

# TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV – B

Doc. Ing. Václav Bystrický, CSc.  
Doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.



ČVUT v Praze  
Fakulta architektury

# **TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV – B**

Doc. Ing. Václav Bystřický, CSc.

Doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.

2006

České vysoké učení technické v Praze

Nakladatelství ČVUT

# Předmluva

---

Skripta **TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV–B** jsou napsána pro studenty fakulty architektury ČVUT. Jsou sestavena tak, aby se studenti racionální formou seznámili s problematikou vytápění budov a s problematikou vzduchotechniky v budovách.

Znalost této problematiky by měla umožnit studentům:

- a) výhodně využívat těchto znalostí při stavebně architektonickém návrhu budovy,
- b) vytvořit v architektonickém návrhu předpoklady pro správnou funkci vytápění a vzduchotechniky.

Předpokládáme využití skript pro přednášky předmětu „Technická zařízení budov a infrastruktura měst“. Jsou vhodnou pomůckou i pro předmět Ateliér – realizační projekt I, II, popřípadě Ateliér I až VIII.

Je naší snahou, aby tato skripta vedla studenta k pochopení potřeby spolupráce a ke zvládnutí této spolupráce mezi těmi, kteří se podílejí na vytvoření stavebního díla, tj. mezi architektem, konstruktérem, odborníky pro technická zařízení budov (techniku prostředí) pro realizaci staveb a dalšími, a v neposlední řadě i investorem a uživatelem stavby.

Skripta TZB-B jsou rozdělena do tří základních částí:

A – Úvod, základní pojmy

B – Vytápění

C – Vzduchotechnika.

Skripta TZB-B navazují na již vydaná skripta TZB-A, s nimiž tvoří jednotný a komplexní celek pro výuku předmětu Technická zařízení budov a infrastruktura měst (TZI I a TZI II).

Za nezíštnou pomoc a připomínky děkujeme zejména recenzentovi Doc. Ing. Karlu Papežovi, CSc., vedoucímu katedry technických zařízení budov na fakultě stavební ČVUT.

Praha, září 1999

autoři

Nakladatelství ČVUT upozorňuje autory na dodržování autorských práv.  
Za jazykovou a věcnou správnost obsahu díla odpovídá autor. Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou.

© Václav Bystřický, Antonín Pokorný, 1999  
ISBN 80-01-03450-X

# OBSAH

---

|  |    |
|--|----|
| Předmluva .....  | 2  |
| Přehled použitych označení a jednotek .....  | 6  |
| <b>A ÚVOD, ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....  | 9  |
| A.1 Sdílení tepla mezi člověkem a okolím .....   | 9  |
| A.2 Tepelná pohoda .....   | 9  |
| A.3 Tepelně vlhkostní mikroklima .....   | 10 |
| A.3.1 Výsledná teplota .....   | 11 |
| A.3.2 Teplota vnitřního vzduchu v místnosti .....  | 12 |
| A.3.3 Účinná teplota okolních ploch .....  | 12 |
| A.3.4 Rozdíl mezi povrchovou teplotou a teplotou vzduchu v místnosti .....                         | 13 |
| A.3.5 Vlhkost vzduchu .....  | 13 |
| A.3.6 Rychlosť proudenia vzduchu .....   | 13 |
| A.4 Sdílení tepla .....  | 14 |
| A.4.1 Vedení tepla .....   | 14 |
| A.4.2 Sdílení tepla proudením .....  | 15 |
| A.4.3 Sdílení tepla sáláním .....  | 15 |
| A.4.4 Prostup tepla .....  | 16 |
| A.5 Historie vytápění .....  | 16 |
| <b>B VYTÁPĚNÍ</b> .....  | 21 |
| B.1 Výpočty tepelných ztrát, potřeb a spotřeb tepla .....  | 21 |
| B.1.1 Cíle a způsoby výpočtů .....   | 21 |
| B.1.2 Požadavky na budovy a na vytápěcí zařízení .....   | 21 |
| B.1.3 Druhy vytápění, otopné období, denostupně .....  | 21 |
| B.1.4 Podklady pro výpočet tepelných ztrát .....   | 23 |
| B.1.5 Výpočet tepelných ztrát podle ČSN 06 0210 .....  | 24 |
| B.1.6 Výpočet tepelné ztráty budovy .....  | 28 |
| B.1.7 Potřeba a spotřeba tepla a paliva .....  | 30 |
| B.2 Otopné soustavy vodní a parní .....  | 35 |
| B.2.1 Základní pojmy .....   | 35 |
| B.2.2 Volba a rozdělení otopných soustav .....   | 35 |
| B.2.3 Teplovodní otopné soustavy - rozdělení, parametry .....                                      | 36 |
| B.2.4 Geometrické uspořádání teplovodních otopných soustav, popis, charakteristika, srovnání ..... | 37 |
| B.2.5 Horkovodní otopné soustavy .....   | 41 |
| B.2.6 Parní otopné soustavy .....  | 41 |
| B.2.7 Rekonstrukce otopných soustav .....  | 42 |
| B.3 Sálavé a teplovzdušné vytápění .....   | 43 |
| B.3.1 Sálavé stropní vytápění .....  | 43 |
| B.3.2 Podlahové vytápění .....   | 45 |
| B.3.3 Stěnové vytápění .....   | 46 |
| B.3.4 Teplovzdušné vytápění .....  | 47 |
| B.4 Otopná tělesa .....  | 48 |
| B.4.1 Rozdělení otopných těles .....   | 48 |
| B.4.2 Návrh otopných těles .....   | 48 |
| B.4.3 Článková otopná tělesa .....   | 51 |
| B.4.4 Desková otopná tělesa .....  | 52 |
| B.4.5 Trubková otopná tělesa .....   | 52 |

|   |            |
|---|------------|
| B.4.6 Konvektory .....  | 53         |
| B.4.7 Otopné jednotky .....   | 54         |
| <b>B.5 Zásady řešení nízkotlakých kotelen .....</b>                                     | <b>54</b>  |
| B.5.1 Vybavení kotelen .....  | 54         |
| B.5.2 Návrh počtu kotlů .....   | 55         |
| B.5.3 Umístění a provedení kotelen .....  | 55         |
| B.5.4 Větrání kotelen .....   | 56         |
| B.5.5 Odvod spalin, komíny, kouřovody .....   | 59         |
| <b>B.6 Vybavení kotelen .....</b>   | <b>64</b>  |
| B.6.1 Kotle .....   | 64         |
| B.6.2 Hořáky .....  | 65         |
| B.6.3 Čerpadla .....  | 66         |
| <b>B.7 Řešení nízkotlakých kotelen .....</b>  | <b>67</b>  |
| B.7.1 Kotelny na tuhá paliva .....  | 67         |
| B.7.2 Kotelny na plynná paliva .....  | 68         |
| B.7.3 Kotelny na kapalná paliva .....   | 72         |
| <b>B.8 Dálkové vytápění .....</b>   | <b>75</b>  |
| B.8.1 Zdroje tepla pro dálkové vytápění .....   | 76         |
| B.8.2 Tepelné sítě .....  | 79         |
| B.8.3 Předávací stanice .....   | 84         |
| <b>B.9 Elektrické vytápění .....</b>  | <b>94</b>  |
| B.9.1 Tepelně technické vlastnosti objektů vytápěných elektřinou .....                  | 94         |
| B.9.2 Dispoziční řešení elektricky vytápěných objektů .....                             | 95         |
| B.9.3 Systémy elektrického vytápění .....   | 96         |
| B.9.4 Dělené soustavy vytápění .....  | 102        |
| B.9.5 Samoregulační ohřívací systémy .....  | 103        |
| <b>B.10 Obnovitelné (netradiční) zdroje energie .....</b>                               | <b>105</b> |
| B.10.1 Základní rozdělení zdrojů energie .....  | 105        |
| B.10.2 Nekonvenční zdroje energie .....   | 106        |
| B.10.3 Tepelná čerpadla .....   | 113        |
| <b>B.11 Ohřívání teplé užitkové vody (TUV) .....</b>                                    | <b>117</b> |
| B.11.1 Všeobecné technické požadavky .....  | 117        |
| B.11.2 Ohřívání TUV .....   | 118        |
| B.11.3 Návrh zařízení pro ohřev TUV .....   | 119        |
| <b>B.12 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody .....</b> | <b>124</b> |
| B.12.1 Všeobecně, definice, rozdělení .....   | 124        |
| B.12.2 ZZ nízkotlakých parních kotlů do nejvyššího pracovního přetlaku 50 kPa ..        | 126        |
| B.12.3 ZZ vodních otopných soustav .....  | 127        |
| B.12.4 ZZ ohřívačů užitkové vody .....  | 130        |
| B.12.5 Provoz ZZ .....  | 131        |
| <b>B.13 Regulace a měření .....</b>   | <b>132</b> |
| B.13.1 Základní pojmy .....   | 132        |
| B.13.2 Regulátory a snímače .....   | 133        |
| B.13.3 Volba a rozdělení regulačních systémů vytápěcích soustav .....                   | 133        |
| B.13.4 Regulace a měření v systémech TUV .....  | 135        |
| B.13.5 Měření spotřeby tepla .....  | 136        |
| <b>B.14 Rozvody, armatury, izolace .....</b>  | <b>137</b> |
| B.14.1 Vedení rozvodů .....   | 137        |
| B.14.2 Materiál a montáž potrubí .....  | 138        |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| B.14.3      | Armatury .....  | 139        |
| B.14.4      | Tepelná izolace a povrchová úprava .....                            | 140        |
| <b>B.15</b> | <b>Rozsah a obsah dokumentace .....</b>                             | <b>141</b> |
| B.15.1      | Podklady pro zpracování dokumentace .....                           | 141        |
| B.15.2      | Dokumentace pro stavební řízení .....                               | 141        |
| B.15.3      | Dokumentace pro realizaci .....                                     | 142        |
| <b>C</b>    | <b>VZDUCHOTECHNIKA .....</b>  | <b>145</b> |
| <b>C.1</b>  | <b>Rozdělení vzduchotechnických zařízení .....</b>                  | <b>145</b> |
| C.1.1       | Větrací systémy .....   | 145        |
| C.1.2       | Klimatizace .....   | 147        |
| C.1.3       | Funkční vzduchotechnika .....                                       | 147        |
| <b>C.2</b>  | <b>Parametry pro návrh vzduchotechnických zařízení .....</b>        | <b>148</b> |
| C.2.1       | Vzduchový výkon .....   | 148        |
| C.2.2       | Topný výkon vzduchotechnických zařízení .....                       | 153        |
| C.2.3       | Chladící výkon vzduchotechniky .....                                | 154        |
| <b>C.3</b>  | <b>Součásti (prvky) vzduchotechnických zařízení .....</b>           | <b>154</b> |
| C.3.1       | Vzduchotechnické potrubí .....                                      | 154        |
| C.3.2       | Koncové prvky, výustky .....  | 159        |
| C.3.3       | Strojovny vzduchotechnických zařízení .....                         | 164        |
| <b>C.4</b>  | <b>Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice .....</b>              | <b>169</b> |
| C.4.1       | Rekuperační výměníky .....  | 170        |
| C.4.2       | Regenerační výměníky .....  | 172        |
| C.4.3       | Využití tepelného čerpadla .....                                    | 173        |
| <b>C.5</b>  | <b>Soustavy přirozeného větrání .....</b>                           | <b>174</b> |
| C.5.1       | Infiltrace .....  | 174        |
| C.5.2       | Provětrávání .....  | 175        |
| C.5.3       | Větrání šachтовé .....  | 175        |
| C.5.4       | Aerace .....  | 176        |
| C.5.5       | Požární přirozené větrání .....                                     | 177        |
| <b>C.6</b>  | <b>Kombinované (sdružené) větrání .....</b>                         | <b>177</b> |
| <b>C.7</b>  | <b>Systémy nuceného větrání a teplovzdušného vytápění .....</b>     | <b>178</b> |
| C.7.1       | Systémy ústřední .....  | 180        |
| C.7.2       | Teplovzdušné vytápění a větrání místní .....                        | 181        |
| <b>C.8</b>  | <b>Systémy klimatizace .....</b>                                    | <b>182</b> |
| C.8.1       | Rozdělení systémů klimatizace .....                                 | 183        |
| C.8.2       | Ústřední klimatizační systémy vzduchové, nízkotlaké .....           | 183        |
| C.8.3       | Vzduchové systémy speciální .....                                   | 185        |
| C.8.4       | Vzduchové nízkotlaké systémy, místní jednotkové klimatizátory ..... | 185        |
| C.8.5       | Vysokotlaké vzduchové klimatizační jednotky .....                   | 186        |
| C.8.6       | Klimatizační systémy kombinované – vodní .....                      | 189        |
| C.8.7       | Systémy vodní .....   | 192        |
| C.8.8       | Chladící zařízení pro klimatizaci .....                             | 193        |
| <b>C.9</b>  | <b>Větrání obytných budov .....</b>                                 | <b>196</b> |
| C.9.1       | Přirozené větrání infiltrací a provětrávání okny .....              | 197        |
| C.9.2       | Šachtové větrání přirozené .....                                    | 197        |
| C.9.3       | Šachtové a horizontální větrání s nuceným odvodem .....             | 197        |
| C.9.4       | Větrání s nuceným přívodem i odvodem a rekuperací tepla .....       | 201        |
| C.9.5       | Vyhodnocení systémů větrání obytných budov .....                    | 202        |

# PŘEHLED POUŽITÝCH OZNAČENÍ A JEDNOTEK

---

|                              |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|
| <b>B</b>                     | – charakteristické číslo budovy  | $\text{Pa}^{0,67}$   |  |
| <b>c</b>                     | – měrné teplo (měrná tepelná kapacita)                                     |  | $\text{J.kg}^{-1}. \text{K}^{-1}$ ( $\text{J.m}^{-3}. \text{K}^{-1}$ ) |
| c – suchého vzduchu          |  | $1010 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , $0,28 \text{ Wh.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ |  |
| c – vodní páry               |  | $1840 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , $0,51 \text{ Wh.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ |  |
| c – vody                     |  | $4200 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , $1,16 \text{ Wh.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ |  |
| <b>h</b>                     | – měrná entalpie   |  | $\text{J.kg}^{-1}$   |
| <b>H</b>                     | – výhřevnost   |  | $\text{J.kg}^{-1}$   |
| <b>i</b>                     | – entalpie součinitel provzdušnosti  |  | J  |
| <b>k</b>                     | – součinitel prostupu tepla  |  | $\text{W.m}^{-2}. \text{K}$  |
| <b>l</b>                     | – výparné teplo  |  | $\text{J.kg}^{-1}$   |
| l – vody                     | $0^\circ\text{C}$ , $2500 \text{ kJ.kg}^{-1}$ , $694,5 \text{ Wh.kg}^{-1}$ |  |  |
| <b>M</b>                     | – hmotnost průtoku   |  | $\text{kg.s}^{-1}$ , $\text{kg.h}^{-1}$                                |
| <b>M</b>                     | – charakteristické číslo místnosti   |  |  |
| <b>n</b>                     | – počet, intenzita výměny vzduchu  |  |  |
| <b>N</b>                     | – výkon  |  | W  |
| <b>p</b>                     | – tlak   |  | Pa   |
| $\dot{q}$                    | – měrná potřeba tepla (měrná tepelná zátěž, měrná tepelná ztráta)          | $\text{W.m}^{-3}. \text{K}^{-1}$ , resp. $\text{W.m}^{-3}$                     |  |
| $\dot{Q}$                    | – tepelný výkon, tepelná ztráta, tepelný tok                               |  | $\text{J.s}^{-1}$ , W, kW  |
| <b>Q</b>                     | – množství tepla, energie  |  | J, MJ, TJ, W.s, Wh, kWh  |
| <b>R</b>                     | – tepelný odpor konstrukce   |  | $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$   |
| <b>S</b>                     | – průřez, plocha   |  | $\text{m}^2$   |
| <b>t</b>                     | – teplota  | $t = T - T_0$ $T_0 = 273,15 \text{ K}$   | $^\circ\text{C}$   |
| <b>T</b>                     | – teplota absolutní  |  | K  |
| $\dot{V}$                    | – objemový průtok  |  | $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ , $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$                |
| <b>V</b>                     | – objem  |  | $\text{m}^3$   |
| <b>v</b>                     | – rychlosť proudění  |  | $\text{m.s}^{-1}$  |
| <b>x</b>                     | – měrná vlhkost vzduchu  |  | $\text{kg.kg}^{-1}$ , g/kg $^{-1}$                                     |
| <b>Z</b>                     | – tlaková ztráta místními odpory   |  | Pa   |
| $\alpha$                     | – součinitel přestupu tepla  |  | $\text{W.m}^{-1}. \text{K}^{-1}$                                       |
| $\delta$                     | – směrnice v h–x diagramu  |  | $\text{J kg}^{-1}$   |
| $\varepsilon$                | – topný faktor tepelného čerpadla  |  |  |
| $\eta$                       | – účinnost   |  |  |
| $\lambda$                    | – součinitel tepelné vodivosti   |  | $\text{W.m}^{-1}. \text{K}^{-1}$                                       |
| $\chi$                       | – tepelná vodivost   |  | $\text{W.m}^{-2}. \text{K}^{-1}$                                       |
| $\rho$                       | – hustota  |  | $\text{kg.m}^{-3}$   |
| ρ vzduchu                    |  | $\div 1,2 \text{ kg.m}^{-3}$   |  |
| ρ vzduchu výpočtová (v zimě) |  | $\div 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$   |  |
| ρ vzduchu výpočtová (v létě) |  | $\div 1,1 \text{ kg.m}^{-3}$   |  |
| $\varphi$                    | – relativní vlhkost vzduchu  |  | %  |
| $\Delta p$                   | – rozdíl tlaků, tlaková ztráta   |  | Pa   |
| $\Delta t$                   | – rozdíl teplot  |  | $^\circ\text{C}$   |

---

## Subskripty (indexy)

- c** – konvekční, celkový, cirkulační (oběhový)  
**č** – čerpadlo  
**d** – denní, dynamický, kondukce, kondukční (vedení)  
**e** – venkovní, externí  
**h** – horní, horizontální  
**i** – interní, vnitřní, též pořadí hodnot  
**k** – konvekce, konvekční (proudění)  
**m** – metabolický  
**o** – charakteristický, odváděný, odsávaný  
**p** – vstupní, povrchový, přiváděný, pracovní  
**r** – radiační  
**rec** – recirkulační  
**s** – střední  
**t** – tepelný  
**v** – vertikální, vzduchový  
**V** – ventilátor  
**w** – vodní pára  
**z** – zpětný, též vratný

## Příklady značení

- $t_i$**  – teplota interní  $^{\circ}\text{C}$   
 **$t_{is}$**  – teplota interní, střední  $^{\circ}\text{C}$

## Zkratky v textu

- TUV** – teplá užitková voda  
**HDO** – hromadné dálkové ovládání  
**ES** – elektrizační soustava

# A Úvod, základní pojmy

## A.1 Sdílení tepla mezi člověkem a okolím

Lidské tělo udržuje za všech podmínek přibližně stálou teplotu  $37^{\circ}\text{C}$  vnitřní termoregulaci.

Při látkových přeměnách v lidském těle se uvolňuje tepelná energie, jejíž množství závisí zejména na intenzitě fyzické činnosti a na hmotnosti člověka.

Dalšími ovlivňujícími činiteli jsou tepelné vlastnosti oděvu a stav okolního prostředí. Pro psychický stav a pocity člověka je důležité, aby bylo dosaženo rovnováhy mezi produkovaným a odváděným teplem.

Tento stav tepelné rovnováhy je nezbytným předpokladem k dosažení pocitu tepelné pohody.

Průměrná produkce energie dospělého člověka pro různé fyzické činnosti je uvedena na Tab.A.I

| Činnost  | Produkce tepla<br>Qm [W] |
|--|--------------------------|
| spánek - basální metabolismus  | 87                       |
| odpočinek vsedě  | 120                      |
| oblékání, odkládání oděvu  | 145                      |
| chůze po rovině rychl. 3 km/h  | 210                      |
| chůze po rovině rychl. 5 km/h  | 335                      |
| chůze po rovině rychl. 6,5 km/h  | 435                      |
| klus rychlosť 8,5 až 9 km/h  | 725                      |
| velmi lehká fyzická práce (švadleny, ruční sazeči, rýsovači, jeřábniči atd.)   | 145                      |
| lehká fyzická práce (nástrojaři, mechanici, zámečníci, svářecí, žehličky, kuchyňský personál atd.)                   | 190                      |
| středně těžká práce (kováři, valčíci, slévači, obsluha většího počtu obráběcích strojů apod.)                        | 250                      |
| těžká práce (tesaři, nakládání lopatou do výše nad 1,5 m, nošení břemen do 75 kg)                                    | 312                      |
| velmi těžká práce (dřevorubci, ruční nakládání při výkonu nad 30 000 kg za 8 hodin, nošení břemen o hmotnosti 80 kg) | > 335                    |

Tab. A.1 Průměrná produkce tepla dospělého člověka o hmotnosti 75 kg při různých fyzických činnostech

Odvod energie z těla je úměrný velikosti jeho povrchu. Proto se také často udává „metabolická“ energie vztažená na  $1 \text{ m}^2$  povrchu těla. Například člověk 180 cm vysoký o hmotnosti 80 kg má povrch těla cca  $2 \text{ m}^2$ . Minimální produkce tepla se dosahuje v klidném spánku a označuje se tzv. basálním metabolismem a činí cca  $46 \text{ W.m}^{-2}$ .

## A.2 Tepelná pohoda

Stav tepelné rovnováhy při němž může mít člověk pocit tepelné pohody lze docílit odváděním právě produkovaného tepla s povrchem těla.

Teplo se odvádí vedením, prouděním, sáláním, dýcháním a pocením.

Stav tepelné rovnováhy člověka lze obecně vyjádřit rovnicí

$$Q_m = Q_d + Q_k + Q_r + Q_{ev} + Q_{res}$$

kde:  $Q_m$  – celkový tělesný metabolismus [W]

$Q_d$  – teplo sdílené vedením (kondukcí) [W]

$Q_k$  – teplo sdílené prouděním (konvekcií) [W]

$Q_r$  – teplo sdílené zářením (radiaci) [W]

$Q_{ev}$  – teplo sdílené pocením (evaporací) [W]

$Q_{res}$  – teplo sdílené dýcháním (respiraci) [W]

Každá ze složek v rovnici tepelné rovnováhy má rozdílnou váhu.

Prakticky zanedbatelné hodnoty má teplo odváděné vedením  $Q_{kd}$ , dýcháním  $Q_{res}$  a počením  $Q_{ev}$ .

Tepelnou rovnováhu zásadním způsobem ovlivňuje teplo odváděné sáláním  $Q_r$  a prouděním  $Q_k$  (cca 75%).

Lze tedy zjednodušeně napsat:

$$Q_k + Q_r = 0,75 Q_m$$

$$Q_k = S \cdot a_k (t_r - t_v)$$

$$Q_r = S \cdot a_r (t_r - t_u)$$

kde  $S$  povrch těla  $[m^2]$

$a_k$  součinitel přestupu tepla z povrchu oděvu a těla prouděním  $[Wm^{-2}K^{-1}]$

$a_s$  součinitel přestupu tepla z povrchu oděvu a těla sáláním  $[Wm^{-2}K^{-1}]$

$t_v$  teplota okolního vzduchu  $[^{\circ}C]$

$t_r$  teplota povrchu oděvu  $[^{\circ}C]$

$t_u$  účinná teplota obklopujících stěn.  $[^{\circ}C]$

### A.3 Tepelně vlhkostní mikroklima

Výkonnost člověka je ovlivněna prostředím, ve kterém se pohybuje. Při optimálních podmínkách, kdy může pracovat s největším výkonem, zdravotně nezávadně žít a odpočívat, je dosaženo stavu prostředí, který je nutnou podmínkou pohody člověka.

Pohoda prostředí je závislá především na následujících činitelích:

- teplotě vzduchu, okolních stěn a ploch,
- rychlosťi proudění vzduchu a jeho vlhkosti,
- tepelně izolační vlastnosti oděvu,
- čistotě okolního vzduchu (plynné škodliviny, prach, zápachy),
- hladině hluku,
- intenzitě osvětlení,
- ionizujícímu a neionizujícímu elektromagnetickému záření,
- elektrostatickému poli,
- počtu a převažující polaritě iontů v ovzduší.

Z uvedeného počtu činitelů jsou právě první dva nejdůležitější a tvoří tepelnými a vlhkostními toky (teplo a vodní pára) teplně vlhkostní mikroklima.

Tepelná a vlhkostní pohoda se hodnotí:

- objektivně, podle platných fyzikálních zákonů,
- subjektivně, podle pocitů konkrétního člověka, které se mohou individuálně měnit v hodnocení spokojenosti,
- předpisově, podle hledisek celospolečensky platných norem, která stanovují obecná kritéria pro teplotu, vlhkost a rychlosť proudění vzduchu a další požadavky.

Kvalitní tepelně vlhkostní mikroklima v budově je výrazně vytvářeno zejména vytápěcím a vzduchotechnickým zařízením.

Výsledné tepelně vlhkostní účinky prostředí na dané místo lze posuzovat podle výsledné teploty, teploty vnitřního vzduchu v místnosti, teploty povrchových ploch v interiéru, rozdílu mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu.

#### Syndrom nemocných budov

Syndrom vyvolaný pobytom osob v nových moderních budovách. Projevuje se bolestmi v krku, bolením hlavy, ucpaným nosem a oslabující letargií. Tyto příznaky se ke konci pracovní doby stupňují. Důsledky nemoci pocítí už i podnikatelé a zaměstnavatelé: značná absence, pokles pracovní morálky a snížení výkonnosti.

Za příčinu je obvykle uváděno, že budovy ze skla a oceli nejsou tak půrovité jako budovy z tradičních stavebních hmot. K tomu přistupují neudržované klimatizační systémy, obrazovky počítačů, blikající světlo zářivek, všudypřítomné kancelářské chemikálie, prach usazující se v koberech a na nábytku a nesoucí řadu mikrobů, výboje statické elektriny a příčiny psychického stresu (např. neotvíratelná okna). Příčinou může být nevyhovující úroveň kteréhokoli činitele, na kterém závisí pohoda prostředí.

Pramen: Jokl M.: Teorie vnitřního prostředí budov, ČVUT 1993

#### A.3.1 Výsledná teplota

Výsledný tepelný účinek konvekčního a sálavého tepla v daném místě lze posuzovat podle tzv. výsledné teploty  $t_g$  (globeteplo). Měří se nejčastěji kulovým teploměrem podle Vernon. Kulový teploměr se instaluje v měřeném místě do výše 1,1 m nad podlahou. Ustálení teploty  $t_g$  trvá až 20 minut.

Zjednodušeně lze napsat (při malé rychlosti proudění vzduchu)

$$t_v + t_u = 2t_g$$

kde  $t_g$  výsledná teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $t_v$  teplota vzduchu v místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $t_u$  teplota okolních stěn a ploch [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Orientační hodnoty výsledné teploty jsou uvedeny na Tab. A.II

| Činnost  | měrný metabolismus<br>qm [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] | Tepelný odpor oděvu R [clo] |      |      |      |
|--|--|-----------------------------|------|------|------|
|  |  | 0,3                         | 0,6  | 0,8  | 1    |
| 1 sezení s minimální tělesnou činností           | ~ 60   | 26,5                        | 25   | 23,5 | 22,5 |
| 2 sezení s mírnou aktivitou resp. uvolněné stání | 70   | 26,5                        | 24,5 | 22   | 21   |
| 3 lehká fyzická práce                            | 95   | 24                          | 21   | 19   | 18   |
| 4 náročnější fyzická práce                       | 130  | 21,5                        | 18   | 16   | 14   |
|  | 145  | 21                          | 17   | 15   | 11   |
|  | 160  | 19                          | 15   | 13   | 9    |

Tab. A.II Orientační hodnoty výsledné teploty  $t_g$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] v různých podmínkách

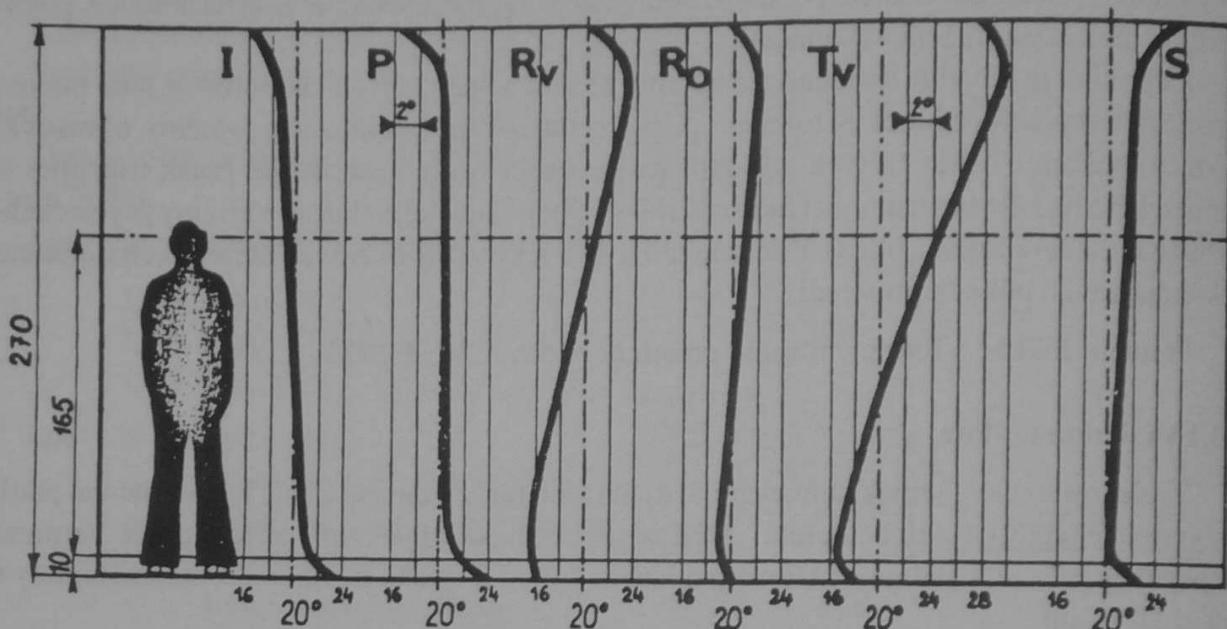
Poznámka: Jednotka 1 clo je tepelně izolační schopnost oděvu, která zabezpečí pocit pohody u člověka v klidu (při průměrné povrchové teplotě  $33^{\circ}\text{C}$ ) v místnosti s teplotou  $22^{\circ}\text{C}$ , s relativní vlhkostí  $j \leq 50\%$  při rychlosti proudění vzduchu  $v \leq 0,3 \text{ m.s}^{-1}$ .

1 clo odpovídá tepelnému odporu  $0,155 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$ .

### A.3.2 Teplota vnitřního vzduchu v místnosti

Teplota vzduchu (skutečná)  $t_v$  v interiéru místnosti je v konkrétních podmírkách proměnná v horizontálním i vertikálním směru. Je různá podle navrženého vytápěcího zařízení, polohy otopných ploch, přívodu vzduchu. Podstatně ji ovlivňuje i stavební konstrukce, může vzniknout proudění podél ochlazované (prosklené) plochy místnosti, ovlivňuje ji i otevírání dveří i další technické a provozní faktory.

Pro tepelnou pohodu je důležité, aby rozdíl, především ve vertikálním směru, byl co nejmenší a nepřekročil kritérium teplotního rozdílu  $2^{\circ}\text{C}$  – měřeno od  $0,1\text{ m}$  do  $1,65\text{ m}$  nad podlahou.



Obr. A.1 Vertikální rozložení teplot vzduchu v místnosti při různém způsobu vytápění

I – predstava ideálního vytápění, P – podlahové vytápění,  $R_v$  – vytápění radiátory umístěnými na vnitřních zdech,  $R_o$  – vytápění radiátory umístěnými pod okny,  $T_v$  – teplovzdušné vytápění, S – stropní velkoplošné vytápění.

### A.3.3 Účinná teplota okolních ploch

Účinná teplota okolních ploch  $t_u$  představuje zidealizovanou průměrnou teplotu všech povrchů v interiéru. Povrchová teplota konstrukce stropů, podlah, stěn, oken, dveří rozhoduje podstatným způsobem o tepelné pohodě.

Nejchladnější velké plochy povrchu místnosti působí tzv. studené sálání v důsledku nízké povrchové teploty a způsobují citelně tepelnou nepohodu pro člověka v interiéru. Navíc může docházet k povrchové kondenzaci vody na chladných plochách. Proto je nutné vnější stěny opatřit účinnou tepelnou izolací a omezit plochy oken a prosklených stěn.

Účinná teplota okolních ploch se stanoví:

$$t_u = \frac{\sum t_{ip} \cdot S_i}{\sum S_i}$$

|     |          |                               |                   |
|-----|----------|-------------------------------|-------------------|
| kde | $t_u$    | účinná teplota okolních ploch | [°C]              |
|     | $t_{ip}$ | teplota jednotlivého povrchu  | [°C]              |
|     | $S_i$    | plocha jednotlivého povrchu   | [m <sup>2</sup> ] |

Při dodržení podmínky, že  $t_i = t_v = 20^\circ\text{C}$

kde  $t_i$  interní výpočtová teplota  $[^\circ\text{C}]$   
 $t_v$  teplota vnitřního vzduchu  $[^\circ\text{C}]$

Platí předepsaná kritéria:

$$a) \quad t_v + t_u = 38^\circ\text{C}$$

$$b) \quad 19^\circ\text{C} < \frac{t_i - t_u}{2} < 23^\circ\text{C}$$

#### A.3.4 Rozdíly mezi povrchovou teplotou a teplotou vzduchu v místnosti

Pro připustný rozdíl mezi teplotou  $t_u$  a  $t_v$  existují kritéria tak, aby byla přijatelná tepelná pohoda prostředí.

Při tělesném klidu nemá být teplotní rozdíl vyšší než:  $(t_v - t_u) = 7^\circ\text{C}$

Při fyzické práci je uváděn maximální teplotní rozdíl  $(t_v - t_u) = 10^\circ\text{C}$ .

S nižším rozdílem mezi účinnou teplotou povrchu místnosti  $t_u$  a teplotou vzduchu  $t_v$  se zvyšuje pohoda člověka. Z hlediska pohody člověka lze za ideální podmínky považovat stav, kdy teploty vzduchu a povrchu interiéru jsou stejné  $t_p = t_v$ . V praxi lze této rovnosti dosáhnout jen obtížně, neboť vliv stavebně konstrukční (velikost oken, umístění místností v dispozici budovy atd.) většinou i vytápění a větrání místnosti způsobují, že skutečný stav je značně vzdálen ideálnímu stavu.

Při konvekčním vytápění převládá teplota vzduchu  $t_v > t_u$  a naopak při sálavém vytápění interiéru platí opačná nerovnost  $t_u > t_v$ . Pocit tzv. studeného sálání od značně prosklených obvodových stěn s nízkou povrchovou teplotou  $t_p$  působí nejen nepříjemně na člověka, ale musí být kompenzován zvýšenou teplotou konvekční  $t_v$ . Každé takové zvýšení teploty o  $1^\circ\text{C}$  se projeví zvýšením výkonu topného zařízení o 3 až 5%, a tedy s vyšším náklady na již dostatečně drahé palivo.

Úsporu paliva nemusíme dosáhnout jen v dostatečné izolaci ochlazované části obvodového pláště, ale i ve vhodném návrhu vytápění v zóně pobytu lidí.

#### A.3.5 Vlhkost vzduchu

Během ročního období se mění vlhkost venkovního vzduchu a vytápěním a osluněním se mění relativní vlhkost vzduchu v místnosti. Přijatelná pro člověka je relativní vlhkost v rozmezí mezi 30 až 70 %. Pro výpočty uvažujeme za normálních podmínek relativní vlhkost 60 %.

Nižší relativní vlhkost, snadno dosažitelná při vytápění v zimě, způsobuje tvorbu prachu ve vzduchu z tkanin, závěsů, koberců, oděvů a na otopných plochách s vyšší teplotou pak způsobuje rozklad prachu, který dráždí dýchací cesty. Je-li překročena hranice relativní vlhkosti nad 70 % je větší nebezpečí srážení vodní páry na chladnějších plochách interiéru a nebezpečí vytvoření plísně. Kromě toho může ztěžovat i odpařování z povrchu pokožky člověka a následné pocení.

Vytápěním, kterým působíme na zvýšení teploty v interiéru snižujeme relativní vlhkost, a proto si pomáháme v zimním období umělým zvlhčováním vzduchu zvlhčovači.

Vyšší relativní vlhkost se dosahuje v prostorech s technologií nebo ochlazujeme vzduch např. v letním období.

#### A.3.6 Rychlosť proudění vzduchu

Proudění vzduchu v místnosti může být vyvoláno přirozeným nebo nuceným větráním. Podle činnosti člověka v interiéru budovy, jeho předpokládaném oblečení i v závislosti na jakou

část těla vzduch proudí, by mělo být stanoveno horní kritérium pro proudění vzduchu v interiéru. Orientačně je podle teploty  $t$ , od 18 do 22°C přípustný pohyb vzduchu rychlostí  $v = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$ .

Při vyšších teplotách např. 26 až 28°C je snesitelnější i vyšší rychlosť proudění vzduchu, ale neměla by překročit  $v = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ .

Kvalitativní hodnocení dalších faktorů pohody prostředí většinou dává požadavky pro větrání interiéru budovy. Za čistý vzduch, kterým větráme interiér, považujeme vzduch s příslušným omezeným obsahem prachu, bakterií či mikroorganismů, s limitovaným obsahem různých plynů a potřebným obsahem kyslíku výměnou za vydýchaný vzduch. Sleduje se i obsah záporných i kladných iontů. Vytápění většinou nemůže ovlivnit tyto faktory, a proto jsou podrobněji uvedeny v části vzduchotechnika.

## A.4 Sdílení tepla

Přenos tepla nastává při rozdílu teplot mezi dvěma místy, která tento přenos umožňuje. Je to proces nevratný, který je založen na dvou hlavních větvích termodynamiky.

1. Zachování energie při přeměně tepla v práci a naopak ( $1\text{Nm} = 1\text{J} = 1\text{Ws}$ )
2. Přeměna tepla na práci je možná jen za určitých podmínek. Teplo nemůže přecházet z chladnějšího tělesa na teplejší bez vynaložení práce (tyto procesy umožňují pouze tepelná čerpadla). Přeměna práce na тепло může být bezprostřední.

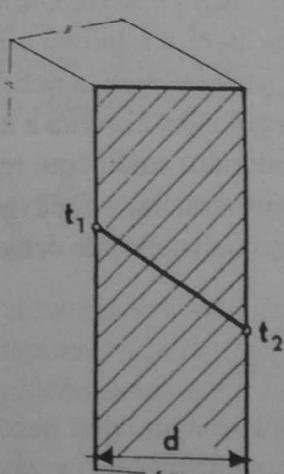
Přenos tepla se uskutečňuje čtyřmi základními přenosovými procesy: vedením, prouděním, sáláním a přenosem hmoty (vlhkosti). Při skutečných dějích probíhá vždy několik procesů současně. Pro praktické využití přichází v úvahu přenos tepla vedením, prouděním a sáláním.

### A.4.1 Vedení tepla

V oboru vytápění a ve stavebních konstrukcích převažuje vedení tepla pevnými stěnami rovinou:

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{d} \cdot S \cdot (t_1 - t_2)$$

|     |            |  |                                      |
|-----|------------|--|--------------------------------------|
| kde | $\dot{Q}$  | množství tepla prošlého stěnou         | [W]                                  |
|     | $\lambda$  | součinitel tepelné vodivosti           | [W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|     | d          | tloušťka stěny                         | [m]                                  |
|     | S          | plocha stěny                           | [m <sup>2</sup> ]                    |
|     | $t_1, t_2$ | povrchové teploty stěny podle Obr. A.2 | [°C]                                 |



Obr. A.2 Sdílení tepla vedením – rovinou stěnou

#### A.4.2 Sdílení tepla prouděním

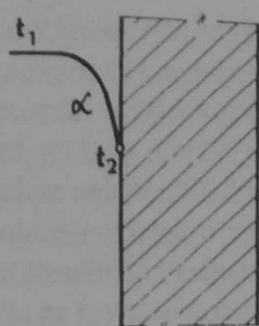
Je způsob přenášení tepla proudící tekutinou (kapalinou nebo plynem) na povrch–plochu tělesa a nebo z povrchu tuhého tělesa do tekutiny.

Sdílení tepla prouděním mezi povrchem tuhého tělesa a tekutinou a naopak se nazývá též přestup tepla.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot S (t_1 - t_2) \quad [\text{W}]$$

|     |           |  |                                     |
|-----|-----------|--|-------------------------------------|
| kde | $\dot{Q}$ | množství tepla, které přestoupí do stěny | [W]                                 |
|     | $\alpha$  | součinitel přestupu tepla                | [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|     | S         | plocha stěny                             | [m <sup>2</sup> ]                   |
|     | $t_1$     | teplota tekutiny                         | [°C]                                |
|     | $t_2$     | teploty stěny                            | [°C]                                |

Proudění tekutiny může být přirozené nebo vynucené (čerpadlo, ventilátor)



Obr. A.3 Sdílení tepla prouděním – přestup tepla

#### A.4.3 Sdílení tepla sáláním

Tepelné sálání je elektromagnetické vlnění s délkou vlny od 0,8 m do 40 m. Nazýváme jej infračerveným zářením.

Tepelné sálání je přeměna tepelné energie v zářivou a její předávání do prostoru, který vyzařující těleso obklopuje. Opětnou přeměnou zářivé energie dopadající na těleso v energii tepelnou nazýváme pohlcování (termální absorpcí).

Množství tepla se určí ze vztahu:

$$\dot{Q} = C_o \cdot S \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad [\text{W}]$$

|     |           |                                    |                                     |
|-----|-----------|------------------------------------|-------------------------------------|
| kde | $\dot{Q}$ | množství tepla předávaného sáláním | [W]                                 |
|     | $C_o$     | součinitel sálání (cca 5,5)        | [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-4</sup> ] |
|     | S         | plocha                             | [m <sup>2</sup> ]                   |
|     | T         | absolutní teplota sálavé plochy    | [K]                                 |

Jestliže se z množství zářivé energie dopadající na těleso  $\dot{Q}_o$ , část pohltí  $\dot{Q}_A$ , část odrazí  $\dot{Q}_R$  a část projde tělesem  $\dot{Q}_D$ , pak platí:

$$\dot{Q}_A + \dot{Q}_R + \dot{Q}_D = \dot{Q}_o \quad [\text{W}]$$

$$A + R + D = 1$$

|     |   |                           |  |
|-----|---|---------------------------|--|
| kde | A | součinitel pohltivosti    |  |
|     | B | součinitel odrazenosti    |  |
|     | C | součinitel průteplovosti. |  |

#### A.4.4 Prostup tepla

Prostupem tepla nazýváme výměnu tepla mezi dvěma tekutinami (plyny nebo kapalinami) oddělenými tuhou stěnou.

Prostup tepla se skládá z přestupu tepla, vedení tepla a opět přestupu tepla podle Obr. A.4. Podrobně je o problematice pojednána v literatuře, například (5) a (6).

Množství tepla, které projde stěnou je dán vztahem:

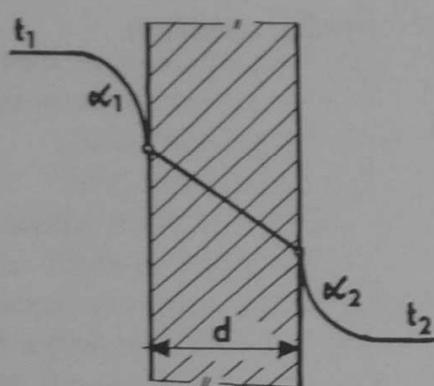
$$\dot{Q} = S \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{W}]$$

kde  $\dot{Q}$  množství tepla  $[\text{W}]$

$S$  plocha stěny  $[\text{m}^2]$

$k$  součinitel prostupu tepla  $[\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$

$t_1, t_2$  teploty vnitřního a vnějšího prostředí  $[\text{°C}]$



Obr. A.4 Prostup tepla stěnou

Součinitel prostupu tepla určité konstrukce se stanoví ze vztahu:

$$k = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad R_o = R_i + R + R_e$$

kde  $R$  tepelný odpor konstrukce  $[\text{m}^2\text{KW}^{-1}]$

$R_i, R_e$  tepelné odpory při přestupu tepla na vnitřní, resp. vnější straně konstrukce vypočtené jako

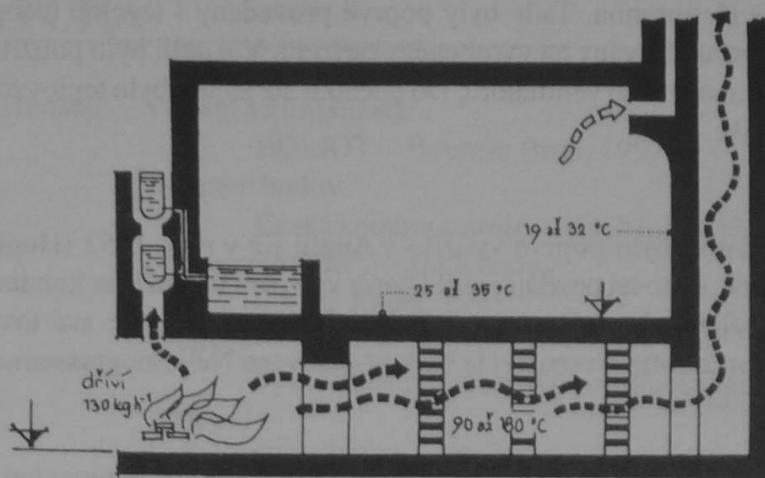
$$R_i = \frac{1}{\alpha_1} \quad [\text{m}^2\text{KW}^{-1}]$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_2} \quad [\text{m}^2\text{KW}^{-1}]$$

kde  $\alpha_1, \alpha_2$  jsou součinitelé přestupu tepla na vnitřní, resp. vnější straně konstrukce  $[\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$ .

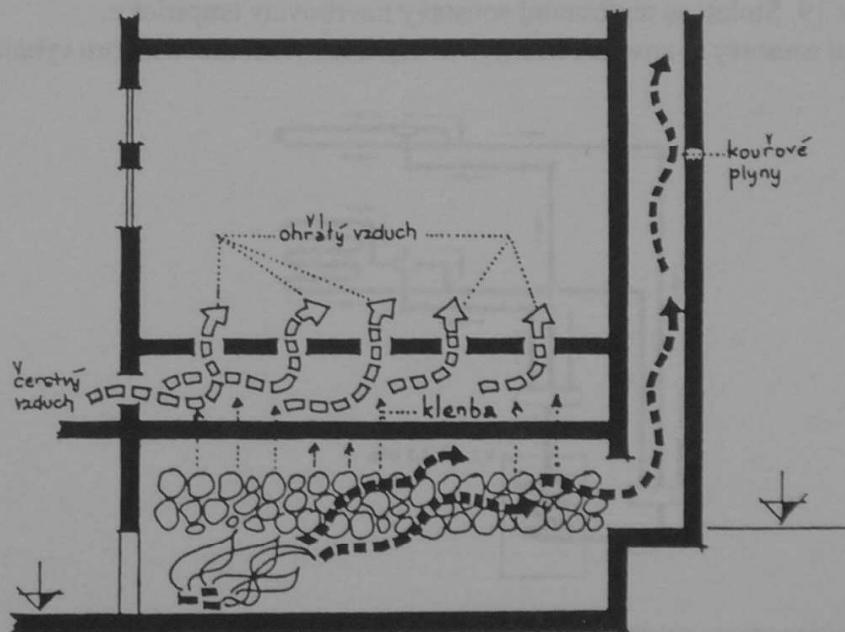
#### A.5 Historie ústředního vytápění

Za první ústřední vytápění můžeme označit soustavu s využitím kouřových plynů k vytápění podlahy (hypokaustum) v 80. letech před naším letopočtem v domech a vilách římských občanů. Prvním známým autorem této myšlenky byl Sergius Orata (Obr. A.5). Později se vedle podlahy využilo vedení kouřových plynů ve stěnových dutinách (Aula Palatina v Trevíru). Na počátku našeho letopočtu došlo k využití kouřových plynů k vytápění v Číně (soustava Kang). Na rozdíl od římských poměrů bylo čínské vytápění využíváno i středními vrstvami obyvatel. Spalovalo se jak dříví, tak i uhlí.



Obr. A.5 Podlahové vytápění kouřovými plyny - 1. století př.n.l.

Po pádu Římské říše se čekalo na vytápění kouřovými plyny až do 18. Století. Technické nedostatky (netěsnosti kanálů) zhoršovaly hygienu vytápených prostor, a tak se od tohoto vytápění postupně upustilo. Výsledkem snah po odstranění hygienických závad při přímém využívání kouřových plynů bylo použití výměníku, ve kterém se kouřovými plyny ohříval vzduch. Tento ohřátý vzduch se pak používal k vytápění místností. Primitivní výměník vznikl vytvořením další klenby nad ohništěm a takto vzniklým meziprostorem proudil samotížně čerstvý vzduch, který se po ohřátí rozváděl do vytápených místností. Tento ojedinělý případ (hrad Marburg – 14. století) lze považovat za první teplovzdušné vytápění (Obr. A.6).



Obr. A.6 Hrad Marburg - teplovzdušné vytápění - 14. Století

#### Teplovzdušné vytápění

Považujeme-li vytápění hradu Marburg za první teplovzdušnou vytápecí soustavu, pak na svou dokonalejší formu musela čekat až do 18. století (carský zámek v Petrohradě, zámek Postupim, dvorní divadlo Vídeň). Za první moderní soustavu teplovzdušného vytápění se považuje návrh vídeňského inženýra Meissnera (1821) na oběhové teplovzdušné vytápění, realizované

v budově gymnázia v Heilbronnu. Tady byly poprvé provedeny i tepelně technické výpočty (von Bruckmann) a poté ověřovány na vyrobeném zařízení. V Anglii bylo použito k nucenému oběhu ohřátého vzduchu osového ventilátoru. Do počátku 20. století bylo teplovzdušné vytápění v Evropě nejrozšířenější.

#### Parní vytápění

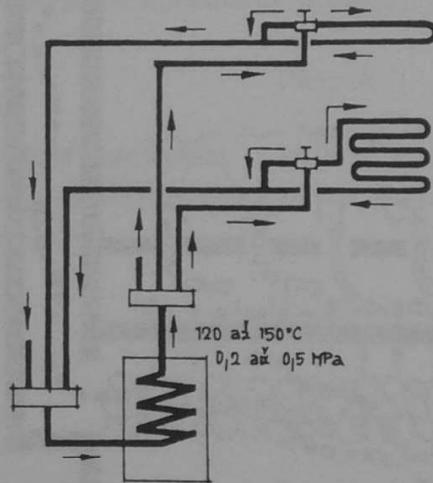
Vytápění vodní parou bylo poprvé využito v Anglii již v roce 1652 (Hugh Platt). Další Angličan, William Cook, o sto let později navrhl parní vytápění využitím kondenzačního tepla páry a v roce 1770 realizoval vynálezce parního stroje James Watt ve své továrně vytápění párou odebíranou přímo z kotle. Prvenství je však připisováno Neil Snograssemu. Používalo se páry o tlaku 0,1 až 0,2 MPa.

Nízkotlaké parní vytápění vzniklo až v roce 1878 (Bechem) a pracovalo s přetlakem 0,03 MPa. Tři roky předtím vznikl radiátor jako vytápěcí těleso (USA).

#### Teplovodní vytápění

Počátky vytápění teplou vodou je možné hledat již u Římanů, kteří využívali termálních pramenů a zaváděli termální vodu do dutých kovových desek nebo do keramických trubek v podlaze. Francouzský fyzik Bonnemain použil jako první moderní samotížnou teplovodní soustavu k vytápění líhní v roce 1777. Teplovodní soustava pro vícepodlažní dům byla poprvé realizována v Anglii Francouzem de Chabenessem v roce 1817. Dvoutrubkové teplovodní soustavy navrhli v roce 1822 Angličané Atkinson a Tregold. Zajímavé je, že teorie teplovodního vytápění (princip přirozené cirkulace a hydraulické ztráty) je známa již od roku 1836 (Hood), ale až do konce 19. Století se teplovodní soustavy navrhovaly empiricky.

Teplovodní soustavy se značně rozšířily v USA, kde byl kromě radiátoru vynalezen i litinový článkový kotel.



Obr. A.7 Perkinsovo vytápění horkou vodou – r. 1831

Historickou událostí bylo použití vody horké 120 až 150 °C při tlaku 0,2 až 0,5 MPa v uzavřené soustavě (Perkins). Tato soustava vznikla ze snah po úsporách mědi (trubky) (Obr. A.7). Kolem roku 1900 bylo poprvé použito nuceného oběhu teplé vody a tato soustava si udržela své dominantní postavení dodnes.

## LITERATURA

---

1. Chyský, Hemzal: Větrání a klimatizace  
BOLIOT – B-press Brno, 1993
2. Kolektiv: Vytápění budov  
Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků Praha, 1997
3. Jokl: Teorie vnitřního prostředí budov  
ČVUT Praha, 1993
4. Kolektiv: Vytápění  
Společnost pro techniku prostředí Praha, 1996
5. Brož: Vytápění  
ČVUT Praha, 1998
6. Kaňka, Kulhánek: Stavební fyzika  
ČVUT Praha, 1998
7. Jelínek, Kabele: Technická zařízení budov II  
ČVUT Praha, 1999
8. Časopisy:
  - Topenářství a instalace, ročník 1997 až 1999  
Technické vydavatelství Praha s.r.o.
  - Český Instalatér, ročník 1998, 1999  
ČNTL, spol. s.r.o. Praha
  - TZB, ročník 1997 až 1999  
Alfa konti, s.r.o. Bratislava

## B Vytápění

---

### B.1 Výpočty tepelných ztrát, potřeb a spotřeb tepla

#### B.1.1 Cíle a způsoby výpočtů

Cílem výpočtů v oblasti zásobování teplem je určení potřeby (tepelných příkonů) a spotřeby (odběru) tepla pro:

- vytápění – potřebné pro krytí tepelných ztrát místnosti nebo budovy –  $Q_{vyt.}$ ,
- větrání – teplo pro ohřev větracího vzduchu –  $Q_v$ ; podrobněji viz část C,
- ohřev teplé užitkové vody (TUV) –  $Q_{TUV}$ ; podrobněji viz část B.11,
- technologie – hlavně u průmyslových provozů –  $Q_{techn.}$ .

Způsob výpočtu je třeba volit podle účelu projektové dokumentace:

- pro návrh systémů v budovách
  - pro zadání stavby - výpočty přibližné
    - na základě tepelné charakteristiky budovy - viz část B.1.6
    - obálková metoda podle ČSN 730540-4 (stanovení pouze tepelné ztráty obvodového pláště budovy (obvodových stěn, střechy, popř. i podlahy pod nejnižším podlažím)),
  - pro souhrnné projektové řešení a pro realizační projekt zásobování teplem
    - výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností podle ČSN 060210 pro návrh otopních těles, trubního rozvodu a pro návrh velikosti a vybavení topného zdroje – viz část B.1.5
- pro návrh systémů centralizovaného zásobování teplem (urbanistické studie) je vhodné postupovat podle ČSN 383350 (viz část B.1.7).

#### B.1.2 Požadavky na budovy a na vytápěcí zařízení

Při návrhu budovy je třeba zohlednit z hlediska tepelně technického tepelný odpor stavebních konstrukcí, teplotní útlum, tepelnou jímovost podlahových konstrukcí, tepelnou stabilitu místnosti, kondenzaci vlhkosti ve stavebních konstrukcích a vzduchovou propustnost stavebních konstrukcí (spáry, styky).

Při návrhu je také vhodné provést ekonomické hodnocení stavebních konstrukcí a investičních a provozních nákladů vytápěcího zařízení.

Vytápěcí zařízení má být navrženo tak, aby bylo dosaženo optimálních parametrů tepelné pohody (účinné a vhodně umístěné otopné plochy, příznivé rozložení teplot v místnostech atd.) a aby byl jeho provoz ekonomický (volba režimu vytápění, způsob regulace a měření atd.).

#### B.1.3 Druhy vytápění, otopné období, denostupně

**Ústřední vytápění** je vytápění celé budovy nebo skupiny místností ze společného zdroje tepla umístěného mimo vytápěné místnosti nebo v jedné z nich.

**Etážové (bytové) vytápění** je zvláštní případ ústředního vytápění, kdy ze společného zdroje tepla je vytápěn byt nebo rozlehly prostor umístěný v jednom podlaží.

**Trvalé vytápění**: je vytápění s provozem nejméně 5 za sebou následujících dnů s přestávkou nejvíce 2 dny mezi jednotlivými provozními cykly; doba provozu vytápění je nejméně 8 hodin denně.

**Občasné (příležitostné) vytápění** je vytápění s provozem méně než 5 za sebou následujících dnů nebo s přestávkou více než 2 dny mezi jednotlivými provozními cykly, popř. s kratší dobou provozu vytápění než 8 hodin denně (v posledním případě jde o krátkodobé vytápění).

**Nepřerušované vytápění** je vytápění s provozem otopné soustavy 24 hodin denně, při kterém není přerušena dodávka tepla ze zdroje tepla do soustavy na dobu delší než 2 hodiny a v součtu více než 4 hodiny denně; doba provozu mezi přerušenými dodávkami tepla musí být přitom dostatečně dlouhá, aby se zajistila pohoda prostředí i pro následující přestávku.

**Přerušované vytápění** je vytápění s dobou provozu kratší než 24 hodin denně, nebo když doba přerušení dodávky tepla do soustavy přesáhne během přestávky 2 hodiny nebo celková doba otopných přestávek je více než 4 hodiny denně.

**Akumulační vytápění** je vytápění, při kterém se teplo odebírá z akumulátoru umístěného buď ve vytápěné místnosti, nebo mimo vytápěnou místnost; časový průběh energie (tepla) dodávané do akumulátoru se zpravidla nekryje s časovým průběhem tepla odebíraného pro vytápění místnosti.

**Otopné období** je určeno vyhláškou č. 245/1995 Sb., podle které období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku, pokud se odběratel a dodavatel tepla nedohodnou jinak.

V tomto období se započne s vytápěním (omezí, přeruší, ukončí), poklesne-li (vystoupí-li) průměrná denní teplota venkovního vzduchu  $t_{ed}$  pod (nad) 13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí nelze očekávat pro následující den zvýšení (snížení) této teploty.

$$t_{ed} = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4} \quad [\text{°C}]$$

kde  $t_7, t_{14}, t_{21}$  teploty měřené ve stínu v 7.00, 14.00 a 21.00 hodin.

Otopným obdobím se rozumí období, ve kterém musí být zařízení pro dodávku tepla (kotelna, rozvody tepla a příp. předávací stanice) v pohotovém technickém stavu, aby bylo možno kdykoliv při splnění uvedených podmínek (průměrná teplota venkovního vzduchu) zahájit a udržovat provoz vytápění. Počet dnů otopného období (273, příp. 274 dny) se nemusí shodovat s počtem dnů vytápění (obvykle 200 až 230 dnů).

Doba zahájení vytápění se může v různých lokalitách též obce nebo města lišit podle rozdílu v dosahovaných průměrných venkovních teplotách. Jak bylo již výše zmíněno, o začátku a konci otopného období i o vytápění mimo otopné období se mohou též dohodnout dodavatel s odběratelem tepla (při dodržení zásad hospodárnosti a technických a provozních podmínek).

Vytápěné prostory budovy musí být vytápěny na teplotu předepsanou normou (např. obytné místnosti na 20 °C) v době jejich provozu. Dobu provozu vytápěných prostor se rozumí u bytů doba od 6,00 do 22,00 hod. a u ostatních budov je provozní doba dána jejich účelem.

Pojem **denostupeň** D je ve vytápěcí technice zaveden pro zjišťování, kontrolu a porovnání potřeby tepla pro vytápění v otopném období. Počet denostupňů v otopném období je součin počtu dnů otopného období **d** a rozdílu středních teplot vnitřního  $t_{is}$  a venkovního  $t_{es}$  vzduchu.

$$D = d (t_{is} - t_{es})$$

Počet denostupňů lze v zásadě určit pro libovolnou dobu, např. pro otopné období, pro určitý měsíc, týden apod.

Počet denostupňů lze počítat jednak podle dlouhodobých průměrů teplot uvedených v tab. B.1.I (tzv. klimatické denostupně), jednak podle teplot zjištěných v určitém konkrétním časovém úseku (tzv. meteorologické denostupně). Klimatických denostupňů se používá při návrhu zařízení pro výpočet potřeby tepla nebo při porovnávacích výpočtech, meteorologických denostupňů se používá při kontrole provozu již hotových zařízení.

## B.1.4 Podklady pro výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou nutné tyto podklady:

- situační (polohopisný) plán, ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terénních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větru,
- půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními skladebnými (popř. světlými) rozměry, včetně rozměrů oken a dveří (nejméně v měřítku 1:100),
- řezy budovou s udáním hlavních světlých konstrukčních výšek podlaží,
- tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540 - 3:1994,
- součinitel spárové průvzdušnosti oken  $i_{LV}$  (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994  $i_{LV,p}$ ) a součinitel prostupu tepla oken a dveří  $k$  (ve smyslu ČSN 73 0540-1:1994  $k_{ok,p}$ ) popř. údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty místnosti prostupem a tepelné ztráty místnosti infiltrací,
- údaje o druhu (účelu) místnosti,
- údaje o teplotách. Pro volbu výpočtové venkovní teploty  $t_e$  je možno použít tabulku B.1.1 nebo lépe údaje nejbližší hydrometeorologické stanice. Výpočtové vnitřní teploty  $t_i$  se volí podle tabulky A.3 v souladu s hygienickými předpisy nebo na základě výslovného požadavku investora. V tomto případě však musí být tato skutečnost v projektu uvedena. Teplota v sousedních nevytápěných místnostech se volí podle tabulky A.2. Tabulky A.2 a A.3 jsou uvedeny v ČSN 06 0210.

| Místo<br>(klimatické stanice) | Podle ČSN 06 0210      |                               | Otopné období pro<br>$t_{sw} = 12^\circ\text{C}$ |                  | Otopné období pro<br>$t_{sw} = 15^\circ\text{C}$ |                  | Otopné období pro<br>$t_{sw} = 13^\circ\text{C}$ |                  |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|--|------------------|--|------------------|--|------------------|
|                               | výška nad mořem<br>(m) | $t_e$<br>( $^\circ\text{C}$ ) | $t_{sw}$<br>( $^\circ\text{C}$ )                 | d<br>(počet dnů) | $t_{sw}$<br>( $^\circ\text{C}$ )                 | d<br>(počet dnů) | $t_{sw}$<br>( $^\circ\text{C}$ )                 | d<br>(počet dnů) |
| Benešov                       | 327                    | -15                           | 3,5  | 234              | 5,2  | 280              | 3,9  | 245              |
| Beroun (Králův Dvůr)          | 229                    | -12                           | 3,7  | 225              | 5,3  | 268              | 4,1  | 236              |
| Blansko (Dolní Lhota)         | 273                    | -15                           | 3,3  | 229              | 5,1  | 275              | 3,7  | 241              |
| Břeclav (Lednice)             | 159                    | -12                           | 4,1  | 215              | 5,2  | 253              | 4,4  | 224              |
| Brno                          | 227                    | -12v                          | 3,6  | 222              | 5,1  | 263              | 4  | 232              |
| Bruntál                       | 546                    | -18v                          | 2,7  | 255              | 4,8  | 315              | 3,3  | 271              |
| Česká Lípa                    | 276                    | -15                           | 3,3  | 232              | 5,1  | 282              | 3,8  | 245              |
| České Budějovice              | 384                    | -15                           | 3,4  | 232              | 5,1  | 279              | 3,8  | 244              |
| Český Krumlov                 | 489                    | -18v                          | 3,1  | 243              | 4,6  | 288              | 3,5  | 254              |
| Děčín (Březiny, Libverda)     | 141                    | -12                           | 3,8  | 225              | 5,5  | 269              | 4,2  | 236              |
| Domažlice                     | 428                    | -15v                          | 3,4  | 235              | 5,1  | 284              | 3,8  | 247              |
| Frydek-Místek                 | 300                    | -15v                          | 3,4  | 225              | 5,1  | 269              | 3,8  | 236              |
| Havlíčkův Brod                | 422                    | -15v                          | 2,8  | 239              | 4,9  | 294              | 3,3  | 253              |
| Hodonín                       | 162                    | -12                           | 3,9  | 208              | 5,1  | 240              | 4,2  | 215              |
| Hradec Králové                | 244                    | -12                           | 3,4  | 229              | 5,2  | 279              | 3,9  | 242              |
| Cheb                          | 448                    | -15                           | 3  | 246              | 5,2  | 306              | 3,6  | 262              |
| Chomutov (Ervěnice)           | 330                    | -12v                          | 3,7  | 223              | 5,2  | 264              | 4,1  | 233              |
| Chrudim                       | 276                    | -12v                          | 3,6  | 225              | 5,9  | 276              | 4,1  | 238              |
| Jablonec n/Nisou (Liberec)    | 502                    | -18v                          | 3,1  | 241              | 5,1  | 298              | 3,6  | 256              |
| Jičín (Libáň)                 | 278                    | -15                           | 3,5  | 223              | 5,2  | 266              | 3,9  | 234              |
| Jihlava                       | 516                    | -15                           | 3  | 243              | 4,8  | 296              | 3,5  | 257              |
| Jindřichův Hradec             | 478                    | -15                           | 3  | 242              | 5  | 296              | 3,5  | 256              |
| Karlovy Vary                  | 379                    | -15v                          | 3,3  | 240              | 5,1  | 293              | 3,8  | 254              |
| Karviná                       | 230                    | -15                           | 3,6  | 223              | 5,3  | 267              | 4  | 234              |
| Kladno (Lány)                 | 380                    | -15                           | 4  | 243              | 5  | 300              | 4,5  | 258              |
| Klatovy                       | 409                    | -15v                          | 3,4  | 235              | 5,2  | 286              | 3,9  | 248              |
| Kolín                         | 223                    | -12v                          | 4  | 216              | 5,9  | 257              | 4,4  | 226              |
| Kroměříž                      | 207                    | -12                           | 3,5  | 217              | 5,1  | 258              | 3,9  | 227              |
| Kutná Hora (Kolín)            | 253                    | -12v                          | 4  | 216              | 5,9  | 257              | 4,4  | 226              |
| Liberec                       | 357                    | -18                           | 3,1  | 241              | 5,1  | 298              | 3,6  | 256              |
| Litoměřice                    | 171                    | -12v                          | 3,7  | 222              | 5,2  | 263              | 4,1  | 232              |
| Louny (Lenešice)              | 201                    | -12                           | 3,7  | 219              | 5,2  | 260              | 4,1  | 229              |

|   |     |      |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mělník                                  | 155 | -12  | 3,7 | 215 | 5,3 | 261 | 4,1 | 229 |
| Mladá Boleslav                          | 230 | -12  | 3,5 | 225 | 5,1 | 267 | 3,9 | 235 |
| Most (Envínec)                          | 230 | -12v | 3,7 | 223 | 5,2 | 264 | 4,1 | 233 |
| Náchod (Keny)                           | 344 | -15  | 3,1 | 235 | 4,8 | 292 | 3,7 | 250 |
| Nový Jičín                              | 284 | -15v | 3,3 | 229 | 5,2 | 280 | 3,8 | 242 |
| Nymburk (Poděbrady)                     | 186 | -12v | 3,8 | 217 | 5,5 | 262 | 4,2 | 228 |
| Olomouc                                 | 226 | -15  | 3,4 | 221 | 5   | 262 | 3,8 | 231 |
| Ostrava                                 | 258 | -15  | 3,5 | 228 | 5,2 | 274 | 3,9 | 239 |
| Ostrava                                 | 217 | -15  | 3,6 | 219 | 5,2 | 260 | 4   | 229 |
| Pardubice                               | 223 | -12v | 3,7 | 224 | 5,2 | 265 | 4,1 | 234 |
| Pesimov                                 | 499 | -15v | 3   | 241 | 5,1 | 300 | 3,6 | 257 |
| Pisek                                   | 348 | -15  | 3,2 | 235 | 5   | 284 | 3,7 | 247 |
| Přeštěn                                 | 311 | -12  | 3,3 | 233 | 4,8 | 272 | 3,6 | 242 |
| Praha (Karlín)                          | 181 | -12  | 4   | 216 | 5,1 | 254 | 4,3 | 225 |
| Prachatic                               | 574 | -18v | 3,3 | 255 | 5,1 | 307 | 3,8 | 267 |
| Přerov                                  | 212 | -12  | 3,5 | 218 | 5,1 | 259 | 3,9 | 228 |
| Přibram                                 | 502 | -15  | 3   | 239 | 4,9 | 290 | 3,5 | 252 |
| Prostějov                               | 226 | -15  | 3,4 | 220 | 5   | 261 | 3,8 | 230 |
| Rakovník                                | 332 | -15  | 3,4 | 232 | 5,7 | 297 | 4   | 250 |
| Rokycany (Přibram)                      | 363 | -15  | 3   | 239 | 4,9 | 290 | 3,5 | 252 |
| Rychalt nad Kněžnou (Sezna nad Zoborom) | 325 | -15  | 3   | 241 | 4,8 | 291 | 3,5 | 254 |
| Semily (Libeň)                          | 334 | -18v | 2,8 | 243 | 4,7 | 303 | 3,4 | 259 |
| Sokolov                                 | 405 | -15v | 3,4 | 239 | 5,4 | 297 | 3,9 | 254 |
| Strakonice                              | 392 | -15  | 3,3 | 236 | 5,2 | 288 | 3,8 | 249 |
| Svitník                                 | 220 | -18v | 3   | 237 |     |     |     |     |
| Svitavy                                 | 447 | -15  | 2,9 | 235 | 4,8 | 286 | 3,4 | 248 |
| Sumperk                                 | 317 | -15v | 3   | 230 | 5,2 | 277 | 3,5 | 242 |
| Tábor                                   | 480 | -15  | 3   | 236 | 5   | 289 | 3,5 | 250 |
| Tachov (Stříbro)                        | 496 | -15  | 3,1 | 237 | 5   | 289 | 3,8 | 250 |
| Teplice                                 | 205 | -12v | 3,8 | 221 | 5,3 | 261 | 4,1 | 230 |
| Třebíč (Bitovánky)                      | 406 | -15  | 2,5 | 247 | 4,6 | 306 | 3,1 | 263 |
| Trutnov                                 | 428 | -18  | 2,8 | 242 | 5   | 298 | 3,3 | 257 |
| Uherské Hradisko (Bučkovice)            | 181 | -12v | 3,2 | 222 | 5   | 266 | 3,8 | 233 |
| Ústí nad Labem                          | 145 | -12v | 3,6 | 221 | 5   | 256 | 3,9 | 229 |
| Ústí nad Orlicí                         | 332 | -15v | 3,1 | 238 | 4,9 | 289 | 3,6 | 251 |
| Vsetín                                  | 345 | -15  | 3,2 | 225 | 4,9 | 270 | 3,8 | 236 |
| Výškov                                  | 245 | -12  | 3,3 | 219 | 4,9 | 260 | 3,7 | 229 |
| Zlín (Napajedla)                        | 234 | -12  | 3,6 | 216 | 5,1 | 257 | 4   | 226 |
| Znojmo                                  | 289 | -12  | 3,6 | 217 | 5,2 | 256 | 3,9 | 226 |
| Zlín nad Sázavou                        | 572 | -15  | 2,4 | 252 | 4,7 | 318 | 3,1 | 270 |

Tab. B.1.1 Výpočtová venkovní teplota  $t_v$ , střední teplota venkovního vzduchu  $t_{\bar{v}}$  a počet dnů d otopného období (podle tab. 1, přílohy 4, ČSN 38 3350, změny a 1990)

### B.1.5 Výpočet tepelných ztrát budov podle ČSN 06 0210

ČSN 06 0210 – „Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění“ stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem stěnami a větráním (infiltrací) za kvazistacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění a pro stanovení tepelné charakteristiky budovy podle ČSN 73 0540:1994. Norma neplatí pro výpočet tepelných ztrát prostorů vytápěných sálavými plochami, v těchto případech lze pouze vycházet ze zásad obsažených v této normě. Tato norma se nevztahuje na výpočet potřeby tepla pro úpravu vzduchu při klimatizaci.

Norma není příliš vhodná pro návrh elektrických přímotopných soustav a pro objekty stavebně „velmi lehké“.

## Celková tepelná ztráta místnosti

Celková tepelná ztráta  $Q_c$  ve W, se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snížená o trvalé tepelné zisky. Je dána vztahem

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$$

kde  $Q_p$  je tepelná ztráta prostupem tepla

$Q_v$  je tepelná ztráta větráním

$Q_z$  je trvalý tepelný zisk

### B.1.5.1 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $Q_p$  ve W, se určí podle vztahu

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

kde  $Q_o$  je základní tepelná ztráta prostupem tepla

$p_1$  je přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

$p_2$  je přirážka na urychlení zátopu

$p_3$  je přirážka na světovou stranu

$Q_o$  – základní tepelná ztráta ve W se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost.

$$Q_o = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j (t_i - t_{ej}) \quad [W]$$

kde  $S_j$  část stavební konstrukce (stěna, podlaha, strop, okno, dveře)  $[m^2]$

$k_j$  součinitel prostupu tepla stavební konstrukce  $[W \cdot m^{-2} \cdot K]$

$t_i$  výpočtová vnitřní teplota  $[^\circ C]$

$t_{ej}$  výpočtová teplota prostředí na vnější straně stavební konstrukce (teplota vnitřní nebo venkovní) o ploše  $S_j$

Je-li na vnější straně stavební konstrukce teplota  $t_{ej}$  vyšší než teplota  $t_i$ , pak má tepelný tok zápornou hodnotu a jedná se tedy o tepelný zisk.

$p_1$  – přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí umožňuje, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo dosaženo ve vytápěné místnosti výpočtové vnitřní teploty  $t_i$ .

$p_1$  závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla  $k_c$  všech ohraničujících konstrukcí místnosti

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S(t_i - t_e)} \quad p_1 = 0,15 \cdot k_c$$

kde  $\sum S$  celková plocha všech ohraničujících konstrukcí  $[m^2]$

$t_i$  výpočtová vnitřní teplota  $[^\circ C]$

$t_e$  výpočtová venkovní teplota  $[^\circ C]$

$p_2$  – přirážka na urychlení zátopu se uvažuje v bytové výstavbě, nemocnicích apod. pouze v případech, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění a v dalších případech tehdy, kdy je již při zadání předpokládán přerušovaný provoz (průmyslové závody, administrativní budovy apod.) nebo u budov s kotelnou na tuhá paliva o výkonu nižším než 150 kW.

V takových případech se přirážka stanoví podle doby vytápění:

$p_2 = 0,10$  při denní době vytápění delší nebo rovné 16 hodin

$p_2 = 0,20$  při denní době vytápění kratší než 16 hodin

$p_3$  – přirážka na světovou stranu se stanovuje podle polohy nejvíce ochlazované konstrukce (stěny) místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích rozhoduje poloha jejich společného rohu nebo se počítá s největší přirážkou.

| Světová strana | S     | SZ,SV,V | Z,JZ,JV | J      |
|----------------|-------|---------|---------|--------|
| přirážka $p_3$ | + 0,1 | + 0,05  | 0       | - 0,05 |

#### B.1.5.2 Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta místnosti při přirozeném větrání infiltrací  $Q_v$  ve W se stanoví ze vztahu

$$Q_v = c_v \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)$$

kde  $c_v = 1300 (\text{J.m}^{-3}.\text{K}^{-1})$  je objemová tepelná kapacita vzduchu při 0 °C

$V_v$  je objemový tok větracího vzduchu [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

$t_i, t_e$  výpočtová vnitřní, venkovní teplota [°C]

$$V_v = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$$

kde  $\sum (i_{LV} \cdot L)$  je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>.Pa<sup>-0,67</sup>]

$i_{LV}$  je součinitel spárové provzdušnosti ČSN 73 0540–3 [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.Pa<sup>-0,67</sup>]

L je délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří [m]

B charakteristické číslo budovy [Pa<sup>0,67</sup>]

M charakteristické číslo místnosti

- Celková délka spáry L se stanovuje ze skladebních rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se přitom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem (včetně středních sloupek) mezi dvěma na sebe přiléhajícími křídly.

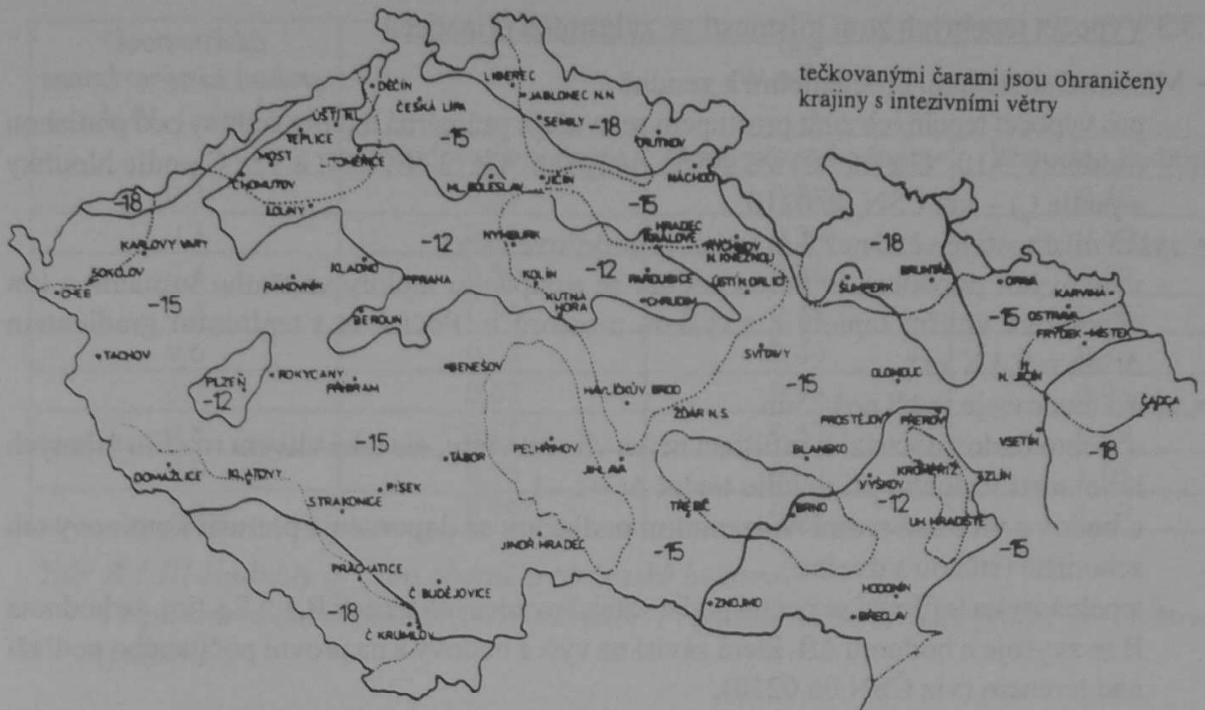
Součet součinů  $\sum (i_{LV} \cdot L)$  se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy. U řadových místností s jednou venkovní konstrukcí se za návětrnou stranu považuje strana, na které je venkovní konstrukce s oknem.

U rohových místností s okny v obou venkovních stavebních konstrukcích se počítá se  $\sum (i_{LV} \cdot L)$  pro okna v obou stavebních konstrukcích. U místností s okny v protilehlých konstrukcích se za návětrnou stranu považuje strana, pro kterou má  $\sum (i_{LV} \cdot L)$  větší hodnotu. Protilehlá strana stavební konstrukce se pak považuje za stranu závětrnou; spárami oken v této konstrukci uniká vzduch z místnosti. Charakteristické číslo místnosti se v tomto případě volí M = 1, stejně jako pro místnost bez vnitřních konstrukcí.

- Charakteristické číslo budovy B (tab. B.1.II) závisí na rychlosti větru, která je odvislá od polohy budovy v krajině (poloha chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá) a od druhu budovy (řadová a osaměle stojící). Z hlediska rychlosti větru se dále rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry (obr. B.1.1).

- charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru provzdušností oken a vnitřních dveří – jeho hodnoty (0,4; 0,5; 0,7 a 1,0) jsou uvedeny v ČSN 06 0210.

Tepelná ztráta infiltrací  $Q_v$  nemá být větší než 20 % tepelné ztráty prostupem  $Q_p$ . Vyjde-li výpočtem  $Q_v > 0,2 Q_p$  je možné zmenšit  $Q_v$  návrhem těsnějších oken nebo oken s jiným členěním (zmenšení délky spár L).



Obr. B.1.1 Mapa oblastí venkovních teplot a intenzivních větrů

| Krajinná oblast<br>se zřetelem<br>k intenzitě větru | Poloha budovy<br>v krajině | Rychlosť větru<br>$w^*$ (m · s <sup>-1</sup> ) | Charakteristické číslo budovy<br>$B$ (Pa <sup>0,67</sup> ) |                           |
|---|----------------------------|--|--|---------------------------|
|   |                            |  | řadové<br>budovy   | osaměle stojící<br>budovy |
| Normální krajina                                    | chráněná                   | 4  | 3  | 4                         |
|   | nechráněná                 | 6  | 6  | 8                         |
|   | velmi nepříznivá           | 8  | 9  | 12                        |
| Krajina s intenzívními větry                        | chráněná                   | 6  | 6  | 8                         |
|   | nechráněná                 | 8  | 9  | 12                        |
|   | velmi nepříznivá           | 10   | 12   | 16                        |

Tab. B.1.II Charakteristické číslo budovy

Výměna vzduchu infiltrací n, v h<sup>-1</sup>

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B.M}{V_m}$$

kde  $V_m$  = vnitřní objem místnosti [m<sup>3</sup>]

Výměna vzduchu infiltrací je vyhovující při  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  pro obytné budovy,  $n = 0,35 \text{ h}^{-1}$  pro občanské budovy a  $n = 0,25 \text{ h}^{-1}$  pro ostatní budovy. Je-li hygienický nebo technologický nárok na intenzitu výměny vzduchu větší než vypočítaná výměna infiltrací, je nutné potřebný nárok zajistit větráním (přirozeným nebo nuceným).

### B.1.5.3 Výpočet tepelných ztrát místnosti ve zvláštních případech

- Místnosti se stěnami přiléhajícími k zemině
  - pro výpočet tepelných ztrát prostupem se uvažuje průměrná teplota zeminy pod podlahou (hodnoty  $+10^{\circ}\text{C}$  a  $+5^{\circ}\text{C}$ ) a u svislé stěny ( $-6^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  a  $+3^{\circ}\text{C}$  podle hloubky a podle  $t_e$ ) – viz ČSN 06 0210,
- výška místnosti je větší než 8 m (např. průmyslové haly)
  - v takových případech je nutno počítat se stoupáním teploty vnitřního vzduchu a tím výpočtové vnitřní teploty  $t_i$  s výškou prostoru  $h$ . Počítá se s teplotním gradientem  $\Delta t/\Delta h = 0,3 \text{ K.m}^{-1}$ ,
- výška budovy je vyšší než 25 m
  - u těchto budov dochází k infiltraci nejen vlivem větru, ale také vlivem rozdílu měrných hmotností vzduchu při rozdílu teplot  $\Delta t = t_i - t_e$ ,
  - u budov s více než sedmi nadzemními podlažími se doporučuje přerušit komínový tah schodiště (stěnu s dveřmi),
  - tepelná ztráta infiltrací se počítá podle vztahů uvedených v části B.1.5.2 s tím, že hodnota  $B$  se zvyšuje o hodnotu  $\Delta B$ , která závisí na výšce budovy a na úrovni počítaného podlaží nad terénem (viz ČSN 06 0210),
- velmi těžké (masivní) stavby
  - u budov s velmi těžkými obvodovými stěnami schopnými tlumit účinek kolísání venkovní teploty na vnitřní teploty v místnosti (např. u historických budov) se tepelná ztráta prostupem počítá pro vyšší venkovní teplotu než je předepsaná výpočtová teplota  $t_e$  pro příslušnou oblast.  
Úprava  $t_e$  ( $0^{\circ}$  nebo  $-10^{\circ}\text{C}$ ) je závislá na materiálu a tloušťce obvodové stavební konstrukce. Úprava se nevztahuje na výpočet tepelných ztrát větráním.
- akumulační zdroje tepla
  - při stanovení výkonu zdroje tepla při akumulačním vytápění se neuvažují přirážky na zátop,
  - při výpočtu příkonu akumulačního zdroje tepla se vychází z redukovaných celkových tepelných ztrát místnosti  $Q_{e,red}$ , které se stanoví obdobně jako  $Q_c$ . Do vzorců se za výpočtovou venkovní teplotu  $t_e$  přitom dosazuje teplota redukovaná  $t_{e,red}$ , která se stanoví ze vztahu  $t_{e,red} = t_e + 7$ .

### B.1.6 Výpočet tepelné ztráty budovy

Tepelná ztráta budovy není prostým součtem tepelných ztrát jednotlivých místností vypočtených podle ČSN 06 0210 (viz část B.1.5). Je nutno zohlednit současnou infiltraci i doby provozu jednotlivých místností a místní tepelné zisky.

Při přibližném stanovení tepelné ztráty obytné a občanské budovy lze vycházet z požadované tepelné charakteristiky budovy  $q_{c,N}$  ( $\text{W.m}^{-3}.\text{K}^{-1}$ ) - viz tab. B.1.III.

$$Q_B = V_n \cdot q_{c,N} (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

kde  $V_n$  obestavěný prostor spodní ( $V_s$ ) a vrchní ( $V_v$ ) části budovy v  $\text{m}^3$  podle ČSN 73 4055. Do obestavěného prostoru se nezapočítávají lodžie, zapuštěná závětrí a ve spodní části obytných budov prostory domovního vybavení, podle ČSN 73 4301.

$t_i, t_e$  výpočtová vnitřní, venkovní teplota  $[\text{ }^{\circ}\text{C}]$

| Geometrická charakteristika budovy<br>$A_n/V_n$ ( $m^2/m^3$ ) | $q_{c,N}$<br>( $W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ) |                    |                   |
|---|--|--------------------|-------------------|
|   | Požadovaná hodnota                             | Doporučená hodnota | Přípustná hodnota |
| 0,2   | 0,35   | 0,28               | 0,48              |
| 0,3   | 0,43   | 0,34               | 0,60              |
| 0,4   | 0,50   | 0,40               | 0,70              |
| 0,5   | 0,56   | 0,45               | 0,79              |
| 0,6   | 0,62   | 0,49               | 0,86              |
| 0,7   | 0,67   | 0,53               | 0,93              |
| 0,8   | 0,71   | 0,57               | 0,99              |
| 0,9   | 0,75   | 0,60               | 1,05              |
| 1,0   | 0,79   | 0,63               | 1,10              |

Tab. B.1.III Hodnoty  $q_{c,N}$  pro obytné a občanské budovy

Přípustná hodnota platí pro rekonstrukce. Přípustné hodnoty nelze použít při elektrickém vytápění.

kde  $A_n$  plocha konstrukcí chránící obestavěný prostor  $V_n$  proti vnějšímu prostředí stanovená ze vztahu:

$$A_n = A_e + A_{pz}/2 \quad [m^2]$$

kde  $A_e$  je plocha vnějších konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru a vnějšího vzduchu  $[m^2]$

$A_{pz}$  je plocha konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru a přilehlé zeminy (podlahy na terénu, stěny přilehlé k zemině)  $[m^2]$

Pro obytné a občanské budovy s možností dynamické regulace otopného systému a jeho částí se připouští hodnocení spotřeby energie na vytápění s uvažováním vlivu pasivních solárních zisků a vnitřních zdrojů tepla.

V takovém případě lze vycházet při přibližném stanovení tepelné ztráty z požadované hodnoty redukované tepelné charakteristiky budovy  $q_{redN}$  – viz tab. B.1.IV.

| Geometrická charakteristika budovy<br>$A_n/V_n$ ( $m^2/m^3$ ) | $q_{red,N}$<br>( $W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$ ) |                    |                   |
|---|--|--------------------|-------------------|
|   | Požadovaná hodnota                               | Doporučená hodnota | Přípustná hodnota |
| 0,2   | 0,23   | 0,17               | 0,37              |
| 0,3   | 0,31   | 0,23               | 0,48              |
| 0,4   | 0,38   | 0,29               | 0,57              |
| 0,5   | 0,44   | 0,33               | 0,66              |
| 0,6   | 0,49   | 0,38               | 0,73              |
| 0,7   | 0,54   | 0,41               | 0,80              |
| 0,8   | 0,58   | 0,45               | 0,85              |
| 0,9   | 0,62   | 0,48               | 0,91              |
| 1,0   | 0,66   | 0,51               | 0,96              |

Tab. B.1.IV Hodnoty  $q_{redN}$  pro obytné a občanské budovy

Přípustné hodnoty platí pro rekonstrukce.

$A_n$  a  $V_n$  platí shodně podle tab. B.IV.

## B.1.7 Potřeba a spotřeba tepla a paliva

Potřeba a spotřeba tepla bytových domů, objektů občanské vybavenosti obytných oblastí, průmyslových a dalších objektů je množství tepla potřebného nebo odebraného pro vytápění, pro přípravu TUV, pro větrání nebo pro provoz technologických zařízení, event. zmenšené o tepelné zisky

$$E_{\text{celk}} = E_{\text{vyt}} + E_{\text{TUV}} + E_{\text{v}} + E_{\text{tech}} \quad [\text{MWh nebo GJ}]$$

Spotřeba tepla vyjadřuje množství tepla již spotřebované, tj. skutečně odebrané teplo za určité období, nejčastěji za rok (otopné období). Stanoví se z naměřeného množství již skutečně spotřebovaného paliva za příslušné období.

Spotřeba paliva je množství již skutečně spotřebovaného paliva v  $\text{m}^3$  nebo kg za příslušné období zjištěné měřením.

### B.1.7.1 Roční potřeby tepla u budov s vlastním zdrojem tepla (bytové domy, vybrané objekty občanské vybavenosti - školy, školky, integrovaná zařízení, rodinné domy)

- potřeba tepla pro vytápění vychází z tepelných ztrát  $Q_c$  stanovených buď podle ČSN 06 0210 (B.1.5) nebo přibližně (B.1.6), přičemž se zohledňují klimatické podmínky, provoz vytápění, druh otopné soustavy a její vybavení regulací. Potom roční potřeba tepla pro vytápění, která se vlastně rovná potřebě tepla v otopném období, bude

$$E_{\text{vyt},r} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot Q_c \cdot f_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_i - t_e} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot Q_c \cdot f_c \cdot \frac{D}{t_{is} - t_{es}} \quad [\text{MWh}]$$

nebo

$$E_{\text{vyt},r} = 86,4 \cdot Q_c \cdot f_c \cdot \frac{d(t_{is} - t_{es})}{t_i - t_e} = 86,4 \cdot Q_c \cdot f_c \cdot \frac{D}{t_{is} - t_{es}} \quad [\text{GJ}]$$

|          |  |  |
|----------|--|--|
| kde      | $Q_c$  | celková tepelná ztráta objektu stanovená podle ČSN 060210 nebo přibližně [kW]  |
|          | $f_c$  | celkový opravný koeficient, $f_c = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$ [-]  |
|          | $f_1$  | koeficient vyjadřující vliv nesoučasnosti výpočetních hodnot uvažovaných při výpočtu celkové tepelné ztráty objektu $Q_c$ – tab. B.1.V [-]   |
|          | $f_2$  | koeficient vlivu režimu vytápění. Zohledňuje snížení průměrné vnitřní teploty při přerušovaném či tlumeném vytápění a zkrácené délky provozu vytápění – tab. B.1.VI [-]                |
|          | $f_3$  | koeficient vlivu zvýšení vnitřní teploty místnosti oproti výpočtové vnitřní teplotě $t_i$ . Orientační hodnoty jsou v tab. B.1.VII [-]   |
|          | $f_4$  | koeficient vlivu regulace. Koriguje tepelnou ztráту za otopné období podle vybavení vytápěcího systému regulačním zařízením. Orientační hodnoty $f_4$ jsou uvedeny v tab. B.1.VIII [-] |
| d        | počet dnů otopného období. Při návrhu zařízení – tab. B.1.I<br>– podle ČSN 38 3350                                     | [dny]  |
| $t_{is}$ | průměrná vnitřní teplota – podle ČSN 06 0210 a tab. B.1.IX   | [°C]   |
| $t_{es}$ | průměrná venkovní teplota. Při návrhu zařízení tab. B.1.I (podle ČSN 38 3350)  | [°C]   |
| $t_e$    | výpočtová venkovní teplota. Pro vybraná místa ČR jsou hodnoty $t_e$ uvedeny v tab. B.1.I (podle ČSN 06 0210 příloha A) | [°C]   |
| D        | počet denostupňů, $D = d(t_{is} - t_{es})$   | [dny . °C]   |

| Objekt                   | $f_1 (-)$ |
|--------------------------|-----------|
| Vícepodlažní obytné domy | 0,85      |
| Rodinné domy             | 0,75      |

Tab. B.1.V Koeficient vlivu nesoučasnosti  $f_1$

| Objekt   | $f_2 (-)$   |
|--|-------------|
| Vícepodlažní obytné domy                       | 0,95        |
| Rodinné domy                                   | 0,84        |
| Občanské budovy – s útlumem nočním a o víkendu |             |
| 1 směna 6 h/den                                | 0,65 – 0,70 |
| 2 směna 12 h/den                               | 0,80 – 0,82 |
| 2 směny + večerní využití 16 h/den             | 0,87 – 0,90 |

Tab. B.1.VI Koeficient vlivu režimu vytápění  $f_2$

| Zvýšení teploty (K) | 1    | 2    | 3   |
|---------------------|------|------|-----|
| $f_3 (-)$           | 1,07 | 1,14 | 1,2 |

Tab. B.1.VII Koeficient zvýšení teploty  $f_3$

| Vybavení regulačním zařízením   | Vytápěcí zařízení  |   |   |
|---|--|---|---|
|   | Velkoplošné sálavé vytápění (podlahové, stropní); akumul. topidla s přirozeným vydáváním tepla (typ I) | Teplovodní vytápění s otopnými tělesy; akumulační topidla s nuceným vydáváním tepla (typ III) | Teplovzdušné vytápění; přímotopné elektrické vytápění |
| Ruční regulace  | 1,15   | 1,1   | 1,05  |
| Automatická regulace podle vnitřní teploty v referenční místnosti pro více místností nebo bytů                          | 1,1  | 1,04  | 1   |
| Ústřední automatická regulace podle počasí a času pro více bytů   | 1,07   | 1   | 0,93  |
| Automatická regulace podle vnitřní teploty v referenční místnosti pro více místností nebo bytů a termostatické ventily  | 1,05   | 0,98  | 0,91  |
| Ústřední automatická regulace pro více bytů podle počasí a času a zónová regulace podle světových stran                 | 1,03   | 0,95  | 0,88  |
| Ústřední automatická regulace pro více bytů podle počasí a času a automatická individuální regulace tepl. v místnostech | 1  | 0,85  | 0,8   |

Tab. B.1.VIII Koeficient vlivu regulace  $f_4$

| Objekt                   | $t_{is}$ (°C) |
|--------------------------|---------------|
| Vícepodlažní obytné domy | 19            |
| Rodinné domy             | 18            |
| Občanské budovy          | 19            |

Tab. B.1.IX Směrné hodnoty průměrné vnitřní teploty  $t_{is}$

- potřeba tepla pro ohřev (přípravu) TUV  $E_{TUV}$  je třeba stanovit způsobem uvedeným v ČSN 06 0320 – Ohřívání užitkové vody – viz část B.11. Výpočet vychází v podstatě z periody ohřevu a odběru TUV, tj. z doby, ve které se ohřev a odběr TUV periodicky opakuje (pro bytový objekt se volí 24 hodin, u ostatních staveb např. doba trvání směny).
- potřeba tepla pro větrání – tepelná ztráta při infiltraci je zahrnuta do celkových tepelných ztrát – viz část B.1.5

Při stanovování potřeby tepla pro ohřátí větracího vzduchu u dalších přirozených nebo nucených systémů větrání v budovách, je třeba vycházet z rozboru provozu s využitím základního vztahu

$$Q_v = c_v \cdot V \cdot \Delta t$$

kde  $V$  je objemový tok vzduchu  $[m^3 \cdot s^{-1}]$   
 $c_v$  je objemová tepelná kapacita vzduchu při  $0^\circ C$   $c_v = 1300 [J \cdot m^3 \cdot K^{-1}]$   
 $\Delta t$  rozdíl teplot venkovního a vnitřního vzduchu  $[^\circ C]$

- potřebu tepla pro event. technologické účely stanovíme na základě podkladů, které poskytne dodavatel technologického zařízení.

#### B.1.7.2 Roční potřeba tepla pro návrh systémů centralizovaného zásobování teplem podle ČSN 38 3350

- Potřeba tepla pro obytné oblasti

Předpokládá se, že teplo vybavené v obytných budovách (teplo vybavené obyvateli, vybavené při přípravě pokrmů a provozem elektrických a plynových spotřebičů) je převážně odvedeno přirozeným větráním.

Skladba obytného okrsku – pokud nejsou známy konkrétní údaje uvažuje se:

- obestavěný prostor obytných budov 84 % s tepelným příkonem 78 %
- obestavěný prostor základní občanské vybavenosti 16 % s tepelným příkonem 22 %, vyšší vybavenost musí být udána jmenovitě a konkrétně v  $m^3$ ,

- Roční potřeba tepla pro vytápění

Na rozdíl od vztahu pro budovy s vlastním zdrojem tepla nejsou zde zohledněny vlivy, které umožňují počítat se snížením potřeby tepla.

$$E_{vytr} = V \cdot q_o (t_i - t_e) \cdot 24 \cdot n$$

kde  $q_o$  tepelná charakteristika budovy  $[W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}]$  – tab. B.1.III a tab. B.1.IV  
 $t_i$  střední teplota vnitřního vzduchu budovy  $[^\circ C]$  – zpravidla  $18^\circ C$   
 $t_e$  průměrná venkovní teplota v topném období  $[^\circ C]$  – tab. B.1.I  
 $V$  obestavěný prostor  $[m^3]$   
 $n$  počet topných dnů v topném období – tab. B.1.I.

- Roční potřeba tepla pro zásobování TUV

$$E_{TUV,r} = 24 \cdot Q_{TUV}^{stf.t.} \cdot n + 0,8 \cdot 24 \cdot Q_{TUV}^{stf.t.} \cdot \frac{55 - t_{sl}}{55 - t_{sz}} (350 - n) [W]$$

$$Q_{TUV}^{stf.t.} = \frac{a \cdot b \cdot (55 - t_{sz})}{3600 \cdot T} \cdot c_{vo} [W]$$

kde  $a$  normovaná potřeba TUV v kg při teplotě  $50^\circ C$  na měrnou jednotku  
 $b$  množství měrných jednotek vzhledem ke 24 hodinám (počet obyvatel, žáků, kg prádla apod.)

|          |  |
|----------|--|
| $t_{sz}$ | teplota studené vody v zimním období, obvykle bývá +5 až +10 °C  |
| T        | počet pracovních hodin soustavy zásobování TUV za den – pro obytné domy, svobodárny, hotely, nemocnice, školky, jesle T = 24 |
| $c_{vo}$ | měrná tepelná kapacita vody ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )   |
| 0,8      | součinitel vyjadřující snížení spotřeby TUV v letním období vzhledem k zimnímu období  |
| $t_{sl}$ | teplota studené vody v letním období, obvykle bývá +15 °C  |
| 350      | počet pracovních dní soustavy TUV v roce   |

Poznámka: ČSN 06 0320 uvažuje ve veškerých výpočtech teplotu studené vody 10 °C a teplotu vody před výtokovou armaturou 55 °C.

– Roční potřeba tepla pro větrání

$$E_{vt} = Q_v \cdot n \cdot z + Q_v^{stf} \cdot z(n - n_v) \quad [W]$$

$$Q_v^{stf,l} = Q_v \frac{t_i - t_{ch}^{stf}}{t_i - t_{ch}} \quad [W]$$

|     |                           |   |
|-----|---------------------------|---|
| kde | $z$                       | počet pracovních hodin větrací soustavy za den  |
|     | $n_v$                     | počet dní v topném období s teplotou venkovního vzduchu nižší než výpočtová teplota $t_{ch}$ pro větrání  |
|     | $Q_v^{stf}, t_{ch}^{stf}$ | průměrný tepelný příkon pro větrání ve [W] a střední teplota venkovního vzduchu ve [°C] za část topného období s teplotami venkovního vzduchu vyššími než je výpočtová teplota pro projektování větracích zařízení. |

– Roční potřeba tepla pro technologické účely – viz část B.1.6.1

- Potřeba tepla pro průmyslové závody

– Potřeba tepla pro vytápění

$$E_{vytr} = V \cdot q_p(t_i - t_e) \cdot 24 \cdot n(1 - \psi_r) \quad [W]$$

$$Q_o = V \cdot q_p(t_x - t_e) \quad t_x = t_i - \frac{Q_{vb}}{V \cdot q_p}$$

|     |       |   |
|-----|-------|---|
| kde | $q_p$ | teplena charakteristika průmyslové budovy (určí se podle obdobných objektů)                                       |
|     | $t_x$ | výsledná vnitřní teplota vzduchu [°C], kdy je tepelná rovnováha mezi vybaveným teplem a tepelnými ztrátami budovy |

$Q_{vb}$  vybavené teplo

$$\psi_r \quad \text{určuje se v závislosti na } \psi = \frac{Q_{vb}}{Q_o}.$$

Potřeby tepla pro odběr TUV, pro větrání a pro technologické účely se určí podobně jako v předešlých částech.

Roční celková potřeba tepla pro průmyslové závody se určí na základě počtu pracovních směn za den, počtu pracovních dní závodu v roce apod.

### B.1.7.3 Potřeba paliva

Potřeba paliva se stanoví z potřeby tepla podle vztahu

$$B = \frac{E \cdot 10^3}{H_u \cdot \eta_c} \quad [\text{kg}] \text{ nebo } [\text{m}^3]$$

- kde  $E$  je potřeba tepla v nějakém časovém úseku (hodina, den, rok) [GJ]  
 $H_u$  je výhřevnost určeného paliva [MJ·kg<sup>-1</sup>, MJ·m<sup>-3</sup>]  
– orientační hodnoty výhřevnosti jsou uvedeny v tab. B.1.XII  
 $\eta_c$  celková účinnost vytápěcího zařízení  $\eta_c = \eta_z \cdot \eta_R$  [-]  
 $\eta_z$  účinnost tepelného zdroje podle deklarace výrobce [-]  
– orientační hodnoty jsou uvedeny v tab. B.1.X  
 $\eta_R$  účinnost rozvodu otopného média [-]  
– orientační hodnoty  $h_R$  jsou uvedeny v tab. B.1.XI

Při dosažení hodnoty E v kW je třeba uvážit závislost 1MJ = 0,28 kW.

| Tepelný zdroj                 | $\eta_z (-)$             |
|-------------------------------|--------------------------|
| Kotel na hnědé uhlí starší    | starší 0,55 až 0,70 nový |
| Kotel na koks                 | 0,70 až 0,75             |
| Kotel na plynné palivo        | 0,76 až 0,82             |
| – svítiplyn                   | 0,76 až 0,90             |
| Elektrický akumulační ohřívač | 0,95 až 0,98             |

Tab. B.1.X Účinnost tepelného zdroje  $\eta_z$

| Tepelný zdroj         | $\eta_R (-)$ |
|-----------------------|--------------|
| Zdroj tepla v kotelně | 0,95         |
| Zdroj tepla v bytě    | 0,97         |

Tab. B.1.XI Účinnost rozvodů  $\eta_R$

| Druh paliva          | Jakostní skupina    | Výhřevnost    |                   |
|----------------------|---------------------|---------------|-------------------|
|                      |                     | MJ/kg         | MJ/m <sup>3</sup> |
| Černé uhlí           | energet.            | A hrubé       | nad 25,96         |
|                      |                     | B střední     | nad 25,96         |
|                      |                     | B hrubé       | 18,84 až 25,96    |
|                      |                     | B střední     | 18,84 až 25,96    |
|                      | koksov.<br>antracit | C střední     | do 18,84          |
|                      |                     | C těžké       | do 16,75          |
|                      |                     | A hrubé       | nad 25,95         |
|                      |                     | A střední     | nad 25,95         |
| Hnědé uhlí tříděné   |                     | A hrubé       | nad 16,33         |
|                      |                     | A střední     | nad 15,49         |
|                      |                     | B hrubé       | 14,24 až 16,33    |
|                      |                     | B střední     | 13,40 až 15,49    |
|                      |                     | C hrubé       | do 14,24          |
|                      |                     | C střední     | do 13,40          |
| Lignite tříděný      |                     | C             | do 13,40          |
|                      |                     | C hrubý       | 13,82             |
| Brikety              |                     | tuzemské      | 22,34             |
|                      |                     | hranolý       | 7                 |
| Koks                 |                     | metalur.hrubý | 27,3              |
| Svítiplyn            |                     |               | 14,40             |
| Zemní nebo naftový   |                     |               | 33,40             |
| Zemní plyn karbonský |                     |               | 31,38             |
| Topný olej lehký     |                     |               | 41,66             |
| Topný olej těžký     |                     |               | 40,80             |

Tab. B.1.XII Výhřevnost paliva

## B.2 Otopné soustavy vodní a parní

### B.2.1. Základní pojmy

Tepelná soustava – soustava, ve které se teplo vyrábí a dopravuje kapalinami nebo párami potrubím do spotřebičů tepla. Tepelná soustava se dělí na:

- zdroje tepla (bloková kotelna, teplárna, kotelna)
- rozvody tepla (vnější tepelná síť, přípojky a úpravný parametrů)
- odběrná tepelná zařízení (potrubní rozvody a spotřebiče tepla)

Úpravná parametrů – zařízení pro úpravu parametrů teplonosné látky, tj. přetlaku nebo teploty (předávací, výměníková, regulační, ejektorové nebo redukční stanice).

Úpravný mohou být:

- nepřímé (s teplosměnnou plochou)
- přímé (bez teplosměnné plochy)

Odběrné místo – rozhraní mezi zařízením dodavatele a odběratele tepla na tepelné soustavě.

Zdroj tepla – zařízení, ve kterém se vyrábí teplo a předává se teplonosné látce.

Spotřebič tepla – zařízení, které slouží k předávání tepla pro:

- vytápění
- ohřev vzduchu
- ohřev užitkové vody (TUV)
- technologický ohřev

Otopná soustava – část tepelné soustavy určená pouze pro vytápění (předává teplo spotřebiči tepla otopními tělesy). Slouží-li zdroj pouze pro vytápění, je totožná s tepelnou soustavou.

Okruh otopné soustavy – soubor potrubních úseků, kterými je teplonosná látka doprováděná od zdroje tepla nebo úpravný parametrů ke spotřebičům tepla a zpět.

Větev otopné soustavy – provozně samostatná část otopné soustavy.

### B.2.2. Volba a rozdělení otopních soustav

Při volbě otopné soustavy je třeba vzít v úvahu tato hlediska:

- účel a provozní režim objektu,
- konstrukci budovy a vlastnosti (hlavně tepelně technické) použitých stavebních materiálů,
- hlediska hygienická, estetická, ekonomická (investice a provoz)

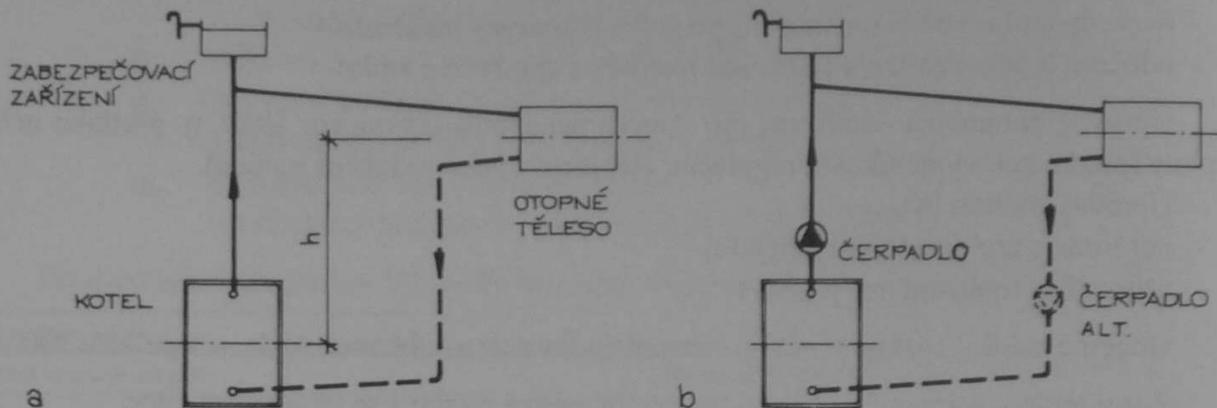
Otopné soustavy se dělí na:

- vodní:
  - teplovodní s nejvyšší teplotou otopné vody do 115°C
  - teplovodní nízkoteplotní s nejvyšší teplotou otopné vody do 65°C
  - teplovodní kombinované
  - horkovodní s teplotou otopné vody nad 115°C
- parní:
  - podtlakové s provozním tlakem páry nižším než tlak atmosférický
  - nízkotlaké s přetlakem páry do 50 kPa
  - středotlaké s přetlakem páry nad 50 kPa do 1.6 MPa

### B.2.3 Teplovodní otopné soustavy – rozdělení, parametry

Teplovodní otopné soustavy (OS) se užívají zejména u systémů s nepřetržitým provozem nebo s provozem s krátkými přestávkami; tam, kde jsou požadavky na hygienu prostředí, na nízkou teplotu otopných ploch nebo s ohledem na požární ochranu; při využívání alternativních zdrojů energie (soustavy nízkoteplotní).

Základní schémata teplovodních soustav jsou na obr. B.2.1.



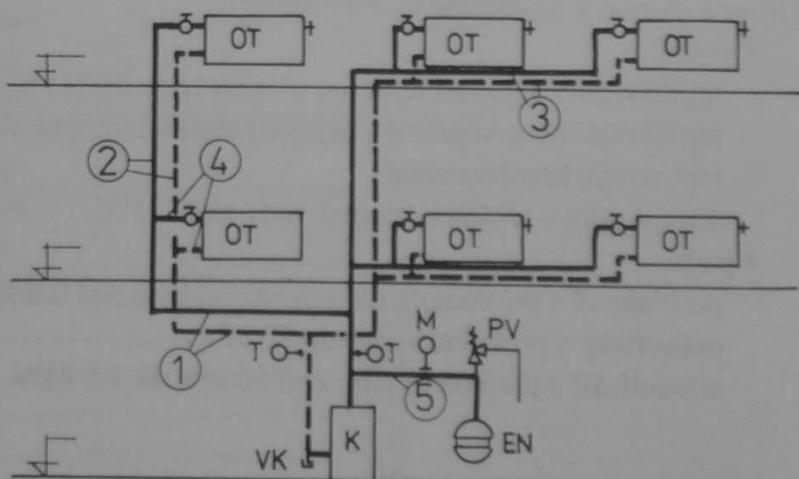
Obr. B.2.1 Základní schémata teplovodních soustav: a – s přirozeným oběhem teplonosné látky, b – s nuceným oběhem teplonosné látky.

- Teplovodní OS se rozdělují:

- podle nejvyšší pracovní teploty otopné vody – teplovodní nízkoteplotní do 65°C  
– teplovodní do 115 °C
- podle oběhu teplonosné látky – s přirozeným nebo s nuceným oběhem
- podle použitého expanzního zařízení – soustavy otevřené nebo uzavřené
- podle uspořádání rozvodů – při návrhu uspořádání rozvodu je třeba vycházet z požadavků na režim vytápení, z umístění otopných těles, ze způsobu oběhu teplonosné látky a z minimálních délek rozvodů a nutných stavebních úprav. Rozeznáváme soustavy:
  - vertikální jedno nebo dvoutrubkové (stoupací potrubí s napojenými OT)
  - horizontální jedno nebo dvoutrubkové (s horizontálními podlažními okruhy)
- podle uložení hlavních horizontálních rozvodů
  - se spodním nebo s horním rozvodem nebo s rozvodem kombinovaným spodním nebo horním (jedno potrubí nahore a jedno dole – rozhodující je poloha přívodního potrubí).

Základní části teplovodní OS jsou na obr. B.2.2.

Obr. B.2.2 Základní části otopné soustavy: 1 – hlavní ležaté rozvody, 2 – stoupací potrubí, 3 – podlažní ležaté rozvody, 4 – připojení otopných těles, 5 – pojistné potrubí, EN – expanzní nádoba, VK – vypouštěcí kohout, PV – pojistný ventil, T – teploměr, M – manometr



- Oběh teplonosné látky v soustavě může probíhat buď
  - přirozeně – oběh je zajištěn cirkulačním tlakem, který vzniká na základě rozdílu teplot přívodní a zpětné vody. Soustavy s přirozeným oběhem se navrhují do malých objektů, kde je každé otopné těleso umístěno výše než topný zdroj (výška h na obr. B.2.1a)
  - nuceně – cirkulační tlak je zajišťován jedním nebo více čerpadly umístěnými na přívodním (výstupním) nebo zpětném potrubí (viz obr. B.2.1b). Soustavy s nuceným oběhem jsou nejpoužívanější, jsou provozně pružnější, mají menší vodní obsah a menší hmotnost rozvodu (menší DN potrubí). Jsou závislé na dodávce elektrické energie.

#### • Teplotní parametry otopné soustavy

OS z tepelného hlediska charakterizují

- teplota vstupní vody  $T_p$  (teplota vody na vstupu do soustavy)
- teplota vratné vody  $T_z$
- teplota na vstupu do otopného tělesa  $T_{t,p}$
- teplota na výstupu z otopného tělesa  $T_{t,v}$
- střední teplota otopného tělesa  $T_t$

Rozdíl teplot ( $T_p - T_z$ ) se nazývá teplotní spád otopné soustavy.

Rozdíl teplot ( $T_{t,p} - T_{t,z}$ ) se nazývá teplotní spád otopného tělesa.

Při volbě teplotních parametrů je třeba zohlednit ekonomické faktory, fyzikální vlastnosti teplonosné látky, hygienické požadavky na OS a technické možnosti zdroje tepla.

Teplotní spád otopných těles se volí s ohledem na typ OS a na zapojení těles v soustavě. U sériového zapojení (jednotrubkový systém) se volí v hodnotě 5 až 10 K, u paralelního zapojení (dvoutrubkový systém) se volí stejný jako tepelný spád v OS, tj. 20 až 25 K.

Vstupní teplota  $T_p$  teplonosné látky se volí vždy nejvyšší v závislosti na přípustné povrchové teplotě otopných těles a na technických možnostech zdroje tepla.  $T_p$  se pohybuje u nízkoteplotních OS v rozmezí 40 – 65 °C, u teplovodních 90 – 115 °C a u horkovodních 120 – 180°C.

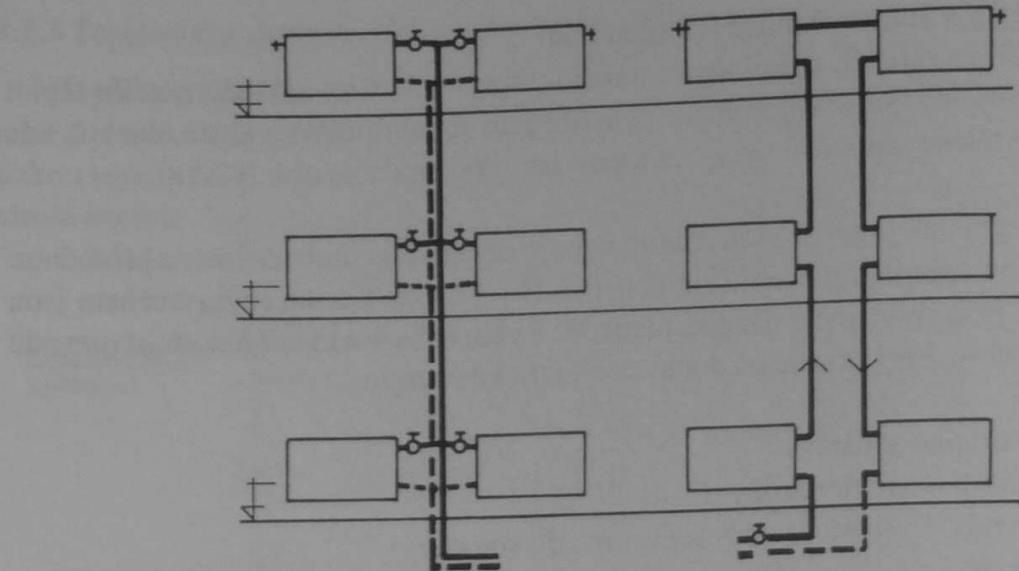
Teplotní spád u teplovodních soustav se volí v rozmezí většinou do 25 K, u jednotrubkových a nízkoteplotních soustav do 10 K.

#### B.2.4 Geometrické uspořádání teplovodních OS, popis, charakteristika a srovnání

Na geometrické uspořádání OS má vliv vzájemné propojení otopných těles (jedno nebo dvoutrubkové); vedení rozvodu, na který jsou tělesa napojena (vertikální a horizontální); umístění ležatého rozvodu (spodní, horní, kombinovaný); systém vedení přívodního a zpětného potrubí (větevný, souproudý).

#### Popis, charakteristika a srovnání

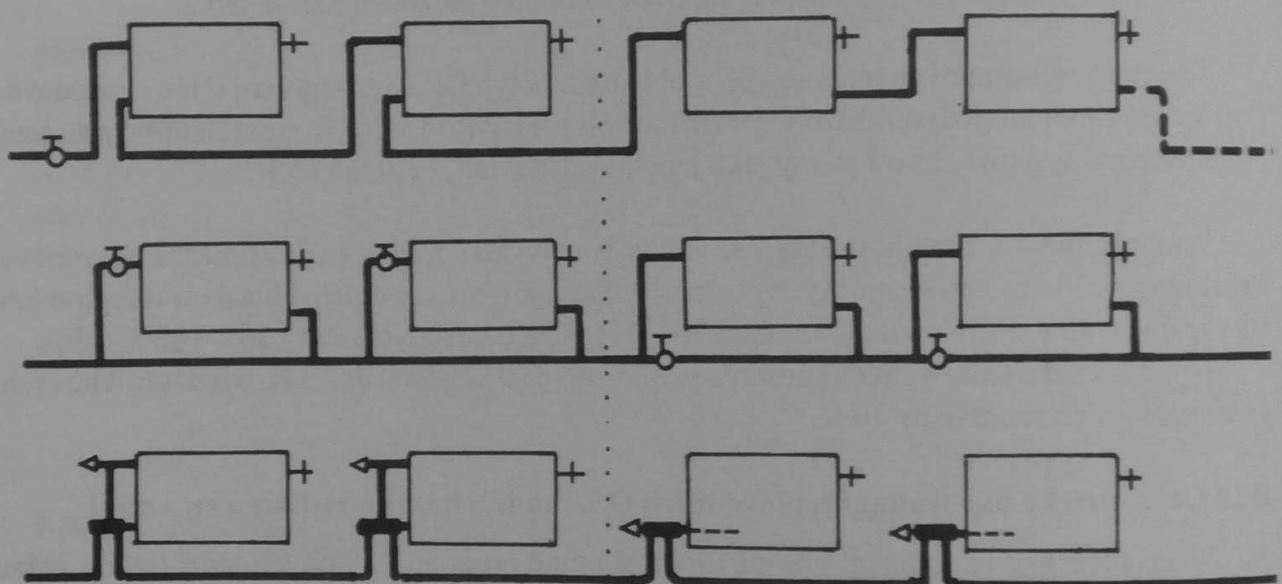
- a) z hlediska vzájemného propojení OT (obr. B.2.3.)
  - soustavy dvoutrubkové – patří k nejpoužívanějším, OT propojena paralelně a pracují se stejnými teplotními parametry; možnost individuální regulace.
  - soustavy jednotrubkové – OT propojena sériově a mění se výkon OT na jednom okruhu (nutný přepočet velikosti OT).



Obr. B.2.3 Propojení OT u dvoutrubkové a jednotrubkové OS

Podle způsobu připojení OT na soustavu rozlišujeme soustavu průtočnou, s obtokem a se speciální armaturou.

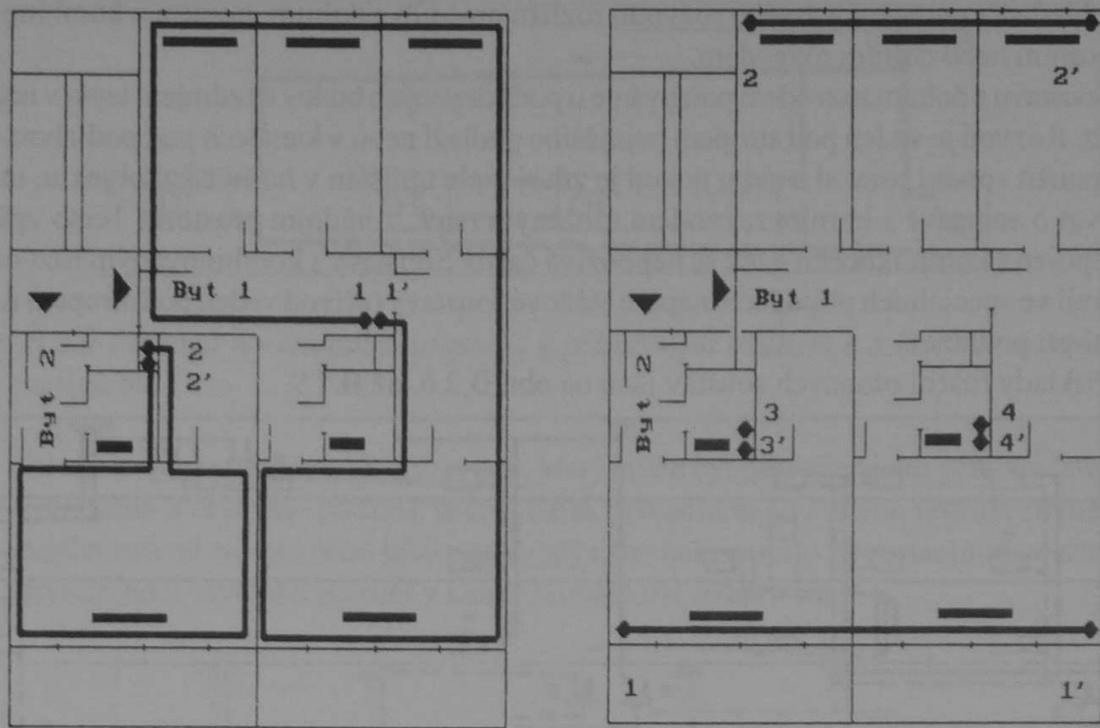
Průtočné zapojení je nejjednodušší a je vhodné tam, kde je více OT se stejným otopným režimem a bez požadavku na individuální regulaci. Zapojením obtoku se umožní regulace jednotlivých OT. Použití speciální armatury je dnes nejpoužívanější (čtyřcestné a trojcestné armatury s jedno nebo dvoubodovým napojením OT).



Obr. B.2.4 Zapojení OT u jednotrubkové OS horizontální: a – průtočné zapojení, b – zapojení s obtokem, c – zapojení se speciální armaturou

Úspora na materiálu rozvodu u jednotrubkových soustav je snížena zvýšenými náklady na armaturu u OT. Jednotrubková soustava je variabilnější z hlediska měření, regulace a možnosti současného provozu různých režimů.

Podle vzájemné polohy přívodního a zpětného potrubí rozeznáváme jednotrubkové soustavy uzavřené a otevřené – obr. B.2.5.



Obr. B.2.5 Uzavřená a otevřená jednotrubková soustava

b) z hlediska způsobu vedení rozvodu, na která jsou napojena OT

- soustavy horizontální – s minimálním počtem stoupacích potrubí, na něž jsou napojeny horizontální okruhy s OT – obr. B.2.6. Patří sem i etážová soustava (zdroj tepla a OT jsou v jednom podlaží) – obr. B.2.9.
- soustavy vertikální – OT napojena přímo na stoupací potrubí.

V souvislosti s rozvojem používání plastů na rozvody ústředního vytápění se začínají používat i soustavy s podlažními přípojkami k tělesům uloženými v betonové vrstvě podlahy. Jedná se většinou o vertikální dvoutrubkové soustavy s omezeným počtem stoupaček a s velmi dlouhými připojovacími potrubími. V bytě (provozní jednotce) je umístěna většinou jedna stoupačka, na odbočce je podlažní (bytový) rozdělovač se samostatným napojením každého otopného tělesa, vedeným v podlaze. Tato soustava, původně používaná výhradně pro podlahové vytápění, se dnes používá i pro klasická otopná tělesa. Tento typ soustavy je přechodem mezi soustavou horizontální a vertikální.

Obě soustavy jsou vhodné pro nucený a přirozený oběh vody. Vertikální soustavy navrhujeme u budov s opakujícím se dispozičním řešením, horizontální soustavy volíme u nízkých, rozsáhlých objektů.

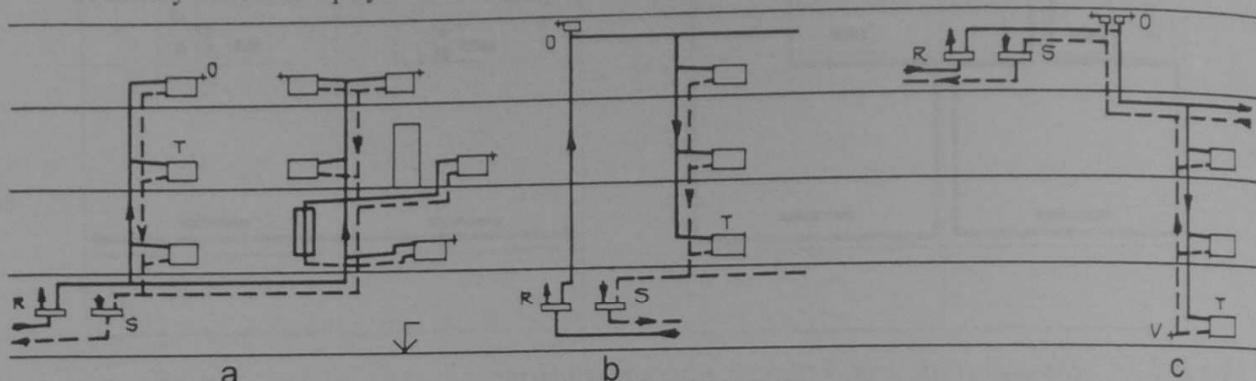
Při posuzování možnosti rozvodu nesmíme opomenout ani budoucí provoz budovy. Horizontální soustavy lépe umožňují zónovou regulaci a měření po podlažích, vertikální jsou vhodné tam, kde potřebujeme objekt regulovat např. podle světových stran fasád. Typickým příkladem použití kombinace obou těchto soustav je vícepodlažní administrativní budova, kde např. přízemí je pronajato jako obchody (horizontální soustava se samostatnou regulací a měřením) a vyšší podlaží jsou napojena vertikální soustavou, členěnou podle orientace fasád.

Z hlediska stavebních úprav a zásahů do konstrukce budovy jsou výhodnější horizontální soustavy.

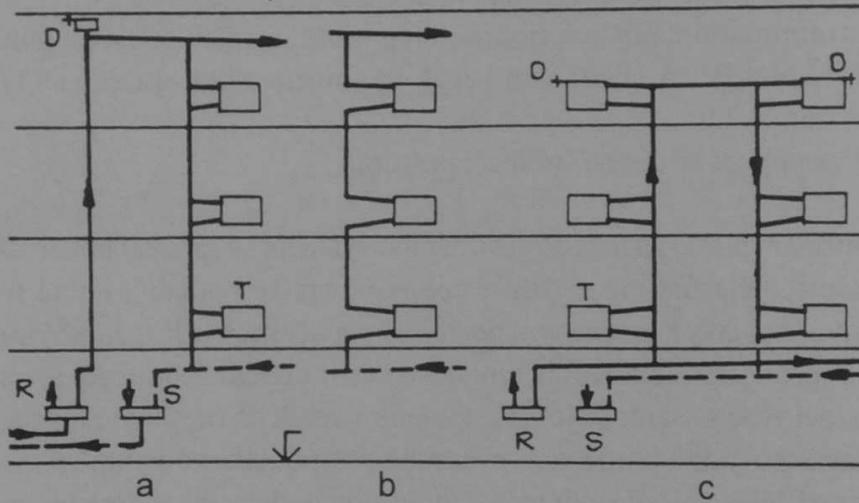
c) z hlediska umístění ležatého rozvodu rozlišujeme OS s dolním, horním a kombinovaným horním nebo dolním rozvodem.

Soustavu s dolním rozvodem používáme u podsklepených budov se zdrojem tepla v nejnižším podlaží. Rozvod je veden pod stropem nejnižšího podlaží nebo v kanálech pod podlahou. Pokud nelze použít spodní rozvod a nebo pokud je zdroj tepla umístěn v horní části objektu, můžeme uvažovat o soustavě s horním rozvodem uloženým např. v půdním prostoru. Tento způsob je často spojen s komplikacemi a tak se nepoužívá často. Soustavy s kombinovaným rozvodem se používají ve speciálních případech, např. u etážové soustavy (přívod veden pod stropem a zpětné potrubí při podlaze).

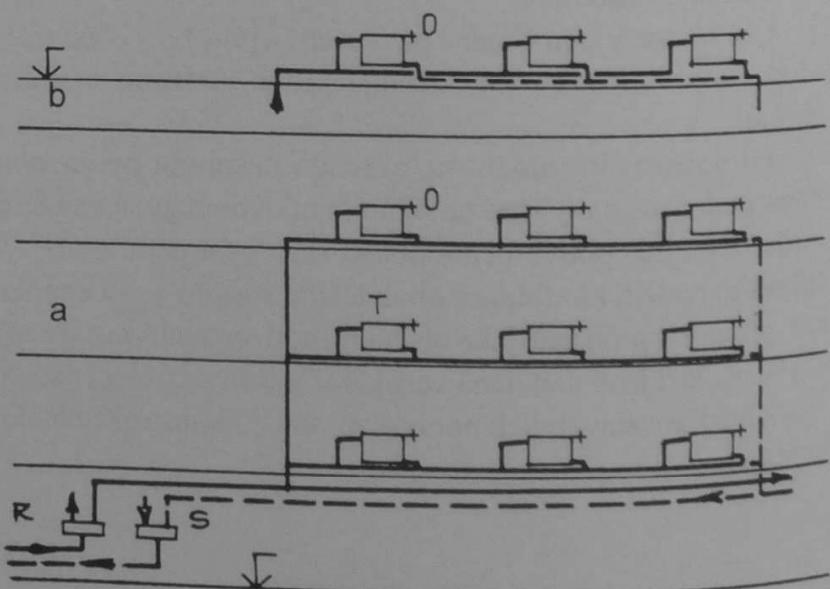
Příklady řešení otopních soustav jsou na obr. B.2.6. až B.2.9.



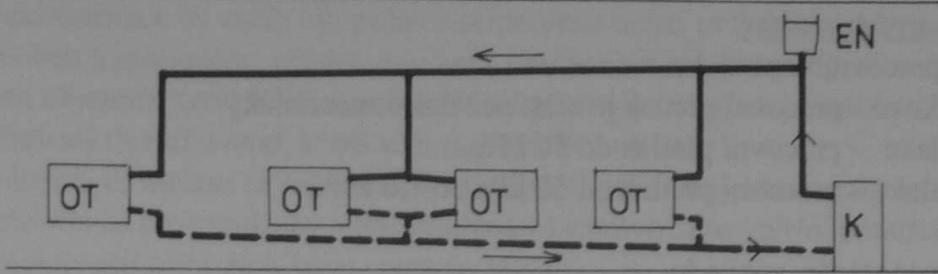
Obr. B.2.6 Dvoutrubkové soustavy: a – vertikální se spodním rozvodem, b – vertikální s kombinovaným horním rozvodem, c – vertikální s horním rozvodem.



Obr. B.2.7 Jednotrubkové soustavy vertikální: a – s obtočkem, s kombinovaným horním rozvodem, b – průtočná, s kombinovaným horním rozvodem, c – s obtočkem, se spodním rozvodem.

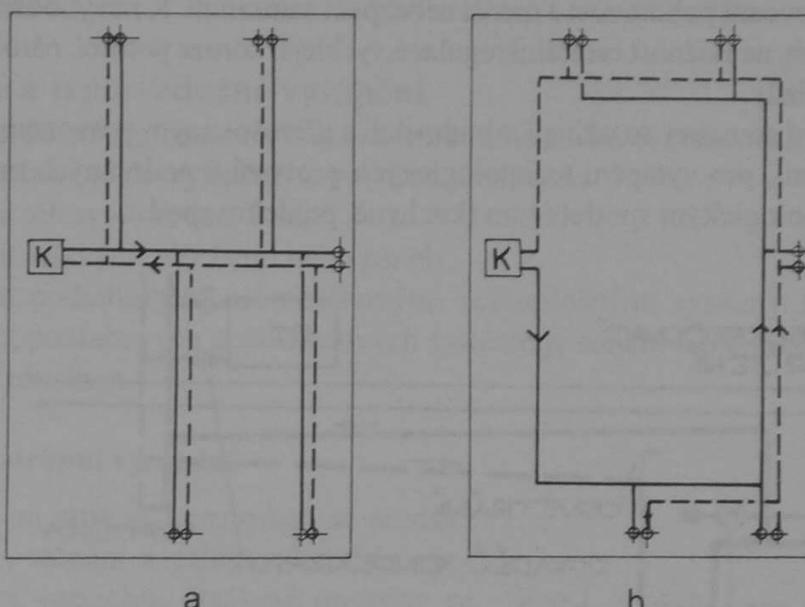


Obr. B.2.8 Jednotrubkové soustavy horizontální.



Obr. B.2.9 Etážová horizontální soustava s přirozeným oběhem a s kombinovaným horním rozvodem.

- d) z hlediska provedení ležatého rozvodu, který může být proveden jako větevný (stejná trasa přívodního a vratného potrubí; součet délek přívodního a vratného potrubí se mění podle vzdálenosti od zdroje) nebo jako souproudý (Tiechelmannův) s konstantním součtem délky přívodního a vratného potrubí v každém místě rozvodu.



Obr. B.2.10 Uspořádání ležatých rozvodů: a – větevný rozvod, b – souproudý rozvod.

### B.2.5 Horkovodní otopné soustavy

Horkovodní otopné soustavy jsou soustavy s teplotou vyšší než  $115^{\circ}\text{C}$ , teplota přívodní otopné vody se volí v rozmezí  $120 - 180^{\circ}\text{C}$ , s teplotním spádem  $40 - 50^{\circ}\text{C}$ , oběh vody vždy nucený.

Otopná tělesa se volí s ohledem na vysoké tlaky a teploty - trubková otopná tělesa, konvektory, otopné jednotky. Horké vody lze využít i k vytápění sálavých panelů. Horkovodní otopné soustavy se nepoužívají vzhledem k vysokým tlakům a teplotám k přímému vytápění obytných a občanských budov. Největší význam mají v průmyslových objektech a pro dálkové rozvody tepla.

### B.2.6 Parní otopné soustavy

V parní otopné soustavě se vyvíjí pára ve zdroji tepla (kotel, výměník), odtud je vedena do otopných těles, tam předává teplo - kondenzuje; kondenzát se vrací do zdroje tepla (samospádem nebo přečerpáním).

### Rozdělení parních soustav

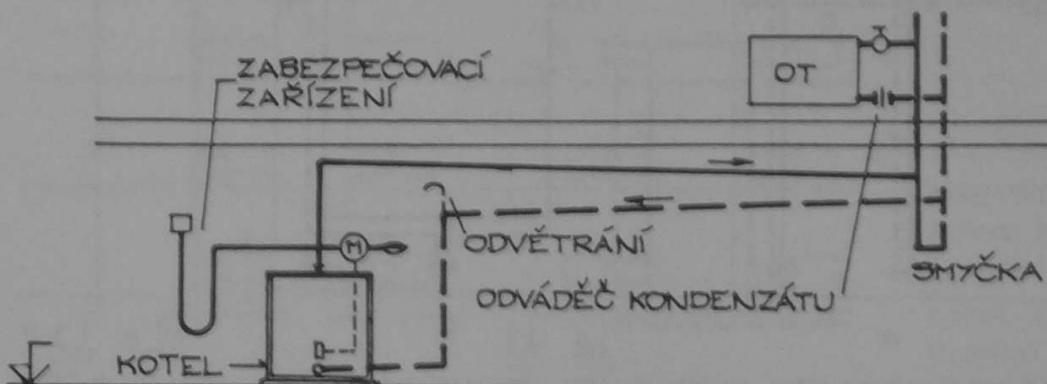
- podle pracovního přetlaku
- podtlakové – pracovní přetlak je nižší než tlak atmosférický
- nízkotlaké – pracovní přetlak do 50 kPa
- středotlaké – pracovní přetlak od 50 kPa do 1,6 MPa
  
- podle uspořádání rozvodu
- s horním rozvodem páry se suchým nebo mokrým kondenzátním potrubím
- se spodním rozvodem páry

### Uplatnění parních soustav

Podtlakové soustavy umožňují centrální regulaci, povrchová teplota otopných těles je nízká. Provoz je však náročný. U nás se nepoužívají.

Nízkotlaké soustavy (obr. B.2.11.) s pracovním přetlakem 5 – 20 kPa jsou nejrozšířenější. Výhodou je dobrá provozní pohotovost a menší nebezpečí zamrznutí. K nevýhodám patří vysoká teplota otopných ploch, nemožnost centrální regulace, rychlejší koroze potrubí, náročnější obsluha a vyšší provozní náklady.

Nízkotlaké parní soustavy se užívají v budovách s přerušovaným provozem a s dlouhými otopními přestávkami, pro vytápění technologických provozů a podružných místností a pro přívody páry k technologickým spotřebičům (kuchyně, prádelny apod.).



Obr. B.2.11 Základní schéma parní nízkotlaké soustavy

Středotlaké parní soustavy se používají většinou v průmyslových objektech, ve kterých se současně používá páry pro technologii. Taky vyšší než cca 200 kPa se užívají pro zavěšené sálavé panely, pro teplovzdušné jednotky a pro centrální vzduchotechniku.

### B.2.7 Rekonstrukce otopných soustav

V současné době se projektanti a montážní firmy zabývají také rekonstrukcemi systémů vytápění a otopních soustav.

Zásady přístupu projektanta k této problematice:

- a) Ke každé rekonstrukci vytápění by měl mít projektant co nejúplnější podklady k rekonstruovanému objektu.
- b) Rekonstrukce vytápění by nikdy neměla být koncepčně horší než původní otopná soustava a měla by dosahovat lepších parametrů než soustava původní.
- c) Projektant nesmí nikdy zaujmít k původní soustavě přezírávý postoj, ale prověřit si důvody, proč byla použita a za jakých podmínek byla provozována a pak teprve rozhodnout.

- d) Každá rekonstrukce by měla být pečlivě připravena nejen projektově, ale i realizačně – etapy, souběh s provozem, výluky, omezení, součinnost s ostatními profesemi, možnost transportu objemnějších zařízení, zabezpečení prací v prostorách památkově chráněných nebo vybavených zařízeními, která se nedají odstěhovat atd.
- e) Každý objekt, ve kterém se rekonstruuje vytápění, musí projektant dokonale poznat po stránce stavební a provozní, aby mohl splnit nároky provozu na vnitřní prostředí a mohl se co nejobjetivněji přiblížit bilanci spotřeby tepla.
- f) Rekonstrukce kotelen a OPS musí být prováděny vždy v návaznosti na otopné soustavy.
- g) Při rekonstrukcích více objektů je nutné znát generel celkového zásobování teplem a přizpůsobit návrh otopné soustavy generelu nebo i naopak. Projektuje-li v určité územní části více projektantů, musí být určen koordinátor, jinak se to může projevit nefunkčností celku.

Na základě provedených rekonstrukcí je nutno konstatovat, že jsou vhodné jednotrubkové horizontální otopné soustavy s použitím termoregulačních ventilů. Při navrhování soustav v obytných budovách je účelné dát přednost koncepci vytápění jednotlivých bytů před vytápěním budovy jako celku.

### B.3 Sálavé a teplovzdušné vytápění

Teplo přiváděné teplonosnou látkou z ústředního zdroje (vodou nebo párou) nebo získané od lokálního zdroje je do vytápěného prostoru předáváno

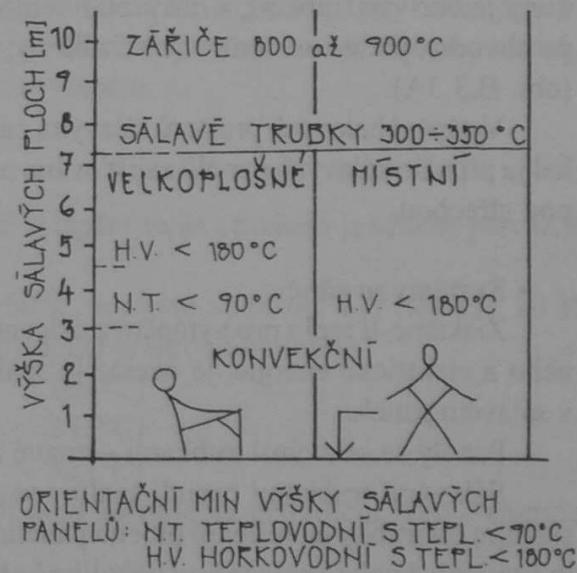
- otopními tělesy – viz část B.2.,
- stropními sálavými plochami nebo panely,
- otopními podlahovými nebo stěnovými velkoplošnými systémy. Společným znakem stropních, podlahových nebo stěnových systémů je sdílení tepla sáláním.
- teplým vzduchem.

#### B.3.1 Sálavé stropní vytápění

Sáláním od stropní konstrukce se předává teplo podlaze, stěnám a dalším povrchům bez prostřednictví vzduchu. Osálané povrchy se zahřívají a předávají teplo konvekcí a radiací do místnosti. Sálavá plocha s větším výkonem se navrhoje u více ochlazovaných stěn, uvnitř dispozice se systém navrhoje ve větších plochách, v pásech nebo v jednotlivých panelech.

Povrchy sálavých ploch jsou charakterizovány součinitelem pohltivosti  $\epsilon$  (pro černé těleso  $\epsilon=1$ , matný nátěr 0,85 – 0,98; omítka 0,93; sklo a dřevo 0,92; leštěný hliník nebo mosaz 0,05).

Při návrhu sálavého stopního vytápění je nutné dodržet přípustnou hodnotu intenzity osálání temene hlavy, která závisí především na povrchové teplotě a výšce sálavé plochy a na teplotě vzduchu v místnosti. Výška jednotlivých typů sálavých ploch nad podlahou je uvedena na obr. B.3.1.



Obr. B.3.1 Nejmenší výšky sálavých ploch

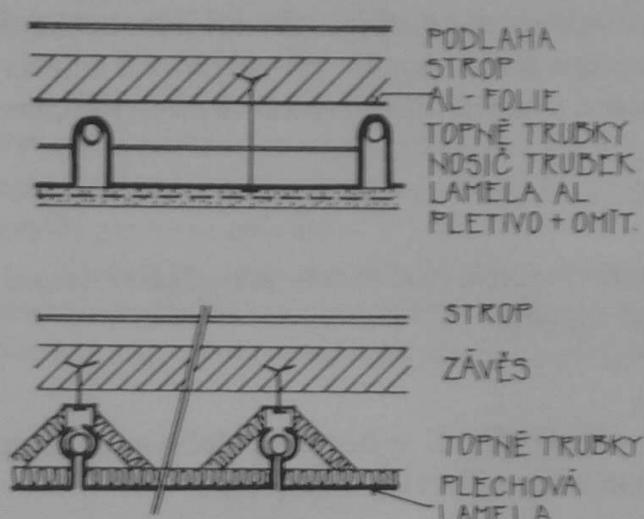
- Velkoplošné stropní vytápění se zabudovanými trubkami

U tohoto systému (používal se název CRITTAL) jsou trubky rozvodu zabudovány buď přímo do betonové nosné stropní konstrukce nebo do monolitické podhledové desky.

Teplá voda má max. teplotu 60 °C a teplotní spád nejčastěji 55/45 °C – při tom je povrchová teplota stropu 35 – 45 °C – systém se může použít i pro světlou výšku místnosti 3 m. V letním období lze systém využít i pro chlazení. Otopné trubky mohou sloužit i jako výztuž nosné konstrukce.

Systém je obtížně regulovatelný a montážně komplikovaný a je v současné době málo používaný.

- Velkoplošné stropní vytápění s lamelovými otopnými plochami (obr. B.3.2.)



Tento systém odstraňuje nevýhodu akumulace tepla do betonové desky výše uvedeného systému. V tomto případě jsou zavěšeny pod stropem trubky rozvodu teplonosné látky a na ně jsou těsně uchyceny plechové lamely s dobrým vedením tepla. Lamely mohou být buď upraveny do podhledu, např. omítkou, nebo mohou podhled vytvářet přímo, bez úprav.

Obr. B.3.2 Lamelové stropní otopné plochy

- Zavěšené sálavé panely

Pro vytápění prostorů v budovách občanské vybavenosti nebo v průmyslových objektech s větší světlou výškou se navrhují zavěšené sálavé panely. Sálavou plochu panelu tvoří plech, který je ohříván trubkou, v niž proudí teplonosná látka (teplá nebo horká voda, pára). Panel je po obvodu opatřen usměrňovacími zákryty, nad panelem musí být tepelná izolace s reflexní fólií (obr. B.3.3A).

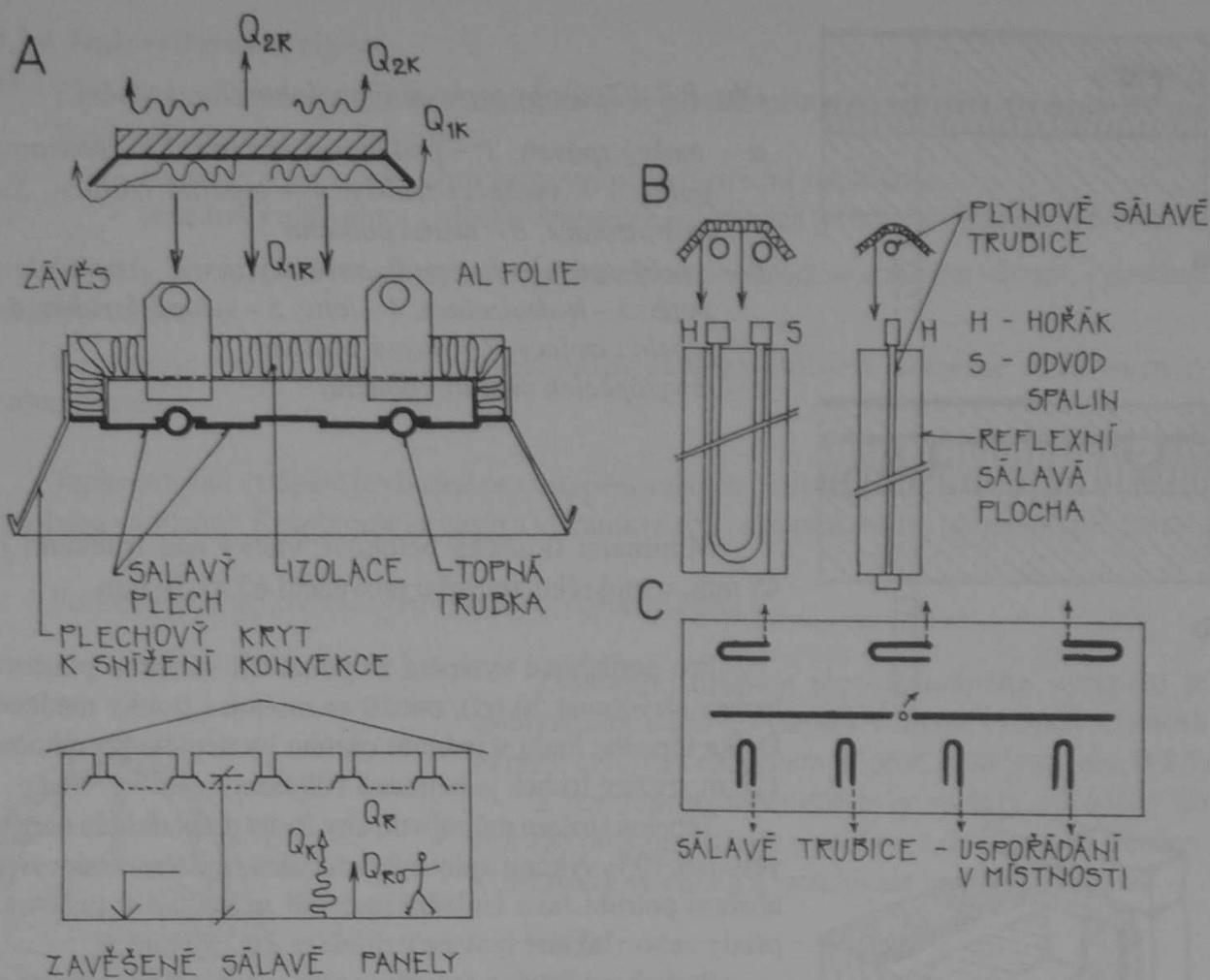
Vytápění halových prostorů sálavými panely je úspornější než teplovzdušné vytápění. Větrání hal je při užití sálavých panelů zajištěno přívodem vzduchu u podlahy a odvodem s rekuperací pod střechou.

- Systémy se zářičí

Získáme-li teplo pro vytápění z ušlechtilého zdroje energie, tj. z plynu, z kapalného paliva nebo z elektrické energie, je účelné je spalovat nebo využívat přímo v místě využití (sálání) v sálavém panelu.

- Panely se sálavými trubkami – tmavé zářiče (obr. B.3.3B a C)

Sálavými trubkami proudí spaliny směrem od hořáků k místu odvodu. Teplo se přenáší sáláním od trubky na reflexní plochu panelu. Spaliny se odvádějí buď nad střechu nebo do stěny individuálně nebo společně od několika hořáků. Systém se dá dobře regulovat a vykazuje nízké provozní ztráty.



Obr. B.3.3 Zavěšené sálavé panely a trubice: A – zavěšené sálavé panely, B,C – sálavé trubice

#### – Infračervené (světlé) záříče

Vysoké povrchové teploty (600 až 900°C) záříče je dosahováno buď spalováním plynu na diafragmě nebo odporovým elektrickým teplem. U plynových záříčů jsou spaliny odváděny do vytápěného prostoru a je třeba je z prostoru odvádět. Světlé záříče jsou využívány hlavně v halách, individuálně pak pouze k občasnému krátkodobému vytápění.

### B.3.2 Podlahové vytápění

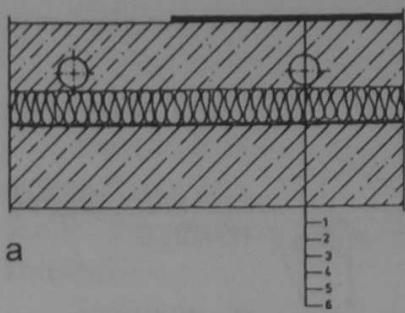
Podlahové vytápění je nízkoteplotní velkoplošné vytápění, teplo z podlahy je sdíleno převážně konvekcí a částečně radiací.

Nejvyšší přípustná teplota otopné vody je 50°C, teplotní spád má být nejvýše 10 K (doporučuje se 5 – 6 K), povrchová teplota podlahy nemá překročit hodnotu

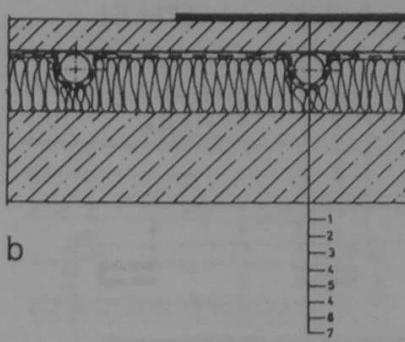
- v místnostech, kde osoby převážně stojí                            26 [°C]
- u obytných a administrativních budov                            28 [°C]
- u koupelen, chodeb a bazénů                                    32 [°C]

U podlahových systémů lze s výhodou využít jako zdroj tepla netradiční zdroje energie nebo odpadní teplo.

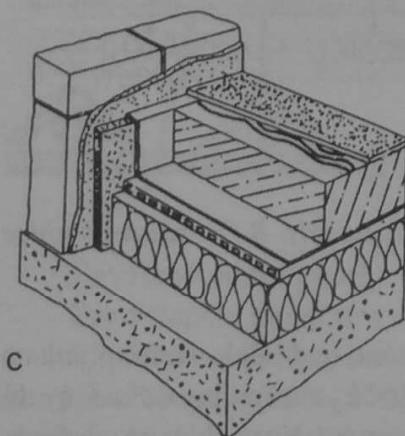
Podle způsobu provedení rozlišujeme vytápěcí podlahy provedené mokrým způsobem; suchým způsobem a podlahy sestavené z vytápěcích modulů (obr. B.3.4).



a



b



c

Obr. B.3.4 Způsoby provedení podlahového vytápění:

a – mokrý způsob: 1 – podlahová krytina, 2 – cementový potér, 3 – vytápěcí trubky, 4 – tepelná izolace, 5 – hydroizolace, 6 – nosná podlaha

b – suchý způsob: 1 – podlahová krytina, 2 – cementový potér, 3 – hydroizolace, 4 – fólie, 5 – vytápěcí trubky, 6 – tepelná izolace, 7 – nosná podlaha

c – z vytápěcích modulů (panelů)

Minimální tloušťka betonové vrstvy nad trubkami je 45 mm, u mokrého způsobu provedení 65 až 70 mm.

Pro podlahové vytápění se používají většinou plastové trubky (životnost 50 let), použít se mohou i trubky měděné. Délka topného hadu v jednom okruhu by neměla přesáhnout 120 m., rozteč trubek je nejméně 100 mm.

Tepelná izolace má zajistit, aby ztráty do podkladu nebyly větší než 10 % výkonu a aby bylo současně zajištěno vodorovné uložení potrubí. Jako izolační materiál se užívají vypěňovací plasty nebo vláknité izolace v tloušťce 20 - 60 mm.

Podlahová krytina ovlivňuje přenos tepla svým tepelným odporem. Požadavkům vyhovují takřka všechny běžné podlahové krytiny. Nedoporučují se textilní koberce s delším vlasem (více jak 10 mm), PVC s plstěnou podložkou a parkety z měkkého dřeva. Nejvhodnější jsou keramické nebo kamenné dlaždice.

Velkoplošné vytápěcí systémy lze navrhnout i pro venkovní plochy (sportoviště, dopravní pásy a plochy apod.).

### B.3.3 Stěnové vytápění

U stěnového vytápění jsou stěny vlastně velkoplošnými otopními tělesy. Povrch stěn je ohříván na 25 až 35°C.

Ohřátí stěn lze docílit pomocí podpovrchových prvků (trubek) protékaných teplonosnou látkou (vodou), pomocí ohřátého vzduchu (teplovzdušné vytápění) a pomocí nízkých konvektorů.

U soustav umístěných pod omítkou se užívají plastové nebo měděné trubky překryté vrstvou omítky. Omítka tl. 20 – 35 mm (sádrová, vápenná, keramická) musí být zpevněna výztužnou tkaninou a nesmí obsahovat příměsi, které by poškozovaly potrubí.

Při použití nízkých konvektorů se zvyšuje teplota stěn vzduchem ohřátým v konvektoru umístěném před stěnou.

Vodní podomítkové soustavy jsou vhodné pro kombinaci se solárním vytápěním. U soustav stěnového vytápění dosahujeme zvlášť příjemné pohody prostředí. Zvýšená teplota povrchu stěn umožňuje snížit teplotu vzduchu v místnosti asi na 18°C a snížit tak i tepelné ztráty větráním (až o 30 %).

### B.3.4 Teplovzdušné vytápění

Teplonosnou látkou je ohřátý vzduch, který se přivádí přímo do vytápěného prostoru.

Teplovzdušné soustavy dělíme na:

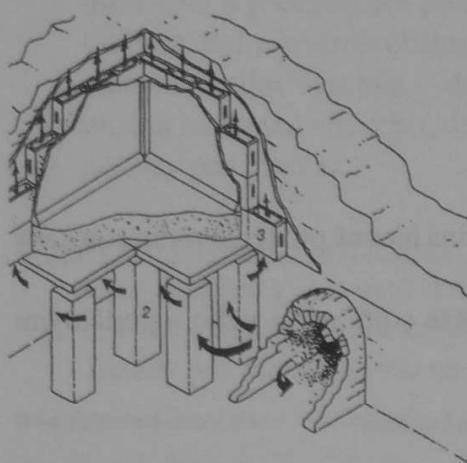
- soustavy s ústředním ohříváním vzduchu (ústřední strojovna),
- soustavy s ohříváním vzduchu v místních jednotkách (přímo ve vytápěném prostoru).

Výhody: provozní pružnost, dobrá regulovatelnost, možnost současného větrání, vyloučení otopných těles.

Nevýhody: méně hygienický provoz, někdy zvýšená hlučnost, poměrně velké rozměry vzduchovodů.

Teplovzdušné vytápění je vhodné pro vytápění velkých prostorů (do cca 8 m výšky a s menší výměnou vzduchu). Kombinuje se často s větráním nebo i s doplňkovými otopními plochami.

Podrobněji o teplovzdušném vytápění pojednává část C.

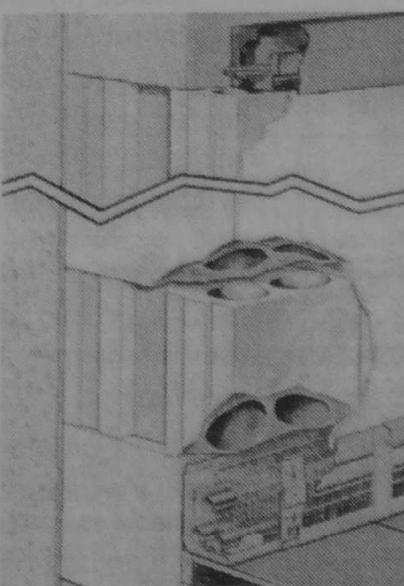
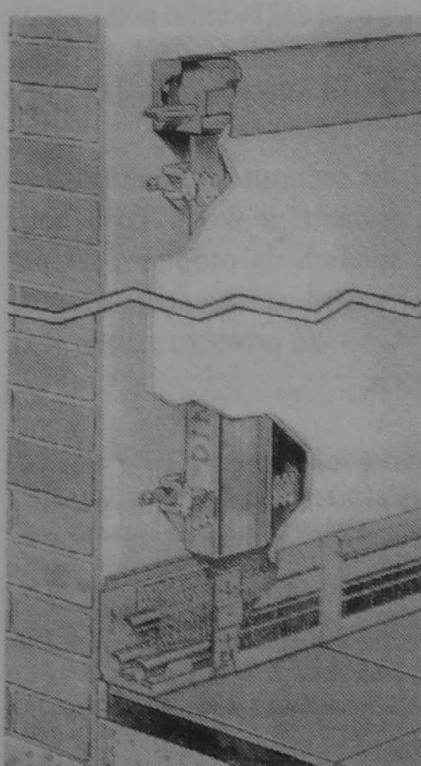


Zvláštním druhem teplovzdušného vytápění je teplovzdušné stěnové vytápění. Římané vytápěli místnosti stěnami ohřátými vzduchem již před 2000 lety – obr. B.3.5.

Z otevřeného topeniště byly spaliny odváděny do volného prostoru kanály v podlaze a dutinami ve stěnách. Konstrukce se ohřála a vyzařovala teplo do místnosti.

Obr. B.3.5 Teplovzdušné stěnové vytápění – Řím

I – topeniště, 2 – prostor pro proudění teplého vzduchu, 3 – zdivo stěnového vytápění



U novodobého provedení tohoto systému jsou v otopné části stěny vedeny svislé kanálky, kterými prochází teplý vzduch ohřátý výměníkem tepla umístěným ve spodní části stěny – obr. B.3.6.

Obr. B.3.6 Teplovzdušné stěnové vytápění

## B.4 Otopná tělesa

Otopné těleso je povrchový výměník umístěný ve vytápěném prostoru. Otopné těleso přivádí do prostoru teplo potřebné pro zajištění tepelné pohody. Teplonosná látka je ohřívána mimo těleso (ústřední nebo etážový zdroj, předávací stanice apod.). Teplo je předáváno do prostoru konvekcí a radiací.

Otopným tělesem není lokální topidlo, ve kterém je zdroj tepla zabudován – v takovém případě se jedná o spotřebič na tuhá, kapalná, plynná paliva nebo s jiným zdrojem energie.

### B.4.1 Rozdělení otopných těles

Otopná tělesa se dělí podle konstrukčního řešení přestupní plochy na tyto základní druhy:

- a) deskové otopné těleso – souvislé desky (hladké nebo s rozšířením přestupní plochy) v různém uspořádání (jednoduché, zdvojené),
- b) článkové otopné těleso – složené ze stejných, vzájemně těsně spojených článků,
- c) konvektor – ozebrované trubky zabudované ve skříni nebo ve stavební konstrukci,
- d) trubkové otopné těleso (registr) – sestava trubek,
- e) ostatní.

Vedlejší rozdělení otopných těles:

- a) podle použitého materiálu
  - kovová – litinová, ocelová, hliníková
  - nekovová – většinou z plastů

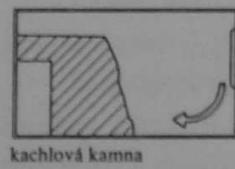
Tělesa z ocelového plechu (článková, desková) jsou vhodná hlavně pro teplovodní soustavy mají nižší životnost než tělesa litinová.

- b) podle způsobu rozšíření vnější přestupní plochy - tělesa s příčnými nebo s podélnými žebry, tělesa s prostředníkem apod.

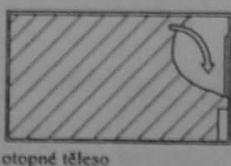
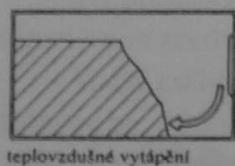
### B.4.2 Návrh otopných těles

Při návrhu otopného tělesa a při výpočtu jeho velikosti vycházíme ze základního požadavku - tepelný výkon otopného tělesa musí krýt tepelné ztráty vytápěného prostoru tak, aby byla v prostoru vytvořena tepelná pohoda. Velmi podstatný je rovněž vzhled otopného tělesa a jeho soulad s interiérem.

████████  
oblast tepelné pohody

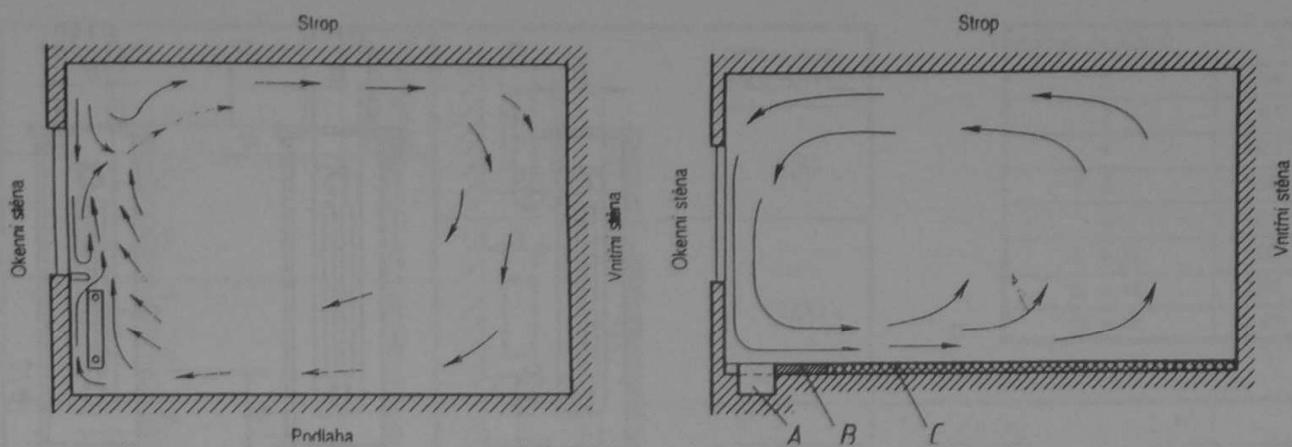


—  
oblast tepelné nepohody



Pohodu prostředí lze ovlivnit volbou způsobu vytápění (obr. B.4.1.), druhem, velikostí, způsobem instalace a teplotním spádem na otopném tělesu. Důležité je ovlivnění proudění vzduchu (obr. B.4.2.) a rozložení teplot ve vytápěném prostoru a ovlivnění povrchových teplot ploch.

Obr. B.4.1 Oblast tepelné pohody pro různé způsoby vytápění v místnosti s ochlazovanou stěnou



Obr. B.4.2 Proudění vzduchu ve vytápěném prostoru

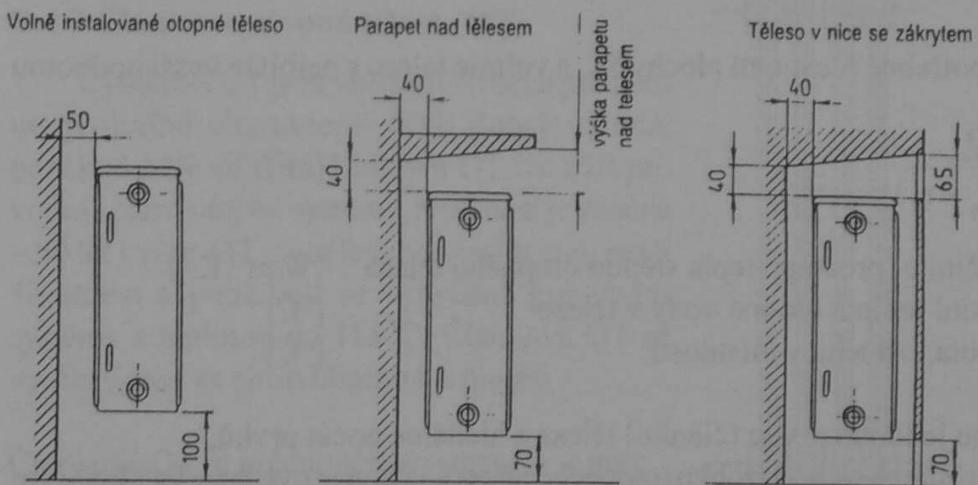
- a – otopné těleso u ochlazované stěny
- b – podlahové vytápění: A – konvektor, B – intenzivní okrajová zóna, C – podlahová otopná plocha

Podklady pro návrh otopních těles musí obsahovat

- informaci o podmínkách použití výrobku – teplonosná látka (voda, pára) a její parametry (teplota, tlak), způsob oběhu teplonosné látky a další údaje (bezpečnost, hygiena apod.).
- charakteristiku výrobku – druh, materiál, rozměry, hmotnost, tepelný výkon, přestupní plocha na straně vzduchu, tlaková ztráta atd.
- pokyny pro montáž

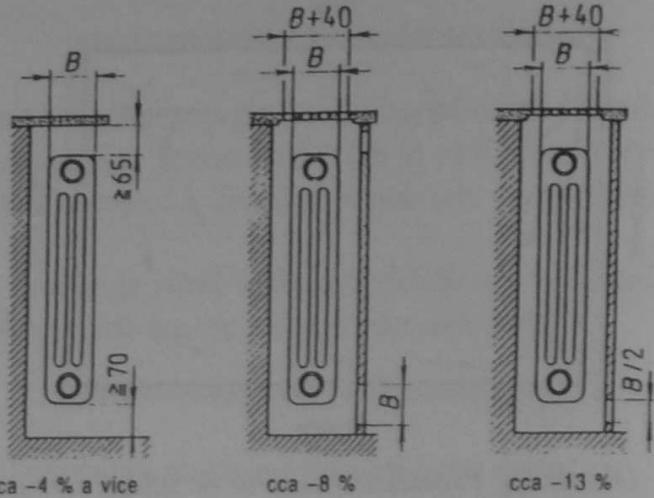
#### Zásady pro návrh otopních těles

- musí funkčně vyhovovat stavebnímu provedení vytápěného prostoru
  - musí se umístit pokud možno k nejvíce ochlazovaným povrchům (stěnám) např. pod okno.
- Zásady pro umístění jsou na obr. B.4.3.



Obr. B.4.3 Umístění otopného tělesa

- povrchová teplota musí odpovídat hygienickým požadavkům, max. přípustné hodnoty jsou  $90^{\circ}\text{C}$  pro bytové a občanské budovy a  $85^{\circ}\text{C}$  pro jesle, školky, nemocnice. Povrchovou teplotu tělesa lze určit z teploty přívodní vody zmenšené o  $2,5^{\circ}\text{C}$ ,
- v prostorách se zvýšenou prašností nejsou vhodná otopná tělesa se žebry jakéhokoliv druhu,
- v prostorách se zvýšeným nebezpečím úrazu (učebny, tělocvičny apod.) musí být otopná tělesa opatřena ochranným krytem,
- při umístění otopného tělesa v nice nebo při návrhu otopného tělesa se zákrytem je třeba počítat se snížením tepelného výkonu – viz obr. B.4.4. a B.4.5.



Při návrhu zákrytů a jejich prvků je nutné dodržovat některé zásady např. rozměry nasávacích a výdechových otvorů a podmínu snadné montáže.

#### Určení (výpočet) velikosti otopného tělesa

Okrajové podmínky výpočtu – tepelná ztráta místonosti  $Q_c$  ve W – stanovena podle ČSN 060210, pracovní parametry otopné soustavy, způsob napojení otopného tělesa na otopnou soustavu - přívod nahore a odvod dole na stejně straně, otopné těleso je natřeno barvou a je umístěno volně (bez krytu, ne v nice apod.).

Způsoby výpočtu:

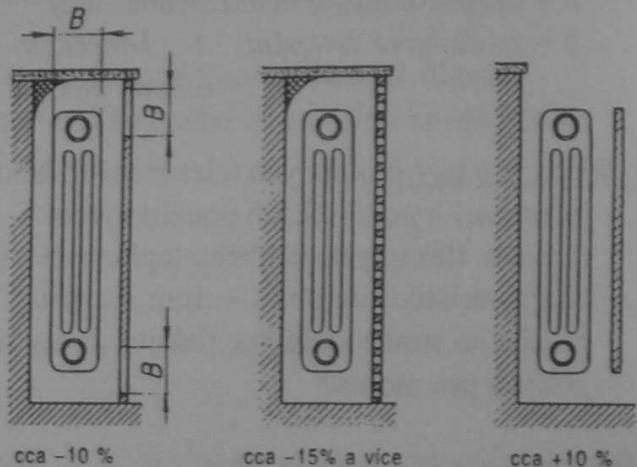
- určujeme velikost potřebné přestupní plochy  $S_{VT}$  a volíme těleso s nejblíže vyšší hodnotou

$$S_{VT} = \frac{Q_c}{k_T(t_{Wm} - t_v)} \quad [m^2]$$

kde  $k_T$  je součinitel prostupu tepla stěnou otopného tělesa  $[W.m^{-2}.K^{-1}]$   
 $t_{Wm}$  je střední teplota otopné vody v tělesu  $[^\circ C]$   
 $t_v$  je teplota vzduchu v místonosti  $[^\circ C]$ .

- vycházíme z výkonu jednoho prvku (článku) tělesa a hledáme počet prvků,
- vycházíme z výkonu kompletního výrobku (otopného tělesa); výkon je uveden v katalogovém listu výrobku – volíme těleso s nejblíže vyšším tepelným výkonem,
- vycházíme z tzv. tepelného modulu tělesa – výkon vztažený na 1 m délky tělesa  $W.m^{-1}$  a určujeme délku tělesa v m.

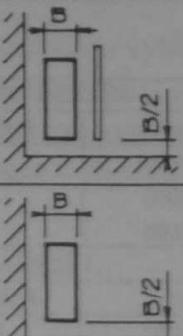
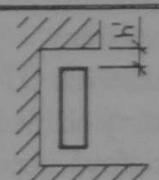
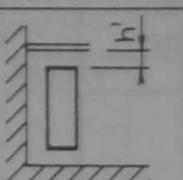
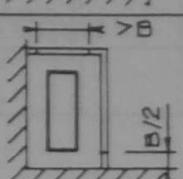
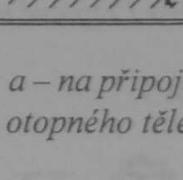
Při změně okrajových podmínek (změna zapojení, změna teplot, zakrytí těles apod.) se musí do výpočtu zavést opravní součinitelé - obr. B.4.5.



Obr. B.4.4 Změny výkonu u článkových topných těles se zákrytem

| A | C | OFRAVNÝ SOUČINITEL | OFRAVNÝ SOUČINITEL | POČET ČLÁNKŮ |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------|
| B | D | 1,0                | 1,10               | 2 1,04       |
| A | B | 1,0                | 1,00               | 3 1,04       |
| A | D | 1,0                |                    | 4 1,03       |
| B |   |                    |                    | 5 1,02       |
|   |   |                    |                    | 6 1,01       |
|   |   |                    |                    | 7 ÷ 11 1,00  |
|   |   |                    |                    | 12 ÷ 14 0,99 |
|   |   |                    |                    | 15 ÷ 18 0,98 |

|   |   |      |   |   |         |          |
|---|---|------|---|---|---------|----------|
| B | D | 0,9  |  |  | h'      | 100 0,98 |
| A |   | 0,85 |  |   | 80 0,97 |          |
| B |   |      |  |   | 60 0,96 |          |
| C |   | 0,85 |  |   | 40 0,95 |          |
| B |   |      |   |   | 0,87    |          |

PRO OTOPNÉ TĚLESO OPATŘENÉ NÁTĚREM KOVOVÉ SUBSTANCI $\chi = 0,90$

Obr. B.4.5 Opravné součinitele: a – na připojení tělesa, b – na úpravu okolí článkových těles, c – na počet článků (délku) otopného tělesa

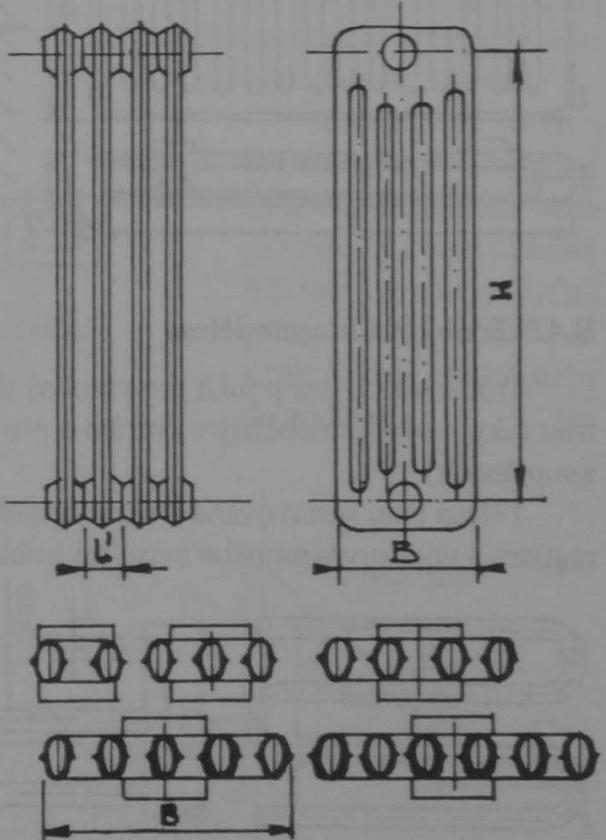
Vyššího výkonu otopného tělesa lze dosáhnout kvalitnějším materiálem a menší tloušťkou stěny, vyšším prouděním teplonosné látky v tělese a vzduchu podél tělesa, větším rozdílem  $t_{w_m} - t_v$ , zvýšením teploty na přívodu teplonosné látky do tělesa (pouze do max. přípustné povrchové teploty tělesa).

#### B.4.3 Článková otopná tělesa (OT)

Článková OT jsou vhodná do všech prostorů nevýrobního charakteru. Mají dobrý vzhled, poněkud hůře se čistí. Litinová OT lze užít pro vodní i parní otopné systémy, životnost je značná – 80 let i více. OT z ocelového plechu mají nižší životnost a používají se výhradně pro vodní systémy s teplotou do 115°C. Článková OT se vyrábějí také ze slitin hliníku a z plastů.

Článkové OT je určeno těmito rozměry v mm: výškou článku H, délkou článku L', připojovací roztečí h, hloubkou tělesa B, počtem článků a a délka tělesa L – viz obr. B.4.6.

Článková OT mají poměrně velký tepelný modul, tj. zaujímají při stejném výkonu menší plochu než tělesa desková nebo trubková.



Obr. B.4.6 Článkové otopné těleso

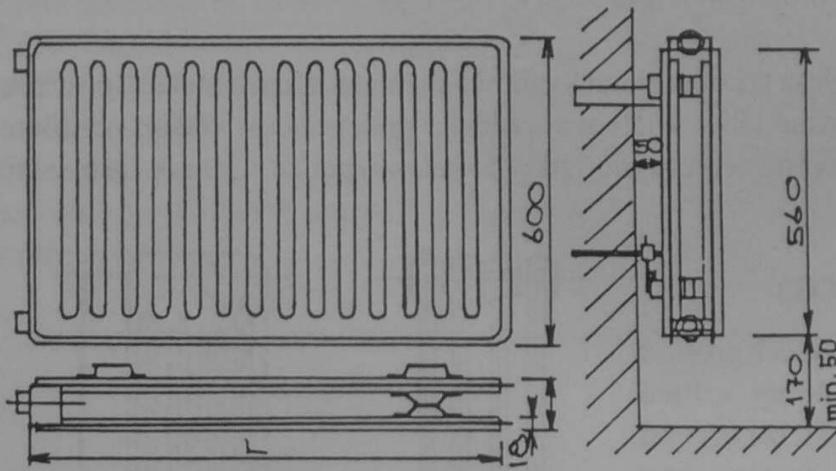
#### B.4.4 Desková otopná tělesa

Desková OT (někdy užíván název „panelová“) jsou souvislé hladké desky nebo desky s rozšířenými přestupními plochami v různém montážním uspořádání (jednoduché, zdvojené). Hodí se pro vytápění všech druhů místností, nevhodné je umístění OT před prosklené obvodové stěny.

Předností deskových OT je malá hloubka tělesa, dobrý vzhled, dobrá čistitelnost, materiálová úspornost a lehká montáž. Nevýhodou jsou větší délky OT, nižší životnost a náročnější výroba.

Představu o tepelných výkonech (modulech) článkových a deskových OT dává tabulka B.4.I.

Příklad řešení deskového OT je na obr. B.4.7.



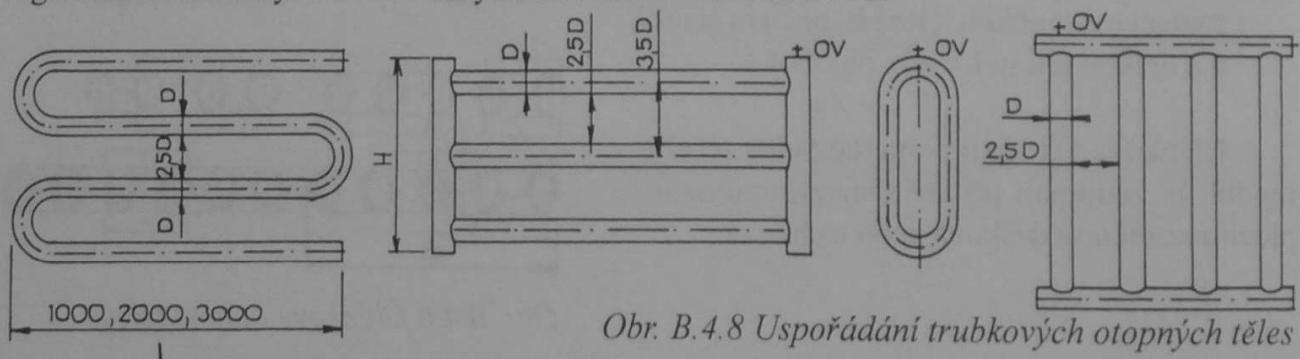
Tab. B.4.I Tepelné moduly deskových a článkových OT

| TĚLESA DESKOVÁ OCELOVÁ S RPP |             |                           |
|------------------------------|-------------|---------------------------|
| Označení                     | Počet desek | Tepelný modul $Q_M$ (W/m) |
| 11-600/1000                  | jedna       | 1330                      |
| 22-600/1000                  | dvě         | 2400                      |
| 33-600/1000                  | tři         | 3400                      |
| TĚLESA DESKOVÁ OCELOVÁ       |             |                           |
| Označení                     | Počet desek | Tepelný modul $Q_M$ (W/m) |
| 10-600/1000                  | jedna       | 810                       |
| 20-600/1000                  | dvě         | 1360                      |
| 30-600/1000                  | tři         | 1910                      |
| TĚLESA ČLÁNKOVÁ LITINOVÁ     |             |                           |
| Označení                     | Počet desek | Tepelný modul $Q_M$ (W/m) |
| 500/70                       | —           | 950                       |
| 500/110                      | —           | 1900                      |
| 500/160                      | —           | 2000                      |
| TĚLESA ČLÁNKOVÁ OCELOVÁ      |             |                           |
| Označení                     | Počet desek | Tepelný modul $Q_M$ (W/m) |
| 500/150                      | —           | 1900                      |
| 500/200                      | —           | 2400                      |

#### B.4.5 Trubková otopná tělesa

Trubková OT lze použít pro všechny druhy teplonosných látek. Udržují si svoji pozici na trhu díky možným neběžným tvarům a pro víceúčelové využití (vytápění a současně sušení v koupelnách).

Tělesa jsou sestavována z různě uspořádaných trubek, nejčastěji ve tvaru meandru nebo registru s vodorovnými nebo svislými trubkami – viz obr. B.4.8.

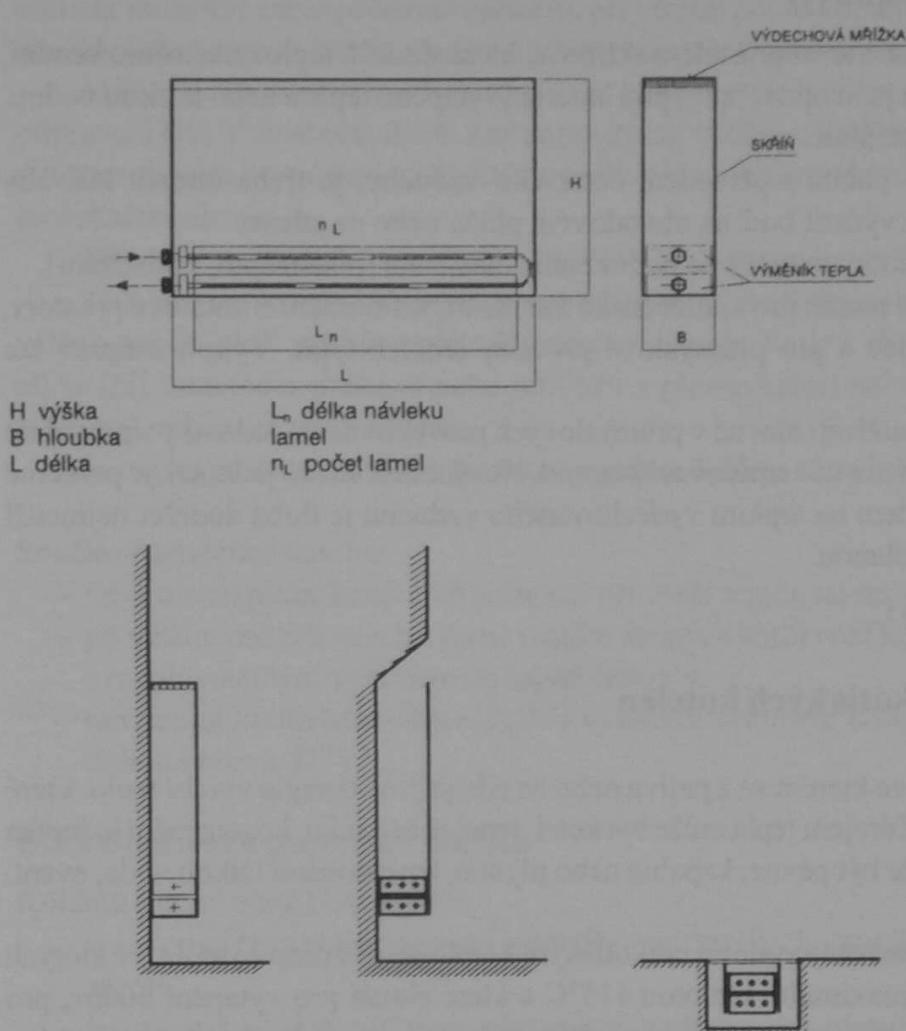


Obr. B.4.8 Uspořádání trubkových otopných těles

Tělesa mohou být buď

- z hladkých trubek – jsou vhodná pro vytápění prostor hygienických vybavení v bytových, občanských a průmyslových stavbách. Lze je použít i v prašném prostředí. Patří sem i OT trubková víceúčelová určená pro vytápění a pro odkládání a sušení textilií.
- z trubek s rozšířeným povrchem – vhodné pro vytápění neprašných průmyslových prostorů.

#### B.4.6 Konvektory

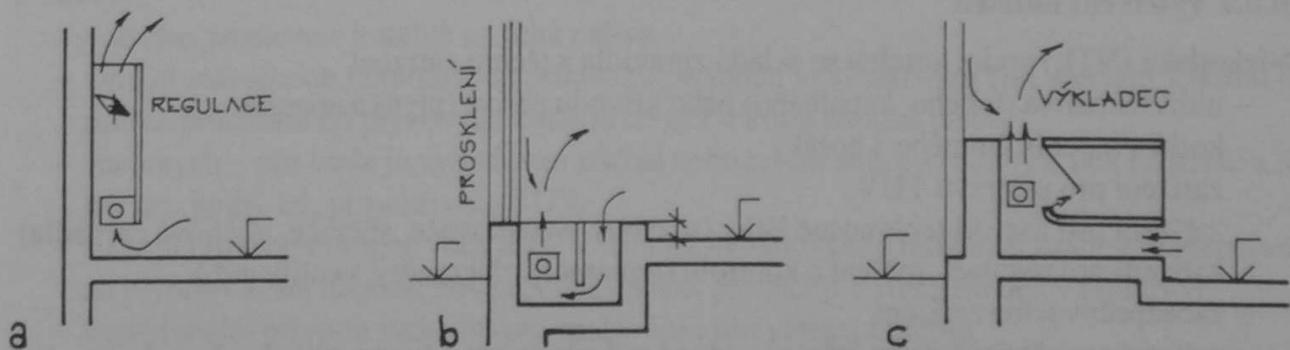


Obr. B.4.9 Konvektor – hlavní části a příklady umístění

Konvektory jsou výhodné pro vytápění s nízkými teplotami teplo-nosné látky a ve velmi dobře tepelně izolovaných objektech s malými výškami. Jejich výhodou je malá hmotnost a estetický vzhled, který lze přizpůsobit interiéru místonosti. Nevýhodou je větší pravděpodobnost usazování prachu na povrchu výměníku tepla.

Konvektor je otopené těleso, které sdílí teplo převážně prouděním (konvekcí). Skládá se obvykle z výměníku tepla a skříně opatřené v horní části výdechovou mřížkou.

Konvektory mohou být osazovány buď těsně na obvodovou stěnu nebo na stojánky v její blízkosti. Některé typy se umísťují přímo do stavební konstrukce, např. do zdi nebo do podlahy.



Obr. B.4.10 Stavebně provedené konvektory

Výměníky tepla zprostředkovávají přestup tepla do vzduchu většinou přirozeně, vyskytují se i konvektory se zabudovaným ventilátorem. V současné době se stále více používají výměníky z měděných trubek s hliníkovými lamelami. Skříň konvektoru má funkci provozně technickou a estetickou. Tepelný výkon konvektoru může být do jisté míry (až o 60 %) regulován klapkou.

Výdechová mřížka je nejvhodněji umístěna horizontálně v horní části skříně. Méně vhodné je boční umístění výdechové mřížky.

#### B.4.7 Otopné jednotky (soupravy)

Otopné jednotky jsou vlastně otopná tělesa skříňová, která slouží k teplovzdušnému větrání, ev. vytápění. Ve skříni tělesa jsou umístěny topná baterie (vytápená teplou nebo horkou vodou, párou nebo elektřinou) a ventilátor.

Jednotky, u kterých se počítá s přívodem čerstvého vzduchu, je třeba umístit tak, aby přívod vzduchu bylo možno vyústit buď na obvodovém plášti nebo na střeše.

Podle umístění lze jednotky rozdělit na podokenní a nástěnné (podstropní, podstřešní).

- a) Jednotky podokenní lze použít pro společenské místnosti, restaurační a hotelové prostory, školy, školky, nemocnice a pro průmyslové provozy lehčích typů. Výkon souprav lze regulovat.
- b) Jednotky nástěnné se používají hlavně v průmyslových provozovnách. Jednotky s přívodem čerstvého vzduchu musí mít tzv. směšovací komoru. Nevýhodou těchto jednotek je poměrně velká hlučnost. S ohledem na teplotu vydechaného vzduchu je třeba dodržet nejmenší výšku jednotky nad podlahou.

Podrobněji viz kapitola C.

### B.5 Zásady řešení nízkotlakých kotelen

Zdroj tepla je zařízení, ve kterém se z paliva nebo ze zdroje jiné energie vyrábí teplo, které se předává teplonosné látkce. Zdrojem tepla může být kotel, tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka apod., spalované palivo může být pevné, kapalné nebo plynné, teplonosnou látkou voda, event. pára.

Části B.5 až B.7 jsou věnovány vodním nízkotlakým kotelnám, tj. zdrojům tepla, ve kterých získáváme otopnou vodu s maximální teplotou 115°C a které slouží pro vytápění budov, pro přípravu TUV a event. pro teplovzdušné vytápění. Z hlediska výkonu se bude jednat o kotelny s výkonem od 50 kW do 3,5 MW, kotelny s výkonem nad 3,5 MW nejsou zahrnuty.

Při volbě typu kotelny je třeba vzít v úvahu ekologické hledisko (popílek, saze, exhalace sloučenin síry nebo dusíku, hluk hořáků apod.) a hledisko energetické a ekonomické.

#### B.5.1 Vybavení kotelen

Nízkotlaká (NTL) vodní kotelna se skládá zpravidla z těchto zařízení

- uložiště paliva (tuhého, kapalného) nebo přívodu paliva (plyn) a energie
- kotlů s topeníštěm nebo s hořáky
- zařízení pro přípravu TUV
- zařízení pro rozvod teplonosné látky (rozvody, rozdělovače, sběrače, oběhová čerpadla)
- zařízení pro regulaci, měření a kontrolu (teploměry, tlakoměry, ventily atd.)
- zabezpečovacího zařízení
- zařízení pro větrání kotelen (přívod a odvod vzduchu) a pro odvod spalin (kouřovody, komíny)
- zařízení pomocná (úprava vody, zdroj tlaku apod.)

Je nutné počítat se zdroji hluku v kotelnách (např. provoz hořáků), se zařízením pro zjištění CO, s protipožárními opatřeními, s odvodněním kotelny, s elektrickými rozvody a s osvětlením kotelny, event. s hygienickým vybavením pro obsluhu atd.

### B.5.2 Návrh počtu kotlů

Kotle a event. ohříváky je třeba navrhnout tak, aby provoz zdroje tepla byl hospodárný a spolehlivý. Osazení kotlů musí umožňovat řádnou a bezpečnou obsluhu. Každý kotel nebo ohřívák musí mít zabezpečovací zařízení, při větším počtu kotlů je třeba, aby jejich uspořádání umožňovalo odstavit kterýkoliv z nich bez přerušení provozu ostatních.

U kotelů na tuhá paliva byly zpravidla kotle pro vytápění provozně odděleny od kotlů pro přípravu TUV. V současné době, kdy se používají většinou kotle na plynná nebo kapalná paliva s automatickým provozem, se zajišťuje teplo pro vytápění, ohřev TUV a event. pro větrání ze společného zdroje.

Při volbě počtu kotlů vycházíme hlavně z požadovaného příkonu pro vytápění.

Je-li příkon pro vytápění menší než 250 kW, je možné navrhnout jeden kotel. Při výkonu větším než 250 kW má být v případě poruchy jednoho kotle k dispozici ve zbývajících kotlích 60 % (při tlumeném provozu nebo provozu s přestávkami) nebo 75 % (při nepřerušovaném provozu) výkonem pro vytápění.

V úvahu je třeba vzít také možnost regulace kotle a cenu kotle a zajištění ohřevu TUV.

Současné tendence návrhu:

- volit menší počet kotlových jednotek při vyšší regulovatelnosti kotlů,
- při větším počtu levných a méně regulovatelných kotlů volit kotle tak, aby vytvořily kaskádu s regulovatelným výkonem do topné centrály,
- navrhnout přednostně ohřev TUV s vysokým výkonem kotlů na přípravu TUV a krátkou dobou ohřevu TUV.

### B.5.3 Umístění a provedení kotelů

Kotelnu (topný zdroj) lze umístit

- v dispozici bytu nebo provozní jednotky - nejčastěji v komunikačním prostoru - u etážových zdrojů,
- v samostatné místnosti v suterénu event. v přízemí - u zdrojů na tuhá nebo kapalná paliva,
- v samostatné místnosti, výklenku - v půdním prostoru v nejvyšším podlaží pro spalování plynných event. kapalných paliv.

Při rekonstrukcích kotelů s převodem na spalování zemního plynu se prostor v suterénu využívá z důvodů:

- volného prostoru v kotelni na tuhá paliva,
- využití stávajících komínových průduchů po jejich vyvložkování (při stejném výkonu je průřez průduchu od plynových kotlů nižší než u kotlů na tuhá paliva),
- statických – pro kotle je vybudován základ nebo ho lze snáze vybudovat než na střeše a to jak pro kotle, tak pro ohříváče TUV,
- stávající rozvody otopné vody a TUV jsou již vybudované s možností snadného přepojení na plynový kotel nebo se nové rozvody snáze provádějí v suterénu než v podkroví,
- vytvořeného přívodu vzduchu pro spalování i pro větrání kotelny,
- jednoduchého transportu zařízení komunikačním prostorem nebo prostupy do suterénu.

U nových nebo rekonstruovaných kotelen se umístění kotelny na střeše (v podkroví, v místnosti nejvyššího podlaží) navrhuje z důvodů:

- snadného odvodu spalin,
- komfortnějšího prostředí pro kotle a regulační zařízení,
- případně snadnější montáže (jeřábem),
- jednoduššího ležatého rozvodu otopné vody a rozvodu TUV v krovu,
- jednoduššího přívodu vzduchu ke spalování.

Obecně při návrhu kotelny do krovu střechy či na střeše se používá větší počet kotlových jednotek s nižším vodním obsahem kotle tak, aby podlaha kotelny byla méně zatížena.

Zároveň se dává přednost i přípravě vody s menším obsahem zásobníku TUV nebo průtočnému způsobu přípravy TUV. Dříve byly takové kotelny sestavovány z kotlových jednotek do topných centrál.

Kotelna vestavěná do budovy tvoří samostatný požární úsek a je oddělena od ostatních prostor nehořlavou konstrukcí. Dveře spojující kotelnu s ostatními částmi budovy, musí být samouzavíratelné, s požární odolností min. 30 min.

U kotelen o půdorysné ploše do 150 m<sup>2</sup> se doporučuje navrhnout jednu únikovou cestu k východu z kotelny o šířce 1,2 m ke dveřím o nejmenších rozměrech 800 x 2100 mm, s otvíráním z místnosti.

Podlaha kotelny je nehořlavá a ani v mokrému stavu nemá být kluzká. Podlaha je vyspádovaná k vhodné umístěné domovní vpusti.

Základy pod kotle a zásobníky, event. kompresory většinou stanovuje výrobce, ale musí být navrženy s ohledem na tlumení hluku a otřesů.

Stěny kotelny jsou do výšky 1800 mm nad podlahou omyvatelné.

Stropy jsou nehořlavé a v dispozici kotelny pod obytnými místnostmi mají tepelně izolační charakter s  $R > 0,8 \text{ W}^{-1} \text{ m}^2 \text{ K}$ .

Ve stropě nebo stěně má být uvažováno s montážním otvorem s velikostí odpovídající velikosti největšího zařízení, nejčastěji teplovodního zásobníku.

Požární norma požaduje požárně odolné utěsnění všech prostupů potrubí přes požární stěnu a stropy. Při přirozeném osvětlení je lépe situovat okna mimo jižní a jihozápadní směr, aby se snížily tepelné zisky osluněním v letním období a aby se vhodně osvětlila místa používaná obsluhou v dispozici kotelny. Podle některých údajů z literatury se doporučuje plocha oken o velikosti 8 až 10 % z půdorysné plochy kotelny.

Světlá výška kotelny je nejméně 3 m a ve všech místech musí být zajištěn podchod pod potrubím a zařízením pod stropem o výšce 2,1 m.

Nejmenší vzdálenost kotlů od stěn a mezi zařízením kotelny je 0,6 m, doporučuje se, aby byla volena větší vzdálenost, s ohledem na montáž a přístupnost k armaturám a místům kontroly a obsluhy. Před hořáky kotlů by měl být prostor šířky min. 1 m od zdi a při kotlích na tuhá paliva s čelní obsluhou roštu se doporučuje vzdálenost od zdi rovná nejméně hloubce kotle, zvětšené o 0,2 m. Podle typu kotlů jsou nejmenší vzdálenosti od stěn a mezi kotly přesně specifikované výrobci kotlů.

#### B.5.4 Větrání kotelen

U kotelen na všechny druhy používaných paliv je nutné z hlediska provozu kotlů a bezpečnosti obsluhy zajistit trvalý přívod a odvod potřebného množství vzduchu (vzduch pro spalování paliva a vzduch pro odvod škodlivin).

• Přívod vzduchu do kotelny je nutný pro spalování paliva. Objemový průtok vzduchu pro hoření, stanovený teoreticky (stechiometrické množství) je při skutečném spalování nedostatečný a proto se přivádí vzduchu více (vyjádřeno součinitelem přebytku označovaným l nebo n).

Přibližné stechiometrické množství vzduchu: dřevo  $6\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$ , uhlí  $8 - 9\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$ , koks  $8,6\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$ , zemní plyn  $9 - 9,5\text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ , propan  $28,8\text{ m}^3.\text{m}^{-3}$  a bioplyn  $5,9\text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ .

Součinitel přebytku vzduchu

$n = 1,05$  až  $1,2$  pro kotle s přetlakovým hořákem

$n = 1,4$  až  $1,5$  pro kotle s atmosférickým hořákem

Přívodní vzduch není zpravidla předehříván; o předehřívání je možno uvažovat při teplotách pod  $0^\circ\text{C}$ .

Pro spalování v atmosférických hořácích je potřebné, aby byl přívod vzduchu vyústěn v úrovni hořáku. Při použití přetlakových hořáků je vzduch nasáván ventilátorem hořáku a stačí tedy přivést vzduch do kotelny.

• Větrání kotelen se navrhuje k odvodu škodlivin a z hygienických důvodů.

Kotelny na tuhá paliva musíme větrat přirozeně nebo nuceně přetlakově. Větrací otvor se umísťuje pod stropem.

U kotelen na plynná paliva má větrání opodstatnění pouze pro případný únik plynu (havarijní větrání). Dále uvedené normové výměny vzduchu jsou zřejmě odvozeny od hodnot pro kotelny na tuhá paliva.

Požadované hodnoty

- u kotelen na tuhá paliva pro odvod prachu a popílku se doporučuje 5-násobná výměna,
- u plynových kotelen pro případný únik plynu do místnosti netěsností 3-násobná výměna,
- u kotelen I. a II. kategorie 6-násobná výměna,
- u kotelen I. a II. kategorie se také ještě navrhuje havarijní větrání 10-násobná nucená výměna vzduchu.

Pozn.: pro plynové kotelny platí podrobnější zásady podle ČSN 070703.

Pro větrání kotelen můžeme použít

- větrání přirozené – šachkové nebo provětrávání,
- větrání nucené přetlakové,
- větrání sdružené.

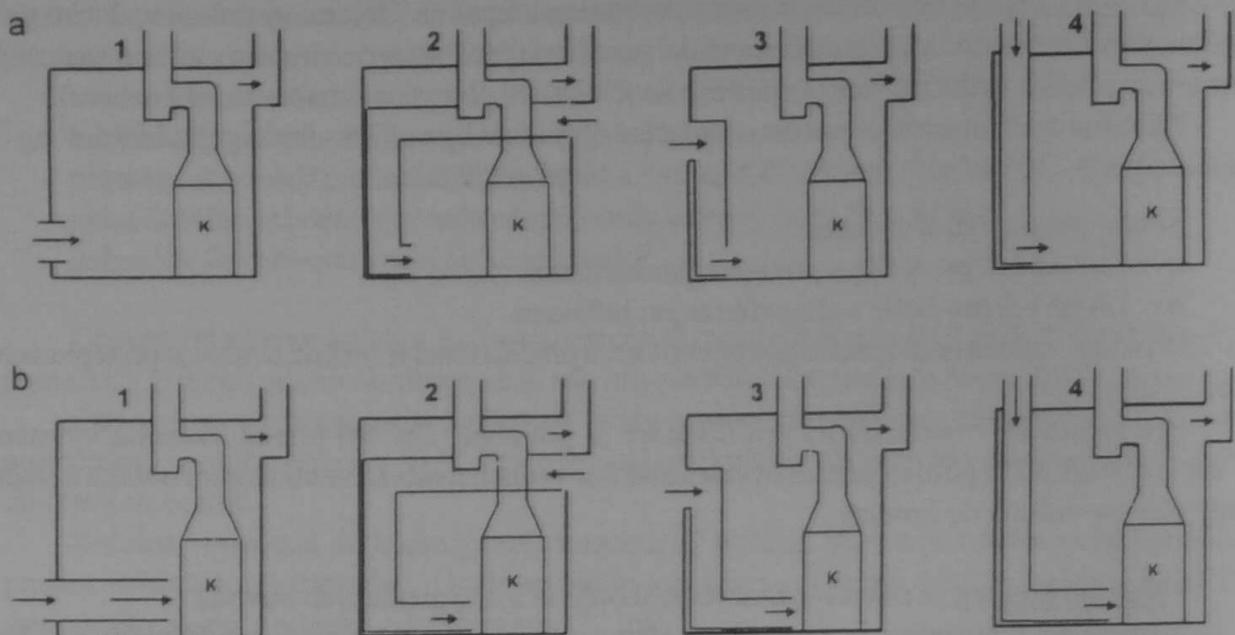
Přirozené větrání, jehož funkce je závislá na rozdílu teplot vzduchu v kotelně a venkovní teploty, bylo vhodné pro kotelny na tuhá paliva, kde se vzduch ohříval sálavým teplem kotlů.

Nucené větrání používané v plynových kotelnách by mělo být přetlakové, zejména u kotlů s atmosférickým hořákem. Větrání má mít ventilátor na přívod vzduchu, odváděcí otvor je u stropu u kotelen na zemní plyn a u podlahy u kotelen na zkapalněný plyn (propan).

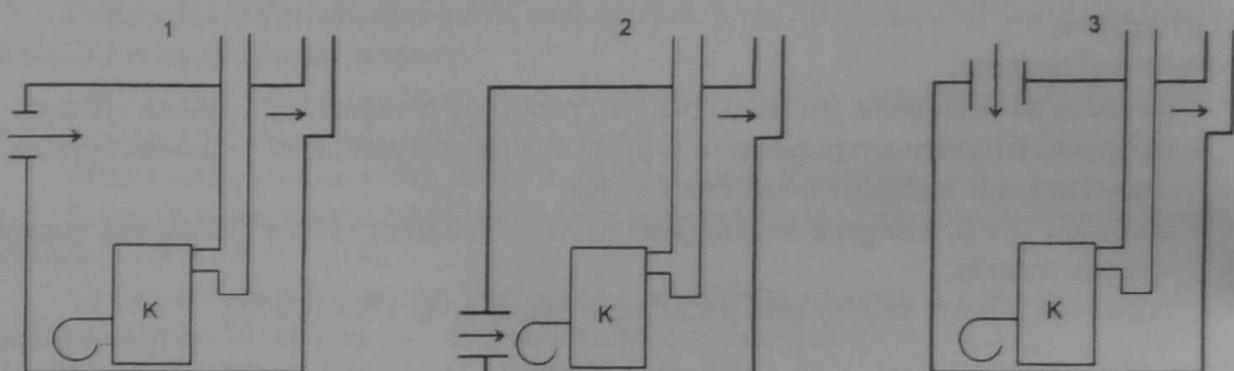
Větrání sdružené je kombinací nuceného a přirozeného větrání (např. nucený přívod a přirozený odvod vzduchu)

Přívod vzduchu může být řešen jako větrání celkové (vzduch může procházet celou kotelnou) nebo místní (přívod vzduchu k hořáku).

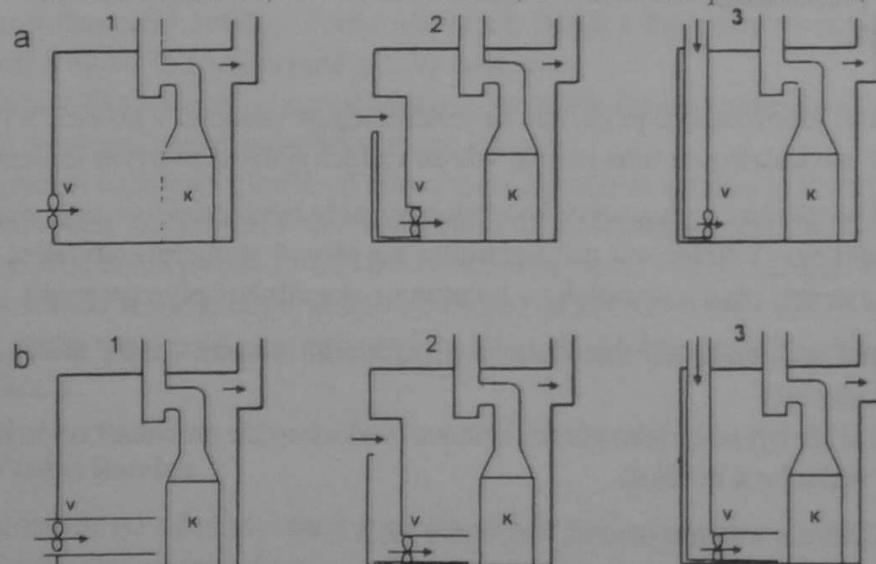
Příklady řešení větrání kotelen jsou na obr. B.5.1 až B.5.4.



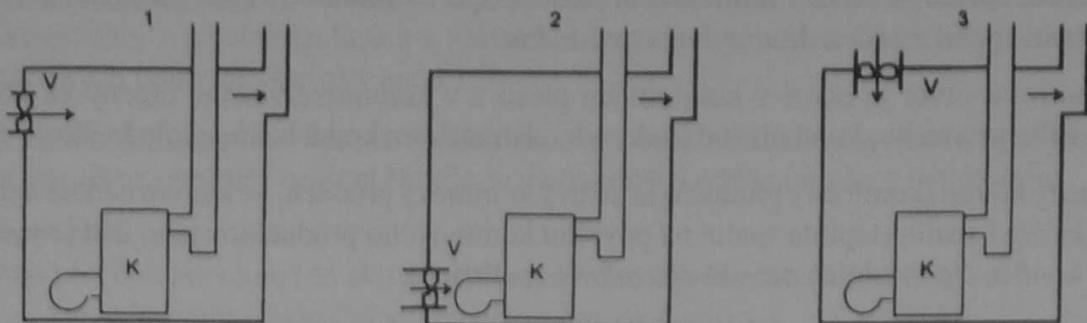
Obr. B.5.1 Přirozené větrání – kotle s atmosférickým hořákom a s přerušovačem tahu  
 a – větrání celkové, b – větrání místní; 1 – větrání otvorem (prímým průduchem),  
 2, 3 – větrání průduchem, 4 – větrání svislým průduchem, K – kotel



Obr. B.5.2 Přirozené větrání – kotle s přetlakovým hořákom  
 1 – větracím otvorem, 2 – místní větrání, 3 – větracím průduchem, K – kotel



Obr. B.5.3 Nucené přetlakové větrání – kotle s atmosférickým hořákom  
 a – větrání celkové, b – větrání místní; 1 – větrání otvorem (prímým průduchem),  
 2 – větrání průduchem, 3 – větrání svislým průduchem, V – ventilátor, K – kotel



Obr. B.5.4 Nucené přetlakové větrání – kotle s přetlakovým hořákem  
 1 – otvorem, 2 – místní větrání, 3 – průduchem, V – ventilátor, K – kotel

### B.5.5 Odvod spalin, komíny, kouřovody

Odody spalin, tj. komíny a kouřovody lze třídit podle množství různých hledisek. V tomto skriptu bude uvedeno pouze základní trídění a zásady nezbytné pro zvládnutí problematiky odvodu spalin.

Spotřebič paliv je zařízení, ve kterém se spalováním přeměňuje chemická energie tuhého, kapalného nebo plynného paliva na teplo.

Kouřová (spalinová) cesta je souhrnné označení pro vedení spalin od kouřového hrdla spotřebiče paliv do volného ovzduší. Spalinová (kouřová) cesta je zpravidla tvořena průduchem kouřovodu, sopouchem a průduchem komína, popř. komínovým nástavcem.

Komín je zpravidla svislá konstrukce s průduchem, jehož část od sopouchu po ústí komína je určena pro odvod spalin a část od sopouchu po půdici je určena pro jímání kondenzátu nebo tuhých částí spalin. Komín může obsahovat více průduchů.

Komínový plášť je část konstrukce komína s funkcí nosnou, ochrannou a estetickou. Jeho součástí může být i ochranné pouzdro, popř. komínová přepážka.

Jednovrstvý komín je komín, jehož průduch je tvořen komínovým pláštěm.

Vícevrstvý komín je komín, jehož konstrukce se skládá z komínové vložky vytvářející komínový průduch, z izolační vrstvy a z komínového pláště.

Společný komínový průduch je průduch, do kterého je připojeno více spotřebičů paliv z více než jednoho podlaží.

Komínová vložka je tenkostěnný komínový prvek určený pro vytvoření průduchu ve vícevrstvém komíně, tepelně a dilatačně oddělený od komínového pláště.

Ústí komína je místo, ve kterém spaliny opouštějí průduch komína, popř. komínového nástavce a vstupují do volného ovzduší.

Komínová hlava je nejvýše položená ukončující část konstrukce komína.

Sopouch je otvor v komínovém plášti a komínové vložce, sloužící k propojení průduchu kouřovodu a průduchu komína.

Čisticí otvor je otvor v plášti kouřovodu nebo komínovém plášti a v komínové vložce, sloužící ke kontrole a čištění průduchu kouřovodu nebo průduchu komína.

Vymetací otvor je otvor v komínovém plášti, popř. i v komínové vložce, sloužící k vymetání, čištění a kontrole komínového průduchu z půdního prostoru, popř. ze střechy.

Vybírací otvor je otvor v komínovém plášti, popř. i komínové vložce, sloužící k vybírání tuhých částí spalin z půdice komínového průduchu.

Kontrolní otvor je otvor v komínovém plášti a v komínové vložce, určený ke kontrole komínového průduchu, kondenzátní jímky a k odstraňování kondenzátu uvolněného ze spalin.

Suchý komín (komínový průduch) je takový komínový průduch, ve kterém nedochází nikdy ke kondenzaci spalin (teplota spalin na povrchu komínového průduchu v jeho ústí je vyšší než teplota kondenzace vodních par obsažených ve spalinách).

Mokrý komín (komínový průduch) je takový komínový průduch, ve kterém dochází ke krátkodobé, nebo dlouhodobé kondenzaci spalin.

Účinná výška průduchu komína je svislá vzdálenost od půdice sopouchu po ústí průduchu komína.

Neúčinná výška průduchu komína je svislá vzdálenost od půdice sopouchu k půdici průduchu.

Přirozený komínový tah je účinný komínový tah v ústí sopouchu vytvořený pouze konstrukcí komína.

Umělý komínový tah je účinný komínový tah v ústí sopouchu vyvozený uměle zařízením na nucený odtah spalin, např. ventilátorem.

Kouřovod je konstrukce s průduchem, určený pro odvod spalin od kouřového spotřebiče hrdla do sopouchu komína, popř. do volného prostředí (kouřovod s funkcí komína).

Společný kouřovod je kouřovod, do jehož průduchu je připojeno více spotřebičů paliv.

Přerušovače tahu je zařízení ke snížení podtlaku v sopouchu s přisáváním vzduchu do kouřovodu spotřebičů na plynná nebo kapalná paliva s atmosférickým hořákem. Součástí přerušovače tahu má být pojistka zpětného tahu.

Spalinová klapka je samočinný uzávěr v kouřovodu, který uzavírá kouřovou cestu v závislosti na chodu spotřebiče na kapalná nebo plynná paliva.

Komíny a kouřovody se navrhují z materiálů nehořlavých (komínový průduch) nebo nesnadno hořlavých, s nasákovostí nejvýše 12 % u komínového průduchu a 20 % u celé konstrukce, odolných proti účinkům spalin a proti mrazu. Povrchová teplota komínového pláště nemá být vyšší než 52°C.

#### B.5.5.1 Komíny

Komínové průduchy podle průřezu - úzké do  $0,04 \text{ m}^2$  (např. 200/200 mm), střední  $0,04$  do  $0,2025 \text{ m}^2$  (např. 450/450 mm) a průlezné s průřezem větším než  $0,2025 \text{ m}^2$ .

Komínový průduch musí mít po celé výšce neměnný průřez (neplatí pro společné komíny), má být veden přímo a pokud možno svisle (max  $15^\circ$  od svislice), průřez nejčastěji kruhový, event. hranatý (poměr stran max. 1:1,25, u rekonstrukcí 1:1,5); musí mít dostatečnou účinnou (5 m pro tuhá a kapalná paliva, 4 m pro plynná paliva) i neúčinnou výšku (pro tuhá a kapalná paliva nejméně 1/10 účinné výšky, u plynných paliv 150, event. 250 mm).

Vícevrstvé komín se skládají z komínového průduchu (vložky) nejčastěji keramického nebo kovového, z tepelné izolace a z pláště komína s ochrannou a estetickou funkcí (zděný, z keramických tvarovek, kovový apod.).

Vyústění komína musí být provedeno tak, aby nedocházelo ke zhoršení jeho funkce a aby nebyly porušeny předpisy o šíření škodlivin do ovzduší a o šíření hluku z ústí komína.

Výška vyústění je nejméně

- nad plochou střechou (do sklonu  $20^\circ$  je považována střecha za plochou):
  - 1,5 m u komínů od spotřebičů na tuhá a kapalná paliva,
  - 1,0 m u komínů na plynná paliva,
- nad strmou střechou nejméně 0,65 m nad hřebenem střechy nebo nad pomyslnou rovinou se sklonem  $10^\circ$  od hřebene střechy (větrný úhel) – při vzdálenosti ústí komína od hřebene větší než 2 m,
- nad střešní nástavbou se vzdáleností ústí do 2 m od nástavby:
  - 1,5 m u komínů od spotřebičů na tuhá a kapalná paliva,
  - 1,0 m u komínů od spotřebičů na plynná paliva.
- nad terénem u komínů venkovních s ohledem na jejich vzdálenost od okolní zástavby.

#### Otvory do komínových průduchů

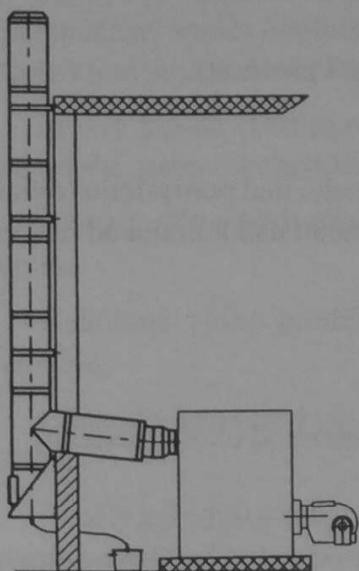
- sopouchy – řešeny tvarovkou, sousední sopouchy musí být od sebe vzdáleny nejméně 300 mm
- vybírací otvory – u paty komínů na tuhá a kapalná paliva, rozm. např. 120/250 mm nebo 450/600 mm
- vymetací otvory – navrhují se u průduchů na tuhá paliva, které nelze vymetat ústím komína (nejmenší rozm. 120/250 mm)
- kontrolní otvory – pro čištění a kontrolu průduchů na plynná paliva (nejmenší rozm. 120/200 mm)
- kondenzátní jímka – u suchého komína od spotřebičů na plynná paliva v půdici průduchu. V jímce se shromažďuje kondenzát ze spalin a srážková voda. Obsah jímky se musí odvádět mimo komín např. do kanalizace nebo do nádoby na shromažďování kondenzátu.

Komínová lávka je součástí řešení komínů. Slouží k vymetání komínů od spotřebičů na tuhá paliva a ke kontrole ostatních komínů. V nutných případech ji lze nahradit kontrolními a vymetacími otvory v nejvyšším podlaží.

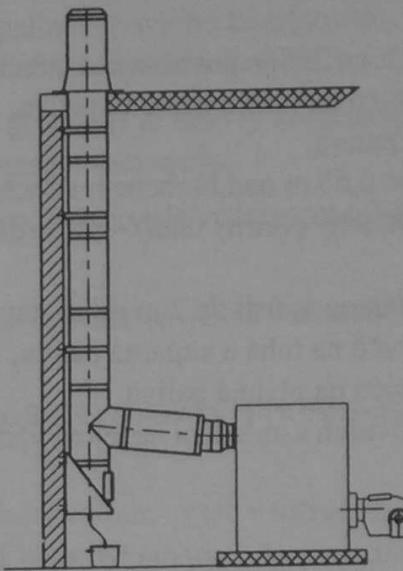
Návrh průřezů a konstrukce komínových průduchů je v současné době na zcela jiné kvalitativní úrovni než na konci osmdesátých let. Empirické vztahy, vycházející pouze z výkonu kotle a z účinné výšky komína, jsou nahrazeny diagramy sestavenými pro jednotlivé typy komínových průduchů. Při výpočtu hodnot potřebných pro zpracování diagramů byly uvažovány všechny veličiny, které mají vliv na správnou funkci průduchu (množství spalin, statický tah, tahové ztráty atd. s uvázením vlastností paliva, provozu spotřebiče, tepelně technických vlastností materiálů atd.)

Příklady uspořádání komínového tělesa jsou na obr. B.5.5.

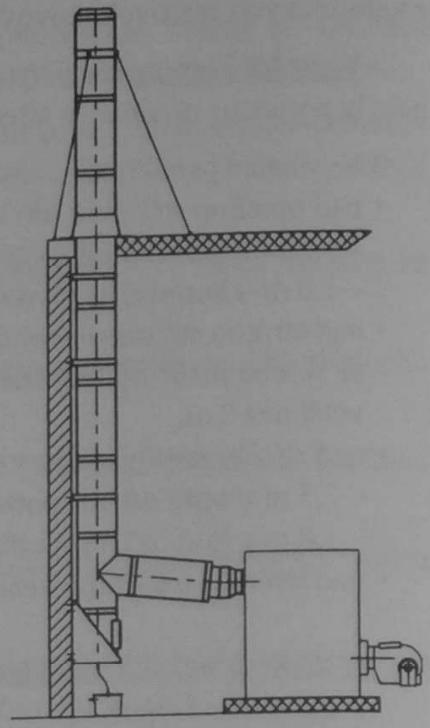
## PŘÍKLADY USPOŘÁDÁNÍ KOMÍNOVÉHO TĚLESA



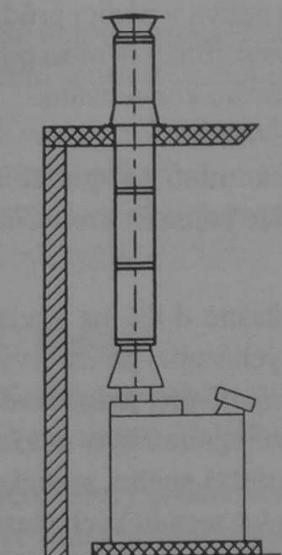
Vnější přistavěný komín



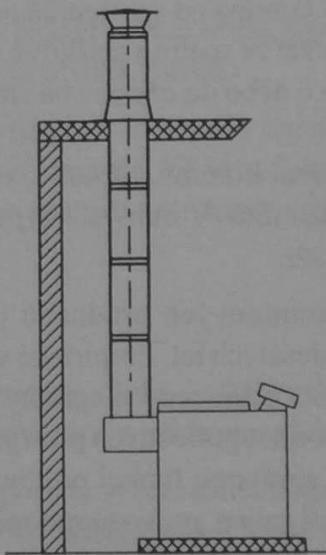
Vnitřní přistavěný komín



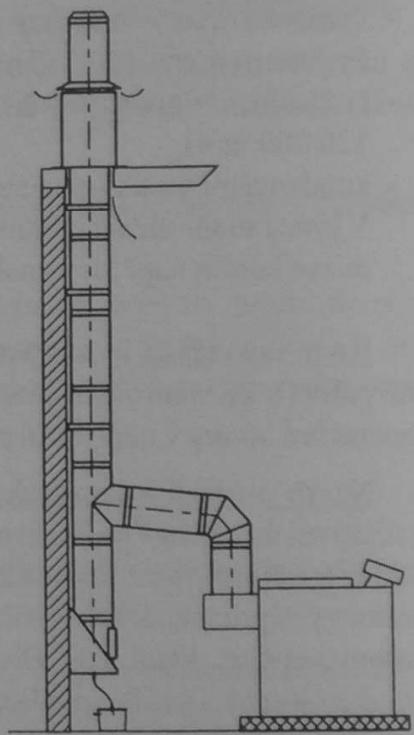
Vnitřní přistavěný komín  
s prodloužením  
komínové části



Svislý kouřovod  
(pouze u spotřebičů  
s atmosf. spalováním,  
max. délka 4,0 m)



Svislý kouřovod  
(pouze u spotřebičů  
s atmosf. spalováním,  
max. délka 5,0 m)



Vnitřní přistavěný komín  
s integrovaným  
odvětráním kotelný

Obr. B.5.5 Uspořádání komínového tělesa fy ROKA

### B.5.5.2 Kouřovody

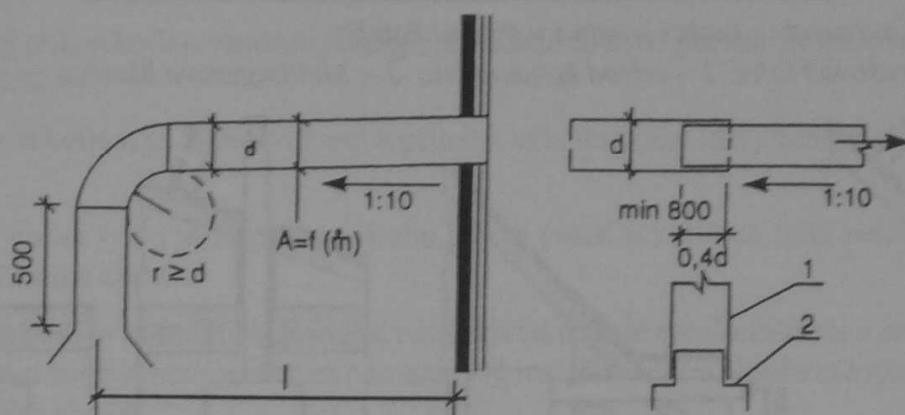
Kouřovody jsou dnes navrhovány téměř výhradně jako plechová potrubí, v některých případech opatřená tepelnou izolací. Mohou být samostatné nebo společné, samostatný kouřovod je podmínkou pro spotřebiče s přetlakovým hořákem, u spotřebičů s atmosférickým hořákem je největší povolený příkon do 900 kW při nejvýše čtyřech spotřebičích.

Kouřovod se navrhuje tak, aby byl dobře kontrolovatelný a čistitelný s největší délkou 3 m bez tepelné izolace nebo délhou menší než 1/4 účinné výšky komína.

Součástí kouřovodů jsou také prvky, které mají vliv na průběh odvádění spalin. Patří sem např. spalinové klapky a vzduchové klapky nebo jejich kombinace a přerušovače tahu (u spotřebičů s atmosférickým hořákem).

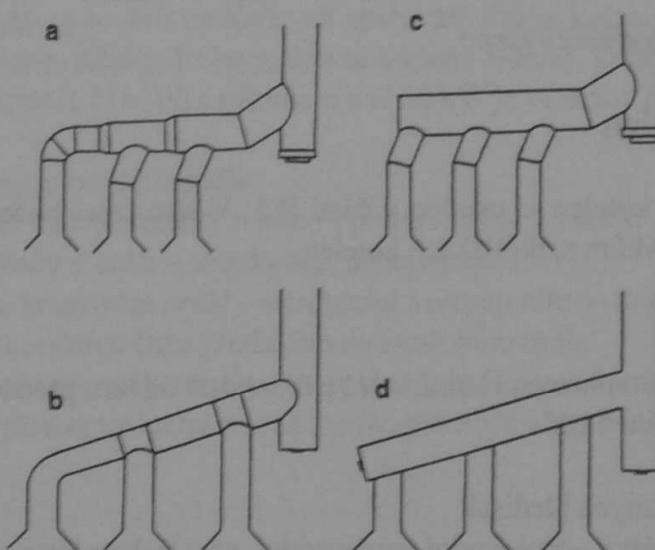
Zvláštními případy odvodu spalin jsou kouřovody s funkcí komína a kouřovody od spotřebičů „turbo“.

Příklady řešení kouřovodů jsou na obr. B.5.6 až B.5.9

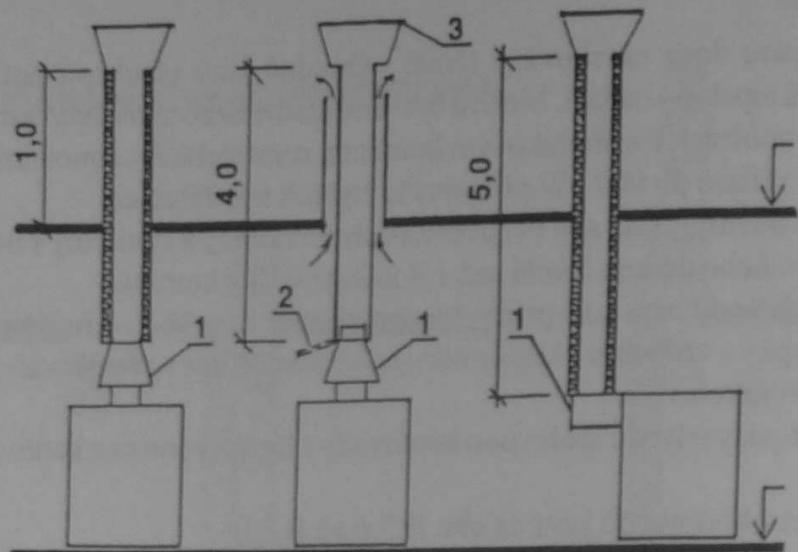


Obr. B.5.6 Samostatné kouřovody – zásady vedení

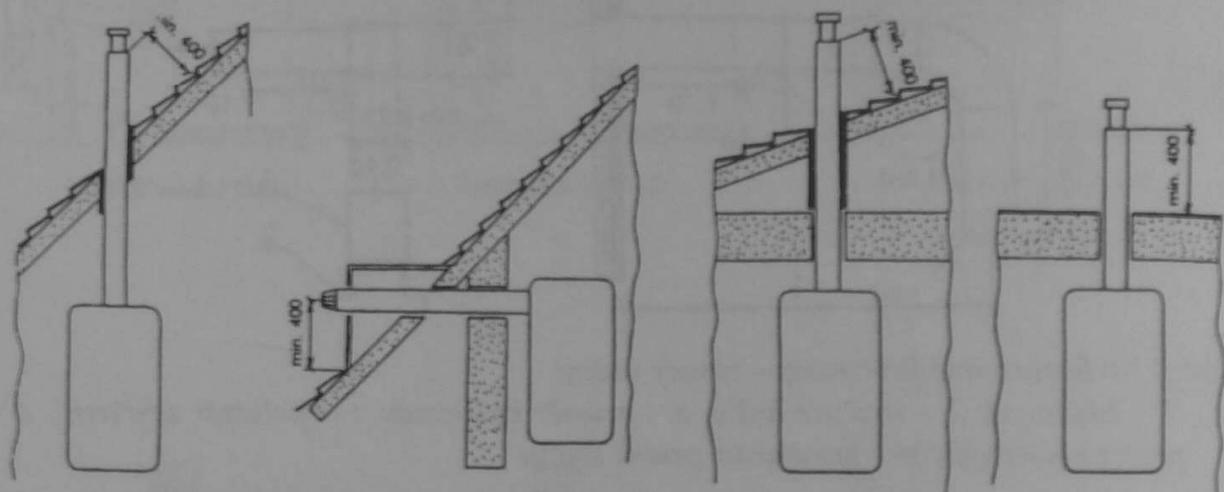
1 – kouřovod, 2 – kouřové hrdlo, d – průměr kouřovodu, r – poloměr zakřivení, A – průřez kouřovodu, m – hmotnostní průtok spalin



Obr. B.5.7 Společné kouřovody – spotřebiče s atmosférickým hořákem a přerušovačem tahu



Obr. B.5.8 Kouřovody s funkcí komína u střešní kotelný  
1 – přerušovač tahu, 2 – odvod kondenzátu, 3 – Meidingerova hlavice



Obr. B.5.9 Vyuštění spotřebičů turbo

## B.6 Vybavení kotelen

Přehled vybavení kotelen je uveden v části B.5. V této části bude věnována pozornost některým základním prvkům nízkotlakých kotelen.

### B.6.1 Kotle

V kotlích se ohřívá teplonosná látka, která pak v místě odběru předává teplo pro vytápění, pro větrání a pro přípravu TUV.

Kotle lze třídit podle různých hledisek

- podle teplonosné látky – teplovodní, horkovodní, parní a kombinované
- podle skupenství paliva – na tuhá, plynná a kapalná paliva
- podle způsobu spalování, podle přívodu vzduchu pro spalování, podle způsobu odvodu spalin, podle teploty odváděných spalin atd.
- podle pracovního přetlaku teplonosné látky – nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké
- podle materiálu a konstrukce kotle – kotle litinové (článkové), kotle ocelové – skříňové, válcové apod.

### Při návrhu kotle

- zvolíme typ kotle podle druhu teplonosné látky, podle druhu paliva a potřebného výkonu kotle. Současně zvažujeme i další hlediska, tj. účel a provozní režim budovy, hlediska hygienická, ekonomická, provozní apod.
- velikost kotle zvoleného typu určíme z katalogu výrobce volbou kotle se jmenovitým výkonem větším, než je požadovaný výkon. Dříve se při určování velikosti kotle vycházelo z výkonu teplosměnné plochy kotle.
- pro navržený kotel vybereme z katalogu výrobce údaje potřebné pro práci na návrhu otopného systému, tj. rozměry kotle, umístění a průřezy výstupního a zpětného hrdla teplonosné látky, kouřových hrdel a přívodu paliva, vodní obsah kotle, místo pro plnění palivem a pro odpopelňování u kotlů na tuhá paliva, atd.

Jmenovitý tepelný výkon kotle je výrobcem udaný tepelný výkon trvale předávaný kotlem ve W nebo kW.

Tepelný příkon kotle je množství energie přivedené do kotle palivem se spalovacím vzduchem ve W nebo kW.

Účinnost kotle  $\eta$  je dána poměrem tepelného výkonu (zpravidla jmenovitého) k tepelnému příkonu.

Vodní obsah kotle je závislý na druhu paliva (větší u kotlů na tuhá paliva) a ovlivňuje provozní účinnost kotle.

Kotle s malým vodním obsahem se nazývají také kotle rychloohřívací a jsou navrhovány především pro malé výkony a elastické soustavy (s malým vodním obsahem a rychlým náběhem do provozního stavu).

Kotle s větším vodním obsahem mají však plynuleji regulovaný provoz během topného období.

Kotle na tuhá paliva se dělí na kotle na spalování uhlí a koksu a na kotle na spalování biomasy (dřevo - polena, štěpky, brikety, dřevní odpad i sláma). Důležitý je objem zásobníku paliva (četnost přikládání). U kotlů s výkonem nad 50 kW je většinou palivo nasypáváno shora.

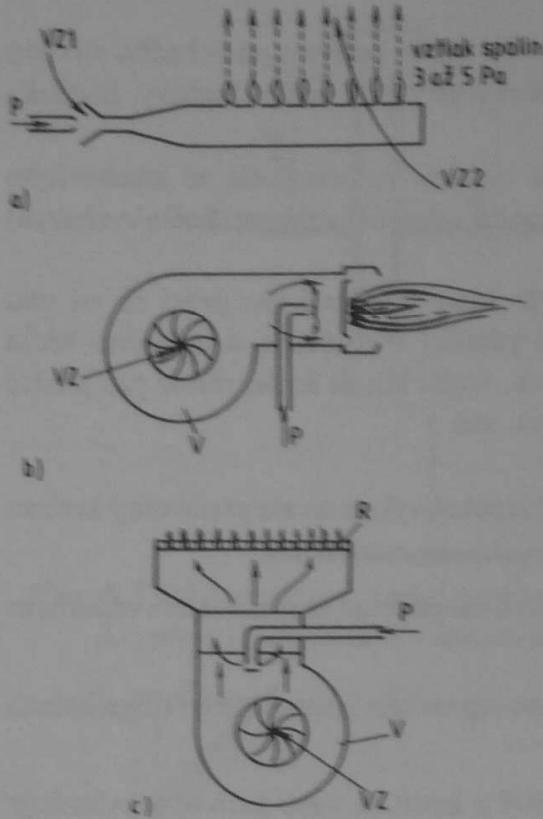
### Kotle na spalování plynu lze dělit podle

- spalování – kotle s atmosférickým nebo s přetlakovým hořákem
- teploty otopné vody v kotli – standardní, nízkoteplotní
- teploty spalin na kouřovém hrdle – standardní s připojením na komín s přirozeným tahem; nízkoteplotní a kondenzační s přetlakem na kouřovém hrdle
- podle provedení (přívod vzduchu na spalování) – provedení B (přívod z místnosti) a provedení C (přívod vzduchu z venkovního prostoru a zpravidla nucený odvod spalin)

### **B.6.2 Hořáky**

Hořáky jsou zařízení, která slouží ke spalování plynných a kapalných paliv. Hořáky se dělí hlavně podle způsobu vytváření směsi plynu a vzduchu, nebo podle způsobu přípravy paliva, dále podle druhu řízení a podle regulace topného výkonu.

Hořáky navrhujeme podle jejich výkonu a podle charakteristiky plamene. Výkon hořáku (v kg za hodinu nebo v m<sup>3</sup> za hodinu) odpovídá jmenovitému výkonu kotle, charakteristika plamene (tvar, délka, průměr plamene) je závislá na principu činnosti a na konstrukci hořáku.



Problémy s určením vhodného typu hořáku jsou velmi často řešeny tím, že hořák buď tvorí vybavení kotle, anebo že je typ hořáku doporučen výrobcem kotle.

Při spalování plynu se plyn spaluje buď v atmosférických hořácích při atmosférickém tlaku nebo v přetlakových hořácích (hořáky s plamenem nebo hořáky radiacní), kde je vzduch přiváděn ventilátorem – obr. B.6.1.

Obr. B.6.1 Plynové hořáky:

a – atmosférický, b – přetlakový s plamenem, c – přetlakový radiacní, VZ1 – primární vzduch, VZ2 – sekundární vzduch, VZ – vzduch ventilátoru, V – ventilátor, P – přívod plynu, R – sálavá plocha

Při spalování kapalných paliv je hořák automatické zařízení s tlakovým dmychadlem. Základem správné funkce hořáku je co nejlepší příprava směsi paliva a vzduchu v difuzoru. Nejvhodnějším hořákem je hořák dvoupalivový, který umožňuje přecházet z kapalného paliva na plynné a zpět podle potřeby.

### B.6.3 Čerpadla

Čerpadla se používají ve vytápění jako

- oběhová čerpadla pro nucený oběh teplonosné látky v celé soustavě nebo v jednotlivých větvích soustavy
- zařízení pro přečerpání kondenzátu
- zařízení pro doplňování vody v uzavřených teplovodních systémech.

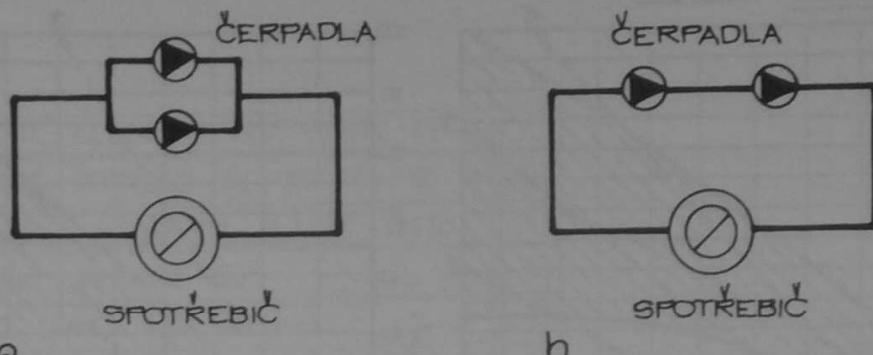
Event. zdvojovování čerpadel není předepsáno a není nutné z hlediska funkce otopné soustavy  
– je pouze důsledkem potíží při zajišťování oprav.

Pro návrh čerpadla je třeba znát

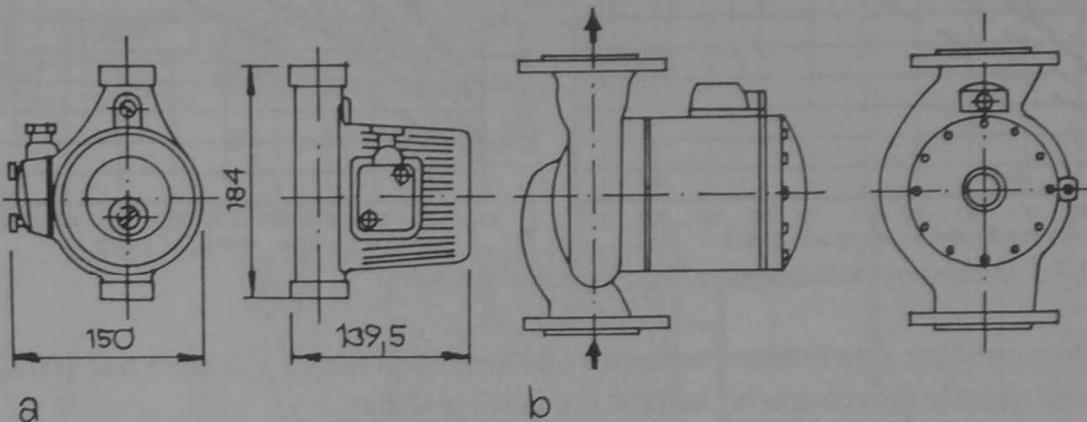
- potřebný průtok čerpadla  $l.s^{-1}$ ;  $l.min^{-1}$ ;  $m^3.s^{-1}$
- potřebný statický tlak MPa
- vlastnosti dopravované látky (hlavně teplotu)

Čerpadla lze řadit buď paralelně (větší průtok) nebo sériově (zvýšení statického tlaku) – obr. B.6.2.

Na trhu je dostatečný výběr čerpadel lišících se parametry, tvarem, napojením do systému, ovládáním, regulací atd., příklady jsou na obr. B.6.3.



Obr. B.6.2 Řazení čerpadel: a – paralelní, b – sériové



Obr. B.6.3 Příklady typu čerpadel: a – malé oběhové čerpadlo do potrubí, b – oběhové čerpadlo do potrubí

Čerpadla je nutno navrhnout tak, aby hladina hluku v místnosti a v okolí nepřestoupila přípustné hodnoty a aby nedocházelo k vibracím a jejich přenosu do systému a do stavební konstrukce.

## B.7 Řešení NTL kotelen

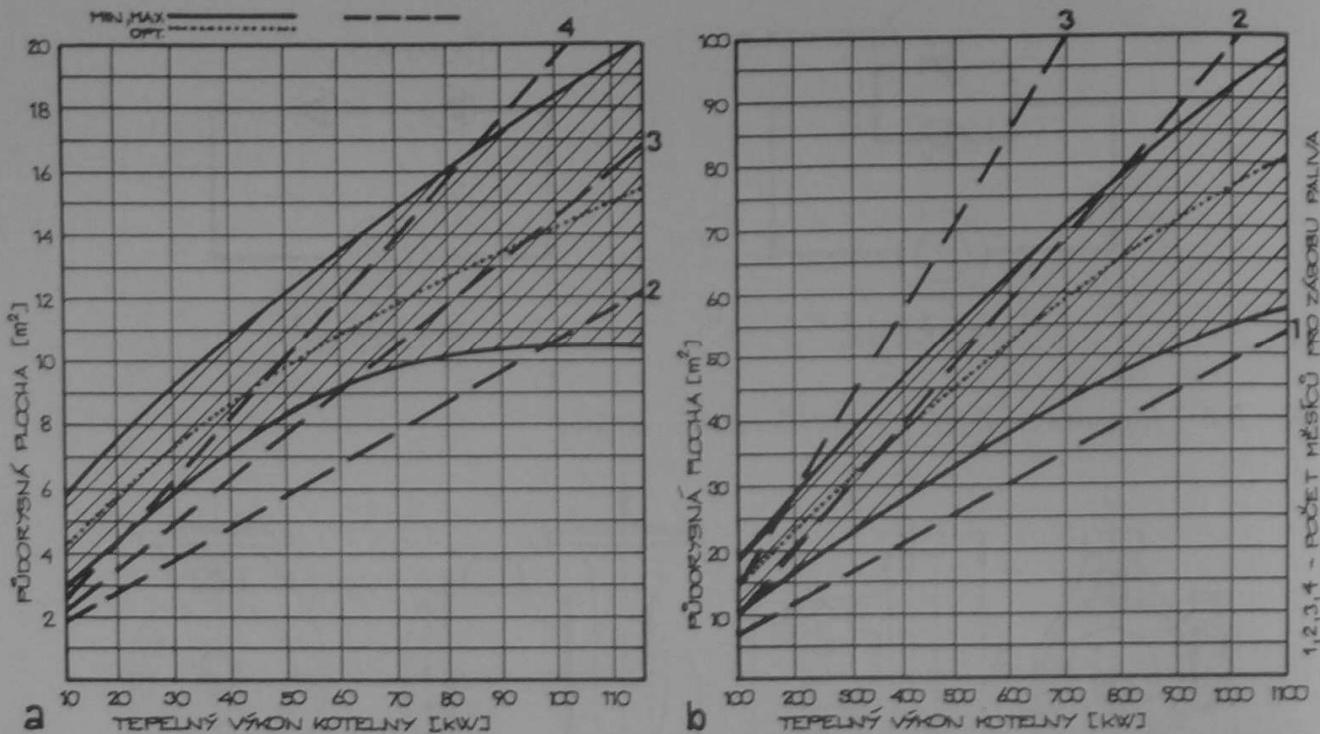
### B.7.1 Kotelny na tuhá paliva

Kotelna spolu s uhelnou mají být umístěny pokud možno ve středu odběratelských zařízení, nejčastěji v nejnižším podlaží budovy.

Zásady pro rozmístění základního vybavení kotelny jsou uvedeny v části B.5, navíc je třeba počítat s dostatečnou plochou pro odvod spalin.

K velikosti kotelny lze dospět buď ze sestavy základního vybavení, při dodržení dispozičních a provozních vztahů, nebo přibližně z diagramů na obr. B.7.1 na základě výkonu kotelny.

Uhelná, ve které je skladováno tuhé palivo, se navrhuje ve vhodném dispozičním napojení na kotelnu. Místnost musí mít nehořlavé konstrukce podlah, stěn a stropů a má mít minimální větrání. Vhodným způsobem má být vyřešena doprava paliva do kotlů (zauhllování). Velikost uhelnny je dána potřebou paliva v závislosti na zásobovacím cyklu a max. výškou paliva s ohledem na samovznícení (hnědé uhlí a brikety 3,5 m, černé uhlí podle zrnitosti 4 – 6 m, koks neomezeně). Přibližnou velikost uhelnny v závislosti na cyklu zásobování lze určit z diagramů na obr. B.7.1.



Obr. B.7.1 Diagramy pro určení velikosti kotelny a uhelny

Palivo musí být skladováno v místnosti oddělené od kotelny s výkonem nad 100 kW, při zauhllování shora je úroveň kotelny snížená proti úrovni uhelny.

Způsob odstraňování popela se musí řešit v závislosti na množství popela a nedopalků a podle vztahu situování kotelny a stanoviště sběrných nádob (popelnic).

Množství popela je závislé na druhu paliva a činí u hnědého uhlí 9 – 11 %, u černého 6,5 – 13 %, u koksu 14 – 16 % a u méně hodnotných druhů až 30 – 35 % z váhového množství paliva. Měrná hmotnost popela se pohybuje v rozmezí 300 – 600 kg.m<sup>3</sup>.

Pro umístění nádob na popel je nutno počítat s místem bud' přímo v kotelně, nebo ve zvláštní místnosti blízko kotelny. Způsob dopravy (horizontálně nebo výtahem) bude odvislý od vztahu výšky úrovně kotelny a terénu. Příklad řešení kotelny staršího typu na tuhá paliva je na obr. B.7.2.

## B.7.2 Kotelny na plynná paliva

Kotelna je samostatná budova, stavební objekt, skříň, zvláštní přístavek či místnost, nebo vyhrazený prostor, ve kterém je umístěn jeden nebo více kotlů s jejich pomocným zařízením.

Plynové zařízení pro kotelny je soubor plynových zařízení začínajících přípojkou a končících plynovým kotlem.

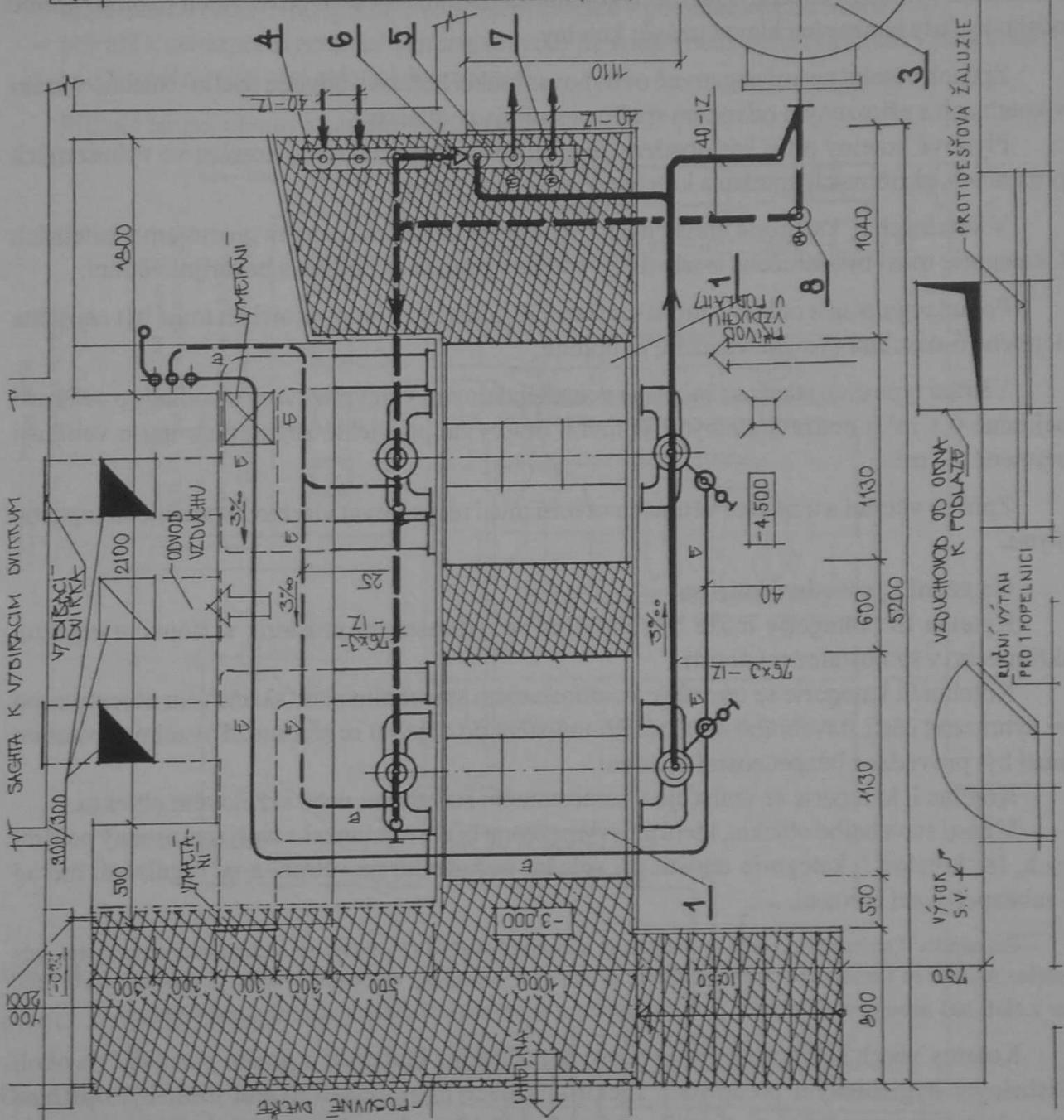
### Plynové zařízení pro otop kotlů

- přívod plynu, který začíná hlavním uzávěrem odběrného plynového zařízení a končí hlavním uzávěrem plynového kotle
- regulační, zabezpečovací, měřící a odběrné měřící zařízení, která slouží k regulaci, k měření přetlaku a teploty plynu a k měření spotřeby plynu
- odvzdušňovací zařízení
- výfukové potrubí pro odvod plynu od pojistných, regulačních a odvzdušňovacích prvků do volného ovzduší.

Plynový kotel je kotel opatřený plynovým nebo kombinovaným (plyn s jiným palivem) zařízením, hořákem s příslušenstvím a zařízením pro odvod spalin.

Havarijní větrání je přirozené nebo nucené (přetlakové, podtlakové) větrání, které zajišťuje v havarijném případě desetinásobnou výměnu vzduchu v kotelně za hodinu.

|     |                                     |    |
|-----|-------------------------------------|----|
| 8   | OBĚHOVÉ ČERPADLO TUV 40 NTC-65      | 1  |
| 7   | OBĚHOVÉ ČERPADLO 40 NTR-48-12       | 2  |
| 6   | SMEŠOVACÍ ARMATURA MIX-AP DN 25     | 1  |
| 5   | SČĒRACÍ ÚT DN 100                   | 1  |
| 4   | ROZDĚLOVAČ ÚT DN 100                | 1  |
| 3   | STOJATÝ ZÁSUVNÍK OHŘÍVÁČ TUV 2500 l | 1  |
| 2   | OTĚVŘENÁ EXPANZNÍ NÁDOBA 125 l      | 1  |
| 1   | LITINOVÝ ČLÁNKOVÝ KOTEL VSB 1 80 l  | 2  |
| POS | NÁZEV                               | KS |



Obr. B.7.2 Kotelna na tuhá paliva – půdorys

- Rozdělení kotelen

Podle ČSN 070703 jsou kotelny s výkonem nad 50 kW rozděleny do 3 kategorií podle jmenovitých tepelných výkonů kotlů:

- a) kotelny III. kategorie – kotelny se jmenovitým tepelným výkonem alespoň jednoho kotla od 50 kW do součtu jmenovitých tepelných výkonů kotlů 0,5 MW
- b) kotelny II. kategorie – kotelny se součtem jmenovitých výkonů kotlů nad 0,5 MW do 3,5 MW,
- c) kotelny I.kategorie – kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů kotlů nad 3,5 MW.

- Větrání kotelen

Větrání kotelny může být přirozené nebo nucené. Musí být dimenzováno tak, aby byl zaručen dostatečný přívod vzduchu na celkový instalovaný výkon hořáků, přičemž musí být zaručena 3-násobná výměna vzduchu v prostoru kotelny za hodinu za všech provozních režimů, kromě odstávky, kdy je uzavřen hlavní uzávěr kotelny.

Způsob větrání nesmí negativně ovlivňovat funkci hořáků a odvodu spalin. Nucené větrání v kotelnách s přirozeným odvodem spalin nesmí být podtlakové.

Plynové kotelny musí být opatřeny dveřmi se zavíracím, kromě kotelen ve vyhrazených prostorech, skříňových kotelen a kotelen regulačních stanic.

V kotelnách II. kategorie umístěných v objektu se shromažďovacím prostorem a kotelnách I. kategorie musí být zaručena 6-násobná výměna vzduchu za hodinu a havarijní větrání.

Pokud regulační a odběrné měřicí zařízení je umístěno přímo v kotelně, musí být zajištěna nejméně 6-násobná výměna vzduchu za hodinu.

Větrání typových stanic se zajišťuje neuzavíratelnými volnými otvory u podlahy o velikosti nejméně  $0,1 \text{ m}^2$  a neuzavíratelnými volnými otvory na protilehlé straně u stropu o velikosti nejméně  $0,2 \text{ m}^2$ .

Způsob větrání a umístění větracích otvorů musí respektovat vlastnosti použitého topného plynu.

- Umístění a provedení kotelen

Kotelna III. kategorie může být umístěna ve vyhrazeném prostoru, skříňovém objektu, skříní nebo v samostatné místnosti.

Kotelna II. kategorie se umísťuje v samostatném stavebním nebo skříňovém objektu nebo ve vyhrazené části stavebního objektu. Při umístění do objektu se shromažďovacím prostorem musí být provedena bezpečnostní opatření.

Kotelna I. kategorie se umísťuje v samostatném stavebním nebo skříňovém objektu.

V části stavebního objektu, která plní vymezenou účelovou funkci a tvoří samostatný požární úsek, lze kotelnu I. kategorie umístit při splnění požadavků na větrání a na regulační, měřicí a zabezpečovací zařízení.

Poznámka: Umístěním kotelny v objektu se shromažďovacím prostorem se rozumí takové umístění, kdy kotelna sousedí se shromažďovacím prostorem nebo půdorys podlahy shromažďovacího prostoru je zoza nebo jen z části nad nebo pod půdorysem podlahy kotelny a to ve všech podlažích nad nebo pod kotelnou.

Kotelny všech kategorií musí vyhovovat z hlediska hlučnosti a jiného působení na okolí příslušným hygienickým předpisům. Elektroinstalace plynového zařízení musí být opatřena bezpečnostním vypínáním. Kotelny provozované na zkapalněné topné plyny (propan, propan-butan) musí mít podlahu alespoň z jedné strany v úrovni okolního terénu nebo nad jeho úrovni.

Z hlediska dopravy paliva ke kotlům není nutné, aby byla úroveň kotelny níže než úroveň sousedních místností.

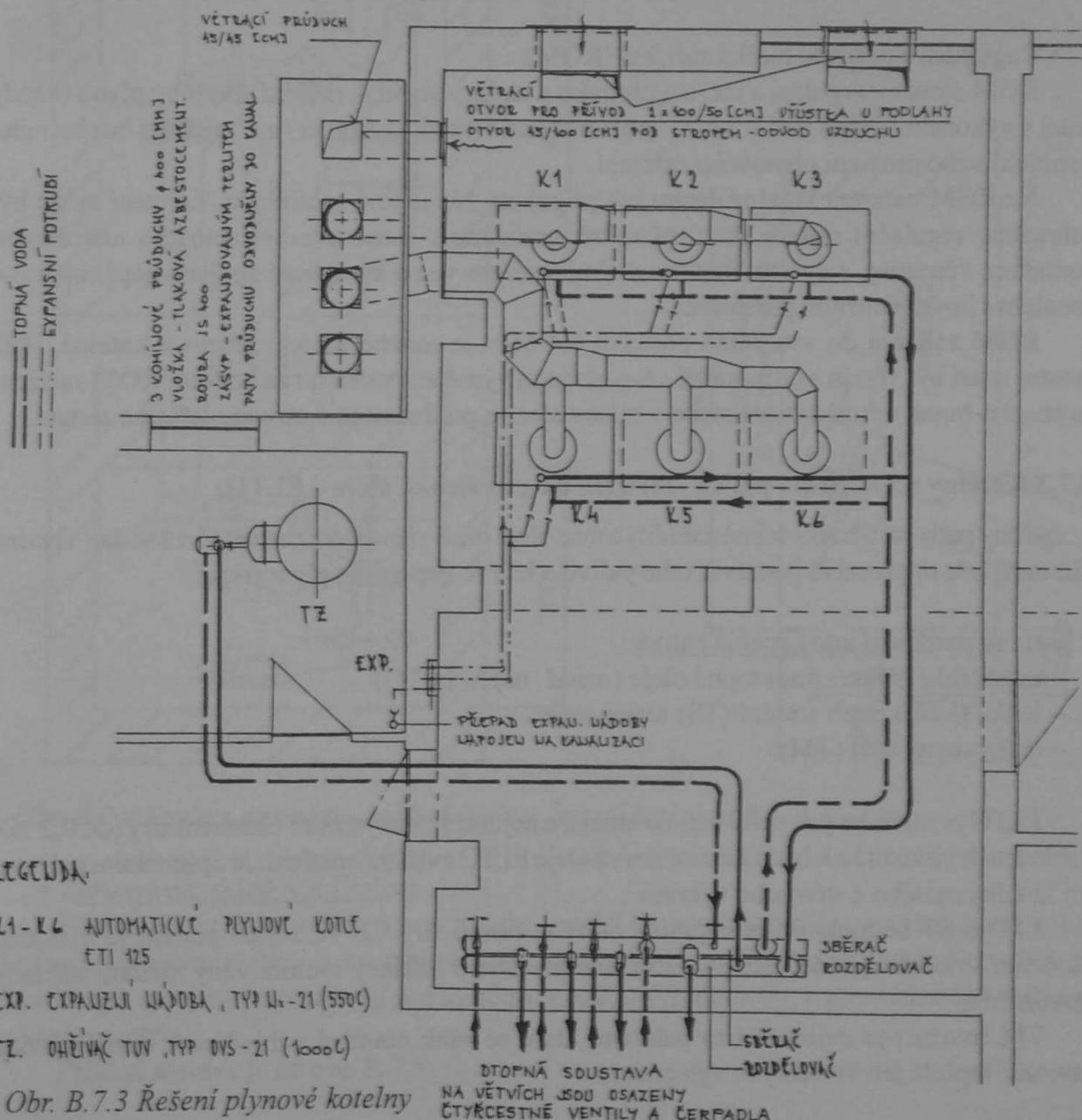
Při rekonstrukci starých objektů, ale i u nových objektů, je výhodné umístit kotelnu na střeše nebo v půdním prostoru, tj. v blízkosti potřeby tepla a také s ohledem na jednoduchý přívod plynu (paliva) ke kotelni.

Toto řešení je však ještě podmíněno užitím pružné otopné soustavy, volbou litinových článkových kotlů nebo speciálních lehkých kotlů ocelových a vybavením kotelny automatickou regulací. TUV je v tomto případě připravována lokálně (plynové průtokové ohříváky); při zdůvodněné centrální přípravě je nutno použít buď lehký protiproudý ohřívák, nebo umístit zásobníkový ohřívák v nejnižším podlaží.

Hlavní výhody umístění kotelny na střeše:

- úspora pořizovacích a provozních nákladů, úspora paliva,
- nižší náklady na odvod spalin, uvolněná dispozice v podlažích bez komína,
- potrubí k zabezpečovacím zařízením a rozvody ke strojovnám vzduchotechniky jsou krátké, je odstraněno ohřívání sklepních místností.

Příklad řešení plynové kotelny je na obr. B.7.3.



- Přípojka a přívod plynu

Místo a způsob připojení na plynovod, umístění hlavního uzávěru a druh a umístění pynoměru určuje plynárenský podnik

Kotelna I. a II. kategorie musí mít samostatnou přípojku, na kterou smí být připojeno další odběrné zařízení.

Kotelna III. kategorie může mít společnou přípojku s odběrnými zařízeními jiných odběratelů v objektu.

Pro kotelny ve vyšších podlažích budov lze vést přívod plynu

- budovou (svařovaný schodišťovým prostorem, instalací šachtou bytových jader nebo samostatnou šachtou) – do provozního přetlaku 5 kPa (nízkotlak),
- vně budovy (po obvodovém pláště, celosvařované, ve vzdálenosti nejméně 0,5 m od ostění oken a jiných otvorů) – do provozního přetlaku 0,4 MPa.

Přívod plynu má být pro všechny kategorie kotelen s provozním přetlakem nejvíše 0,4 MPa; pro kotelny v obytných budovách a pod shromažďovacím prostorem nejvíše 0,1 MPa.

Hlavní uzávěr kotelny musí být umístěn mimo kotelnu; jako hlavní uzávěr kotelny může sloužit též hlavní uzávěr odběrného plynového zařízení, pokud je v blízkosti kotelny.

- Regulační a odběrné měřící zařízení (ROM)

ROM slouží k regulaci a měření přetlaku a teploty plynu, k měření spotřeby plynu (každý kotel s výkonem větším než 3,5 MW musí mít samostatný pynoměr) a k zajištění bezpečného a spolehlivého provozu plynového zařízení.

Na ROM zařízení kotelny nesmí být připojeny žádné jiné spotřebiče. Zařízení může být nahrazeno regulační stanicí nebo může být umístěno v samostatné místnosti s nehořlavou podlahou, větráním, s dveřmi otevřitelnými směrem ven a která není spojena např. šachtou, kanálem s jiným vnitřním prostorem.

ROM zařízení do vstupního přetlaku 0,4 MPa je možno umístit přímo v kotelně, jejíž prostor musí být větrán s minimálně s 6-násobnou výměnou vzduchu za hodinu. ROM zařízení na propan-butan nesmí být umístěno v místnostech s podlahou pod úrovní okolního terénu.

### B.7.3 Kotelny na kapalná paliva (zařízení na extralehké oleje – ELTO)

Ceny paliv na trhu postupně zařadily topné oleje mezi standardní paliva, která se dají vhodně užít tam, kde se přestavá používat tuhé palivo a kde se nepočítá s plynifikací.

V praxi se používají tato kapalná paliva:

- extralehké (nízkosirné) topné oleje (označ. např. ELTO)
- lehké (LTO) popř. střední (TS) topné oleje
- těžký topný olej (TM)

ELTO je z uvedených paliv nejjakostnější a nejdražší, s nejnižším obsahem síry (do 0,2 %). Vzhledem k viskozitě a k bodu tuhnutí nevyžaduje ELTO zvláštní opatření. Je optimálním palivem pro kotelny malého a středního výkonu.

LTO a ST se musí při manipulaci ohřívat, obsah síry 0,8 %. Jejich použití je výhodné u kotelen vyšších výkonů, kde jsou zvýšené investiční náklady eliminovány nižšími náklady provozními.

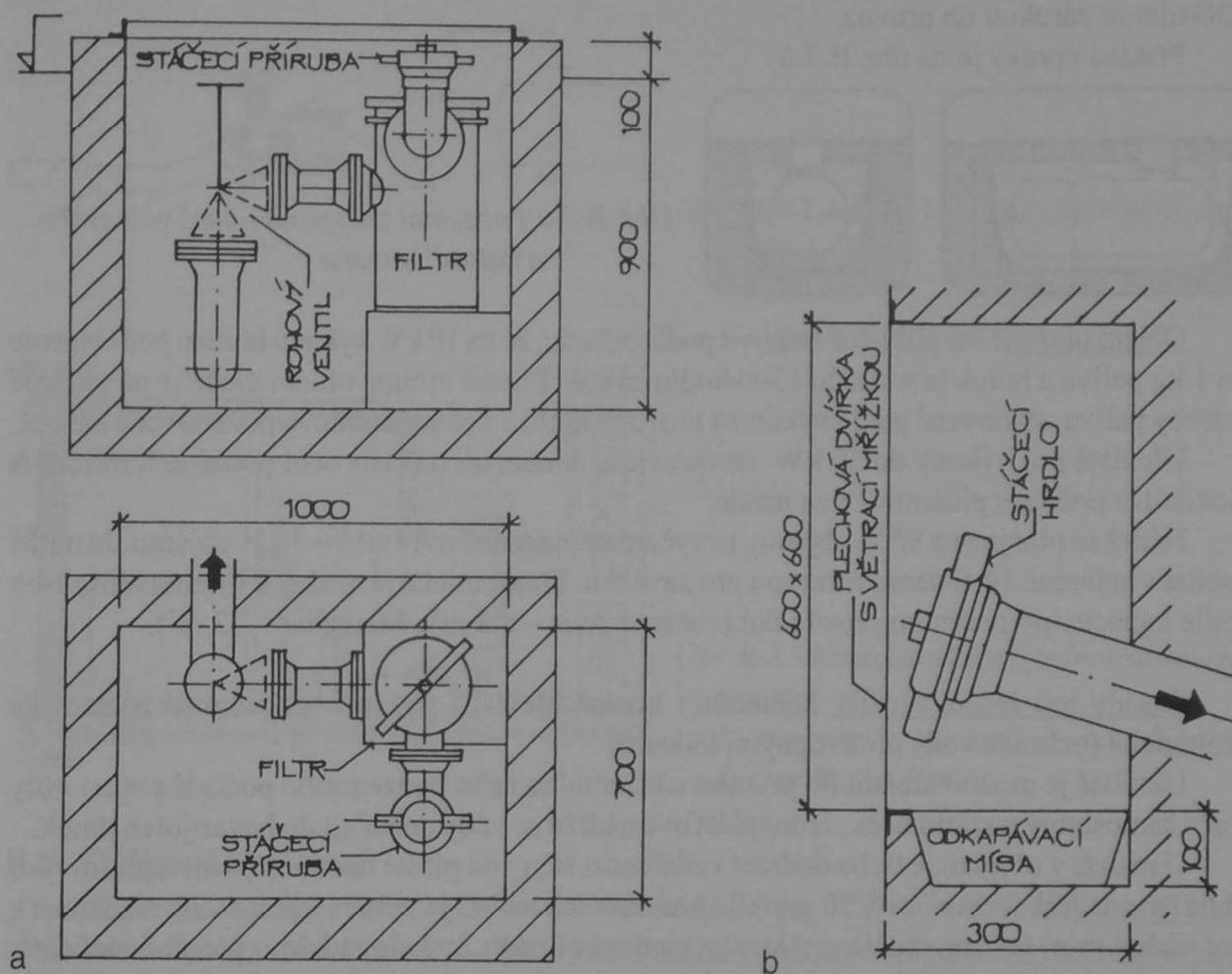
TM (mazut) je nejlevnějším palivem, které se však používá vzhledem k nutné vysoké provozní teplotě jen ve velkých výtopnách.

- Palivové hospodářství sestává z těchto částí:
  - stáčecí zařízení
  - uložiště
  - výdejní zařízení (od uložiště k hořákům)
  - příslušenství olejového hospodářství (čerpadla pro dopravu paliva, filtry, zařízení pro měření průtoku paliva apod.)
  - hořáky

- Stáčecí zařízení

Ve stáčecím zařízení probíhá příjem paliva. K místu stáčení nebo okolo místa stáčení musí být komunikace s nejmenší šírkou 4,5 nebo 6 m. Stáčecí místo může být umístěno buď mimo budovu nebo na vnějším lící obvodové konstrukce (v šachtě, volné hrdlo na zdi, plnicí hrdlo ve skřínce nebo v nice), plnicí potrubí je vedeno k ukládacím nádržím ve sklonu nejméně 1 %.

Úprava stáčecích míst je na obr. B.7.4

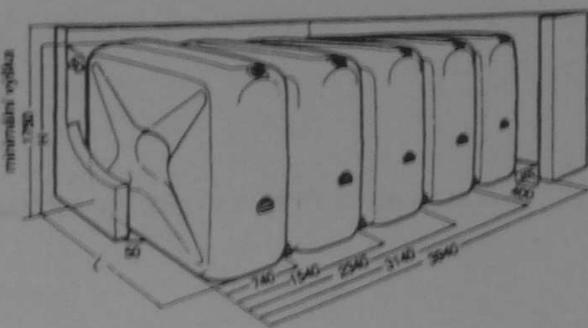


Obr. B.7.4 Stáčecí místo: a – stáčecí šachta, b – stáčecí skřínka

- Zařízení pro skladování paliva

Hlavní částí tohoto zařízení jsou nádrže, jejichž konstrukce prošla vývojem, který vyústil ke stavebnicovému řešení, k využívání plastů a k výrobě dvouplášťových nádrží. Stavebnicové (bateriové) systémy se používají pro systémy v rodinných domech, v menších objektech a při rekonstrukcích.

Příklad sestavy je na obr. B.7.5

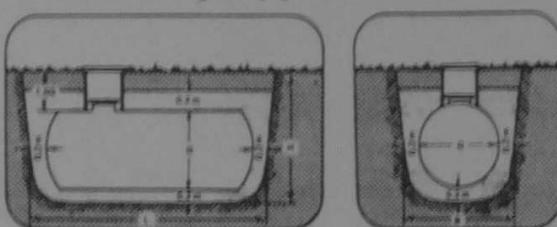


Obr. B.7.5 Bateriová sestava nádrží  
– uložiště na 5000 l

Umístění nádrže v budově v těsné blízkosti kotelny je nejvýhodnější – nejlevnější a provozně spolehlivé. Méně příznivé je umístění nadzemních nádrží v samostatném přístavku, kde jsou problémy s dodržením teploty pro skladování (nejméně 0°C) a event. s potrubím mezi úložištěm a hořáky.

Uložení paliva v podzemní zasypané nádrži je investičně nejnáročnější. Používají se nádrže dvouplášťové, ocelové nebo sklolaminátové, o objemu od několika m<sup>3</sup> až po desítky m<sup>3</sup> až s 30-letou zárukou na provoz.

Příklad úpravy je na obr. B.7.6.



Obr. B.7.6 Podzemní zasypaná nádrž válcového  
a kulového tvaru

Objem uložiště lze přibližně stanovit podle odhadu, že na 10 kW výkonu hořáku potřebujeme asi 1 kg paliva a hořák je v chodu 1500 hodin za rok. Přesně určíme objem uložiště na základě potřeby paliva, stanovené podle výkonu a provozu kotlů a s přihlédnutím k požadované zásobě.

Uložiště pro výkony do 50 kW se zpravidla dimenzují na celoroční potřebu, u ostatních uložišť lze počítat s plněním 1× za měsíc.

Nádrž se plní jen na 95 % objemu, nevyčerpatelné množství činí 5 – 10 % objemu. Je nutné počítat s nejméně 14-ti denní rezervou pro zavážku. Ekonomická je možnost doplňování zásob podle kapacity přepravního prostředku (cisterna Avie – 2,8 m<sup>3</sup>, Mercedes – 13 m<sup>3</sup>).

Zásady pro řešení uložišť zohledňují hlavně hlediska požární bezpečnosti a hlediska ekologická (ochrana vody před ropnými látkami).

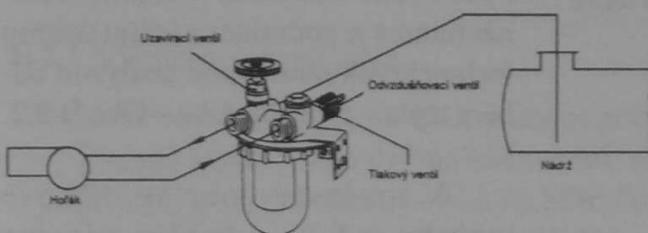
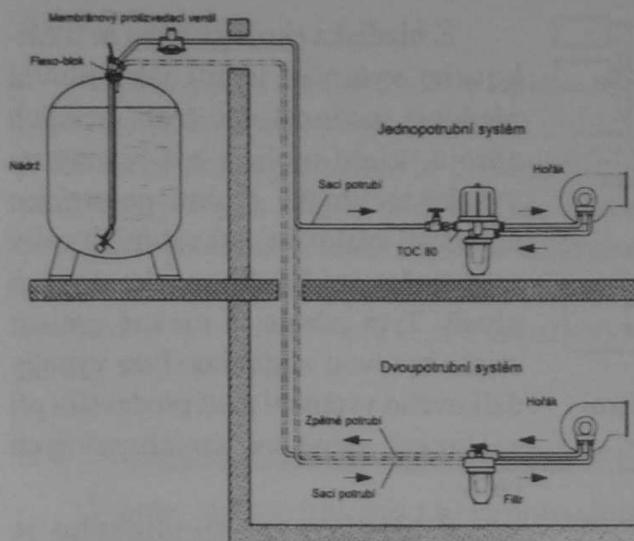
Uložiště je možno umístit do prvního nadzemního nebo podzemního podlaží a musí vždy tvořit samostatný požární úsek. Jednoplášťové nádrže se vždy umisťují do havarijních jímek.

U nádrží v objektu je třeba dodržet vzdálenost stěny od pláště nádrže (0,6 m; u plastových nádrží a u nádrží do 5 m<sup>3</sup> stačí 50 mm). U podzemních nádrží je nutné respektovat vzdálenost k jiné nádrži min. 0,8 m; vzdálenost ke stavebnímu objektu, k vodovodnímu potrubí, stokám a kolektoru min. 1,0 m; vzdálenost k hranici pozemku min. 2 – 3 m; vzdálenost ke kabelu vn nebo vvn a k potrubí hořlavých plynů min. 3,0 m.

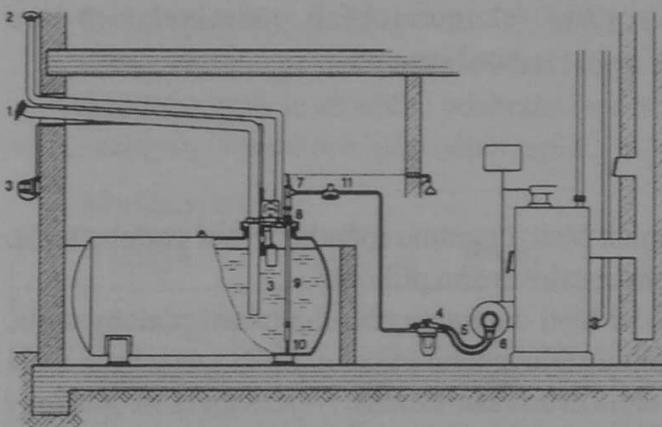
Havarijní jímkы musí být z nehořlavých, nepropustných a chemicky odolných hmot.

Havarijní jímku uzavřeného skladu může tvořit nepropustná podlaha místnosti, nepropustný sokl stěn a zvýšený práh vstupního otvoru. Jímká nesmí být přímo napojena na kanalizaci.

- Přívod paliva z uložiště ke kotli se navrhuje většinou z měděného potrubí, u větších DN z ocelového potrubí. Přívodní systémy jsou buď jedno nebo dvoutrubkové. Při vybavení systému odvzdušňovačem a pojistikou je nejvíce spolehlivý a bezpečný systém jednotrubkový. Řešení je na obr. B.7.7.



Obr. B.7.7 Jednotrubkový systém přívodu paliva ke kotli



Obr. B.7.8 Kompletní řešení jednotrubkového systému  
1 – plnicí hrdlo (stáčení), 2 – odvzdušnění,  
3 – hořák, 4 – filtr.

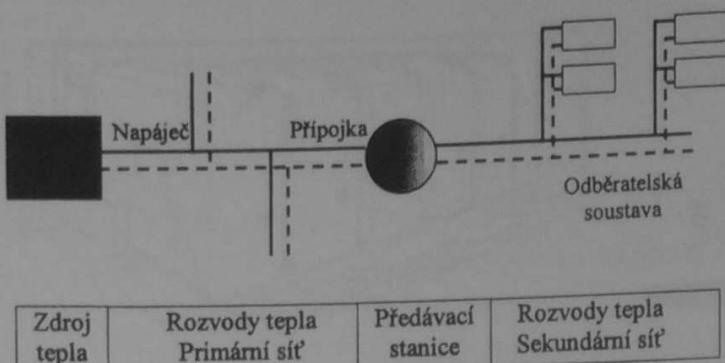
## B.8 Dálkové vytápění

Soustavy centralizovaného zásobování teplem (dále jen SCZT) jsou tvořeny zdroji tepla, základními a špičkovými, tepelnými sítěmi, předávacími stanicemi a odběratelskými soustavami, včetně otopených těles – obr. B.8.1

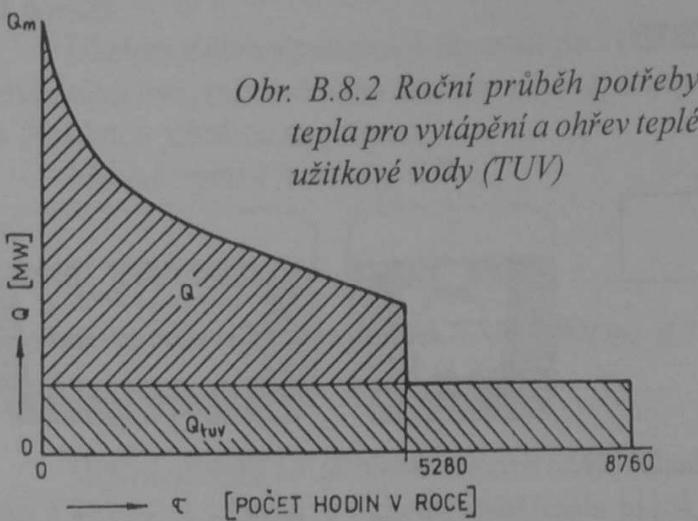
Pro dálkové vytápění se užívá také zjednodušující definice: „dálkovým vytápěním rozumíme vytápění budovy ze zdrojů tepla umístěných mimo vytápěný objekt“.

Soustavy zásobování teplem se dělí:

- na uzavřené, v nichž obíhá téměř stálé množství teplonosné látky (nepřiblíží-li se ke ztrátám netěsnostmi a změnám při regulaci), které předává teplo k nepřímému využití,
- na otevřené, v nichž se počítá s odběrem teplonosné látky z potrubí tepelné sítě odběrateli k přímému využití.



Obr. B.8.1 Základní schéma soustavy centralizovaného zásobování teplem



Obr. B.8.2 Roční průběh potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV)

Z hlediska ekologického se u dálkového vytápění uvádí jako hlavní přednost možnost vytváření velkých zdrojů, které mohou být řešeny na vysoké technické úrovni po stránce účinnosti spalování nekvalitních paliv a odstraňování škodlivin z kouřových plynů. Tyto zdroje je možné umístit mimo bytovou zástavbu. Tyto výhody dálkového vytápění platí především při spalování méně kvalitních pevných paliv.

Z hlediska ekonomického je dálkové vytápění vždy investičně i provozně nákladný projekt. Jeho návratnost je podmíněna velmi dobrou technicko-ekonomickou analýzou odberu tepla v průběhu roku – Obr. B.8.2.

V současné době se dálkové vytápění řadí k nejdražším zdrojům tepla z hlediska koncového odběratele zvláště tam, kde bylo zřízeno ze jiných ekonomických podmínek než jsou současné.

## B.8.1 Zdroje tepla pro dálkové vytápění

Zdroje tepla rozdělujeme na:

- základní – dodávají teplo ke krytí základních částí diagramu ročního trvání potřeby tepla. Pracují s poměrně velkým ročním využitím instalovaného příkonu;
- špičkové – dodávají teplo ke krytí špičkové části diagramu ročního trvání potřeby tepla. Pracují s poměrně malým ročním využitím instalovaného výkonu. Špičkové zdroje tepla mohou být umístěny u základního zdroje tepla nebo i samostatně. Nejčastěji se za špičkový zdroj používá kotelní zařízení a pro krytí krátkodobých špiček lze použít i zásobníky tepla.

### B.8.1.1 Okrskové kotelny

Okrsková kotelna je zdrojem tepla pro více budov, umístěna v samostatném budově a nebo přímo v jedné ze zásobovaných budov. Okrsková kotelna dodává teplo přímo do vytápěcích systémů budov bez předávacích stanic. Jejich funkcí je pouze výroba tepla. Spaluje pevná, kapalná nebo plynná paliva. Teplonosným médiem je voda nebo pára. Okrsková kotelna je zdroj zpravidla o výkonu v rozsahu 3 až 10 MW.

### B.8.1.2 Výtopny

Výtopny jsou základní zdroje tepla. Výtopny vyrábějí pouze teplo, tvoří vždy samostatný objekt. Teplo dodávají pro celý obytný soubor nebo průmyslový závod, a to prostřednictvím tepelných sítí, přes předávací stanice do vytápěných systémů budov, popřípadě do technologických spotřebičů. Výtopna může spalovat pevná paliva, kapalná paliva nebo plyn. Výtopna má zpravidla výkon 10 až 30 MW.

### B.8.1.3 Teplárny

Teplárny jsou základní zdroje tepla, v nichž se vyrábí ve společném oběhu teplo a elektřina nebo jiný druh energie (např. tlakových vzduchů). Primární funkcí je výroba tepla, výroba elektřiny je řešena použitím parních nebo plynových turbín nebo spalovacích motorů. Teplárny tvoří vždy samostatný objekt. Teplo dodávají pro celý obytný soubor, obytnou nebo půdorysnou zónu, popřípadě pro celé město. Teplo je dodáváno prostřednictvím tepelných sítí, přes předávací stanice do vytápěcích systémů budov, popřípadě technologických spotřebičů. V teplárenské soustavě s více zdroji tepla se tyto mezi sebou propojují. Celkový výkon teplárny se pohybuje od cca 35 MW výše.

### B.8.1.4 Tepelné elektrárny, spalovny, průmyslová technologie

Výroba tepla je u těchto zdrojů průvodním jevem jejich primární funkce (výroba elektřiny, spalování odpadů, průmyslová výroba) a jeho využitím pro zásobování SCZT se zvyšuje účinnost primárního procesu.

### B.8.1.5 Velikost zdrojů tepla

Velikost zdroje tepla je dána zejména potřebou tepla.

Potřeba tepla je dána dvěma hodnotami: teplym příkonem a odběrem tepla.

Tepelný příkon (výkon) – W, kW, MW, Gcal/h, t/h (tun páry/h).

tepelny výkon zdroje tepla pro vytápění, větrání, technologii a teplou užitkovou vodu se v podstatě rovná součtu jednotlivých položek požadovaných výkonů při respektování „současnosti“ odběru.

Odběr množství tepla Q – GJ, TJ, MWh, Gcal, tmp, t (tun páry).

Odběr tepla je požadované množství tepla za určité delší časové období (den, měsíc, rok).

Spotřeba tepla je skutečné odebrané (spotřebované) teplo za určité časové období. Udává se ve stejných jednotkách jako odběr tepla.

#### a) Množství tepla

| Název               | Značka | MWh    | Gcal      | GJ    | TJ     | tmp    |
|---------------------|--------|--------|-----------|-------|--------|--------|
| Megawatthodina      | MWh    | 1      | 1,163     | 0,276 | 278    | 8,141  |
| Gigacalorie         | Gcal   | 0,86   | 1         | 0,239 | 239    | 7      |
| Gigajoule           | Gj     | 3,6    | 4,1868    | 1     | 1000   | 29,3   |
| Terajoule           | TJ     | 0,0036 | 0,0041868 | 0,001 | 1      | 0,0293 |
| Tuna měrného paliva | tmp    | 0,1228 | 0,143     | 1,034 | 34,121 | 1      |

#### b) Tepelný výkon

| Název                 | Značka    | MW    | Gcal/hod. |
|-----------------------|-----------|-------|-----------|
| Megawatt              | MW        | 1     | 0,86      |
| Gigacalorie za hodinu | Gcal/hod. | 1,163 | 1         |

Tab. B.8.1 Orientační tabulka pro přepočet jednotek:

tmp – tuna měrného paliva,

1 t.h<sup>-1</sup> – tuna páry za hodinu,

1 t.h<sup>-1</sup> = 0,6 až 0,65 MW

1 MW = 1,5 až 1,6 t.h<sup>-1</sup>

### B.8.1.6 Výchozí podklady při rozhodování o koncepci zásobování teplem

Hlavními úkoly při návrhu koncepce zásobování určitého území teplem jsou:

- navrhnut variantu s nejnižšími celkovými náklady (t.j. pořizovacími a provozními),
- zvolut takové technické provedení, aby zařízení mělo perspektivní životnost,
- vzít v úvahu ekologická hlediska.

Návrh řešení zásobování teplem se pak stává součástí územního plánu.

Platí zásada, že čím je větší hustota obyvatel, plošná hustota zastavění, prostorová hustota celkového zastavění a zejména tzv. tepelná hustota daného území, tím jsou dány předpoklady pro výhodnější a hospodárnější provoz SCZT. Také měrné náklady na budovanou tepelnou síť se potom snižují.

$$\text{Tepelná hustota } H = \frac{\dot{Q}}{P} \quad [\text{MW} \cdot \text{km}^{-2}]$$

kde  $\dot{Q}$  tepelný příkon daného území (oblasti) [MW]

P plocha území, přičemž se velké, trvale nezastavěné plochy jako parky, hřiště, stadiony, řeky a jezera do plochy nepočítají [km<sup>2</sup>]

Pro centralizované zásobování teplem jsou vhodné oblasti, kde převládají řadové domy nejméně se třemi a více podlažími. Hranicí pro centralizované zásobování teplem je tepelná hustota cca 55 MW·km<sup>-2</sup>, což odpovídá asi 5 000 až 6 000 bytů a nejmenší hustotě osídlení 15 000 až 20 000 obyvatel km<sup>-2</sup>.

Nejdůležitějším ukazatelem je tepelná hustota – tab. B.8.II

| Typ zástavby | Průměrný počet podlaží | plocha v 1000 m <sup>2</sup> na 1 km <sup>2</sup> rozlohy |           | tepelná hustota [MW·km <sup>-2</sup> ] |
|--------------|------------------------|---|-----------|--|
|              |                        | zastavěná   | vytápěná  |  |
| 1            | 5 a více               | 400,0   | 2000,0    | 120 – 230                              |
| 2            | do 5                   | do 300,0  | do 1500,0 | 90 – 130                               |
| 3            | do 3                   | do 250,0  | do 750,0  | 55 – 70                                |
| 4            | do 2                   | do 125,0  | do 350,0  | do 38                                  |

Tab. B.8.II Tepelná hustota v různých typech městské zástavby

Typ zástavby: 1 – hustá městská zástavba (střed města)

2 – městská zástavba mimo centrum

3 – řídká zástavba vícepodlažních domů

4 – zástavba rodinných domků a vil.

Rozhodující vliv pro volbu systému zásobování teplem hraje palivová základna. Zatímco při plynofikaci budeme prosazovat maximální decentralizaci spalování plynu až do jednotlivých objektů a jednotlivých bytů (etážové vytápění), půjde-li o výrobu tepla z málo kvalitního hnědého uhlí, budeme prosazovat tendence centralistické.

Spalování nekvalitního uhlí je lépe a s větší účinností provozováno v teplárnách, umístovaných mimo města a nebo na jejich okraje. Teplárny je možno snadněji vybavovat účinnějšími zařízeními pro zachycování emisí.

## B.8.2 Tepelné sítě

Tepelné sítě jsou řešeny jako vnější tepelné sítě a dělí se podle teplonosného média na sítě parní a vodní. Podle počtu potrubí na sítě jednotrubkové, dvoutrubkové, třítrubkové a čtyřtrubkové. Podle půdorysného schématu tepelných sítí na sítě větvené, na sítě okružní (zokruhované) a mřížové. Podle umístění se dělí na nadzemní a podzemní.

### B.8.2.1 Volba teplonosné látky

Jako teplonosné látky se využívá vody nebo páry.

Vodní sítě pracují s teplotami přívodní vody 130 až 180 °C, teploty zpětné vody jsou při výpočtových podmínkách 60 až 80 °C. Voda se ve vnějších sítích pohybuje rychlostí 1 až 2 m.s<sup>-1</sup>.

Statický tlak ve vnějších tepelných sítích je dán konfigurací terénu a nepřesáhne většinou 2 MPa. Pohyb vody v tepelné síti je vždy nucený, pomocí oběhových čerpadel. Průměr potrubí přívodního i zpětného je obvykle shodný.

Parní síť – rozvádí vodní páru sytou nebo mírně přehřátou o min. přetlaku 0,05 MPa, zpravidla však přetlak dosahuje 0,2 až 1,5 MPa. Pára se v síti dopravuje vlastním tlakem, lze ji mimo vytápění a ohřevu TUV použít i k výrobním účelům a pohonu. Obvyklé rychlosti proudění páry v síti jsou 25 až 60 ms<sup>-1</sup>. Statické tlaky v parní síti zpravidla nepřevyšují 2 MPa, jsou závislé na členitosti terénu. Hlavní větve sítě mají zpravidla větší průměr parního potrubí než je průměr potrubí sítě vodní při stejném dodávce tepla. Průměr potrubí vratného kondenzátu bývá obvykle 1/2 až 1/3 průměru parního potrubí.

Teplota vraceného kondenzátu bývá zpravidla 60 až 80 °C. Kondenzát se do zdroje tepla dopravuje čerpadlem.

Základní výhody a nevýhody vodní tepelné sítě ve srovnání s parní sítí:

Výhody: – větší měrná teplárenská výroba elektrické energie,  
– zachování kondenzátu v teplárně,  
– možnost centrální regulace změnou teplotních nebo hydraulických stavů,  
– vyšší účinnost,  
– vyšší akumulační schopnost vodní soustavy,  
– možnost rozvodu do větších vzdáleností.

Nevýhody: – větší sklon k poruchám (parní síť může při menších poškozeních zůstat v provozu),  
– velká hmotnost teplonosné látky (nebezpečí překročení povolených tlaků ve spodních bodech soustavy),  
– nemůže kryt technologické potřeby jako pára.

### B.8.2.2 Počet trubek v tepelné síti

Podle počtu trubek vyskytují se primární sítě jednotrubkové, dvoutrubkové, třítrubkové a čtyřtrubkové.

Jednotrubková síť se používá velmi zřídka, a to pouze tam, kde se teplonosné médium nevraci zpět do zdroje. Nejčastěji u parních sítí bez vracení kondenzátu, kdy se využívá páry v technologických procesech. Tyto sítě mají nejnižší investiční náklady – obr. B.8.3.

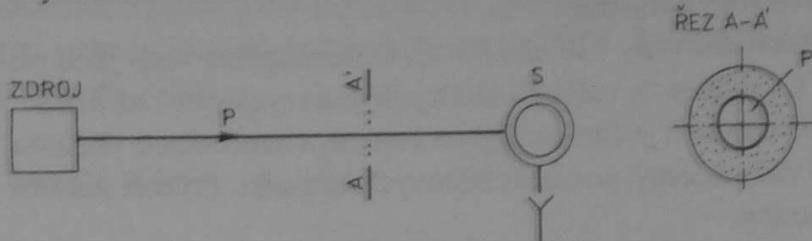
Dvoutrubkové sítě jsou nejrozšířenější. Mají přívodní i vratné potrubí. Je-li teplonosnou látkou voda (Obr. B.8.4a) mají obě stejný průměr a obě potrubí jsou tepelně izolována. Je-li teplonosnou látkou pára (Obr. B.8.4b) izoluje se parní potrubí. Vratné kondenzátní potrubí se obvykle neizoluje, nebo jenom v úsecích, kde je nebezpečí jeho zamrznutí. Kondenzátní potrubí má vždy menší průměr než potrubí parní. Dvoutrubkové sítě jsou obvykle nákladnější než sítě jednotrubkové. Umožňují však stálý oběh teplonosné látky mezi zdrojem a spotřebiteli a jsou poměrně jednoduché.

Třítrubkové sítě (obr. B.8.5) se uplatňují pouze v případech kdy se:

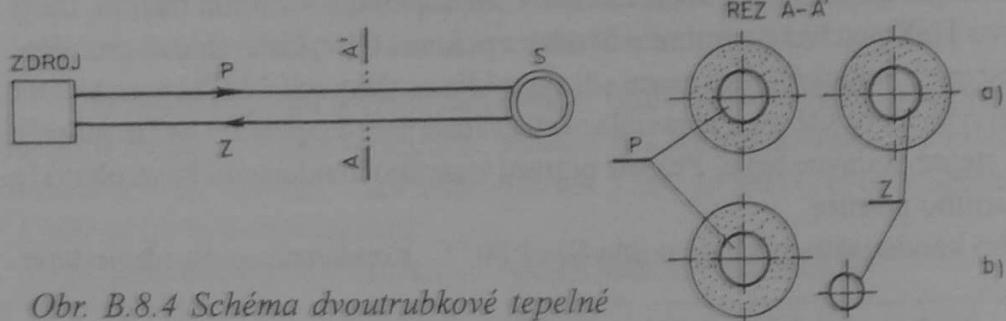
- a) teplo dodává spotřebičům ve dvou teplotních nebo tlakových úrovních,
- b) odběr tepla v průběhu roku značně kolísá (například v zimě teplo pro vytápění a ohřev TUV, v létě pouze ohřev TUV – viz obr. B.8.2).

Vratné potrubí je v obou případech společné. Třítrubková síť je ekonomicky náročnější.

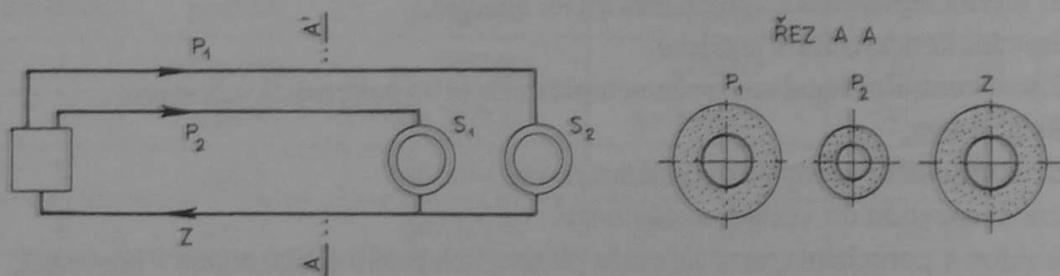
Čtyřtrubkové sítě se používají zcela výjimečně, zejména z důvodů vyšších investičních nákladů. Od třítrubkové sítě se liší pouze tím, že vratné potrubí je pro každý přívod samostatné. Čtyřtrubkovou síť tak tvoří dvě samostatné dvoutrubkové sítě.



Obr. B.8.3 Schéma jednotrubkové tepelné sítě



Obr. B.8.4 Schéma dvoutrubkové tepelné sítě: a – vodní, b – parní (+ kondenzát)



Obr. B.8.5 Schéma třítrubkové tepelné sítě

### B.8.2.3 Půdorysné uspořádání sítí

Podle půdorysného uspořádání sítě v území rozlišujeme tepelné sítě radiální (větvené) okružní a mřížové (obr. B.8.6 až B.8.8)

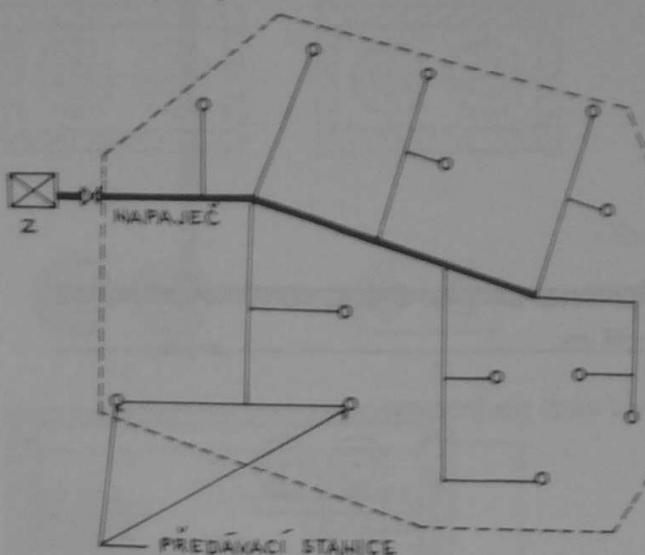
Radiální (větvená síť) se také často v literatuře označuje jako paprskovitá.

Radiální tepelná síť rozvádí teplonosnou látku jedním nebo několika napáječi. Jednotlivé napáječe vedou ze zdroje tepla zpravidla nepřihodnějším a nejkratším směrem k jednotlivým skupinám odběratelů tepla. Z napáječů odbočují jednotlivé větve rozvodné tepelné sítě a z větví odbočují přípojky do odběratelských předávacích stanic. Vzniká tak rozvětvená (větvená) tepelná síť. Radiální tepelné sítě se uplatňují zpravidla v tepelných sítích vodních pro svou větší hydraulickou stabilitu. Navrhují se i při více zdrojích tepla. Každý zdroj vytváří samostatnou soustavu.

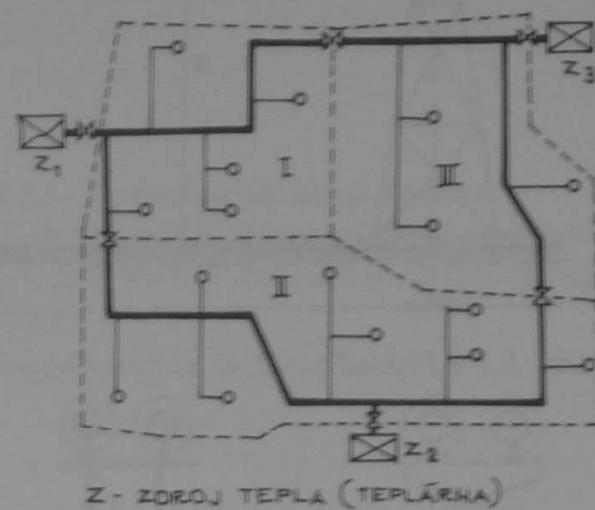
Okružní síť je vedena územím zásobovaným teplem tak, že tvoří okruh (obr. B.8.7). Jednotlivé předávací stanice mohou být napájeny ze dvou nebo více směrů. Okruh se pomocí uzávěrů rozdělí na jednotlivé úseky. Výhoda bezpečnějšího provozu těchto sítí je vyvážena

většími pořizovacími a provozními náklady. Okruhové sítě se uplatňují především u sítí parních. Síť dává větší provozní jistotu pro odběratele. Umožnuje snadné připojení paralelního dodatkového nebo špičkového zdroje.

Mřížová síť se skládá z několika vzájemně spojených okruhů umístěných vedle sebe. Zpravidla bývá zapojena na několik zdrojů. V teplárenství se prakticky nevyužívá zejména z důvodu vysokých investičních nákladů.



Obr. B.8.6 Radiální větvená tepelná síť s jedním napáječem: Z - zdroj tepla

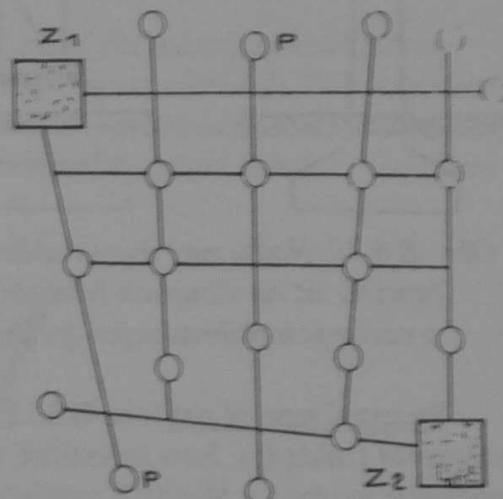


Obr. B.8.7 Okružní tepelná síť napájená ze tří zdrojů: Z<sub>1</sub> až Z<sub>3</sub> - zdroje tepla

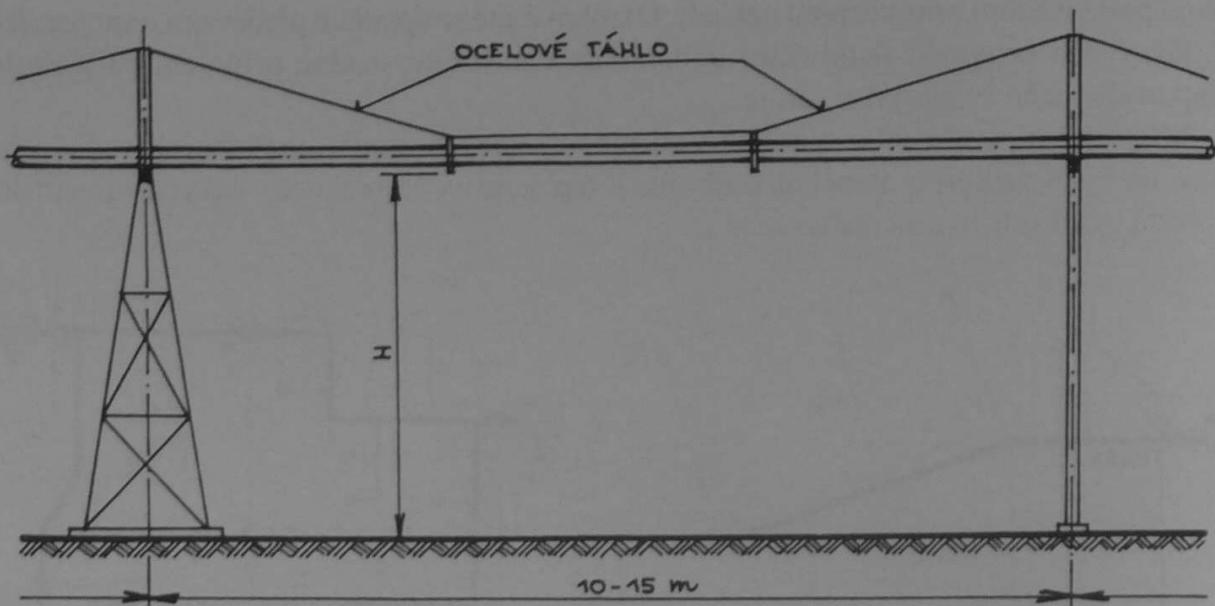
#### B.8.2.4 Uložení a vedení tepelných sítí

Podle způsobu uložení jsou sítě nadzemní, pozemní a uložené v zemi (sítě podzemní).

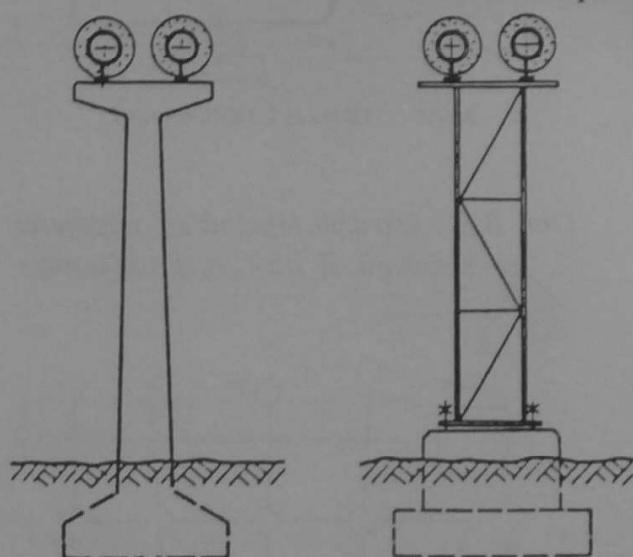
Nadzemní tepelné sítě jsou vedeny na vysokých sloupech a dalších konstrukcích. Vhodné bývá využití existujících staveb jako nosných konstrukcí pro potrubí (silniční a železniční mosty, dálniční tělesa atp.). Nadzemní vedení je ekonomické, výhodné pro provádění revizí a oprav. Může však přinášet estetické problémy v území (obr. B.8.9 až obr. B.8.11). Nadzemní tepelné sítě se s výhodou uplatňují ve výrobních podnicích a průmyslových areálech.



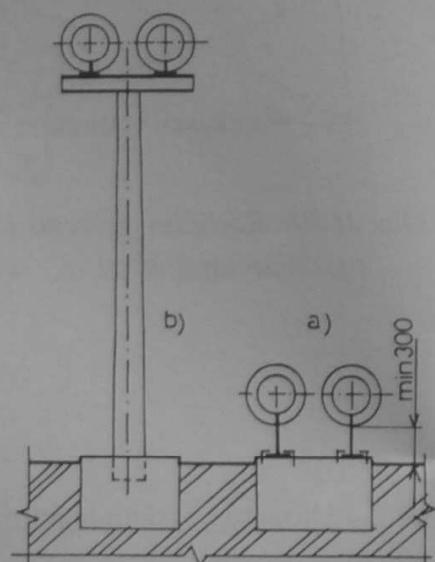
Obr. B.8.8 Mřížová tepelná síť:  
Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> - zdroje tepla,  
P - předávací stanice



Obr. B.8.9 Příklad zavěšení nadzemního potrubí mezi podporami

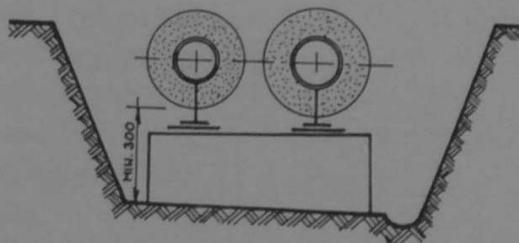


Obr. B.8.10 Nadzemní dvoutrubková vodní tepelná síť na sloupech železobetonových a ocelových příhradových (příčný řez)

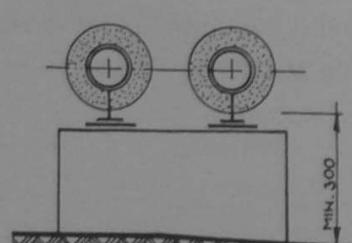


Obr. B.8.11 Tepelná síť horkovodní:  
a) vedení pozemní; b) vedení nadzemní – na sloupech

Pozemní tepelné sítě (obr. B.8.12, obr. B.8.13) mohou být uloženy na betonové nebo zděné podstavce (základy). Jsou investičně nejméně náročné. Osazení potrubí na zemi se prakticky nejčastěji využívá u hlavních napáječů v krajině. Podstatně méně se tohoto způsobu využívá v zastavěném území.



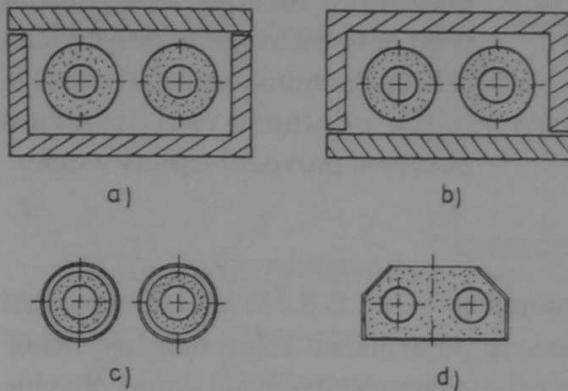
Obr. B.8.12 Pozemní dvoutrubková tepelná síť v zářezu (příčný řez)



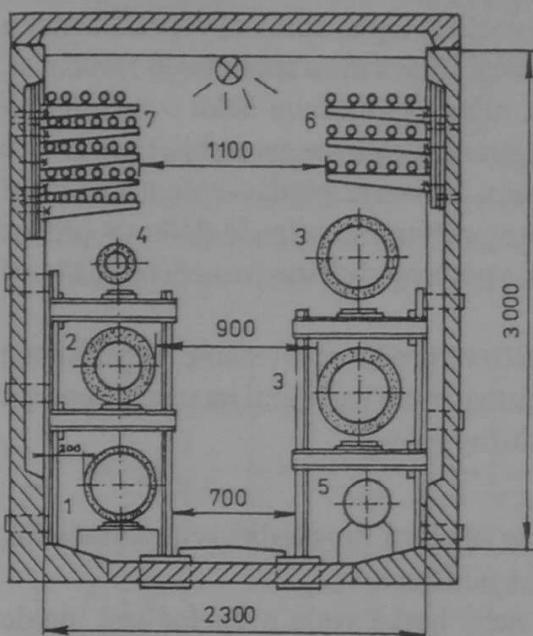
Obr. B.8.13 Nadzemní dvoutrubková tepelná síť (příčný řez)

Podzemní tepelná síť – potrubí ukládané do země mohou mít provedení kanálové (potrubí uloženo v teplovodních kanálech neprůlezných, průlezných nebo kolektorech) nebo bezkanálové (potrubí je uloženo v ochranné trubce v tepelně izolační zálivce, v hydrofobním zásypu nebo ve tvárnících).

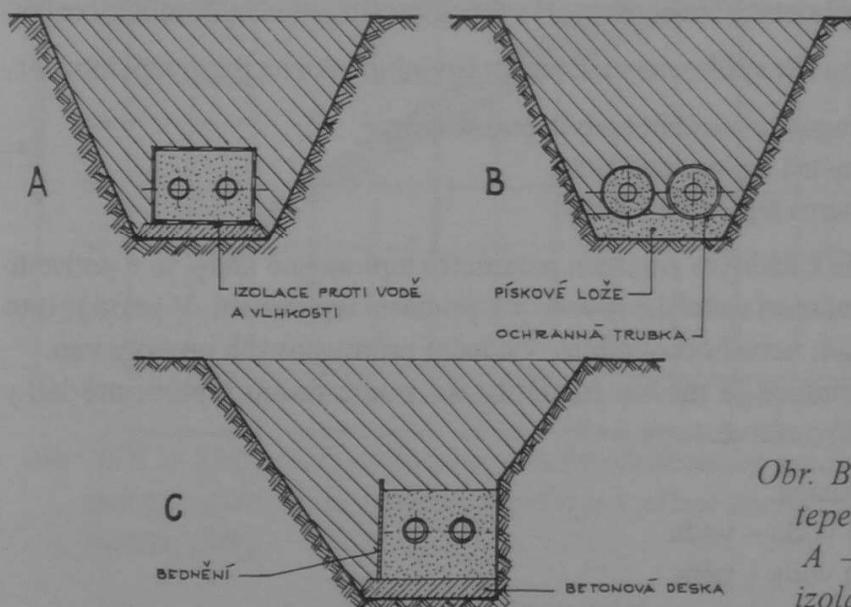
Jednotlivé způsoby ukládání potrubí jsou dokumentovány na obr. B.8.14 až B.8.17.



Obr. B.8.14 Tepelná síť ukládaná do země  
 a) žlabový kanál, b) příklopový kanál, c) potrubí v ochranné trubce (bezkanálové), d) litá tepelná izolace



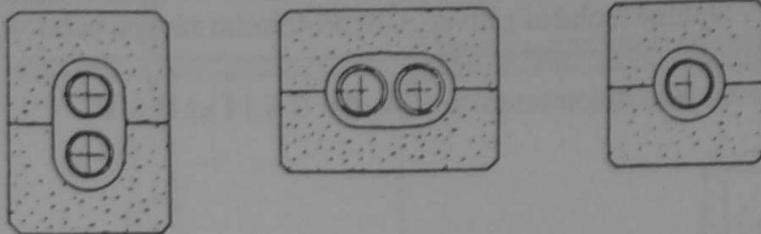
Obr. B.8.15 Typický řez městským kolektorem  
 1 – horkovodní potrubí (přívod), 2 – horkovodní potrubí zpětné, 3 – parovody, 4 – kondenzátní potrubí, 5 – vodovod, 6 – silové kabely, 7 – telefonní kabely



Obr. B.8.16 Bezkanálové konstrukce tepelných sítí  
 A – potrubí zalito do tepelně izolační hmoty, B – potrubí uloženo v ochranné trubce, C – potrubí je zasypáno hydrofobní sypkou hmotou

### Materiály potrubí

pro tepelné sítě se nejčastěji používají trubky ocelové svařované, které jsou u moderních technologií bezkanálového uložení nahrazovány plastovými rozvody z polybutenu (PB) nebo síťovaného polyetylenu (PEX). Podmínkou použití plastů je jejich odolnost vůči trvalému působení provozní teploty a tlaku.



Obr. B.8.17 Průřez tepelné sítě s potrubím ve tvárnících z tepelně izolační hmoty

### B.8.3 Předávací stanice

Předávací stanice je napojena přípojkou na tepelnou síť (Obr. B.8.18) a tvoří spojovací článek mezi tepelnou sítí a vytápěcím systémem v budově. Je to článek velmi důležitý, neboť právě zde se může nejlépe působit na správné hospodaření s teplem. V předávací stanici obvykle dochází ke změně teploty, tlaku a někdy také skupenství nositele tepla. Správná volba schématu předávací stanice a správné dimenzování všech jejich prvků a zřízení musí spotřebiteli zaručovat, že dostane za všech okolností potřebné množství tepla, nebo teplonosnou látku o potřebných parametrech. Teplárna nebo výtopna musí mít na druhé straně jistotu, že spotřebitel neodebere větší množství tepla než je smluvně stanovené maximum. Vybavení předávacích stanic musí umožnit automatickou regulaci tepelného výkonu, přesné měření, popřípadě dálkový přenos vybraných měřených veličin, signalizaci předporuchových a poruchových stavů a konečně dálkové ovládání z jednoho místa.

Splnění těchto požadavků ovšem znamená, že zařízení předávacích stanic se podstatně zkomplikuje a zdraží. Toto zdražení je dobře vyváženo provozními úsporami na tepelné energii a tím, že budou předávací stanice způsobilé pro bezobslužný provoz.

Předávací stanice je možno rozdělit z několika hledisek:

- tlakově nezávislé (nepřímým napojením). Teplo se předává prostřednictvím výměníků, odběratelská soustava je od tepelné sítě hydraulicky oddělena,
- tlakově závislé (s přímým napojením), kde pára nebo horká voda z tepelné sítě jde do odběratelské soustavy, odběratelská soustava tvoří s tepelnou sítí jeden hydraulický celek.

Oba způsoby předání mohou být aplikovány jak na horkovodní, tak i na parní tepelnou síť.

Tlakově závislé připojení se dále může rozdělit na tyto podskupiny:

- připojení beze změn parametrů teplonosné látky,
- připojení se změnou parametrů teplonosné látky.

Připojení, při němž nedojde k žádným změnám parametrů teplonosné látky, je v podstatě pouze přímé připojení sekundární spotřebitelské soustavy k primární tepelné síti. V praxi je toto připojení vhodné pouze při parním nebo horkovodním vytápění průmyslových provozoven.

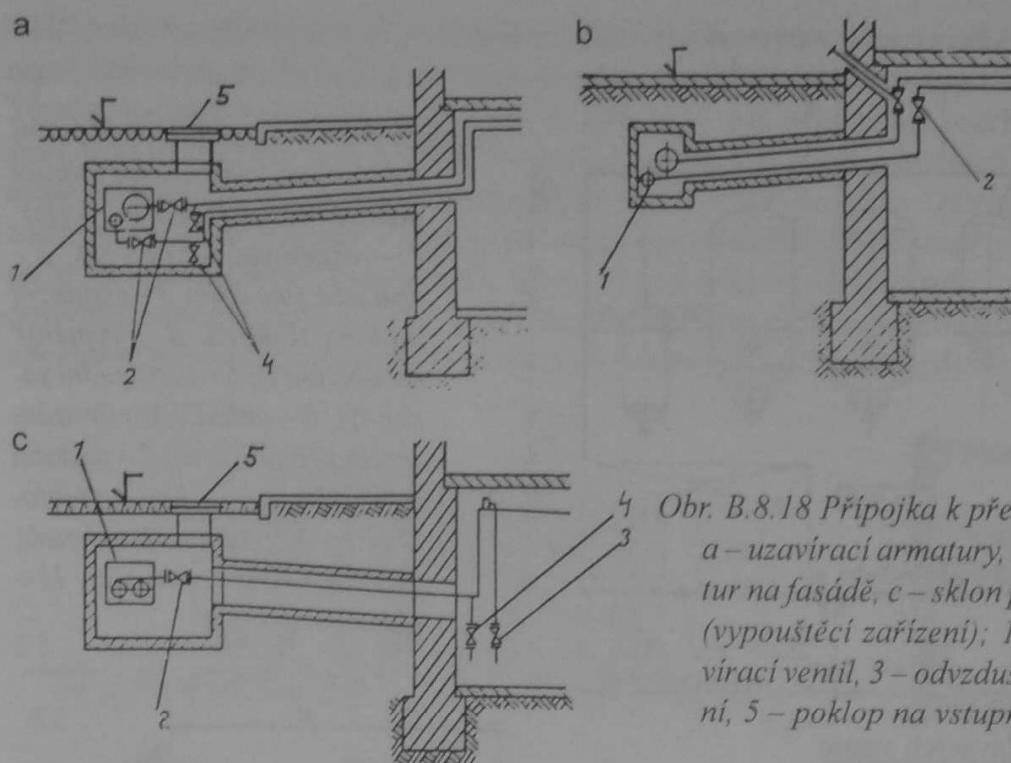
Spotřebitelské předávací stanice je možno rozdělit také podle druhu teplonosné látky v tepelné síti a ve spotřebitelské soustavě.

Jsou možné tyto základní kombinace:

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| a) pára – pára | c) voda – voda  |
| b) pára – voda | d) voda – pára. |

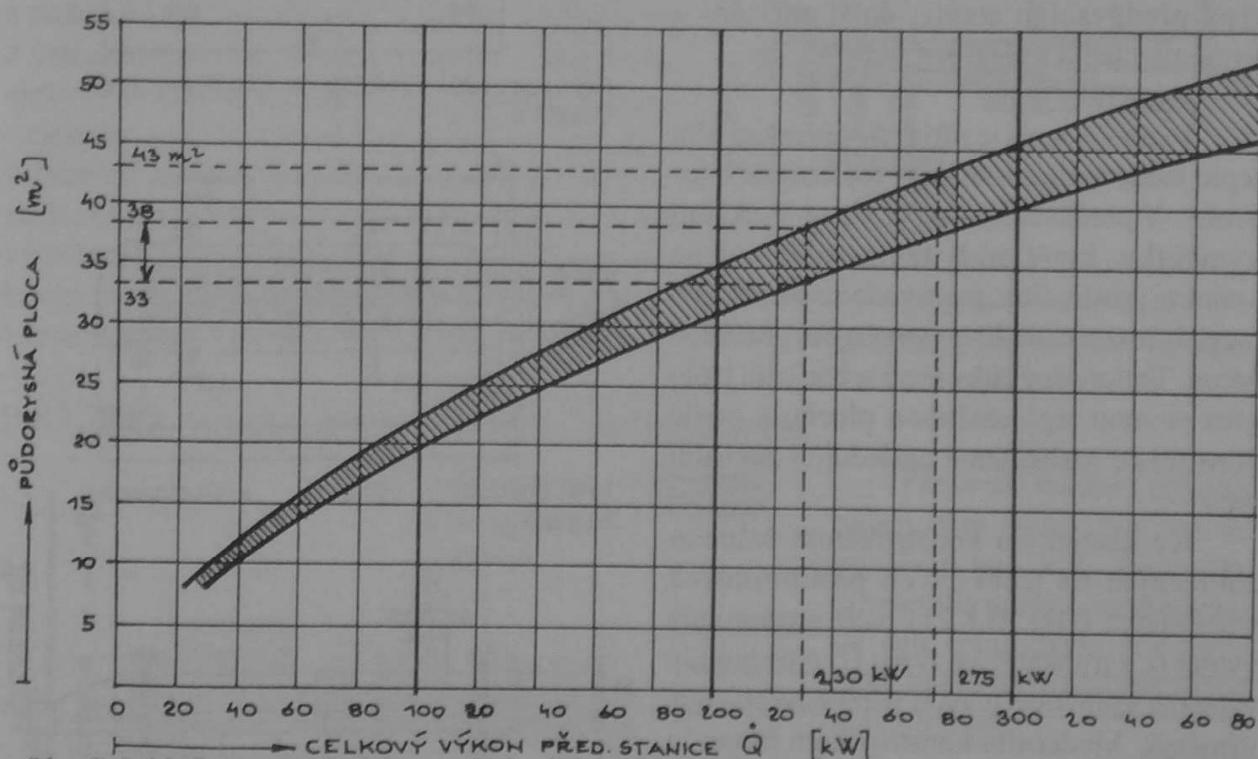
Nejpoužívanější typy předávacích stanic ve vodních tepelných sítích:

- a) voda – voda (závislé)
- b) pára – voda (nezávislé).

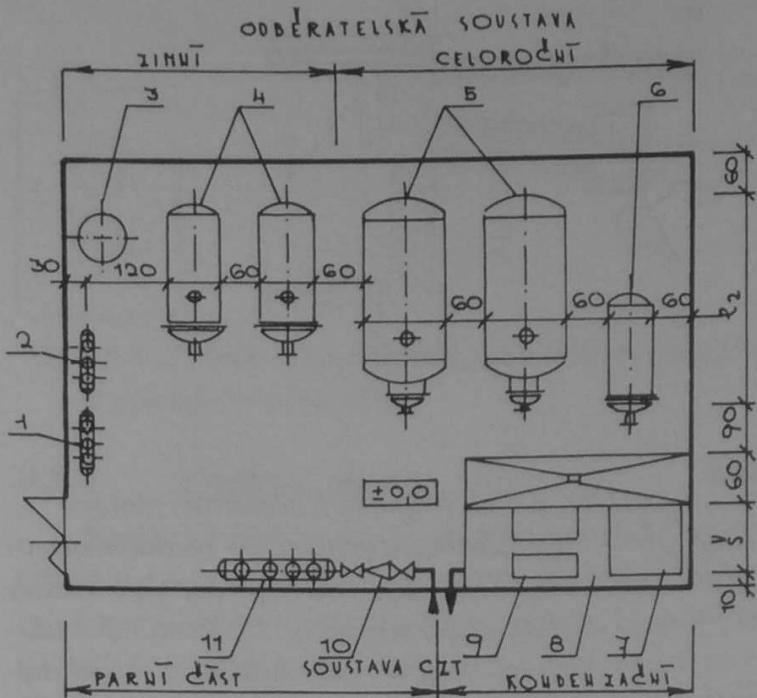


Obr. B.8.18 Přípojka k předávací stanici  
 a – uzavírací armatury, b – ovládání armatur na fasádě, c – sklon přípojky do budovy (vypouštěcí zařízení); 1 – kanál, 2 – uzavírací ventil, 3 – odvzdušnění, 4 – vypouštění, 5 – poklop na vstupní šachtě

Půdorysná velikost předávací stanice je závislá na jejím výkonu, zvoleném typu zařízení a na řadě dalších požadavků. Orientační půdorysné plochy předávacích stanic v závislosti na celkovém výkonu jsou uvedeny na Obr. B.8.19. příklad dispozičního uspořádání zařízení ve výměníkové stanici je na Obr. B.8.20.



Obr. B.8.19 Orientační půdorysné plochy předávacích stanic tlakově nezávislých (pára – voda, voda – voda); plocha je v přímé závislosti na celkovém výkonu předávací stanice [kW]



Obr. B.8.20 Dispoziční uspořádání zařízení ve výměníkové stanici tlakově nezávislé (pára – voda):  
1 – rozdělovač topné vody, 2 – sběrač topné vody, 3 – expanzní nádoba tlaková, 4 – výměník s trubkami U, 5 – teplovodní zásobník, 6 – chladič kondenzátu (předehříváč TUV), 7 – nádoba na kondenzát, 8 – jímka s nádobou, 9 – čerpadla na kondenzát, 10 – redukční ventil páry, 11 – parní rozdělovač

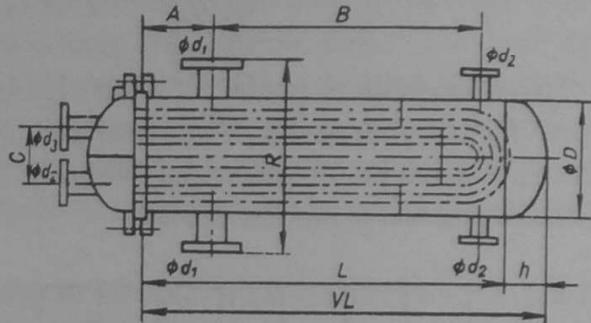
### B.8.3.1 Prvky předávacích stanic

Kromě prvků již známých z kapitol těchto skript týkajících se kotelen (čerpadla, ventily, kohouty, šoupata, filtry, regulátory atp.) vyskytuje se v souvislosti s některými typy předávacích stanic, další zařízení – výměníky tepla a ejektoru.

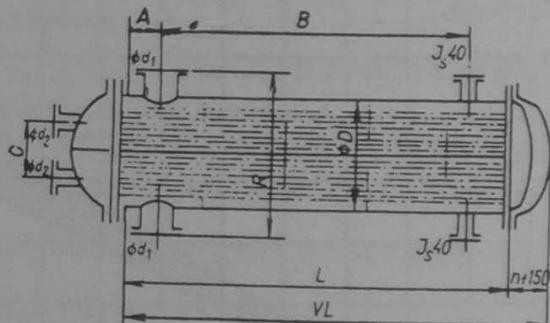
#### Výměníky tepla

Výměník tepla je zařízení, v němž se sdílí teplo jedné teplonosné látky teplonosné látce druhé. V předávacích stanicích se vyskytují výměníky, které sdílí teplo mezi dvěma vodními prostředími, mezi vodou a párou nebo mezi dvěma prostředími vyplněnými přehřátou párou. Teplonosné látky mezi sebou sdílí teplo přes pevnou teplosměnnou plochu a podle konstrukce rozlišujeme následující základní typy.

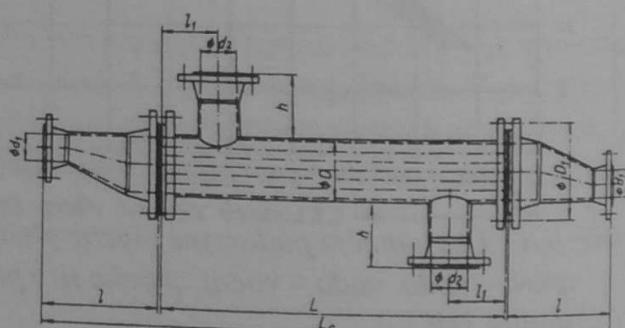
Ke klasickým konstrukčním řešením založeným na trubkových protiproudých výměnicích (Obr. B.8.21) patří protiproudý výměník s trubkami ve tvaru U, protiproudý výměník s plovoucí hlavou nebo stavebnicový výměník. Moderním konstrukčním řešení je deskový výměník (Obr. B.8.22). Deskový výměník se skládá ze sady nerezových desek s vylisovanými kanálky, které jsou seřazeny za sebou a jsou staženy pomocí šroubů mezi dvě pevné desky. Každá z desek je opatřena těsněním, čímž je vytvořen systém dvou



Protiproudý výměník s trubkami ve tvaru U



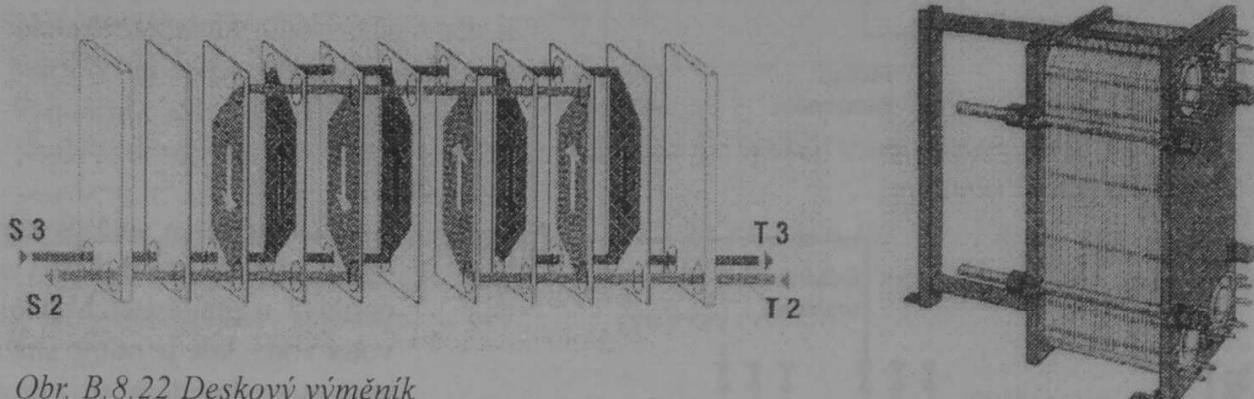
Protiproudý výměník s plovoucí hlavou



Stavebnicový výměník

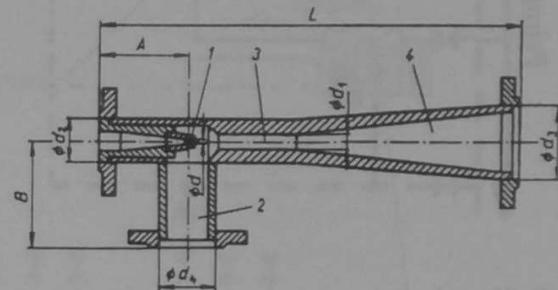
Obr. B.8.21 Schéma trubkových protiproudových výměníků

oddělených kanálů pro průtok primárního a sekundárního média. Toto uspořádání je velice účinné, neboť obě média procházejí výměníkem přesně opačným směrem a vytvářejí tak ideální protiproud. Těsnění jednotlivých desek může být buď elastické, pak je výměník rozebíratelný nebo jsou jednotlivé desky mezi sebou pájené. Hlavní předností deskových výměníků je radikální úspora místa ve srovnání s klasickými protiproudými trubkovými výměníky. Dále je výhodou možnost změny jmenovitého výkonu výměníku přidáním resp. odebráním desek (např. při dostavbě objektu, při změně parametrů teplonosné látky apod.). Navrhování výměníků tepla spočívá ve stanovení potřebné teplosměnné plochy a hydraulického odporu při daném průtoku primárního a sekundárního okruhu a daných teplotních parametrech na obou stranách výměníku.



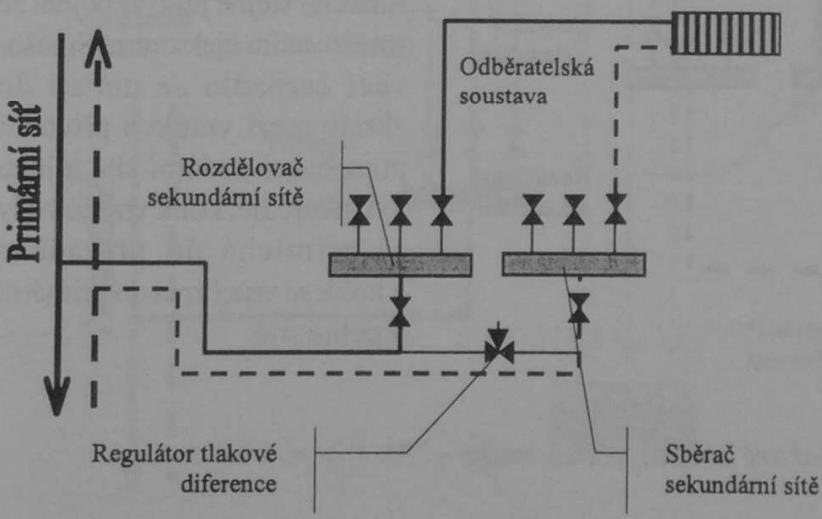
Obr. B.8.22 Deskový výměník

Směšovací ejektor (Obr. B.8.23) jsou proudová čerpadla, která do horké vody odebírané z primární tepelné sítě přisávají ochlazenou vodu z vratného potrubí otopné soustavy. Směšovací ejektor je možné rozdělit na dvě základní skupiny – ejektoře neregulovatelné a regulovatelné. U regulovatelných ejektorů je možné posunem trysky ve směšovací komoře měnit směšovací poměr, který vyjadřuje podíl množství vody ejektem nasávané k množství vody procházející tryskou ejektoru z tepelné sítě.



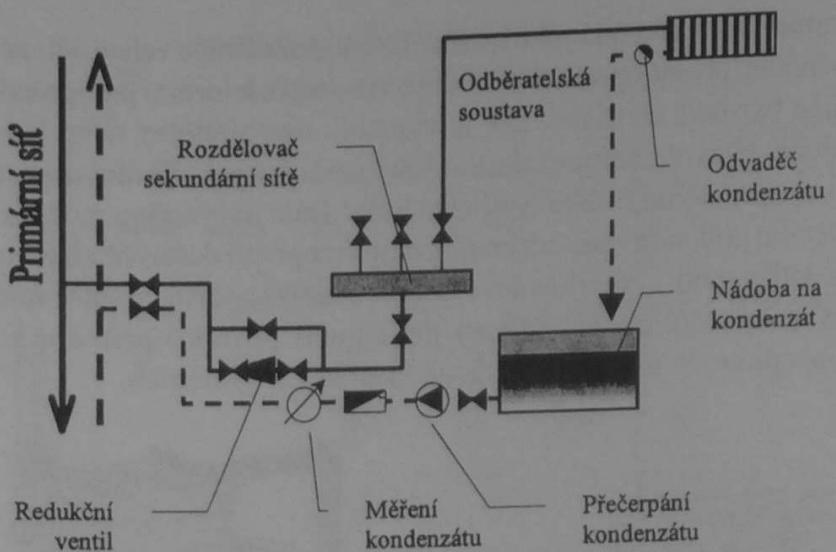
Obr. B.8.23 Směšovací ejektor  
1 – tryska, 2 – sací hrdlo, 3 – směšovací komora, 4 – difuzor

### B.8.3.2 Tlakově závislé předávací stanice (regulační stanice)

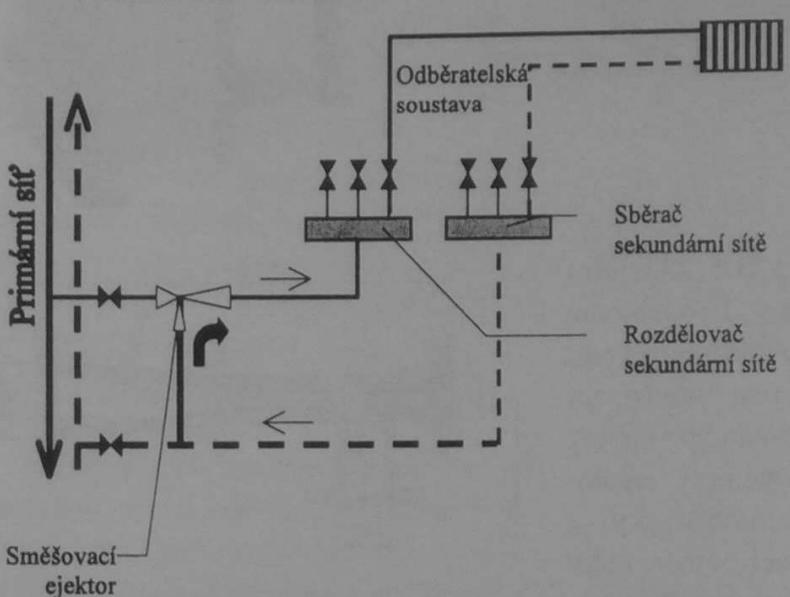


Předávací stanice s přímým napojením (Obr. B.8.24) se používají tam, kde parametry primárního média jsou použitelné pro sekundární soustavu především z hlediska pracovních teplot a tlaků.

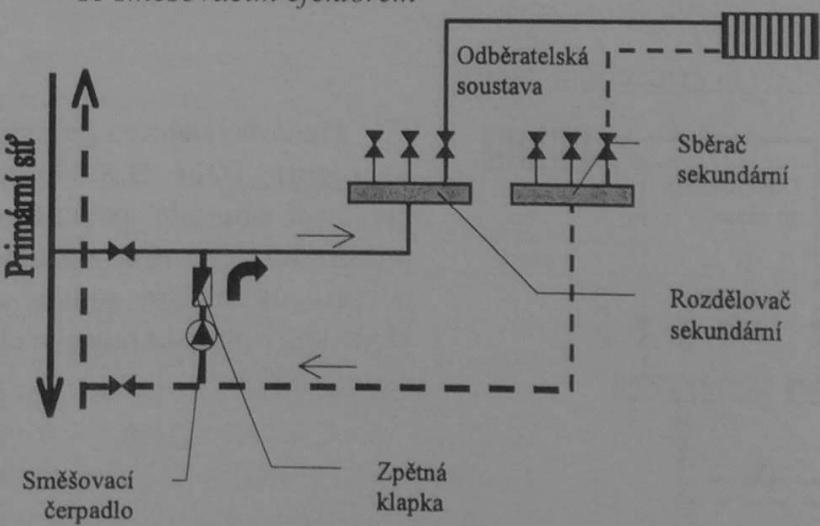
Obr. B.8.24 Předávací stanice voda–voda s přímým napojením



Obr. B.8.25 Předávací stanice tlakově závislá, pára – pára s redukčním ventilem



Obr. B.8.26 Předávací stanice tlakově závislá, voda – voda se směšovacím ejektorem



Obr. B.8.27 Předávací stanice tlakově závislá, voda – voda se směšovacím čerpadlem

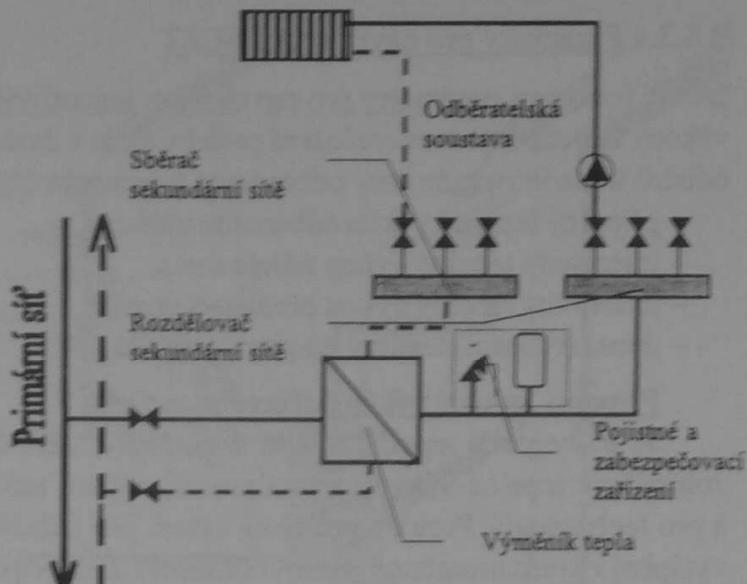
Předávací stanice s redukčním ventilem (obr. B.8.25) jsou typických zapojením předávacích stanic pára – pára. V redukčním ventilu umístěném na vstupu primárního média do předávací stanice se snižuje tlak páry na hodnotu požadovanou sekundární sítě.

Zapojení se směšovacím ejektorem (obr. B.8.26) se používá u předávacích stanic voda-voda, kde je nutno snížit teplotu v sekundární sítě oproti primární a současně jednotlivé prvky sekundární sítě jsou schopné pracovat s tlaky primárního média. Výhodou směšovacího ejektoru je nezávislost na dodávce další energie.

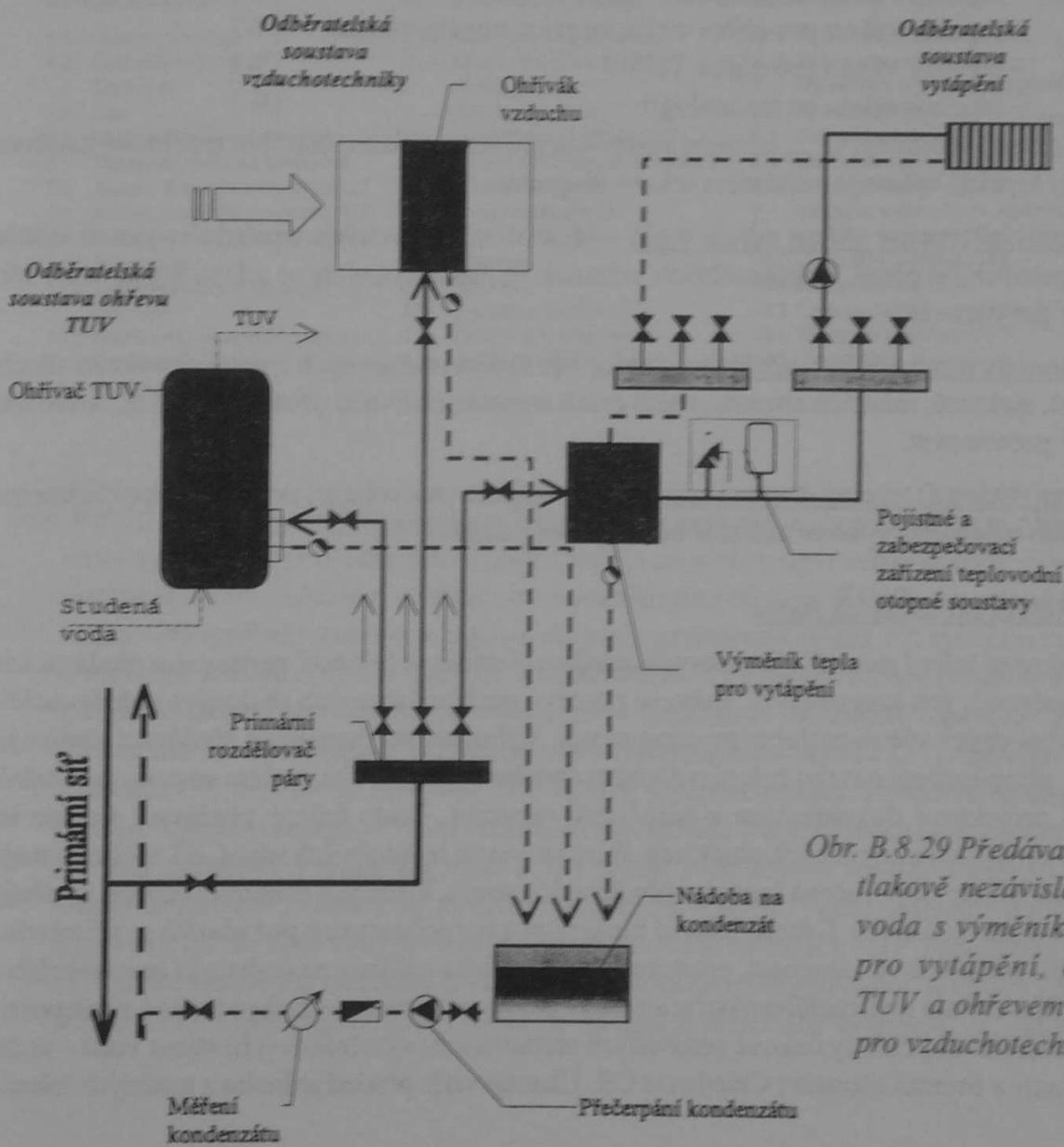
Zapojení se směšovacím čerpadlem (obr. B.8.27) je funkčně stejné jako zapojení se směšovacím ejektorem. Směšovací čerpadlo se umístí do zkratu mezi vrtné a přivodní potrubí sekundární sítě a jeho výkon určuje, kolik vratné vody se přimíchá do přiváděné a kolik se vrací zpět do primární tepelné sítě.

### B.8.3.3 Tlakově nezávislé předávací stanice (výměníková stanice)

V tlakově nezávislé předávací stanici je primární síť hydraulicky oddělena od sekundární sítě přes výměník některé z výše uvedených konstrukcí a označuje se někdy jako výměníková stanice. Výměníkové stanice se používají tam, kde je potřeba změnit jak tlakové, tak teplotní parametry primárního média a kde je například více různých odběrů. Primární i sekundární síť jsou dvě na sobě hydraulicky nezávislé tepelné soustavy, z čehož plyne nutnost řešit každou síť jako samostatnou soustavu (pojistné a zabezpečovací zařízení, oběhová čerpadla, regulace) – obr. B.8.28 a obr. B.8.29.



Obr. B.8.28 Předávací stanice tlakově nezávislá, voda–voda – schéma výměníkové stanice pro vytápění objektu



Obr. B.8.29 Předávací stanice tlakově nezávislá, pára – voda s výměníkem tepla pro vytápění, ohřevem TUV a ohřevem vzduchu pro vzdachotechniku

#### B.8.3.4 Parametry pro návrh prvků SCZT

Výchozími parametry pro navrhování jednotlivých částí SCZT jsou požadované tepelné výkony a předpokládané rozložení potřeby tepla v čase. Vzhledem k nesoučasnosti jednotlivých odběrů tepla je požadovaný odběr tepla popisován čtyřmi parametry:

- připojný tepelný výkon odběrného zařízení,
- jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla,
- jmenovitý tepelný výkon předávací stanice,
- denní (týdenní) tepelný diagram zatížení.

##### Připojný tepelný výkon odběrného zařízení

Je to největší tepelný výkon dohodnutý mezi dodavatelem a odběratelem tepla, který zohledňuje tepelné výkony a současnosti odběrů tepla pro vytápění, větrání, pro ohřev TUV a pro technologii. Protože potřebný výkon pro jednotlivé odběry kolísá v průběhu dne (např. vytápění vlivem proměnné venkovní teploty), není připojný výkon prostým součtem jednotlivých odběrů. V praxi nastávají případy kombinace vytápění, ohřevu TUV (teplé užitkové vody), nuceného větrání a odběru tepla pro technologii.

##### Jednotlivé části připojného výkonu označujeme zpravidla:

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| $Q_{PRIP}$ | – připojný tepelný výkon                              | [W] |
| $Q_{VYT}$  | – tepelný výkon na vytápění                           | [W] |
| $Q_{VET}$  | – tepelný výkon pro ohřev vzduchu při nuceném větrání | [W] |
| $Q_{TUV}$  | – tepelný výkon pro ohřev TUV                         | [W] |
| $Q_{TECH}$ | – tepelný výkon na technologii                        | [W] |

Pro přesné stanovení  $Q_{PRIP}$  je nutné sestavit denní resp. týdenní diagram tepelného zatížení a připojný tepelný výkon je maximem tohoto diagramu.

Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla – je součet jmenovitých tepelných výkonů všech kotlů, tepelných čerpadel, kogeneračních jednotek aj. instalovaných ve zdroji tepla, které lze současně provozovat.

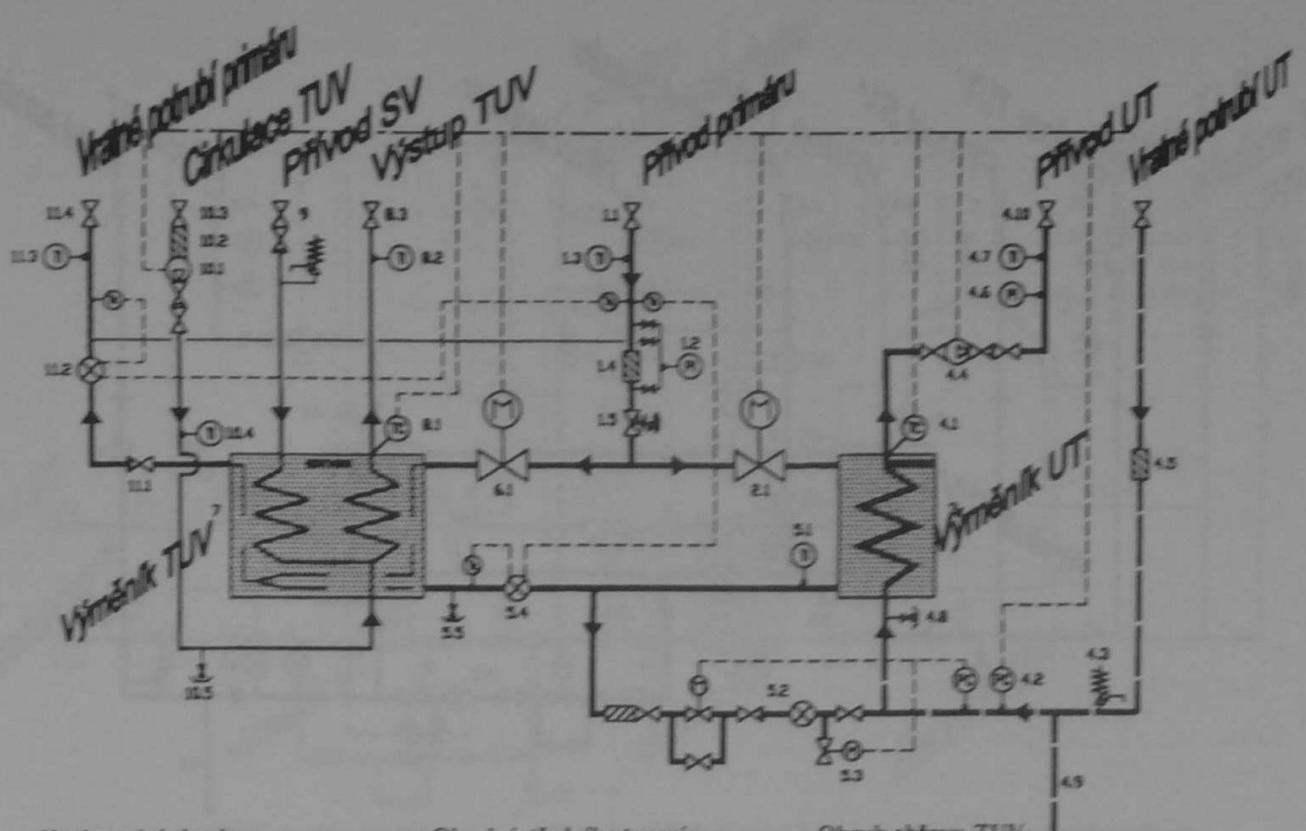
Jmenovitý tepelný výkon předávací stanice – je součet jmenovitých tepelných výkonů všech výměníků, ejektorů, míšicích armatur, redukčních armatur, ohříváčů užitkové vody aj., které lze současně provozovat.

Denní (týdenní) tepelný diagram zatížení – je diagram znázorňující průběh předpokládaného provozního tepelného výkonu zařízení během dne (týdne).

#### B.8.3.5 Řešení předávacích stanic

Konkrétní řešení jednotlivých zapojení předávacích stanic se řeší buď sestavením předávacích stanic z jednotlivých komponentů, nebo se používá prefabrikovaných (balených) předávacích stanic, vybavených všemi potřebnými armaturami. Výhodou navrhovaných předávacích stanic je možnost přizpůsobení návrhu řešení potřebám daného objektu a sítě, ovšem za cenu podstatně složitější projektové dokumentace a náročnější montáže. Takto řešené předávací stanice se vyskytují ve větších a atypických objektech. Provozovatelé jednotlivých sítí SCZT většinou mají pro typické odběry doporučená zapojení předávacích stanic, která se u rozsáhlejších sítí vyrábějí jako prefabrikované celky. Kromě splnění funkčních a bezpečnostních požadavků se při návrhu sleduje dále materiálové náročnost, prostorové uspořádání a náklady na realizaci i provoz celého zařízení. Zpracování realizačního návrhu atypické předávací stanice vyžaduje značné zkušenosti.

Následující tři příklady tlakově nezávislých předávacích (výměníkových) stanic voda – voda jsou převzaty z firemní literatury Cetetherm CR. Ukazují vždy příklad jednoho z možných řešení.



#### Horkovodní okruh:

- 1.1 Uzavírací ventil
- 1.2 Sada manometrů
- 1.3 Teploměr
- 1.4 Filtr
- 1.5 Regulátor diferenčního tlaku
- 5.1 Teploměr zpátečka horkovod
- 5.2 Autom. dopouštění systému ÚT
- 5.3 Autom. odpoštění systému ÚT
- 5.4 Měřík spotřeby tepla okruhu ÚT
- 5.5 Vypouštění
- 11.1 Zpětný ventil pro havarijní uzavření
- 11.2 Měřík celkové spotřeby tepla
- 11.3 Teploměr
- 11.4 Uzavírací ventil

#### Okruh ústředního topení:

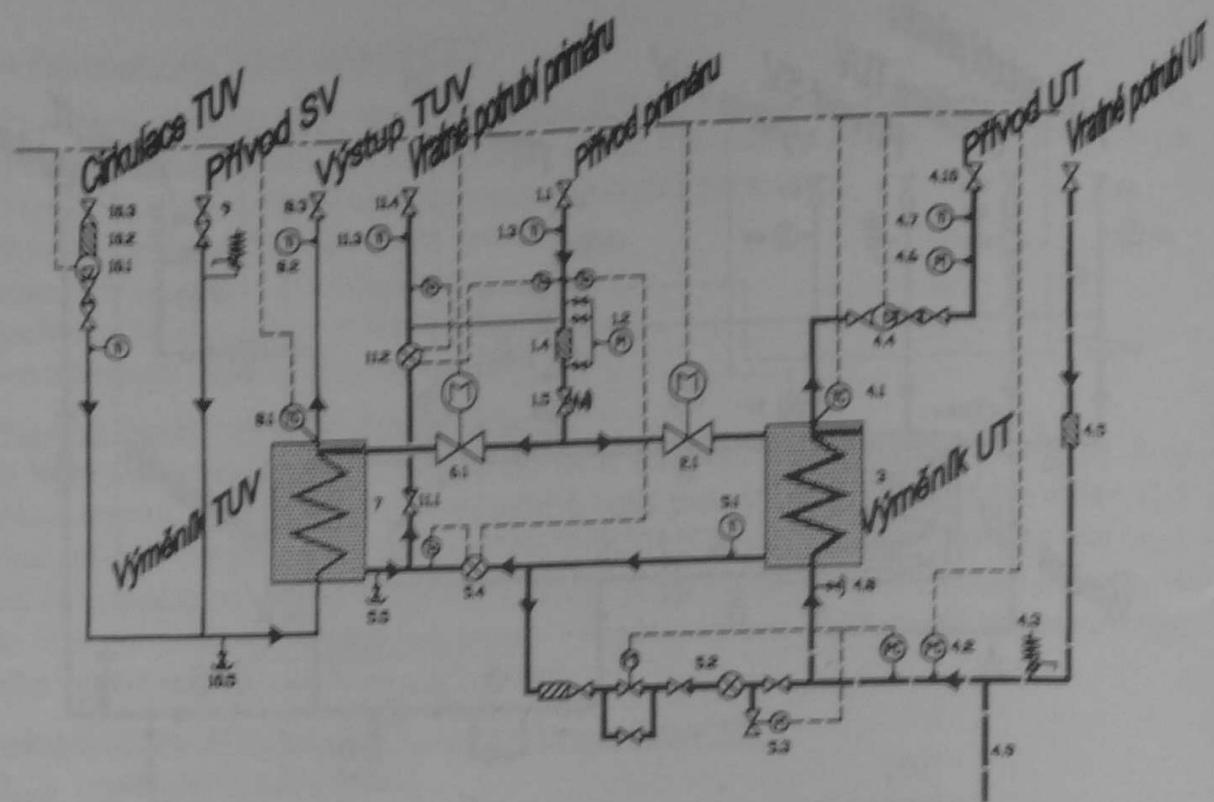
- 2.1a Řídící ventil okruh ÚT
- 2.1b Pohon s havarijní funkcí
- 3 Výměník ÚT  
Izolace výměníku
- 4.1 Snímač teploty okruhu ÚT
- 4.2 Snímač tlaku okruhu ÚT (hav.)
- 4.3 Pojistovací ventil
- 4.4 Čerpadlo okruhu ÚT
- 4.5 Filtr okruhu ÚT
- 4.6 Manometr
- 4.7 Teploměr
- 4.8 Vypouštění okruhu ÚT
- 4.9 Návazek pro exp. systém
- 4.10 Uzavírací ventily - 2 ks

#### Okruh ohřevu TUV

- 6.1a Řídící ventil okruh TUV
- 6.1b Pohon s havarijní funkcí
- 7 Výměník TUV - dvoustupňový  
Izolace výměníku
- 8.1 Snímač teploty TUV
- 8.2 Teploměr TUV
- 8.3 Uzavírací ventil - TUV
9. Souprava s uzavíracím, zpětným  
a pojist. ventilem - SV
- 10.1 Čerpadlo cirkulace TUV
- 10.2 Filtr cirkulace TUV
- 10.3 Uzavírací ventil - cirkulace TUV
- 10.4 Teploměr cirkulace TUV
- 10.5 Vypouštění

Obr. B.8.30 Tlakové nezávislá předávací stanice pro vytápění s dvoustupňovým ohřevem TUV

Tento typ zapojení je vhodný pro objekty s velkou spotřebou teplé užitkové vody. Výměníková stanice je řešena tlakově nezávislou s dvoustupňovým ohřevem TUV. Tento způsob zapojení maximálně využívá tepelnou energii obsaženou v primárním médiu. Při vysokém vychlazení primáru se snižuje oběhové množství a následné ztráty v primárních rozvodech. Při tomto způsobu zapojení prochází horká voda nejprve výměníkem ústředního topení (3). Regulace okruhu ústředního vytápění se provádí pomocí regulačního ventilu (2.1) řízeného teplotou v okruhu UT, snímanou čidlem (4.1) a čidlem venkovní teploty. Primární médium, které předalo tepelnou energii UT je zavedeno do speciálního 6-ti hrdlového deskového výměníku (7), kde předehrátá studenou vodu a tím předá svou zbylou tepelnou energii. Teplota vratného potrubí primáru se pohybuje kolem  $35 - 40^{\circ}\text{C}$  podle velikosti odběru TUV. K předehráté studené vodě je ve výměníku přimíchána cirkulace TUV. Požadovaná teplota TUV je doregulována na žádanou hodnotu  $^{\circ}\text{C}$  dvoucestným regulačním ventilem s havarijní funkcí (6.1). Teplota TUV je snímána na výstupu z deskového výměníku (7) čidlem (8.1).



#### Horkovodní okruh:

- 1.1 Uzavírací ventil
- 1.2 Sada manometrů
- 1.3 Teplomér
- 1.4 Filtz
- 1.5 Regulátor diferenčního tlaku
- 5.1 Teplomér zpátečka horkovod
- 5.2 Autom. dopouštění systému UT
- 5.3 Autom. odpouštění systému UT
- 5.4 Měřicí spotřeby tepla okruhu UT
- 5.5 Vypouštění
- 11.1 Zpětný ventil pro havarijní uzavírání
- 11.2 Měřicí celkové spotřeby tepla
- 11.3 Teplomér
- 11.4 Uzavírací ventil

#### Okruh ústředního topení:

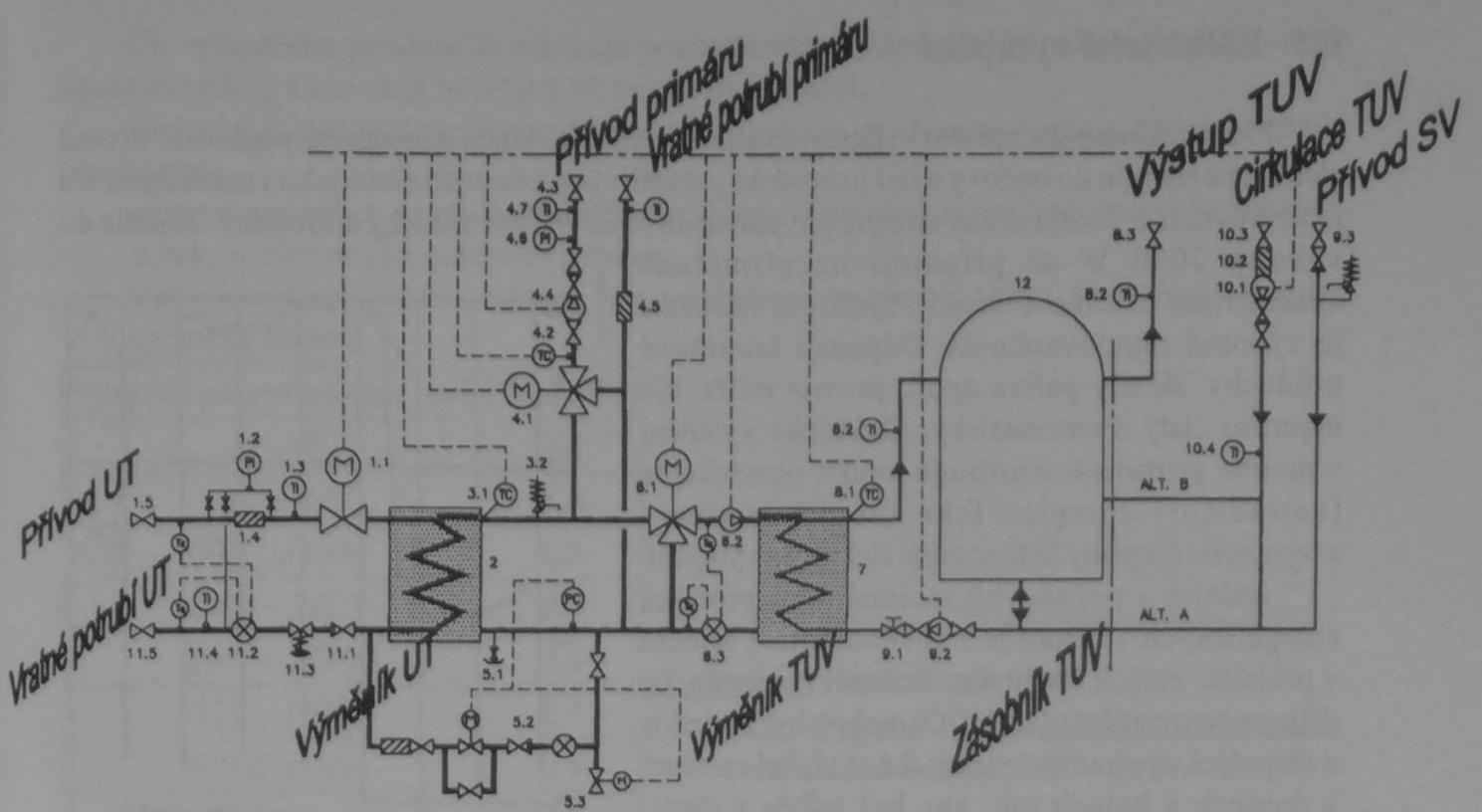
- 2.1a Řídící ventil okruh UT
- 2.1b Pohon s havarijní funkcí
- 3 Výměník UT  
Izolace výměníku
- 4.1 Snímač teploty okruhu UT
- 4.2 Snímač tlaku okruhu UT (hav.)
- 4.3 Pojištovací ventil
- 4.4 Čerpadlo okruhu UT
- 4.5 Filtr okruhu UT
- 4.6 Manometr
- 4.7 Teplomér
- 4.8 Vypouštění okruhu UT
- 4.9 Návarek pro exp. systém
- 4.10 Uzavírací ventily - 2 ks

#### Ohruh ohřevu TUV

- 6.1a Řídící ventil okruh TUV
- 6.1b Pohon s havarijní funkcí
- 7 Výměník TUV  
Izolace výměníku
- 8.1 Snímat teploty TUV
- 8.2 Teplomér TUV
- 8.3 Uzavírací ventil - TUV
- 9. Souprava s uzavíracím, zpětným a pojist. ventilem - SV
- 10.1 Čerpadlo cirkulace TUV
- 10.2 Filtr cirkulace TUV
- 10.3 Uzavírací ventil - cirkulace TUV
- 10.4 Teplomér cirkulace TUV
- 10.5 Vypouštění

Obr. B.8.31 Tlakově nezávislá předávací stanice pro vytápění s jednostupňovým průtokovým ohřevem

Tento typ zapojení je vhodný pro objekty s malou spotřebou teplé užitkové vody. U výměníkových stanic s velkým výkonem v okruhu topení a malým výkonem pro okruh TUV, například pro použití v administrativních budovách, obchodních centrech, je vhodné paralelní zapojení výměníků. Teplota TUV je snímána na výstupu z výměníku čidlem (8.1) pro rychlé regulační trasy. Speciální čidlo se instaluje bez ochranné jímky, aby se maximálně zkrátila časová konstanta. Pro zkrácení regulačního zpoždění se čidlo umisťuje co nejbliže k výstupu TUV z deskového výměníku. Rychlopohon regulačního ventilu pro ohřev TUV (6.1) a pohon regulačního ventilu pro ohřev TUV (2.1) mají havarijní funkci, tzn. při havarijném stavu nebo výpadku el. proudu pohon automaticky do 8 sec. uzavírá přívod primárního média do deskového výměníku. Kvalita použitých komponentů a jejich umístění v předávací stanici zajišťuje, že v bytových objektech může výměníková stanice pracovat s přímým ohřevem TUV, tzn. bez nutnosti instalace akumulačních vyrovnávacích zásobníků. Sníží se tak náklady na instalaci i provoz výměníkové stanice a zároveň nebezpečí vzniku bakterií v zásobníku TUV.



#### Horkovodní okruh CETEPRIM:

- 1.1a Řídící ventil topného okruhu
- 1.1b Pohon s havarijní funkcí
- 1.2 Sada manometrů
- 1.3 Teploměr
- 1.4 Filtr
- 1.5 Uzavírací ventil
- 2 Výměník topného okruhu  
Izolace výměníku
- 5.1 Vypouštění
- 5.2 Autom. dopouštění topného okruhu
- 5.3 Autom. odpouštění topného okruhu
- 11.1 Zpětný ventil pro havarijní uzavření
- 11.2 Měřič celkové spotřeby tepla
- 11.3 Regulátor diferenčního tlaku
- 11.4 Teploměr
- 11.5 Uzavírací ventil

#### Okruh topné vody CETESEK:

- 3.1 Snímač teploty
- 3.2 Pojišt'ovací ventil

#### Okruh ústředního topení:

- 4.1a Řídící ventil okruhu ÚT
- 4.1b Pohon s havarijní funkcí
- 4.2 Snímač teploty okruhu ÚT
- 4.3 Uzavírací ventily - 2 ks
- 4.4 Čerpadlo okruhu ÚT
- 4.5 Filtr okruhu ÚT
- 4.6 Manometr
- 4.7 Teploměr

#### Ohruh ohřevu TUV

- 6.1a Řídící ventil okruhu TUV
- 6.1b Pohon s havarijní funkcí

- 6.2 Čerpadlo okruhu TUV
- 6.3 Měřič spotřeby tepla okruhu TUV
- 7 Výměník TUV  
Izolace výměníku
- 8.1 Snímač teploty TUV
- 8.2 Teploměr TUV
- 8.3 Uzavírací ventil - TUV
- 9.1 Škrticí ventil okruhu nabíjení
- 9.2 Čerpadlo okruhu nabíjení
- 9.3 Souprava s uzavíracím, zpětným a pojist' ventilem - SV
- 10.1 Čerpadlo cirkulace TUV
- 10.2 Filtr cirkulace TUV
- 10.3 Uzavírací ventil - cirkulace TUV
- 10.4 Teploměr cirkulace TUV
- 12. Akumulační zásobník TUV

Obr. B.8.32 Tlakově nezávislá předávací stanice pro vytápění se zásobníkovým ohřevem TUV

Tento způsob zapojení výměníkové stanice se zásobníkem je vhodný pro použití v objektech s velkými špičkovými výkony, tj. sportovní stadion, plavecký bazén, šatny v průmyslu, restaurace atd. U tohoto způsobu zapojení je výměníková stanice řešena pouze s jedním výměníkem v primárním okruhu, směšovacím uzlem pro okruh ÚT a TUV a je zároveň doplněna o akumulační zásobník. Potřebný objem zásobníku lze určit v kombinaci s výměníkem TUV po zjištění charakteru odběru.

Tento způsob zapojení je také vhodný pro oblasti s vodou obsahují značné množství vápníku. Smíšením topné vody s vratnou vodou před výměníkem TUV se sníží teplota topné vody na 65 °C, což je optimální teplota pro ohřev TUV na 55 °C. Snižení teploty médií je jedno z účinných opatření pro zabránění vysrážení vápníku na teplosměnných plochách.

Použité deskové výměníky u všech způsobů zapojení jsou individuálně navrženy výpočetním programem pro každou předávací stanici. Pro použití v oblasti s vodou obsahují značné množství vápníku navrhujeme výměník TUV se speciálním profilem teplosměnných ploch, který zvýšením rychlosti proudění dosahuje vysoké turbulence a snižuje riziko zanášení.

## B.9 Elektrické vytápění

Elektrická energie má pro vytápění místnosti velké provozní a instalační přednosti. Přívod elektrické energie do budovy a její rozvod do jednotlivých místností elektrickou rozvodnou sítí je ve srovnání s jinými druhy energie pro uživatele relativně jednoduchý a výhodný. Topidla do výkonu 2000 W se připojují na přiměřeně dimenzované zásuvkové obvody. Vynikající vlastností je výborná regulovatelnost. Odpadají komínové průduchy, sklady paliva apod. provoz může být naprostě čistý a automatický. Elektrické vytápění v mnoha případech umožňuje využít obnovitelné (netradiční) energie. Také otopné soustavy s tepelnými čerpadly řadíme mezi elektrické vytápění.

Jedním z požadavků racionálního provozu energetických soustav je i rovnoměrnost odběru v průběhu celých 24 hodin. Pomocí hromadného dálkového ovládání (dále HDO) mohou být zapínány z dispečinku jednotlivé elektrické vytápěcí systémy v domech a bytech tak, aby byl odběr v rámci energetické soustavy co nejvyrovnanější. Odběr elektřiny ze sítě je nutné směrovat na časové úseky, kdy není denní diagram zatížení využíván, t.j. zejména v noční době a v odpoledních hodinách – viz obr. B.9.1 (výhoda nízkého cenového tarifu pro odběratele).

Z důvodu racionální spotřeby elektrické energie musí objekty s elektrickým vytápěním splňovat tepelně technické podmínky, které jsou uvedena ve směrnicích FMPE č. 22 z roku 1977 a č. 24 z roku 1981.

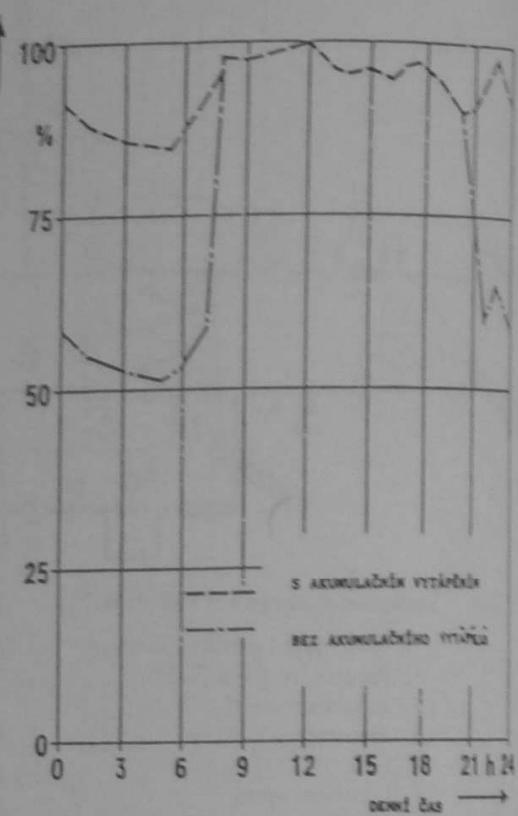
### B.9.1 Tepelně technické vlastnosti objektů vytápěných elektřinou

Stavebně architektonický návrh i řešení stavební konstrukce musí vytvořit podmínky jak z hlediska dosažení optimálně nízké spotřeby energie, tak pro instalaci technického zařízení. Kritériem pro hodnocení energetické náročnosti vytápěného objektu je mimo jiné tepelná ztráta (charakteristika)  $\dot{q}_V^{MAX}$

[W.m<sup>-3</sup>.K<sup>-1</sup>]

$$q_V = \frac{1}{V_c} \cdot \sum \frac{Q_{hj}}{t_i - t_e} \leq \dot{q}_V^{MAX} \quad [W.m^{-3}.K^{-1}]$$

|     |                     |  |                   |
|-----|---------------------|--|-------------------|
| kde | $Q_{hj}$            | celková tepelná ztráta elektricky vytápěné místnosti       | [W]               |
|     | $t_i$               | vnitřní teplota místnosti                                  | [°C]              |
|     | $t_e$               | výpočtová venkovní teplota klimatické oblasti              | [°C]              |
|     | $V_c$               | objem všech elektricky vytápěných místností $V_c = \sum V$ | [m <sup>3</sup> ] |
|     | $V = A_p \cdot h_k$ |  | [m <sup>3</sup> ] |
|     | $A_p$               | podlahová plocha vytápěné místnosti                        | [m <sup>2</sup> ] |
|     | $h_k$               | konstrukční výška místnosti                                | [m]               |



Obr. B.9.1 Diagram typického zatížení distribuční sítě energetického systému ČR v zimním období

Do vytápěného prostoru se zahrnuje pouze prostor vytápěný elektrickým topidlem nebo otopnými tělesy a stavebně oddělený od ostatních místností.

Elektrické vytápění se doporučuje v závislosti na možnostech energetické soustavy přednostně:

- mimo území zásobované z centrálních zdrojů tepla, zejména v rozptýlené zástavbě rodinnými domky v historických centrech měst atp,
- v nevýrobních objektech v městech, kde je požadováno snížení exhalací, především v krajinné chráněné oblasti.

| Vytápěný prostor objektu [m <sup>3</sup> ] | [W.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup> ] |
|--|---------------------------------------|
| do 100                                     | 1,4                                   |
| 101 – 500                                  | 1,0                                   |
| 501 – 1000                                 | 0,8                                   |
| 1001 – 2000                                | 0,7                                   |
| 2001 – 5000                                | 0,6                                   |
| 5001 – 10000                               | 0,5                                   |
| 10 000 a větší                             | 0,4                                   |

Tab. B.9.I Přípustné, maximální měrné tepelné ztráty vytápěného prostoru –  $q_v^{\max}$

Poznámka: U objektů v nadmořské výšce nad 600 m n.m. se výše uvedené hodnoty snižují o 0,1 W.m<sup>-3</sup>.K<sup>-1</sup>

### B.9.2 Dispoziční řešení elektricky vytápěných objektů

Na velikost tepelné charakteristiky objektu má také vliv stavební a dispoziční řešení objektu. Především je nutné respektovat:

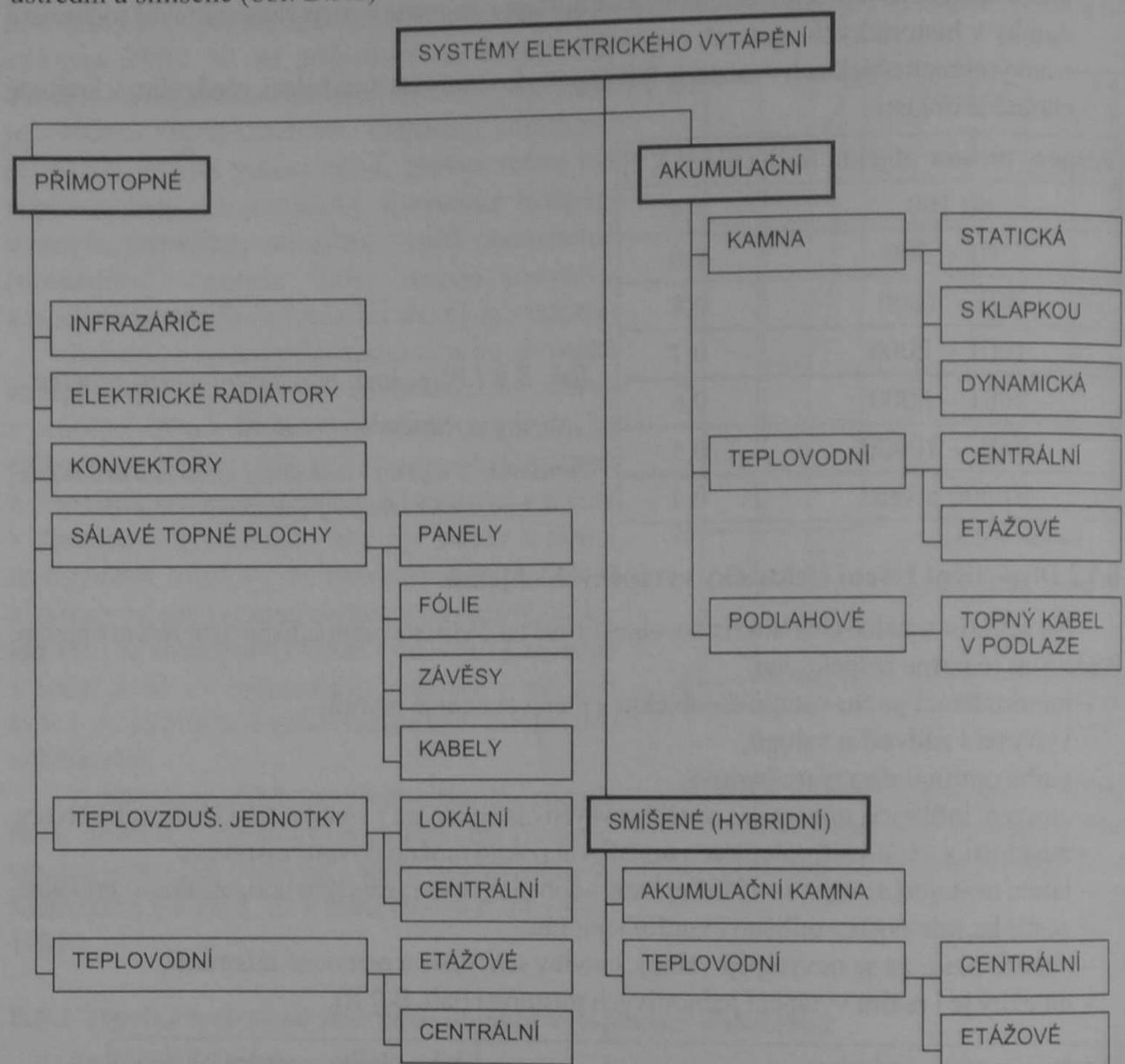
- minimalizaci počtu vstupů do objektu a ploch okenních otvorů,
- vytvoření zádveří u vstupů,
- volbu optimálního tvaru budovy,
- omezení infiltrace, maximální použití pevných částí oken jen s ventilačními křídly nebo otvory,
- místnosti s větší vnitřní teplotou umístit v pokud možno dovnitř dispozice,
- řazení místností se stejnou vnitřní teplotou a dobou vytápění vedle sebe horizontálně a vertikálně,
- nestřídat místnosti s odlišnou vnitřní teplotou,
- obecně platí, že se nevytápějí vstupy, chodby schodiště a pomocné místnosti,
- důležitý je i režim vytápění jednotlivých místností (tab. B.9.II).

| Objekt             | místnost                            | doba plného vytápění [ h.den <sup>-1</sup> ] |
|--------------------|-------------------------------------|--|
| Bytový             | obývací a dětský pokoj              | 14   |
|                    | ostatní                             | 10   |
| Občanský           | pravidelně užívaná kancelář, obchod | prac. doba + 0,5                             |
|                    | ubytovna s pracovníky na 1 směnu    | 14   |
| Rekreační zařízení | na více směn                        | 16   |
|                    | ubytovací pokoj                     | 12   |
|                    | kuchyň                              | 10   |
|                    | jídelny                             | 6  |
|                    | společenské                         | 14   |

Tab. B.9.II Doporučené výpočtové doby plného vytápění některých místností

### B.9.3 Systémy elektrického vytápění

Podle časového odběru elektrické energie ze sítě, její proměny na teplo a využití takto získané energie k vytápění, rozdělujeme systémy na přímotopné, akumulační lokální, akumulační ústřední a smíšené (obr. B.9.2).



Obr. B.9.2 Systémy elektrického vytápění

#### B.9.3.1 Elektrické vytápění přímotopně

Přímotopné elektrické vytápění je charakteristické přeměnou elektrické energie na energii tepelnou v okamžiku potřeby.

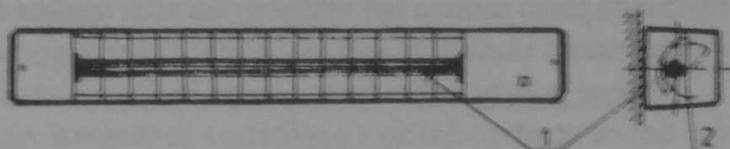
Tento systém se uplatňuje pouze ve výjimečných případech, kdy nelze použít akumulační nebo smíšený systém. Použití se doporučuje zejména v těchto případech:

- v příležitostně nebo krátkodobě používaných prostorách,
- pro místní ohřev technologického zařízení,
- v doplňkových prostorách budov, kdy jiný zdroj tepla je nevýhodný, WC, lázeň atp.),
- v případech, kdy je přímotopný systém prokazatelně výhodnější než systém akumulační nebo smíšený (snížení příkonu atp.).

Provoz přímotopných topidel musí být řízen prostorovými termostaty a v době špičkového zatížení elektrizační soustavy musí být vypínány. Toto vypínání musí být řešeno technicky. Jako přímotopy jsou používány tyto spotřebiče:

### Infrazářiče

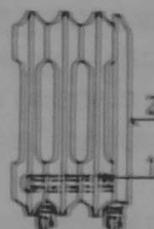
Pracují na principu infračerveného záření, kdy zářiče vyzařuje energii v oblasti elektromagnetického spektra vlnové délky 0,76 až 100 mm). Jako zářiče se používá infrázárovka nebo keramický, případně kovový zářič, který je odporově ohřát na potřebnou teplotu. Za zářičem je umístěn reflektor, který usměrňuje záření do požadovaného směru (obr. B.9.3). nevýhodou infrazářičů je vysoká povrchová teplota zářiče, která je příčinou nerovnoměrného rozložení tepla v místnosti. Člověk a předměty umístěné blízko infrazářiče jsou jednostranně ozařovány a přitom z druhé strany, která je odstíněna, je člověk vystaven chladnému sálání okolních stěn. Infrazářiče se používají především ve větších místnostech s krátkodobým a občasným pobytom osob a v technologických provozech a halách, kde chceme ohřívat pouze určitou část provozu nebo zařízení (např. chránit čerpadlo před zamrznutím, pracoviště v hala apod.).



Obr. B.9.3 Infrazářič: 1 – zářič, 2 – reflektor

### Elektrické radiátory

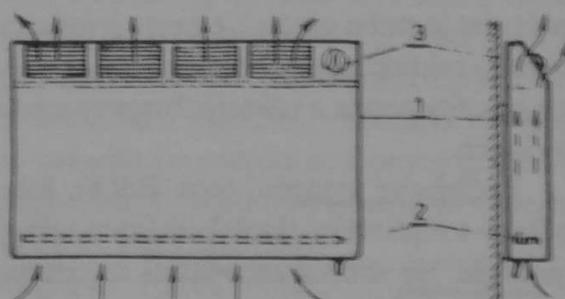
Jsou článkové nebo deskové se zabudovanými odporovými topnými tělesy (obr. B.9.4). Radiátory jsou naplněny nemrznoúčí kapalinou nebo olejem, který zabezpečuje rovnoměrné rozložení tepla po celé otopné ploše radiátoru, zároveň zajišťuje jejich setrvačnost a vytápění i po vypnutí radiátoru. Velikost radiátoru je dána jeho výkonem. Elektrické radiátory se vyznačují nízkou vnitřní a povrchovou teplotou. Intenzita proudění vzduchu způsobená samovolným proudění je poměrně nízká, takže dochází k minimálnímu vření prachu. Elektrické radiátory jsou proto vhodné pro vytápění obytných místností, kanceláří apod. Vyrábí se pojízdné nebo stabilní, které můžeme pevně připevnit na zeď stejně jako teplovodní radiátory.



Obr. B.9.4 Elektrický radiátor  
1 – topné těleso,  
2 – ovládací panel

### Konvektory

Pracují na principu přirozeného proudění vzduchu (přenos tepla konvekcí), kdy odporové topné těleso je umístěno ve spodní části skříně konvektoru (obr. B.9.5), která zvětšuje proudění vzduchu, a tím zvyšuje jeho účinnost. Některé typy konvektorů jsou doplněny ventilátorem pro urychlení zátopu při pířeném vytápění. Velikost konvektoru je dána jeho výkonem. Konvektory se vyznačují nízkou vnitřní a povrchovou teplotou. Intenzita proudění vzduchu je nízká, takže způsobují minimální vření prachu. Jsou proto vhodné pro vytápění obytných místností, kanceláří apod. Některé typy konvektorů jsou konstruovány pro použití v koupelnách a ve vlhkých místnostech. Při volbě typu konvektoru pro vlhké a mokré prostory je toto nutné konzultovat se specialistou elektrických rozvodů.



Obr. B.9.5 Konvektor: 1 – skříň, 2 – topné těleso, 3 – vypínač a termostat

### Sálavé topné plochy

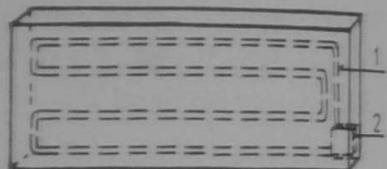
Pracují na principu sálavého (radiačního) sdílení tepla stejně jako infrazářiče, ale při nižších povrchových teplotách. Odporové topné těleso nebo odporový vodič je umístěn buď do určitého prvku nebo přímo do stavební konstrukce. Měrný topný výkon ( $\text{W.m}^{-2}$ ) otopné plochy je menší jak u předcházejících druhů, a proto potřebujeme větší otopnou plochu. Zároveň je také nižší povrchová teplota, což se projeví snížením proudění vzduchu v místnosti, a tím dojde k omezení víření prachu, virů a bakterií v případě, že sálavá topná plocha je umístěna na stropu nebo stěnách. Při podlahovém vytápění je situace jiná, protože vlivem relativně vyšší teploty podlahy dochází k uvolňování prachu z jejího povrchu. Při nesprávné volbě materiálu povrchu a sálavé plochy (u podlah včetně koberců) může dojít ke zhoršení odérového a toxického mikroklimatu místnosti vlivem intenzivnějšího uvolňování škodlivých látek z těchto materiálů. Výhodu sálavého vytápění je vhodnější rozložení teploty v místnosti, kdy je vyrovnáváno sálání chladných ploch. Místnosti proto mohou být vytápěny na nižší teplotu o 1 až 2 °C při zachování tepelné pohody v porovnání s klasickým konvekčním vytápěním pomocí otopných těles.

Topné panely, kdy odporové topné těleso je zbudováno do desek z přírodního (umělého) mramoru nebo do betonového panelu (obr. B.9.6). Velikost panelu je dána jeho výkonem. Sálavé panely se umisťují buď na strop nad místo nejčastějšího pobytu osob nebo na stěny. V případě umístění sálavého panelu na stěnu se jeho účinnost zvýší tím, že část přenosu energie je prováděna konvekcí.

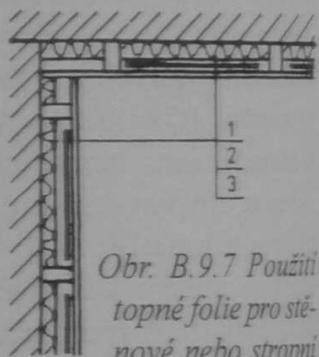
Topné fólie, kdy odporový topný vodič je umístěn mezi dvě slepené fólie. Na strop nebo na stěnu se upevňují pomocí speciálních lepidel, stejně jako tapety. Případně se tyto fólie umisťují nad podhledy, pod vrchní vrstvu podlahy nebo za obklad stěn (obr. B.9.7). Při povrchovém použití je určitou nevýhodou to, že při úpravách v místnosti musíme zajistit, aby nedošlo k poškození fólií (např. při zavěšování obrazů apod.).

Topné závěsy, kdy se jedná o textilní závěsy s vetkaným odporovým topným vodičem. Z bezpečnostních důvodů jsou topné závěsy napájeny malým napětím (např. 24V). Jejich používání je zatím ojedinělé, proto je jejich výroba prováděna pouze na zakázku speciálními firmami. U nás tyto topné závěsy jsou použity pouze v některých reprezentačních historických objektech.

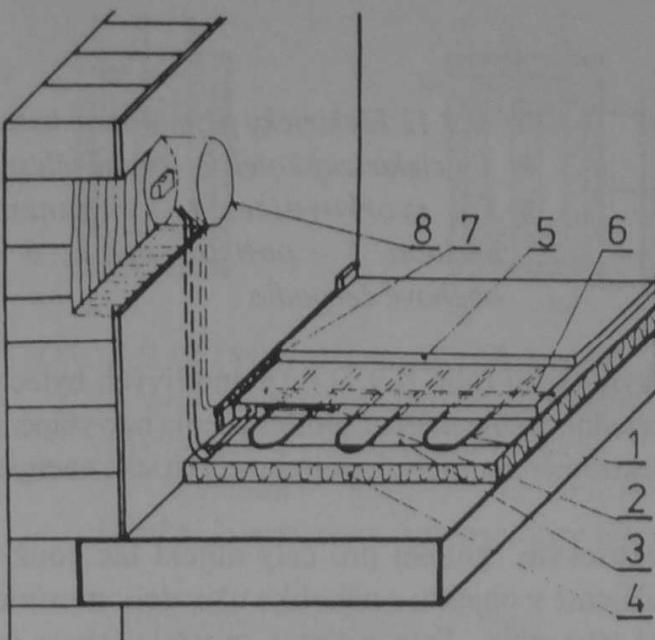
Podlahové vytápění (obr. B.9.8), kdy topné kabely jsou umístěny těsně pod povrchem podlahy s minimální tloušťkou krycí vrstvy proto, aby byla minimalizována akumulace tepla v podlaze. Na stropní konstrukci se rozprostře tepelná izolace, která zabraňuje úniku tepla do stropní konstrukce a do spodního prostoru. Na tepelnou izolaci se dává hliníková folie pro zabezpečení rovnoměrného rozložení teploty po celé otopné ploše. Topný kabel se upevní na armovací rošt a celá plocha se zalije betonem. Podlahové přímotopné vytápění je možné také provést „suchou cestou“ bez betonové vrstvy.



Obr. B.9.6 Sálavý topný panel  
1 – elektrický topný vodič, 2 – svorkovnice

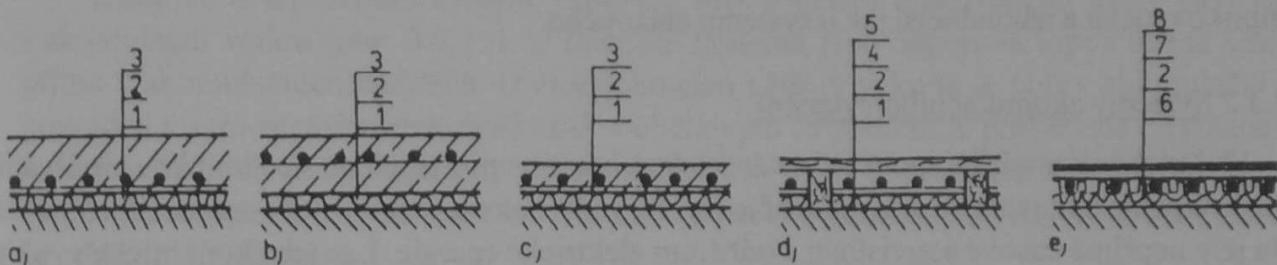


Obr. B.9.7 Použití topné folie pro stěnové nebo stropní sálavé vytápění  
1 – tepelná izolace, 2 – topná folie, 3 – obklad



Obr. B.9.8 Přímotopné podlahové vytápění

- 1 – topný panel,
- 2 – termostat,
- 3 – hliníková folie,
- 4 – tepelná izolace,
- 5 – nášlapná vrstva,
- 6 – upevňovací rošt,
- 7 – dilatace,
- 8 – svorkovnice.

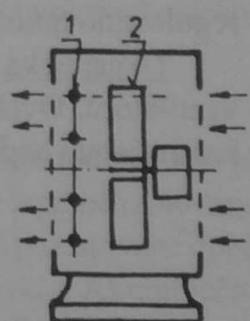


Obr. B.9.9 Druhy elektrického podlahového vytápění

- a) akumulační,
  - b) poloakumulační,
  - c) přímotopné,
  - d) přímotopné s dřevěnou podlahou,
  - e) přímotopné s vyloučením mokrého procesu provádění;
- 1 – tepelná izolace, 2 – elektrotopný kabel s nosnou mříží, 3 – betonová akumulační a krycí vrstva, 4 – vzduchová mezera, 5 – parketová podlaha, 6 – speciální panel, 7 – ocelový nebo hliníkový plech, 8 – nášlapná vrstva.

### Teplovzdušné jednotky

V jednotkách teplovzdušného vytápění je odporovými topnými spirálami ohříván vzduch jehož proudění zajišťuje ventilátor. Tyto jednotky mohou být samostatné (lokální) – obr. B.9.10 – nebo součástí strojovny vzduchotechnického zařízení (centrální). Určitou nevýhodou tohoto systému vytápění je případný hluk ventilátorů a větší rychlosť proudění vzduchu, které má vliv na víření prachu, virů a bakterií. Aby se dosáhlo potřebných topných výkonů při malých rozměrech jednotek, jsou topné spirály žhaveny na vyšší teplotu. Dochází tak k vysoušení vzduchu a vytváření odéru ze spalovaného prachu obsaženého v ohřívaném vzduchu a usazeném na topných spirálách. Při umístování těchto jednotek musíme počítat s teplotou a rychlosťí vzduchu u výdechu z jednotky. Při umístění výdechu v blízkosti oblasti pobytu lidí může dojít ke zhoršení prostředí vlivem teploty a rychlosti vzduchu. Pokud výfuk nasměrujeme směrem ke stěně, dochází k víření vzduchu a uvolňování prachu usazeného na stěně. Jednotky proto volíme nejen podle požadovaného topného výkonu, ale také podle množství a rychlosti proudícího vzduchu v závislosti na místě jejich umístění. Mezi teplovzdušné jednotky zahrnujeme také elektrické klimatizační jednotky. Problematika teplovzdušného vytápění a klimatizace je podrobněji řešena v části vzduchotechniky.

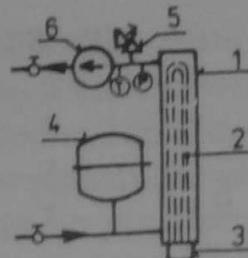


Obr. B.9.10 Elektrický lokální teplovzdušný ventilátor

- 1 – elektrické topné spirály,
- 2 – ventilátor

### Teplovodní vytápění

Principem je elektrický odporový nebo elektrodový ohřev topné vody v elektrickém kotli, který je napojen na systém teplovodního vytápění s otopnými tělesy nebo podlahovým vytápěním.



Obr. B.9.11 Elektrický přímotopný kotel  
1 – elektrický kotel, 2 – topné těleso,  
3 – svorkovnice, 4 – expazní nádoba,  
5 – pojistný ventil, 6 – oběhové čerpadlo

Etážový systém, se samostatnými elektrickými kotly (obr. B.9.11) v jednotlivých bytech nebo patrech. Tento systém je výhodný proto, že zjednoduší měření spotřeby tepla na vytápění pro jednotlivé uživatele, které je zabezpečeno elektroměrem, měřící spotřebu elektrické energie jednotlivých uživatelů.

Centrální systém s jedním společným elektrickým kotlem pro celý objekt lze použít v objektech s jedním uživatelem. Pokud jej použijeme v objektu s několika uživateli, musíme zajistit měření spotřeby tepla pro jednotlivé uživatele. Toto měření spotřeby tepla je komplikovanější a nákladnější jak u systému etážového.

### B.9.3.2 Systémy akumulačního vytápění

Elektrické akumulační spotřebiče mění elektrickou energii v tepelnou s podmínkou předávání tepla do tepelně izolovaného akumulačního média, vody, betonu, šamotu nebo magnezitu. Využití tepla je v nepřímé časové souvislosti s odběrem elektrické energie. Lze tak ekonomicky využít elektrickou energii v době snížení jejího odběru pro jiné účely.

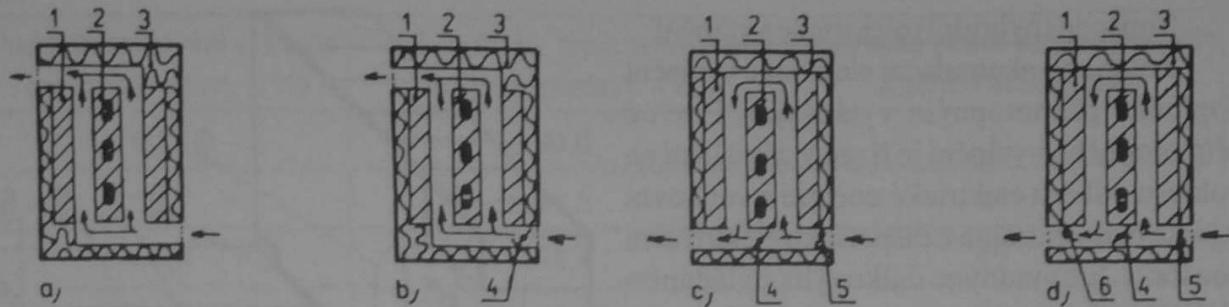
#### Akumulační kamna

U akumulačních kamen (obr. B.9.12) se teplo akumuluje v jádru složeném ze šamotových nebo magnezitových cihel. Podle konstrukce a vnitřního regulačního systému vybíjení rozlišujeme tři typy. Nevhodou akumulačních kamen je jejich vysoká hmotnost daná hmotností akumulačního jádra, vysoká vnitřní a povrchová teplota. Při použití akumulačních kamen musíme počítat s tím, že v jejich blízkosti nesmí být umístěny hořlavé předměty. Tím se zmenšuje užitný prostor místnosti. Vzhledem k jejich nevhodám a obtížné regulovatelnosti se tato kamna přestavají používat, protože se jedná o zastaralý systém vytápění, který je nahrazován hybridními akumulačními kamny.

Statická akumulační kamna (typ I), u kterých dochází ke statickému (samovolnému) vybíjení tepla. Jsou vhodná pro objekty s velkou tepelnou setrvačností pro prostory bez požadavku na přesnou hodnotu vnitřní teploty. Zajišťují pouze krátkodobé vytápění (cca 10 hodin) po jejich nabítí.

Akumulační kamna s regulační klapkou (typ II), jedná se o statická akumulační kamna (typ I) vybavená regulační klapkou umístěnou ve vnitřním vzduchovém kanálku. Touto klapkou je regulováno množství vzduchu pro předávání tepla.

Dynamická akumulační kamna (typ III) mají nucené předávání tepla pomocí zabudovaného ventilátoru. Ovládáním tohoto ventilátoru lze regulovat teplotu v místnosti. Tato akumulační kamna jsou vhodná k vytápění a umožňují přesnější regulaci teploty v místnosti.



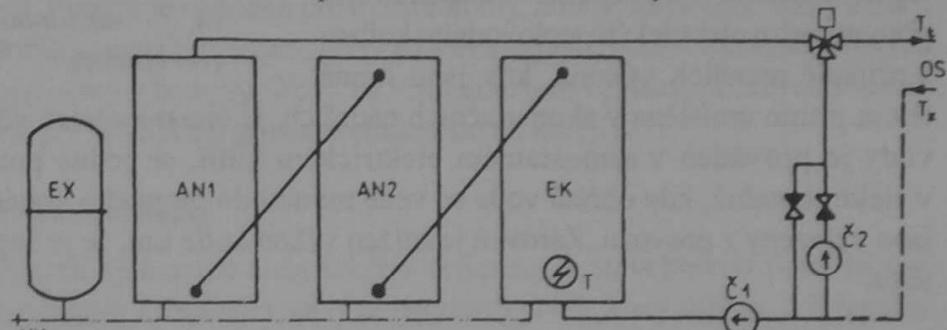
Obr. B.9.12 Druhy akumulačních kamen

a – provedení I, statická; b – provedení II, statická s regulační klapkou; c – provedení III, dynamická; d – dynamická hybridní

1 – akumulační jádro, 2 – tepelná izolace s pláštěm, 3 – topné těleso, 4 – regulační klapka, 5 – ventilátor, 6 – přímotopné těleso

#### Akumulační teplovodní systémy

jedná se o teplovodní systém vytápění, kdy součástí elektrického kotla jsou nádrže s akumulační vodou (obr. B.9.13). U menších systémů jsou odporová topná tělesa umístěna přímo v akumulačních nádržích. U elektrokotelen větších výkonů je ohřev akumulační vody prováděn v samostatném elektrickém kotli a oběhovým čerpadlem je provedena cirkulace mezi kotlem a akumulačními nádržemi. Ohřev akumulační vody je prováděn v době nízkého tarifu elektrické energie, tj. převážně v noci. Množství požadované akumulační vody a tím velikost nádrží je dáno maximální teplotou akumulační vody, teplotou vratné vody a potřebou tepla pro vytápění v době nabíjení. Akumulační teplovodní systém je výhodný pro nízkoteplostní vytápění, kdy maximální teplota topné vody je  $55^{\circ}\text{C}$ .



Obr. B.9.13 Princip akumulační elektrokotelny  
EK – elektrický kotel, T – topné těleso, AN 1, 2 – akumulační nádrže, OS – otopná soustava, Č1 – oběhové čerpadlo nabíjecí, Č2 – oběhové čerpadlo pro vytápění, EX – expazní nádoba, VK – vypouštěcí kohout

Centrální akumulační teplovodní systém je vhodný pro objekty s jedním uživatelem. V objektu s více uživateli můžeme tento systém použít, pokud je zajištěno měření spotřebovaného tepla u jednotlivých uživatelů.

Etážový akumulační teplovodní systém je pro mnohé objekty nevhodný z důvodů umístění akumulačních nádrží ve vyšších podlažích kvůli statickému zatížení a nebezpečí vyplavení objektu při havárii akumulačních nádrží.

#### Akumulační podlahové vytápění

Jedná se o sálavé podlahové vytápění s topnými kably umístěnými v akumulační vrstvě podlahy (obr. B.9.14). Tato akumulační, většinou betonová, vrstva podlahy je tepelně izolována od stropní konstrukce. Tloušťka akumulační vrstvy se vypočítá v závislosti na požadované době vytápění, respektive podle délky přestávky mezi jednotlivými nabíjecími cykly. Akumulační podlahové vytápění lze přirovnat ke statickým akumulačním kamnům (typ I). Je vhodné pro objekty s velkou tepelnou setrvačností a pro prostory bez požadavku na přesnou hodnotu vnitřní teploty.

### Smíšené (hybridní) elektrické vytápění

Jedná se o akumulační elektrické vytápění doplněné přímotopným vytápěním. Provoz přímotopného vytápění je řízen v závislosti na poklesu odběru elektrické energie a venkovní teplotě buď centrálně z dispečinku elektrizační soustavy hromadným dálkovým ovládáním (HDO) nebo nastavením přepínacích hodin v oblastech, kde není HDO.

### Smíšená (hybridní) akumulační kamna

Jsou to dynamická akumulační kamna doplněná přímotopným odporovým tělesem (obr. B.9.12d). Proti klasickým akumulačním kamnům mají menší hmotnost a vyšší účinnost, protože jsou lépe regulovatelná v závislosti na venkovní teplotě, nedochází k přetápění místnosti.

### Smíšené (hybridní) teplovodní vytápění

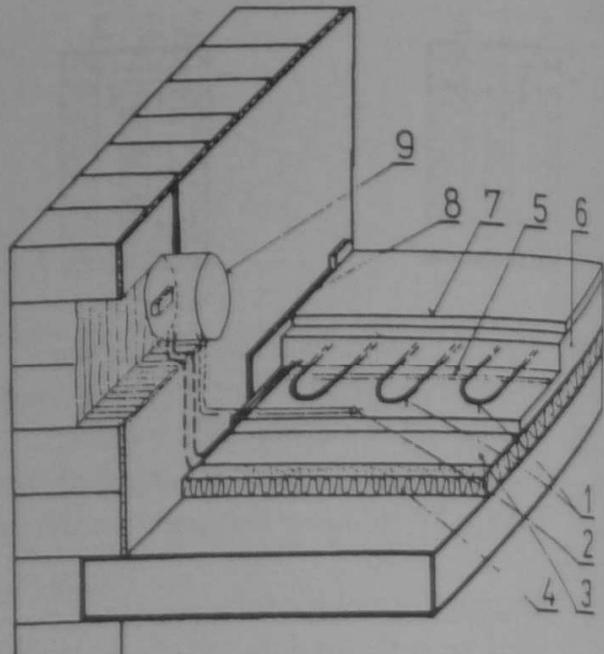
jedná se o variantu akumulačního teplovodního vytápění doplněného přímotopným elektrickým teplovodním kotlem v případě menších výkonů, kdy jsou topná tělesa přímo umístěna v akumulačních nádržích. U elektrokotelen větších výkonů, kdy ohřev vody je prováděn v samostatném elektrickém kotli, se jedná pouze o úpravu propojení v elektrokotelne, kdy ohřátá voda se vede rovnou do otopného systému a akumulační nádrže jsou vyřazeny z provozu. Zároveň je snížen výkon kotle tím, že je zapnuta pouze část topných těles.

## B.9.4 Dělené soustavy vytápění

V posledních letech se v zahraničí stále více uplatňují tzv. dělené soustavy vytápění. Dělenou otopnou soustavu tvoří dvě otopné soustavy. Jedna základní a druhá doplňková otopná soustava jednotlivých místností. Při použití těchto soustav se výrazně snižuje spotřeba energie oproti jiným způsobům při nezměněné tepelné pohodě. Provozní režimy dělených otopných soustav se uplatňují ve dvou variantách.

### První varianta

Dělená soustava je obdobou hybridního vytápění. Spočívá v tom, že základní otopná soustava vytápí budovu a její jednotlivé místnosti, které jsou opatřeny termostaty až do určitého poklesu venkovní teploty. Potom již základní otopná soustava nestačí zajistit požadovanou tepelnou pohodu v celé budově a jednotlivé místnosti začnou být dotápeny doplňkovými soustavami, každá místnost individuálně. Tato varianta je vhodná pro rodinné domy a objekty, v nichž spotřebu na temperovaném objektu i na diferencované vytápění jednotlivých místností hradí týž subjekt. Při tomto režimu se přímým vytápěním dodává jen malý podíl celoroční spotřeby tepla (tab. B.9.III). Je-li základní otopná soustava dimenzována na 66,7 %, dodá přímotopná doplňková soustava pouze 3,5 % roční spotřeby elektřiny na vytápění, i když je v provozu 31 dnů, t.j. cca 13,7 % dnů celé otopné sezóny (otopná sezóna je v průměru 225 až 235 dnů).



Obr. B.9.14 Akumulační podlahové vytápění

1 – topný kabel, 2 – termostat, 3 – hliníková folie, 4 – tepelná izolace, 5 – upevňovací rošt, 6 – akumulační betonová vrstva, 7 – nášlapná vrstva, 8 – dilatace, 9 – svorkovnice

I – topný kabel, 2 – termostat, 3 – hliníková folie, 4 – tepelná izolace, 5 – upevňovací rošt, 6 – akumulační betonová vrstva, 7 – nášlapná vrstva, 8 – dilatace, 9 – svorkovnice

| Podíl dimenzování základní otopné soustavy (%) | Podíl dodávky tepla ze základní otopné soustavy (%) | Maximální počet dní, kdy dotápi doplňková soustava |
|--|---|--|
| 100,0  | 100,0   | 0  |
| 66,7   | 96,5  | 31   |
| 60,0   | 94,4  | 49   |
| 50,0   | 82,12   | 75   |

Tab. B.9.III Podíl tepla dodaného základní a doplňkovou otopnou soustavou pro první variantu děleného vytápění

#### Druhá varianta

Spočívá v tom, že celá budova se temperuje základní otopnou soustavou na teplotu 12 až 15 °C po celou otopnou sezónu (automatická regulace celého objektu). Jednotlivé místnosti jsou individuálně dotápeny doplňkovou soustavou v závislosti na způsobu jejich využívání (nastavením prostorového termostatu v každé místnosti uživatelem) a jen v době, po kterou je místnost využívána. Tato druhá varianta (režim) je výhodná tím, že temperování budovy max. do 15 °C je zahrnuto do nájmu a individuální dotápení jednotlivých místností je připojeno na bytový rozvod elektřiny individuálně měřený a placený. Obyvatelé jsou tím stimulováni k úspornému hospodaření s teplem. Použití je výhodné pro bytové domy, hotely, ubytovny, školy a další veřejné budovy. Nejvýhodnější je použití v budovách s časově nestejným využíváním jednotlivých místností (hotely, ubytovny, veřejné budovy, školy, ve Francii se tento způsob dělených soustav vytápění uplatňuje úspěšně při výstavbě a provozu studentských kolejí).

### B.9.5 Samoregulační ohřívací systémy

S výhodou se při různých aplikacích elektrického vytápění ve stavebnictví používá tzv. samoregulačních ohřívacích kabelů. Obsahují vodivý polymerový prvek, který snižuje svůj tepelný výkon jakmile okolní teplota v okolí vodiče stoupá. Vzhledem k tomu, že se výkon se zvyšující se teplotou snižuje, označuje se jako samoregulační. Tato vlastnost je předurčuje k dalším praktickým využitím ve stavebnictví a technické praxi.

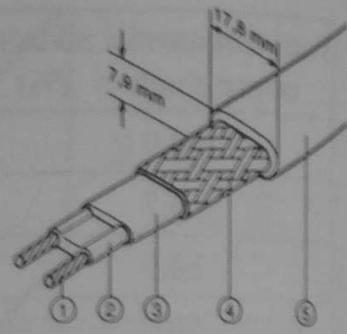
Samoregulační ohřívací systémy se mohou s výhodou použít v rozličných oblastech stavebnictví.

- a) Ochrana okapových žlabů a dešťových odpadů před škodami způsobenými mrazem. Při využitých klimatických podmínkách se tvoří v okapových žlabech a dešťových odpadech souvislé vrstvy ledu a námrazy. Ty mohou poškodit stavbu i ohrožovat bezpečnost osob v okolí objektu. Samoregulační kabel vložený do žlabu a dešťového odpadu odstraňuje námrazy plynule
- b) Ochrana venkovních ploch před námrazou. Jde zejména o chodníky, garážové a pracovní rampy a schodiště. Nahrazuje mechanické nebo chemické odstraňování sněhu a ledu a zvyšuje bezpečnost. Samoregulační kabely vložené do této konstrukcí zajišťují trvale odtávání sněhu i ledu automaticky. Může se výhodně využít i pro odtávání sněhu na terasách a balkonech.
- c) Ochrana potrubí před mrazem v případech, kdy nemůže být uloženo v nezámrzné hloubce nebo uvnitř vytápěných prostor. Samoregulační kabel se připevní k potrubí a armaturám, které mají být chráněny. Může se jednat také o ochranu nádrží i olejového potrubí při vytápění LTO.

d) Udržování zvolené teploty v rozvodných potrubích. S výhodou se této možnosti využívá při rozvodech TUV. Při centrálním rozvodu TUV může topný samoregulační kabel nahradit cirkulační potrubí (viz kapitola B.11, Obr. B.11.3).

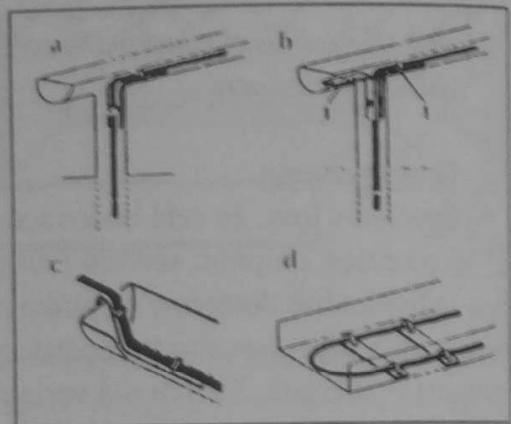
Obr. B.9.15 Samoregulační kabel

1 – měděný vodič, 2 – samoregulační topný prvek, 3 – elektrická izolace, 4 – pocinované měděné stínění, 5 – ochranný plášť

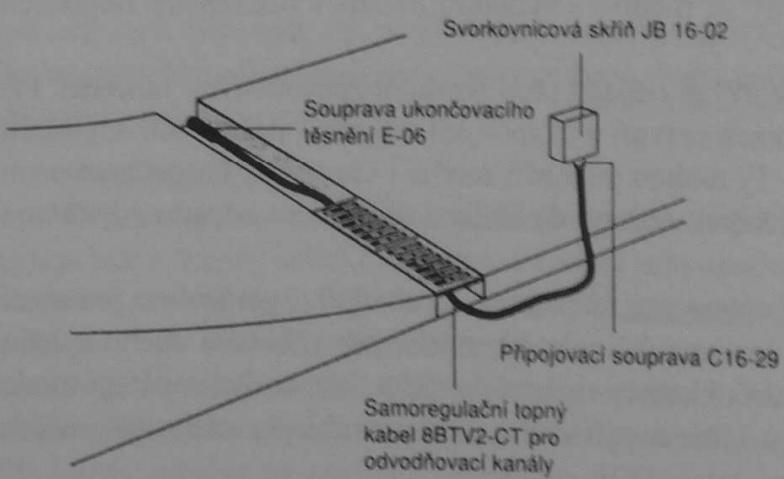
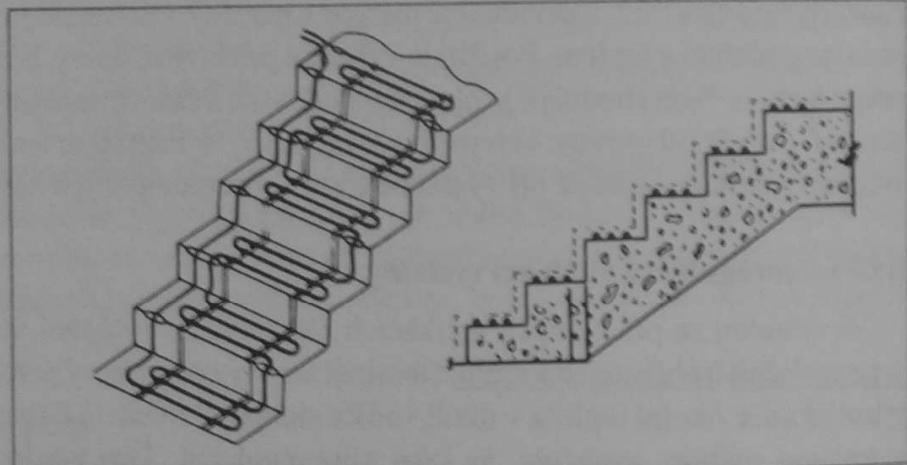


Obr. B.9.16 Příklad uložení samoregulačních kabelů ve žlabu a dešťovém odpadu

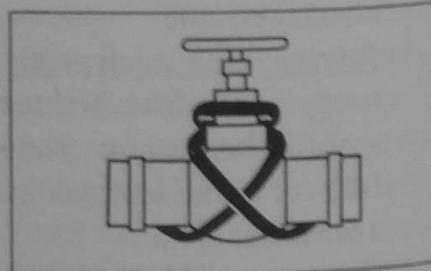
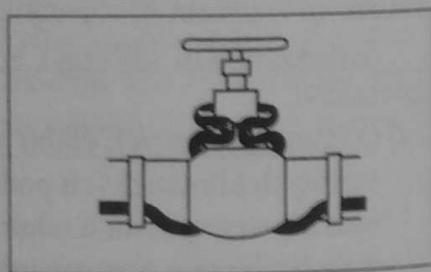
a – přechod ze žlabu do odpadu, b – oboustranný přechod ze žlabu do odpadu, c – přechod kabelu ze střechy do žlabu, d – uložení dvou kabelů v širokých žlabech, 1 – přichytka



Obr. B.9.17 Příklad uložení samoregulačních kabelů na venkovním schodišti



Obr. B.9.19 Výtápení odvodňovacího žlabu rampy



Obr. B.9.20 Ochrana potrubí a armatur před mrazem

## B.10 Obnovitelné (netradiční) zdroje energie

V posledních letech můžeme zaznamenat v celosvětovém měřítku snahu o úspory energie všech druhů. Největší pozornost se přitom věnuje úsporám odpadní, nevyužité energie, zejména tepelné.

Spotřeba různých forem energie stoupá ve světě velmi rychle, o 5 i více % ročně.

Stupeň využití energie je v různých státech odlišný a je dán hlavně účinností přeměny, skladbou primárních zdrojů, ale i vyspělostí a technickou vybaveností země.

Využití obnovitelných netradičních energetických zdrojů se stalo ve světě velmi rozsáhlým novým oborem. Tato kapitola má za cíl podat základní informace o problematice jejich využití. Podrobněji se mohou studenti s touto problematikou seznámit v rámci volitelného předmětu TZI-IV (skripta Medek: Netradiční zdroje energie a architektura, Vydavatelství ČVUT 1998).

Úsilí o rozvoj světové energetické základny je možné charakterizovat takto:

- vyšší využití energie Slunce, větru, moře, Země,
- využívání biologických zdrojů - biomasy a bioplyny,
- využívání druhotných zdrojů energie vznikajících při technologických procesech, při výrobě elektrické energie a dalších činnostech,
- maximální snižování ztrát energie (zavedením úsporných opatření, zaváděním polovodičů, modernizací osvětlení atd.),
- intenzivnější využívání energetického potenciálů vodních toků ke krytí špičkové spotřeby energie,
- zavádění moderních technologií zpracování a využívání tuhých paliv a ropy za současného řešení ekologických problémů,
- rozvoj jaderné energetiky (lehkovodní a rychlé reaktory) při současném dodržování bezpečnosti a ochrany životního prostředí,
- vývoj termonukleárních reaktorů pro lehké prvky.

### B.10.1 Základní rozdělení zdrojů energie

Zdroje energie na Zemi můžeme rozdělit do tří základních skupin, a to na zdroje tradiční, na obnovitelné zdroje a na zdroje trvalé.

#### B.10.1.1 Tradiční zdroje energie

Jsou vázány na určité místo, jejich množství je omezené a jejich zásoby se těžbou nezadržitelně zmenšují.

Tuhá paliva – pro energetické účely je nejdůležitější hnědě uhlí, které slouží jako palivo v elektrárnách a teplárnách.

Kapalná paliva – nejdůležitější místo mezi kapalnými palivy zaujímá ropa. Z 90 % se zpracovává na paliva a z 10 % na maziva.

Plyná paliva – tvoří důležitou část světových energetických zdrojů. Nejfektivnější surovinou je zemní plyn.

Primární elektrická energie – jako primární označujeme elektrickou energii získanou přímo z primárních zdrojů energie (slunce, vodní toky, vítr, mořský příliv, zemské nitro, uran, atd.). Z těchto primárních zdrojů náleží do tradičních vyčerpávajících se zdrojů pouze energie jaderná.

### B.10.1.2 Obnovitelné zdroje energie

Typickým příkladem obnovující se energie je koloběh vody v přírodě. Vodní zdroje jsou vázány na určité místo, jako tradiční zdroje energie, jsou také omezeny co do velikosti a množství, avšak neustále se doplňují a obnovují.

Využívá se hlavně polohová a pohybová energie tekoucích vod. Po vyčerpání energie odteče voda do moří, kde má nejnižší potencionální energii. Původní energii však voda získává opět působením slunečního záření, odpařování z moře a navrácením se zpět na místa vysoké potencionální energie. Tento koloběh (uzavřený) je jedním z nevyčerpatelných, obnovujících se zdrojů energie na Zemi. ČR však patří mezi státy, které jsou na vodu velmi chudé.

Energie se získává pomocí vodních turbin konstruovaných pro „velké vodní elektrárny“, ale i pro „malé vodní elektrárny“.

### B.10.1.3 Trvalé zdroje

Mezi trvalé zdroje energie zařazujeme energii slunečního záření, větru, geomateriální energie Země, energie z vesmíru, termonukleární energii a energii z moře.

K trvalým zdrojům počítáme i ty, které jsou zatím méně známé a využívané, jako energie biomasy, bioplynu a energie vodíku.

Zelená hmota – biomasa váže energii Slunce fotosyntézou. Z biomasy lze vypálit methanol, lze ji proměnit na metan nebo ji přímo spalovat. Biomasa se neustále obnovuje. Jeden kilogram sušené rostlinné hmoty obsahuje asi 5 kW energie.

Vodík je nejlehčí známý prvek – s kyslíkem tvoří výbušnou směs. Sluneční energie pomáhá rozložit vodu na vodík a kyslík. Vodík je 150x výhodnější než benzín.

## B.10.2 Nekonvenční zdroje energie

Hlavní zdroje energie, které můžeme zařadit mezi nekonvenční, jsou energie sluneční, energie větru, moře, geotermální energie, energie z vesmíru, termonukleární energie, energie biomasy a bioplynu.

### B.10.2.1 Využití sluneční energie

Sluneční záření představuje obrovský nevyčerpatelný zdroj energie, který navíc neznečistuje okolí.

Osálaná plocha získává ze slunečního záření určitý energetický příkon, jehož velikost závisí:

- na denní a roční době,
- na zeměpisné šířce,
- na klímatických poměrech a povětrnostní situaci,
- na sklonu osáláné plochy vzhledem k úhlu dopadu slunečního záření,
- na čistotě osálaných ploch,
- na čistotě ovzduší (součinitel znečistění atmosféry) atp.

Česká republika nemůže zatím počítat s vysokým podílem slunečního záření ve své energetické bilanci. Hlavním důvodem je zeměpisná šířka, převládající západní proudění a s tím související oblačnost, která způsobuje, že doba slunečního svitu v ČR nedosahuje prakticky nikde 2000 hodin.

Na 1 m<sup>2</sup> dopadne v ČR za rok cca 1,05 Až 1,28 KWh, využitelnost dopadající energie je však mnohem menší. Tato dopadající energie je velmi nerovnoměrně rozložena.

Abychom si učinili obraz, jak ovlivní využívání solární energie výstavbu, provedeme stručný přehled systémů.

#### Pasivní způsob využití sluneční energie

Pasivní způsob využití spočívá v tom, že je přímo využito dopadající sluneční záření k potřebám oteplování místnosti pomocí:

- vhodné orientace objektu ke světovým stranám,
- architektonickým ztvárněním hmot,
- výběrem stavebních materiálů s vhodnou akumulační schopností atp.

#### Aktivní způsob využití sluneční energie

Existuje celá řada aktivních způsobů, jak využívat sluneční energii. Základní z nich jsou:

##### a) Kapalinový kolektor (obr. B.10.1)

Kapalinový kolektor je vlastně absorpční deska, kterou protéká teplonosné médium. Deska je opatřena tepelnou izolací a s horní osluněně strany je kryta zasklením nebo fólií. Záření dopadá na černě zbarvenou absorpční desku, která se zahřívá a předává teplo prouducí kapalině.

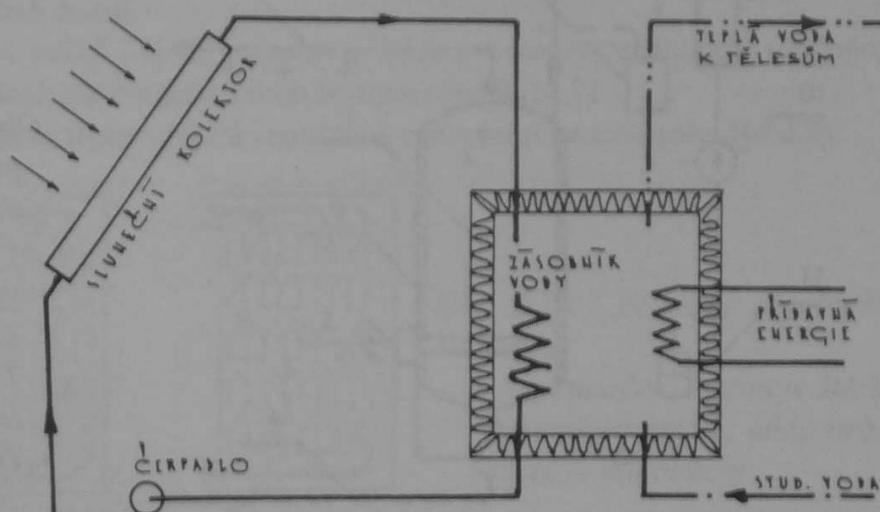
Ta teplo předává do vody (zásobník vody tepelně izolovaný), která se rozvádí do otopních těles. Základní schéma je uvedeno na obr. B.10.2.

Je znám značný počet typů plochých kapalinových kolektorů na

bázi plastických hmot, pryže, kovů, slitin atp. Pro zvýšení účinností zařízení bývá absorpční deska kryta fólií, nebo dvojím i vícenásobným zasklením. Absorpční plocha může být opatřena selektivním nátěrem, který snižuje vyzařování energie ze sluncem zahřátého absorbéra.



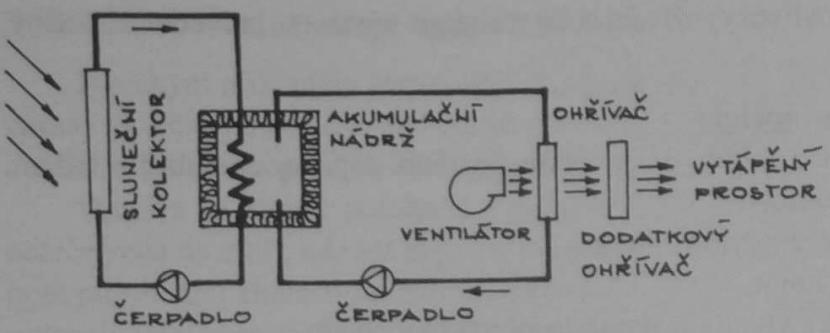
Obr. B.10.1 Deskový kapalinový kolektor



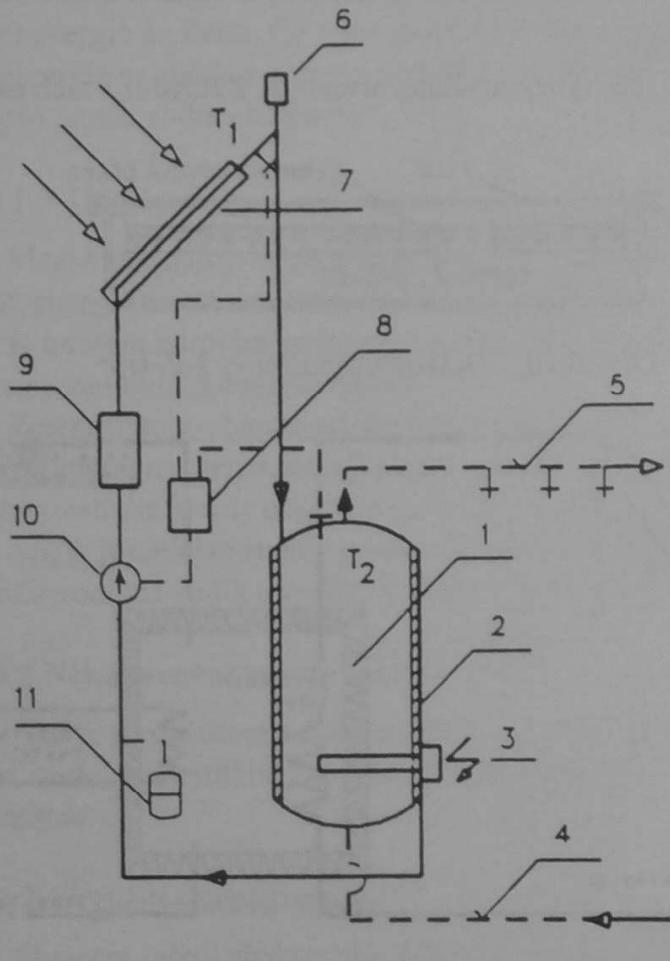
Obr. B.10.2 Základní schéma vytápění solární energií (kapalinový deskový kolektor)

Na kapalinový kolektor musí navazovat další technické zabezpečení, jako akumulace tepla a dodatkový zdroj tepla, aby bylo možno ve vytápění překlenout období, kdy slunce nedává dostatek energie.

Právě tak musí být vhodně zvolena otopná soustava v budově. Ukazuje se, že je nejhodnější volit systémy s nízkou teplotou topného média (podlahové vytápění apod.). Vhodné se jeví i použití teplovzdušného vytápění, jak je patrno z obr. B.10.3.

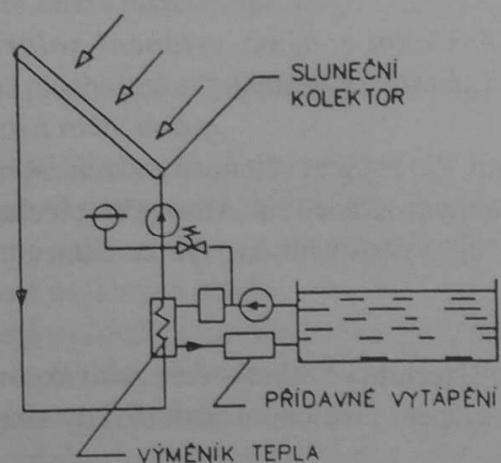


Obr. B.10.3 Schéma teplovzdušného vytápění s využitím sluneční energie akumulované do vody



Obr. B.10.4 Solární zařízení pro přípravu TUV s elektrickým přítápěním

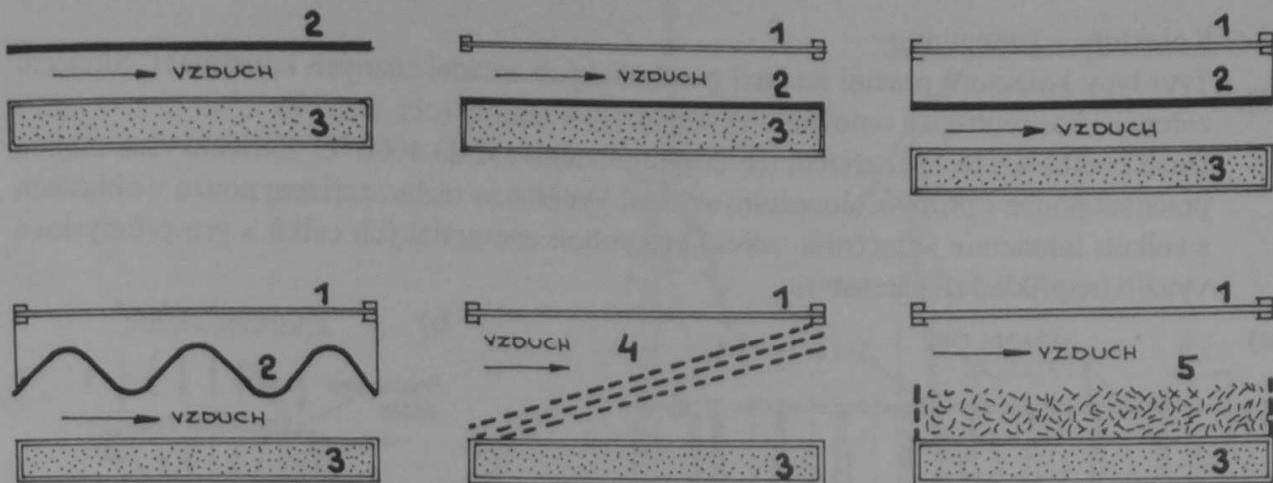
1 – zásobník TUV, 2 – pláštový výměník, 3 – elektrické přítápění, 4 – studená voda, 5 – odběr TUV, 6 – odvzdušnění, 7 – kolektor, 8 – řízení a regulace čerpadla, 9 – zpětná klapka, 10 – čerpadlo, 11 – expanzomat,  $T_1+T_2$  – termostaty



Obr. B.10.5 Nepřímé ohřívání bazénové vody solárním zařízením

### b) Vzduchové kolektory

Funkcí a provedením jsou vzduchové kolektory podobné plochým kapalinovým kolektorem s tím rozdílem, že teplonosným médiem, proudícím mezi absorbérem (kolektorem) a zásobníkem tepla, je vzduch. Základní typy vzduchových kolektorů jsou uvedeny na obr. B.10.6.



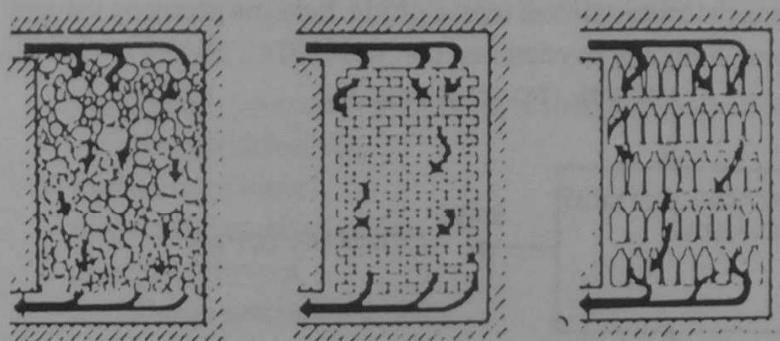
Obr. B.10.6 Typy vzduchových kolektorů

1 – optický prostupný kryt, 2 – absorbér, 3 – izolace, 4 – vrstvy pletiva, 5 – vrstva např. měděných třísek

Vzduchové kolektory mohou být konstruovány na proudění vzduchu horizontální, kdy plochy jsou umístovány na střechy; vertikální proudění vzduchu umožňují vzduchové kolektory situované nejčastěji na fasádách domů.

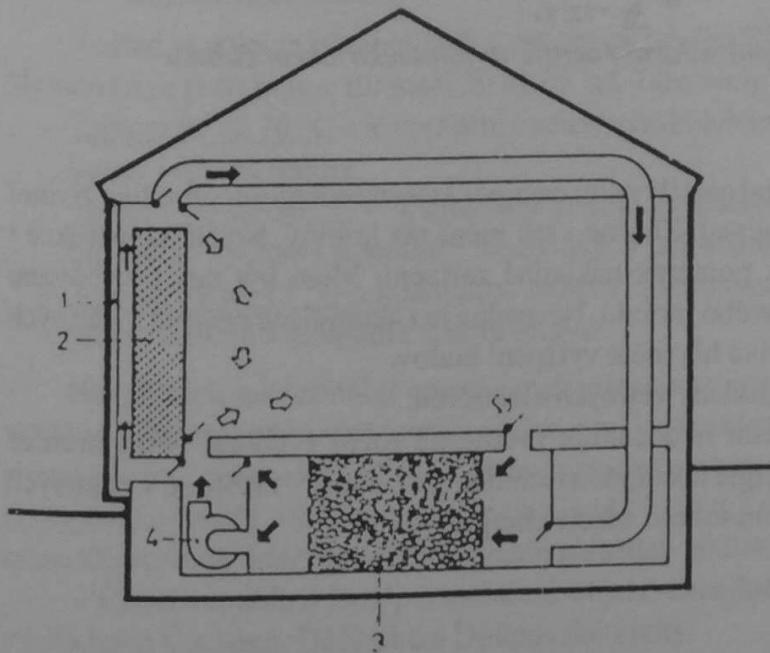
Zásobníkem tepla bývá velký objem kameniva, štěrku, betonových bloků, umístěný v izolovaném obalu v základech stavby nebo mimo budovu (obr. B.10.7)

Z tohoto zásobníku tepla se teplo odebírá ventilací k ohřívání místnosti (obr. B.10.8).



Obr. B.10.7 Příklady zásobníků tepla

Akumulační hmotou je štěrk, keramická hmota, cihla nebo voda (v nádobách)



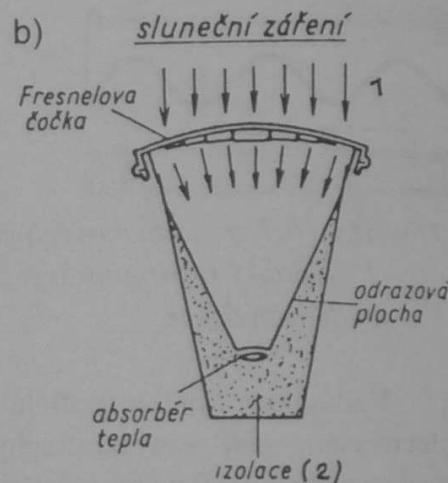
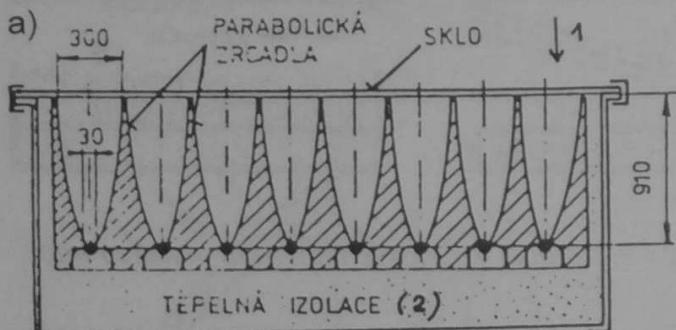
Obr. B.10.8 Přímé, teplovzdušné vytápění sluneční energií

1 – zasklení, 2 – masivní jižní stěna, 3 – štěrkový akumulátor tepla, 4 – ventilátor

### c) Kolektory – koncentrátoře

Tyto typy kolektorů pracují na bázi parabolických zrcadel různých konstrukcí. Sluneční záření se koncentruje a umožňuje vyvinout vyšší teploty (obr. B.10.9).

Další kombinací těchto zařízení lze dosáhnout teplot až do  $4000^{\circ}\text{C}$ . Zařízení však mohou pracovat pouze s přímým slunečním svitem. Využívá se těchto zařízení pouze v oblastech s velkou intenzitou slunečního záření pro pohon energetických celků a pro průmyslové využití (například slévárenství).

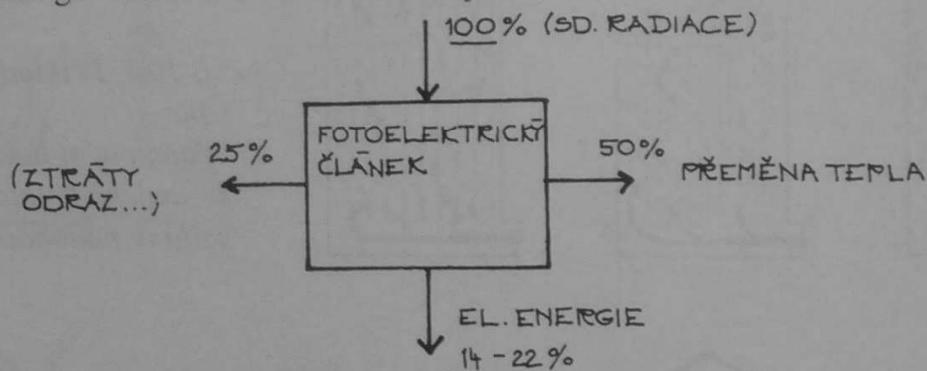


Obr. B.10.9 Sluneční kolektor

- a) násobný koncentrátor; b) Fresnelova čočka;
- 1 – sluneční paprsky, 2 – izolace

### d) Přímá přeměna slunečního záření na el. energii

Širšímu uplatnění zařízení pro přímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii brání jejich poměrně vysoké výrobní náklady a velmi malá účinnost kolem 8 – 15 %. Lze však předpokládat, že hlavní rozmach těchto zařízení teprve přijde. Schéma přeměny vstupní solární energie ve fotoelektrickém článku je uvedeno na obr. B.10.10.



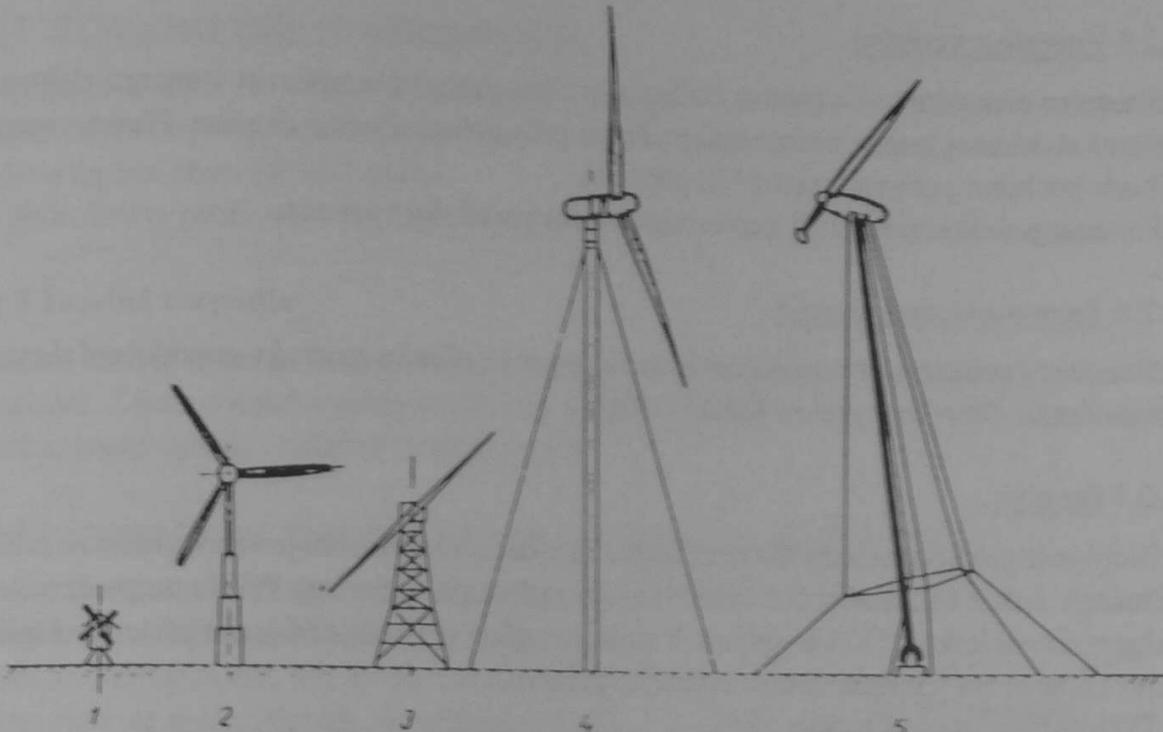
Obr. B.10.10 Schéma přeměny vstupní solární energie ve fotoelektrickém článku

### B.10.2.2 Energie větru

Vítr je velmi levný, i když poněkud nestálý zdroj energie. Získaná energie neohrožuje životní prostředí neboť nevytváří škodlivý odpad. Značně však mění ráz krajiny. Nosná konstrukce i větrný motor s generátorem je však poměrně nákladné zařízení. Musí být navíc vybaveno zařízením na regulaci kmitočtu střídavého proudu. Nesnadná je i akumulace energie z větrných elektráren. Elektrický proud se využívá hlavně k vytápění budov.

Na obr. B.10.11 jsou uvedeny příklady větrných elektráren.

V naší republice na 60 % území nedosahuje průměrná roční rychlosť větru hranice ekonomického využití pro výrobu energie dostupnou technikou, t.j.  $4 \text{ m.s}^{-1}$ . Přesto se v některých vhodných oblastech počítá i s využitím tohoto zdroje energie.



Obr. B.10.11 Příklady větrných elektráren postavených v Dánsku, USA a SRN

1 – malá větrná elektrárna do výkonu 90 kW; 2 – větrná elektrárna TVIND výkonu 2 MW (Dánsko); 3 – větrná elektrárna v Severní Karolině (USA), pro poruchu již demontována; 4 – větrná elektrárna GROWIAN o výkonu 3 MW (SRN); 5 – jednokřídlová větrná elektrárna budoucnosti (výkon až 10 MW – SRN).

#### B.10.2.3 Energie moře

Moře je nevyčerpatelným zdrojem energie. Počítá se s praktickým využitím:

- energie mořských vln,
- mořského příboje,
- mořských proudů,
- přílivu a odlivu a
- termálního gradientu moří.

#### B.10.2.4 Geotermální energie

Reálné využití se předpokládá v oblastech jižního Slovenska. Teplota geotermálních vod Slovenska se pohybuje v rozmezí 20 až 95 °C. Této vody je možno využívat:

- Teplota 95 až 70 °C – k vytápění budov, výrobních hal, skleníků i k ohřevu TUV, k sušení kultur i dřevní hmoty.
- Teplota 70 až 30 °C – k nízkoteplotnímu podlahovému vytápění budov, ohřevu TUV, plošnému vytápění skleníků a fóliovníků, k celoročnímu provozu koupališť.
- Teplota 30 až 15 °C – k půdnímu ohřevu skleníků nebo fóliovníků, pro účely chovu ryb, plnění bazénů a koupališť v letní sezóně.

Nevýhodou geotermální energie je poměrně nesnadný přístup k jejím zdrojům. Zatím se využívají převážně přirozené vývěry, ale jen v málo případech se využívá vrtů. Využití geotermální energie se jeví ekonomicky i ekologicky výhodné a podmínky pro další rozšíření jsou příznivé (vytápění kolonády v Karlových Varech – voda 72,2 °C). Problémem je zpravidla velký obsah minerálů ve vodě, který způsobuje rychlé zarůstání teplosměnných ploch.

V České republice jsou perspektivní oblasti západočeských lázní, labská zóna v severo-východních Čechách, Děčínsko a Dourovské vrchy.

#### B.10.2.5 Energie z vesmíru

Sluneční elektrárny ve vesmíru budou sluneční energii přeměňovat v energii elektrickou. Družicové elektrárny budou obíhat kolem Země jako geostacionární družice. Přenos energie na zemi bude probíhat pomocí laserových paprsků.

Pro energetickou situaci na Zemi nemá zatím praktický význam.

#### B.10.2.6 Termonukleární energie

Slunce je v principu termonukleárním reaktorem. Myšlenka spočívá v napodobení slunečních reakcí na Zemi. Zatím bez praktického využití.

#### B.10.2.7 Bioplyn

Bioplyn je produktem jednoho ze způsobů likvidace tekutého hnoje vznikajícího ze zvířecích exkrementů. Jedná se o anaerobní vyhnívání (bez přístupu vzduchu). Při tomto procesu vzniká 25 % humusovité látky a 75 % bioplynu. Vzniklý bioplyn se použije částečně při technologickém postupu zpracování tekutého hnoje a dále k vytápění.

Složení bioplynu:

- metan 65 %
- kysličník uhličitý 34 %
- ostatní 1 %

Výhřevnost: 23 až 25 MJ.m<sup>-3</sup>

Množství bioplynu: z 1 kg sušiny lze získat 0,6 až 0,73 m<sup>3</sup> plynu.

#### B.10.2.8 Spalování biomasy

Spalování biomasy je považováno za ekologické získávání tepla proto, že neobsahuje síru a produkce CO<sub>2</sub> při spalování odpovídá přibližně množství CO<sub>2</sub> potřebného pro růst spalované dřevní hmoty. Pro tvorbu biomasy se pěstují dřeviny pouze pro spalování na polích s cyklem růstu a reprodukce do pěti let.

Biomasa se spaluje ve speciálních kotlích. Spaluje se v podobě polen (dřevo), štěpků, dřevěných briket, peletek, ale i slámy a různého dřevního odpadu.

Spalování dřevní hmoty se řadí mezi levné zdroje tepla a lze ji kombinovat s dalšími zdroji tepla (plyn, elektřina).

Velmi často se navrhují vedle malých kotlů např. pro rodinné domky i zdroje s velkými výkony, např. pro blokové kotelny nebo malé teplárny (obec).

#### B.10.2.9 Odpadové teplo v průmyslu

Za odpadní teplo v průmyslu považujeme teplo obsažené v látkách, které opouštějí technologický proces jako dále nevyužitelné pro finální výrobek tohoto provozu.

Nositelom odpadního tepla v průmyslu mohou být chladící vody, spaliny z pecí, motorů a kotlů, výfuková pára, horké plyny a páry z různých zdrojů, kondenzáty, odpadní teplý vzduch, odpadní teplé vody, ale i vlastní teplý produkt technologického procesu.

Nositelé odpadního tepla v průmyslu mají různou teplotu, proměnlivé množství, sezónní výskyt, různý stupeň znečistění atp., takže využití tepla vyžaduje vždy individuální přístup v konkrétních podmínkách výskytu.

Využívání odpadního tepla se převážně děje rekuperačními, regeneračními výměníky nebo tepelnými čerpadly.

## B.10.2.10 Odpadové teplo ve vzduchotechnice

Odpadové teplo ve vzduchotechnice je obsaženo v odváděném znehodnoceném teplém vzdachu. Měřením na provedených zařízeních se prokázalo, že je možné zpět získat 40 až 60 % množství tepla z původně vloženého.

Podrobně je probráno v kapitole C.4 Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice.

## B.10.3 Tepelná čerpadla

Poslední léta vykazují velkou vlnu rozmachu využívání tepelných čerpadel, zejména v oblasti klimatizace. Zájem o jejich využití je vyvolán známým faktorem, že z 1 kW přiváděného příkonu lze získat topný výkon dvakrát i vícekrát vyšší.

### B.10.3.1 Princip funkce tepelného čerpadla (obr. B.10.12 a obr. B.10.13)

Každé chladící zařízení pracuje na principu předávání tepla z nižší teplotní hladiny (kde je teplo odnímáno ochlazované látky) na vyšší teplotní hladinu (kde se teplo převádí do chladící látky). Tento pochod je podle II. Zákona termodynamiky možný jedině za přivodu další energie, která se nazývá pohonnou.

Je-li využíváno chladicího efektu, hovoříme o zařízení chladicím, a odváděné teplo je odpadem a přiváděná pohonná energie nutností pro uskutečnění oběhu.

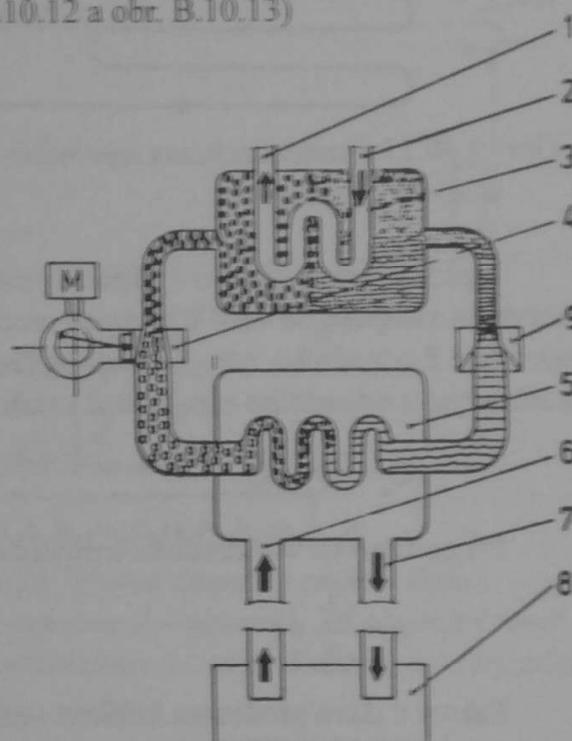
Je-li účelně využíváno teplo ze zařízení odváděné, hovoříme o tepelném čerpadle, u něhož může, ale nemusí být, ochlazování látky ve výparníku účelně využíváno. Přiváděná pohonná energie je nejen nutná pro uskutečnění oběhu, ale zároveň se po degradaci na příslušnou tepelnou hladinu mění na využitelné teplo.

Rozdíl mezi chladicím zařízením a tepelným čerpadlem není tedy v principu funkce, ale v pojetí jako využití, přičemž tepelné čerpadlo pracuje převážně v oblasti vyšších teplot a tedy i tlaků.

Každé zařízení má dvě části. Část výparníkovou, která z nějakého prostředí teplo odvádí, a část kondenzační, která toto teplo, zvětšené o podíl poháněcí energie, nějakému prostředí předává.

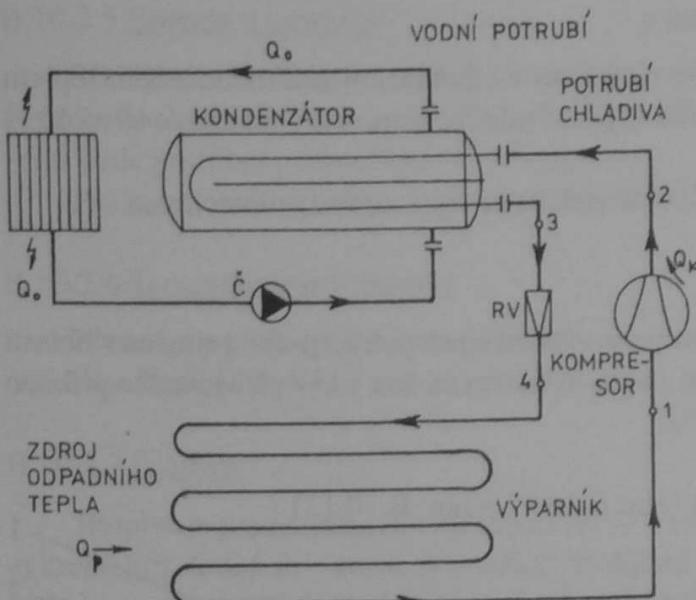
Základní princip je uveden na obr. B.10.12 a obr. B.10.13. Možné využití tepelného čerpadla k chlazení i vytápění ukazuje schéma na obr. B.10.14.

Podle systému může být tepelné čerpadlo kompresorové nebo absorpční. Pohonnou energii u kompresorového tepelného čerpadla může být elektřina (elektromotor) nebo plyn (spalovací motor). Absorpční zařízení tepelného čerpadla využívá ke svému pohonu tepelnou energii (plyn, topný olej, apod.).



Obr. B.10.12 Schéma tepelného čerpadla

1 – ohřátá voda, 2 – vratná ochlazená voda, 3 – kondenzátor, 4 – kompresor poháněný elektromotorem, 5 – výparník, 6 – přívod teplonosné látky ze zdroje tepla, 7 – odvod látky ke zdroji tepla, 8 – zdroj tepla, 9 – expanzní ventil



Obr. B.10.13 Funkční schéma tepelného čerpadla  
a letním provozu

Teplo  $Q_o$  předávané do vytápěcí soustavy se z tepelného čerpadla odvádí při vyšší teplotě než do ní vstupuje. Je větší o hodnotu mechanické práce  $Q_k$  dodané kompresorem než teplo  $Q_p$  odebrané z odpadního zdroje. Mezi teplem  $Q_o$  předávaným do otopné soustavy a teplem  $Q_p$  odebraným z odpadního zdroje platí vztah:

$$Q_o = Q_p + Q_k$$

Při posuzování efektivnosti tepelného čerpadla se zavádí pojem „topný faktor“ – ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{Q_p} > 1$$

Faktor  $\varepsilon$  dává představu kolikrát větší je teplo předané do otopné soustavy než energie udělená chladivu kompresorem.

Tento pojem však nelze zaměňovat s účinností tepelného čerpadla.

Topný faktor závisí na konstrukci tepelného čerpadla a dosahuje hodnoty 2 až 4.

### B.10.3.2 Druhy tepelných čerpadel

Podle toho, z jakého prostředí (zdroje) se teplo čerpadlem čerpá a jaká je látka teplo přijímající, mohou být tyto druhy tepelných čerpadel.

#### Čerpadlo vzduch – vzduch

Čerpá teplo z ovzduší a předává je zase vzdušnině. Může se využívat při úpravě vzduchu v budovách (klimatizace).

#### Čerpadlo vzduch – voda

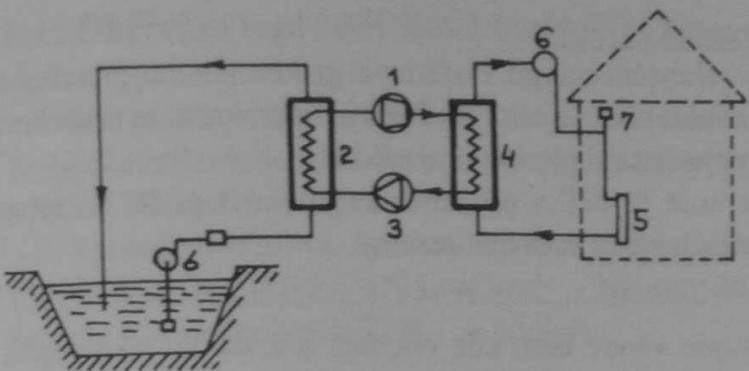
Čerpá teplo z ovzduší do vody. Teplé vody se může využívat k vytápění budov.

#### Čerpadlo voda – voda

Čerpadlo čerpá teplo z vody spodní nebo povrchové a předává je do vody (topné). Principiální schéma funkce tohoto čerpadla je uvedeno na obr. B.10.15, kdy zdrojem tepla je povrchová voda z řeky. Velmi často je využívána také voda z vrtaných studní.



Obr. B.10.14 Schéma možného využití tepelného čerpadla v zimním



Obr. B.10.15 Tepelné čerpadlo voda – voda, zdroj teplá povrchová voda  
 1 – kompresor tepelného čerpadla,  
 2 – výparník, 3 – expanzní ventil,  
 4 – kondenzátor, 5 – prvky otopné soustavy v budově, 6 – čerpadlo,  
 7 – regulace

#### Čerpadlo voda – vzduch

Čerpadlo čerpá teplo z vody a předává je do vzdušnosti.

#### Čerpadlo půda – vzduch

Čerpadlo čerpá teplo z půdy (zeminy) do vzdušnosti.

#### Čerpadlo půda – voda

Čerpadlo čerpá teplo z půdy (zeminy) do vody. Principiální schéma využití tepelného čerpadla půda – voda je uvedeno na obr. B.10.16.

#### B.10.3.3 Zdroje tepla pro tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla využívají různé druhy přírodních nízkoteplotních zdrojů energie.

#### Vzduch jako energetický zdroj

Vzduch s ohledem na jeho všeobecnou dostupnost je vhodným tepelným zdrojem. I pro naše klimatické podmínky platí, že většinu topné sezóny se pohybuje teplota vzduchu venku nad 0 °C.

Nevýhodou je malé měrné teplo vzduchu a jeho nízká měrná hmotnost. To vyžaduje doprovádat velká objemová množství značnou poháněcí energii. S tím spojené jsou problémy akustické.

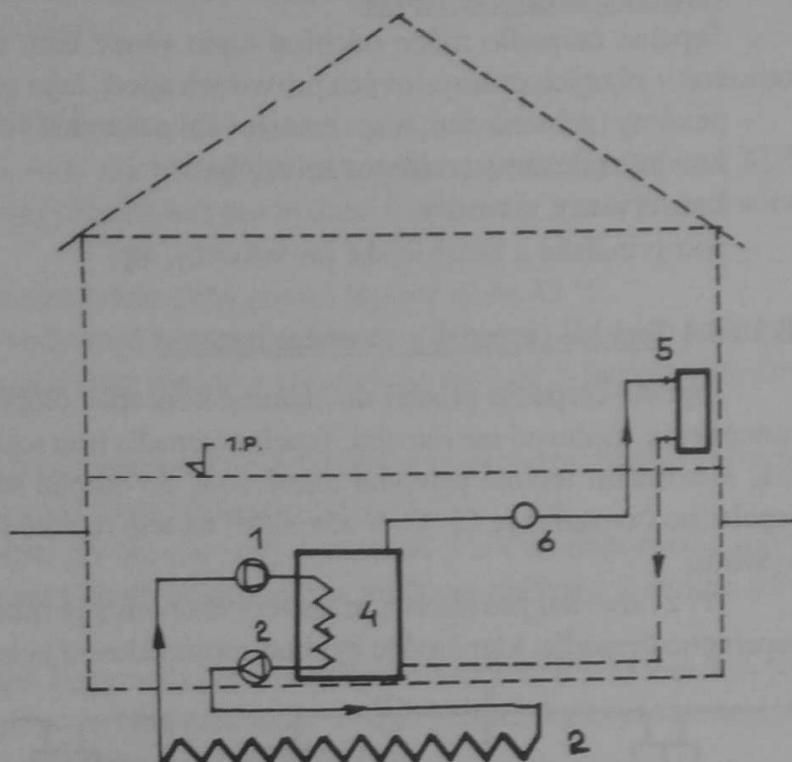
#### Spodní voda jako energetický zdroj

Velmi levným tepelným zdrojem je pramen spodní vody, který má stálou teplotu vody, kolem 10 °C. Je nutná analýza vody, neboť špatná jakost má za následek zvýšení korozního nebezpečí a velké náklady na údržbu. Voda ochlazená od tepelného čerpadla se odvádí do kanalizace nebo do vsakovacích studní.

#### Povrchová voda jako tepelný zdroj

Využití povrchové vody i jeho způsob je uskutečnitelný pouze na základě dohody s příslušným vodohospodářským úřadem. Přípustné ochlazení vody může být často rozhodující z ekologických důvodů.

K využití přicházejí v úvahu vodní toky, zejména ty, které v zimě nezamrzají. Výjimečně může jít o využití vody z jezera nebo rybníka.



Obr. B.10.16 Tepelné čerpadlo půda – voda

1 – kompresor, 2 – výparník, 3 – expanzní ventil,  
 4 – kondenzátor, 5 – otopná tělesa, 6 – čerpadlo

## Půda zemského povrchu jako energetický zdroj

Teplo půdy je vlastně akumulovanou sluneční energií. Podíl tepla geotermálního, proudícího ze zemského nitra, je malý. Hranice zamrznutí půdy je cca 1 m. Půda je ve srovnání se vzduchem lepším tepelným zdrojem. Jde o zdroj s nejmenšími provozními náklady.

Důležité pro praktickou využitelnost je délka potrubí uloženého v půdě, rozestup jednotlivých větví, jejich hloubka uložení a tepelná vodivost zeminy.

## Ostatní energetické zdroje

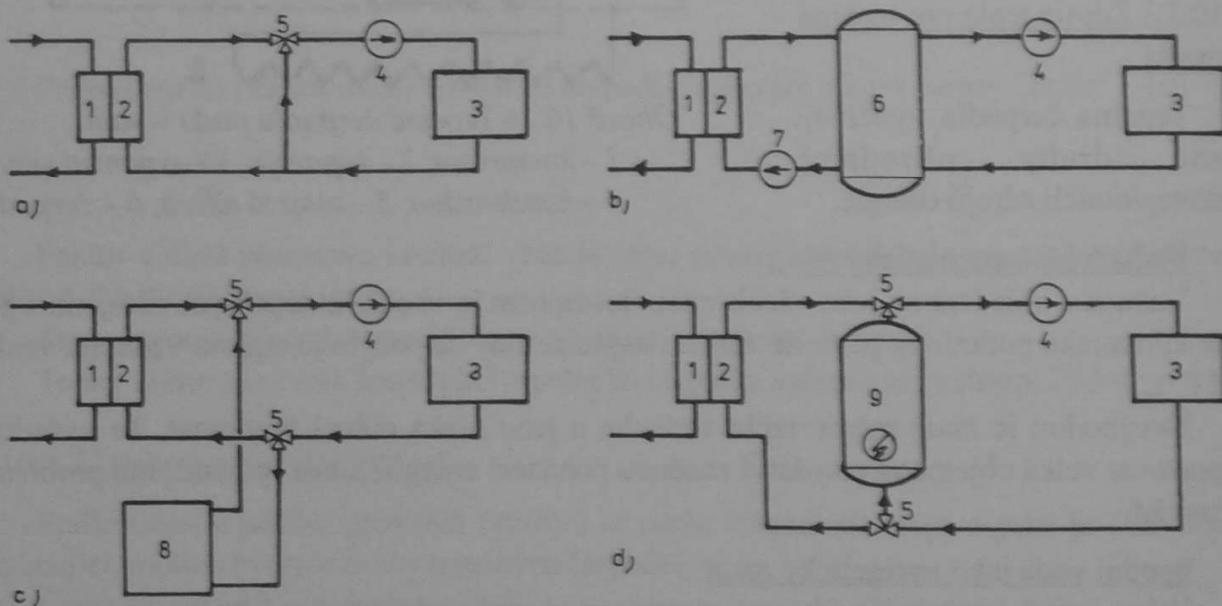
Tepelné čerpadlo může odebírat teplo všude tam, kde odchází bez užitku jako odpad, zejména v různých průmyslových provozech apod. Jako příklady uvádíme:

- pekárny (zchlazování, resp. zmrazování pekárenských výrobků)
- kravín, mlékárny (zchlazování mléka),
- konzervárny, pivovary,
- potravinářské a zemědělské provozovny, atp.

### B.10.3.4 Tepelné čerpadlo v otopném systému

Tepelné čerpadlo přináší do celkové koncepce otopného systému některé vlivy, které je nutné brát v úvahu při navrhování. Tepelná čerpadla jsou schopna pracovat v nízkoteplotní oblasti, kdy maximální teplota přívodní topné vody do otopné soustavy (vystupující z kondenzátoru tepelného čerpadla) je 55 °C. V závislosti na této teplotě je nutné volit tepelný spád otopného systému.

Při zvažování provozní a investiční ekonomie je nutné správně stanovit způsob provozu tepelného čerpadla, který může být buď monovalentní nebo bivalentní (Obr. B.10.17)



Obr. B.10.17 Způsoby zapojení tepelného čerpadla do otopného systému

a) monovalentní soustava bez akumulačního zásobníku; b) monovalentní soustava s akumulačním zásobníkem; c) bivalentní soustava s kotlem; d) bivalentní soustava s kotelnou

1 – výparník tepelného čerpadla, 2 – kondenzátor, 3 – otopná soustava, 4 – cirkulační čerpadlo topné vody, 5 – trojcestný ventil, 6 – akumulační zásobník, 7 – oběhové čerpadlo (kondenzátor tepelného čerpadla-akumulační zásobník), 8 – kotel, 9 – elektrokotelna

Při provozu monovalentním musí tepelné čerpadlo plně pokrýt potřebu tepla. Takto dimenzované čerpadlo je po velkou část roku nevytížené a tudíž pracuje s malou účinností. Bivalentní způsob provozu tepelného čerpadla je proto vhodnější.

## B.11 Ohřívání teplé užitkové vody (TUV)

Ohřívání teplé užitkové vody (dále jen TUV) bylo podrobně popsáno v kapitole C.4 skript Technická zařízení budov – A vydaných Vydavatelstvím ČVUT pro studenty fakulty architektury v roce 1998 (uzávěrka vydání 1997).

Vzhledem k tomu, že v roce 1998 vydal Český normalizační institut novou normu ČSN 06 0320 – Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování považujeme za vhodné kapitolu C.4 ve skriptech TZB – A doplnit.

### B.11.1 Všeobecné technické požadavky

Zařízení pro ohřívání užitkové vody má být navrženo a vybaveno tak, aby teplota TUV v místě odběru (na výtoku u uživatele) ve stavbách pro bydlení dosahovala trvale hodnot mezi 50 °C až 55 °C.

V době odběrové špičky je povolen krátkodobý pokles teploty až na 45 °C.

Zařízení pro ohřívání užitkové vody musí být navrženo a provedeno tak, aby bylo přístupné pro obsluhu, snadno čistitelné a jednotlivé části snadno vyměnitelné a aby mohla být kontrolována bezpečnostní výstroj.

Pokud může přetlak ve vodovodní síti překročit nejvyšší dovolený provozní přetlak zařízení, musí se na přívodní potrubí studené vody osadit redukční zařízení.

Z hlediska zvýšení hospodárnosti při ohřevu vody a rozvodu TUV se doporučuje místo ohřevu volit co nejbližše ke konečnému spotřebiteli a dávat přednost ohřívání místními před ohříváním ústředním.

K zamezení tvorby bakterií (např. Legionelly pneumophily) se doporučuje u zásobníkových ohřevů v bezpodmínečně nutných případech na přechodnou dobu periodicky zvyšovat teplotu TUV nejméně na 70 °C. Možný je i jiný způsob desinfekce TUV.

Zařízení s několika ohřívači má být navrženo tak, aby bylo možné každý ohřívač samostatně provozovat, odstavit, vypustit a čistit.

Jsou-li spojeny dva nebo více ohřívačů (zpravidla průtokových) z technologických nebo jiných důvodů do baterie v sériovém zapojen v jeden mezi sebou neuzavíratelný celek, považuje se z hlediska této normy za jeden ohřívač.

Za účelem snížení účinků koroze a vylučování usazenin se doporučuje, aby teplota TUV v ohřívačích a zásobnících nepřevýšila 60 °C, kromě krátkodobé desinfekce.

Ohřívání užitkové vody na teplotu vyšší než 60 °C, určené pro zvláštní účely, např. technologické, je nutno provádět samostatně nebo přídavným ohřívačem pouze pro požadované množství TUV.

U zařízení, kde je vyžadována teplota vody na výtoku nižší než 55 °C (např. v zařízeních předškolní výchovy), je vhodné před výtokové armatury osadit směšovací armatury pro míchání teplé vody se studenou.

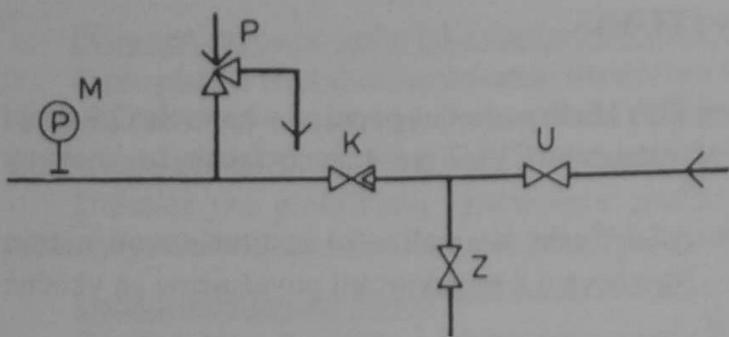
Každý zásobníkový ohřívač s výjimkou do objemu 0,25 m<sup>3</sup> musí být vybaven hrolem nebo nátrubkem pro připojení cirkulačního potrubí umístěným v dolní třetině ohřívače. Ohřívače nad objem 0,25 m<sup>3</sup> musí být vybaveny v jejich nejnižším místě ještě odkalovacím hrdlem s vypouštěcí armaturou.

Přívodní potrubí studené vody před připojením na ohřívač musí být vybaveno armaturami podle obr. B.11.1 a obr. B.11.2.

Teplota výstupní vody z ohřívače a teplota cirkulační vody před ohřívačem se měří.

Teplota pro ohřev TUV při centrálním ohřevu musí být možné stavit přímou nebo nepřímou metodou.

Množství (hmotnostní průtok) užitkové vody určené pro ohřev se před ohřívačem měří vhodným průtokoměrem.

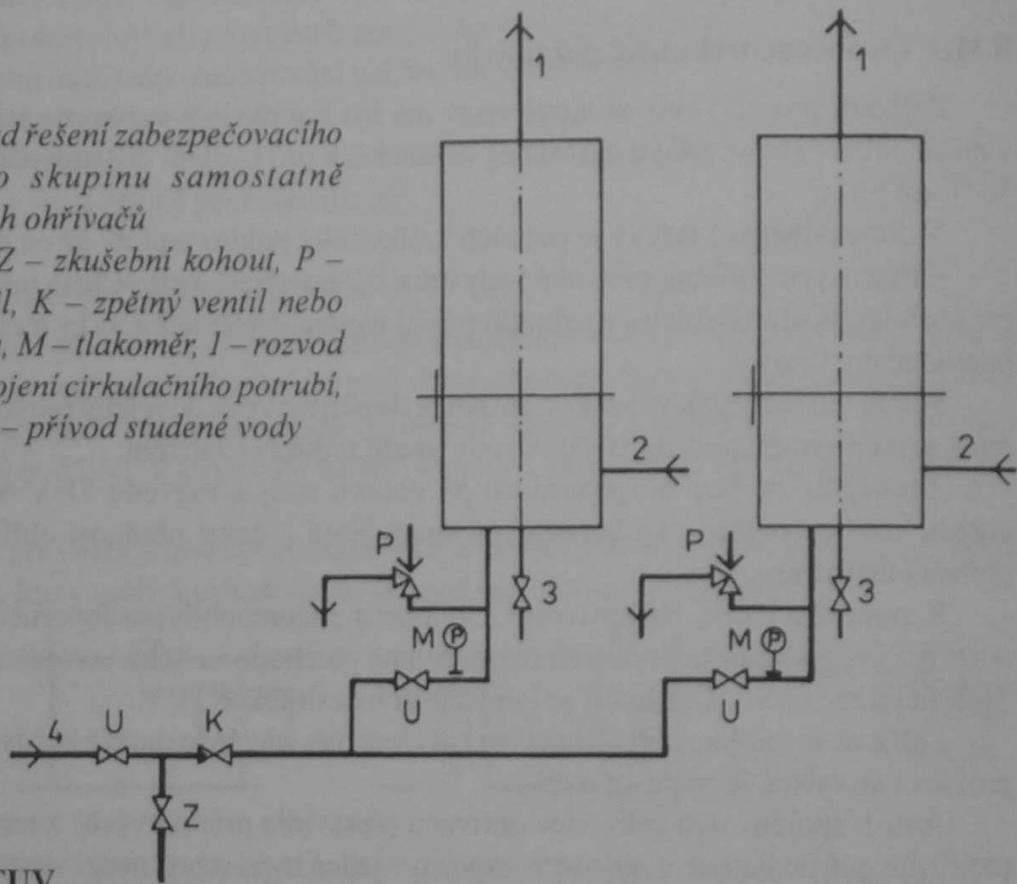


Obr. B.11.1 Příklad zabezpečovacího zařízení na přívodu studené vody do ohřívače

*U – uzávěr, Z – zkušební kohout, P – pojistný ventil, K – zpětný ventil nebo zpětná klapka, M – tlakoměr*

Obr. B.11.2 Příklad řešení zabezpečovacího zařízení pro skupinu samostatně uzavíratelných ohřívačů

*U – uzávěr, Z – zkušební kohout, P – pojistný ventil, K – zpětný ventil nebo zpětná klapka, M – tlakoměr, 1 – rozvod TUV, 2 – připojení cirkulačního potrubí, 3 – výpust', 4 – přívod studené vody*



### B.11.2 Ohřívání TUV

Ohřívání užitkové vody se člení:

a) podle způsobu předávání tepla na:

1. ohřívání přímé, při němž se ohřívání děje směšováním vody s vodní párou (dále jen párou), popř. horkou či teplou vodou;
2. ohřívání nepřímé, při němž se ohřívání děje prostupem tepla dělící stěnou;

b) podle místa ohřevu na:

1. ohřívání místní, při němž se ohřívá voda v místě odběru zpravidla pro jeden, případně pro více výtoků (byt);
2. ohřívání ústřední, při němž se vody ohřívá v domovní či okrskové kotelně nebo v domovní úpravně parametrů;

c) podle konstrukce zařízení na:

1. ohřívání zásobníkové (akumulační), při němž se ohřívá voda do zásoby; slouží k vyrovnání množství ohřáté a odebírané TUV během určitého časového období;
2. ohřívání průtočné, při němž se voda ohřívá v průtočném ohřívači pouze při jejím průtoku;
3. ohřívání smíšené, kde je ohřívání průtočné doplněno zásobníkem TUV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček nepřesahujících zpravidla rozmezí 20 až 60 minut;

- d) podle možnosti ohřevu z různých zdrojů tepla na:
1. ohřívání jednoduché, při němž je teplo dodáváno z jednoho zdroje tepla;
  2. ohřívání kombinované, při němž může být voda v jednom a témž ohříváku ohřívána různými zdroji tepla např. horkou vodou a elektrickým proudem;
- e) podle provozního tlaku zařízení na:
1. beztlakové;
  2. tlakové.

#### TUV se ohřívá:

- a) přeměnou energie a je jí podmíněno (místní plynový nebo elektrický ohřívač, teplovodní sluneční kolektor apod.);
- b) bez přeměny energie (horkou nebo teplou vodou, párou).

#### Zabezpečení dodávky TUV

Aby byla dodržena teplota dodávané TUV v předepsaných mezích musí být každé zařízení vybaveno automatickou regulací teploty užitkové vody.

Aby se zamezilo poklesu teploty užitkové vody u uživatele je nutné navrhnout cirkulaci nebo jiné technické opatření.

Jiným technickým opatřením může být například doplňkový ohřev TUV v rozvodu topným elektrickým kabelem podle Obr. B.11.3. V takovém případě se cirkulační potrubí nenavrhuje.

Obr. B.11.3 Systém rozvodu TUV

a – s cirkulací, b – s doplňkovým elektrickým ohřevem vody: 1 – potrubí rozvodu TUV, 2 – cirkulační potrubí, 3 – elektrický topný kabel, 4 – připojovací a regulační skříňka

Cirkulace bývá zpravidla nucená. U zařízení s vícestupňovým ohřevem se cirkulační potrubí připojuje za první nebo vyšší stupeň.

#### Volba zdroje tepla

Při přípravě TUV otopnou vodou, popř. horkou vodou nebo párou ze samostatného zdroje tepla v letním období musí být výkon zdroje tepla volen tak, aby odpovídal výkonu ohřívače a byl tak zaručen jeho hospodárný provoz.

Pro přípravu TUV se použije samostatného zdroje tepla, je-li to z provozních nebo technologických důvodů nezbytné.

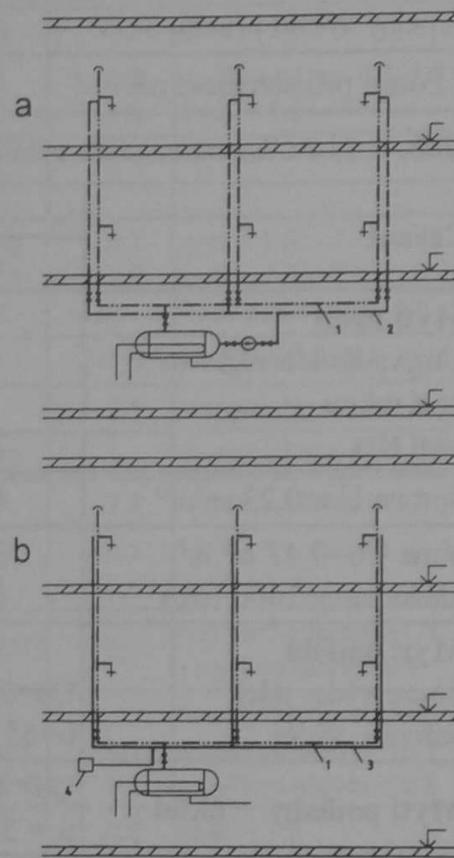
V zájmu úspor energie se v ekonomicky zdůvodněných případech doporučuje k přípravě TUV využívat odpadního tepla, netradičních zdrojů tepla a dalších zdrojů energie.

### B.11.3 Návrh zařízení pro ohřev TUV

Výsledkem každého návrhu zařízení pro ohřev TUV musí být:

- a) stanovení potřebného množství TUV pro daný objekt,
- b) určení závislosti odběru TUV na čase a tedy i špičky odběru,
- c) návrh takového zařízení na ohřev TUV, které vyhoví požadavkům uvedeným v bodech a) i b).

Podkladem pro návrh podle ČSN 06 0320 je pět tabulek tab. B.11.I až B.11.V.



| Parametr                              | Značka | Jednotka  | Baterie      |                       |               |              |
|---------------------------------------|--------|---|--------------|-----------------------|---------------|--------------|
|                                       |        |   | umyvadlo     | dřez                  | sprcha        | vana         |
| Teplota na výtoku                     | $t_4$  | °C  | 40           | 55 – 80 <sup>1)</sup> | 40            | 40           |
| Průtok vody o teplotě $t_4$ na výtoku | $U_v$  | $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$<br>$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ | 0,06<br>0,21 | 0,08<br>0,30          | 0,095<br>0,34 | 0,20<br>0,70 |
| Přítok TUV 55 °C do výtoku            | $U_o$  | $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$<br>$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ | 0,04<br>0,14 | 0,08<br>0,30          | 0,065<br>0,23 | 0,13<br>0,47 |
| Tepelný výkon přítoku TUV             | $q_v$  | kW  | 7,3          | 15,7 – 24,4           | 12,0          | 24,6         |

<sup>1)</sup> Pouze pro sterilizaci nádobí

Tab. B.11.I Charakteristika výtoků

| Činnost   | Doba dávky $t_d$                                 |       | Objem dávky $V_d$ |                | Teplo v dávce $E_d$ |
|---|--|-------|-------------------|----------------|---------------------|
|   | sec  | hod   | dm <sup>3</sup>   | m <sup>3</sup> |                     |
| <b>Mytí osob</b>  |  |       |                   |                |                     |
| Umyvadlo $U_o=0,14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$                     |  |       |                   |                |                     |
| mytí rukou  | 50   | 0,014 | 2                 | 0,002          | 0,10                |
| mytí těla   | 260  | 0,071 | 10                | 0,010          | 0,52                |
| Sprcha $U_o=0,23 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$                       | 400  | 0,110 | 25                | 0,025          | 1,32                |
| Vana $U_o=0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$<br>(délka vany 1600 mm) | 300  | 0,085 | 40                | 0,040          | 2,10                |
|   | 610  | 0,170 | 80                | 0,080          | 4,20                |
| <b>Mytí nádobí</b>  |  |       |                   |                |                     |
| pouze výdej jídel   | $U_o=0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$       |       | 1                 | 0,001          | 0,05                |
| vaření + výdej  | $t_d=55 \text{ a } 80 \text{ °C na jedno jídlo}$ |       | 2                 | 0,002          | 0,10                |
| <b>Mytí podlahy + úklid</b>   | $U_o=0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$       |       | 20                | 0,020          | 1,05                |
| $t_d = 55 \text{ °C na } 100 \text{ m}^2$                               |  |       |                   |                |                     |

<sup>1)</sup> Objem teplé vody o teplotě 40 °C při praveném smíšením se studenou vodou je 1,5násobný

Tab. B.11.II Potřeba TUV o teplotě před výtokovou armaturou  $t_3 = 55 \text{ °C}$ <sup>1)</sup>

#### B.11.3.1 Stanovení potřebného množství TUV a energie pro její ohřev

Postupuje se zpravidla podle Tab. B.11. II. Je zapotřebí sečítat potřeby TUV pro mytí osob, mytí nádobí a úklid.

Součet je třeba vztahat k tzv. periodě, což je doba, ve které se ohřev TUV a její odběr periodicky opakuje – například jeden den (24 hod.), směna atp.

Je možné také postupovat podle Tab. B.11.III. Celkovou potřebu TUV v periodě  $V_{2p}$  podle této tabulky získáme vynásobením spotřeby na jednu měrnou jednotku počtem měrných jednotek (například kapacitou hotelu, počtu žáků ve škole atp.). Pro každý druh objektu je stanoven i součinitel současnosti s, se kterým je nutno počítat.

Potřeba TUV pro bydlení se uvádí v prvním řádku a zahrnuje mytí, vaření i úklid dohromady. Norma uvádí hodnotu 82 l/os/den. Pokud by nás zajímalo, co se pod touto spotřebou přesně skrývá, můžeme se použít v Tab. B.11.IV, kde je vše podrobně rozepsáno. Při návrhu zařízení pro ohřev TUV v nadstandardně vybaveném bytě či domě je potřeba zvážit, zda jsou tyto hodnoty dostačující.

| Druh objektu   | Měrná jednotka                             | Činnost  | Spotřeba $V_{2p}$<br>m <sup>3</sup> .per <sup>-1</sup> | Teplo $E_{2p}$<br>kWh.per <sup>-1</sup> | Součinitel současnosti s   |
|--|--|--|--|---|--|
| Stavby pro bydlení   | 1 osoba                                    | umývání<br>vaření<br>úklid                     | 0,082  | 4,3                                     | do 35 os.= 1,0<br>až 1000 os.=0,2<br>viz tabulka 5                             |
| Stavby pro dočasné ubytování<br>internáty<br>svobodárny<br>hotely  | 1 osoba<br>1 osoba<br>1 osoba              | umývání<br>sprchy<br>vany                      | 0,06<br>0,10   | 2,5<br>3,5                              | internát = 1,0<br>svobodárna=0,6<br>hotel do 50 lůžek=1,0<br>přes 50 lůžek=0,8 |
|  | 100 m <sup>2</sup>                         | úklid  | 0,02   | 0,8                                     | úklid = 1,0  |
| Školy  | 1 žák<br>100 m <sup>2</sup>                | umývání<br>úklid                               | 0,02<br>0,02   | 0,8<br>0,8                              | podle vybavení 0,2–1,0<br>úklid = 1,0  |
| Zdravotnictví<br>Polikliniky                                       | 1 vyšetřený                                | umývání vč. pers.                              | 0,02   | 0,7                                     | 1,0  |
| Nemocnice  | 1 lůžko<br>1 lůžko<br>1 lůžko              | umývání<br>umývání+sprcha<br>umývání vč. pers. | ležící 0,020<br>chodící 0,050<br>0,25                  | 0,7<br>1,8<br>10                        | mytí = 1,0<br>mytí+sprcha=1,0<br><sup>1)</sup> komplex.činnost=1,0             |
| Domovy důchodců  | 1 lůžko                                    | umývání vč. pers.                              | 0,2  | 7                                       | komplex.činnost = 1,0  |
| Ozdravovny   | 1 lůžko                                    | umývání vč. pers.                              | 0,1  | 3,5                                     | komplex.činnost = 1,0  |
| Kojenecké ústavy   | 1 dítě                                     | umývání vč. pers.                              | 0,125  | 5                                       | komplex.činnost = 1,0  |
| Jesle,dětské domovy  | 1 dítě                                     | umývání vč. pers.                              | 0,07   | 2,5                                     | komplex.činnost = 1,0  |
| Očistné lázně  | 1 osoba<br>100 m <sup>2</sup>              | 2× sprcha+vana<br>úklid                        | 0,16<br>0,02   | 6,5<br>0,8                              | 1,0<br>úklid = 1,2   |
| Vaření a mytí nádobí<br>jen výdej                                  | 1 jídlo                                    | mytí jídelního<br>nádobí                       | 0,001 – 80°C   | 0,1                                     | bez myčky nádobí=1,0<br>s myčkou nádobí=0,5                                    |
| příprava a výdej<br>– malý sortiment jídel<br>– restaurační provoz | 1 jídlo<br>1 jídlo                         | mytí varného<br>a jídelního nádobí             | 0,0015 – 80°C<br>0,002 – 80°C                          | 0,15<br>0,2                             | bez myčky nádobí=1,0<br>s myčkou nádobí = 0,7<br>s myčkou nádobí = 0,8         |
|  | 100 m <sup>2</sup>                         | úklid  |  | 0,8                                     | úklid = 1,0  |
| Sociální zařízení podniků<br>a sportovních zařízení                | 1 os./sm<br>1 os./sm<br>100 m <sup>2</sup> | umyvadla<br>sprchy<br>úklid                    | 0,02<br>0,04<br>0,02                                   | 0,8<br>1,4<br>0,8                       | 1,0<br>1,0<br>úklid = 1,0  |

Součinitel prodloužení doby dodávky pd: čistý provoz 1; špinavý provoz 1,5; značně špinavý provoz 2.

<sup>1)</sup> Pod pojmem komplexní činnost se rozumí umývání osob, umývání nádobí a úklid.

Tab. B.11.III Bilance potřeby TUV a tepla

Z celkové denní (periodní) potřeby TUV ( $V_{2p}$ ) snadno stanovíme, kolik tepla budeme potřebovat na její ohřev ( $E_{2t}$ ), a to vynásobením  $V_{2p}$  měrnou tepelnou kapacitou vody (1,163 kWh.m<sup>-3</sup>K<sup>-1</sup>) a rozdílem teplot studené a ohřáté vody. U systémů se zásobníkem a cirkulací je třeba ještě přiřídit teplo, které se ztratí při ohřevu a distribuci ( $E_{2z}$ ).

| Parametr               | Značka   | Jednotka | Baterie  |       |        |       |
|------------------------|----------|----------|----------|-------|--------|-------|
|                        |          |          | umyvadlo | dřez  | sprcha | vana  |
| Počet dávek            | $n_d$    | -        | 3        | 0,8   | 1      | 0,3   |
| Objem dávek            | $V_d$    | $m^3$    | 0,03     | 0,002 | 0,025  | 0,025 |
| Teplo v dávkách        | $E_d$    | kWh      | 1,5      | 0,1   | 1,3    | 1,4   |
| Součet objemu dávek    | $V_{2p}$ | $m^3$    |          |       | 0,082  |       |
| Součet tepla v dávkách | $E_{2t}$ | kWh      |          |       | 4,3    |       |

Tab. B.11.IV Potřeba TUV pro 1 osobu a den v bytovém objektu

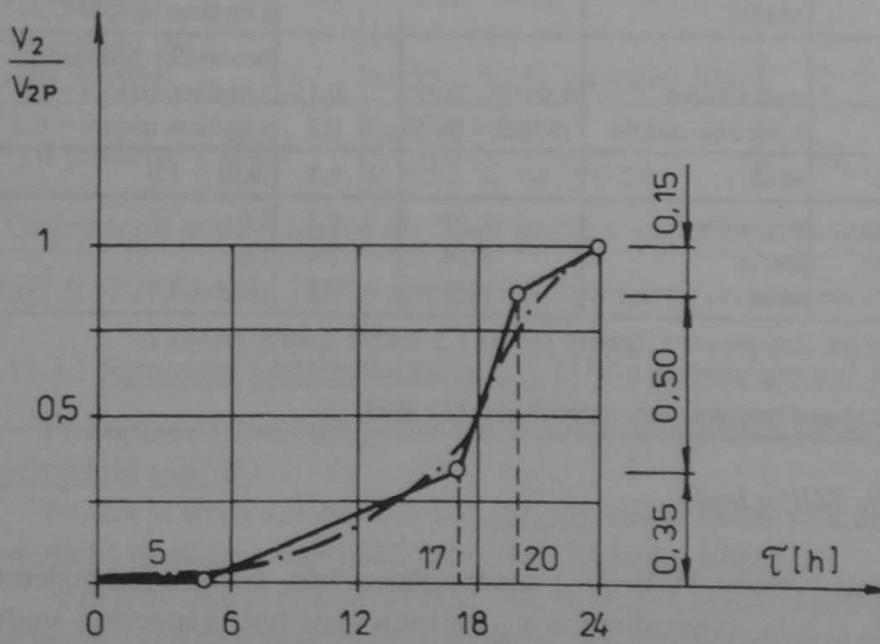
|                          |      |      |      |      |      |     |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-----|
| Počet bytů $n_b$         | 10   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250 |
| Součinitel současnosti s | 0,85 | 0,41 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,2 |

Tab. B.11.V Součinitel současnosti pro bytové objekty

### B.11.3.2 Průběh odběru TUV

Průběh odběru TUV je zpravidla velmi nepravidelný. Závislost odběru TUV na čase během periody (dne, směny, atp.) – křivka odběru – se stanoví zpravidla měřením na podobném zařízení, které je již v provozu (analogie s jiným objektem) a nebo také časovým rozbořem odběru.

Pro bytové objekty je k dispozici typická křivka odběru TUV uvedena na obr. B.11.4.



Obr. B.11.4 Příklad poměrné křivky odběru objemu TUV pro bytové objekty (části křivky jsou nahrazeny přímkami)  
 $V_2$  – objem TUV odebrané od začátku periody,  
 $V_{2p}$  – celková spotřeba TUV v periodě,  $\tau$  – čas

Stejně jako křivku odběru TUV můžeme vytvořit i křivku odběru tepla. Ten je však závislý na typu ohřevu TUV.

### B.11.3.3 Návrh zařízení pro ohřev TUV

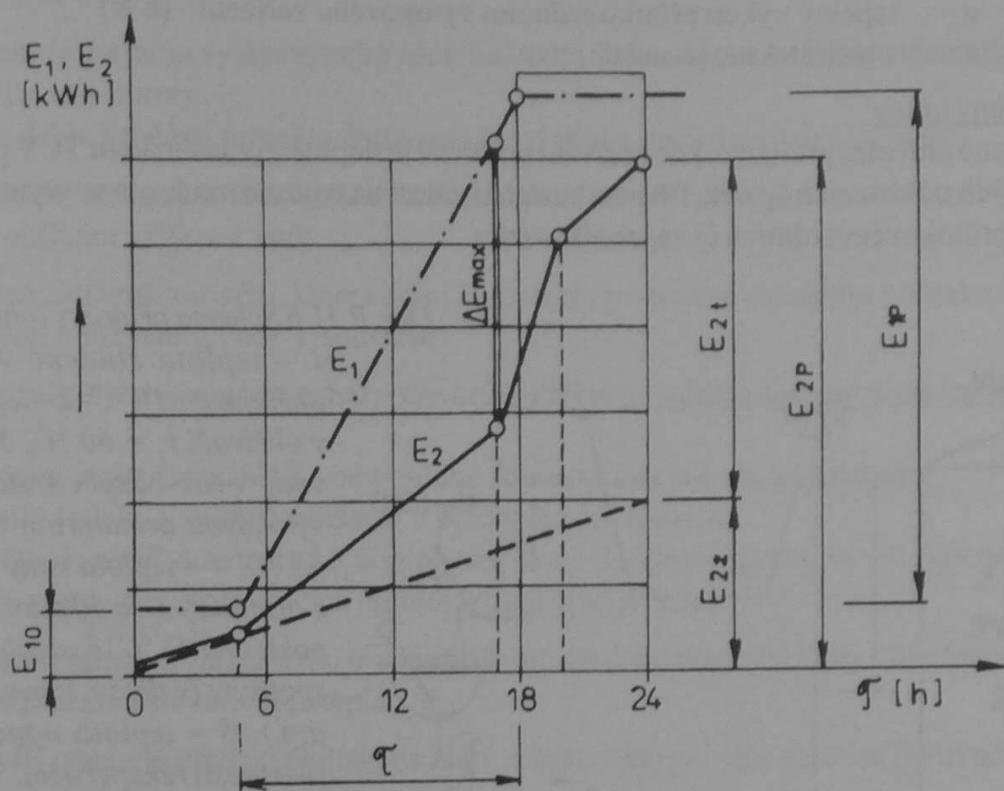
- Způsob návrhu zařízení pro ohřev TUV je závislý na konstrukci (typu) ohřevu
- zásobníkový (akumulační), při němž se voda ohřívá do zásoby,
- průtočný, při němž se voda ohřívá pouze při jejím průtoku ohříváčem,
- smíšený, kde je ohřívání průtočné doplněné zásobníkem TUV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček, nepřesahujících zpravidla rozmezí 20 až 60 minut.

Výběr mezi těmito typy ohřevu závisí na mnoha okolnostech jak objektivních tak i subjektivních.

### a) Zásobníkový (akumulační) ohřev

Úkolem je navrhnut velikost tepelného výkonu ohřevu a optimální velikost zásobníku TUV.

Velmi závisí na tom, zda dodávka tepla je rovnoměrná v průběhu celé periody nebo je dodávka přerušovaná. Tyto závislosti se zakreslují do křivky dodávky a odběru tepla, jejíž příklad je uveden na Obr. B.11.5.



Obr. B.11.5 Příklad křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu TUV se zásobníkem

Dodávka tepla do zásobníku je v době od 5 do 18 hodin:  $E_1$  – teplo dodané ohříváčem do TUV od počátku periody,  $E_2$  – teplo odebrané z ohříváče TUV od počátku periody,  $E_{max}$  – největší možný rozdíl mezi  $E_1$  a  $E_2$ ,  $\tau$  – čas,  $E_{2p}$  – teplo odebrané z ohříváče TUV v době periody,  $E_{2z}$  – teoretické teplo odebrané z ohříváče TUV v době periody,  $E_{2z}$  – teplo ztracené při ohřevu a distribuci TUV v době periody.

Potom se velikost zásobníku  $V_z$  stanoví podle vzorce

$$V_z = \frac{E_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} \quad [\text{m}^3]$$

|     |           |  |
|-----|-----------|--|
| kde | $E_{max}$ | největší možný rozdíl mezi $E_1$ a $E_2$ [kW]                                  |
|     | c         | měrná tepelná kapacita vody [ $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3} \text{k}^{-1}$ ] |
|     | $t_2$     | teplota ohřáté vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                     |
|     | $t_1$     | teplota studené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                    |

### Průtokový ohřev

Pokud je k dispozici dostatečně velký tepelný výkon s pružnou regulací, je možno realizovat ohřev TUV průtočným způsobem. Křivka dodávky tepla potom kopíruje křivku odběru tepla.

To neplatí u zařízení s nesoučasností odběrů. Zde je třeba výkon průtokového ohřívače stanovit podle krátkodobých odběrových špiček, které si musí určit sám projektant. To znamená, že zjistí jaké výtokové armatury by mohly být současně v provozu ze nejnepříznivější situace odběru.

Potom se výkon průtokového ohřívače (jmenovitý tepelný výkon ohřevu) v kW stanoví podle vzorce:

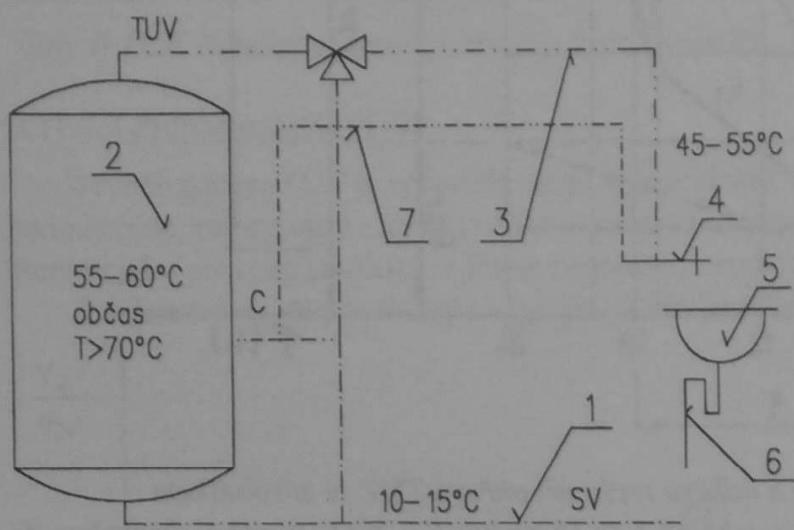
$$Q_{ln} = \sum(n_v \cdot q_v) \cdot s \quad [kW]$$

kde  $n_v$  počet výtokových zařízení  
 $q_v$  tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení [kW]  
 $s$  součinitel současnosti

### Smíšený ohřev

Smíšené ohřívání je takové, kde ohřívání průtočné je doplněno zásobníkem TUV pro pokrytí krátkodobých odběrových špiček. Při návrhu velmi záleží na typu zařízení, zda se svým chováním blíží více průtokovému ohřevu či zásobníkovému.

Obr. B.11.6 Schéma přípravy (ohřevu) TUV



1 – teplota studené vody před ohřátím  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ , 2 – teplota vody v ohřívači  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ , 3 – teplota vody v rozvodném systému (před výtokovou armaturou)  $t_3 = 50$  až  $55^\circ\text{C}$ , 4 – teplota vody na výtoku z armatury  $t_4$  krátkodobě povolen pokles na  $45^\circ\text{C}$ , 5 – teplota v místě spotřeby (v dřezu, umyvadle, vaně atp.), 6 – teplota odpadní vody (možnosti rekuperace), 7 – teplota cirkulačního potrubí v místě napojení na ohřívač TUV, SV – studena voda, TUV – teplá užitková voda, C – cirkulace

## B.12 Zabezpečovací zařízení (ZZ) pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody

### B.12.1 Všeobecně, definice, rozdělení

Pro projektování, provádění a provoz zabezpečovacích zařízení (ZZ) pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody platí ČSN 060830/1996. Norma platí pro

- parní nízkotlaké kotle a vyvíječe páry do nejvyššího pracovního přetlaku 70 kPa;
- teplovodní otopné soustavy s nejvyšší pracovní teplotou do  $115^\circ\text{C}$  s kotli a výměníky;
- horkovodní uzavřené otopné soustavy s pracovní teplotou nad  $115^\circ\text{C}$  s kotli a výměníky jakékoli konstrukce, vytápěné z ústředního zdroje tepla;
- ohřívače užitkové vody, připojené k soustavě ústředního vytápění a ohřívající vodu teplem přenášeným teplonosnou látkou.

Tato norma neplatí pro zabezpečovací zařízení a výstroj:

- a) vestavěných ohřívačů užitkové vody v teplovodních kotlích do výkonu 50 kW podle ČSN 07 0245;
- b) plynových rychloohřívacích kotlů do výkonu 31,5 kW s vodním objemem do 10 litrů podle ČSN 07 0246.

Pro zabezpečovací zařízení parních kotlů a vyvíječů páry s nejvyšším přetlakem páry nad 70 kPa a horkovodních kotlů s nejvyšší dovolenou teplotou vyšší než 115 °C platí ČSN 07 0620 a ČSN 69 0010-5-2.

Zařízení ústředního vytápění nebo ohřívání užitkové vody nesmí být uvedeno do provozu bez ZZ podle této normy.

Návrh ZZ je součástí projektu ústředního vytápění a ohřívání užitkové vody.

Zabezpečovací zařízení: úplné zařízení zajišťující bezpečnost provozu zařízení ústředního vytápění a ohřívání užitkové vody.

Pojistné zařízení: zařízení, které chrání zdroj tepla proti nedovolenému přetlaku, podtlaku, teplotě a proti nedostatku vody v soustavě.

Expanzní zařízení: součást zabezpečovacího zařízení vodních soustav ústředního vytápění umožňující:

- vyrovnání změn roztažnosti vody otopné soustavy bez její zbytečné ztráty;
- udržení přetlaku v otopné soustavě v předepsaných mezích
- samočinné, popř. automatické doplňování vody do otopné soustavy při jejich drobných netěsnostech, nevyvolávajících rychlou ztrátu pracovní látky.

Redukční zařízení: zařízení pro trvalé snižování přetlaku pracovní látky na žádanou hodnotu za všech provozních stavů zdroje tepla.

Nejvyšší pracovní přetlak: přetlak, na který je nastaveno pojistné zařízení (kPa) nebo (Mpa).

Nejvyšší pracovní teplota: teplota teplonosné látky, na kterou je nastaveno zabezpečovací zařízení (°C).

Pojistné místo: horní část zdroje tepla a část výstupního potrubí ze zdroje tepla končící ve vzdálenosti nejvýše 20 DN výstupního potrubí od hrdla; u redukčních zařízení se za pojistné místo považuje i úsek až k nejbližšímu rozdělovači, včetně tohoto rozdělovače.

Pojistné potrubí: potrubí propojující pojistné zařízení s pojistným místem.

Expanzní potrubí: potrubí propojující expanzní zařízení s neutrálním bodem.

Neutrální bod: místo v otopné soustavě, kde je napojeno expanzní zařízení.

Podle ČSN 060830 se rozlišují tato zabezpečovací zařízení:

- a) nízkotlakých parních kotlů (soustav) do nejvyššího pracovního přetlaku 70 kPa;
- b) vodních otopných soustav;
- c) ohříváků užitkové (pitné) vody.

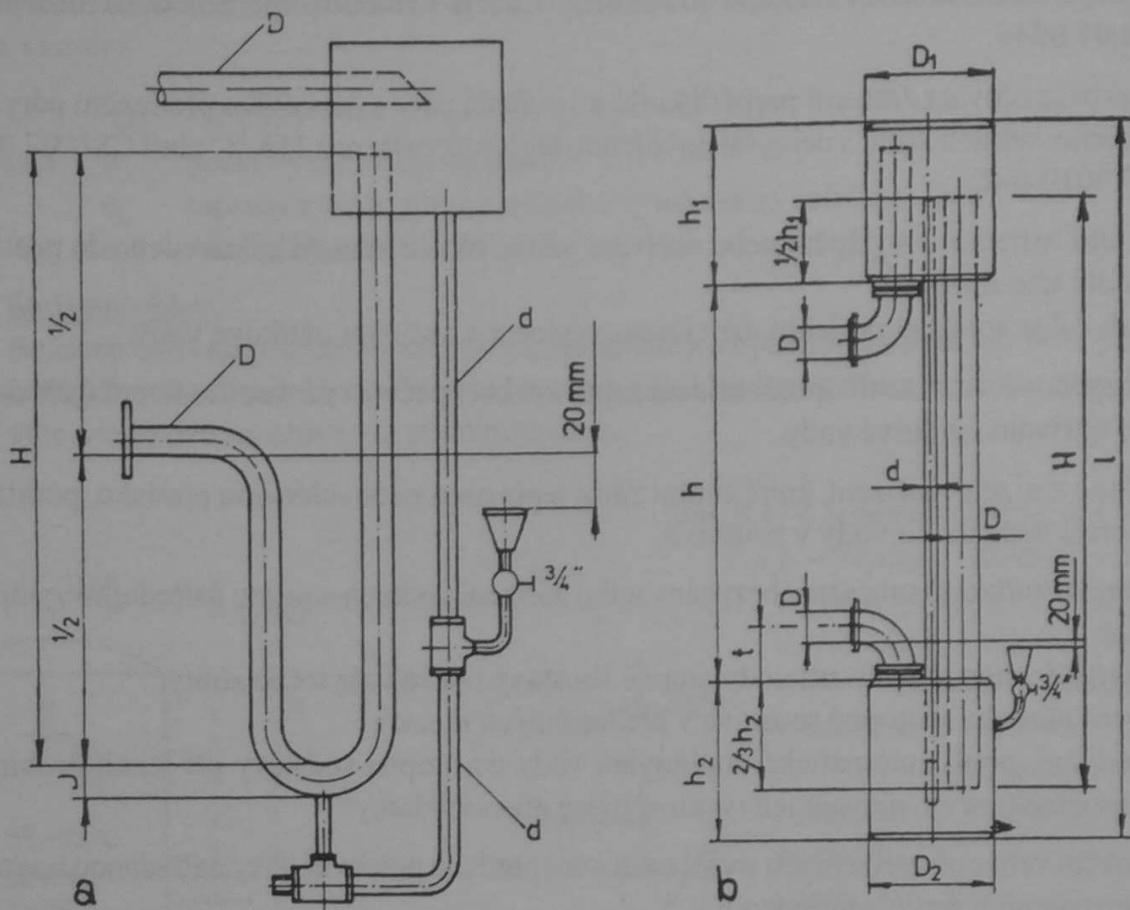
Pro zdroje tepla, jejichž konstrukce i instalace umožňují spalovat více druhů paliv, je z hlediska návrhu zabezpečovacího zařízení podle této normy rozhodující možnost použití tuhého paliva.

Zabezpečovací zařízení sestává z následujících ochran proti:

- překročení nejvyššího pracovního přetlaku, případně podtlaku;
- překročení nejvyšší pracovní teploty;
- nedostatku vody v soustavě.

## B.12.2 ZZ nízkotlakých parních kotlů do nejvyššího pracovního přetlaku 70 kPa

Hlavní funkcí ZZ je ochrana soustavy před nadměrným tlakem. Pojistné zařízení může být řešeno s jednou nebo dvěma nádobami - viz obr. B.12.1



Obr. B.12.1 Doporučené řešení pojistného přetlakového zařízení  
a – s jednou nádobou, b – se dvěma nádobami

Potřebná výška vodního sloupce  $H$  v m je dána vztahem

$$H = \frac{102 \cdot p_{\max}}{\rho}$$

kde  $p_{\max}$  je nejvyšší pracovní přetlak kotle [kPa]  
 $\rho$  je hustota vody při teplotě rovné teplotě syté páry při  $p_{\max}$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

H nutno volit tak, aby  $p_{\max}$  nepřekročil hodnotu 70 kPa. Průměry jednotlivých potrubí se volí v závislosti na jmenovitém výkonu kotle. Celková délka parního připojovacího potrubí mezi kotlem a ZZ nemá překročit 10 m.

Pojistné přetlakové zařízení musí být umístěno v prostoru kotelny. Na nejnižším místě musí být opatřeno zátkou pro možnost vypouštění a čištění. Umístění musí být voleno tak, aby bylo možno bez obtíží doplnit vodu přes nálevku a při čištění vodu vypustit ze spodní části zabezpečovacího zařízení. Jeho výfuková trubka nesmí být zaústěna do komína, ani do jiných prostorů mimo kotelnu. Výfuk páry nesmí ohrožovat osoby ani zařízení.

### B.12.3 ZZ vodních otopných soustav

Každý zdroj tepla musí být vybaven neuzavíratelně připojeným pojistným zařízením.

Každá otopná soustava musí být vybavena expanzním zařízením, které umožnuje změny objemu vody v soustavě vlivem tepelné objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a bez zbytečných ztrát otopné vody.

U otopných soustav vertikálně rozdělených na více pásem z důvodů tlakové odolnosti použitých funkčních prvků musí být každé pásmo vybaveno samostatným expanzním zařízením.

#### a) Pojistné zařízení

Pojistné zařízení musí spolehlivě a bezpečně odvést pojistný výkon ze zdroje tepla.

Pojistné zařízení musí být připojeno v pojistném místě. Dále musí být v pojistném místě osazen teploměr a tlakoměr, snímače tlaku a teploty a případně i snímač nedostatku vody.

V pojistném místě nesmí být uzavírací armatura. Na pojistném potrubí mohou být pouze takové armatury, které ze všech provozních stavů dovolují spojení zdroje tepla s pojistným zařízením či atmosférou (např. zpětné či střídací armatury).

Skladba pojistného zařízení jednotlivých zdrojů tepla je na tab. B.12.I

| Zdroj tepla  | Ochrana proti překročení                    |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | nejvyššího<br>dovoleného přetlaku           | nejvyšší<br>dovolené teploty  |
| Kotel<br>Výměník<br>Ohřívák TUV<br>Redukční zařízení tlaku<br>Směšovací zařízení | ano <sup>1)</sup><br>ano<br>ano<br>ano<br>— | ano<br>ano<br>ano<br>—<br>ano |

<sup>1)</sup> V případě kotlů uzavíraných za provozu od otopné soustavy musí být ochrana i proti podtlaku.

Tab. B.12.I Skladba pojistného zařízení

#### b) Ochrana proti překročení nejvyššího pracovního přetlaku

Ochrana otopné soustavy (zdroje tepla) proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku musí být navržena tak, aby odvedla množství teplonosného média dané výkonem zdroje tepla, které by vzniklo provozem zdroje tepla bez odběru tepla, nebo při dopouštění vody do otopné soustavy. Může být provedena buď hydrostaticky, tj. sloupcem vody v pojistném potrubí a nádobě nebo pojistným ventilem. Je dovoleno tyto systémy kombinovat, zejména v případech, kdy hrozí nebezpečí zamrznutí otevřené nádoby.

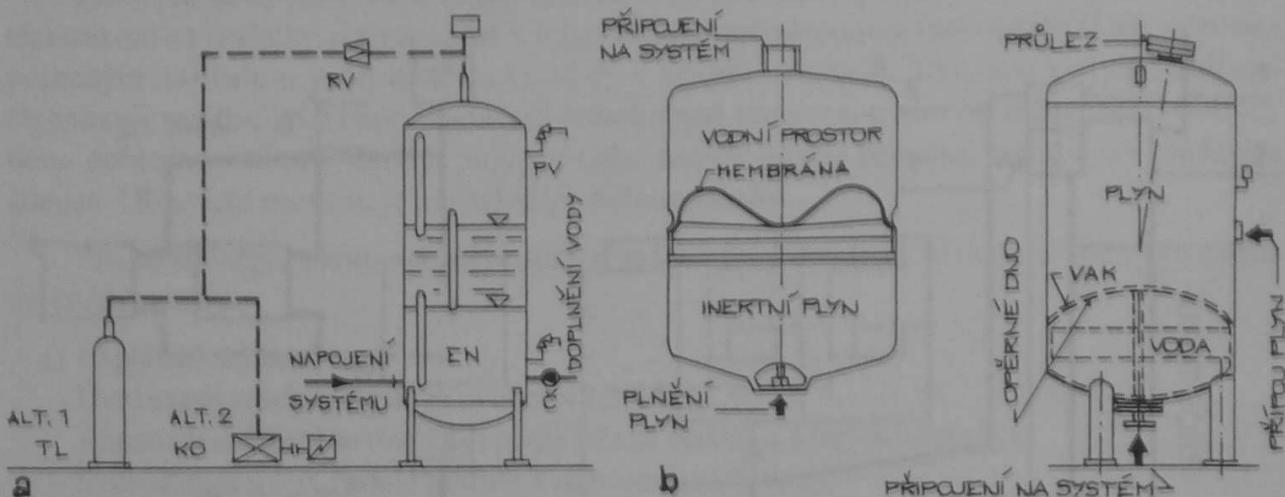
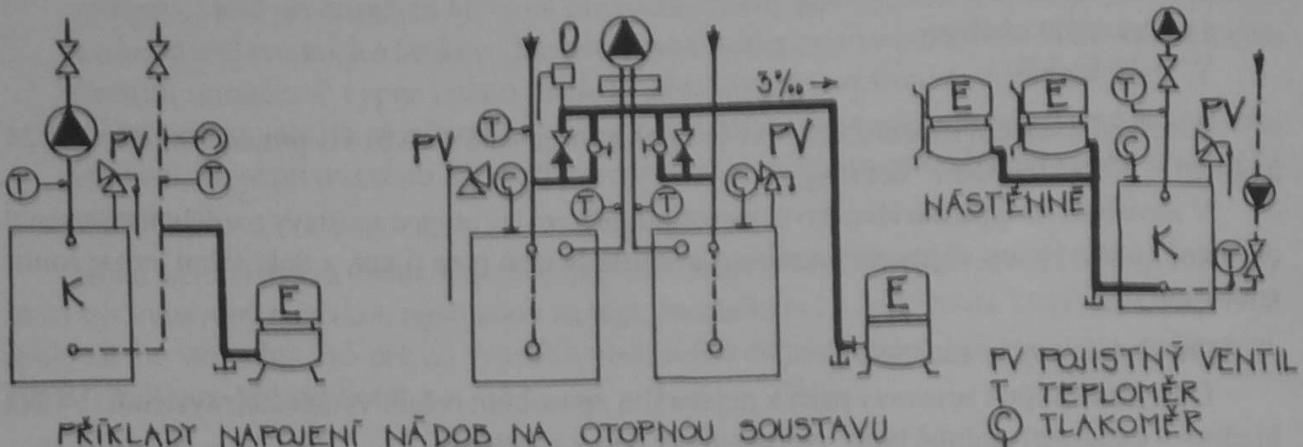
#### c) Ochrana proti nadměrné teplotě

Ochrana při nadměrné teplotě musí pracovat tak, aby při dosažení dovolené teploty byla automaticky odstavena dodávka tepla do zdroje tepla.

Aby nebyla překročena nejvyšší pracovní teplota vody musí být:

- u výměníků ústředního vytápění nebo ohříváčů teplé užitkové vody nepřímo vytápěných parou o přetlaku vyšším než 70 kPa nebo horkou vodou a u redukčních a směšovacích stanic instalováno automatické omezovací zařízení (kromě regulace teploty), které prostřednictvím uzávěru na přívodním potrubí uzavře při dosažení nejvyšší pracovní teploty další přívod tepla. Zařízení musí být navrženo tak, aby při výpadku elektrické energie uzavřelo, nebo musí mít náhradní zdroj energie. Uzávěr může být společný pro celou předávací stanici.

Řešení tlakových expanzních nádob a jejich umístění v otopné soustavě je na obr. B.12.3.

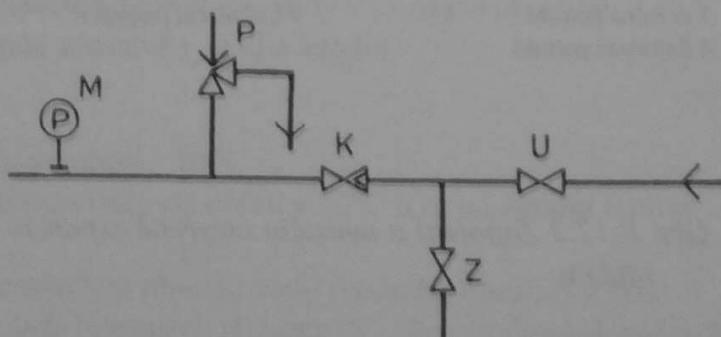


Obr. B.12.3 Zapojení různých druhů expanzních nádob a umístění tlakových expanzních nádob s membránou

#### B.12.4 ZZ ohřívačů užitkové vody

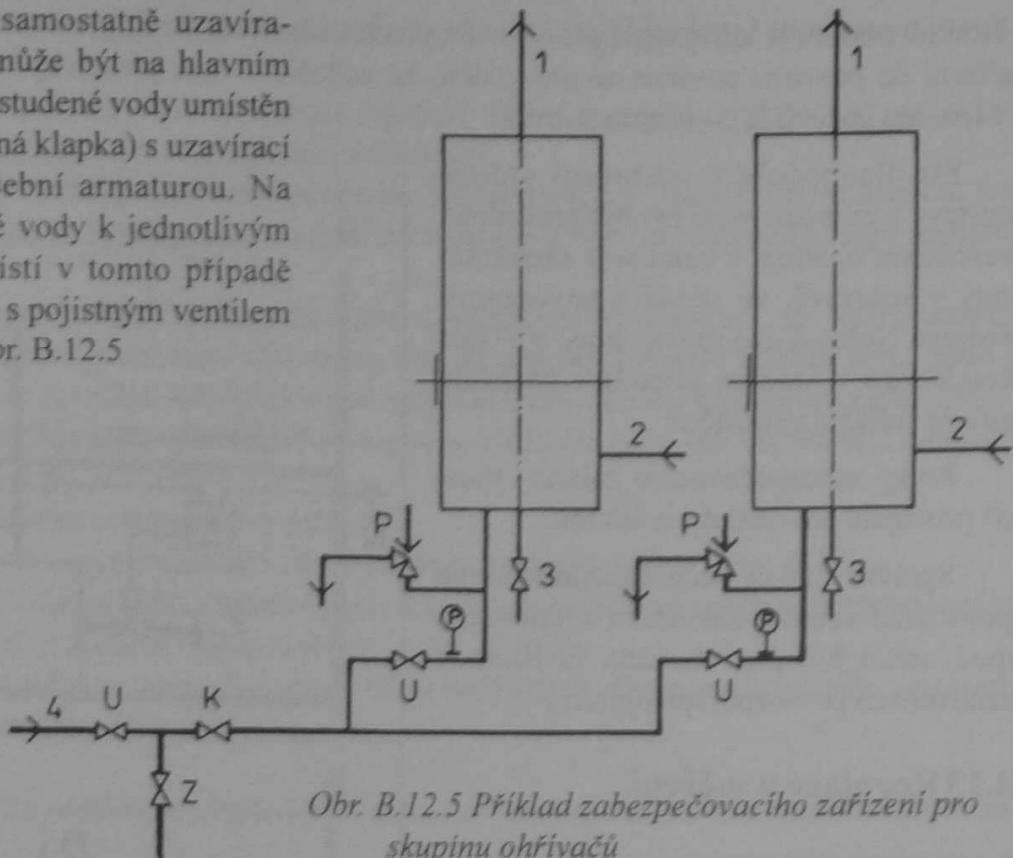
Každý samostatně uzavíratelný ohřívač musí mít pojistný ventil, který zabraňuje, aby nejvyšší pracovní přetlak v ohřívačku nebyl překročen.

Každý samostatně uzavíratelný ohřívač užitkové vody musí být opatřen na přívodu studené tlakové vody uzávěrem (U), zkušebním kohoutem (Z), zpětným ventilem nebo zpětnou klapkou (K), pojistným ventilem (P) a tlakoměrem (M). Pojistný ventil a manometr může být kdekoliv na pojistném úseku. Je dovoleno použít i kombinovanou armaturu sestávající z pojistného a zpětného ventilu. Příklad řešení viz obr. B.12.4.



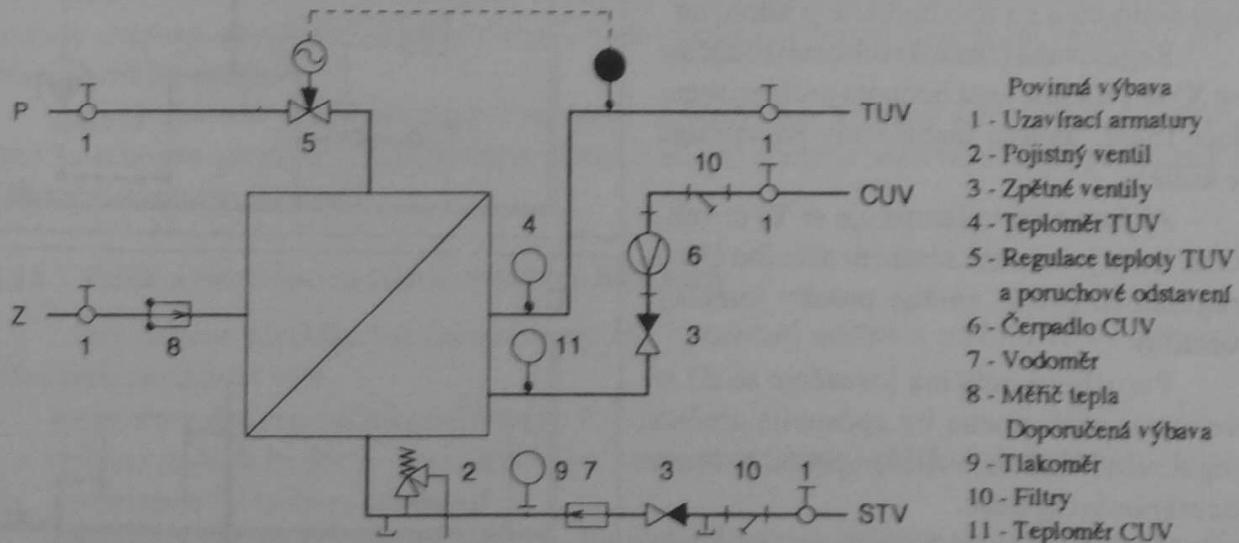
Obr. B.12.4 Příklad zabezpečovacího zařízení na přívod studené vody do ohřívače

Pro skupinu samostatně uzavíratelných ohřívačů může být na hlavním přívodním potrubí studené vody umístěn zpětný ventil (zpětná klapka) s uzavírací armaturou a zkušební armaturou. Na připojkách studené vody k jednotlivým ohřívačům se umístí v tomto případě uzavírací armatura s pojistným ventilem a tlakoměrem viz. obr. B.12.5



Obr. B.12.5 Příklad zabezpečovacího zařízení pro skupinu ohřívačů

Kromě uvedených armatur se doporučuje na přívodu studené vody a na připojení cirkulace osadit filtr nebo kalník pro zachycení nečistot a kalů. Příklad kompletní výbavy ohřívacího zařízení je na obr. B.12.6.



Obr. B.12.6 Výbava ohřívacího zařízení

### B.12.5 Provoz ZZ

Před předáním zařízení odběrateli do provozu musí být instalované zabezpečovací zařízení odzkoušeno za příslušných provozních podmínek a za účelem zjištění, zda jsou splněny požadavky normy. O zkoušce musí být vyhotoven zápis.

Expanzní nádoby a veškerá příslušná potrubí (pojistná přívodní a vrtná, cirkulační, přepadová, odvzdušňovací a signalizační) musí být bezpečně zajištěny před zamrznutím. Pokud

v zimním období je zdroj tepla provozován přerušovaně (občasně), je obsluha před uvedením zařízení do provozu povinna se přesvědčit, že nedošlo v čase přestávky k zamrznutí vody v expanzní nádobě či pojistném potrubí.

Při dlouhodobém odstavení otopné soustavy z provozu musí být provedeno preventivní opatření k zamezení zamrznutí vody v soustavě, ve shodě s provozními předpisy. Nelze-li toto zajistit, musí být voda (kondenzát) v krajním případě v nezbytné míře ze zařízení vypuštěna.

Prvky zabezpečovacího zařízení musí být přístupné pro obsluhu a údržbu.

Správná funkce bezpečnostní výstroje (pojistného ventilu, tlakoměru a teploměru apod. musí být prověrována ve lhůtách stanovených provozním předpisem.

## B.13 Regulace a měření

### B.13.1 Základní pojmy

Smyslem regulace je přivést určitou fyzikální veličinu (zpravidla teplotu, průtok, tlak, výšku hladiny, otáčky) na předem určenou hodnotu a na této hodnotě ji udržovat.

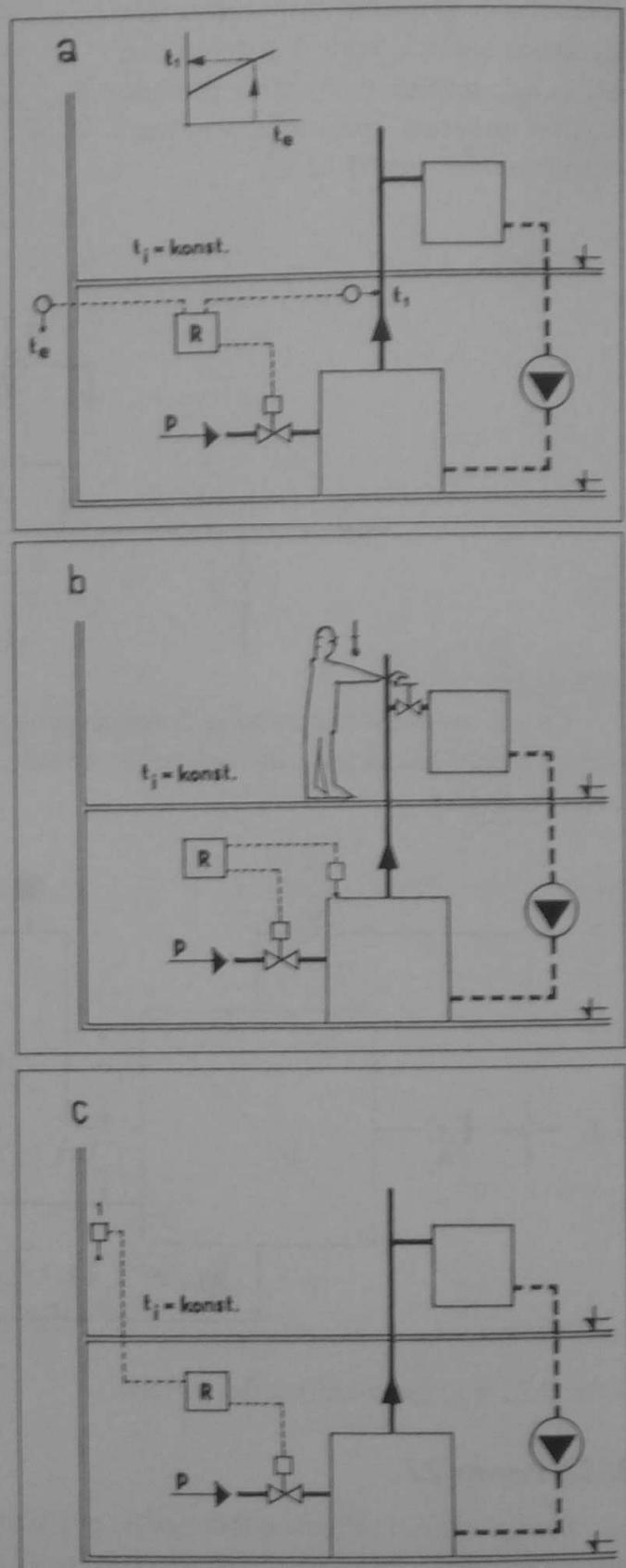
Regulovaná (žádaná) veličina (označuje se X) je veličina, jejíž hodnota je cílem regulace (např. teplota topné vody na výstupu z kotle).

Akční veličina (označuje se Y) je veličina, která je měněna zásahem akčního člena regulátoru (např. změna polohy kuželky ventilu).

Poruchová veličina (označuje se Z) je veličina, jejíž změna by způsobila změnu regulované (žádané) veličiny, pokud by tomu nezabránila regulace.

Řídící veličina (označuje se W) je veličina, ze které se vychází při určování hodnoty regulované (žádané) veličiny (např. venkovní teplota).

Ve vytápění udržujeme regulovanou veličinu (např. teplota vzduchu, teplota vody, vlhkost apod.) buď na hodnotě konstantní nebo na hodnotě proměnné či nastavitelné.



Obr. B.13.1 Řízení regulačních zařízení  
a - ovládání, b - ruční regulace,  
c - automatická regulace

Regulovaná soustava je technické zařízení s regulací, t.j. zařízení, jehož parametry provozu řídíme.

Regulátor je zařízení, které umožňuje regulaci. Přímý regulátor nepotřebuje cizí zdroj energie, nepřímý regulátor pracuje s pomocnou energií.

Měřicí člen (snímač) je zařízení, které získává informace o stavu veličiny, která je jím sledována. Informace je využita jako vstupní informace pro činnost regulátoru (např. teplotní čidlo).

Akční člen je prvek, který zasahuje do činnosti regulované soustavy tak, aby bylo dosaženo požadovaných parametrů (např. regulační ventil nebo elmnagnetický ventil v přívodu plynu apod.).

Zpětná vazba je zavedení odchylky regulované (žádané) veličiny do regulované soustavy.

Regulační obvod je sestava regulované soustavy a jednoho nebo více regulátorů, měřicích a akčních členů.

Hlavní způsoby řízení regulačních zařízení:

- ovládání – řízení regulačního obvodu bez zpětné kontroly měření - obr. B.13.1a
- ruční regulace – řízení regulačního obvodu, kdy nastavení žádané veličiny se udržuje ručně (např. ovládání ventilu na otopném tělese) - obr. B.13.1b
- automatická regulace – udržování nebo měření fyzikálních veličin podle určitého programu – obr. B.13.1c.

Z hlediska počtu regulovaných parametrů rozeznáváme regulaci jedno a víceparametrovou.

### B.13.2 Regulátory a snímače

Regulátor porovnává skutečnou a žádanou hodnotu a při zjištění odchylky ovlivňuje akční veličinu. Při volbě regulátoru je třeba znát provozní a časovou charakteristiku.

Podle časové charakteristiky dělíme regulátory na nespojité (nastavená veličina má jen dvě hodnoty „zapnuto–vypnuto“) a spojité (regulovaná veličina ovlivňuje stále akční veličinu a přestavení probíhá spojitě).

Snímač obvykle současně získává informaci o sledované veličině a převádí ji do tvaru, který je schopen přenosu a dalšího zpracování. Snímač obvykle sestává z čidla, převodníku a z přenosové trasy (vedení).

### B.13.3 Volba a rozdělení systémů vytápěcích soustav

Z technického hlediska má regulační systém v podstatě udržovat teplotu ve vytápěných prostorech na žádané výši.

Správnou volbu regulačního systému ovlivňují:

- velikost a druh budovy – nízkopodlažní zástavba, výškový objekt, obytný dům, hotel, administrativní budova apod.,
- tepelně akumulační vlastnosti budovy – hmotnost stavby, vlastnosti stavebních materiálů, velikost zasklené plochy, infiltrace budovy apod.,
- tepelně akumulační vlastnosti vytápěcí soustavy – druh soustavy, vodní obsah, hmotnost materiálu, potrubí, těles apod.,
- vliv vnějších klimatických podmínek – poloha budovy, orientace ke světovým stranám, průběh venkovních teplot, vliv oslnění a větru,
- vnitřní klimatické podmínky – tepelné zisky od osvětlení, od technologie apod.,
- investiční náklady na regulační zařízení – vliv regulace na hospodárnost provozu vytápěcího zařízení,
- nároky uživatele na komfort a mikroklima.

V závislosti na tom, od které veličiny vychází regulační impuls (teplota výstupní vody, vnitřní teplota vzduchu, venkovní teplota vzduchu), můžeme regulační systémy vytápěcích soustav rozdělit na systémy:

- a) s regulací podle výstupní teploty vody ze zdroje tepla.

Tento způsob patří mezi nejjednodušší, výhodou jsou také malé pořizovací náklady, nevýhodou nutnost pravidelné kontroly a přestavování kotlového termostatu. Způsob je vhodný pro malá a středně velká vytápěcí zařízení.

- b) s regulací podle vnitřní teploty vzduchu ve vytápěném prostoru

- regulace přímá – vhodná pro vytápěcí zařízení v rodinných domech,
- regulace nepřímá – vhodná u větších objektů pro tzv. zónovou regulaci podle světových stran nebo podle podlaží u vysokých objektů. Regulace podle vnitřní teploty v místnosti se nepoužívá u větších objektů pro funkční a investiční problémy s instalací teploměrů do všech místností,
- regulace místní – každý vytápěný prostor, event. každé otopné těleso je opatřeno automatickým regulačním ventilem, který reaguje na teplotu vzduchu (nejlépe termostatickým přímočinným). V každé místnosti lze nastavit libovolnou teplotu.

- c) s regulací podle venkovní klimatických podmínek (hlavně podle venkovní teploty)

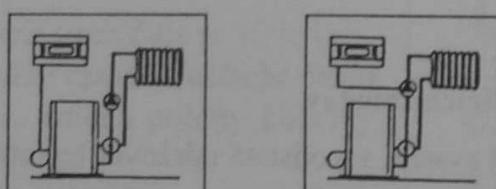
- regulace přímá – regulace teploty v kotli – vhodná pro malé a střední objekty,
- regulace nepřímá – pro střední a velká zařízení.

Zjednodušený podklad pro volbu regulace je v tab. B. 13.II.

| Případ použití   | Regulace              |
|--|-----------------------|
| Elážové vytápění                                       | Podle vnitřní teploty |
| Rodinný dům, řadová zástavba                           | Podle vnitřní teploty |
| Bytové domy, velké budovy                              | Podle vnější teploty  |
| Domy s velkou tloušťkou stěn (dobré akumulátory tepla) | Podle vnitřní teploty |

Tab. B.13.I Volba regulace

Použití pokojového termostatu je v tab. B.13.II.



|          | pokojový termostat spiná hořák kotle  | pokojový termostat spiná čerpadlo   |
|----------|---|---|
| výhody   | kotel je v provozu pouze při potřebě vytápění – větší úspory plynu<br>čerpadlo je trvale v provozu<br>– rovnoměrné vytápění objektu | kotel trvale na provozní teplotě<br>– větší životnost kotla   |
| nevýhody | častý zátop do studené vody<br>– nízká životnost kotla v důsledku nízkoteplotní koruze  | větší spotřeba plynu,<br>nerovnoměrný otop místnosti,<br>nebezpečí přetoplání některých místností samotížnou regulací |

Tab. B.13.II Instalace pokojového termostatu

Schéma některých regulačních systémů jsou na obr. B.13.2.

K regulaci dodávky tepla lze využít dvou způsobů regulace:

- regulaci průtoku teplonosné látky primárního okruhu (kotle) – škrcením nebo rozdělením (kvantitativní regulace),
- regulaci mísením teplonosných látek zdroje tepla a otopné soustavy (kvalitativní regulace). Regulaci mísením dáváme přednost před regulací kvantitativní. Ke směšování se používají čtyř- nebo trojcestné směsovače. Směsovače nelze použít pro otopné soustavy s malým vodním obsahem připojené na rychloohřívací kotle.

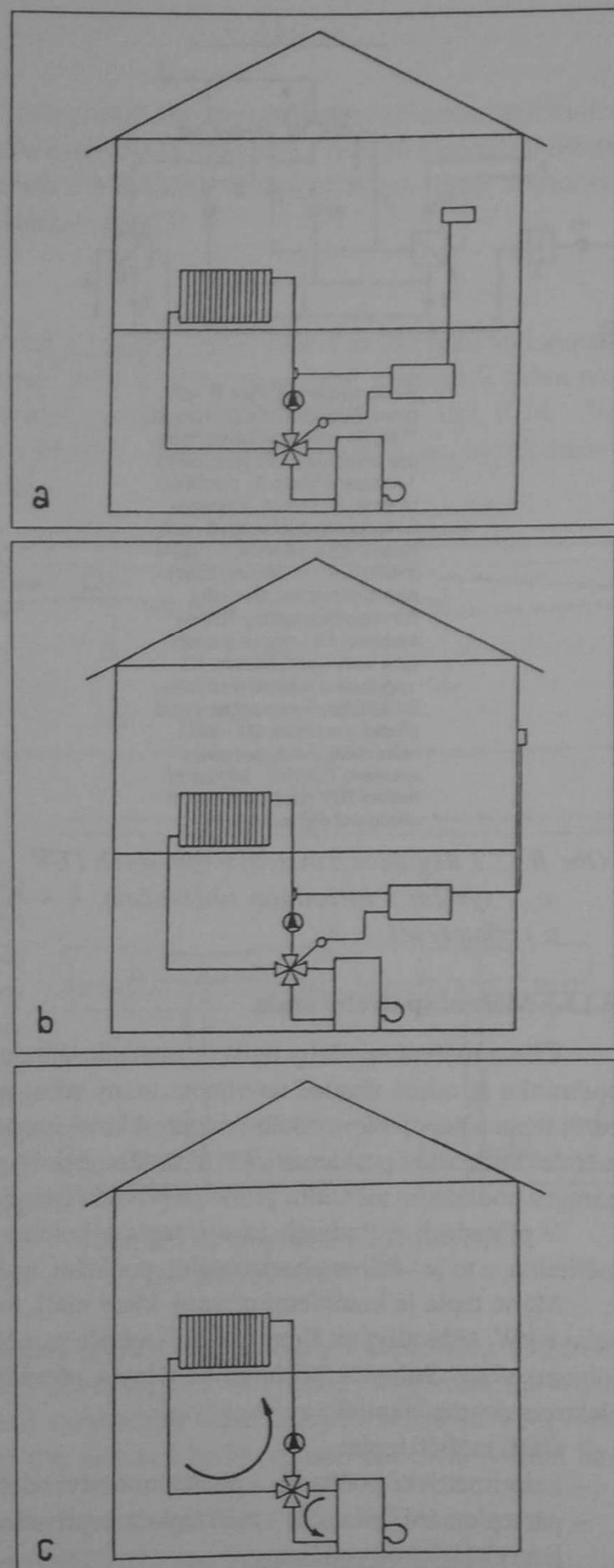
#### B.13.4 Regulace a měření v systémech TUV

Systémy TUV se dnes navrhují téměř ve všech bytových a občanských budovách. Spotřeba energie na ohřev TUV je pak důvodem k provádění důsledné třístupňové regulace v systémech:

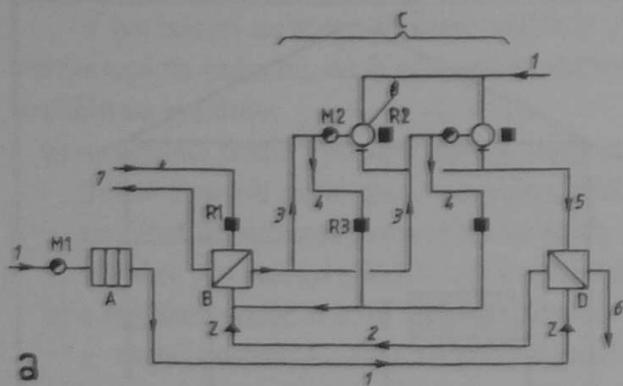
- v místě přípravy (u ohřívače) TUV, tzv. základní regulace – elektrické ventily, event. trojcestné ventily,
- v rozvodové síti – seřizovacími armaturami na cirkulačních potrubích,
- u spotřebitele – směšovací baterie nad zařizovacími předměty.

Spotřeba TUV při ústřední přípravě v ohřívačích se většinou měří na přívodu studené vody do ohřívače. Spotřeba TUV v bytech nebo jiných samostatných provozech se měří podružnými vodoměry u odbočení od stoupacího potrubí. Při použití plynových nebo elektrických lokálních ohřívačů se odečítá spotřeba energie pro ohřev TUV na plnoměru nebo na elektroměru.

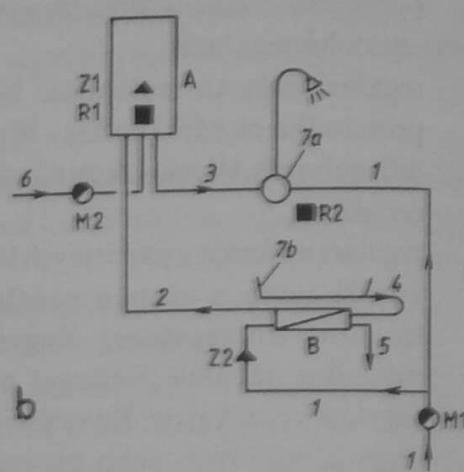
Příklady řešení regulace a měření v systémech TUV jsou na obr. B.13.3 (převzat z časopisu Český instalatér/97 – prof. Skokan).



Obr. B.13.2 Schéma regulačních systémů  
a – s regulací podle vnitřní teploty, b – s regulací podle venkovní teploty, c – regulace směšováním



A - úprava kvality TUV, B - příprava TUV (ohříváč), C - rozvod TUV, D - zpětné získávání tepla pro předohřev TUV (recyklace), 1 - studená voda, 2 - předeuhřátá voda, 3 - TUV, 4 - cirkulace, 5 - teplá odpadní voda, 6 - ochlazená odpadní voda, 7 - topné médium, 8 - směšovací baterie nad zařizovacími předměty, R1 - regulace teploty TUV do systému, R2 - regulace odebírané vody spotřebitelem, R3 - regulace cirkulačního průtoku, Z - zabezpečovací zařízení proti přestoupení tlaku, M1 - fakturační měření vody pro celou soustavu TUV, M2 - fakturační měření TUV pro bytové či podnikatelské díly odběry



A - příprava TUV (ohříváč), B - zpětné získávání tepla pro předohřev (rekuperace), 1 - studená voda, 2 - předeuhřátá voda, 3 - TUV, 4 - teplá odpadní voda, 5 - ochlazená odpadní voda, 6 - přívod plynu, 7a - směšovací baterie nad sprchovou mísou, 7b - sprchová mísa, R1 - regulace jako součást ohříváče, R2 - regulace odebírané vody spotřebitelem, Z1 - zabezpečovací zařízení jako součást ohříváče, Z2 - zabezpečovací zařízení proti přestoupení tlaku, M1 - fakturační měření studené vody, M2 - měření spotřeby plynu

Obr. B.13.3 Regulace a měření v systémech TUV

a – systém s ústředním ohříváčem, b – systém s lokálním plynovým ohříváčem a s rekuperací

### B.13.5 Měření spotřeby tepla

Cílem měření spotřeby tepla je snaha dosáhnout měření individuálního odběru. Pro tuto podmínu je nutné vhodně navrhnout topný zdroj a přizpůsobit otopnou soustavu. Stávající zdroj tepla a napojená vertikální dvourubková soustava nejsou vhodné pro měření a zavádění měřidel bude vždy problematické. V současné době převládá tendence navrhovat individuální zdroje s podlažním měřením přímo na přívodu energie.

V případech ústředních zdrojů tepla a kotelen je vhodné navrhovat soustavu, která je měřitelná, a to je většinou horizontální, podlažní, na které lze osadit měřidlo spotřeby tepla.

Měřič tepla je kompletní přístroj, který měří, resp. počítá fyzikální veličinu - teplo v GJ nebo v kW. Jednotlivými členy (částmi) měřiče se měří teploty vstupní a výstupní vody a průtok (objem) vody. Snímače přijímají veličiny a převádí je na elektrické impulsy, které se dále elektronicky matematicky zpracovávají.

Části měřiců tepla:

- kalorimetrické počítadlo – počítá množství odebraného tepla,
- pár teploměrů (snímačů) – měří teplotu na přívodní a zpětné věti teplonosné látky a převádějí ji na elektrickou veličinu,
- průtokoměr (vodoměr) na teplou vodu – jednovtokový, vícevtokový, šroubový.

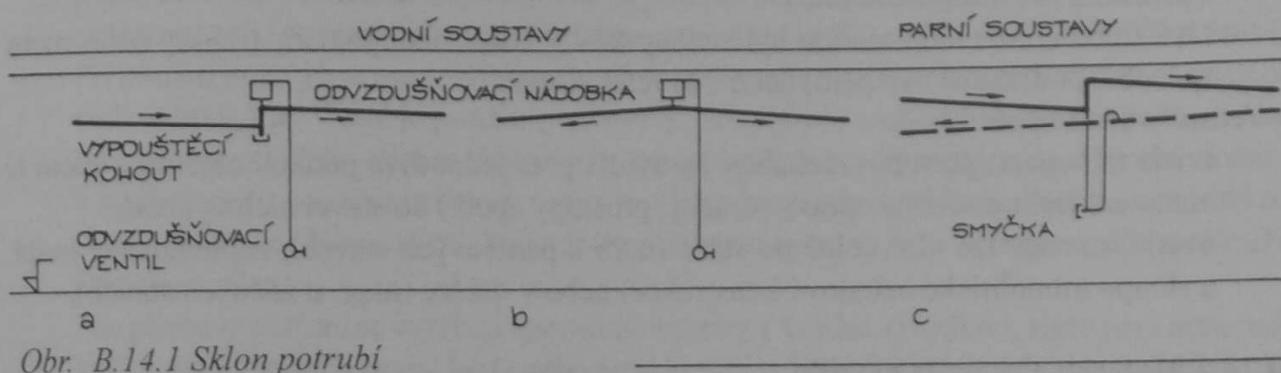
K využívání vnitřních a vnějších tepelných zisků, k zabránění přetápění místností a ke snižování dodávky tepla do otopného tělesa lze použít termostatické radiátorové ventily (TRV) s nastavením na optimální teplotu. Teplotně aretované TRV mohou vytvořit systém pro rozdělování topných nákladů podle vnitřní teploty.

## B.14 Rozvody, armatury, izolace

Rozvody jsou různě upořádané trubní sítě s příslušnými armaturami a zařízeními zajišťující dopravu teplonosné látky mezi zdrojem tepla a teplosměnnými prvky (hlavní a podlažní ležaté rozvody, stoupací potrubí, připojovací potrubí k tělesům, uzavírací a regulační armatury, odvodnění a odvzdušnění, zabezpečovací zařízení apod.).

### B.14.1 Vedení rozvodů

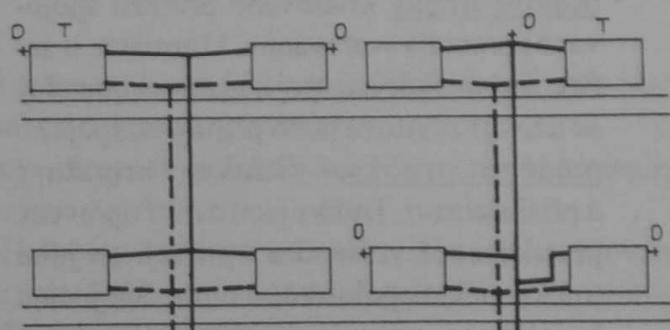
- Potrubí ležatého rozvodu je uloženo vždy ve sklonu, zpravidla ve směru toku teplonosné látky, buď k nejnižšímu místu na potrubí nebo k místu vypouštění (nejmenší sklon pro potrubí vodních soustav je 5 ‰, pro potrubí parních soustav i méně) – viz obr. B.14.1. Ve sklonu musí být i připojovací potrubí k tělesům – obr. B.14.2. Potrubí nesmí být ukládáno do hmot, které na něj mají škodlivý vliv.



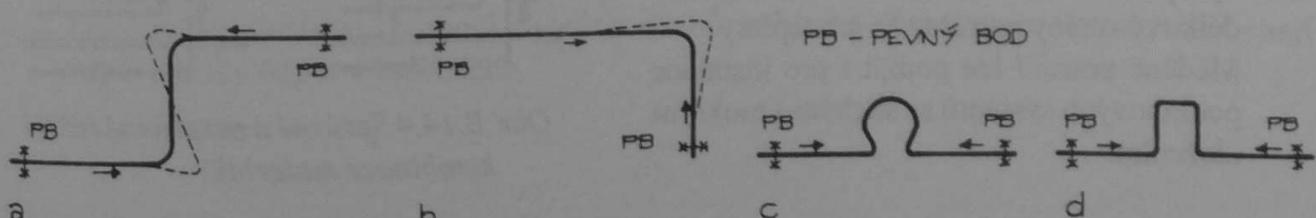
Obr. B.14.1 Sklon potrubí

- Kompenzace potrubí se navrhuje pro vyrovnání délkových změn vodorovného i svislého potrubí. Ke změně délky potrubí dochází se změnou teploty dopravované teplonosné látky a její velikost závisí na koeficientu teplotní roztažnosti materiálu použitého na potrubí a na rozdílu nejnižší a nejvyšší teploty v otopné soustavě. Řešení tohoto problému je velice aktuální v souvislosti se stále širším využíváním měděného a plastového potrubí na rozvody vytápění a TUV.

Délkové změny lze vyrovnat buď trasou potrubí (kompenzace trasou) nebo vložením speciálních tvarovek – kompenzátorů (vlnovcový, ucpávkový apod.) do potrubí. Správnou funkci kompenzátorů je nutno zajistit vymezením rozsahu jejich účinnosti v rozvodu rozdelením rozvodu na části pomocí tzv. pevných bodů (způsob upevnění potrubí bez možnosti posunu) – obr. B.14.3.



Obr. B.14.2 Napojení otopných těles  
O – odvzdušnění



Obr. B.14.3 Kompenzace délkových změn trasou a úpravou potrubí

- Vodorovný (ležatý) trubní rozvod

- může být zavěšen pod stropem nebo veden na stěně v suterénu, v nejnižším podlaží, v technickém podlaží nebo i v nejvyšším podlaží. Potrubí je vedeno většinou vedle sebe, vedení nad sebou je méně vhodné. Při volbě tras rozvodu je nutno se vyhnout prostorům s elektrickými zařízeními (trafostanice, rozvodny, ústředny apod.), nelze-li jinak, musí se potrubí vést ve vodotěsném podhledu.
- Je třeba sledovat vzájemnou polohu rozvodu a okenních a dveřních otvorů a vždy dodržet požadovanou nejmenší podchodnou výšku.
- vedení potrubí v kanálech přichází v úvahu u budov nepodsklepených, tam kde nelze potrubí zavěsit a nejčastěji při vedení potrubí mimo budovu. Při návrhu tras a provedení kanálů musí projektant vytápění spolupracovat s projektantem stavební části  
Podle rozměrů a přístupnosti rozdělujeme kanály na neprůlezné (max. šířka = 1200 mm, přístup shora po rozebrání zakrytí), průlezné ( $v = 1400 - 1600$  mm, přístup poklopem) a průchozí ( $v = \text{min. } 2100$  mm).
- části trubních rozvodů mohou být vedeny také v konstrukci podlahy (mokrý nebo suchý způsob – podlahové vytápění) nebo v krycích lištách.

- Vedení svislého potrubí

- svislá (stoupací) potrubí procházejí zpravidla přes jednotlivá podlaží objektu a proto je nutno zakreslit potřebné úpravy (drážky, prostupy apod.) do stavebních výkresů.  
Svislé rozvody lze vést volně po stěně (např. u panelových staveb), zaplentované (např. u sloupu monolitické betonové konstrukce) nebo v drážce (např. u zděných staveb).

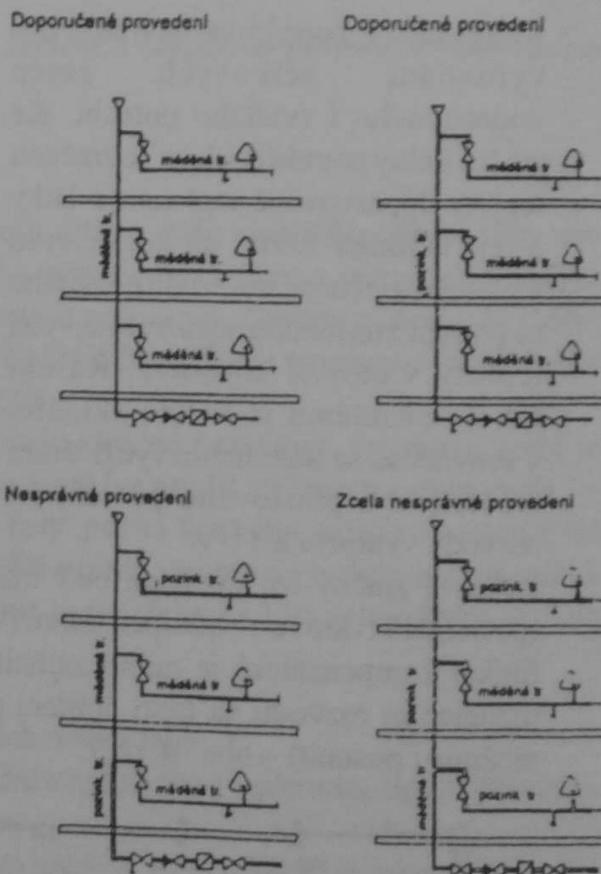
## B.14.2 Materiál a montáž potrubí

Pro rozvody vytápění se používají

- ocelové trubky kruhového průřezu spojené zpravidla svařováním. U armatur, u zařízení a tam, kde má spoj zůstat rozebíratelný se užívají závitové nebo přírubové spoje,
- měděné trubky, fitinky, armatury a příslušenství. Trubky jsou uvnitř upraveny protikorozní vrstvou a vyrábějí se jako trubky měkké, polotvrdé a tvrdé. Spojování kapilárním pájením, některé bronzové tvarovky jsou dodávány pouze ze závitem. Při použití měděného potrubí v kombinaci s potrubím z jiných kovových materiálů je třeba řadit měděné potrubí na konec systému a při přechodu na jiný materiál používat bronzovou tvarovku. Doporučená a nesprávná provedení jsou na obr. B.14.4.

V návrhu měděného potrubí pro systémy vytápění a TUV je nutno vzít v úvahu délkové změny potrubí vlivem teploty.

Měděné potrubí lze použít i pro instalace podlahových systémů se suchým i mokrým uložením.



Obr. B. 14.4 Správné a nesprávné řešení kombinace materiálů

• Plastové potrubí z různých materiálů se začalo u nás používat pro vnitřní rozvody vody (1988), dnes je používáno i pro rozvody TUV a vytápění. Vývoj materiálů je dán řadou od PP1 a rPE až k materiálům dnes nejvíce používaným – PE-X, PP3, CPVC, PB a několikavrstvým potrubím. Plastové potrubí se spojuje vždy podle požadavku výrobce, a to lepením, svařováním nebo závitovými či svérnými spojkami. U plastového potrubí je bezpodmínečně nutné při návrhu tras a uložení rozvodů vzít v úvahu vysoký koeficient tepelné roztažnosti (až 10× více než u ocelového potrubí). Na rozdíl od ocelových trubek jsou plastové trubky ohebné. Plastové potrubí lze vést v podlaze, v drážkách ve zdivu, po povrchu konstrukcí volně (v podružných prostorách, při rekonstrukcích) nebo se zakrytím (např. sádrokartonem), na podporách nebo s pomocí objímek. Poloměry ohybů jsou u většiny materiálů rovny desetinásobku průměru potrubí.

Velkou pozornost s nezbytnou technologickou kázní je třeba věnovat vedení (uchycení a uložení) potrubí. Uchycovací prvky mají být vzdáleny cca 500 mm, je nutná instalace pevných bodů. Pro ležaté rozvody jsou nevhodnější spojité podpory, pro potrubí s větším průřezem pak i podpory nespojité (vzdálenost podpor je 500 až 800 mm podle DN potrubí). Při použití objímek je max. vzdálenost objímek u vodorovného vedení 500 mm, u svislého vedení max 1 m. Časté je použití plastového potrubí pro rozvody uložené v podlaze buď pro systémy podlahového vytápění nebo pro přívody k otopným tělesům. Potrubí uložené v podlaze nebo v drážce je nutno chránit proti mechanickému poškození ochrannou trubkou (např. plastové „husí krky“), omotáním plstěným pásem. Jako ochrana může posloužit i tepelná izolace.

Pro plastové potrubí se vyrábějí speciální objímky s vnitřní výstelkou, které jsou upraveny buď pro použití jako pevné body nebo pro kluzné (volné) uložení. Nevhodné jsou objímky s ostrými hranami.

### B.14.3 Armatury

Armatury v rozvodech vytápění slouží k uzavírání, regulaci a ovládání jednotlivých částí rozvodů vytápění a k zabezpečení správné funkce otopných systémů.

Podle umístění armatur v otopném systému nebo podle jejich funkce v systému lze armatury rozdělit na:

- armatury u otopných těles – různé ventily, kohouty, šroubení, odvodňovací a odvzdušňovací ventily; v poslední době jsou používány i speciální armatury, např. termostatické ventily nebo čtyřcestné armatury pro napojení těles u jednotrubkové soustavy,
- armatury na trubním rozvodu – přímé a šikmé ventily, zpětné a pojíšťovací ventily, plnící a vypouštěcí kohouty,
- armatury v kotelnách, strojovnách a v předávacích stanicích – podmiňují správnou funkci zařízení, a proto je u nich zdůrazňován požadavek spolehlivosti a možnosti rychlé výměny. Patří sem armatury uzavírací (šoupátka, ventily) s ručním nebo elektromotorickým ovládáním (u zařízení se automatickou regulací), armatury redukční (redukční ventily), armatury zabezpečující provoz (pojíšťovací ventily, odvaděče kondenzátu apod.), armatury vypouštěcí, směšovací pro smísení výstupní a zpětné topné vody) a armatury měřící (teploměry, tlakoměry, vodoměry, měřící clony). Celá řada armatur má vazbu na ústřední regulační soustavu (pomocí různých druhů pohonů). Všechny armatury znamenají hydraulický odpór v rozvodech.

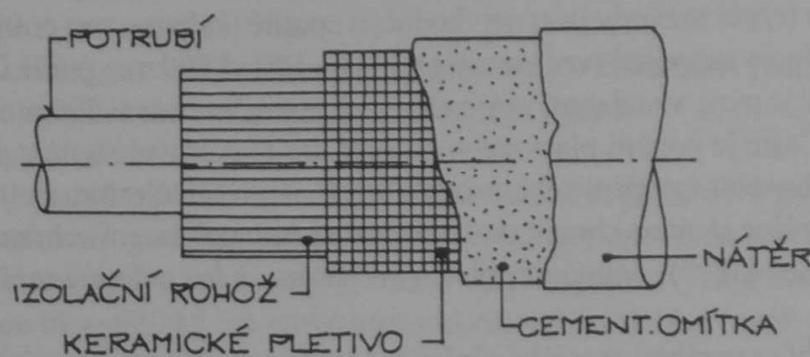
#### B.14.4 Tepelné izolace a povrchová úprava

- Tepelné izolace ve vytápění lze rozdělit na:

- izolace trubního rozvodu,
- izolace těles (ohříváků, výměníků, potrubí vzduchotechniky apod.)

Tepelná izolace potrubí se navrhuje na základě ekonomického rozboru tak, aby byly sníženy tepelné ztráty systému nebo aby byla snížena povrchová teplota některých částí z hygienických a bezpečnostních hledisek. Izolační materiál nesmí obsahovat látky, které by poškozovaly izolované zařízení a musí odolávat nebo být chráněn proti vlhkosti.

U dříve prováděných tepelných izolací se tepelná izolace skládala ze dvou vrstev – z tepelně nosné vrstvy (minerální vlna, křemelina, pěnobeton apod.) a z ochranné vrstvy (různé omítky – sádrová, cementová; obaly – lepenka, pozinkovaný plech a nátěry – asfaltové, emailové) – viz obr. B.14.5.



Obr. B.14.5 Skladba klasické tepelné izolace

Dnes se klasické tepelné izolace používají hlavně u potrubí s větším DN. Pro běžné DN se používá buď předizolované potrubí nebo trubice či obaly z pěnových materiálů spojovaných mechanicky nebo slepovaných. Požaduje se také izolace zařízení, tvarovek a armatur. Při použití těchto materiálů je třeba vzít v úvahu smrštění a nasákovost izolace. Tloušťka izolace je 15 až 20 mm.

- Povrchová úprava trubních rozvodů, jejich částí, zařízení a otopních těles je nedílnou součástí provedení vytápěcích systémů.

Nátěry se opatrují potrubí a prvky vytápěcích systémů opatřené klasickou tepelnou izolací nebo části neizolované. Provedení nátěrů je závislé na účelu a umístění natírané části (otopná tělesa, potrubí, armatury, kotle, ohříváky, čerpadla, rozdělovače, sběrače, schody, podesty, upevňovací prvky atd.).

Zvláštní pozornost je nutno věnovat nátěrům otopních těles. Barva nátěru a jeho provedení mají vliv na sdílení tepla těles. U světlých nátěrů se výkon otopného tělesa snižuje jen o cca 5 %, u nátěrů hliníkových nebo bronzových až o 30 % (příklad pořadí barev nátěrů – od nejvhodnější až k nejméně vhodné: bílý email, zinková běloba, zelený email, olovnatá běloba, bronzový nátěr, hliníkový nátěr).

## B.15 Rozsah a obsah dokumentace

### B.15.1 Podklady pro zpracování dokumentace

Pro zpracování projektové dokumentace systému vytápění a ohřevu TUV jsou nezbytné tyto podklady:

- schválené zadání stavby,
- projekt stavební části objektu,
- údaje o nadmořské výšce, okolním zastavění, směru převládajících větrů a umístění budovy v terénu,
- údaje o době provozu v jednotlivých částech budovy, požadavky na teploty ve speciálních provozech, intenzitu větrání nebo chlazení
- údaje o jiných objektech, které mohou být napojeny na vytápění,
- údaje o druhu, jakosti a uskladnění paliva, údaje o elektrické energii,
- zvláštní požadavky na přípravu teplé užitkové vody,
- rozbor vody, která se bude používat pro provoz ústředního vytápění,
- způsob odstraňování nespalitelných látek,
- program a postup stavebních prací s uvedením etap výstavby.

V průběhu navrhování je nutná soustavná spolupráce projektanta specialisty především s projektanty stavební části, technologie a s ostatními projektanty specialisty.

Obsah a rozsah dokumentace a způsob provedení dokumentace, dodávky a montáže zařízení musí být dohodnut mezi stavebníkem (investorem), projektantem a dodavatelem. Vodítkem mohou přitom být ustanovení ČSN 06 0310, jejichž stručný přehled je uveden v částech B.15.2 a B.15.3.

Součástí projektu nejsou dílenské konstrukční výkresy a technologické nebo montážní předpisy a provozní řády, které zpracovává výrobce nebo dodavatel jako součást dodávky a montáže.

### B.15.2 Dokumentace pro stavební řízení

#### • Výkresová část

- půdorysy jednotlivých podlaží se schematickým zakreslením otopních těles (u ostatních spotřebičů se označí jejich druh a typ), expanzních nádob, horizontálně vedeného potrubí s označením svislých potrubí.

Ve výkresu přízemí se označí světové strany a oblastní venkovní výpočtová teplota.

- výkresy kotelny, strojovny se zakresleným strojním zařízením, s legendou a vyznačením zásadních stavebních úprav (prohloubení, základní rozměry, komíny), demontážních a servisních prostor pro strojní vybavení, transportní otvory apod.,
- funkční schéma a schéma zapojení kotelny a strojovny s udáním parametrů a údajů potřebných pro zpracování prováděcího projektu,
- diagram teplotní, tlakový a denní diagram zatížení.

#### • Textová část

technická zpráva, jejíž součástí jsou:

- údaje potřebné k výpočtu tepelných ztrát a dalších potřeb tepla (vzduchotechnika, technologie) a výsledky předběžných výpočtů,
- volby a zdůvodnění soustavy vytápění, systému regulace, zdrojů tepla a strojního zařízení, hlavních částí zařízení (kotle, ohříváky, zabezpečovací zařízení, hlavní armatury atd.), způsobu ovládání a řízení, druhu otopních těles,
- způsob hospodaření s teplem; nároky na druh a potřebu tepla, paliva, elektřiny a vody; technicko ekonomičtí ukazatelé a předběžně stanovené provozní náklady,
- předběžný rozpis strojního zařízení pro jeho předběžné zajištění,

- soupis požadavků na jiné profese, pokud je projekt zpracován samostatně bez souvisejících profesí,
- stručná zpráva o zabezpečení protipožární ochrany a plnění hygienických, zdravotních a bezpečnostních požadavků a předpisů.

### **B.15.3 Dokumentace pro realizaci**

- Výkresová část

- půdorysy jednotlivých podlaží s označením místností podle ČSN 06 0210, s udáním vnitřních teplot, se zakreslením otopných těles s jejich veškerými rozměry včetně rozměrů armatur u těles a spotřebičů, se zakreslením spotřebičů s udáním jejich typu a spotřeby tepla, se zakreslením horizontálních potrubí, s vyznačením sklonů, odvětrání a vypouštění, s podrobnými rozměry potrubí,
- schéma zapojení otopných těles a spotřebičů se shodným označením jako v půdorysech, s udáním rozměrů, armatur, návrhu regulace, hydraulického režimu, odvětrání a vypouštění,
- potřebné řezy se zakresleným výškovým uspořádáním potrubí a veškerého zařízení s ním souvisejícího,
- výkresy kotelny, strojoven, předávacích stanic v měřítku nejméně 1:50, jednotlivé části strojního zařízení jsou očíslovány a přesně popsány v legendě na půdorysu, který je doplněn potřebnými řezy ve stejném měřítku. Strojní zařízení (tj. kotly, ohříváky, ventilátory, čerpadla, rozdělovače atd.) musí být přesně zakótováno,
- schéma, které bude obsahovat zapojení kotelny, strojovny s veškerými rozměry potrubí, armatur s legendou, s příslušným popisem hlavních částí strojního zařízení (typ, výkon, parametry atd.), s udáním technických dat zařízení zejména výkonů, jmenovitých tlaků zařízení, předepsané jakosti materiálu, potrubí, armatur, s udáním kapacity potrubních větví na rozdělovačích a tlaku páry nebo dynamického tlaku u vodních soustav,
- schéma zapojení regulačních ventilů, ventilů s elektrickým pohonem, měření atd. s udáním jejich typů, rozměrů, pohonů a vzájemné funkční závislosti,
- detailní výkresy potrubních uzelů a atypických částí zařízení,
- pokud je projekt zpracován samostatně bez stavebního projektu, musí obsahovat plán stavebních úprav a požadavky na elektroinstalaci, zdravotní instalaci apod.

- Textová část

- Technická zpráva se zpracovává ve stejné skladbě a v nezbytném rozsahu jako technická zpráva projektu ke stavebnímu řízení, s uvedením konečných údajů a se zdůvodněním případných odchylek. Je zpracována do jednotlivých kapitol, které obsahují zejména: výchozí údaje a podklady pro projekt, tepelnou bilanci zařízení, popis částí strojního zařízení (tj. kotlů, ohříváků, ventilátorů, čerpadel atd.), technická data zařízení (teploty, tlaky teplonosných látek, výkon, spotřeba tepla, hnací tlaky u vodních otopných soustav, tlaky páry na rozdělovačích), popis provozu měření a regulace, zásadní popis celého zařízení ve vztahu k montáži a popis rozsahu a druhu izolatérských a natěračských prací. V technické zprávě se uvede upřesněný výpočet potřeby paliva, elektřiny a vody, způsob obsluhy a výpočet provozních nákladů.

Nedílnou součástí technické zprávy je zpráva o ochraně zdraví a bezpečnosti.

- Seznam strojů a zařízení (včetně montáží), který je podkladem pro odbytový rozpočet a obsahuje tudíž podrobnou specifikaci strojů a zařízení, kovových konstrukcí, potrubí a armatur; zařízení měření, regulace, řízení a automatizace (pokud nejsou součástí samostatného projektu), dále specifikaci provozních hmot a prvních náplní potřebných k uvedení do provozu a izolací a nátěru.

## LITERATURA

1. Chyský, Hemzal: Větrání a klimatizace  
BOLIOT – B–press Brno, 1993
2. Kolektiv: Vytápění budov  
Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků Praha, 1997
3. Jokl: Teorie vnitřního prostředí budov  
ČVUT Praha, 1993
4. Kolektiv: Vytápění  
Společnost pro techniku prostředí Praha, 1996
5. Brož: Vytápění  
ČVUT Praha, 1998
6. Kaňka, Kulhánek: Stavební fyzika  
ČVUT Praha, 1998
7. Jelínek, Kabele: Technická zařízení budov II  
ČVUT Praha, 1999
8. Kadlecová: Poznámky k nové normě pro návrh a projektování TUV  
Časopis Topenářství instalace 1/99, Praha
9. Kucbel, Čažiarová: Použitie elektrických samoregulovacích ohrevacích káblor ve stavebnictve  
Časopis TZB 5 a 6/1998, Bratislava
10. Papež a kol.: Technická zařízení budov II, Vytápění-cvičení  
Vydavatelství ČVUT, Praha 1999
11. Jelínek, Vanko: Komínová technika  
Komtec, s.r.o., ROKA, s.r.o., 1999
12. ČSVTS: Elektrické vytápění  
Sborník konference Hradec Králové 1981
13. Časopisy:
  - Topenářství a instalace, ročník 1997 až 1999
  - Technické vydavatelství Praha s.r.o.
  - Český Instalatér, ročník 1998, 1999
  - ČNTL, spol. s.r.o. Praha
  - TZB, ročník 1997 až 1999
  - Alfa konti, s.r.o. Bratislava
  - Vytápění, větrání, instalace
  - Společnost pro techniku prostředí Praha, 1996
14. Normy:
  - ISO 31-4 Veličiny a jednotky (ČSN 01 1300)
  - ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát při ústředním vytápění – 1994
  - ČSN 06 0310 Ústřední vytápění. Projektování a montáž.
  - ČSN 06 0312 Ústřední sálavé vytápění se zabetonovanými trubkami. Projektování a montáž.
  - EN 1264 Podlahové vytápění. Soustavy a komponenty. (ČSN 06 0315)
  - ČSN 06 0320 Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování
  - ČSN 06 0330 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody
  - ČSN 06 0830 Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a pro ohřívání užitkové vody.
  - ČSN 06 1101 Otopná tělesa pro ústřední vytápění.
  - ČSN 07 0245 Teplovodní a nízkotlaké parní kotly.

---

|             |  |
|-------------|--|
| ČSN 07 0303 | Plynové kotelny  |
| ČSN 07 5800 | Hořáky na plynná a kapalná paliva. Názvosloví.         |
| ČSN 38 3350 | Zásobování teplem. Všeobecné zásady.                   |
| ČSN 38 6410 | Plynovody a přípojky s vysokým a velmi vysokým tlakem. |
| ČSN 38 6413 | Plynovody a přípojky s nízkým a středním tlakem.       |
| ČSN 73 0540 | Tepelná ochrana budov.                                 |
| ČSN 73 4201 | Navrhování komínů a kouřovodů.                         |

## C Vzduchotechnika

Úkolem vzduchotechniky je ve spolupráci s vytápěním zajistit vyhovující stav prostředí v uzavřených místnostech přes rušivé vlivy okolí nebo činnost člověka samého, a to z hlediska jak čistoty vzduchu, tak tepelného stavu prostředí.

Vzduch se znehodnocuje:

- pobytom lidí,
- činností přírody,,
- průmyslovou a výrobní činností.

- a) Znečištěvání vzduchu přítomností lidí se projevuje především tam, kde se soustřeďuje více osob v omezeném prostoru (sály, kina, divadla, učebny apod.). Pobytom lidí dochází:
- ke změně složení vzduchu (úbytek kyslíku, přírůstek kysličníku uhličitého a vlhkosti ve vzduchu),
  - ke změně různých pachů (především z potu, který obsahuje mastné kyseliny jež se působením tepla a světla rozkládají a páchnou),
  - k přívodu tepla produkovaného člověkem do prostředí; způsobuje velmi často porušení tepelné pohody.
- b) Činností přírody, ale i nevýrobní činnosti člověka dochází k rozrušování organických i anorganických látek a k jejich změnám. Vznikají pachy, plyny, páry a prach, které zhoršují jakost vzduchu. Vzduch obsahuje i jisté množství choroboplodných zárodků, bakterií a plísní, jejichž existence je vázána především na částice prachu.
- c) Výroba je nejčastějším zdrojem velkého znečištění vzduchu různými škodlivinami. Prakticky nejrozšířenější škodlivinou jsou drobné tuhé částice označované jako „prach“. Částice pevné nebo kapalné menší než 1 µm se nazývá aerosol.

*Poznámka: Škodlivina je látka, která působí nepříznivě na živé organismy, objekty a jejich vybavení (škodlivinou je teplo, vlhkost, koncentrace plynů, pachů, aerosolů apod.).*

### C.1 Rozdělení vzduchotechnických soustav

Vzduchotechnické soustavy zajišťují přívod čerstvého vzduchu a odvod škodlivin. Přivedený vzduch je čištěn (filtrován) a může být upravován (ohříván, chlazen, vlhčen) v závislosti na tom, jaká vzduchová soustava bude použita pro splnění požadavků na kvalitu prostředí v místnostech.

Soustavy vzduchotechniky rozdělujeme na tři základní:

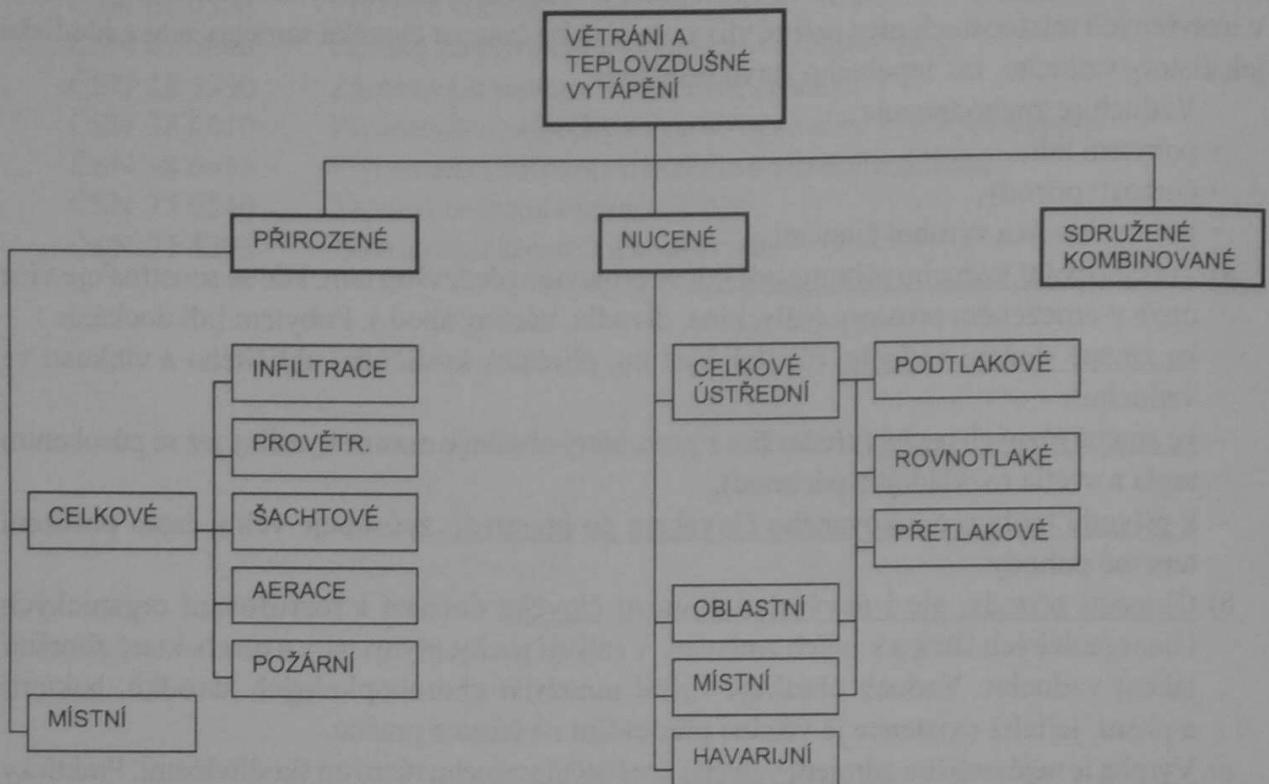
- větrání (včetně teplovzdušného vytápění a větrání),
- klimatizace,
- funkční vzduchotechniku (průmyslovou).

#### C.1.1 Větrací systémy (včetně teplovzdušného vytápění a větrání)

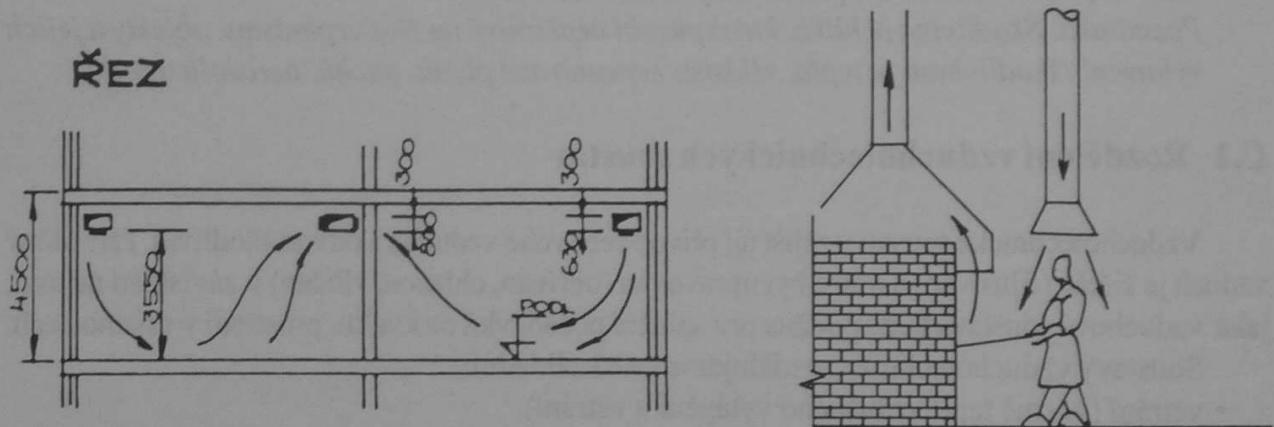
Základními druhy nuceného větrání jsou větrání celkové, místní, oblastní a havarijní (obr. C.1)

- a) Celkové větrání zajišťuje výměnu vzduchu rovnoměrně v celém prostoru. Nejvíce je využíváno v prostorách určených ke shromažďování nebo sportovním účelům, ale i v průmyslových provozovnách. Zpravidla slouží i k vytápění větraných prostorů (obr. C.2).
- b) Místním větráním (obr. C.3) se vzduch odvádí nebo přivádí v určitém omezeném prostoru. Škodliviny se odvádějí přímo z místa jejich vzniku.
- c) Oblastní větrání tvoří jakýsi mezityp mezi oběma výše uvedenými způsoby. Použitím tohoto systému se dociluje úspor na množství větraného vzduchu a tím v zimním období i úspor na spotřebě tepla.

d) Havarijní větrání se zřizuje tam, kde hrozí nebezpečí náhlého úniku škodlivin při poruše technologického zařízení. Zařízení pro odvod vzduchu se spouští zpravidla automaticky.



Obr. C.1 Základní rozdelení větracích systémů (včetně teplovzdušného vytápění a větrání)



Obr. C.2 Celkové větrání zajišťuje přívod, výměnu  
a odvod vzduchu v prostoru celé místnosti

Obr. C.3 Místní větrání zajišťuje přívod,  
výměnu a odvod vzduchu pouze  
v lokalitě, kde škodliviny vznikají  
(příklad pracoviště u pece)

Větrání – výměny vzduchu v uzavřeném prostoru lze dosáhnout samočinně u větrání přirozeného.

Při větrání nuceném se vzduch přivádí a odvodi pomocí ventilátorů. Systémy nuceného větrání umožňují větrací vzduch upravovat a řídit tlakové poměry v budově.

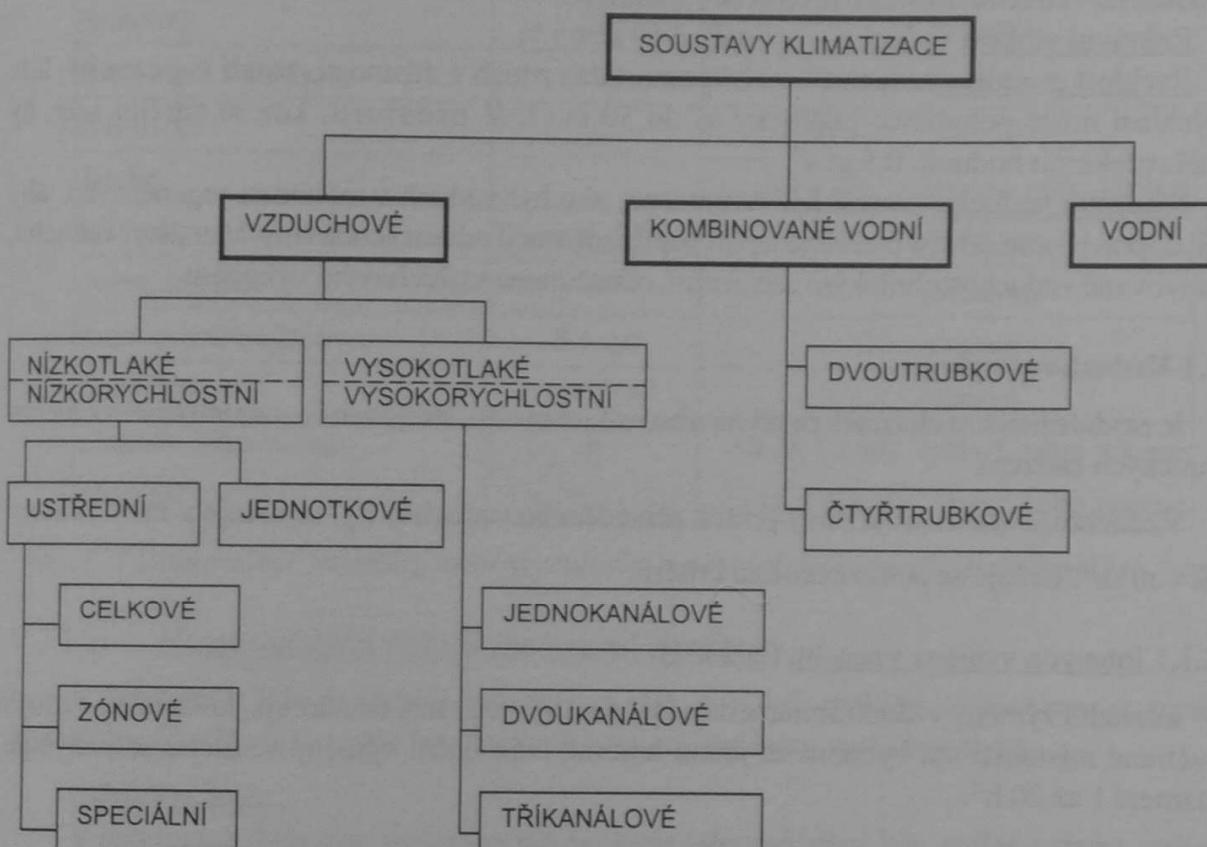
Sdružené větrání kombinované je kombinací větrání přirozeného a nuceného.

## C.1.2 Klimatizace

Větrání, které zajišťuje úpravu čistoty vzduchu i úpravu jeho teploty (ohřev nebo chlazení) a vlhkosti je klimatizace.

Soustavy klimatizace (obr. C.4) rozdělujeme na vzduchové, kombinované vodní a vodní.

- Soustavy vzduchové, kde nositelem tepelné energie pro krytí tepelné zátěže daného prostoru je výhradně vzduch.
- Soustavy kombinované, kde nositelem tepelné energie pro krytí tepelné zátěže daného prostoru je vzduch i voda do tzv. indukčních jednotek.
- Vodní soustavy, kde nositelem tepelné energie pro krytí tepelné zátěže daného prostoru je výhradně voda (do tzv. ventilátorové jednotky).



Obr. C.4 Základní rozdělení klimatizačních soustav

## C.1.3 Funkční vzduchotechnika

Do tzv. funkční vzduchotechniky zařazujeme:

- průmyslové odsávání,
- pneumatickou dopravu,
- vzduchové clony, sprchy,
- případně další systémy.

Navrhují se především ve speciálních provozech s určitou technologií a výrobou.

## C.2 Parametry pro návrh vzduchotechnických zařízení

Aby vzduchotechnická zařízení plnila svůj účel, je zapotřebí, aby měla jako celek odpovídající potřebné výkony. Tento požadavek může být splněn, pokud jednotlivé části vzduchotechnických zařízení (potrubí, regulační části, výustné a odváděcí otvory, ventilátory, strojovny, jednotky atp.) budou mít odpovídající výkonové parametry.

Z tohoto hlediska nás bude zajímat především vzduch a zejména jeho některé sledované vlastnosti.

Čistota vzduchu – vzduch nesmí obsahovat žádné nečistoty (prach, plyny, aerosoly). Rozhodující je zabezpečit vhodnou polohu nasávacích míst čerstvého vzduchu.

Teplota vzduchu – vzduchotechnickým zařízením zajišťujeme zpravidla mimo větrání i vytápění nebo chlazení, popřípadě vlhčení. Při vytápění je do místnosti přiváděn vzduch o vyšší teplotě než je teplota v místnosti, nejvíce 45 °C. Při chlazení je teplota vzduchu přiváděného vzduchu nižší než je teplota v místnosti.

Relativní vlhkost vzduchu – optimálně 60 až 65 %.

Rychlosť proudění vzduchu – rozlišujeme, zda vzduch v místnosti proudí v potrubí, kde se rychlosť může pohybovat prakticky až do 30 m.s<sup>-1</sup>. V prostoru, kde se zdržují lidé, by neměla překročit hodnotu 0,5 m.s<sup>-1</sup>.

Množství vzduchu – musí být dostatečné, aby byl vzduch v místnosti regenerován, aby stačil dopravit nebo odvést potřebné teplo, popřípadě stačil odvést škodliviny. Množství vzduchu, dopravované vzduchotechnickým zařízením, označujeme vzduchovým výkonem.

### C.2.1 Vzduchový výkon

Je nejdůležitějším ukazatelem při návrhu vzduchovodů, strojoven i ostatních částí vzduchotechnických zařízení.

Vzduchový výkon (objemový průtok přiváděného vzduchu)  $\dot{V}_p$  se určuje v m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, častěji však v m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Určuje se podle několika kritérií.

#### C.2.1.1 Intenzita výměny vzduchu (tab. C.I)

Intenzita výměny vzduchu znamená násobnost výměny **n**. Číslo určuje, kolikrát se vzduch ve větrané místnosti má vyměnit za jednu hodinu. Násobnost výměny vzduchu se pohybuje v rozmezí 1 až 20.h<sup>-1</sup>.

$$\dot{V}_p = V \cdot n$$

|     |             |   |                                    |
|-----|-------------|---|------------------------------------|
| kde | $\dot{V}_p$ | provozní množství vzduchu (vzduchový výkon) | [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ] |
|     | V           | objem větrané místnosti (prostoru)          | [m <sup>3</sup> ]                  |
|     | n           | násobnost výměny                            | [h <sup>-1</sup> ]                 |

Podle výše uvedeného vztahu vypočtená hodnota vzduchového výkonu je orientační, přibližná. Tato přesnost však postačuje pro předběžný návrh vzduchotechnických zařízení.

| Druh místnosti                  | násob. výměny<br>n.h <sup>-1</sup> | Čerstvý vzduch<br>na osobu m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> | druh větrání                               |
|---------------------------------|------------------------------------|--|--|
| učebna,kreslárna                | 3 – 5                              | 20 – 30  | přirozené                                  |
| odb.pracovna chemie             | 6 – 8                              | 30 – 50  | nucené                                     |
| pracovny fyziky a přírodovědy   | 3                                  | 20 – 30  | přirozené                                  |
| školní pracovní výuky           | 3                                  |  | přirozené                                  |
| tělocvična                      | 3                                  | 30   | přirozené                                  |
| plavecké bazény                 | 3 – 5                              |  | přiroz. nebo nucené                        |
| sprchy                          |                                    | 220 na sprchu  | nucené                                     |
| šatny u bazénů                  | 5 – 6                              |  | nucené                                     |
| osušovny                        | 20                                 |  | nucené                                     |
| společenská místnost            | 5 – 7                              | 30   | nucené                                     |
| sborovna                        | 4                                  | 50   | nucené                                     |
| jidelna                         |                                    | 30 – 40  | přiroz. nebo nucené                        |
| kuchyň pro stravování           | max. 20                            |  | nucené                                     |
| cvičná kuchyň                   |                                    |  | odsávání                                   |
| šatny pro tělovýchovu           | 8 – 10                             | 10   | nucené                                     |
| umývárny                        | 10 – 20                            |  | nucené                                     |
| záchody žáků včetně<br>předsíně | 5                                  | 50 na 1 mísu<br>25 na 1 pisoár                             | přiroz. nebo nucené<br>přiroz. nebo nucené |

Tab. C.I Doporučené intenzity výměny vzduchu v některých místnostech občanských staveb

#### C.2.1.2 Nutné množství vzduchu pro odvod škodlivin

V prostorách, kde se zdržují lidé, zvířata nebo tam, kde probíhá výrobní proces, vznikají škodliviny. Škodlivinou může být teplo, vlhkost, plynné látky v ovzduší apod.

##### Odvádění tepla

V prostorách, kde jsou situovány zdroje tepla (shromáždění lidí, zvířat, výroba, oslunění budovy apod.) vzniká tepelná zátěž. Toto nadbytečné teplo je nutné odvést.

$$\dot{V}_p = \frac{\dot{Q} - \dot{Q}_p}{\rho \cdot c(t_i - t_p)} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

kde  $\dot{Q}$  celkové množství tepla, které se v místnosti vyvíjí [W]

$\dot{Q}_p$  teplo, které odchází prostupem (tepelná ztráta) [W]

$c$  měrné teplo [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]

$\rho$  hustota vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$t_p$  teplota vzduchu do místnosti přiváděného [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_i$  teplota vzduchu v místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]

rozdíl těchto teplot by neměl přesáhnout 6 až 8  $^{\circ}\text{C}$

$\dot{V}_p$  provozní množství vzduchu (vzduchový výkon) [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]

### C.2.1.3 Množství vzduchu na osobu

Vzduchový výkon se může také stanovit na základě množství vzduchu přiváděného do větrané prostory na 1 osobu nebo jinou jednotku.

$$\dot{V}_p = o \cdot \dot{V}_o \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

kde  $o$  počet osob (nebo jiných jednotek)

$\dot{V}_o$  množství vzduchu přivedené na jednu osobu nebo jinou jednotku  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

( $\dot{V}_o$  dosahuje hodnot 30 až 100  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na osobu)

$\dot{V}_p$  provozní množství vzduchu (vzduchový výkon)  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

Podle výše uvedeného vztahu vypočtená hodnota vzduchového výkonu je orientační. Tato přesnost však postačuje pro předběžný návrh vzduchotechnických zařízení.

### C.2.1.4 Stanovení přívodu čerstvého vzduchu

Vzduchotechnika má dvojí úkol: zajišťovat větrání a zajišťovat tepelnou pohodu v příslušných prostorách. Oba tyto úkoly mohou mít různé požadavky na přívod čerstvého vzduchu. Je třeba mít na zřeteli, že neúměrný přívod čerstvého vzduchu má za následek v zimě vysokou spotřebu tepla.

Pokud jsou v klimatizovaných prostorách zdroje škodlivin, je přívod čerstvého vzduchu dán jejich nejvyššími přípustnými koncentracemi.

Častěji je potřeba větrání vyvolána přítomností lidí. Po stránce produkce  $\text{CO}_2$  člověkem, je vyhovující přívod  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  čerstvého vzduchu na osobu. V současné době je doporučován minimální přívod čerstvého vzduchu  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na osobu, při fyzické činnosti se doporučuje až  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na osobu.

V době minimálních venkovních teplot v zimě se obvykle tato hodnota čerstvého vzduchu snižuje až na cca  $8 (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$  na osobu. Přívody čerstvého vzduchu je možné zvýšit v případě, že to dovolují energetické podmínky (využívání odpadového tepla z odváženého vzduchu).

Rozdíl teplot vzduchu v místnosti a vzduchu přiváděného by měl být v létě maximálně 6 až  $8^\circ\text{C}$ , v zimě se může zvýšit na 20 až  $30^\circ\text{C}$ .

Platí tento vztah:

$$\dot{V}_p = \dot{V}_e + \dot{V}_c \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

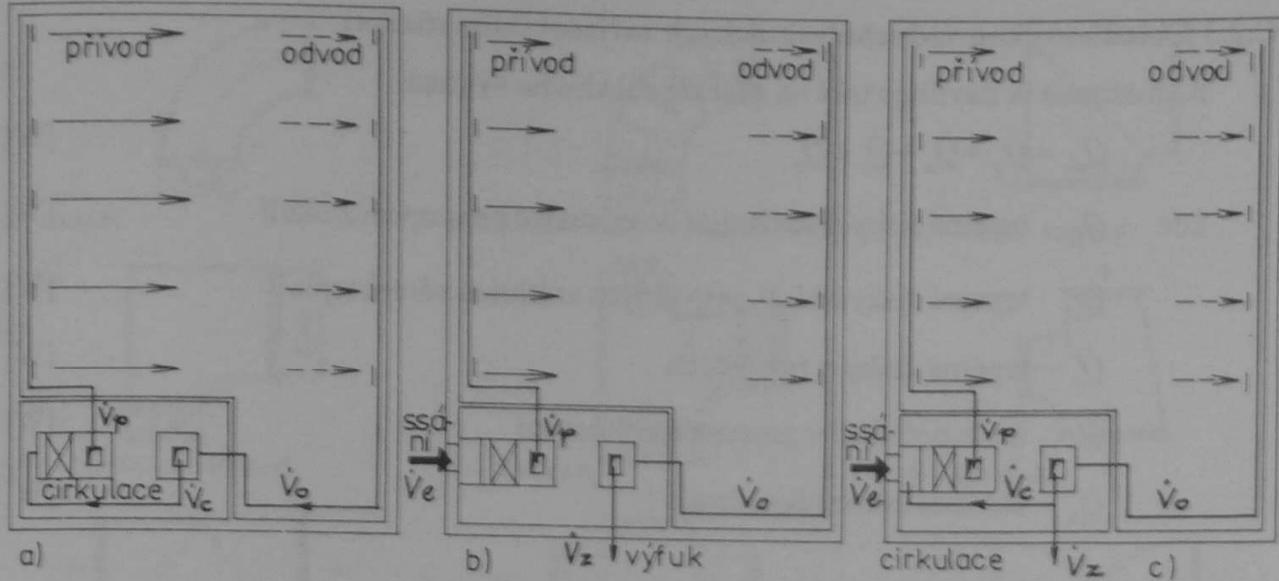
kde  $\dot{V}_p$  provozní množství vzduchu (vzduchový výkon)  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

$\dot{V}_e$  čerstvý vzduch – vzduch z venkovního prostředí  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

$\dot{V}_c$  vzduch oběhový (cirkulační) – odváděný vzduch, který se vrací do větraného prostoru  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

Při řešení vzduchových množství se počítá s optimální hodnotou 25 – 30 % čerstvého vzduchu ze vzduchu provozního. Znamená to, že vzduchu oběhového bude 70 – 75 %. Při poklesu venkovních teplot v zimě pod hodnoty teplot oblastních se množství čerstvého vzduchu snižuje až na hodnotu 10 %. Omezuje se větrání z důvodů energetických. Tyto úvahy neplatí pro provozy a prostory, kde je z hygienických důvodů nutná 100% výměna vzduchu.

Schéma je uvedeno na obr. C.6.



Obr. C.6 Vzduchotechnická zařízení v závislosti na množství čerstvého vzduchu z venkovního prostředí

$\dot{V}_p$  – provozní množství vzduchu (vzduchový výkon) ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) vzduch přicházející do větraného prostoru

$\dot{V}_e$  – čerstvý vzduch – vzduch z venkovního prostředí ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )

$\dot{V}_c$  – vzduch oběhový (cirkulační) - odváděný vzduch, který se vrací do větraného prostoru ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ).

$\dot{V}_z$  – znečistěný, odváděný vzduch, který se již nevraci do větraného prostoru ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )

$\dot{V}_o$  – odváděný vzduch – vzduch odcházející z větraného prostoru ( $m^3 \cdot h^{-1}$ )

a) Provoz cirkulační  $\dot{V}_p = \dot{V}_c = \dot{V}_o; \dot{V}_e = 0; \dot{V}_z = 0$

b) Provoz ventilační  $\dot{V}_p = \dot{V}_e; \dot{V}_o = \dot{V}_z; \dot{V}_c = 0$

c) Provoz kombinovaný  $\dot{V}_p = \dot{V}_e + \dot{V}_c; \dot{V}_o = \dot{V}_z + \dot{V}_c$

## C.2.2 Topný výkon vzduchotechnických zařízení

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{vyt} + \dot{Q}_r + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vo} - \dot{Q}_z \quad [\text{W}]$$

kde  $\dot{Q}_{vyt}$  tepelná ztráta místnosti [W]

$\dot{Q}_r$  tepelná ztráta v rozvodech (5 – 10 %) [W]

$\dot{Q}_v$  tepelný výkon pro ohřev větraného vzduchu [W]

$\dot{Q}_{vo}$  tepelný výkon pro ohřátí směsi vzduchu po zvlhčení (u klimatizace) [W]

$\dot{Q}_z$  tepelný zisk ve větrané místnosti; od sporáku, vařidel, osvětlení, technologie atp. [W]

$\dot{Q}$  topný výkon vzduchotechnického zařízení [W]

### C.2.3 Chladící výkon vzduchotechnických zařízení (klimatizace)

Klimatizace se navrhuje také na základě chladícího výkonu.

$$\dot{Q}_{ch} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_o + \dot{Q}_r + \dot{Q}_e \quad [W]$$

kde  $\dot{Q}_p$  tepelné zisky přicházející do místnosti prostupem z okolí [W]

$\dot{Q}_o$  tepelné zisky od lidí, příp. jiných vnitřních zdrojů tepla [W]

$\dot{Q}_r$  tepelné ztráty v rozvodech [W]

$\dot{Q}_e$  teplo potřebné v procesu odvlhčování [W]

$\dot{Q}_{ch}$  chladící výkon klimatizace [W]

## C.3 Součásti (prvky) vzduchotechnických zařízení

Vzduchotechnické soustavy (systémy) všeho druhu jsou tvořeny celou řadou prvků, které na sebe rozměrově a výkonově navazují a svou správnou funkcí zabezpečují správný chod a poslání vzduchotechnické soustavy.

Prvky vzduchotechnických zařízení dělíme do následujících skupin:

- vzduchovody a jejich součásti
- koncové prvky, výustky,
- strojovny, jednotky a strojní vzduchotechnická zařízení,
- doplňující konstrukční zařízení, která kompletizují soustavy.

### C.3.1 Vzduchotechnické potrubí (vzduchovody)

Vzduchovody slouží k přivádění nebo odvádění vzduchu. Na jejich správném návrhu a provedení závisí hospodárný provoz celého zařízení. Vzduchovody mohou být různého provedení z hlediska použitého materiálu a nejvhodnějšího tvaru.

Většina vzduchovodů je z pozinkovaného plechu. Průřez vzduchovodů je kruhový nebo čtyřhranný. Kruhové vzduchovody se méně zanášeji prachem, jsou menším zdrojem aerodynamického hluku. Jsou používány k dopravě vzduchu vyššími rychlostmi, což vede ke zmenšení jejich potřebného průřezu. V současné době se ve vzduchotechnice převážně uplatňují kruhové průřezy pro vzduchovody dodávané v délkách až 6 m.

Pružné flexibilní roury (hadice) jsou svíjeny z jedné až tří vrstev tenkého hliníkového pásku, kde tvarovou přizpůsobivost umožňuje předlisované zvlnění pásků.

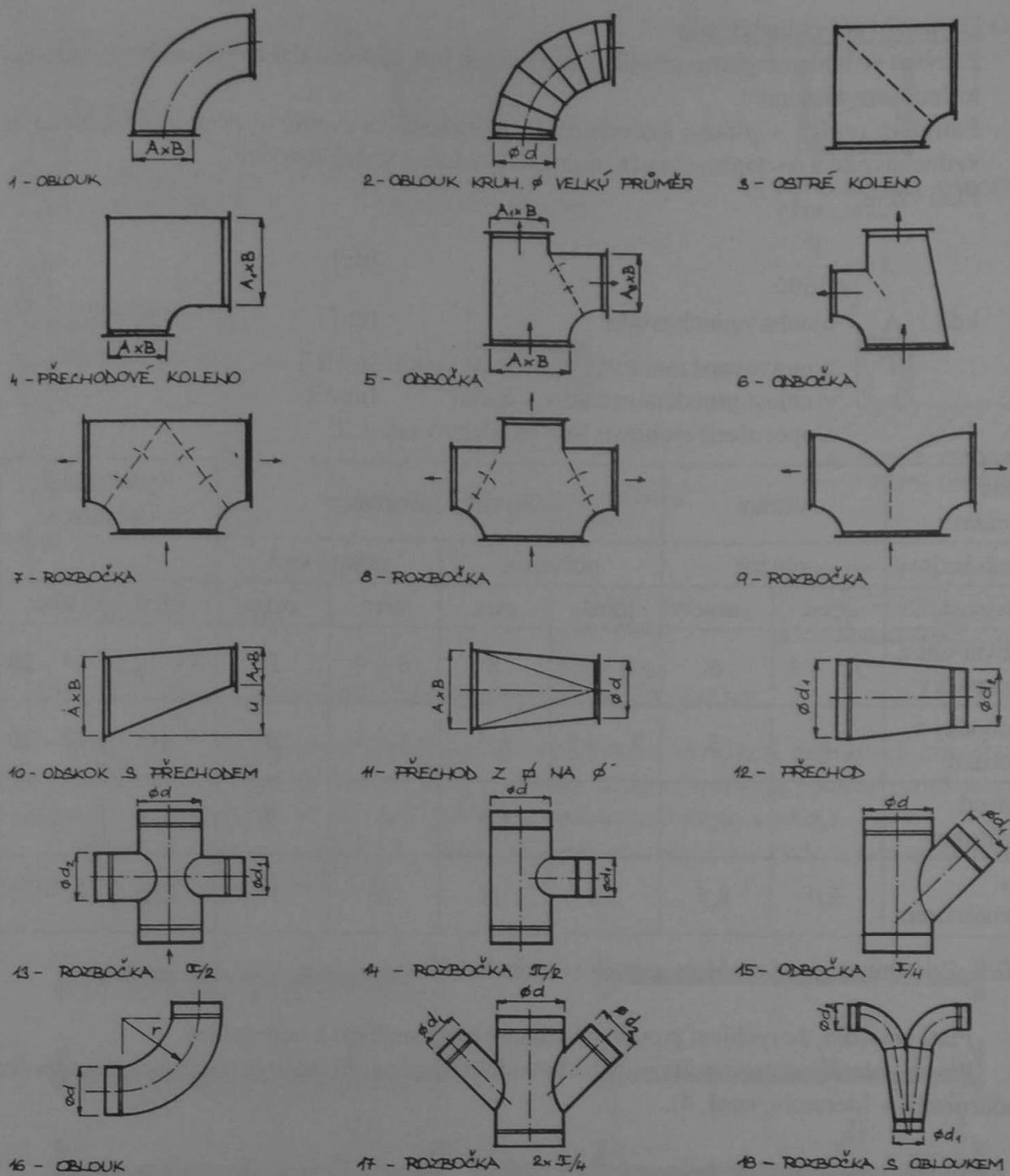
Pro průmyslové účely jsou také používány hadice pryžové se zalitou drátěnou kostrou nebo hadice z plastů, nerezové oceli nebo kombinovaných materiálů.

Tvarovky ve vzduchovodu (obr. C.7) umožňují změnu směru, rychlosti proudění nebo rozdelení či spojení proudů vzduchu. Oblouky kolena, přechody a rozbočky mají takový tvar, při kterém vznikají malé tlakové ztráty při proudění. Z hydraulického hlediska nekvalitní tvarovky mají velkou tlakovou ztrátu a jsou neustálým zdrojem hluku.

Výjimečně jsou s určitým omezením používány vzduchovody zděné, betonové, kameninové a azbestové.

V určitých případech se vzduchovody opatřují tepelnou izolací, která snižuje nebezpečí kondenzace vodní páry ve vzduchovodu.

Potrubní síť rozděluje ventilátor na podtlakovou (saci) a na přetlakovou (výtlacnou) část.



Obr. C.7 Vzduchotechnické potrubí. Tvarovky rozvodů vzduchovodu

1 až 11 nízkotlaké rozvody, 12 až 18 vysokotlaké rovody

### C.3.1.1 Návrh vzduchovodů

Projekční návrh sítí vzduchovodů se sestavá z volby typu vzduchovodu (kruhový, čtyřhranný), návrhu tras jednotlivých větví, dimenzování úseků (stanovení průřezu, výpočet tlakových ztrát), stanovení dopravního tlaku ventilátoru, tlumičů hluku a návrhu tepelné izolace.

Dále bude věnována pozornost dimenzování vzduchovodů a návrhu tras jednotlivých větví vzduchovodu.

### a) Dimenzování vzduchovodů

Zabývat se budeme pouze přibližným návrhem bez výpočtu tlakových ztrát ve vzduchotechnickém zařízení.

Potřebný průřez – plocha vzduchovodu je závislá na rychlosti proudění vzduchu ve vzduchovodu a na dopravovaném množství vzduchu vzduchovodem.

Platí vztah:

$$A = \frac{\dot{V}}{v \cdot 3600} \quad [\text{m}^2]$$

kde  $A$  plocha vzduchovodu  $[\text{m}^2]$

$\dot{V}$  dopravované množství vzduchu v úseku  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

$v$  rychlosť proudění vzduchu v úseku  $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$

Doporučené rychlosti jsou uvedeny v tab. C.II.

| Druh soustavy           | větrání |      | nízkotlaká klimatizace |      |            |      | vysokotlaká klimatizace |         |
|-------------------------|---------|------|------------------------|------|------------|------|-------------------------|---------|
|                         | obytné  |      | občanské               |      | průmyslové |      |                         |         |
| druh budovy             | střed.  | max. | střed.                 | max. | střed.     | max. | střed.                  | max.    |
| rychlosť m/s            |         |      |                        |      |            |      |                         |         |
| hlavní větev, stoupačky | 3,5 – 4 | 6    | 5,0 – 6,5              | 8    | 6 – 9      | 11   | 8 – 12,5                | 15 – 20 |
| odbočky v podlaží       | 3       | 5    | 3 – 4,5                | 6,5  | 4 – 5      | 9    | 10                      | 12 – 20 |
| odvod vzduchu           | 3,5     | 4,5  | 4                      | 5,5  | 5          | 9    | 8,5                     | 17      |
| za ventilátorem         | 5,0     | 8,5  | 7,5                    | 11   | 10         | 11   | 12,5                    | 20 – 25 |

Tab. C.II Doporučené rychlosťi proudění vzduchu

Platí pravidlo, že rychlosť proudění vzduchu roste směrem k ventilátoru.

Při přesném výpočtu se průřezy vzduchovodů stanoví na základě aerodynamického výpočtu (podrobněji v literatuře, např. 4).

### b) Vedení vzduchotechnického potrubí v budově

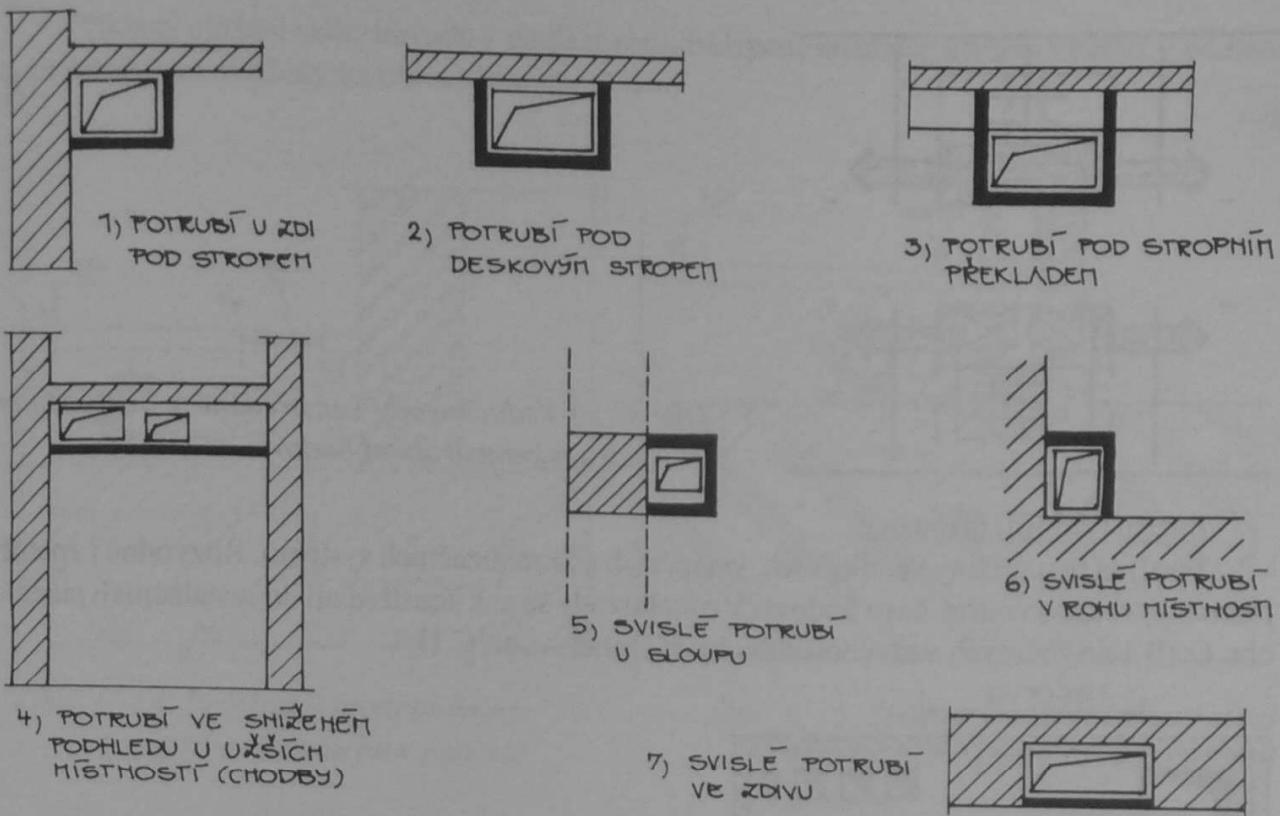
Vzduchovody, pokud nejsou zděné nebo betonové a tudíž částí stavby, jsou ukládány nebo zavěšovány na nosné, podpůrné konstrukce a podle požadavků na úpravu interiéru se nechávají volné, zakrývají se nebo maskují.

Čtyřhranné i kruhové potrubí je možno zavěsit pomocí normalizovaných typů závěsů, úchytek a objímek tak, jak je uvedeno na Obr. C.8.

#### C.3.1.2 Umísťování vzduchovodů

Při navrhování zavěšeného potrubí pod stropem místnosti a chodeb je nutno pamatovat, že podchodná výška musí být nejméně 2,1 m.

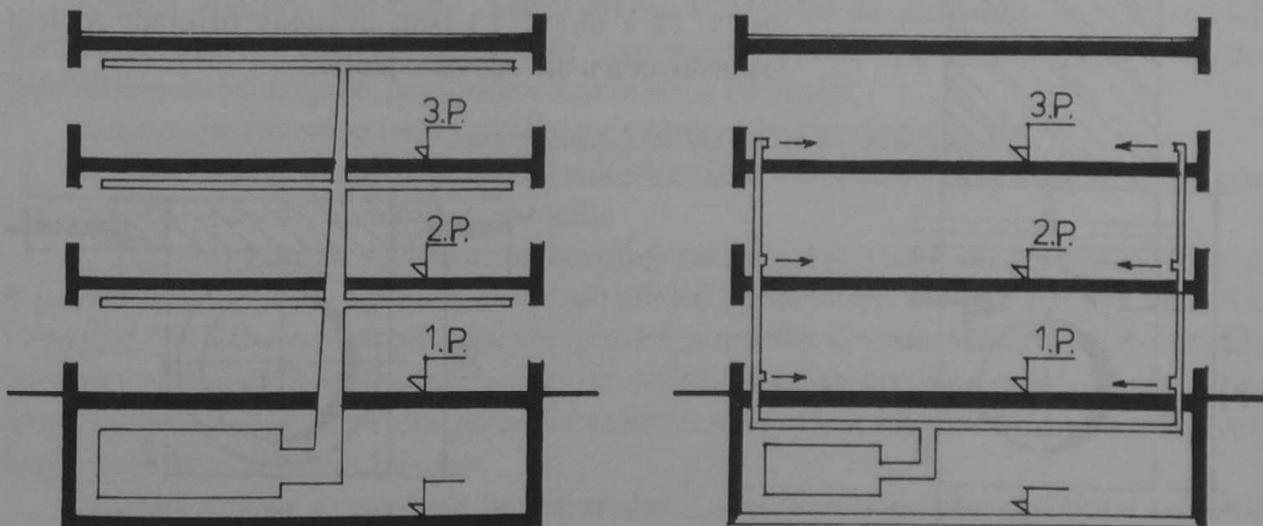
Pokud je potrubí dopravován vzduch s velkým obsahem vodních par a nastává kondenzace (například u kuchyní a prádelní apod.), je třeba potrubí montovat se spádem nejméně 1:100 směrem k ventilátoru a zajistit odpad vody. V takovém případě musí být spoje ve spodní části vodotěsné.



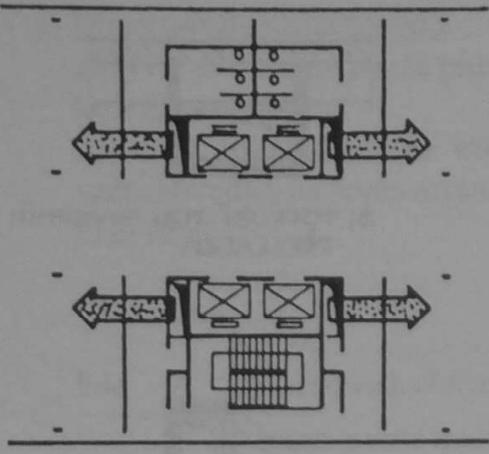
Obr. C.8 Příklady uložení (zakrývání) vzduchotechnického potrubí

Zakrývání vzduchotechnických potrubí spočívá ve vytváření nepravých stavebních konstrukcí, sloupů, průvlaků, trámů, stěn, podhledů, která se zpravidla opatřují omítkou nebo obkladem. Samostatnou formou zakrývání jsou perforované stropy a stěny.

Způsob uložení vzduchovodu závisí zejména na tom, jaká bude zvolena dispozice vzduchovodů v budově – obr. C.9.



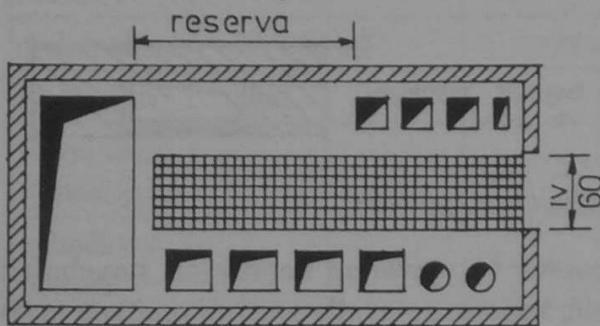
Obr. C.9 Schématické znázornění interní (vnitřní) a obvodové (perimetrální) dispozice vzduchovodů



Obr. C.10 Vzduchovody soustředěné v instalačním jádru administrativní budovy

#### Interní (vnitřní) dispozice

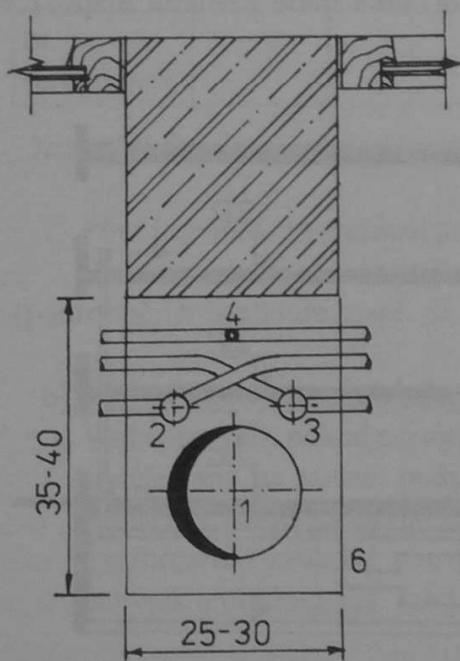
Používá se u většiny ventilačních, vytápěcích a klimatizačních systémů. Rozvodné i zpětné potrubí je vedeno vnitřní částí budovy. Vzduchovody se pak soustřeďují do instalačních jader – obr. C.10 a do sběrných vzduchotechnických šachet – obr. C.11.



Obr. C.11 Ukázka sběrné vzduchotechnické šachty a řazení vzduchovodů v ní

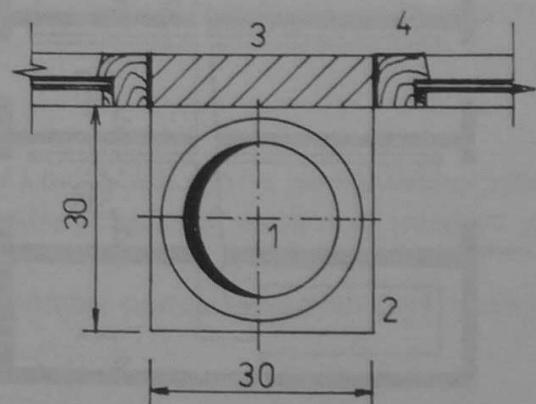
#### Obvodová (perimetrální) dispozice

Řeší rozvod v blízkosti obvodového pláště a je proto výhodná tam, kde se použijí parapetní jednotky apod. Na obr. C.12 a obr. C.13 jsou uvedeny příklady vedení vzduchovodů u obvodového pláště.



Obr. C.12 Příklad upevnění kruhového vzduchovodu k obvodovému plásti – železobetonovému sloupu

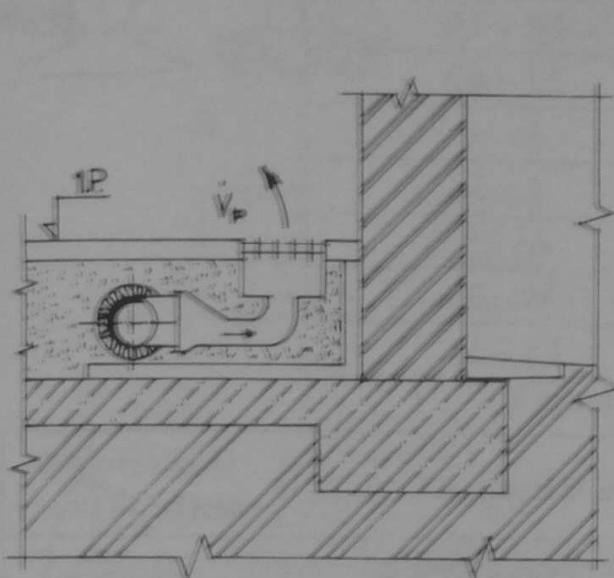
1 – vzduchovod  $\varnothing 200\text{mm}$ , 2 – rozvod, 3 – zpětné potrubí, 4 – kondenzační potrubí, 5 – nosná konstrukce, 6 – opláštování



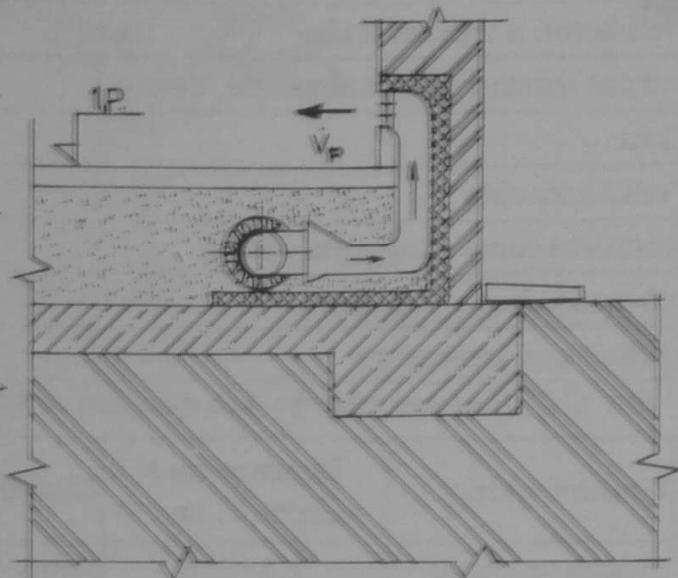
Obr. C.13 Případ upevnění kruhového vzduchovodu k lehkému obvodovému plásti

1 – vzduchovod, 2 – krycí díl – al. plech, 3 – eloxovaná hliníková deska, 4 – pevné zasklení

Příklady uložení vzduchovodů v podlaze nepodsklepené místnosti a řešení výustek v podlaze a ve stěně jsou uvedeny na obr. C.14 a obr. C.15.



Obr. C.14 Příklad konstrukčního řešení přívodu vzduchu v podlaze



Obr. C.15 Příklad konstrukčního řešení výustky ve stěně (vzduchovod v podlaze)

### C.3.2 Koncové prvky, výustky

Rozvod vzduchu je zakončen výustkami nebo koncovými jednotkami.

Výustky jsou konstruovány k použití do stropů, stěn, do podlahy nebo parapetu, volně do prostoru nebo mají univerzální použití.

Výustky k přívodu vzduchu mají mít možnost regulovat průtok.

Stěnovými výustkami jsou mřížky s nastavitelnými nebo pevnými lamelami a mřížkové štěrbiny.

Stropní výustky jsou často konstruovány k umístění do podhledu. Jsou to zejména anemostaty, štěrbiny, děrované panely a děrované stropy. Zvláštní skupinu tvoří trvsky k umístění jednotlivě nebo ve skupině, popřípadě v kombinaci s mřížkami.

Samostatnou skupinu tvoří velkoplošné výustky a integrované svítidla.

Speciálními výustkami (koncovými jednotkami) na vysokoilakých systémech klimatizace jsou indukční jednotky a směšovací jednotky.

Přívod vzduchu do místnosti se navrhuje tak, aby byl veden do pracovních oblastí. V provozech s vývinem škodlivin se vzduch přivádí z míst pobytu osob ke zdrojům škodlivin, neopačně. Vzduch musí být přiváděn přes prostory s menším vývinem škodlivin a odváděn přes prostory s větším vývinem škodlivin, nikdy neopačně. Výdechová rychlosť (tab. C.III a tab. C.IV) nesmí být příčinou nepříznivého proudění vzduchu, ani zvýšené hlukové hladiny v místnosti a nesmí způsobovat obtěžování osob.

Odvod vzduchu se navrhuje bezprostředně z míst škodlivin nebo z pásem s největším znečištěním vzduchu. Místo odvádění vzduchu se volí z hlediska hustoty odváděné směsi vzduchů a plynů nebo par a hustoty okolního vzduchu buď z horního pásma, případně z obou pásem současně.

| Účel místnosti                             | Výdechová rychlosť ( $m.s^{-1}$ ) |
|--|-----------------------------------|
| rozhlasová a televizní studia              | 1,5 – 2,0                         |
| obytné místnosti, hotelové pokoje, divadla | 2,5 – 4,0                         |
| kina                                       | 3 – 5                             |
| velké kanceláře                            | 5 – 6                             |
| obchodní domy – nadzemní podlaží           | do 7,5                            |
| obchodní domy – suterén                    | do 10                             |
| průmyslové provozovny                      | 7,5 – 10                          |

Tab. C.III Hodnoty výdechových rychlosťí ve výústkach

| Umístění výústky    | Doporučená rychlosť vzduchu $V_o$ ( $m.s^{-1}$ ) | Umístění sběr. otvoru          | Doporučená rychlosť vzduchu $V_o$ ( $m.s^{-1}$ ) |
|---------------------|--|--------------------------------|--|
| výústka ve stropu   | 2,5 – 3,0  | otvory v oblasti pobytu lidí   | 2,0 – 2,5  |
| výústka u podlahy   | 1,5 – 2,0  | otvory mimo oblast pobytu lidí | 2,5 – 3,5  |
| anemostat ve stropě | /M – 1/^   | sací otvor ve stropě           | /M – 1/^   |

\* M značí světlou výšku místnosti, kde jsou otvory ve stropě

Tab. C.IV Doporučené rychlosťi ve výústných a sběrných otvorech

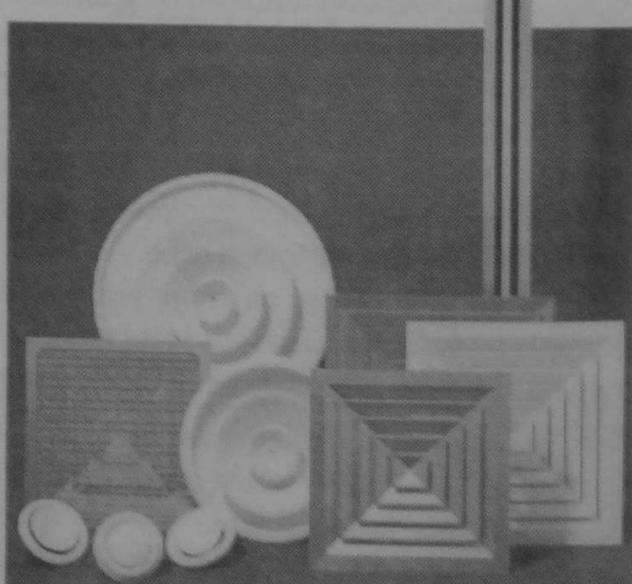
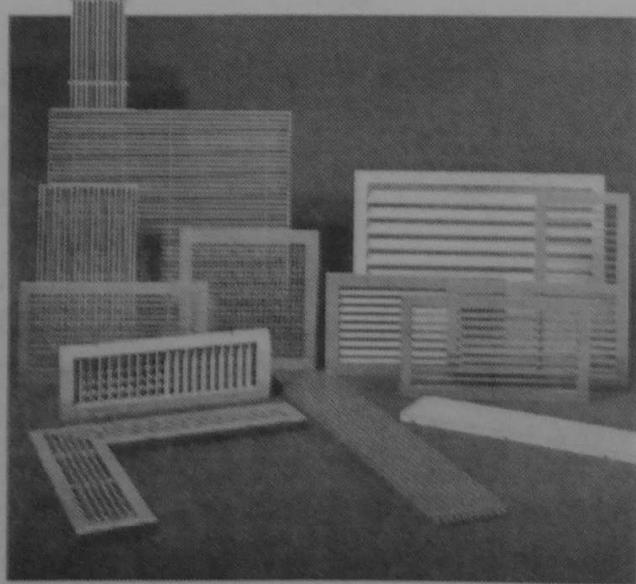
#### Dimenzování výústek

Dimenzování výústek spočívá ve stanovení jejich počtu a velikosti. Při požadavku na bezhlavný chod zařízení se musí uvážit doporučené maximální rychlosťi vzduchu ve výústkách (tab. C.IV).

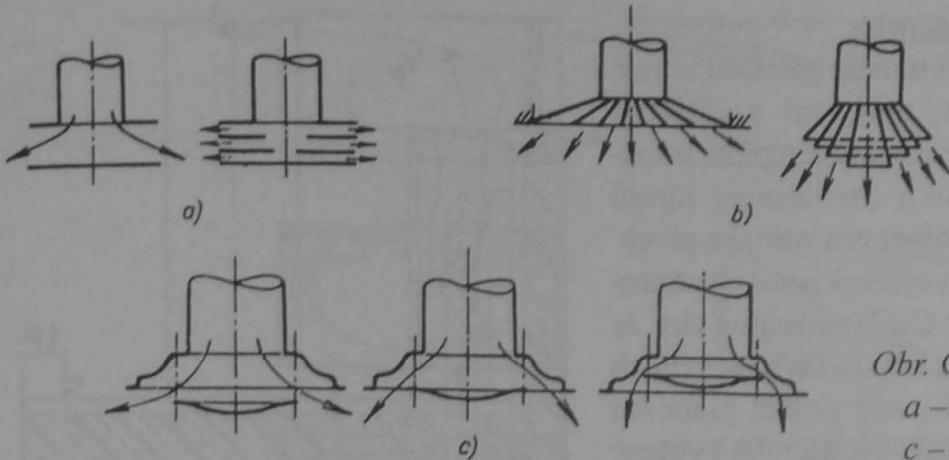
Přibližnou plochu výústky lze stanovit ze vztahu:

$$S_v = \frac{\dot{V}}{v \cdot 3600} \quad [m^2]$$

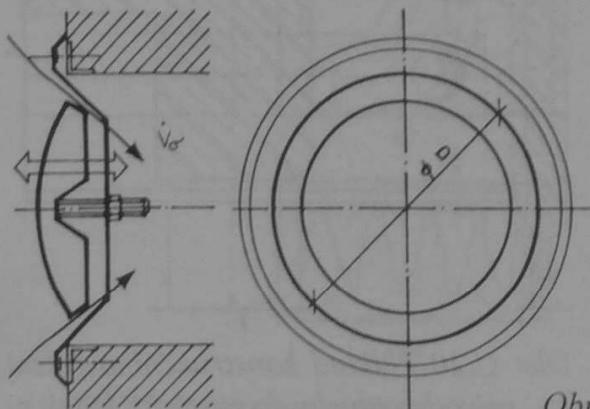
kde  $\dot{V}$  objemový průtok vzduchu  $[m^3.h^{-1}]$   
 $v$  výdechová rychlosť vzduchu  $[m.s^{-1}]$   
 $S_v$  plocha výústky (výústek)  $[m^2]$



Obr. C.16 Příklady různých typů výústek



Obr. C.17 Anemostaty  
 a – deskové, b – růžicové,  
 c – talířové, d – stavitelné



Obr. C.18 Kruhová výústka pro odvod vzduchu

| stupňová výústka                | výústka v noze sedadla                | pultová výústka                              |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|
|                                 |                                       |  |
| výústky ve tvaru různých mřížek | noha sedadla jako výústka             | přívod vzduchu v rovině pultu                |
| podle provedení mřížky          | všeobecný výstup vzduchu dobré mísení | výstup dýzou nebo štěrbinou, indukční účinek |
| přívod a odvod                  | přívod                                | přívod                                       |
| stupňovité stoupající podlahy   | pevná sedadla                         | pevná sedadla                                |

Obr. C.19 Speciální výústky ve shromažďovacích prostorách

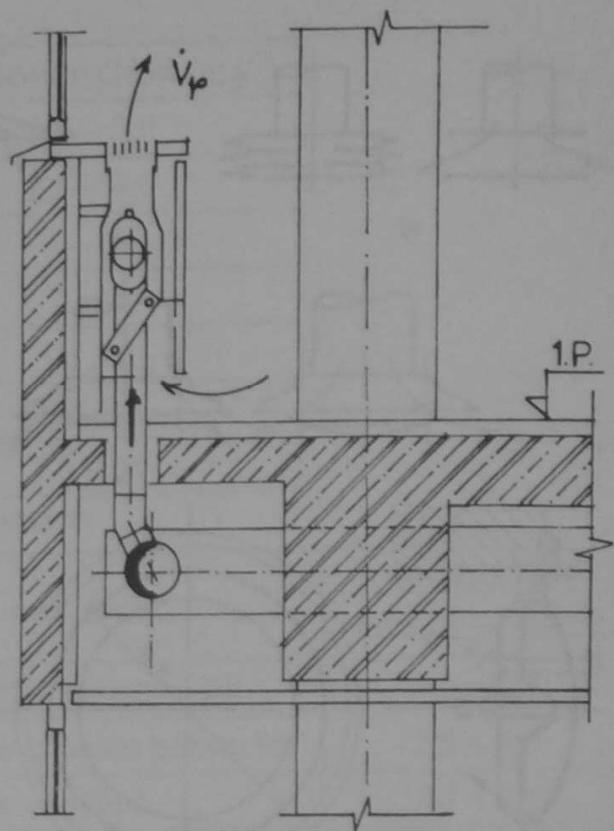
### Schémata přívodu vzduchu

Pohyb vzduchu ve větraném prostoru určuje především druh, počet, umístění a velikost přiváděcích výstek, dále rychlosť a teplota přiváděného vzduchu. Důležité je i rozmístění zdrojů tepla (otopných těles) a chladných zdrojů a ploch.

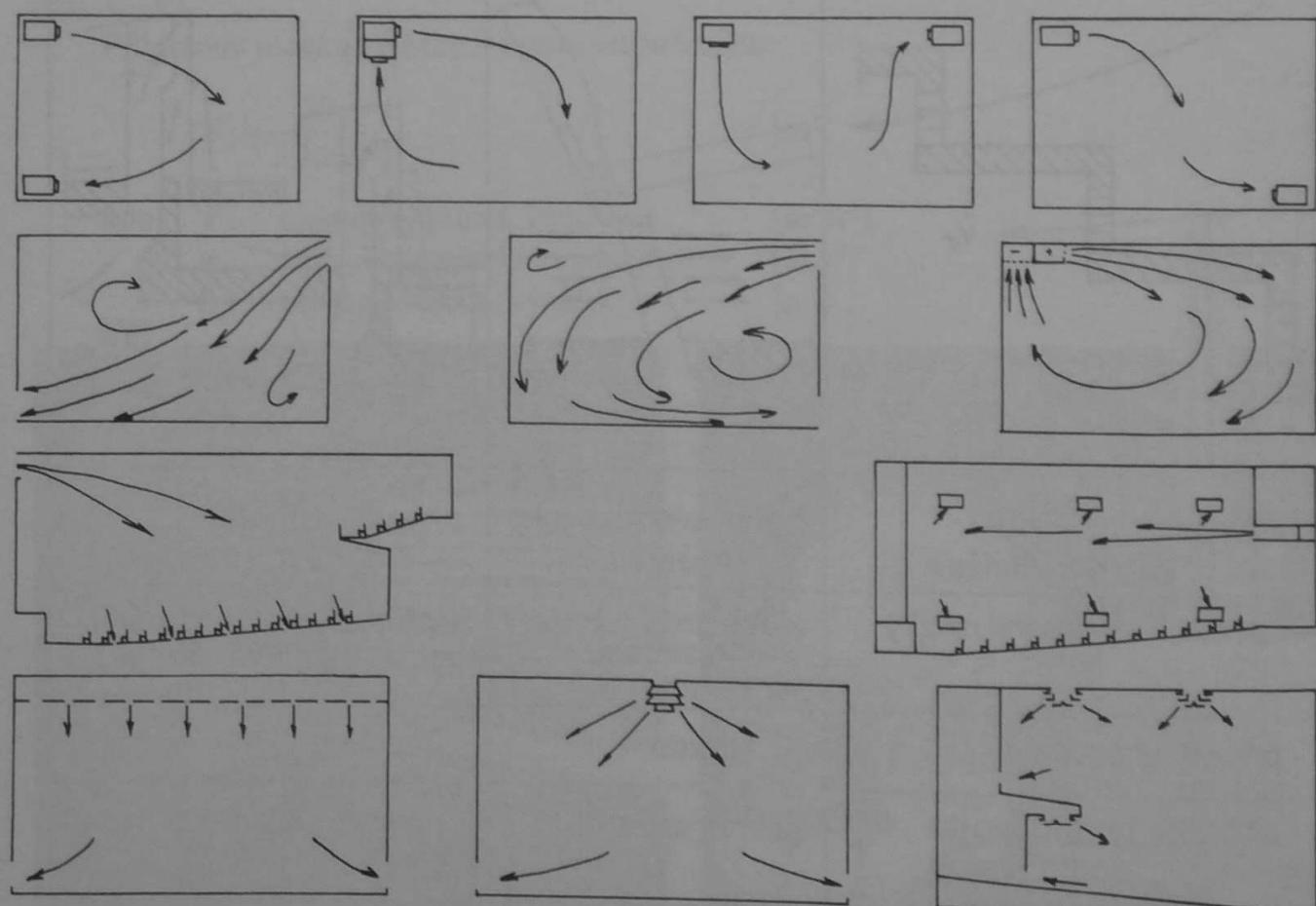
Umístění odváděcích výstek nemá na obrazy proudění (obr. C.21 a obr. C.22) podstatný vliv. Je účelné zabránit zkratům, kdy je čerstvý vzduch odveden z místnosti dřív, než prošel pracovní oblastí. Je vhodné je umísťovat do míst zvýšené koncentrace.

Vhodným návrhem výstek pro přívod vzduchu a odvod vzduchu lze vytvořit určité zónování prostoru.

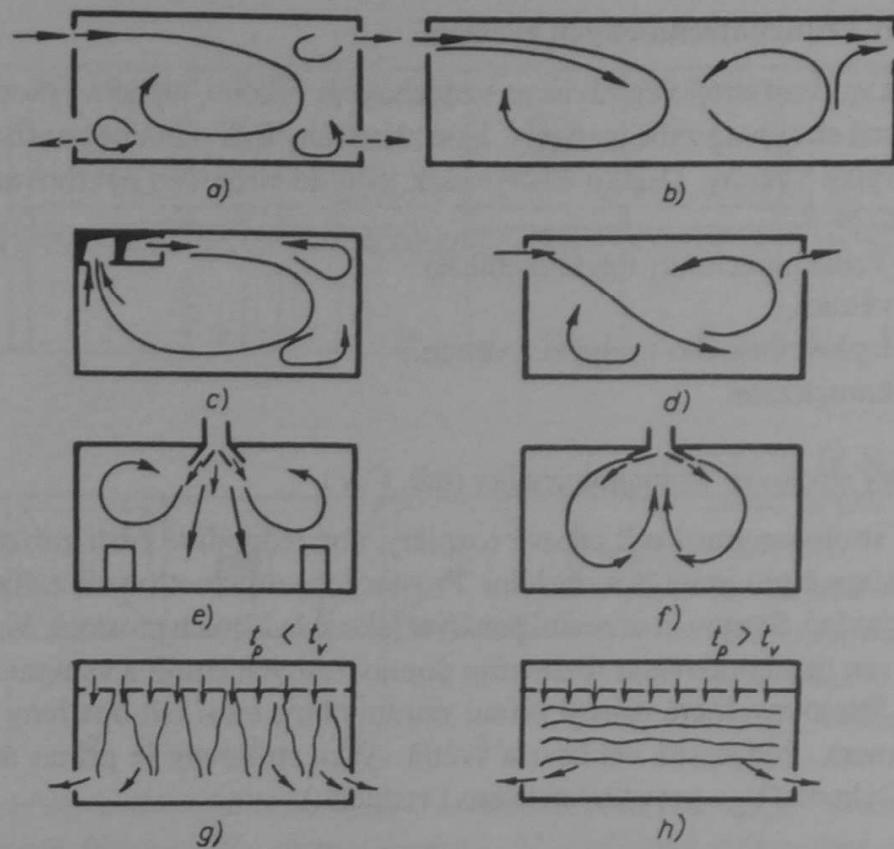
Příkladem jsou problémy s kuřáckými jídelnami. Zvolí-li se řešení podle obr. C.23 mohou pobývat nekuřáci i kuřáci v jedné restauraci, v prostředí, které může být pro obě skupiny přijemné. Na obrázku je zobrazeno, jak rozmísťovat kuřácké a nekuřácké zóny s rozmístěním přívodních elementů a s přihlédnutím k celkovým tlakovým poměrům v prostoru, kdy vzduch proudí směrem k hygienickým zařízením a ke kuchyni, kde je odsáván.



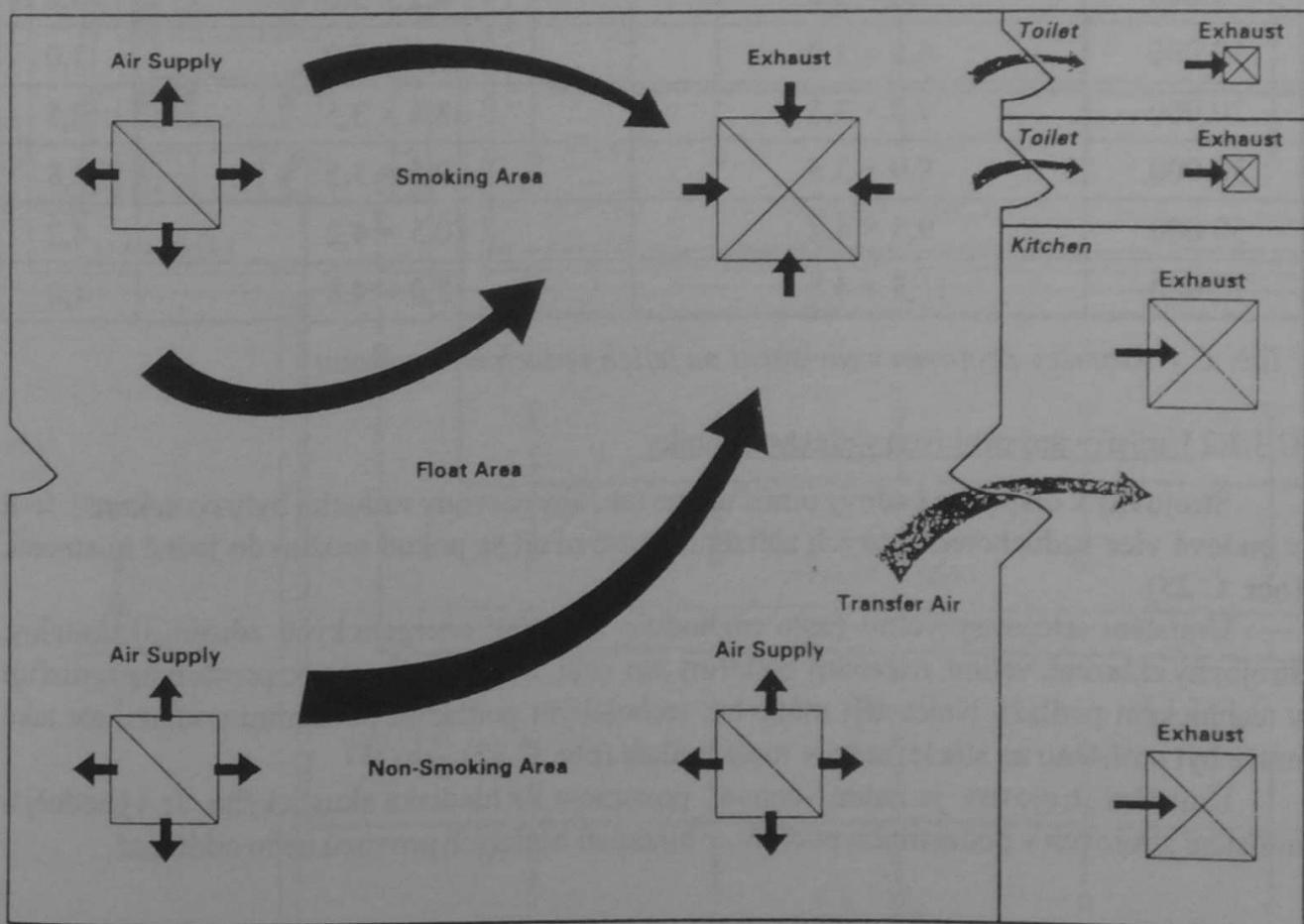
Obr. C.20 Příklad konstrukčního řešení přívodu vzduchu do místnosti indukční jednotkou (vysokotlaká klimatizace)



Obr. C.21 Příklady vhodně umístěných výstek a sběrných otvorů (obrazy proudění)



Obr. C.22 Příklady proudění vzduchu v místnosti v závislosti na druhu a umístění výstupek (obraz proudění)



Obr. C.23 Příklad typického, vhodného rozmístění kuřáckých a nekuřáckých prostorů v restauraci. Základní podmínkou je vhodné umístění přiváděcích a odváděcích elementů na vzduchovodech

### C.3.3 Strojovny vzduchotechnických zařízení

Vybavení a velikost strojoven závisí na vzduchovém výkonu, topném výkonu (ev. chladícím výkonu), které má strojovna zabezpečovat. Jsou zřizovány individuálně navrhované strojovny. Zpravidla pro velké výkony. Daleko častěji však jsou do strojoven navrhovány stavebnicové sestavy – obr. C.24.

Strojovny vzduchotechniky rozdělujeme na

- strojovny větrání,
- strojovny teplovzdušného vytápění a větrání,
- strojovny klimatizace.

#### C.3.3.1 Rozměry strojoven vzduchotechniky (tab. C.V)

Místnosti strojoven musí mít takové rozměry, aby jednotlivé části zařízení byly snadno a bezpečně přístupné pro montáž a obsluhu. Prostory mezi jednotlivými zařízeními musí být dostatečně průchodné. Strojoven se nesmí používat jako skladишtních prostorů. Velikost vstupních dveří do strojoven musí odpovídat rozměrům dopravovaných strojů a vstupní dveře musí být otevírány ven. Strojovny, které nemají přímé větrání okny, musí být opatřeny jiným účinným větracím systémem. Půdorysná velikost a světlá výška strojovny je přímo úměrná zejména vzduchovému výkonu ( $V_p$  – provozní množství vzduchu).

| Výkon zařízení<br>( $m^3/h^{-1}$ ) | Strojovna pro větrání a vytápění<br>$A \times B (m^2)$ | Strojovna pro klimatizační zařízení<br>(bez chladících strojů) $A \times B (m^2)$ | Výška C<br>(m) |
|------------------------------------|--|---|----------------|
| 5 000                              | $5,0 \times 3,0$                                       | $6,5 \times 3,0$  | 3,0            |
| 10 000                             | $6,5 \times 3,0$                                       | $8,0 \times 3,0$  | 3,0            |
| 20 000                             | $7,0 \times 3,5$                                       | $8,5 \times 3,5$  | 3,5            |
| 30 000                             | $8,0 \times 3,5$                                       | $9,5 \times 3,5$  | 3,8            |
| 50 000                             | $9,5 \times 4,2$                                       | $10,5 \times 4,2$   | 4,2            |
| 70 000                             | $11,5 \times 4,8$                                      | $12,0 \times 4,8$   | 4,8            |

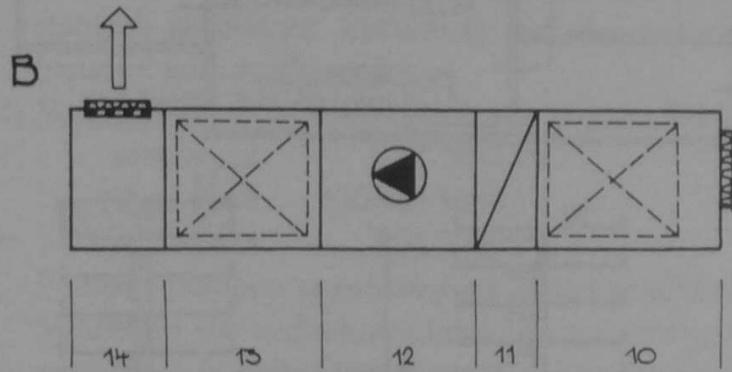
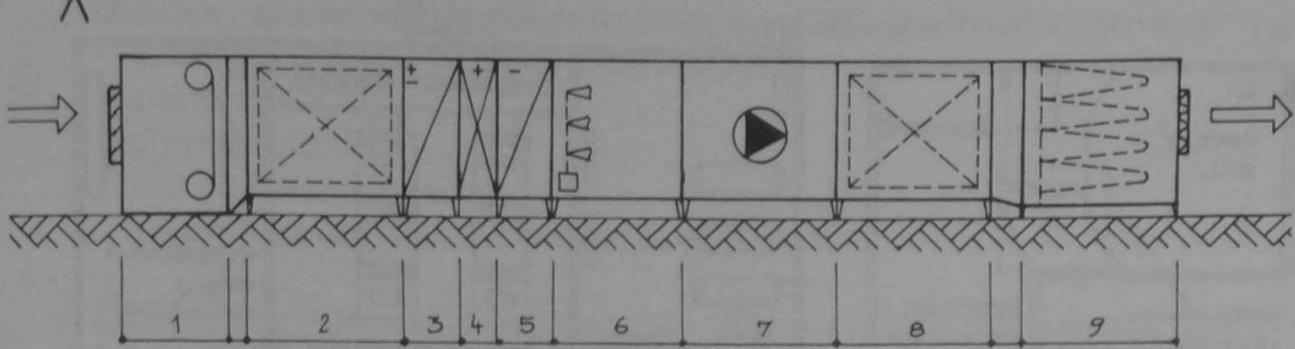
Tab. C.V Rozměry strojoven v závislosti na jejich vzduchovém výkonu

#### C.3.3.2 Umístování strojoven vzduchotechniky

Strojovny v dispozici budovy umísťujeme tak, aby rozvody vzduchu byly co nekratší. Je-li v budově více vzduchotechnických zařízení, soustředíme se pokud možno do jedné místnosti. (obr. C.25).

Umístění strojovny velmi často rozhoduje umístění energetických zdrojů, tj. kotelny, strojovny chlazení, velínu, rozvodny elektriny atp. (obr. C.26). Veškeré tyto prostory se umísťují v technickém podlaží. Nejčastěji může být technickým podlažím podzemní podlaží, ale také může být umístěno na střeše, nebo v mezipodlaží (obr. C.27).

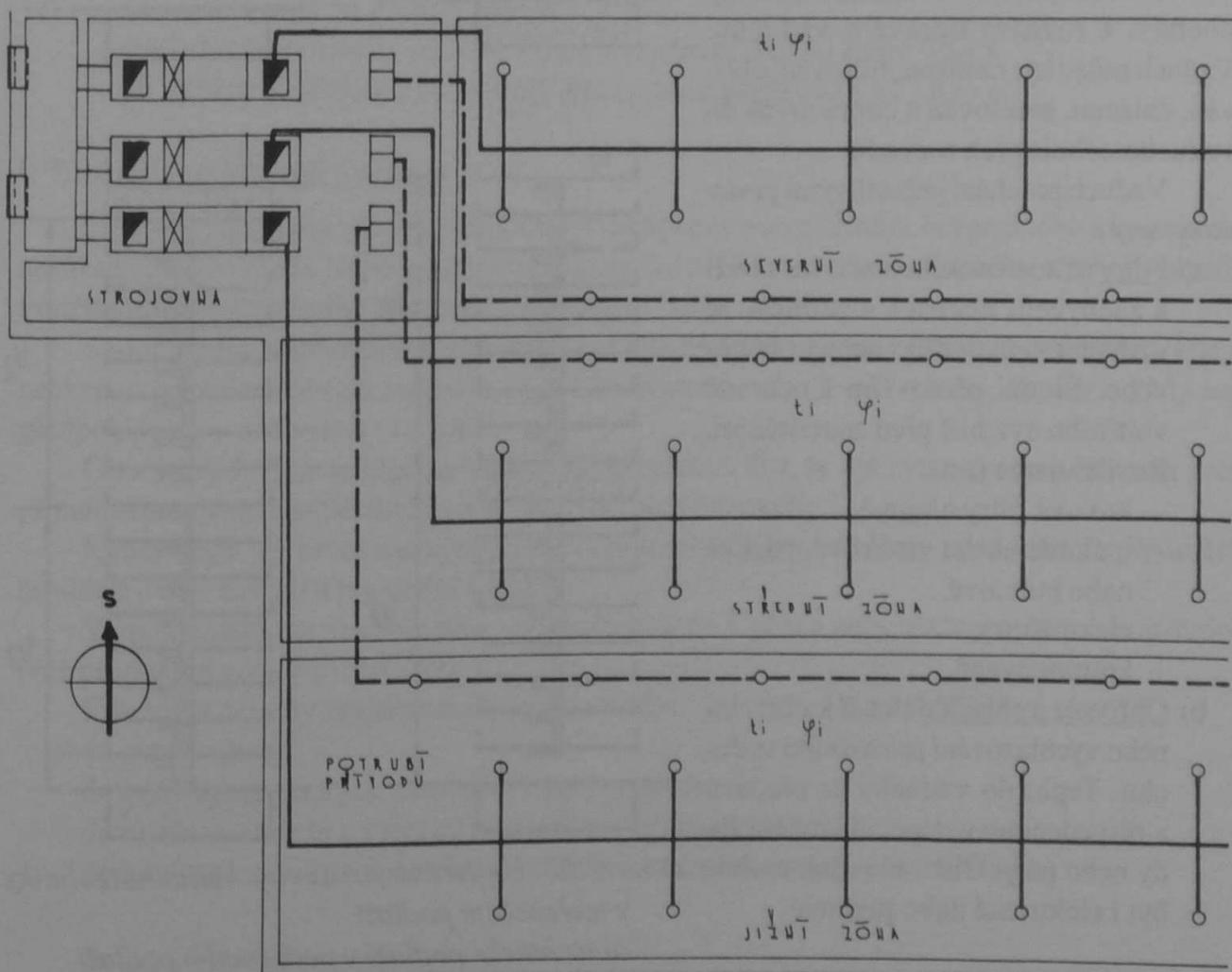
Umístění strojovny je nutno věnovat pozornost i z hlediska akustického. Je výhodnější umístění strojoven v podzemním podlaží, v blízkosti hlučných provozů nebo odděleně.



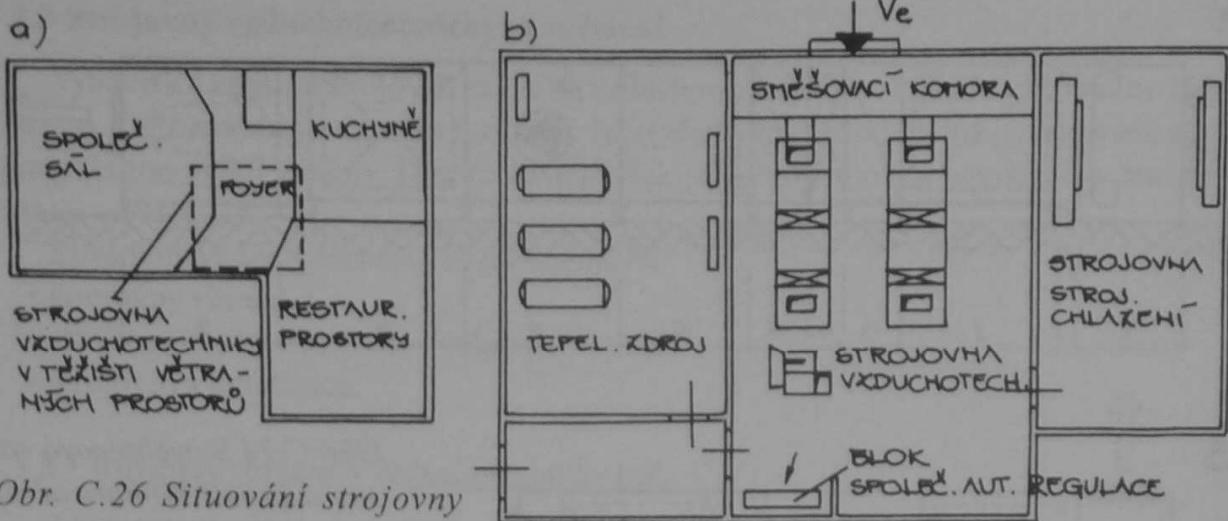
Obr. C.24 Stavebnicová soustava prvků klimatizačních jednotek

A – přívod vzduchu, B – odvod vzduchu; 1 – filtrace, první stupeň, 2 – komora tlumiče, 3 – výměník, 4 – komora vodního ohříváče, 5 – komora

vodního chladiče, 6 – vlhčící komora, 7 – ventilátorová komora, 8 – komora tlumiče, 9 – druhý stupeň filtrace, 10 – tlumící komora, 11 – výměník ZZT(zpětné získávání tepla), 12 – ventilátorová komora, 13 – tlumící komora, 14 – výtlacňá komora



Obr. C.25 Soustředování vzduchotechnických zařízení do společné strojovny vzduchotechniky



Obr. C.26 Situování strojovny vzduchotechniky

a) strojovna v centru větraných prostorů, b) situování strojovny s ohledem na návaznost energetických strojů

### C.3.3.3 Prvky strojoven vzduchotechniky

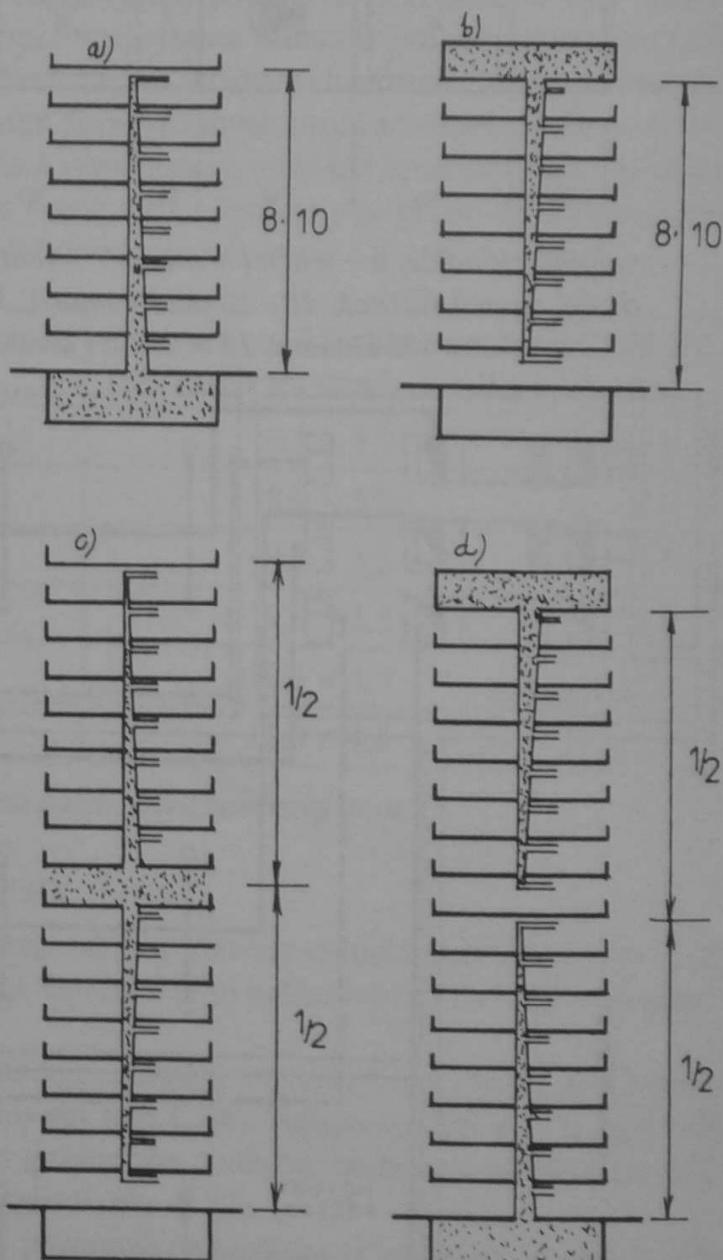
Ve strojovně vzduchotechniky dochází k různým úpravám vzduchu. Vzduch může být nasáván, filtrován, ohříván, chlazen, směšován a doprováděn do vzduchotechnických rozvodů.

Vzduch prochází jednotlivými prvky strojovny.

a) Filtry atmosférického vzduchu slouží k zachycení nečistot a příměsí ze vzduchu venkovního nebo i oběhového. Slouží především k ochraně vnitřního ovzduší před znečištěním. Rozdělujeme je na:

- kovové filtry olejové,
- vláknité suché vložkové, pásové nebo bubnové,
- elektrofiltry,
- kombinované.

b) Ohřívače a chladiče slouží k ohřívání nebo vychlazování provozního vzduchu. Teplota do vzduchu se předává z přivedeného vytápěcího média vody nebo páry. Ohřívače však mohou být i elektrické nebo plynové.



Obr. C.27 Umístění strojovny vzduchotechniky v technickém podlaží

a) technické podlaží v podzemním podlaží,  
 b) technické podlaží na střeše, c) technické podlaží v mezipodlaží, d) technické podlaží v podzemním podlaží i na střeše

Ohřívače vzduchu se proto dělí podle druhu topné látky používané k ohřevu na:

- povrchové lamelové výměníky (i pro chlazení)
- elektrické ohříváky,
- plynové ohříváky,
- ohříváky na kapalná paliva,
- zpětné získávání tepla – viz samostatná kapitola C.4.

c) Zařízení pro vlhčení a odvlhčení vzduchu – vlhčení se provádí vodou pomocí sprchových, hmotových praček a rozprašovacích zařízení, popřípadě parou z parního rozvodu a samostatných generátorů. Zvlhčovací zařízení vzduchu kapkové, blánové nebo náplňové se označují jako pračky vzduchu.

d) Ventilátory – rozdělujeme podle pracovního tlaku na:

- nízkotlaké 0 až 1000 Pa
- středotlaké 1000 až 3000 Pa
- vysokotlaké nad 3000 Pa

Podle konstrukce se rozdělují na axiální a radiální.

Ventilátor ve vzduchotechnickém zařízení je zdrojem hluku. Správným osazením ventilátoru je možné hlučnost zařízení podstatně snížit:

- ventilátor osadíme na pružnou podložku,
- ventilátor je nutno pružně oddělit od vzduchotechnického potrubí tlumící pryžovou nebo tkaninovou vložkou,
- do potrubí vkládat tlumiče hluku,
- obklad stěn strojovny provést z materiálů, které snižují šíření hluku,
- při výběru ventilátoru by neměla sací rychlosť překročit 8 až 18 m.s<sup>-1</sup>.

#### C.3.3.4 Přívod a odvod vzduchu

Čerstvý vzduch pro větrání a klimatizaci má být nasáván z čistého, bezprašného a hygienicky nezávadného prostředí. Nejvhodnější je nasávání ze stinné strany budovy (sever, východ, západ). Použito může být přívodu přímého i vzdáleného podle obr. C.28.

Spodní hrana nasávacího otvoru musí být nad terénem nejméně 60 cm. V oblastech, kde je nebezpečí zapadání otvoru sněhem, se spodní hrana navrhuje tak vysoko, aby byla vždy nad předpokládanou sněhovou vrstvou.

Čerstvý vzduch je možno nasávat i nad střechou s tím, že má být vytvořena ochrana proti přímému oslunění nasávacího otvoru a jeho nejbližšího okolí.

Každý nasávací otvor má být opatřen ochrannou sítí proti vnikání nežádoucích předmětů, protideštěovou žaluzií a regulační klapkou.

Vzduch může být nasáván přes vodní clonu (obr. C.29) a nebo vzduchotechnickou štolou přes propustné vrstvy (obr. C.30).

Kde by se neměly umísťovat nasávací otvory:

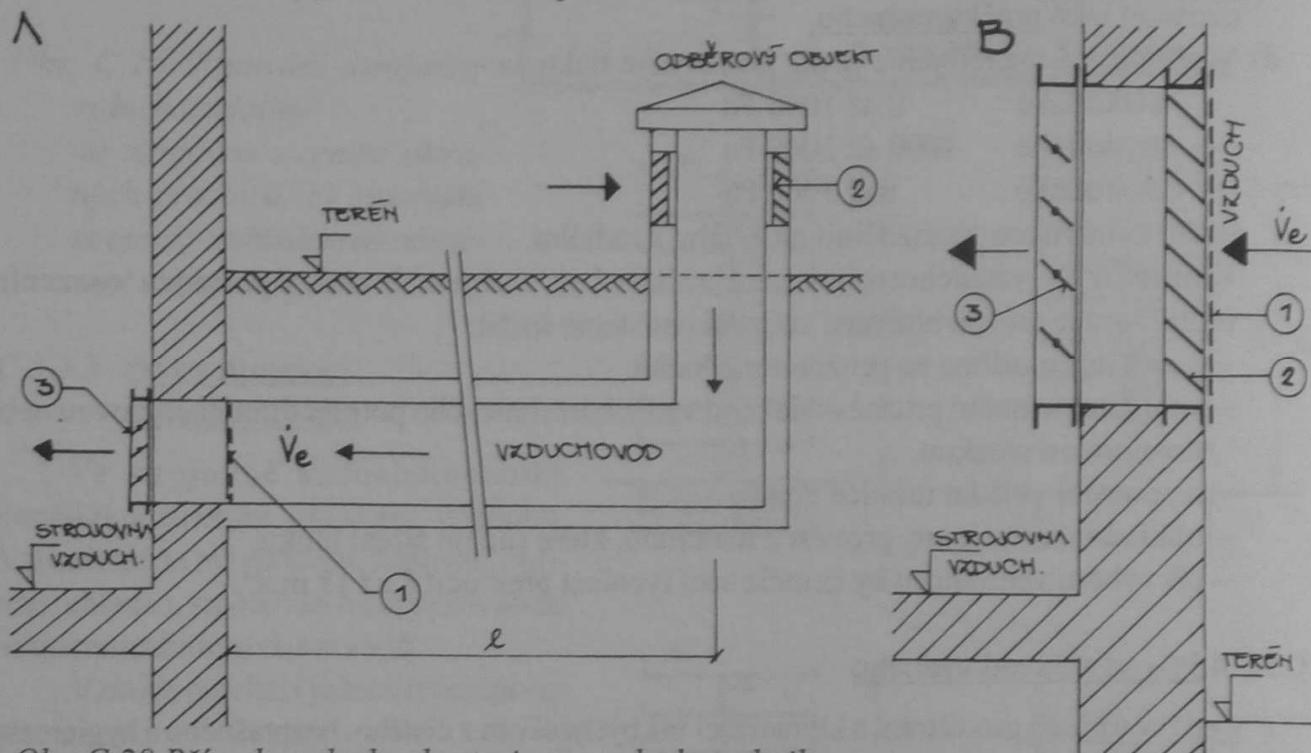
- do strany ulice,
- do světlíků, do kterých zaústíují větrací systémy,
- do blízkosti vjezdů a výjezdů z garáží a v blízkosti parkovišť,
- do blízkosti výfuků odpadního vzduchu ze vzduchotechnických zařízení.

Znehodnocený vzduch musí být odváděn a vyfukován tak, aby neobtěžoval a neohrožoval okolí.

Vzduch se doporučuje vyfukovat nejlépe nad střechu budovy, nebo na vnějším lící zdiva (obr. C.31). Pokud je znehodnocený vzduch vyfukován otvorem na fasádě budovy, nesmí být vyfukován pod okny nebo v blízkosti oken.

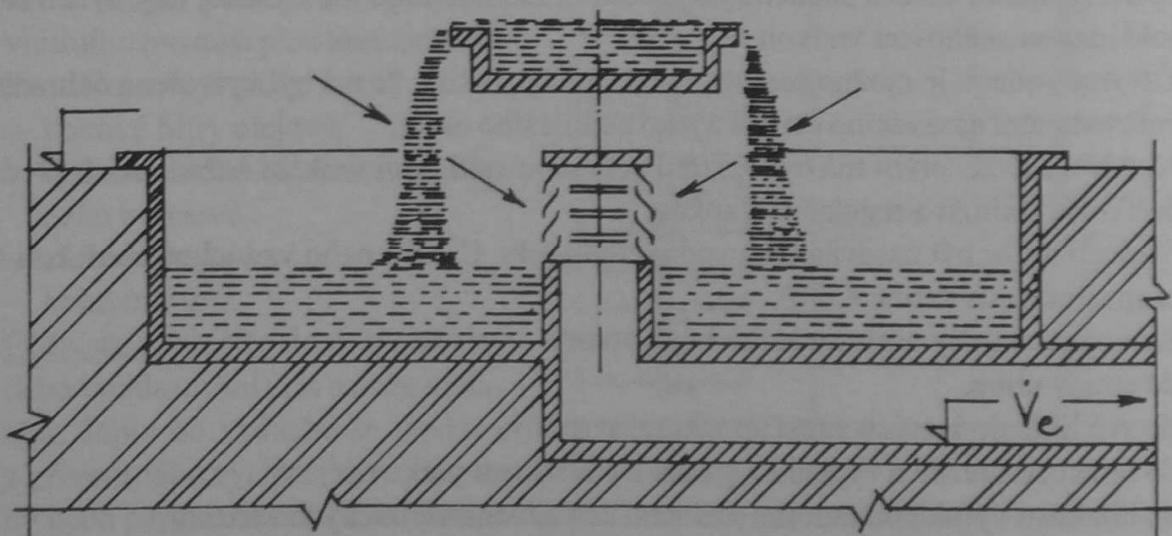
Pokud se vyfukuje vzduch s velkým obsahem vodních par, je třeba provést opatření proti vlhnutí zdiva a omítky v okolí výfuku (vysunutí výfuku od fasády). Pokud se vyfukují plyny o větší měrné hmotnosti než je měrná hmotnost vzduchu, je třeba zabezpečit, aby nebyly ohroženy prostory umístěné pod výfukovým prostorem.

Výfukové otvory je třeba ochránit proti vnikání deště a nežádoucích předmětů.

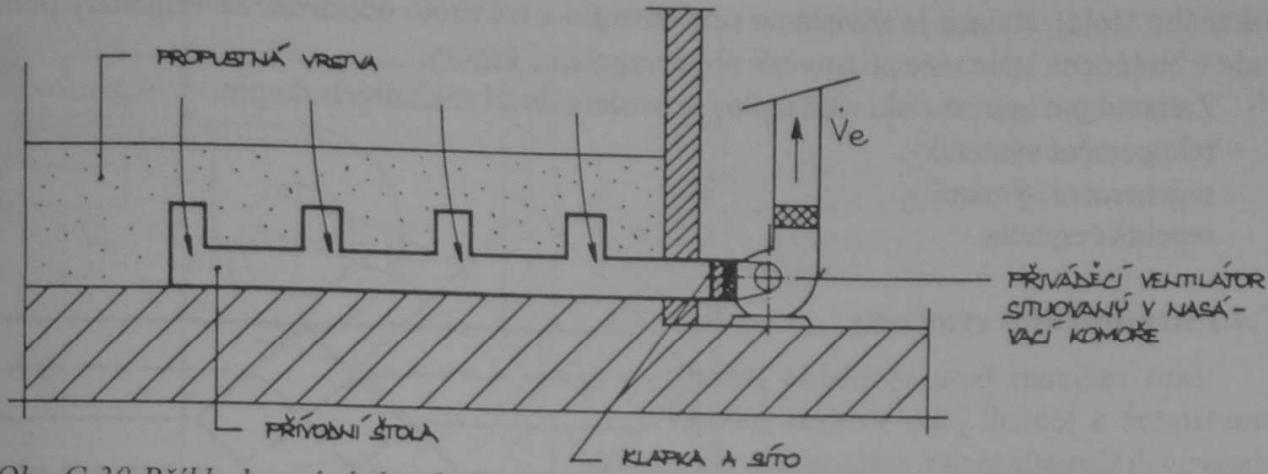


Obr. C.28 Přívody vzduchu do strojovny vzduchotechniky

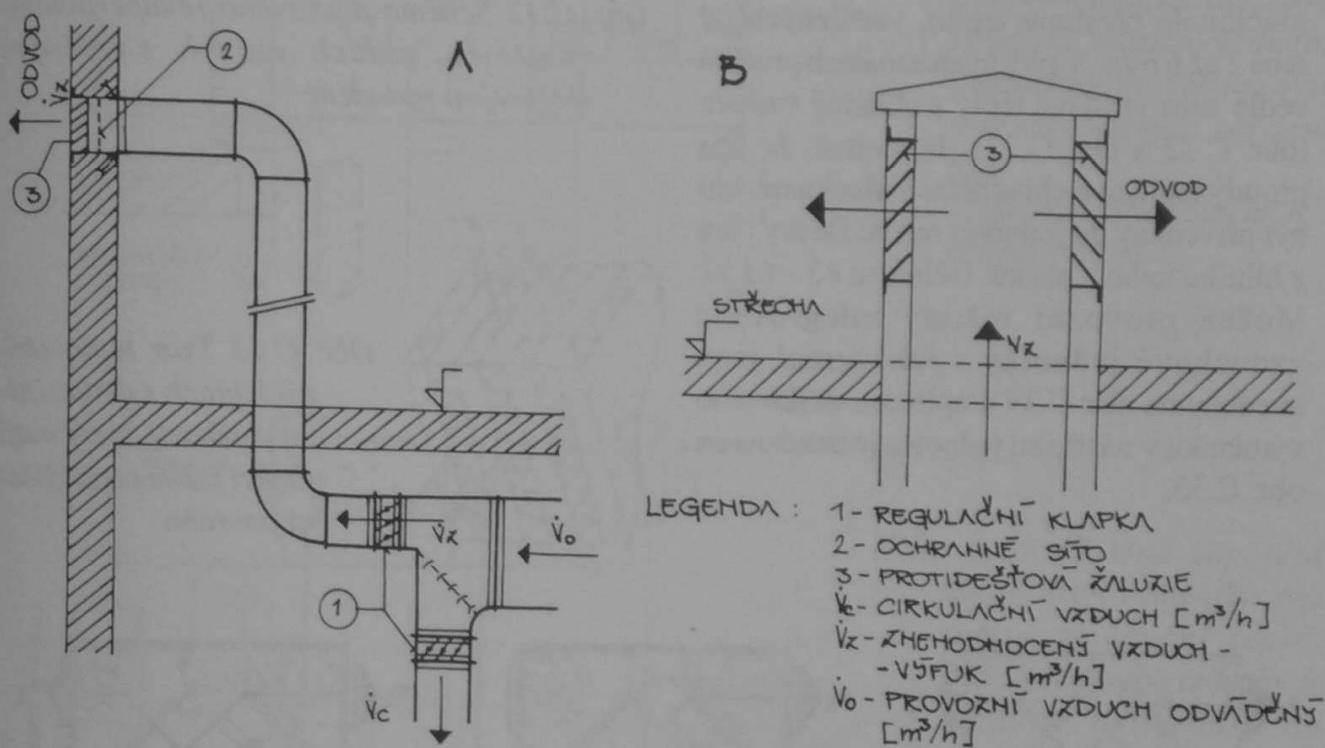
A – průměrný přívod, B – vzdálený přívod, 1 – ochranné síto, 2 – protideštová žaluzie, 3 – regulační klapka



Obr. C.29 Příklad nasávání vzduchu přes vodní clonu



Obr. C.30 Příklad nasávání vzduchu tzv. vzduchotechnickou štolou



Obr. C.31 Odvod vzduchu ze strojovny vzduchotechniky

A – odvod vyústěn na vnější lící zdiva, B – odvod vyústěn na střeše

#### C.4 Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice

Ke zpětnému získávání tepla se využívá znečištěného, odpadního vzduchu, který se již nevrací do vzduchotechnických zařízení, ale je vyfukován mimo budovu. Využíván může být i vzduch odváděný od technologických zařízení.

Odpadní teplo je teplo obsažené ve vzduchu odváděném ze vzduchotechnické soustavy do venkovního prostředí. Určuje se v místě, kde vzduch opouští budovu. Odpadní teplo obsahuje složku citelnou a vázanou. Citelná složka se projevuje změnami teploty, vázaná složka změnami měrné vlhkosti vzduchu. V převážném počtu soustav se počítá hlavně se složkou citelnou, přenos vlhkosti není podstatný a zanedbává se.

Získané teplo je část odpadního tepla, které se vrací zpět do vzduchotechnické soustavy.

Zařízení pro zpětné získávání tepla vyžadují zvýšené investice, a proto je třeba v jednotlivých případech posuzovat vzájemný poměr investičních nákladů a energetických úspor (množství

získaného tepla). Relace je závislá na ceně energie a lze proto očekávat, že vzájemný poměr bude v budoucnu stále více příznivější pro energetické úspory.

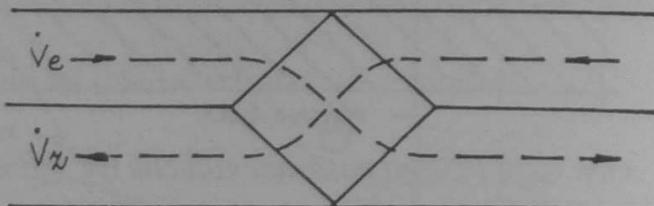
Zařízení pro zpětné získávání tepla lze rozdělit do tří základních skupin:

- rekuperační výměníky,
- regenerační výměníky,
- tepelná čerpadla.

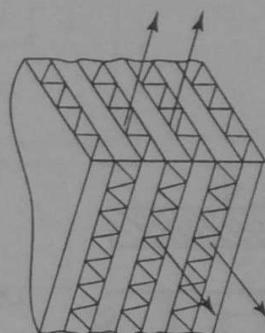
#### C.4.1 Rekuperační výměníky

Tato zařízení jsou vyráběna jednak samostatně a jednak jako součást (prvek) sestavných klimatizačních zařízení.

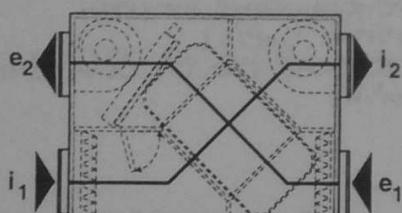
Deskové výměníky jsou vytvořeny z různě tvarovaných desek (zvýšení součinitele přestupu tepla), vzdálených od sebe 2 až 6 mm. V plochých kanálech protéká vedle sebe střídavě teplý a chladný vzduch (obr. C.32 a obr. C.33). Je zřejmé, že oba proudy teplého a chladného vzduchu musejí být přivedeny do jednoho místa. Desky jsou z hliníku nebo z plastů. Účinnost 45 – 65 %. Možné provozní režimy integrované vzduchové jednotky s rekuperací jsou uvedeny na obr. C.34 a aplikace deskového výměníku v nástřešní jednotce je uvedena na obr. C.35.



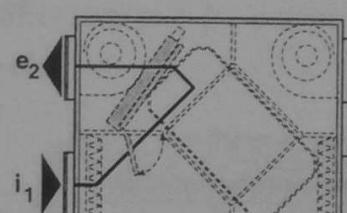
Obr. C.32 Schéma deskového rekuperačního výměníku vzduch-vzduch s příčným (křížovým) proudem



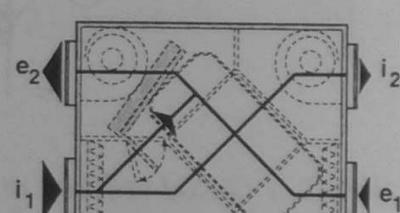
Obr. C.33 Tvar teplostěnných ploch s distančními vložkami, které mají funkci žeber pro zvětšení povrchu



a) rovnootlaké větrání čerstvým vzduchem s rekuperací tepla



b) teplovzdušné cirkulační vytápění s filtrací

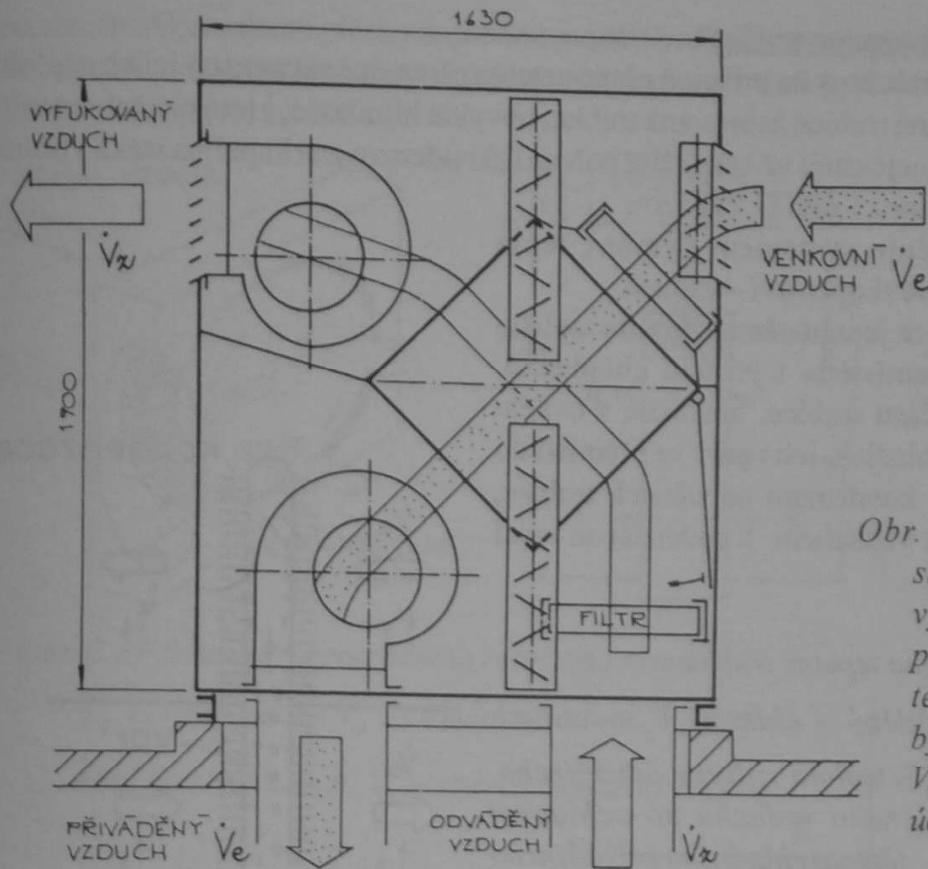


c) kombinované teplovzdušné vytápění a větrání s filtrací

Obr. C.34 Provozní režimy (a, b, c) integrované vzduchotechnické jednotky o vzduchovém výkonu 185 až 6.500 m³.h⁻¹ s rekuperací tepla pomocí deskového výměníku (DUPLEX)

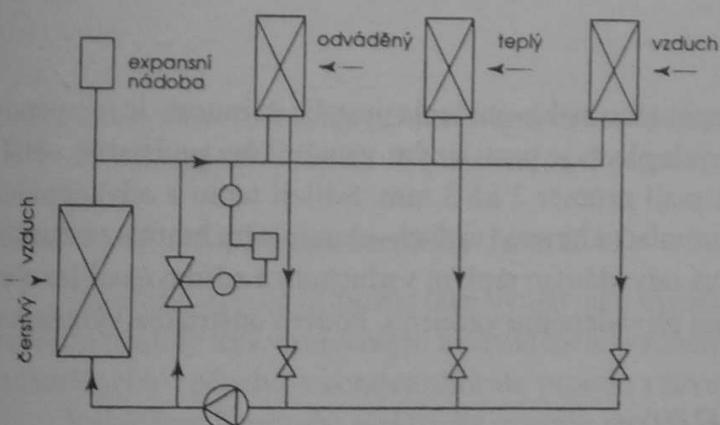
#### Rekuperační výměníky lamelové s pomocnou tekutinou

Příslušenství výměníků tvoří trubkové propojení výměníků s čerpadlem a expanzní nádobou (obr. C.36 a obr. C.37). Jako teplonosné kapaliny se využívají různé vodní roztoky. Ekonomicky dosažitelná účinnost je 40 až 50 %. Oba proudy vzduchu (odváděný teplý vzduch a čerstvý vzduch) jsou od sebe zcela odděleny a mohou být i značně vzdálené. Tento typ výměníku představuje systém výměny tepla vzduch-kapalina-vzduch.

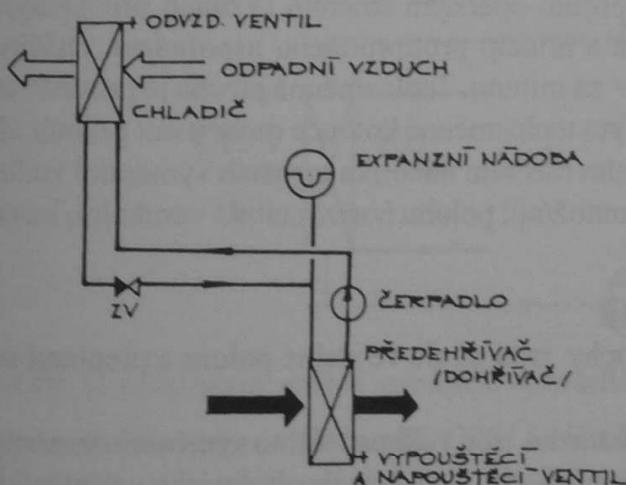


Obr. C.35 Rekuperační nástřešní jednotka (deskový výměník vzduch-vzduch) použitelná pro větrací systém hygienických zařízení bytů

Vzduchový výkon  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , účinnost 60 %



Obr. C.36 Příklad zapojení lamelových výměníků pro zpětné získávání tepla. Přívod čerstvého vzduchu je společný, odvádění je na třech místech různě situovaných a provozovaných



Obr. C.37 Lamelový výměník s nuceným oběhem kapaliny (vzduch-kapalina-vzduch)

## Výměník na principu tepelné trubice

Tepelné trubice jsou založeny na principu přenosu tepla při změně skupenství jejich náplně.

Konstrukčně je tepelná trubice žebrovaná trubka, obvykle hliníková, která má žebrování.

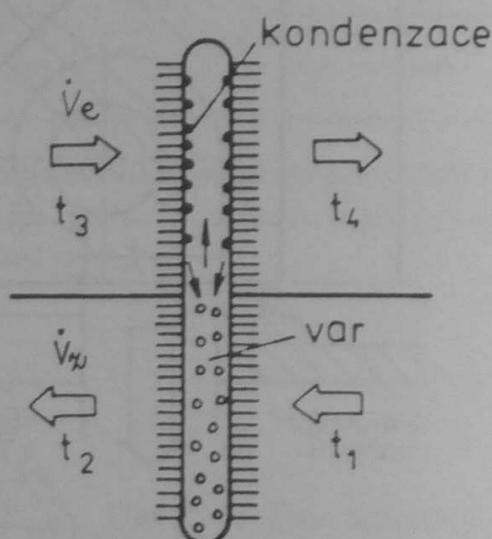
Trubice se používají nejčastěji ve vertikální poloze (zkondenzovaná kapalina stéká vlastní tíží do kapalinového prostoru – obr. C.38).

Výměník tedy pracuje systémem výměny tepla vzduch–kapalina při změně skupenství – vzduch.

Dolní polovina trubice je umístěna v proudu teplého vzduchu, horní část je umístěna v proudu chladného, ohřívaného vzduchu. V části trubice, umístěné v teplém proudu, dochází k varu chladiva, jeho páry se přemístí do druhé části trubice, kde kondenzují na stěnách trubice, ochlazované chladnějším vzduchem. Kondenzát se vrací do výparné části trubice.

Obr. C.38 Funkční schéma tepelné trubice

$\dot{V}_e$  – vzduch přiváděný – chladný,  $\dot{V}_z$  – vzduch odváděný – teplý,  $t_1$  – teplota vzduchu odváděného,  $t_2$  – teplota odváděného vzduchu po ochlazení v tepelné trubici,  $t_3$  – teplota chladného přiváděného vzduchu,  $t_4$  – teplota vzduchu přiváděného, ohřátého po průchodu tepelnou trubicí



## C.4.2 Regenerační výměníky

Mají ze všech alternativních řešení zpětného získávání tepla nevyšší účinnost. Je to způsobeno hlavně tím, že velikost teplosměnných ploch je proti jiným výměníkům podstatně větší. Drobné kanálky, kterými proudí vzduch mají průměr 2 až 3 mm. Sdílejí teplo z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného přes akumulační hmotu (vzduch–akumulační hmota–vzduch).

Akumulační hmota se střídavě ohřívá odváděným teplým vzduchem a střídavě ochlazuje, a tím předává teplo čerstvému, chladnému přiváděnému vzduchu. Podle konstrukce výměníky rozdělujeme na rotační a přepínací.

### Rotační regenerační výměník (obr. C.39)

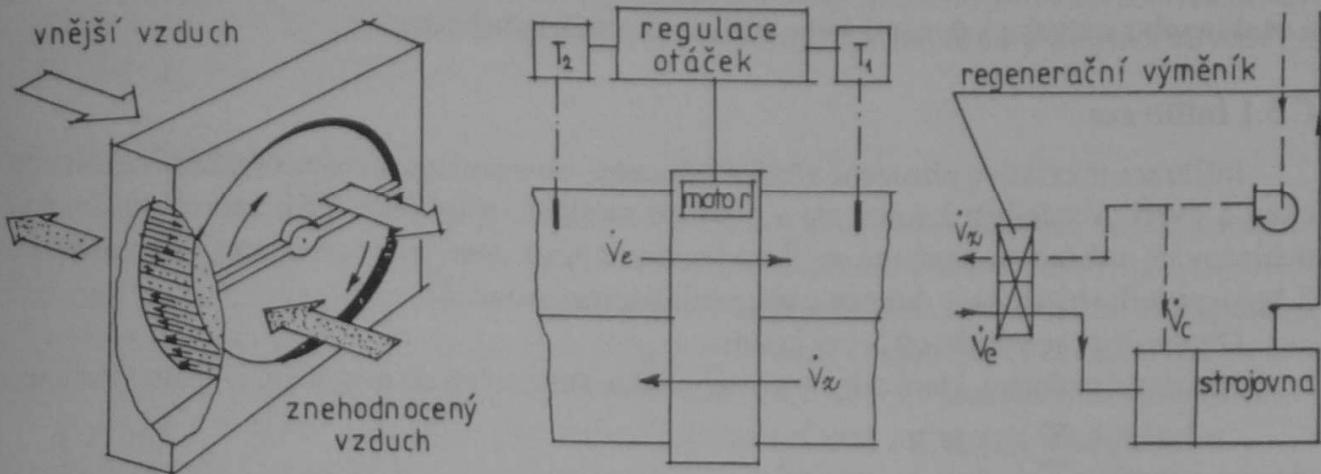
Je tvořen ocelovým rámem, v němž se otáčí kotouč vyplněný teplosměnnou akumulační hmotou, která obsahuje kanálky pro průtok vzduchu. Ve spodní polovině proudí vzduch jedním směrem (vzduch odváděný), v horní polovině proudí opačným směrem (vzduch přiváděný). Situování obou proudů může být i naopak. Jde o princip protiproudého uspořádání. Otáčky těchto teplosměnných kotoučů bývají 10× až 20× za minutu. Teplosměnná plocha je provedena buď jako hliníková nebo z tvrzené papíroviny. Tyto teplosměnné kotouče mohou mít průměr až 5 m, i když je lepší dát přednost řešení s paralelním řazením několika menších výměníků vedle sebe. Současné konstrukce rotačních výměníků umožňují polohu horizontální i vertikální, která je však z technických důvodů dominantní.

### Regenerační výměníky přepínací (obr. C.40)

Jsou konstruovány tak, že teplosměnné plochy jsou trvale ve stejné poloze a přepínají se pomocí klapky proudy vzduchu.

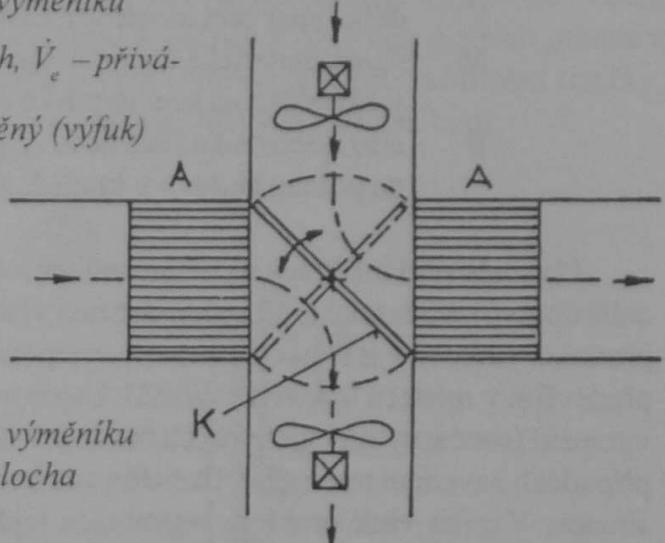
Protože přepínání je náročné po stránce mechanické, jsou velikosti těchto výměníků omezeny na vzduchové výkony do  $10\ 000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Teplosměnné plochy jsou stejného druhu jako u výměníků

rotačních. Akumulační plochy se mohou umístit buď přímo ve vzduchovodu nebo v samostatné komoře. Akumulační hmota bývá značně větší než u výměníků rotačních. Jeden přepínací cyklus bývá v rozmezí 40 až 100 s.



Obr. C.39 Schéma regeneračního rotačního výměníku

$T_1, T_2$  – teploměry,  $\dot{V}_c$  – cirkulační vzduch,  $\dot{V}_e$  – přiváděný čerstvý vzduch,  $\dot{V}_z$  – vzduch odváděný (výfuk)

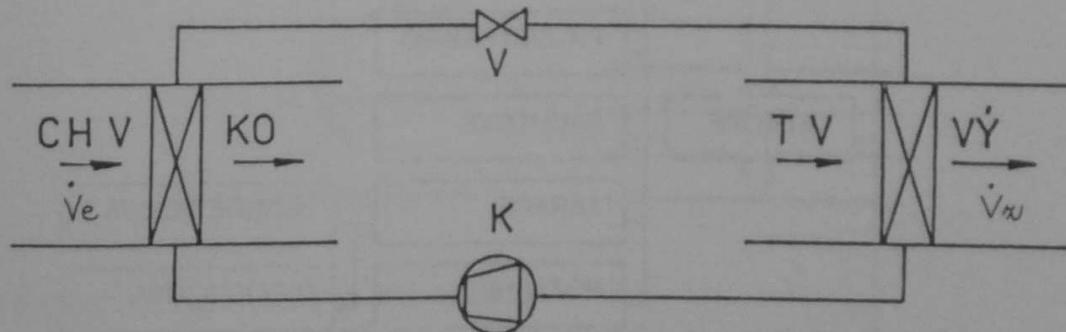


Obr. C.40 Schéma regeneračního přepínacího výměníku  
K – přepínací klapka, A – akumulační plocha

#### C.4.3 Využití tepelného čerpadla (obr. C.41)

Tepelná čerpadla je možné také využít jako výměník. Využívají chladící oběh pro zvyšování teplotní hladiny teplem získaným z odváděného vzduchu. Výparník se umísťuje do proudu teplého odváděného vzduchu a kondenzátor do proudu vzduchu přiváděného.

Vzhledem k potřebě elektrické energie pro pohon kompresoru a ceně zařízení, je použití tepelných čerpalidel pro zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci malé. Tepelná čerpadla se více uplatňují v zařízeních, kde mohou být využita i v letním provozu (v létě chladí, v zimě vytápi).



Obr. C.41 Schéma využití tepelného čerpadla jako regeneračního výměníku

K – kompresor, V – ventil, CHV – chladný vzduch ( $\dot{V}_e$ ), TV – teplý vzduch ( $\dot{V}_z$ ), KO – kondenzátor, VY – výparník

#### C.5 Soustavy přirozeného větrání (obr. C.42)

K přirozenému větrání se využívá tlakových rozdílů způsobených rozdílem hustot vnitřního a venkovního vzduchu a dynamického účinku na obtékanou budovu.

### C.5.1 Infiltrate

Infiltrace je celkové přirozené větrání uskutečňované porézností stěn a spárami netěsných oken a dveří. Vzhledem k tomu, že v zimních měsících způsobuje infiltrace neovladatelné ochlazování místností, snažíme se ji co nejvíce omezit těsným provedením oken a dveří. Z hygienického hlediska je dokonalé utěsnění spár neúnosné.

Doporučuje se výměna  $0.5\times$  za hodinu.

Množství vzduchu, které díky uvedeným faktorům proudí do místnosti, je dáno vztahem:

$$\dot{V}_n = \sum (i.l).M.B \quad [m^3.s^{-1}]$$

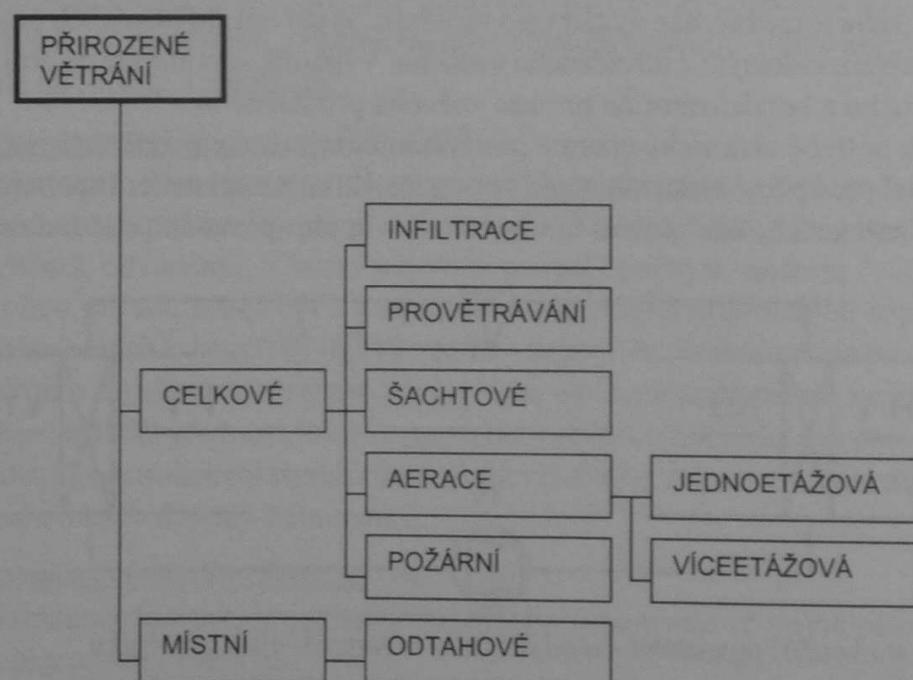
kde  $i$  je součinitel prozdušnosti  $[m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$

1 délka spár otevíratelných částí oken a dveří [m]

M charakteristické číslo místnosti, pohybuje se v rozmezích hodnot 0,4 až 1,0 v závislosti na součiniteli i a vnitřních dveřích místnosti [-]

B charakteristické číslo budovy, pohybuje se v rozmezí hodnot 3 až 20 v závislosti na poloze budovy v krajině, způsobu zástavby a počtu podlaží [Pa<sup>0,67</sup>] [ ]

Při snižování infiltrace na neúnosnou míru (použití velmi těsných oken a dveří i případné další úpravy) může také dojít ke kondenzaci vlhkosti na vnitřním povrchu stěn. To dále závisí na produkci vlhkosti v místnosti, intenzitě vytápění a tepelné izolaci obvodových stěn (kondenzace především v místech tepelných mostů). Utěšňování obyčejně souvisí i s nadměrným utlumením vytápění (současný stav v obytných budovách bývalé komplexní bytové výstavby). V takových případech zavedení nuceného, řízeného větrání téměř bez infiltrace se zdá být východiskem ze situace. Vzniká však problém regenerace tepla z odváděného vzduchu, mají-li se zachovat energetické úspory budovy.



Obr. C.42 Systémy přirozeného větrání

## C.5.2 Provětrávání – větrání okny

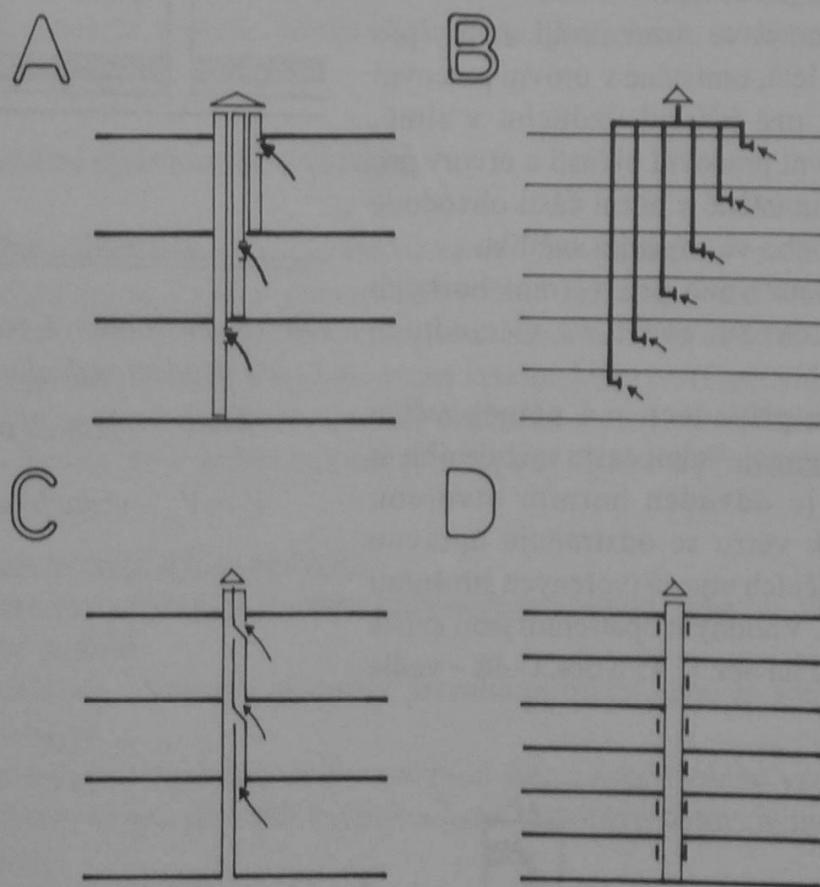
Provětrávání je nejrozšířenější způsob větrání v obytných a občanských budovách. Přívod vzduchu do místnosti je realizován otevřenými okny. Intenzitu provětrávání lze několiknásobně zvětšit – tzv. příčným větráním (otevřením okenních otvorů na protějších obvodových stěnách tak, aby vznikl průvan).

## C.5.3 Větrání šachтовé

Základem tohoto větracího systému je svislá šachta situovaná v dispozici objektu. Intenzita výměny vzduchu závisí na rozdílu teplot uvnitř větrané místnosti a vně budovy a na dynamickém účinku větru. Během dne i během ročního období se tento rozdíl značně mění, což způsobuje velmi proměnnou účinnost šachťových větracích soustav. Objem odváděného vzduchu se dá měnit pomocí regulačních prvků vsazených do větracích otvorů v jednotlivých místnostech.

Při řešení tohoto větrání se uplatňují následující způsoby provedení větrání šachet:

- Šachťové větrání pouze s odvodem vzduchu, u kterého je vzduch z místnosti odváděn šachhou vyvedenou nad střechu ve formě světlíku nebo větrací hlavice. V místnosti vzniká podtlak (obr. C.43). Do větrané místnosti proniká vzduch z okolních čistších místností infiltrací nebo pomocí předem plánovaných otvorů (netěsnost dveří, ventilační mřížky). Šachťového větrání se používá zejména k větrání hygienických zařízení bytů.



Obr. C.43 Šachťové větrání bez přívodu vzduchu

A – patrové větrací průduchy, B – patrové větrací průduchy spojené, C – schuntový větrací systém, D – šachta konstatního průřezu

b) Šachtové větrání s přívodem i odvodem vzduchu – je uvedeno schématicky na obr. C.44. Tento systém má mimo šachty pro odvod vzduchu ještě průduch sloužící pro přívod čerstvého vnějšího vzduchu. Přívod tohoto vnějšího vzduchu je nutno regulovat, zejména pak v zimním období, popřípadě zajistit i jeho ohřívání. Při návrhu šachtového větrání tradičně vznikají velké potíže zejména u vícepodlažních budov s umístěním většího počtu průduchů v půdorysu vedle sebe. Také v tomto případě se zakončuje šachta nad střechou, tzv. samotahovou hlavicí, pomocí níž se zvětší intenzita výměny vzduchu v závislosti na rychlosti větru.

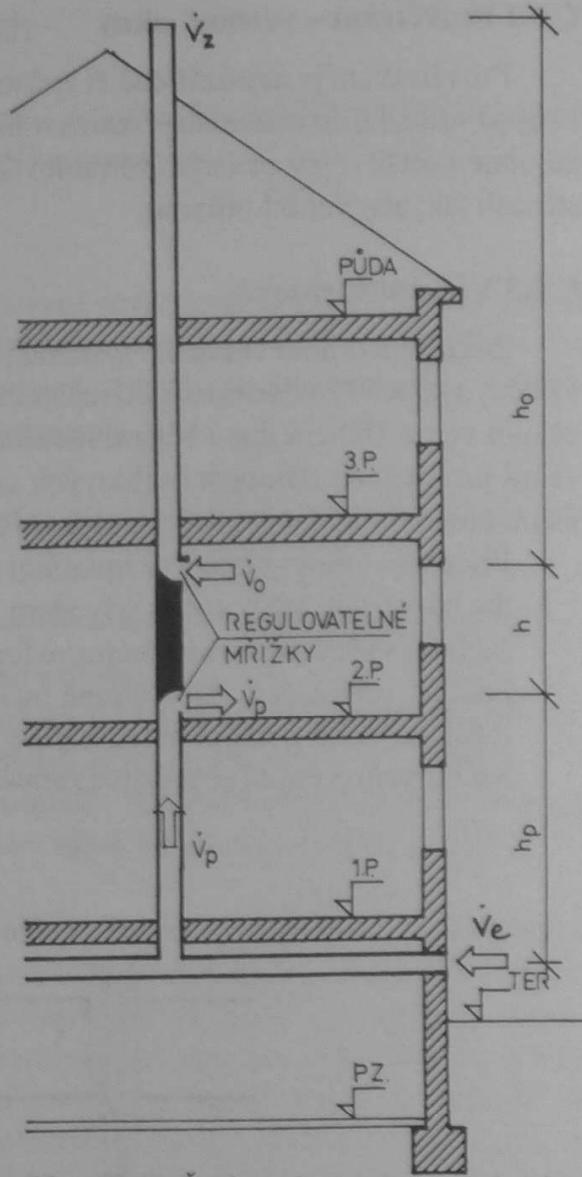
#### C.5.4 Aerace (obr. C.45)

Aerace je způsob přirozeného větrání zajišťující odvod i přívod vzduchu pomocí uměle vytvořených větracích otvorů.

V systému aerace se rozeznávají otvory pro přívod vzduchu v létě, umístěné v úrovni pracovní oblasti a otvory pro přívod vzduchu v zimě, umístěné nad úrovni pracovní oblasti a otvory pro odvod vzduchu, umístěné v horní části obvodové zdi pod střechou nebo ve střešním světlíku.

Aerace je používána pro větrání horkých průmyslových provozů, event. ve vícelodních halách.

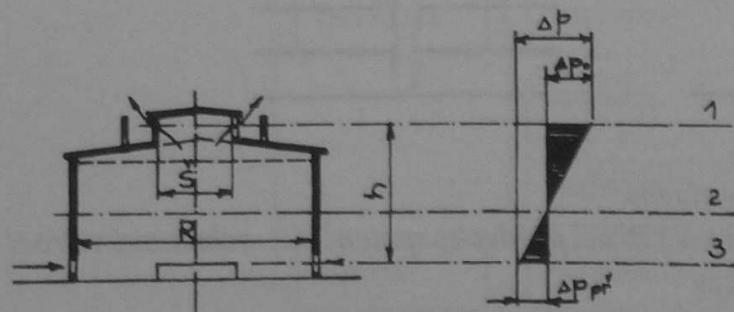
V některých případech má účinek větru negativní vliv na aeraci. Velmi často snižuje objem vzduchu, který je odváděn horním otvorem. Negativní účinek větru se odstraňuje úpravou konstrukce odváděcích otvorů tvořených střešními světlíky a větráky. Vhodným opatřením jsou svislé zástěny – uvedené na obr. C.45 a obr. C.46 – vedle střešního světlíku.



Obr. C.44 Šachtové větrání s přívodem i odvodem vzduchu

$$\dot{V}_e = \dot{V}_p - \text{vzduch přiváděný},$$

$$\dot{V}_z = \dot{V}_o - \text{vzduch odváděný}$$



Obr. C.45 Schéma aerace jednolodní haly a tlakový diagram

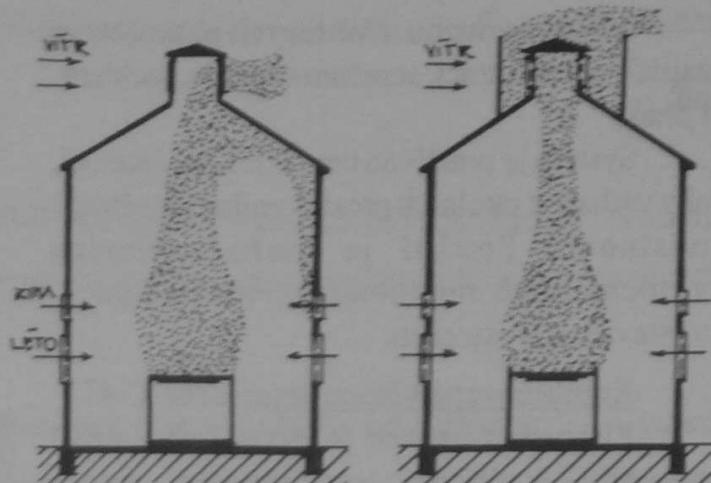
1 – osa odváděcích otvorů,

2 – neutrální osa (rovina),

3 – osa přiváděcích otvorů (letních)

Zvýšení účinnosti aeračního způsoby výměny vzduchu je možné docílovat následujícími opatřeními:

- zvětšení aeračních otvorů,
- zvětšení výšky haly (svislé vzdáleností aeračního otvoru),
- orientací halového objektu podélnou osou ve směru sever-jih,
- vyústění nad střechou opatřit zástěnami.



### C.5.5 Požární přirozené větrání

Zvláštní stropní větrací otvory mají v případě požáru za úkol odvést kouř a teplo a vytvořit přízemní vrstvu bez kouře. Ta umožní záchranné práce a hašení. Odvodem tepla se snižuje nebezpečí přenosu požáru. Střešní nástavce se při požáru automaticky otevírají (tavná pojistka 72 °C), mohou také být ovládány dálkově. Dimenzování otevíratelné plochy se vztahuje na velikost podlahové plochy, podle doby od vzniku požáru do začátku hašení a podle předpokládané rychlosti šíření požáru (nutná spolupráce s požárním specialistou).

## C.6 Kombinované (sdružené) větrání

Kombinované (sdružené) větrání chápeme ve dvojím významu.

V prvním významu se jedná o jednoduchá větrací zařízení, která vzduch nuceně pouze odvádí nebo přivádí. Jsou doplněna přirozeným odvodem nebo přívodem.

Ve druhém významu se jedná o kombinované větrání, které tvoří zpravidla některá soustava přirozeného větrání (aerace, šachtové větrání) doplněná nuceným přívodem nebo odvodem, který se uvádí do funkce jen v určitých dnech (v létě) kdy soustava přirozeného větrání je málo účinná.

### Větrání s nuceným odvodem vzduchu

Vzduchotechnické zařízení je navrhováno pouze pro odvod vzduchu. Ve větrané místnosti tudíž vzniká mírný podtlak.

Přívod vzduchu do větraných místností probíhá infiltrací nebo ze sousedních místností, nebo řízeným přívodem.

Systém je používán tam, kde je nutno zabránit šíření znečištěného vzduchu do okolních prostorů. Velmi často se používá pro malé kuchyně, prádelny, šatny, hygienické vybavení a průmyslové provozy.

### Větrání s nuceným přívodem vzduchu

Vzduchotechnické zařízení je navrhováno pro přívod vzduchu. Ve větrané místnosti vzniká tudíž mírný přetlak.

Vnější vzduch se do větrané místnosti dopravuje ventilátorem, když byl dříve upraven (filtrace, ohřev, chlazení apod.).

Odvod vzduchu z větraných místností je zajišťován infiltrací, aeračními otvory, šachtami i jinak)

Systém je používán tam, kde není žádoucí, aby vzduch z okolních prostor vnikal do větrané místnosti. Použití je možné zejména v obchodních místnostech, tělocvičnách, výstavních prostorách.

#### Kombinované větrání aerací (obr. C.47)

Přirozená aerace je doplněná v části přívodu vzduchu ventilátorem spolu s přívodním potrubím. Ventilátor, osazený v přívodu vzduchu, zajišťuje předepsanou výměnu vzduchu v letním období, kdy rozdíl teplot vně i uvnitř budovy je minimální.

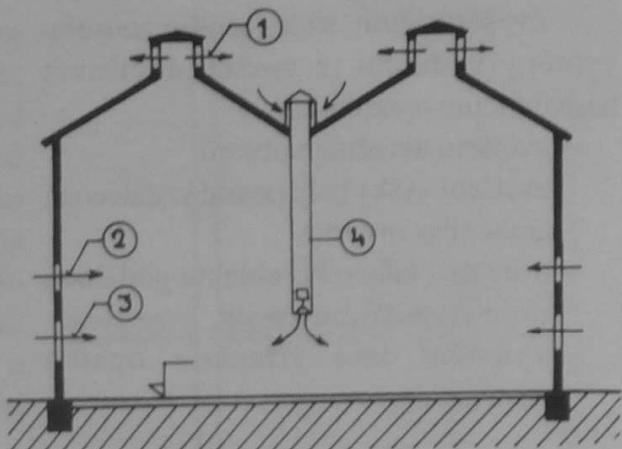
#### Kombinované šachтовé větrání (obr. C.48)

Řešení spočívá v tom, že se do šachty přirozeného větrání vloží ventilátor. Tento má zajišťovat potřebnou výměnu vzduchu v době (zejména v létě), kdy přirozené větrání neplní dokonale svoji funkci.

### C.7 Systémy nuceného větrání a teplovzdušného vytápění

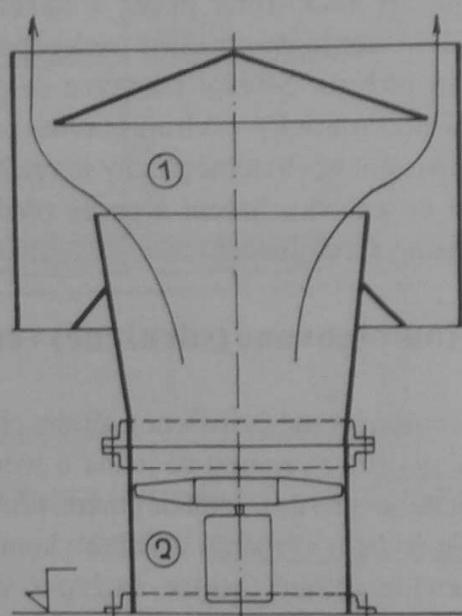
Ve všech velkých místnostech se zdrojí škodlivin je nezbytné navrhnut celkové větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu, zejména ve shromažďovacích prostorách všeho druhu (divadla, kina, společenské sály, jídelny). Tohoto systému je nutné použít ve velkokuchyních a gastronomických provozech, hromadných garážích a v průmyslu.

Systémy jen s nuceným odvodem vzduchu zde nejsou použitelné, neboť při velkých výměnách vzduch nekontrolovaně vstupující spárami oken a dveří vyvolává průvan, umožňuje vnikání prachu a nečistot. Dochází dále k velkým energetickým ztrátám (lze velmi obtížně uplatnit rekuperaci tepla z odcházejícího vzduchu do vzduchu čerstvého – chladného).



Obr. C.47 Kombinované větrání aerací

1 – odvod aerací, 2 – přívod v zimě, 3 – přívod v létě, 4 – přívod ventilátorem do střední části v létě



Obr. C.48 Kombinované šachтовé větrání

1 – samotahové hlavice, 2 – šroubový (osový) ventilátor pro větrání v létě, kdy je funkce přirozeného šachтовého větrání nedostatečná

Podle toho, v jakém poměru jsou k sobě objemy vzduchu přiváděného  $\dot{V}_p$  a odváděného  $\dot{V}_o$  se zařízení dělí na:

a) Větrání přetlakové

Objem vzduchu přiváděného  $\dot{V}_p$  je větší než objem vzduchu odváděného  $\dot{V}_o$ . Větrání přetlakové je vhodné pro objekty a prostory, do kterých nemá vznikat vzduch ze sousedních prostor (např. jídelny).

b) Větrání podtlakové

Objem vzduchu přiváděného  $\dot{V}_p$  je menší než objem vzduchu odváděného  $\dot{V}_o$ . Větrání podtlakové je vhodné pro objekty a prostory s velkým vývinem škodlivin, které nemají pronikat do sousedních prostor (např. kuchyně, hygienická zařízení).

c) Větrání rovnootlaké

Objem vzduchu přiváděného  $\dot{V}_p$  je stejný s objemem vzduchu odváděného  $\dot{V}_o$ .

V závislosti na tom, v jakém poměru se směšuje ve strojovně vzduchotechniky přiváděný vzduch  $\dot{V}_p$  a vzduch odváděný  $\dot{V}_o$  lze nucené větrání podle obr. C.6 rozdělit na:

Větrání s vnějším vzduchem (větrací provoz), kdy celý objem vzduchu přiváděného je tvořen vzduchem venkovním, čerstvým. Systém je používán pro větrání prostor se značným vývinem škodlivin, kde není ekonomické znehodnocený vzduch o objemu  $\dot{V}_z$  znova čistit.

Větrání s cirkulačním provozem

Celý objem vzduchu přivedeného  $\dot{V}_p$  je tvořen vzduchem cirkulačním  $\dot{V}_c$ . Systém je používán zejména pro soustavy teplovzdušného vytápění tam, kde nedochází ke znehodnocování vzduchu. Může se použít také krátkodobě při extrémně nízkých teplotách v zimě (energetické důvody).

Větrání kombinované

Objem vzduchu přivedeného  $\dot{V}_p$  je tvořen zčásti vzduchem cirkulačním  $\dot{V}_c$  a zčásti vzduchem vnějším  $\dot{V}_e$ . Část vzduchu odchází do atmosféry jako vzduch znehodnocený. Systém je používán zejména v občanských budovách a poměr vzduchu vnějšího a cirkulačního se mění v závislosti na ročním období.

Rozdělení soustav nuceného větrání je uvedeno na obr. C.1.

Systémy větrání a teplovzdušného vytápění rozdělujeme na celkové (ústřední) a místní.

Teplovzdušné vytápění se odlišuje od teplovzdušného větrání tím, že přívod tepla do místnosti je zcela kryt přívodem ohřátého vzduchu na rozdíl od teplovzdušného větrání, které počítá i s otopnými plochami ve vytápěném a větraném prostoru. Je vždy nutno rozlišovat letní a zimní provoz vzduchotechnického zařízení.

### C.7.1 Systémy ústřední

KREZ AB 1:200

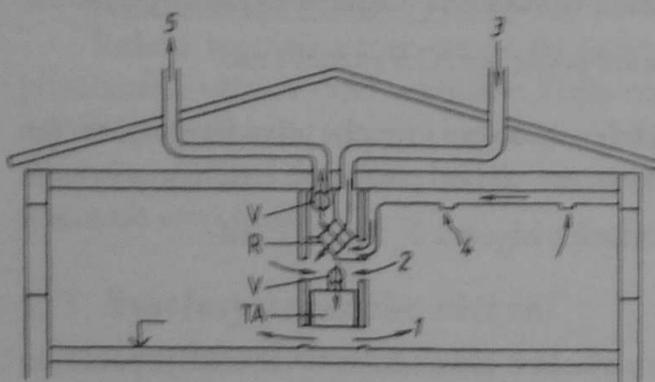
Vzduchotechnická zařízení pro větrání a vytápění je navrhováno pro přívod i odvod vzduchu. Tento systém je nejpoužívanější.

Schéma strojovny spojeného teplovzdušného větrání je uvedeno na obr. C 49.

Systém je používán pro větrání a teplovzdušné vytápění velkých shromažďovacích prostorů většinou jako větrání kombinované (částečná cirkulace vzduchu).

Vzduchotechnická strojovny je vždy vybavena nejméně filtrem, ohřívačem a ventilačními pro přívod a odvod vzduchu.

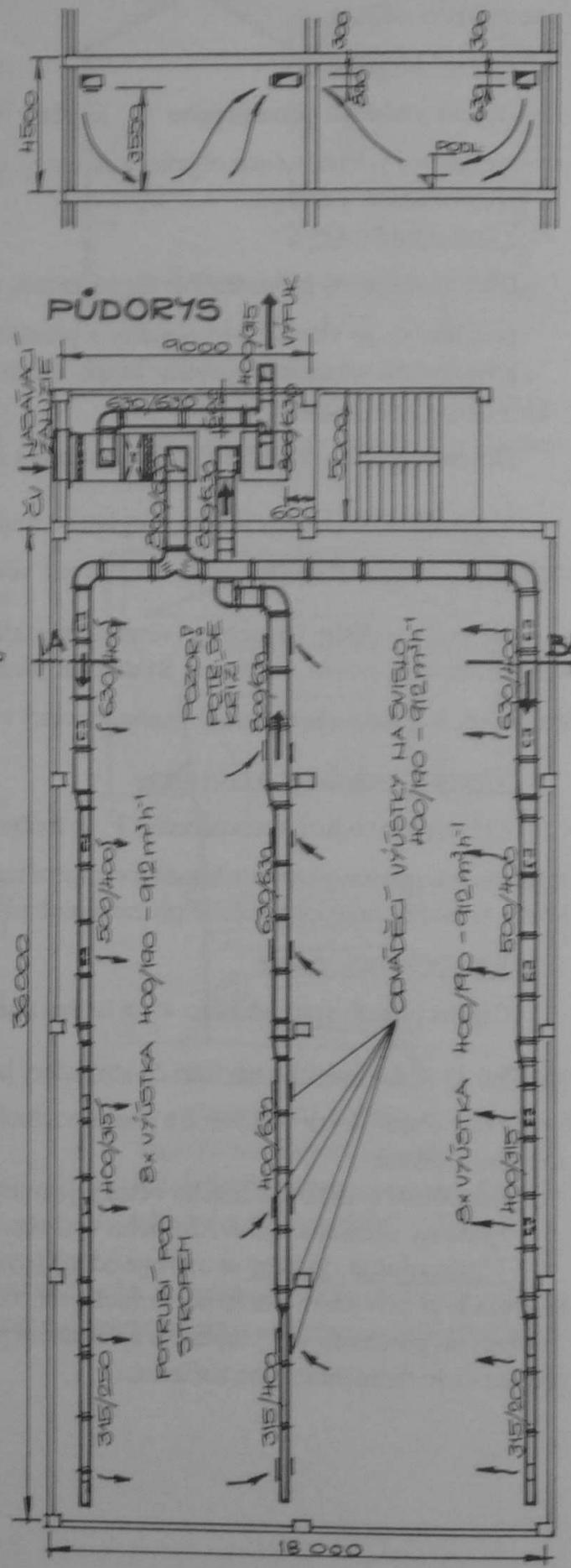
Příklad teplovzdušného vytápění menšího objektu je uvedena na obr. C.50.



Obr. C.50 Teplovzdušné vytápění menšího objektu s přívodem čerstvého vzduchu s rekuperací

TA - teplovzdušný agregát, R - rekuperátor, V - ventilátor, 1 - priváděný teplý vzduch, 2 - cirkulační vzduch, 3 - čerstvý vzduch, 4 - odváděný vzduch, 5 - odváděný vzduch do atmosféry

Obr. C.49 Příklad ústředního teplovzdušného vytápění a větrání bez rekuperace tepla z odváděného vzduchu. Může však být využito větrání kombinovaného (cirkulace vzduchu částečná)

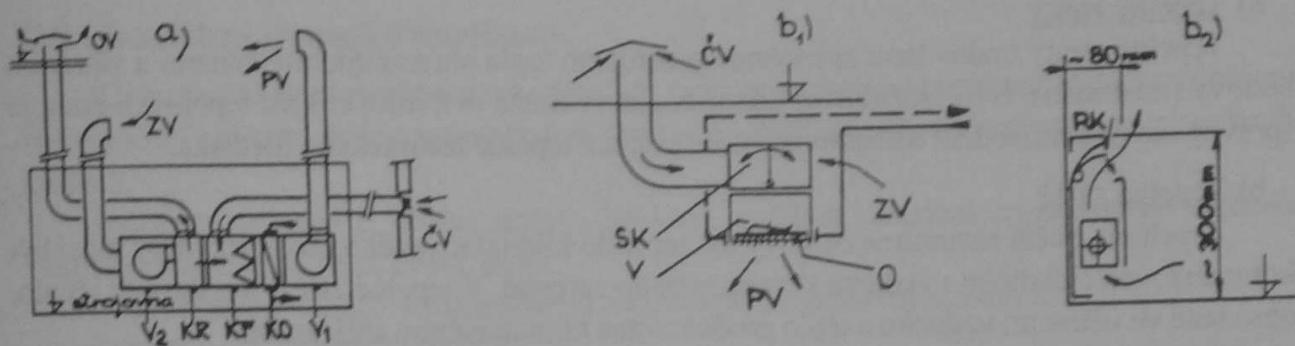


## C.7.2 Teplovzdušné vytápění a větrání místní

Teplovzdušné vytápění a větrání místní se liší od ústředního vytápění tím, že vzduch se ohřívá přímo ve vytápěných místnostech pomocí tzv. vzduchotechnických jednotkových zařízení, nebo teplovzdušných souprav a konvektoru. Vzduch se ohřívá pomocí teplé vody nebo páry z ústředního vytápění nebo plynu.

Principiální schémata teplovzdušného vytápění jsou uvedena na obr. C.51.

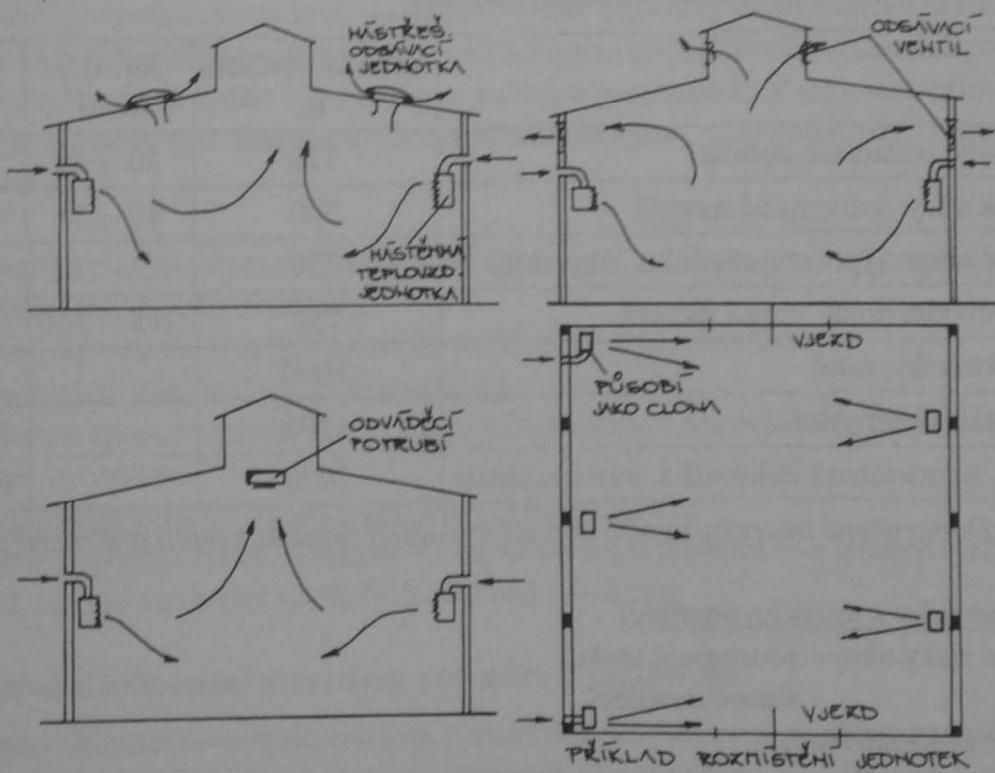
Příklad možného rozmístění teplovzdušných souprav ve výrobní hale včetně různých způsobů odvádění vzduchu je uveden na obr. C.52.



Obr. C.51 Principiální schémata teplovzdušného vytápění

a) s ústředním ohříváním vzduchu (s nuceným oběhem):  $V_2$  – ventilátor zpětný, KR – komora rozvádění, KF – komora směšovací a filtrovací, KO – komora předehřívací,  $V_1$  – ventilátor přívodní

b) s ohříváním vzduchu přímo ve vytápěném prostoru: b1 – s nuceným oběhem, s otopenými soupravami, b2 – s přirozeným oběhem, s konvektory (může mít také přívod venkovního vzduchu)



Obr. C.52 Příklady umístění teplovzdušných souprav ve výrobní hale při místním teplovzdušném vytápění. Schéma ukazuje i různé možnosti řešení pro odvod vzduchu.

## C.8 Systémy klimatizace

Potřeba instalace klimatizačních systémů do budovy je vyvolána nevhodnými vnitřními podmínkami v budově (mikroklima). Nejčastěji je to vysoká teplota v létě (tepelné zisky). Tyto nevhodné podmínky způsobují buď tepelně technické vlastnosti budovy, nebo velká produkce tepla v objektu. Zatímco stavbu lze navrhnout tak, aby klimatizace nebyla nutná, produkci tepla obvykle ovlivnit nemůžeme, neboť je dáná využitím stavby a technologií výroby.

Podkladem pro návrh klimatizačních zařízení jsou výpočty, kterými se stanovují parametry pro jejich dimenzování. Jsou to zejména výpočty tepelných ztrát a tepelných zisků.

### a) Tepelné ztráty

Tepelné ztráty budov jsou způsobeny prostupem tepla ohraničujícími stěnami a větráním budovy (místnosti). Nejdůležitějším faktorem, který může ovlivnit velikost tepelných ztrát, je správný návrh a provedení obvodových konstrukcí z tepelně technického hlediska.

### b) Tepelná zátěž

Tepelnou zátěží rozumíme celkový tok tepla do klimatizovaného prostoru, který musí být kompenzován chladícím výkonem klimatizačního zařízení. V tepelné zátěži je zahrnuto i teplo, obsažené ve větracím vzduchu a teplo produkované klimatizačním zařízením.

Tepelnými zisky rozumíme tepelný tok vnikající do klimatizovaného prostoru. Nezahrnují se do nich zisky tepla plynoucí z přívodu venkovního větracího vzduchu do klimatizační jednotky.

#### Tepelné zisky od vnějších zdrojů tepla:

- a) produkce tepla člověkem (tab. A.1),
- b) produkce tepla svítidel (tab. C.VI),
- c) tepelné zisky od technologie (elektromotory atp.)
- d) tepelné zisky od součástí klimatizačních zařízení.

| pracoviště   | intenzita osvětlení<br>lx | zárovky<br>W/m <sup>2</sup> | zářivky<br>W/m <sup>2</sup> |
|--|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| skladiště, byty, restaurace, divadla                     | 120                       | 20 – 30                     | 7 – 9                       |
| učebny, pokladny, jednoduchá montáž                      | 500                       | 40 – 55                     | 13 – 18                     |
| kanceláře, čítárny, výpočetní střediska, laboratoře      | 250                       | 75 – 105                    | 23 – 35                     |
| výstavy, obchodní domy, jemná montáž                     | 750                       | 115 – 160                   | 38 – 53                     |
| montáž elektroniky, retuš                                | 1000                      | -                           | 50 – 70                     |
| jemná montáž, elektronika                                | 1500                      | -                           | 75 – 105                    |
| hodinářství, subminiaturní elektronika, televizní studia | 2000                      | -                           | 100 – 140                   |

Tab. C.VI Doporučené intenzity osvětlení a odpovídající produkce tepla pro různá pracoviště

#### Tepelné zisky z vnějšího prostředí:

- a) tepelné zisky okny – prostupem tepla,  
– sluneční radiaci,
- b) tepelné zisky stěnami,
- c) tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu.

Podrobněji viz Literatura /4/, /6/.

V zásadě pro režim provozu vzduchotechnických systémů rozlišujeme provoz letní a zimní.

Letní provoz: – Rozhodujícími parametry pro návrh jsou:

- tepelná zátěž (chladící zátěž),
- sušící zátěž (množství vodní páry (viz h-x diagram obr. C.5)),
- vzduchový výkon zatížení.

Zimní provoz: – Rozhodujícími parametry pro návrh jsou:

- topný výkon zařízení,
- vlhčení vzduchu (podle h-x diagramu na obr. C.5),
- teplota přiváděného vzduchu.

### C.8.1 Rozdělení systémů klimatizace

Klimatizační systémy (soustavy), obr. C.4), mají za úkol přivést potřebné vzduchové objemy upraveného vzduchu do klimatizovaných prostor a udržovat požadované parametry vnitřního klimatu.

Jedná se zejména o vnitřní teplotu, vlhkost, rychlosť proudění, množství přiváděného vzduchu, čistotu vzduchu, event. další.

Podle účelu rozdělují se klimatizační zařízení do dvou hlavních skupin:

- klimatizační zařízení komfortní,
- klimatizační zařízení technologická.

#### a) Klimatizační zařízení komfortní

Vytváří optimální mikroklima pro lidi, kteří pobývají v určitém prostoru. Nejde pouze o zajištění příjemných subjektivních pocitů uživatelů těchto prostor, ale též o zabezpečení jejich optimálního pracovního výkonu a snížení úrazovosti.

#### b) Klimatizační zařízení technologická

Zajišťuje optimální stav mikroklimatu nezbytného pro určitý technologický proces. Parametry klimatizačních zařízení jsou voleny podle technologických požadavků výrobních procesů, takže v některých případech může být ohroženo i zdraví pracovníků. V takovém případě je nutné zlepšit pracovní podmínky úpravami v bezprostřední blízkosti pracovních míst (vzduchová clona, vodní clona atp.).

Klimatizační systémy rozdělujeme dále na:

- klimatizační systémy centrální,
- klimatizační zařízení místní jednotkové (klimatizační jednotky).

#### a) Klimatizační zařízení ústřední (centrální) – obr. C.53

Vzduch je upravován centrálně ve strojovně klimatizace a rozváděn do jednotlivých místností nebo skupin místností.

#### b) Klimatizační zařízení místní jednotkové (klimatizátory)

Jednotky upravují vzduch až přímo v klimatizovaném prostoru, tj. v jednotlivých místnostech (parapetní, okenní atp.). Bez centrálního rozvodu vzduchu.

### C.8.2 Ústřední klimatizační systémy vzduchové, nízkotlaké

Termín nízkotlaké označuje systémy, v nichž tlaková ztráta v rozvodu vzduchu bývá obvykle do 100 Pa. Systém může být navrhován v různých alternativách:

- Přivádí se jen čerstvý vzduch, odváděný se vyfukuje mimo budovu. Z odváděného vzduchu je účelné získávat teplo (obvykle se jím předehřívá přiváděný vzduch),
- Přivádí se směs čerstvého a oběhového vzduchu.

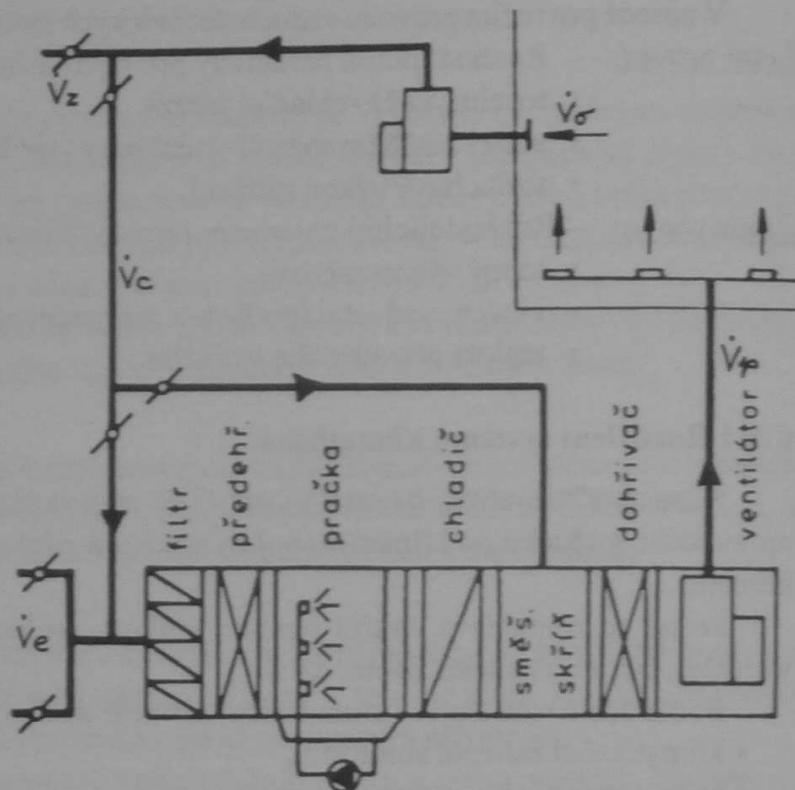
Podíl oběhového vzduchu se mění v závislosti na venkovní teplotě (obr. C.53).

- c) Přivádí se vzduch, který má požadovanou teplotu místnosti a vytápění zajišťuje otopný systém. Ten zpravidla zajišťuje jen základní a noční vytápění (cca 10 – 15 °C). Dotápění včetně regulace zajišťuje klimatizace.
- d) Vícenásobný systém zajišťuje klimatizace několika zařízeními. Uplatňuje se tam, kde by byly rozvody vzduchu z jednoho zařízení velmi rozměrné.

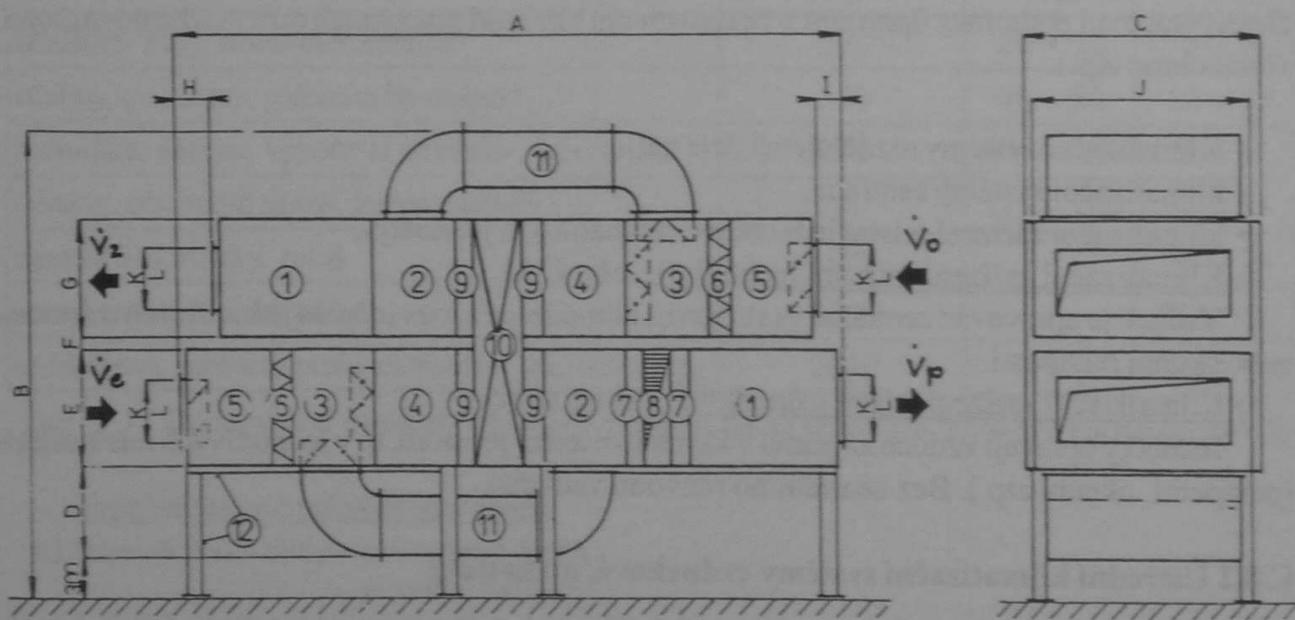
Systémy ústřední celkové jsou typické tím, že do všech klimatizovaných místností (prostorů) je doprovádován vzduch stejné kvality.

Systémy ústřední zónové umožňují diferencovanou úpravu vzduchu podle parametrů požadovaných v jednotlivých místnostech nebo jejich skupinách (obr. C.55).

Samostatné funkční zóny mohou tvořit také místnosti, které mají obdobné průběhy tepelných zátěží během dne. Rozdělení na zóny může být dáno i orientací místností na světové strany, dispozičním uspořádáním místností nebo různým časovým využitím místností v průběhu dne.

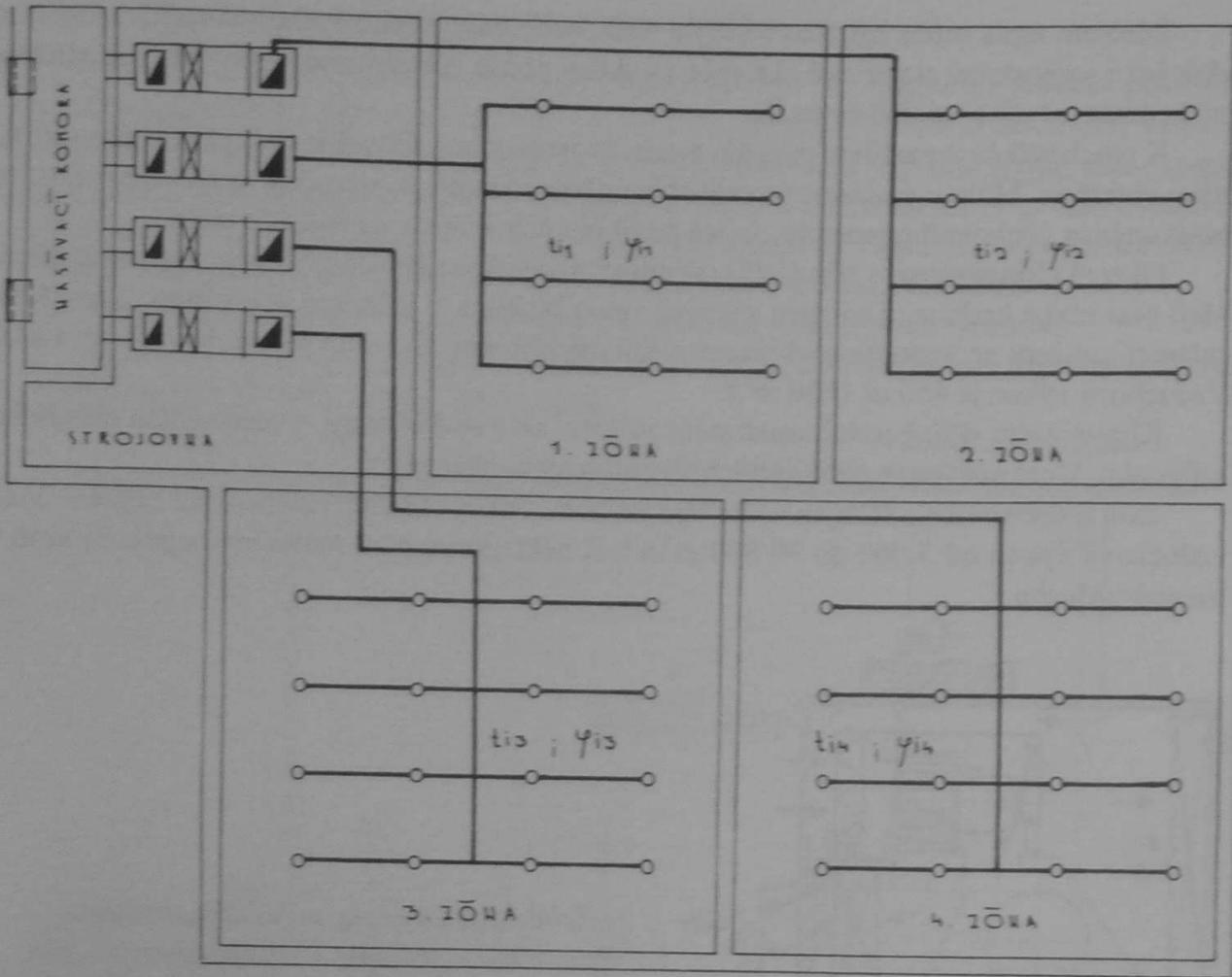


Obr. C.53 Příklad provedení strojovny a rozvodu centrálního nízkotlakého klimatizačního zařízení s obtokem vzduchu



Obr. C.54 Příklad strojovny nízkotlaké klimatizace s využitím rotačního regeneračního výměníku (10) k využití tepla z odváděného vzduchu

1 – ventilátor, 2 – převáděcí komora, 3 – klapková komora, 4 – přímá komora, 5 – vstupní díl, 6 – filtrační díl, 7 – spojovací část, 8 – ohřívací díl, 9 – přechodový kus, 10 – rotační výměník, 11 – obtok, 12 – nosná konstrukce



Obr. C.55 Příklad použití zónového uspořádání nízkotlaké klimatizace ústřední.  
Pro každou zónu je zřízena samostatná klimatizační jednotka ve strojovně.

### C.8.3 Vzduchové systémy speciální

Speciální vzduchové soustavy jsou navrhovány pro prostory, kde je kladen zvláštní důraz na čistotu, sterilitu a teplotu. Tyto vzduchové soustavy vyžadují i speciální stavební úpravy.

Například pro tepelně stálé prostory spočívají v návrhu zvláštní místnosti, které obklopuje výrobní klimatizovaný prostor s požadovanou stálou teplotou.

Strojovna pracuje s kombinovaným provozem nebo pouze s vnějším vzduchem.

Mezi speciální vzduchové soustavy zařazujeme i klimatizační zařízení výpočetní techniky, telefonní ústředny, jeřábové kabiny, dopravních prostředků atp. Více v literatuře /4/.

### C.8.4 Vzduchové nízkotlaké systémy, místní jednotkové klimatizátory

Klimatizátory (klimatizační skříně) jsou samostatná, snadno přemístitelná zařízení na úpravu (vhlcení, vytápění, chlazení, filtrace), vzduchu, umístěná přímo v klimatizovaném prostoru. Nevyžadují centrální rozvod vzduchu. Velké strojovny klimatizace a množství vzduchovodů je nahrazeno klimatizačními skříněmi.

Každá místnost tvoří vlastně samostatný klimatizovaný prostor. Podle konstrukce sem zařazujeme okenní klimatizátory, klimatizátory parapetní, případně ve typu nízkých skříní (truhly) a klimatizační skříně. Tento systém je instalacně i projektově nejjednodušší, úpravy vzduchu v jednotlivých místnostech jsou zcela nezávislé.

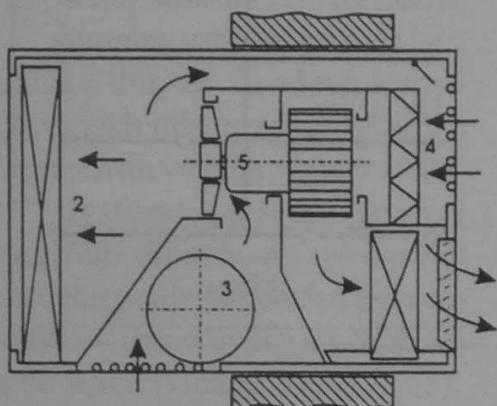
Zdrojem tepla může být rozvod teplé vody nebo páry z centrálního vytápění. Mohou to však být i samostatné elektrické ohříváče ve skříni přímo zabudované, nebo chladící zařízení může pracovat jako tepelné čerpadlo.

K jejich velkému rozšíření přispěla nenáročnost instalací. Obvykle stačí připojení pouze na zdroj elektřiny. Mohou pracovat se vzduchem oběhovým při doplňování vzduchem čerstvým nasávaným z venkovního prostoru. Jejich podíl se může klapkou jednoduše měnit.

Okenní klimatizátory – obr. C.56 – se umísťují do okna nebo do otvoru ve venkovní skříni. Mají tvar nízké krabice, z níž část vyčnívá ven z budovy. V jednotce je umístěno kompletní chladící zařízení se vzduchem chlazeným kondenzátorem. Chladící výkon bývá 2 až 5 kW. Vzduchový výkon je 450 až 1000  $m^3.h^{-1}$ .

Klimatizační skříně jsou klimatizační zařízení skříňového tvaru, s vestavěným chladícím zařízením, které má vodou nebo vzduchem chlazený kondenzátor.

Jsou konstruovány s různým výdechem vzduchu, někdy obsahují i zvlhčovací zařízení. Mají vzduchový výkon od 3 000 do 30 000  $m^3.h^{-1}$ . K některým typům může být napojen i krátký rozvod vzduchu.



Obr. C.56 Schéma sestavy okenního klimatizátoru  
1 – výparník, 2 – srážník, 3 – kompresor, 4 – filtr,  
5 – ventilátor

### C.8.5 Vysokotlaké vzduchové klimatizační systémy

Ústřední klimatizační zařízení vysokotlaká se vyznačují vyššími rychlostmi proudění vzduchu v hlavním i odbočném potrubí (15 až 20  $m.s^{-1}$ ), k čemuž je zapotřebí též vysokotlakého ventilátoru (200 až 300 Pa). Vysokotlaká klimatizace tudíž rozvádí upravený vzduch při minimální potřebě stavebního prostoru s využitím co nejvyšších, ekonomicky odůvodnitelných dopravních rychlostí vzduchu.

Při těchto rychlostech a tlacích narůstají požadavky na těsnost potrubí a jeho aerodynamické řešení.

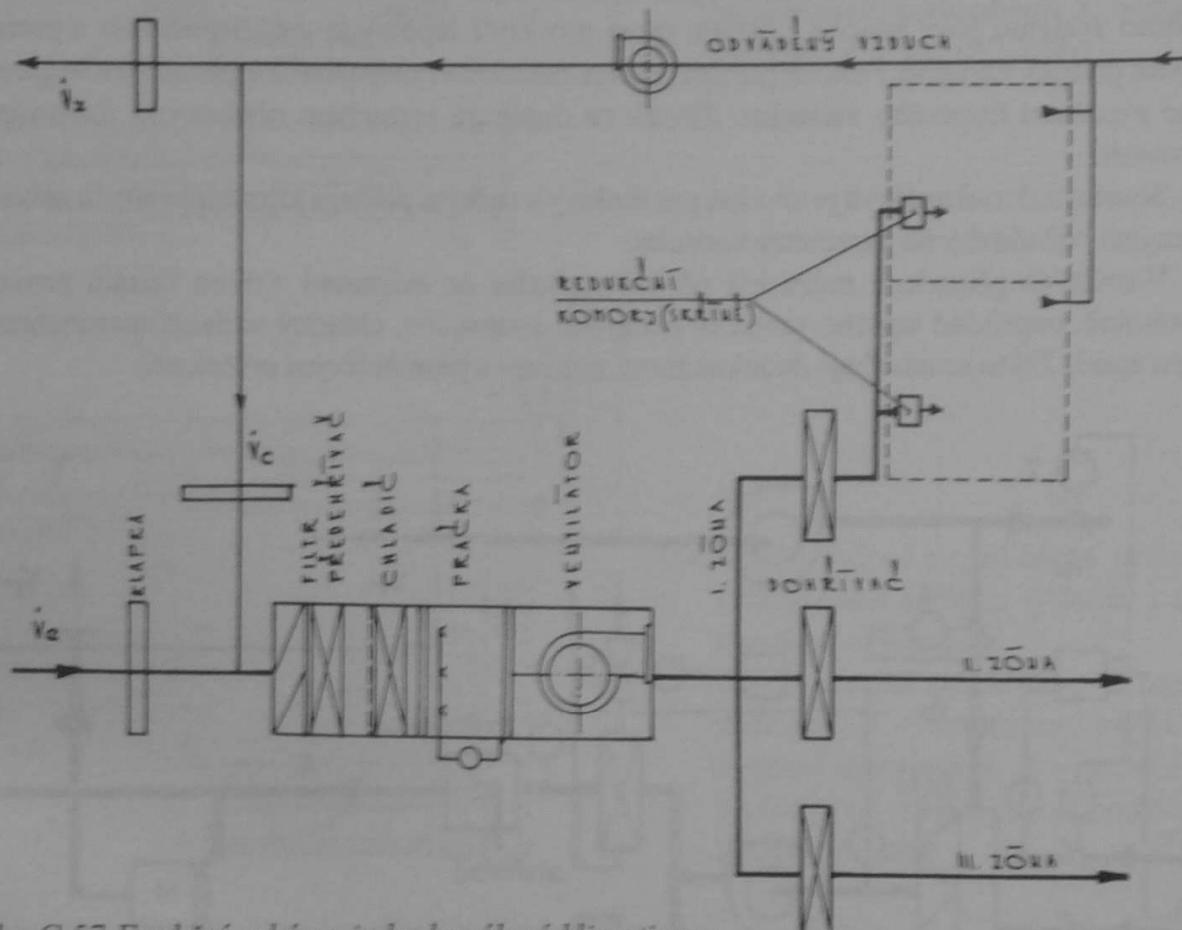
Základní rozdělení vysokotlakých vzduchových systémů je podle počtu kanálů (vzduchovodů) použitych pro přívod vzduchu ze strojovny do klimatizovaného prostoru (jednokanálové, dvoukanálové, tříkanálové).

### C.8.5.1 Jednokanálové vzduchové systémy (obr. C.57)

Vysokotlaká klimatizační zařízení jednokanálová se vyznačují jedním potrubím, vzduchovodem, který dopravuje upravený vzduch ze strojovny do klimatizovaných místnosti. Vyústění vzduchu do klimatizované místnosti se provádí pomocí redukční skříně, také expanzní skříně (obr. C.58), která zajišťuje konstantní průtok vzduchu z klimatizace do prostoru nezávisle na kolísání tlaků v klimatizaci. Tyto skříně se obvykle umisťují ve sníženém podhledu chodeb. Připojuje se k nim jen krátká nízkotlaká větev s několika běžnými výstupy.

V některých systémech se expanzní skříně nahrazují štěrbinovou výstupkou.

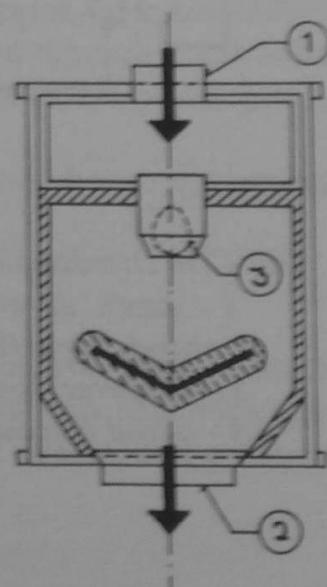
Systém obvykle pracuje s kombinovaným provozem a může mít zónové uspořádání. Systém se navrhuje pro obchodní domy, hotely apod.



Obr. C.57 Funkční schéma jednokanálové klimatizace

Obr. C.58 Schéma redukční skříně resp. expanzní skříně pro jednokanálové klimatizační systémy

1 – přívod vysokotlaký, 2 – odvod nízkotlaký, 3 – škrticí ventil (hruškovitý)



### C.8.5.2 Dvoukanálové vzduchové systémy (obr. C.59)

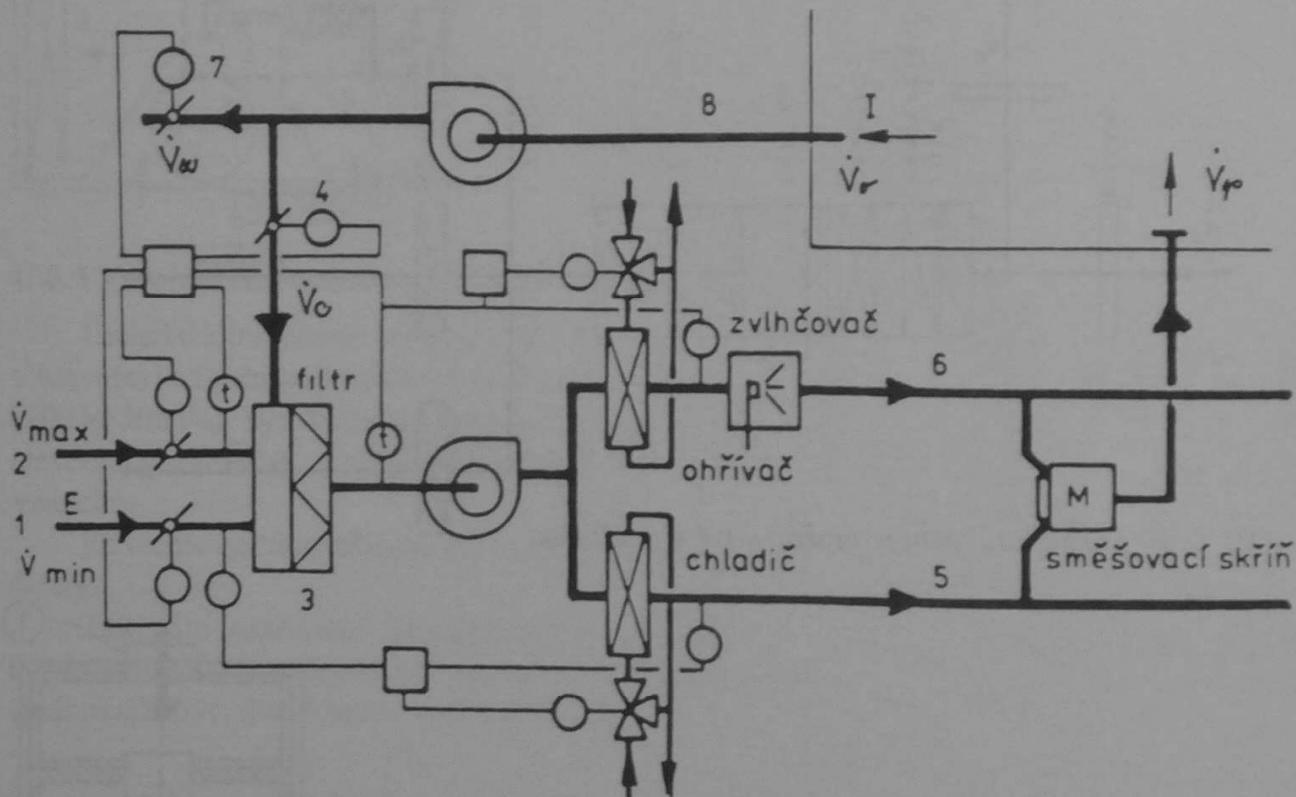
Vysokotlaká klimatizační zařízení dvoukanálová se vyznačují dvěma rozvaděcími potrubími upraveného vzduchu. Jedno potrubí dopravuje z centrální strojovny do klimatizovaných prostorů vzduch nízké teploty, suchý. Druhé potrubí dopravuje vzduch relativně vyšší teploty i vlhkosti. Oba vzduchovody vyúsťují do směšovací jednotky – skříně (obr. C.60). zde se směšováním vzduchu z obou kanálů namíchat vzduch požadované teploty i vlhkosti a teprve potom vpouští do klimatizované prostory. Takto je možné namíchat vzduch potřebné kvality.

Skríně jsou konstruovány buď pro umístění v mezistropu nebo mají tvar parapetních jednotek pro přímé vydechování vzduchu.

Schématika uspořádání dvou kanálů pro rozvod vzduchu jsou na obr. C.61. Prostorové nároky u tohoto systému jsou značné, protože musí pro krytí tepelných zátěží pracovat s poměrně velkými průtoky vzduchu. Proto se přivádí při maximálních a minimálních teplotách jen hygienicky nutné množství čerstvého vzduchu. Zbytek se doplňuje vzduchem oběhovým. Zónování se neprovádí.

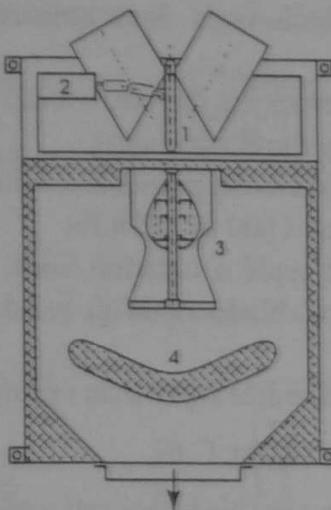
Soustava dvoukanálová je vhodná pro budovy s velkým počtem klimatizovaných místností s různými požadavky na parametry vzduchu.

V určitých případech může být přívod vzduchu do místnosti z obou kanálů proveden samostatně, například teplého vzduchu parapetní soupravou, chladný vzduch anemostatem u stropu apod. Takto se navrhují dvoukanálové systémy s proměnlivým průtokem.



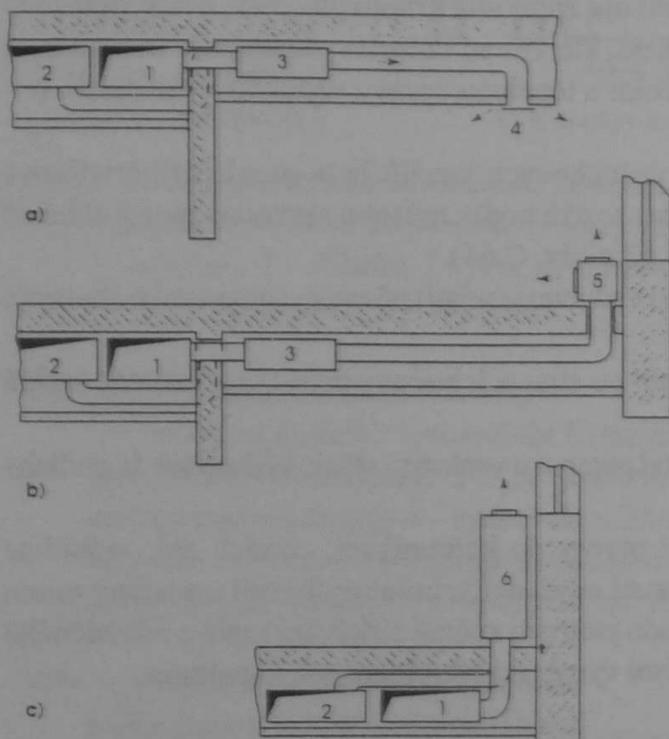
Obr. C.59 Dvoukanálový systém vzduchové vysokotlaké klimatizace s jedním ventilátorem

- 1 – kanál, dimenzovaný na minimální množství čerstvého vzduchu; 2 – kanál slouží k přívodu čerstvého vzduchu, hodí-li se ke chlazení, je regulačně spojen s klapkami 4 a 7;
- 3 – směšovací komora a filtr; 5 – kanál pro chladný vzduch; 6 – kanál pro teplý vzduch;
- 8 – odvod vzduchu



Obr. C.60 Směšovací skříně pro dvoukanálovou klimatizaci se samočinnou regulací průtahu

1 – klapka řídící poměr mišení, 2 – pneumatický servopohon, 3 – regulátor průtoku, 4 – tlumící vložka



Obr. C.61 Různá uspořádání připojení směšovacích skříní a výdechů v dvoukanálové klimatizaci

1, 2 – rozvod chladného a teplého vzduchu, 3 – směšovací skřín, 4 – stropní anemostat, 5 – podokenní výdechová skřín, 6 – podokenní směšovací skřín

#### C.8.5.3 Tříkanálové vzduchové systémy

Funkčně je tříkanálová soustava odvozena od dvoukanálové s tím, že má navíc vzduchovod pro dopravu vzduchu k větrání (není klimatizovaný). V jednotlivých místnostech se pak může využívat nejen klimatizace, ale i pouze větrání, zejména v těch místnostech, kdy postačí přívod tepelně upraveného větracího vzduchu.

Tříkanálové systémy jsou vhodné v budovách, kde vedle klimatizovaných prostor je i značný počet místností, kdy postačuje větrání.

#### C.8.6 Klimatizační systémy kombinované – vodní

Výstavba výškových budov při značném zasklení fasády si vynutila nové řešení teplotních podmínek. Těžkost působí okolnost, že okna nelze otvírat z důvodů tahových, hlukových i pro vysokou prašnost okolního ovzduší. Hlavní důvody však jsou vysoká tepelná zátěž a nutnost úspor prostorů pro jinak značně rozměrné rozvody vzduchu.

Systémy kombinované bývají také označovány vzduch–voda. Jsou konstruovány podle zásad:

- rozvádí se jen tolik vzduchu, kolik je ho třeba z hygienických důvodů a tento vzduch se již nevrací do oběhu (nepracuje se s oběhovým - cirkulačním vzduchem),
- rozvod vzduchu je proveden jako vysokotlaký, takže rychlosti proudění v hlavních větvích primárního vzduchu jsou 10 až 25 m.s<sup>-1</sup>, tlak dosahuje 1500 až 1899 Pa,
- hlavním nositelem tepla i chladu je voda; rozvod teplé a chladné vody je proveden v klimatizované části budovy a přenášení tepla, resp. chladu zajišťují indukční jednotky (obr. C.63),
- kompenzaci části tepelné zátěže, resp. tepelných ztrát, může zajišťovat i primární vzduch. Funkce celého klimatizačního zařízení je znázorněna na obr. C.62.

Do strojovny se přivádí čerstvý vzduch, který se upravuje. Na konci zařízení je ventilátor, který tento upravený „primární“ vzduch dopravuje zpravidla kruhovým, tzv. Spiro-potrubím do klimatizovaných místností. Koncovým prvkem, kterým se vzduch vyděluje do místnosti, je indukční jednotka (obr. C.63). Ta zajistí přisávání a tepelnou úpravu vzduchu v místnosti, tzv. „sekundárního“ vzduchu.

Tato koncepce umožňuje, aby průrezy vzduchových kanálů byly menší než čtvrtinové vzhledem k nízkotlaké klimatizaci. Tyto systémy se dělí podle způsobu rozvodu topné a chladící vody na dvoutrubkové a čtyřtrubkové (obr. C.62 a obr. C.64).

Vzhledem k tomu, že množství primárního vzduchu je relativně malé, nejsou ani požadavky na velikost strojovny nadmerné.

Hlavní vertikální vzduchovody se umísťují po stranách budovy nebo v samostatné šachtě uprostřed dispozice.

Indukční jednotky se umísťují zpravidla pod parapet u venkovní stěny, výjimečně do podlahy při celoskleněných fasádách.

Vzduch z místnosti uniká přetlakovými otvory do komunikací, chodeb atd., odtud se částečně přes hygienické zařízení odsává. Hlavní odsávací ventilátory bývají umístěny mimo hlavní strojovnu (často na střeše). Z toho důvodu jsou pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu použitelné pouze systémy s lamelovými výměníky s teplonosnou kapalinou.

#### C.8.6.1 Systém dvoutrubkový (Obr. C.62)

V zimním období se vodním dvoutrubkovým okruhem přivádí do indukční jednotky teplá voda a v létě voda z chladícího zdroje.

Primární vzduch je v zimě i v létě upravován na stálou teplotu 13 až 15 °C.

Soustava se používá v budovách, kde je vyžadován účelný a hospodárný provoz, v budovách s hladkou fasádou bez stínění budovy.

Do indukčních jednotek se přivádí podle potřeby buď topná voda nebo chladící voda.

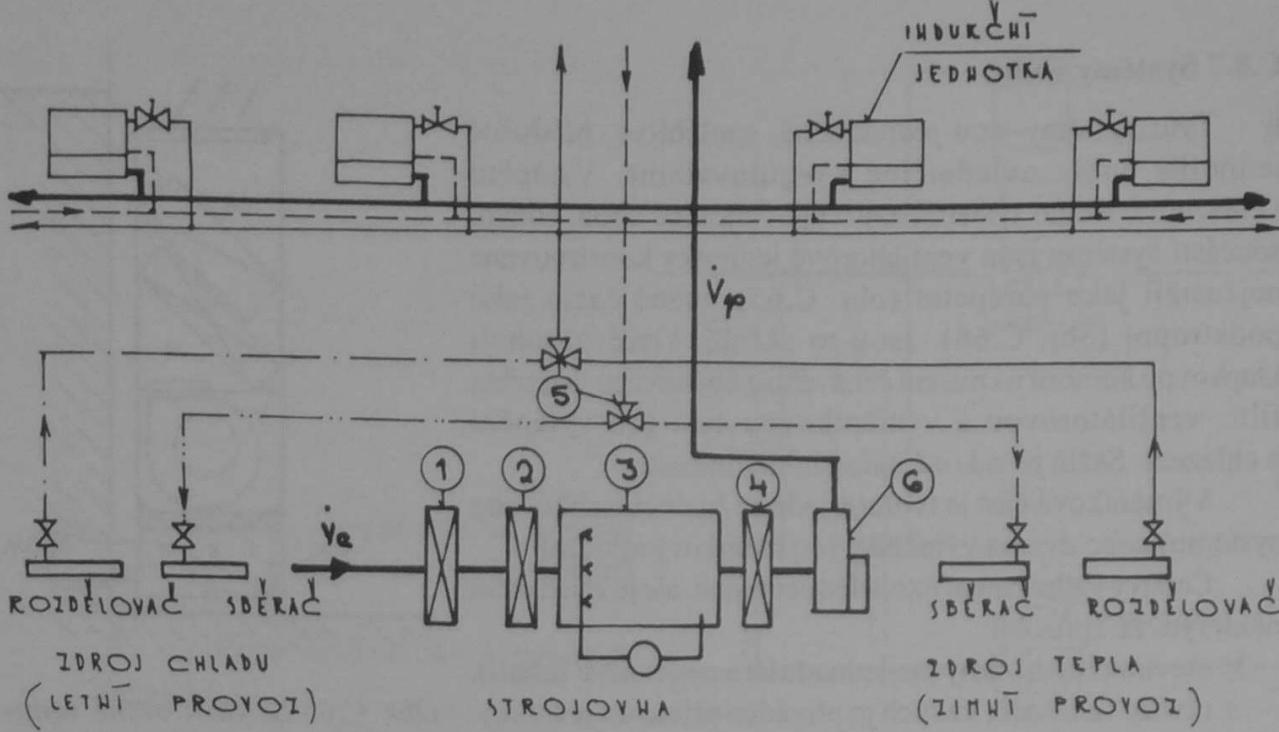
Protože průběh tepelné zátěže různě situovaných místností může být zcela odlišný, je zónování u tohoto systému velmi nutné. Provádí se podle světových stran, někdy i pro jednotlivá podlaží.

#### C.8.6.2 Systém čtyřtrubkový (obr. C.64)

Je soustava funkčně nejdokonalejší, investičně a provozně nejdražší.

Pro rozvod teplé i studené vody do indukčních jednotek je použito čtyř samostatných potrubí (dvě pro vytápěcí vodu a dvě pro vodu chladící).

Soustava se používá v budovách s lehkými obvodovými plášti s požadavky různých parametrů vzduchu v jednotlivých místnostech.

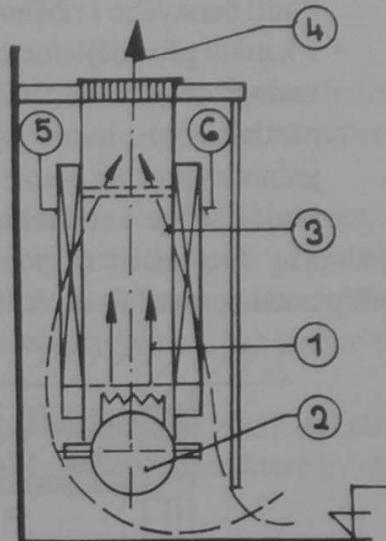


Obr. C.62 Funkční schéma vysokotlaké klimatizace s indukčními jednotkami. Systém dvoutrubkový (přepínací)

1 – ohříváč, 2 – chladič, 3 – pračka (vlhčení), 4 – dohříváč,  
5 – trojcestný ventil, 6 – ventilátor

Obr. C.63 Schéma indukční jednotky

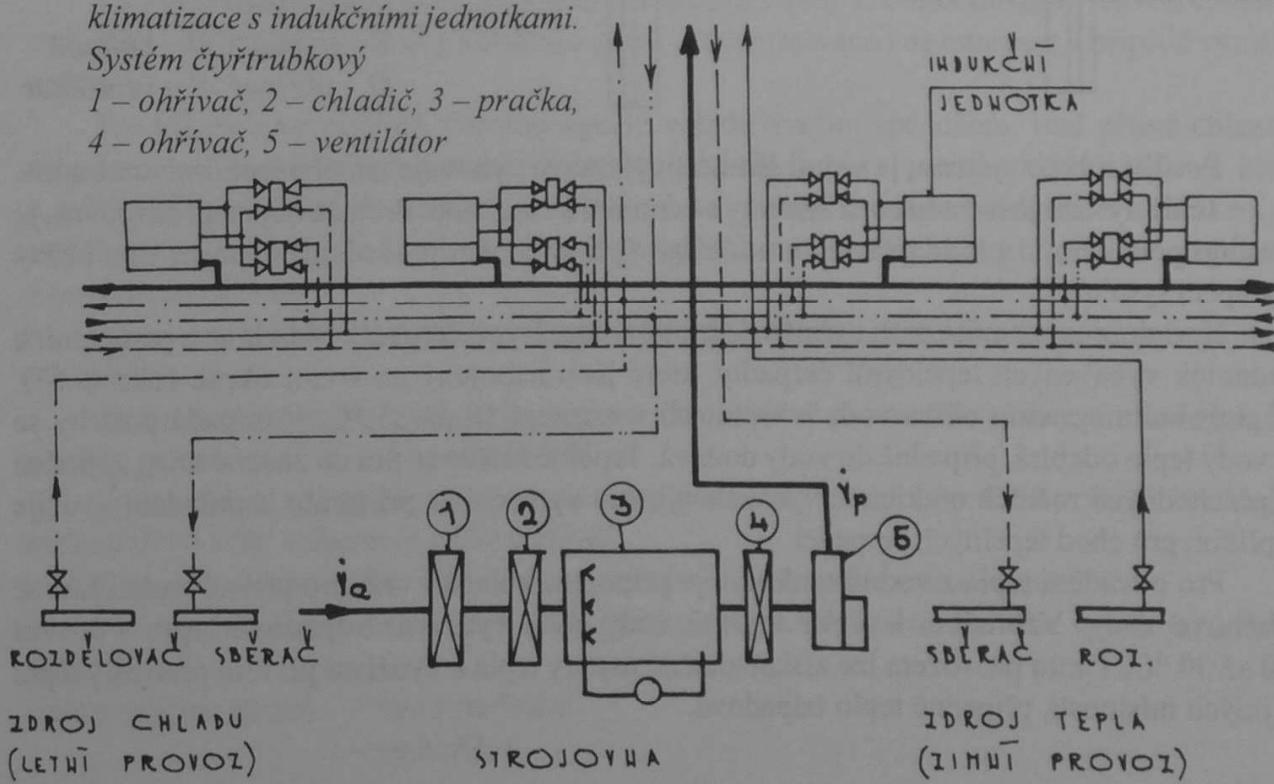
1 – primární vzduch z vysokotlaké klimatizace, 2 – potrubí vysokotlaké klimatizace, 3 – sekundární vzduch (z klimatizované místnosti), 4 – výdech do místnosti, 5 – ohříváč vzduchu, napojený na rozvod ústředního vytápění (voda nebo pára), 6 – chladič, je nepojen na rozvod chladící vody



Obr. C.64 Funkční schéma vysokotlaké klimatizace s indukčními jednotkami.

Systém čtyřtrubkový

1 – ohříváč, 2 – chladič, 3 – pračka,  
4 – ohříváč, 5 – ventilátor



### C.8.7 Systémy vodní

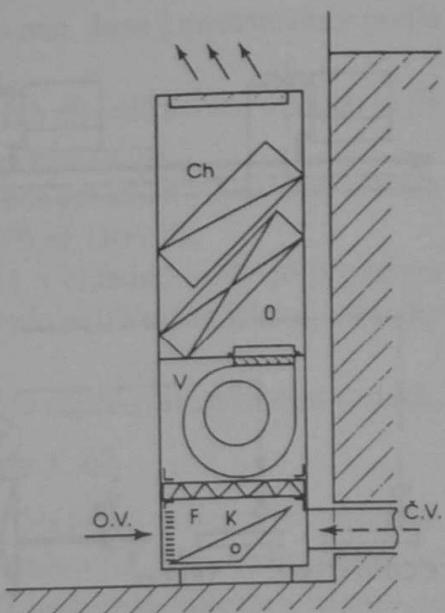
Tyto systémy jsou jednoduché, spolehlivé, příslušné jednotky dobře ovladatelné a regulovatelné. Vytápění i chlazení u těchto systémů zajišťuje výhradně voda. Hlavní součástí systému jsou ventilátorové jednotky konstruované nejčastěji jako parapetní (obr. C.65), méně často jako podstropní (obr. C.66). Jsou to skříně, které obsahují klapkovou komoru na mísení čerstvého a oběhového vzduchu, filtr, ventilátorovou a výměníkovou část pro vytápění a chlazení. Skříň je zakončena výfukovou částí.

Výměníková část je tvořena jedním (u dvoutrubkového systému) nebo dvěma výměníky (čtyřtrubkový systém).

Čerstvý vzduch není rozváděn centrálně, ale je zajišťován některým ze způsobů:

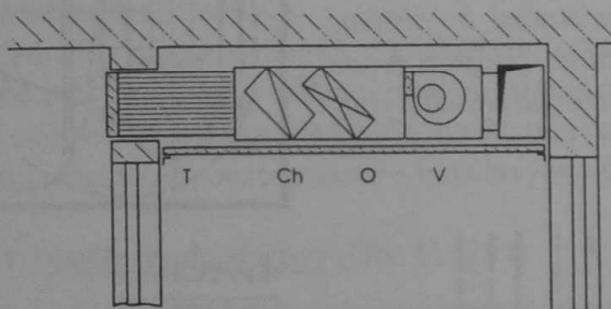
- otevíratelnými okny (nejjednodušší a nejlevnější řešení),
- otvory ve fasádě, vzduch je přiváděn přímo do jednotky. Podíl čerstvého i oběhového vzduchu jde nastavit,
- z kanálu přivádějícího čerstvý vzduch,
- vzduch je přiváděn nízkotlakým větracím systémem přetlakovým, který zajišťuje větrání. Ventilátorová jednotka pracuje pouze s oběhovým vzduchem.

Vodní síť je navrhována podobně jako pro indukční jednotky. Nejčastěji se používá rozvodu dvoutrubkového přepínacího, méně často čtyřtrubkového.



Obr. C.65 Sestava běžné ventilátorové jednotky

K – klapka, F – filtr, V – ventilátor, O – ohřívač, CH – chladič, Č.V. – čerstvý vzduch, O.V. – oběhový vzduch



Obr. C.66 Ventilátorová jednotka horizontálního provedení (podstropní)

T – tlumič, CH – chladič, O – ohřívač, V – ventilátor

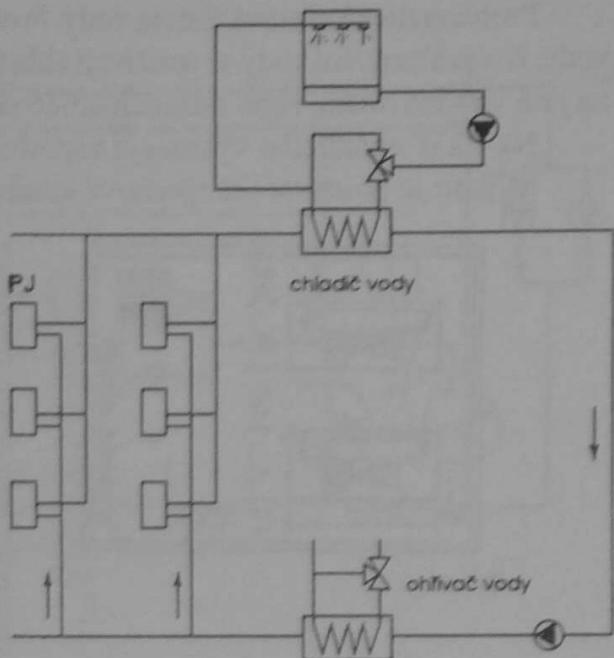
Použití tohoto systému je velmi široké a výkonově vyhovuje téměř všem druhům budov.

Tento systém je lacinější než systémy s centrální strojovnou. Protože odpadají strojovny, je snadno použitelný i při adaptacích a může být (při vhodném provedení) napojen i na běžný vytápěcí systém.

K vodním systémům patří i systém jednotek s tepelnými čerpadly. Skládá se z parapetních jednotek vybavených tepelnými čerpadly, které jsou napojeny na vodní okruh (obr. C.67). V potrubním systému obíhá voda o teplotách v rozmezí 10 až 35 °C. V případě potřeby se z vody teplo odebírá, případně do vody dodává. Tepelné zátěže se tím do značné míry, zejména v přechodných ročních obdobích, vyrovnávají. Pro vytápění se při tomto uspořádání využije i příkon pro chod tepelných čerpadel.

Pro odvádění tepla z vodního okruhu je připojena chladící věž, pro přívod tepla ohřívač oběhové vody. Vzhledem k nízké teplotě vody stačí využívat odpadové teplo s úrovní 20 až 30 °C. Tímto provozem lze získat značné úspory tepla a využívat při tom přebytky tepla z jiných místností, případně teplo odpadové.

Obr. C.67 Schéma klimatizačního systému vodního s jednotkami vybavenými tepelnými čerpadly  
PJ – parapetní jednotka s tepelným čerpadlem



### C.8.8 Chladící zařízení pro klimatizaci

Chladící zařízení jsou obvykle nutnou součástí zařízení klimatizačních. Při větším soustředění klimatizovaných budov je ekonomicky i provozně výhodné navrhnout ústřední chladírnu s dálkovým rozvodem chladu.

V době nedostatku energií je třeba uvážit i jiné možnosti chlazení. Například podzemní voda má v dostatečné hloubce i v létě teplotu 10 až 12 °C. V době letních veder je možno využívat nočního vychlazování stavby. Hmota stavby představuje obvykle dostatečný akumulátor chladu. Pro noční vychlazování stačí provozovat klimatizační zařízení jako větrací, bez tepelných úprav vzduchu.

Výkon chladícího zařízení pro účely klimatizace závisí na celkové tepelné zátěži (včetně chlazení větracího vzduchu). Chladící zařízení se umísťuje do strojoven chlazení, které bývají umísťovány vedle strojovny klimatizace (obr. C.68).

Ve strojovně chlazení musí být dostatek místa pro vlastní chladící zařízení, rozvod chladiva a chladící vody, regulační prvky a obsluhu. Musí být pamatováno i na transport v případě výměny zařízení.

Pro klimatizaci přichází v úvahu využití chladu dvojím způsobem: buď přímé chlazení chladivem (výparník chladí vzduch) nebo nepřímé chlazení (výparník chladí kapalinu, která v dalším výměníku chladí vzduch). Prvý způsob se využívá u menších zařízení a u chlazení na nízké teploty. V běžné klimatizaci převládá způsob nepřímého chlazení pro své regulační a provozní přednosti.

Naopak z chladícího zařízení – kondenzátoru (srážníku) je nutné značné množství tepla odvádět.

Vzduchem chlazené kondenzátory se používají běžně pro menší výkony, mohou však být použity prakticky až do výkonu 1000 kW.

Vodou chlazené kondenzátory se používají u větších zařízení (obr. C.69 a obr. C.70). Vodní hospodářství však způsobuje velké těžkosti.

Zdroje vody pro vodou chlazené kondenzátory mohou být velice různé.

Pro menší zařízení se používá vody pitné z vodovodu, kterou lze dále využít jako vodu užitkovou.

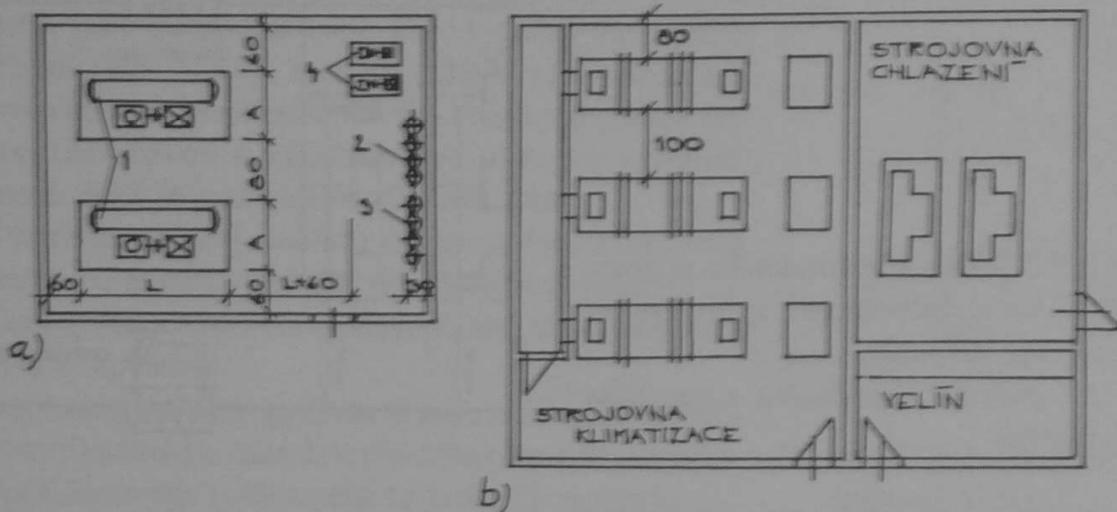
Dále je možno použít:

- vodu studniční
- vodu říční.

Problematická zůstává čistota vody. Proto se velmi často používají uzavřené okruhy chladící vody. K vychlazování vody se používají chladící věže umístované na střechách budovy, popřípadě na jiná vhodná místa, nebo mikrochladicí skříňové (Obr. C.71).

Na 1 kW chladicího výkonu je zapotřebí 70 až 100 litrů vody za hodinu.

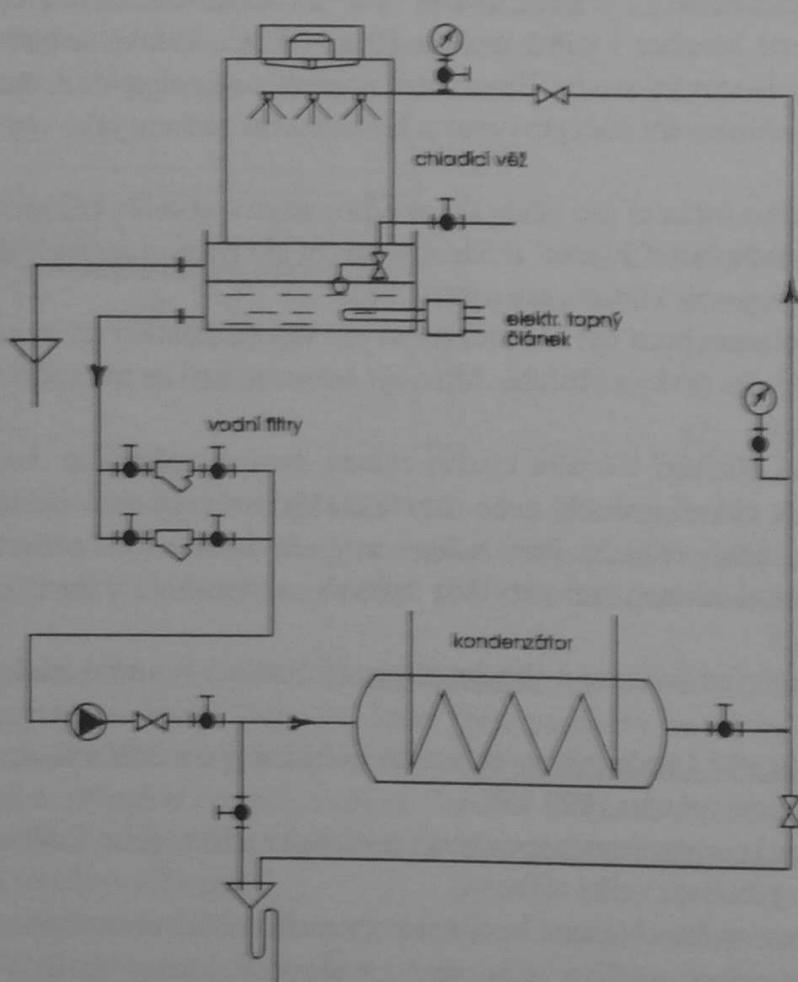
Mohou se používat též sprchové kondenzátory, také zpravidla umístované na střechách.



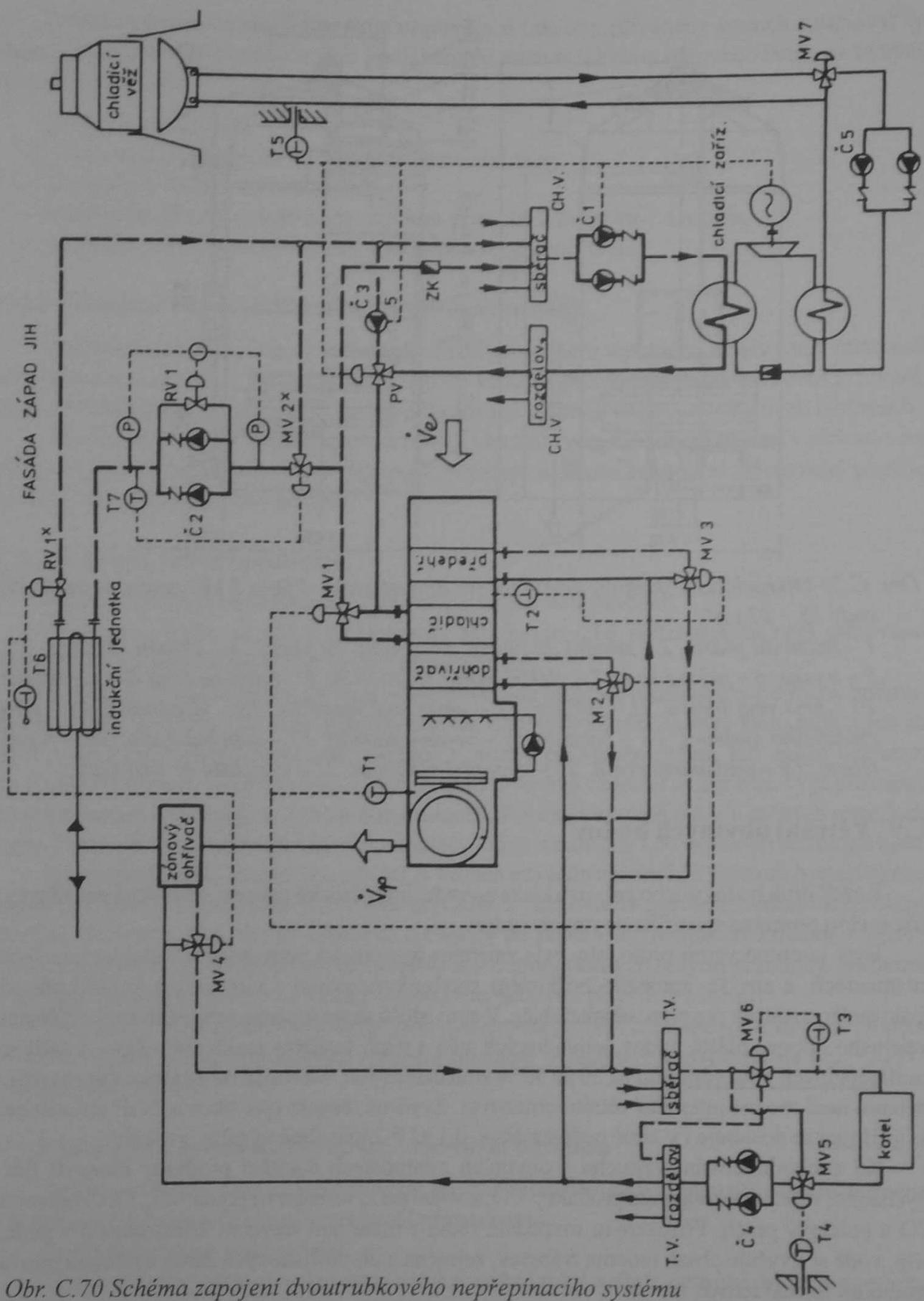
Obr. C.68 Strojovny chlazení v budově

a) zařízení strojovny chlazení: 1 – bloková chladicí jednotka, 2 – rozdělovač studené vody, 3 – sběrač studené vody, 4 – čerpadla

b) dispoziční umístění strojovny chlazení v budově

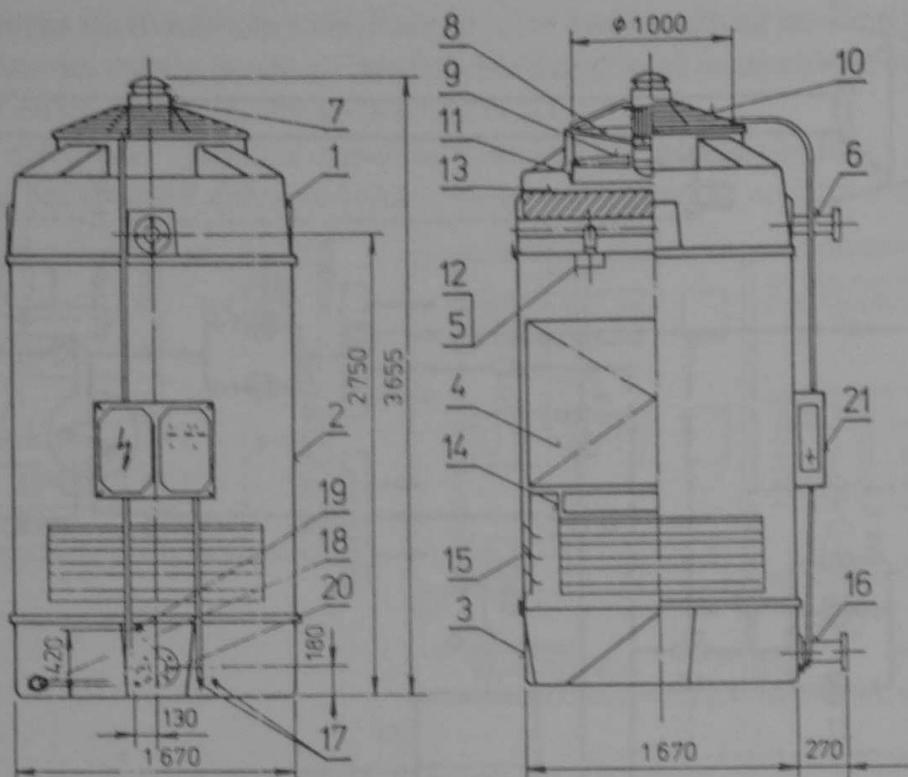


Obr. C.69 Příklad zapojení chladicí věže na vodu chlazený kondenzátor



Obr. C.70 Schéma zapojení dvoutrubkového nepřepínacího systému

Okruhy chladné vody jsou dva: z chladícího zařízení (kondenzátoru) přes chladící věž primárního vzduchu a zpět a okruh k indukčním jednotkám. Vzduch je ohříván v ohříváčích ve strojovně klimatizace a v zónovém ohříváči. Vzduch není ohříván v indukční jednotce. Chladící zařízení využívá chladící věže umístěné zpravidla na střeše budovy



Obr. C.71 Mikrochladicí skříňový ventilátorový atmosférický. Výkon 3 kW, průtočné množství vody 15 – 22 t.h<sup>-1</sup>

1 – horní díl pláště, 2 – střední díl pláště, 3 – spodní díl pláště, 4 – chladicí systém, 5 – tryska, 6 – přívod vody, 7 – elektromotor ventilátoru, 8 – nosič motoru, 9 – ventilátor, 10 – kryt ventilátoru, 11 – difusor, 12 – omezovač rozstřiku, 13 – eliminátor, 14 – rám chladicího systému, 15 – žaluzie, 16 – vratné potrubí, 17 – tepelná čidla, 18 – topné těleso, 19 – plovákový ventil, 20 – vypouštěcí kohout, 21 – rozvaděč el. instalace

## C.9 Větrání obytných budov

Každý druh budovy nebo provozu klade na vzduchotechnické zařízení specifické požadavky. Zde budou probrána specifika obytných budov.

Byty je nutno větrat proto, aby byla zajištěna hygienická nezávadnost vzduchu ve všech místnostech, a aby se zamezilo poškození stavby kondenzací vodní páry a zajistil přívod spalovacího vzduchu pro plynové spotřebiče. V souvislosti se snižováním tepelných ztrát zvýšením tepelného odporu pláště budov (obvodových stěn a např. trojitym zasklením oken), zvýšil se podíl tepelných ztrát větráním na 30 až 50 % ztrát celkových. Na rozdíl od ztrát prostupem tepla stěnami není možné intenzitu větrání omezovat. Zvýšená těsnost spár oken a dveří způsobuje, že infiltraci se dosahuje i v zimě nedostatečné, 0,1 až 0,25násobné výměny vzduchu.

Ke znehodnocování vzduchu v obytných místnostech dochází produkty činnosti lidí. Dýcháním, vařením a koupáním produkují CO<sub>2</sub> a vodní páru, vařením na plynu NO<sub>2</sub>, CO, kouřením CO a polétavý prach. Přirozeným rozpadem radia v materiálu stavební konstrukce a v půdě, příp. vodě se zvyšuje obsah radonu. Nábytek, zejména z dřevotřískových desek a některá pojiva produkují formaldehyd.

Požadavky na odvod vzduchu z větraných prostor:

- |                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| – bytové kuchyně   | 100 až 120 [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ] |   |
| – lázeň            | 70 až 80 [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]   | výměna vzduchu 5x až 7x [h <sup>-1</sup> ]  |
| – kabina WC        | 25 [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]         |   |
| – šatna            |   | výměna vzduchu 3x [h <sup>-1</sup> ]        |
| – obytné místnosti |   | výměna vzduchu min. 0,3x [h <sup>-1</sup> ] |

Průtok čerstvého vzduchu je třeba organizovat tak, aby přiváděný vzduch vstupoval do obytné místnosti a do ložnic a z nich přetlakem do místnosti kolem bytového jádra, ze kterých by měl být odváděn.

Byty je možné větrat:

- přirozeným větráním infiltrací a provětráváním okny,
- šachtovým větráním přirozeným,
- šachtovým větráním nebo horizontálním větráním s nuceným odvodem,
- větráním s nuceným přívodem i odvodem a rekuperací tepla.

### C.9.1 Přirozené větrání infiltrací a provětráváním okny

Podnětem pro toto větrání je tlakový rozdíl následkem tepelného spádu mezi místností a venkovním vzduchem, jakož i tlak při náporu větru. V principu se jedná o větrání infiltrací, které bez dalších opatření nemůže splnit požadované výměny vzduchu v obytných budovách.

Větrání infiltrací je doplněno tzv. řízeným větráním otevíratelnými otvory v obvodovém pláště (okny). Termín řízení v tomto případě označuje tu skutečnost, že si jej uživatel použije (otevírá a zavírá) podle své potřeby.

### C.9.2 Šachtové větrání přirozené

Šachtové větrání bez ventilátoru je užíváno ve starších stavbách.

Šachtové větrání se užívá v případech, kdy hygienické zařízení bytu není situováno u obvodového pláště a nelze tedy použít přímé větrání.

Vzduch je z hygienických zařízení odváděn svislou šachtou, vyústěnou nad střechu budovy. Šachta bývá ukončena tzv. samotahovou hlavicí. Šachtové větrání splňuje svou funkci jen za příznivých klimatických podmínek. Nejlépe v zimě a při velkém větru, kdy může docházet k přílišnému větrání. V letním období se může stát, že teplota vzduchu uvnitř budovy je prakticky shodná s teplotou vně budovy, nebo je dokonce nižší. Potom za bezvětrí může v určitých případech vzduch proudit odsávacími otvory do koupelny a lázně a dále pak i do ostatních místností bytu.

Při správné funkci šachtového větrání je vzduch odváděn zpravidla z prostorů hygienického zařízení. Čerstvý vzduch je na jeho místo přiváděn z venkovního prostředí netesnostmi, okny, dveřmi (neřízeně) přes obytné místnosti a chodby do prostor hygienického zařízení. Čerstvý vzduch může být do větracích místností přiváděn k tomu účelu zřízenými průduchy, šachtami a dalšími opatřeními (šachtové větrání s přívodem nebo bez přívodu vzduchu)

Různá schémata šachtového větrání jsou uvedena na obr. C.72. Šachtové větrání s přívodem vzduchu (jedna šachta pro každou větranou místnost – podlaží) je uvedena na obr. C.73 – tzv. Kolínské větrání.

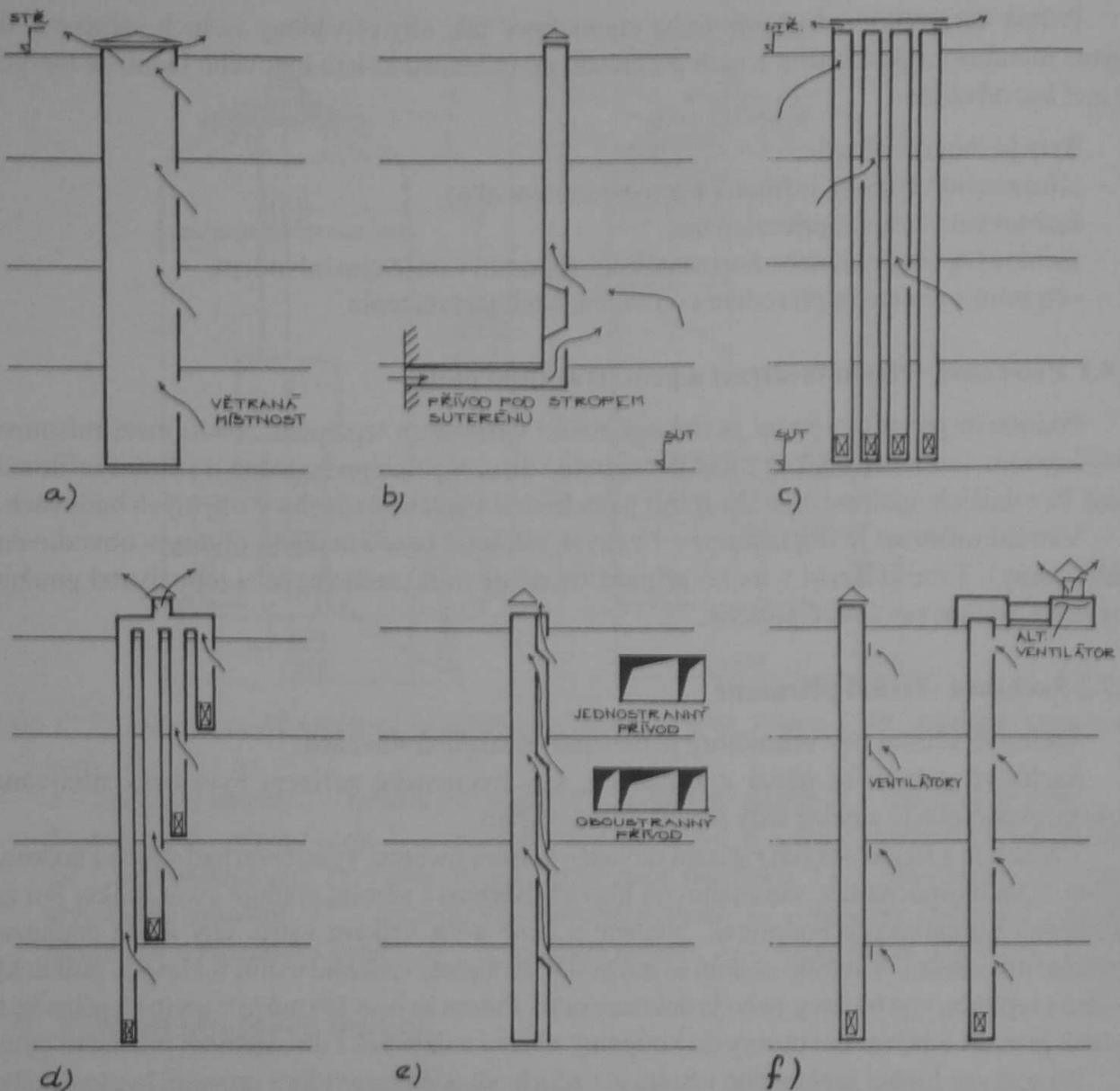
### C.9.3 Šachtové a horizontální větrání s nuceným odvodem

Šachtové větrání s nuceným odvodem odstraňuje nedostatky v intenzitě větrání zejména v letním období oproti šachtovému větrání přirozenému.

Jedná se tudíž o řízené větrání.

Tento systém větrání splní hygienické požadavky avšak nemůže být energeticky zhospodárněn. Neumožnuje zpětné získávání tepla a tepelnou ztrátu větráním musí zcela kryt vytápěcí systém.

V období před zahájením otopné sezóny a po jejím ukončení kryjí tyto ztráty vnitřní zdroje tepla.

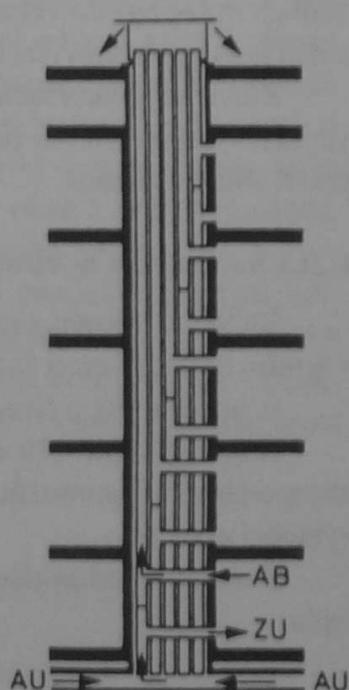


Obr. C.72 Schéma šachtového větrání

- odváděcí šachta, světlík o půdorysné ploše několik  $m^2$ ,
- šachta s přívodem a odvodem vzduchu,
- šachty průběžné (přes všechna podlaží) – odvod je vždy jen pro jedno podlaží,
- šachty patrové,
- schuntové větrání,
- šachtové větrání nucené s ventilátory v podlažích nebo s jedním ventilátorem na střeše

Obr. C.73 Šachtové přirozené větrání s přívodem vzduchu, tzv. Kolínské větrání

AU – venkovní, čerstvý vzduch, ZU – přiváděný vzduch,  
 AB – odváděný vzduch



Podle polohy a umístění ventilátoru se systémy šachtového větrání rozdělují na větrání se společným (centrálním) ventilátorem, umístěným zpravidla na střeše, a na větrání s individuálními ventilátory umístěnými v každé větrané místnosti (obr. C.72 f).

#### Šachtové větrání se společným ventilátorem (obr. C.74)

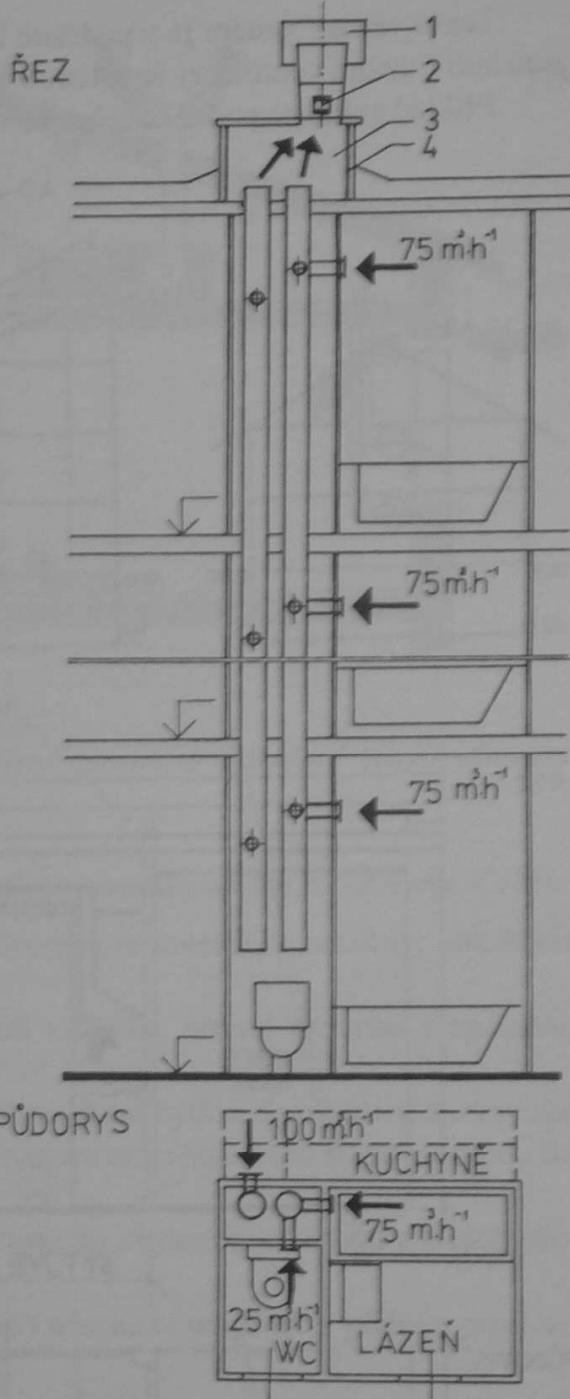
Odsávací ventilátor je umístěn na střeše. Je dimenzován tak, aby jeho výkon zaručil odsávání vzduchu z hygienických zařízení všech bytů, umístěných nad sebou.

Ventilátor se uvádí do provozu stisknutím tlačítkového spínače umístěného v každém bytě.

U tohoto systému je důležitá regulace konstatního (stejného) přívodu větracího vzduchu ze všech nad sebou připojených podlaží. Rovnoměrnost průtoku jednotlivými výstupy zajišťuje regulátor průtoku.

Obr. C.74 Šachtové větrání hygienických zařízení bytu se společným ventilátorem na střeše  
1 – ventilační hlavice, 2 – šroubový ventilátor, 3 – tlumící komora, 4 – zvuková izolace  
Množství větraného vzduchu:

|         |                                       |
|---------|---------------------------------------|
| kuchyně | $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ |
| WC      | $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  |
| lázeň   | $75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  |



#### Šachtové větrání s ventilátory umístěnými v hygienických zařízeních (obr. C.75)

Šachta je buď společná pro všechna nad sebou situovaná hygienická zařízení bytu, nebo je šachta pro každý byt samostatná. V každém hygienickém zařízení je umístěn axiální ventilátor, který vhání vzduch přes krátké horizontální vedení do odváděcí šachty. Výkon ventilátoru zaručuje požadovanou výměnu vzduchu. Systém umožňuje odvětrávání místností podle potřeby obyvatel jednotlivých bytů.

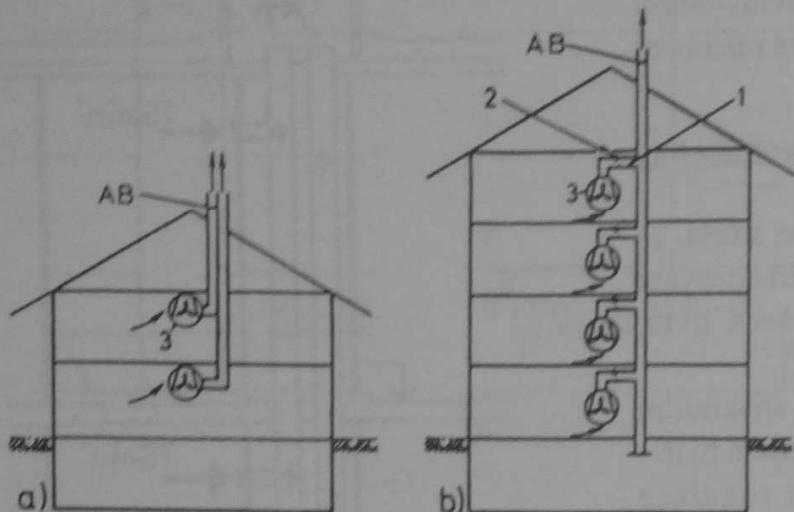
Aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování odvodu vzduchu z hygienických zařízení různých bytů, je nutno za ventilátor (směrem k šachtě) osadit zpětnou klapku.

#### Větrání horizontální (obr. C.76)

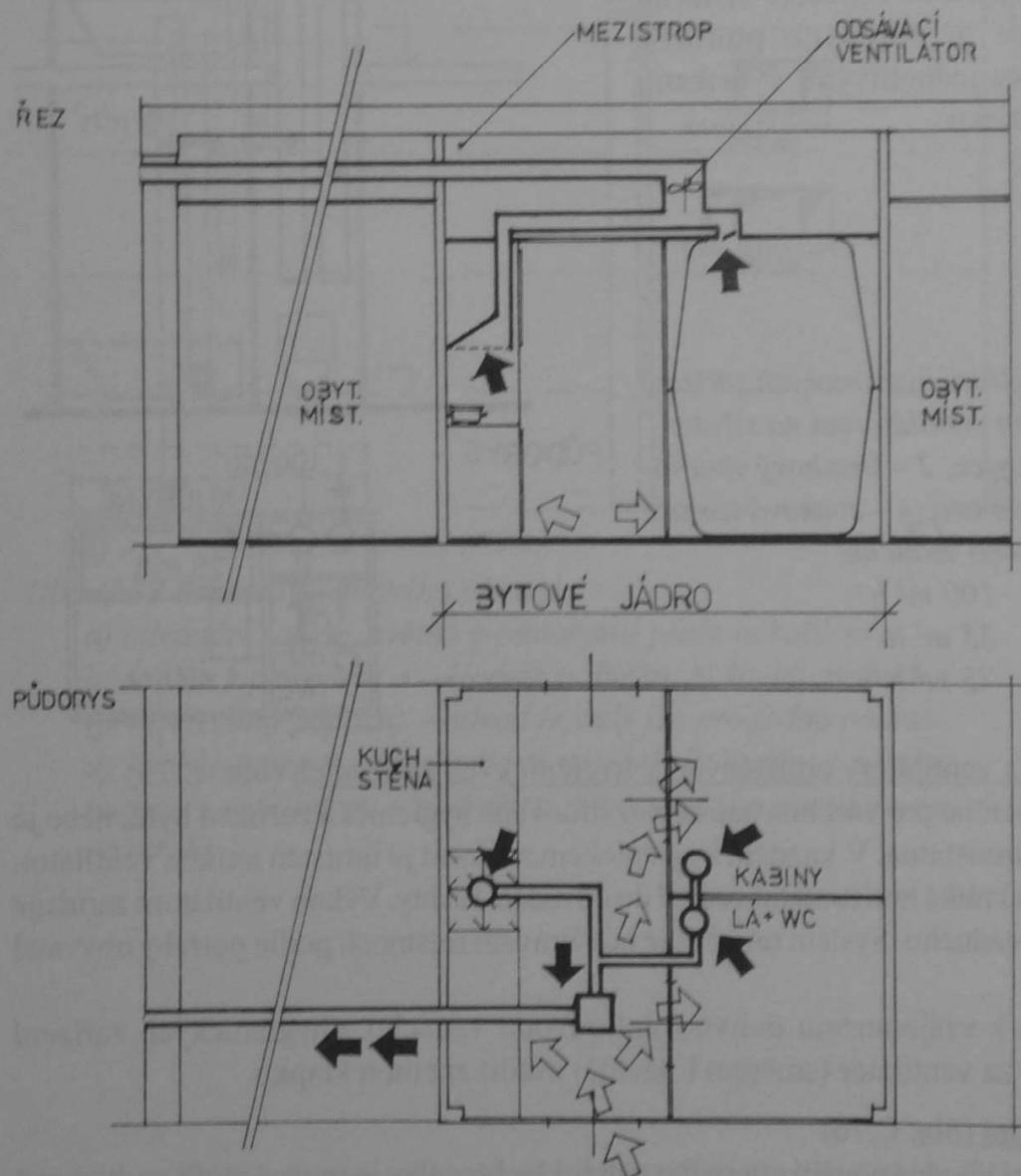
V případě, kdy není vhodné použití nuceného větrání šachtového, je možné zřídit podtlakové větrání horizontální. V hygienickém zařízení se instaluje axiální ventilátor, který dopravuje pomocí horizontálního potrubí vzduch přímo na fasádu. Tento způsob je možné použít tam, kde není nebezpečí, že znehodnocený vzduch bude na obvodovém pláště obtěžovat. Důležité je, aby konstrukce obvodového pláště toto řešení umožňovala.

Tento větrací systém je v podstatě funkčně shodný se systémem šachtového větrání, kdy jsou individuální ventilátory umístěny v každém bytě.

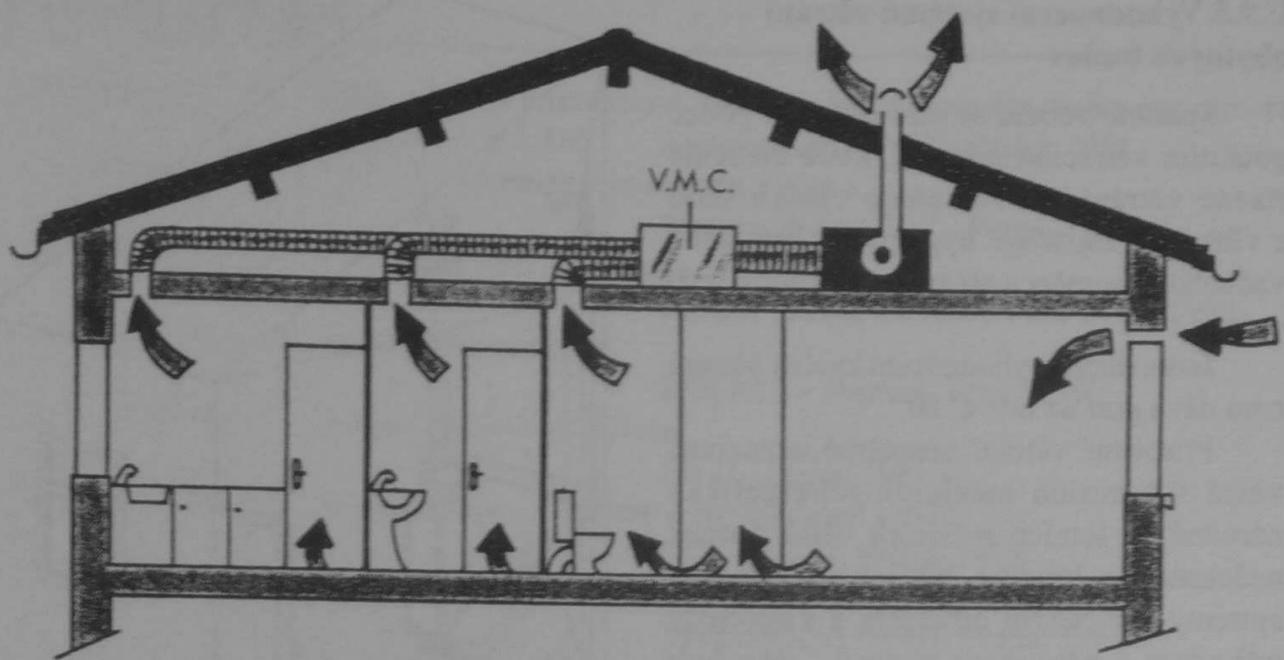
Příklad aplikace podtlakového řízeného větrání pro rodinný dům je uveden na obr. C.77.



Obr. C.75 Šachtové větrání s nuceným odvodem s ventilátory umístěnými v každém bytě  
a) samostatná šachta pro každý byt; b) společná šachta pro byty situované v podlažích nad sebou; 1 – připojovací vedení, 2 – zpětná klapka, 3 – ventilátor



Obr. C.76 Horizontální větrání hygienického zařízení bytu



Obr. C.77 Podtlakové větrání rodinného domu – přívod čerstvého vzduchu řízeným otvorem  
V.M.C. – ventilátor, řízené větrání

#### C.9.4 Větrání s nuceným přívodem i odvodem a rekuperací tepla (obr. C.78 a obr. C.79)

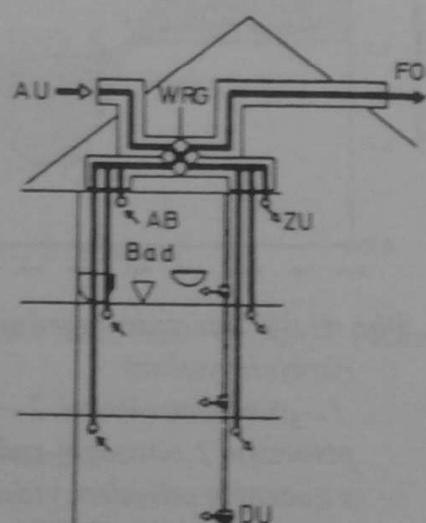
Tento systém větrání s nuceným přívodem i odvodem je investičně náročný, umožňuje však zpětně využívat teplo z odváděného vzduchu.

Větrací systém se skládá ze systémů pro odvod vzduchu, přívod vzduchu a zpětného získávání tepla.

Odvod vzduchu se soustředí do hygienických zařízení bytů a do prostoru kuchyňské linky. Svislé vzduchotechnické šachty se v půdním prostoru nebo na ploché střeše připojují do rekuperátoru tepla.

Přívod vzduchu je samostatným potrubím situován do obytných místností a z nich přechází přetlakem do hygienických zařízení a kuchyně.

Zařízení pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu se umísťuje v půdním prostoru nebo na ploché střeše.



Obr. C.78 Větrání vícepodlažních obytných domů s nuceným přívodem i odvodem vzduchu a rekuperací. Samostatné rozvody pro odsávaný i přiváděný vzduch

AU – čerstvý venkovní vzduch, ZU – přiváděný vzduch do bytu, FO – vzduch odváděný do venkovního prostoru, WRG – rekuperátor (zpětné získávání tepla), DU – řízený průchod vzduchu v bytě, AB – vzduch odváděný z hygienického zařízení bytu

## C.9.5 Vyhodnocení systémů větrání obytných budov

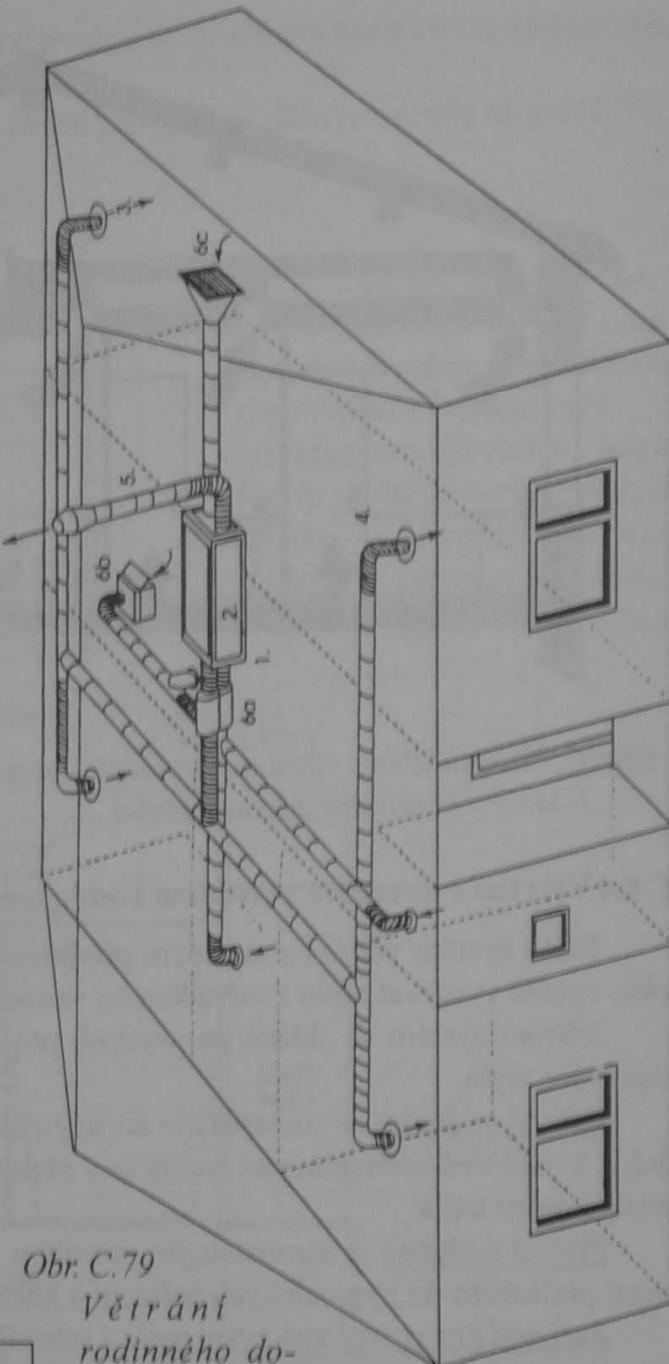
Správné větrání se dá realizovat pouze použitím větracího zařízení, které zaručuje řízené větrání. To zabraňuje vzniku škod z vlhkosti, zajišťuje hygienicky bezvadné vzduchové poměry a při správné obsluze šetří energii.

Jednoduché vyhodnocení kvality větrání nám dává graf na obr. C.80.

Přirozené větrání neúměrně intenzivně větrá v zimních měsících (energeticky náročné), v letních měsících větrá naopak nedostatečně - křivka 1. Naopak oba zbývající systémy s nuceným odvodem a s nuceným odvodem i přívodem vzduchu dosahují vhodných parametrů větrání (intenzita výměny vzduchu  $0,5 \times h^{-1}$ ) v průběhu celého roku.

Výhodou systému s nuceným přívodem i odvodem vzduchu je možnost zpětného získávání tepla, což ostatní systémy neumožňují.

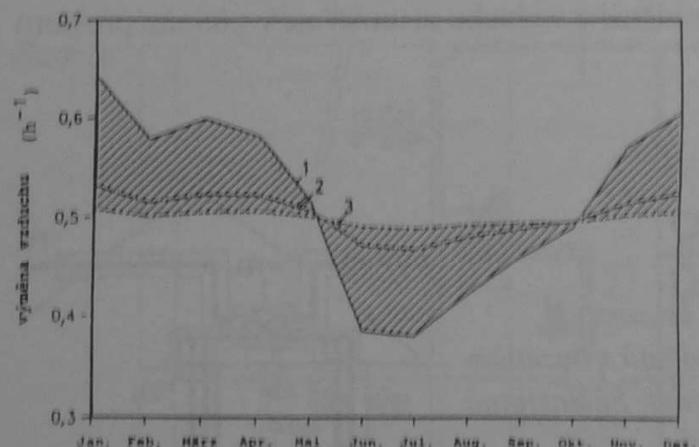
Systém s nuceným odvodem vzduchu pomocí samostatných ventilátorů v bytě dosahuje také dobrých výsledků při nízkých investičních i provozních nákladech.



Obr. C.79

Větrání rodinného domu s nuceným přívodem i odvodem vzduchu a rekuperací tepla

1 – větrací jednotka se dvěma ventilátory (pro přívod i odtah), 2 – deskový výměník tepla, 3 – regulátor konstantního průtoku, 4 – flexibilní hadice, 5 – odtah nad střechu, 6a – odsávání z kuchyně, 6b – odsávání z bytu přes tlumič, 6c – přívod čerstvého vzduchu



Obr. C.80 Intenzita větrání bytů při použití různých systémů

1 – přirozené větrání, 2 – větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu, 3 – větrání s nuceným odvodem vzduchu

# LITERATURA

---

1. Jokl: TZB – interní mikroklima, větrací a klimatizační technika pro stavební inženýry, 1. a 2. Díl Vydavatelství ČVUT, Praha, 1981
  2. Papež: TZB-II – větrání a klimatizace, cvičení Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999
  3. Cihlář, Gebauer: TZB C – Vzduchotechnika Skripta fakulty stavební VUT Brno, 1990
  4. Chyský, Hemzal: Větrání a klimatizace BOLIOT – B-press, Brno, 1990
  5. Maurer, Házl: Vzduchotechnická zařízení SNTL, Praha, 1981
  6. Papež, Skokan: Teplovzdušné vytápění rodinných domů a bytů DOS ČKAIT, Praha, 1998
  7. Chyský: Klimatizace Vydavatelství ČVUT, Praha, 1987
  8. Drkal: Technika životního prostředí Vydavatelství ČVUT, Praha, 1986
  9. Smolík a kol.: Technika prostředí SNTL–ALFA, 1985
  10. Jokl: Teorie vnitřního prostředí budov Vydavatelství ČVUT, Praha, 1993
  11. Cikhart a kol.: Soustavy centralizovaného zásobování teplem SNTL, Praha, 1977
  12. Skokan, Jokl: TZB, tepelně vlhkostní mikroklima a vytápěcí technika pro stavební inženýry I. a II. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1989
  13. Brož: Zásobování teplem Vydavatelství ČVUT, Praha, 1997
  14. Kotrbatý, Drkal: Radikální úspory energie ve vytápění a větrání Společnost pro techniku prostředí, Praha, 1991
  15. Jokl: Inteligentní budovy Stavební obzor 1, Praha, 1999
  16. Kolektiv: Klimatizace a větrání 97 Sborník konference Společnost pro techniku prostředí, Praha, 1997
- Časopisy:
- Topenářství a instalace, ročník 1997 až 1999  
Technické vydavatelství Praha, s.r.o.
- Český instalatér, ročník 1998, 1999  
ČNTL, spol. s.r.o. Praha
- TZB, ročník 1997 až 1999  
Alfa konti, s.r.o., Bratislava
- Stavební obzor, ročník 1997 až 1999  
Fakulta stavební Praha, Brno + ČKAIT Praha

ČSN 01 3454  
ČSN 06 0210  
ČSN 12 0000  
ČSN 12 1000  
ČSN 12 7010

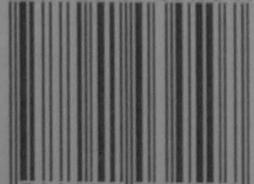
Výkresy vzduchotechnických zařízení  
Výpočet tepelných ztrát při ústředním vytápění  
Vzduchotechnická zařízení  
Doprava pneumatická  
Navrhování větracích a klimatizačních zařízení

Doc. Ing. Václav Bystřický, CSc., doc. Ing. Antonín Pokorný, CSc.

## TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV – B

Vydalo České vysoké učení technické v Praze,  
Nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41 Praha 6,  
v dubnu 2006 jako svou 10791 publikaci.  
Vytisklo Nakladatelství ČVUT - výroba, Zikova 4, 166 36 Praha 6.  
203 strany, 223 obrázky.  
Vydání druhé. Náklad 300 výtisků. Rozsah 21,19 AA, 21,52 VA.

ISBN 80-01-03450-X



9 788001 034507

Kč 283,-