

# **EKOLOGICKÝ A ENERGETICKÝ ÚSPORNÝ SYSTÉM ZÁSOBNÍKOVÝCH ZDROJŮ TEPLA**

**Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.**



**Praha 2008**

## Ekologický a energeticky úsporný systém zásobníkových zdrojů tepla

Vydal GAS s.r.o., Praha

Vytiskla tiskárna: PRATR a.s., Trutnov

Počítačová sazba a grafika: Lucie Luisa Franková

1. vydání

ISBN 978-80-7328-151-9

© GAS s.r.o., Praha 2008

## Obsah:

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Úvod .....                                                     | 4  |
| 1. Akumulace tepla při vytápění budov .....                    | 5  |
| 2. Výpočtové zásady návrhu .....                               | 7  |
| 3. Regulace výkonu zdroje .....                                | 17 |
| 4. Příprava teplé vody v zásobníku tepla .....                 | 19 |
| 5. Zásobník tepla multivalentního zdroje .....                 | 28 |
| 6. Zásobník tepla kondenzačních zdrojů .....                   | 38 |
| 7. Alternativní zdroje se zásobníkem tepla .....               | 45 |
| 8. Zásobník tepla kombinovaných zdrojů .....                   | 72 |
| 9. Aplikace ekologického a energeticky úsporného provozu ..... | 78 |
| Literatura .....                                               | 89 |

Vážení přátelé,

v „EDICI GAS“ vychází další publikace, zaměřená na zásady návrhu zásobníkových zdrojů tepla. U zásobníkových zdrojů tepla se k topnému zdroji (kotli, alternativnímu zdroji) přiřazuje zásobník s otopnou vodou, do kterého se teplo trvale nebo přerušovaně akumuluje v době příznivých parametrů zdroje tepla. V otopné vodě je ze zásobníku tepla odváděno teplo s proměnnými teplotními parametry jednotlivých připojených soustav i při různém režimu odběru tepla. Vyrovnání rozdílnosti provozního režimu i teplotních a průtokových parametrů mezi zdrojem a soustavou přináší řadu výhod ve zjednodušení regulace, při hydraulickém vyrovnání soustavy, ale hlavní výhoda spočívá ve zjednodušené regulaci spalovacího procesu při proměnných požadavcích na výkon hořáku. Zásobník tepla se s výhodou může použít při jakémkoliv zdroji tepla, při kondenzačním zdroji, při bivalentním zdroji, např. standardním s alternativním zdrojem nebo při monovalentním alternativním zdroji. Dosahuje se přitom při nízkých nákladech vysoké provozní účinnosti, ale zejména se dosahuje velmi ekologického spalovacího procesu během provozu při konstantním nastavení hořáku na spalování s nejnižší možnou koncentrací škodlivin ve spalínách. Návrh zásobníkového zdroje je v publikaci popsán a na schématech zapojení prezentován pro různé varianty topných zdrojů.

## 1. Akumulace tepla při vytápění budov

Při návrhu vytápěcího systému budov i při jeho regulaci se akumulace tepla, obecněji zásoba tepla v konstrukci budovy nebo ve vytápěcím systému vědomě využívá a nebo se pasivně podílí na režimu provozu vytápění.

Z tohoto hlediska je možné hodnotit míru tepelné setrvačnosti budov:

- vyplývající z konstrukce budovy nebo
- z obsahu vody v teplovodní otopné soustavě a ve zdroji tepla.

### 1.1 Tepelná setrvačnost budovy

Tepelná pohoda je u klasického pojetí budovy spojena s relativně ustálenou teplotou vnitřních prostorů budovy i při častých a náhlých změnách teploty ve venkovním prostředí. Zděné budovy (těžké budovy) přispívají k větší teplotní vyrovnanosti ve vnitřním prostoru s parametry budovy jako je:

- větší tloušťka zdiva, většinou s větší měrnou tepelnou kapacitou materiálu,
- menší stupeň prosklení obvodového pláště, kterým se nezvyšuje významně působení tepelných zisků od slunce,
- vysoký vzduchový prostor místnosti, zejména větší výška, která dovoluje trvale vyrovnané větrání prostorů bez nárazových výměn vzduchu.

Zděné budovy měly a mají dosud mnohem menší tepelný odpor obvodového pláště než současné prováděné budovy. Tomu zároveň odpovídá vysoká tepelná ztráta budovy a následně vyšší výkon topného zdroje.

### 1.2 Akumulace tepla v otopné soustavě

Tepelné setrvačnosti tradiční zděné budovy odpovídá klasické vytápění s velkoobjemovými článkovými otopnými tělesy a rozvod otopné vody s tradičním velkým objemem vody i kotel s velkým obsahem vody. Klasická článková tělesa s velkým vodním objemem a masivní tloušťkou stěny mají značnou tepelnou setrvačnost a shodně s tím i velký objem v trubních rozvodech přispívá k tepelné setrvačnosti soustavy. Samotížná teplovodní otopná soustava, při nízké hodnotě dispozičního tlaku, dovoluje malou tepelnou ztrátu, v důsledku toho značné dimenze pro potrubí i armatury pro nízký průtok vody. Původní kotle, většinou na tuhá paliva, měly značný vodní obsah, který sloužil pro předání tepla ve vodním výměníku samotížným průtokem. Celý velký vodní objem v soustavě při několikanásobně vyšší tepelné ztrátě (vyšším výkonu) byl oproti dnešním podmínkám pro otopnou soustavu současných budov značně předimenzovaný. Vodní obsah v soustavě byl tak vlastně zásobníkem tepla.

Akumulace tepla v konstrukci budovy nebo ve zvýšeném objemu vody v teplovodním vytápěcím systému (v tělesech, potrubí a kotlích) přispívala k ustálenému teplotnímu stavu, kterým se mnohdy, ne příliš energeticky výhodně, vyrovnávaly nárazové výkonové špičky v provozu.

### 1.3 Budovy a otopné soustavy bez tepelné setrvačnosti

Současné budovy z hlediska tepelné technických parametrů se většinou vyznačují malou tloušťkou konstrukce obvodové stěny, nízkou hmotností, s nižší měrnou tepelnou kapacitou materiálu a s vysokým tepelným odporem obvodového pláště konstrukce.

Při nízké tepelné ztrátě prostupem a často při značném prosklení obvodového pláště a někdy též s malou světlou výškou vychází u těchto budov i nižší celková tepelná setrvačnost. Budova se mnohem rychleji přizpůsobuje venkovním teplotám a dochází i k enormním tepelným ziskům od slunce při větším prosklení obvodového pláště.

Současné lehké budovy kladou mnohem větší nároky na regulaci vytápěcího zařízení proto, aby při náhlých změnách venkovních teplot dokázal vytápěcí systém zajistit stálou požadovanou tepelnou pohodu.

### 1.4 Elastický vytápěcí systém

Dosažení požadované regulace vytápěcího systému, při zachování ekonomicky, energeticky a ekologicky úsporného řešení je možné pouze ve vyvážené vazbě mezi otopnou plochou, trubním rozvodem a zdrojem tepla.

K elastickému teplotnímu stavu lehkých, mnohdy prosklených, budov se lze snadno přizpůsobit

vhodnou volbou otopné plochy i trubicím rozvodem malých průměrů. U topného zdroje, ať u kotlů na spalování paliv, tak i u alternativních zdrojů, je přizpůsobení proměnnému výkonu při odběru tepla mnohem obtížnější. Změna výkonu zdroje regulací spalovacího procesu se dosáhne pouze za cenu vyšších nákladů, často s energetickou ztrátou a při zhoršených parametrech spalín.

### **1.5 Zařazení zásobníku tepla do teplovodní soustavy**

Vodní zásobník tepla, zařazený ke zdroji, např. ke kotli na spalování paliv, slouží zejména jako náhrada regulace výkonu v otopné vodě za regulaci výkonu spalovacího procesu. U alternativních zdrojů je většinou provoz bez zásobníku tepla prakticky nereálný.

Zařazení zásobníku tepla, jak je dále popsáno, představuje moderní regulační prvek, který přizpůsobuje zdroj tepla dynamice budovy s využitím dalších, i netradičních, zdrojů tepla, použitelných v teplovodní otopné soustavě.

Výhodnost použití vodního zásobníku tepla je popsána v následujících kapitolách.

## 2. Výpočtové zásady návrhu

### 2.1 Obecný princip

Akumulace tepla do vody má výhodu v základní vlastnosti vody, kterou je vysoká měrná tepelná kapacita. Zároveň voda není jen akumulátor tepla, ale je i teplonosnou látkou a podílí se přímo na přenosu tepla. Vodou se nejčastěji zajišťuje přenos tepla od zdroje – kotle, solárního kolektoru nebo obecně výměníku tepla do zásobníku tepla. Zároveň se přímo vodou přenáší i teplo na místo odběru do otopné soustavy k otopným tělesům, vzduchovým výměníkům apod. U vodního zásobníku tepla není zároveň nutná transformace tepla mezi zásobníkem tepla a teplonosnou látkou. Vodní zásobník tepla je mezičlánkem mezi zdrojem tepla a odběrem tepla, který má řadu funkcí. Slouží např. pro:

- vyrovnaní nerovnoměrnosti výkonu zdroje (kotle) a výkonu otopné soustavy (otopných těles),
- vyrovnaní hydraulické nerovnoměrnosti teplovodního okruhu zdroje a teplovodního okruhu otopné soustavy,
- vyrovnaní nepravidelnosti a nerovnoměrnosti v dodávce tepla od zdroje,
- vyrovnaní nárazového odběru tepla nad výkonové možnosti zdroje,
- využití různých zdrojů tepla s časově nepravidelným, výkonově nerovnoměrným provozem s paralelním připojením zdrojů, které by bez ZT nebylo možné využívat.

Rozhodujícími parametry zásobníku tepla jsou:

- teplota vody – pracovní teplota, teplotní rozdíl, nejvyšší a nejnižší teplota vody v zásobníku,
- průtok vody – rychlost proudění vody, průtok dodávaného a průtok odebíraného množství vody,
- objem zásobníku vody – výška zásobníku, válcový tvar, interval dobíjení a vybíjení,
- režim provozu – regulace.

### 2.2 Rozložení teploty vody v TZ a ZT

Princip ohřevu vody, v teplovodním zásobníku TZ pro přípravu teplé vody a v zásobníku tepla ZT s otopnou vodou, je zásadně odlišný.

#### 2.2.1 Vnitřní přirozená konvekce v teplovodním zásobníku (TZ)

Přirozená konvekce vody se vytváří přímo v teplovodním zásobníku TZ.

U teplovodního zásobníku TZ se teplá voda (TUV) ohřívá přirozenou konvekcí. Teplejší voda stoupá od dna pod strop teplovodního zásobníku a chladnější voda klesá směrem ke dnu. Vložený výměník, nejčastěji s otopnou vodou, je umístěn u dna teplovodního zásobníku a vnitřní přirozená konvekce v zásobníku závisí na výšce zásobníku. Podle toho probíhá příprava teplé vody v delším nebo kratším intervalu. V počátečním stádiu je ohřev chladnější vody intenzivní a postupně, jak se zvyšuje teplota vody u výměníku tepla, se výkon a intenzita ohřevu snižuje. Po dosažení významně nízkého rozdílu mezi teplotami vody u prostupové plochy výměníku (mezi TUV a otopnou vodou) se dále snižuje konvekce tak, že ohřev vody ustává nebo se přerušuje.

#### 2.2.2 Nucená konvekce v zásobníku tepla ZT

Zdroj nucené konvekce vody v zásobníku tepla je mimo vlastní zásobník.

V zásobníku tepla ZT je proudění vody zásobníkem dáno působením oběhového čerpadla, které je mimo vlastní zásobník.

Teplota vody nenarůstá postupným ohříváním vody jako u teplovodního zásobníku, ale při daném stavu je přiváděná od zdroje tepla do zásobníku o konstantní teplotě a rovněž voda odváděná ze zásobníku do soustavy má konstantní teplotu.

Přiváděná ochlazená voda ze soustavy a následně odváděná voda do zdroje tepla má při daném stavu relativně konstantní teplotu s přiměřeným teplotním rozdílem. Rozdíl mezi teplotou teplé a chladné vody není postupný, ale je mezní pro vytvoření optimálního rozdílu teplot v řídících teplovodních okruzích.

### 2.3 Průtok vody a velikost ZT

Pro instruktivnost a stanovování průtoku vody i pro velikost ZT je nejlépe využít konkrétních číselných hodnot v následujících příkladech řešení.

### 2.3.1 Příklad 1 – průtok vody

Stanovení rychlosti proudění otopné vody potrubím od kotle do zásobníku

a v zásobníku tepla při nabíjení

Výkon kotle

$Q = 18\,000\text{ W}$

Teplotní spád ohřívání vody

$\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Průměr zásobníku tepla

$D = 600\text{ mm}$

Užitná výška zásobníku

$H = 1\,000\text{ mm}$

Připojovací potrubí

DN 20

Objemový průtok vody se stanoví ze vztahu:

$$\dot{V} = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{18000}{30 \cdot 1,163} = 516\text{ l/h} = 0,143\text{ dm}^3/\text{s}$$

Průřez připojovacího potrubí:

$$S_1 = \frac{0,2^2 \cdot \pi}{4} = 0,0314\text{ dm}^2$$

Rychlost proudění vody v potrubí:

$$v = \frac{\dot{V}}{S_1} = \frac{0,143}{0,0314} = 4,55\text{ dm/s} = 0,455\text{ m/s}$$

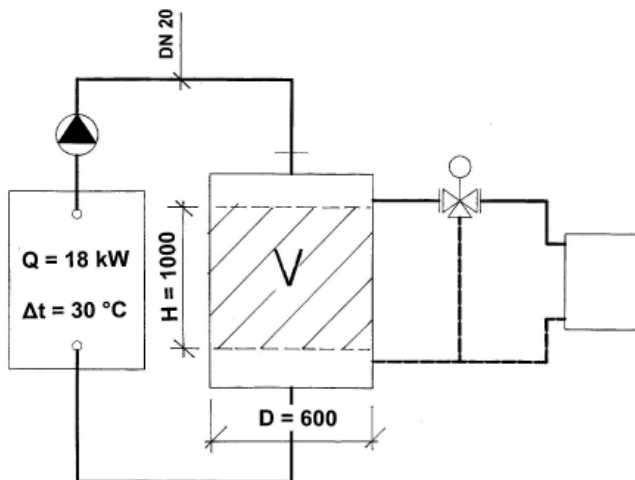
Průřez zásobníku tepla:

$$S_2 = \frac{6^2 \cdot \pi}{4} = 32,8\text{ dm}^2$$

Rychlost proudění vody v zásobníku tepla:

$$v = \frac{\dot{V}}{S_2} = \frac{0,143}{32,8} = 0,00435\text{ dm/s} = 0,000435\text{ m/s}$$

Průtok vody zásobníkem při nabíjení otopnou vodou má nulovou rychlost.



Obr. 2.1 Příklad připojení kotle s výkonem 18 kW na teplovodní zásobník s užitným objemem V



### 2.3.2 Příklad 2 – doba nabíjení

Stanovení doby nabíjení při užité výšce zásobníku  $H = 1\,000\text{ mm}$  podle parametrů z příkladu 1

Užitný obsah zásobníku:

$$V = S_2 \cdot H = 32,8 \cdot 10 = 328\text{ dm}^3$$

Ohřevem vody v zásobníku tepla o  $30\text{ °C}$  se získá tepelný obsah:

$$Q_D = 328 \cdot 1,163 \cdot 30 = 11\,444\text{ Wh}$$

Doba nabíjení zásobníku tepla:

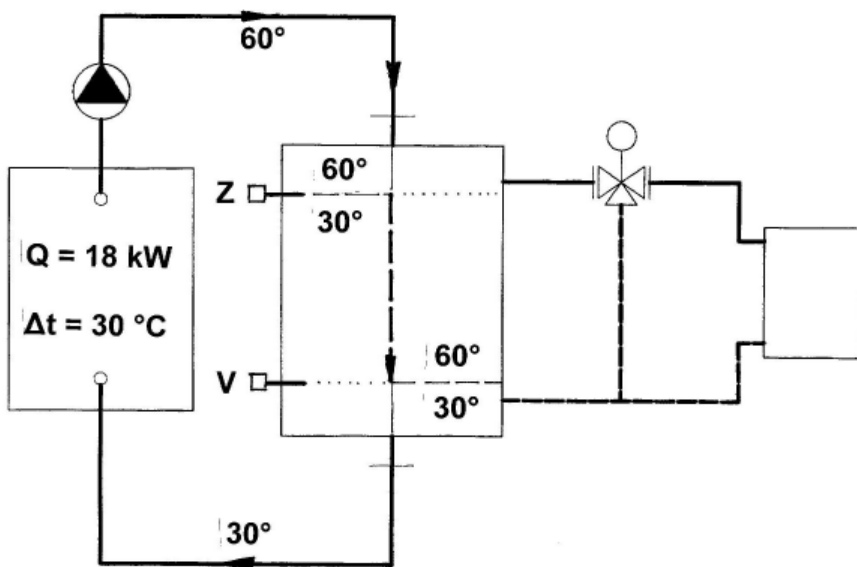
$$T = \frac{Q_D}{Q_K} = \frac{11444}{18000} = 0,635\text{ h} = 38\text{ min}$$

### 2.4 Přívod a odvod tepla

Přívodem tepla do ZT rozumíme přívod ohřáté vody ze zdroje do zásobníku tepla – někdy též hovoříme o nabíjení ZT. Odvodem tepla ze ZT rozumíme odvod ohřáté vody ze zásobníku, např. do topné soustavy – někdy též hovoříme o vybíjení ZT.

#### 2.4.1 Nabíjení ZT

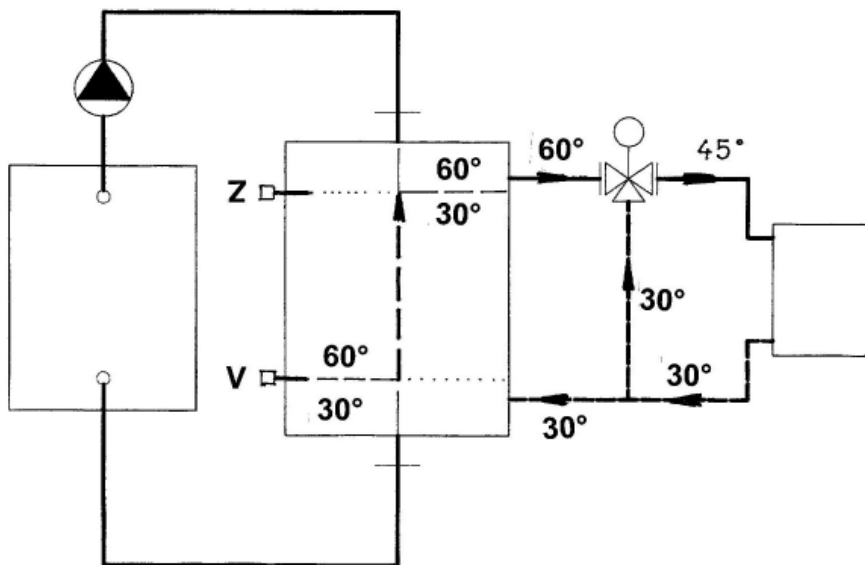
Mezi ohřátou vodou přiváděnou z kotle do ZT a chladnější vodou v zásobníku se vytváří pomyslná mezní hladina. Mezní hladina při vhodně nastavené teplotě teploměru, vloženého do ZT, nabíjení ukončí. Např., jak je uvedeno na obr. 2.1, při dosažení úrovně teploměru ve spodní části zásobníku s mezní hladinou s úrovní teploty, např.  $60\text{ °C}$ .



Obr. 2.2 Příklad připojení zásobníku tepla na kotel s výkonem  $18\text{ kW}$  při nabíjení zásobníku tepla

## 2.4.2 Vybíjení ZT

Při vybíjení ZT přívodem chladnější vody ze spodní části zásobníku probíhá průtok zásobníkem opačně. Mezní hladina tak, jak je teplá voda ze zásobníku odebírána, stoupá. Průběh průtoku při plnění zásobníku tepla chladnou vodou je naznačen na obr. 2.2. Při vhodném umístění teploměru pod stropem zásobníku se při dosažení mezní hladiny, s rozhraním chladnější vody a vody teplejší, vytvoří na úrovni teploměru požadavek na opětovné nabíjení otopnou vodou z kotle. Tento teploměr se nazývá teploměr nabíjecí.



Obr. 2.3 Příklad vybíjení zásobníku tepla otopnou soustavou

## 2.5 Parametry teploty otopné vody

Otopná voda přiváděná od kotle do ZT musí mít:

- vyšší teplotu než je nejvyšší (jmenovitá) teplota otopné vody v soustavě
- vyšší nebo stejný teplotní spád než je jmenovitý teplotní spád otopné vody.

Teplotní parametry otopné vody jsou dále uvedeny v příkladu 3.

### Příklad 3 – Parametry teplot otopné vody při nabíjení a vybíjení zásobníku tepla

Na obr. 2.4 jsou uvedeny příklady čtyř variant parametrů teplotního spádu pro topné období s venkovními teplotami od  $t_e = -15\text{ °C}$  do  $t_{e\max} = +13\text{ °C}$ .

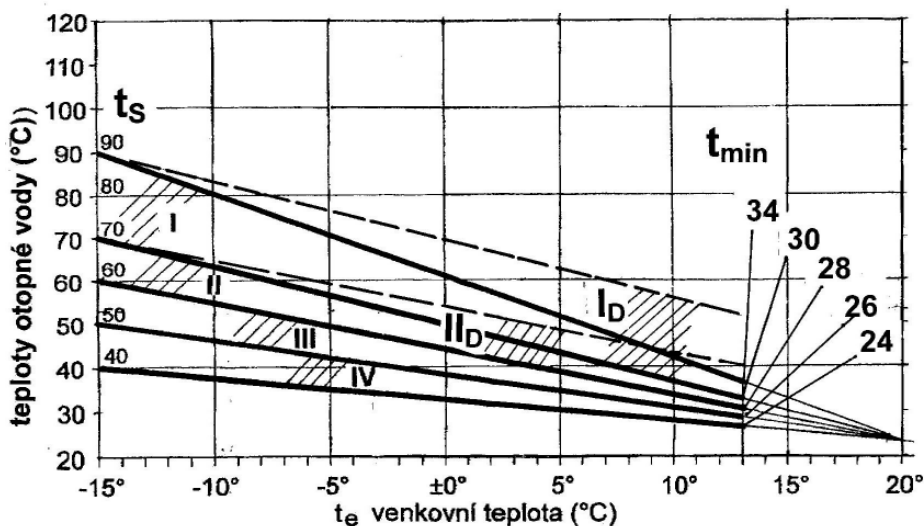
U kotle s konstantním výkonem se mohou při dobíjení zásobníku volit parametry teplotního spádu  $\Delta t_k$  (např.  $20\text{ °C}$ ) rovné jmenovitému teplotnímu spádu soustavy  $\Delta t_s$  (např.  $20\text{ °C}$ ). Mezní teploty zpětné a výstupní vody do/z kotle jsou, podle obr. 2.4, uvedeny v posledních sloupcích tabulky 2.1.

Tabulka 2.1 – Nejvyšší a nejnižší parametry teploty při dobíjení zásobníku tepla

| Soustava | Teplotní spád otopné vody při venkovní teplotě |                                            | Teplotní spád dobíjení | Teplota vody do/z kotle<br>$t_v$ – výstupní, $t_z$ – zpětná |               |
|----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|
|          | $t_e = -15\text{ °C}$<br>$\Delta t_s$          | $t_e = +13\text{ °C}$<br>$\Delta t_{\min}$ |                        | max $t_v/t_z$                                               | min $t_v/t_z$ |
| I        | 90/70                                          | 34/30                                      | 20                     | 90/70                                                       | 50/30         |
| II       | 70/60                                          | 30/28                                      | 10                     | 70/60                                                       | 38/28         |
| III      | 60/50                                          | 28/26                                      | 10                     | 60/50                                                       | 36/26         |
| IV       | 50/40                                          | 26/24                                      | 10                     | 50/40                                                       | 34/24         |

Na obr. 2.4 jsou průběhy teplot dobíjení vyznačeny čárkovaně pouze pro dvě soustavy:

- soustava I
  - se jmenovitým teplotním spádem 90/70
  - s teplotním spádem dobíjení  $\Delta t = 20\text{ °C}$
  - s teplotou dobíjení (v rozmezí venkovních teplot od  $-15$  do  $+13\text{ °C}$ ) od  $90\text{ °C}$  do  $54\text{ °C}$
  - průběh teploty dobíjení vyznačen čárkovaným pásmem  $I_D$
- soustava II
  - se jmenovitým teplotním spádem 70/60
  - s teplotním spádem dobíjení  $\Delta t = 10\text{ °C}$
  - s teplotou dobíjení (v rozmezí venkovních teplot od  $-15$  do  $+13\text{ °C}$ ) od  $70\text{ °C}$  do  $38\text{ °C}$
  - průběh teploty dobíjení vyznačen čárkovaným pásmem  $II_D$



Obr. 2.4 Parametry otopné soustavy I až IV se zjednodušeným průběhem teplot v průběhu topného období

$t_s$  – parametry otopné vody při venkovní teplotě  $-15\text{ °C}$ ,

$t_{\min}$  – parametry otopné vody při venkovní teplotě  $+13\text{ °C}$

## 2.6 Hydraulické vyrovnání

Zásobník tepla může sloužit jako hydraulický vyrovnávač mezi kotlovým okruhem a okruhem otopné vody, kde může docházet k různým průtokům vody.

### 2.6.1 Tlaková difference kotlového okruhu

U kotlů s malým vodním obsahem bývá pro jmenovitý průtok kotle u každého kotle oběhové čerpadlo.

Na výstupu z kotle působí, podle různého počtu kotlových jednotek, proměnný součet průtoků od paralelně zapojených oběhových čerpadel každého kotle. Výsledná hodnota tlakové difference ( $p_k$ ) na výstupu a vstupu z/do kotlového okruhu, je v průběhu topného období proměnná.

### 2.6.2 Tlaková difference otopné soustavy

Otopná soustava je většinou tvořena jednotlivými otopnými okruhy s vlastními oběhovými čerpadly v každém okruhu. Výsledná, paralelně působící tlaková difference soustavy ( $p_s$ ) na výstupu a vstupu z/do rozdělovače a sběrače, je dána součtem průtoků jednotlivými okruhy.

Podle regulace teploty odebírané otopné vody v trojcestných směšovacích ventilech jednotlivých okruhů a podle různého průtoku v termostatických ventilech otopné plochy, se hodnota výsledného diferenčního tlaku otopné soustavy mění.

### 2.6.3 Rozdílnost diferenčních tlaků

Rozdílnost diferenčního tlaku otopné soustavy ( $p_s$ ) a diferenčního tlaku kotlového okruhu ( $p_k$ ) může nabývat ve vyrovnávací spojkce různých hodnot.

Velikost tlaku v potrubí vlastně zajišťuje průtok otopné vody. Na obr. 2.5 je při tlaku  $p_k$  kotlového okruhu objemový průtok otopné vody  $\dot{V}_k$ . Obdobně při tlaku  $p_s$  cirkuluje v okruhu otopné soustavy celkový objemový průtok otopné vody  $\dot{V}_s$ .

Na obr. 2.5 až 2.7 jsou schématicky naznačena rozdílná působení diferenčních tlaků na výstupu z kotlového okruhu ( $p_k$ ) a na vstupu do otopné soustavy ( $p_s$ ).

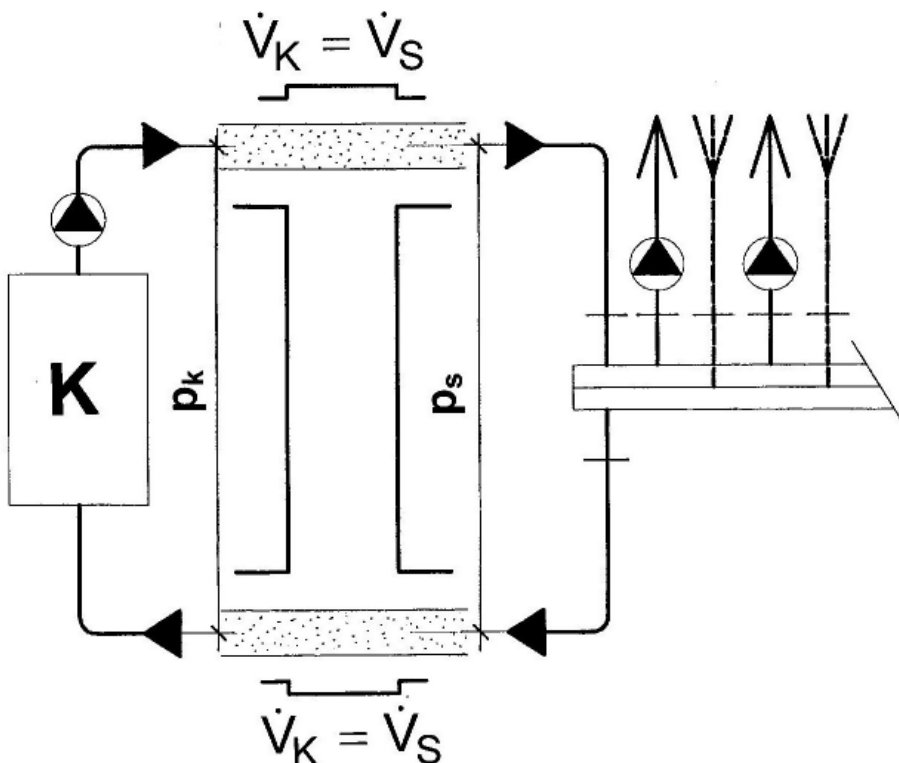
Diferenčním tlakům odpovídají průtoky otopné vody tak, že:

- diferenčnímu tlaku kotlového okruhu  $p_k$  odpovídá objemový průtok otopné vody  $\dot{V}_k$
- diferenčnímu tlaku otopné soustavy  $p_s$  odpovídá objemový průtok otopné vody  $\dot{V}_s$ .

### 2.6.4 Rovnost tlaků v obou soustavách (obr. 2.5)

Při rovnosti tlaků v kotlovém okruhu  $p_k$  s tlakem v otopné soustavě  $p_s$  odpovídá objemový průtok otopné vody v kotlovém okruhu  $\dot{V}_k$  objemovému průtoku otopné vody v otopné soustavě  $\dot{V}_s$ . Na obr. 2.5 je takové tlakové a objemové vyrovnání naznačeno v místě tlakového vyrovnávače.

Tlakový vyrovnávač (hydraulická spojka) je zde schématicky zobrazen jako válcová nádoba s dvojicí vstupních a výstupních otvorů v horní a spodní části. V případě rovnosti tlaků kotlového okruhu s tlakem v otopné soustavě je objemový průtok otopné vody  $\dot{V}_k$  a  $\dot{V}_s$  stejný a tlakový vyrovnávač není nutný. Na tento ideální stav jsou většinou dimenzovány oběhová čerpadla a potrubí při jmenovitých hodnotách, tedy při stavu, odpovídajícím tepelné ztrátě při výpočtových venkovních teplotách  $t_e$ . Této tepelné ztrátě odpovídá výkon kotle i otopné plochy a podle jmenovité teploty otopné vody pak i jmenovité hodnoty průtoku otopné vody.



Obr. 2.5 Principiální schéma vyrovnávací spojky mezi kotlovým okruhem a okruhem soustavy

Stav při rovnosti tlaků  $p_K = p_S$

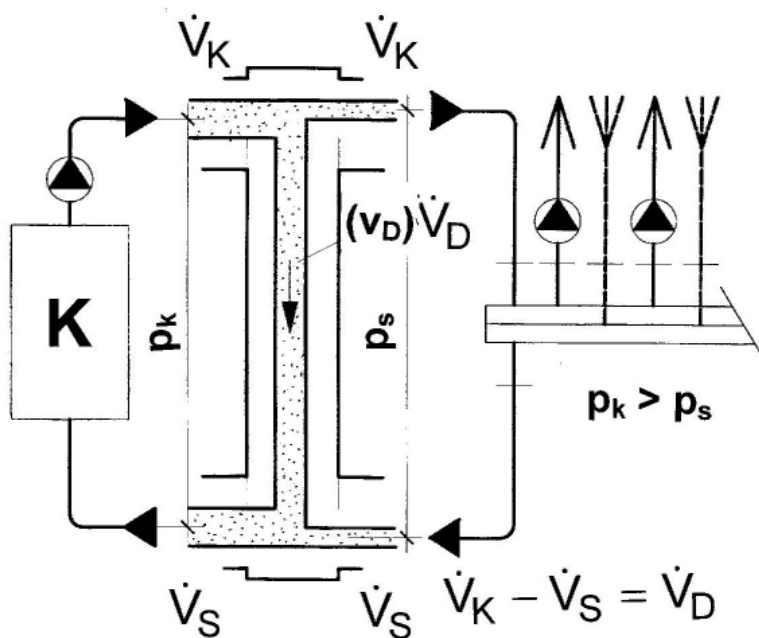
$p_K$  – tlak v kotlovém okruhu,  $p_S$  – tlak v otopné soustavě

### 2.6.5 Větší průtok kotlovým okruhem (obr. 2.6)

Při větším diferenčním tlaku kotlového okruhu  $p_K$  než je diferenční tlak otopné soustavy  $p_S$  se v tlakovém vyrovnávači kompenzuje větší průtok kotlovým okruhem ( $\dot{V}_K$ ) než je požadovaný průtok otopnou soustavou ( $\dot{V}_S$ ). Tento rozdílný průtok se ve vyrovnávači tlaku kompenzuje průtokem ( $\dot{V}_D$ ) směrem k potrubí zpětné vody.

Zpětná voda, přiváděná do kotle, je výstupní vodou v tlakovém vyrovnávači, ohřívána na vyšší teplotu zpětné vody, která pak působí ve výměníku kotle:

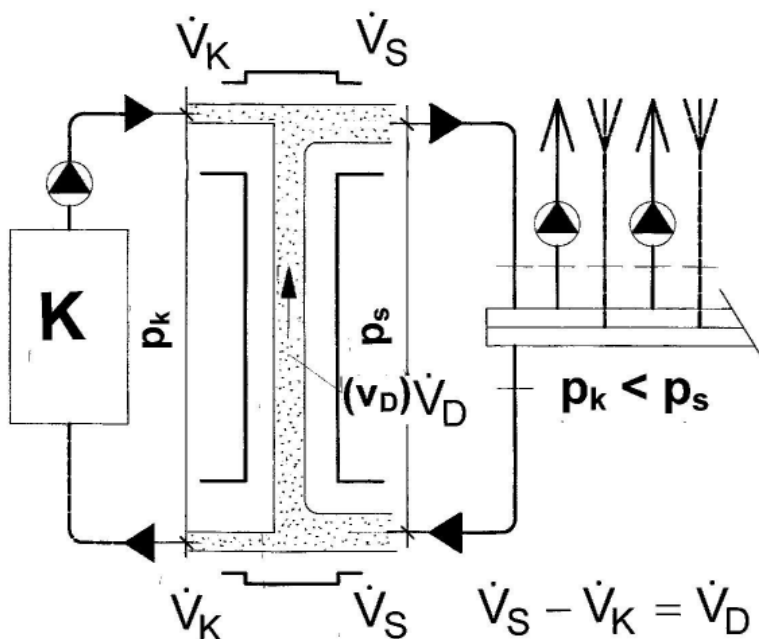
- příznivě – jako ochrana před nízkoteplotní korozí u standardních kotlů
- nepříznivě – snižuje kondenzaci spalin v kondenzačních kotlích a tím, snižuje jejich účinnost.



Obr. 2.6 Principiální schéma vyrovnávací spojky mezi kotlovým okruhem a okruhem soustavy  
 Stav při vyšším tlaku v kotlovém okruhu  $p_K > p_S$   
 $p_K$  – tlak v kotlovém okruhu,  $p_S$  – tlak v otopné soustavě

#### 2.6.6 Větší průtok okruhem otopné vody (obr. 2.7)

Při větším diferenčním tlaku v otopné soustavě  $p_S$  než je diferenční tlak kotlového okruhu  $p_K$ , se v tlakovém vyrovnávači kompenzuje větší průtok vody okruhem otopné soustavy, prouděním vody tlakovým vyrovnávačem směrem vzhůru. Průtok tlakovým vyrovnávačem  $\dot{V}_D$  přivádí chladnější vodu ze zpětného potrubí. Vyrovnávací spojka průtokem  $\dot{V}_D$  ochlazuje vodu přiváděnou do otopné soustavy. Zpětnou chladnější otopnou vodou je teplá voda dodávaná z kotlů ochlazovaná a vstupní voda do otopné soustavy může být v extrémním případě nižší než je požadavek pro dosažení výkonu. U otopných ploch může způsobit, zejména při malých výkonech v části topných okruhů s vysokou jmenovitou teplotou vody (např. 75/60 °C) a velkých výkonech topných okruhů s nízkou teplotou (45/40 °C), značné problémy s nedostatečnou přívodní teplotou.



Obr. 2.7 Principiální schéma vyrovnávací spojky mezi kotlovým okruhem a okruhem soustavy  
 Stav při vyšším tlaku v okruhu soustavy  $p_k < p_s$   
 $p_k$  – tlak v kotlovém okruhu,  $p_s$  – tlak v otopné soustavě

## 2.7 Tlakové vyrovnání v zásobníku tepla (obr. 2.8)

Na zásobník tepla je připojen jeden nebo více kotlů se samostatným nebo samostatnými oběhovými čerpadly. Ze zásobníku tepla je teplo v otopné vodě odebíráno do otopné soustavy a soustavy přípravy teplé vody (TUV) vlastními oběhovými čerpadly. Vyrovnávací spojka, která tvořila mezičlánek mezi kotlovým okruhem a okruhem otopné soustavy, je nahrazena zásobníkem tepla tak, jak je naznačeno na obr. 2.8.

U předchozího schématu se ve vyrovnávací spojnici vyrovnával diferenční tlak prouděním vody. Rychlost proudění otopné vody ve vyrovnávací spojnici, označená ve schématech na obr. 2.5 až 2.7 značkou  $v_D$  se stanoví ze vztahu:

$$v_D = \frac{\dot{V}_D}{S} \quad [\text{m/s}]$$

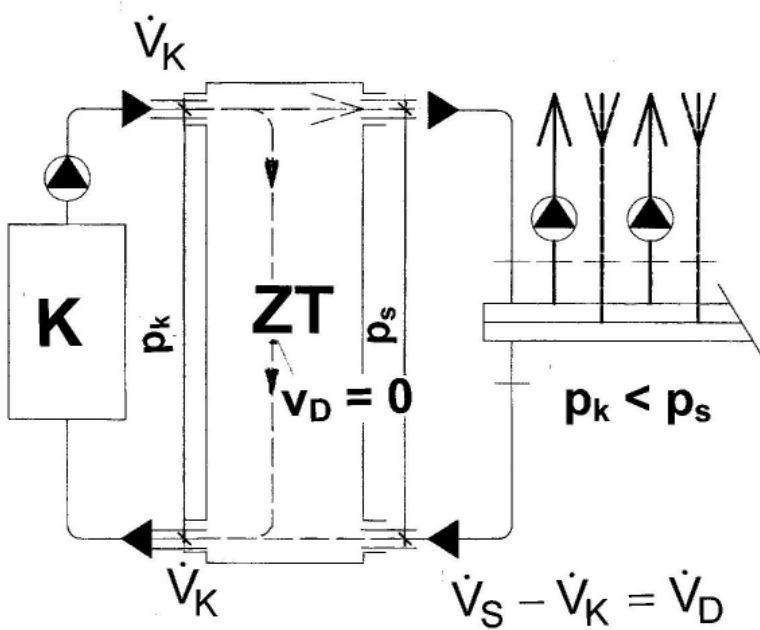
kde podle obr. 2.8 je:

$\dot{V}_D$  objemový průtok vody ve vyrovnávací spojnici  $[\text{m}^3/\text{s}]$   
 $S$  průřez vyrovnávací spojky  $[\text{m}^2]$

Zásobník tepla má mnohem větší průřez ( $S$ ) než je průřez vyrovnávací spojky, a proto rychlost proudění ( $v_D$ ) průřezem zásobníku tepla je téměř nulová i v případě větších tlakových rozdílů mezi  $p_s$  a  $p_k$ .

Zároveň se v zásobníku tepla programově mění pomyslná úroveň rozhraní mezi teplou a ochlazenou vodou podle toho, jak je zásobník tepla nabíjen a vybíjen. Není tedy případné ochlazování nebo oteplování vstupní, resp. výstupní vody do/z zásobníku, v důsledku tlakového rozdílu soustavy a kotlového okruhu, ani teoreticky možné.

Obecně platí, že v případech, kdy se napojují dvě nebo několik tlakově odlišných vodních soustav, je v zásobní nádobě jejich vliv anulován a nemohou se vzájemně ovlivňovat.



Obr. 2.8 Principiální schéma tlakového vyrovnání v zásobníku tepla

ZT je zapojen mezi kotel a otopnou soustavu, K – kotel, ZT – zásobník tepla, S – otopná soustava



### 3. Regulace výkonu zdroje

Zásobník tepla dovoluje jednoduché, levné a účinné regulování výkonu zdroje. Složitá a náročná regulace spalovacího procesu v kotli je převedena na regulaci teploty otopné vody.

#### 3.1 Výkonové vyrovnání

Do zásobníku tepla se dodává teplo plněním ohřívání vody do objemu zásobníku z topného zdroje. Podle potřeb odběru je pak teplo odebráno nezávisle na dodávce tepla. Dodávka tepla do zásobníku tepla znamená zvyšování teploty otopné vody v zásobníku. Odběrem teplé otopné vody a přívodem chladnější zpětné vody ze soustavy snižujeme teplotu vody v zásobníku tepla. Při přímém napojení zdroje na soustavu se musí proměnnému výkonu u odběru přizpůsobit výkon kotle. Zjednodušeně lze považovat snížení výkonu kotle za snížení teploty výstupní otopné vody. Při konstantním průtoku otopné vody výměníkem kotle je teplotní spád mezi vstupní a výstupní teplotou do/z kotle přibližně konstantní.

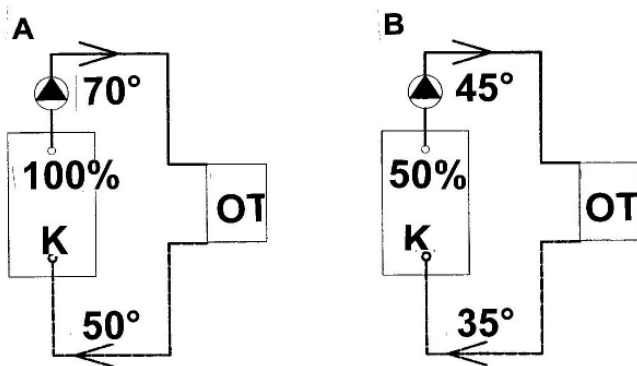
Regulace spalování pro snížení výkonu kotle zhoršuje většinou spalovací proces, a to může vést k:

- snížení provozní účinnosti
- zvýšení koncentrace škodlivin ve spalínách
- náročné a tím nákladné regulaci zařízení s vyšší možností poruch a s vyššími požadavky na seřizování.

#### 3.2 Konstantní výkon kotle

Při stálém výkonu hořáku kotle vystupuje z kotle otopná voda s konstantní teplotou, pokud má zpětná voda do kotle rovněž stejnou teplotu.

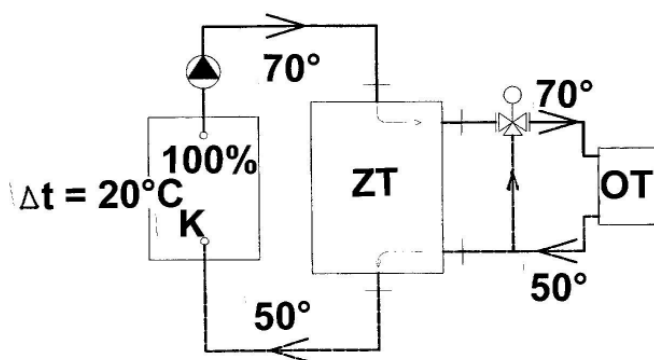
Změna teploty a teplotního spádu otopné vody se u současného způsobu vytápění, s požadavky na nižší teplotu otopné vody, rovněž snižuje. Na obr. 3.1 je ve schématu naznačen příklad přímého napojení kotle na otevřenou soustavu. Při jmenovitém výkonu kotle (100 %) je jmenovitá teplota otopné vody navržena na 70/50 °C. Polovičnímu výkonu odpovídá teplota otopné vody 45/35 °C. Regulace kotle pro poloviční výkon musí zajistit tyto teplotní parametry, jak je uvedeno na obr. 3.1.



Obr. 3.1 Schéma přímého napojení otopné soustavy na kotel

A – při plném výkonu, B – při polovičním výkonu

Na obr. 3.2 je ve schématu naznačen příklad zapojení kotle na zásobník tepla, do kterého při jmenovitém výkonu soustavy dodává kotel otopnou vodu s jmenovitými teplotami 70/50 °C. Při plném výkonu hořáku ohřívá hořák otopnou vodu z teploty 50 na 70 °C, tedy o 20 °C.

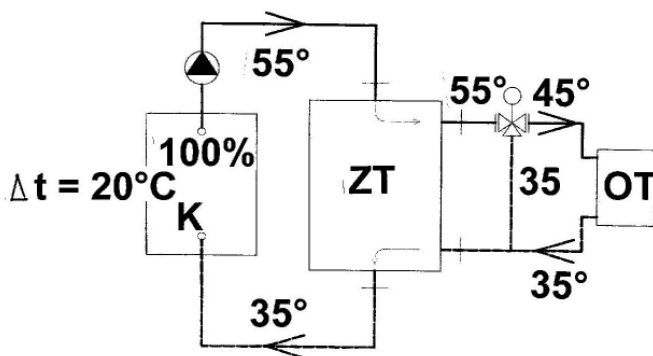


Obr. 3.2 Schéma zapojení zásobníku tepla na kotel se stálým výkonem při plném výkonu otopné soustavy

Na obr. 3.3 je naznačen režim kotle a zásobníku tepla při odběru tepla, odpovídající 50 % výkonu. Požadovaná teplota otopné vody v soustavě je 45/35 °C. Do kotle, který je provozován s neregulovaným plným výkonem se vrací otopná voda s teplotou 35 °C a je ohřívána o 20 °C na teplotu 55 °C. V zásobníku tepla je tedy vždy vyšší teplota vody než jaká je požadovaná v otopném systému.

Regulace požadované teploty do otopného systému se zajišťuje pomocí směšovacího trojcestného ventilu. Základní výhody z hlediska regulace výkonu zdroje tepla se zásobníkem tepla je:

- možnost použití rychloohřívacího kotle s neregulovaným výkonem, tedy s levným a jednoduchým hořákem
- přesun regulace spalovacího procesu na regulaci teploty otopné vody, která je vždy jednodušší a účinnější
- účinný přenos tepla do vody u rychloohřívacího kotle se stálým a vyšším průtokem než u kotle s velkým vodním obsahem - přenos objemu vody z kotle do zásobníku tepla
- ekologický a účinný provoz kotle při jmenovitém výkonu s využitím intervalu provozu, který lze prodloužit:
- počtem kotlových jednotek, zapojených v kaskádě
- vyšší velikostí zásobníku tepla.



Obr. 3.3 Schéma zapojení zásobníku tepla na kotel se stálým výkonem při polovičním výkonu otopné soustavy

## 4. Příprava teplé vody (TUV) v zásobníku tepla (ZT)

V celé publikaci je termín teplá voda označován někdy i zkratkou TUV pro odlišení termínu teplá otopná voda, který bývá označován zkratkou TV.

### 4.1 Princip ohřevu

Nepřímá příprava teplé vody (TUV) z topného zdroje otopnou vodou může být způsobem:

- zásobníkovým
- průtokovým přímo s vyrovnávací nádobou
- kombinací obou.

Zásobníkovým způsobem se voda ohřívá převážně při neměnném obsahu vody v teplovodním zásobníku po určitou dobu.

Ohřev probíhá přirozenou konvekcí:

- v potrubí topné vložky proudí otopná voda od topného zdroje řízeně oběhovým čerpadlem
- podél topné vložky protéká voda vztlakem teplejší ohřáté vody vzhůru směrem pod strop zásobníku, kde se teplá voda soustřeďuje.

U ohřevu TUV v zásobníku tepla je tomu nejčastěji naopak. Stabilizující zásobou tepla je zásobník tepla s otopnou vodou a průtočnou vložkou, resp. v teplovodním zásobníku, se voda otopnou vodou v zásobníku tepla ohřívá. Nádobu zásobníku tepla s otopnou vodou má provozní přetlak otopné soustavy. Naopak v trubkovém výměníku ohřevu teplé vody protéká TUV pod přetlakem, odpovídajícím přetlaku domovní vodovodní sítě.

U průtokového ohřevu se připravuje TUV souběžně s odběrem a dosti často při proměnném průtoku a tím proměnném výkonu.

### 4.2 Oddělený ohřev TUV od zásobníku tepla

Při odděleném ohřevu TUV od zásobníku tepla se otopná voda vede do zásobníkového nebo průtokového ohříváče. Způsob přípravy TUV je shodný s přípravou TUV z topného zdroje, např. z kotle.

#### 4.2.1 Oddělený zásobníkový ohříváč

Připojení zásobníkového ohříváče na otopnou vodu ze zásobníku tepla bývá velmi častým řešením. Na zásobník tepla je příprava TUV připojena paralelně s vytápěcími okruhy a někdy s předřazeným provozem před vytápěním.

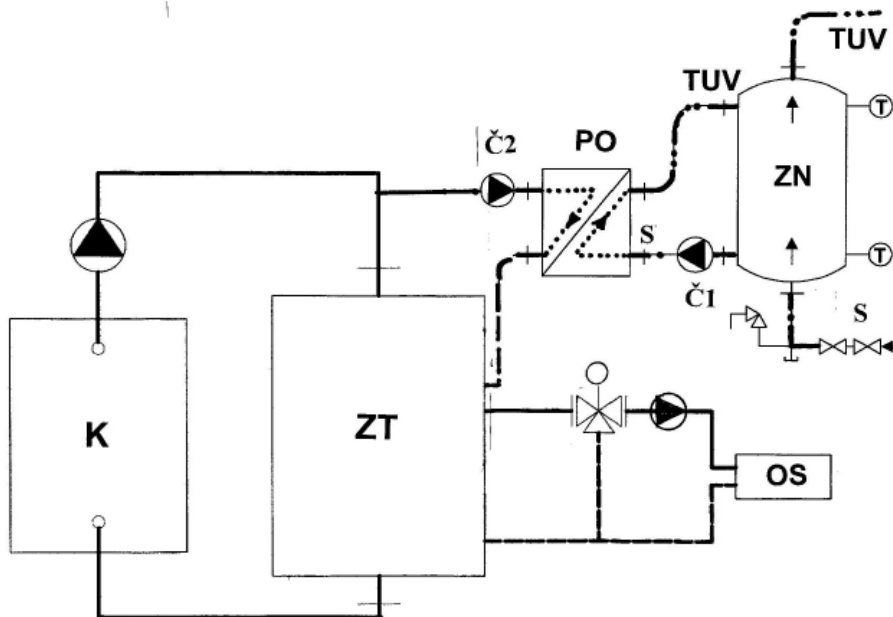
#### 4.2.2 Oddělený průtokový ohřev (obr. 4.1)

Častým případem ohřevu TUV je paralelní napojení průtokového ohříváče s otopnou soustavou na zásobník tepla. Otopná voda z jednoho kotle nebo více kotlů různých režimů provozu je dodávána do zásobníku tepla.

Ze zásobníku tepla (ZT) je zajištěn oběhovým čerpadlem (ČZ) průtok otopné vody do průtokového ohříváče (PO).

Podle obr. 4.1 je průtokový ohříváč (PO) pro přípravu TUV napojen na otopnou vodu ze zásobníku tepla ZT s cirkulující otopnou vodou, zajištěnou oběhovým čerpadlem (ČZ). Výkon průtokového ohříváče (PO) není regulován podle odběru TUV. Proto je do okruhu ohřevu TUV zapojena přerušovací nádrž (ZN) k vyrovnání výkonů při různé spotřebě TUV.

Regulace provozu musí zajistit trvale dostatečně vysokou teplotu otopné vody pro ohřátí TUV na teplotu 55 °C. Z toho důvodu bývá zapojení přívodního i zpětného potrubí přípravy TUV v horní části zásobníku tepla, kde je trvale nejteplejší voda. Většinou je tomu nad napojovacím potrubím otopné soustavy. Prioritu ohřevu TUV před vytápěním zajišťuje obvykle přímé napojení otopné vody pro ohřev TUV ještě před přívodem do zásobníku tepla přímo z kotle.

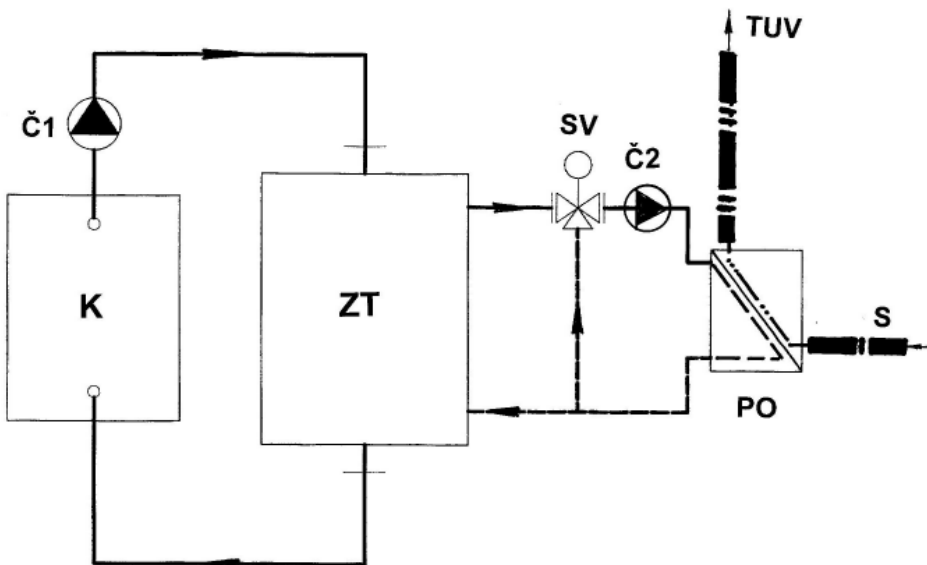


Obr. 4.1 Příprava TUV ze ZT průtokovým ohřevem s vyrovnávací nádobou

K – kotel, ZT – zásobník tepla, Č1 – čerpadlo oběhu TUV, Č2 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, PO – průtokový ohříváč TUV, ZN – vyrovnávací nádoba, S – studená voda, OS – otopná soustava

#### 4.2.3 Oddělený ohřev TUV s regulací výkonu (obr. 4.2)

Pro oddělený průtokový ohřev TUV bez vyrovnávací nádoby je nutné zajistit regulaci výkonu. Na obr. 4.2 je napojen ohříváč (PO) pro průtokový ohřev TUV bez vyrovnávací nádoby. Pro proměnný odběr TUV z průtokového ohříváče bez vyrovnávací nádoby je nutné zajistit proměnný výkon při ohřevu. Předpokládá-li se stálá teplota vody v zásobníku tepla (ZT) může být zajištěn proměnný výkon v průtokovém ohříváči (PO) pomocí směšování s chladnější vodou. Je tomu podobně, jako u napojení vytápěcí soustavy na zásobník tepla. Snížení výkonu v průtokovém ohříváči při nižším průtoku TUV je zajišťováno směšovacím ventilem (SV), jak je uvedeno na obr. 4.2. U plynulejší nerovnoměrnosti odběru TUV je uvedené řešení bez vyrovnávací nádoby vyhovující. Využívá se zde výhody, kterou zásobník tepla poskytuje, tj. dovoluje snižování výkonu ochlazením otopné vody na nižší teplotu než je výstupní teplota ze zásobníku tepla.



Obr. 4.2 Příprava TUV ze ZT průtokovým ohřevem bez vyrovnávací nádoby se směšovacím ventilem  
 K – kotel, ZT – zásobník tepla, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjení ZT, Č2 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, PO – průtokový ohříváč TUV, S – studená voda, OS – otopná soustava

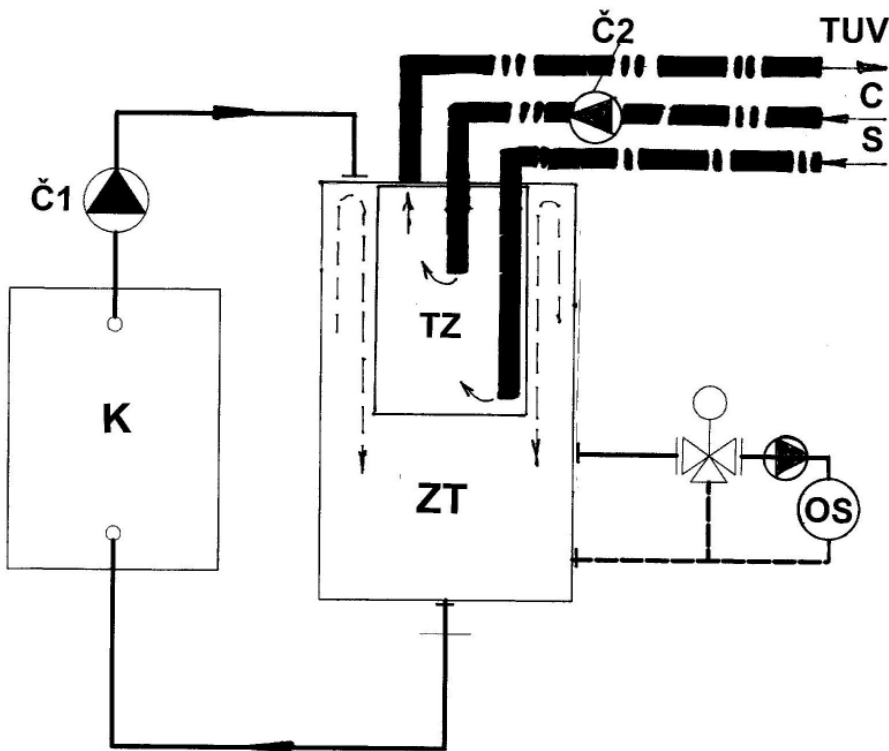
#### 4.3 Vestavěné ohříváče TUV s přirozenou konvekci

U vestavěných ohříváčů TUV do zásobníku tepla je ohřev TUV zajištěn prouděním otopné vody podél otopné plochy ohříváče TUV. Prouděním podél teplosměnné plochy zásobníkového nebo průtokového ohříváče se voda v zásobníku tepla ochlazuje a klesá ke dnu zásobníku tepla.

##### 4.3.1 Vestavěný teplovodní zásobník TZ do zásobníku tepla ZT (obr. 4.3)

Některé zásobníkové ohříváče (TZ) jsou vestavěny do zásobníku tepla (ZT).

Na obr. 4.3 je schéma teplovodního zásobníku (TZ), vestavěného do zásobníku tepla (ZT) pod stropem zásobníku tepla. Kotel, resp. kotle zajišťují teplotu otopné vody nad výstupní teplotou TUV. Předpokládá se trvale vyšší teplota pro ohřev TUV než je teplota vody pro vytápění. Zároveň poloha teplovodního zásobníku zajišťuje jeho přednostní provoz před vytápěním. Při tomto umístění TZ je v letním období, mimo topnou sezónu, možné využití tepelného obsahu, který je naakumulován v zásobníku tepla ZT.



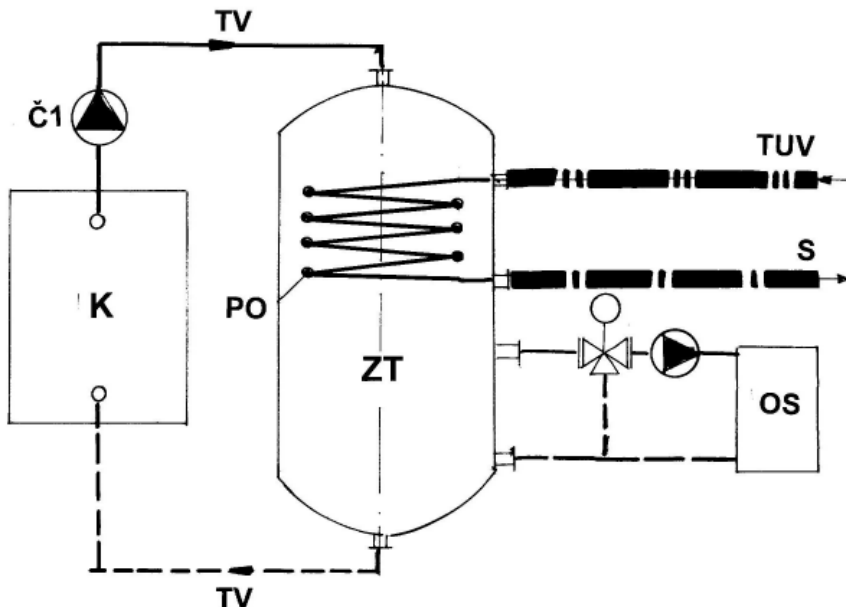
Obr. 4.3 Příprava TUV ve vestavěném teplovodním zásobníku do ZT

K – kotel, ZT – zásobník tepla, TZ – teplovodní zásobník, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjení ZT, Č2 – oběhové čerpadlo cirkulační vody, S – studená voda, C – cirkulace, OS – otopná soustava

#### 4.3.2 Vestavěný průtokový ohřívač se svislou spirálou (obr. 4.4)

Průtokový ohřev v zásobníku tepla má nejčastěji spirálovou konstrukci ohřívače. U svislého tvaru spirálového výměníku, vloženého do zásobníku tepla, se zajišťuje usměrnění proudu otopné vody podél pomyslné spirálové plochy válcového tvaru. To vede k rovnoměrnějšímu rozložení teploty otopné vody v ZT, ke zvýšení konvekce a tím k lepšímu předání tepla.

Protiproudý výměník bývá umístěn v horní části ZT, kde je vytvořeno trvale nejteplejší místo a předpoklad pro prioritní provoz ohřevu TUV před vytápěním. Zároveň je to pásmo, které zůstává stálou rezervou v zásobníku tepla i při jeho vybití od vytápěcího systému.



Obr. 4.4 Příprava TUV ve svislém spirálovém výměníku, vestavěném do ZT

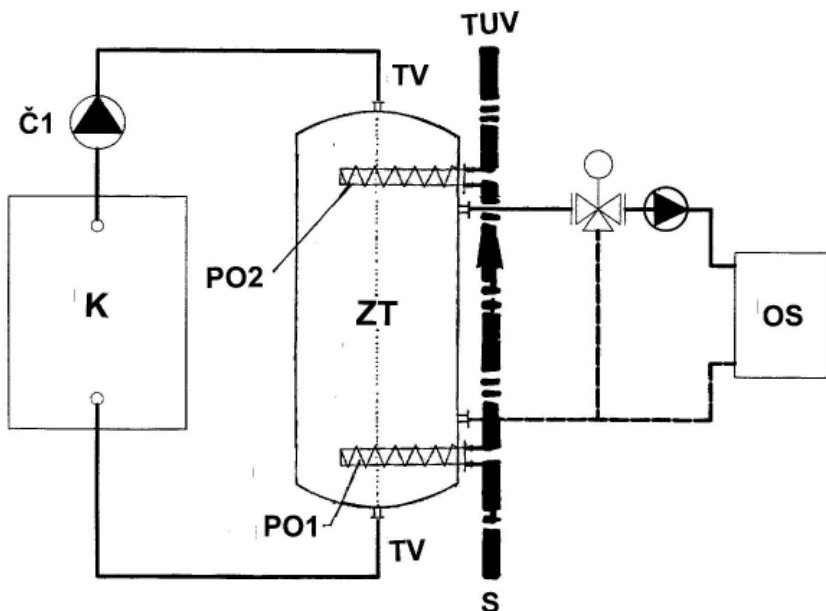
K – kotel, ZT – zásobník tepla, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjení ZT, PO – průtokový ohřivač TUV, S – studená voda, OS – otopná soustava

#### 4.3.3 Vestavěný průtokový ohřivač s vodorovnou spirálou (obr. 4.5)

Spirálové výměníky bývají často vloženy do zásobníku tepla z boční stěny. Na obr. 4.5 je průtokový ohřev TUV vytvořen dvěma spirálovými výměníky, rozdělenými do dvou výkonových stupňů. První výkonový stupeň spirálového výměníku PO1 slouží jako předeřev TUV z vychlazené zpětné otopné vody, přiváděné např. od teplovodního vytápění. Ve spirálovém výměníku PO1 se předeřívá studená voda, protékající výměníkem o přívodní teplotě cca 10 °C.

Ve druhém stupni ohřevu, ve spirálovém výměníku PO2, je TUV ohřívána nejvyšší teplotou otopné vody v horní části zásobníku tepla ZT.

Poloha spirálových výměníků PO1 a PO2 závisí na provozních teplotách otopné soustavy, režimu nabíjení zásobníku a zejména na nabíjecí teplotě otopné vody z kotle, resp. z kotlů.



Obr. 4.5 Příprava TUV ve dvoustupňovém vodorovném spirálovém výměníku, vestavěném do ZT  
 K – kotel, ZT – zásobník tepla, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjení ZT, PO1 – první stupeň průtokového ohřevu TUV, PO2 – druhý stupeň průtokového ohřevu TUV, S – studená voda, OS – otopná soustava, TV – otopná voda

#### 4.4 Vestavěný průtokový ohřivač s nucenou konvekci

Předchozí konstrukce vestavěných zásobníkových nebo průtokových ohřivačů dosahují nízkého měrného výkonu zejména proto, že ohřívání otopnou vodou probíhá při přirozené konvekci, tedy při nízké rychlosti proudění otopné vody podél výměníku. U průtokového ohřevu je výhodné zvýšit proudění otopné vody např. podél spirálového nebo deskového výměníku nucenou konvekci, pomocí oběhového čerpadla.

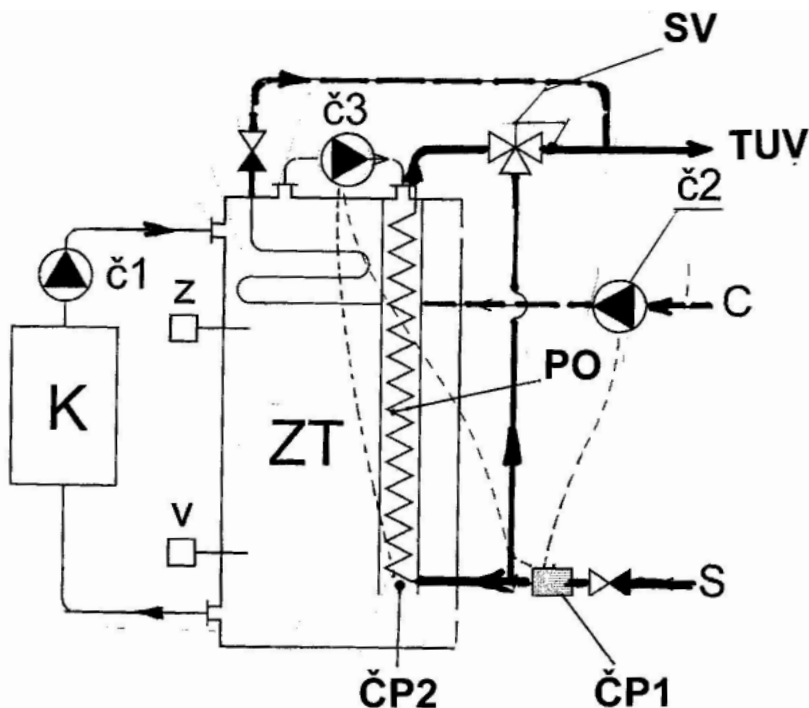
##### 4.4.1 Vestavěný spirálový výměník TUV (obr. 4.6)

Na obr. 4.6 je uvedeno schéma spirálového vestavěného výměníku s nucenou konvekci podle užitého vzoru č. 11 826 „Zásobník tepla kondenzační kotle a sestava pro ohřev užitkové vody a/nebo vytápění“.

Vestavěným spirálovým výměníkem protéká studená voda (S) protiproudě k otopné vodě s výstupem ohřáté TUV z horní plochy zásobníku tepla. Spirálový výměník je vložen do válcového pláště, který jej odděluje od ostatní otopné vody v ZT. Plášťovou plochou protiproudě svisle obtéká spirálový výměník s TUV otopná voda, nasávaná oběhovým čerpadlem Č3 od stropu zásobníku tepla. Čerpadlo Č3 zajišťuje nucenou konvekci otopné vody s průtokem o vysoké turbulenci okolo spirálového výměníku a tím je dosahováno vysokého měrného výkonu, potřebného pro průtokový ohřev. Zároveň ochlazená otopná voda, vytékající z pláště ohřivače, se soustřeďuje u dna teplovodního zásobníku a přispívá tak k příznivějšímu rozložení teploty bez případného míchání s ostatní otopnou vodou v ZT.

Na obr. 4.6 je zobrazen pouze zásobník tepla, sloužící pro průtokový ohřev TUV, ale princip soustředění nejchladnější otopné vody u dna zásobníku se využije zejména u více připojených odběrů, např. pro otopnou soustavu.





Obr. 4.6 Příprava TUV ve vestavěném spirálovém výměníku do ZT s nucenou konvekcí  
 K – kotel, ZT – zásobník tepla, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjení ZT, Č2 – oběhové čerpadlo cirkulace, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, S – studená voda, C – cirkulace, OS – otopná soustava, ČP1 – čidlo průtoku studené vody, ČP2 – čidlo teploty výstupu otopné vody z pláště spirálového výměníku, Z – zapínací teploměr nabíjení, V – vypínací teploměr nabíjení, SV – směšovací ventil teploty TUV, PO – spirálový výměník ohřevu TUV ve válcovém plášti

#### 4.4.2 Provoz TUV

Provoz ohřevu TUV zajišťuje čidlo (ČP1) na přívodu studené vody (S) do spirálového výměníku (PO). Při průtoku je spuštěno oběhové čerpadlo otopné vody Č3. Zároveň je přerušen provoz cirkulace (C) vypnutím čerpadla cirkulačního oběhu Č4.

#### 4.4.3 Jmenovité podmínky ohřevu

Otopná plocha spirálového výměníku a základní charakteristika oběhového čerpadla jsou dimenzovány na nejvyšší (jmenovité) parametry odběru TUV, tj. maximální průtok s výstupní teplotou TUV z ohřívače 55 °C. Při těchto parametrech oběhové čerpadlo Č3 má maximální průtok TUV při jmenovité teplotě a předpokládá se přitom ochlazení otopné vody u dna zásobníku tepla na 20 až 25 °C.

#### 4.4.4 Regulace teploty TUV

Při nižším odběru TUV by, u jmenovitých parametrů teploty a průtoku vody, byla výstupní teplota TUV z průtokového ohřívače vysoká. Stejně tak by byla i vysoká výstupní teplota otopné vody pro ohřev TUV u dna ZT.

Navržené snížení výkonu lze zajistit dvojím způsobem:

- kvantitativně – snížením průtoku otopné vody podél spirálového výměníku
- kvalitativně – snížením teploty TUV směšováním se studenou vodou.

Při kvantitativní regulaci je zajištěn snížený průtok otopné vody podél spirálového výměníku pomocí plynulého výkonu oběhového čerpadla podle:

- čidla průtoku studené vody ČP1
- čidla výstupní teploty otopné vody ČP2 na výstupu z pláště výměníku u dna ZT.

Výstupní teplotou otopné vody z pláště spirálového výměníku se řídí rovněž účinnost ohřevu TUV. Kvalitativní regulaci zajišťuje směšovací ventil (SV) řízený podle teploty výstupní TUV z ventilu. Dosažení přibližně stálé teploty TUV na výstupu je zajištěno přimícháváním studené vody k výstupní TUV z průtokového ohříváče.

#### 4.4.5 Cirkulační oběh TUV

V horní části ZT je umístěn výměník pro ohřev cirkulační vody. Výkon výměníku pro ohřev cirkulační vody je malý, a proto může být ohřev v ZT zajištěn pouze přirozenou konvekcí. Topná spirála cirkulačního výměníku bývá vložena v horní části ZT, aniž by tak bylo významněji změněno rozložení teploty v zásobníku tepla.

Oběh cirkulační vody (C) je zajištěn oběhovým čerpadlem Č4. Sepnutí cirkulačního oběhu zajišťuje čidlo průtoku ČP1 při malém nebo nulovém průtoku.

Napojení cirkulačního potrubí na výstupní potrubí TUV je za směšovacím ventilem (SV).

#### 4.4.6 Nabíjení zásobníku

Zásobník tepla je nabíjen kotlem (kotli) při dostoupení mezní hladiny k hornímu zapínacímu teploměru. Zapnutí kotle do provozu, spolu se zapnutím oběhového čerpadla Č1 je do zásobníku tepla dodávána teplá otopná voda a odebírána nejchladnější voda ode dna zásobníku tepla. Mezní hladina klesá až k dosažení spodního vypínacího teploměru, např. u teplotní hladiny 60 °C, kdy je kotel vypnut. Zásobník tepla, podle obr. 4.6, je nejčastěji provozován spolu s dalším odběrem tepla, obvykle pro vytápění. Pak význam soustředění nejchladnější otopné vody u dna zásobníku vede ke zvýšení účinnosti zejména kondenzačních kotlů.

Samostatný provoz pro přípravu TUV, jak uvádí obr. 4.6, nastává mimo topné období, kdy otopná soustava není užívána a v provozu zůstává pouze příprava TUV.

#### 4.5 Ohřev TUV v deskovém výměníku (obr. 4.7)

Aplikací předchozího způsobu přípravy TUV s nucenou konvekcí otopné vody spirálovým výměníkem je použití deskového výměníku. Podle obr. 4.7 je deskový výměník součástí zásobníku tepla. Podle shodného principu s předchozím způsobem ohřevu je otopná voda přiváděna do výměníku od stropu ZT pomocí oběhového čerpadla Č3. Z deskového výměníku odchází ochlazená voda ke dnu zásobníku tepla. Při odběru TUV je čidlem průtoku (ČP1) na přívodu studené vody spuštěno oběhové čerpadlo (Č3) pro ohřev TUV a vypnuto z provozu čerpadlo cirkulace (Č4) oběhu TUV.

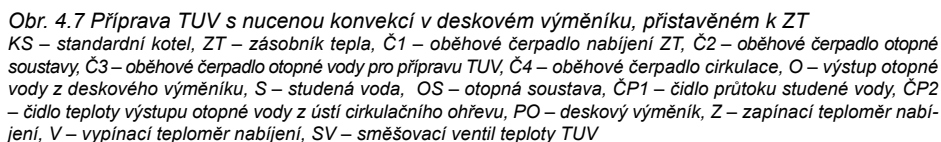
V případě nedostatku tepla v zásobníku tepla, který může být způsoben nadměrným odběrem pro přípravu TUV, může být okruh otopné soustavy se zajištěním cirkulace v soustavě čerpadlem Č2 přerušen a naopak spuštěn okruh nabíjení z kotle, resp. kotlů.

Regulace výkonu ohříváče pro zajištění přibližně stejné teploty TUV při proměnném průtoku je opět řešena shodně s předchozím pomocí regulace průtoku v oběhovém čerpadle Č3 a/nebo směšováním se studenou vodou ve směšovacím ventilu (SV).

Podobně je zde řešen i způsob ohřívání cirkulační vody umístěním spirálového ohříváče s přirozenou konvekcí v horní části zásobníku tepla a další napojení cirkulace za směšovacím ventilem na potrubí TUV.

Rovněž shodně platí zásady pro nabíjení a vybičení zásobníku při dosažení mezních hladin na zapínacím a vypínacím teploměru.

Na obr. 4.7 je řešena aplikace paralelního připojení otopné soustavy k ohřevu TUV s odběrem tepla pod stropem zásobníku. Zpětná voda ze soustavy je přivedena ke dnu ZT. Při použití jiných kotlů než kondenzačních se výhoda přívodu nejchladnější vody do kotle eliminuje a obvykle je nutné použít ochranu před nízkoteplotní korozi tak, jak je obvyklé u standardního kotle.



## 5. Zásobník tepla multivalentního zdroje

Při kombinaci více zdrojů pro různé sezónní využití, při různých výkonech se s výhodou použije zásobník tepla s paralelním zapojením těchto zdrojů. Zásobník tepla vyrovnává výkonové, provozní, teplotní a tlakové nerovnoměrnosti od okruhů jednotlivých zdrojů. Systém paralelního připojení ZT k několika zdrojům je dále popsán na příkladu konkrétního řešení.

Tepl vodní akumulační zdroj je sestaven z plynového kotle, z kotle na spalování biomasy s možností použití elektrické topné vložky pro vytápění i přípravu TUV.

Režim provozu kotle z hlediska výkonu je tvořen:

- jmenovitým výkonem 25 000 W pro samostatný provoz kotlů
- výkonem 50 000 W pro současný provoz obou kotlů
- výkonem 50 000 W pro provoz jednoho kotle a zásobníku tepla.

### 5.1 Zadání a popis systému

Tepl vodní otopný systém pro vytápění, teplotovzdušné větrání a přípravu TUV je dán:

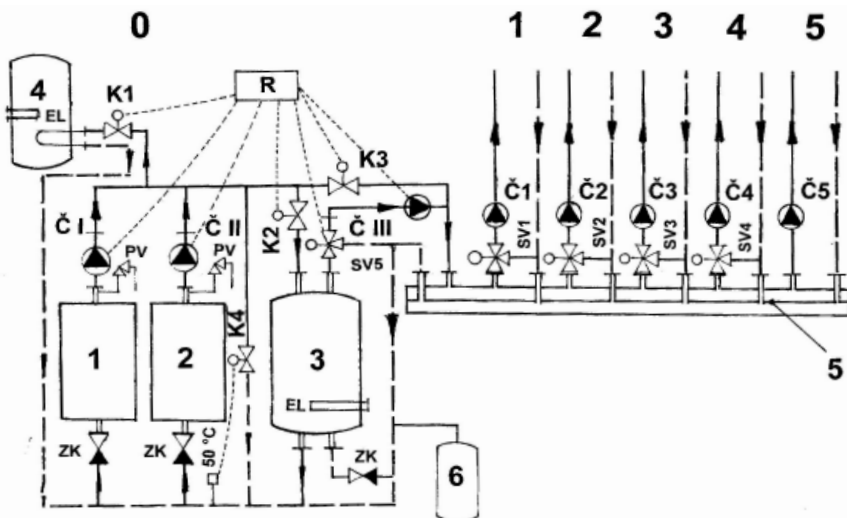
- tepelnou ztrátou budovy  $Q_C = 24\,235\text{ W}$ , která je stanovena pro výpočtovou teplotu oblasti  $t_e = -15\text{ °C}$
- spotřebou TUV při hodinovém špičkovém odběru 200 l/hod., s výstupní teplotou TUV 55 °C
- zásobníkovou přípravou TUV
- vytápěním a přípravou TUV ze společného zdroje
- paralelním zapojením ohříváče TUV se zdrojem pro vytápění
- alternativním provozem vytápění nebo současným provozem vytápění s přípravou TUV
- prioritou přípravy TUV před vytápěním
- zvolenou teplotovodní otopnou soustavou s jmenovitou teplotou 75/60 °C
- plynovým kotlem o výkonu 25 kW
- dřevním kotlem s výkonem 25 kW
- zabezpečovacím zařízením, sestaveným z:
  - pojistných ventilů na teplotovodním výstupu z plynového a dřevního kotle
  - membránové expanzní nádoby, připojené pojistným potrubím na zpětné potrubí kotlového okruhu
- zásobníkem tepla, s užitným objemem 750 l, s paralelním zapojením do kotlového okruhu
- paralelním zapojením kotlů se zásobníkem tepla se samostatnými oběhovými čerpadly každého zdroje
- ochranou kotlů před nízkoteplotní korozí pomocí propojení přes ventil K4.

### 5.2 Teplotovodní otopný systém a systém přípravy TUV

Teplotovodní otopný systém je rozdělen na pět samostatných okruhů podle požadavků na regulaci, podle režimu provozu a volby otopné plochy.

K rozdělení na jednotlivé okruhy 1 až 5 byl navržen kombinovaný rozdělovač a sběrač.

- Topný okruh 0  
Napojení přímo na kotlový okruh.  
Zásobníkový ohřev TUV otopnou vodou s výpočtovou teplotou 75/60 °C.
- Topný okruh 1  
Napojení na rozdělovač a sběrač.  
Velkoplošné podlahové vytápění s výpočtovou teplotou 37/30 °C.
- Topný okruh 2, 3 a 4  
Napojení na rozdělovač a sběrač.  
Pro konvekční vytápění s otopnými tělesy s výpočtovou teplotou 75/60 °C.
- Topný okruh 5  
Napojení na rozdělovač a sběrač.  
Teplotovzdušné větrání budovy s výpočtovou teplotou 75/60 °C.



Obr. 5.1 Schéma regulace a zapojení multivalentního zdroje

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

### 5.3 Regulace provozu topného zdroje (obr. 5.1)

Podle obr. 5.1 regulátor (R) zajišťuje:

- nabíjení zásobníku tepla (3) z plynového kotle (1) nebo dřevního kotle (2)
- přímotopné vytápění z plynového kotle (1) nebo dřevního kotle (2)
- vybíjení zásobníku tepla (3) pro vytápění objektu
- regulaci výstupní teploty ze zásobníku tepla (3) pomocí směšovacího ventilu (SV5)
- paralelní provoz zdrojů 1 až 3 pro vytápění
- prioritní ohřev TUV před vytápěním ve střídavém nebo současném režimu provozu.

Regulace provozu zdroje je řešena průtokem jednotlivými okruhy pomocí ovládání těchto prvků a zařízení:

- oběhových čerpadel
  - Č I – oběhové čerpadlo plynového kotle (1)
  - Č II – oběhové čerpadlo dřevního kotle (2)
  - Č III – oběhové čerpadlo vybíjení zásobníku tepla (3)
- elektrických uzávěrů
  - K1 – okruhu zásobníkového ohřevu TUV
  - K2 – okruhu nabíjení zásobníku tepla (3)
  - K3 – společného okruhu vytápění pro oba kotle
  - K4 – okruhu pro ochranu před nízkoteplotní korozi

### 5.4 Regulace a parametry topného systému

#### 5.4.1 Regulace jednotlivých okruhů

Vytápění a teplovzdušné větrání je na kombinovaném rozdělovači a sběrači rozděleno do pěti okruhů s tím, že každý okruh má:

- nezávislé hydraulické ovládání průtoku otopné vody samostatnými oběhovými čerpadly Č I až Č 5 a s termostatickými ventily
- samostatnou ekvitermní regulaci otopné vody pomocí trojcestných směšovacích ventilů SV1 až SV4 u okruhů 1 až 4
- ekvitermní regulaci teploty otopné vody ve vzduchotechnickém zařízení u okruhu 5.

#### 5.4.2 Parametry okruhu zásobníkové přípravy TUV

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Objem teplovodního zásobníku  | $V_{\text{TUV}} = 200\text{ l}$  |
| Výkon topné vložky            | $Q_D = 25\,000\text{ W}$         |
| Jmenovitá teplota otopné vody | $75/60\text{ °C}$                |
| Objemový průtok otopné vody   | $\dot{m}_0 = 1433\text{ l/hod.}$ |
|                               | $\dot{m}_{01} = 0,4\text{ l/s}$  |
| Průřez potrubí (D x t)        | $35 \times 1\text{ mm}$          |
| Rychlost proudění             | $v = 0,5\text{ m/s}$             |
| Měrná tlaková ztráta potrubí  | $R = 1\text{ mbar}$              |

#### 5.5 Parametry jednotlivých topných okruhů 1 až 5

##### a) Topný okruh 1

Otopná plocha: velkoplošné podlahové vytápění

Topný okruh 1 má tyto parametry:

|                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Jmenovitý výkon               | $Q_1 = 5\,280\text{ W}$          |
| Jmenovitá teplota otopné vody | $37/30\text{ °C}$                |
| Objemový průtok otopné vody   | $\dot{m}_1 = 648\text{ l/hod.}$  |
|                               | $\dot{m}_{11} = 0,18\text{ l/s}$ |
| Průřez potrubí (D x t)        | $22 \times 1\text{ mm}$          |
| Rychlost proudění             | $v = 0,57\text{ m/s}$            |
| Měrná tlaková ztráta potrubí  | $R = 2\text{ mbar}$              |

##### b) Topný okruh 2

Otopná plocha: desková otopná tělesa

Topný okruh 2 má tyto parametry:

|                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Jmenovitý výkon               | $Q_2 = 6\,250\text{ W}$         |
| Jmenovitá teplota otopné vody | $75/60\text{ °C}$               |
| Objemový průtok otopné vody   | $\dot{m}_2 = 358\text{ l/hod.}$ |
|                               | $\dot{m}_{21} = 0,1\text{ l/s}$ |
| Průřez potrubí (D x t)        | $18 \times 1\text{ mm}$         |
| Rychlost proudění             | $v = 0,5\text{ m/s}$            |
| Měrná tlaková ztráta potrubí  | $R = 2,2\text{ mbar}$           |

##### c) Topný okruh 3

Otopná plocha: desková otopná tělesa

Topný okruh 3 má tyto parametry:

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Jmenovitý výkon               | $Q_3 = 4\,055\text{ W}$           |
| Jmenovitá teplota otopné vody | $75/60\text{ °C}$                 |
| Objemový průtok otopné vody   | $\dot{m}_3 = 232\text{ l/hod.}$   |
|                               | $\dot{m}_{31} = 0,064\text{ l/s}$ |
| Průřez potrubí (D x t)        | $15 \times 1\text{ mm}$           |
| Rychlost proudění             | $v = 0,48\text{ m/s}$             |
| Měrná tlaková ztráta potrubí  | $R = 3\text{ mbar}$               |

##### d) Topný okruh 4

Otopná plocha: desková otopná tělesa

Topný okruh 4 má tyto parametry:

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Jmenovitý výkon               | $Q_4 = 5\,790\text{ W}$           |
| Jmenovitá teplota otopné vody | $75/60\text{ °C}$                 |
| Objemový průtok otopné vody   | $\dot{m}_4 = 332\text{ l/hod.}$   |
|                               | $\dot{m}_{41} = 0,092\text{ l/s}$ |
| Průřez potrubí (D x t)        | $18 \times 1\text{ mm}$           |

Rychlost proudění  
Měrná tlaková ztráta potrubí

$v = 0,45 \text{ m/s}$   
 $R = 5 \text{ mbar}$

### e) Topný okruh 5

Otopná plocha: teplovzdušné jednotky

Topný okruh 5 má tyto parametry:

Jmenovitý výkon

Jmenovitá teplota otopné vody

Objemový průtok otopné vody

$Q_5 = 2\,860 \text{ W}$

$75/60 \text{ }^\circ\text{C}$

$\dot{m}_5 = 164 \text{ l/hod.}$

$\dot{m}_{51} = 0,045 \text{ l/s}$

$15 \times 1 \text{ mm}$

$v = 0,25 \text{ m/s}$

$R = 1,5 \text{ mbar}$

Průřez potrubí ( $D \times t$ )

Rychlost proudění

Měrná tlaková ztráta potrubí

## 5.6 Varianty provozu

Kotlový okruh lze provozovat v několika variantách.

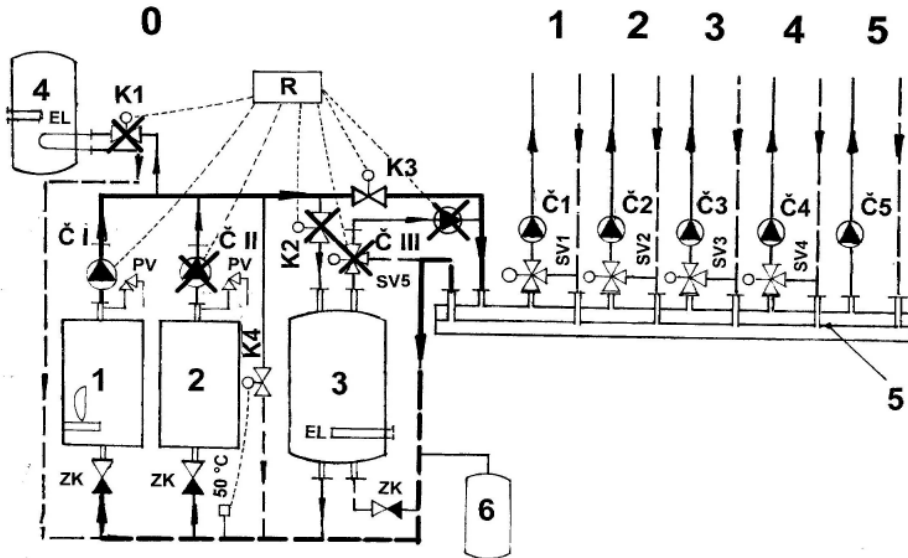
### 5.6.1 Varianta 1 – Vytápění z plynového kotle

Zapojovací schéma vytápění z plynového kotle je na obr. 5.2.

Plynový kotel podle svých regulačních možností přizpůsobuje svůj výkon potřebě tepla v budově.

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním plynového kotle (1)
- spuštěním oběhového čerpadla Č I
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č II a Č III
- otevřením elektrozávěru K3
- uzavřením elektrozávěru K1 a K2



Obr. 5.2 Provoz vytápění z plynového kotle

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200 l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

### 5.6.2 Varianta 2 – Ohřev TUV z plynového (nebo dřevního) kotle

Zapojovací schéma ohřevu TUV z plynového (nebo dřevního) kotle je na obr. 5.3.

Plynový (nebo dřevní) kotel pracuje převážně na horní hranici výkonu v plném režimu pro prioritní přípravu TUV.

Teplý obsah objemu zásobníku:

$$Q_D = 250 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10) = 13\,073 \text{ W}$$

Výkon topné vložky, stejný jako výkon plynového nebo dřevního kotle, je:

$$Q_{VL} = 25\,000 \text{ W}$$

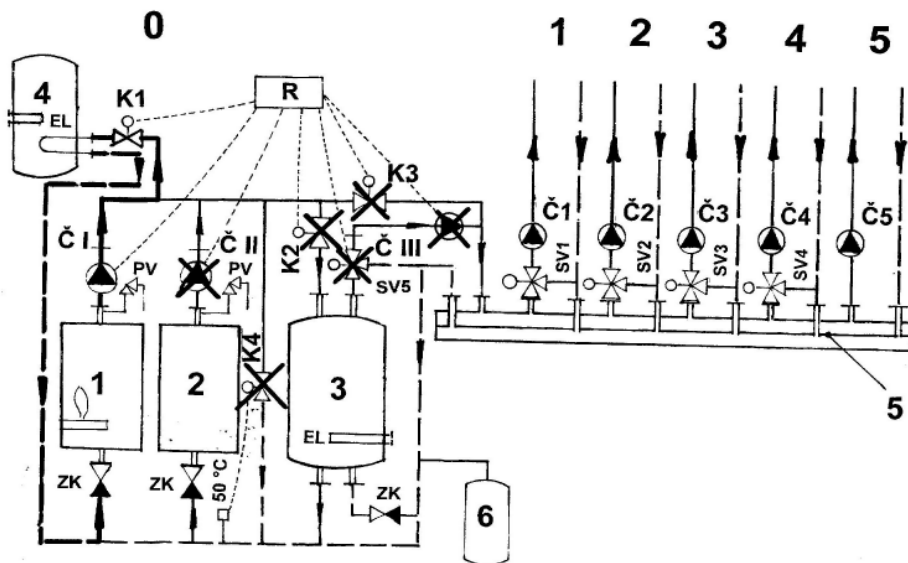
Doba ohřevu vody z teploty 10 °C na teplotu TUV 55 °C je:

$$T = \frac{Q_D}{Q_{VL}} = \frac{13\,073}{25\,000} = 0,52 \text{ h}$$

Kotel je pro přípravu TUV, při svém výkonu, v provozu cca 30 min.

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním plynového kotle (1) (nebo dřevního kotle 2)
- spuštěním oběhového čerpadla Č I (nebo Č II)
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č II (nebo Č I) a Č III
- otevřením elektrozávěru K1
- uzavřením elektrozávěru K2, K3 a K4



Obr. 5.3 Provoz přípravy TUV z plynového kotle

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba



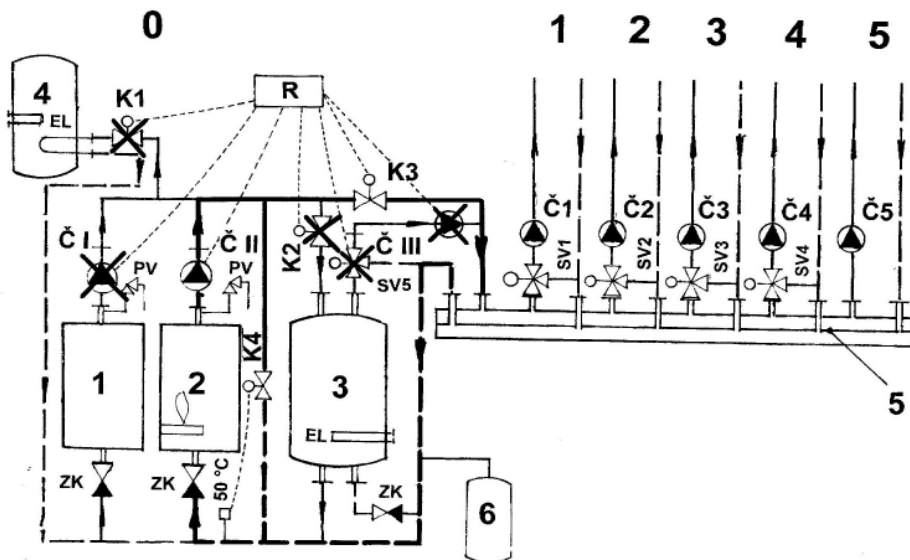
### 5.6.3 Varianta 3 – Vytápění z dřevního kotle

Zapojovací schéma vytápění z dřevního kotle je na obr. 5.4.

Dřevní kotel podle svých regulačních možností přizpůsobuje svůj výkon potřebě tepla v budově.

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním dřevního kotle (2)
- spuštěním oběhového čerpadla Č II
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č I a Č III
- otevřením elektrozávěru K3
- uzavřením elektrozávěru K1 a K2



Obr. 5.4 Provoz vytápění z dřevního kotle

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200 l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

### 5.6.4 Varianta 4 – Nabíjení zásobníku tepla z dřevního kotle

Zapojovací schéma nabíjení zásobníku tepla z dřevního kotle je na obr. 5.5.

Dřevní kotel, výkonem blízkým jmenovité hodnotě, ohřívá zásobník tepla s objemem 750 l.

Tepelný obsah do teploty otopné vody 75 °C je:

- při počáteční teplotě 20 °C

$$Q_D = 750 \cdot 1,163 \cdot (75 - 20) = 47\,974 \text{ Wh}$$

doba ohřevu při nabíjení výkonem 25 kW je:

$$\tau = \frac{47974}{25000} = 1,9 \text{ h}$$

- při počáteční teplotě 60 °C

$$Q_D = 750 \cdot 1,163 \cdot (75 - 60) = 13\,083 \text{ Wh}$$

doba ohřevu při nabíjení výkonem 25 kW je:

$$\tau = \frac{13083}{25000} = 0,52 \text{ h}$$

Teplný obsah do teploty otopné vody 105 °C je:

- při počáteční teplotě 20 °C

$$Q_D = 750 \cdot 1,163 \cdot (105 - 20) = 74\,141 \text{ Wh}$$

dobu ohřevu při nabíjení výkonem 25 kW je:

$$\tau = \frac{74141}{25000} = 2,96 \text{ h}$$

- při počáteční teplotě 60 °C

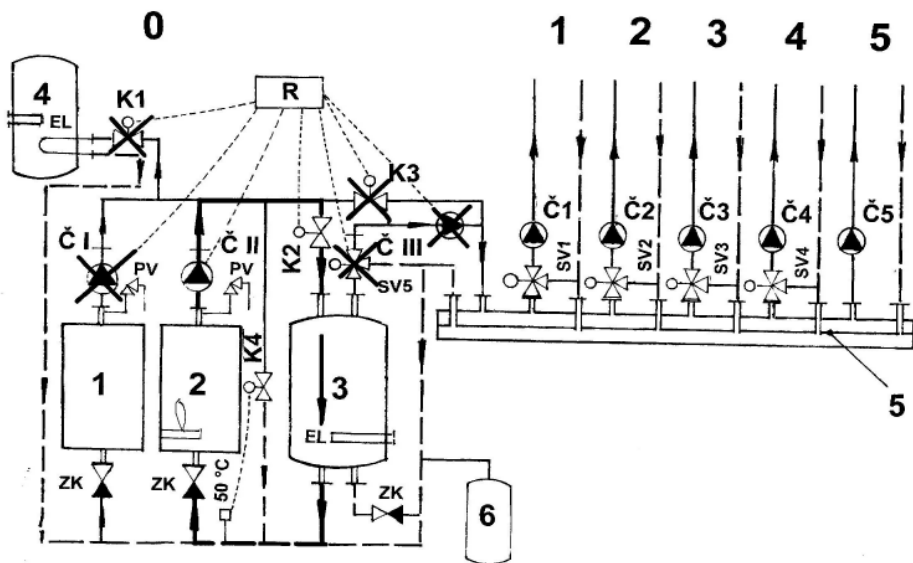
$$Q_D = 750 \cdot 1,163 \cdot (105 - 60) = 39\,250 \text{ Wh}$$

dobu ohřevu při nabíjení výkonem 25 kW je:

$$\tau = \frac{39250}{25000} = 1,57 \text{ h}$$

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním dřevního kotle (2)
- spuštěním oběhového čerpadla Č II
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č I a Č III
- otevřením elektrozávěru K2 a příp. K4
- uzavřením elektrozávěru K1 a K3



Obr. 5.5 Provoz nabíjení zásobníku tepla z dřevního kotle

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

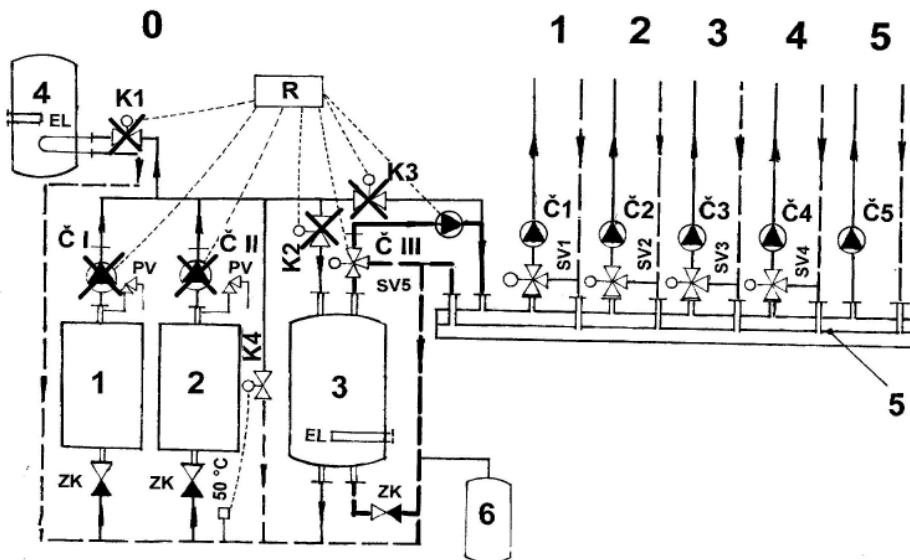
### 5.6.5 Varianta 5 – Vytápění ze zásobníku tepla

Zapojovací schéma vytápění ze zásobníku tepla je na obr. 5.6.

Ze zásobníku tepla je otopná voda odváděna do rozdělovače a sběrače k otopné soustavě pomocí oběhového čerpadla Č III.

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním oběhového čerpadla Č III
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č I a Č II
- uzavřením elektrozávěru K1, K2, K3 a K4
- případným provozováním směšovacího ventilu SV5



Obr. 5.6 Provoz vytápění ze zásobníku tepla

1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200 l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

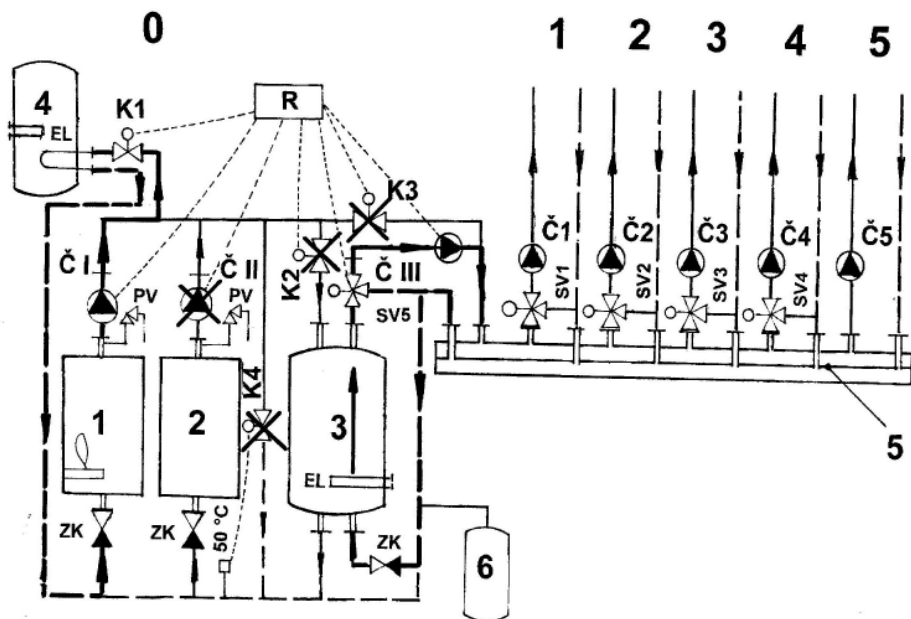
### 5.6.6 Varianta 6 – Ohřev TUV z plynového (nebo dřevního) kotle (1) (nebo 2) současně s vytápěním ze zásobníku tepla (3)

Zapojovací schéma je na obr. 5.7.

Při zvýšeném odběru TUV, kdy je vyžadovaná delší doba nabíjení než 0,5 h a při dostatečném obsahu tepla v zásobníku tepla, je možný paralelní provoz ohřevu TUV s vytápěním.

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním plynového (nebo dřevního) kotle (1) (nebo 2)
- spuštěním oběhového čerpadla Č I (nebo Č II)
- spuštěním oběhového čerpadla Č III
- otevřením směšovacího ventilu SV5
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č I (nebo Č II)
- otevřením elektrozávěru K1
- uzavřením elektrozávěru K2, K3 a K4



Obr. 5.7 Provoz ohřevu TUV z plynového kotle současně s vytápěním ze zásobníku tepla  
 1 – plynový kotel (25 kW), 2 – dřevní kotel (25 kW), 3 – zásobník tepla (750 l), 4 – teplovodní zásobník (200l, topná vložka 25 kW), 5 – kombinovaný rozdělovač a sběrač, 6 – membránová expanzní nádoba

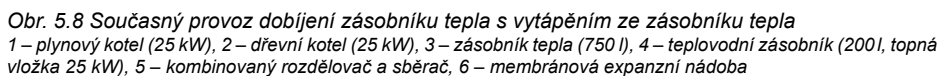
#### 5.6.7 Varianta 7 – Současný provoz dobíjení a vybíjení zásobníku tepla

Zapojovací schéma dobíjení a vybíjení zásobníku tepla je na obr. 5.8.

Při provozu vytápění ze zásobníku tepla je zároveň možné doplňovat teplo do zásobníku z dřevního kotle (2).

Podmínky průtoku zajišťuje regulátor:

- spuštěním dřevního kotle (2)
- spuštěním oběhového čerpadla Č II a Č III
- uzavřením provozu oběhového čerpadla Č I
- otevřením, elektrozávěru K2
- případným otevřením elektrozávěru K4
- uzavřením elektrozávěru K1 a K3
- případným provozováním směšovacího ventilu SV5



## 6. Zásobník tepla kondenzačních zdrojů

### 6.1 Princip kondenzace

Za kondenzační zdroje považujeme téměř výhradně plynové kotle, u nichž jsou spaliny ochlazovány ve výměníku kotle pod teplotu rosného bodu spalin. Při kondenzaci vodní páry ve spalinách je tak využito skupenské teplo. Spaliny, které vznikají od spalování, např. zemního plynu, s vysokým podílem vodíku v palivu, mají největší vlhkost a tím i vysokou teplotu rosného bodu.

Nejvíce tepla z kondenzace vodní páry se získá při:

- nízké teplotě zpětné otopné vody přiváděné do kotle,
- co nejnižším přebytku vzduchu při spalování, zejména při provozu na nízký výkon zdroje.

Zásobník tepla připojený na kondenzační kotel dovoluje:

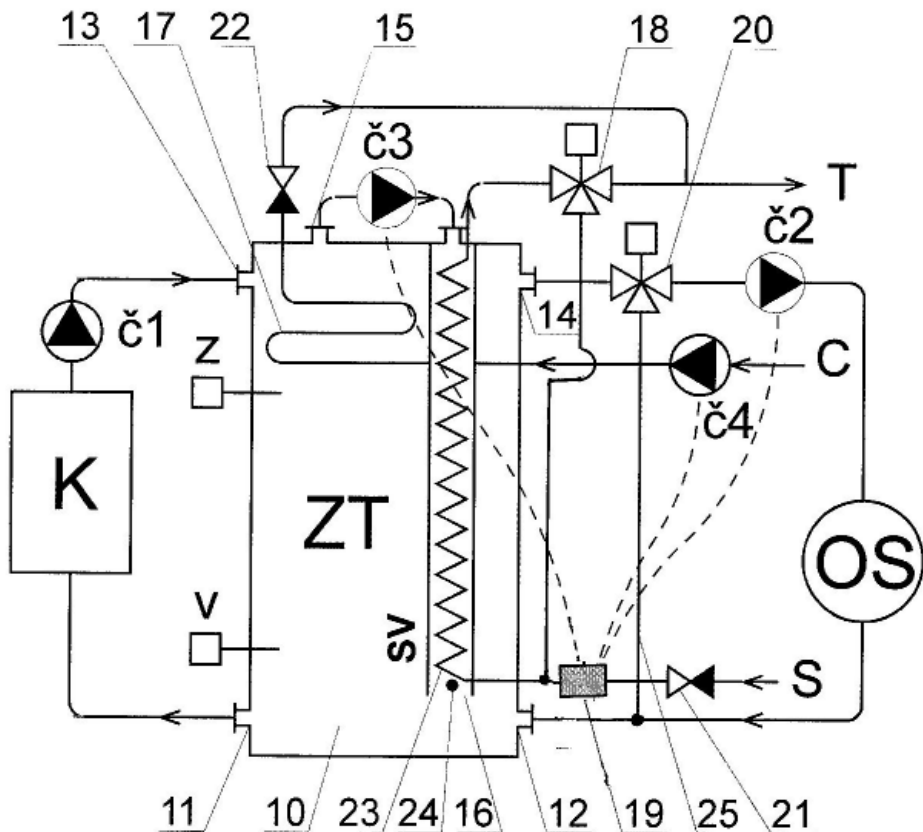
- zajistit nízkou teplotu zpětné vody, ať již z otopné soustavy nebo od ohřevu teplé vody (TUV),
- spalování v kotli s trvale nízkým přebytkem vzduchu, neboť kotel je provozován pouze na jmenovitý výkon,
- ekologické spalování v kotli s delšími nastavenými intervaly plynulého provozu kotle v závislosti na velikosti zásobníku a množství odebíraného tepla otopnou soustavou.

### 6.2 Napojení kondenzačního kotle na zásobník tepla (obr. 6.1)

Ve srovnání s klasickým připojením plynového kondenzačního kotle přímo na otopnou soustavu, resp. na ohřev teplé vody, přináší připojení kondenzačního kotle na zásobník tepla řadu výhod.

Zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla řeší požadavky na vysoce účinný provoz s nízkou produkcí škodlivin a nízkou pořizovací cenou. Kombinace kondenzačního kotle se zásobníkem tepla podle „Užitého vzoru č. 11 826 Zásobník tepla kondenzačního kotle a sestava pro ohřev užitkové vody a/nebo vytápění“ je na obr. 6.1 ve funkčním schématu sestavy kondenzačního kotle a zásobníku tepla, kde:

- K je kondenzační kotel s neregulovaným jmenovitým výkonem
- ZT je zásobník tepla s vestavěným průtokovým ohříváčem SV (spirálový výměník pro průtokový ohřev TUV)
- OS je připojená teplovodní otopná soustava
- S a T je připojení studené a teplé užitkové vody, případně C – cirkulace.



Obr. 6.1 Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK)

K – kondenzační kotel, ZT (10) – zásobník tepla (otopné vody), S – přívod studené vody, T – výstup TUV, C – cirkulace TUV, OS – otopná soustava

Teploměr:

Z – pro zapínání kotle (nabíjení), V – pro vypínání kotle

Oběhové čerpadlo:

Č1 – kotlového okruhu, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV

Připojovací hrdlo zásobníku ZT:

11 – pro výstup do kotle, 12 – pro přívod z otopné soustavy, 13 – pro přívod z kotle, 14 – pro výstup do otopné soustavy, 15 – pro výstup do ohřivače TUV

Armatury, zařízení, čidla:

16 – výstup otopné vody z ohřivače TUV, 17 – výměník ohřevu cirkulace, 18 – směšovací ventil TUV, 19 – čidlo provozu TUV – vytápění, 20 – směšovací ventil ekvitermní regulace OS, 21 – zpětný ventil – studená voda, 22 – zpětný ventil – cirkulace, 23 – spirálová plocha výměníku TUV, 24 – čidlo teploty na výstupu z ohřivače TUV, 25 – směšovací potrubí OS

### 6.3 Charakteristika systému

Pro kombinaci kondenzačního kotle K se zásobníkem tepla ZT je výhodné, aby kotel byl:

- s malým vodním obsahem, tj. rychloohřívací, s nuceným průtokem vody výměníkem kotle pro kondenzační provoz
- s hořákem provozovaným pouze na jmenovitý výkon a tím:
- s nastavením na nejnižší stálý přebytek vzduchu při spalování, který je nejpříznivější pro režim kondenzace spalin
- s velmi účinným ekologickým provozem, neboť tlakové i funkční parametry vzduchu a topného plynu jsou nastaveny neoptimálněji pro spalování i pro produkci škodlivin
- pro použití velmi jednoduchého hořáku s provozem zapnuto/vypnuto bez náročné regulace, tudíž s nízkou cenou.

Zásobník tepla ZTKK vytváří:

- vyrovnávací spojku mezi kondenzačním kotlem K a otopnou soustavou OS pro různé průtoky mezi okruhem kotle a okruhem soustavy
- přepínání provozu vytápění (čerpadlo Č2) a ohřevu TUV (čerpadlo Č3)
- soustředění ochlazené zpětné vody u dna zásobníku pro výhodné napojení na kondenzační kotel
- soustředění nejteplejší otopné vody pod poklop zásobníku ZT pro použití na ohřev TUV nebo pro vytápění.

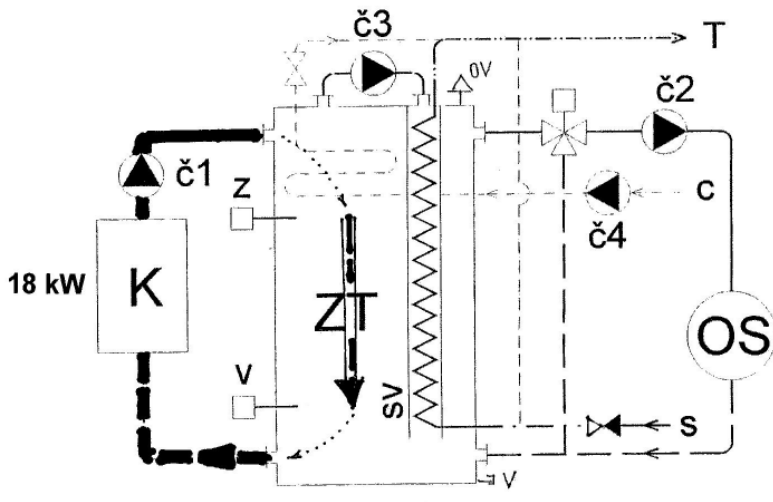
### 6.4 Provoz kotle – nabíjení zásobníku ZT (obr. 6.2)

Na obr. 6.2 je popsána fáze provozu kotle při nabíjení zásobníku, tj. při plnění zásobníku otopnou vodou, ohřátou nejméně na 60 °C (s ohledem na ohřev TUV).

Provoz kotle je řízen teploměry umístěnými v zásobníku ZT, které sledují teplotu otopné vody v zásobníku tak, že:

- při poklesu teploty otopné vody na úrovni teploměru Z (např. pod 60 °C) dochází k zapnutí kotle K a spuštění oběhového čerpadla Č1. Zásobník ZT se plní postupně ohřátou vodou.
- při dosažení požadované teploty na úrovni teploměru V je okruh dobíjení zásobníku vypnut (hořák a čerpadlo Č1)

Ze zásobníku tepla proudí do kondenzačního kotle nejchladnější voda od jeho dna, ať již z ohřevu TUV nebo z otopného systému. Nejchladnější voda na výměníku kotle vytváří nejvyšší kondenzaci spalin a tím je dosahováno nejvyšší účinnosti.



Obr. 6.2 Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz nabíjení zásobníku

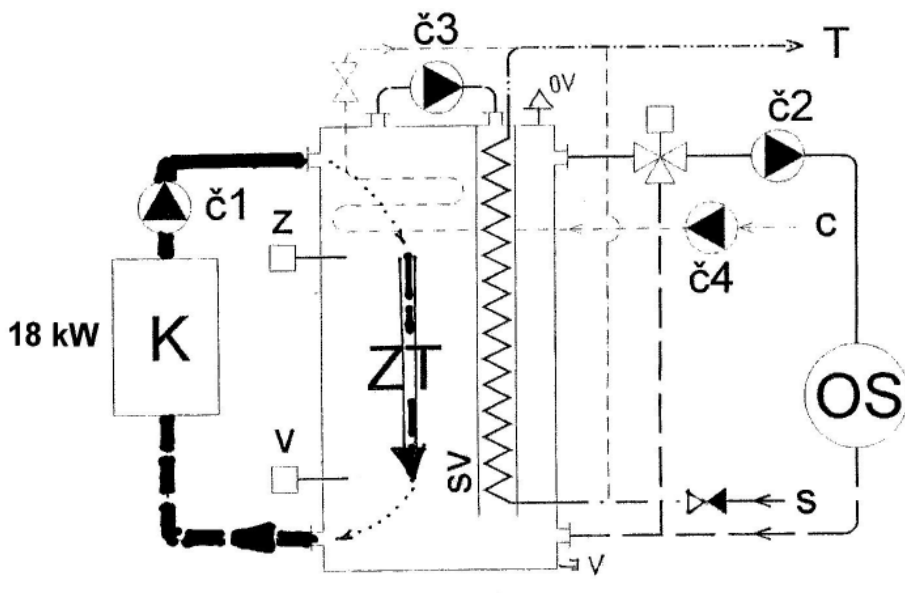


### 6.5 Provoz při ohřevu TUV (obr. 6.3)

Ohřev TUV je zajištěn průtokovým ohřevačem SV, vestavěným do zásobníku tepla ZT. Při ohřevu TUV protéká přívodní otopná voda do ohřevače pomocí oběhového čerpadla Č3. Provoz ohřevu TUV nabíhá při odběru TUV na základě průtoku čidlem na potrubí studené vody (pozice 19 na obr. 6.1). Od čidla průtoku je sepnuto čerpadlo okruhu ohřevu, kterým je zajištěno proudění otopné vody pláštěm spirálového výměníku od stropu ke dnu zásobníku tepla. Proudění otopné vody svislou válcovou plochou ke dnu zásobníku je v protisměru proudu studené vody spirálovou trubkou výměníku. Pro zajištění přibližně stabilní teploty TUV, vystupující z ohřevače při různém průtoku (odběru), je možné snížit nadměrnou teplotu TUV přimícháváním studené vody v trojcestném ventilu (pozice 18 na obr. 6.1).

I když se jedná o průtokový ohřev TUV (při kterém běžně nelze cirkulační potrubí napojit), je u uvedeného systému ohřev cirkulační vody zajišťován výměníkem, vloženým do zásobníku tepla ZT (pozice 17 na obr. 6.1).

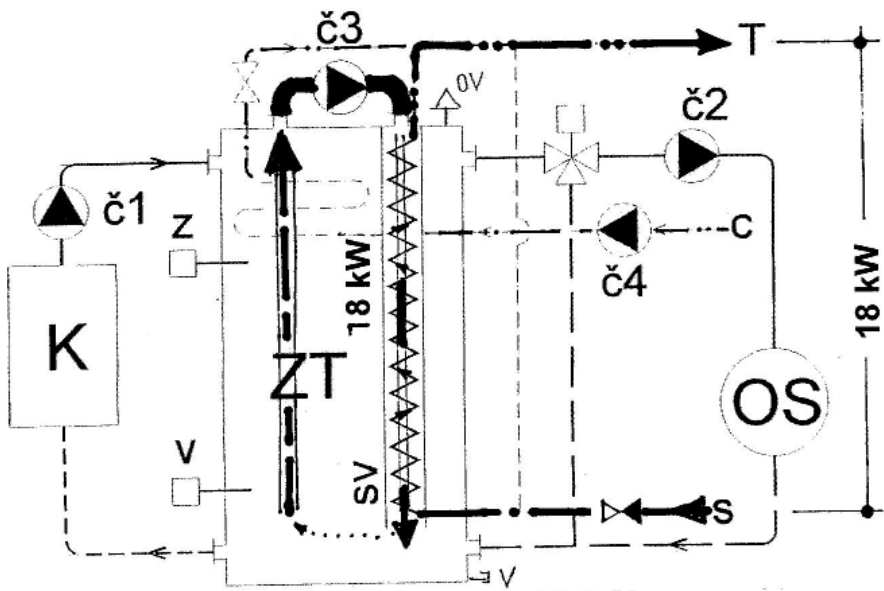
PO ukončení odběru TUV vypíná čidlo průtoku 19, oběhové čerpadlo Č3 ohřevu TUV a zapíná oběhové čerpadlo Č4 cirkulačního okruhu TUV, případně oběhové čerpadlo Č2 pro otopnou soustavu, je-li topné období.



Obr. 6.3 Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz ohřevu TUV

### 6.6 Provoz při vytápění (obr. 6.4)

Otopná voda cirkulující otopnou soustavou pomocí oběhového čerpadla Č2 vystupuje do soustavy u horního líce zásobníku tepla a ochlazená voda ze soustavy se vrací ke dnu zásobníku. Odběrem tepla na vytápění stoupá dělicí hladina mezi teplou a ochlazenou otopnou vodou, jak naznačuje šipka na obr. 6.4, až na úroveň teploměru Z, kdy se zapíná provoz kotle. Současně s odběrem otopné vody do soustavy probíhá dobíjení zásobníku tepla. Ekvitermní regulace teploty otopné vody podle průběhu výkonu, např. od 3 do 0,6 kW je zajišťována trojcestným směšovací ventilem (pozice 20 na obr. 6.1). Teplota vody v zásobníku tepla neovlivňuje regulační schopnost v otopné soustavě, musí být pouze vyšší než je nejvyšší požadovaná teplota otopné vody při jmenovitém výkonu pro vytápění.



Obr. 6.4 Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz vytápění

## 6.7 Kondenzační kotel

Zásobníkem tepla ZT je řešení základní požadavek pro obecný provoz kondenzačního kotle:

- provoz pouze na jmenovitý výkon, při kterém je spalování seřízeno pro nejvyšší přebytek vzduchu, nejvyšší účinnost a nejnižší produkci škodlivin při spalování
- přívod vratné vody do kotle má vždy nejnižší teplotu vody, ať od vytápění nebo od ohřevu TUV.

Na obr. 6.5 je zobrazeno schéma kondenzačního kotle s uzavřeným spalovacím prostorem TURBO podle „Užitého vzoru č. 12088 Plynový kondenzační kotel“.

Plynový kondenzační kotel je:

- rychloohřívací – s malým obsahem vody
- s cylindrickou vertikální spalovací komorou – s přetlakovým cylindrickým vertikálním sálavým hořákem
- s uzavřeným spalovacím prostorem v provedení C
- s protiproudým vedením spalin a vzduchu v konstrukci kotle i kouřovodu
- s odvodem spalin ve spodní části kotle, kam stéká i kondenzát s regulovaným přetlakem spalin v systému TURBO
- se sálavým výměníkem (11) (sálání od hořáku) tvoří vnitřní hladký líc válcového výměníku pro příjem tepla z povrchu hořáku s odvodem spalin v horní části válce
- s konvekčním výměníkem (13), tvořeným vnějším povrchem válcové plochy s podélnými žebry
- s kondenzačním výměníkem (17), tvořeným svazkem horizontálně uspořádaných trubek, do kterých je přívod vody z rozdělovače (17)

### 6.7.1 Uspořádání spalinové cesty

Spaliny proudí (ve směru jejich ochlazování a směru stékání kondenzátu):

- od vyústění ze spalovací komory v horní části kotle
- podél konvekčního výměníku (průduchem tvořeným válcovým výměníkem a vnějším válcovým pláštěm s přívodem spalovacího vzduchu)
- příčně kondenzačním trubkovým výměníkem se souprouděm stékajícím kondenzátu
- do komínového hrdla s připojením TURBO kouřovodu na TURBO komín

Odvod kondenzátu

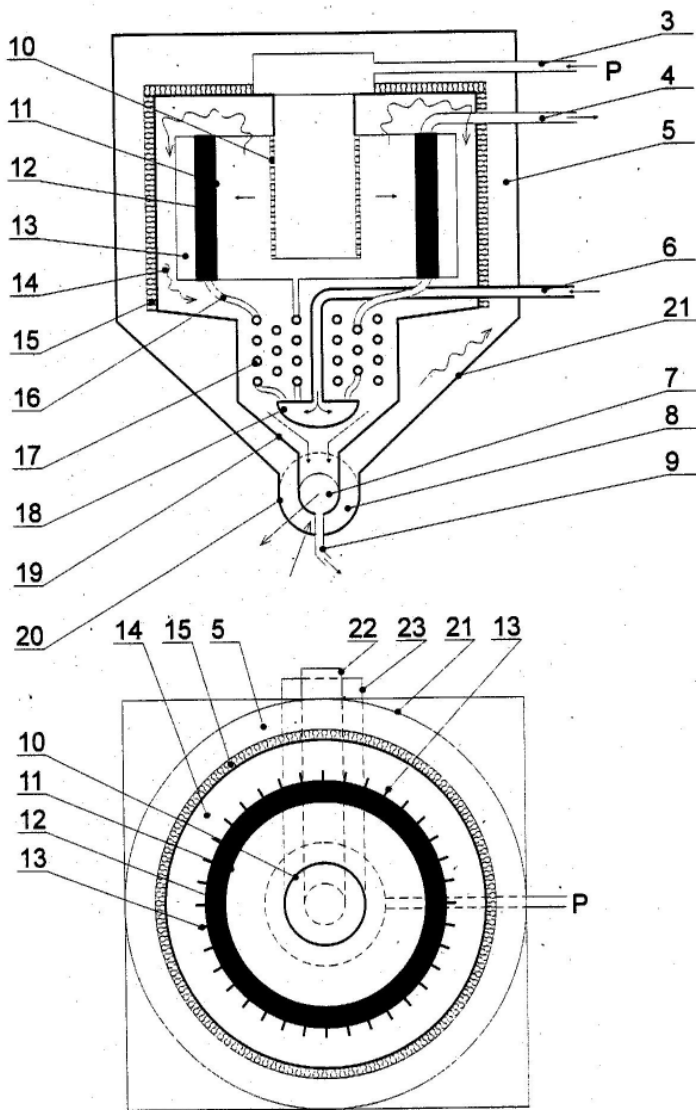
Kondenzát vtéká souproudě spolu se spaliny do kouřovodu, do komína a do kondenzační jímky komína. Od kotle není nutné samostatné jímání kondenzátu.

### 6.7.2 Konstrukce kotle a způsoby napojení

Kotel je lehký a proto může být nástěnný.

Způsoby napojení jsou:

- připojení kouřovodu a vzduchového průduchu na komín TURBO je ve spodní části kotle, v jednoduchém a přístupném místě pro montáž
- napojení otopné vody a plynovodu i expanzní nádoby je jednoduché a přístupné
- při uspořádání zásobníku ZTKK pod kondenzační kotel, při etážovém vytápění, může být tak vytvořena jedna komplexní skříňová sestava (expanzní nádoba, kotel, zásobník tepla).



Obr. 6.5 Kondenzační kotel s malým vodním obsahem v provedení C

1 – Přetlakový hořák, 2 – Směšovací komora, 3 – Přívod plynu, 4 – Výstup otopné vody, 5 – Přívod spalovacího vzduchu, 6 – Přívod vratné otopné vody, 7 – Odvod spalin, 8 – Přívod vzduchu, 9 – odvod kondenzátu, 10 – Válcový sálavý hořák, 11 – Sálavá válcová plocha výměníku, 12 – Válcový výměník, 13 – Konvekční plocha výměníku, 14 – Odvod spalin, 15 – Tepelná izolace spalínového prostoru, 16 – Přechod z kondenzačního výměníku, 17 – Kondenzační trubkový výměník, 18 – Rozdělovač trubkového kondenzačního výměníku, 19 – Plášť spalínové komory, 20 a 21 – Plášť vzduchové komory, 22 – Spalínové hrdlo, 23 – Vzduchové hrdlo spotřebiče

Navržený systém kondenzačního kotle se zásobníkem tepla pracuje s nejvyšší účinností a nejnižší možnou produkcí škodlivin. Vzhledem k jednoduchosti řešení při spalování a k nízkým požadavkům na regulaci hořáku je předpoklad nízkých pořizovacích nákladů navrženého zařízení.

## 7. Alternativní zdroje se zásobníkem tepla

### 7.1 Obecné zásady a využívání pro ohřev TUV

#### 7.1.1 Úvod

Ohřev TUV solární energií se u nás používá více jak dvě desetiletí. Ohřev TUV z vodních solárních kolektorů je řešen zásobníkovým způsobem. Kolektory jsou většinou umístěny na střeše. Teplovodní zásobník je s dalším doplňujícím standardním zdrojem, při bivalentním způsobu ohřevu TUV, umístěn většinou u odběru TUV.

Solární kolektory jsou při tomto způsobu řešení využívány pouze pro přípravu TUV.

Od prvních realizací solární přípravy TUV se vývojem u solárního systému postupně zdokonalovalo:

- jímání solárního tepla stále účinnějšími kolektory a
- armaturní vybavení a parametry čerpadel a
- zejména regulační zařízení pro řízení vazby mezi jímáním, ukládáním a odběrem tepla.

#### 7.1.2 Obecné principy návrhu

Solární energie při svém využívání je limitována proměnností okamžité intenzity slunečního záření, a to nejen v průběhu dne, ale zejména v průběhu roku, s recipročním požadavkem tepla pro vytápění k jímání solárního tepla. Racionální návrh solárního systému je založen na možnostech co nejdelšího, pokud možno celoročního využití, tedy nejen pro celoroční ohřev TUV a ohřev bazénové vody, ale i pro vytápění nebo ohřev větracího vzduchu.

Poměrně značný pořizovací náklad na solární systém musí být tedy vždy kompenzován co nejúčinnějším celoročním využitím.

#### a) Efektivnost využití

Některé obecné zásady efektivního návrhu solárních systémů lze shrnout do následujících bodů:

- *zachycení maxima solární energie* spočívá nejen v jímání tepla účinnými kolektory, ale také v uložení tepla, tj. ve velikosti zásobníku pro uchování tepla a v regulačních schopnostech řídicího (regulačního) zařízení.
- *prioritní spotřebování solární energie* před energií standardní, znamená zvolit způsob odběru tepla tak, aby bylo využíváno co největší množství tepla od solárních kolektorů většinou při nižší teplotě vody, než je běžně využitelná teplota vody a ohřívat standardní energii na požadovanou teplotu jen okamžitě spotřebovatelné množství vody.
- zajištění včasného *doplňování standardní energie* pro případ, že solárním zdrojem se neoheje voda na požadovanou teplotu. Dohřev je průtočný nebo zásobníkový ve společném nebo odděleném ohřívání.
- požadavek *nemíchat energii* solární s dalšími standardními zdroji u multifunkčního zásobníku se většinou řeší řazením energií se stoupajícím teplotním potenciálem ve směru dodávka – odběr tak, že standardní energie je v tomto řazení až na konci. Je-li dodávka energie významně teplotně i režimově odlišná a odběr je podobně významně pulzující, je u multifunkčních zásobníků zařazeno několik výměníků, od stejného zdroje, s různě střídaným provozem.

#### 7.1.3 Zásobníková příprava TUV

Nejčastější způsob využívání solární energie ze solárních kolektorů slouží pouze pro přípravu TUV zásobníkovým způsobem, jak je naznačeno na obr. 7.1.

Teplá užitková voda je připravována v zásobníku TUV, označeném TZ, s objemem odpovídajícím jedenapůldennímu až dvoudennímu odběru TUV. Ze solárního kolektoru KO je ohřev TUV zajišťován v teplovodním zásobníku výměníkem 6, umístěným ve spodní části TZ, nad přívodem studené vody.

#### a) Mimoprovozní doba

V mimoprovozní době solárního okruhu je menší objem v horní části zásobníku dohříván nebo ohříván otopnou vodou z kotle K ve výměníku 2. Kotel nejčastěji zajišťuje ohřev nebo dohřev sepnutím čidla poklesu teploty TUV pod přípustnou mez. Čidlo je umístěno v horní části zásobníku TZ. Běžně kotle slouží pro vytápění v otopné soustavě OS. Kotel s možností trvalého provozu při alternativním



## 7.2 Vestavěný solární kolektor

Systém využití solární energie z vodního solárního kolektoru v zásobníku tepla ZT vyžaduje celoroční provoz, pokud možno bez koncentrace nemrznoucí směsi ve vodě solární soustavy (u zásobníku tepla v otopné vodě). Nevýhody cyklického vypouštění vody z celoročně provozovaných solárních kolektorů odstraňuje vestavěný solární kolektor, naznačený na obr. 7.2 až 7.4, podle „Užitého vzoru č. 12 125 Vestavěný solární kolektor“ firmy České teplo, s.r.o..

### 7.2.1 Konstrukce vestavěného kolektoru

Kolektor je vestavěný do střešní plochy z toho důvodu, aby byla voda v solárním kolektoru chráněna před mrazem v zimních mrazivých měsících. U solárního kolektoru je absorpční plocha kolektoru 3 kryta dvojitým zasklením 2 do kovového pláště 7. Spodní plocha absorberu je opatřena tenkou tepelnou izolací s antireflexním povrchem pro snížení záření do prostoru budovy.

Osazení do izolačního pláště střechy, tvořícího šikmou stropní konstrukci místnosti, musí být řešeno spolu s izolací bočnic skříňe solárního kolektoru.

#### a) Zimní provoz bez solární radiace (obr. 7.2)

V zimním období je nutné uvažovat stav bez solární radiace s venkovními teplotami vzduchu pod bodem mrazu. Toto období je velmi krátké, jak je uvedeno v kapitole 9.1 Parametry otopné soustavy. Pro ochranu před dosažením teploty mrazu v úrovni vodní části kolektoru je možné přijmout některé ze způsobů ochrany:

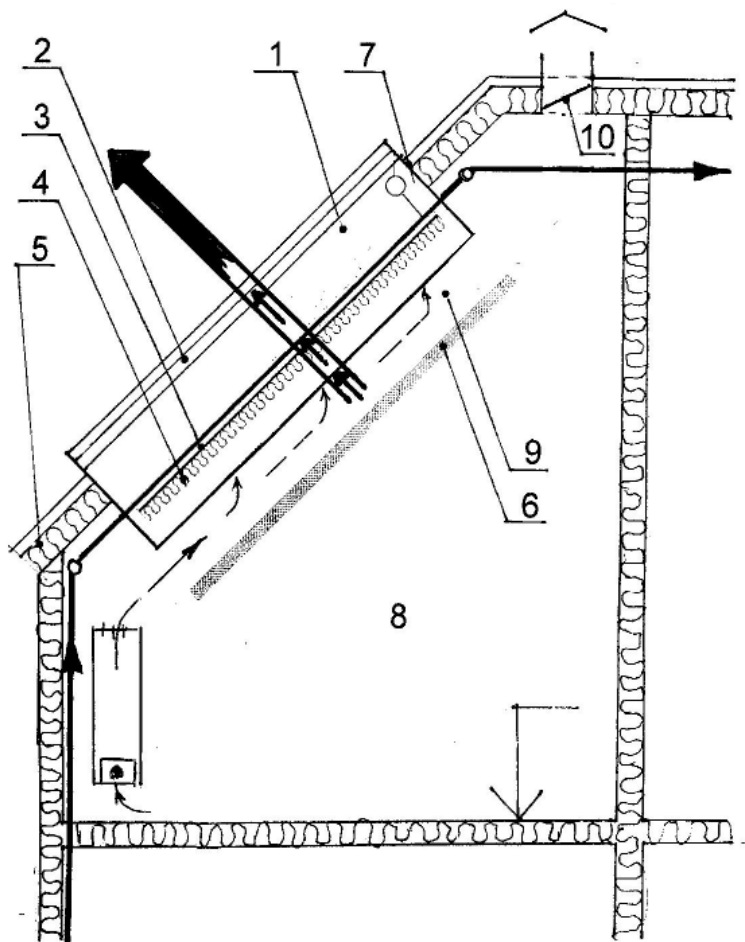
- ohřívání spodního pláště skříňe kolektoru nad teplotu rosného bodu
- zajištění průtoku studené vody kolektorem z chladné části zásobníku tepla pro dosažení teploty vodní části kolektoru nad bodem mrazu.

Protimrazové čidlo v kolektoru spouští provoz některých z těchto způsobů ochrany proti mrazu.

Při umístění kolektoru do střešní plochy nad místností je nutné, při extrémně nízkých venkovních teplotách, aby byla teplota vzduchu v místnosti pod dnem kolektoru dostatečně vysoká, např. 15 °C. Tím je zajištěno, že ve vzduchové části kolektoru nad absorberem zůstává teplota nad bodem mrazu. Zároveň musí být povrchová teplota kovového pláště, procházející místností, nad teplotou rosného bodu vzduchu, např. 10 °C. Tyto podmínky jsou splnitelné alespoň u temperovaných místností, při odstranění tepelných mostů v boční části pláště kolektoru.

Při zajištění vyšší požadované teploty dna kolektoru, než je teplota rosného bodu vzduchu, je výhodné použít vytápěcí systém místnosti. Nejvýhodnější je použití konvektoru, od kterého proudí teplý vzduch podél šikmé plochy střechy, kde jsou dna skříňí kolektorů. Proudící teplý vzduch od konvektoru zvyšuje teplotu spodního povrchu střechy nad teplotu vzduchu místnosti a výhodně přispívá k eliminaci případné kondenzace na povrchu.

V mimosluneční době, s venkovní teplotou nižší než je teplota v místnosti, je tepelná ztráta prostupem, z místnosti přes kolektorovou plochu do venkovního prostoru, srovnatelná s tepelnou ztrátou oknem s trojitým zasklením. Pojistku proti snížení teploty v kolektoru pod bod mrazu jednoduše řeší teplotní čidlo, umístěné do prostoru kolektoru, které může i krátkodobě iniciovat průtok, nejchladnější vody ze zásobníku ZT, solární soustavou.



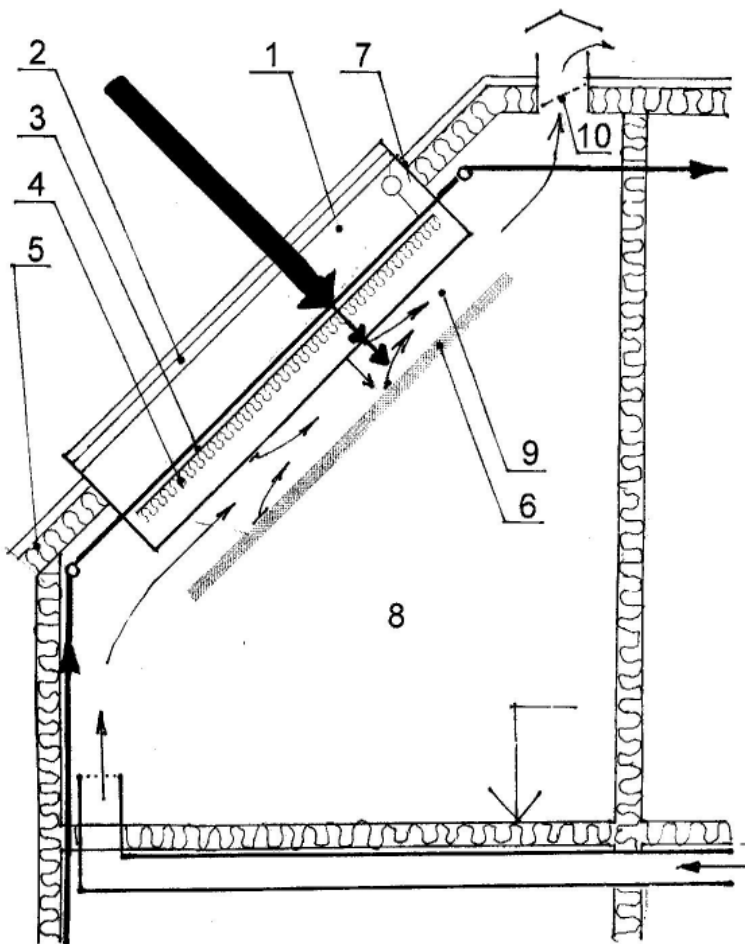
Obr. 7.2 Schéma vestavěného kolektoru – provozní stav bez solární radiace v zimním období

1 – konvekční prostor kolektoru, 2 – dvojitě zasklení kolektoru, 3 – absorpční plocha kolektoru (absorbér), 4 – reflexní plocha spodního líce absorbéru, 5 – tepelně izolační plášť střechy, 6 – stínící plocha pod dnem kolektoru (žaluzie), 7 – plášť kolektoru, 8 – vytápěný (temperovaný) prostor místnosti, 9 – větrací štěrbina mezi dnem pláště kolektoru a stínící plochou, 10 – větrací klapka odvodu teplého vzduchu – uzavřena

#### b) Letní provoz se solární nebo difúzní radiací (obr. 7.3)

V letních měsících mohou být i přesto, že pod absorpční plochou je reflexní plocha, povrchové teploty dna pláště kolektoru nad přijatelnou mezí pro tepelnou pohodu v místnosti. Je to proto, jak je naznačeno na obr. 7.3, že pod plochou pláště kolektoru je zajištěna antireflexní a tepelně izolační plocha 6, která vytváří mezi dnem pláště kolektoru 7 a touto clonící deskou průduch pro proudění vzduchu a ochlazuje prostor místnosti. Při otevření klapky 10 ve stropu místnosti se vytváří přirozenou cirkulací nasávání chladného vzduchu ze spodní části místnosti a teplý vzduch je přes tuto klapku z prostoru 9 místnosti odváděn. Tepelná pohoda v místnosti, je-li to potřebné, je zachována. Tímto přirozeným větráním může být místnost i chlazena, je-li otvor pro nasávání přírodního vzduchu do místnosti 8 umístěn, např. na chladné fasádě – na severní straně.



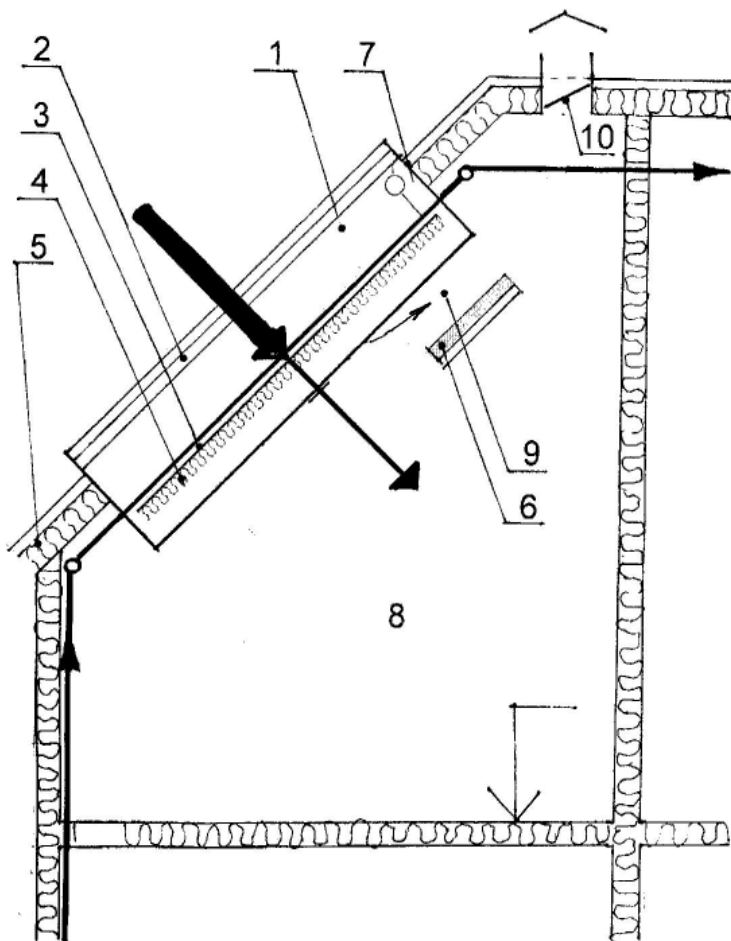


Obr. 7.3 Schéma vestavěného kolektoru – provozní stav se solární nebo difúzní radiací v letním období

1 – konvekční prostor kolektoru, 2 – dvojité zasklení kolektoru, 3 – absorpční plocha kolektoru (absorbér), 4 – reflexní plocha spodního líce absorbéru, 5 – tepelně izolační plášť střechy, 6 – stínící plocha pod dnem kolektoru (žaluzie), 7 – plášť kolektoru, 8 – vytápěný (temperovaný) prostor místnosti, 9 – větrací štěrбина mezi dnem pláště kolektoru a stínící plochou, 10 – větrací klapka odvodu teplého vzduchu - otevřena

### c) Zimní provoz se solární nebo difúzní radiací (obr. 7.4)

V době topné sezóny, kdy místnost s kolektorem je vytápěna nebo může být temperována, lze tepelné ztráty od dna pláště kolektoru považovat jako tepelný zisk pro místnost. Podle obr. 7.4 je možné po shrnutí stínící žaluzie nebo posuvné desky využívat sálavého povrchu dna pláště kolektoru pro vytápění místnosti. Při regulovaném provozu standardní otopné plochy místnosti lze považovat sálavou plochu dna kolektoru za doplňkovou otopnou plochu. Má-li místnost charakter halového prostoru nebo nelze-li shrnout clonící plochu 6, pak se teplý vzduch, ohřátý od dna kolektoru, shromažďuje v nejvyšší části stropu místnosti. Odtud může být zajištěna jeho recirkulace do pobytové zóny.



Obr. 7.4 Schéma vestavěného kolektoru – provozní stav se solární nebo difúzní Radiací v zimním období

1 – konvekční prostor kolektoru, 2 – dvojité zasklení kolektoru, 3 – absorpční plocha kolektoru (absorbér), 4 – reflexní plocha spodního líce absorbéru, 5 – tepelně izolační plášť střechy, 6 – stínící plocha pod dnem kolektoru (žaluzie) - vytažena, 7 – plášť kolektoru, 8 – vytápěný (temperovaný) prostor místnosti, 9 – větrací štěrбина mezi dnem pláště kolektoru a stínící plochou, 10 – větrací klapka odvodu teplého vzduchu - uzavřena

### 7.3 Připojení solárního kolektoru na zásobník tepla

Běžným řešením vodních solárních systémů je používání uzavřené solární soustavy s transformací tepla ve vodním výměníku, nejčastěji pro přípravu TUV.

Pro účinnější využití solární energie, ať při letním nebo zimním provozu, je používání otevřené vodní solární soustavy s připojením na zásobník tepla s otopnou vodou.

#### 7.3.1 Uzavřená soustava

Nejběžněji užívaným způsobem předání tepla sluneční energie, dopadající na solární kolektor, je její přenos nízkoobsažnou vodní soustavou do vodního výměníku tepla. Soustava, tvořící oběh mezi solárním kolektorem (přijímajícím teplo) a výměníkem (předávajícím teplo), má malý vodní

obsah. Je to zejména pro elastické přizpůsobení se náhlým změnám při proměnné intenzitě osvitů slunečních paprsků.

Zároveň uzavřená solární soustava dovoluje snadněji vytvořit koncentraci nemrznoucí kapaliny ve vodě pro nemrznoucí směs. V uzavřené solární soustavě je vždy transformace tepla zajišťována výměníkem, osazeným nejčastěji v teplovodním zásobníku pro ohřev TUV.

### 7.3.2 Otevřená soustava

Solární soustava s vodními kolektory, napojená stejně jako jiné otopné zdroje na systém s otopnou vodou, se nazývá otevřená soustava. Při přímém napojení solárního kolektoru na teplovodní systém s otopnou vodou se stává solární kolektor výměníkem tepla s otopnou vodou stejně jako jiné topné zdroje. Tím, že protékající voda kolektorem má časově nerovnoměrnou a teplotně proměnnou dodávku tepla, je vhodné využívat solární energii v zásobníku tepla k univerzálnějšímu požití pro vytápění, ohřev TUV a ohřev bazénové vody.

Při přímém spojení solární soustavy se zásobníkem tepla se nemůže z technických a praktických důvodů napouštět celý otopný systém vodou, koncentrovanou nemrznoucí kapalinou, zejména vzhledem k vysokému vodnímu obsahu zásobníku tepla.

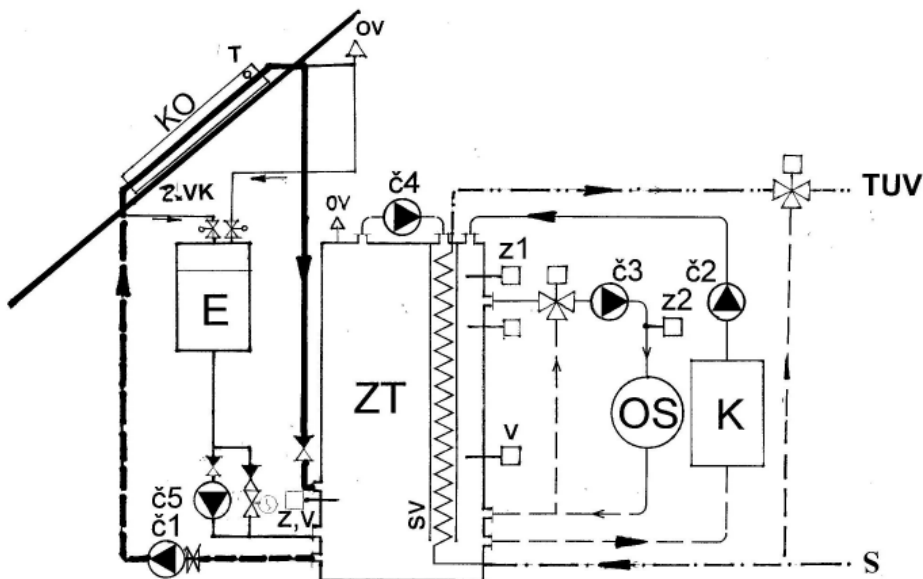
Má-li být solární kolektor napojen na otopnou soustavu bez nemrznoucí směsi ve vodě, musí být:

- voda v zámrzné ploše solárního kolektoru snadno vypustitelná a snadno napustitelná, např. do beztlakové otevřené expanzní nádoby (obr. 7.5) nebo
- absorbér solárního kolektoru v prostředí, kde voda nemrzne, např. jako součást střešního pláště nad vytápěnými nebo temperovanými místnostmi v podkrovní (obr. 7.6).

U přímého připojení solárního kolektoru na zásobník tepla ZT se předpokládá, že v solárním okruhu nebude (otopná) voda koncentrovaná nemrznoucí směsí. Je to pro obecnou nevýhodnost koncentrované vody nemrznoucí směsí, která spočívá ve snížených tepelně technických vlastnostech takové vody, ale zejména by nemrznoucí směs byla použita pro značný objem otopné vody.

### 7.3.3 Solární okruh s vypouštěním

Ochrana před mrazem v solárním kolektoru je na obr. 7.5 řešena vypouštěním nadstřešní části solárního okruhu do beztlakové otevřené expanzní nádoby E. Expanzní nádoba jistí celou soustavu, je jedna a není nutné používat dvě expanzní nádoby, jako u uzavřené solární soustavy. Vypouštění z kolektorů je řešeno teplotními čidly, s ovládáním elektropohonu uzavíracích a výpustných armatur. Cyklické doplňování vody do systému a vypouštění vody z části solárního okruhu je u otevřené expanzní nádoby s dávkovacím čerpadlem a solenoidovým ventilem řešením, které nevyžaduje zvýšený náklad. Vypouštění vody ze solárního kolektoru, i když nemusí být časté a množství vody je nepatrné, způsobuje zavzdušňování vodního obsahu v zásobníku. Pak je potřebné eliminovat vzduch v otopné vodě mimo oběh v otopné soustavě, zejména s termostatickými ventily. Tento systém má i řadu dalších nevýhod, které jsou eliminovány v solárním systému s používáním vestavěného kolektoru.



Obr. 7.5 Schéma připojení nadstrešního solárního kolektoru s vypouštěním na zásobník tepla (ZTKK)

KO – solární kolektor, E – otevřená expanzní nádoba, ZT – zásobník tepla (zásobník otopné vody), OS – otopná soustava, K – plynový kotel (kondenzační), TUV – teplá užitková voda, S – studená voda, SV – spirálový výměník ohřevu TUV, OV – odvzdušňovací ventil, T – čidlo teploty vody v kolektoru, VK – automatická klapka pro vypouštění kolektoru, Č5 – dávkovací čerpadlo, doplňující vodu z expanzní nádoby do soustavy, OV – odvzdušňovací ventil

Teploměr:

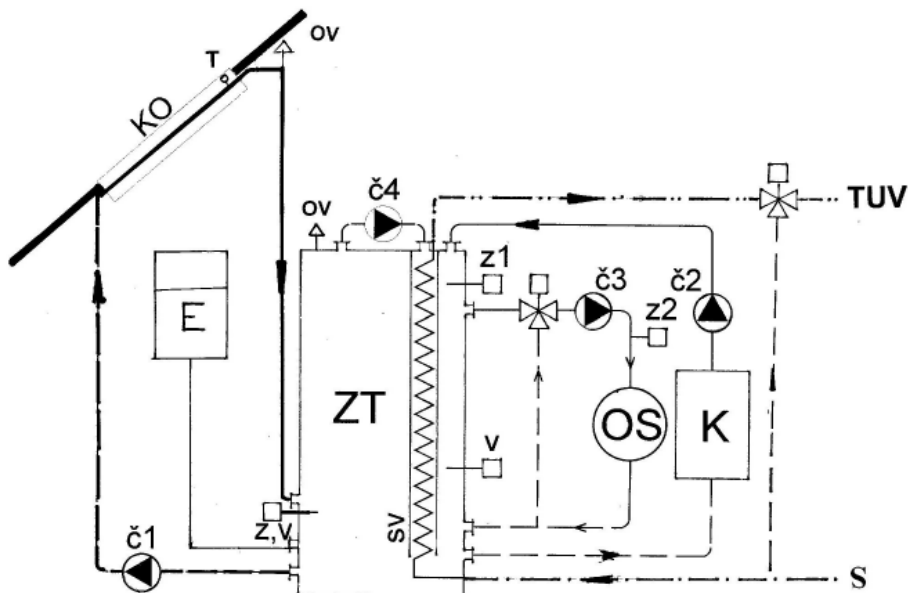
Z – zapínací pro dobíjení zásobníku ZT teplem, V – vypínací pro ukončení dobíjení zásobníku ZT teplem, Z1 – zapínání dohřevu otopné vody pro ohřev TUV, Z2 – zapínání dohřevu/ohřevu otopné vody pro otopnou soustavu

Oběhové čerpadlo:

Č1 – solárního okruhu, Č2 – kotlového okruhu, Č3 – otopné soustavy, Č4 – ohřevu TUV

### 7.3.4 Solární okruh s vestavěným kolektorem (obr. 7.6)

U vestavěného kolektoru je zajištěna protimrazová ochrana kolektoru vytvořením temperovaného prostředí pod dnem skříně kolektoru. Zjednodušené připojení vestavěného kolektoru na zásobník tepla je na obr. 7.6. Jednoduché připojení na ZT je dáno tím, že veškeré objemové a tím i tlakové změny v solárním okruhu jsou kompenzovány v zásobníku tepla. Provoz solárního okruhu zajišťuje pouze oběhové čerpadlo v závislosti na diferenční teplotě vody v zásobníku a v solárním kolektoru. Systém je opatřen uzavřenou expanzní membránovou nádobou E, připojenou na zásobník tepla. Tím je sníženo zavzdušňování celé soustavy s otopnou vodou.



Obr. 7.6 Schéma připojení vestavěného solárního kolektoru na zásobník tepla (ZTKK)

KO – solární kolektor, ZT – zásobník tepla (zásobník otopné vody), OS – otopná soustava, K – plynový kotel (kondenzační), TUV – teplá užitková voda, S – studená voda, SV – spirálový výměník ohřevu TUV, OV – odvzdušňovací ventil, T – čidlo teploty vody v kolektoru, OV – odvzdušňovací ventil

Teploměr:

Z – zapínací pro dobíjení zásobníku ZT teplem, V – vypínací pro ukončení dobíjení zásobníku ZT teplem, Z1 – zapínání dohřevu otopné vody pro ohřev TUV, Z2 – zapínání dohřevu/ohřevu otopné vody pro otopnou soustavu

Oběhové čerpadlo:

Č1 – solárního okruhu, Č2 – kotlového okruhu, Č3 – otopné soustavy, Č4 – ohřevu TUV

### 7.3.5 Připojení solární soustavy na zásobník tepla

Pro připojení okruhu solárního kolektoru KO, podle obr. 7.5 a 7.6, lze použít zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) podle „Užitého vzoru č. 11 826“ a aplikovat ho i pro použití kombinace alternativní zdroj a kondenzační kotel. Zásobník tepla slouží jak k přípravě TUV, tak i pro vytápění. Na obr. 7.5 a 7.6 je zapojení zásobníku tepla ZTKK, pro připojení na kondenzační kotel, rozšířeno o připojení na okruh solárního kolektoru.

Funkce nabíjení ze standardního zdroje (kondenzačního kotle) a vybíjení (pro vytápění a průtočnou přípravu TUV) je stejná jako při monovalentním topném zdroji, a proto nebude dále popisována.

Režim ve využívání kombinace solární energie pro přípravu TUV a vytápění, lze zjednodušeně rozdělit na letní a zimní provoz.

#### a) Letní provoz pouze pro přípravu TUV (obr. 7.6)

V měsících mimo topné období, zejména v létě, kdy solární okruh slouží pouze pro průtočnou přípravu TUV, je zásobník ZT možné využít pro vyšší akumulaci tepla od intenzivně osálaných kolektorů, než v případě použití pouze teplovodního zásobníku podle části 7.1.3 a obr. 7.1. Voda ve zdroji teplovodního vytápění, jakým zásobník tepla ZT je, může být ohřátá až na 120 °C. Tuto teplotu tedy může mít otopná voda v zásobníku tepla ZT shodně s teplotou vody, protékající kolektorem. Takto vysoká teplota otopné vody (TV) v zásobníku tepla dovoluje uložit do vodního objemu větší množství tepla a tím se umožní vyšší odběr teplé vody (TUV) s teplotou redukovanou např. na 55 °C. Otopná voda v zásobníku tepla je upravená a v důsledku toho se snižuje nebezpečí vzniku

inkrustace na povrchu výměníku i při vyšších teplotách vody. U teplovodního zásobníku se ohřívá chemicky neupravená teplá voda (TUV), u které se může při vyšších teplotách (např. nad 55 °C) na povrchu výměníku vytvářet inkrustace, v závislosti na složení dodávané vody vodovodem. Napojení přívodu do solárního okruhu na ZT je u dna zásobníku z toho důvodu, že okruh ohřevu TUV, např. vloženým spirálovým výměníkem, zajišťuje výstup z pláště spirálového výměníku u dna zásobníku tepla tak, aby, v místě odběru nebo v místě vstupu do solárního okruhu, byla voda co nejchladnější. U tohoto systému je tedy i malý objem vody ochlazené z ohřevu TUV v zásobníku důvodem k provozu kolektoru.

Režim nabíjení nebo vybíjení zásobníku teplem ze solárního okruhu je řízen např. teploměrem Z - V, vloženým do zásobníku a teploměrem T, vloženým do vody v kolektoru, jak se i běžně používá. Ohřev vody z kotle K, v případě absence slunečního záření v letních měsících, je v případě vybití zásobníku, na úroveň hladiny teploměru Z1, zajišťován oběhovým čerpadlem Č2. Velikost objemu takto ohříváné otopné vody pod stropem zásobníku nemusí být velká a závisí na výkonu kotle. Minimální objem ohříváné otopné vody pod stropem zásobníku, nad teploměrem Z1, odpovídá vyššímu výkonu kotle, který pokryje teplem i ohřev TUV při špičkovém odběru. Závislost maximálního výkonu kotle pro ohřev TUV na minimálním objemu vyrovnávací nádrže může být chápána tak, jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách o průtočné přípravě TUV.

### **b) Zimní provoz pro přípravu TUV a vytápění (obr. 7.6)**

V době zimního provozu je do zásobníku ZT dodáváno teplo z kotle K (např. kondenzačního).

Stále silící tendence snižovat teplotu vody pro vytápění až k teplotám nízkoteplotních soustav vytváří při návrhu vytápěcího zdroje dvě nové skutečnosti:

- nutnost zajistit teplotu otopné vody v zásobníku tepla na takové výši, která je potřebná pro přípravu TUV (min. 55 až 60 °C), a to celoročně
- možnost využití vody i s relativně nízkou teplotou, od solárních kolektorů, pro vytápění (např. 30 až 40 °C) v teplejším období topné sezóny, kdy je tato teplota otopné vody na vytápění dostatečná, např. u podlahového vytápění.

U zásobníku tepla ZT je snaha tento problém řešit tak, že v případě nižší teploty vratné vody z otopné soustavy OS (např. 30 °C), než je teplota v solárním kolektoru (např. 40 °C), se zapojí solární okruh teploměrem ZV v zásobníku ZT. Vratná voda ze systému s takto nízkou teplotou cirkuluje v solárním kolektoru a je ohřívána na vyšší teplotu, která může stačit, podle výkonu kolektoru, pro vytápění v přechodném období.

Je-li teplota takto ohřáté otopné vody nedostatečná, zapíná teploměr Z2 kotel na její ohřátí až bude v zásobníku dosaženo hladiny teploměru V.

Při dostatečné teplotě otopné vody v ZT, pro vytápění v OS, od solárního systému (např. 40 °C), je kotel zapínán pouze pro přípravu TUV a ohřívá malý objem otopné vody v ZT nad teploměrem Z1, jak bylo výše popsáno.

Jinak režim zapínání kondenzačního kotle s přerušovaným provozem na plný výkon, bez využití tepla od solárních kolektorů, zůstává stejný jako v případě monovalentního zdroje.

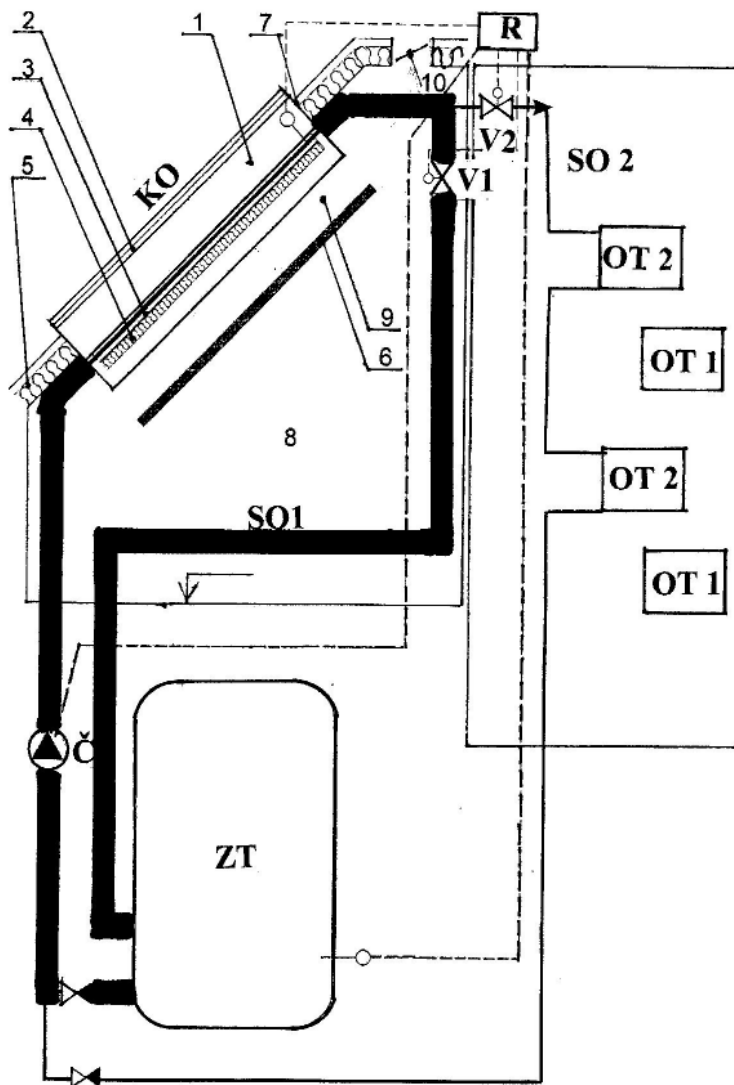
## **7.4 Paralelní zapojení otopné soustavy a ZT na solární kolektor**

### **7.4.1 Úvod**

Při připojení solárního kolektoru je využití solárního tepla na vytápění nebo na přípravu TUV dáno vyšší teplotou vody v kolektoru než je teplota vody ve spodní části zásobníku tepla. Není-li tento rozdíl teploty pozitivní, nelze teplo s nižším teplotním potenciálem od kolektoru prakticky využít. Paralelní zapojení průtočné otopné soustavy v místnostech na severní fasádě takové využití umožňuje. V následující části je takové řešení s paralelní průtočnou soustavou popsáno.

Na obr. 7.7 a 7.8 jsou od vestavěného kolektoru napojeny dva solární okruhy. Rozdělení solárního okruhu do dvou paralelních větví vytváří:

- soustavu SO1 – s napojením na zásobník tepla
- soustavu SO2 – s napojením na průtočný systém otopných ploch OT1 pro severně orientované místnosti.



Obr. 7.7 Dvouvětvná solární soustava s vestavěným kolektorem při provozu oběhu SO1 s připojením na zásobník tepla ZT

KO – vestavěný solární kolektor, ZT – zásobník tepla se zapojením soustavy SO1, R – regulátor přepínání solárních okruhů SO1 a SO2, SO1 – solární okruh zásobníku tepla, SO2 – solární okruh dotápění neosluněných místností, Č – společné oběhové čerpadlo obou solárních okruhů, V1 – uzavírací armatura solárního okruhu zásobníku tepla, V2 – uzavírací armatura solárního dotápění neosluněných místností

Legenda k vestavěnému solárnímu kolektoru:

1 – konvekční prostor kolektoru, 2 – dvojité zasklení kolektoru, 3 – absorpční plocha kolektoru (absorbér), 4 – reflexní plocha spodního líce absorbéru, 5 – tepelně izolační plášť střechy, 6 – stínící plocha pod dnem kolektoru (žaluzie), 7 – plášť kolektoru, 8 – vytápěný (temperovaný) prostor místnosti, 9 – větrací štěrбина mezi dnem pláště kolektoru a stínící plochou, 10 – větrací klapka odvodu teplého vzduchu

#### 7.4.2 Solární okruhy

Solární okruh je rozdělen na:

- soustavu SO1 pro napojení ZT,
- soustavu SO2 pro průtokové napojení otopných těles.

##### a) Soustava SO1 pro napojení zásobníku tepla (obr. 7.7)

Na obr. 7.7 je ve schématu zobrazena soustava pro průtok otopné vody od solárního kolektoru k zásobníku tepla. Provoz solární soustavy SO1 je spuštěn při pozitivní teplotní diferenci mezi teplotou vody v solárním kolektoru a čidlem teploty vody v charakteristickém místě zásobníku tepla. Podle dostatečné teplotní difference se v regulátoru R spouští oběhové čerpadlo Č s příslušnými parametry pro průtok otopné vody solárním kolektorem. Zároveň je otevřen ventil V1 na soustavě SO1 a uzavřen ventil V2 na soustavě SO2. Na obr. 7.7 je tento oběh soustavou SO1 zobrazen silnou čarou.

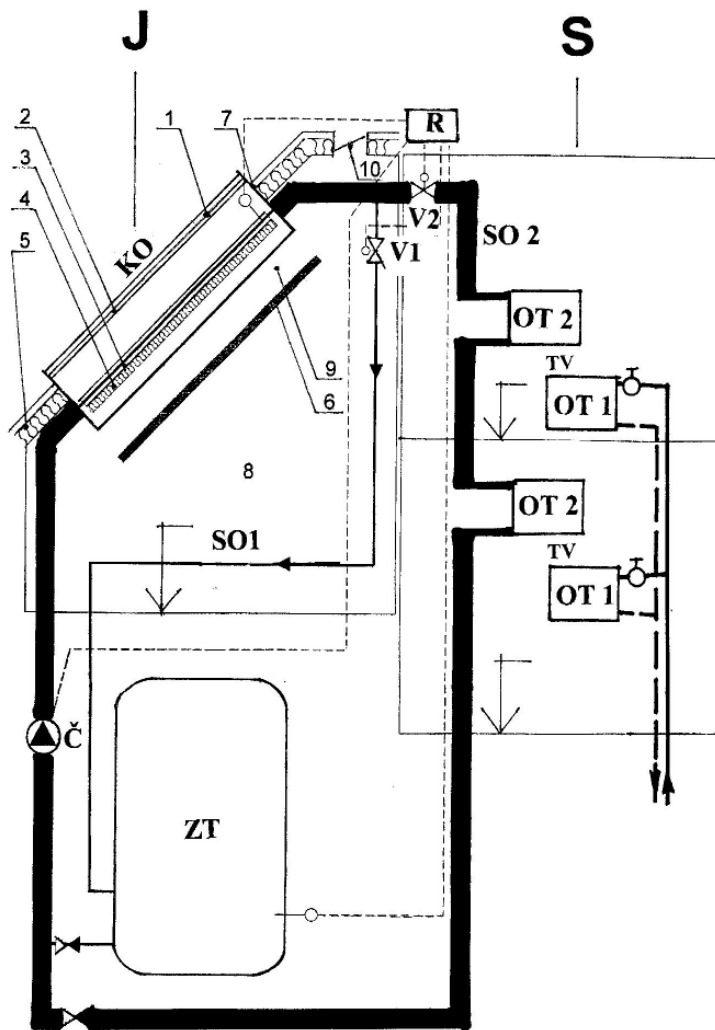
##### b) Soustava SO2 pro průtokové napojení otopných těles (obr. 7.8)

U solárního systému se zásobníkem tepla ZT nastává při zimním provozu vytápění doba, kdy v solárním kolektoru je teplota vody (např. 40 °C) nad teplotou vzduchu v místnostech budovy (např. 20 °C). Tato teplota nestačí pro využití ve vytápěcím systému (kde je požadována teplota otopné vody např. 60 °C). Teplota vody v solárním kolektoru nedovoluje dodat toto teplo do zásobníku tepla ZT ani pro vytápění ani pro přípravu TUV. Při slunných zimních dnech je běžné využívat sluneční záření formou pasivních zisků přes prosklené části obvodového pláště v místnostech budovy s jihozápadní orientací. Vestavěný solární kolektor s celoročním provozem v topném období je využitelný pro vytápění místností se severní orientací, není-li teplota vody v solárním okruhu využitelná v zásobníku tepla ZT. Podle obr. 7.8 stačí pouze přepnout ze solárního okruhu SO1 s propojením na zásobník tepla ZT na solární okruh SO2, tvořící průtočnou soustavu pro dotápění. Soustava má otopná tělesa OT2 v místnostech orientovaných severovýchodně.

Při rozdílu teplot, mezi teplotou vzduchu v místnosti a teplotou vody v kolektoru, nad 10 °C stačí při spuštění oběhového čerpadla otevřít ventilem V2 okruh dotápění neosluněných místností SO2. Otevírání a uzavírání elektroventilů V1 a V2 regulátorem R je řízeno podle teploměrů v kolektoru a v severně orientovaných místnostech a v zásobníku tepla ZT. Střídání oběhu vody v solárních okruzích SO1 nebo SO2 může být řešeno (zřejmě i levněji) s použitím samostatných oběhových čerpadel pro každý okruh SO1 a SO2.

Na solární soustavu dotápění SO2 jsou napojena otopná tělesa OT2 bez regulace, tedy jako průtočná soustava. Tělesa slouží jako doplňková otopná plocha k regulovaným otopným tělesům OT1, které kryjí běžné tepelnou ztrátu místnosti. Jsou-li tělesa regulovaného vytápěcího systému OT1 vybavena termostatickým ventilem TV, zaznamenávají tyto tepelný zisk v místnosti od otopných těles OT2. Přivíráním nebo uzavíráním regulují průtok otopné vody (přívod tepla) ze zásobníku tepla ZT do soustavy v požadovaném množství. Touto snadnou regulací se nezvyšuje pořizovací náklad dalšími prvky regulace soustavy SO2, neboť zůstává jednoduchou průtočnou soustavou.





Obr. 7.8 Dvouvětvná solární soustava s vestavěným kolektorem při provozu průtočné soustavy SO2  
 J – jižní orientace místností budovy, S – severní orientace místností budovy, KO – vestavěný solární kolektor, R – regulátor přepínání solárních okruhů SO1 a SO2, SO2 – solární okruh dotápění neosluněných místností, OT2 – otopná plocha dotápění neosluněných místností solárním systémem, Č – společné oběhové čerpadlo obou solárních okruhů, V1 – uzavírací armatura solárního okruhu zásobníku tepla, V2 – uzavírací armatura solárního dotápění neosluněných místností, TV – termostatický ventil otopné plochy regulovaného vytápění do osluněných místností

Legenda k vestavěnému solárnímu kolektoru:

1 – konvekční prostor kolektoru, 2 – dvojité zasklení kolektoru, 3 – absorpční plocha kolektoru (absorbér), 4 – reflexní plocha spodního líce absorbéru, 5 – tepelně izolační pláště střechy, 6 – stínící plocha pod dnem kolektoru (žaluzie), 7 – pláště kolektoru, 8 – vytápěný (temperovaný) prostor místnosti, 9 – větrací štěrba mezi dnem pláště kolektoru a stínící plochou, 10 – větrací klapka odvodu teplého vzduchu

## 7.5 Připojení TČ na zásobník tepla ZT

Na základě posouzení výhod a nevýhod připojení obecného topného zdroje na zásobník tepla můžeme porovnávat, jak se způsob s napojením TČ na zásobník tepla uplatní. Základní přednost a obecný popis způsobů připojování zdrojů na zásobníky tepla jsou popsány v předchozích kapitolách.

### 7.5.1 Obecné zásady

Většinou jsou obecné zásady, pro připojení topného zdroje, platné i pro připojení TČ na zásobník tepla s využíváním pro vytápění a pro přípravu TUV.

K základním přednostem připojení TČ na zásobník tepla patří:

- možnost trvalejšího provozu TČ, zejména v topném období s nižším odebíraným výkonem u vytápěcí soustavy,
- možnost provozu na stálý výkon,
- přenos regulace výkonu TČ je do regulace otopné vody, vyjádřená změnou teploty, kterou se provádí vždy regulace snadněji a plynuleji,
- možnost kombinovaného paralelního provozu přípravy TUV s vytápěcím systémem,
- hydraulické oddělení zdrojového okruhu (okruhu s TČ) od vytápěcího okruhu, případně od okruhu ohřevu TUV, je-li příprava TUV používána
- výkonové oddělení dodávky tepla od odběru tepla.

#### a) Funkce zásobníku tepla (ZT)

Přednosti ZT, uvedené výše, řeší zásobník tepla podle „Užitného vzoru č. 11 826 Zásobník tepla kondenzačního kotle a sestava pro ohřev užitkové vody a/nebo vytápění“. Zásobník tepla ZTKK používaný jinak pro kondenzační kotle lze i bez dalších úprav použít pro tepelná čerpadla.

Obecně zásobník tepla ZTKK lze definovat jako svislou válcovou nádobu s otopnou vodou, respektující přirozené rozložení teploty otopné vody po výšce, tj. nejteplejší vody pod víkem a nejméně teplejší vody u dna zásobníku tepla.

#### b) Funkce zařízení zásobníku tepla

Pro přirozené rozložení teploty v ZT proto platí:

- horní část zásobníku:
  - do horní části zásobníku tepla ZT je přiváděna ohřátá otopná voda od výměníku tepelného čerpadla,
  - z horní části ZT je odebírána teplá otopná voda do vytápěcího systému OS,
  - z horní části ZT je nuceně oběhový čerpadlem odebírána otopná voda pro nucený průtokový ohřev TUV ve spirálovém výměníku (SV),
- spodní část zásobníku:
  - ze spodní části zásobníku je odebírána ochlazená voda do okruhu tepelného čerpadla pro dobíjení zásobníku tepla,
  - do spodní části zásobníku je přiváděna otopná voda z vytápěcího systému OS,
  - do spodní části zásobníku je přiváděna otopná voda z nuceného průtoku spirálovým výměníkem ohřevu TUV.

Dohodnutá nastavená teplotní hladina teploměrů Z a V, buď konstantními nebo pulzujícími teplotami otopné vody v zásobníku tepla, řídí provoz tepelného čerpadla pomocí závislosti na teplotě otopné vody v zásobníku tepla. Horní teploměr v zásobníku tepla zajišťuje, při poklesu teploty v zásobníku, (z odběru tepla do vytápěcího systému nebo z odběru tepla pro ohřev TUV), dobíjení zásobníku od tepelného čerpadla.

### 7.5.2 Popis zásobníku tepla ZTKK (obr. 7.9)

#### a) Napojení tepelného čerpadla TČ

Podle schématu na obr. 7.9 je zásobník tepla válcová nádoba označená ZT, ke které je:

- zleva dole připojeno tepelné čerpadlo TČ otopným okruhem, vycházejícím ze ZT s ochlazenou otopnou vodou (11) a se vstupem do tepelného čerpadla TČ,
- zleva nahoře připojen topný okruh TČ s ohřátou otopnou vodou, vstupující do ZT hrdlem (13).

Nabíjení zásobníku ZT od tepelného čerpadla zajišťuje oběhové čerpadlo Č1.

## **b) Napojení vytápěcího okruhu OS**

Napojení vytápěcího okruhu, vyznačené zjednodušeně jediným okruhem OS, je na schématu na obr. 7.9 vyznačeno vlevo od ZT. Vytápění je řízeno oběhovým čerpadlem Č2. Výstup z vytápěcího okruhu zásobníku tepla ZT je nahoře z hrdla (14) a vstup ochlazené vody od vytápěcího okruhu do ZT je hrdlem u dna zásobníku (12).

Ekvitermní regulace požadované teploty otopné vody pro vytápěcí soustavu je zajišťována trojcestným ventilem (12) s přimícháváním zpětné chladnější vody do vody přívodní.

## **c) Napojení okruhu ohřevu TUV**

Ohřev TUV je zajišťován v průtokovém ohřivači (SV) nucenou konvekcí otopné vody pro zajištění vyššího výkonu teplosměnné plochy ohřivače. Průtokový ohřivač tvoří spirálový výměník (SV), vložený do zásobníku tepla (ZT) tak, aby protékající otopná voda proudila protiproudně podél spirálového výměníku svisle dolů ke dnu zásobníku tepla (ZT) výstupem v hrdle (16). Nucený průtok otopné vody zajišťuje oběhové čerpadlo (Č3), nasávající otopnou vodu ze ZT výstupním hrdlem (15) ve víku ZT s horním vstupem do pláště spirálového výměníku v jeho horní části.

### **7.5.3 Ohřev teplé vody**

Studená voda pro ohřev TUV vstupuje do spirálového výměníku u jeho dna a protiproudně k otopné vodě, proudí spirálou výměníku nahoru k vyústění do rozvodu TUV (v obr. 7.9 je výstup TUV označen symbolem T). Případné doregulování teploty TUV na úroveň konstantní hodnoty zajišťuje termostatický trojcestný ventil (18).

V případě připojení na cirkulační distribuční síť TUV je ohřívání cirkulační vody zajišťováno trubkovým výměníkem (17), uloženým do horní části zásobníku tepla ZT. Ohřívání cirkulační TUV v trubkovém výměníku je přirozenou konvekcí otopné vody. Nízký potřebný výkon pro ohřev je dán velmi nízkým výkonem, plynoucím z malého ochlazení TUV v izolovaném potrubí. Oběhovým čerpadlem (Č4) pro cirkulaci TUV, napojeným před výměníkem v pravé horní části ZT, je zajišťován průtok při ohřevu cirkulační TUV trubkovým výměníkem. Výstup cirkulační vody z víka zásobníku tepla ZT je řešen výstupním hrdlem (22). Připojení cirkulačního potrubí na potrubí rozvodu TUV je za trojcestným termostatickým ventilem pro směšování se studenou vodou. Je to proto, aby trojcestný ventil sloužil pouze k regulaci při odběru TUV.

### **7.5.4 Regulace provozu**

#### **a) Regulace dobíjení ZT**

Odběrem tepla (pro vytápění nebo pro přípravu TUV) se zvyšuje hladina ochlazené vody v ZT. Při dosažení chladné hladiny v úrovni teploměru Z se zapíná tepelné čerpadlo do provozu a ohřátá otopná voda plní odshora postupně zásobník tepla ZT. Nabíjení je do doby, než hladina ohřáté otopné vody od tepelného čerpadla TČ dosáhne úrovně teploměru (V), který přeruší dodávku tepla od tepelného čerpadla. Zásobník tepla je „nabit“ otopnou vodou požadované teploty k jejímu dalšímu odběru. Současně s dobíjením probíhá nejčastěji i odběr tepla do soustavy, resp. odběr pro přípravu TUV tak, jak by to odpovídalo režimu provozu bez použití zásobníku tepla.

#### **b) Regulace vybíjení ZT**

Vytápěcí soustava může být s proměnným výkonem v průběhu topného období provozována nepřetržitě. Ohřev TUV k vytápěcí soustavě (OS) je řešen jako paralelní.

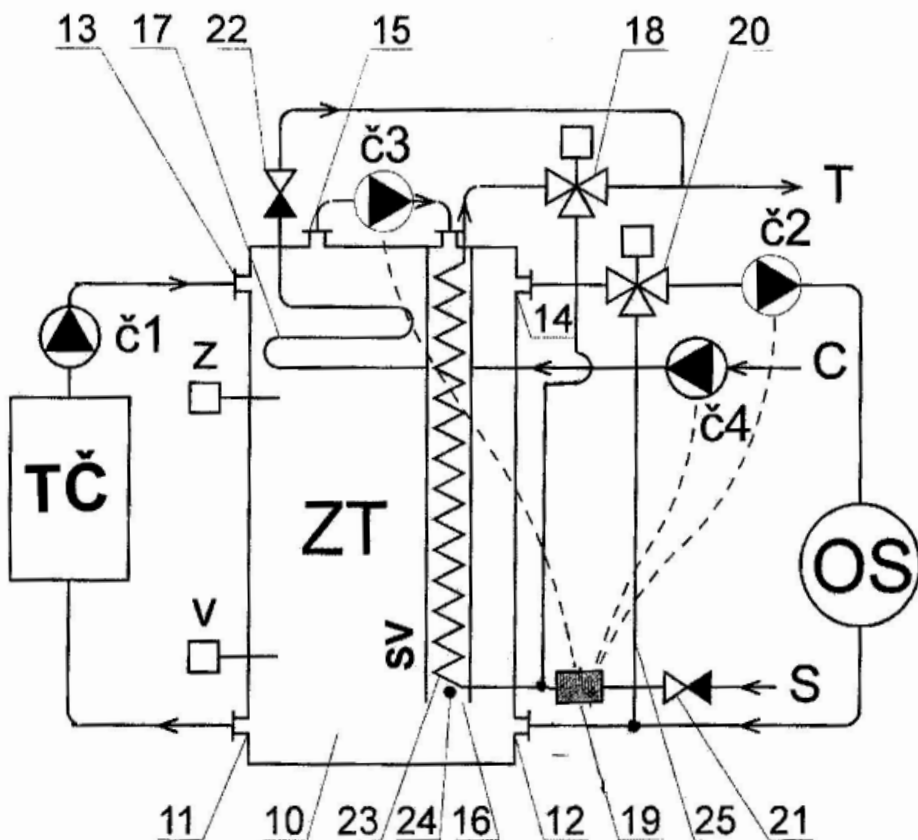
Režim provozu TUV může být na výkonu dodávaném od TČ a odebíraném výkonu u OS a ohřevu TUV řešen jako:

- současný, kdy výkon TČ je dostatečný pro součet odebíraných výkonů pro vytápění i pro přípravu TUV,
- alternativní, kdy výkon TČ je (zjednodušeně) navržen pro vyšší výkon z obou výkonů – pro vytápění nebo pro přípravu TUV,
- kombinace současného a alternativního provozu, u kterého je alternativní režim používán v topném období s nejnižšími venkovními teplotami, kdy výkon vytápění je blízký jmenovitým hodnotám TČ. Při sníženém výkonu pro vytápění může být pak režim provozu přípravy TUV současný s vytápěním.

U alternativního režimu provozu ohřevu TUV je, shodně s výše uvedenými zásadami, předřazena

příprava TUV provozu vytápění. Na schématu uvedeném na obr. 7.9 je čidlem průtoku studené vody (11), při jejím průtoku do ohřívače, spuštěno oběhové čerpadlo ohřevu TUV (Č3). Současně jsou mimo provoz oběhová čerpadla (Č2) vytápěcího okruhu a oběhové čerpadlo (Č4) cirkulačního okruhu přípravy TUV.

Celý regulační systém, ovládající provoz na teplovodní soustavě, je velmi jednoduchý a spolehlivý, neboť regulace je řízena pouze podle teploty, resp. průtoku vody.



Obr. 7.9 Příklad zapojení TČ na zásobník tepla ZTKK podle „Užitného vzoru č. 11 826“

TČ – tepelné čerpadlo, ZT (10) – zásobník tepla (otopné vody), S – přívod studené vody, T – výstup TUV, C – cirkulace TUV, OS – otopná soustava

Teploměr:

Z – pro zapínání TČ (nabíjení), V – pro vypínání TČ

Oběhové čerpadlo:

Č1 – okruhu TČ, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV

Připojovací hrdlo zásobníku ZT:

11 – výstup otopné vody z TČ, 12 – pro přívod z otopné soustavy, 13 – pro přívod z TČ, 14 – pro výstup do otopné soustavy, 15 – pro výstup do ohřívače TUV

Armatury, zařízení, čidla:

16 – výstup otopné vody z ohřívače TUV, 17 – výměník ohřevu cirkulace, 18 – směšovací ventil TUV, 19 – čidlo provozu TUV – vytápění, 20 – směšovací ventil ekvitermní regulace OS, 21 – zpětný ventil – studená voda, 22 – zpětný ventil – cirkulace, 23 – spirálová plocha výměníku TUV, 24 – čidlo teploty na výstupu z ohřívače TUV, 25 – směšovací potrubí OS

## 7.6 Napojení TČ na zásobník tepla ZT při monovalentním provozu

Při monovalentním provozu jsou parametry TČ nastaveny na teploty otopné vody, kterými je zajišťováno vytápění a případně i příprava TUV po dobu topného období. Připojení TČ na zásobník tepla podle „Užitného vzoru č. 11 826“ při monovalentním provozu je řešeno v několika variantách. Z možných variant řešení jsou pro monovalentní provoz TČ s napojením na zásobník tepla ZT uvedeny:

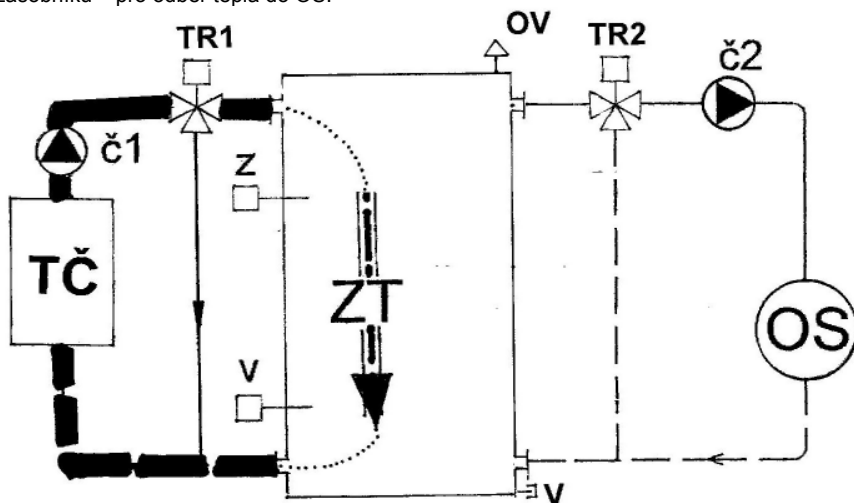
- provoz s konstantním teplotním spádem s připojením ZT na vytápěcí okruh bez přípravy TUV,
- provoz s celoroční konstantní teplotou otopné vody v okruhu TČ s paralelním ohřevem TUV, současným, resp. alternativním,
- provoz s proměnným teplotním spádem v okruhu TČ s paralelním ohřevem TUV,
- provoz s celoroční konstantní teplotou otopné vody v okruhu kaskádově připojených TČ s paralelním ohřevem TUV, současným, resp. alternativním.

### 7.6.1 Provoz TČ s vytápěcí soustavou (OS) s konstantní teplotou otopné vody v okruhu TČ (obr. 7.10 a 7.11)

Jednoduchý příklad monovalentního provozu TČ, připojeným na zásobník tepla ZT, pouze pro vytápěcí soustavu OS je uveden na obr. 7.10 a 7.11. Zásobník tepla slouží nejen k vyrovnání výkonových rozdílů mezi dodávkou tepla a jeho odběrem, ale i k vyrovnání teplotních rozdílů mezi dobíjecím okruhem TČ a vybijecím okruhem pro vytápěcí soustavu OS.

#### a) Vybijení zásobníku tepla ZT (obr. 7.11)

Při odběru tepla otopnou soustavou OS jsou teplotní požadavky u jednotlivých topných okruhů většinou řízeny směřováním pomocí trojcestného směšovacího ventilu, jak je schématicky naznačeno na obr. 7.11 ventilem (TR2). Teplotní spád a teploty otopné vody u jednotlivých okruhů mohou být proměnné. V důsledku toho je i proměnná teplota zpětné otopné vody, přiváděné z vytápěcí soustavy OS do zásobníku tepla ZT. Teplota zpětné vody, plnicí odsopu zásobník tepla ZT bude po dosažení zapínacího teplotoměru (Z) zajišťovat současně nabíjení zásobníku ZT. Průtok otopné vody od tepelného čerpadla TČ do zásobníku tepla ZT musí být vždy vyšší než je průtok pro vytápění zásobníku – pro odběr tepla do OS.

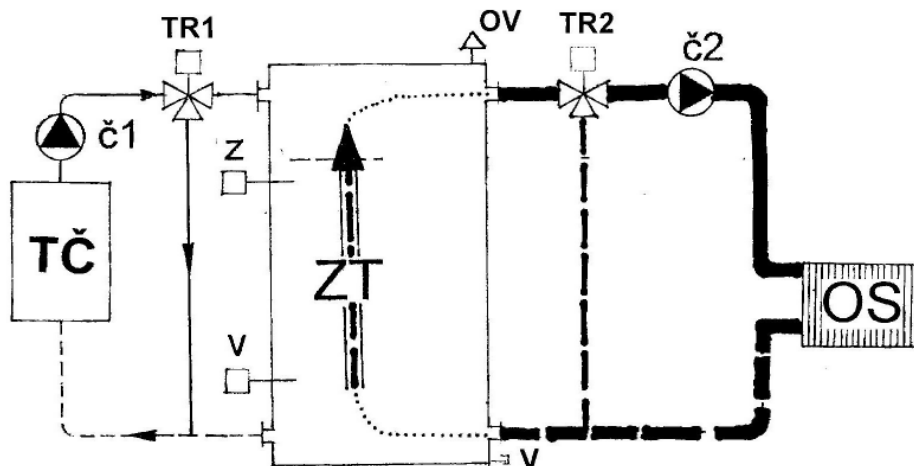


Obr. 7.10 Schéma připojení TČ na ZT, s konstantní teplotou v okruhu TČ, bez přípravy TUV – provoz nabíjení

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Z – zapínací teplotoměr provozu TČ, V – vypínací teplotoměr provozu TČ, ov – odvětrávací ventil, v – výpustní kohout

### b) Nabíjení zásobníku tepla ZT (obr. 7.10)

Pro nabíjení zásobníku tepla okruhem TČ podle obr. 7.10 je potřebné dodržet teplotu vstupní otopné vody do ZT od tepelného čerpadla TČ nad hodnotou nejvyšší požadované teploty vytápěcích okruhů OS. Tato teplota otopné vody, řízená regulačním systémem vytápění, určuje teplotu pro výstup z TČ a stanoví teplotu zapínacího teploměru Z a vypínacího teploměru V, kterými je řízen režim nabíjení teplovodního zásobníku. Při jiném teplotním spádu v jednotlivých okruzích otopné soustavy, než je jmenovitý teplotní spád na výměníku TČ, se pomocí trojcestného směšovacího ventilu (TR1) zajišťuje zvýšení teploty otopné vody, vstupující do TČ ze zásobníku tepla ZT. Hodnoty zapínacího teploměru (Z) a vypínacího teploměru (V) jsou proměnné v průběhu topného období tak, jak se mění výkon otopné plochy vytápěcího systému, v případě regulace vytápěcí soustavy podle venkovní teploty.



Obr. 7.11 Schéma připojení TČ na ZT, s konstantní teplotou v okruhu TČ, bez přípravy TUV – provoz vybíjení

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – vypustní kohout

### c) Provoz TČ v průběhu roku

Při režimu výkonu TČ, jak je uveden na obr. 7.10 a 7.11 a výše popsán, je regulace výkonu při vytápění přenesena na změnu průtoku ze zásobníku tepla ZT do vytápěcí soustavy. Při plném odebraném výkonu otopnou soustavou, tj. při výpočtových jmenovitých teplotách venkovního vzduchu, je výkon TČ dán velikostí odebraného výkonu při těchto podmínkách. Dodávané teplo z tepelného čerpadla TČ je shodné s odebraným teplem vytápěcí soustavy. Oba průtoky otopné vody v obou okruzích jsou shodné. Jsou-li stejné průtoky v obou okruzích otopné vody, je vlastně funkce zásobníku tepla při tomto výkonu bezpředmětná a můžeme uvažovat nulový průtok zásobníkem tepla, tedy bez zdržení vody v zásobníku tepla. Postupně, tak jak se snižuje výkon na straně odběru tepla, např. pro vytápění, snižuje se i průtok otopné vody okruhem vytápění. Přebytek tepla, který dodává tepelné čerpadlo s konstantním průtokem a konstantní teplotou otopné vody je zdržován v zásobníku tepla ZT, neboť jen část tepla od TČ je souběžně s dobíjením ZT odváděna do vytápěcí soustavy OS.

Se snižujícím se výkonem ve vytápěcí soustavě se délka provozních přestávek nabíjení zásobníku tepla ZT zvyšuje.

### 7.6.2 Provoz TČ s vytápěcí soustavou – s proměnnou teplotou otopné vody v okruhu TČ (obr. 7.12 a 7.13)

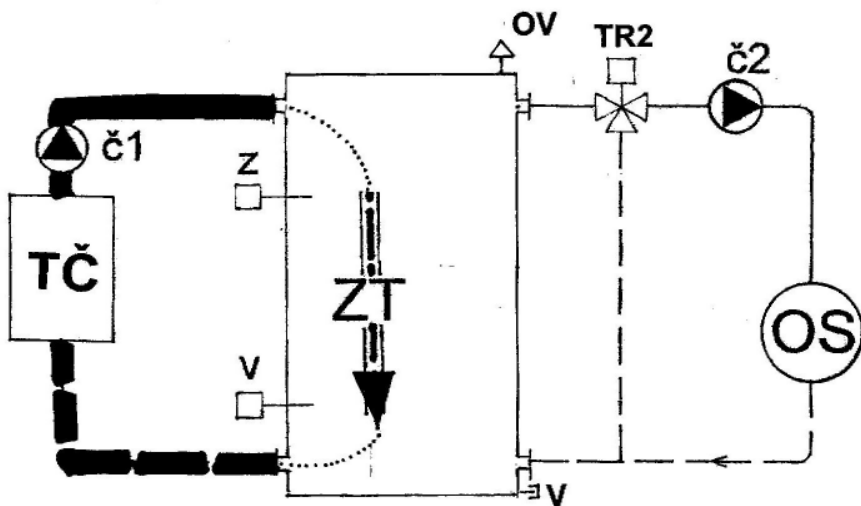
Při využití monovalentního provozu TČ se zapojením zásobníku tepla ZT, sloužící pouze pro vytápění, je možné napojení TČ bez zvyšování teploty zpětné otopné vody, vstupující do tepelného čerpadla. Je to za podmínky, že:

- výpočtový teplotní spád okruhu tepelného čerpadla je vyšší než je výpočtový teplotní spád vytápěcí soustavy,
- výstupní výpočtová teplota otopné vody z TČ je vyšší než výpočtová vstupní teplota do vytápěcí soustavy (OS),
- jmenovitý průtok otopné vody oběhovým čerpadlem (Č1) okruhu TČ je vyšší než je jmenovitý průtok oběhovým čerpadlem (Č2) vytápěcí soustavy.

#### a) Provoz nabíjení zásobníku tepla ZT (obr. 7.12)

Podle obr. 7.12 je provoz ohřívání otopné vody v zásobníku tepla ZT při menším odběru tepla z vytápěcího systému. Do zásobníku tepla se vrací menší množství ochlazené vody z vytápěcí soustavy. Z okruhu tepelného čerpadla protéká do zásobníku tepla větším průtokem od oběhového čerpadla (Č1), otopná voda s vyšší teplotou než je odebírána teplota otopné vody do vytápěcí soustavy OS.

Postupné plnění zásobníku tepla ZT, teplejší vodou z okruhu TČ, je ukončeno při dosažení hladiny teplé vody na úrovni vypínacího spodního teploměru (V) v zásobníku tepla ZT. Teplota vypínacího teploměru má proměnnou hodnotu v průběhu topného období a je shodná s výstupní teplotou otopné vody z tepelného čerpadla TČ.



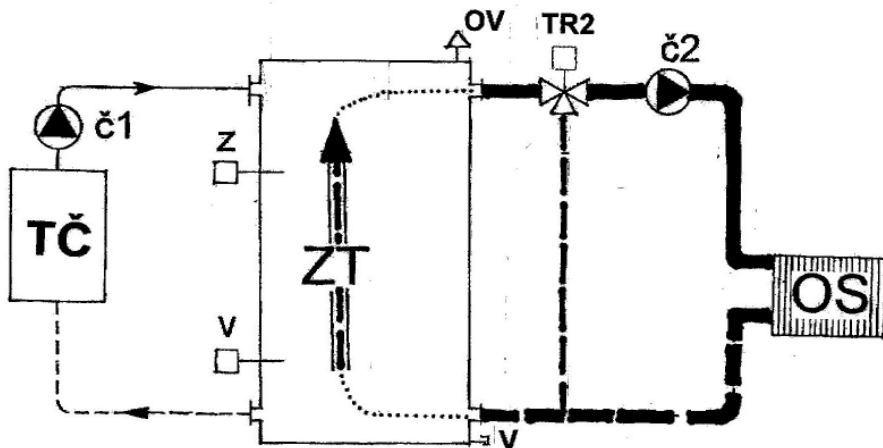
Obr. 7.12 Schéma připojení TČ na ZT s proměnnou teplotou v okruhu TČ, bez přípravy TUV – provoz nabíjení

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvětrávací ventil, v – výpustní kohout

#### b) Provoz vybíjení ZT (obr. 7.13)

Po dosažení teploty otopné vody, nastavené v ZT na úrovni vypínacího teploměru (V), dostává se tepelné čerpadlo do provozně pohotovostní přestávky. Během ní je ze zásobníku tepla ZT odebírána otopná voda vytápěcí soustavou. Průtok otopné vody na úrovni zásobníku tepla je pouze nepatrně nižší než je průtok oběhovým čerpadlem, neboť zvýšení teploty v ZT není takové, jako u předchozího příkladu podle obr. 7.10 a 7.11, kdy je teplotní zvýšení značné. Postupné plnění užitého objemu ZT, chladnější zpětnou otopnou vodou ze systému, probíhá až do dosažení hladiny chladné teploty na úrovni horního zapínacího teploměru (Z). Je-li hodnota teploty zapínacího teploměru přibližně

shodná s teplotou vypínacího teploměru, dochází k sepnutí provozu TČ a k postupnému nabíjení, nejčastěji se současným odběrem tepla do vytápěcí soustavy.



Obr. 7.13 Schéma připojení TČ na ZT s proměnnou teplotou v okruhu TČ, bez přípravy TUV – provoz vybíjení

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – výpustní kohout

### c) Výhodnost systému proměnné regulace teploty

Z výkonového diagramu vyplývá, že s nižší teplotou zpětné otopné vody, přiváděné do TČ, se zvyšuje výkon i účinnost provozu TČ. Jednoduchou vazbou proměnných vypínacích a zapínacích teplot, u řídicích teploměrů zásobníku tepla ZT, se dosáhne dostatečně vysoké teploty otopné vody, která je potřebná pro vytápěcí soustavu. Přitom tato teplota v zásobníku tepla nedosahuje zbytečně vysokých hodnot pro vytvoření tepelné ztráty na povrchu zásobníku tepla ZT. Režim provozu tepelného čerpadla, oproti předchozímu systému, je plynulejší.

### 7.6.3 Kombinovaný provoz vytápění a přípravy TUV – s konstantní teplotou otopné vody v okruhu TČ (obr. 7.14 až 7.16)

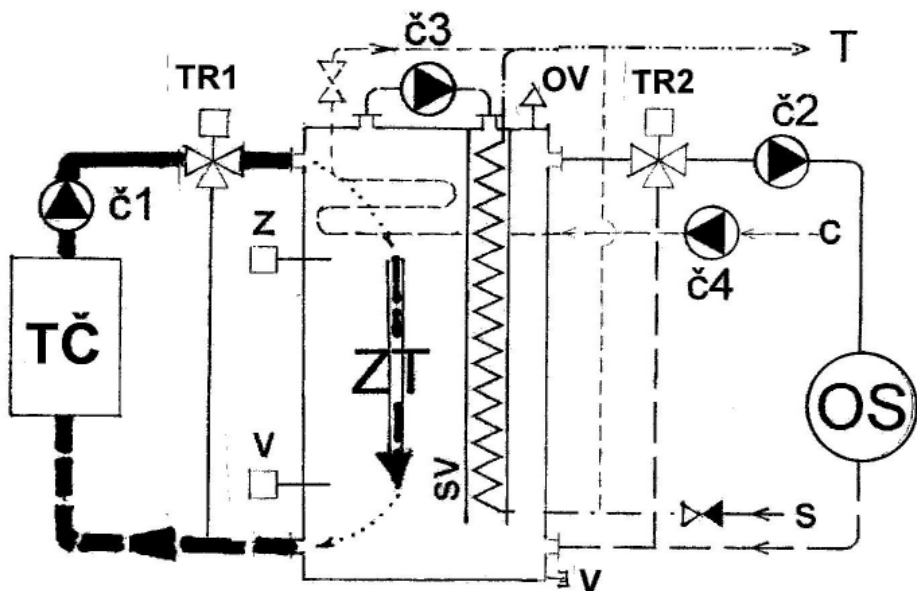
Na obr. 7.14 je uveden klasický systém provozu zásobníku tepla ZT při výkonu požadovaném pro ohřev TUV, plně krytém od tepelného čerpadla TČ. Teplota otopné vody, vystupující z výměníku tepla tepelného čerpadla TČ musí být celoročně nad hodnotou výstupní teploty teplé užitkové vody z ohříváče (SV).

#### a) Nabíjení zásobníku tepla ZT (obr. 7.14)

Schéma nabíjení zásobníku tepla ZT je naznačeno na obr. 7.14. Ohřívání otopné vody od TČ, v zásobníku tepla ZT, nastává při dosažení chladné hladiny otopné vody na zapínacím teploměru (Z), osazeném v horní části zásobníku tepla ZT. Současně, s provozem tepelného čerpadla TČ, je uváděno do chodu oběhové čerpadlo (Č1) okruhu TČ. Nutnou podmínkou pro splnění dostatečné teploty otopné vody v okruhu TČ a pro ohřev TUV je zajištění dostatečné teploty zpětné vody, přiváděné do TČ. Teplota zpětné vody z otopné soustavy a od přípravy TUV bývá nízká a v průběhu roku se mění. Pro dosažení požadované výstupní teploty otopné vody z TČ, při konstantním teplotním spádu na výměníku tepla TČ, je proto nutné zajistit dostatečnou teplotu otopné vody, vstupující do TČ. Přímíchávání teplejší výstupní otopné vody z TČ k zpětné vodě, je zajišťováno pomocí směšovacího trojcestného ventilu (TR1).

Objemový průtok otopné vody výměníkem TČ je konstantní. Objemový průtok na vstupu a výstupu do/ze zásobníku tepla ZT musí být vyšší, než je objemový průtok oběhového čerpadla Č3 pro průtokovou přípravu TUV.



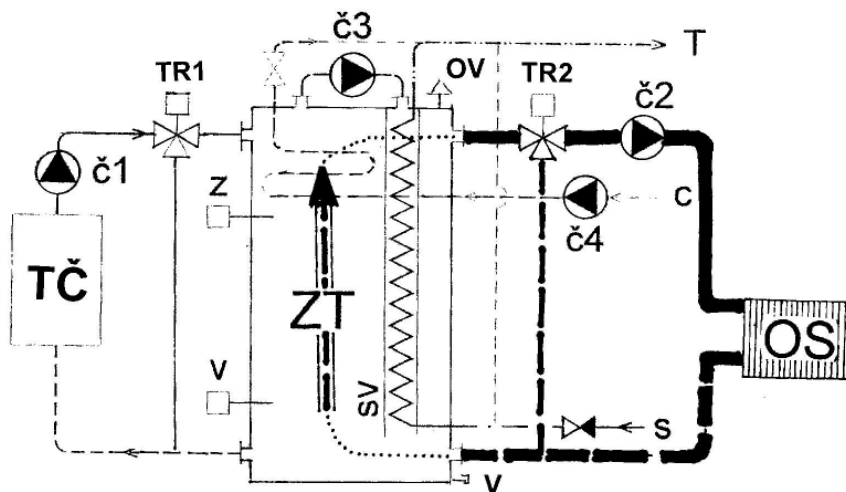


Obr. 7.14 Schéma kombinovaného provozu vytápění s přípravou TUV, s konstantní teplotou otopné vody v TČ – provoz nabíjení

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohřívače TUV, SV – spirálový průtokový ohřívač TUV, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – vypustní kohout

#### b) Napojení vytápěcího okruhu (obr. 7.15)

Na obr. 7.15 je ve schématu vyznačeno výrazně zapojení okruhu vybíjení zásobníku tepla při provozu vytápěcí soustavy. V zásobníku tepla ZT má otopná voda vždy vyšší teplotu, než je požadovaná teplota otopné vody ve vytápěcí soustavě. Provoz vytápění v topném období probíhá prakticky trvale, s požadavkem na teplotu otopné vody při ekvtermní regulaci. Požadované snížení teploty otopné vody ve vytápěcích okruzích je zajišťováno pomocí přimíchávání ochlazené zpětné otopné vody ve směšovacím trojcestném ventilu (TR2) nebo ve směšovacích ventilech jednotlivých větví rozdělovače a sběrače. Zásobníkem tepla je hydraulicky oddělena otopná soustava od okruhu TČ, a to nejen s různými průtoky otopné vody, ale i s různými teplotami otopné vody.



Obr. 7.15 Schéma kombinovaného provozu vytápění s přípravou TUV, s konstantní teplotou otopné vody v TČ – provoz vytápění

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohříváče TUV, SV – spirálový průtokový ohříváč TUV, Z – zapínací teploter provozu TČ, V – vypínací teploter provozu TČ, ov – odvodušňovací ventil, v – výpustní kohout

### c) Napojení ohřevu TUV (obr. 7.16)

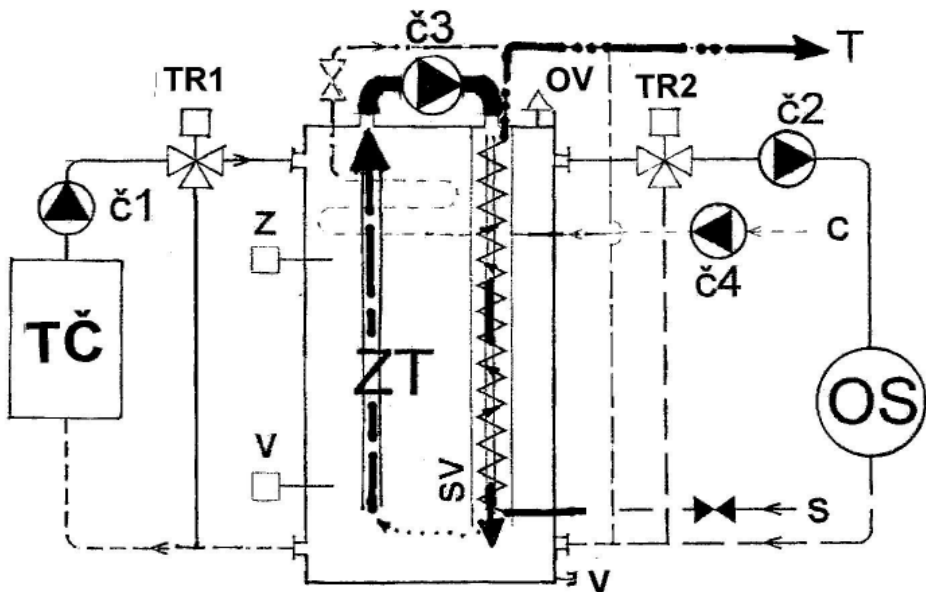
Příprava TUV je zajišťována průtokovým ohříváčem ve spirálovém výměníku SV. Otopná voda protéká od víka zásobníku tepla ZT do pláště spirálového výměníku (SV) s vyústěním u dna zásobníku tepla ZT.

Otopná voda v zásobníku tepla pod jeho víkem je, při monovalentním provozu TČ s ohřevem TUV, vždy nad požadovanou teplotou pro ohřev TUV. Tak jak se odběr TUV mění, tak se mění i požadavek na výkon. Průtok otopné vody pláštěm spirálového výměníku (SV) pomocí oběhového čerpadla (Č3) může být řešen:

- s konstantním průtokem, při kterém je výkon ohřevu TUV navržen na nejvyšší odběr, resp. průtok TUV. Při nižším odběru se ohřívá TUV na vyšší teplotu. K jejímu snížení, na požadovanou hodnotu, lze použít směšovací termostatický trojcestný ventil se směšováním se studenou vodou,
- s proměnným průtokem otopné vody, zajišťovaným změnou průtoku oběhového čerpadla (Č3). Výkon ohříváče se přizpůsobuje, průtokem otopné vody výměníkem (SV), průtokem přiváděné studené vody do výměníku (SV), v závislosti na čidle průtoku v přívodním potrubí studené vody. Doregulování teploty TUV se pak může provést opět pomocí trojcestného termostatického ventilu, osazeného na výstupu teplé vody shodně s předchozím.

### d) Nejnižší požadovaný výkon pro TČ

Regulace výkonu průtokového ohříváče, změnou průtoku otopné vody ohříváčem SV, je možná pouze v tomto případě, tj. při napojení průtokového ohříváče na zásobník tepla, který dovoluje proměnný odebíraný průtok do ohříváče. V případě přímého napojení průtokového ohříváče na jakýkoliv topný zdroj není změna průtoku možná, neboť žádný výměník tepla topného zdroje neumožňuje změnu výkonu průtokem otopné vody. Případné osazení průtokového ohřevu (např. spirálového výměníku) do zásobníku tepla bez nucené konvekce (oběhovým čerpadlem) je řešením pouze hypotetickým. Neusměrněná přirozená konvekce otopné vody v takovém případě může ohřát TUV, protékající např. v trubkách, pouze do zásoby, jak je tomu např. u teplovodních zásobníků, kde je takové řešení běžné, avšak nelze jej použít u průtokových ohříváčů.



Obr. 7.16 Schéma kombinovaného provozu vytápění s přípravou TUV, s konstantní teplotou otopné vody v TČ – provoz průtokové přípravy TUV

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohřívače TUV, SV – spirálový průtokový ohřívač TUV, Z – zapínací teploter provozu TČ, V – vypínací teploter provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – vypustní kohout

Pro dosažení rovnoměrnosti výstupní teploty TUV do distribuční sítě a pro zajištění konstantního průtoku otopné vody, a tím i konstantního výkonu při ohřevu TUV, je vhodné zařadit za průtokový ohřívač vyrovnávací nádobu.

#### e) Ohřev cirkulační TUV (obr. 7.16)

Při napojení průtokového ohřevu na distribuční síť TUV s cirkulací bývá velmi obtížné zapojit přívod cirkulace na průtokový ohřívač. Při osazení průtokového ohřívače do zásobníku tepla ZT takové napojení ohřevu cirkulační TUV je možné. Cirkulační voda je podle obr. 7.16 ohřívána v trubkovém výměníku, umístěném v horní části zásobníku tepla ZT. Trubkový výměník umožňuje v zásobníku tepla ohřát cirkulační TUV otopnou vodou při přirozené konvekci. V důsledku tepelné izolace potrubí distribuční sítě nebývá ochlazení TUV tak velké a velikost trubkového výměníku odpovídá takto malému ohřátí cirkulační TUV na požadovanou teplotu TUV. Průtok cirkulační TUV, trubkovým výměníkem v zásobníku tepla ZT, zajišťuje oběhové čerpadlo (Č4).

#### 7.6.4 Kombinovaná příprava TUV s vytápěním při dohřevu TUV – elektrickou topnou vložkou – varianta s proměnnou teplotou otopné vody (obr. 7.17)

V případě použití TČ, od něhož vystupující otopná voda má teplotu trvale nižší, než je teplota požadovaná pro přípravu TUV, je možné provést dvoustupňový ohřev:

- s předehřevem TUV od tepelného čerpadla, např. v průtokovém ohřívači, jak je uvedeno v předchozích schématech,
- pro distribuci k odběrateli je ve druhém stupni dohřívána voda, např. zásobníkově, od standardního zdroje – elektrického nebo plynového kotle tak, aby vystupující TUV měla dostatečnou teplotu pro distribuční síť k odběrateli.

Ve schématu na obr. 7.17 je však použit systém jednostupňového průtokového ohřevu tak, jak je

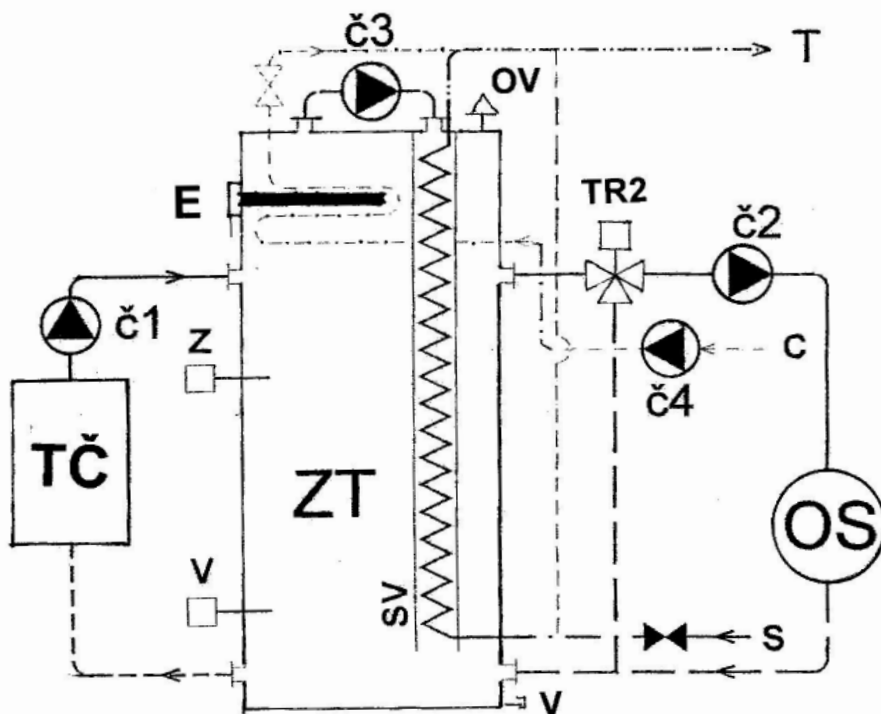
uveden na předchozích obr. 7.14 až 7.16. Úpravou výškové polohy horních hrdel (vstupního potrubí od TČ a výstupního potrubí do vytápěcí soustavy OS), posunutím do nižší polohy, se vytvoří nad hrdly vodní prostor, ve kterém je zvýšena teplota otopné vody.

Pro dohřívání otopné vody na vyšší teplotu požadovanou pro ohřev TUV se nejčastěji používá elektrická topná vložka. Ta je umístěna na spodní úrovni dohříváního prostoru ZT.

Regulace nabíjení v zásobníku tepla teplotou otopnou vodou se řídí podle teploty vystupující z TČ a požadované teploty na teplosměnné ploše. Příprava TUV nemá u tohoto zapojení TČ prioritu jako u předchozích případů. Většinou se jedná o případ používaný při malém výkonu pro přípravu TUV a podstatně vyšším jmenovitém výkonu na vytápění. Návrh teplosměnné plochy spirálového výměníku musí zajišťovat výstupní teplotu otopné vody z pláště spirálového výměníku (SV) nad teplotou zpětné vody z otopného systému.

Z hlediska hydraulického oddělení TČ od OS má ZT v tomto případě charakter spíše vyrovnávací spojky se všemi vlastnostmi, které byly uvedeny v kapitole 2.

Zásobníkový objem v horní části ZT nad postranními hrdly, se zvýšenou teplotou otopné vody, musí být dimenzován na nejvyšší průtok otopné vody spirálovým výměníkem v předpokládaném časovém intervalu pro špičkový odběr TUV.



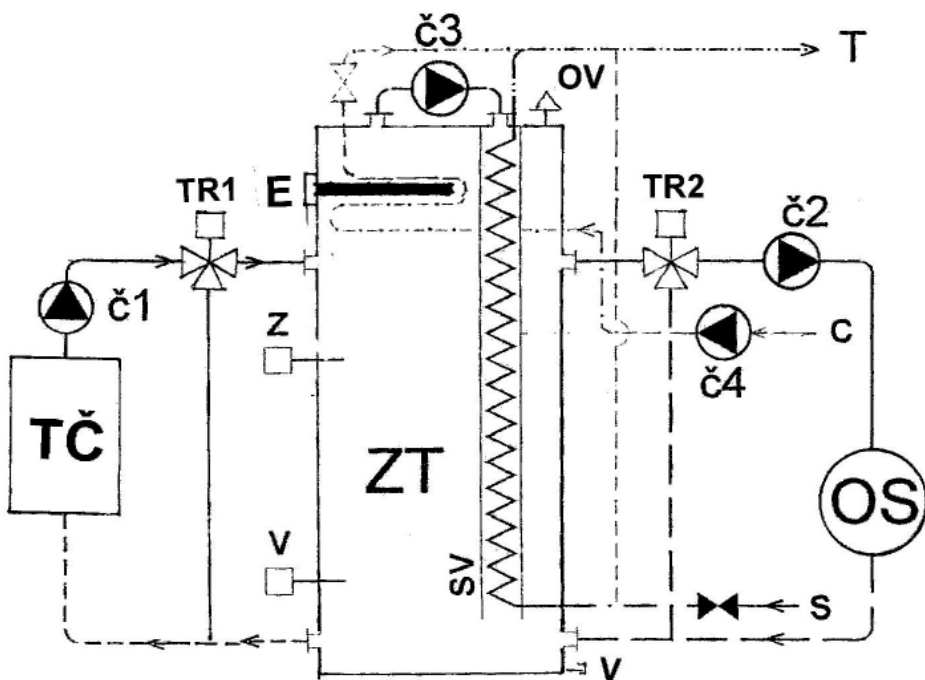
Obr. 7.17 Schéma kombinovaného provozu vytápění s přípravou TUV, s dohřevem s el. topnou vložkou – varianta s proměnnou teplotou otopné vody

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, E – elektrická topná vložka pro ohřev TUV  
 TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ,  
 Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohřivače TUV, SV – spirálový průtokový ohřivač TUV, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – vypustní kohout

### 7.6.5 Kombinovaná příprava TUV s vytápěním při dohřevu TUV – elektrickou topnou vložkou – varianta s konstantním teplotním spádem otopné vody v TČ (obr. 7.18)

Při použití teplotních parametrů otopné vody od TČ, které jsou pouze nepatrně nižší než je požadavek na ohřev na teplotu TUV, použije se shodně s předchozím případem dohřev z prostoru nad horními přípojevacími hrdly. Dohřev otopné vody, prováděný v tomto objemu, se zajišťuje nejčastěji elektrickou topnou vložkou s tím, že zvýšení teploty je mnohem nižší, než je u předchozího případu. U této varianty je však pro zajištění dostatečné teploty výstupní vody z TČ míchání v trojcestném směšovací ventilu TR1, k dosažení vyšší teploty zpětné otopné vody, vstupující do TČ.

Většinou je TUV při optimálním režimu odběru přizpůsobena, na spirálovém výměníku, teplotám vstupu do TČ. Teplotním změnám otopné vody ve spodní části ZT se přizpůsobuje zpětná voda vstupu do TČ tak, jak je popsáno výše. V tomto případě je pro provoz TČ zapínací, resp. vypínací teplota na konstantní teplotní úrovni. Pokles zapínací teploty (Z), např. pod teplotu  $t_z = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , spíná TČ a rovněž jej vypíná při dosažení hladiny teploty  $t_v = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  na vypínacím teploměru.



Obr. 7.18 Schéma kombinovaného provozu vytápění s přípravou TUV, s dohřevem s el. topnou vložkou – varianta s konstantní teplotou otopné vody

TČ – tepelné čerpadlo, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, E – elektrická topná vložka pro ohřev TUV, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohřívače TUV, SV – spirálový průtokový ohřívač TUV, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – výpustní kohout

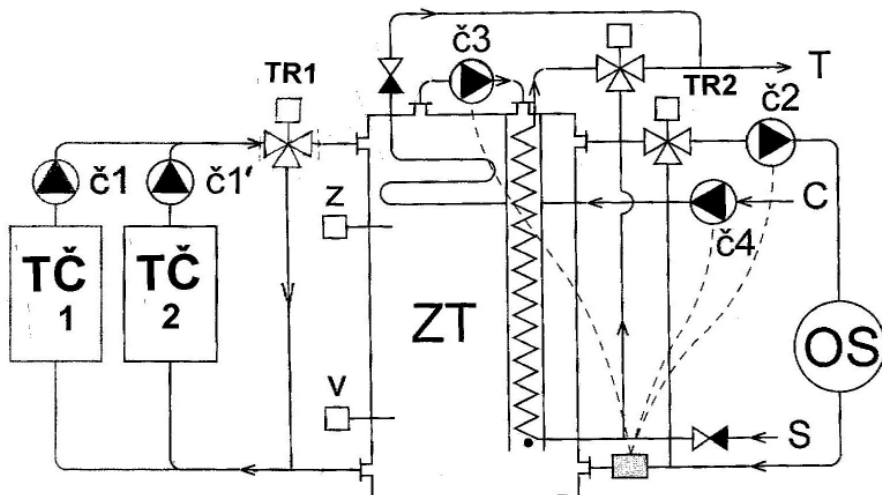
### 7.6.6 Kaskádové uspořádání TČ s připojením na ZT při monovalentním provozu (obr. 7.19)

Při monovalentním provozu soustavy s vyšším výkonem se s výhodou může použít více jednotek TČ v kaskádovém zapojení, tj. v paralelním uspořádání jednotek TČ. Podle parametrů použitého zdrojového tepla v místě nasazení TČ, v průběhu topné sezóny, zejména v období nízkých teplot venkovního vzduchu, se řídí rozdělení požadovaného celkového jmenovitého výkonu na obě dvě, resp. více tepelných čerpadel.

Na obr. 7.19 je příklad zapojení dvou jednotek tepelných čerpadel TČ1 TČ2.

V každém okruhu tepelného čerpadla je napojeno oběhové čerpadlo s konstantním průtokem otopné vody přes výměník TČ. Ve společném směšování v trojcestném ventilu TR1 je zajišťována stejná teplota zpětné vody do TČ. Tímto zapojením se dosáhne u každého výměníku TČ konstantního průtoku s konstantním teplotním spádem. Tepelná čerpadla jsou provozována na jmenovitý výkon s monovalentním provozem po celé topné období.

Rozdělení celého výkonu na dva výkony rovnoměrně provozované má výhody v trvání doby provozu bez významnějších provozně pohotovostních přestávek, jako je tomu v případě použití pouze jednoho TČ.



Obr. 7.19 Schéma monovalentního provozu kaskádově zapojených TČ na zásobník tepla ZT – varianta – kombinovaný provoz OS a příprava TUV – konstantní teplota otopné vody v okruhu TČ TČ1, TČ2 – tepelná čerpadla v kaskádovém uspořádání, ZT – zásobník tepla, OS – vytápěcí soustava, E – elektrická topná vložka pro ohřev TUV, TR1 – směšovací ventil okruhu TČ, TR2 – směšovací ventil okruhu OS, Č1 – oběhové čerpadlo okruhu TČ, Č2 – oběhové čerpadlo vytápěcí soustavy OS, Č3 – oběhové čerpadlo otopné vody pro přípravu TUV, Č4 – oběhové čerpadlo cirkulačního okruhu TUV, T – teplá voda – výstup, C – teplá voda – cirkulace, S – studená voda – přívod do ohříváče TUV, SV – spirálový průtokový ohříváč TUV, Z – zapínací teploměr provozu TČ, V – vypínací teploměr provozu TČ, ov – odvzdušňovací ventil, v – vypustní kohout

#### a) Provoz TČ a ZT bez ohřevu TUV

Teoreticky při jmenovitém výkonu odebírá otopná soustava veškeré teplo dodávané v otopné vodě ze současného provozu obou tepelných čerpadel TČ1 a TČ2. Užitiný objem zásobníku tepla ZT se nevyužívá, tedy nedochází k vybíjení ani nabíjení zásobníku tepla ZT od tepelných čerpadel Č1 a Č2.

Pokud zvolíme zjednodušeně stejné výkony obou TČ (s výkonem 50 % jmenovitého výkonu), je v případě dosažení odebíraného výkonu 50 % v provozu pouze jedno tepelné čerpadlo, např. TČ1 a druhé je mimo provoz. Teoreticky se opět v tomto případě veškeré množství dodávaného tepla z TČ odebírá do otopné soustavy. Užitiný obsah zásobníku tepla je pro provoz vytápění zcela bez užítku.

Zásobník tepla se uplatní při větší dodávce tepla od TČ než je odběr tepla vytápěcí soustavou OS. K vyrovnání proměnného výkonu u vytápěcí soustavy OS s konstantními výkony TČ dochází:

- u současného provozu obou TČ na jmenovité výkony v průběhu topného období,
- v období s výkonu od 99 % do 51 % jmenovitého výkonu, stanoveného výpočtem. Přitom přerušení provozu obou TČ, tj. délka provozně pohotovostních přestávek, je nejčastější, resp. nejdelší při odebíraném výkonu blízké hodnotě 51 % jmenovitého výkonu,

- u samostatného provozu jednoho TČ na jmenovitý výkon je využíván zásobník tepla ZT v topném období s výkony od 49 % do přibližně 20 % odebíraného jmenovitého výkonu. Přitom přerušení provozu (nabíjení tepelného čerpadla), tj. délka provozně pohotovostních přestávek, je nejvyšší při provozu vytápěcí soustavy u 20-ti % jmenovitého odebíraného výkonu.

Z uvedeného teoretického rozboru TČ při takto nastavených podmínkách pro regulaci výkonu, se stanovuje velikost užitého objemu zásobníku tepla ZT.

Celková délka provozně pohotovostních přestávek je odvozena podle výše uvedeného výkonového rozsahu z celodenního provozu TČ, tj. nabíjení ZT, ze kterého vychází:

- pro dvě tepelná čerpadla TČ1 a TČ2 provozní čas v intervalu od 0 do 50 % během srovnatelného dne,
- pro jedno tepelné čerpadlo TČ, provozované v časovém intervalu od 0 do 60 %.

## **b) Režim přípravy TUV**

Při průtokovém ohřevu TUV, jak je naznačeno na obr. 7.19, bez vyrovnávací nádoby, je výkon pro přípravu TUV značně proměnný. Podle účelu budovy je rozdíl mezi nejmenším a nejvyšším průtokem vyjádřen v režimu provozu ZT, zejména průtokem v okruhu ohřevu TUV.

Pro rovnoměrný provoz při odběru TUV je třeba zvolit vyrovnávací nádobu VN. Dodávka tepla je od průtokového ohříváče zajišťována v časových intervalech podle užitého objemu vyrovnávací nádoby. Vyrovnávací nádoba lépe vyrovnává teplotní úroveň odebírané TUV. Zároveň se příznivě ustálí výkon protékající otopné vody spirálovým výměníkem v časově vyrovnanějším intervalu provozu.

Při použití dvou TČ, s monovalentním provozem, se při přípravě TUV použije s výhodou řešení alternativně paralelního režimu provozu. Ve špičkovém režimu vytápění je přechod přepínání z vytápění na přípravu TUV nutnou podmínkou pro to, aby výkon TČ byl plně využit. Při sníženém výkonu na vytápění s odpovídajícím průtokem vytápěcí soustavou je možné přidat druhé oběhové čerpadlo pro průtok výměníkem SV s paralelním provozem TUV.

## 8. Zásobník tepla kombinovaných zdrojů

Zásobník tepla (ZTBZ) pro kombinaci připojených zdrojů tepla, např. od solární energie a od kondenzačního kotle, s odběrem tepla pro vytápění, přípravu TUV a ohřev bazénové vody je na obr. 8.1. Uvedené schéma konstrukce zásobníku a jeho propojení je zde uvedeno podle „Užitého vzoru č. 11 825 Zásobník tepla bivalentních zdrojů (ZTBZ)“ firmy České teplo, s.r.o..

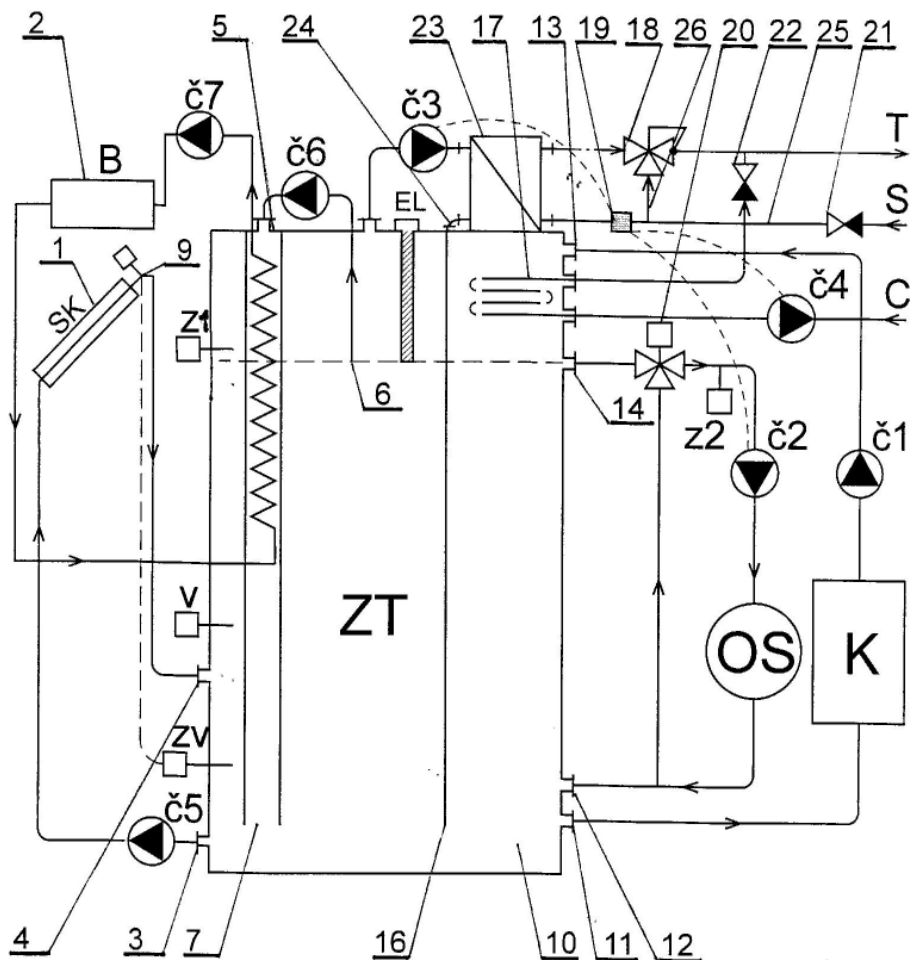
### 8.1 Princip řešení

Princip řešení zásobníku ZTBZ vychází ze zásad využívání solárních (obecně alternativních) zdrojů tak, aby teplo od alternativního zdroje bylo co nejefektivněji využíváno při časově i teplotně proměnných dodávkách tepla a podobně i v odběrech tepla, jak je uvedeno v ostatních kapitolách o zásobnících tepla.

Nejteplejší otopná voda v zásobníku tepla je většinou pro ohřev TUV. Podle obr. 8.1 se do výměníku 23 odebírá nejteplejší voda v nejvyšším místě zásobníku tepla, z poměrně malého objemu vody v zásobníku tepla, který je nad hladinou řídicího teploměru Z1. Toto množství vody může být dohříváno standardním zdrojem, tj. kotlem K, nebo elektrickou topnou vložkou EL i v případě, že ostatní odběry vyžadují teplotu nižší, než jaká je nutná pro ohřev TUV. Otopná voda pro vytápění v OS a pro ohřev vody v bazénu je odebírána pod úrovní této hladiny. Ochlazená otopná voda z otopné soustavy OS, od ohříváče TUV, např. deskového výměníku 23, od ohříváče bazénové vody 5, se soustřeďuje u dna zásobníku ZTBZ, kam je přiváděna hrdly 12, 16, resp. 7. Odtud je tato nejchladnější voda v zásobníku odváděna do zdrojů tepla – do kotle, výstupním hrdlem 11 nebo do solárního okruhu, výstupním hrdlem 3.

Ohřev otopné vody v zásobníku tepla ZTBZ, teplem ze solárních kolektorů, je zajištěn napojením přívodního potrubí v hrdle 4, ve spodní části zásobníku. Ohřev otopné vody v zásobníku standardním kotlem, např. kondenzačním, je zajištěn přívodem ohřáté vody z kotle do nejvyšší části zásobníku, vstupním hrdlem 13. Okruh přípravy TUV, nucenou konvekci v průtokovém ohříváči 23, zajišťuje oběhové čerpadlo Č3. Dohřev pro případně používaný cirkulační oběh TUV je řešen výměníkem s přirozenou konvekci 17, který je osazen v horní části zásobníku ZTBZ. Cirkulační oběh TUV je zajištěn oběhovým čerpadlem Č4.





Obr. 8.1 Zásobník tepla bivalentních zdrojů (ZTBZ)

ZT – zásobník tepla, SK – solární kolektor, K – plynový kotel (kondenzační), OS – otopná soustava, EL – elektrická topná vložka dohřevu TUV, B – bazénová voda, T – teplá voda, S – studená voda, C – cirkulace TUV

Oběhová čerpadla:

Č1 – kotlového okruhu, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV, Č5 – solárního okruhu, Č6 – ohřevu bazénové vody, Č7 – cirkulace bazénové vody

Legenda k ZTBZ:

1 – solární kolektor, 2 – okruh ohřáté bazénové vody, 3 – výstupní hrdlo ZT solárního okruhu, 4 – vstupní hrdlo ZT solárního okruhu, 5 – ohřev bazénové vody, 6 – výstupní hrdlo ZT ohřevu bazénové vody, 7 – vstupní hrdlo ZT ohřevu bazénové vody, 9 – teploměr výstupu vody z kolektoru, 10 – zásobník otopné vody, 11 – výstupní hrdlo ZT kotlového okruhu, 12 – výstupní hrdlo ZT otopné soustavy, 16 – vstupní hrdlo ZT ohřevu TUV, 17 – výměník ohřevu cirkulační vody, 18 – směšovací ventil regulace teploty TUV, 19 – řídicí čidlo průtoku studené vody k zapínání ohřevu TUV, 20 – směšovací ventil regulace teploty otopné vody v systému, 21 – zpětný ventil studené vody, 22 – zpětný ventil cirkulace TUV, 23 – průtokový ohřev TUV, 24 – výstupní hrdlo ze ZT do ohřevu TUV, 25 – přívod studené vody do ohřevu, 26 – přívod studené vody do směšovacího okruhu TUV

### **a) Oběhová čerpadla**

Ohřev bazénové vody ve výměníku s nucenou konvekcí 5 zajišťuje cirkulační čerpadlo Č6. Cirkulace v solárním systému je pomocí oběhového čerpadla Č5. Cirkulace v otopném systému OS je zajištěna oběhovým čerpadlem Č2 s regulací teploty otopné vody pomocí směšovacího ventilu. Bazénový okruh otopné vody zajišťuje oběhové čerpadlo Č7. Nabíjení zásobníku tepla z kotle, např. kondenzačního, je zajištěno spuštěním oběhového čerpadla kotlového okruhu Č1.

### **b) Rozložení teploty**

Celý zásobník ZTBZ je koncipován tak, aby rozložení teplot po výšce zásobníku dovovalo odebrání otopné vody vždy příslušně požadované teploty a přitom aby nejchladnější voda, jejíž teplo bylo v systémech již využito, se soustředila u dna zásobníku. Je to do místa, odkud je odváděna voda do zdroje. Z hlediska účinnosti zdroje je vždy nejvýhodnější, aby byla voda do zdroje (ať alternativního, tak i standardního) přiváděna do zdroje, s co nejnižší teplotou.

### **c) Účinnost a konstrukce zásobníku tepla**

Dále je zásobník ZTBZ koncipován tak, aby koncentroval veškerou energii, potřebnou pro všechna tři použití, s co nejmenším počtem armatur, do nádoby, která je, na rozdíl od teplovodního zásobníku (zásobníku s TUV), nádobou beztlakovou. Tento systém nevyžaduje vnitřní povrchovou úpravu zásobní nádoby, neboť otopná voda na rozdíl od TUV je trvale upravená. Tím, že jsou takto všechny výměňkové plochy i napojení od zdroje koncentrovány a zjednodušeny, vytváří se značná úspora na armaturách a regulačních prvcích. Celá armaturní sestava spolu se zásobníkem tepla může tvořit jeden prefabrikovaný celek, dodávaný, podobně jako předávací stanice, pro jednoduché připojení na jednotlivé otopné okruhy.

Při napojení levného kondenzačního kotle s konstantním výkonem (bez regulace výkonu) s přerušovaným provozem, se opět pořizovací náklady sníží, neboť kotel nutně musí vycházet jako velmi levný a naopak účinnost se zvýší na maximální možnou míru, neboť kotel je provozován s nízkým přebytkem vzduchu a přívodní voda do kotle je z nejchladnějšího místa zásobníku.

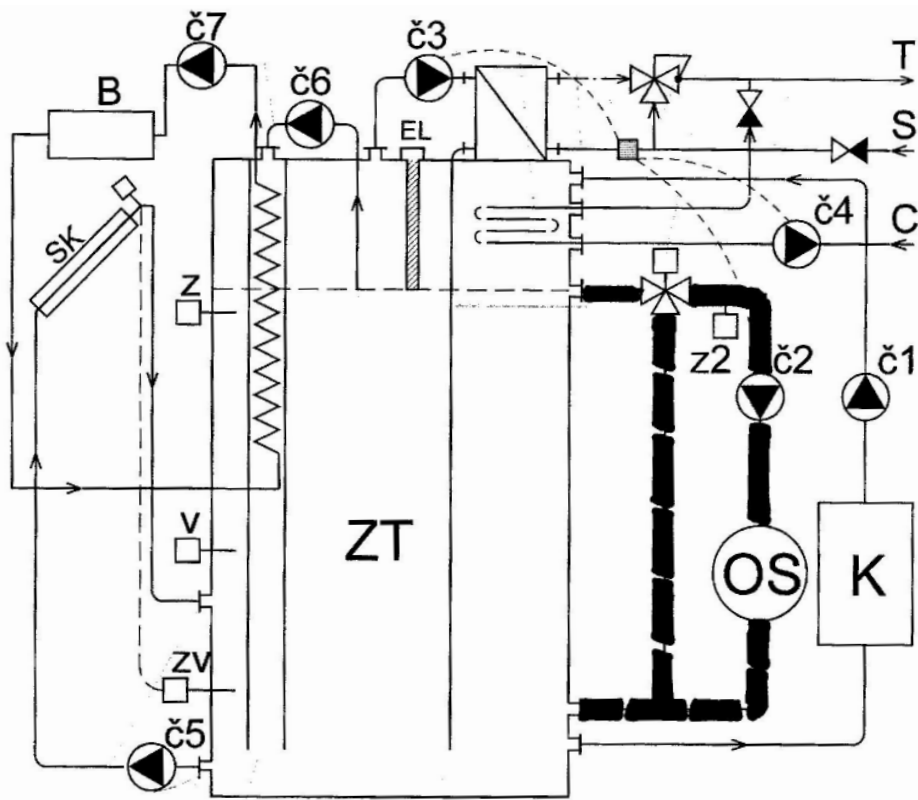
## **8.2 Napojení odběru tepla**

### **8.2.1 Napojení okruhu vytápění (obr. 8.2)**

Na obr. 8.2 je naznačeno napojení okruhu vytápění na zásobník tepla ZTBZ. Přívod do otopné soustavy OS je v horní části zásobníku tepla. Požadavek na proměnnou teplotu v otopné soustavě určuje teploměr Z2. Pro zajištění této teploty musí regulační zařízení zabezpečit vyšší nebo stejnou teplotu na úrovni řídicího teploměru Z. V případě nedostatečné teploty otopné vody na této hladině se spouští nabíjecí okruh od kotle, resp. od solárního zdroje.

Ochlazená otopná voda z otopné soustavy je přiváděna ke dnu teplovodního zásobníku. V případě nižší teploty zpětné vody od otopné soustavy než je teplota v solárním kolektoru, může při vybíjení zásobníku pro otopnou soustavu být spuštěn okruh solárního kolektoru teplotním čidlem ZV pro předeřev této vody.

Ekvitermní regulace otopné vody do soustavy se řídí směšovacím trojcestným ventilem.



Obr. 8.2 Schéma napojení otopné soustavy OS na zásobník tepla ZTBZ

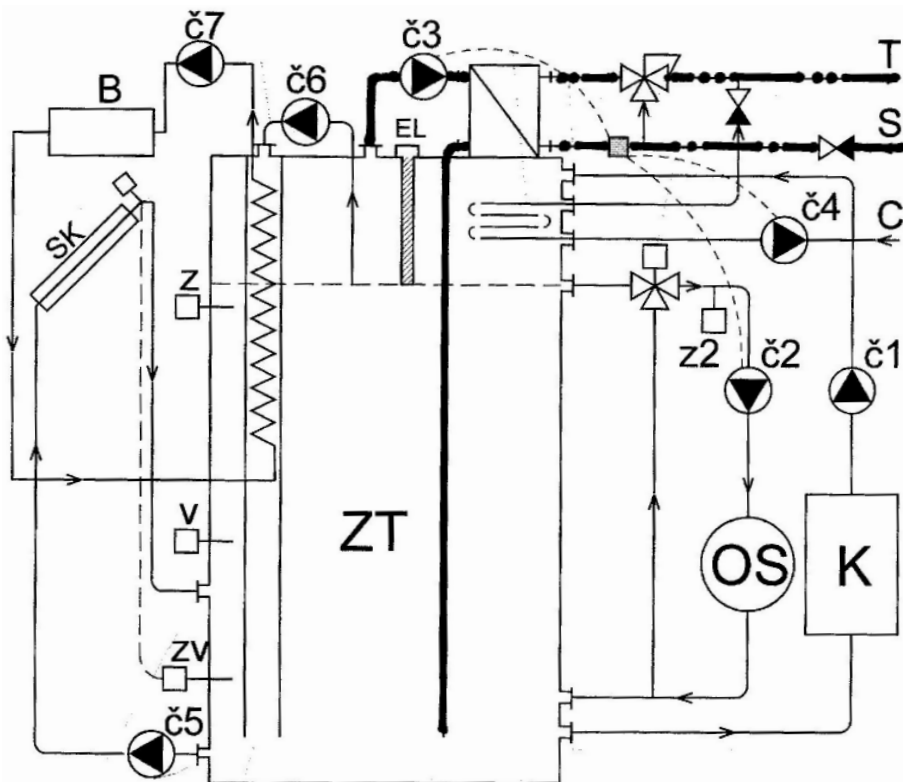
ZT – zásobník tepla, SK – solární kolektor, K – plynový kotel (kondenzační), OS – otopná soustava, EL – elektrická topná vložka dohřevu TUV, B – bazénová voda, T – teplá voda, S – studená voda, C – cirkulace TUV

Oběhová čerpadla:

Č1 – kotlového okruhu, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV, Č5 – solárního okruhu, Č6 – ohřevu bazénové vody, Č7 – cirkulace bazénové vody

### 8.2.2 Napojení okruhu přípravy TUV (obr. 8.3)

Příprava TUV je zajišťována průtokovým ohřevem. Na obr. 8.3 je naznačeno řešení průtokového ohřevu s deskovým výměníkem v monoblokové sestavě se zásobníkem tepla. Spouštění okruhu ohřevu TUV je zajištěno čidlem průtoky (odběru TUV), kterým je spínáno oběhové čerpadlo Č3. Pro okruh ohřevu TUV je přívodní hrdlo otopné vody pod víkem zásobníku tepla. Výsledná teplota TUV je dána trojcestným směšovací ventilem s mísením se studenou vodou. Při poklesu teploty otopné vody pod přípustnou hodnotu pro ohřev TUV se spíná kotel pro nabíjení horní části zásobníku do úrovně teplotní hladiny na teploměru Z. Výkon kotle K musí být větší nebo rovný jmenovitému výkonu ohříváče TUV. Teplotní spád otopné vody v kotli je dán teplotou zpětné ochlazené vody, přiváděné do kotle ode dna zásobníku tepla.



Obr. 8.3 Schéma napojení ohřevu TUV na zásobník tepla ZTBZ

ZT – zásobník tepla, SK – solární kolektor, K – plynový kotel (kondenzační), OS – otopná soustava, EL – elektrická topná vložka dohřevu TUV, B – bazénová voda, T – teplá voda, S – studená voda, C – cirkulace TUV

Oběhová čerpadla:

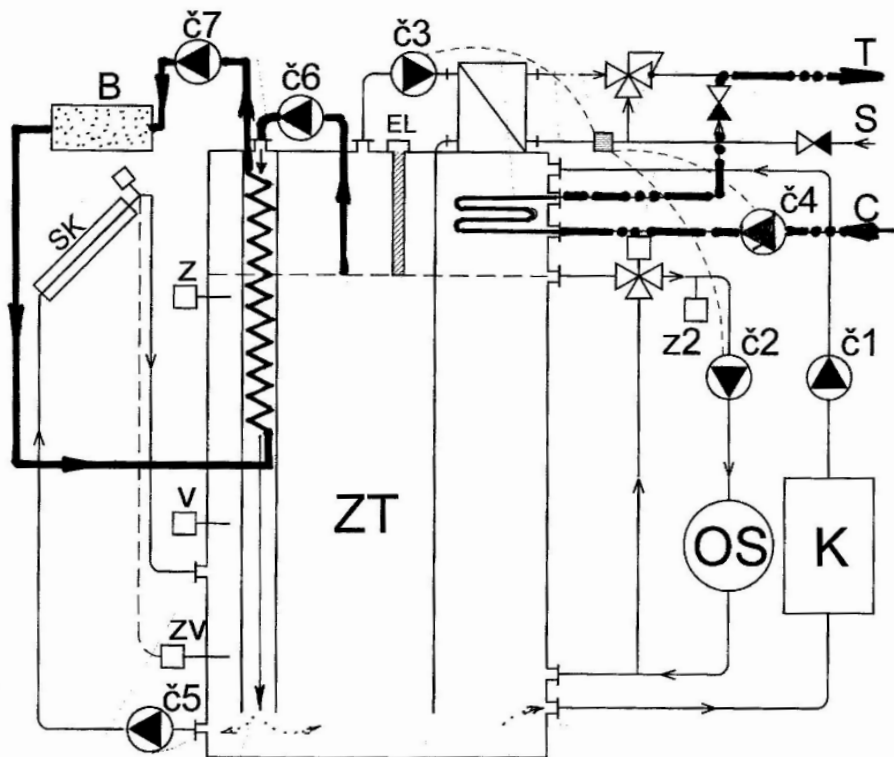
Č1 – kotlového okruhu, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV, Č5 – solárního okruhu, Č6 – ohřevu bazénové vody, Č7 – cirkulace bazénové vody

### 8.2.3 Okruh cirkulace TUV (obr. 8.4)

Na obr. 8.4 je ohřívání TUV v okruhu cirkulace zajišťováno nejčastěji spirálovým svislým výměníkem s přirozenou konvekci. Výměník je osazen v horní části zásobníku tepla. Zajištění ohřevu cirkulační vody s průtokem od oběhového čerpadla je při nízkém nebo nulovém odběru TUV. Oběhové čerpadlo Č4 se spouští podle řídicího čidla průtoku vody na přívodním potrubí studené vody.

### 8.2.4 Okruh ohřevu bazénové vody (obr. 8.4)

Napojení okruhu ohřevu bazénové vody je z úrovně teplotní hladiny, odpovídající teplotě dodávané vody do otopné soustavy. Na obr. 8.4 je ohřev bazénové vody řešen průtočně ve spirálovém výměníku pomocí oběhového čerpadla Č7. Protiproudě pláštěm spirálového výměníku proudí otopná voda s výstupem u dna zásobníku tepla. Režim ohřevu bazénové vody je korigován regulátorem tak, aby prioritu před ohřevem vody v bazénu měla příprava TUV a vytápění. Dále by měl být ohřev zajištěn zejména ze solárního zdroje při nadbytku tepla v zásobníku ZTBZ.



Obr. 8.4 Schéma napojení ohřevu bazénové vody a cirkulace TUV na zásobník tepla ZTBZ  
 ZT – zásobník tepla, SK – solární kolektor, K – plynový kotel (kondenzační), OS – otopná soustava, EL – elektrická topná vložka dohřevu TUV, B – bazénová voda, T – teplá voda, S – studená voda, C – cirkulace TUV

Oběhová čerpadla:

Č1 – kotlového okruhu, Č2 – otopné soustavy, Č3 – ohřevu TUV, Č4 – cirkulace TUV, Č5 – solárního okruhu, Č6 – ohřevu bazénové vody, Č7 – cirkulace bazénové vody

### 8.3 Závěr

Možnost využívání vysoce ekologického způsobu získávání energie solárním systémem s kolektory je stále omezoována vysokým pořizovacím nákladem a mnohdy malou využitelností celého zařízení.

V uvedeném systému zásobníku ZTBZ jsou naznačeny některé možnosti, jak vhodně použít jednoduché zařízení, kterým lze snížit pořizovací náklady a zároveň zvýšit celoroční využitelnost solární energie. Celý systém je založen na aplikaci velmi důmyslných a programovatelných řídicích systémů, které jsou v současné době k dispozici. Zároveň mohou být velmi levným způsobem použity v případě, že je sledován nejvýhodnější parametr pro regulaci teplovodních systémů, a tím je regulace teploty vody.

Regulace se stává, při vhodné volbě zařízení a komponentů, nejperspektivnější cestou, jak v budoucnu účinně využít solární energii.

## 9. Aplikace ekologického a energeticky úsporného vytápění

Jednou z funkcí zásobníků tepla je přizpůsobení parametrů zdroje tepla požadavkům odběru tepla, tedy požadavkům proměnné teploty a průtoku otopné vody otopnou soustavou.

Při návrhu parametrů zdroje, zejména při návrhu ZT je třeba zohlednit proměnnost v požadavcích na otopnou soustavu v průběhu roku a přizpůsobit návrh a regulaci topného zdroje nejčtetnějším výkonům, které se v topné sezóně vyskytují.

### 9.1 Parametry otopné soustavy v průběhu topného období

#### 9.1.1 Úvod

Při teplovodním vytápění je pro provoz zdroje a teplovodní otopné soustavy výhodné znát některé parametry, kterými lze popsat proměnný průběh výkonu, četnosti výskytu teplot otopné vody u teplovodního systému, účinnost a teploty otopné vody.

V následujících grafických sestavách lze v průběhu trvání topné sezóny, podle průběhu venkovních teplot, sestavit závislost na:

- tepelném výkonu
- průběhu regulace zdroje
- četnosti výskytu jednotlivých tepelných výkonů
- teplotách otopné vody (topné křivky).

#### 9.1.2 Průběh tepelného výkonu

Během topného období se mění tepelný výkon zdroje a otopné soustavy v závislosti na venkovní teplotě. Mezní hodnoty tepelného výkonu jsou dány nejnižší venkovní výpočtovou teplotou a nejvyšší venkovní teplotou, při které je vytápění ukončeno.

##### a) Jmenovitý tepelný výkon

Nejnižší teplota, na kterou jsou zdroj tepla i otopná plocha dimenzovány, je výpočtová venkovní teplota oblasti, ve které se budova nachází. Výpočtové venkovní teploty nejsou extrémními nejnižšími teplotami, ale je jich dosaženo během několika po sobě následujících desítek hodin. Výpočtové venkovní teploty vytváří teoreticky tepelně ustálený stav. Zdroj je pro tyto podmínky navrhnut na tzv. jmenovitý výkon.

##### b) Nejnížší tepelný výkon

Nejnižší tepelný výkon má topný zdroj při venkovních teplotách, při kterých je vytápění ukončeno. Venkovní teplota pro ukončení vytápění je dána zvýšením teploty nad průměrnou denní hodnotu, dosahovanou po dva dny po sobě (bez perspektivy na snížení této teploty třetí den). Jedná se opět o představu dosažení ustáleného teplotního stavu, pro který náš návrh provádíme. Volba tohoto kritéria nejvyšší venkovní teploty je závislá od akumulačních schopností budovy. Optimálně je uvažovaná teplota ukončení topné sezóny  $t_{\text{emax}} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro budovy lehké bez akumulace se doporučuje teplota  $t_{\text{emax}} = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Do roku 1989 byla pro klasické těžké budovy předepsána tato teplota hodnotou  $t_{\text{emax}} = +12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

V dalších úvahách byla pro ukončení topné sezóny zvolena průměrná denní teplota  $t_{\text{emax}} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

##### c) Doba trvání vytápění – topné období

Normovaná venkovní teplota pro teplotní oblast určuje i topné období v roce. Přibližně při teplotě oblasti  $t_g = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a teplotě ukončení vytápění  $t_{\text{emax}} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$  vychází topné období okolo 250 dnů, tj. okolo 6000 hodin. Dále se pak z těchto hodnot časového intervalu bude vycházet.

##### d) Vnitřní teplota

Výpočtová teplota uvnitř vytápěných prostorů budovy je závislá na účelu budovy. Nejčastěji za výpočtovou teplotu vnitřního prostoru se uvažuje teplota tepelné pohody v bytových prostorách  $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (nově  $t_i = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). V dalším grafickém zobrazení závislosti výkonů na venkovní teplotě bude uvažováno s výpočtovou teplotou  $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### e) Stanovení průběhu měrných výkonů (obr. 9.1)

Průběh měrných výkonů v procentech během topného období, podle venkovních teplot, vyjádříme zcela jednoduše graficky podle obr. 9.1. K lineární stupnici venkovních teplot na x – ové pořadnici přiřadíme lineární stupnici měrných výkonů na y – ové pořadnici. Průběh měrných výkonů  $Q_{\%}$  v procentech, mezi bodem A – jmenovitý výkon ( $Q_{N\%}$ ) pro teplotu  $t_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a bodem B – nejnižší výkon ( $Q_{\min\%}$ ) pro teplotu  $t_{e\max} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , má rovněž lineární průběh.

#### Příklad 1

**Stanovení výkonu pro výpočtovou teplotu  $t_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a teplotu ukončení vytápění  $t_{e\max} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , při vnitřní výpočtové teplotě  $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$**

Obecný vztah pro stanovení procentního průběhu výkonu mezi těmito teplotními kritérii je:

$$Q_{\%} = K (t_i - t_{ei}) \quad [\%]$$

Pro jmenovitý výkon  $Q_{N\%} = 100\text{ }%$  vychází při  $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  konstanta převodu na procenta  $K$  podle vztahu:

$$K = \frac{Q_{\%}}{t_i - t_e} = \frac{100}{20 + 15} = 2,857$$

Po dosazení do procentního průběhu výkonu je vztah:

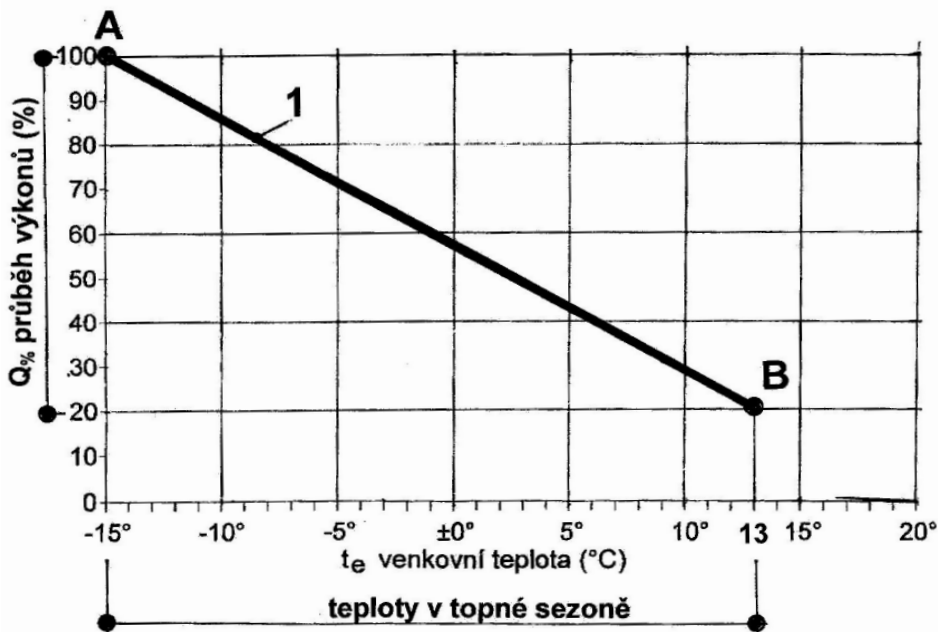
$$Q_{\%} = 2,857 \cdot (20 - t_{ei}) \quad [\%]$$

Pro jmenovitý měrný výkon v bodě A je pro kontrolu:

$$Q_{\%A} = 2,857 (20 + 15) = 100\text{ }%$$

Pro nejnižší měrný výkon při venkovní teplotě  $t_{e\max} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$  vychází v bodě B:

$$Q_{\%B} = 2,857 \cdot (20 - 13) = 20\text{ }%$$



Obr. 9.1 Lineární průběh měrného výkonu v topném období od teploty  $-15^{\circ}\text{C}$  do teploty  $+13^{\circ}\text{C}$   
 Přímka 1 od bodu A do bodu B má průběh s měrným výkonem  $Q_{\%}$  od 100 do 20 %

## Příklad 2

Průběh měrného výkonu pro mezní kritéria ostatních výpočtových venkovních teplot  $t_e$ .  
 Při zachování vnitřní výpočtové teploty  $t_i = 20^{\circ}\text{C}$  a venkovní teploty konce topného období  $t_{e\max} = +13^{\circ}\text{C}$  vychází průběh výkonu mezi body A a B pro:

– venkovní oblastní teplotu  $t_e = -12^{\circ}\text{C}$ :

- procentní vyjádření konstanty
- měrný jmenovitý výkon
- měrný nejnižší výkon

$$K = 100/(20+12) = 3,125$$

$$Q_{\%A} = 3,125/(20+12) = 100\%$$

$$Q_{\%B} = 3,125/(20-13) = 21,87\%$$

Výkonový rozsah je od 100 do 21,9 %.

– venkovní oblastní teplotu  $t_e = -18^{\circ}\text{C}$ :

- procentní vyjádření konstanty
- měrný jmenovitý výkon
- měrný nejnižší výkon

$$K = 100/(20+18) = 2,63$$

$$Q_{\%A} = 2,63/(20+18) = 100\%$$

$$Q_{\%B} = 2,63/(20-13) = 18,42\%$$

Výkonový rozsah je od 100 do 18,4 %.

– venkovní oblastní teplotu  $t_e = -21^{\circ}\text{C}$ :

- procentní vyjádření konstanty
- měrný jmenovitý výkon
- měrný nejnižší výkon

$$K = 100/(20+21) = 2,44$$

$$Q_{\%A} = 2,44/(20+21) = 100\%$$

$$Q_{\%B} = 2,44/(20-13) = 17,07\%$$

Výkonový rozsah je od 100 do 17 %.

V dalším je uvažováno v grafickém vyjádření s průběhem výkonu podle obr. 9.1, příkladu 1 s výkonovým rozsahem od 100 do 20 %.

### 9.1.3 Regulace výkonu zdroje (obr. 9.2)

Plynulá regulace tepelného výkonu topného zdroje odpovídá přesně teplotě odebranému podle venkovních teplot. Plynulá regulace znamená, že topný zdroj dokáže dodat takové množství tepla (výkon), jaký odpovídá tepelné ztrátě budovy (výkon). Plynulá regulace zdroje, pro uvedený příklad

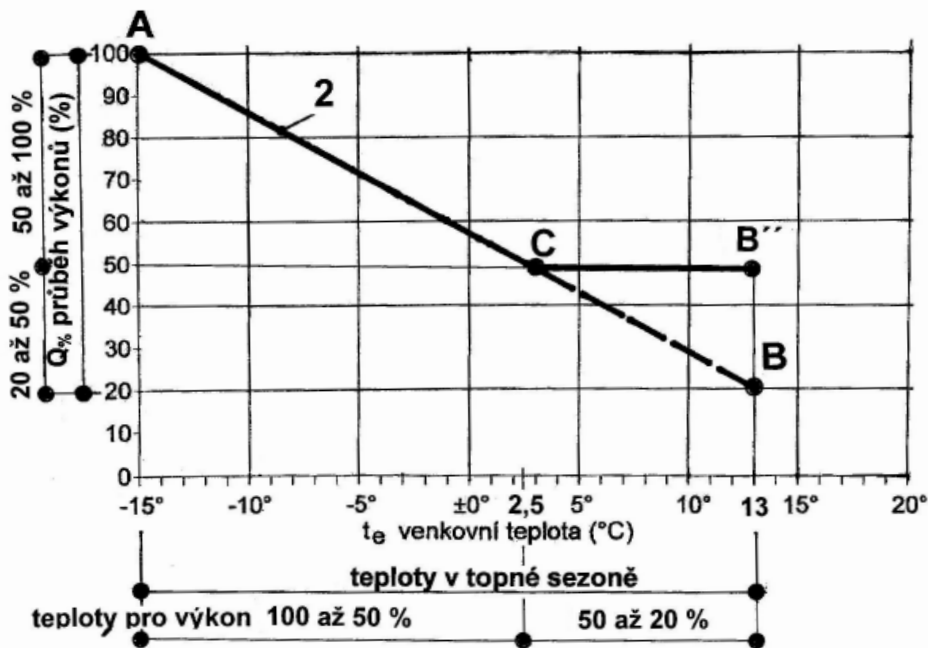


s teplotním rozsahem topného období od  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je tedy od 100 % do 20 % a křivka odebraného tepla přesně odpovídá křivce uvedené v obr. 9.1.

Velmi často je u regulační schopnosti topného zdroje omezený rozsah plynulé regulace, a to zejména při nižších hodnotách tepelného výkonu.

Jak bylo uvedeno v předchozích článcích, je u spotřebičů s plynovým atmosférickým hořákem běžné dosahováno plynulého regulování výkonu od 100 % až do 50 %. Tomu odpovídá přímka 2 od bodu A do bodu C na obr. 9.2. Odpovídající teploty jsou v mezích od  $t_{e} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $t_{e1} = +2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Při nižším výkonu je spotřebič provozován přerušovaně s nejnižším regulovaným výkonem, v tomto případě s tepelným výkonem 50 % jmenovitého výkonu. Tomu odpovídá přímka od bodu C do bodu B'' na obr. 9.2, která vyjadřuje konstantní hodnotu 50 % jmenovitého výkonu  $Q_{\%A}$  v průběhu venkovních teplot od  $t_{e1} = +2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do teploty  $t_{emax} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kdy je odběr tepla na 20 %  $Q_{\%A}$ .



Obr. 9.2 Průběh regulace tepelného výkonu topného zdroje v topné sezóně při plynulé regulaci v rozsahu od 100 do 50 %

Přímka A až C – plynulá regulace měrného výkonu od 100 do 50 %

Přímka C až B'' – regulace měrného výkonu 50 %  $Q_{\%A}$

#### 9.1.4 Četnost výkonu v topném období

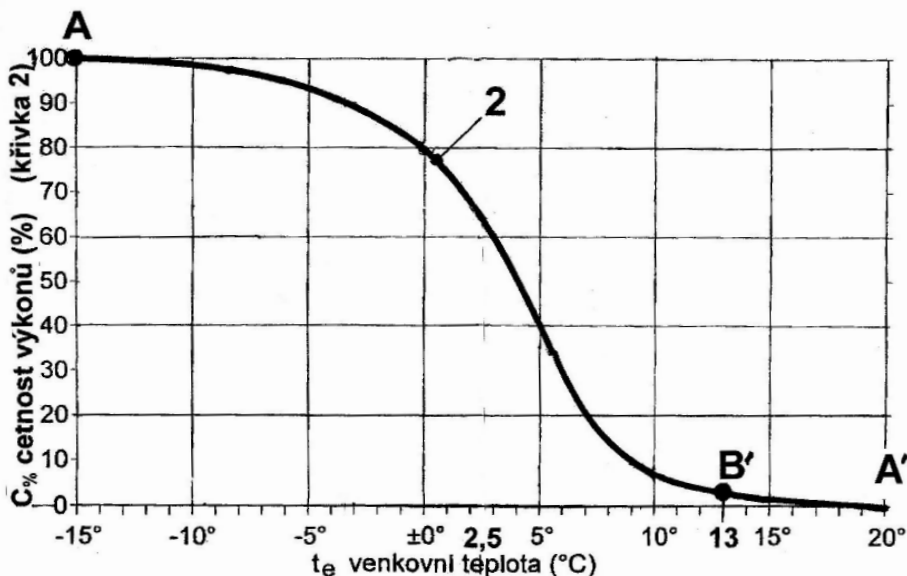
Četnost výskytu venkovních teplot v topném období, podle německých podkladů, je vyjádřena na křivce tvaru sinusoidy, uvedené na obr. 9.3.

Pořadnici x, se stupnicí venkovních teplot od  $-15$  do  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , které nastávají v topném období, je přiřazena křivka 2, vyjadřující průběh četnosti výskytu teplot v % na y – ové pořadnici.

Nahradíme-li četnost výskytu teplot v topném období přiřazeným výkonem v %, je na y – ové pořadnici vyjádřena četnost výkonů (označeno  $C_{\%}$ ) podle křivky 2.

Pro praktické použití křivky 2 je výhodné, vzhledem ke koordinaci s dalšími veličinami, ukončit průběh křivky četnosti u teploty konce vytápění  $t_{emax} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na obr. 9.3 je takto použita pouze část křivky 2 mezi body A až B'.

K obecnému pochopení křivky četnosti teplot platí zásada, že u teplot, kterým odpovídá pozvolna (skoro ležatá) část křivky 2, je četnost nízkého výskytu teplot. Naopak v úseku mezi teplotami, kterým odpovídá nejstrmější průběh křivky 2, vychází četnost těchto venkovních teplot v topném období největší.



Obr. 9.3 Průběh četnosti měrných výkonů  $C_{\%}$  během topného období s venkovními teplotami od  $t_e = -15^{\circ}\text{C}$  do  $t_{e\max} = +13^{\circ}\text{C}$

#### a) Vysoká četnost výskytu (obr. 9.4)

Na obr. 9.4 je rozdělena četnost měrných výkonů, daná křivkou 2, na jednotlivá pásma podle směrnice křivky 2 na:

- pozvolný průběh od bodu A do bodu 1
- strmý průběh od bodu 1 do bodu 2
- pozvolný průběh od bodu 2 do bodu B'.

Bodu 1 četnosti křivky 2 odpovídá na ose x venkovní teplota  $t_{e1} = -3,5^{\circ}\text{C}$  a bodu 2 odpovídá venkovní teplota  $t_{e2} = +9,5^{\circ}\text{C}$ .

Mezi body 1 a 2, tvořícími teplotní pásmo II, je křivka 2 nejstrmější. Vyjadřuje se tím důležitý fakt, že venkovní teploty od  $-3,5^{\circ}\text{C}$  do  $+9,5^{\circ}\text{C}$  jsou v topném období nejčastější a zaujímají 80 % doby trvání (četnosti výskytu).

Znamená to, že z celkového počtu teplot v topném období (při stupnici jeden stupeň Celsia) zaujímá:

- počet teplot v celého topném období  $\sum t_{ei} = +13 + 15 = 28$  dobu 100%
- počet teplot v II. teplotním pásmu  $\sum t_{eII} = 9,5 + 3,5 = 13$  dobu 80% celého topného období.

Odtud, podle obr. 9.4 a podle výpočtu v příkladu 1, je významně nejčastější trvání měrných výkonů:

- mezi měrným výkonem v bodě 1 (pro teplotu  $t_{e1} = -3,5^{\circ}\text{C}$ )  
 $Q_{\%1} = 2,857 \cdot (20 + 3,5) = 67,14 \%$
- a měrným výkonem v bodě 2 (pro teplotu  $t_{e2} = +9,5^{\circ}\text{C}$ )  
 $Q_{\%2} = 2,857 \cdot (20 - 9,5) = 30 \%$

Pro tuto oblast měrných výkonů by měla být účinnost zdroje i topné soustavy rovněž nejvyšší.

#### b) Nízká četnost měrných výkonů (obr. 9.4)

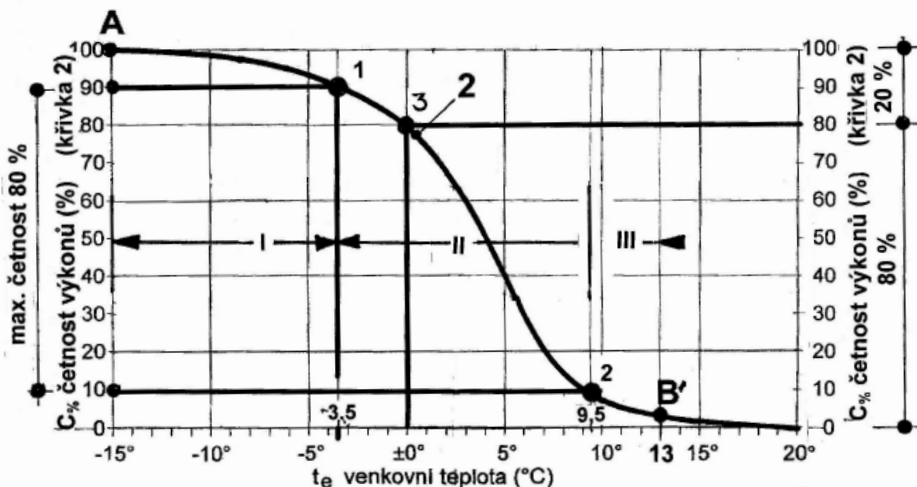
Podle obr. 9.4 mají největší výkony topného zdroje, dosahované v pásmu I, při teplotách od  $t_e = -15^{\circ}\text{C}$  do teplot  $t_{e1} = -3,5^{\circ}\text{C}$ , jen velmi malé četnosti. Je to patrné na průběhu křivky 2 v pásmu I, zahrnujícím pouze 10 % z celého topného období ( $C_{\%} = 90$  až  $100 \%$ ).

V pásmu I, vymezeným měrným výkonem  $Q_{\%A} = 100 \%$  a měrným výkonem  $Q_{\%1} = 67,14 \%$ , zaujímá doba trvání pouze 10 % z celého topného období. Mnohdy však bývá právě na tyto vysoké výkony

soustředěna regulace topného zdroje i otopné soustavy a následně tomu odpovídající i jejich vysoká účinnost. Při tom je takovéto vysoké účinnosti zdroje využíváno pouze po dobu jedné desetiny topného období.

V pásmu III v topném období, u venkovních teplot vyšších než  $t_e = +9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je rovněž četnost měrných výkonů velmi nízká. Zaujímají přibližně 10 % z celého topného období.

Topný zdroj s měrným výkonem od  $Q_{\%2} = 30\%$  do měrného výkonu  $Q_{\%B'} = 20\%$  je, z hlediska nároku na regulaci, resp. na účinnost zdroje, vzhledem k nízkému výkonu a krátké době trvání, nepodstatný. Výkony jsou v III. pásmu nízké a doba trvání těchto výkonů je velmi krátká.



Obr. 9.4 Rozdělení úseků četnosti výskytu měrných výkonů na teplotní pásma I až III s mezními teplotami  $t_{e1} = -3,5$  až  $t_{e2} = +9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

### c) Četnost potřeb tepla

Při celoročním hodnocení potřeb tepla na vytápění je možné zvolit optimální dobu topného období v délce 6000 hodin.

Z hlediska rozložení potřeb tepla je možné přibližně rozdělit průběh topného období na pásma I až III podle četnosti výskytu výkonů. Podle obr. 9.4 je toto rozdělení do pásem vyjádřeno v tab. 9.1.

Tabulka 9.1 – Rozdělení četnosti výkonů během topného období na pásma I až III

| Hodnocené parametry                                           | Rozdělení topného období do pásem podle doby trvání |                 |                |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|----------------|
|                                                               | Pásmo I                                             | Pásmo II        | Pásmo III      |
| Rozsah venkovních teplot $t_e$ ( $^{\circ}\text{C}$ )         | od -15 do -3,5                                      | od -3,5 do +9,5 | od +9,5 do +13 |
| Doba trvání (%)                                               | 10                                                  | 80              | 10             |
| Doba trvání (topné období 6000 h) (h)                         | 600                                                 | 4800            | 600            |
| Rozsah měrných výkonů $Q_{\%}$ (%)                            | 100 až 67,14                                        | 67,14 až 30     | 30 až 20       |
| Průměrný měrný výkon $Q_{\%}$ (%)                             | 83,57                                               | 48,57           | 25             |
| Měrná potřeba tepla ( $10^{-2}\text{ }^{\circ}\text{C}$ )     | 501                                                 | 2331            | 150            |
| Z celkové roční potřeby ( $10^{-2}\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | 2982                                                |                 |                |
| Poměrné roční potřeby tepla (ze 100%)                         | 16,8                                                | 78,17           | 5,03           |

Z tabulky 9.1 vyplývá, že pásmo II, nejčastějších výkonů, zaujímá, z hlediska potřeb tepla, až 78 % roční potřeby tepla na vytápění.

Z hlediska energetických úspor je nejdůležitější nejvyšší účinnost provozu zdroje v rozsahu měrných výkonů  $Q_{\%} = 67$  až 30 %.

***Je tedy správné, aby toto období, reprezentované pásmem II, bylo, z hlediska účinnosti zdroje i otopné soustavy, nejvíce sledovaným obdobím.***

#### **d) Četnost výskytu s teplotami nižšími než 0 °C**

Na obr. 9.4 je zároveň uvedena četnost mrazivých dnů během topného období.

Na y-ové pořadnici vpravo je uvedena četnost výskytu měrných výkonů

pod  $t_{ei} = 0\text{ °C}$ .

Měrný výkon při  $t_{ei} = 0\text{ °C}$  vychází podle příkladu 1:

$$Q_{\%0} = 2,857 \cdot 20 = 57,14\text{ \%}.$$

Z uvedeného vyplývá, že např. protimrazová ochrana topného zdroje se týká vyšších měrných výkonů než 57 % a je využívána pouze po dobu 20 % z celého topného období.

Na křivce 2, na obr. 9.4, je toto rozhraní vyjádřeno bodem 3. Odtud vychází, že teplot, resp. měrných výkonů pod bodem mrazu je v celém topném období pouze 20 %. Tento údaj je rozhodně výhodné zvážit i při volbě bivalentních zdrojů, např. pro nasazení tepelných čerpadel se vzduchovým výparníkem.

Výrazněji mrazivých dnů (s teplotami pod -5 °C) je v topném období pouze asi 7 až 8 % z celkové doby trvání topného období.

#### **e) Četnost výskytu 100 až 50 % - ního měrného výkonu**

Předchozí odstavec, ve kterém je uveden regulovaný provoz plynového kotle s atmosférickým hořákem v rozsahu 100 až 50 %, může být ukázkou, jaká je četnost, zahrnující toto období. Je důležité stanovit teplotu při 50 % - ním výkonu.

Venkovní teplota pro 50 % - ní výkon (při  $t_e = -15\text{ °C}$ ,  $t_i = 20\text{ °C}$ ,  $t_{emax} = +13\text{ °C}$ ) je:

$$t_{e50\%} = 20 - (t_i - t_e) \cdot \frac{Q_{50\%}}{Q_{100\%}} = 20 - (20 + 15) \cdot \frac{50}{100} = +2,5\text{ °C}$$

Na obr. 9.5, s křivkou četnosti měrných výkonů, rozdělí na ose x (na stupnici venkovních tepot) teplota +2,5 °C rozsah na:

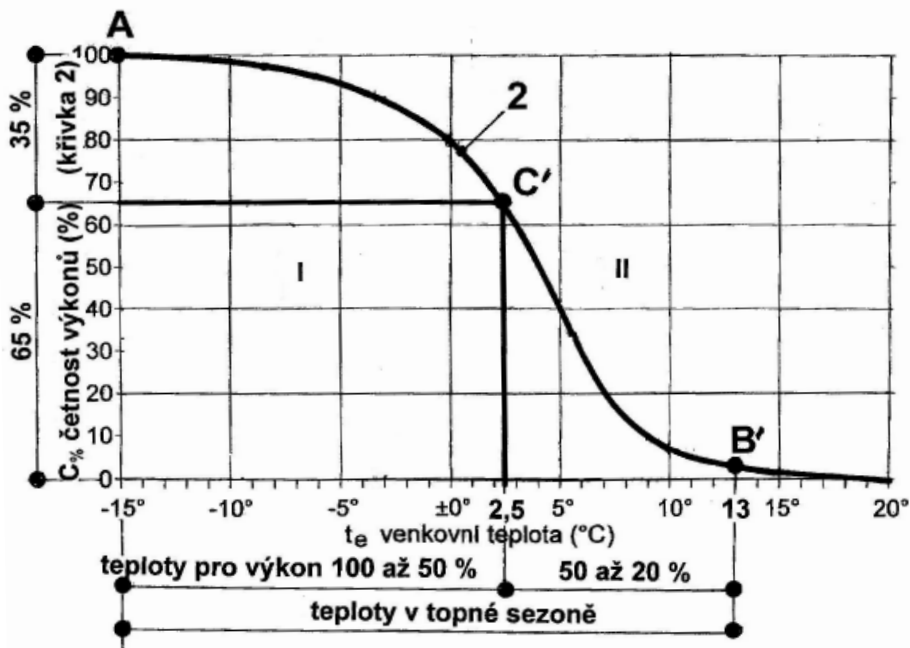
- pásmo I s výkonem  $Q_{\%}$  od 100 do 50 %  
s venkovní teplotou  $t_{ei}$  od -15 do +2,5 °C
- pásmo II s výkonem  $Q_{\%}$  od 50 do 20 %  
s venkovní teplotou  $t_{ei}$  od +2,5 do +13 °C.

Na křivce četnosti 2, na obr. 9.5, je toto rozdělení vymezeno bodem C'. Na y – ové pořadnici je vyjádřena:

- četnost výskytu měrných výkonů od 100 do 50 % v rozsahu 30 % doby trvání topného období (pásmo I)
- četnost výskytu měrných výkonů od 50 do 20 % v rozsahu 65 % doby trvání topného období (pásmo II).

Z uvedeného vyplývá, že doba trvání neregulovaného provozu kotle (pod hranicí 50 % jmenovitého výkonu) je více než dvojnásobná, oproti době při plynulé regulaci kotle (s měrným výkonem od 100 do 50 %).

Provoz kotle je tedy regulací zapnuto – vypnuto v topném období více než dvojnásobně delší než je doba provozu s plynulou regulací kotle.



Obr. 9.5 Stanovení četnosti výskytu měrných výkonů nad 50 % (pásma I) a pod 50 % (pásma II)

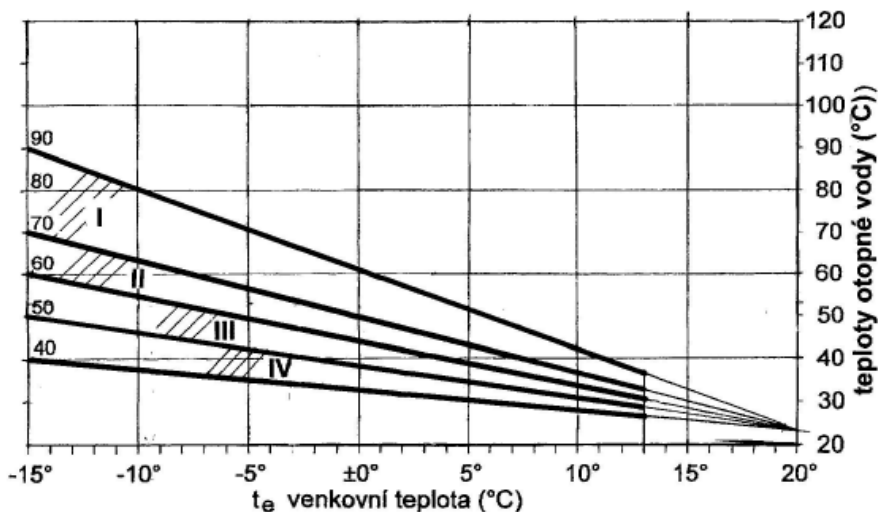
### 9.1.5 Topné křivky

K nejzákladnějším parametrům pro přenos tepla v otopné vodě, resp. pro výkon otopné plochy, patří teplotní parametry otopné vody. Pro přenos tepla (výkon) je rozhodující teplotní spád otopné vody, který většinou stanovujeme při jmenovitém výkonu, tj. při výpočtové venkovní teplotě.

Na obr. 9.6 je na pravé y – ové pořadnici vyznačena stupnice teplot otopné vody. Na levé y – ové pořadnici je vyznačena teplota otopné vody při jmenovitých podmínkách, tj. při teplotě  $t_e = -15^\circ\text{C}$ . Teplotní parametry otopné vody jsou na pravé y – ové pořadnici uvedeny ve čtyřech variantách.

Pro varianty teplot otopné vody platí:

- varianta I má teplotní spád  $t_p/t_z = 90/70^\circ\text{C}$ , tj.  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$   
střední teplotu  $t_m = 80^\circ\text{C}$
- varianta II má teplotní spád  $t_p/t_z = 70/60^\circ\text{C}$ , tj.  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$   
střední teplotu  $t_m = 65^\circ\text{C}$
- varianta III má teplotní spád  $t_p/t_z = 60/50^\circ\text{C}$ , tj.  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$   
střední teplotu  $t_m = 55^\circ\text{C}$
- varianta IV má teplotní spád  $t_p/t_z = 50/40^\circ\text{C}$ , tj.  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$   
střední teplotu  $t_m = 45^\circ\text{C}$ .



Obr. 9.6 Průběh topných křivek pro rozsah venkovních teplot od -15 do +13 °C

Varianta I – se jmenovitým teplotním spádem 90/70 °C

Varianta II – se jmenovitým teplotním spádem 70/60 °C

Varianta III – se jmenovitým teplotním spádem 60/50 °C

Varianta IV – se jmenovitým teplotním spádem 50/40 °C

#### a) Hledisko přenosu tepla

Pro stanovení výkonu při přenosu tepla mezi zdrojem a otopnou plochou je rozhodující velikost teplotního spádu otopné vody.

Zvolme zjednodušeně pro  $\Delta t$ :

- u varianty I měrný výkon 100 % při  $\Delta t = 20$  °C
- u varianty II až IV měrný výkon 50 % při  $\Delta t = 10$  °C.

#### b) Hledisko výkonů otopné plochy

Pro výkon otopné plochy je rozhodující střední teplota otopné vody ke konstantní teplotě vzduchu v místnosti. Z tohoto hlediska střední teplota otopné vody ovlivňuje měrný výkon  $C_{\%}$  pro varianty I až IV.

Pro porovnání měrných výkonů, podle teplot otopné vody, stanovme u otopné plochy obecný vztah pro měrný výkon ( $v$  %):

$$Q_{\%} = K \cdot (t_m - t_v)$$

kde  $K$  je konstanta pro vyjádření procentního výpočtu [%/°C]

$t_m$  střední teplota otopné vody v otopné ploše [°C]

$t_v$  teplota vzduchu v místnosti (volíme  $t_v = 20$  °C) [°C]

Zvolíme-li za srovnávací teplotní hladinu u jmenovitého teplotního spádu  $t_p/t_z = 90/70$ , vychází součinitel  $K$  podle vztahu:

$$K = \frac{Q_{\%}}{t_m - t_v} = \frac{100}{80 - 20} = 1,666$$

Měrný výkon podle teplotního spádu je pro:

- variantu I (při  $t_m = 80$  °C a  $t_v = 20$  °C)
- $Q_{\%} = K \cdot (t_m - t_v) = 1,666 \cdot (80 - 20) = 100$  %
- variantu II (při  $t_m = 65$  °C a  $t_v = 20$  °C)

- $Q_{\%} = K \cdot (t_m - t_v) = 1,666 \cdot (65 - 20) = 75 \%$
- variantu III (při  $t_m = 55 \text{ °C}$  a  $t_v = 20 \text{ °C}$ )  
 $Q_{\%} = K \cdot (t_m - t_v) = 1,666 \cdot (55 - 20) = 58,3 \%$
- variantu IV (při  $t_m = 45 \text{ °C}$  a  $t_v = 20 \text{ °C}$ )  
 $Q_{\%} = K \cdot (t_m - t_v) = 1,666 \cdot (45 - 20) = 41,7 \%$

Z uvedeného zjednodušeného stanovení měrného výkonu, podle lineárního průběhu teplot otopné vody, lze dále určit měrné výkony během topného období. Orientační přesnost, kterou získáme, vychází z lineárního průběhu závislosti teplot otopné vody, během topného období, na venkovních teplotách. Závislost, jak bylo uvedeno, je však exponenciální.

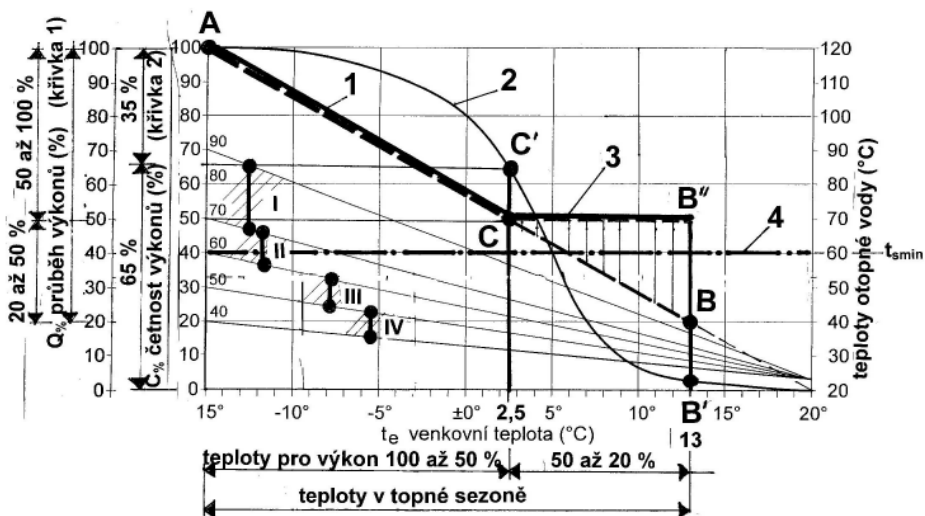
Podrobnější závislosti měrných výkonů podle průběhů teplot v topném období jde nad rozsah tohoto příspěvku.

### 9.1.6 Soustředění parametrů teplovodní soustavy a zdroje (obr. 9.7)

Na obr. 9.7 jsou podle předchozích parametrů otopné soustavy a topného zdroje v průběhu topného období soustředěny všechny údaje do společného grafického vyjádření.

Na obr. 9.7 souhlasně s předchozími obrázky platí, že:

- stupnice venkovních teplot na x – ové pořadnici je od  $t_e = -15 \text{ °C}$  do  $t_{e\max} = +13 \text{ °C}$ , přičemž teplota  $t_i = +20 \text{ °C}$
- průběh měrných výkonů ( $Q_{\%}$ ) podle venkovní teploty, se stupnicí na y – ové pořadnici vlevo, probíhá lineárně od bodu A do bodu B po přímce 1
- průběh regulace výkonu probíhá po přímce 1 a 3 od bodu A do C a od C do B''.
- Zdroj je regulován plynule od bodu A do bodu C, tedy od 100 do 50 %.
- Měrný výkon při teplotě  $t_{ei} = +2,5 \text{ °C}$  je poloviční než jmenovitý výkon při  $t_e = -15 \text{ °C}$ .
- lineární průběh teploty otopné vody (topné křivky) v topném období je řešen pro:
  - variantu I se jmenovitými hodnotami teplot 90/70 °C
  - variantu II se jmenovitými hodnotami teplot 70/60 °C
  - variantu III se jmenovitými hodnotami teplot 60/50 °C
  - variantu IV se jmenovitými hodnotami teplot 50/40 °C
- vyznačení konstantní teploty otopné vody pro ohřev teplé vody  $t_{s\min}$  – vyznačeno na křivce 4. Teplota otopné vody je na y – ové pořadnici vpravo.



Obr. 9.7 Komplexní grafické vyjádření průběhu výkonů, regulovatelnosti zdroje, četnosti a topných křivek během topné sezóny

Přímka 1 – průběh měrných výkonů ( $Q_{\%}$ ) od bodu A do bodu B

Přímka 1 a 3 – regulace výkonu zdroje od bodu A do C až do bodu B''

Křivka 2 – průběh četnosti měrných výkonů  $C_{\%}$  od bodu A do bodu B'

Topné křivky pro variantu I až IV

## 9.2 Přizpůsobení topného zdroje parametrům soustavy

Jak bylo uvedeno výše, slouží ZT k tomu, aby se topný zdroj přizpůsobil snáze, levněji a zejména ekologicky proměnným parametrům teploty, tlaku a průtoku v otopné soustavě během topného období. Změnu výkonu topného zdroje od 100 do 20 % během topné sezóny je třeba uvažovat s tím, že nižší výkony zaujímá časově delší období. Složitá nákladná regulace výkonů ve spalovacím procesu kotlů na spalování paliv nebo při proměnných podmínkách dodávky energie od alternativních zdrojů je nahrazena v zásobníku tepla regulací otopné vody. Vedle toho platí, že kotle při nízkých výkonech (nízkých odběrech tepla otopné soustavy), které zaujímají v topné sezóně daleko největší dobu trvání, bývají provozovány s režimem zapnuto/vypnuto. Z hlediska produkce škodlivin ve spalínách je nejkritičtější náběhový stav spalovacího procesu – zapnutí hořáku s únikem nedokonale spáleného i částečně nespáleného paliva do spalin. Častá frekvence režimu přerušení provozu kotle je velmi nepříznivá. Připojením ZT na zdroj se i u předimenzovaných kotlů vytváří režim jejich provozu s delším intervalem v přerušování; delší je doba pro provoz kotle a déle trvá i provozně pohotovostní přestávka.

Návrh topného zdroje by měl být posuzován na přizpůsobení kotle požadovaným regulačním podmínkám při nízkých výkonech a posuzován jejich režim s frekvencemi provozu, zejména u malých zdrojů, které jsou často předimenzované. K tomu, aby kotel pracoval účinně a ekologicky, je vhodné napojit kotel na zásobník tepla, který disproporci v nepříznivém režimu provozu vyrovnává.



## Literatura

1. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc. a kolektiv: TZB – Podklady pro projekty  
Vydavatelství ČVUT (2005)
2. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc., Ing. Karel Kabele, CSc.: TZB 20 – Vytápění – Přednášky  
Vydavatelství ČVUT (2001)
- 3.. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Technická zařízení budov – aktualizace částí č.:  
6/5.12, 6/16.1, 6/16.2, 6/16.3, 6/16.4, 6/16.5, 6/17.1, 6/17.2, 6/17.3, 6/17.4, 6/17.5,  
6/17.6, 6/18.7, 6/18.8, 6/18.9, 6/18.10  
Vydavatelství Verlag Dashöfer (2003-2006)
4. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Cesta k účinnému ekologickému etážovému vytápění, (Část 1),  
Energie&peníze, č. 9/2005  
Vydavatelství AKRA CZ, spol. s r.o.
5. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Parametry otopné soustavy v průběhu topného období,  
Energie&peníze, č. 12/2005  
Vydavatelství AKRA CZ, spol. s r.o.
6. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Cesta k účinnému a ekologickému etážovému vytápění –  
Kondenzační technika – část 2,  
Energie&peníze, č. 2/2006  
Vydavatelství AKRA CZ, spol. s r.o.
7. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Solární vytápění a příprava TUV se zásobníkem tepla  
Energie&peníze, č. 3/2006  
Vydavatelství AKRA CZ, spol. s r.o.
- 8.. Doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.: Akumulační zdroje – Cesta k účinnému a ekologickému vytápění,  
Energie&peníze, č. 10/2006  
Vydavatelství AKRA CZ, spol. s r.o.

