



# **Seřizování a řízení hydraulických poměrů tepelných soustav**

**CTI - Cech topenářů a instalatérů ČR**

**Autor:** Vladimír Valenta

# SEŘIZOVÁNÍ A ŘÍZENÍ HYDRAULICKÝCH POMĚRŮ TEPELNÝCH SOUSTAV

Vydáno s podporou České energetické agentury  
U Sovových mlýnů 9, 118 00 Praha 1

Vydáno ve spolupráci s firmami:  
DANFOSS, s.r.o., V Chotejně 15, 102 00 Praha 10  
IMI International, s.r.o., 396 01 Humpolec 1573  
OVENTROP (odborný poradce Ing. J. Holý, Budějovická 3, 140 21 Praha 4)

**Publikace byla zpracována v rámci  
Programů státních podpor při snižování spotřeby paliv a energií v ČR**

**CTI - Cech topenářů a instalatérů ČR**  
Jílová 38, 639 00 Brno  
tel., fax 543 234 746  
www.cechtop.cz, e-mail: cti@sou-jilova.cz

Publikaci zpracoval:  
Vladimír Valenta

Recenzoval:  
Karel Brož

V Brně dne 15. prosince 2003

Cech topenářů a instalatérů ČR  
Franz Ziegler, předseda

Vydal: Cech topenářů a instalatérů ČR v roce 2003 nákladem 1 000 výtisků.

© Cech topenářů a instalatérů ČR, 2003

ISBN 80 - 86208 - 13 - 3

## Obsah

1. Úvod .....	5
2. Definice a pojmy .....	5
3. Zásady hydraulické stability .....	7
4. Prvky pro seřizování a řízení hydraulických poměrů .....	7
4.1 Termostatické radiátorové ventily .....	7
4.2 Seřizovací armatury .....	9
4.3 Regulátory tlakových rozdílů .....	10
4.4 Řízená oběhová čerpadla .....	11
5. Zásady pro hydraulické seřizování .....	15
5.1 Výpočtový stav z hlediska hydrauliky .....	15
5.2 Způsoby hydraulického seřizování .....	16
6. Zásady pro řízení tlakových rozdílů .....	17
6.1 Důvody pro řízení tlakových rozdílů .....	17
6.2 Základní podmínka řízení .....	17
6.3 Stanovení tlakových ztrát vytápěcí soustavy .....	17
6.4 Průběh tlakových rozdílů .....	18
6.5 Principy řízení .....	18
6.6 Způsoby řízení .....	18
6.7 Řízení řízenými oběhovými čerpadly .....	19
7. Přejímka díla .....	21
7.1 Popis hydraulické zkoušky .....	21
7.2 Postup provádění hydraulické zkoušky .....	23
7.3 Poznámky k hydraulické zkoušce .....	23
8. Přílohy .....	23
8.1 Projektová dokumentace pro osazování termostatických radiátorových ventilů .....	23
8.2 Řízení hydrauliky vytápěcích soustav ve výškových budovách .....	27
8.3 Poznámka k měření a rozdělování tepla na vytápění .....	30
8.4 Úpravy vytápěcí soustavy po zateplení pláště objektu .....	31
8.5 Smluvní parametry tepelných soustav .....	33
8.6 Část vyhl. č. 151/2001 Sb. ....	34
8.7 Topné křivky .....	34
8.8 Vzor projektové dokumentace pro osazování TRV .....	36

Tento sborník má také sloužit jako výchozí materiál pro připomínkování, pro úpravy a následně pro schvalování technického pravidla pro obor vytápění TPH 271 04 „Seřizování a řízení hydraulických poměrů tepelných soustav“, které bude vydávat Cech topenářů a instalatérů Brno.

Technická pravidla (TP), jejichž vydávání v daných oborech by měla zajišťovat příslušná odborná sdružení, jsou v zemích EU uznávána jako plněhodnotné technické předpisy na národní úrovni, které buď doplňují technické normy nebo vyplňují prostor normami zatím nepokrytý. V oboru tepelné techniky včasné zavedení TP může přispět v oblasti projektování ke kvalitnímu návrhu zařízení, v oblasti provozu pak hospodárným a bezpečným provozem zařízení. Oboje bude mít dopad jednak na nižší spotřeby energií a tím na nižší zatěžování vnějšího prostředí, jednak na nižší poruchovost a nehodovost při provozu.

## 1. Úvod

Vzhledem k potřebě zapojit konečné odběratele tepla pro vytápění, tj. uživatele jednotlivých bytů, do procesu hospodárného vytápění, je nutné vybavit koncové části vytápěcích soustav (otopná tělesa) termostatickými radiátorovými ventily (TRV). Tím bude uživatelům umožněno nastavovat si optimální vnitřní teploty v jednotlivých místnostech. Bude potlačeno zbytečné přetápění místností a bude docházet ke znatelným úsporám tepla.

Protože osazením TRV se mění hydraulické poměry ve vytápěcích soustavách, musí být soustavy vybaveny ještě dalšími podpurnými armaturami. Jedná se o regulátory tlakových rozdílů (RTR), které se osazují do odběrného místa či na stoupačky nebo o řízená oběhová čerpadla. Dále o seřizovací armatury osazované na stoupačky, případně na větve a do odběrného místa. Po montáži těchto nových prvků se musí provést hydraulické seřízení vytápěcí soustavy.

Osazování TRV jakož i dalších armatur do vytápěcích soustav je předepsáno i § 8 „Regulace a řízení dodávky tepelné energie“ (příloha 8.6) ve vyhlášce č. 151/2001 Sb. o stanovení účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie.

Většinou se osazování TRV do vytápěcích soustav týká vytápěcích soustav ve stávajících bytových objektech převážně panelové stavební konstrukce. V objektech je vytápění nejčastěji zajišťováno teplovodními dvoutrubkovými vertikálními (stoupačkovými) vytápěcími soustavami se spodním rozvodem a s nuceným oběhem. Na otopných tělesech převažují radiátorové kohouty.

## 2. Definice a pojmy

*Tepelná soustava* - soustava, ve které se teplo vyrábí či do ní vstupuje a dále se dopravuje tekutinami v potrubí ke spotřebičům. Sestává ze:

- zdrojů tepla,
- rozvodů tepla (tvoří je tepelná síť, úpravny parametrů a tepelné přípojky),
- odběrů tepla.

Rozsah tepelné soustavy může být meziměstský, městský, okrskový (areálový), objektový, etážový, bytový. Tepelná soustava může obsahovat části s různými úrovněmi provozních přetlaků a teplot. Tepelná soustava může sestávat z více dílčích soustav.

*Dílčí soustava* - část tepelné soustavy vymezená působením jedné teplotonosné látky.

*Dělicí místo* - místo oddělující dílčí soustavy. Je dáno teplosměnnou plochou výměníků tepla.

*Zdroj tepla* - úplné zařízení, ve kterém se získává teplo pro tepelnou soustavu. Teplo se získává spalováním paliva, přeměnou z elektrické energie nebo využíváním druhotného tepla, případně tepla prvotního (přírodního). Druhotné teplo vzniká při technologické činnosti, např. při výrobě elektřiny, při větrání, při chlazení zdrojů energií či materiálů ap. Prvotní teplo je teplem obnovitelným a je obsaženo v okolním vzduchu, vodě, zemi a ve slunečním záření. Zdrojem tepla může být kotelná (spalovací teplo), teplárna, kogenerační zařízení, výměníky tepla, tepelná čerpadla (vše druhotné teplo), výměníky tepla, tepelná čerpadla, sluneční kolektory (vše přírodní teplo).

*Úpravna parametrů* - zařízení pro úpravu těchto parametrů teplotonosné látky:

- teploty (směšovače, výměníky tepla, ejektory),
- přetlaku (redukce, výměníky tepla, čerpadla),
- tlakového rozdílu (regulátory, čerpadla),
- průtoku (regulátory, čerpadla).

Úpravny mohou být:

- nepřímé (s teplosměnnou plochou, přes kterou se předává teplo z jedné látky do druhé),
- přímé (bez teplosměnné plochy).

*Tepelná přípojka* - část rozvodu tepla, kterou se přivádí teplo do odběrného místa.

*Odběr tepla* - odběrné zařízení, sestávající z odběrné sítě, z úpravny parametrů a ze spotřebičů tepla. Na odběrné síti mohou být napojeny další odběry tepla.

*Odběrné místo* - rozhraní mezi zařízením dodavatele a odběratele tepla na tepelné soustavě. Rozhraní musí být ukončeno ze strany dodávky tepla hlavními uzávěry. Za rozhraním, kde začíná odběrné zařízení, se osazují měřiče tepla, teplot a přetlaků. Ideální poloha odběrného místa je na hranici pozemku odběratele tepla.

Pokud by zřízení odběrného místa v ideální poloze bylo nákladné, lze odběrné místo umístit mimo hranici pozemku do objektu odběratele tepla. Na část přípojky vedoucí na pozemku odběratele musí být u odběratele založeno věcné břemeno, umožňující přístup dodavateli tepla k jeho zařízení. Odběrná místa mohou být prvního řádu, druhého řádu atd. Řád je dán seriíovou posloupností od zdroje tepla.

*Vytápěcí soustava* - koncová část tepelné soustavy určená pouze pro vytápění. Prostřednictvím spotřebičů tepla zajišťuje soustava v jednotlivých místnostech předepsaný teplotní stav vnitřního prostředí. Začíná v tom místě tepelné soustavy, ve kterém jsou parametry teplotnosné látky upraveny pouze pro potřeby vytápění. V případě, že zdroj tepla dodává teplo pouze pro vytápění, je vytápěcí soustava shodná s tepelnou soustavou.

*Ohřívací soustava* - koncová část tepelné soustavy určená pouze pro ohřev vzduchu, vody, případně technologické látky.

*Ústřední vytápění* - dodávka tepla vytápěcí soustavou za účelem zajištění předepsaného teplotního stavu vnitřního prostředí v jednotlivých místnostech.

*Spotřebič tepla* - zařízení na konci tepelné soustavy, které slouží k předávání tepla:

- pro vytápění,
- pro ohřev vzduchu,
- pro ohřev vody,
- pro ohřev technologické látky.

*Otopné těleso* - spotřebič tepla na konci vytápěcí soustavy, kterým se předává teplo do místnosti.

*Ohřívač* - spotřebič tepla na konci ohřívací soustavy, kterým se předává teplo do vzduchu, do vody či do jiné látky.

*Větev tepelné soustavy* - provozně samostatná část tepelné soustavy (vybavená párem uzavírek).

*Potrubní úsek* - část potrubního rozvodu mezi dvěma odbočkami, ve které je v daném okamžiku stejný průtok vody.

*Okruh tepelné soustavy* - soubor potrubních úseků, kterými je teplotnosná látka dopravována od zdroje tepla, případně od úpravny parametrů ke konkrétnímu spotřebiči tepla a zpět.

*Hydraulická spojka* - potrubí, které propojuje přívodní a zpětné potrubí. Může sloužit pro:

- vyrovnání přetlaků mezi přívodním a zpětným potrubím (vyrovnávací spojka),
- směšování, kdy se část zpětné vody mísí s vodou přívodní (směšovací spojka),
- přepouštění, kdy se část přívodní vody dostává do vody zpětné (přepouštěcí spojka).

*Vytápěný objekt* - objekt (míněno bytový), který byl navržen a zkolaudován jako jednotka (celek) a to jak z hlediska stavby, tak z hlediska dodávky tepla a vytápění. Sestává z jedné či více sekcí (vchodů) a je vybaven pouze jednou vytápěcí soustavou. Jakékoliv změny tohoto statutu musí projít stavebním řízením, které bude respektovat oprávněné zájmy všech vlastníků a uživatelů bytů.

### 3. Zásady hydraulické stability

#### 3.1 O hydraulické stabilitě vytápěcích soustav obecně

Snahou projektantů, montážníků i provozovatelů vytápěcích soustav s konstantním průtokem je zajistit dostatečný a neměnný průtok oběhové vody do otopných těles. To je základní předpoklad pro udržování potřebné tepelné pohody ve vytápěných místnostech. V každé teplovodní vytápěcí soustavě ale vzniká za provozu samotížný vztlak s proměnnými hodnotami. Samotížný vztlak se tak projevuje jako poruchová veličina, která často silně ovlivňuje, resp. mění průtok v potrubních úsecích. Jsou známy případy, kdy byl průtok změněn až na opačný směr.

Samotížný vztlak je dán součinem výšky soustavy a rozdílem hustot zpětné a přívodní vody, který vyplývá z rozdílných teplot zpětné a přívodní vody. Protože se teploty, resp. teplotní rozdíly, během otopného období mění, mění se i velikost samotížného vztlaku. Kolísání velikosti samotížného vztlaku následně způsobuje kolísání průtoků vody v potrubních úsecích a v otopných tělesech. To může mít za následek nadměrné průtoky do těles ve vyšších nadzemních podlažích (NP) a nedostatečné průtoky do těles v nižších NP, což vede k nerovnoměrnému vytápění objektu. Uvedený stav se projevuje při nízkých venkovních teplotách přetápěním místností v nejvyšších podlažích a nedotápěním místností ve spodních podlažích. Při vyšších venkovních teplotách se jev obrátí, ale je slabší.

I když se dnes navrhuje převážně vytápěcí soustavy s proměnným průtokem, musí být i u nich potlačen vliv samotížného vztlaku. V soustavách s přirozeným oběhem je samozřejmě vyšší samotížný vztlak žádoucí.

#### 3.2 Požadavky na hydraulickou stabilitu ve vodorovném směru

Aby nebyly znatelně narušeny průtoky do jednotlivých stoupaček klasických dvoutrubkových vertikálních vytápěcích soustav se spodním protiproudým rozvodem, musí být zajištěno, že tlakový rozdíl na patě první stoupačky nebude větší než dvojnásobek tlakového rozdílu na patě poslední stoupačky. To je možné splnit pouze při rekonstrukci vodorovného rozvodu. Souprouté vodorovné rozvody (tichelmannské) jsou ve vodorovném směru z jejich principu stabilní.

#### 3.3 Požadavky na hydraulickou stabilitu ve svislém směru

U objektů s více než šesti nadzemními podlažními se u klasických dvoutrubkových vytápěcích soustav se stoupačkami projevuje nežádoucím způsobem samotížný vztlak. Způsob potlačení vlivu samotížného vztlaku je poměrně jednoduchý. Spočívá ve vytvoření potřebného tlakového rozdílu na všech otopných tělesech objektu ve výši

$$\Delta p_t \geq (n_p - 1) \cdot 0,3,$$

kde  $\Delta p_t$  je potřebný tlakový rozdíl na otopných tělesech (kPa)  
 $n_p$  - počet nadzemních podlaží (-).

Zvýšený tlakový rozdíl na otopných tělesech se docílí nahrazením radiátorových kohoutů ventily, které mají vyšší odpor. Při splnění uvedené podmínky se vytápění v objektu stabilizuje. Rozdíly ve vnitřních teplotách budou nižší než  $\pm 1$  K.

### 4. Prvky pro seřizování a řízení hydraulických poměrů

#### 4.1 Termostatické radiátorové ventily

Termostatické radiátorové ventily (TRV) jsou armatury s přímočinnými regulátory teploty vzduchu v místnosti. Pracují s trvalou regulační odchylkou. Její maximální hodnota bývá většinou 2 K. Při



nastavení teploty na regulátoru např. na hodnotu 20 °C a po zvýšení teploty na 22 °C se TRV uzavře. TRV v tomto případě udržuje teplotu v rozmezí 20 až 22 °C. TRV patří do kategorie lokální regulace tepelného výkonu. Za lokální regulaci se považuje regulace na koncových částech vytápěcí soustavy, tj. na otopných tělesech. Má-li se teplo pro vytápění dodávat a spotřebovávat hospodárně, musí být vytápěcí soustava vybavena jak centrální, tak lokální regulací.

Pokud budou TRV udržovat vnitřní teplotu místnosti v optimální výši a v požadovaném rozsahu, zabrání tím přetápění místností. Při své funkci TRV reagují na vnitřní a vnější tepelné zisky místností a tak snižují dodávku tepla do otopného tělesa. Dochází k úsporám tepla na vytápění. TRV považují za nejjednodušší a nejlevnější sběrače tepelných zisků, které vykazují velice krátkou dobu návratnosti vložené investice. Protože mezi tepelné zisky patří zejména sluneční záření, jsou TRV do jisté míry i nejlevnějšími slunečními kolektory.

### **Návrh TRV**

Provádí se způsobem stanovení hodnoty jmenovitého průtoku  $k_v$ . Jmenovitý průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) je pro jednotný tlakový rozdíl na TRV ve výši  $\Delta p_{vn} = 4 \text{ kPa}$  dán vztahem

$$k_v = V_n \cdot (100 / \Delta p_{vn})^{0,5} = 5 \cdot V_n,$$

kde  $V_n$  je objemový průtok otopným tělesem a TRV ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )  
 $\Delta p_{vn}$  - tlakový rozdíl na TRV (kPa).

Vztah je možno upravit pro zadávaný tepelný výkon tělesa na tvar

$$k_v = 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot Q_n / \Delta t,$$

kde  $Q_n$  je výpočtový tepelný výkon tělesa (W)  
 $\Delta t$  - výpočtové ochlazení oběhové vody (K).

Pro článková tělesa je vhodné používat vztah

$$k_v = 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot q / \Delta t,$$

kde  $n$  je počet článků tělesa (-)  
 $q$  - tepelný výkon 1 článku ( $\text{W} \cdot \text{čl}^{-1}$ ).

V praxi není nutno hodnoty  $k_v$  stále počítat. Je vhodné použít tabulky zpracované podle uvedených vztahů, ze kterých lze rychle odečítat hledané hodnoty. V tabulkách (tab. 4.1) je pro určitý typ, výkon a průtok otopného tělesa a pro typ TRV uvedena hodnota  $k_v$ , resp. nastavení TRV. Jednotný tlakový rozdíl na TRV ve výši  $\Delta p_{vn} = 4 \text{ kPa}$  vychází z podmínky potlačení samotížného vztlaku. Hodnota vyhovuje pro bytové objekty až do výšky 14 NP.

### **Podmínky pro bezvadnou funkci TRV**

1. Osazení TRV musí předcházet vypracování jednoduchého projektu. V projektu musí být stanoveny jmenovité průtoky nebo nastavení každého TRV. Dále musí být proveden hydraulický přepočít celé potrubní sítě vytápěcí soustavy. Na základě výpočtu je třeba uvést hodnoty potřebné pro osazení seřizovacích armatur a pro seřízení průtoků do jednotlivých stoupaček pro základní (výpočtový) stav. Podle výsledků hydraulického výpočtu se provede návrh řízení tlakových rozdílů, včetně stanovení maximálních regulačních odchylek.

2. Základní podmínkou pro bezvadnou a bezhlučnou funkci TRV je zajistit, aby na TRV nepronikl větší tlakový rozdíl než je jeho dovolená hodnota  $\Delta p_{vdov} = 10$  až 15 kPa. Při větším tlakovém rozdílu bude TRV přetížen a budou se projevovat nepříjemné hlukové efekty. Ty jsou způsobovány kavitací, která působí nejvíce při vyšších teplotách vody a současně při nízkém přetlaku.

3. Osazování a nastavení TRV se musí provádět podle projektu, stejně jako nastavení u předepsaných seřizovacích armatur a u regulátorů tlakových rozdílů.

4. Po osazení TRV se musí vytápěcí soustava napouštět vodou pozvolna a pouze zpětným potrubím za současného odvodu vzdušování. Při jiném způsobu napouštění se nedosáhne odvodu vzdušování všech otopných těles.

5. V 1 m<sup>3</sup> oběhové vody vytápěcí soustavy nemá být koncentrace rozpuštěného vzduchu větší než 0,02 m<sup>3</sup>, a to při atmosférickém tlaku. Jinak hrozí provozní zavdušování otopných těles; u některých bude znamenat snížení nebo i ukončení dodávky tepla do místnosti.

Tab. 4.1 Nastavení TRV Danfoss RA-N

DN	Nastavení / jmen. průtok (m <sup>3</sup> /h) / počet čl. o výkonu 100 W / počet čl. o výkonu 120 W							
	1	2	3	4	5	6	7	N
10	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56
	2	5	7	11	15	19	22	32
	2	4	6	9	12	16	18	27
15	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73
	2	5	7	12	18	23	30	43
	2	4	6	10	15	19	25	35
20	0,10	0,15	0,20	0,26	0,35	0,46	0,73	1,04
	6	9	12	15	21	27	43	60
	5	7	10	13	17	22	35	50

### Zkušenosti z provozu TRV

Po nasazení TRV do celého bytového objektu se vytápění místností podstatně zrovnoměří. V místnostech, které vykazovaly závady ve vytápění, se konečně dosahuje tepelná pohoda. Průtoky do stoupaček i do otopných těles jsou nižší než výpočtové, a to i v době, kdy nepůsobí tepelné zisky v místnostech. Rozdíl teplot oběhové vody se blíží rozdílu výpočtovému a dochází k potlačení samotížného vztlaku.

Průtoky ve vytápěcích soustavách před osazením TRV bývají o 50-100 % vyšší než průtoky výpočtové. Po osazení TRV se průtoky snižují pod hodnoty výpočtových průtoků. Znatelně se snižuje spotřeba čerpací práce na oběhových čerpadlech. Prokazatelná úspora tepla na vytápění v otopném období bývá 10 až 20%. Těchto úspor se dosahuje v případech, kdy osazení TRV je doprovázeno zavedením systému rozdělování topných nákladů. Pokud je vytápěcí soustava provozována bez rozdělovacího systému, lze úsporu dosáhnout pouze v prvním roce. Dále tato úspora postupně klesá.

### 4.2 Seřizovací armatury

Seřizovací armatury slouží k vytvoření a k nastavení stálého hydraulického odporu. Jsou vybaveny nastavovacím, ukazovacím a zajišťovacím mechanismem a hrdly pro odběr tlakového rozdílu. Po změření tlakového rozdílu lze stanovit nepřímým způsobem průtok těmito armaturami. Seřizovací armatury mají doloženu hydraulickou charakteristiku (obr. 4.1), což je závislost tlakové ztráty na průtoku pro určitá nastavení. Nastavením se rozumí uvedení seřizovacího prvku do předepsané polohy s následnou aretací. Za provozu pak musí armatura vykazovat potřebnou tlakovou ztrátu při daném průtoku. Seřizovacím prvkem bývá kuželka, klapka, deska, kulový element ap.

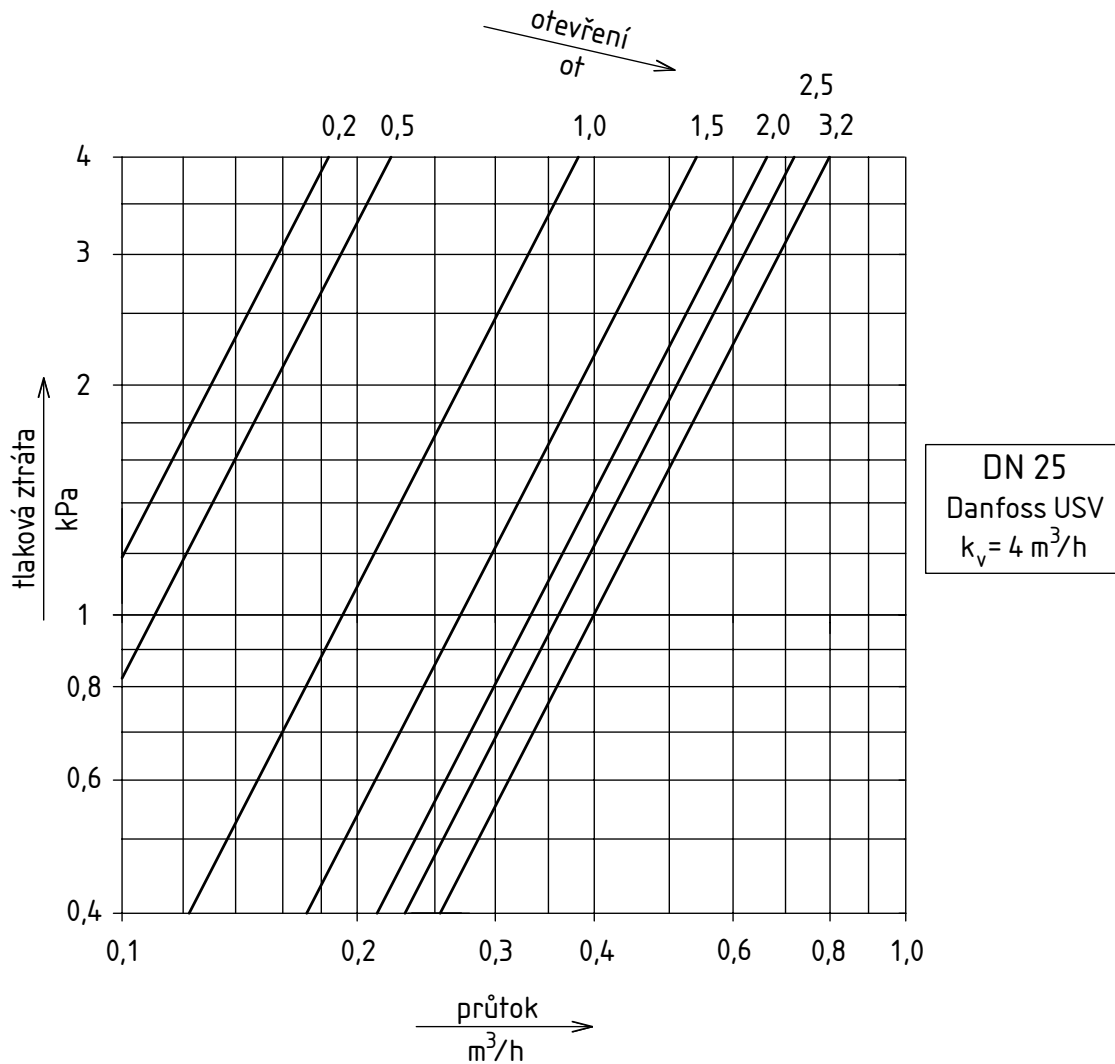
#### Návrh seřizovacích armatur

Seřizovací armatura se navrhuje podle jmenovitého průtoku pro plně otevřený stav, který se stanoví ze vztahu

$$k_v = V \cdot (100 / \Delta p_{vn})^{0,5},$$

kde  $k_v$  je jmenovitý průtok seřizovací armaturou ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )  
 $V$  - výpočtový průtok seřizovací armaturou ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )  
 $\Delta p_{vn}$  - potřebná tlaková ztráta na seřizovací armatuře (kPa).

Potřebná tlaková ztráta na seřizovací armatuře se volí tak, aby při výpočtovém nastavení byl tlakový rozdíl vyšší než 0,2 kPa, což je hodnota potřebná pro přijatelnou přesnost stanovení průtoku nepřímým způsobem. Při návrhu seřizovacích armatur se z cenových důvodů dává přednost závitovému provedení.



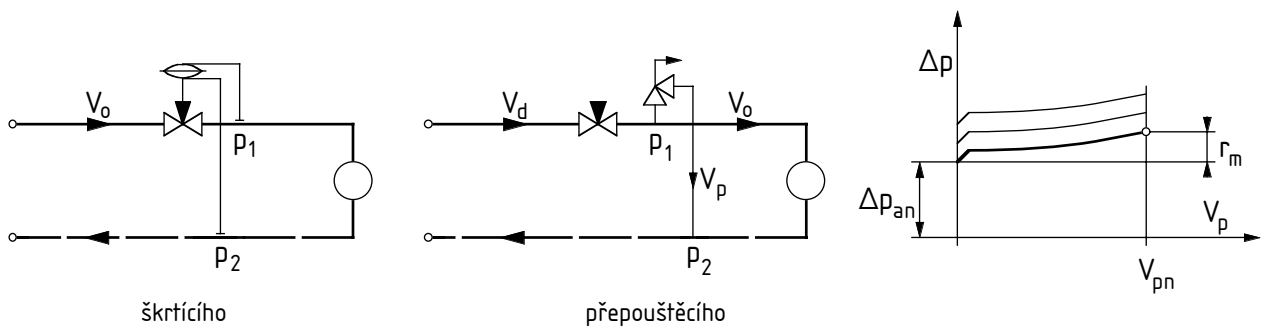
Obr. 4.1 Charakteristika seřizovacího ventilu

### 4.3 Regulátory tlakových rozdílů

#### Škrťací regulátory tlakových rozdílů

Škrťací regulátory tlakových rozdílů udržují tlakový rozdíl mezi určitými místy na přívodu a na zpátečce na konstantní hodnotě a to škrćením průtoku buď na přívodu nebo na zpátečce (obr. 4.2). Škrćení se používá jednak u vytápěcích soustav napojených na teplárenské tepelné soustavy, jednak u rozsáhlejších soustav. Škrćením se nezvyšuje teplota zpátečky. Vyšší teplota zpátečky by zhoršovala účinnost společné výroby tepla a elektřiny v teplárně a také účinnost kondenzačních plynových kotlů.

Dimenzování škrťacího RTR se provádí klasicky podle hodnoty jmenovitého průtoku  $k_v$ . Při velké maximální regulační odchylce  $r_m$  je nutno použít RTR o větší dimenzi, který má menší  $r_m$ . Při osazení RTR se nesmí zaměnit napojení impulsních potrubí.



Obr. 4.2 Osazení regulátorů tlakových rozdílů

### ***Přepouštěcí regulátory tlakových rozdílů***

Přepouštěcí RTR udržují tlakový rozdíl mezi určitými místy na přívodu a na zpátečce na konstantní hodnotě přepouštěním průtoku z přívodu do zpátečky přes přepouštěcí spojku (obr. 4.2). Při přepouštění se teplota zpátečky zvyšuje a nespoří se čerpací práce čerpadla. Proto se přepouštění používá pouze u malých vytápěcích soustav s plynovými kotelny, pokud nejsou osazeny kondenzačními kotelny.

Dimenzování přepouštěcího RTR se provádí na plný přepouštěcí průtok  $V_{pn}$ , který musí být roven výpočtovému průtoku do vytápěcí soustavy nebo do stoupačky  $V_{on}$ . Maximální regulační odchylka  $r_m$  se snadno stanoví z diagramu RTR (obr. 4.2) pro určité nastavení  $\Delta p_{an}$  a pro průtok  $V_{pn}$ . Při uvedeném přepouštění se část vytápěcí soustavy před RTR chová jako soustava se stálým průtokem. Osazení RTR se musí provést až za seřizovací armaturu, co nejdříve k první stoupačce. Při přepouštění dochází ke stabilizaci průtoku v části soustavy mezi zdrojem tepla a RTR.

### ***Regulační odchylky RTR***

Při dimenzování RTR se nesmí zapomenout, že přímočinné RTR pracují s trvalou regulační odchylkou, která dosahuje maximální hodnoty  $r_m$  (kPa) při nulovém průtoku do vytápěcí soustavy. Proto RTR udržuje nastavený tlakový rozdíl v rozmezí daném  $r_m$  (hodnota  $r_m$  se nejčastěji přičítá k nastavené hodnotě).

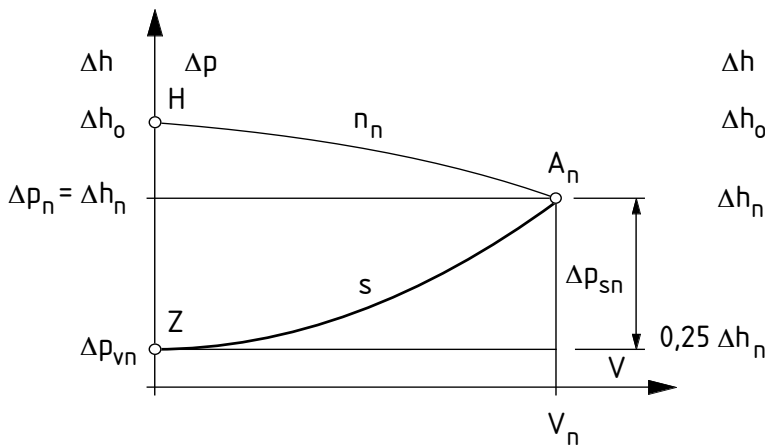
Ne všichni výrobci RTR udávají ve svých podkladech přípustné tlakové rozdíly, které tyto armatury zvládnou bezhlučně. Bez tohoto údaje nelze mít jistotu o bezhlučném provozu. Ukazuje se, že hluk RTR a TRV je zesilován vlivem většího obsahu vzduchu v oběhové vodě a také deskovými otopnými tělesy, která působí jako membrána reproduktoru.

## **4.4 Řízená oběhová čerpadla**

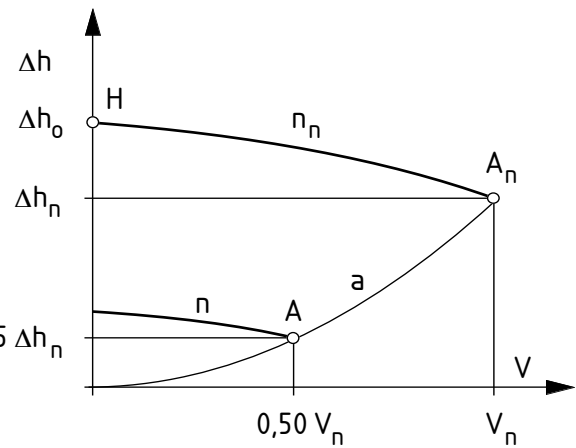
Úkolem oběhového čerpadla ve vodní tepelné soustavě je zajistit potřebný oběh vody mezi zdroji tepla (kotle, výměníky tepla ap.) a spotřebiči tepla (otopná tělesa, ohřívače). Při oběhu musí překonávat oběhové čerpadlo pouze tlakové ztráty celého hydraulického okruhu. Oběhové čerpadlo nepřekonává výškové rozdíly vytápěcí soustavy. Většina oběhových čerpadel je dnes provedena tak, že umožňují vestavbu přímo do potrubí. Pro zkrácení textu bude dále nazýváno oběhové čerpadlo pouze čerpadlem a tepelná soustava pouze soustavou.

### ***Charakteristiky čerpadla a soustavy***

Charakteristikou čerpadla se rozumí závislost jeho tlakového přínosu  $\Delta h$  (kPa) při určitých otáčkách  $n$  ( $\text{min}^{-1}$ ) na objemovém průtoku  $V$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Tlakový přínos oběhového čerpadla je rozdíl přetlaků mezi výtlačným a sacím hrdlem. Charakteristika čerpadla ( $n_n$ ) je sestupná křivka s počátkem na úrovni tlakového rozdílu  $\Delta h_0$  (obr. 4.3).



Obr. 4.3 Charakteristiky čerpadla a soustavy



Obr. 4.4 Změna charakteristiky čerpadla

Charakteristikou soustavy se rozumí závislost tlakové ztráty soustavy  $\Delta p$  (kPa) také na objemovém průtoku  $V$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Charakteristiku soustavy ( $s$ ) tvoří parabola 2. stupně (obr. 4.3). U soustav s konstantním průtokem vychází parabola z počátku souřadných os. U soustav s regulačními armaturami, které pracují na základě škrcení průtoku, je průtok proměnný a počátek je na úrovni výpočtového tlakového rozdílu regulačních armatur  $\Delta p_{vn}$ . Rozdíl při nulovém průtoku je potřebný pro bezvadnou funkci směšovací, přímých i trojcestných armatur a pro termostatické radiátorové ventily osazené do soustavy. Výpočtový tlakový rozdíl  $\Delta p_{sn}$  připadá na zbývající část soustavy (potrubí, armatury, otopná tělesa ap.).

Většinou se charakteristiky udávají v grafickém tvaru a zakreslují se do společné souřadné sítě. Průsečík obou charakteristik se nazývá provozním bodem a zapisuje se ve tvaru  $A_n (n_n, V_n, \Delta p_n)$ . Souřadnice provozního bodu vypovídají o okamžitém provozním stavu čerpadla v soustavě, tj. o průtoku a o tlakovém rozdílu mezi výtlačným a sacím hrdlem čerpadla. U soustav s konstantním průtokem je provozní bod na stálém místě.

### Výkony oběhových čerpadel v závislosti na změně otáček

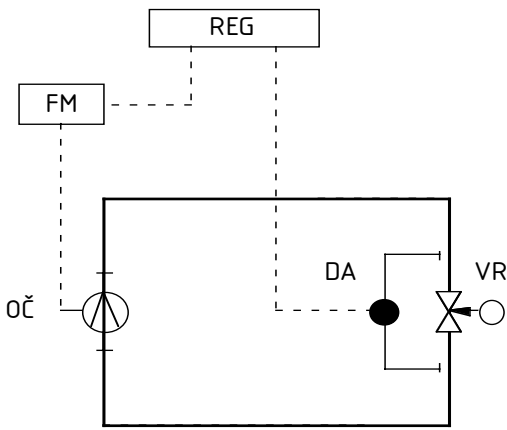
Při snížení otáček čerpadla z výpočtové hodnoty  $n_n$  na hodnotu  $n$  se sníží průtok  $V$ , tlakový přínos čerpadla  $\Delta h$  a čerpací výkon  $P$  podle těchto vztahů:

$$V / V_n = n / n_n, \quad \Delta h / \Delta h_n = (n / n_n)^2, \quad P / P_n = (n / n_n)^3.$$

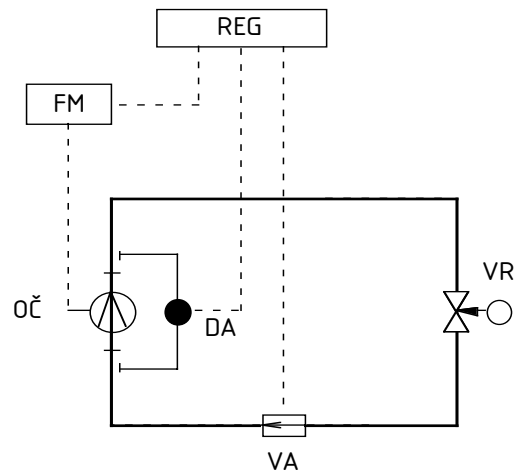
Pokud má čerpadlo více stupňů otáček, potom existuje ke každému stupni charakteristika a čerpadlo má více charakteristik. Charakteristiku čerpadla při snížených otáčkách lze sestavit pomocí uvedených vztahů za předpokladu stálé hydraulické účinnosti. Provozní bod  $A_n (V_n, \Delta h_n)$  při plných otáčkách přejde do nového provozního bodu  $A (V, \Delta h)$ , který bude součástí charakteristiky při snížených otáčkách (obr. 4.4). Např. při snížení otáček na 50 %, klesne průtok také na 50 %, tlakový přínos na 25 % a čerpací výkon na 12,5 %. V soustavě s konstantním odporem se při změně otáček provozní bod posouvá po parabole 2. stupně ( $a$ ), která není charakteristikou soustavy. Po zvolení jiného bodu na charakteristice při plných otáčkách a po proložení nové paraboly tímto bodem se z uvedených vztahů získá další bod charakteristiky při snížených otáčkách.

### Řízení oběhových čerpadel

Pod pojmem řízení čerpadel se rozumí činnost, při které se programově řídí otáčky čerpadla s cílem reagovat na změny průtoků soustavou, které jsou vyvolány zásahy škrtících regulačních armatur na spotřebitelské straně. Řízení čerpadel má smysl pouze u soustav s proměnným průtokem vody. Řídicí systém (obr. 4.5 a 4.6) sestává z regulátoru (REG), z frekvenčního měniče (FM), ze snímače tlakového rozdílu (DA), případně ze snímače průtoku (VA).



Obr. 4.5 Přímé řízení čerpadla

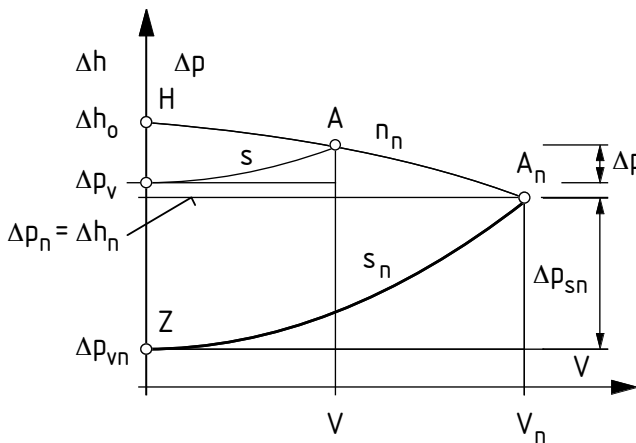


Obr. 4.6 Nepřímé řízení čerpadla

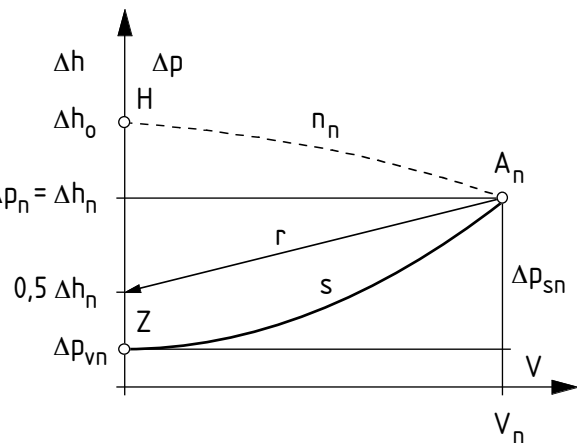
Energeticky i hydraulicky ideální způsob řízení čerpadel je takový, při kterém regulátor s frekvenčním měničem mění otáčky čerpadla tak, aby výsledná charakteristika čerpadla těsně kopírovala charakteristiku soustavy s proměnným průtokem. Čerpadlo potom pracuje s minimální čerpací prací a chová se šetrně k regulačním armaturám soustavy. Čerpací práce potřebná pro činnost ideálně řízeného čerpadla je podstatně menší než u čerpadla neřízeného.

Pokud se průtok čerpadlem mění rovnoměrně v čase od hodnoty  $V_n$  do nuly, bude čerpací práce úměrná ploše pod charakteristikou čerpadla. V případě neřízeného čerpadla jde o plochu pod křivkou  $HA_n$  (obr. 4.3), v případě ideálně řízeného čerpadla jde o plochu pod křivkou  $ZA_n$ . Důkaz vyplývá z čerpacího výkonu, který je dán vztahem  $P = V \cdot \Delta h$ . Do tohoto vztahu se dosazují hodnoty veličin v základních jednotkách  $W, m^3 \cdot s^{-1}, Pa$ .

Při uzavírání regulačních armatur v soustavě s proměnným průtokem se např. sníží průtok z výpočtové hodnoty  $V_n$  na hodnotu  $V$  (obr. 4.7). Původní charakteristika  $s_n$  se posune směrem  $\Delta h$  do polohy  $s$ , dané novým provozním bodem A s průtokem  $V$ . Za pozornost stojí skutečnost, že zásadně naroste tlakový rozdíl na regulačních armaturách na hodnotu  $\Delta p_v$  a naopak poklesne tlaková ztráta soustavy na hodnotu  $\Delta p_s$ . Tento jev je velice nepříjemný pro funkci termostatických radiátorových ventilů, protože při přetížení tlakovým rozdílem ventily vykazují zhoršenou účinnost a mohou hlučet. Jevo je možno potlačit použitím řízených čerpadel, která se případně doplní regulátory tlakových rozdílů.



Obr. 4.7 Změna charakteristiky soustavy



Obr. 4.8 Proporcionální řízení čerpadla



Při řízení čerpadla přechází celý soubor charakteristik čerpadla daný souborem otáček na charakteristiku výslednou. Řízení s konstantním tlakovým přínosem bylo prvním krokem ve výbavě řízení čerpadel.

Řízení s proporcionálním tlakovým přínosem probíhá tak, že při klesajícím průtoku v soustavě má čerpadlo vyvíjet nižší tlakový přínos. Řízením s proporcionálním tlakovým přínosem je v současné době již vybavena řada čerpadel. Zatím je nabízena varianta s lineární výslednou charakteristikou čerpadla, které prochází jmenovitým provozním bodem s tlakovým přínosem  $\Delta h_n$  a provozním bodem při nulovém průtoku o tlakovém přínosu  $\Delta h_n / 2$  (obr. 4.8). Jmenovitý provozní bod je nutno nastavit.

Další vývojovou variantou bude pravděpodobně lineární výsledná charakteristika čerpadla s proměnným sklonem, kdy provozní bod při nulovém průtoku bude mít tlakový přínos  $\Delta h_0 < \Delta h_n / 2$ . Tato varianta by měla splnit požadavek, že v rozsahu průtoku 100-40 % nepřesáhne tlakový přínos čerpadla o 20% potřebnou hodnotu tlakového rozdílu daného charakteristikou soustavy. V rozsahu průtoku 40-0 %, může čerpadlo již udržovat stálé 40% otáčky (obr. 4.9).

Řízená čerpadla bývají vybavena rozhraním pro dálkové ovládání a sledování těchto veličin:

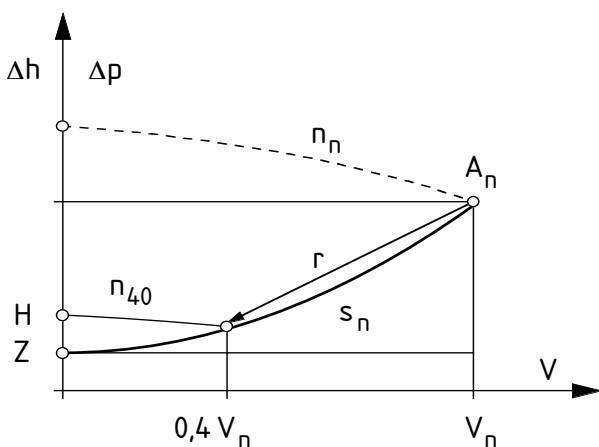
- veličin hydraulických, tj. průtoku, tlakového přínosu, teploty teplotnosné látky,
- veličin elektrických, tj. otáček, skluzu, proudu, příkonu, spotřebované el. energie, provozní doby.

### Způsoby řízení čerpadel

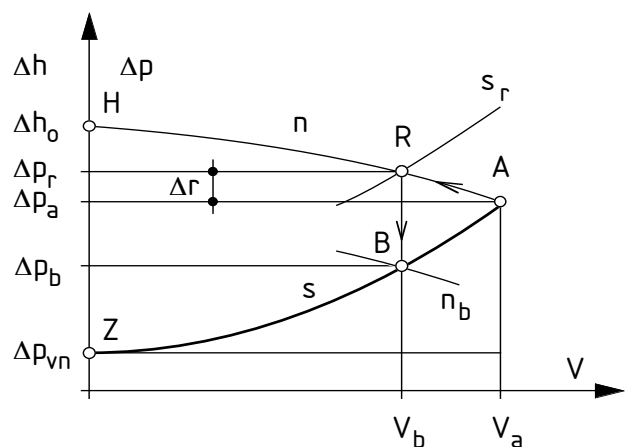
Řízení čerpadel se může provádět dvěma způsoby. Jednak přímým způsobem, při kterém je snímač tlakového rozdílu umístěn v místě odběru (obr. 4.5), jednak nepřímým způsobem, při kterém jsou snímač tlakového rozdílu a snímač průtoku umístěny u čerpadla (obr. 4.6).

Při přímém řízení řídicí systém udržuje otáčky čerpadla tak, aby tlakový rozdíl u hydraulicky nejhodnějšího odběru byl udržován na konstantní hodnotě  $\Delta p_k$ . Výhodou čerpadel s přímým řízením je v podstatě realizace ideálního řízení. Výsledná charakteristika čerpadla odpovídá skutečné charakteristice soustavy. Nevýhodou je potřebné propojení se snímačem tlakového rozdílu v místě odběru.

Při nepřímém řízení řídicí systém udržuje otáčky čerpadla tak, aby byl tlakový přínos čerpadla programově udržován pro určitý průtok na hodnotě poblíž charakteristiky soustavy. Program je vložen do regulátoru. Při řízení musí regulátor řešit funkci  $n = f(V)$ , tj. závislost otáček na průtoku, přičemž do programu regulátoru musí být vloženy parametry soustavy. Řídicí systém u nepřímého řízení může být umístěn přímo na čerpadle a čerpadlo se potom nazývá kompaktní, což je výhodou tohoto způsobu řízení. K nevýhodám patří potřeba kvalitního regulátoru, tvorba řídicího programu a nutnost nastavení dvou parametrů na regulátoru.



Obr. 4.9 Optimalní řízení čerpadla



Obr. 4.10 Princip nepřímého řízení čerpadla

Princip nepřímého řízení oběhového čerpadla je následující. Okamžitý provozní stav oběhového čerpadla v dané síti (obr. 4.10) je dán provozním bodem A ( $n, V, \Delta p$ ). Pokud regulační ventily v síti začnou škrtit průtok zvyšováním svého odporu, sníží se průtok na hodnotu  $V_b$ , přejde provozní bod po charakteristice čerpadla  $n$  do polohy R ( $n, V_b, \Delta p_r$ ) dané zvýšenou charakteristikou soustavy ( $s_r$ ). Když bude rozdíl  $\Delta p_r - \Delta p$  větší než regulační odchylka  $\Delta r$  nastavená v regulátoru, regulátor sníží frekvenci měniče tak, aby pro průtok  $V_b$  byl dosažen provozní stav daný bodem B ( $n_b, V_b, \Delta p_b$ ), který je součástí charakteristiky soustavy ( $s$ ).

### **Poznámka k hydraulické vazbě řízeného čerpadla a TRV**

Pokud v síti s termostatickými radiátorovými ventily je oběhové čerpadlo nastaveno na proporcionální řízení (obr. 4.8), bude hydraulická vazba mezi čerpadlem a TRV korektní v těch případech, kdy

$$\Delta h_n / 2 \leq \Delta p_{\text{vdov}}$$

Ve vztahu představuje

$\Delta h_n$	- výpočtový tlakový přínos oběhového čerpadla	(kPa)
$\Delta p_{\text{vdov}}$	- dovolený tlakový rozdíl TRV	(kPa).

Za korektní vazbu se považuje případ, kdy TRV nebudou za žádného provozního stavu přetíženy nadměrným tlakovým rozdílem. Potom bude chování TRV bezproblémové.

Protože hodnota  $\Delta p_{\text{vdov}}$  se pohybuje v rozmezí 10 až 15 kPa, lze odvodit mezní hodnotu výpočtového tlakového přínosu ve výši  $\Delta h_n = 20$  až 30 kPa. Tato hodnota současně představuje mezní výpočtovou tlakovou ztrátu celé sítě. Z uvedeného vyplývá, že při výpočtové tlakové ztrátě sítě nižší než je ztráta mezní, může proporcionálně řízené čerpadlo pracovat přímo do sítě s TRV.

Jinak musí být mezi oběhové čerpadlo a TRV vloženy škrtící regulátory tlakového rozdílu. Otázkou však zůstává, jak nastavit oběhové čerpadlo a jemu blízké regulátory, aby nedocházelo ke kolísání, resp. kmitání tlakového rozdílu z důvodů současného ovlivňování tlakového rozdílu více regulačními orgány.

## **5. Zásady pro hydraulické seřizování**

Hydraulickým seřizováním se rozumí činnost, která uvede průtoky v důležitých potrubních úsecích tepelné soustavy do souladu s průtoky udanými v projektu. Tomu napomohou seřizovací místa se seřizovacími armaturami, provedená v uvedených úsecích. Průtoky se zajistí pomocí předepsaného pevného nastavení seřizovacích armatur. Získá se tím rovnoměrné rozdělení průtoků do důležitých potrubních úseků, kterými jsou:

- odběrné místo,
- počátky větví,
- počátky stoupaček.

Provedení odběrného místa objektu a seřizovacích míst na větvích a stoupačkách musí být jednotné. Podrobnosti jsou uvedeny v částech 8.1 a 8.5.

### **5.1 Výpočtový stav z hlediska hydrauliky**

Protože u vytápěcích soustav s TRV dochází vlivem jejich činnosti ke škrcení průtoků a tím k proměnnosti průtoků, je možné provádět seřizování pouze při stavu, který je blízký stavu výpočtovému. Výpočtový stav je dán jednak parametry v odběrném místě vytápěcí soustavy, jednak odporovými vlastnostmi vytápěcí soustavy.



Při výpočtovém stavu musí být v souladu s projektem tyto výpočtové parametry nebo stavy:

- průtok, případně tlakový rozdíl v odběrném místě,
- nastavení seřizovacích armatur,
- nastavení RTR,
- nastavení TRV,
- polohy kuželek TRV musí být blízké polohám výpočtovým.

Z uvedeného vyplývá, že pouze v případě naplnění všech uvedených bodů by měly změřené průtoky solidní vypovídací schopnost o rozdělování průtoků ve vytápěcí soustavě. Splnit podmínku posledního bodu je naopak obtížné. Průtoky do otopných těles bývají po převážnou dobu provozu omezovány TRV a to jak vlivem působení tepelných zisků, tak vlivem uzavírání uživateli. Potom průtoky v kontrolovaných úsecích jsou podstatně nižší než průtoky dané projektem a nelze je použít k objektivnímu hodnocení rovnoměrnosti rozdělování průtoků a funkce vytápěcí soustavy.

Plnit poslední podmínku je možné dvěma způsoby. Buď budou sejmuty hlavice TRV nebo se kontrola průtoků bude provádět v době, kdy nebudou působit významné tepelné zisky, jako je sluneční záření. Pokud se ještě znatelně sníží teplota přívodní vody, lze po teplotním ustálení vytápěcí soustavy provádět kontrolní měření průtoků. V praxi to znamená, že nejvhodnější dobou pro kontrolu průtoků je rozmezí mezi 8 a 11 h. Samozřejmě v době bez slunečního záření, přičemž během noční doby musí být udržována teplota přívodní vody na nízké a stálé hodnotě. To je možné pouze u objektů s vlastní směšovací stanicí, případně u nízkých objektů, u kterých se neprojeví vliv změny samotížného vztlačku na průtoky, způsobený nízkými teplotami topné vody.

## 5.2 Způsoby hydraulického seřizování

Rozeznávají se tyto způsoby hydraulického seřizování:

- podle projektu, které může být výchozí a opravné,
- náhradní, které se provádí bez projektu.

### *Výchozí seřizování*

Provádí se po montáži seřizovacích armatur a TRV do soustavy podle nastavení uvedeném v projektu. Je nejjednodušším a současně nejpřesnějším způsobem hydraulického seřizení. Tento způsob se může provádět ještě na vypuštěné vytápěcí soustavě, neboť je nezávislý na splnění shora uvedených požadavků. Používá se v případech, kdy mohly být stanoveny tlakové ztráty celé potrubní sítě a kdy projektant mohl předepsat nastavení armatur. Pokud nemohly být provedeny hydraulické výpočty, např. při nedostupnosti údajů o délce a dimenzích vodorovných potrubních rozvodů, nelze tento způsob použít.

### *Opravné seřizování*

Provádí se u provozované soustavy v případě její špatné funkce. Nastavení seřizovacích armatur se provádí podle průtoků uvedených v projektu. Seřizování se může provádět buď pomocí přímého měření průtoků různými typy průtokoměrů nebo pomocí nepřímého měření průtoků pomocí měření tlakového rozdílu na seřizovacích armaturách. Nepřímé měření je zatíženo nepřesnostmi při měření nízkých tlakových rozdílů, při převodu tlakového rozdílu na průtok při určitém nastavení armatury a při výrobě armatur. Musí být použity speciální armatury.

### *Náhradní seřizování*

Provádí se u provozované soustavy v případě její špatné funkce, pokud není k dispozici projekt. Nastavení seřizovacích armatur se provádí tak, aby byly dodrženy teploty zpětné vody nebo tlakové rozdíly do stoupaček. Seřizování podle teplotních rozdílů na patách stoupaček je relativní způsob seřizování. Při seřizování se nastavují armatury orientačně tak, aby na všech stoupačkách byly totožné teplotní rozdíly. Tento způsob seřizování vyžaduje teplotně ustálený stav vytápěcí soustavy bez působení slunečního záření. Předpokládá se, že jsou všechny stoupačky vybaveny seřizovacími armaturami. Při tomto

způsobu se téměř neprojevuje vliv škrcení průtoků při činnosti TRV, pokud se TRV chovají podobně. Nejprve se změří teploty přívodní a zpětné vody jak na odběrném místě, tak na všech patách stoupaček. Nejpresnější je provádět měření přímo v proudu vody. Naměřené hodnoty se zapíše do tabulky a stanoví se teplotní rozdíly mezi přívodem a zpátečkou. Potom se přestaví nastavení seřizovacích armatur těch stoupaček, které vykazují nejmenší teplotní rozdíl, tzn. největší průtok. Přestaví se na větší tlakovou ztrátu.

### **Poznámky**

Po osazení TRV namísto radiátorových kohoutů se zásadnělepší rovnoměrnost rozdělování průtoků na stoupačkách do jednotlivých otopných těles (rovnoměrnost ve svislém směru). Obdobná situace nastane na spodním vodorovném souproutém potrubním rozvodu (tichelmannském) mezi jednotlivými stoupačkami (rovnoměrnost ve vodorovném směru). Z předcházejícího textu je možno vyvodit následující závěry pro hydraulické seřizování. U vytápěcích soustav s úplnou projektovou dokumentací postačí provést výchozí hydraulické seřizování, případně seřizování opravné. U vytápěcích soustav s tichelmannským rozvodem se nemusí provádět hydraulické seřizování v případech, kdy vytápěcí soustava v minulosti vykazovala dobrou funkci, tzn., že tichelmannský rozvod byl původně správně nadimenzován a proveden. V ostatních případech se provede seřizování náhradní.

## **6. Zásady pro řízení tlakových rozdílů**

### **6.1 Důvody pro řízení tlakových rozdílů**

Pokud jsou v částech tepelných soustav osazeny regulační armatury, např. TRV, které pracují na principu škrcení, dochází při provozu soustavy ke změnám průtoku. A to v rozmezí průtoku výpočtového a průtoku minimálního. Pro účely výkladu je vhodné považovat minimální průtok za průtok nulový.

Při nízkých průtocích vlivem činnosti TRV prudce klesají tlakové ztráty potrubní sítě. Neřízené oběhové čerpadlo však reaguje na snižování průtoků ještě zvětšováním tlakového přínosu. Potom se značná část tlakového přínosu oběhového čerpadla přenáší na TRV. Ty mohou být zatíženy nadměrným tlakovým rozdílem, který vede ke zhoršení jejich regulační funkce a může způsobovat hluk. Uvedenému jevu nemohou zabránit ani řádně nastavené seřizovací armatury ve vytápěcí soustavě. Seřizování se totiž týká pouze výpočtového stavu. Při malých odběrech (průtocích) klesají odpory seřizovacích armatur k nule a tím klesá i možnost škrcení.

### **6.2 Základní podmínka řízení**

Základní podmínkou pro bezvadnou funkci TRV je zajistit, aby na TRV nepronikl větší tlakový rozdíl než je dovolená hodnota. Podmínka platí jak pro výpočtový stav, tak pro všechny provozní stavy. Dovolенý tlakový rozdíl z hlediska tichého chodu TRV je  $\Delta p_{\text{vdov}} = 10$  až 15 kPa. Při větším tlakovém rozdílu bude TRV přetížen a budou se projevovat uvedené negativní stavy.

Pokud je tlakový přínos oběhového čerpadla za provozu větší než dovolená hodnota tlakového rozdílu pro TRV, způsobí čerpadlo přetížení TRV tlakovým rozdílem. Při návrhu principu řízení tlakových rozdílů se posuzují dva stavy. První stav výpočtový, druhý stav s nulovým průtokem. Pokud hrozí na TRV překročení dovoleného tlakového rozdílu při nulovém průtoku, musí být navrženo řízení tlakových rozdílů. Řízení tlakových rozdílů je možno provádět pomocí proporcionálně řízeného oběhového čerpadla, případně pomocí regulátorů tlakových rozdílů.

### **6.3 Stanovení tlakových ztrát vytápěcí soustavy**

Výsledky výpočtů tlakových ztrát vytápěcí soustavy jsou potřebné jednak pro určení potřebného tlakového rozdílu na vstupní části soustavy, jednak pro rozhodování o způsobu řízení tlakových rozdílů. Protože stoupačky vytápěcích soustav jsou dimenzovány převážně tak, že jejich tlaková ztráta je rovna

střední hodnotě samotížného vztlaku, potom samotné svislé potrubí stoupačky nepotřebuje tlakový přínos čerpadla. Potrubí stoupačky tak vlastně „nevykazuje tlakovou ztrátu“. Z toho plyne, že na paty stoupaček je nutno přivést stejný jednotný tlakový rozdíl jako na všechny TRV, tj. 4 kPa, a že tlakové ztráty stoupaček nemusíme počítat. Naopak je nutné pečlivě vypočítat tlakové ztráty spodního ležatého rozvodu.

#### 6.4 Průběh tlakových rozdílů

Provozní stavy vytápěcích soustav s TRV se nejlépe vyjadřují graficky a to závislostí tlakových rozdílů mezi přívodním a zpětným potrubím sítě na její délce. Tuto závislost nazýváme průběhem tlakových rozdílů. Pro zjednodušení se předpokládá rovnost tlakových rozdílů na patě stoupaček s tlakovým rozdílem na TRV.

Ukázka průběhu tlakového rozdílu (obr. 6.1) je uvedena pro vytápěcí soustavu s protiproudým rozvodem, s oběhovým čerpadlem a se čtyřmi stoupačkami. Průběh je uveden pro výpočtový stav (n) a pro tzv. minimální stav s plně uzavřenými TRV (m), kdy je v soustavě nulový průtok a maximální tlakový rozdíl. Ostatní provozní průběhy jsou vymezeny oběma průběhy. Výpočtový průběh je dán výpočtovým tlakovým rozdílem na TRV  $\Delta p_{vn}$  a výpočtovým tlakovým rozdílem na ležatém potrubním rozvodu  $\Delta p_m$ . Minimální průběh je dán tlakovým přínosem oběhového čerpadla při nulovém průtoku  $\Delta h_o$ . Pořadnice mezi průběhem (n) a přímkou  $\Delta p_{vn} = \text{konst}$  představují tlakový rozdíl, který je třeba seškrtnit stoupačkovými seřizovacími armaturami.

Další ukázka průběhu tlakového rozdílu (obr. 6.2) je uvedena pro vytápěcí soustavu se souproutým rozvodem a s pěti stoupačkami.

#### 6.5 Principy řízení

Způsoby řízení tlakových rozdílů vyplývají ze vztahu dovoleného tlakového rozdílu k průběhu tlakových rozdílů. Mohou nastat tři vztahy uvedené v následné tabulce (tab. 6.1).

Tab. 6.1 Principy řízení  $\Delta p$

vztah		princip řízení $\Delta p$
1	$\Delta p_{vdov} \geq \Delta h_o$	bez řízení
2	$\Delta p_{vn} + \Delta p_m \leq \Delta p_{vdov} \leq \Delta h_o$	centrální řízení
3	$\Delta p_{vdov} \leq \Delta p_{vn} + \Delta p_m$	decentrální řízení

Při prvním způsobu se nemusí provádět řízení tlakových rozdílů. Při druhém způsobu postačí osadit RTR na počátek vytápěcí soustavy nebo použít proporcionálně řízené oběhové čerpadlo. Při třetím způsobu se osazuje RTR buď na rozvod nebo na některé stoupačky.

#### 6.6 Způsoby řízení

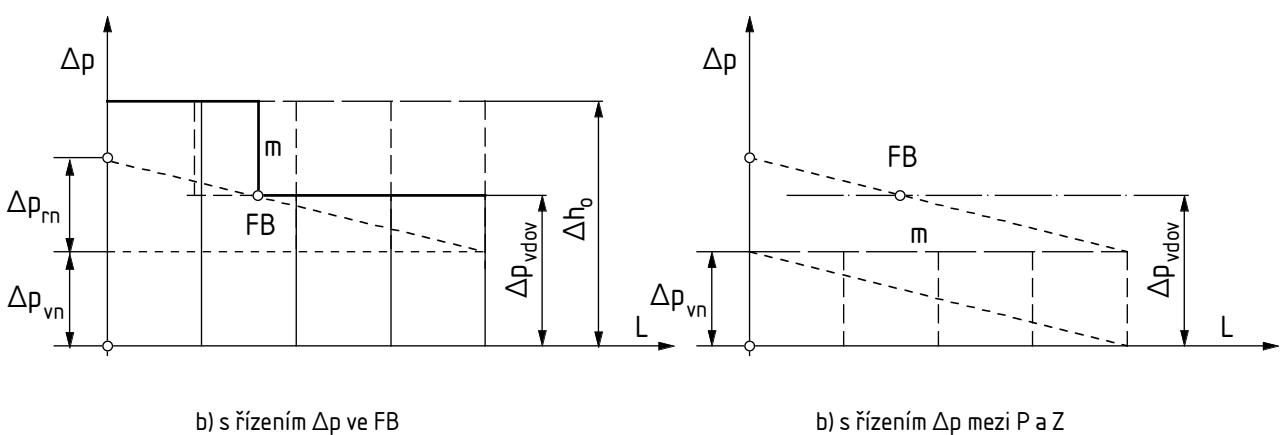
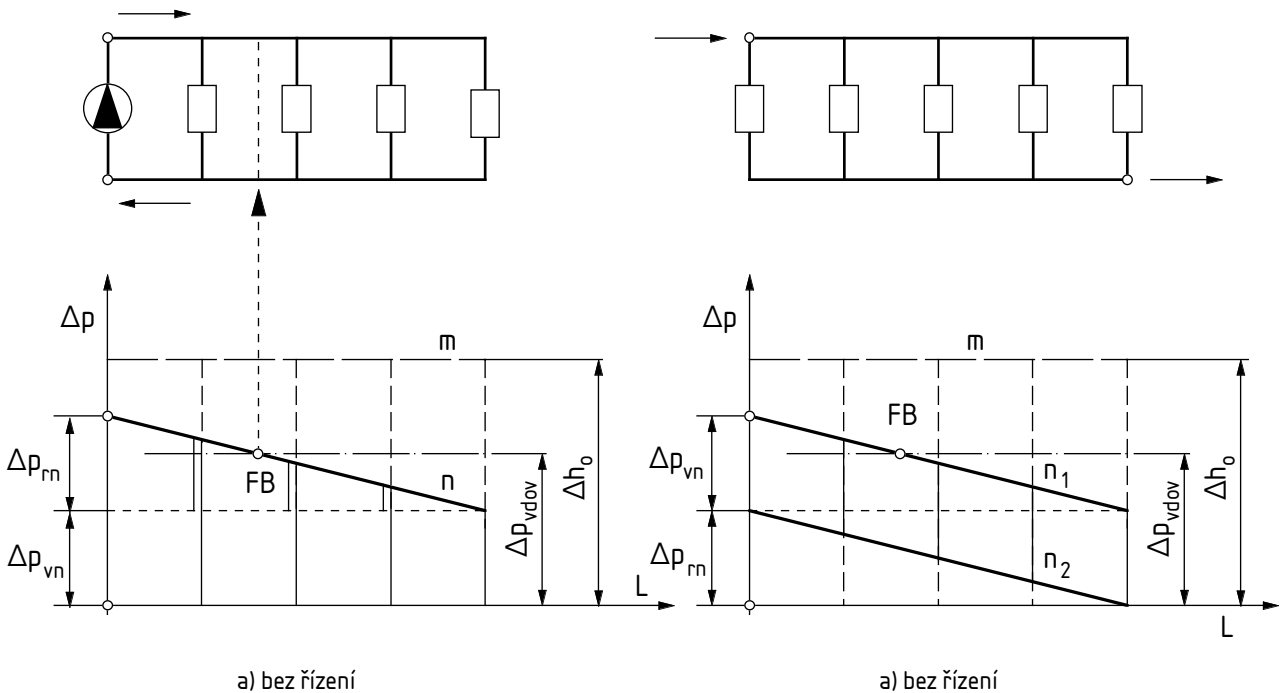
Na výpočtovém průběhu tlakového rozdílu u protiproudého rozvodu (obr. 6.1a) si všimněme tzv. fixního bodu (FB). Fixním bodem se rozumí průsečík přímkou dovoleného tlakového rozdílu na TRV  $\Delta p_{vdov}$  s přímkou výpočtového průběhu tlakových rozdílů. RTR je nutné umístit jednak na rozvod do fixního bodu, jednak na stoupačce před fixním bodem. Minimální průběh tlakového rozdílu (m) je potom tvořen lomenou čarou (obr. 6.1b). Potom minimální průběh (m) zajišťuje u stoupaček za fixním bodem nepřekročení hodnoty  $\Delta p_{vdov}$ . Na prvou stoupačku musí být osazen RTR. Také je možná varianta, kdy se RTR umístí na každou stoupačku.

Výpočtový průběh tlakového rozdílu u souproutého rozvodu (obr. 6.2a) je dán svislými pořadnicemi mezi přímkami ( $n_1$ ) a ( $n_2$ ), má stálou hodnotu a nikde nepřekračuje hodnotu  $\Delta p_{vdov}$ . Minimální průběh

tlakového rozdílu ( $m$ ) všude překračuje hodnotu  $\Delta p_{vdov}$ . Při použití proporcionálně řízeného oběhového čerpadla, které má  $\Delta h_0 = \Delta p_{vn}$  (obr. 6.2b), minimální průběh tlakového rozdílu ( $m$ ) nikde nepřekračuje hodnotu  $\Delta p_{vdov}$ . U tohoto rozvodu není třeba škrtit průtok stoupačkovými seřizovacími armaturami. Když budou použity přepouštěcí RTR, mají být rozmístěny rovnoměrně po aktivní délce trasy souproutého rozvodu. Aktivní délkou trasy se rozumí pouze část mezi první a poslední stoupačkou.

### 6.7 Řízení řízenými oběhovými čerpadly

Elegantním řešením řízení je použití proporcionálně řízeného oběhového čerpadla, jehož charakteristika je dána přímkou  $r$  (obr. 6.3 vlevo nahoře). Chování vytápěcí soustavy z hlediska hydrauliky předvedme na rozvodu s takovým výpočtovým průběhem tlakových rozdílů, kdy  $\Delta h_0 \leq \Delta p_{vdov}$  (obr. 6.3 vpravo nahoře) a kdy výpočtový tlakový rozdíl na první stoupačce (AF) přesahuje hodnotu  $\Delta p_{vdov}$  (AD).



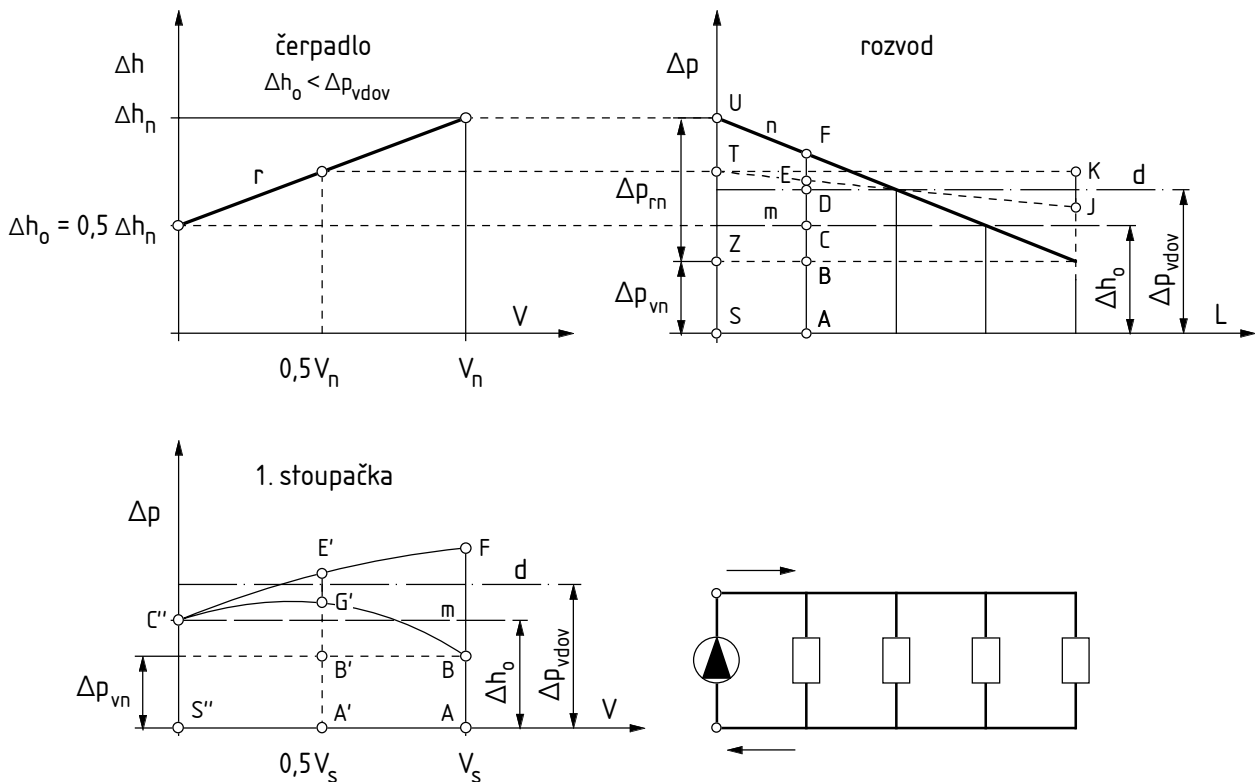
Obr. 6.1 Průběh tlakových rozdílů v ležatých protiproudých rozvodech

Obr. 6.2 Průběh tlakových rozdílů v ležatých souproutých rozvodech

Protože na stoupačkách 2 až 4 nebudou nikdy překračovány hodnoty  $\Delta p_{vdov}$ , což je jasné z výpočtového průběhu tlakových rozdílů rozvodu, musíme zkoumat tlakové rozdíly právě na první stoupačce při změnách průtoku stoupačkou z výpočtové na nulovou hodnotu. Přitom budeme předpokládat, že průtoky v rozvodu i ve stoupačkách se budou měnit jednotně úměrně.

Výsledky zkoumání je nejlépe vyjádřit pomocí průtokové charakteristiky první stoupačky, což je závislost tlakového rozdílu na stoupačce na průtoku stoupačkou (obr. 6.3 vlevo dole). Průtokovou charakteristiku sestrojíme pomocí tří bodů pro výpočtový (F), poloviční (E) a nulový (C'') průtok. Hodnoty tlakových rozdílů při mezních průtocích známe. Při výpočtovém průtoku je tlakový rozdíl dán pořadnicí AF, při nulovém průtoku potom pořadnicí S''C'', jejíž hodnota je  $\Delta h_0$ .

Náročnější je určit bod charakteristiky pro poloviční průtok. Nejprve musíme znázornit průběh tlakových rozdílů rozvodu pro poloviční průtok. Je dán přímkou TJ. Bod T byl určen z charakteristiky



Obr. 6.2 Protiproudý rozvod s proporčním čerpadlem

čerpadla. Bod J byl určen z tlakové ztráty rozvodu při polovičním průtoku, která je daná pořadnicí JK, přičemž je rovna čtvrtině výpočtové tlakové ztráty samotného rozvodu ZU. Přímka průběhu tlakových rozdílů rozvodu při polovičním průtoku TJ protíná pořadnici polohy první stoupačky v průsečíku E, což třetí hledaný bod. Průtoková charakteristika první stoupačky je potom dána křivkou FE'C''. Na první stoupačce představují pořadnice:

- AB ... výpočtový výstupní tlakový rozdíl stoupaček a TRV =  $\Delta p_{vn}$ ,
- AC ... tlakový přínos čerpadla při nulovém průtoku =  $\Delta h_0$ ,
- AD ... dovolený tlakový rozdíl stoupaček a TRV =  $\Delta p_{vdov}$ ,
- AE ... vstupní tlakový rozdíl na první stoupačce při polovičním průtoku,
- AF ... vstupní tlakový rozdíl na první stoupačce při výpočtovém průtoku,
- BF ... přebytek výpočtového vstupního tlakového rozdílu první stoupačky, který musí seškrtit seřizovací armatura.

Ještě zbývá prošetřit vliv seřizovací armatury na první stoupačce na omezování výstupního tlakového rozdílu přenášeného do stoupačky. Při nulovém průtoku ve stoupačce je škrcení seřizovací armaturou samozřejmě nulové, při výpočtovém průtoku ve stoupačce je škrcení dáno pořadnicí BF. Při polovičním průtoku ve stoupačce klesne tlakový rozdíl na seřizovací armatuře na čtvrtinu hodnoty BF a je dán pořadnicí G'F'. Pomocí tří bodů BG'F' dostáváme výstupní průtokovou charakteristiku první

stoupačky. Je patrné, že tato charakteristika, resp. výstupní tlakový rozdíl na první stoupačce, nepřekročí při libovolném průtoku hodnotu dovoleného tlakového rozdílu. Potom v tomto případě nemusí být RTR na první stoupačce.

## 7. Přejímka díla

Protože projekt se týká pouze úpravy hydraulické části, mohou projektant a montážní firma ručit pouze za řádné průtoky do větví, stoupaček a do jednotlivých otopných těles. Nemohou ručit za dostatečnou výši vnitřních teplot jednotlivých místností, které jsou závislé převážně na velikosti otopných těles, neboť nezasahovali do jejich velikosti. Při převímce díla se bude provádět:

- kontrola předepsaného nastavení seřizovacích a regulačních armatur a oběhových čerpadel,
- hydraulická zkouška,
- vizuální zkouška těsnosti spojů nově osazených prvků, u TRV pouze namátkově,
- funkční zkoušky případně nových prvků s elektrickými pohony.

### 7.1 Popis hydraulické zkoušky

Hydraulickou zkoušku požaduje vyhláška č. 151/2001 Sb. v § 8, odst. 7 (příloha 8.6), kde je citováno: „U rozvodu tepelné energie a vnitřního rozvodu vytápění a teplé užitkové vody se prokazuje seřízení průtoků měřeními v jednotlivých větvích otopné soustavy tak, aby odpovídaly projektovaným jmenovitým průtokům s maximální odchylkou  $\pm 15\%$ .“. Smyslem tohoto požadavku je prokázat dosažení výpočtových průtoků během výpočtového stavu.

Hydraulická zkouška se provádí na vytápěcí soustavě, u které je zajištěno, že:

- oběh vody je trvale udržován v rozmezí dob od 48 h před zkouškou až do zahájení hydraulické zkoušky,
- soustava je řádně propláchnuta, napuštěna a odvzdušněna,
- zařízení jsou namontována ve správných směrech průtoků (trojcestné regulační ventily, zpětné klapky, oběhová čerpadla),
- smysl otáčení oběžných kol čerpadel odpovídá značení,
- filtry jsou řádně vyčištěny,
- ovládání uzavíracích armatur je v předepsaných polohách,
- nastavení všech seřizovacích armatur je provedeno podle projektu, včetně ventilové části TRV,
- nastavení všech regulačních armatur a čerpadel je provedeno podle projektu.

Hydraulická zkouška se může provádět jak ve vytápěcím období (za tepla), tak mimo toto období (za studena). Hydraulická zkouška se provádí nejlépe na soustavě, u které jsou sejmuty regulátory (hlavice) TRV.

Hydraulická zkouška za tepla se provádí při ustálené teplotě přívodní vody<sup>1)</sup>. Hydraulická zkouška za studena se provádí tak, že na výstupu z odběrného místa je před zkouškou zvětšen tlakový rozdíl o hodnotu 4 kPa. Tím je kompenzována „nepřítomnost“ samotížného vztlaku ve stoupačkách.

<sup>1)</sup> Pokud je to provozně možné, má být teplota přívodní vody pro zkoušku snížena. Snížená teplota se stanoví ze vztahu

$$t_{1z} = 0,75 \cdot (t_{1r} - t_{in}) + t_{in}$$

kde  $t_{1z}$  je teplota přívodní vody pro zkoušku (°C)  
 $t_{1r}$  - provozní teplota přívodní vody (ekvitermická) (°C)  
 $t_{in}$  - výpočtová vnitřní teplota (°C).

Tab. 7.1 Hydraulické poměry ve vytápěcí soustavě

Objekt	
Adresa	

odběrné místo větev / stoup.	seřiz. armatura		průtok (m <sup>3</sup> /h)		nastavení °		tlaková ztráta (kPa)		tlakový rozdíl (kPa)	
	DN	typ	nom.	zkuš.	nom.	zkuš.	nom.	zkuš.	nom.	zkuš.
OM vstup										
OM výstup										
A										
B										
C										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										

Hydraulická zkouška			
Provedena dne		s výsledkem	
Přítomni za:	jméno	podpis	poznámka
dodavatele			
investora			
projektanta			



**Příklad**

Hydraulická zkouška na vytápěcí soustavě 92/67/-12/20 °C se bude provádět při venkovní teplotě 0 °C. Podle topných křivek je provozní teplota přívodní vody 69 °C. Jaká má být teplota přívodní vody pro zkoušku? Po dosazení do posledního vztahu dostaneme

$$t_{1z} = 0,75 \cdot (69 - 20) + 20 = 57 \text{ °C.}$$

**7.2 Postup provádění hydraulické zkoušky**

Zkouška se provádí za přítomnosti určených zástupců. Obecně platí, že zjišťování parametrů měřením a případné úpravy nastavení se provádí postupně od počátku vytápěcí soustavy k jejímu konci. Od odběrného místa, přes větve a dále od nejbližších stoupaček k nejbzdálenějším.

Postupuje se takto:

1. Připraví se dva zkušební protokoly s výpočtovými hydraulickými parametry (tab. 7.1). První bude sloužit pro zápis hodnot zjištěných v prvním kole zkoušky, protože zkouška může probíhat ve více kolech. Druhý pro zápis konečných hodnot.
2. V odběrném místě se zjistí všechny přípojovací parametry (průtok, přetlaky a tlakové rozdíly, teploty vody a vnější teplota). Pokud v odběrném místě není dosažen potřebný průtok, musí být v tomto místě upraveno nastavení seřizovací armatury, případně RTR nebo i čerpadla.
3. V seřizovacím místě větví se zjistí průtok, tlakový rozdíl a teploty vody. Pokud v seřizovacím místě větve není dosažen potřebný průtok, musí být upraveno nastavení seřizovací armatury.
4. V seřizovacím místě stoupaček se zjistí průtok a tlakový rozdíl.
5. Zástupce dodavatele vyplní a spolu s ostatním zástupci podepíše závěrečný zkušební protokol se zapsanými naměřenými hydraulickými parametry a nastavení armatur. Jedno vyhotovení obdrží investor (kopii vyvěsí v prostoru odběrného místa), druhé projektant, třetí si ponechá dodavatel. Podpisem protokolu se dílo považuje za předané.

**7.3 Poznámky k hydraulické zkoušce**

Projektant a dodavatel ručí pouze za předmět díla, které se projevuje bezvadnou hydraulickou funkcí vytápěcí soustavy. Po jakémkoliv neoprávněném zásahu do nastavení ventilové části TRV, seřizovacích armatur, RTR nebo oběhových čerpadel, nemohou projektant a dodavatel ručit za bezvadnou funkci díla.

Pokud je pro hydraulickou zkoušku použit měřicí a seřizovací počítač, je postup provádění hydraulické zkoušky a úpravy nastavení dán firemním předpisem.

**8. Přílohy****8.1 Projektová dokumentace*****Základní pojmy potřebné pro popis tepelných soustav***

*Objektem* se rozumí těsné seskupení jeho několika částí (vchodů).

*Vchodem* se rozumí část objektu vyznačující se jedním popisným číslem a jedním hlavním vchodem.

*Kotelna'* podle určení může být:

- okrsková (pro více objektů),
- objektová (pro více vchodů),
- vchodová.



*Vytápěcí větve<sup>2</sup>* mohou být:

- objektové (i se zónami),
- vchodové (i se zónami).

*Regulace tepelného výkonu<sup>3</sup>* (teploty oběhové vody) může být:

- společná pro všechny větve; buď přímá (na kotlích) nebo směřováním,
- individuální, směřováním na každé větvi.

Příklad popisu tepelné teplovodní soustavy:

Tepelná teplovodní soustava s plynovou okrskovou kotelnou s ohřevem vody, vzduchu a s vytápěcími větvemi objektovými, objektovými se zónami a vchodovými. Regulace tepelného výkonu je přímá pro ohřev vody a vzduchu a individuální směřováním pro vytápění.

---

1) Může být s ohřevem vody a vzduchu.

2) Z kotelny mohou být vyvedeny i větve obou typů, tj. objektové i vchodové.

3) Možná je i kombinace regulace přímé a individuální, např. pro vzduchotechniku (přímá, u které není regulace v prostoru kotelny-strojovny) a pro vytápění (individuální směřováním).

---

### ***Předmět realizace***

Předmětem realizace projektů na osazování termostatických radiátorových ventilů je vybavit stávající vytápěcí soustavy takovými prvky regulační a měřicí techniky, které umožňují regulovat teplo dodávané konečným odběratelům, tj. uživatelům jednotlivých bytů. Znamená to:

- na všechna otopná tělesa nasadit termostatické radiátorové ventily (TRV),
- osadit regulátory tlakových rozdílů (RTR), případně nasadit řízená oběhová čerpadla,
- osadit seřizovací armatury na stoupačky, případně na větve,
- provést hydraulické seřízení vytápěcí soustavy,
- provést nutné úpravy v odběrném místě.

### ***Výchozí podklady***

Pro zpracování projektové dokumentace se podle dostupnosti využívají tyto podklady, případně jejich části:

- původní projekt vytápěcí soustavy,
- původní stavební projekt objektu,
- dokumentace vzniklá po průzkumu zařízení vytápěcí soustavy a objektu.

### ***Projektová dokumentace nadzemní části***

#### ***Obsah dokumentace***

Dokumentace (příloha 8.8) obsahuje:

- technickou zprávu,
- nominál vytápěcí soustavy<sup>1</sup>,
- hydraulické schema<sup>1</sup>,
- výpočtové hydraulické poměry<sup>1</sup>,
- přehled otopných těles<sup>1</sup>,
- specifikaci materiálu.

---

1) Označené části tvoří štítkovou dokumentaci, která musí být vyvěšena v prostoru odběrného místa.

### *Technická zpráva*

Zpráva má obsahovat:

- úvod, ve kterém je stručně popsán objekt, typ, napojení a rozvody vytápěcí soustavy a výchozí podklady,
- popis osazení navrhovaných TRV a dalších armatur,
- princip hydraulického seřízení,
- princip řízení tlakových rozdílů,
- odvolávku na dokumentaci úprav vstupní části vytápěcí soustavy.

### *Nominál vytápěcí soustavy*

Je základem štítkové dokumentace vytápěcí soustavy. Shrnuje a zpřístupňuje hlavní výpočtové parametry vytápěcí soustavy. V nominálu je uvedeno 14 údajů.

### *Hydraulické schema*

Představuje nejjednodušší schema vytápěcí soustavy objektu. Zahrnuje vstupní část, větve a stoupačky se zakreslenými seřizovacími armaturami a RTR. Je doplněno opět jednoduchým půdorysem horizontálního potrubního rozvodu s vyznačením polohy stoupaček. V půdorysu mají být vyznačeny hranice jednotlivých bytů (plnými čarami) a místností (přerušovanými čarami).

### *Výpočtové hydraulické poměry*

V tabulce uvedené hodnoty váží na hydraulické schema. Pro očíslované stoupačky musí být uvedeny průtoky, DN stoupačkových seřizovacích armatur, jejich typ a nastavení, tlaková ztráta a výpočtový tlakový rozdíl na stoupačce. Totéž platí pro případné větve soustavy. Uvedené údaje vyplynou z hydraulického výpočtu potrubní sítě.

### *Přehled otopných těles*

V přehledu otopných těles jsou symbolicky zakresleny stoupačky se všemi otopnými tělesy. V poli každého otopného tělesa musí být uvedena jeho velikost (počet článků nebo délka), DN TRV, jeho nastavení, případně značka typu tělesa. Na celém přehledu pak typy otopných těles a typ a tvar TRV (přímý, rohový).

Pro zpracování přehledu je výhodné použít jednotný formulář se slepými poli otopných těles. Do formuláře se schematicky zakreslí stoupačky a ručně a čitelně se černým inkoustem nebo tuší zapíše údaje o tělesech a TRV. Pokud jsou některé stoupačky shodné, není nutno je stále opakovat. Postačí, když se zakreslí pouze jedna stoupačka, ke které budou připsána čísla shodných stoupaček. Když se na stoupačkách vyskytuje několik typů otopných těles, je možno je graficky odlišit značkami v poli otopných těles.

### *Specifikace materiálu*

Ve specifikaci materiálu jsou popsány typy a počty veškerých nových armatur potřebných pro realizaci díla.

### ***Projektová dokumentace podzemní části***

Je zpracována pro dodávku tepla z tepelné sítě, z předávací či směšovací stanice nebo z plynové kotelny. Obsahuje úpravy odběrného místa z hlediska řízení tepelného výkonu a řízení hydraulických poměrů. Dále obsahuje případné větvení potrubních rozvodů, měření dodávaného tepla a přípravu na napojení na energetický dispečink. Využívají se pouze vzorová zapojení, která schválí příslušný dodavatel tepla.

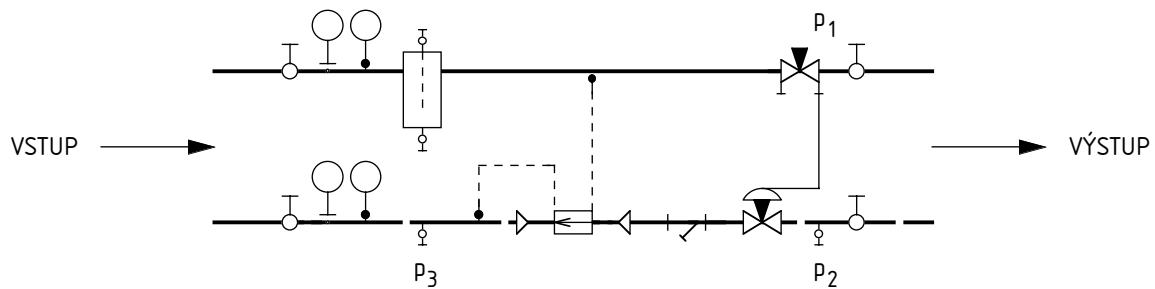
*Výkresy podzemní části*

Do této části dokumentace patří výkresy:

- odběrného místa objektu,
- odběrných nebo seřizovacích míst větví,
- seřizovacích míst stoupaček.

*Odběrné místo objektu*

Odběrné místo objektu (obr. 8.1) je zařízení na rozhraní mezi dodavatelem a odběratelem tepla. Nejčastěji obsahuje hlavní uzávěry, seřizovací armaturu, fakturační měřič tepla, RTR, kalník a filtr, pár teploměrů, manometrů a kulových vypouštěcích kohoutů. Ty slouží i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů.



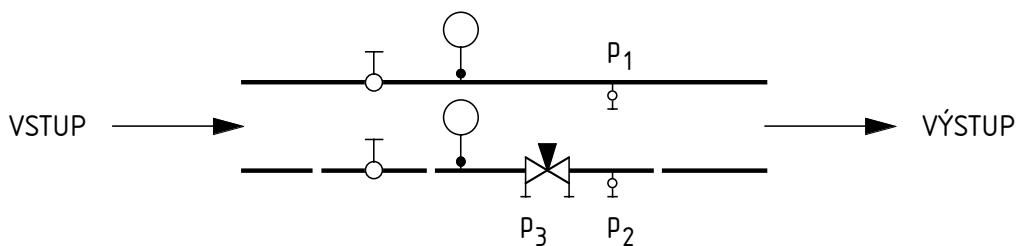
Obr. 8.1 Provedení odběrného místa

*Odběrná místa větví*

Tato odběrná místa větví jsou jednodušší obdobou odběrného místa objektu (obr. 8.1). Jsou používána v případech požadavků na měření tepla do jednotlivých větví. Obsahují uzávěry, seřizovací armaturu, rozdělovací měřič tepla, RTR, pár teploměrů, manometrů a kulových vypouštěcích kohoutů. Ty slouží i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů. Do těchto míst je možno umístit i směšovací zařízení.

*Seřizovací místa větví*

Seřizovací místa větví (obr. 8.2) jsou používána jako základní zařízení na počátcích větví. Obsahují pouze uzávěry, seřizovací armaturu, pár teploměrů a pár kulových kohoutů pro vypouštění i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů.



Obr. 8.2 Provedení seřizovacího místa

*Seřizovací místa stoupaček*

Seřizovací místa stoupaček jsou zřizována na počátcích stoupaček. Obsahují pouze uzávěry, seřizovací armaturu a pár kulových kohoutů pro vypouštění i pro odběr tlaků, resp. tlakových rozdílů.

*Textová část podzemní části*

Do této dokumentace patří technické popisy uvedených zařízení s výpisem materiálu.

*Poznámka k podzemní části*

Vstup tepla do objektové vytápěcí soustavy může být zajišťován buď vnější tepelnou sítí prostřednictvím odběrného místa objektu nebo plynovou objektovou kotelnu. Za odběrným místem může být směšovací zařízení. Na vnější tepelné síti, ještě před odběrným místem objektu, může být předavač tepla (výměník) nebo směšovač tepla.

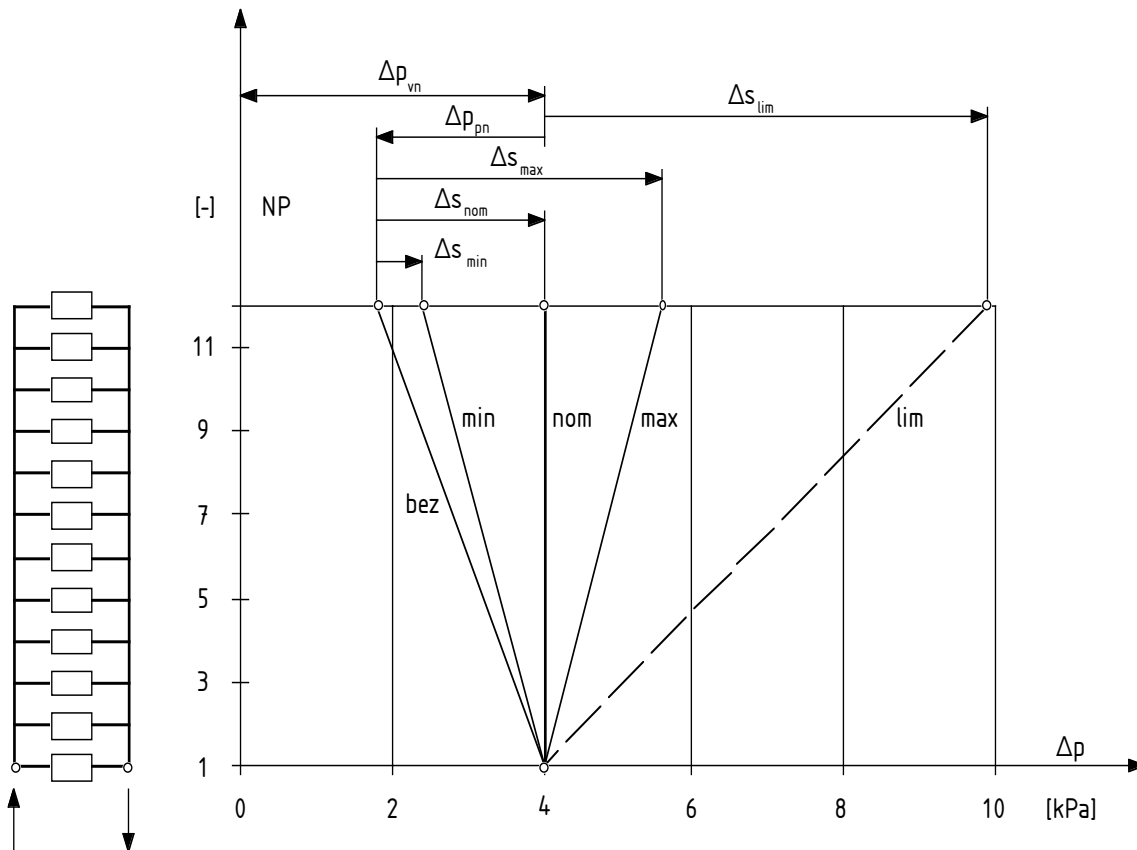
**8.2 Řízení hydrauliky vytápěcích soustav ve výškových budovách**

U vytápěcích soustav s termostatickými radiátorovými ventily (TRV) vzniká ještě ve stoupačkách při velice malých průtocích vody vlivem činnosti TRV limitní samotížný vztlak. Tento vztlak je dán zvětšeným rozdílem teplot přívodní a zpětné vody, protože při malých průtocích vody je nízká teplota zpětné vody.

Optimální výpočtový tlakový rozdíl na TRV je dán hodnotou 4 kPa, která zaručuje i potlačení samotížného vztlaku. V následujících úvahách se předpokládá, že výpočtová hodnota tlakové ztráty úseku otopného tělesa bez TRV, tj. vlastního otopného tělesa a jeho přípojek, je zanedbatelná oproti výpočtové tlakové ztrátě, resp. tlakovému rozdílu TRV. Celý úsek otopného tělesa s TRV potom bude reprezentován výpočtovou tlakovou ztrátou TRV.

***Průběh tlakových rozdílů***

Průběh tlakových rozdílů ve stoupačce o 12 NP a o výšce 30,8 m (obr. 8.3) stanovíme pro vytápěcí soustavu 90/70 °C. Průběh bez vlivu samotížného vztlaku je dán přímkou „bez“. Příмка vychází z bodu, který je dán výpočtovým tlakovým rozdílem do TRV, resp. výpočtovým tlakovým rozdílem v patě stoupačky. Tímto rozdílem je kryta tlaková ztráta vlastního stoupacího potrubí. Po započítání středního samotížného vztlaku bude průběh dán přímkou „nom“. Během otopného období bude průběh tlakových rozdílů vymezen přímkami s minimálním „min“ a maximálním „max“ samotížným vztlakem.



Obr. 8.3 Průběh tlakových rozdílů ve vertikální soustavě

Velikost samotížného vztlaku je dána obecným vztahem

$$\Delta s = 10^{-3} \cdot h \cdot g \cdot \Delta \rho,$$

kde	$\Delta s$	je samotížný vztlak	(kPa)
	$h$	- výška stoupačky	(m)
	$g$	- zemské zrychlení	(m.s <sup>-2</sup> )
	$\Delta \rho$	- rozdíl hustot zpětné a přívodní vody	(kg.m <sup>-3</sup> ) .

Pro soustavu 90/70 °C je pro výpočtové teploty vody maximální rozdíl hustot  $\Delta \rho_{\max} = 12,4 \text{ kg.m}^{-3}$  (tab. 8.1). Na konci a na začátku otopného období jsou teploty vody 44/39 °C s minimálním rozdílem hustot vody  $\Delta \rho_{\min} = 2 \text{ kg.m}^{-3}$ . Střední hodnota rozdílu hustot vody je  $\Delta \rho_{\text{nom}} = 0,5 \cdot (12,4 + 2) = 7,2 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Jednotlivé samotížné vztlaky potom budou :

$$\begin{aligned} \Delta s_{\max} &= 10^{-3} \cdot 30,8 \cdot 9,81 \cdot 12,4 = 3,75 \text{ kPa}, \\ \Delta s_{\min} &= 10^{-3} \cdot 30,8 \cdot 9,81 \cdot 2,0 = 0,60 \text{ kPa}, \\ \Delta s_{\text{nom}} &= 10^{-3} \cdot 30,8 \cdot 9,81 \cdot 7,2 = 2,18 \text{ kPa}. \end{aligned}$$

Tab. 8.1 Hustoty vody v závislosti na teplotě

t (°C)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\rho$ (kg.m <sup>-3</sup> )	999,9	998,2	997,0	995,6	993,9	992,2	990,2	988,0	985,7	983,2
t (°C)	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
$\rho$ (kg.m <sup>-3</sup> )	980,5	977,7	974,9	971,8	968,6	965,3	961,9	958,3	954,8	951,0

### Limitní vztlak

U objektů s vytápěcí soustavou o výšce nad 30 m může být hodnota limitního vztlaku značná. Jeho nadměrná hodnota může přetížit TRV v nejvyšších podlažích, což může vést ke vzniku nepříjemného hluku na ventilech. Přitom nemusí pomoci ani regulátory tlakových rozdílů na patách stoupaček. V limitním případě se blíží teplota zpětné vody teplotě okolí, např. 20 °C. Doporučuje se, aby limitní vztlak se určoval pro teplotu přívodní vody při venkovní teplotě  $t_e = 0 \text{ °C}$  a pro teplotu zpětné vody 20 °C.

Pokud je výpočtový tlakový rozdíl na patě stoupačky udržován na hodnotě  $\Delta p_{\text{sn}}$ , limitní vztlak se k této hodnotě přičítá, protože tlakové ztráty ve stoupačce jsou při nízkých průtocích téměř nulové. S rostoucí výškovou polohou otopných těles nebo horizontální větve limitní vztlak narůstá, přičemž nejvyšší hodnoty dosahuje v nejvyšším NP. Průběh tlakových rozdílů potom bude dán přímkou „lim“ (obr. 8.3).

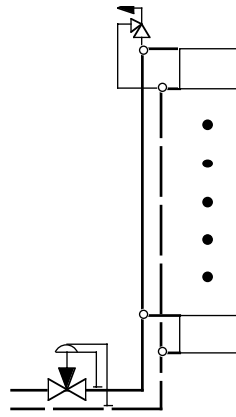
Pro uvedenou vytápěcí soustavu je při vnější teplotě  $t_e = 0 \text{ °C}$  teplota přívodní vody 68 °C a rozdíl hustot 19,5 kg.m<sup>-3</sup>. Limitní vztlak je potom

$$\Delta s_{\text{lim}} = 10^{-3} \cdot 30,8 \cdot 9,81 \cdot 19,5 = 5,90 \text{ kPa}.$$

### Vertikální vytápěcí soustava

Tato soustava se vyznačuje přímým připojením otopných těles na vertikální část potrubní sítě, čili na stoupačky. Dimenzování průměrů potrubí stoupaček vychází z předpokladu, že výpočtová tlaková ztráta samotného stoupačického potrubí bude kryta střední hodnotou samotížného vztlaku. Jednotná tlaková ztráta TRV potom musí být kryta oběhovým čerpadlem. Výpočtový tlakový rozdíl na patě stoupačky proto bude  $\Delta p_{\text{sn}} = \Delta p_{\text{vn}}$ .

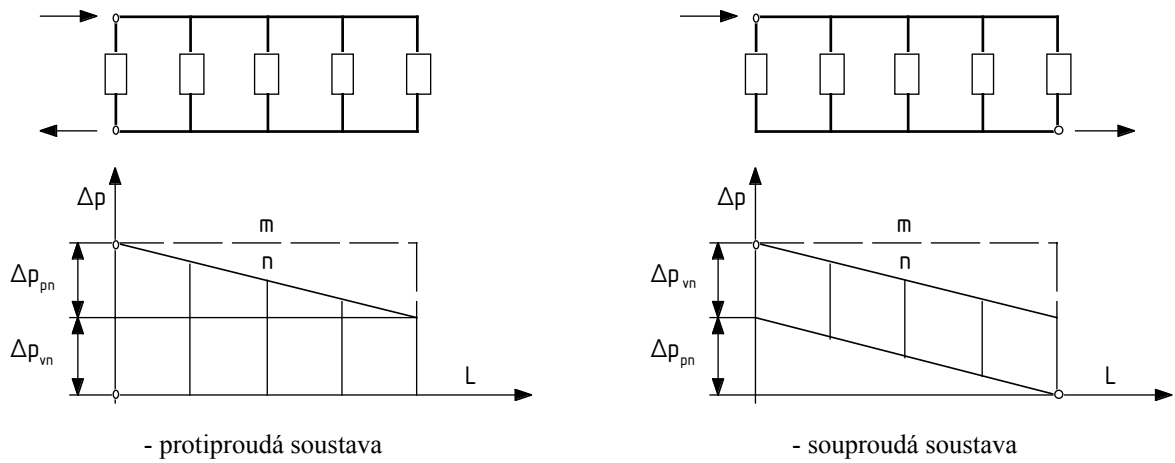
Potlačení limitního vztlaku je možné pouze osazením přepouštěcího RTR do nejvyšších částí stoupačky (obr. 8.4). RTR musí být dimenzován alespoň na 50 % výpočtového průtoku do stoupačky a nastaven těsně nad úroveň průběhu „max“.



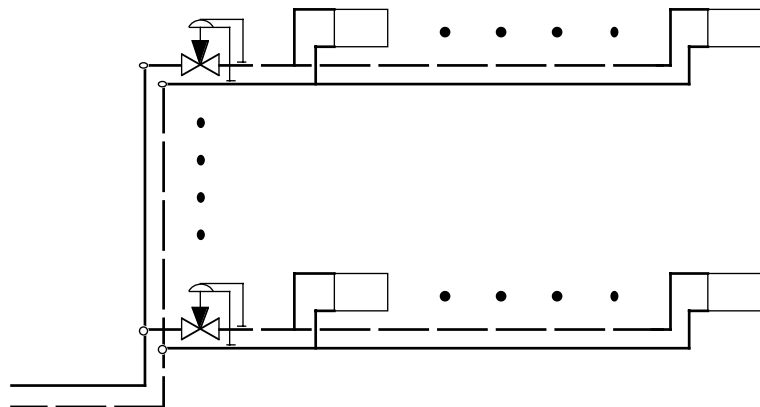
Obr. 8.4 Řízení tlakových rozdílů u vertikální vytápěcí soustavy

**Horizontální vytápěcí soustava**

Tato soustava se vyznačuje centrální stoupačkou a připojením otopných těles na horizontální části potrubní sítě v jednotlivých NP.



a) průběh tlakových rozdílů



b) řízení tlakových rozdílů

Dimenzování průměrů potrubí stoupačky vychází opět z předpokladu, že výpočtová tlaková ztráta samotného stoupačického potrubí bude kryta střední hodnotou samotížného vztlaku. Jednotná tlaková ztráta horizontálních větví potom musí být kryta oběhovým čerpadlem. Výpočtový tlakový rozdíl na patě stoupačky proto bude  $\Delta p_{sn} = \Delta p_{zn}$  (viz dále).

Dimenze průměrů potrubí protiproudých horizontálních větví se stanovují tak, aby platila podmínka o výpočtové tlakové ztrátě každé větve

$$\Delta p_{zn} = \Delta p_{vn} + \Delta p_{pn} \leq 10 \text{ kPa},$$

kde  $\Delta p_{zn}$  je výpočtová tlakové ztrátě celé větve (kPa)  
 $\Delta p_{vn}$  - výpočtový tlakový rozdíl na všech TRV (kPa)  
 $\Delta p_{pn}$  - výpočtová tlakové ztrátě potrubí větve (kPa).

Dále musí platit, že maximální provozní tlakový rozdíl na TRV  $\Delta p_v \leq \Delta p_{vdov} = 15 \text{ kPa}$ .

U takto navržené větve stačí udržovat na jejím počátku tlakový rozdíl na hodnotě  $\Delta p_{zn}$ . Potom nedojde k překročení hodnoty  $\Delta p_{vdov}$  na žádném TRV, což je patrné z průběhů tlakových rozdílů (obr. 8.5a). Výpočtový průběh tlakových rozdílů (n) přejde vlivem minimálního průtoku při činnosti TRV na průběh tlakových rozdílů (m). Při něm se na všechny TRV přenesou výpočtový tlakový rozdíl celé potrubní větve  $\Delta p_{zn}$ .

V případě dimenzování průměrů souprůdných (tichelmannských) horizontálních potrubních větví v jednotlivých NP musí být rovněž splněny obě uvedené podmínky. Znamená to zajistit udržování tlakového rozdílu mezi počátečním a koncovým bodem větve (obr. 8.5b), což je možné pouze v případech, kdy má větev tvar okruhu a oba body jsou dosažitelné pro impulzní potrubí RTR.

Potlačení limitního vztlaku v obou případech zajišťují regulátory tlakových rozdílů na počátcích větví. Nejvhodnější jsou škrtky RTR.

### **Závěr**

Dosud se limitní vztlak v hydraulických výpočtech a při řešení řízení tlakových rozdílů soustav s TRV neuvažoval. U vysokých objektů s výškou soustavy větší než 30 m však může způsobovat nežádoucí hluk. Proto je vhodné použít uvedené řešení.

### **8.3 Poznámka k měření a rozdělování tepla na vytápění**

Ve vytápěcích soustavách v bytových objektech je možno trvale spořít teplo na vytápění pouze při současném nasazení TRV se systémem rozdělování topných nákladů. Mluvíme o tandemu TRV-rozdělovací systém. Dodávku tepla do bytů v bytovém objektu s objektovou vytápěcí soustavou je možno měřit jen v některých případech, ve většině případů však pouze rozdělovat. Na jednotlivé byty se rozděluje teplo změřené a dodané do celého objektu.

Měření tepla dodaného do bytu je možné v těch vytápěcích soustavách, ve kterých jsou vytvořeny bytové okruhy. Do bytového okruhu lze vložit měřiče tepla s údaji v tepelných jednotkách GJ nebo MWh. Tento způsob měření tepla dodávaného do bytu je metodicky čistý pouze tehdy, pokud se omezí sdílení tepla mezi jednotlivými byty. Omezit sdílení tepla je možné pouze provedením tepelných izolací v mezibytových stavebních konstrukcích. Jejich provedení ve stěnových a stropních konstrukcích je však drahá záležitost.

Rozdělování tepla v bytových objektech s vytápěcí soustavou bez bytových okruhů se může provádět dvěma metodami. Většina vytápěcích soustav u nás nemá bytové okruhy, neboť sestává ze stoupaček, které procházejí jednotlivými byty.

První metoda je založena na zjišťování tepla dodaného otopným tělesem do místnosti a to náhradním způsobem pomocí sledování střední povrchové teploty otopného tělesa nebo v lepším případě rozdílu střední povrchové teploty otopného tělesa a vnitřní teploty místnosti. Na všech otopných tělesech objektu musí



být umístěny odpařovací nebo elektronické indikátory se stupnicemi dílků, které však nevyjadřují tepelné jednotky. Na konci otopného období musí být na indikátorech provedeny odečty, případně výměny odpařovacích částí, což je pracné. Navíc vstupování odečtové služby do bytu nemusí vyhovovat řadě uživatelů bytů. Snaha o fyzikální zdůvodnění náhradního způsobu vedla k zavedení řady korekčních faktorů, které však způsobují značnou neprůhlednost metody.

Druhá metoda vychází ze sledování úrovně vnitřní teploty místnosti vzhledem k vnější teplotě. Vznikla v severských zemích, nazývá se metodou tepelné pohody nebo metodou denostupňovou. Metoda vychází ze sledování fyzikálních veličin jako jsou teploty a čas, které jsou snadno měřitelné. Při použití této metody se nemusí zohledňovat způsob jakým byla místnost vytopena, zda otopným tělesem, či slunečním zářením. Rovněž není důležité, zda místnost má velká či malá otopná tělesa, má velkou nebo malou tepelnou ztrátu, nebo je-li orientována na severní či jižní straně objektu. Proto se hodí do našich typů bytových objektů, u kterých není tepelně izolační jednotkou byt, ale celý objekt.

Mezi výhody metody patří, že:

- je průhledná, neboť je založena na fyzikálních zákonech; proto odpadají všechny korekční faktory,
- odpadá rozdělování platby za teplo na pevnou 30% část a na proměnnou 70% část,
- odečtová služba nevstupuje do bytů.

K nevýhodám patří možné zkreslování měření při nadměrném větrání místností.

Původní způsob metody obsahoval snímání vnitřní teploty v referenčním bodě bytu elektrickým snímačem napojeným na centrálu umístěnou v objektu. V centrále se shromažďovaly, vypočítávaly a zobrazovaly denostupně jednotlivých bytů. Způsob je velice moderní, ale nákladný. Jiný, ekonomický způsob metody, je popsán v následující části příspěvku.

#### ***Možnost využití TRV pro rozdělování tepla***

Pokud se pro lokální regulaci tepla použijí kvalitní TRV s možností teplotní aretace, není nutné vnitřní teplotu místností měřit. V každé místnosti bude udržována vnitřní teplota na požadované hodnotě. Pomocí TRV tak lze vytvořit systém rozdělování topných nákladů podle vnitřní teploty. Požadovanou vnitřní teplotu místnosti si volí uživatel bytu v rozsahu mezi 18 až 22 °C. Tato teplota se potom zaznamená společně s podlahovou plochu vytápěné místnosti do rozdělovacích formulářů. Nastavení nejvyšší požadované teploty se musí na regulátoru aretovat a zaplombovat. Vnější teplota se nemusí měřit. Postačí použít průměrnou vnější teplotu za otopné období, která bývá v rozmezí 2 až 4 °C. TRV, které mají být použity pro rozdělování topných nákladů, musí vykazovat slabý vliv na změnu teploty protékající vody (méně než 0,5 K / 30 K) a umožňovat jednoduché nastavení teploty, aretaci a zaplombování regulátoru. Mezi výhody uvedeného způsobu rozdělování topných nákladů patří, že:

- nepodléhá certifikaci,
- je cenově nenáročný,
- podíl bytů na topných nákladech je znám okamžitě po nastavení TRV.

#### **8.4 Úpravy vytápěcí soustavy po zateplení pláště objektu**

Pokud se majitel rozhodne pro zateplení pláště svého objektu až po osazení TRV do vytápěcí soustavy objektu, je nutno provést určité zásahy do vytápěcí soustavy. Přitom se vychází z toho, že není ekonomické zmenšovat nebo dokonce vyměňovat otopná tělesa. Po snížení tepelných ztrát místností je samozřejmě nutné snížení tepelných výkonů otopných těles. Abychom zasahovali do původních průtoků vytápěcí soustavy co nejméně, je výhodné pouze zajistit snížení rozdílů jednak teploty přívodní a zpětné oběhové vody, jednak střední teploty oběhové vody a vnitřní teploty. Znamená to změnit nastavení topných křivek (příloha 8.7) na řídicím systému na nižší hodnoty. Topnými křivkami se rozumí závislost teploty přívodní a zpětné vody na teplotě venkovní.



Nové snížené topné křivky se určí pomocí výsledků výpočtů původních a nových tepelných ztrát u tzv. charakteristických místností. Charakteristickými místnostmi jsou např.:

- místnost středová (s jednou ochlazovanou stěnou),
- místnost středová podstřešní (se dvěma ochlazovanými stěnami),
- místnost štítová (se dvěma ochlazovanými stěnami),
- místnost štítová podstřešní (se třemi ochlazovanými stěnami).

Nový snížený výpočtový rozdíl teploty přívodní a zpětné oběhové vody se stanoví ze vztahu

$$\Delta t_{vn} = \Delta t_{vp} \cdot q_{\max},$$

kde  $\Delta t_{vn}$  je nový výpočtový rozdíl teploty přívodní a zpětné oběhové vody =  $t_{vn1} - t_{vn2}$  (K)

$\Delta t_{vp}$  - původní výpočtový rozdíl teploty přívodní a zpětné oběhové vody =  $t_{vp1} - t_{vp2}$  (K)

$q_{\max}$  - nejvyšší z hodnot poměrných snížení tepelných ztrát u charakteristických místností (-).

Nový snížený výpočtový rozdíl střední teploty oběhové vody a vnitřní teploty se určí ze vztahu

$$\Delta t_n = \Delta t_p \cdot q_{\max}^{0,8},$$

kde  $\Delta t_n$  je nový výpočtový rozdíl střední teploty oběhové vody a vnitřní teploty =  $t_{sn} - t_{in}$  (K)

$\Delta t_p$  - původní výpočtový rozdíl střední teploty oběhové vody a vnitřní teploty =  $t_{sp} - t_{in}$  (K).

Nová výpočtová střední teplota oběhové vody (°C) se potom stanoví ze vztahu

$$t_{sn} = \Delta t_n + t_{in}.$$

Když není možné jednoduše snížit původně nastavené topné křivky, což je případ společného řídicího systému pro více objektů, které nejsou všechny zateplovány, musí být do odběrného místa vytápěcí soustavy objektu osazeno směšovací zařízení. Postačuje pouze směšovací zařízení s pevným směšovacím poměrem, které sestává se směšovací spojky a s oběhového čerpadla.

### **Příklad**

#### *Zadání*

Po zateplení pláště objektu se mají stanovit nové topné křivky. Původní vytápěcí soustava má výpočtové teploty 90/70/20/-12 °C.

#### *Řešení*

Pro charakteristické místnosti byla vypočítána poměrná snížení tepelných ztrát ve výši  $q = 0,78; 0,81; 0,84; 0,86$ . Z těchto hodnot vyplývá, že  $q_{\max} = 0,86$ . Nový výpočtový rozdíl teploty přívodní a zpětné oběhové vody bude

$$\Delta t_{vn} = \Delta t_{vp} \cdot q_{\max} = (90 - 70) \cdot 0,86 = 17,2 \text{ K},$$

nový výpočtový rozdíl střední teploty oběhové vody a vnitřní teploty bude

$$\Delta t_n = \Delta t_p \cdot q_{\max}^{0,8} = (80 - 20) \cdot 0,86^{0,8} = 53,2 \text{ K}$$

a nová výpočtová střední teplota oběhové vody bude

$$t_{sn} = \Delta t_n + t_{in} = 53,2 + 20 = 73,2 \text{ °C}.$$

## 8.5 Smluvní parametry tepelných soustav

Každá smlouva o dodávce tepla by měla obsahovat následné povinné technické údaje. Pro jednoznačné určení způsobu dodávky tepla z dodavatelského (vstupního) zařízení do zařízení odběrného (výstupního) musí být uváděny tyto přípojné (nominální) parametry v odběrném místě (OM):

- $Q_n$	- tepelný výkon	(kW)	(5 %),
- $V_n$	- objemový průtok	(m <sup>3</sup> /h)	(15 %),
- $t_{in}$	- teplota přívodní oběhové vody <sup>1</sup>	(°C)	(5 %),
- $\Delta t_n$	- teplotní rozdíl oběhové vody	(K)	(5 %),
- $\Delta p_n$	- tlakový rozdíl	(kPa)	(30 %),
- $p_{hn}$	- maximální provozní přetlak oběhové vody	(kPa)	(10 %),
- $p_{dn}$	- minimální provozní přetlak oběhové vody	(kPa)	(10 %).

<sup>1)</sup> Dovolené odchylky teploty přívodní vody musí být vztaženy k teplotnímu rozdílu  $t_1 - t_{in}$ , kde druhá veličina je výpočtová vnitřní teplota (°C).

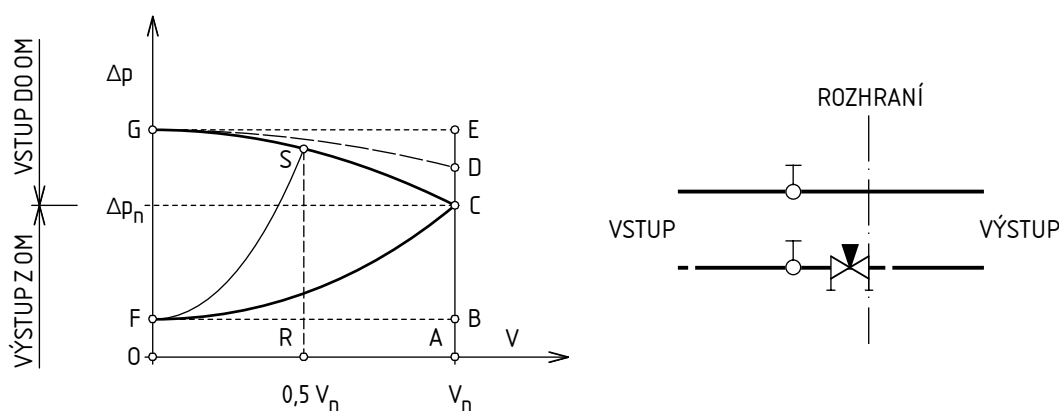
Nominální hodnoty platí při výpočtové vnější teplotě  $t_{en}$  (°C). Dovolené odchylky jednotlivých parametrů jsou uvedeny v závorkách. Dále musí být uvedeny závislosti těchto parametrů na vnější teplotě nebo na ročním období:

- tepelného výkonu (např. odběrový diagram),
- průtoku,
- teploty přívodní oběhové vody (např. topné křivky),
- teplotního rozdílu oběhové vody.

Mohou být uvedeny i vlastnosti oběhové vody jako pH, karbonátová tvrdost a obsah rozpuštěných plynů, zejména O<sub>2</sub>.

### Poznámka

Pro tepelná odběrná zařízení s proměnným průtokem je vhodné zpracovat hydraulickou charakteristiku odběrného místa (obr. 8.6). Je to závislost tlakového rozdílu v OM na průtoku OM. Z charakteristiky lze stanovit vazbu „tlakový rozdíl-průtok“ v OM při jiných než přípojných podmínkách, např. při 50% průtoku.



Obr. 8.6 Hydraulika odběrného místa

V hydraulické charakteristice OM představují (vše vztaženo do OM):

- bod C - přípojný stav,
- křivka CSG - charakteristiku vstupního zařízení,
- křivka CF - charakteristiku výstupního zařízení,
- pořadnice AB - výpočtový tlakový rozdíl na regulačních ventilech výstupního zařízení,
- pořadnice BC - výpočtový tlakový rozdíl potrubní sítě výstupního zařízení,
- pořadnice AC - výpočtový tlakový rozdíl vstupního i výstupního zařízení,
- pořadnice DE - výpočtový tlakový rozdíl potrubní sítě vstupního zařízení,
- pořadnice CD - výpočtový tlakový rozdíl škrcený seřizovací armaturou vstupního zařízení,
- křivka FS - charakteristiku výstupního zařízení při 50% průtoku,
- pořadnice RS - tlakový rozdíl výstupního zařízení při 50% průtoku.

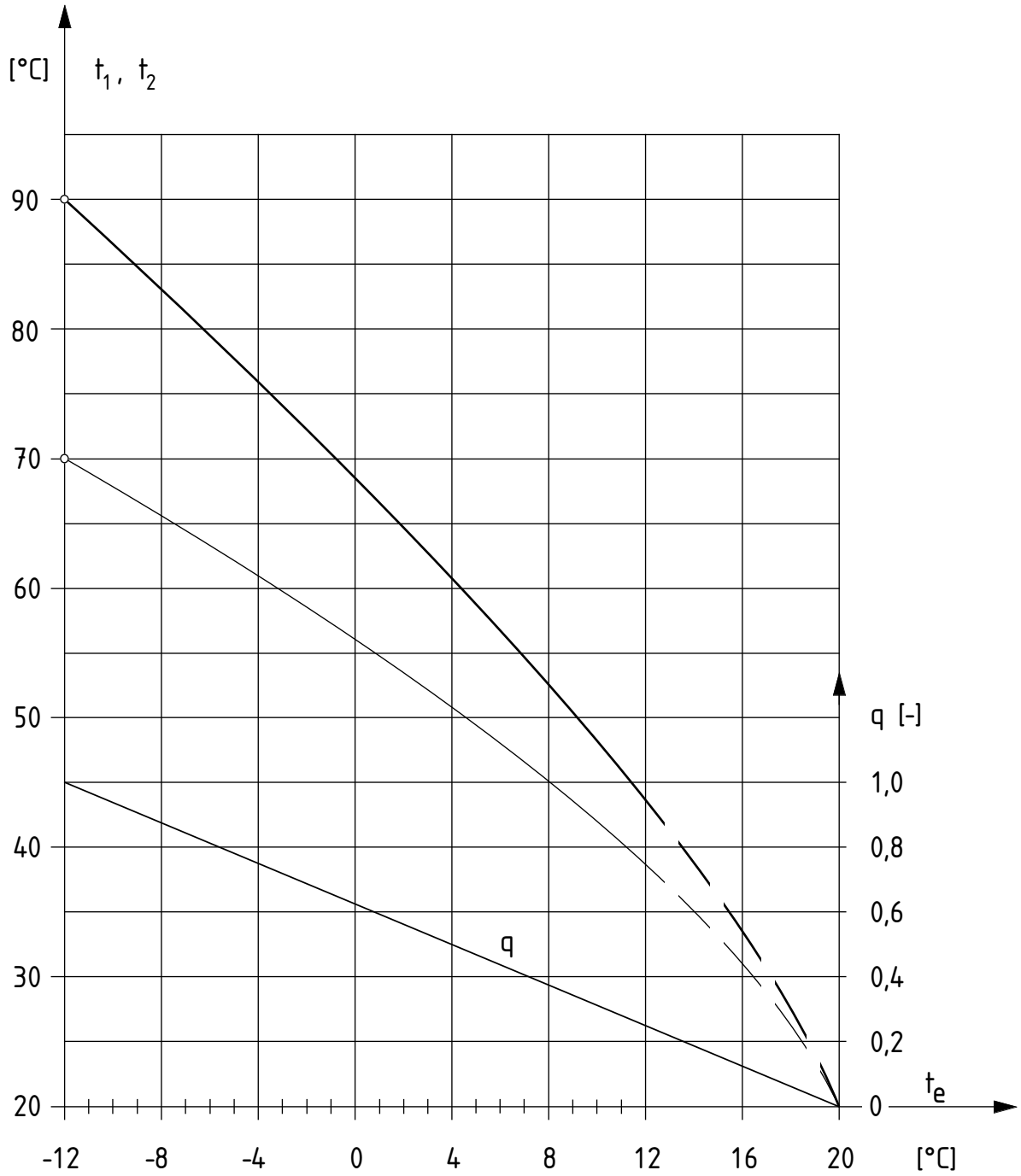
### 8.6 Část vyhlášky č. 151/2001 Sb.

Vyhláška č. 151/2001 Sb. o stanovení účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie mimo jiné uvádí:

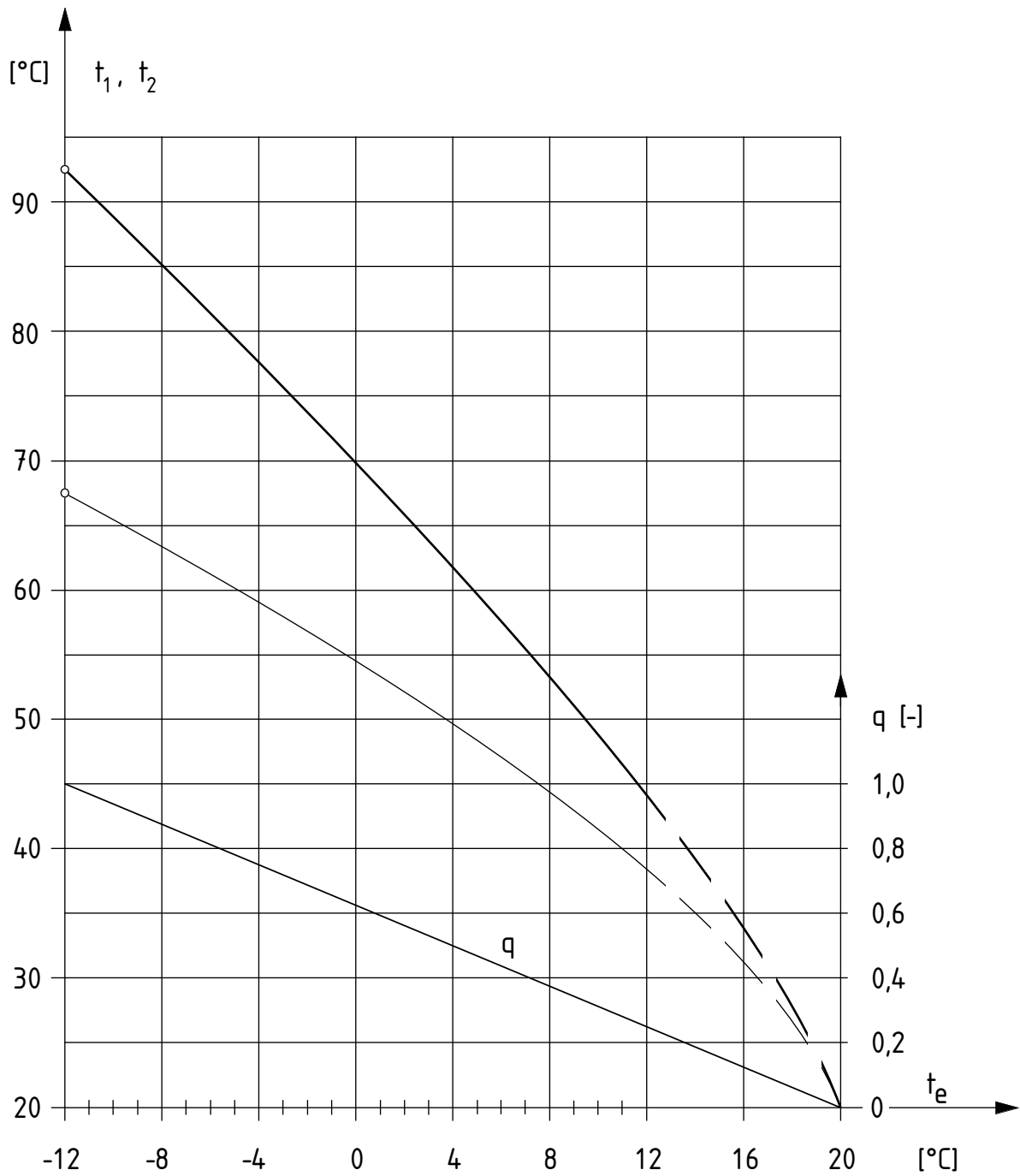
#### **§ 8 Regulace a řízení dodávky tepelné energie**

- (1) Oběhová čerpadla se dimenzují na jmenovitý průtok a tlakovou ztrátu hlavní zásobované větve rozvodu.
- (2) Oběhová čerpadla v předávacích stanicích s jmenovitým tepelným výkonem nad 50 kW se vybaví automatickou plynulou nebo alespoň třístupňovou regulací otáček, pokud tomu nebrání bezpečnostně technické ukazatele.
- (3) Oběhová čerpadla v otopných soustavách s jmenovitým tepelným výkonem nad 50 kW se vybaví automatickou plynulou nebo alespoň třístupňovou regulací otáček, pokud tomu nebrání bezpečnostně technické ukazatele.
- (4) Zdroje tepla se vybaví automatickou regulací umožňující centrálně snížit či odstavit dodávku tepelné energie, stejně jako zapnout a vypnout elektrická zařízení v závislosti na venkovní teplotě nebo jiné určující veličině. Volba druhu regulace upřednostňuje požadavek maximálních úspor tepelné energie. Požadavek se nevztahuje na kotelnu s násypnými kotli na tuhá paliva.
- (5) Spotřebiče se vybaví místní regulací tak, aby se dosáhlo zohlednění tepelných zisků z oslunění a vnitřních tepelných zisků. U skupin spotřebičů a u skupin místností stejného typu a druhu využití v nebytovém objektu se připouští skupinová regulace.
- (6) K zajištění úsporného, bezhlučného a bezporuchového provozu celé otopné soustavy se okruhy jednotlivých vertikálních větví nebo více okruhů tvořících celistvou zónu vzhledem k tepelným ziskům vytápěných prostor nebo otopná soustava tvořící menší samostatný celek s více než 70 % otopných těles opatřených regulačními ventily s regulátory vybaví regulátory tlakové difference nebo regulátory objemového průtoku nebo automatickým přepouštěcím zařízením, pokud to dovoluje požadavek na teplotu ve vratném potrubí.
- (7) U rozvodu tepelné energie a vnitřního rozvodu vytápění a teplé užitkové vody se prokazuje seřízení průtoků měřením v jednotlivých větvích otopné soustavy měřením tak, aby odpovídaly projektovaným jmenovitým průtokům s maximální odchylkou  $\pm 15$  %. Měření se provádí při uvádění do provozu, po odstranění závažných provozních závad, při nedostatečném zásobování nebo přetápění u některého odběratele či spotřebitele a při změnách zařízení, které ovlivňují tlakové poměry v síti, zejména při připojení nových a odstavení stávajících odběratelů či spotřebitelů. Protokol o měření a nastavení průtoků zůstává trvale uložen u provozovatele rozvodu či vnitřního rozvodu.

### 8.7 Topné křivky



Topné křivky 90/70/20/-12  $^{\circ}\text{C}$



Topné křivky 92,5/67,5/20/-12 °C


### 8.8 Vzor projektové dokumentace pro osazování TRV

**Vladimír Valenta, projekce vytápění**  
Pod hradem 822, 251 01 Říčany, tel., fax 323 603 219

---



**PROJEKT**  
**TEPELNÁ TECHNIKA**

Akce: Osazení termostatických radiátorových ventilů  
Objekt: 69 bytů  
Místo: Milánská 464 až 6, Praha 15  
Investor:  
Zpracoval: Vladimír Valenta  
Datum: březen 2003 

## TECHNICKÁ ZPRÁVA

### Úvod

Tato dokumentace se týká osazení termostatických radiátorových ventilů (TRV) do otopné soustavy ve stávajícím bytovém objektu s 8 NP a s jedním PP. Objekt sestává ze tří sekcí a má 69 bytů. Dokumentace byla zpracována na základě předaného zaměření velikosti a připojení otopných těles a trasy spodního rozvodu (bez dimenzí) a také podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s teplem a následné vyhlášky 152/2001 Sb. Původní topenářský projekt nebyl k dispozici.

Vytápěcí soustava objektu je napojena na teplovodní sekundární vnější síť. V PP je pod stropem uložen vodorovný souproudý potrubní rozvod.

Řešení osazení TRV do otopné soustavy vychází z jednotného postupu, který používá Cech topenářů a instalatérů. Smyslem zdokonalení otopné soustavy je zajistit její dobrou funkci a dobrou regulovatelnost. Tím se přispěje k úsporám tepla i ke spokojenosti uživatelů bytů.

### Osazení armatur

U každého otopného tělesa bude nahrazen rohový radiátorový ventil termostatickým radiátorovým ventilem typu Danfoss RA-N s nastavitelnými jmenovitými průtoky. Příslušná čísla nastavení jmenovitých průtoků na jednotlivých ventilech jsou vyznačena na přehledu otopných těles. Na všech stoupačkách budou osazeny dva nové uzavírací kulové kohouty a jeden seřizovací ventil Ferrero. Ten může sloužit i pro kontrolu průtoků. Namísto stávajících vypouštěcích kohoutů na stoupačkách budou osazeny nové vypouštěcí kulové kohouty.

### Hydraulické seřízení

Hydraulické seřízení je předpokladem správné funkce otopné soustavy. Provede se pro základní průtoky oběhové vody pomocí nastavení seřizovacích ventilů. Protože nebylo možné stanovit tlakové ztráty spodního rozvodu a následně také nastavení seřizovacích ventilů, budou nastavení provedena podle požadovaných průtoků pomocí nepřímého měření měřičem tlakového rozdílu.

### Řízení tlakových rozdílů

Pro zajištění bezvadné funkce termostatických radiátorových ventilů bude na počátek soustavy osazen škrtící regulátor tlakového rozdílu DA 516, DN 65. Nastaven bude na hodnotu tlakového rozdílu ve výši 10 kPa.

### PŘÍLOHY

1. Nominál otopné soustavy
2. Hydraulické schema
3. Přehled otopných těles
4. Specifikace materiálu

Přílohy č. 1 až 3 tvoří štítkovou dokumentaci, která musí být vyvěšena v prostoru vstupního uzlu.

**NOMINÁL OTOPNÉ SOUSTAVY**

1. Objekt: 69 bytů		
2. Místo : Milánská 464 až 6, Praha 15		
3. Manometrická rovina	m n. m.	?
4. Vnější teplota	°C	-12
5. Teplota topné vody	°C	92,5/67,5
6. Tepelný příkon pro VYT	kW	292
7. Průtok	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	10
8. Tlaková ztráta objektu	kPa	?
9. Výška otopné soustavy k MR	m	21,8
10. Statický přetlak v MR	kPa	
11. Dovolený přetlak v MR	kPa	600
12. Denní trvání plného výkonu	h	
13. Centrální regulace	ve VS	
14. Termostatické ventily	ano	

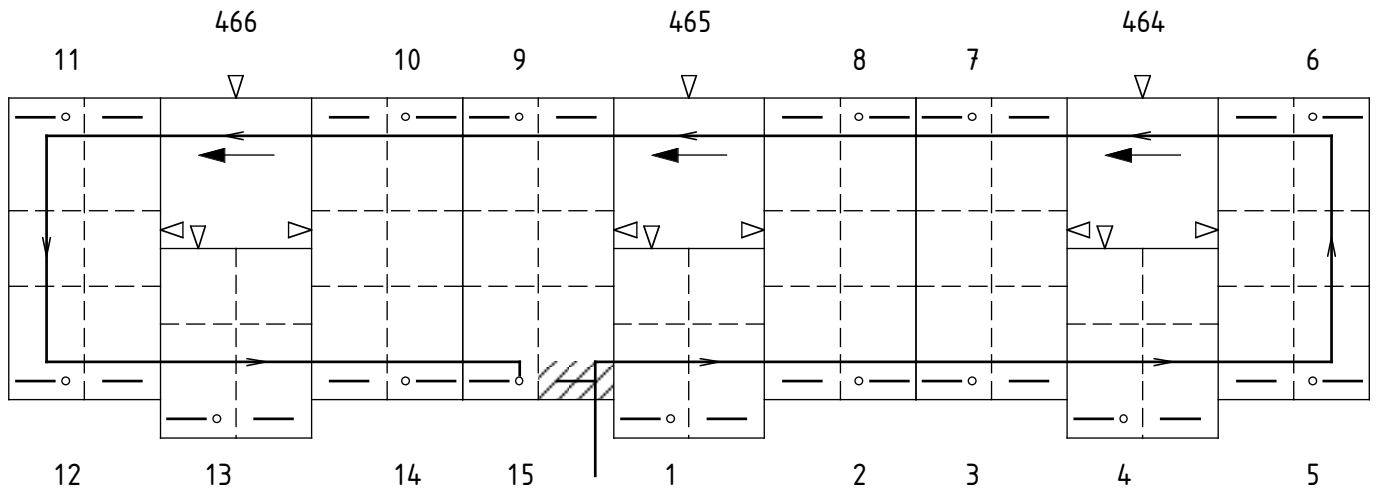
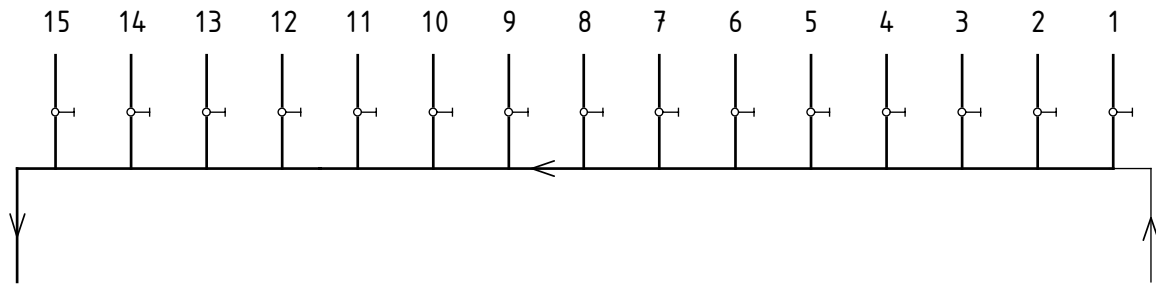
**VÝPOČTOVÉ HYDRAULICKÉ POMĚRY V OTOPNÉ SOUSTAVĚ**

stoup.	DN	typ	průtok m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	nastavení	tlak.ztráta kPa	tlak.rozdíl kPa
1	25	Ferrero	0,59	?	?	4,0
2	"	"	0,53	"	"	"
3			0,53			
4			0,59			
5			0,70			
6			0,77			
7			0,76			
8			0,76			
9			0,76			
10			0,76			
11			0,77			
12			0,77			
13			0,59			
14			0,53			
15			0,53			

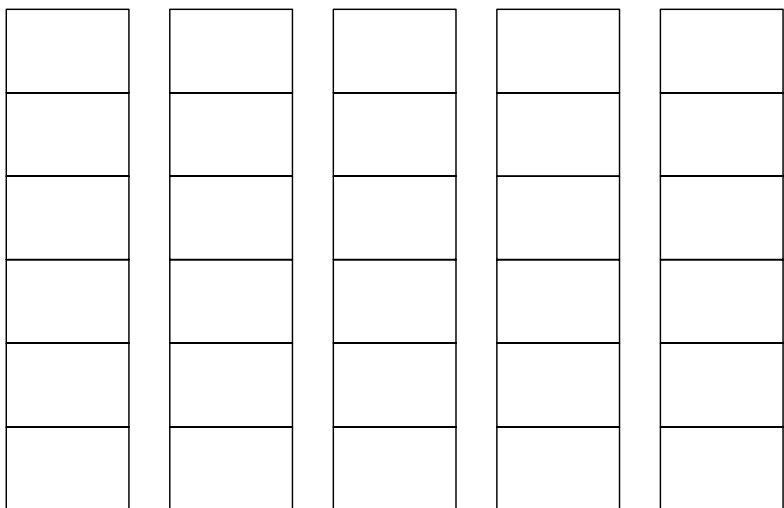
**SPECIFIKACE MATERIÁLU**

		ks
1	Termostatické rad. ventily rohové Danfoss RA-N, DN 10	248
2	Kulové kohouty závitové DN 25, PN 16	30
3	Ventil seřizovací Ferrero DN 25, PN 16	15
4	Vyp. kulové kohouty IMT 265, DN 15	30

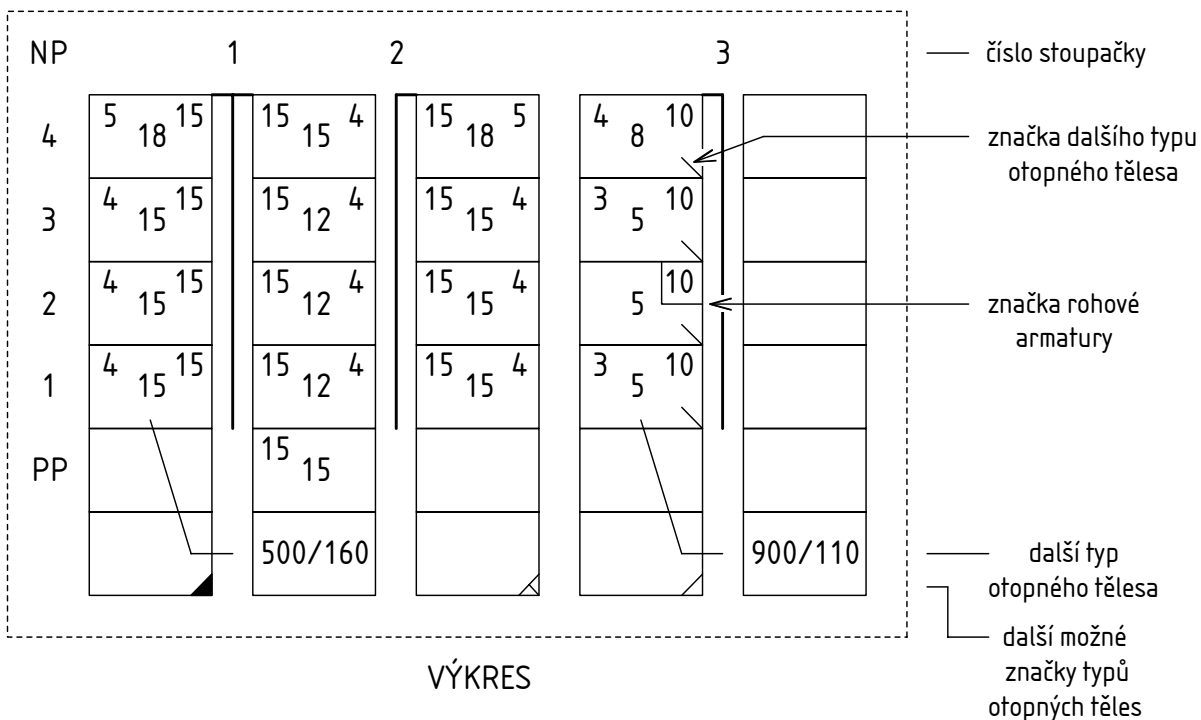
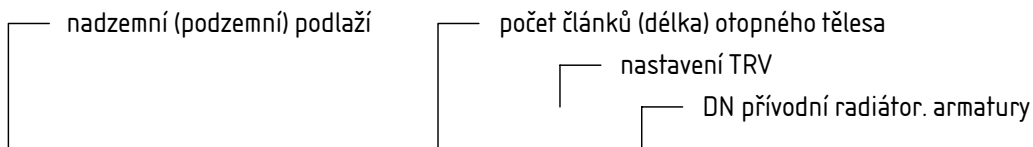




VÝKRES HYDRAULICKÉ SCHEMA - OSAZENÍ TRV	MĚŘÍTKO ~	Ing. Vladimír VALENTA projekce vytápění 251 01 Říčany 822 tel., fax 323 603 219
OBJEKT MILÁNSKÁ 464 AŽ 6, PRAHA 15	DATUM 03. 2003	



PODKLAD



VÝKRES

Přehled otopných těles