběhu průtoků v jednotlivých úsecích v potrubí TV a cirkulaci,
- tepelně izolačních vlastnostech rozvodné sítě,
- ekonomickém stavu jednotlivých úseků trubní sítě,
- účinnosti zdroje,
- vhodnosti uplatnění regulačních prvků, oběhového čerpadla a jejich funkci.

Dodavatel získá podklady pro:

- efektivnost použití technických opatření na rekonstrukci zdroje, trubní sítě, izolace, regulačních prvků, event. čerpadel na plánovanou etapovost rekonstrukce,
- nezpochybnitelné účtování za dodávané teplo a odběr vody bez neoprávněných reklamací od odběratele,
- kontrolu nad deklarovanými parametry, předkládanými projektantem rekonstrukce.

10.8.2 Prospěšnost měřícího zařízení pro odběratele

Odběratel měřícím zařízením získá:

- objektivní vyúčtování nákladů za skutečný odběr vody a tepla obsaženého v TV,
- podklad pro efektivnost investice do vnitřních rozvodů, tepelné izolace, případné regulace průtoků a teplot,
- kontrolu projektanta při provádění rekonstrukce vnitřních rozvodů nad deklarovanými parametry energetických úspor a teplot vody,
- podklad, který vylučuje neefektivní a nákladné úpravy ke zlepšení stavu vnitřního rozvodu v budově,
- kontrolu nad „černými“ odběry u podružných rozúčtovávacích vodoměrů, např. v bytovém domě.