

# Předávací stanice tepla ve vodních soustavách CZT (I)

## Vstupní stanice u odběratele a tlakově závislé připojení spotřebičů tepla

Datum: 12.5.2008  
Autor: Ing. Miroslav Kotrbař, Ing. Ondřej Hříber

**Článek se věnuje rozboru tlakově závislých připojení topných soustav a jejich významnému vlivu na snížení pořizovacích nákladů. Při respektování všech uvedených technických detailů lze konstatovat, že se jedná o velice spolehlivý a ekonomický princip připojení spotřebičů tepla. Obsah článku je určen odborné veřejnosti.**

### 01.00 Úvod

V oblasti centralizovaného zásobování teplem jsou vodní soustavy nejrozšířenějším způsobem dodávky tepelné energie ze zdroje k jednotlivým odběratelům. Připojování odběratelů a následně pak i jednotlivých spotřebičů se provádí buď přímo - tlakově závisle nebo nepřímou - prostřednictvím výměníku.

Řešení ovlivňují dva parametry. Jsou to: teplota zpětné vody a tlakové podmínky v místě napojení odběratele tepla v závislosti na konstrukčním provedení spotřebičů tepelné energie.

### 02.00 Teplota zpětné vody

Každý tepelný zdroj má jiné podmínky pro hospodárný a bezporuchový provoz. Aby byl režim provozu optimální, musí být v souladu provoz zdroje tepla sítě a spotřebiče.

Jako zdroje tepla se v soustavách CZT používají:

Okrskové výtopny:	110/70 °C
Průmyslové výtopny:	130/70 °C
Teplárny:	120/70 °C ; 130/70 °C ; 150/70 °C

Jedním z důležitých požadavků na bezporuchový provoz kotlů v okrskových a průmyslových výtopnách je, aby teplota media ve zpětné potrubí byla  $t_{v2} \geq 70^\circ\text{C}$ . V teplárenských soustavách se naopak požaduje větší vychlazení:  $t_{v2} \leq 70^\circ\text{C}$ .

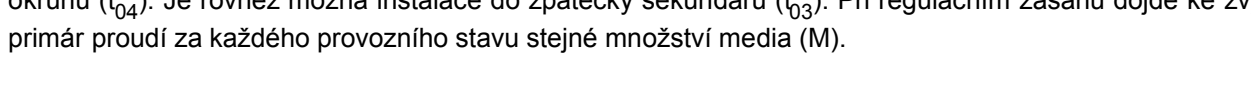
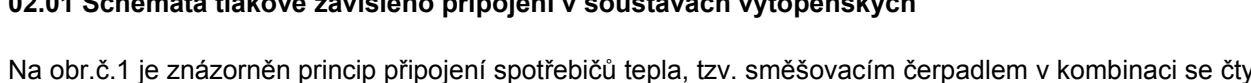
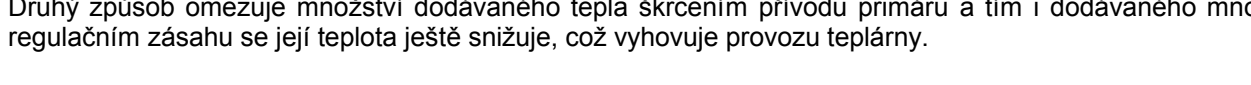
Jak je z popisu funkce a požadavků různých zdrojů tepla zřejmé, může způsob připojení spotřebiče podstatně ovlivnit hospodárnost výroby tepla. Je proto zapotřebí vzít tyto požadavky v úvahu při volbě napojení jak odběratele tepla, tak také samotného spotřebiče.

V principu se používají dva způsoby připojení. Je to jednak způsob, kdy část přebytečného množství tepelnosné látky, přivedené před spotřebič přepouští bez vychlazení zpět do vratného potrubí primáru. Teplota zpětné vody, což vyhovuje ve výtopenských soustavách.

Druhý způsob omezuje množství dodávaného tepla škrcením přívodu primáru a tím i dodávaného množství tepelnosné látky. Teplota zpětné vody se pak rovná teplotě zpětné sekundáru a při regulačním zásahu se její teplota ještě snižuje, což vyhovuje provozu teplárny.

### 02.01 Schémata tlakově závislého připojení v soustavách výtopenských

Na obr.1 je znárodním princip připojení spotřebičů tepla, tzv. směšovacími čerpadlem v kombinaci se čtyřcestnou směšovací klapkou. Směšovací čerpadlo je zařazeno do zpětného potrubí sekundárního okruhu ( $t_{v2}$ ). Je rovněž možná instalace do zpětné sekundáru ( $A2 \rightarrow A2$ ). Cirkulaci v sekundárním okruhu zajišťuje "směšovací čerpadlo", které může být zařazeno jak v přívodním, tak i v zpětném potrubí.



$M_1 = 100$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$	$M_2 = 41,17$	$\theta_2 = 110^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$	$M_3 = 58,83$	$\theta_3 = 110^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$	$M_4 = 58,83$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_4 = 100$	$\theta_4 = 85^\circ\text{C}$	$M_5 = 41,17$	$\theta_5 = 67,5^\circ\text{C}$
%	%	%	%

$M_1 = 100$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$	$M_2 = 33,18$	$\theta_2 = 110^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 74,5^\circ\text{C}$	$M_3 = 66,82$	$\theta_3 = 110^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 57,25^\circ\text{C}$	$M_4 = 66,82$	$\theta_4 = 57,25^\circ\text{C}$
%	%	%	%
$M_4 = 100$	$\theta_4 = 92,5^\circ\text{C}$	$M_5 = 33,18$	$\theta_5 = 57,25^\circ\text{C}$
%	%	%	%

$M_1 = 100$	$\theta_1 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 100$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$

$M_1 = 100$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_4 = 100$	$\theta_4 = 110^\circ\text{C}$

Obr. 1 - Schémata pro připojování spotřebičů tepla se zdrojem tepla výtopna

Jako příklad regulace jsou v příložených diagramech a tabulkách uvedeny hodnoty množství media proudícího v jednotlivých potrubních částech a jeho teploty při plném a 70 % výkonu. Dále jsou uvedeny diagramy průběhu media a jeho teploty při provozním stavu (teplota primáru = teplota sekundáru) a při přechodu na provoz útlumu, kdy se odběr úplně zastavuje. Potom se celé množství bez vychlazení vrací zpět do zdroje tepla.

Stejný princip přepouštění umožňuje další dvě schémata připojení za použití směšovacího čerpadla a rozdělovacího nebo směšovacího ventilu.

Regulační schéma s rozdělovacím ventilem v bodě A1 s přepouštěním přebytečného množství media spojku A1 → B1 zpět do primární sítě. Při míchání primáru do sekundární sítě se uskutečňuje v bodě A2 (A1 → A2), kde dochází ke směšování s mediem ze zpětné sekundáru (A2 → A2). Cirkulaci v sekundárním okruhu zajišťuje "směšovací čerpadlo", které může být zařazeno jak v přívodním, tak i v zpětném potrubí.

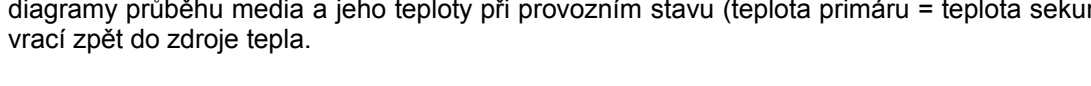
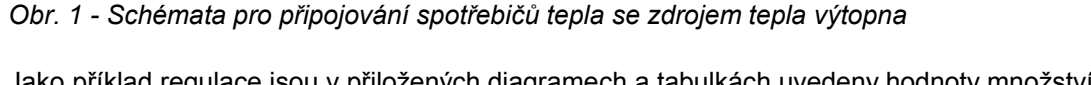
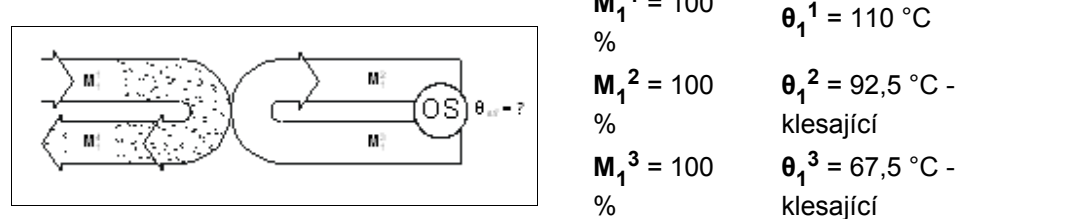
Na stejném principu pracuje i regulační okruh uvedený jako třetí, s tím rozdílem, že požadované směšování realizuje trojcestný směšovací ventil zařazený do směšovacího bodu B1. Jako varianta je "směšovací čerpadlo" zařazeno do přívodu sekundáru - může být i ve zpětném potrubí sekundáru.

Z uvedených diagramů a tabulek je zřejmé, že předložena schémata připojení objektu a spotřebičů plně vyhovují požadavku, kde zdrojem tepla v soustavě CZT je výtopna. Při regulačním zásahu se zvyšuje teplota zpětné primáru, resp. neklesá pod požadovanou hodnotu  $t_{v2} \geq 70^\circ\text{C}$ .

Použití těchto principů je naprosto **nevýhovující** v **teplárenských** soustavách.

### 02.02 Schémata tlakově závislého připojení v soustavách teplárenských

Na obr.2 je znárodním princip připojení spotřebičů tepla "směšovacími čerpadlem" v kombinaci s přímým regulačním ventilem omezujícím při regulačním zásahu dodávané množství media - regulace škrcením. "Směšovací čerpadlo je zařazeno do zpětné sekundáru, regulační ventil do přívodu primáru. Oba tyto prvky však mohou být zařazeny jak do přívodních tak i zpětných potrubí sekundáru a primáru.



$M_1 = 58,83$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 41,17$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 58,83$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$

$M_1 = 33,17$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 74,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 66,83$	$\theta_3 = 57,25^\circ\text{C}$
$M_4 = 33,17$	$\theta_4 = 57,25^\circ\text{C}$

$M_1 = 100$	$\theta_1 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 100$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$

$M_1 = 0$	$\theta_1 = 0$
$M_2 = 100$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_4 = 0$	$\theta_4 = 0$

Obr. 2 - Schémata pro připojování spotřebičů tepla se zdrojem tepla teplárna

Regulace pracuje tak, že primární médium je přiváděno v množství M1 a teplotě  $t_{p1}$  do sekundárního okruhu v bodě A1. Smícháním s mediem M3 a teplotou  $t_{v2}$  (B1 → A1) se dosáhne požadované teploty v přívodu sekundáru.

Totožné množství media (M1), které je přiváděno z primáru do sekundárního okruhu v bodě A1, odchází zpátečkou primáru (M1) zpět z bodu B1 do zdroje tepla.

Stejný způsob směšování umožňuje další tři schémata.

Směšovací trojcestný ventil v bodě A1; rozdělovací trojcestný ventil v bodě B1 a regulovatelný ejektor.

Senkyovy diagramy a tabulky ukazují směšování množství medií a jejich teploty při 100 % a 70 % spotřebě.

Poslední dvě úkázky uvádějí diagramy a tabulky v extrémních případech "směšování" při 100 % spotřebě a teplotách media  $t_{p1} = t_{p4}$  a odstavení přívodu primáru - přechod na útlum.

Tyto principy zapojení při regulačním zásahu (omezení přívodu primáru) snižují teplotu zpětné sekundáru a tím i zpětné primáru ( $t_{v2} = t_{v3}$ ). Je proto vhodné jeho používání v teplárenských soustavách.

(POZOR!) Nevylučte se použití i v soustavách výtopenských, ovšem ve zdroji tepla je zapotřebí provádět "doehřev" zpětné do kole na požadovanou teplotu).

### 03.00 Tlakové podmínky v místě napojení odběratele tepla

Předpokladem pro zajištění maximální hospodárnosti provozu tepelné technické soustavy, je zapotřebí, aby všechny tři hlavní její prvky tj. zdroj, síť a spotřebič pracovaly v optimě. Podmínky pro hospodárný provoz zdroje byly již stanoveny vymezením hranice teplot zpětné vody přiváděné pro využití ve spotřebičích. Další součástí soustavy je tepelná venkovní síť a hlavně pak její hydraulické podmínky.

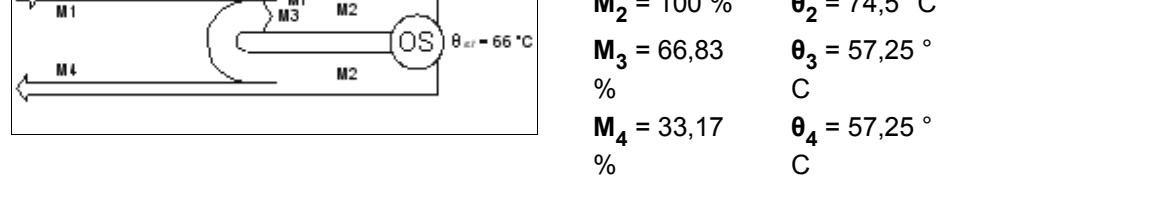
#### 03.01 Tlakový diagram tepelné sítě (Brož)

Tlakové podmínky v místě napojení odběratele tepla na soustavu CZT jsou jedněmi z nejdůležitějších podkladů pro návrh tepelné technických soustav odběratelů.

Tyto podmínky určuje tlakový diagram tepelné sítě. Uvádá průběh statických tlaků po délce hydraulicky hlavní větve. Za hydraulicky hlavní se označuje větev tepelné sítě, která spojuje zdroj s hydraulicky nevyzlednějším odběratelům. Hydraulicky nevyzledněnější odběratelské místo vyžaduje pak na prahu zdroje pro dopravu správného množství tepelnosné látky největší rozdíl statických tlaků mezi přívodním a vratným potrubím.

Z tohoto rozdílu se pak vychází při dimenzování oběhových čerpadel. Kromě toho slouží tlakový diagram k posouzení všech možných provozních stavů, což je zvláště důležité při přímém připojení na primární síť (sálavé soustavy v průmyslu) nebo tlakově závislém připojení spotřebičů.

Tlakový diagram je uveden na obr.3. Základní údaje vycházejí z profilu hlavní trasy od zdroje tepla k nejvzdálenějšímu odběrateli.



Po výpočtu tlakových ztrát v jednotlivých úsecích - zdroj → první odbočka ( $\Delta p_{p1}$  - přívod;  $\Delta p_{v1}$  - vratná větev); dále mezi prvou a druhou odbočkou atd. se dojde k poslednímu odběrateli. V tomto odběratelském bodě je požadovaný tlakový rozdíl  $\Delta p_{\Sigma}$ .

Součet všech předchozích tlakových ztrát, ztráta kole a ostatních potrubních rozvodů ve zdroji tepla udávající minimální dopravní výšku čerpadla. Takto získané údaje se zakreslí do profilu hlavní trasy za předpokladu, že je známa hodnota statického tlaku v sání a výtlaku čerpadla. Poloha celého diagramu čí jeho "převýšení" nad prahem zdroje musí být taková, aby za žádných stavů (ani při vypnutí oběhových čerpadel) nedošlo k poklesu tlaku vody pod tlak sytosti v žádném místě sítě. To je požadavek, který musí být vždy splněn.

Při tlakově závislém připojení ještě další požadavek, totiž, že obrys žádného objektu nemůže přetnout čáru statického tlaku ve vratném potrubí. Došlo by k přetření stoupe kapalniny, zastavení oběhu tepelnosné látky v daném úseku a jejímu odpařování - ve výsledně potrubí by vznikl podtlak.

Potřebný tlak k udržení celého diagramu ve správné poloze lze docílit dvojnásobným opatřeními:

- a. zdrojem tepla s tlakovým expanzorem (tradiční)
- b. zdrojem tepla se známým chodem doplňovacím čerpadla a tlakovou regulací

Obě jsou schématicky znázorněna na obr.4.3 (způsoby regulace tlakové hladiny v neutrálním bodě). Tlakovou hladinou neutrálního bodu nebo též "neutrálním tlakem" se nazývá tlak, jež se v daném místě (tj. neutrálním bodě) nezmění za jakéhokoli provozního stavu a ani při vypnutí oběhového čerpadla. Tyto tlaky jsou obvykle čerčovány během ústavní čarámi (I, II, III).

Při použití zdroje s tlakovým expanzorem jsou možné v podstatě jen dva alternativní neutrální body. Buď v sání, nebo výtluaku čerpadla. Samo oběhové čerpadlo může být před nebo za kotlem. Je-li expanzor připojen na straně sání čerpadla (plná čára), potom je neutrální tlaková hladina daná čarou I. Ve druhé čarou II. Při kulturní tlakové úrovni  $\Delta p_{\Sigma}$  je dosaženo přepřes nad hladinou neutrálního bodu (vratného potrubí) (TE).

Je-li dopravní výška čerpadla velká a navíc členitý povrch terén, vznikají při tomto zapojení na prahu sítě značné statické tlaky. Přispívá k tomu i skutečnost, že hladina tlaku neutrálního bodu je vždy buď na spodním, nebo horním okraji tlakové hladiny.

Tato nevýhoda se odstraní při druhém možném zapojení neutrálního bodu čerpadla o bez tlakového expanzoru - tlakovou hladinu neutrálního bodu mění plynule oběma krajními polohami. Je-li otevřen ventil V2 (obr.4.3) a V1 uzavřen, je hladina neutrálního tlaku vztažena od prahu zdroje (I). Je-li otevřen V1 a V2 uzavřen, je hladina v tlakové úrovni mezi  $\Delta p_{\Sigma}$  (II).

Při částečném otevření obou ventilů V1, V2 vzniká kolem čerpadla cirkulace určitého množství vody a neutrální tlak snižován hodnotou v ose čerpadla - bod O. Tlakový rozdíl  $\Delta p_{\Sigma}$  nad prahem teplárny lze tak měnit přivíráním nebo otevřením některého z ventilů.

Podmínkou tohoto způsobu udržení konstantního stavu neutrálního bodu je, že doplňovací čerpadlo DČ má vhodnou charakteristiku a je stále v chodu.

Snižovaná hodnota  $\Delta p_{\Sigma}$  se přenáší do funkčních orgánů doplňovacího manostatu DM a výpočetného manostatu VM. Kdyby z nějakého důvodu došlo v neutrálním bodě ke vzrůstu nebo poklesu statického tlaku, ovlivně se výpočet manostat a pomocí určitý objem vody ze sítě, čímž se tlak upraví. Při otevření doplňovacího manostatu DM doplňovací čerpadlo DM přivádí tlaku v neutrálním bodě na správnou výši.

#### 03.02 Provozní stavy tlakového diagramu

První čarami vstavené tlakové podmínky v přívodním i zpětném potrubí tlakového diagramu jsou platné za ideálního výpočetového stavu. V podstatě však nelze předpokládat, že budou provedení reálného provozu dodrženy.

Prvním limitním hodnotám (O1) je přiváděno do objektu, kde jsou změřeny jeho teplotní (T) i tlakové (P) parametry. Důležité je umístění teploměru před propojením se zpětným potrubím (O2), stejně tak teploměru v potrubí zpětném. Toto umístění hraje důležitou roli při najžděním soustavy po odtěžení, kdy veškerá otopná voda v připojce ke spotřebiči (mnohdy se jedná o příkopky větší délky i větších dimenzí) je vychlazená. Není proto vhodné přivést takto vychlazené médium do spotřebiče. V tomto okamžiku se přechod do normálního najžděného stavu řeší otevřením ventilů (1) a (2) a ventilů 4, 9 jsou uzavřeny. Kontroluje se teplota na obou teploměrech umístěných na primárních potrubích. Jakmile teploty odpovídají teplotám uzávirá se propojení pomocí ventilů (1) a (2). Kontrola uzávirání se prováděte otevřením ventilů (3) a jeho následným uzavřením.

Následují nutné uzavřít armatury (4 a 9). Od DN 300 se doporučuje použít armatury s elektroponemem. Do přívodu se instaluje filtr (5) a pak následuje havarijní uzávěr regulující na havarijní stavu na sekundární straně jako např.: zatoplení stanice, překročení teploty ve stanici přes 35 °C, překročení teploty media v sekundární soustavě nebo vzniku podtlaku v sekundární soustavě. Odstavení objektu od vlivu tlaku primární sítě ze strany zpětnky po uzavření havarijním ventilem zajistí zápný ventil nebo klapka (B). Po těchto vstupních armaturách je vhodné zařadit měření spotřebě (10) měření průtokového množství media snižování teplot v přívodu i zpátečce (TA) a následným výpočtem integracním odběru tepelné energie v integračním prvku měření tepla. Jak již bylo řečeno, tlakové podmínky v primární síti se mohou radikálně měnit a tím vyvolat nevhodné stavy pro funkci následně zařazených regulačních armatur. Proto je důležité po vyhodnocení situace v primární síti (kolísání tlaku) zařadit regulaci tlakové diference (7). Tímto opatřením se za snížením tlaku v primárním přívodu (PA) a před regulátorem tlakové diference, který si snižuje tlak ve zpětném potrubí primáru, vytvoří "chráněná oblast" (A - A'), kde se trvale udržuje předepřesaná tlaková diference. Jsou tím vytvořeny optimální podmínky pro regulační armatury jednotlivých spotřebičů připojených na primární síť. Vizualní kontrola tlakové diference se dá provádět jednak tlakoměry na přívodním a zpětném potrubí (M) nebo diferenčním tlakoměrem (DM).

Za vstupní stanici následuje "připojení spotřebičů", kde se uvažuje s tlakovou ztrátou 1 m mezi stanicí a spotřebičem a to jak v přívodním, tak i zpětném potrubí.

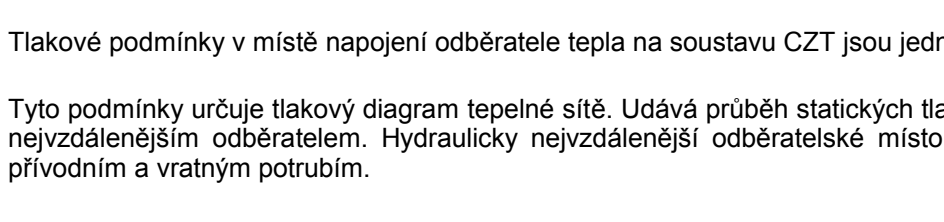
Schéma úroveň "směšovacími čerpadlem" je voleno s přímým regulačním ventilem umístěným ve zpětném potrubí primáru a oběhových čerpadlem v přívodu sekundáru. Tento princip umístění "zvedá" tlakovou hladinu přívodu, což jde ko prospěchu požadované funkce.

Jak je z tlakového diagramu zřejmé, všechny hodnoty statických tlaků jak v primárním, tak i sekundárním potrubí jsou nad úrovní limitních P = 236 m.n.m.

#### 04.02 Tlakově závislé připojení "směšovacími čerpadlem" v oblasti konstrukčního tlaku soustavy

Úkolem technického řešení při napojování spotřebičů v oblasti blízké konstrukčnímu tlaku soustavy je provést tlakově umístění regulačních armatur a oběhového čerpadla, které bude během provozu snižovat v jednotlivých částech snižovat statický tlak.

Vliv je třeba uplatnit již ve vstupní stanici. Regulační ventil (7) na obr.4.6 ovládací "konstantní tlakovou diferencí" osadí do přívodu primáru.



Obr. 4 - Tlakový diagram venkovní sítě s regulačním ventilem

Zde bylo rovněž jako v předchozím případě zohledněny hodnoty.

Primární otopné médium (O1) je přiváděno do objektu, kde jsou změřeny jeho teplotní (T) i tlakové (P) parametry. Důležité je umístění teploměru před propojením se zpětným potrubím (O2), stejně tak teploměru v potrubí zpětném. Toto umístění hraje důležitou roli při najžděním soustavy po odtěžení, kdy veškerá otopná voda v připojce ke spotřebiči (mnohdy se jedná o příkopky větší délky i větších dimenzí) je vychlazená. Není proto vhodné přivést takto vychlazené médium do spotřebiče. V tomto okamžiku se přechod do normálního najžděného stavu řeší otevřením ventilů (1) a (2) a ventilů 4, 9 jsou uzavřeny. Kontroluje se teplota na obou teploměrech umístěných na primárních potrubích. Jakmile teploty odpovídají teplotám uzávirá se propojení pomocí ventilů (1) a (2). Kontrola uzávirání se prováděte otevřením ventilů (3) a jeho následným uzavřením.

Následují nutné uzavřít armatury (4 a 9). Od DN 300 se doporučuje použít armatury s elektroponemem. Do přívodu se instaluje filtr (5) a pak následuje havarijní uzávěr regulující na havarijní stavu na sekundární straně jako např.: zatoplení stanice, překročení teploty ve stanici přes 35 °C, překročení teploty media v sekundární soustavě nebo vzniku podtlaku v sekundární soustavě. Odstavení objektu od vlivu tlaku primární sítě ze strany zpětnky po uzavření havarijním ventilem zajistí zápný ventil nebo klapka (B). Po těchto vstupních armaturách je vhodné zařadit měření spotřebě (10) měření průtokového množství media snižování teplot v přívodu i zpátečce (TA) a následným výpočtem integracním odběru tepelné energie v integračním prvku měření tepla. Jak již bylo řečeno, tlakové podmínky v primární síti se mohou radikálně měnit a tím vyvolat nevhodné stavy pro funkci následně zařazených regulačních armatur. Proto je důležité po vyhodnocení situace v primární síti (kolísání tlaku) zařadit regulaci tlakové diference (7). Tímto opatřením se za snížením tlaku v primárním přívodu (PA) a před regulátorem tlakové diference, který si snižuje tlak ve zpětném potrubí primáru, vytvoří "chráněná oblast" (A - A'), kde se trvale udržuje předepřesaná tlaková diference. Jsou tím vytvořeny optimální podmínky pro regulační armatury jednotlivých spotřebičů připojených na primární síť. Vizualní kontrola tlakové diference se dá provádět jednak tlakoměry na přívodním a zpětném potrubí (M) nebo diferenčním tlakoměrem (DM).

Za vstupní stanici následuje "připojení spotřebičů", kde se uvažuje s tlakovou ztrátou 1 m mezi stanicí a spotřebičem a to jak v přívodním, tak i zpětném potrubí.

Schéma úroveň "směšovacími čerpadlem" je voleno s přímým regulačním ventilem umístěným ve zpětném potrubí primáru a oběhových čerpadlem v přívodu sekundáru. Tento princip umístění "zvedá" tlakovou hladinu přívodu, což jde ko prospěchu požadované funkce.

Jak je z tlakového diagramu zřejmé, všechny hodnoty statických tlaků jak v primárním, tak i sekundárním potrubí jsou nad úrovní limitních P = 236 m.n.m.

#### 04.02 Tlakově závislé připojení "směšovacími čerpadlem" v oblasti konstrukčního tlaku soustavy

Úkolem technického řešení při napojování spotřebičů v oblasti blízké konstrukčnímu tlaku soustavy je provést tlakově umístění regulačních armatur a oběhového čerpadla, které bude během provozu snižovat v jednotlivých částech snižovat statický tlak.

Vliv je třeba uplatnit již ve vstupní stanici. Regulační ventil (7) na obr.4.6 ovládací "konstantní tlakovou diferencí" osadí do přívodu primáru.